

5 FACILIDADES DE TESTE DO MODEM

Normalmente os modems posuem certas facilidades de teste que visam identificar e localizar eventuais falhas no sistema.

As mais comuns são os enlaces, os geradores de sequência, os medidores de taxa de erro e os geradores de constelação.

5.1 ENLACES

Os enlaces mudam o curso dos dados de forma a permitir um teste no sistema.

Você pode ver na figura 5.1 os dois tipos de enlaces possíveis.

5.1.1 ENLACE ANALÓGICO

É chamado de enlace analógico porque o sinal a ser transmitido, já sob forma analógica, retorna para a recepção. Desta forma os dados recebidos (DRX) serão os dados transmitidos (DTX), se o modem estiver operando corretamente.

O enlace analógico pode ser utilizado para verificar se o modem está operando corretamente, da seguinte forma : conecta-se um GMTE (gerador e medidor de taxa de erro - "test set") na interface digital. O GMTE gera uma sequência de dados em DTX e a compara com a sequência recebida em DRX - as duas sequências devem ser iguais, caso contrário o medidor contará 1 erro a cada bit diferente.

Quando as sequências, transmitida e recebida, são completamente diferentes ou simplesmente não há recepção de sequência, normalmente o GMTE indica este fato como perda de sincronismo e isto é um sintoma de que o modem está com problemas.

Alguns modems possuem o enlace analógico bidirecional, o seja, o sinal recebido da linha de recepção também retorna para a linha de transmissão. Este lado do enlace pode ser utilizado para teste de bancada, mas deve-se evitar utilizá-lo em campo pois o sinal que chega será contaminado duplamente pelas degenerações causadas pela linha.

Existem dois tipos de enlace analógico, com relação ao seu acionamento:

- Enlace analógico acionado localmente - LAL
- Enlace analógico acionado remotamente - LAR

Normalmente os modems possuem o enlace analógico local (LAL) mas nem sempre possuem o remoto (LAR).

Realmente o LAR não é de muita utilidade pois o teste seria feito pelo lado da linha o que causaria dupla contaminação no sinal.

O acionamento local se faz pelo painel frontal do modem ou pelo próprio ETD, através do CT141 da interface digital.

O acionamento remoto se faz pelo recebimento de um tom situado no canal secundário que fica presente durante todo o tempo do enlace, por um tom dentro da faixa de voz durante um tempo pequeno antes do enlace, ou por um código especial.

Normalmente os modems de baixa velocidade utilizam tons no canal secundário e os modems de alta utilizam tons momentâneos dentro da faixa de voz.

Este enlace é recomendado pela V54 da CCITT e referido como "Loop 3", sendo unidirecional.

5.1.2 ENLACE DIGITAL

É chamado de enlace digital porque as mudanças de curso são feitas a nível digital como pode ser visto na figura 5.1.

Os dados demodulados, que deveriam ser entregues ao ETD como DRX, têm seu curso mudado e vão ao modulador para serem novamente transmitidos.

Ao realizar esta operação o modem transforma o sinal DCD em RTS e o sincronismo recuperado da recepção (RCK) é utilizado como sincronismo de transmissão (TCK).

Desta forma o ETD remoto vai receber os mesmos dados que transmitiu, podendo fazer um teste de taxa de erro similar ao que foi visto no caso do enlace analógico.

Esses testes de taxa de erro com auxílio de enlaces permitem verificar o modem local, no caso de enlace analógico e praticamente todo o sistema (os dois modems e a linha) no caso de enlace digital.

A dupla contaminação do sinal, no caso do enlace digital, é compensada pela dupla regeneração processada nos dois modems.

O enlace digital também pode ser bidirecional mas este lado do enlace é de pouca valia pois somente testaria a interface digital e isto poderia ser feito, de uma forma mais completa, pelo enlace analógico.

Existem dois tipos de enlace digital, com relação ao seu acionamento:

- Enlace digital acionado localmente = LDL
- Enlace digital acionado remotamente = LDR

O acionamento local se faz pelo painel frontal.

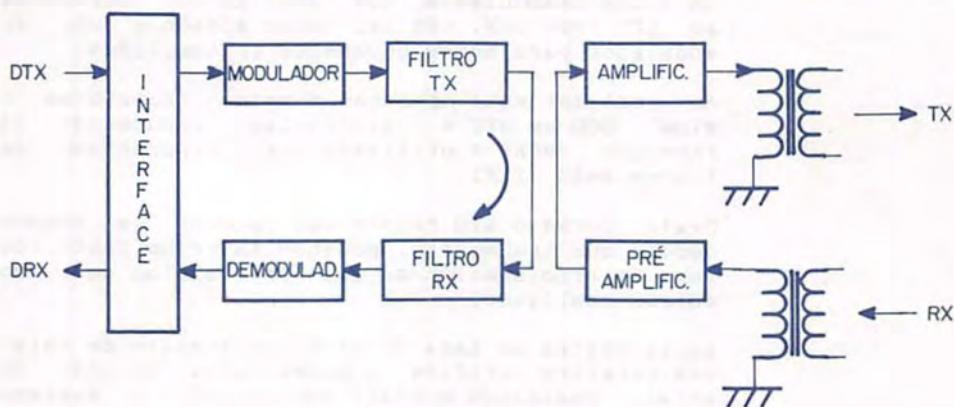
O acionamento remoto se faz da mesma forma que no caso do enlace analógico.

Se o operador local desejar que o modem envie uma solicitação de enlace digital ao modem remoto, pode agir de duas formas: acionar a chave LDR no painel frontal ou ativar o CT140 da interface digital.

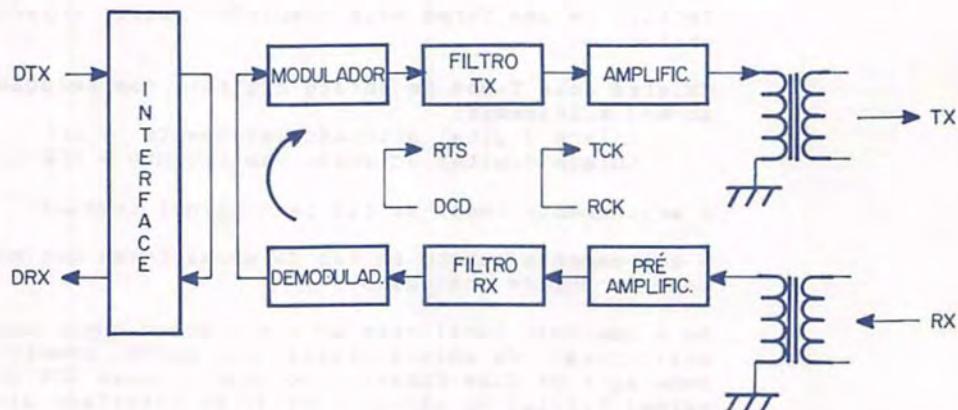
Este enlace é recomendado pela V54 da CCITT e referido como "Loop 2", sendo unidirecional.

Os tons mais utilizados para ativar enlaces remotamente são :

	Analógico	Digital	Desativar
modems de baixa	450 Hz	390 Hz	silêncio
modems de alta	2400 Hz	1920 Hz	ambos



ENLACE ANALÓGICO



ENLACE DIGITAL

Fig.5.1 : Enlaces mudam o curso dos dados

5.2 GERADOR DE SEQUÊNCIA

Alguns modems possuem um gerador interno de sequência de teste e um detector dessa mesma sequência.

A finalidade desta facilidade é substituir o equipamento de teste externo (GMTE) no caso de um diagnóstico rápido do sistema.

Existem vários tipos de geradores, sendo os mais simples aqueles que geram uma sequência de "1" e "0" alternados (essa sequência é conhecida como "DOT") e os mais complexos aqueles que geram uma sequência pseudo-aleatória segundo algum polinômio pré-definido.

Quando esta facilidade é acionada o modem passa a transmitir a sequência de teste, desconsiderando os dados DTX da interface e se posiciona para receber e verificar esta mesma sequência, bloqueando DRX para o ETD.

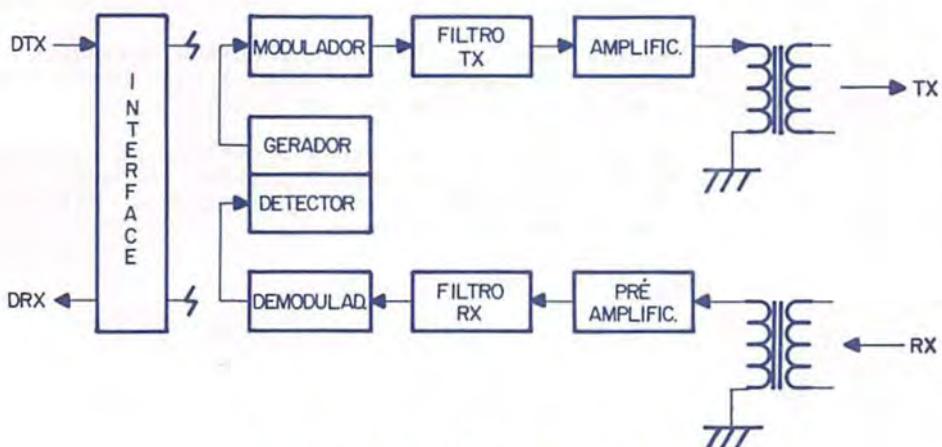


Fig.5.2 : Gerador de sequência

Normalmente esta facilidade é utilizada em conjunto com LAL a fim de verificar o modem local ou com LDR a fim de verificar o sistema.

Em geral os modems possuem um indicador luminoso para informar se a sequência recebida está correta.

5.3 MEDIDOR DE TAXA DE ERRO

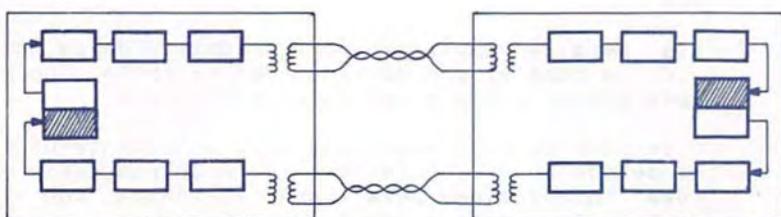
Alguns modems possuem a capacidade de medir a taxa de erro, apresentando-a em um visor numérico em seu painel frontal.

Para isto, o modem deve possuir um gerador e detector de sequência de teste pseudo-aleatória além de um contador de eventuais erros e um visor para apresentar o resultado.

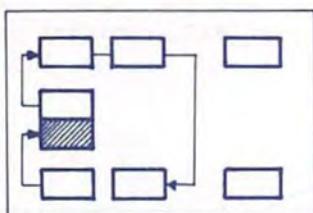
Esta facilidade de teste é uma poderosa ferramenta durante a instalação e o diagnóstico de sistemas pois dispensa o GMTE externo.

Essa medida pode ser feita de três maneiras, como você pode ver na figura 5.3 :

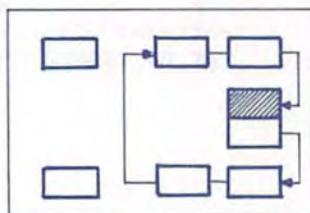
- a Medida simultânea, ativando o gerador nos dois modems. Neste caso, cada modem também vai receber a sequência e pode informar se está havendo erro na recepção, verificando os dois pares de linha.
- b Medida com LAL, ativando o enlace analógico e o gerador de sequência no modem local. Desta forma o modem local pode ser verificado.
- c Medida com LDR, ativando o gerador de sequência no modem local e o enlace digital no modem remoto. Desta forma, praticamente todo o sistema é testado de uma só vez.



MEDIDA SIMULTANEA



MEDIDA COM LAL



MEDIDA COM LDR

Fig.5.3 : Medição da taxa de erro

5.4 GERADOR DE CONSTELAÇÃO

Esta facilidade é específica dos modems com modulação QAM (ou DPSK) e, portanto não existe nos modems tipo FSK.

Elá permite visualizar, com o auxílio de um osciloscópio, a constelação do sinal de recepção, normalmente, após passar pelos equalizadores do modem.

O gerador de constelação se mostra bastante útil quando se deseja obter informações sobre as possíveis degenerações introduzidas pela linha telefônica, que eventualmente estejam dificultando a comunicação.

Quando o modem está equipado com esta facilidade, ele possui dois pinos, "X" e "Y", onde o usuário deve conectar o osciloscópio, que, por sua vez, deve possuir as entradas "vertical" e "horizontal", conforme você pode ver na figura abaixo.

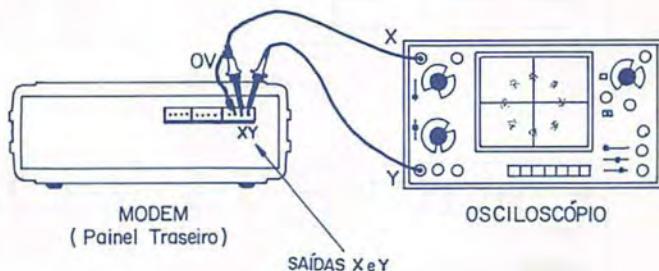
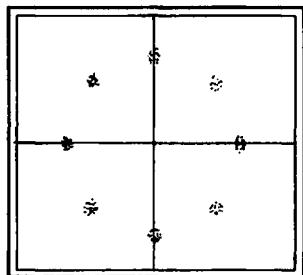
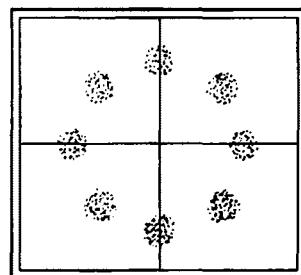


Fig.5.4 : Visualização da constelação

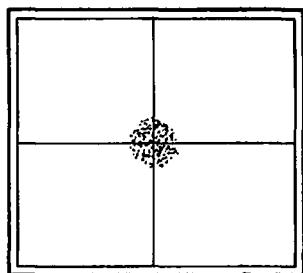
As degenerações introduzidas pela linha telefônica podem ser identificadas pela visualização da constelação, conforme você pode ver pela figura 5.5.



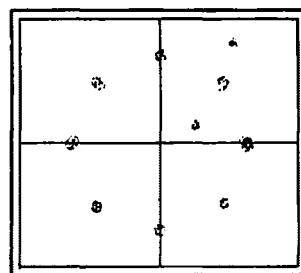
Pontos Ideais



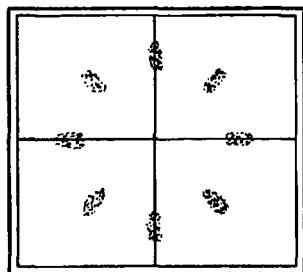
Ruido



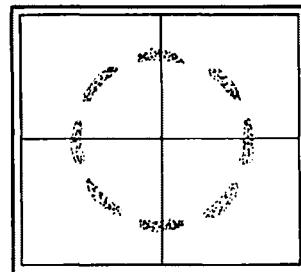
Ausência de Sinal



Ruido Impulsivo



Oscilação na Amplitude



Oscilação na Fase

Fig.5.5 : Degenerações mais comuns

6 SISTEMAS DE TRANSMISSÃO

Neste capítulo apresentarei os elementos de um sistema de teleprocessamento e como eles se interligam, dando ênfase ao sistema de transmissão de dados em termos de sua velocidade, capacidade e eficiência.

Quando um CPD (Centro de processamento de dados) se expande além das fronteiras de sua sala, digamos, a distâncias acima de 100 metros, passa a constituir um sistema de teleprocessamento, ou seja, processamento à distância.

Normalmente, uma unidade de controle de comunicação (UCC) se incumbe da tarefa de gerenciar os canais de comunicação e passar os dados, de forma mais disciplinada, à CPU. Quanto maior for a inteligência da UCC, mais livre fica a CPU para suas tarefas principais.

A figura 6.1 ilustra um sistema de teleprocessamento onde a UCC gerencia dois terminais locais e dois remotos. Em algumas figuras que já apresentei, e nas próximas, estarei omitindo a UCC. Estou supondo que a CPU, representada nessas figuras, possui infra-estrutura apropriada ao gerenciamento da comunicação remota, eventualmente fazendo uso da UCC.

Chamarei o conjunto de elementos, que se encontra entre os terminais e a UCC, de "sistema de transmissão". Ele pode incluir, além dos modems e das linhas, alguns outros equipamentos, que descreverei no §6.1.

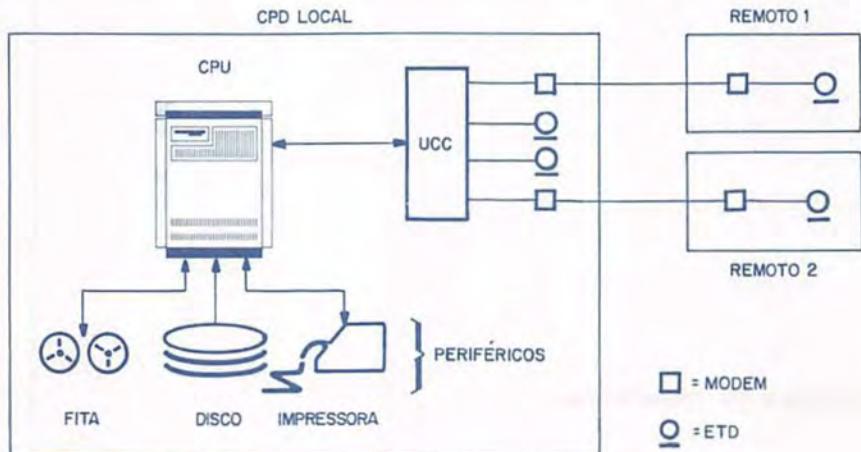


Fig.6.1 : Sistema de teleprocessamento

6.1 TOPOLOGIA

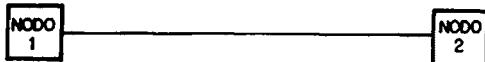
A distribuição geográfica dos terminais de um sistema de teleprocessamento e os circuitos utilizados para veicular os dados, definem a topologia do sistema.

De uma forma genérica, aos pontos extremos de uma topologia chama-se "nodo", que pode ser um terminal de vídeo ou a CPU, por exemplo.

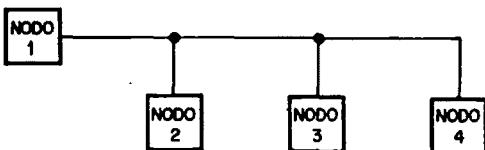
Existem praticamente dois tipos de circuitos que podem interligar os nodos :

Ponto-a-ponto = conecta somente dois nodos

Multiponto = um único circuito que conecta mais de dois nodos



PONTO-A-PONTO



MULTIPONTO

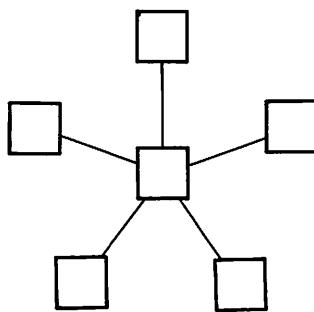
FIG. 6.2 : Tipos de circuito

Um sistema completo de teleprocessamento pode conter, em sua topologia, circuitos ponto-a-ponto, circuitos multiponto ou ambos, interligados de formas variadas, como você pode ver na figura 6.3.

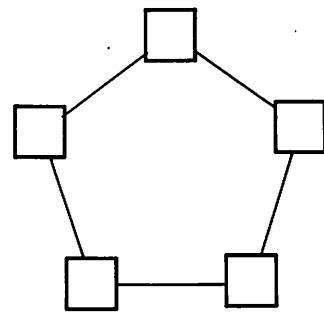
Vários equipamentos podem ser utilizados para configurar cada circuito, e, em termos de linha de transmissão, cada circuito pode ser efetivado a 2 ou 4 fios, utilizando modems.

Descreverei, a seguir, os principais equipamentos utilizados para configurar os diversos circuitos :

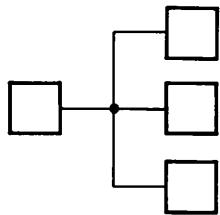
Equipam.	Utilização mais comum
UDA	: multiponto
UDD	: multiponto
MUX TDM	: ponto-a-ponto
STAT MUX	: ponto-a-ponto
MUX FDM	: ponto-a-ponto



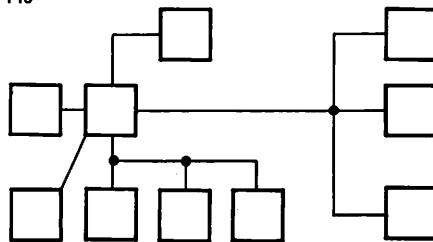
5 CIRC. Pto-A-Pto
(ESTRELA)



5 CIRC. Pto-A-Pto
(ANEL)



1 CIRC. MULTIPONTO



3 CIRC. Pto-A-Pto E 2 MULTIPONTO
(MISTA)

Fig. 6.3 : Exemplos de topologia

6.1.1 UDA

Unidade de derivação analógica.

Este equipamento permite a um modem compartilhar mais de uma linha telefônica em um circuito multiponto.

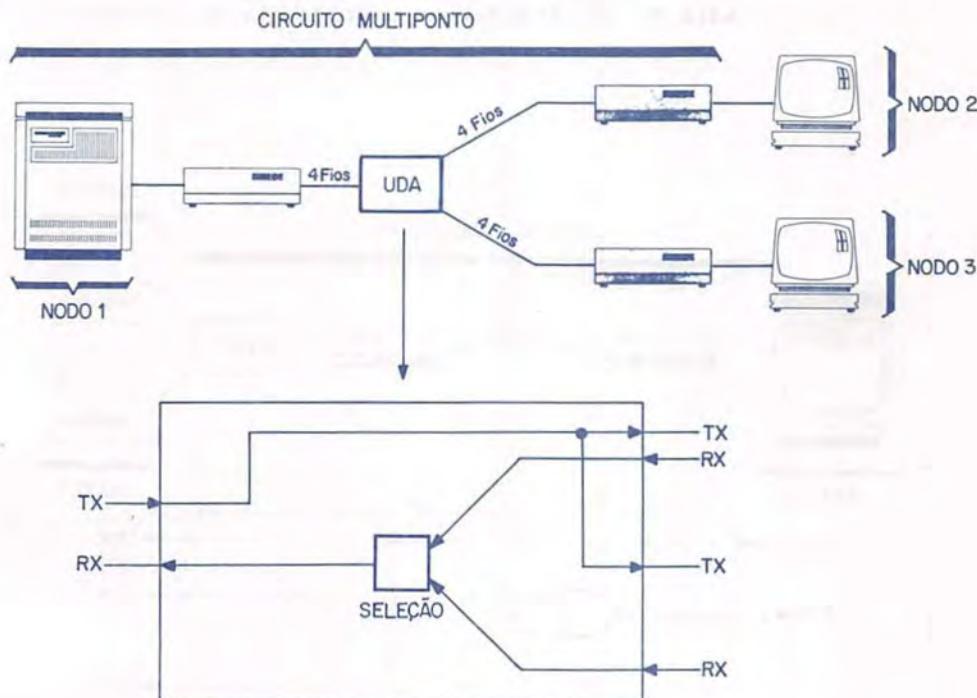


Fig.6.4 : Multiponto com UDA

A UDA é normalmente utilizada em circuitos multiponto a 4 fios.

O par de transmissão vindo do nodo "1" (estação mestre) normalmente funciona com portadora constante e seu sinal chega a todos os demais nodos, que devem identificar seu instante exato de transmitir para a estação mestre. Todos os pares de recepção chegam à UDA, que somente passa para a estação mestre um dos sinais de recepção por vez (a prioridade normalmente é dada ao primeiro que chegar).

Naturalmente todos os demais nodos devem operar com portadora chaveada, ou seja, quando um está transmitindo os demais estão em silêncio.

6.1.2 UDD

Unidade de derivação digital.

Este equipamento permite a um modem compartilhar mais de um terminal em um circuito multiponto.

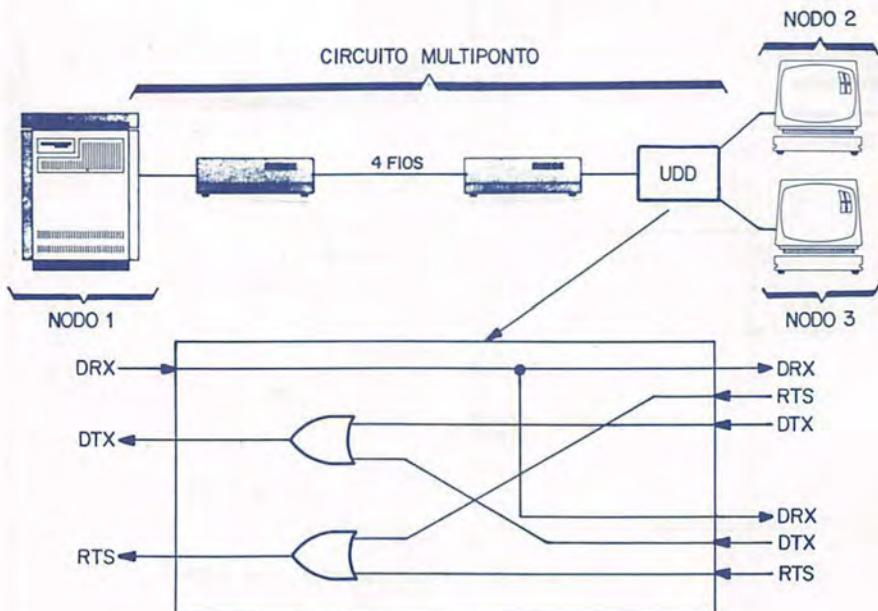


Fig. 6.5 : Multiponto com UDD

A UDD normalmente é utilizada em circuitos multiponto a 4 fios.

Ela faz o compartilhamento a nível digital e o processo é semelhante àquele utilizado pela UDA.

Os dados recebidos do modem remoto (estação mestre) são encaminhados a todos os nodos que estão ligados à UDD, e, no sentido inverso, somente um terminal deve transmitir a cada vez.

6.1.3 MULTIPLEXADOR POR DIVISÃO DO TEMPO (MUX TDM)

O TDM normalmente é utilizado para otimizar o uso de linhas telefônicas em topologias que utilizem vários circuitos pto-a-pto.

A figura 6.6 mostra uma topologia com três circuitos pto-a-pto ligados através de uma única linha telefônica.

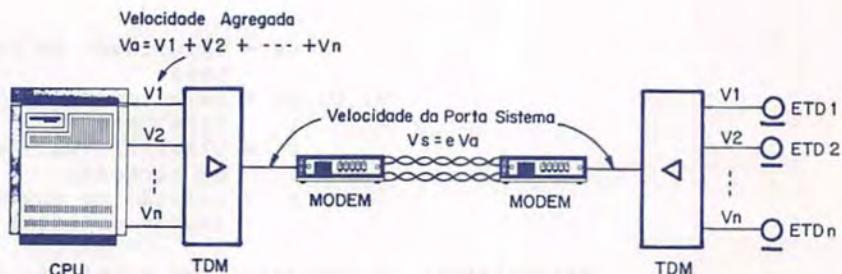


Fig.6.6 : Ponto-a-ponto com TDM

A utilização do TDM permite economizar linhas telefônicas, o que pode ser significativo principalmente se a ligação for de longa distância. No entanto, o modem a ser utilizado deve ter uma velocidade maior do que os que seriam utilizados se as ligações fossem feitas sem o TDM.

