



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CEFET-SC
Unidade de São José

Telefonia Digital:

Comutação Digital

Curso técnico em Telecomunicações

Marcos Moecke

São José - SC, 2005

SUMÁRIO

3. COMUTAÇÃO DIGITAL	1
3.1 INTRODUÇÃO	1
3.2 TIPOS DE COMUTAÇÃO DIGITAL.	1
3.2.1 COMUTAÇÃO ESPACIAL.....	2
3.2.2 COMUTADOR TEMPORAL.	4
3.2.3 COMUTADOR TEMPORAL/ESPACIAL.....	5
3.3 REDES DE COMUTAÇÃO	7
3.3.1 ASSOCIAÇÃO DE COMUTADORES T/S.....	8
3.3.2 ESTRUTURA TEMPORAL-ESPACIAL-TEMPORAL (TST)	8
3.3.3 ESTRUTURA ESPACIAL-TEMPORAL-ESPACIAL (STS).....	11
3.4 USO DOS COMUTADORES EM TELEFONIA.	12
BIBLIOGRAFIA.....	14

3. COMUTAÇÃO DIGITAL

3.1 Introdução

O melhor uso da técnica digital, em telefonia, ocorre quando tanto a transmissão como a comutação são digitais, uma vez que, neste caso, são evitadas as sucessivas etapas de conversão A/D e D/A.

Uma grande vantagem do uso da comutação digital se deve ao uso de circuitos digitais que resultam em uma grande redução de custo, tamanho e consumo de energia, e também em uma melhor confiabilidade. O uso de circuitos digitais na comutação possibilita a formação de uma rede digital na qual qualquer tipo de informação digital pode ser transportada (Voz, Imagem, Dados, Texto, Música, etc.).

3.2 Tipos de Comutação Digital.

A interconexão dos sinais de voz na comutação digital é feita através da redistribuição da palavra de código do time slot das linhas multiplexadas no tempo (LMT). As taxas de multiplexação mais utilizadas na comutação são as de 32 canais (2 Mbps) e de 128 canais (8 Mbps).

Na comutação digital, cada canal de 64 kbps é denominado de porta digital, podendo cada porta digital ser utilizada para um canal telefônico.

Devido a taxa de amostragem utilizada em telefonia, os ciclos de comutação se repetem a cada 125 μ s. Os quadros das LMTs têm duração igual a 125 μ s e

contém apenas as palavras de código PCM referentes aos canais de voz, sem acréscimo de bits.

Existem dois princípios básicos de comutação digital que são largamente utilizados:

- *Comutação Espacial:* As palavras de código apenas mudam de LMT, sem mudar de time slot.
- *Comutação Temporal:* As palavras de código mudam de time slot dentro da mesma LMT.

3.2.1 Comutação Espacial.

O comutador espacial é um circuito digital que realiza a comutação das palavras de código das LMT's de entrada para qualquer LMT de saída sem mudar de time slot.

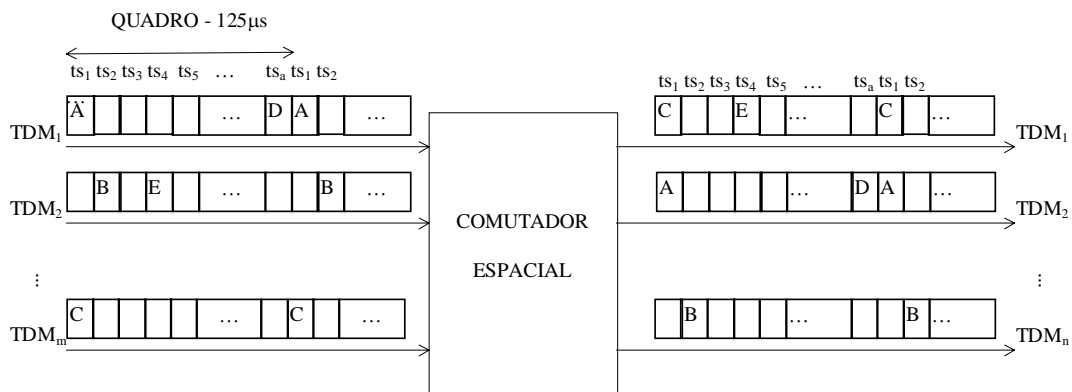


Figura 3.1 - Princípio de comutação espacial

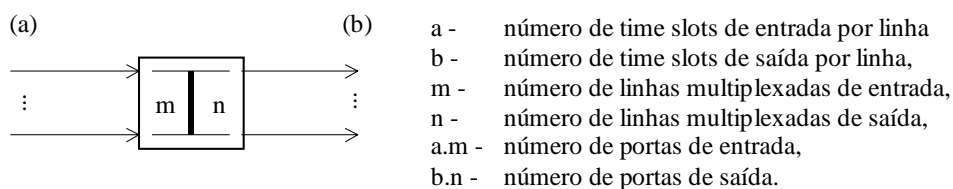


Figura 3.2 - Símbolo do comutador espacial

As características principais do comutador espacial são:

- Não existe retardo na comutação, uma vez que as palavras de código não mudam de time slot.

