

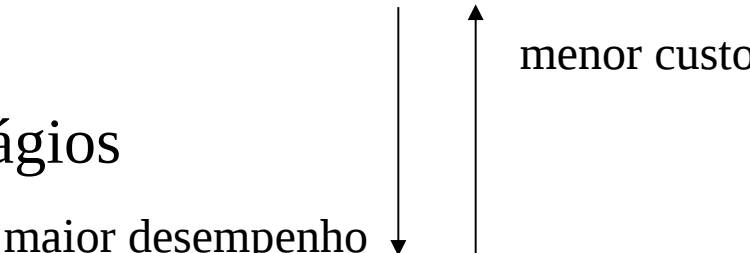
Redes de Interconexão

Tópicos:

- Redes com Topologia Dinâmica
- Comparação entre Topologias

Referência: Almasi & Gottlieb *Highly Parallel Computing* - ch.8, Benjamin Cummings, 1st ed., 1989.

Redes com Topologia Dinâmica

- **Topologia Dinâmica:** Topologia de comunicação pode ser alterada após a construção da rede
 - **Critérios em Redes Dinâmicas:**
 - Custo
 - Desempenho
 - **Opções Possíveis:**
 - Barramentos
 - Redes de múltiplos estágios
 - Crossbar
- 

Topologias Dinâmicas

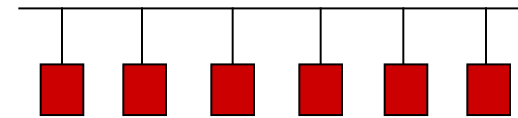
1) Barramentos:

- **Vantagens:**

- Cada nó está diretamente ligado a todos os demais
- Custo físico da interconexão é mínimo

- **Desvantagens:**

- Largura de faixa efetiva para cada nó é $1/N$
- Velocidade do barramento tende a ser menor ou igual à dos processadores
- Número de processadores não pode ser alto



Topologias Dinâmicas (cont.)

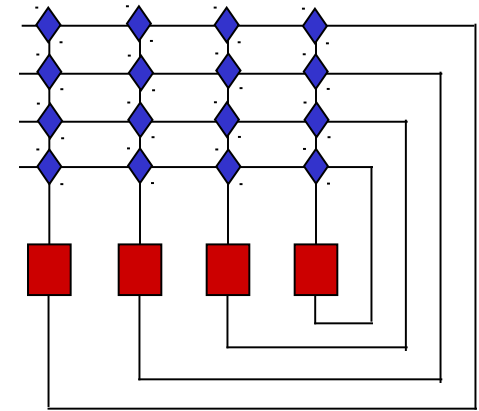
2) Crossbar:


- **Vantagens:**

- Cada nó pode estar diretamente ligado a todos os demais
- Número de conexões em cada nó é 2
- Número total de conexões é $O(N)$
- Permite realizar qualquer permutação 1/1

- **Desvantagens:**

- Número total de chaves () é N^2

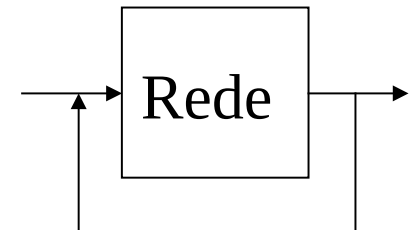


 < 0: aberto
1: fechado

Topologias Dinâmicas (cont.)

3) Redes com Múltiplos Estágios:

- Compromisso entre crossbar e barramento:
 - Custo menor que crossbar
 - Desempenho maior que barramento
- Comparação com crossbar:
 - Custo físico cai de $O(N^2)$ para $O(N \log_2 N)$
 - Latência aumenta de $O(1)$ para $O(\log_2 N)$
- Obs: Redes com múltiplos estágios podem ser simuladas com redes de um único estágio e realimentação sucessiva dos dados



Topologias Dinâmicas (cont.)