O MUX TDM aloca uma parcela fixa de tempo para cada porta sempre em uma sequência fixa.

A soma das velocidades das portas terminais é chamada de velocidade agregada (V_a).

No MUX TDM, portanto, as portas terminais são multiplexadas no tempo, cabendo a cada uma delas, uma parcela fixa de tempo, chamada de "envelope".

Cada envelope possui um número fixo de bits, que pode ser inclusive igual a um.

Além dos envelopes de dados, correspondentes às portas terminais, o TDM pode ter a necessidade de transmitir envelopes de controle cuja finalidade é endereçar os envelopes de dados a fim de garantir que a demultiplexação seja feita corretamente. Devido ao exposto, o TDM possui uma "relação de envelopamento", que varia de equipamento para equipamento :

$$V_s = e \cdot (V_1 + V_2 + \dots + V_n)$$

$$V_s = e \cdot V_a$$

V_s = velocidade da porta sistema

V_1, V_2, V_n = velocidades das portas terminais

$V_a = V_1 + V_2 + \dots + V_n$ = velocidade agregada

e = relação de envelopamento (maior ou igual a 1)

Naturalmente, é desejável que a relação de envelopamento seja a menor possível.

Em multiplexadores assíncronos ou específicos para um determinado protocolo, podemos encontrar $e=1$, mas em outros, síncronos e transparentes a códigos, podemos encontrar uma relação maior que 1. Algumas relações utilizadas são "4/3" e "10/9".

6.1.3.1 TRANSDATA

A rede Transdata, da Embratel, suporta transmissões de dados digitais síncronos nas velocidades de 1200, 2400, 4800 e 9600 bps.

Existem, também, alguns circuitos a 300 e 1200 bps assíncronos, porém, como a rede é essencialmente síncrona, estas modalidades, menos eficientes tem pouca utilização.

A finalidade da rede é oferecer circuitos privativos ponto-a-ponto, interurbanos, que incluem também os modems.

O usuário paga uma tarifa mensal que depende da velocidade desejada e do degrau tarifário de transmissão de dados, que é uma função da distância entre as duas localidades.

A tabela abaixo mostra as tarifas interrurbanas, mensais, a serem pagas pelo usuário do sistema, conforme o degrau tarifário e a velocidade, vigente em 25/11/86.

Degrau	[km]	1200bps	2400bps	4800bps	9600bps
D2	até 50	4092,55	6577,56	9646,63	14616,65
D3	50 a 100	4780,10	7682,59	11267,27	17072,25
D4	100 a 300	5729,57	9208,59	13505,29	20463,31
D5	300 a 700	11459,15	18417,18	27010,57	40926,63
D6	700 a 1500	14323,93	23021,47	33763,21	51158,28
D7	acima 1500	16370,21	26310,25	38586,53	58466,61

As tarifas desta tabela são obtidas da seguinte fórmula :

$$\text{Tarifa} = N \cdot m \cdot \text{TCD}$$

$$\begin{aligned} N = & 2971 & (1200 \text{ bps}) \\ & 4775 & (2400 \text{ bps}) \\ & 7003 & (4800 \text{ bps}) \\ & 10611 & (9600 \text{ bps}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m = & 0,25 & (\text{degrau 2}) \\ & 0,292 & (\text{degrau 3}) \\ & 0,35 & (\text{degrau 4}) \\ & 0,7 & (\text{degrau 5}) \\ & 0,875 & (\text{degrau 6}) \\ & 1 & (\text{degrau 7}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TCD} = & \text{ Tarifa de comunicação} \\ & \text{ de dados.} \\ & \text{Cz\$ 5,51} \end{aligned}$$

A figura da próxima página mostra, de forma simplificada, a configuração do Transdata em Brasília.

Observe que a ligação do cliente até o centro Transdata é um acesso urbano e em geral é feito com modems banda-base, a menos que as condições de linha exijam modems analógicos.

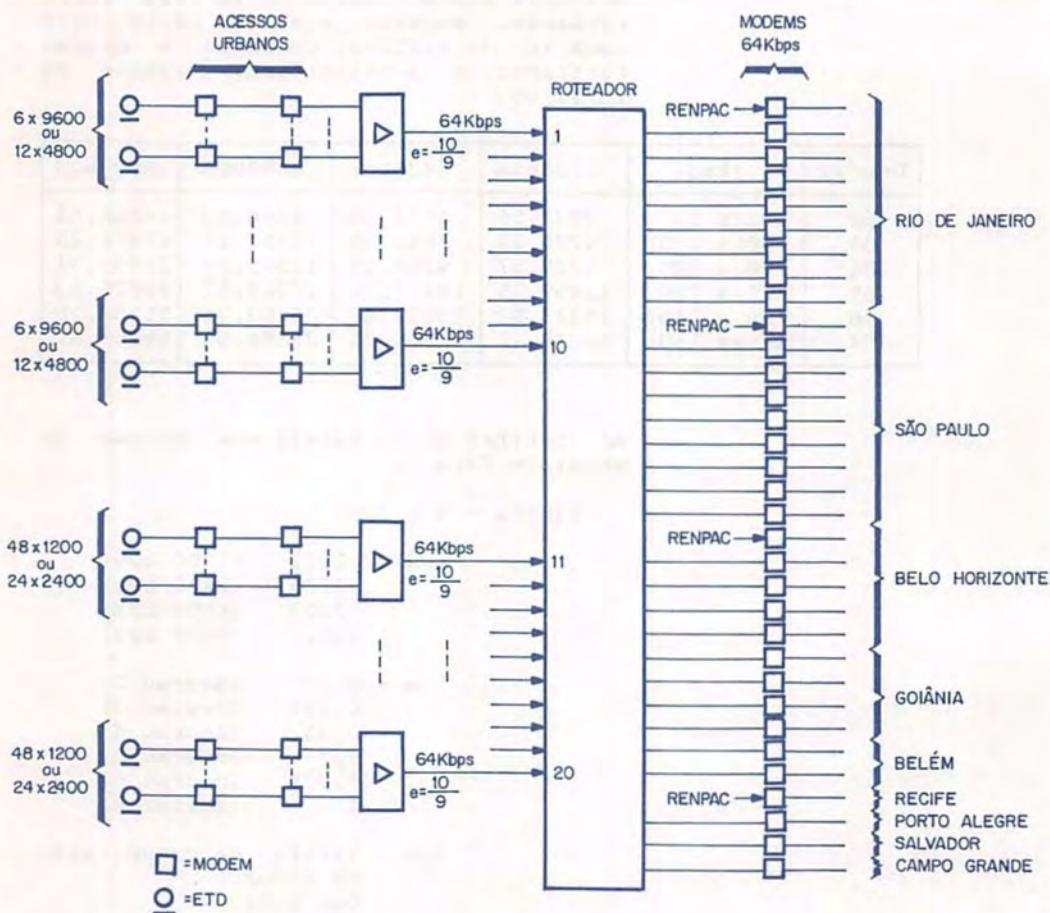


Fig.6.7 : Transdata - Centro Brasília

Portanto, no acesso urbano, o modem da esquerda está no cliente e o da direita está na central Transdata.

Todos os acessos dos clientes entram em multiplexadores TDM com $e=10/9$ e saída de 64 Kbps. Um roteador tem a tarefa de direcionar a transmissão para a localidade desejada, agrupando em canais de 64 Kbps.

As saídas do roteador entram em modems de 64 Kbps, cujas transmissões ocupam a faixa de grupo, e vão para outra sala onde se situam os multiplexadores FDM e os transmissores.

Observe que, como a rede transdata é síncrona, os acessos urbanos utilizam modems predispostos com sincronismo externo, no lado do Transdata, e sincronismo regenerado, no lado do cliente.

6.1.4 MULTIPLEXADOR ESTATÍSTICO (STAT MUX)

Ao contrário do MUX TDM, o multiplexador estatístico aloca parcelas de tempo conforme a necessidade de cada porta terminal, ou seja, portas que tem muitos dados a transmitir ocuparão mais tempo no MUX do que as portas que tem poucos dados a transmitir.

Inicialmente os dados de cada porta terminal são armazenados em uma fila e o MUX faz a transmissão de modo a otimizar o tempo total.

Dessa forma, o tempo praticamente só é alocado a portas que estão em atividade, permitindo que a velocidade agregada seja maior do que a velocidade da porta sistema. Devido a esta otimização do tempo, os STAT MUX normalmente possuem a capacidade de detecção e correção de erros.

Quanto a velocidade agregada pode ser maior que a velocidade da porta sistema?

Naturalmente a resposta a esta pergunta vai depender da utilização de cada porta terminal, e a porcentagem de utilização exata nem sempre é conhecida. Para um primeiro cálculo utiliza-se os seguintes valores práticos :

Terminal/computador = 25%

Impressora/computador = 100%

Exemplo:

Vamos supor que desejamos multiplexar 8 terminais, cada um operando a 2400 bps, utilizando um STAT MUX. Qual deve ser a velocidade do modem?

Velocidade agregada :

$$V_a = 8 \times 2400 = 19200 \text{ bps}$$

Velocidade do modem

$$V_s = 25\% \text{ de } 19200 = 4800 \text{ bps}$$

Neste ponto caberia mais uma pergunta: O que acontece se a utilização de algum terminal ultrapassar a capacidade da porta sistema?

Nesse caso o STAT MUX se incumbe de fazer um controle de fluxo enviando um caracter de controle ao terminal para que este interrompa a transmissão (X-OFF), ou abaixa o CTS. Se, por algum motivo, o terminal não atender, os dados podem ser perdidos.

Como falei inicialmente, o STAT MUX possui uma fila de entrada ("buffer"), onde os dados são armazenados antes de serem transmitidos.

Este fato traz uma consequência que deve ser levada em consideração quando o sistema estiver sendo projetado: aumenta o tempo de resposta associado aos circuitos que passam pelo STAT MUX.

Quando a transmissão for via satélite, um cuidado maior deve ser tomado, pois alguns STAT MUX não possuem filas ("buffers") de comprimento suficiente para operar com os retardos extremamente longos, introduzidos pela ligação.

6.1.5 MULTIPLEXADOR POR DIVISÃO DE FREQUÊNCIA (FDM)

Você viu em 2.3.7 que a degeneração, correspondente à translação de frequência, é provocada pelos FDM.

Naquele item, descrevi o processo da multiplexação em frequência e retorno agora a este assunto, sob o ponto de vista de sistema.

De acordo com uma recomendação CCITT, 12 canais de voz podem ser multiplexados para formar um grupo básico, que ocupa a faixa de 60 a 108 KHz. A cada canal de voz é reservada uma faixa de 4 KHz, para garantir que cada canal não sofra interferência de seus adjacentes.

Cinco grupos podem ser multiplexados para formar um "super-grupo". Cinco "super-grupos" podem ser multiplexados para formar um "master-grupo". Três "master-grupos" podem ser multiplexados para formar um "super-master-grupo" que, finalmente, carrega a informação de 900 canais de voz ($12 \times 5 \times 5 \times 3 = 900$).

A figura 6.8 ilustra a transmissão de dados utilizando a faixa de grupo, com auxílio de FDM e TDM.

No caso do FDM, 12 canais de voz, cada um correspondendo a um ETD, ocupam a faixa de grupo, independente das velocidades dos terminais (T_t).

No caso do TDM, "n" ETD's compartilham uma fatia da velocidade agregada de 48000 bps, que gera uma velocidade de 64000 bps na porta sistema do TDM, que, no caso deste exemplo, tem $e=4/3$. Os dados a 64000 bps entram em um modem V36, que gera, em sua saída, um sinal cujo espectro ocupa a faixa de grupo.

A quantidade de terminais na entrada do TDM depende da velocidade " T_t ", pois no caso da figura, deve-se ter :

$$V_a = N \cdot T_t = 48000 \text{ bps}$$

$$V_a = \text{vel. agregada}$$

$$N = \text{nº de terminais}$$

$$T_t = \text{vel. dos terminais}$$

Tt	N
1200	40
2400	20
4800	10
9600	5

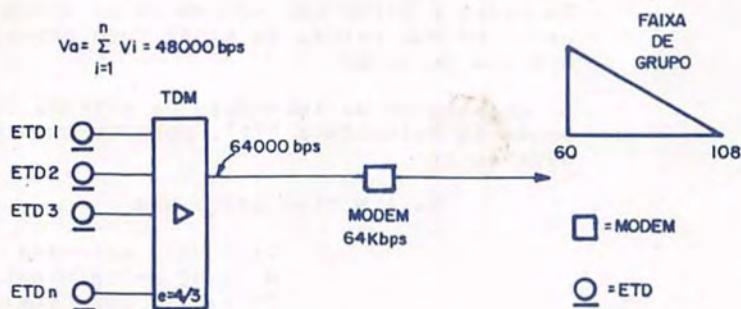
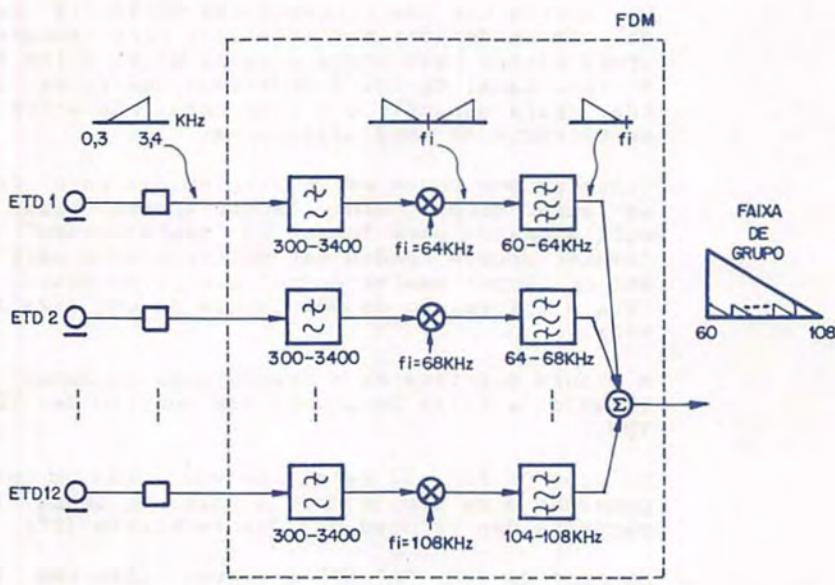


Fig. 6.8 : Utilização da faixa de grupo com FDM e TDM

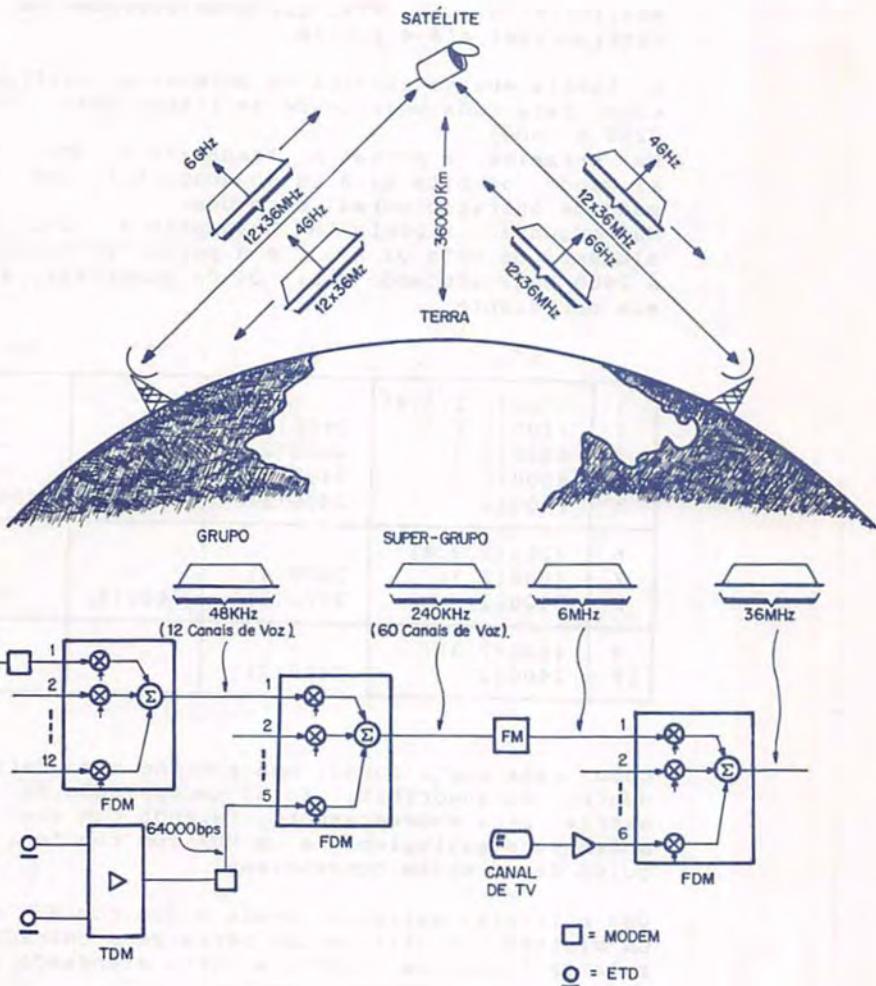


Fig.6.9 : Transmissão via satélite - um exemplo

6.1.6 MODEM COM MUX

Alguns modems possuem um multiplexador TDM incorporado, e esta facilidade pode simplificar bastante alguns tipos de sistema.

Analisarei o modem V29, que pode oferecer um MUX configurável até 4 portas.

A tabela abaixo ilustra as possíveis configurações, para cada velocidade de transmissão (9600, 7200 e 4800).

Na primeira, a porta "A" transmite a 9600 bps, alocando os bits Q1 a Q4 do quadribit, que é o modo de operação normal do modem.

Na segunda, a porta "A" transmite a 7200 bps, alocando os bits Q1 a Q3, e a porta "B" transmite a 2400 bps, alocando o bit Q4 do quadribit, e assim por diante.

	"A"	"B"	"C"	"D"
1	9600(1,2,3,4)	-	-	-
2	7200(1,2,3)	2400(4)	-	-
3	4800(1,3)	4800(2,4)	-	-
4	4800(1,3)	2400(2)	2400(4)	-
5	2400(1)	2400(2)	2400(3)	2400(4)
6	7200(2,3,4)	-	-	-
7	4800(2,3)	2400(4)	-	-
8	2400(2)	2400(3)	2400(4)	-
9	4800(2,3)	-	-	-
10	2400(2)	2400(3)	-	-

Como cada porta possui uma posição bem definida dentro do quadribit, não há necessidade de bits extras para endereçamento, fazendo com que este modem seja equivalente a um MUX TDM com "e=1" seguido de um modem convencional.

Uma potencial aplicação deste modem com MUX seria um sistema que utilize uma porta para entrada remota de trabalhos ("RJE") e outra atendendo a vários terminais operando em "polling".

6.2 CÓDIGOS

Os códigos são definidos em função de uma necessidade específica.

Ainda no século 19, Morse idealizou seu código para transmissão telegráfica tomando como base dois estados diferentes, conhecidos como "ponto" e "traço". Este código binário (dois estados) possui quantidade variável de bits. Os caracteres mais presentes na linguagem receberam menor número de bits para representá-los e isso faz sentido pois permite uma velocidade maior de transmissão, exigindo menos toques do operador.

O código Morse, no entanto, não se mostra apropriado a uma transmissão entre duas máquinas pois sua tradução seria difícil por possuir um número variável de bits por caractere.

Um outro código, idealizado por Emile Baudot, foi utilizado nos primeiros teletipos e ainda hoje é utilizado nas máquinas telex. Este possui um número fixo de 5 bits por caractere.

A combinação dos 5 bits permite 32 caracteres diferentes, mas usando o artifício de identificar cada um como "maiúsculo" ou "minúsculo" foi possível representar 58 caracteres ($2 \times 26 + 6$ especiais). Naturalmente, como numa máquina de datilografia, a posição "maiúsculo" ou "minúsculo" deve ser definida antes, ou seja, o "status" deve ser observado ao se fazer a tradução do código.

Outros dois códigos, ASCII e EBCDIC são os mais utilizados atualmente para a transmissão de dados. O código ASCII possui 7 bits enquanto o EBCDIC possui 8.

No Brasil, o código a ser padronizado é uma extenção do ASCII e está sendo chamado de BRASCII.

Nas próximas páginas apresento, a título de ilustração, os códigos citados.

Internamente os equipamentos digitais também utilizam códigos para representar os números decimais e os mais comuns são os códigos "binário", "BCD" e "Gray".

O código BCD ("binary coded decimal") representa os algarismos decimais em binário.

O código Gray é chamado de código de distância unitária, ou seja, a diferença de um número para o imediatamente superior é somente em um bit. Esse código é utilizado na codificação dos símbolos durante a modulação nos modems a fim de limitar a um bit errado quando houver decisão de fase adjacente na detecção.

Decimal	Binário	BCD	Gray
0	0000	0000	0000
1	0001	0001	0001
2	0010	0010	0011
3	0011	0011	0010
4	0100	0100	0110
5	0101	0101	0111
6	0110	0101	0101
7	0111	0111	0100
8	1000	1000	1100
9	1001	1001	1101
10	1010	--	1111
11	1011	--	1110
12	1100	--	1010
13	1101	--	1011
14	1110	--	1001
15	1111	--	1000

A	· -
B	- · · ·
C	- - - ·
D	- - ·
E	·
F	· · - ·
G	- - -
H	· · · ·
I	··
J	· - - -
K	- - -
L	· - - ·
M	- - -
N	- -
O	- - - -
P	· - - -
Q	- - - -
R	· - -
S	···
T	-
U	·· -
V	·· · -
W	- - -
X	- - - -
Y	- - - -
Z	- - - -

1	- - - - -
2	·· - - -
3	·· · - -
4	·· · · -
5	·· · · ·
6	- - - - -
7	- - - - -
8	- - - - -
9	- - - - -
0	- - - - -
·	- - - - -
:	- - - - -
?	·· - - - -
ERRO	·· · · · ·
=	- - - - -
,	- - - - -
;	- - - - -
PAREN-	- - - - -
TESIS	- - - - -
/	- - - - -
ESPERE	- - - - -
FIM DE	- - - - -
MENSAG.	- - - - -
CONVITE P/	- - - - -
TRANSM.	- - - - -
FIM	·· - - - -

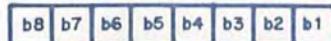
Fig.6.10 : Código Morse

CARACTERE		b_5	b_4	b_3	b_2	b_1
MINÚSCULO	MAIÚSCULO					
A	-		1	1		
B	?		1			1 1
C	:			1	1	1
D	\$		1			1
E	3		1			
F	:		1		1	1
G	&			1		1
H	#				1	1
I	8			1	1	
J	-		1	1		1
K	(		1	1	1	1
L	)			1		1
M	.				1	1
N	,				1	1
O	9				1	1
P	0			1	1	1
Q	1		1	1	1	1
R	4		1		1	
S	CAMPAINHA		1		1	
T	5					1
U	7		1	1	1	
V	;			1	1	1
W	2		1	1		1
X	/		1		1	1
Y	6		1		1	1
Z	"		1			1
LETRAS (muda para maiúsculo)			1	1	1	1
SÍMBOLOS (muda para maiúsculas)			1	1	1	1
ESPAÇO					1	
RETORNO DO CARRO						1
ALIMENTA LINHA				1		
BRANCO						

Fig.6.11 : Código Baudot

b7 =									
0				1					
b6, b5 =		00	01	10	11	00	01	10	11
b4, b2 b3, b1		0	1	2	3	4	5	6	7
0000 0		NUL	DLE	SP	0	@	P	‘	’
0001 1		SOH	DC1	!	1	A	Q	‘	q
0010 2		STX	DC2	”	2	B	R	‘	r
0011 3		EXT	DC3	#	3	C	S	‘	s
0100 4		EOT	DC4	\$	4	D	T	‘	t
0101 5		ENQ	NAK	%	5	E	U	‘	u
0110 6		ACK	SYN	‘	6	F	V	‘	v
0111 7		BEL	ETB	‘	7	G	W	‘	w
1000 8		BS	CAN	(	8	H	X	‘	x
1001 9		HT	EM	)	9	I	Y	‘	y
1010 A		LF	SUB	*	‘	J	Z	‘	z
1011 B		VT	ESC	+	;	K	[‘	{
1100 C		FF	FS	,	<	L	\	‘	‘
1101 D		CR	GS	-	=	M]	‘	}
1110 E		SO	RS	.	>	N	↑	‘	~
1111 F		SI	US	/	?	O	-	‘	DEL

Fig.6.12 : Código ASCII



		0								1							
		0				1				0				1			
		00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11
b4	b2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
b3	b1	NUL	DLE			SP	8	—									0
0000	0	SOH	DC1				/		o	j			A	J			1
0001	1	STX	DC2	FS	SYN				b	k	s		B	K	S	2	
0011	3	ETX	DC3						c	l	t		C	L	T	3	
0100	4								d	m	u		D	M	U	4	
0101	5	HT	NL	LF					e	n	v		E	N	V	5	
0110	6	LC	BS	ETB	UC				f	o	w		F	O	W	6	
0111	7	DEL	IL	ESC	EOT				g	p	x		G	P	X	7	
1000	8								h	q	y		H	Q	Y	8	
1001	9	RLF	EM						i	r	z		I	R	Z	9	
1010	A	SMM	CC			£	!	:									
1011	B	VT				.	\$,	#								
1100	C	FF			DC4	<	#	%	@								
1101	D	CR		Q	NAK	()	—	'								
1110	E	SO		ACK		+	:	>	=								
1111	F	SI		BEL	SUB			?	"								

Fig.6.13 : Código EBCDIC

b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1
----	----	----	----	----	----	----	----

b8 =		0								1							
b7 =		0				1				0				1			
b6, b5 =		00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11
b4	b2																
b3	b1																
HEX		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0000	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	'	p			NBSP	o	À	Ð	à	ø
0001	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	ä	q			i	±	Á	Ñ	á	ñ
0010	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r			ƒ	²	Â	ò	â	ò
0011	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s			£	³	Ã	ó	ã	ó
0100	4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t			¤	›	Ä	ö	ä	ö
0101	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u			¥	µ	å	õ	å	õ
0110	6	ACK	SYN	8	6	F	V	f	v			‘	’	æ	ö	œ	ö
0111	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w			§	•	ç	ç	ç	ç
1000	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x			"	b	È	ø	è	ø
1001	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y			©	i	É	ù	é	ù
1010	A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z			¤	ê	Ó	ê	ú	ú
1011	B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{			«	»	Ê	Ü	ë	ü
1100	C	FF	FS	,	/	L	\	ł	l			¬	1/4	ì	Ü	í	ü
1101	D	CR	GS	-	=	M	]	m	}			-	1/2	í	Ý	í	ý
1110	E	SO	RS	.	-	N	↑	n	~			®	3/4	î	Þ	i	p
1111	F	SI	US	/	?	0	-	o	DEL			,	-	ë	ï	ß	ÿ

Fig.6.14 : Código BRASCI

6.2.1 DETECÇÃO DE ERROS

Toda transmissão de dados está sujeita a erros, provenientes de decisões erradas no demodulador do modem, devido a um sinal de recepção contaminado por uma ou várias degenerações.

Ao nível do modem, um erro significa um bit invertido, mas, a nível de sistema, esse erro pode significar um caractere errado ou um bloco de caracteres não confiável.

É importante, em um sistema, que ele seja capaz de detectar erros, e quanto maior for essa capacidade maior será a sua confiabilidade.