- sistema é sem bloqueio desde que o número de portas de saída seja maior que o número de portas de entrada.
- As palavras de código dos time slots das LMTE's podem acessar qualquer LMTS no mesmo time slot.

Um exemplo de comutador espacial pode ser construído através de portas *E* dispostas nos pontos de cruzamento (CROSSPOINT) das LMT's. As portas *E* são controladas por uma memória que define, para cada time slot, qual das portas deve ser habilitada.

A memória de controle é lida de maneira cíclica em $125\mu\text{s}$, de modo a repetir a comutação nas próximas palavras de código. O conteúdo das memórias de controle é determinado pelo órgão de controle (CPA) de acordo com a necessidade de cada conexão, e indica para cada time slot qual porta *E* deve ser habilitada. O número de posições de memória de controle é determinado pelo número de portas de saída, sendo que existe um banco de memória de controle para cada LMTS.

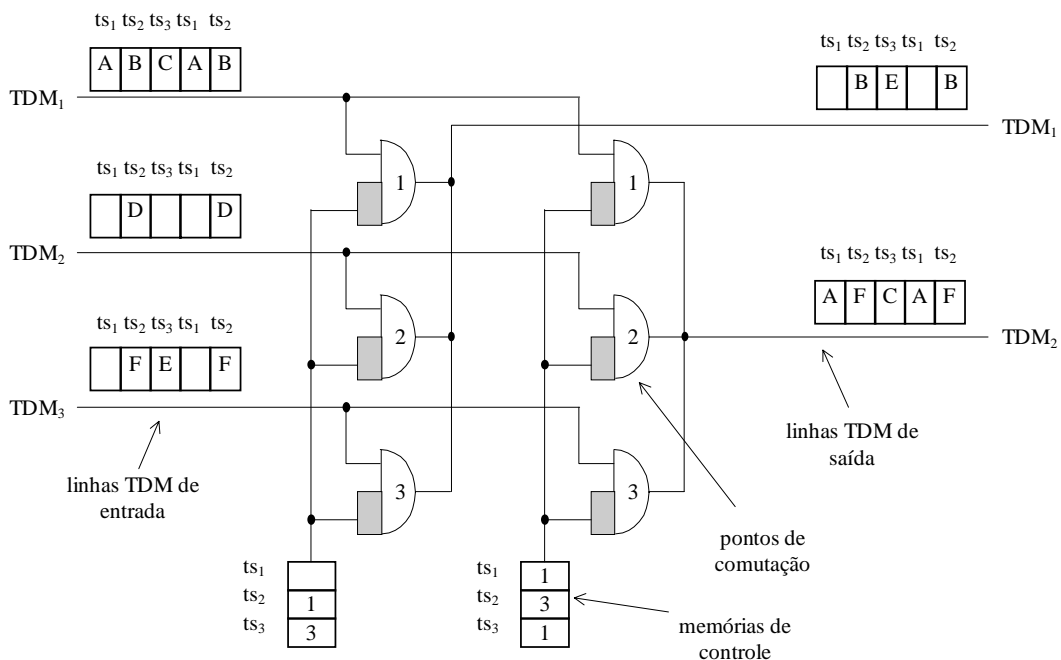


Figura 3.3 - Comutador espacial com portas E.

3.2.2 Comutador Temporal.

O comutador temporal é um circuito digital que realiza a comutação das palavras de código dos time slots da LMTE para qualquer time slot da LMTS.

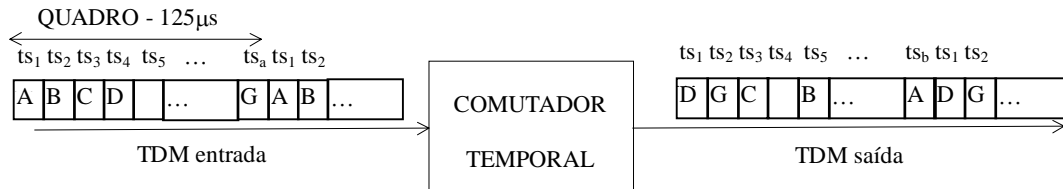


Figura 3.4 - Princípio de comutação temporal

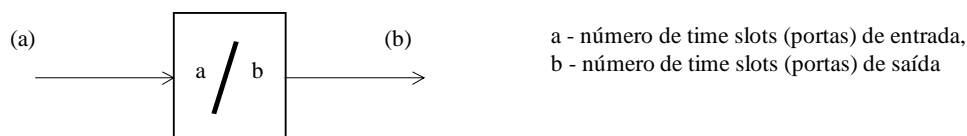


Figura 3.5 - Símbolo do comutador temporal

As características principais do comutador temporal são:

- A comutação ocorre pela redistribuição dos time slot dentro da LMT.
- sistema é sem bloqueio desde que o número de portas de saída seja maior que o número de portas de entrada.
- A acessibilidade é plena, pois as palavras de código dos time slots da LMTE podem acessar qualquer time slot da LMTS.
- É necessário um circuito de memória que armazene o conteúdo do time slot até que este seja lido para o time slot de saída desejado, provocando um atraso variável na comutação. O valor do atraso sempre será inferior a 125 µs.

Os comutadores temporais podem ser construídos segundo dois princípios:

- *Escrita cíclica:* A escrita das palavras PCM, na memória de dados, é cíclica, e a leitura feita de acordo com a necessidade de comutação. Neste caso, o conteúdo da memória de controle indica a posição da memória de dados que deve ser lida em cada um dos time slots da LMTS. Existe uma posição de memória de dados para cada porta de

entrada e uma posição de memória de controle para cada porta de saída. Quando a escrita é cíclica o conteúdo da memória de controle indica o time slot da entrada e o endereço indica o time slot de saída (por exemplo ts2 5 indica que o conteúdo do time slot de entrada 5 irá para o time slot 2 na saída)

- *Leitura cíclica:* A escrita das palavras PCM, na memória de dados, é feita de acordo com a necessidade de comutação, e a leitura é cíclica. Neste caso, o conteúdo da memória de controle indica a posição da memória de dados em que as palavras PCM da LMTE devem ser escritas. Existe uma posição de memória de dados para cada porta de saída e uma posição de memória de controle para cada porta de entrada. Quando a leitura é cíclica o endereço da memória de controle indica o time slot da entrada e o conteúdo indica o time slot de saída (por exemplo ts2 5 indica que o conteúdo do time slot de entrada 2 irá para o time slot 5 na saída)

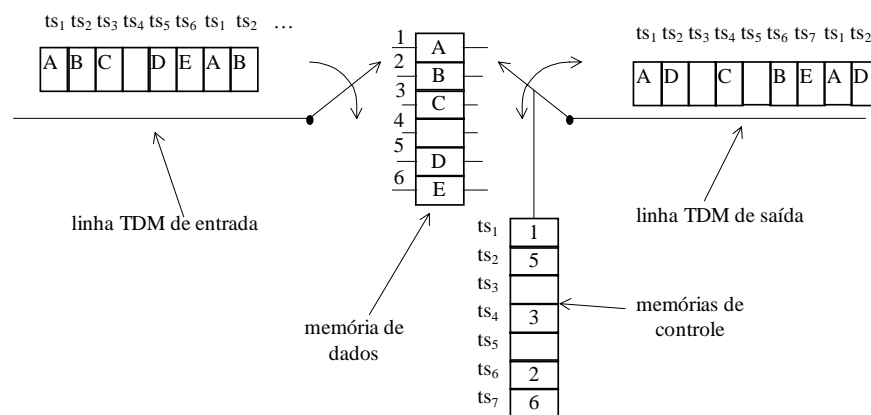


Figura 3.6 - Comutador temporal de escrita cíclica.

3.2.3 Comutador Temporal/Espacial.

O comutador temporal é um circuito digital que realiza a comutação das palavras de código dos time slots da LMTE para qualquer time slot de qualquer LMTS, realizando portanto simultaneamente a comutação temporal e espacial.