- Há uma coleção de redes topologicamente equivalentes, baseadas em chaves de comutação 2x2:

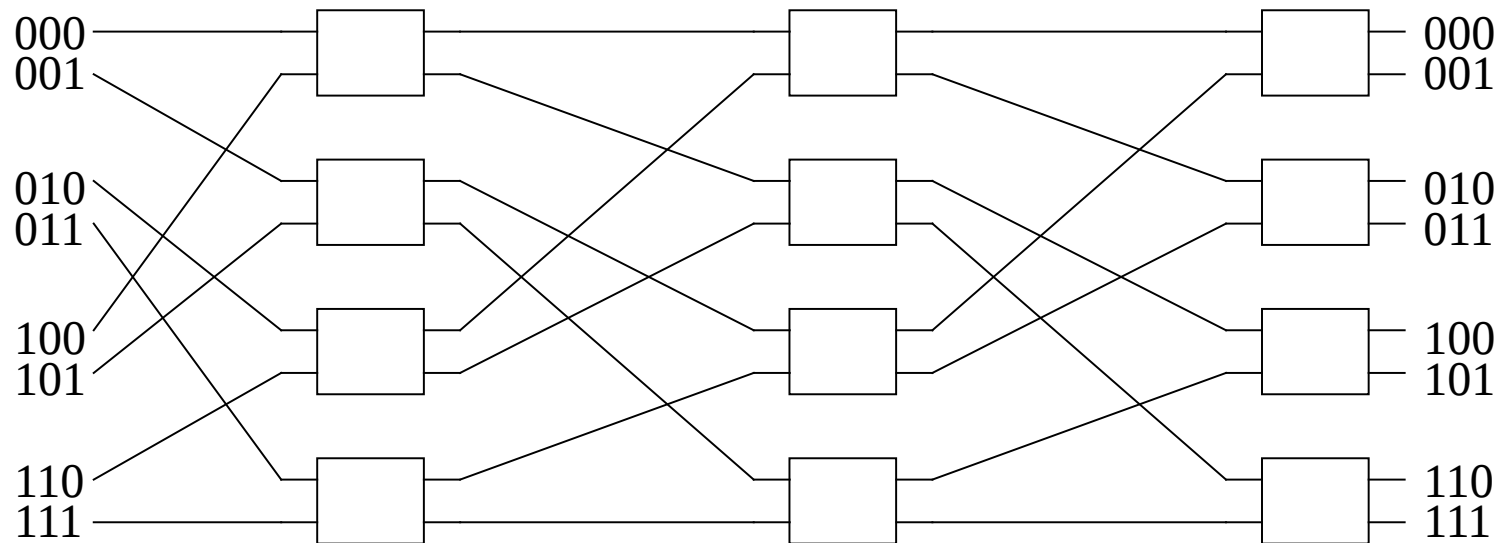


- Exemplos: Banyan, Baseline, Benes, Delta, etc.
- Variações entre os integrantes da coleção:
 - Topologia de conexão
 - Modo de operação
 - Estratégia de controle
 - Tipo de chave

Topologias Dinâmicas (cont.)

Rede Omega: Representante típico da coleção

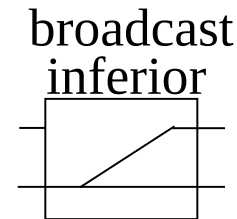
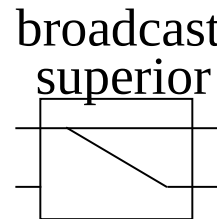
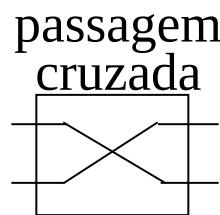
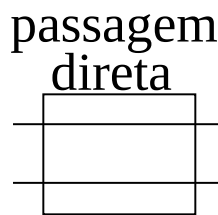
- $\log_2 N$ estágios
- $N/2$ chaves por estágio



Topologias Dinâmicas (cont.)

Rede Omega:

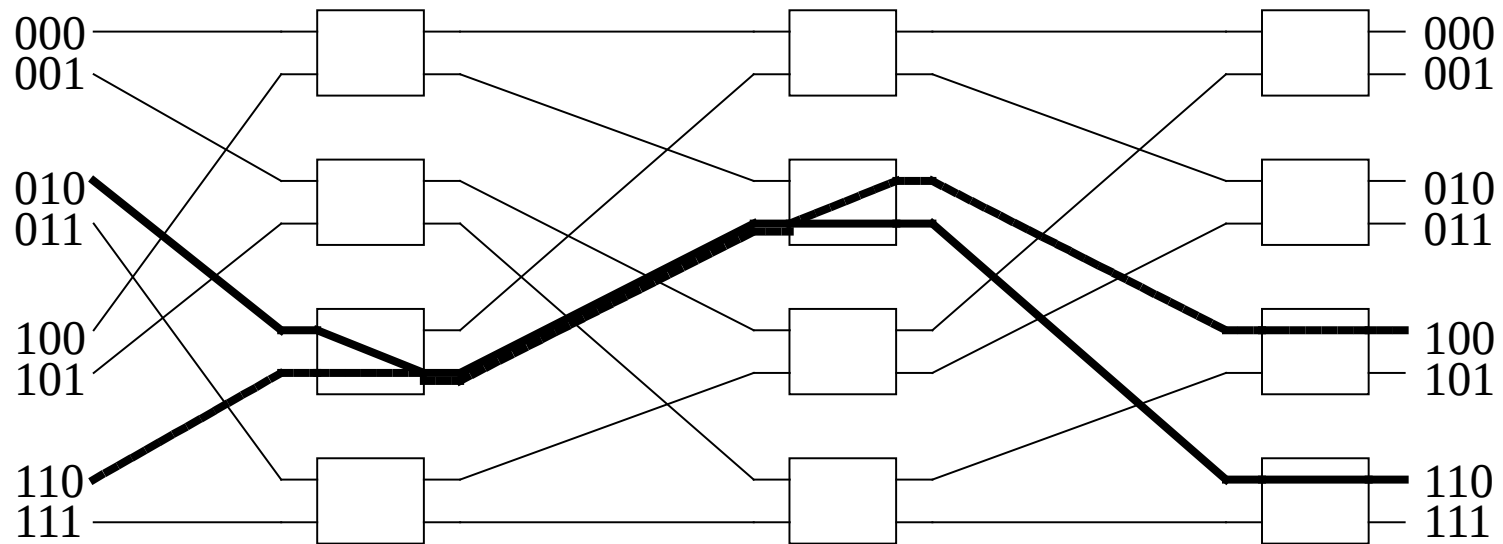
- Um único caminho entre dois nós
- Baseada em comutação de pacotes:
 - Cada pacote de dados tem o endereço do destino
 - Roteamento é feito dinamicamente, em cada chave
 - A cada estágio de chaves, o primeiro bit é extraído do endereço (Bit=0: Pacote vai para saída superior; Bit=1: vai para saída inferior)
- Elemento de chaveamento tem 4 funções:



Topologias Dinâmicas (cont.)

Rede Omega: Exemplo de comunicação

- 010 para 110
- 110 para 100 (bloqueada)



Topologias Dinâmicas (cont.)

Outros Tipos de Redes:

- **Redes de Benes:**
 - Mais estágios que a rede Omega → maior custo, maior latência
 - Múltiplos caminhos entre dois nós → menos conflitos
- **Redes de Banyan:**
 - Chaves com maior número de saídas que entradas
- **Redes de Chaves com Combinação:**
 - Utilizadas na interligação de processadores a módulos de memória
 - Duas requisições ao mesmo endereço são combinadas numa só

Topologias Dinâmicas (cont.)

Campanhação entre Redes:

<u>Rede</u>	<u>Latência Mínima</u>	<u>Conexões em Cada Nó</u>	<u>Custo de Fios</u>	<u>Custo de Chaves</u>
Crossbar	const	2	N	N^2
Barramento	const	1	N	N
Múlt.Est.	$\log N$	2	$N \log N$	$N \log N$
<i>All-to-All</i>	const	N-1	N^2	-
Hipercubo	$\log N$	$\log N$	$N \log N$	-
Cubos Cícl.	$\log N$	3	N	-
Árvore	$\log N$	3	N	-
Grade	$N^{1/2}$	4 ou 8	N	-

Topologias Dinâmicas (cont.)

Exemplos de Redes em Sistemas REAIS:

<u>Rede</u>	<u>Sistemas</u>
Crossbar	Alliant FX/8
Barramento	Diversos (Sequent, SGI Power Challenge, ...)
Múlt.Est.	BBN Butterfly, IBM RP3, IBM SP-2
<i>All-to-All</i>	?
Hipercubo	Intel iPSC, Ncube, Connection Machine
Cubos Cícl.	?
Árvore	?
Grade	DAP, MPP, Intel Paragon, Cray T3D/T3E, SGI Origin