Uma vez detectado um erro, o sistema pode agir de duas maneiras : pedir uma retransmissão da mensagem (caractere, bloco, etc.) ou corrigir o erro, se ele for capaz para isto.

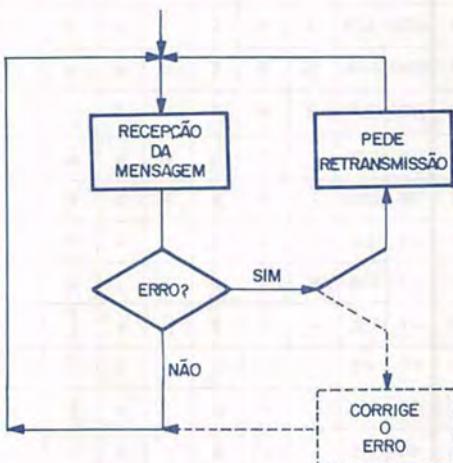


Fig.6.15 : Detecção de um erro

Mas como o sistema pode detectar um erro ?

Suponha que um sistema esteja utilizando o código ASCII e na transmissão do caractere "j" houve um erro no 7º bit .

	Transmitido	Recebido
	"j"	"*"
b1 =	0	0
b2 =	1	1
b3 =	0	0
b4 =	1	1
b5 =	0	0
b6 =	1	1
b7 =	1	erro--> 0

Simplesmente o sistema vai pensar que o caractere transmitido foi realmente o "*", e assim acontecerá com qualquer caractere errado, pois esse código é "não redundante", ou seja, todas as combinações possíveis são utilizadas.

Uma forma de detectar esse tipo de erro é acrescentar bits redundantes no código.

Um método de redundância utilizado é a adição de bits de paridade, resultado de uma operação do tipo "ou-exclusivo" sobre um conjunto de bits de dados.

Existem dois tipos de paridade : par e ímpar.

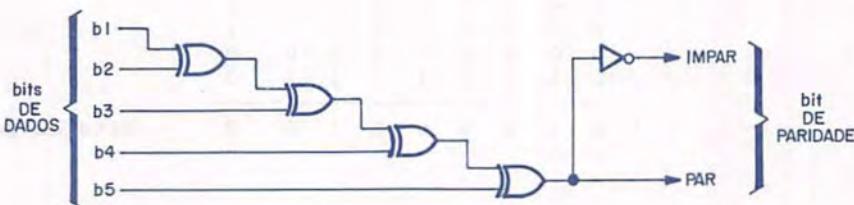


Fig.6.16 : Geração do bit de paridade

O bit de paridade par (ímpar) tem um valor tal que, quando acrescentado aos bits de dados, o número total de bits "1" será sempre par (ímpar).

O procedimento consiste em acrescentar, na transmissão, um bit de paridade a cada conjunto fixo de bits de dados, e, na recepção, verificar se a paridade do conjunto está correta. Se a paridade, na recepção, estiver errada, houve erro. Observe que se houver um número par de erros a ocorrência não será detectada.

Normalmente se utiliza a paridade por caractere e a paridade longitudinal.

A paridade por caractere consiste em acrescentar um bit de paridade para cada caractere transmitido e a paridade longitudinal consiste em acrescentar um caractere de paridade por bloco (BCC = "block check caracter") de forma que seu enésimo bit é a paridade (normalmente é par) dos enésimos bits de todos os caracteres do bloco.

----- caracteres de dados -----								
M	E	N	S	A	G	E	M	BCC
1	1	0	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	0	1	0	0	1
1	1	1	0	0	1	1	1	0
1	0	1	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	0	0	0	0	1	0	0

----- : bits de paridade

Outro método de redundância é a cíclica (CRC = "cyclic redundancy check"), que consiste em acrescentar "r" bits redundantes, resto da divisão da sequência dos bits de dados por um polinômio gerador. A recomendação CCITT V41 apresenta o polinômio $x^{16}+x^{12}+x^5+1$.

Na recepção a sequência é novamente dividida pelo mesmo polinômio gerador e o resto verificado deve ser zero, caso contrário houve erro.

Uma descrição mais detalhada desse método foge ao objetivo deste trabalho mas pode ser encontrada nas referências [3] e [4] da bibliografia.

6.3 PROTOCOLO

Um protocolo é um conjunto de regras e formalidades que rege uma comunicação.

Existem vários tipos de protocolos. Abaixo cito os quatro mais comuns em comunicação de dados :

- a - Protocolo de interface : estabelece as regras para se conectar dois equipamentos, a nível físico, ou seja, define a interface. Para equipamentos de transmissão de dados utiliza-se a interface serial RS232-C abordada em 4.3.
- b - Protocolo de controle da comunicação : estabelece as regras e procedimentos de linha entre duas estações de forma a controlar o sincronismo e a detecção de erros.
É também chamado de DLC ("Data Link Control")
- c - Protocolo de apresentação ("handshake") entre modems : utilizado no início da comunicação a fim de estabelecer parâmetros entre os modems, como por exemplo os protocolos definidos nas recomendações V22 e V22bis.
- d - Protocolo de modem esperto : estabelece as regras para que modem e ETD possam trocar parâmetros através da interface RS232. Um bem conhecido é o Hayes. Faço referência a tais protocolos no §4.5.2.

A seguir apresentarei, de forma simplificada, um protocolo de controle de comunicação (DLC), criado pela IBM em 1968 e ainda muito utilizado atualmente : BSC ou Bisync.

Suas principais características são :

- a - Permite comunicações semi-duplex ponto-a-ponto ou multiponto, de forma síncrona.
- b - Utiliza caracteres com significados especiais, ou seja, caracteres de controle.
- c - Transmite por blocos, que devem ser verificados e aceitos pelo receptor.

A figura 6.17 mostra seu formato básico.

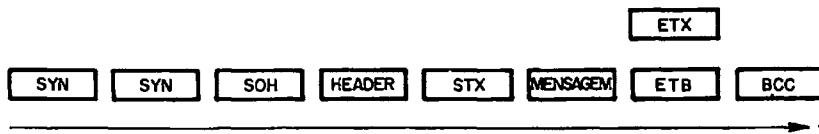


Fig.6.17 : Formato do protocolo BSC

onde : SYN = caractere de sincronismo

SOH = "Start of header" = informa ao receptor que a informação a seguir são caracteres de controle utilizados para endereçamento durante a operação do polling.

HEADER = Endereço da estação que deve receber a mensagem - esse campo é opcional e pode ser dispensado em circuitos pto-a-ptp.

STX = "Start of text" = início do texto = indica ao receptor que a informação a seguir é a mensagem propriamente dita.

ETX = "End of text" = fim do texto = indica o fim da mensagem e que não há mais blocos a serem transmitidos.

ETB = "End of block" = fim do bloco = indica o término de um bloco e que o caractere BCC vem a seguir.

BCC = "Block check character" - utilizado para testar a integralidade do bloco. A verificação da paridade dos bits de mesma posição relativa, no caractere, é feita no caso de se utilizar o código ASCII, por exemplo.

Outros caracteres de controle utilizados são :

ACK = caractere enviado pelo receptor para informar que o bloco foi bem recebido.

NACK = caractere enviado pelo receptor para informar que o bloco recebido não foi aceito (bloco contendo erro).

ENQ = "enquiry" = caractere transmitido por uma estação questionando se a outra estação está disposta a receber (pto-a-ptp).

DLE = "data link escape" = caractere utilizado antes de um caractere de controle para que este não seja interpretado como tal. Com auxílio deste caractere pode-se construir textos transparentes ao protocolo.

EOT = "end of transmission" = caractere utilizado para indicar o fim de uma transmissão. Esse caractere também é utilizado para responder "nada a transmitir", durante uma inquisição de polling.

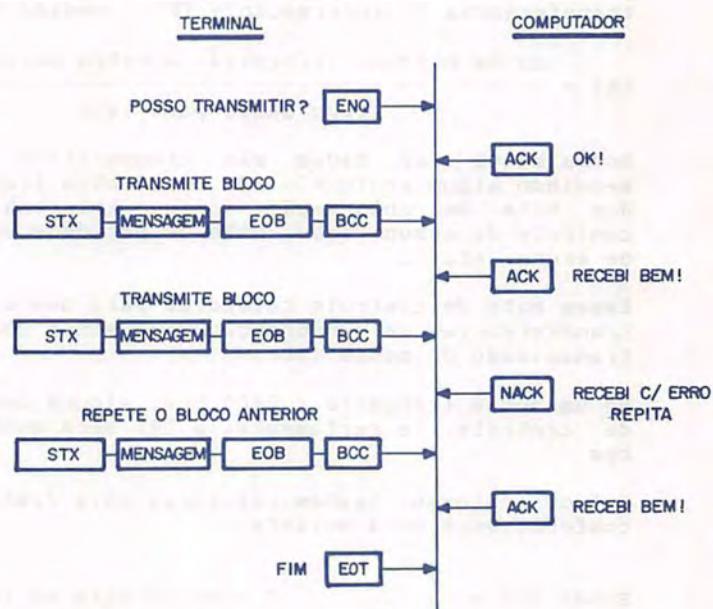


Fig.6.18 : BSC em ponto-a-ponto

6.4 CIRCUITO PONTO-A- PONTO

Analisarei, neste item, o circuito ponto-a-ponto, sob o ponto de vista de sua eficiência, ou seja, que parcela da velocidade do modem é efetivamente aproveitada para transmitir informação. Naturalmente, esta eficiência está intimamente ligada ao protocolo utilizado, e, como não faz parte deste trabalho avaliar os diversos protocolos, estarei considerando aqueles que precisam de uma confirmação "ACK" a cada bloco transmitido, antes de enviar o próximo. Caso o bloco seja recebido com erro, ele deve ser retransmitido.

Estarei considerando um circuito ponto-a-ponto em linha privativa, e, portanto, o terminal está permanentemente conectado ao computador.

Baseado no exposto acima, estabeleceri uma fórmula para determinar a eficiência do sistema, que será medida em porcentagem, a partir da definição de "taxa real de transferência de informação" = TRT , medida em bps.

$$TRT = \frac{\text{no de bits de informação aceitos pelo computador}}{\text{Tempo gasto para isso}}$$

Normalmente os dados são transmitidos em blocos, seguindo algum protocolo. Os protocolos transmitem, além dos bits de informação (o que interessa), bits de controle da comunicação, bits de paridade para controle de erros, etc...

Esses bits de controle colaboram para que a taxa real de transferência de informação seja menor que a taxa de transmissão do modem (Tt).

Se um modem transmite a 2400 bps, alguns desses bits são de controle, e certamente, a TRT será menor que 2400 bps.

Outros fatores também colaboram para diminuir a TRT, conforme você verá adiante.

$$\text{Sendo } TRT = \frac{I}{T}$$

I = no de bits de informação aceitos pelo computador
T = tempo necessário para aceitar esses bits.

Definirei eficiência :

$$f = \frac{TRT}{Tt}$$

f = eficiência
Tt = velocidade de transmissão do modem.

Podemos dizer que:

$$I = u \cdot (B-C)$$

u = bits de informação (úteis) por caractere

B = total de caracteres por bloco.

C = caracteres de controle por bloco.

B-C = caracteres de informação

ainda :

$$T = \frac{B \cdot b}{N \left(\frac{B \cdot b}{Tt} + At \right)}$$

N = nº de transmissões necessárias para aceitar um bloco.

b = total de bits por caractere

Tt = velocidade do modem [bps]

At = tempo gasto entre a transmissão de 2 blocos.

$$B \cdot b \\ \frac{---}{Tt} = \frac{\text{tempo de transmissão de um bloco.}}{Tt}$$

então :

$$TRT = \frac{u \cdot (B-C)}{\frac{B \cdot b}{N \left(\frac{B \cdot b}{Tt} + At \right)}}$$

O parâmetro "N" pode ser colocado em termos da taxa de retransmissão do canal, que é, inclusive, uma informação de fácil medida.

$$N = \frac{\text{blocos transmitidos}}{\text{blocos certos}} = \frac{c+e}{c} ; c = \text{certos} \\ e = \text{errados}$$

A taxa de retransmissão de bloco é definida por :

$$R = \frac{\text{blocos errados}}{\text{blocos transmitidos}} = \frac{e}{c+e}$$

Por substituição, você pode comprovar que :

$$N = \frac{1}{1-R}$$

Então, a fórmula da TRT finalmente fica :

$$TRT = \frac{(1-R) \cdot u \cdot (B-C)}{\frac{B \cdot b}{Tt} + At}$$

A taxa de retransmissão de bloco, "R", é função da taxa de erro de bit, imposta pelo meio de comunicação (modem+linha), e do comprimento do bloco. Esta relação, supondo que não haja correção de erro, é dada aproximadamente por :

$$R = 1 - (1 - em \cdot E)^{\frac{B \cdot b}{Tt}}$$

R = taxa de retransmissão
E = taxa de erro de bit
B = comprimento do bloco
[caracteres]
b = bits por caractere
em = fator que desconta os erros múltiplos em um bloco, causado pelos randomizadores e equalizadores digitais. Podemos utilizar os valores :
em=0,3 (V22, V22bis, V27 e V29)
em=0,9 (V21,23,26)

Por exemplo, utilizando a equação acima, se uma ligação possui uma taxa de retransmissão de 1 $\frac{1}{2}$ e o comprimento do bloco é de 500 caracteres de 10 bits, então a taxa de erro de bit é da ordem de 7 ppm (em = 0,3).

O parâmetro At depende do modo de operação do modem:

- a) semi-duplex com portadora chaveada
- b) duplex com portadora constante

a) Semi-duplex :

A figura a seguir esquematiza todos os retardos envolvidos entre a transmissão de dois blocos, numa ligação semi-duplex.

No caso da ligação a 2 fios, os modems semi-duplex introduzem os retardos RTS-CTS sempre que o sentido da transmissão é invertido.

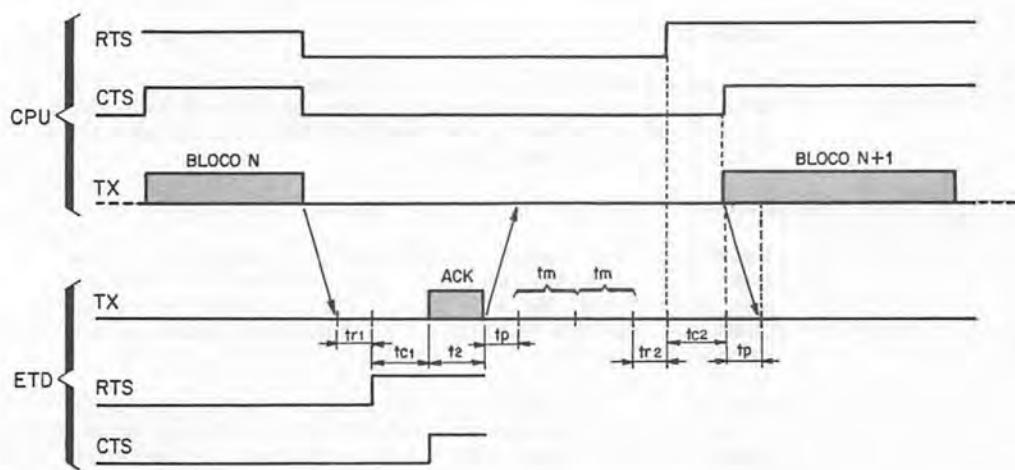


Fig.6.19 : Temporizações ponto-a-ponto

Onde :
 tr1 = Tempo de reação do ETD para recepção do bloco anterior e levantar o RTS.
 tc1 = Retardo RTS-CTS do modem instalado no ETD.
 t2 = Tempo de envio da resposta ACK, que normalmente é formada por 7 a 10 bits
 tp = Tempo de propagação na linha de transmissão. Aparece duas vezes : tanto na transmissão do ETD quanto na da CPU.

Em termos práticos pode-se considerar :

2,5 ms para curtas distâncias
 5,0 ms para médias distâncias
 15,0 ms para longas distâncias
 300,0 ms para transmissão via satélite.

tm = Tempo de propagação dentro do modem, considerando transmissão e recepção. Esse dado pode ser obtido com o fabricante do modem (varia de 3 a 60 ms).

tr2 = Tempo de reação da CPU para avaliar a resposta ACK e levantar o RTS para o próximo bloco.

tc2 = Retardo RTS-CTS do modem instalado na CPU

Podemos, então, dizer que :

$$At = (tr1+tr2) + (tcl+tc2) + t2 + 2.(tp+tm)$$

Na operação a dois fios os tempos "tr1" e "tr2" são, no mínimo, iguais ao tempo necessário para que o modem reverta seu sentido de transmissão : (DCD-) + RCC. Veja §6.6.1.

b) Duplex

Este modo de operação engloba os modems que operam duplex a 4 fios (V26, V27 e V29), os modems que operam duplex a 2 fios (V22, V22bis) e os modems que operam duplex a 2 fios, com canal secundário (1200/75).

Neste caso o retardo At será menor pois não existirão os tempos gastos com RTS-CTS, já que os modems estarão operando com portadora constante. Então, aplica-se a mesma fórmula anterior com $(tcl+tc2) = 0$.

Deve ser salientado que, no caso do canal secundário, este sempre opera em velocidade mais baixa (geralmente 75 bps) e o tempo "t2" será maior que no caso em que as duas velocidades são iguais.

Observe que o protocolo utilizado nesta análise é, por definição, semi-duplex, ou seja, não existe transmissão e recepção simultaneamente.

Na figura 6.20 apresento um gráfico onde você pode ver como varia a eficiência de um circuito ponto-a-ponto em função do comprimento do bloco e da velocidade "Tt" utilizada.

Observe que podemos tirar duas conclusões importantes :

- a. Existe um tamanho de bloco ótimo para cada velocidade. Para comprimentos de bloco abaixo do ponto ótimo, a eficiência cai devido ao atraso "At", que independe do comprimento do bloco.
Para comprimentos de bloco acima do ponto ótimo, a eficiência cai devido à maior probabilidade de retransmissão.
- b. Quanto menor a velocidade "Tt", maior é a eficiência do ponto ótimo e menor é o comprimento ótimo de bloco.

Na figura 6.21 você pode ver como a eficiência cai conforme a taxa de erro aumenta. Observe que, quanto maior for a taxa de erro, menor será o comprimento ótimo de bloco.

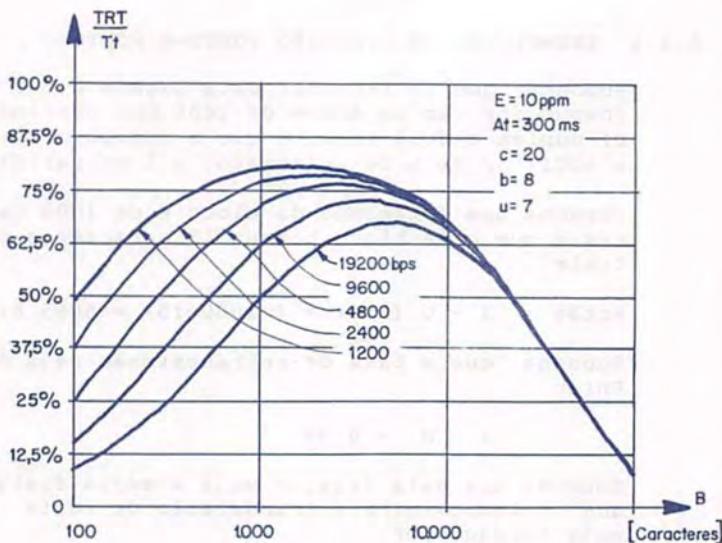


Fig.6.20 : Eficiência x comprimento do bloco

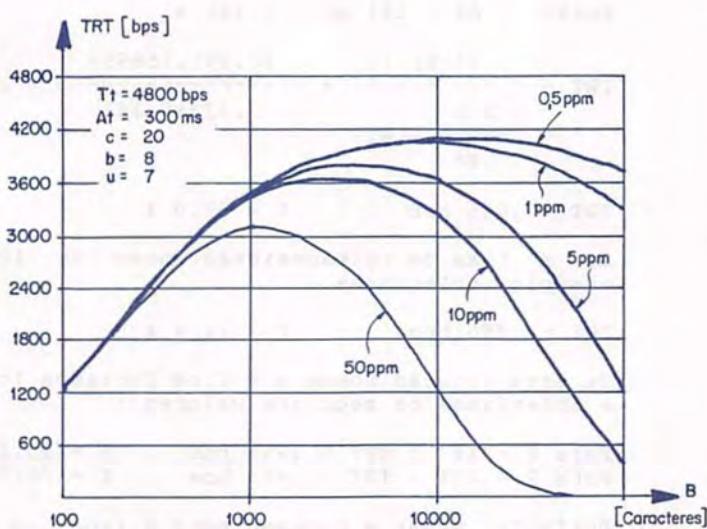


Fig.6.21 : Queda da eficiência com a taxa de erro

6.4.1 EXEMPLO DE UM CIRCUITO PONTO-A- PONTO

Suponha que um terminal está ligado à CPU de um computador com um modem de 2400 bps operando semi-duplex a dois fios, e que o código utilizado é o ASCII (7 bits de informação e 1 de paridade).

Suponha que o tamanho do bloco é de 1000 caracteres e que cada bloco possui 15 caracteres de controle.

Então : $I = u.(B-C) = 7(1000-15) = 6895$ bits

Suponha que a taxa de retransmissão seja de 18. Então :

$$1 - R = 0,99$$

Suponha que esta ligação seja a média distância e que o tempo entre a transmissão de dois blocos seja formado por:

$$tr1 + tr2 = 20 \text{ ms}$$

$$tp + tm = 25 \text{ ms}$$

$$t2 = 20 \text{ ms}$$

$tcl + tc2 = 51 \text{ ms}$ (Retardo RTS-CTS de 25,5 ms em cada modem)

Então : $At = 141 \text{ ms} = 0,141 \text{ s}$

$$TRT = \frac{(1-R) \cdot I}{B.b} = \frac{(0,99) \cdot (6895)}{3,333 + 0,141} = 1965$$

$$TRT = 1965 \text{ bps} ; f = 81,9 \text{ %}$$

Se a taxa de retransmissão fosse de 10%, por exemplo, obteríamos :

$$TRT = 1786 \text{ bps} ; f = 74,4 \text{ %}$$

Se essa ligação fosse a 4 fios teríamos $tcl+tc2=0$ e obteríamos os seguinte valores :

Para $R = 18$: $TRT = 1994 \text{ bps} ; f = 83,1 \text{ %}$

Para $R = 10\%$: $TRT = 1813 \text{ bps} ; f = 75,5 \text{ %}$

Portanto, mudar a conexão para 4 fios (o que pode significar o dobro em gastos com linha), neste caso, aumentaria a eficiência em cerca de 1,2% .

6.4.2 MODEM DUPLEX OU SEMI-DUPLEX ?

Considere um circuito ponto-a-ponto a dois fios.

Suponha que desejo efetivar uma transmissão de grande volume de dados, a 1200 bps assíncrono.

Devo escolher o tipo de modem entre as três alternativas abaixo, que satisfazem as condições estabelecidas :

- a) V23 1200/1200 bps semi-duplex
- b) V23 1200/75 bps duplex
- c) V22 1200/1200 bps duplex

A fim de comparar as eficiências das alternativas citadas, devo estabelecer os parâmetros da transmissão a ser efetivada :

```
I=6895 bits ; B=1000 ; b=10
R=1 %
tr1+tr2=20 ms
2.(tp+tm)=50 ms
t2=8 ms para 1200bps e 133 ms para 75bps
tcl+tc2=60 ms (semi-duplex)
```

Finalmente, após o cálculo da TRT e da eficiência, obtenho :

Alternativa	At	TRT	f
V23 1200/1200	0,138	805,8 bps	67,1 %
V23 1200/75	0,203	799,8 bps	66,6 %
V22 1200/1200	0,078	811,6 bps	67,6 %

Observe que a alternativa mais eficiente é a que utiliza modems V22, mas a diferença para aquela que utiliza modems V23 semi-duplex é somente de 0,5 %.

Você deve observar que, o fato de se utilizar modems duplex, em geral, não leva a um aumento de eficiência como era de se esperar, pois os protocolos utilizados são do tipo que precisam de uma confirmação da boa recepção de cada bloco antes de transmitir o próximo.

A mesma análise pode ser feita no caso de uma transmissão a 2400 bps síncrona, onde a escolha vai recair entre modems V26 e V22bis.

6.4.3 LINHA COMUTADA OU TRANSDATA ?

Suponha que pretendo estabelecer uma ligação entre duas cidades, a fim de transmitir um certo volume de dados síncronos.

Tenho duas alternativas : alugar um circuito ponto-a-ponto Transdata ou comprar dois modems e utilizar a linha comutada via DDD.

Qual das duas será a mais vantajosa em termos de custo ?

A diferença básica é que, no Transdata irei pagar uma quantia fixa, mensal, pelo aluguel do circuito, independente do tráfego, e na linha comutada irei pagar uma quantia proporcional ao tempo da conexão, ou seja, proporcional ao volume de dados transferido.

Vamos supor que :

Trecho	= Brasília/Rio (degrau D6)
Eficiência	= $f = \text{TRT}/\text{Tt} = 75\%$
CM	= Custo de 1 minuto de ligação DDD entre BSB e RIO, com tarifa normal.
	= Cr\$ 4,86
CCT	= Custo mensal do circuito Transdata, conforme tabela citada no §6.1.3.1.
$\text{TM} = (\text{B} - \text{C})$	= Tráfego mensal desejado. [caracteres]
u	= bits úteis por caractere
CLC	= Custo mensal em linha comutada.
	$\text{CLC} = \frac{\text{CM}}{60} \cdot \frac{u \cdot \text{TM}}{f \cdot \text{Tt}}$

O gráfico da página seguinte foi traçado a partir destes dados e mostra como o custo mensal da linha comutada aumenta conforme a utilização, sendo menor que o custo do Transdata até um determinado tráfego.

Na velocidade de 4800 bps, por exemplo, somente para um tráfego mensal acima de 187 milhões de caracteres (o que corresponderia a uma utilização da linha durante 5,2 horas em todos os dias úteis do mês) é que o circuito Transdata passa a ser mais barato.

Naturalmente, você não deve esquecer que, no caso da linha comutada, será preciso um investimento inicial para os modems.