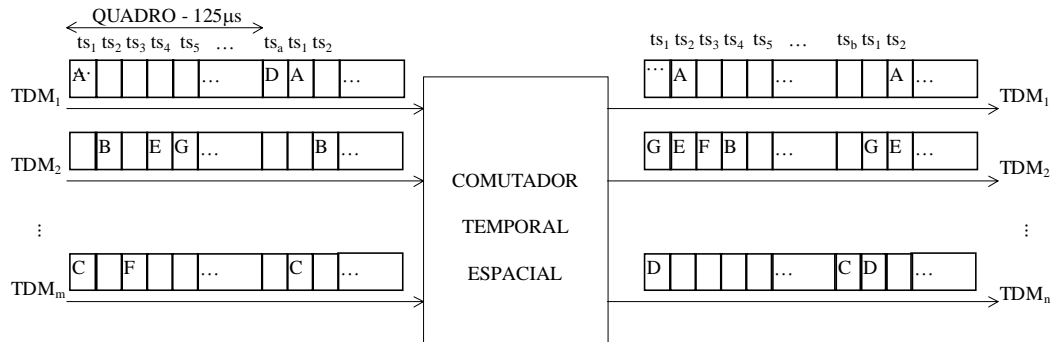


Figura 3.7 - Princípio de comutação temporal/espacial

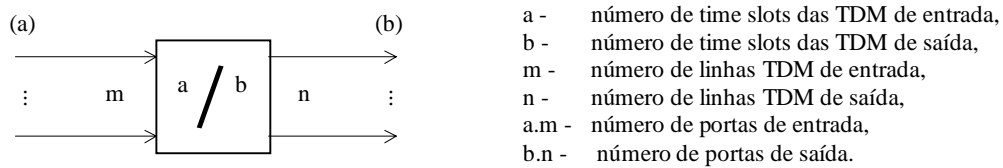


Figura 3.8 - Símbolo do comutador temporal/espacial

As características principais do comutador T/S são:

- A comutação ocorre pela redistribuição dos time slots dentro das LMT's e entre LMT's.
- sistema é sem bloqueio desde que o número de portas de saída seja maior que o número de portas de entrada.
- A acessibilidade é plena, pois as palavras de código dos time slots da LMTE podem acessar qualquer time slot de qualquer LMTE.
- Da mesma forma que no comutador temporal, é necessário um circuito de memória, provocando um atraso variável na comutação. O valor do atraso sempre será inferior a 125 μ s.
- A taxa de bits interna é igual a taxa de bits externa multiplicada pelo número de entradas (ou saídas).

Os comutadores temporal/espacial (T/S¹) são basicamente constituídos de 3 módulos: um multiplexador digital das LMTE's, um comutador temporal de alta velocidade e um demultiplexador para formar as LMTE's. Os multiplexadores

¹ T/S - Time/Space

digitais combinam as LMT's pela intercalação de palavras de código, sem acrescentar nenhum bit.

Os comutadores T/S também podem ser construídos segundo dois princípios: escrita cíclica ou leitura cíclica.

No caso dos comutadores T/S de escrita cíclica, o total de portas de entrada (Pe) que podem ser comutados é limitado pelo tempo de acesso das memória de dados (td) ($Pe < 125\mu s/2td$) onde o fator 2 se deve à realização de duas operações na memória de dados (escrita e leitura) a cada $125\mu s$. O total de portas de saída (Ps) é limitado pelo tempo de acesso das memórias de controle (tc) ($Ps < 125\mu s/tc$). No caso de comutadores T/S de leitura cíclica, temos $Pe < 125\mu s/tc$ e $Ps < 125\mu s/2td$.

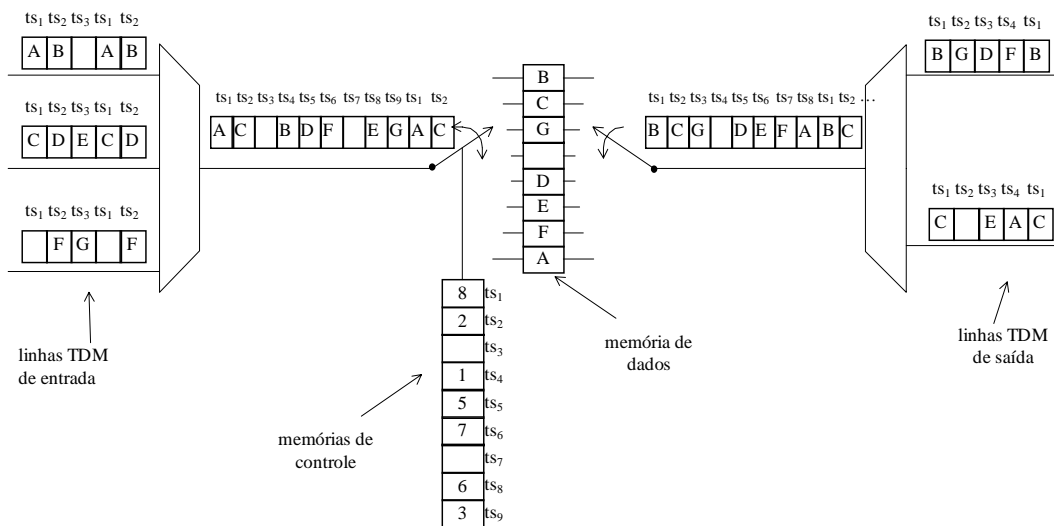


Figura 3.9 - Comutador temporal/espacial de leitura cíclica.

Na prática, a multiplexação e demultiplexação geralmente são feitas diretamente durante a escrita e leitura na memória de dados.

3.3 Redes de comutação

Em centrais de grande porte, é comum a utilização de redes de comutação, formadas a partir de estágios temporais e espaciais. O uso de associações

pode ser feita de forma a resultar em redes sem bloqueio, ou em redes com bloqueio.