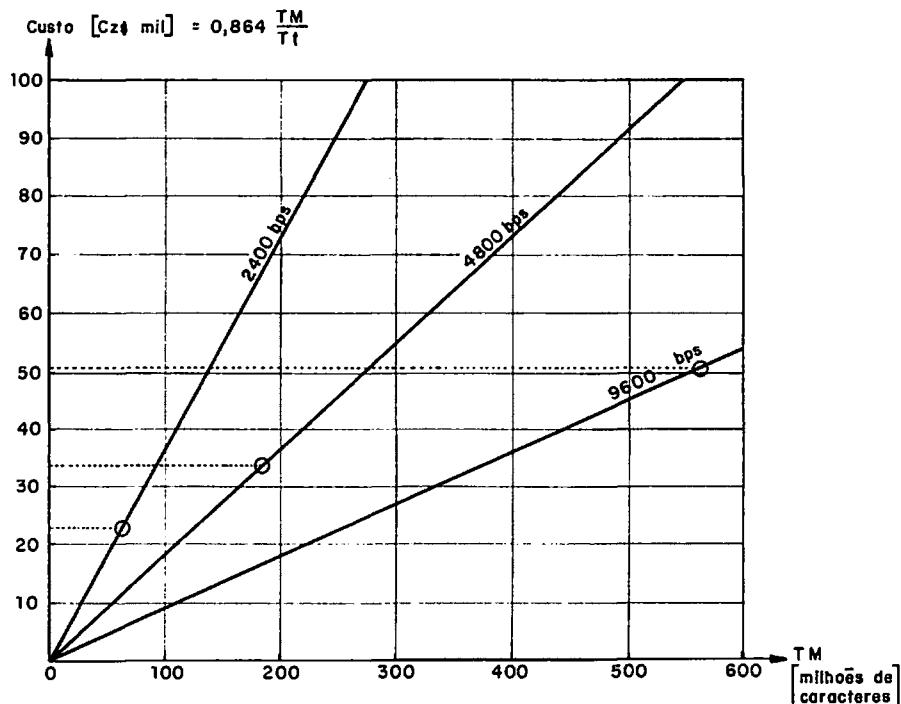


Fig.6.22 : Custo Transdata x Linha comutada

A tarifa da ligação telefônica BSB-RIO, que considerei, é aquela do horário normal (segunda a sexta, de 8:00 às 20:00). No caso da transmissão ser realizada em horário reduzido ou super-reduzido, aplique as tarifas Cz\$2,43 e Cz\$1,22, respectivamente.

6.5 CIRCUITO MULTIPONTO

Círcuito multiponto é aquele onde vários terminais compartilham uma mesma linha de acesso a uma porta do computador, ou seja, cada terminal terá a sua vez para receber e transmitir mensagens.

O protocolo utilizado vai disciplinar a utilização da linha de forma a viabilizar as transações.

Gostaria de salientar que não pretendo, neste ítem, analisar os possíveis protocolos a serem utilizados, mas sim mostrar o comportamento de tal circuito, abordando aspectos de eficiência, de forma semelhante à que fiz para o circuito ponto-a-ponto.

Para esta abordagem utilizarei novamente o protocolo BSC e estarei supondo que o circuito está implementado a 4 fios, semi-duplex, utilizando a técnica "poll-select".

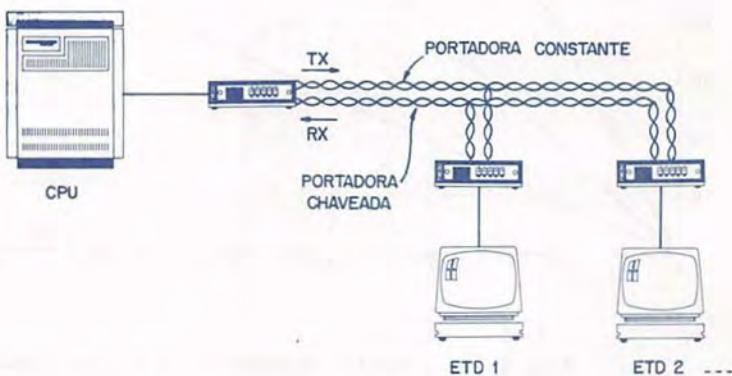


Fig.6.23 : Circuito multiponto

6.5.1 POLL-SELECT

Esta técnica consiste em deixar o controle da linha por conta da CPU, da seguinte forma :

Entradas = A CPU faz um "poll" de todos os terminais que estão conectados na linha, solicitando que eles transmitam suas mensagens de entrada, ou seja, cada terminal, em um instante diferente é inquirido a transmitir.

Saídas = A CPU seleciona o terminal e transmite a mensagem de saída.

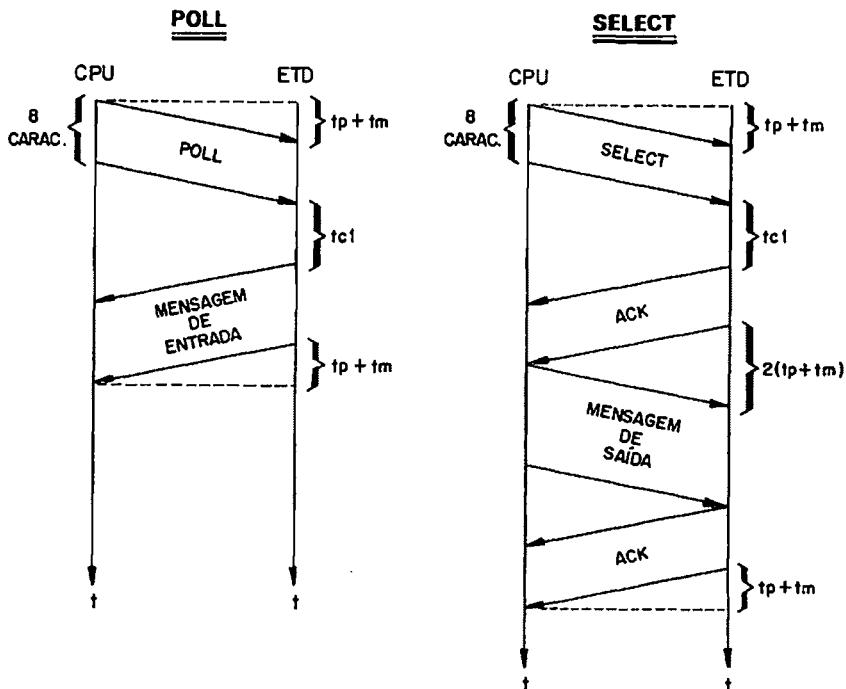


Fig.6.24 : Poll-select a 4 fios

O modem instalado na CPU opera com portadora constante, pois a linha "TX" é exclusiva para sua transmissão, evitando os retardos RTS-CTS, e os modems instalados nos ETD operam com portadora chaveada, pois a linha "RX" deve ser compartilhada, no tempo, por todos.

6.5.2 TEORIA DAS FILAS

Uma das ferramentas utilizadas na análise de sistemas de teleprocessamento é a teoria das filas, e por este motivo, gostaria de apresentá-la agora, de maneira simplificada, antes de utilizá-la especificamente na análise dos circuitos multiponto.

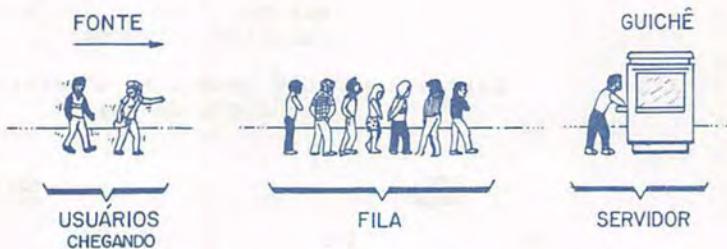


Fig.6.25 : Fila de atendimento

A teoria das filas é utilizada para representar um modelo de sistema onde as transações chegam, esperam sua vez e são atendidas.

Num sistema desse tipo, podemos distinguir :

M = nº de servidores (nº de transações servidas simultaneamente)

N = nº de fontes de transação

L = taxa média de chegada das transações, por fonte

$N.L$ = taxa média de chegada de todas as transações

ts = tempo médio de serviço

Tanto "L" quanto "ts" são variáveis aleatórias e a disciplina na fila é do tipo FIFO ("first in, first out"), ou seja, o primeiro a chegar será o primeiro a ser atendido.

A utilização da linha é definida como sendo :

$$P = \frac{ts \cdot N \cdot L}{M}$$

6.5.2.1 FILA UNI-SERVIDOR

Suponha, por exemplo, que em um banco que possui apenas um caixa, chegam 90 clientes por hora e ficam em uma fila a fim de aguardarem o atendimento. Logo que o caixa desocupá, o primeiro da fila é chamado para ser atendido e o tempo médio de serviço é de 36 segundos por cliente.

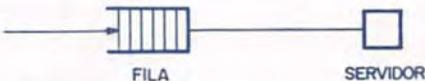


Fig.6.26 : Fila uni-servidor

Você pode, então, identificar :

$M = 1$
 $N = 1$
 $L = 90/3600 = 0,025 \quad [1/s]$
 $t_s = 36 \quad [s]$

$p = 0,9$

Observe que, se "p" for maior ou igual a "1" o sistema estará saturado, ou seja, a fila crescerá indefinidamente.

Qual é o tempo médio em que os clientes esperam na fila ?

Esta é uma informação importante fornecida pela teoria das filas :

$$tw = \frac{p \cdot t_s \cdot k}{2 \cdot (1-p)}$$

O tempo médio de espera na fila, "tw", é o espaço de tempo decorrido desde o instante em que o cliente entra na fila até o instante em que ele vai ao caixa para ser atendido.

k = Constante de variação do tempo de serviço.

Mostrarei com mais detalhes, adiante, a forma de determinar o valor de " k ". No momento adiante que se o tempo de serviço " ts " for constante, então $k=1$.

Suponha, então, que o caixa leva, sempre, exatamente 36 segundos para atender cada cliente. Neste caso, $k=1$, e :

$$tw = \frac{0,9 \cdot 36 \cdot 1}{2 \cdot (1-0,9)} = 162 \text{ [s]}$$

Cada cliente, em média, ficará 162 segundos (2,7 minutos) na fila.

O tempo total em que ele fica no banco será :

$$tr = tw + ts$$

tr = tempo médio de resposta

tw = tempo médio de espera

ts = tempo médio de serviço

No caso do banco, $tr = 3,3$ minutos

Se o tempo de serviço não for constante, ou seja, variar de transação para transação, devemos calcular o tempo médio de serviço :

$$ts = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{m}$$

ts = tempo médio de serviço

t_i = tempo de serviço observado em uma das " m " medidas

m = no total de medidas realizadas

A variância do tempo de serviço é definida como sendo :

$$ds^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (t_i - ts)^2}{m}$$

A raiz quadrada da variância, ou seja, "ds", é chamada de "desvio padrão" ou "desvio médio quadrático".

O desvio padrão é a média (quadrática) dos desvios. É uma informação importante pois traduz o grau de variação do tempo de serviço.

Suponha que, naquele exemplo do banco, o tempo médio de serviço tenha sido fruto de uma série de 5 medidas : $t_1=0,9$; $t_2=1,2$; $t_3=0,4$; $t_4=0,2$ e $t_5=0,3$ minutos, ou seja :

$$ts = \frac{0,9+1,2+0,4+0,2+0,3}{5} = 0,6 \text{ minutos}$$

Você pode facilmente confirmar que a variância e o desvio padrão são :

$$ds^2 = 0,148 \text{ minutos}$$

$$ds = 0,385 \text{ minutos}$$

A fórmula geral para obtenção da constante de variação do tempo de serviço é:

$$k = 1 + \left(\frac{ds^2}{ts} \right)$$

Observe que, se "ts" for constante seu desvio padrão será nulo e $k = 1$, conforme adiantei no início do exemplo.

A fórmula geral do tempo de espera, então, fica :

$$tw = \frac{p \cdot ts}{2 \cdot (1-p)} \left[1 + \left(\frac{ds}{ts} \right)^2 \right]$$

Esta fórmula foi desenvolvida por Polaczek-Khintchine e é válida para qualquer distribuição probabilística do tempo de serviço.

Qual será, agora, o tempo médio de espera na fila do banco ?

Confira : $k = 1,41$

$$tw = 228,4 \text{ [s]}$$

$$tr = 264,4 \text{ [s]}$$

Observe que, quanto maior for o desvio padrão do tempo de serviço, maior será o tempo médio de espera na fila !

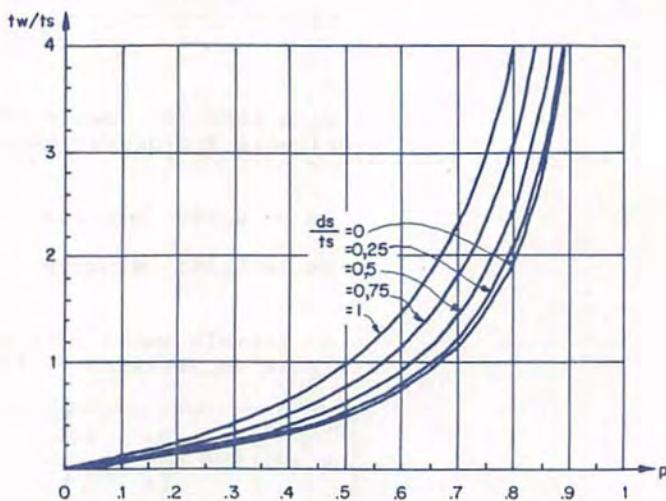


Fig.6.27 : Tempo de espera em fila uni-servidor

Outra informação importante é o comprimento médio da fila, dado pela equação de Little :

$$n_w = N \cdot L \cdot t_w$$

n_w = nº de transações aguardando na fila
 N = taxa total de chegada das transações

t_w = tempo médio de espera

No exemplo do banco, a fila terá, em média, cerca de 4 pessoas se o desvio padrão for zero e 6 pessoas se o desvio padrão for 0,385 minutos.

Detalhes sobre as equações apresentadas:

Nas equações que apresentei, considerei que a distribuição de "L" é do tipo exponencial.

A distribuição exponencial é dada por :

$$p(x) = \frac{e^{-x/t_s}}{t_s} ; \quad t_s = \text{ds}$$

$$p(x < X) = 1 - e^{-X/t_s}$$

$p(x)$ = função densidade de probabilidade do tempo de serviço.

t_s = tempo médio de serviço.

$$t_s = \int_0^{\infty} x \cdot p(x) \cdot dx$$

$$e = 2,71828\dots$$

$p(x < X)$ = probabilidade do tempo de serviço ser menor que um valor "X".

A distribuição exponencial, para o tempo de serviço, corresponde a $k=2$, pois :

$$k = 1 + \frac{ds}{ts} = 1 + \frac{1}{2} = 2$$

Utilizando a distribuição exponencial para o tempo de serviço (o que pode ser feito na prática quando $1,8 < k < 2,2$), podemos determinar facilmente a probabilidade do tempo de resposta (ou serviço) ser menor que um determinado valor :

$$P(x < X) = 1 - e^{-X/t} \quad ; \quad t = ts \text{ ou } tr$$

Podemos também determinar qual tempo de resposta satisfaça uma determinada probabilidade pré-estabelecida :

$$e^{-X/t} = 1 - P(x < X)$$

$$X = -t \cdot \left\{ \log \left[\frac{1 - P(x < X)}{e} \right] \right\}$$

Confira :

P(x < X)	X
63%	tr
90%	2,3.tr
95%	3,0.tr
99%	4,6.tr

Por exemplo, considerando que a distribuição de "ts", naquele caso do banco, é exponencial, qual é o número máximo de clientes que o banco pode receber para garantir que 90% deles ficarão na fila no máximo 3 minutos ?

Confira : $2,3.tr - ts = 180$

então : $tr = 94 \text{ [s]}$

$$\text{calculamos : } p = 1 - \frac{ts}{tr} = 0,61$$

$$\text{calculamos : } L = \frac{p}{ts} = 0,017$$

Concluimos que o banco pode receber até 61 clientes por hora.

RESUMO DA TEORIA DAS FILAS UNISERVIDOR :

$$p = ts \cdot N \cdot L$$

$$tr = tw + ts$$

$$n = nw + na$$

$$n = tr \cdot N \cdot L$$

$$nw = tw \cdot N \cdot L$$

$$na = p$$

distribuição de "ts"

	qualquer	constante	exponencial
tw	$\frac{p \cdot ts \cdot k}{2 \cdot (1-p)}$	$\frac{p \cdot ts}{2 \cdot (1-p)}$	$\frac{p \cdot ts}{1-p}$
tr	$tw + ts$	$tw + ts$	$\frac{ts}{1-p}$
n	$p + \frac{p \cdot k}{2 \cdot (1-p)}$	$p + \frac{p}{2 \cdot (1-p)}$	$\frac{p}{1-p}$
nw	$\frac{2 \cdot p \cdot k}{2 \cdot (1-p)}$	$\frac{2 \cdot p}{2 \cdot (1-p)}$	$\frac{p}{1-p}$

6.5.2.2 FILA MULTI-SERVIDOR

Neste caso vários servidores estarão atendendo a uma mesma fila, ou seja, "M" será maior que "1".

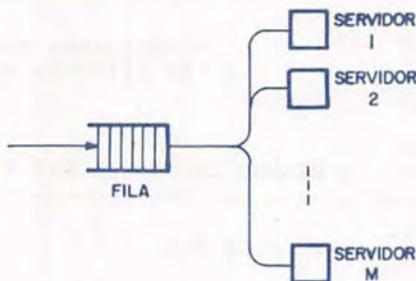


Fig.6.28 : Fila multi-servidor

A disciplina é tal que, logo que um servidor desocupá, a primeira transação da fila é chamada para atendimento (FIFO).

A fórmula para cálculo do tempo médio de espera é bem mais complexa que no caso da fila uni-servidor e considera $k=2$, que corresponde a uma distribuição exponencial de "ts".

$$\begin{aligned}
 tw &= ts \cdot \frac{1-A}{M \cdot (1-p) \cdot (1-p \cdot A)} \\
 A &= \frac{\sum_{j=0}^{M-1} \frac{(M \cdot p)^j}{j!}}{\sum_{j=0}^M \frac{(M \cdot p)^j}{j!}}
 \end{aligned}$$

Você pode consultar a figura 6.29 a fim de obter a relação tw/ts , desde que conheça "p" e "M".

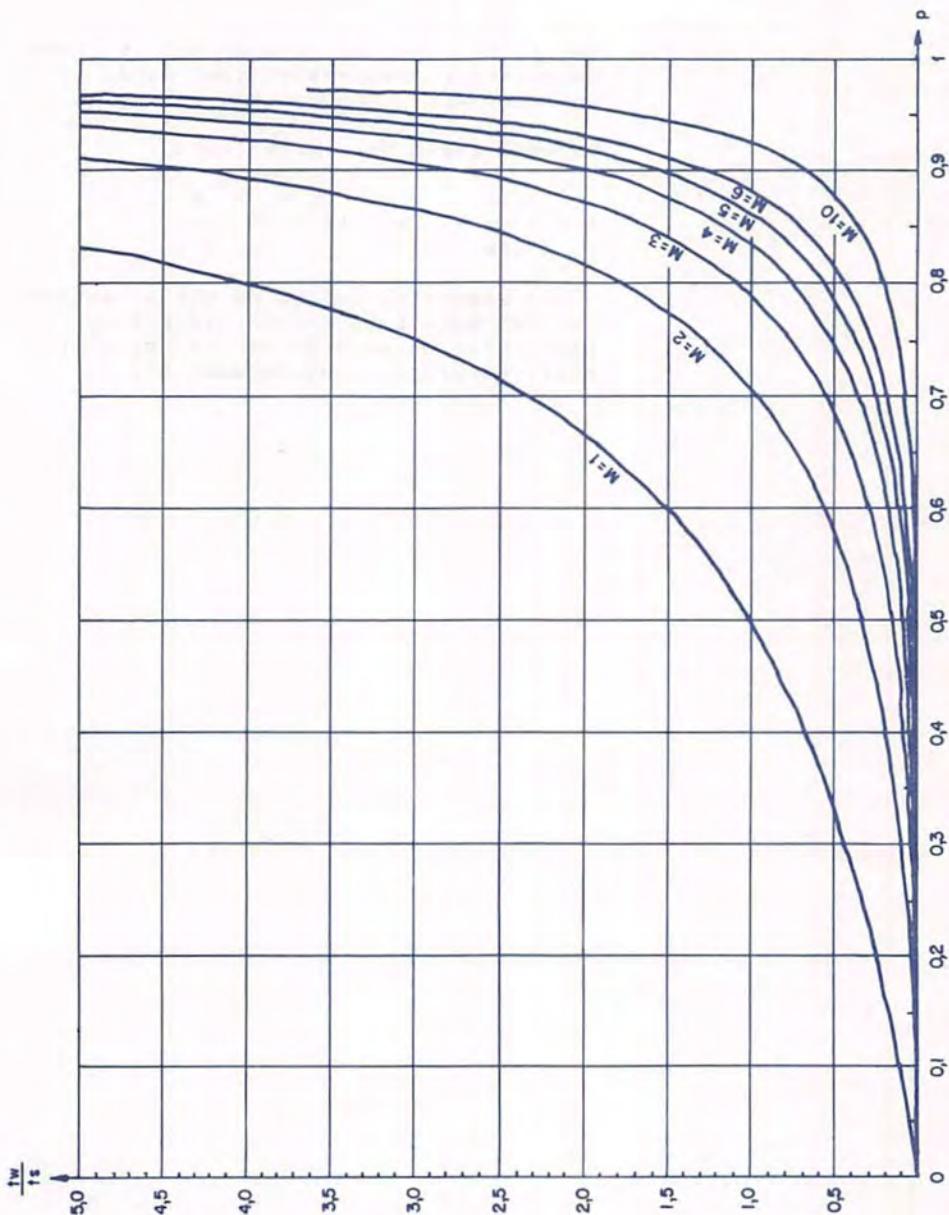


Fig.6.29 : Tempo de espera em fila multi-servidor

Verifique que, no caso de $M=1$, o tempo de espera é exatamente igual ao da fila uni-servidor, considerando $k=2$.

Se você fizer $M=1$, encontrará :

$$A = \frac{1}{1+p} \quad \text{e} \quad tw = ts \cdot \frac{p}{1-p},$$

o que demonstra o fato de que a equação de "tw" para fila uni-servidor é um caso particular da equação de "tw" para fila multi-servidor, considerando $k=2$.

6.5.3 MULTIPONTO UNI-SERVIDOR

Um circuito multiponto na modalidade "poll-select" pode ser visto como uma fila uni-servidor, onde a CPU atende às transações dos "N" terminais.

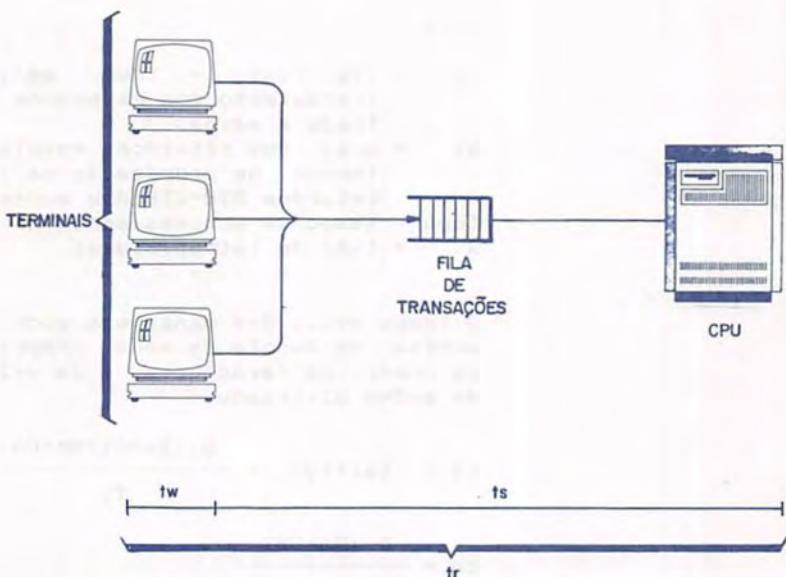


Fig.6.30 : Multiponto uni-servidor

O tempo médio de resposta, verificado pelos terminais é, como você já viu, a soma do tempo médio de espera na fila com o tempo médio de serviço :

$$tr = \frac{p \cdot ts \cdot k}{2 \cdot (1-p)} + ts$$

O tempo médio de serviço pode ser expresso como :

$$ts = \frac{tg+At}{1-R} + tcpu$$

onde :

$tg = (tgi+tgo)$ = tempo médio para transmissão das mensagens de entrada e saída.

At = soma dos retardos envolvidos : tempos de propagação na linha e retardos RTS-CTS dos modems.

$tcpu$ = tempo de processamento na CPU

R = taxa de retransmissão.

O tempo médio das mensagens pode ser expresso em função de seus comprimentos, em número de caracteres, e da velocidade do modem utilizado :

$$tg = \frac{tgi+tgo + \frac{b \cdot (Mi+Ci+Mo+Co)}{Tt}}{Tt} =$$

$$tg = \frac{b \cdot (Mm+Cm)}{Tt}$$

onde :

b = bits por caractere

Tt = velocidade do modem [bps]

Mi, Mo = nº médio de caracteres das mensagens de entrada e saída, respectivamente, excluindo os caracteres de controle

Ci, Co = nº de caracteres de controle associados às mensagens de entrada e saída, respectivamente

Mm, Cm = nº médio geral de caracteres de mensagem e controle, respectivamente.

O protocolo utilizado é responsável diretamente pelo parâmetro "Cm" e também influí em "At", pois ele define quantas vezes os modems remotos devem passar do estado de recepção para o de transmissão.

Considerarei o protocolo BSC, com :

Cm = 48

At = 2.tcl + 6.(tp+tm),

a fim de chegar a uma fórmula mais próxima de situações reais.

Então, para o protocolo BSC, o tempo de serviço será :

$$ts = \frac{1}{1-R} \cdot \frac{b \cdot (Mm+48)}{Tt + 2.tcl + 6.(tp+tm) + tcpu}$$

Finalmente, para calcular o tempo médio de resposta, em sistemas multiponto que utilizem o protocolo BSC, basta calcularmos "ts", "p" e "tr".

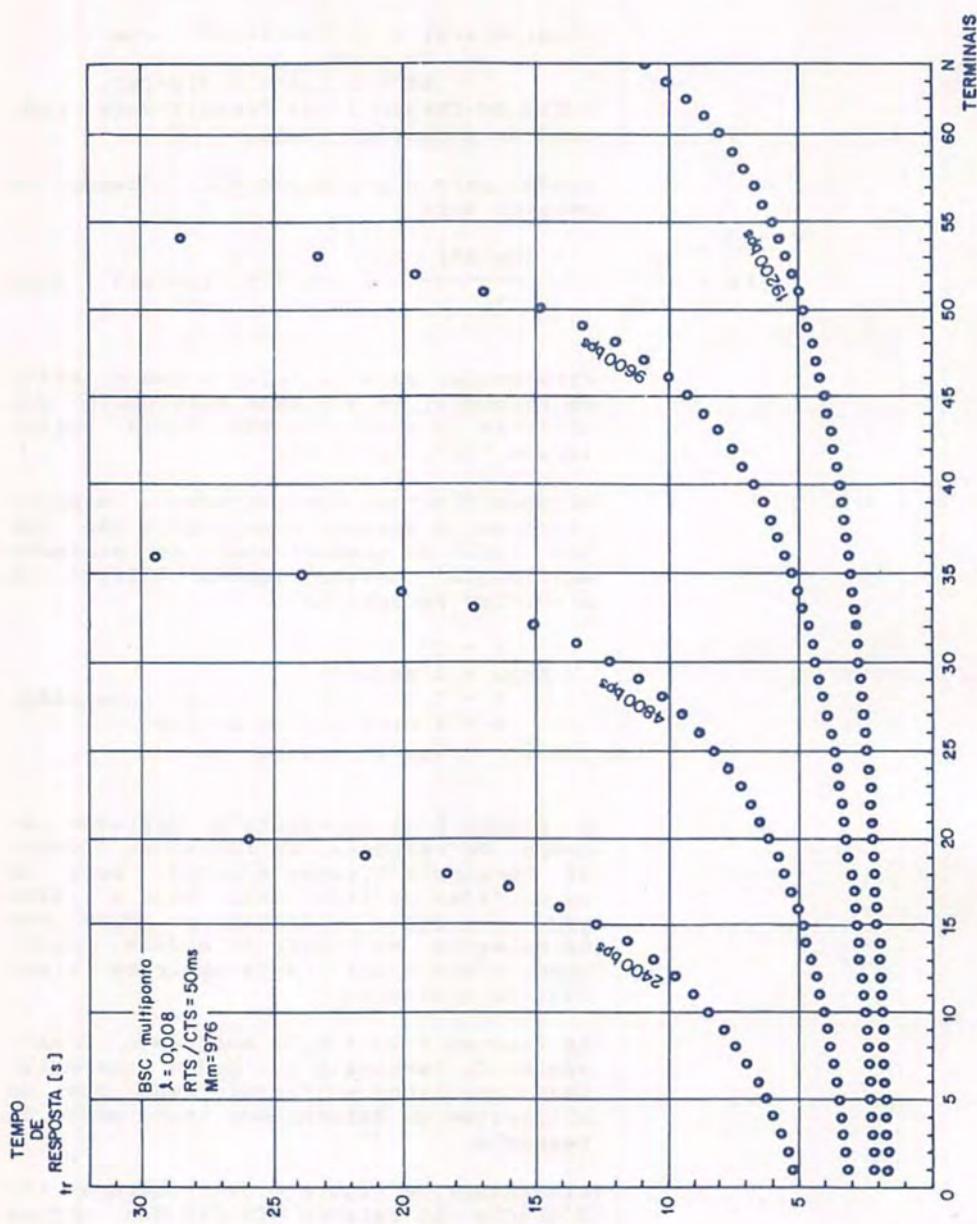
Algumas figuras, apresentadas a seguir, ilustram o assunto discutido e dão uma boa idéia do comportamento de sistemas multiponto. Nessas figuras utilizei os seguintes parâmetros :

$$\begin{aligned} k &= 2 \\ tcpu &= 1 \text{ segundo} \\ R &= 0,005 \text{ (0,5\% de retransmissão)} \\ b &= 9 \text{ bits por caractere} \\ 6.(tp+tm) &= 0,075 \text{ (75 ms)} \end{aligned}$$

A figura 6.31 apresenta a variação do tempo de resposta, em função do número de terminais ligados à linha, para as velocidades de 2400, 4800, 9600 e 19200 bps. Note que a velocidade de 19200 bps normalmente se refere a modems banda-base, o que significaria uma rede limitada em distância.

As figuras 6.32 e 6.33 mostram o número máximo de terminais que podem compartilhar uma linha multiponto, sem que se ultrapasse um determinado tempo médio de resposta.

Finalmente, a figura 6.34 ilustra a influência do retardo RTS-CTS dos modems no tempo de resposta do sistema.



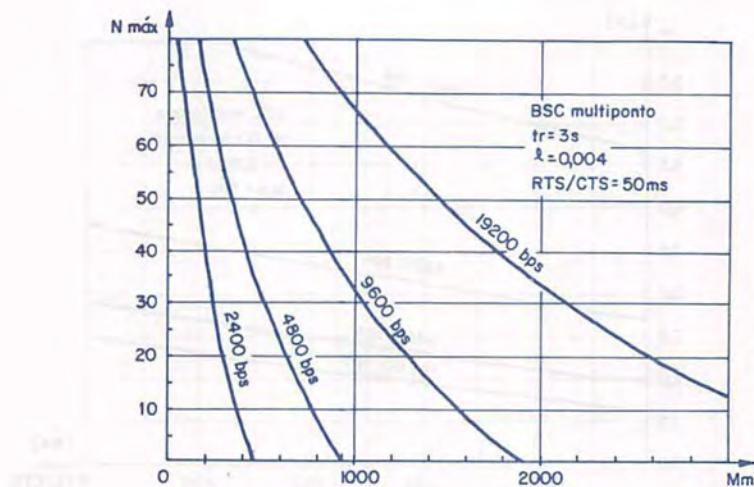


Fig.6.32 : nº de terminais x Mm para $tr=3s$ (BSC)

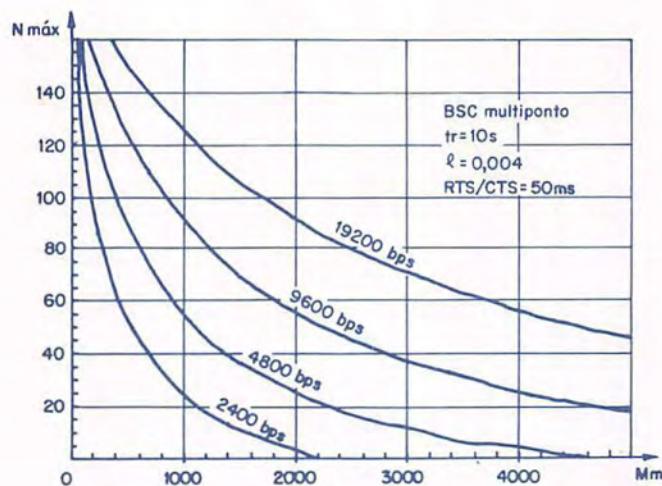


Fig.6.33 : nº de terminais x Mm para $tr=10s$ (BSC)

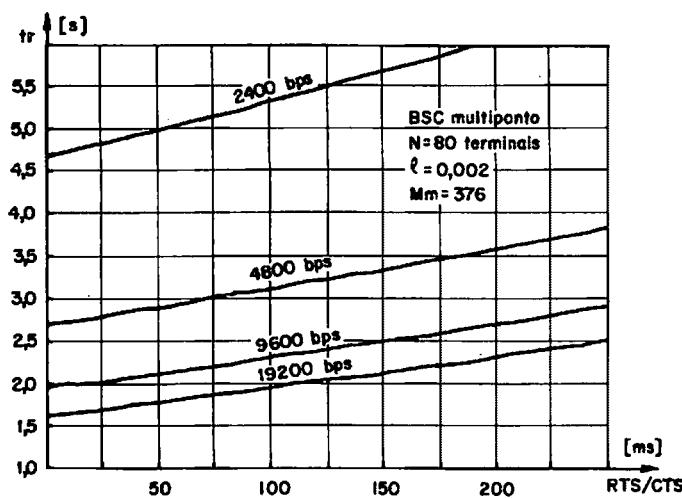


Fig.6.34 : tempo de resposta x RTS-CTS (BSC)

6.5.4 EXEMPLO DE UM CIRCUITO MULTIPONTO

Suponha um sistema multiponto utilizando o protocolo BSC com caracteres de 8 bits mais 1 de paridade, a 4 fios, sendo que a CPU oferece apenas uma porta servidora com um modem em portadora constante e gasta 0,5 segundos para processar cada transação. O sistema possui 10 terminais remotos com modems 2400 bps operando com portadora chaveada e retardos RTS-CTS de 50 ms.

A estatística das transações é a seguinte :

10% com 100 caracteres
20% com 200 caracteres
40% com 600 caracteres
20% com 800 caracteres
10% com 1000 caracteres

Cada terminal faz, em média, 10 consultas por hora.

Desejo saber qual é o tempo médio de resposta deste sistema.

COMPRIMENTO MÉDIO DAS MENSAGENS

$$M_m = \frac{\sum_{i=1}^m M_i}{m} = \sum M_i \cdot P_i$$

M_i = comprimento da i ésima mensagem

P_i = probabilidade de ocorrer o comprimento M_i .

Então :

$$M_m = (0,1) \cdot 100 + (0,2) \cdot 200 + (0,4) \cdot 600 + (0,2) \cdot 800 + (0,1) \cdot 1000$$

$$M_m = 550 \text{ caracteres}$$

DESVIO PADRÃO DO COMPRIMENTO

$$dm^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (Mi - Mm)^2}{m} = \frac{\sum_{i=1}^m Mi^2}{m} - Mm^2$$

$$dm^2 = \sum Mi^2 \cdot Pi - Mm^2$$

$$dm^2 = 38,1 \cdot (10)^4 - 30,25 \cdot (10)^4$$

$$dm = 280 \text{ caracteres}$$

VARIAÇÃO DO TEMPO DE SERVIÇO

$$k = 1 + \left[\frac{ds}{ts} \right]^2 = 1 + \left[\frac{dm}{Mm} \right]^2$$

A igualdade acima pode ser utilizada pois os retardos de modem e linha podem ser desprezados quando comparados aos tempos de transmissão das mensagens.

Então :

$$k = 1 + \left[\frac{280}{550} \right]^2 = 1,26$$

TEMPO MÉDIO DE SERVIÇO

Como a taxa de retransmissão e o retardo ($tp+tm$) não foram mencionados, considerei :

$$\begin{aligned} R &= 0 \\ tp+tm &= 0,02 \end{aligned}$$

Então :

$$\begin{aligned} ts &= \frac{9 \cdot (550+48)}{2400} + 2 \cdot (0,05) + 6 \cdot (0,02) + \\ &\quad + 0,5 \end{aligned}$$

$$ts = 2,9625 \text{ segundos}$$

UTILIZAÇÃO DA LINHA

$$p = \frac{ts \cdot N \cdot L}{M} = (2,9625) \cdot (10) \cdot \left(\frac{10}{3600}\right)$$

$$p = 0,082$$

TEMPO DE RESPOSTA

$$tr = \frac{p \cdot ts \cdot k}{M} + ts = 0,167 + 2,9625$$

$$tr = 3,13 \text{ segundos}$$

6.5.5 MULTISERVIDOR COM PERDA DE CHAMADA

A teoria das filas se aplica a sistemas onde as transações ficam aguardando em uma fila, quando todos os servidores estão ocupados.

O modelo multiservidor com perda de chamada se aplica a sistemas onde as transações são recusadas quando todos os servidores estão ocupados.

Um exemplo prático é o PABX : se você tenta ligar para um local que possui PABX e recebe o sinal de ocupado, você deve desligar e tentar novamente, pois sua ligação foi simplesmente recusada por não ser permitida a fila.

A probabilidade de uma chamada receber o sinal de ocupado é :

$$P[\text{ocupado}] = \frac{\frac{M}{[M.p] / M!}}{\sum_{j=0}^M \frac{[M.p]^j}{j!}}$$

Onde : $M = \text{nº de servidores}$

$$p = \frac{ts.L}{M} = \text{utilização da linha (N=1)}$$

$L = \text{taxa média de chegada das chamadas}$

A equação acima considera que a distribuição do tempo de serviço é exponencial.

A figura 6.35 mostra a probabilidade de uma chamada encontrar o sinal de ocupado (probabilidade de perda), em função da utilização da linha ("p") e do número de servidores ("M").

A partir destas considerações você pode determinar a quantidade de portas de um sistema com atendimento via linha comutada, desde que seja fornecida a probabilidade de perda e a ocupação da linha.

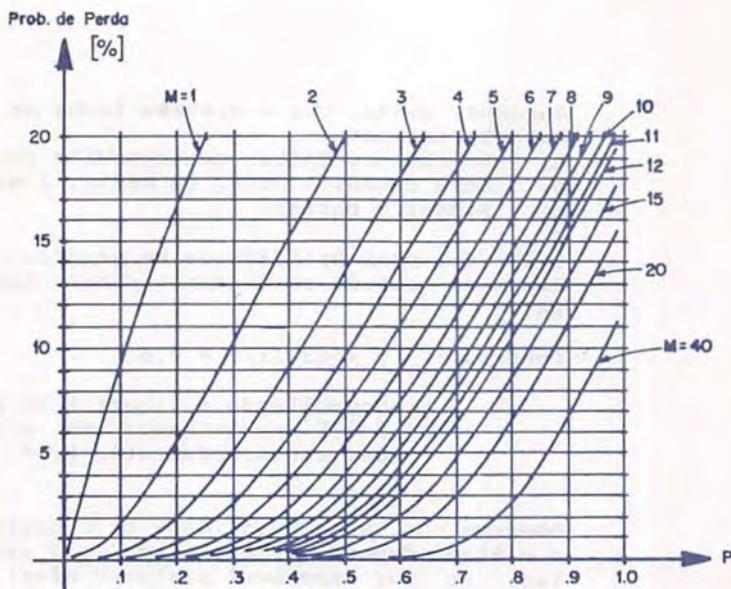


Fig.6.35 : Probabilidade de perda de chamada

Por exemplo, suponha que um sistema (semelhante ao Videotexto) atende a chamadas externas, utilizando modems com resposta automática através de um PABX, conforme ilustra a figura 6.36.

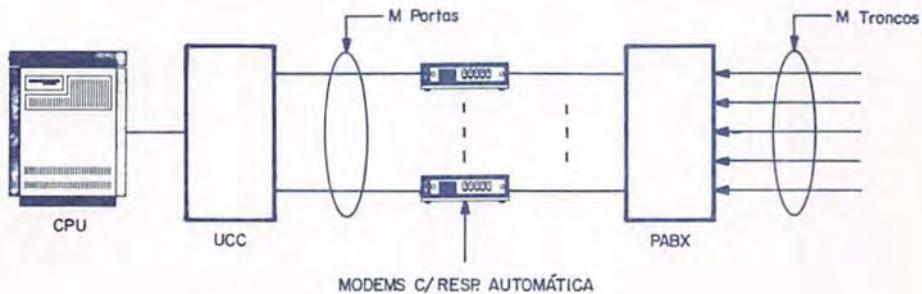


Fig.6.36 : Consulta por linha comutada

Suponha, ainda, que o sistema tenha as seguintes características :

- a) Recebe, em média, uma consulta por minuto.
- b) Cada consulta dura, em média, 3 minutos.
- c) Possui 6 portas.

Qual é a probabilidade de um usuário receber o sinal de ocupado ao discar o número deste sistema?

Confira : $p = (3.1)/6 = 0,6$

Consultando a figura 6.35 para $M=6$ e $p=0,5$ encontramos uma probabilidade de, aproximadamente, 5,3%

Observe que, se a quantidade de consultas dobrar, o sistema deverá ser expandido de 6 para 10 portas, se for desejável manter o nível de perda abaixo dos 5%.

6.6 ESTUDO DE CASOS

6.6.1 PTO-A-PTO A 2 FIOS COM MODEMS REPETIDORES

Quando uma linha física é muito extensa, ela pode impedir que se faça uma comunicação de dados utilizando modems banda-base, pois estes possuem alcances limitados.

Por exemplo : suponha que desejamos efetivar uma transmissão de dados, a 4800 bps, por uma linha com bitola AWG 26 e extensão de 25 km.

Você viu no §4.2.1 que o banda-base RHEDE S192 tem um alcance típico (50 ppm) de 15 km nessas condições (veja figura 4.35). Você pode ver que este alcance não é suficiente para efetivar a ligação de 25 km.

Nessas situações podemos utilizar um par de modems repetidores, no meio do caminho, a fim de regenerar o sinal e assim conseguirmos um alcance maior.

Os modems repetidores devem estar predispostos com sincronismo de transmissão externo pois os dados a serem transmitidos, provenientes do outro modem repetidor, já possuem seu próprio sincronismo (sincronismo de recepção).

Observe que, neste exemplo, estamos considerando uma ligação a 2 fios e isto exige um cuidado especial nos ajustes dos retardos RTS-CTS.

Veja, pela figura 6.37, que devemos sempre garantir que :

$$\min[tcl] > \max[tc2] + \max[DCD+] \\ a \qquad \qquad \qquad r \qquad \qquad \qquad r$$

Onde :

$\min[tcl]$ = retardo RTS-CTS, mínimo, do modem situado a na extremidade.

$\max[tc2]$ = retardo RTS-CTS, máximo, do modem repetidor.

$\max[DCD+]$ = retardo, máximo, entre a presença de sinal na linha e a ativação do DCD(pino 8 da interface RS232).

No caso do RHEDE S192 temos condição de selecionar:

RTS-CTS = 8,5±1ms
15,0±1ms
23,5±1ms
113,5±1ms

DCD+ = 6,0±2ms (fixo)

Então, podemos escolher 23,5ms como retardo RTS-CTS dos modems situados nas extremidades e 8,5ms como retardo RTS-CTS dos modems repetidores, o que garante a condição estabelecida :

$$22,5 > 9,5 + 8$$

$$22,5 > 17,5$$

Outra condição que deve ser satisfeita para que o sistema opere é:

$$\min[tcl] > 2.\max[DCD+]$$

Observe que $22,5 > 2.(8)$ satisfaz esta condição.

No §6.4, quando falei sobre a TRT no circuito ponto-a-ponto, defini "At" como sendo o tempo gasto entre a transmissão de dois blocos.

Se considerarmos que os tempos de reação do terminal e da CPU, e os tempos de propagação(tp) são nulos, podemos dizer, observando a figura da próxima página, que:

$$At = 2.[2.(DCD-)+RCC] + [tcl+tc4] + 4.tm + t2$$

Então :

$$At = 2.[2.(15)+20] + 2.(23,5) + 4.(0,8) + t2$$

$$At = t2 + 150 \quad [\text{ms}]$$

Confira que, se não houvessem os modems repetidores, poderíamos reduzir At em 60ms e, ainda, se a ligação fosse a quatro fios, reduziríamos At em 147ms!

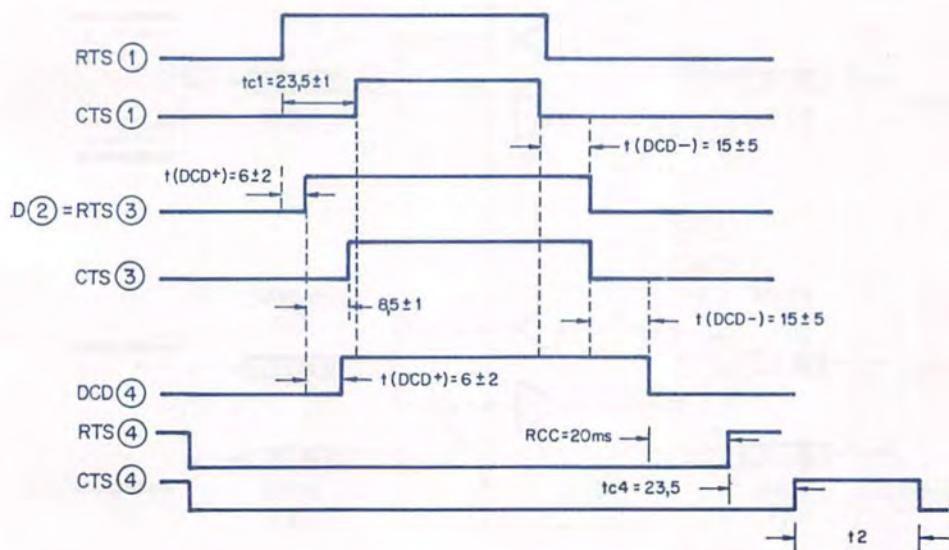
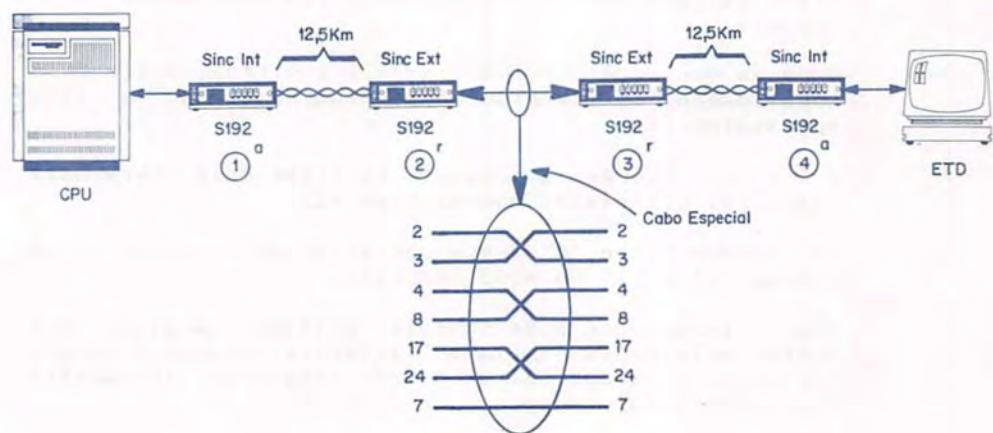


Fig.6.37 : Pto-a-ppto a 2 fios com modems repetidores

6.6.2 CIRCUITO FLORENCIO

Quando a concessionária instala uma linha privativa (LP) a 4 fios, existem os pares de transmissão e de recepção, que podem ser unidirecionais, caso exista algum equipamento de repetição ou PCM, por exemplo, no trajeto.

Suponha que você solicitou uma LP a 4 fios, entre duas localidades, e instalou um terminal operando a 1200 bps assíncrono.

O circuito Florêncio consiste em ligar dois terminais nesta LP, utilizando modems tipo V22.

Os modems "1" e "4" devem operar no modo origem e os modems "2" e "3" no modo resposta.

Desta forma você pode instalar mais um terminal sem custos adicionais de linha telefônica, graças à característica do modem V22 em ocupar faixas de frequência distintas para transmissão e recepção.

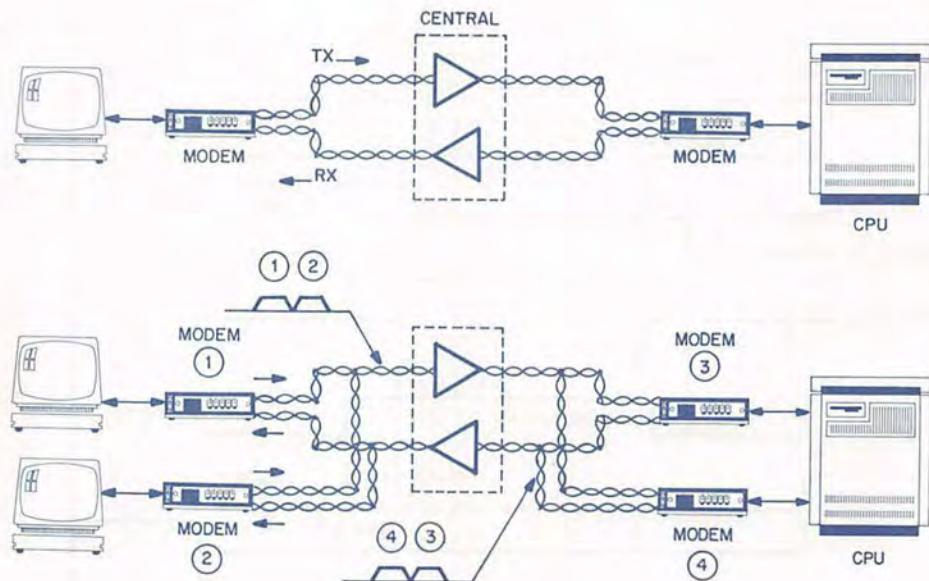


Fig.6.38 : Circuito Florêncio

6.6.3 AUTOMAÇÃO BANCÁRIA

A figura 6.39 mostra, de forma simplificada, um sistema de automação bancária, atendendo duas cidades (Praças "1" e "2").

Este esquema se refere a um sistema "on-line", ou seja, as agências possuem terminais conectados ao computador central da praça, de forma que qualquer movimentação em conta-corrente, por exemplo, é uma transação onde a agência utiliza sempre os dados atualizados da central.

Cada praça possui um computador central (CPU) com uma unidade de controle de comunicação (UCC) de 512 portas.

Cada agência da praça possui um concentrador com capacidade para 16 (ou 32) terminais que podem ser : terminal de caixa (utilizado para a movimentação de boca de caixa), terminal de extrato (fica em local onde o próprio cliente pode consultar seu saldo) e terminal administrativo (utilizado internamente, inclusive para inicialização da agência, normalmente fica desvinculado do atendimento ao público).

Neste exemplo, todo o sistema "on-line" opera a 2400 bps, síncrono, utiliza LP's a 4 fios e protocolo BSC.

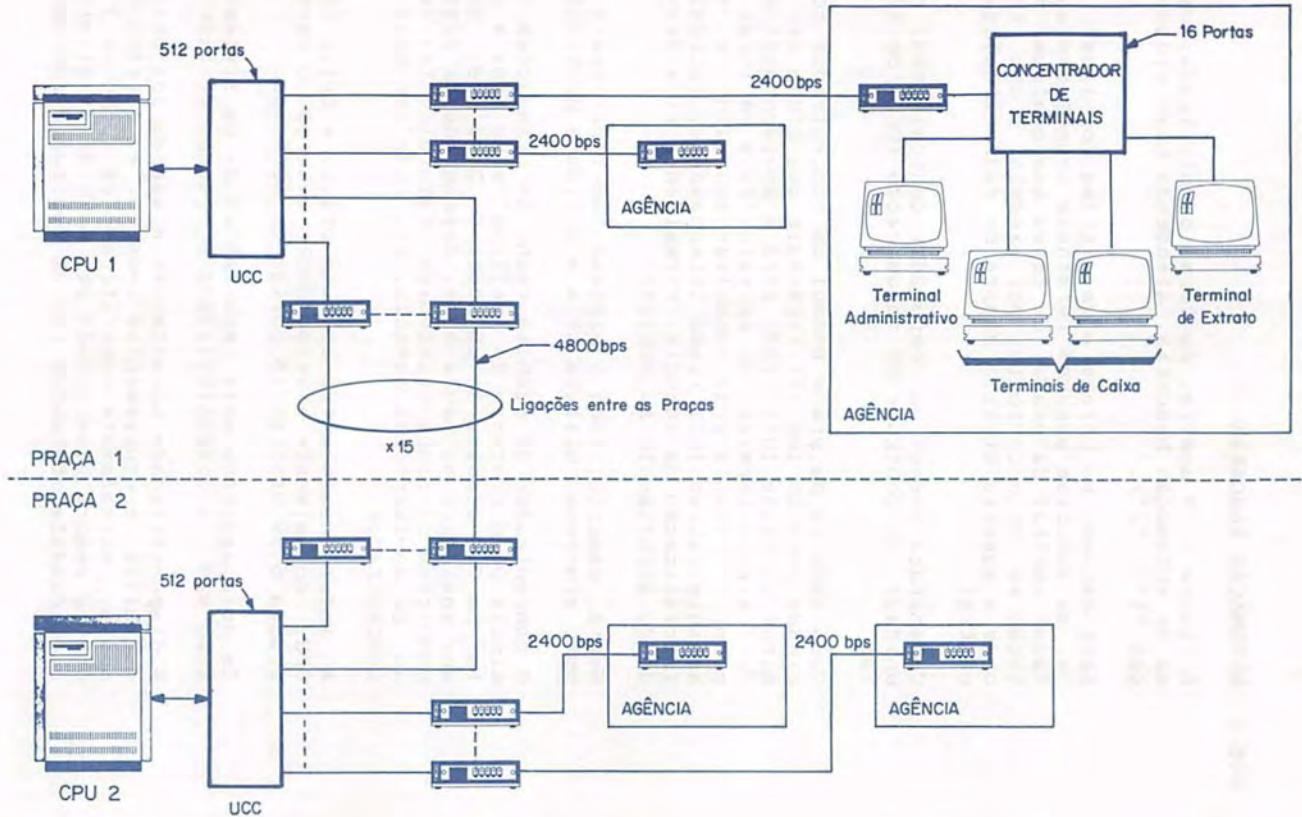
O concentrador da agência reúne as transações dos terminais pelo processo de "polling" e se liga à uma porta da CPU através de um modem de 2400 bps, que pode ser analógico ou banda-base, dependendo da distância e condições da linha telefônica. Naturalmente, dependendo do movimento da agência, ela pode ter mais que um concentrador.