3.3.1 Associação de comutadores T/S

Uma rede sem bloqueio pode ser construída pela associação em paralelo de circuitos comutadores T/S. Para aumentar a quantidade de LMTS's, associa-se as entradas em paralelo.

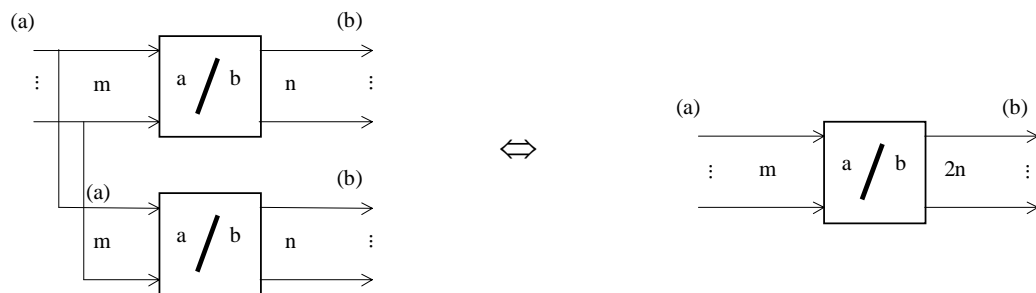


Figura 3.10 - Associação em paralelo das entradas.

Para se aumentar a quantidade de LMTE's, associa-se em paralelo as saídas. Neste caso, é necessário que as saídas sejam normalmente de alta impedância (3-state).

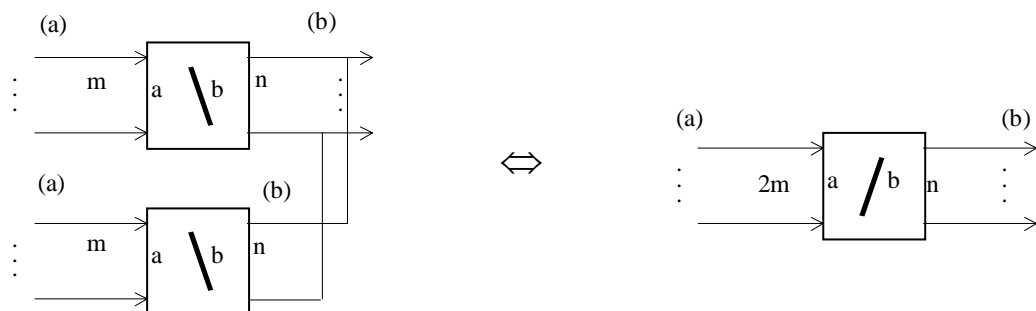


Figura 3.11 - Associação em paralelo das saídas.

3.3.2 Estrutura Temporal-Espacial-Temporal (TST)

Nesta estrutura, múltiplos estágios temporais são utilizados como estágios de entrada e saída de um comutador espacial central.

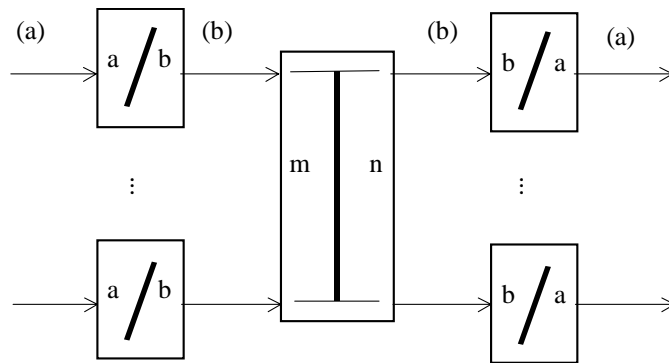


Figura 3.12 - Estrutura Temporal-Espacial-Temporal

Esta estrutura pode apresentar bloqueio interno, sendo que o número de time slots internos é o fator que mais influencia no bloqueio. Se o número de time slots internos (b) é o dobro do número de time slots de entrada/saída (a) menos 1, então a rede será sem bloqueio ($b \geq 2a - 1$).

Um bom grau de serviço (baixa probabilidade de bloqueio) é obtida se o número de time slots de entrada do primeiro estágio for significativamente menor que o número de time slot de saída deste estágio.

Na comutação digital, ao contrário da comutação analógica, a composição dos estágios é feita através da seguinte seqüência: expansão do tráfego (1º estágio), distribuição (2º estágio) e concentração (3º estágio). O estágio de distribuição tem o número total de time slots de saída igual ao número total de time slots de entrada. O estágio de concentração é o espelho do estágio de expansão.

A operação de uma estrutura TST consiste em encontrar um time slot vazio no estágio espacial que possibilite a conexão do estágio temporal de entrada com o estágio temporal de saída desejado.