A interconexão entre as duas praças é feita de CPU a CPU, normalmente a velocidades maiores. O exemplo da figura 6.39 utiliza 15 portas de 4800 bps.

Os dois aspectos mais importantes de um sistema deste tipo são : a disponibilidade e o tempo de resposta.

A disponibilidade normalmente é assegurada pelo uso de circuitos e equipamentos reserva, e, o tempo de resposta, normalmente especificado em torno de 3 segundos, é sempre acompanhado por meio de estatísticas periodicamente efetuadas por um "software" de gerência".

FIG.6.39 : AUTOMAÇÃO BANCÁRIA : SISTEMA "on-line"



7 A ESCOLHA DO MODEM

Quando se tem em vista escolher o modem adequado para um determinado sistema, a tarefa na verdade é composta de duas etapas distintas :

- a - Relacionar as características imprescindíveis.
- b - Escolher dentre os que satisfazem o ítem anterior, aquele que ofereça a melhor figura de vantagens, segundo algum critério pré-estabelecido.

Na verdade não é tão fácil estabelecer um critério de julgamento pois muitos fatores imponderáveis estão em jogo, no entanto, apresentarei alguns subsídios que podem auxiliar nessa escolha, como o cálculo do índice "custo/benefício" e alguns comentários sobre MTBF.

As características imprescindíveis devem ser relacionadas a partir da análise do sistema (características técnicas) e de fatores estratégicos do usuário (custos, prazos, documentação, etc.).

Alguns pontos merecem um certo destaque :

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS :

A velocidade e o modo de operação (duplex ou semi-duplex) talvez sejam os primeiros parâmetros resultantes da análise do sistema que, por sua vez, deve ter levado em consideração a TRT ou o tempo de resposta(*tr*), dependendo da aplicação ser ponto-a-ponto (coleta e devolução de dados em grande volume, RJE, transferência de arquivos, etc.) ou multiponto (interativo, coleta de dados por polling, etc.).

Naturalmente, os equipamentos e o protocolo, a serem utilizados, também influenciam neste item, principalmente quanto ao sincronismo.

No caso de um sistema ponto-a-ponto, conforme analisei em 6.4.2, um modem duplex (V22 ou V22bis) oferece um pequeno ganho na TRT se comparado a outro, de mesma velocidade, porém, semi-duplex (V23 ou V26). No entanto, se envolvermos o custo dos modems na análise, essa vantagem pode desaparecer, e isto pode ser facilmente medido pela razão "custo/eficiência".

FATORES ESTRATÉGICOS :

De acordo com a portaria nº 214 (26.11.82) do Ministério das Comunicações, qualquer modem, para ser conectado na rede pública de telefonia, deve possuir um certificado de homologação, emitido pelo DENTEL, e com prazo de validade não expirado.

Para que um modem receba o certificado de homologação, seu fabricante deve submetê-lo a testes de desempenho em um laboratório indicado pela Telebrás (Laboratório da Embratel, por exemplo).

Se um modem não possui certificado de homologação, isto pode significar que ele foi reprovado nos testes, sendo, portanto, um equipamento com graves problemas técnicos.

7.1 CUSTO/BENEFÍCIO

Este índice é a divisão de dois números : o custo do modem e seu benefício. O benefício é calculado em função de uma tabela que atribui pontos a cada vantagem oferecida.

A seguir apresento uma tabela para cálculo do benefício, que você pode alterar a fim de atender melhor suas necessidades.

A tabela é composta de 4 partes :

- velocidades/retardos
- facilidades operacionais
- facilidades de teste
- elétricas

Nela relacionei as características que julguei mais importantes. A cada característica atribuí uma pontuação, e o critério que utilizei foi torná-la um reflexo dos benefícios oferecidos, dentro da realidade nacional, e manter uma certa coerência com o custo da respectiva implementação.

Para calcular a pontuação do modem basta somar todos os itens que ele satisfaz e a esse total de pontos pode-se chamar de benefício oferecido pelo modem.

Seguindo a pontuação apresentada, e tendo em vista os modems atualmente disponíveis no mercado brasileiro, eu diria que eles se situam, em geral, nas seguintes faixas :

	benefício		
modem tipo V21	30	a	45
modem tipo V23	50	a	70
modem tipo V22	70	a	105
modem tipo V26	120	a	140
modem tipo V22bis	160	a	210
modem tipo V27	260	a	305
modem tipo V29	400	a	520

Existem modems que atendem a mais de uma recomendação e por isso são chamados de "multimodem". Os mais comuns são os que atendem tanto a V21 quanto a V23. Naturalmente o benefício desses modems será maior, como por exemplo o RHEDE RD32B que é V23 e V21.

Finalmente, divide-se o custo pelo benefício, obtendo-se assim a relação desejada. Naturalmente, o modem mais caro, baseando-se no critério descrito, será o de menor relação custo/benefício.

VELOCIDADES/RETARDO

PTOS

1.	300/300	bps V21,	duplex, 2F.	.....	10
2.	300/300	bps Bell,	duplex, 2F.	.....	2
3.	1200/1200	bps V23,	duplex, 4F.	.....	10
4.	1200/1200	bps V23,	semi-d, 2F.	.....	10
5.	1200/1200	bps V23,	semi-d, 2F. RTS-CTS < 30 ms	.....	10
6.	1200/1200	bps V22,	duplex, 2F., modo i	.....	20
7.	1200/1200	bps V22,	duplex, 2F., modo ii, 9 e 10 bits	.....	10
8.	1200/1200	bps V22,	duplex, 2F., modo iii, 8 a 11 bits	.....	10
9.	600/600	bps V22,	duplex, 2F., modo iii	.....	5
10.	600/600	bps V22,	duplex, 2F., modo iv	.....	5
11.	1200/1200	bps V22,	duplex, 2F., modo v	.....	8
12.	1200/75	bps V23,	duplex, 2F.	.....	5
13.	75/1200	bps V23,	duplex, 2F.	.....	5
14.	1200*/1200	bps V23,	duplex, 2F.	.....	5
15.	1200/1200*	bps V23,	duplex, 2F.	.....	5
16.	2400/2400	bps V26,	duplex, 4F.	.....	40
17.	2400/2400	bps V26,	semi-d, 2F.	.....	30
18.	2400/2400	bps V26,	semi-d, 2F. RTS-CTS < 30 ms	.....	20
19.	2400/2400	bps V26bis,	duplex, 4F.	.....	5
20.	1200/1200	bps V26bis,	duplex, 4F.	.....	5
21.	2400/2400	bps V22bis,	duplex, 2F., modo 1	.....	50
22.	2400/2400	bps V22bis,	duplex, 2F., modo 2, 9 e 10 bits	.....	30
23.	2400/2400	bps V22bis,	duplex, 2F., modo 2, 8 a 11 bits	.....	30
24.	1200/1200	bps V22bis,	duplex, 2F., modo 3	.....	20
25.	1200/1200	bps V22bis,	duplex, 2F., modo 4	.....	20
26.	4800/4800	bps V27,	duplex, 4F.	.....	80
27.	4800/4800	bps V27,	semi-d, 2F.	.....	70
28.	4800/4800	bps V27bis,	semi-d, 2F. RTS-CTS < 30 ms	.....	60
29.	2400/2400	bps V27bis,	duplex, 4F.	.....	20
30.	2400/2400	bps V27bis,	semi-d, 2F.	.....	30
31.	9600/9600	bps V29,	duplex, 4F.	.....	150
32.	9600/9600	bps V29,	semi-d, 2F.	.....	140
33.	9600/9600	bps V29,	semi-d, 2F. RTS-CTS < 30 ms	.....	100
34.	7200/7200	bps V29,	duplex, 4F.	.....	30
35.	4800/4800	bps V29,	duplex, 4F.	.....	30
36.	9600/9600	bps V29,	com 4 canais de 2400 (MUX)	.....	30

1200*/1200 = Para a linha telefônica o modem opera a 75/1200, ou seja, recebe dados a 75 bps pelo canal secundário. Para o ETD o modem opera a 1200/1200, ou seja, os dados recebidos a 75 bps, pela linha, são entregues ao terminal a 1200 bps. O modem deve possuir um conversor de 75 para 1200 bps, na recepção.

1200/1200* = Para a linha o modem opera a 1200/75, ou seja, transmite dados a 75 bps pelo canal secundário. Para o ETD o modem opera a 1200/1200, ou seja, o ETD fornece os dados a 1200 bps, que serão transmitidos a 75 bps pela linha. O modem deve possuir, além do conversor, um "buffer" de caracteres.

FACILIDADES OPERACIONAIS

	PTOS
1. Conector Padrão RS232 com CT105 (RTS)	1
2. Conector Padrão RS232 com CT106 (CTS)	1
3. Conector Padrão RS232 com CT107 (DSR)	1
4. Conector Padrão RS232 com CT108 (DTR)	1
5. Conector Padrão RS232 com CT140 (LDR)	1
6. Conector Padrão RS232 com CT141 (LAL)	1
7. Conector Padrão RS232 com CT125 (RING)	1
8. Conector Padrão RS232 com CT111 ou CT126 (SEL)	1
9. Conector Padrão RS232 com CT113 (TCKE)	1
10. Conector Padrão RS232 com CT142 (TST)	1
11. Nível TX selecionável em 4 ou mais passos	1
12. Nível TX selecionável em 8 ou mais passos	1
13. Nível TX selecionável em 16 ou mais passos	1
14. Portadora chaveada	2
15. Sincronismo TX externo	3
16. Sincronismo regenerado	3
17. Resposta automática	3
18. Conexão modem-linha pelo painel	1
19. Discagem automática	1
20. Discagem automática esperta Hayes	2
21. Discagem automática esperta V25bis	2
22. Chave para simular RTS = ON	1
23. Chave para simular DTR = ON	1
24. Indicador luminoso para CTS	1
25. Indicador luminoso para DCD	1
26. Visor alfanumérico	2

FACILIDADES DE TESTE

	PTOS
1. Enlace analógico local (LAL)	2
2. Enlace digital local (LDL)	2
3. Enlace analógico remoto (LAR)	1
4. Enlace digital remoto (LDR)	3
5. Geração de sequência de teste	1
6. Medição da taxa de erro	3
7. Auto-teste ao ligar o modem	1
8. Chave para inibir CT140 (LDR)	1
9. Chave para inibir CT141 (LAL)	1
10. Chave para inibir enlaces pedidos remotamente	1
11. Indicador luminoso "modem em teste"	1

ELETRICAS

	PTOS
1. Consumo igual ou menor que 20W	1
2. Consumo igual ou menor que 10W	1
3. Consumo igual ou menor que 5W	1
4. Alimentação selecionável 110/220V	1
5. Fusível de alimentação externo	1

7.2 MTBF

Geralmente, a informação do MTBF (Tempo médio entre falhas) de um equipamento, gera mais confusão do que esclarecimentos.

Digo isto porque cada fabricante tem uma forma particular de obter ou "chutar" este parâmetro, tornando impossível uma eventual comparação.

A polêmica que gira em torno deste assunto me fez crer que justificaria dedicar-lhe algumas páginas.

Suponha que, neste instante, ligamos um determinado equipamento. Qual é a probabilidade dele falhar exatamente daqui a 1 ano, 2 meses, 6 dias, 9 horas, 15 minutos e 10 segundos?

Praticamente nula, mas certamente quanto mais tempo o equipamento ficar ligado, mais chance a falha tem de ocorrer.

Podemos fazer outras perguntas, como por exemplo: qual a probabilidade dele falhar, desde o instante inicial até uma determinada data.

Este fato pode ser representado, em estatística, pela função:

$p(t)$ = densidade de probabilidade de ocorrer o evento (no caso, uma falha no tempo "t").

Para determinarmos a probabilidade do evento ocorrer, em um determinado intervalo de tempo, devemos calcular a área sob a curva "densidade de probabilidade", no respectivo intervalo, ou seja, calcular a integral da curva:

$$P(T_1; T_2) = \int_{T_1}^{T_2} p(t) \cdot dt$$

Naturalmente, a curva $p(t)$ deve satisfazer a condição:

$$P(0; \infty) = \int_0^{\infty} p(t) \cdot dt = 1$$

A figura 7.1.a mostra três funções "densidade", referentes a três equipamentos diferentes.

Suponha que o tempo esteja marcado em meses, de "0" a "36", ou seja, um intervalo de três anos.

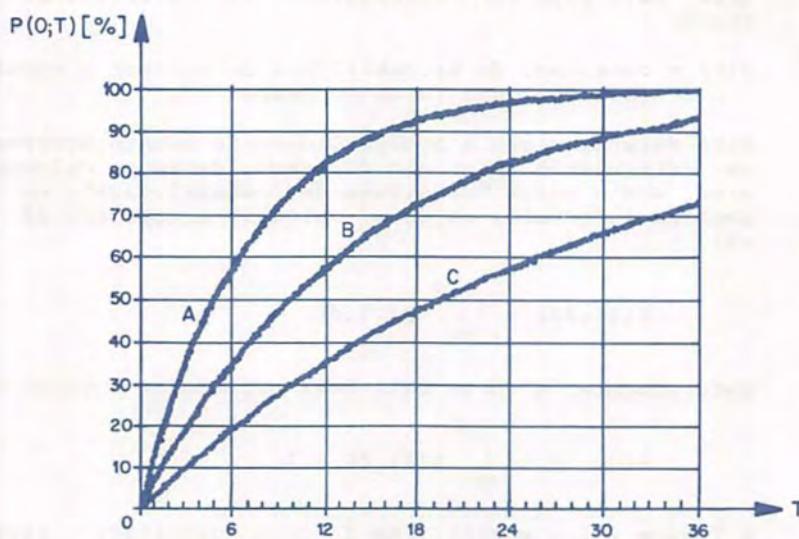
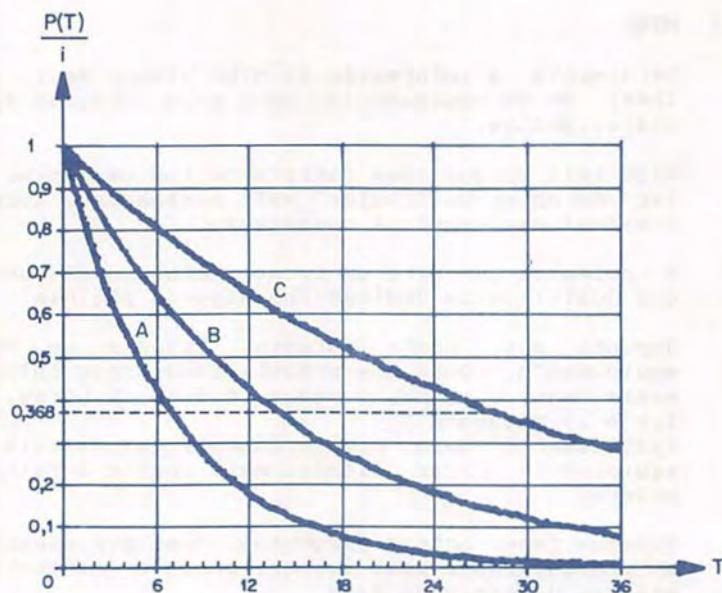


Fig.7.1 : Probabilidade de falha e MTBF

Estas curvas são do tipo :

$$p(t) = i \cdot e^{-i \cdot t}$$

t = instante da falha
 $p(t)$ = função densidade
 i = taxa média de falha
 e = 2,71828...

Tais curvas, exponenciais, são normalmente utilizadas nos estudos da confiabilidade de equipamentos eletrônicos.

O valor médio da variável "t", ou seja, o instante esperado para ocorrência de uma falha, é comumente chamado de MTBF ("Medium Time Between Failures"), ou "tempo médio entre falhas", e é dado por :

$$MTBF = \int_0^{\infty} t \cdot p(t) \cdot dt = \int_0^{\infty} t \cdot i \cdot e^{-i \cdot t} \cdot dt = \frac{1}{i}$$

A figura 7.1.b mostra como a probabilidade de falha cresce com o passar do tempo, considerando as curvas "densidade" apresentadas.

A probabilidade de ocorrer uma falha, desde o instante inicial, até o tempo "T", é :

$$P(0;T) = \int_0^T i \cdot e^{-i \cdot t} \cdot dt = 1 - e^{-i \cdot T}$$

Considerando, então, este tipo de função "densidade", podemos afirmar que a probabilidade de um equipamento falhar, após operar durante um tempo igual ao seu MTBF, é 63,2 %, pois :

$$P(0;MTBF) = 1 - e^{-1} = 0,632$$

Observe a figura 7.1. O equipamento "A" possui o menor MTBF, em seguida é "B" e, finalmente, "C" possui o maior MTBF :

"A" : 5000 horas = 7 meses
"B" : 10000 horas = 14 meses
"C" : 20000 horas = 28 meses

Após 1 ano de operação os equipamentos mencionados oferecerão as seguintes probabilidades de falha :

"A" : 82 %
"B" : 58 %
"C" : 25 %

Como se determina o MTBF de um equipamento ?
Existem várias maneiras de se fazer isto.

A forma trivial é ligar um lote de equipamentos iguais e observar a taxa de falha. Por exemplo, suponha que um lote de 100 modems foram observados durante 2 anos de operação (17280 horas) e ocorreram 200 falhas. Portanto, a taxa média de falha desse modem é :

$$i = \frac{200}{100 \cdot 17280} = 0,0001157$$

$$MTBF = \frac{1}{i} = \frac{1}{0,0001157} = 8643 \text{ horas} = 1 \text{ ano}$$

Este método exige um constante controle das condições ambientais (temperatura, umidade) e demanda tempo. Além disso exige um lote razoável de equipamentos para que o resultado seja significativo.

Outra forma de determinar o MTBF de um equipamento é através de um cálculo baseado nas taxas de falhas de seus componentes.

A taxa de falha de um equipamento é a soma das taxas de falhas de todos os seus componentes :

$$i(\text{equipamento}) = \sum i(\text{componentes})$$

A dificuldade deste método é obter as taxas de falhas dos componentes, que, dependem inclusive das condições elétricas às quais os componentes estão submetidos.

Apresentarei uma forma simplificada de se fazer este cálculo, mas gostaria de frisar que outros fatores influenciam no MTBF de um equipamento, tais como a qualidade dos componentes, o controle de qualidade no processo de montagem do equipamento, o pré-envelhecimento, etc.

7.2.1 UM METODO SIMPLES PARA CALCULAR MTBF

Para calcular o MTBF utilize a tabela apresentada à seguir. Ela relaciona os componentes mais comuns em um equipamento eletrônico e suas respectivas taxas de falhas (aproximadas).

Anote a quantidade de cada ítem ("n"), multiplique pela sua taxa de falha ("i") e some tudo.

TABELA PARA CALCULO DE MTBF

Equipamento : _____

Componente	i	n	i.n
Circuito integrado SSI, MSI e LSI	0,01		
Transistor sinal	0,005		
Transistor pot., regulador tensão	0,05		
Diodo sinal	0,002		
Diodo LED	0,008		
Diodo potência	0,02		
Resistor carbono	0,001		
Resistor potência	0,05		
Potenciómetro	0,05		
Capacitor poliéster, poliestireno	0,01		
Capacitor cerâmica, tântalo	0,02		
Capacitor eletrolítico	0,2		
Cristal	0,05		
Contato soquete, cabo plano, estrape	0,005		
Contato conector "edge"	0,01		
Contato de chave, microchave	0,02		
Relé (hermético)	0,05		
Ventilador	2,0		
Transformador de sinal	0,06		
Transformador de potência	0,5		
Bobina	0,03		
Ligação com "wire wrap"	0,000001		
Fio soldado, furo metalizado	0,0001		
Fusível	0,1		
$\Sigma i.n =$			

O MTBF do equipamento será :

$$MTBF = \frac{5}{10} \quad i = \text{taxa de falha} \\ \sum i.n \quad [\% \text{ por 1000 horas}]$$

5
O fator 10 aparece porque as taxas de falha fornecidas estão expressas em porcentagem por 1000 horas de operação.

7.2.2 DISPONIBILIDADE

A partir do tempo médio entre falhas (MTBF), definiu-se a "disponibilidade" de um equipamento:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

MTTR ("Medium Time To Repair") é o tempo médio para reparar a falha.

A disponibilidade, portanto, traduz a porcentagem do tempo em que o equipamento vai estar disponível, ou seja, operacional.

Suponha que um determinado equipamento possui MTBF = 1000 horas e MTTR = 10 horas. Então, este equipamento estará disponível durante 99% do tempo.

7.3 MODEMS RHEDE

A figura 7.2 apresenta 19 modelos diferentes de modems, com suas características gerais:

Comunicação : Formas de comunicação e protocolos de controle com o ETD(síncrono, assíncrono, Hayes, V25bis) e formato do sinal de linha (análogo, digital)

Modo : Modos de operação aceitos pelo modem.

Velocidade : Velocidades em que o modem pode operar. Em alguns casos a velocidade de transmissão é diferente da de recepção.

Meio : Tipo de linha em que o modem pode operar.

Ligação : Tipo de sistema em que o modem pode ser utilizado.

CCITT : Recomendações do CCITT que o modem satisfaz.

BELL : Normas BELL que o modem satisfaz.

TESTE : Facilidades de teste incorporadas ao modem.

MODULAÇÃO : Tipo de modulação ou codificação utilizada pelo modem.

VERSAO : Versões nas quais o modem é oferecido comercialmente.

INTERFACE : Padrões de interface com o ETD, seguidos pelo modem.

MODEM	COMUNICAÇÃO	MODO	VELOCIDADE (bps)	TESTE								INTERFACE
				CCITT	BELL	TESTE	MODULAÇÃO	VERSAO				
RHEDA 12AP			1200	V29			TAX					RH-EURO-1
RHEDA 12CP			1200	V27 16r.			ERR					TRS-B0
RHEDA 30AP			1200	V27 bis			SEQ					QAM
RHEDA 30CP			1200	V27			LDR					DFSK
RHEDA RD32A			1200	V26			LAR					FSK
RHEDA RD32B			1200	V23			LDL					Milner
RHEDA RD32C			1200	V22 bis			LAL					V24
RHEDA MX22A			1200	V22								
RHEDA MX22B			1200	V21								
RHEDA MX22C			1200									
RHEDA MR22A			1200									
RHEDA MR22B			1200									
RHEDA RK22A			1200									
RHEDA MX26A			1200									
RHEDA MX26B			1200									
RHEDA MR27A			1200									
RHEDA MR27B			1200									
RHEDA SI92			600									
RHEDA MK92A			300									

VELOCIDADE:

1200/75 : Recebe a 1200, transmite a 75 bps

75/1200 : Recebe a 75, transmite a 1200 bps

1200/1200: Recebe a 75 e converte 1200, transmite a 1200 bps

1200/1200: Recebe a 1200, transmite a 75, dados vindos do ETD a 1200 bps

TESTE:

LAL = Enlace Analógico Local

LDL = Enlace Digital Local

LAR = Enlace Analógico Remoto

LDR = Enlace Digital Remoto

SEQ = Sequência de Teste

ERR = Indicador de Erro

TAX = Medição da Taxa de Erro

7.3.1 BENEFÍCIOS

A fim de exemplificar o assunto que abordei no §7.1, apresentarei o cálculo do benefício de alguns modems Rhede, seguindo aquele mesmo critério.

VELOCIDADES/RETARDOS :

#	RD32B	MX22C	MR22A	MR22B	MX26A	MX26B	MR27A	MR27B
1.	10	-	-	10	-	-	-	-
2.	2	-	-	2	-	-	-	-
3.	10	-	-	10	-	-	-	-
4.	10	-	-	10	-	-	-	-
5.	10	-	-	10	-	-	-	-
6.	-	20	20	20	-	-	-	-
7.	-	10	10	10	-	-	-	-
8.	-	-	10	10	-	-	-	-
9.	-	5	5	5	-	-	-	-
10.	-	-	5	5	-	-	-	-
11.	-	-	8	8	-	-	-	-
12.	5	-	-	5	-	-	-	-
13.	5	-	-	5	-	-	-	-
14.	5	-	-	5	-	-	-	-
15.	-	-	-	5	-	-	-	-
16.	-	-	-	-	40	40	-	-
17.	-	-	-	-	30	30	-	-
18.	-	-	-	-	20	20	-	-
19.	-	-	-	-	5	5	-	-
20.	-	-	-	-	5	5	-	-
21.	-	-	-	-	-	-	-	-
22.	-	-	-	-	-	-	-	-
23.	-	-	-	-	-	-	-	-
24.	-	-	-	-	-	-	-	-
25.	-	-	-	-	-	-	-	-
26.	-	-	-	-	-	-	80	80
27.	-	-	-	-	-	-	70	70
28.	-	-	-	-	-	-	60	60
29.	-	-	-	-	-	-	20	20
30.	-	-	-	-	-	-	30	30
31.	-	-	-	-	-	-	-	-
32.	-	-	-	-	-	-	-	-
33.	-	-	-	-	-	-	-	-
34.	-	-	-	-	-	-	-	-
35.	-	-	-	-	-	-	-	-
36.	-	-	-	-	-	-	-	-
Total:	57	35	58	120	100	100	260	260

FACILIDADES OPERACIONAIS :

	RD32B	MX22C	MR22A	MR22B	MX26A	MX26B	MR27A	MR27B
1.	1	1	1	1	1	1	1	1
2.	1	1	1	1	1	1	1	1
3.	1	1	1	1	1	1	1	1
4.	1	1	1	1	1	1	1	1
5.	-	1	1	1	1	1	1	1
6.	-	1	1	1	1	1	1	1
7.	1	-	1	1	-	-	1	1
8.	1	1	1	1	1	1	1	1
9.	-	1	1	1	1	1	1	1
10.	-	1	1	1	1	1	1	1
11.	1	1	1	1	1	1	1	1
12.	1	1	1	1	1	1	1	1
13.	1	1	1	1	1	1	1	1
14.	-	-	2	2	2	2	2	2
15.	-	3	3	3	3	3	3	3
16.	-	3	3	3	3	3	3	3
17.	3	-	3	3	-	-	3	3
18.	1	1	1	1	1	1	1	1
19.	1	-	1	1	-	-	-	-
20.	-	-	2	2	-	-	-	-
21.	-	-	-	2	-	-	-	-
22.	1	-	1	1	-	-	1	1
23.	1	1	1	1	1	1	1	1
24.	1	1	1	1	1	1	1	1
25.	1	1	1	1	1	1	1	1
26.	-	-	-	-	-	-	-	2
Total:	18	22	32	34	24	24	29	31

FACILIDADES DE TESTE:

RD32B MX22C MR22A MR22B MX26A MX26B MR27A MR27B

1.	-	2	2	2	2	2	2	2	2
2.	-	2	2	2	-	-	2	2	2
3.	-	-	-	-	-	-	1	1	1
4.	-	3	3	3	-	3	3	3	3
5.	-	-	1	1	1	1	1	1	1
6.	-	-	-	-	-	-	-	-	3
7.	-	-	1	1	-	-	1	1	1
8.	-	1	1	1	-	1	1	1	1
9.	-	1	1	1	1	1	1	1	1
10.	-	1	1	1	-	1	1	1	1
11.	-	-	1	1	1	1	1	1	1

Total: 0 10 13 13 5 10 14 17

ELETRICAS:

RD32B MX22C MR22A MR22B MX26A MX26B MR27A MR27B

1.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.	1	1	-	-	1	1	-	-	-
3.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5.	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Total: 4 4 3 3 4 4 3 3

RESUMO FINAL

Modem	VEL/RET	FAC.OP	FAC.TST	ELETR	TOTAL
-------	---------	--------	---------	-------	-------

RD32B	57	18	0	4	79
MX22C	35	22	10	4	71
MR22A	58	32	13	3	106
MR22B	120	34	13	3	170
MX26A	100	24	5	4	134
MX26B	100	24	10	4	138
MR27A	260	29	14	3	306
MR27B	260	31	17	3	311

7.3.2 RETARDOS

Quando abordei o circuito ponto-a-ponto, no §6.4, apresentei o parâmetro "tm", que é o tempo de propagação dentro do modem, ou seja, é o tempo que os dados levam para atravessar o modem, incluindo a transmissão e a recepção.

Na tabela abaixo apresento os tempos de propagação de alguns modems Rhede, conforme cada velocidade de operação, onde S=síncrono e A=assíncrono.

"tm" [ms]

	300	600	1200	2400	4800	9600	19200
MX22 S V22	-	13	14	-	-	-	-
MX22 A V22	-	56	38	-	-	-	-
MR22 S V22	-	43	28	-	-	-	-
MR22 A V22	-	49	32	-	-	-	-
MR22 A V21	16	-	-	-	-	-	-
MR22 A V23	-	-	10	-	-	-	-
MX26 S V26	-	-	4	5	-	-	-
MR27 S V27	-	-	-	15	12	-	-
S192 S	-	-	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2

A APÊNDICES

- A.1 PSK BINARIO : MODULAÇÃO POR DESLOCAMENTO DE FASE**
- A.2 PSK BINARIO : DEMODULAÇÃO**
- A.3 QAM : MODULAÇÃO E DEMODULAÇÃO**
- A.4 RANDOMIZADOR E DESRANDOMIZADOR**
- A.5 GLOSSARIO**
- A.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

A.1 PSK BINARIO : MODULAÇÃO POR DESLOCAMENTO DA FASE

A modulação por deslocamento da fase de uma portadora senoidal (PSK) se mostra conveniente ao propósito de transmissão de dados pelas linhas telefônicas porque o espectro ocupado pelo sinal modulado depende basicamente da taxa de modulação e não da velocidade de transmissão, ou seja, o espectro praticamente não se altera se cada símbolo contém um, dois ou três bits.

A seguir farei uma análise matemática desse tipo de modulação e apresentarei três modelos de implementação.

Modular uma portadora senoidal em fase significa alterar a sua fase conforme os bits de dados a serem transmitidos.

Suponha que a duração de um símbolo seja T segundos. Durante esse tempo, o sinal modulado será :

$$s(t) = A \cdot \cos[w_c \cdot t + f_a(t)]$$

A = amplitude da portadora

w_c = frequência angular da portadora

$w_c = 2 \cdot \pi \cdot f_c$; $\pi = 2,1415\dots$

f_c = Frequência da portadora [Hz]

$f_a(t)$ = fase da portadora

O modulador PSK mais simples é aquele em que o símbolo contém apenas um bit, ou seja, a portadora poderá assumir duas fases distintas, conforme o bit de dados, como por exemplo :

bit	fase
0	00
1	1800

Esta escolha, naturalmente não é a única, sendo porém, conveniente à análise abaixo :
Conforme os bits de dados teremos os seguintes sinais modulados :

bit "0" : $s(t) = A \cdot \cos[w_c \cdot t]$

bit "1" : $s(t) = A \cdot \cos[w_c \cdot t + 180^\circ] = -A \cdot \cos[w_c \cdot t]$

Observe que essa modulação corresponde a multiplicar a portadora $\cos[w_c t]$ por "A" ou "-A" conforme o bit de dados, durante o intervalo do símbolo.

Claramente a modulação PSK pode ser vista como uma modulação por deslocamento da amplitude (ASK = "amplitude shift keying") com dois estados (binária), sendo portanto, toda a teoria de ASK aplicável a PSK.

A figura A.1 representa um modulador PSK de dois estados e as formas de onda dos sinais envolvidos, onde :

C_1 = conversor de nível
 $g(t)$ = sinal digital representando os dados binários a serem transmitidos.
 $v(t)$ = sinal digital em nível apropriado à modulação.
 C_2 = filtro de transmissão passa-banda

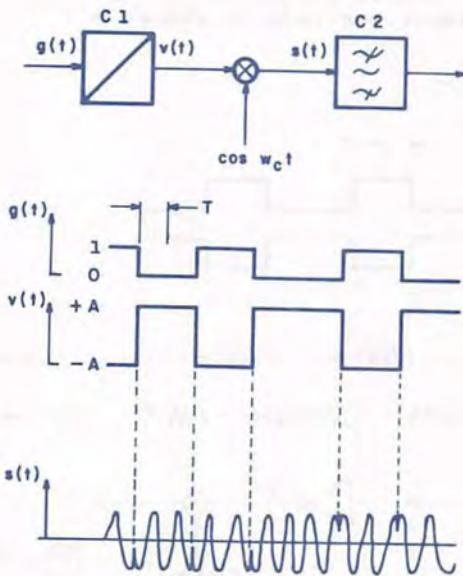


Fig.A.1 : Modulação PSK 2 fases - 1º Modelo

O conversor de nível C_1 transforma o sinal binário $g(t)$ em :

$$v(t) = (-1)^{g(t)} \cdot A$$

O círculo com um "x" simboliza um multiplicador, comunmente chamado de modulador balanceado.

O sinal $s(t)$, resultante da multiplicação de $v(t)$ pela portadora é :

$$s(t) = v(t) \cdot \cos[w_c t] = (-1)^{g(t)} \cdot A \cdot \cos[w_c t]$$

Como $g(t)$ pode assumir dois valores, "0" e "1", então :

$$s(t) = \begin{cases} A \cdot \cos[w_c t] & \text{se } g(t)=0 \\ A \cdot \cos[w_c t + 180^\circ] & \text{se } g(t)=1 \end{cases}$$

O sinal $v(t)$ é chamado de versão NRZ ("non return to zero") do sinal $g(t)$.

Se interpretarmos o sinal modulado $s(t)$ como a soma de dois sinais modulados em amplitude, podemos chegar ao modulador mostrado na figura A.2.

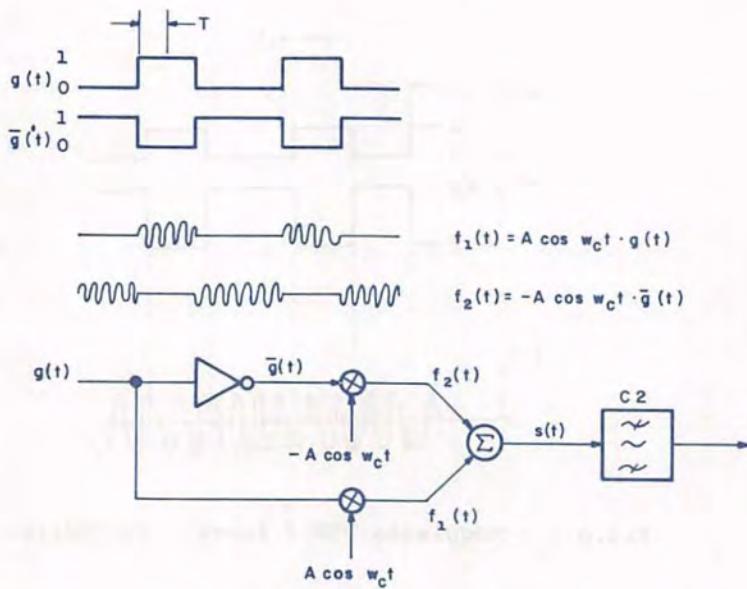


Fig.A.2 : Modulador PSK 2 fases - 20 Modelo

Os dois métodos apresentados nos sugerem claramente a possibilidade de tratar esses sinais PSK como sinais AM, mais especificamente, ASK.

O sinal modulado em fase pode ser entendido como um fator que muda sua posição entre 0° e 180° , conforme os bits de dados.

A modulação PSK possui a desvantagem de não carregar informação de sincronismo de símbolo, quando ocorrem longas sequências de bits iguais ("0" ou "1") e, por isto, ela não é utilizada nos modems.

A fim de superar esta dificuldade, os modems utilizam a modulação DPSK ("Differential PSK"), cuja referência de fase é diferencial, ou seja, a mudança de fase é feita com relação ao símbolo anterior. Por exemplo, na modulação DPSK, uma longa sequência de bits "1" corresponderá a sucessivas mudanças de 180° na fase da portadora, ao passo que em PSK todos os símbolos desta sequência teriam fase de 180° e, portanto, não provocariam mudanças na portadora.

A escolha dos pontos 0° e 180° , mesmo em DPSK, ainda apresenta uma desvantagem: quando se transmite uma longa sequência de bits "0", a portadora não sofre transições de fase, dificultando a recuperação do sincronismo no receptor. Para contornar esse problema pode-se escolher outros dois pontos, como por exemplo 90° se $g(t) = "0"$ e 270° se $g(t) = "1"$: desse modo sempre haverá transição na fase da portadora de um símbolo para outro, utilizando DPSK.

A figura A.3 mostra as duas possibilidades mencionadas, para as mudanças de fase.

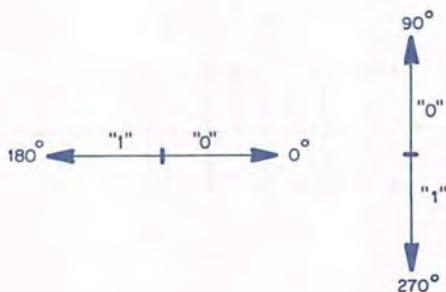


Fig.A.3 : Modulação PSK binária

O espectro do sinal modulado pode ser facilmente determinado se considerarmos :

$$g(t) = \text{periódico, de frequência } f_d = \frac{1}{2.T}$$

T = intervalo entre símbolos

Calcularei a transformada de Fourier de $v(t)$, que será multiplicado por $\cos[w_c t]$. Veja a figura A.1 .

$v(t)$ pode ser representado pela sua série de Fourier :

$$v(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} v_n e^{j.n.w_d.t} \quad ; \quad w_d = \frac{2\pi}{2.T} = \frac{\pi}{T}$$

$$v_n = \frac{1}{2.T} \int_{-T}^{+T} v(t) e^{-j.n.w_d.t} dt$$

Então :

$$v_n = \frac{1}{2.T} \cdot \left[\int_{-T}^{-T/2} -A.e^{-j.n.w_d.t} dt + \int_{T/2}^T -A.e^{-j.n.w_d.t} dt + \int_{-T/2}^{T/2} A.e^{-j.n.w_d.t} dt \right]$$

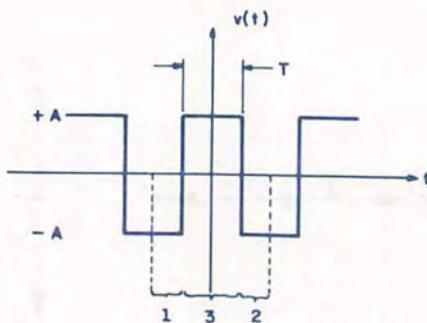


Fig.A.4 : Sinal $v(t)$

$$v_n = \frac{A}{2T} \cdot \frac{1}{j \cdot n \cdot \omega_d} \cdot \begin{bmatrix} e^{-jn\omega_d \cdot t} & -T/2 & -jn\omega_d \cdot t & T & -jn\omega_d \cdot t & T/2 \\ -T & +e & T/2 & -e & -T/2 & \end{bmatrix}$$

$$v_n = \frac{A}{2jn\pi} \cdot \begin{bmatrix} \frac{jn\pi i}{2} & \frac{jn\pi i}{2} & \frac{jn\pi i}{2} & \frac{jn\pi i}{2} \\ [e^{-e} - e^{-2}] + [e^{-e} - e^{-2}] - [e^{-e} - e^{-2}] & \end{bmatrix}$$

Sabendo que $2 \cdot j \cdot \sin[x] = e^{jx} - e^{-jx}$, então :

$$v_n = \frac{A}{n\pi} \cdot \begin{bmatrix} \frac{n\pi i}{2} & \frac{n\pi i}{2} \\ \sin[\frac{n\pi i}{2}] - \sin[n\pi] + \sin[\frac{n\pi i}{2}] & \end{bmatrix}$$

$$v_n = \frac{A}{n\pi} \cdot \begin{bmatrix} \frac{n\pi i}{2} \\ 2 \cdot \sin[\frac{n\pi i}{2}] - \sin[n\pi] \end{bmatrix}$$

$$v_n = A \cdot \begin{bmatrix} \frac{n\pi i}{2} \\ \frac{\sin[\frac{n\pi i}{2}]}{\frac{n\pi i}{2}} - \frac{\sin[n\pi]}{n\pi} \end{bmatrix}$$

Observe que :

$$\frac{\sin[n\pi]}{n\pi} = \begin{cases} "1" & : n = 0 \\ "0" & : \forall n \neq 0 \end{cases}$$

Então, podemos calcular cada V_n em função de n :

n	V_n
-1	$2A/\pi$
0	0
1	$2A/\pi$
2	0
3	$-2A/3\pi$
4	0
5	$2A/5\pi$
.	.
.	.

A transformada de Fourier de $v(t)$ é a transformada de sua série, portanto, a equação do espectro do sinal banda-base $v(t)$ é :

$$V(w) = \mathcal{F}\{v(t)\} = 2\pi \sum_{n=-\infty}^{+\infty} V_n \delta[w - n\omega_d]$$

onde $\delta[w - n\omega_d]$ = impulso em $w = n\omega_d$

Quando $v(t)$ é multiplicado por $\cos[wc \cdot t]$ seu espectro é deslocado para "+ w_c " e "- w_c ". Como não existe componente DC no espectro original ($V_0=0$), pode-se afirmar que o PSK tem a portadora suprimida conforme você pode ver na figura A.6.

Finalmente, podemos escrever :

$$S(w) = \frac{1}{2} [V[w-w_c] + V[w+w_c]]$$

onde $S(w) = \mathcal{F}\{s(t)\}$

As figuras A.1 e A.2 mostram um filtro tipo passa-banda (C2) que limita o espectro do sinal $s(t)$ à faixa de voz.

Conforme mostrei anteriormente, o espectro de $s(t)$ está centrado em

$$f_c = \frac{w_c}{2\pi} = \text{frequência da portadora [Hz]}$$

e se estende para a esquerda e para a direita indefinidamente. Normalmente, um filtro limita o espectro de transmissão, no máximo, ao seu lóbulo principal, que vai de "fc-2(fd)" até "fc+2(fd)".

Como exemplo, suponha uma transmissão a 1200 baud :

$$T_m = 1200 \text{ baud}$$

$$T = \frac{1}{1200} \quad fd = \frac{1}{2T} = 600 \text{ Hz}$$

O lóbulo principal do espectro terá 2400 Hz e estará centrado em fc .

Por exemplo, se $fc = 1800$ Hz, o lóbulo principal ocupará a faixa de 600 a 3000 Hz, se acomodando às características da linha telefônica.

Na figura A.6, a envoltória tracejada, que delimita as componentes do espectro, se estende indefinidamente para a esquerda e para a direita.

Como falei no §3.2, o filtro de transmissão possui um fator de filtragem "r" que varia de "0" a "1".

Você pode concluir agora que filtrar com $r=1$ corresponderia a transmitir somente o lóbulo principal do espectro.

Como a informação transmitida está na variação da fase da portadora, é desejável que o filtro de transmissão (C2) tenha uma resposta de fase linear, ou seja, o re-tardo de grupo dentro da banda esteja confinado a uma pequena faixa de variação, tendendo, portanto, a ser constante.

O filtro C2 da figura A.1 pode ser transformado em passa-baixo e colocado entre $v(t)$ e o multiplicador, obtendo-se o mesmo efeito final de limitação do espectro, com a vantagem de se implementar um filtro de menor grau.

Quando $f_c \gg f_d$, o modelo da figura A.1 está perfeito, pois pode-se desprezar o efeito do espectro além da frequência zero, no entanto, no caso particular de modems, f_c é da mesma ordem de grandeza de f_d , e nesse caso, deve-se colocar um filtro passa-baixo conforme mostra a figura A.5, onde :

$C1$ = conversor de nível
 $C2$ = filtro tipo passa-baixo

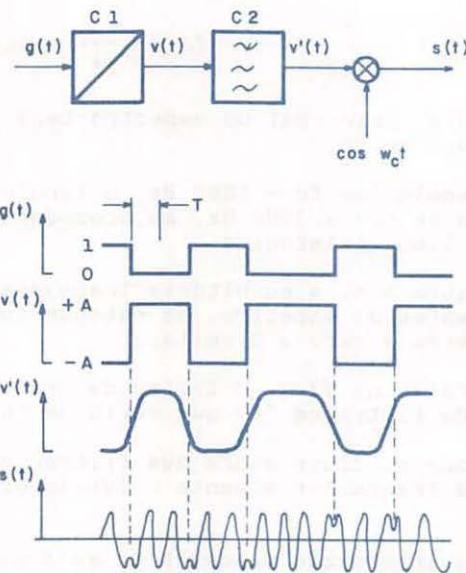


Fig.A.5 : Modulador PSK 2 fases - 30 Modelo

A.2 PSK BINARIO : DEMODULAÇÃO

O processo de demodulação nada mais é que a recuperação do sinal $g(t)$, ou seja, extraí-lo de

$$s(t) = (-1)^{\frac{g(t)}{2}} \cdot A \cos[w_c t]$$

Vou considerar a demodulação como parte do processo total de detecção e analisá-la sem considerar os efeitos dos filtros e distorções que por ventura possam ser introduzidas pelo canal.

Se multiplicarmos $s(t)$ por $\cos[w_c t]$, vamos obter :

$$v(t) = s(t) \cos[w_c t] = (-1)^{\frac{g(t)}{2}} \cdot A \cos[w_c t]$$
$$v(t) = \frac{A \cdot (-1)^{\frac{g(t)}{2}}}{2} + \frac{A \cdot (-1)^{\frac{g(t)}{2}} \cos[2w_c t]}{2}$$

A equação acima apresenta um termo que corresponde ao segundo harmônico de $\cos[w_c t]$.

Se passarmos $v(t)$ por um filtro passa-baixo a fim de eliminar esse termo, obteremos :

$$v'(t) = \frac{A \cdot (-1)^{\frac{g(t)}{2}}}{2}$$

Como você viu, precisamos dispor do sinal $\cos[w_c t]$ no receptor, que estamos supondo em fase com o que foi inserido no processo de modulação. Essa informação de fase deve ser extraída do sinal de recepção e o circuito encarregado dessa missão é denominado de circuito de recuperação da portadora.

A figura A.7 mostra um demodulador PSK binário, cujo circuito de recuperação da portadora foi implementado da seguinte maneira :

Inicialmente o sinal é retificado em onda completa eliminando as informações de modulação em fase e obtendo-se um sinal com frequência $2w_c$ cuja série de Fourier é dada por (Ref.1 pp. 30) :

$$sr(t) = \frac{-A}{\pi \cdot fc} \cdot \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{1}{2} \cdot \frac{j \cdot 2 \cdot wc \cdot n \cdot t}{4 \cdot n - 1} \cdot e$$

Observe que existe uma componente DC de amplitude $2A/fc$ e a fundamental, desta série, corresponde ao segundo harmônico do sinal modulado, conforme você pode ver na figura A.7.

O sinal retificado vai para um filtro do tipo passa-banda sintonizado em $2.wc$ (alto Q), que deixa passar o segundo harmônico, representado na figura A.6 com amplitude $-2.A/3.fc$. O sinal desejado é $\cos[wc.t]$ e não $\cos[2.wc.t]$, então deve-se passar o sinal $\cos[2.wc.t]$ por um divisor, que pode ser, inclusive, um circuito PLL.

A figura A.6 mostra os espectros dos sinais $s(t)$ e $sr(t)$, representados por $S(w)$ e $S_r(w)$ respectivamente.

A figura A.8 mostra as formas de onda envolvidas na figura A.7

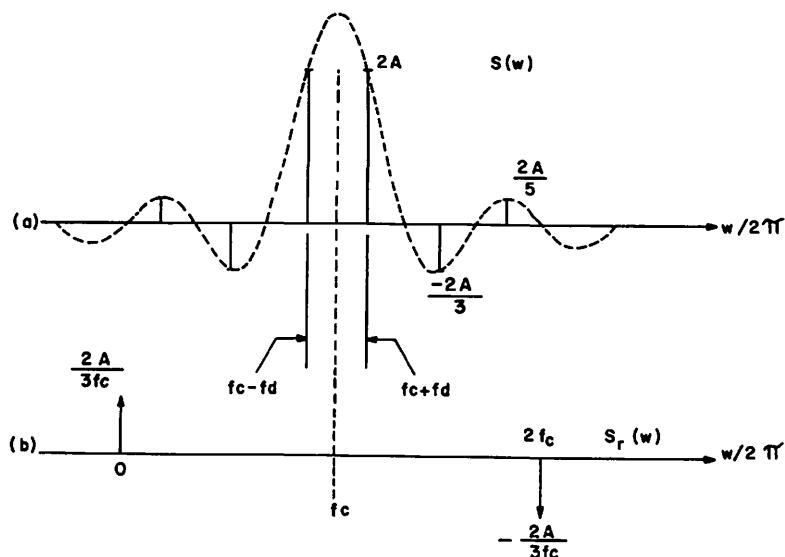


Fig.A.6 : Espectros :

(a) : $S(w)$: portadora fc modulada em fase na taxa fd
 (b) : $S_r(w)$: sinal $S(w)$ retificado.

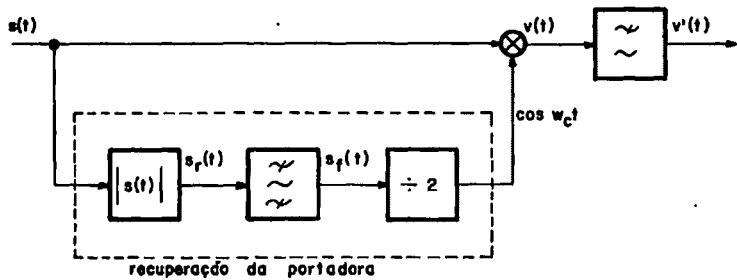


Fig.A.7 : Demodulador PSK - 2 fases

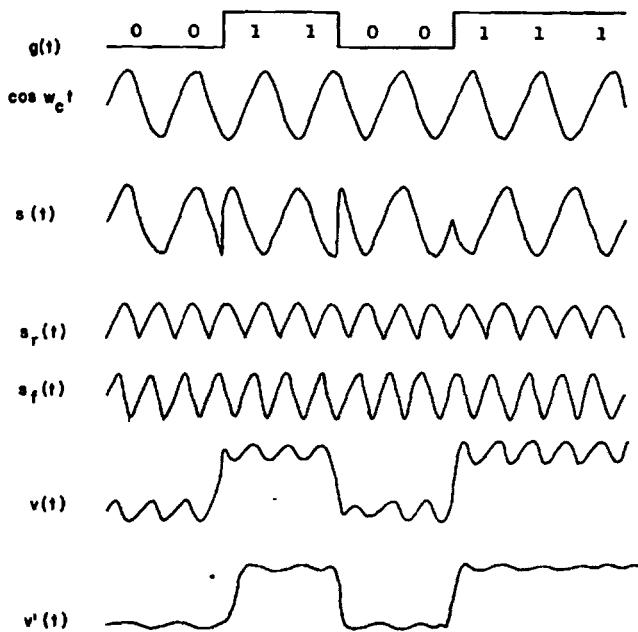


Fig.A.8 : Formas de onda - demodulador PSK 2 fases

A.3 QAM : MODULAÇÃO E DEMODULAÇÃO

A modulação QAM ("Quadrature Amplitude Modulation"), utilizada nos modems, consiste em transmitir informação binária através da modulação de uma portadora senoidal, $\cos[wc.t]$, simultaneamente em fase e amplitude.

O PSK binário, analisado nos apêndices A1 e A2, é um caso particular de QAM onde a amplitude da portadora não sofre modulação, ou seja $A(t)=A$.

No caso mais geral, um sinal QAM tem a forma :

$$\begin{aligned}
 s(t) &= A(t) \cdot \cos[wc.t + fa(t)] = \\
 &= A(t) \cdot \left\{ \cos[wc.t] \cdot \cos[fa(t)] - \sin[wc.t] \cdot \sin[fa(t)] \right\} = \\
 &= \underbrace{A(t) \cdot \cos[fa(t)] \cdot \cos[wc.t]}_{x(t)} - \underbrace{A(t) \cdot \sin[fa(t)] \cdot \sin[wc.t]}_{y(t)}
 \end{aligned}$$

$$s(t) = x(t) \cdot \cos[wc.t] - y(t) \cdot \sin[wc.t]$$

A equação acima sugere a implementação abaixo, onde $x(t)$ é a componente banda-base "em fase" e $y(t)$ é a componente banda-base "em quadratura" do sinal $s(t)$.

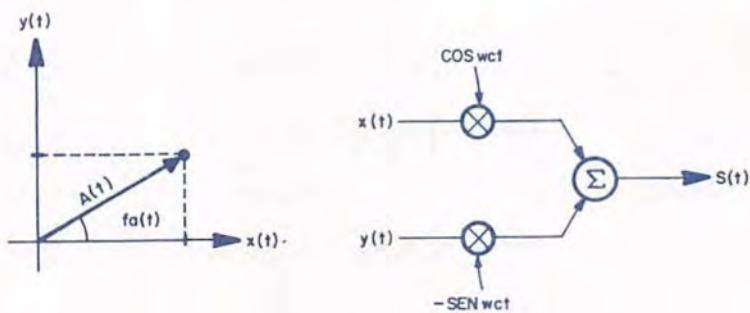


Fig.A.9 : Modulação QAM

As componentes $x(t)$ e $y(t)$ são aquelas que citei nas descrições dos modems com modulação QAM. Essas componentes dependem dos bits de dados a serem transmitidos a cada símbolo. Veja, por exemplo, a figura 4.11.

Escrevendo o sinal $s(t)$ no domínio da frequência, veremos novamente aquela idéia de que ele pode ser considerado como a composição de uma componente em fase(real) e outra em quadratura(imaginária) :

$$S(w) = \frac{1}{2} \left\{ X(w+wc) + X(w-wc) - j.Y(w+wc) + j.Y(w-wc) \right\}$$

$$S(w) = X'(w) + j.Y'(w)$$

$$\text{onde : } X'(w) = 1/2 \left\{ X(w-wc) + X(w+wc) \right\}$$

$$Y'(w) = j/2 \left\{ Y(w-wc) - Y(w+wc) \right\}$$

$$j = \sqrt{-1}$$

A demodulação consiste em recuperar, do sinal recebido, as duas componentes $x(t)$ e $y(t)$, que, por sua vez, vão permitir que se determine os bits de dados transmitidos em cada símbolo, através de um circuito de decisão.

O sinal complexo recebido, a menos do fator "1/2", é : $X(w-wc) + X(w+wc) - j.Y(w-wc) + j.Y(w+wc)$.

A demodulação é realizada pela implementação abaixo, conforme demonstrarei a seguir.