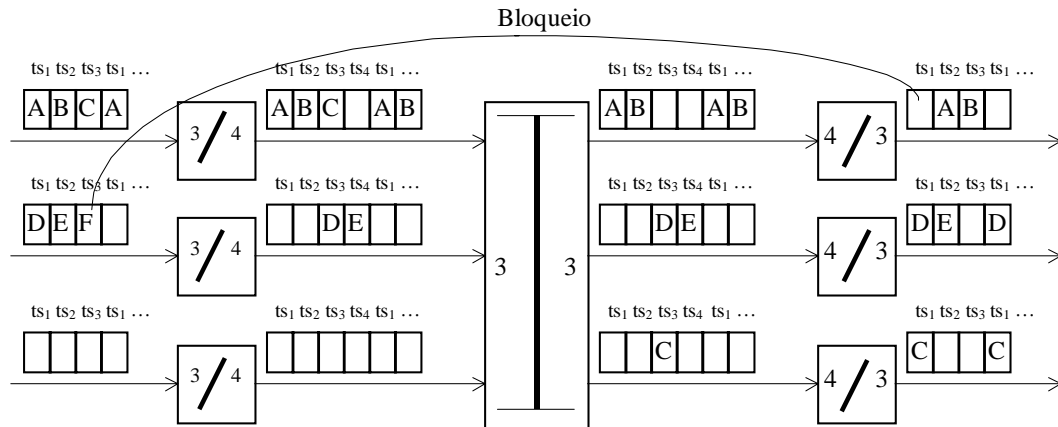


Figura 3.13 - Rede TST com bloqueio ($2a - 1 > b$).

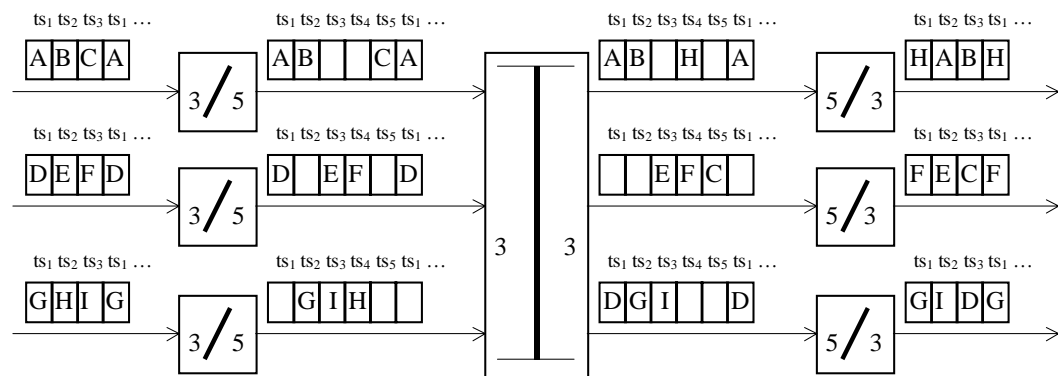


Figura 3.14 - Rede TST sem bloqueio ($2a - 1 = b$).

Ao fazermos uma comparação da estrutura TST sem bloqueio com a estrutura TS, podemos afirmar que:

- O fator velocidade pode ser predominante na escolha da estrutura TST, uma vez que para um grande número de portas de entrada o tempo de acesso da memória de dados pode ser muito rápido para a tecnologia existente.
- A realização da rede TS exige comutadores que possuam memórias de dados com tempo de acesso menor que na estrutura TST.
- Em redes de comutação de grande porte, o estágio de distribuição espacial pode ser implementado pela associação de vários comutadores espaciais.
- Na estrutura TST, pode-se reduzir o grau de serviço (permitindo bloqueio), visando uma redução de custo.

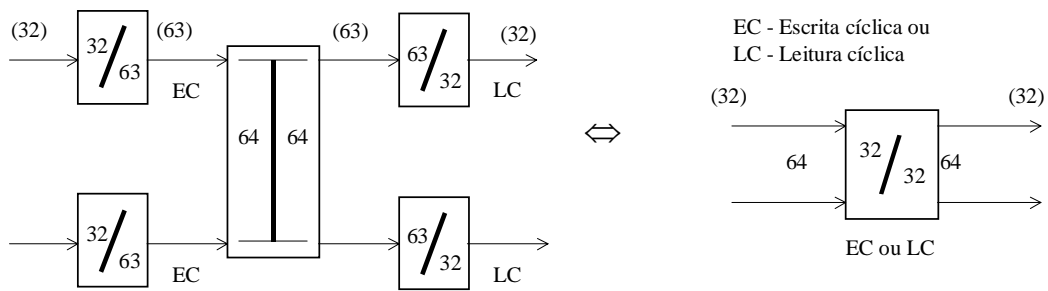


Figura 3.15 - Comparação das estruturas TS e TST.