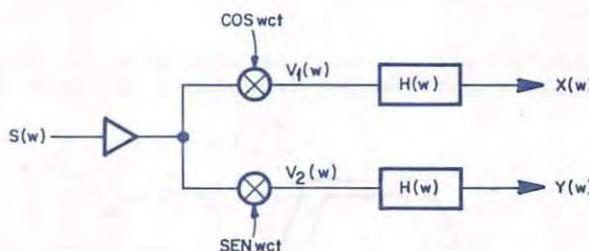


Fig.A.10 : Demodulação QAM

Lembrando que :

$$\cos[wc.t] = \frac{e^{j.wc.t} + e^{-j.wc.t}}{2}$$

$$\operatorname{sen}[wc.t] = \frac{e^{j.wc.t} - e^{-j.wc.t}}{2j}$$

$$f(t).e \longleftrightarrow F(w-wc)$$

Podemos determinar $V1(w)$ e $V2(w)$:

$$V1(w) = X(w) + \frac{X(w+2wc)}{2} + \frac{X(w-2wc)}{2} - \frac{jY(w+2wc)}{2} + \frac{jY(w-2wc)}{2}$$

$$V2(w) = Y(w) - \frac{Y(w+2wc)}{2} - \frac{Y(w-2wc)}{2} - \frac{jX(w+2wc)}{2} + \frac{jX(w-2wc)}{2}$$

Como eu disse anteriormente, a intenção é recuperar as componentes $x(t)$ e $y(t)$, no domínio do tempo, ou seja, $X(w)$ e $Y(w)$ no domínio da frequência.

Observe, pelas equações de $V1(w)$ e $V2(w)$, que um filtro passa-baixo apropriado pode separar as componentes citadas.

Suponha que os filtros indicados na figura A.10 são iguais e possuem uma frequência de corte igual a " $w0$ ".

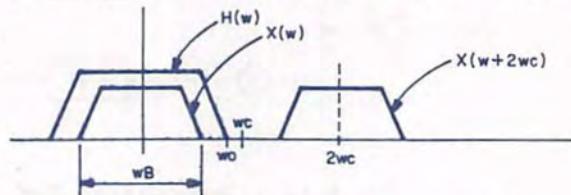


Fig.A.11 : Filtragem na demodulação

Então, se sabemos :

w_B = banda ocupada pelos sinais $X(w)$ e $Y(w)$
= $2 \cdot \pi \cdot B(\text{QAM})$
= $2 \cdot \pi \cdot T_m \cdot (1+r)$

$B(\text{QAM})$ = espectro do sinal QAM [Hz]

π = 2,1415...

r = fator de filtragem ("roll-off")

w_C = frequência angular da portadora
= $2 \cdot \pi \cdot f_C$

w_0 = frequência de corte de $H(w)$
= $2 \cdot \pi \cdot f_0$

Podemos dizer que :

$$\frac{w_B}{2} < w_0 < 2 \cdot w_C - \frac{w_B}{2}$$

ou :

$$\frac{B(\text{QAM})}{2} < f_0 < 2 \cdot f_C - \frac{B(\text{QAM})}{2}$$

é uma condição necessária para que não haja nem corte do espectro de $X(w)$ nem sobreposição do segundo harmônico.

A.4 RANDOMIZADOR E DESRANDOMIZADOR

Os equalizadores adaptativos, utilizados principalmente nos modems de alta velocidade, funcionam melhor quando os símbolos recebidos são estatisticamente equiprováveis.

Nem sempre os dados providos pelo ETD possuem tal característica e, às vezes, são exatamente o oposto: possuem certo padrão repetitivo, gerando sequências de símbolos periódicos, o que é indesejável ao equalizador adaptativo do modem receptor, criando para este uma "ilusão" de padrão.

A técnica utilizada para evitar esses padrões indesejáveis é incluir no transmissor do modem um circuito que randomize a sequência de dados do ETD, embaralhando os dados segundo uma regra bem definida, de forma que um circuito desrandomizador, localizado no receptor do modem, restabeleça a sequência original transmitida.

A figura abaixo sintetiza esta idéia:

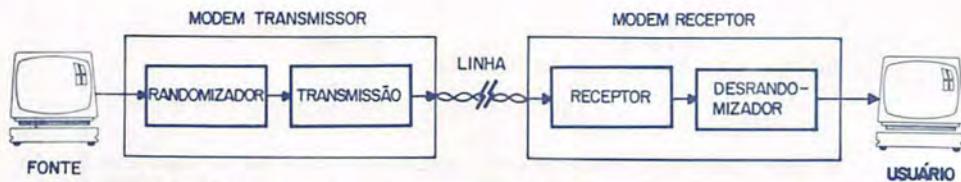


Fig.A.12 : Randomização e desrandomização

Vamos supor que duas portas tipo "ou-exclusivo" sejam posicionadas conforme mostra a figura A.10, entre o ETD fonte e o transmissor e entre o receptor e o ETD usuário.

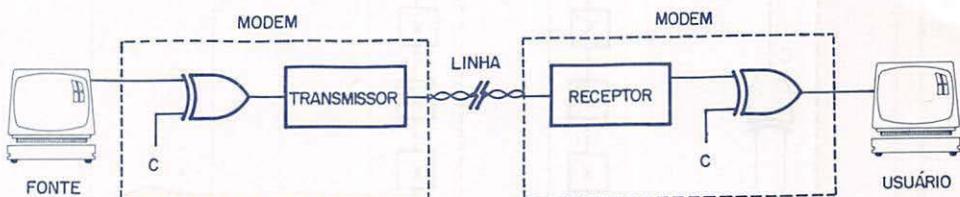


Fig.A.13 : Princípio da randomização

A sequência de bits a ser transmitida passa pelo ou-exclusivo no modem transmissor e novamente no modem receptor.

Dependendo do estado do sinal de controle "C", cada bit de dados será invertido ou ficará inalterado :

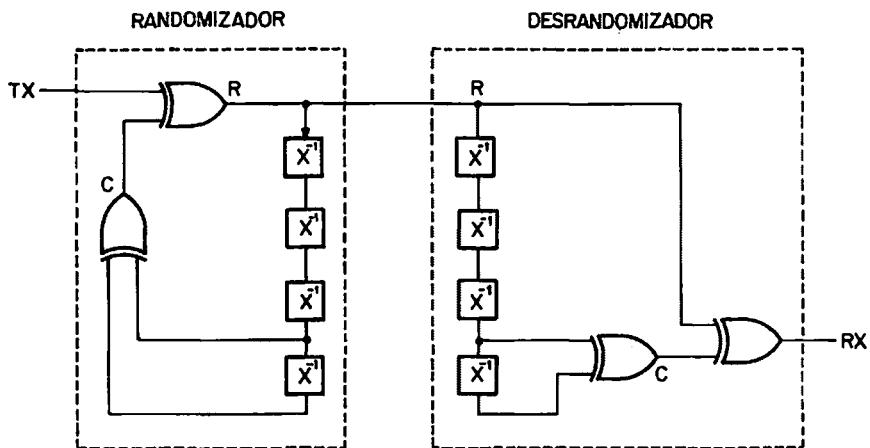
C = 1 : o bit de dados é invertido
 C = 0 : o bit fica inalterado

Se cada bit de dados receber o mesmo sinal de controle na transmissão e na recepção, a sequência recebida pelo usuário será exatamente a mesma transmitida pela fonte pois cada bit será invertido ou inalterado duas vezes.

Para que a sequência de dados seja randomizada, deve-se fazer com que o sinal de controle "C" mude, tanto no transmissor quanto no receptor, segundo uma determinada regra que verifique alguns bits anteriores a fim de evitar as sequências repetitivas.

Quanto mais bits anteriores forem analisados maior será a complexidade do randomizador.

Na verdade, o randomizador armazena certa quantidade de bits anteriores em um registro de deslocamento e combina alguns destes com a operação "ou-exclusivo" para gerar o sinal de controle "C".



RANDOMIZADOR:

$$C = RX^3 + RX^4 = R(X^3 + X^4)$$

$$R = TX + C$$

$$R = TX + R(X^3 + X^4) \therefore R = \frac{TX}{1 + X^3 + X^4}$$

DESRANDOMIZADOR:

$$RX = C + R = R(X^3 + X^4) + R$$

$$RX = R(1 + X^3 + X^4)$$

Fig.A.14 : Polinômio do randomizador

A figura A.14 mostra um exemplo de randomização, onde :

Tx = sequência a ser transmitida

C = sinal de controle

R = sequência efetivamente transmitida

-1
 X = retardo de um bit

$+$ = operação ou-exclusivo

Rx = sequência recebida

Observe que a sequência Tx foi dividida por um polinômio antes de ser transmitida como R .

Ao ser recebida, a sequência R foi multiplicada pelo mesmo polinômio, garantindo-se portanto que $Rx = Tx$.

Cada randomizador tem o seu polinômio característico (às vezes chamado de polinômio gerador), de onde pode-se tirar :

n = retardo máximo
 $\frac{n}{2} - 1$ = comprimento natural

Esta fórmula para comprimento natural somente é válida quando as potências do polinômio são números primos entre si.

No exemplo da figura A.14 você pode identificar :

$$n = 4 ; \quad \frac{n}{2} - 1 = 15$$

Podem existir sequências Tx , não repetitivas, que após passarem pelo randomizador geram uma sequência repetitiva. A fim de evitar que isto aconteça, alguns randomizadores incluem um circuito de detecção de padrões repetitivos, que invertem um bit na sequência de saída logo após detectar a repetição.

Na página seguinte apresento alguns randomizadores utilizados em transmissão de dados.

Polinômio	Comprimento	Utilização
$1 + x + x^{-14} + x^{-17}$	131.071	Modem V22 1200 bps
$1 + x + x^{-6} + x^{-7}$	127	Modem V27 4800 bps
$1 + x + x^{-18} + x^{-23}$	8.388.607	Modem V29 9600 bps
$1 + x + x^{-1} + x^{-4}$	15	Modem Rhede S192 (tipo 1)
$1 + x + x^{-3} + x^{-4}$	15	Modem Rhede S192 (tipo 2)
$1 + x + x^{-5} + x^{-6}$	63	Padrão de Teste
$1 + x + x^{-5} + x^{-9}$	511	Padrão de Teste
$1 + x + x^{-5} + x^{-11}$	2047	Padrão de Teste
$1 + x + x^{-3} + x^{-20}$	1.048.575	Padrão de Teste (V57)

A.5 GLOSSARIO

ACK

"Acknowledgment"

Caracter de controle utilizado em vários códigos para transmissão de dados (ASCII, EBCDIC, etc).

Enviado pelo receptor para sinalizar ao transmissor que um bloco foi bem recebido (sem erros). Pág.6.27-6.21-6.22-6.23

ACOPLADOR ACUSTICO

Dispositivo que converte sinais elétricos, na faixa de voz, para sinais audíveis a fim de serem transmitidos pela linha telefônica através do aparelho telefônico convencional. Utilizado para transmissão de dados em FSK até 300 bps.

ANSI

"American National Standards Institute" - Instituto Nacional de Normas - Estados Unidos.

ASCII

"American Standard Code for Information Interchange" - código americano padronizado para intercâmbio de informações - USA. Código definido pelo ANSI, que utiliza 7 bits mais um de paridade. Também conhecido por USASCII.

É a versão americana do código ISO de 7 bits.

Normalmente sua transmissão é feita com 8 bits mais paridade. Pág.6.21

BAUD

Unidade de velocidade de sinalização. Medida do número de símbolos por segundo transmitidos por um modem. Pág.3.10

BAUDOT

Código usado em transmissão de dados, onde cada caracter é representado por 5 bits. Esse código é utilizado normalmente em teleimpressoras (telex) e foi idealizado por Emile Baudot. Pág.6.20

BELL

Laboratório americano responsável, dentre outros programas, pela elaboração de uma série de normas sobre modems.

Quando se diz que um modem opera no padrão BELL significa que satisfaz a norma BELL da sua categoria.

BINARIO

Que pode assumir somente dois estados.

BIT

Contração das palavras "binary digit".

Menor unidade de informação em um sistema digital binário. Pode assumir os valores "0" ou "1".

BIT DE PARADA

Bit de valor "0" = espaço, introduzido no fim de um caracter a ser transmitido de forma assíncrona.
Também conhecido como bit de "stop".

BIT DE PARIDADE

Bit adicionado a um caracter, byte ou bloco, a fim de detectar eventuais erros na transmissão.
Veja PARIDADE PAR e PARIDADE IMPAR.

BIT DE PARTIDA

Bit de valor "1" = marca, introduzido no início de um caracter a ser transmitido de forma assíncrona.
Também conhecido como bit de "start".

BLOCO

Sequência contínua de bits, bytes ou caracteres, numa transmissão de dados. Pág.6.33

BPS

Bits por segundo. Medida de velocidade de transmissão de dados em um dado canal.

BSC

"Binary Synchronous Communication".
Protocolo para transmissão de dados semi-duplex, síncrono, estabelecido pela IBM. Também conhecido como BISYNC.
Pág.6.27

BUFFER

Dispositivo utilizado para armazenar dados antes de serem transferidos para outra posição. Tem a finalidade de compensar eventual diferença entre as velocidades de colheita e transmissão dos dados.

BYTE

Conjunto de bits - normalmente oito.

CBBS

"Computer Bulletin Board System".
Sistema computadorizado de quadro de avisos.
Utiliza um computador ligado a uma linha telefônica comutada através de um modem com resposta automática.

CCITT

"Comité Consultatif Internationale de Télégraphie et Téléphonie". Comitê internacional, com sede em Genebra, que elabora uma série de recomendações nas áreas de telegrafia e telefonia, incluindo transmissão de dados em linhas telefônicas.

CÓDIGO

Conjunto de símbolos utilizado para representar informação.
Pág.6.17

COMUNICAÇÃO DE DADOS

Intercâmbio de mensagens contendo informações diversas, entre dois pontos, através de um canal de comunicação.

CPD

Centro de processamento de dados

CPU

"Central Processing Unit".

Unidade Central de Processamento. Pág.6.2

CTS

"Clear to send".

Pronto para transmitir.

Nome de um sinal na interface digital, resposta do modem ao RTS. Pág.4.64

dB

Decibel.

Unidade de medida relativa de potência. Não fornece o valor absoluto da potência em algum ponto, mas sim uma diferença ou variação de potência.

É definido por : $dB = 10 \log (\text{razão das potências})$.

Pág.1.6

dBm

Decibel referido a 1 mW.

Unidade de medida de potência. Este sim, fornece o valor absoluto da potência em algum ponto, em relação a 1 mW.

É definido por : $dBm = 10 \log (\text{potência}/1 \text{ mW})$.

Pág.1.6

DEMODULAÇÃO

Processo pelo qual um sinal originalmente transmitido é recuperado da onda portadora. É o processo inverso da modulação.

DCD

"Data carrier detect".

Detectção de portadora.

Nome de um sinal na interface digital, que indica ao ETD a detecção de uma portadora. Pág.4.65

DPSK

"Differential phase shift keying".

Modulação por deslocamento diferencial de fase.

Modulação, utilizada em modems, que altera a fase da portadora conforme os bits de dados que estão sendo transmitidos.

Pág.3.9

DRX

Dados recebidos. Pág.4.62

DSR

"Data set ready".

Modem em condição operacional.

Nome de um sinal na interface digital, que indica ao ETD que o modem está operacional. Pág.4.64

DTR

"Data terminal ready".

ETD em condição operacional.

Nome de um sinal na interface digital, que indica ao modem que o terminal está operacional. Pág.4.64

DTX

Dados a transmitir. Pág.4.62

DUPLEX

Transmissão simultânea nos dois sentidos, de forma independente. Também conhecida como "full-duplex" ou FDX. Pág.3.5

EBCDIC

"Extended binary coded decimal interchange code".

Código de 8 bits originalmente utilizado pela IBM para representar letras, números e caracteres especiais. Pág.6.22

ECD

Equipamento de comunicação de dados - Modem.

ECO

Retorno da voz do interlocutor, após reflexões na linha telefônica, causadas por descasamento de impedâncias.

Linhas que possuem tempo de propagação maior que 20 ms em cada sentido já podem provocar eco. Pág.2.28

ENLACE ANALÓGICO

Situação de teste onde o sinal do modem, a nível analógico, muda de curso. Pág.5.1

ENLACE DIGITAL

Situação de teste onde o sinal do modem, a nível digital, muda de curso. Pág.5.1

EIA

"Electronic Industries Association".

Associação de Indústrias Eletrônicas (USA), responsável pela publicação de uma série de normas para transmissão de dados. Pág.4.58

EQUALIZADOR

Circuito interno de um modem, responsável pela compensação das distorções de amplitude e retardo introduzidas pela linha telefônica, durante a transmissão de dados. Pág.4.21

EQUALIZADOR ADAPTATIVO

Equalizador que consegue se adaptar a eventuais alterações nas distorções introduzidas pela linha telefônica, durante a transmissão de dados. Pág.4.21

EQUALIZADOR DIGITAL

Equalizador que faz uso da técnica de processamento digital de sinais. Pág.4.21

ESPAÇO

Condição binária equivalente ao estado "0". Pág.3.1

ESPECTRO

Resultante da distribuição das componentes nas quais foi decomposto um fenômeno físico. Pág.1.9-3.12

ESPECTRO DE FREQUÊNCIA

Frequências presentes em um determinado sinal. As vezes se fala simplesmente "espectro do sinal". Pág.1.9-3.12

ESTRAPE

Palavra derivada do inglês "strap".

Peça condutora que une dois pontos específicos do circuito de um equipamento, por meio de encaixe em dois pinos, podendo ser removido a fim de alterar uma determinada função.

ETD

Equipamento Terminal de Dados - Terminal de vídeo, microcomputador, computador, impressora, etc...

FDM

"Frequency Division Multiplexing".

Multiplexação por divisão de frequência.

A faixa de frequências disponível é subdividida em bandas onde cada uma abriga um canal de comunicação. Pág.6.13

FM

"Frequency Modulation".

Modulação em frequência.

A onda portadora tem sua frequência alterada conforme o sinal modulante.

FSK

"Frequency Shift Keying".

Modulação por deslocamento de frequência.

Modulação utilizada em modems de baixa velocidade (até 1200 bps) que altera a frequência da portadora conforme os bits de dados, ou seja, o bit "1" representa uma frequência e o bit "0" representa outra frequência. Pág.3.9

FULL DUPLEX

Veja DUPLEX.

HALF DUPLEX

Veja SEMI-DUPLEX.

Hz

Abreviação de Hertz.

Unidade de frequência correspondente a um ciclo por segundo.

1000 Hz = 1 KHz

INTERFACE

Região de fronteira entre dois circuitos ou equipamentos, por onde eles estão conectados ou interligados.

ISO

"International Standards Organization"

Organização internacional de normalizações à qual se reporta ANSI. Pág.4.60

ISÓCRONO

Que acontece em intervalos de tempo iguais.

LAL

"Local analog loopback"

Enlace analógico local. Pág.5.1-4.66

LAN

"Local Area Network".

Rede local, para transmissão de dados limitada geograficamente, como por exemplo dentro de um mesmo edifício.

Sua velocidade que depende do meio de comunicação, (normalmente par físico ou cabo coaxial), é da ordem de 1 a 20 Mbps.

LAR

"Loop Analógico Remoto".

Enlace analógico remoto.

LDL

"Local digital loopback"

Enlace digital local. Pág.5.3

LDR

"Loop Digital Remoto"

Enlace digital remoto.

LINHA COMUTADA

Linha telefônica que passa por uma central de comutação. Essa linha possui uma voltagem constante em seus terminais, utilizada para sinalizar a central sobre o estado do telefone.

Pág.2.2

LINHA PRIVATIVA

Linha telefônica concedida para uso específico, normalmente para transmissão de dados, conectando duas localidades fixas. Essa linha não possui voltagem constante em seus terminais.

Pág.2.5

LPCD

Linha privativa para comunicação de dados.

MARCA

Condição binária equivalente ao estado "1". Pág.3.1

MODEM

Contração das palavras modulador e demodulador.

Equipamento de comunicação de dados que converte um sinal digital serial (dados) em sinal analógico (modulação) para transmitir através de um meio de comunicação.

Também recupera o sinal digital serial (dados) na recepção do sinal analógico (demodulação).

Conhecido também como ECD.

MODEM ASSÍNCRONO

Modem que não transmite informação de sincronismo.

Normalmente esses modems são FSK e de baixa velocidade (até 1200 bps).

Os caracteres transmitidos por esse tipo de modem devem possuir os bits de partida ("start") e de parada ("stop").

MODEM BANDA-BASE

Modem que faz uso de uma codificação de linha ao invés de modular uma portadora.

Esses modems normalmente operam em pares físicos a uma distância máxima que depende, da velocidade, além de outros parâmetros.

Também são chamados de modems de distância limitada ou modems digitais (pois não modulam uma portadora analógica). Pág.4.50

MODEM DIGITAL

Veja Modem banda-base.

MODEM ESPERTO

Modem que possui a capacidade de receber comandos do ETD, sob a forma serial, através da interface RS232C.

Normalmente esses modems possuem a facilidade de discagem automática.

MODEM MULTIPORTA

Modem com mux.

Modem que possui mais de uma porta, permitindo a conexão de mais de um terminal. Pág.6.16

MODEM SÍNCRONO

Modem que transmite informação de sincronismo junto com os bits de dados.

Normalmente são modems de média para alta velocidade (2400 bps ou maior).

MODULAÇÃO

Processo pelo qual se modifica uma onda portadora, conforme o sinal original a ser transmitido.

Essa modificação é normalmente feita na amplitude, frequência ou fase da onda portadora, que é um sinal senoidal. Pág.3.9

MULTIPLEXADOR

Equipamento que agrupa dois ou mais canais de comunicação em um único. Pág.6.7

Veja FDM e TDM.

MULTIPLEXADOR ESTATÍSTICO

Equipamento que agrupa dois ou mais canais de comunicação em um único, cuja velocidade é inferior à soma das velocidades dos canais agrupados. Pág.6.11

MUTIPONTO

Topologia que conecta mais de um ETD a uma porta de comunicação do computador. Pág.6.2

MUX

Multiplexador. Pág.6.7

NAK

"Negative Acknowledgement"

Caractere de controle utilizado em vários códigos para transmissão de dados (ASCII, EBCDIC, etc.).

Enviado pelo receptor para sinalizar ao transmissor que um bloco não será aceito por ter sido recebido com erro ou qualquer motivo. Pág.6.28

OFF

Desligado, desconectado, desativado.

OFF-LINE

Sem conexão com a linha de transmissão.

Diz-se, também, que um ETD está "off-line" quando ele não está sob controle da CPU.

ON

Ligado, conectado, ativado.

ON-LINE

Conectado à linha de transmissão.

Diz-se, também, que um ETD está "on-line" quando ele está sob controle direto da CPU.

OSCILADOR

Circuito que gera um sinal elétrico de frequência estável.

OSCILADOR A CRISTAL

Oscilador que utiliza um cristal de quartzo, geralmente oferecendo uma precisão na frequência gerada melhor que 0,01%.

PABX

"Private automatic branch exchange".

Equipamento privado para comutar as ligações telefônicas dentro de uma área limitada (um edifício por exemplo) e desta área para fora, através de linhas tronco.

PAD

"Packet assembly/disassembly device".

Equipamento que permite conectar terminais, que não tenham interface apropriada, a uma rede de comutação de pacotes.

PAR FÍSICO

Par de fios, normalmente trançados, utilizado nas linhas telefônicas. Pág.2.8

PARIDADE IMPAR

Consiste em adicionar um bit de paridade a um grupo de bits de dados, de forma que a quantidade de bits "1" seja sempre ímpar. Pág.6.25

PARIDADE PAR

Consiste em adicionar um bit de paridade a um grupo de bits de dados, de forma que a quantidade de bits "1" seja sempre par. Pág.6.25

PCM

"Pulse Code Modulation"

Modulação por código de pulsos.

Normalmente utilizada em equipamentos para transmissão digital de 24 canais de voz a 1.544.000 bps, onde cada canal é amostrado a 8 KHz e suas amostras representadas por 8 bits [24x8 + 1(bit de sincronismo)]x8(KHz).

POLLING

Processo pelo qual um equipamento digital gerencia a transmissão de dados da rede inquirindo um terminal de cada vez, para que ele transmita suas informações. Pág.6.41

PONTO-A-PONTO

Topologia que conecta somente dois equipamentos digitais entre si. Por exemplo, um computador e um terminal. Pág.6.2

PONTA-DORA

Sinal senoidal utilizado para ser modulado e, desta forma, carregar informação.

PROCESSADOR DE COMUNICAÇÃO

Veja UCC.

PROCESSADOR "FRONT END"

Veja UCC.

PROTÓCOLO

Conjunto formal de regras e convenções que estabelece o formato, a temporização e o controle de erros, em um fluxo de informações entre dois pontos de um sistema de comunicação.

Pág.6.27

RENPAC

Rede Pública de Comunicação de Dados por Comutação de Pacotes.

Serviço oferecido pela Embratel onde cada usuário pode estabelecer comunicação com os demais por dois tipos de acesso : dedicado (terminal conectado diretamente à RENPAC) ou comutado (através das redes públicas de telefonia ou telex).

RJE

"Remote Job Entry"

Entrada remota de trabalhos.

RTS

"Request to send".

Solicitação para transmitir.

Nome de um sinal na interface digital, emitido pelo ETD ao modem, a fim de iniciar a transmissão de dados. Pág.4.63

RX

Recepção.

SEMI-DUPLEX

Transmissão realizada em um sentido de cada vez.

Também conhecida como "half-duplex".

SÍMBOLO

Em transmissão de dados, um símbolo é transmitido cada vez que se modula a portadora, alterando sua fase, frequência ou amplitude.

Por exemplo, na modulação DPSK, cada vez que a fase da portadora é alterada um símbolo é transmitido.

Cada símbolo pode conter um ou mais bits de dados. Pág.3.10

SUPRESSOR DE ECO

Dispositivo utilizado nas linhas telefônicas longas com grande retardo de propagação, para eliminar o efeito ECO, indesejável nas conversações.

Normalmente as ligações via satélite precisam ter supressores de eco.

O supressor de eco somente permite o fluxo de sinal em um sentido de cada vez e, essa característica pode prejudicar transmissões de dados que utilizem modems duplex. Eles podem ser desativados quando se transmite um tom de 2100 Hz durante pelo menos 0,3 seg. (CCITT).

- TDM** "Time division multiplexing".
Multiplexação por divisão do tempo.
Consiste em agrupar dois ou mais canais de baixa velocidade em um de velocidade mais alta. Pág.6.7
- TRANSDATA**
Serviço de comunicação de dados oferecido pela Embratel, baseado em circuitos dedicados (linhas privativas) onde o usuário pode solicitar topologias ponto-a-ponto ou multiponto.
Pág.6.8
- TX** Transmissão.
- UART** "Universal Asynchronous Receiver/Transmitter".
Circuito responsável pela montagem de caracteres paralelos em seriais, adicionando os bits de partida e de parada, somente no modo assíncrono.
- UCC** Unidade de Controle de Comunicação.
É um processador associado ao computador central, encarregado de gerenciar os canais de comunicação. Também chamado de processador de comunicação ou "front-end". Pág.6.1
- UDA** Unidade de derivação analógica.
Equipamento que permite a um modem compartilhar mais de uma linha telefônica, em uma topologia multiponto. Pág.6.5
- UDD** Unidade de derivação digital.
Equipamento que permite a um modem compartilhar mais de um ETD, em uma topologia multiponto. Pág.6.6
- USART** "Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter".
Semelhante à UART, porém opera também no modo síncrono.
- USASCII**
Veja ASCII.
- VAC** Voltagem alternada.
- VCC** Voltagem contínua.