3.3.3 Estrutura Espacial-Temporal-Espacial (STS)

Nesta estrutura Espacial-Temporal-Espacial, os estágios temporais estão conectados às LMT's dos estágios espaciais de entrada e saída. Os estágios temporais são simétricos, tendo a função de possibilitar a mudança de time slot durante a conexão.

O primeiro estágio espacial faz a expansão do tráfego enquanto o 3º estágio faz a concentração de tráfego ($k > n$).

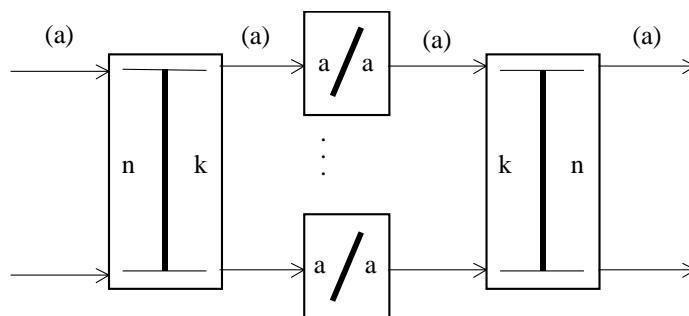


Figura 3.16 - Estrutura Espacial-Temporal-Espacial

Para se estabelecer uma conexão através da estrutura STS, é necessário em primeiro lugar, encontrar um estágio temporal que tenha livre o time slot correspondente ao time slot utilizado no comutador espacial de entrada, e, ao mesmo tempo, o time slot de saída correspondente ao time slot utilizado no comutador espacial de saída.

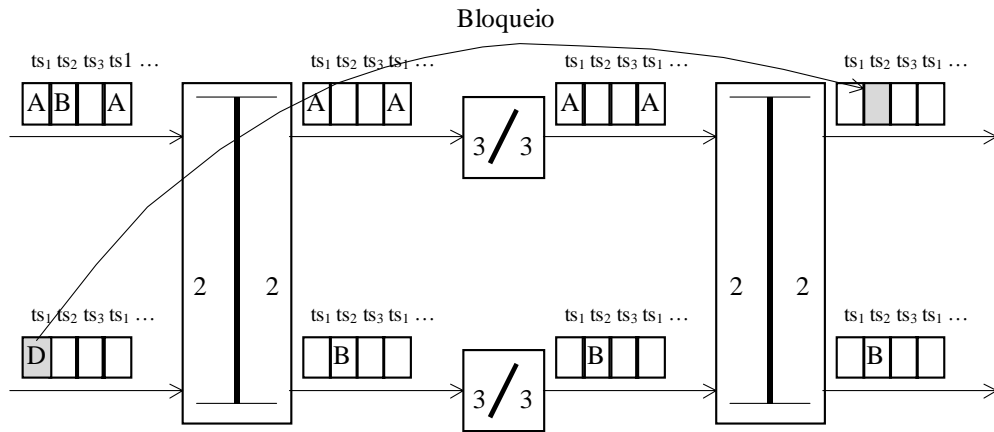


Figura 3.17- Rede STS com bloqueio.

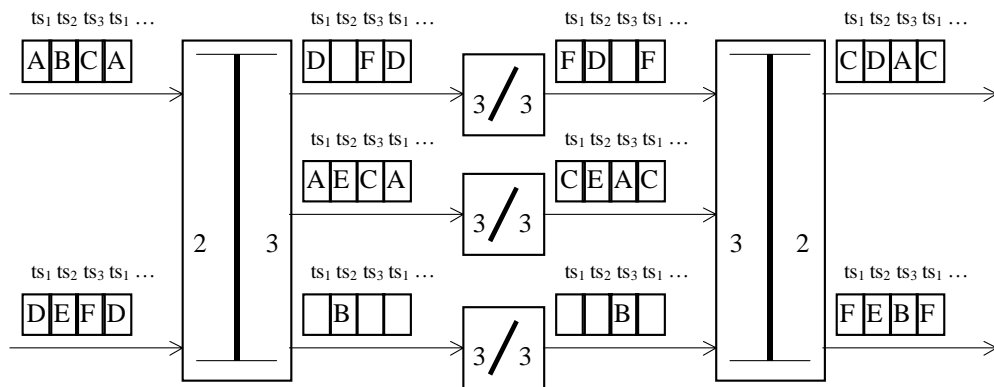


Figura 3.18 - Rede STS sem bloqueio.

3.4 Uso dos comutadores em telefonia.

No uso dos comutadores digitais para circuitos telefônicos, a comutação deve ocorrer a 4 fios, isto é, no sentido da transmissão (de A para B) e da recepção (de B para A). Desta forma, para cada ligação, é necessário o estabelecimento de dois caminhos de comutação.

A escolha deste caminhos pode ser feita através da procura de dois caminhos separados ("comutação em separado"), ou através de caminhos estabelecidos de forma simétrica ("comutação em antifase"). No caso da comutação em separado, é necessária uma memória de controle para cada caminho, enquanto no uso da comutação em antifase, é necessária apenas uma memória de controle para cada par de caminhos, uma vez que, com o estabelecimento do

caminho de transmissão, o caminho de recepção fica automaticamente estabelecido.

A comutação em antifase consiste em associar de forma lógica o canal de transmissão ao canal de recepção. Na estrutura TST, esta comutação é feita fazendo com que, em cada linha multiplex de $2N$ time slots do estágio espacial, os primeiros N time slots sejam utilizados no sentido da transmissão, enquanto os últimos N time slots no sentido inverso. Deste modo, ao ser estabelecido um caminho de transmissão através do time slot i , o time slot $i+N$ será utilizado no sentido inverso.

Para exemplificar uma comutação em antifase, utilizaremos uma estrutura TST com um estágio inicial de 3 matrizes temporais de leitura cíclica de 4 time slots na entrada e 6 time slots na saída, um estágio central com uma matriz espacial de 3 linhas de entrada e 3 linhas de saída cada uma com 6 time slots, e no estágio final 3 matrizes temporais de escrita cíclica de 6 time slots na entrada e 4 time slots na saída. Neste caso para estabelecer a comutação do canal de transmissão, utiliza-se apenas os time slots ts_1 , ts_2 e ts_3 do estágio central, ficando os time slots ts_4 , ts_5 e ts_6 reservados para o canal de recepção.

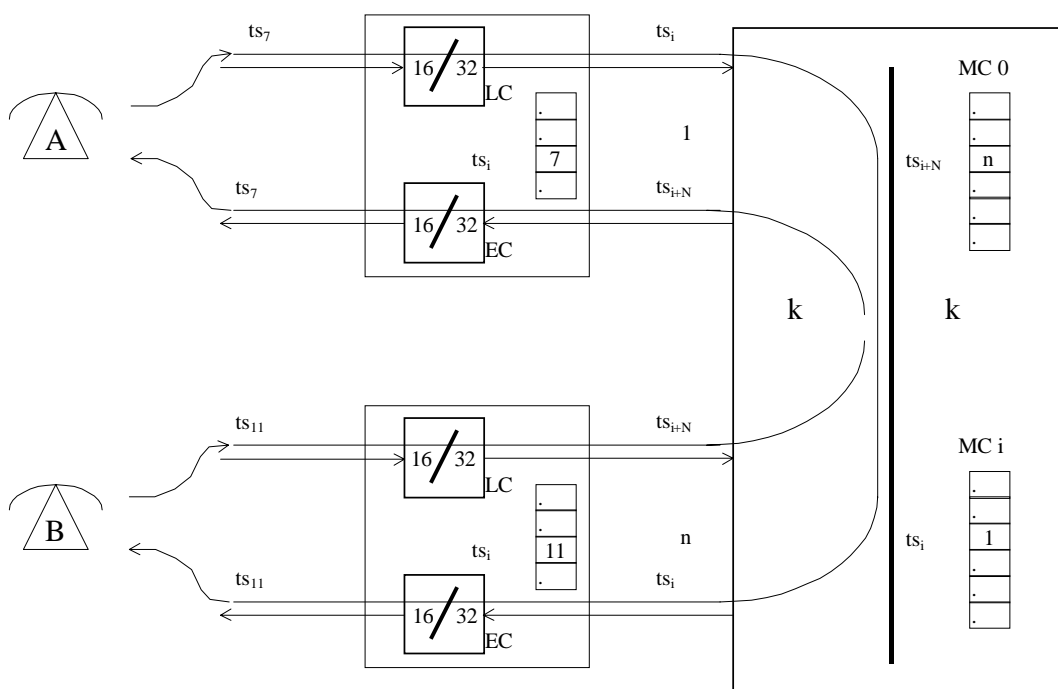


Figura 3.19 - Comutação em antifase para um circuito telefônico na estrutura TST.

Bibliografia.

- [1] BELLAMY, J.: Digital Telephony, 2nd ed. Wiley, 1991.
- [2] FERRARI, A.M.: Telecomunicações: evolução e revolução, Erica, 1991.
- [3] FONTOLLIET: Telecommunication Systems, Artech House, 1986.
- [4] KEISER, B.E. & STRANGE, E: Digital Telephony and Network Integration, Van Nostrand Reinhold, New York, 1985.

- [5] www.sj.cefetsc.edu.br/~moecke