

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Pós-Graduação em Informática
DCC/ IM - NCE/ UFRJ

**Arquiteturas de Sistemas de
Processamento Paralelo**

Redes de Interconexão

Gabriel P. Silva

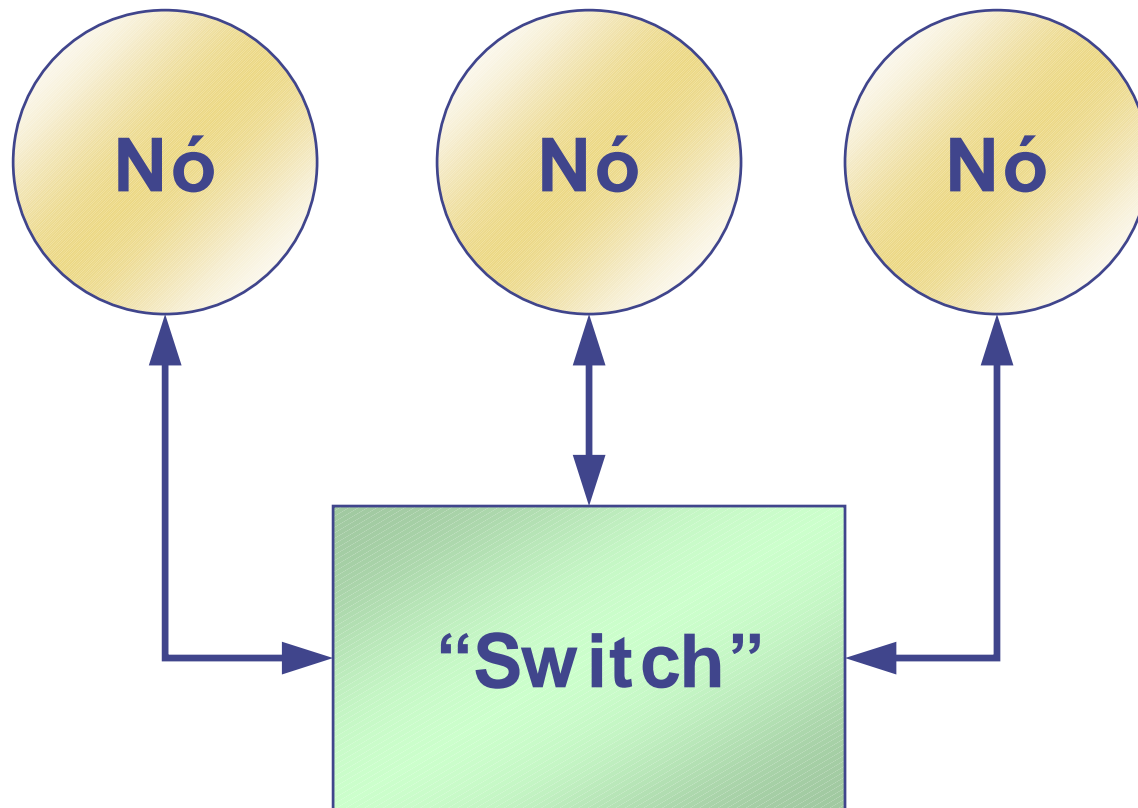


Redes de Interconexão Dinâmicas

Redes de Interconexão Dinâmicas

- ◆ Também conhecidas como redes indiretas.
- ◆ A comunicação entre os nós se dá através de elementos de chaveamento (“switchs”).
- ◆ Diversas topologias possíveis podem ser utilizados nos elementos de chaveamento.

Redes de Interconexão Dinâmicas



Redes de Interconexão Dinâmicas

- ◆ As duas grandes topologias possíveis que um elemento de chaveamento ou roteador pode ter são:
 - “Crossbar”
 - Multiestágio

Redes Crossbar

- ◆ **Permitem o acesso simultâneo de todas as entradas a todas as suas saídas.**
- ◆ **Conflito só existe se dois ou mais processadores quiserem se comunicar com o mesmo módulo de memória/ processador.**
- ◆ **Custo muito elevado de interconexão**
- ◆ **Requer $p \times m$ elementos de chaveamento.**

Redes Multiestágio

- ◆ Representam um solução de compromisso entre o barramento único e a “crossbar switch”.
- ◆ As entradas são conectadas às saídas através de vários estágios, onde cada estágio é composta por diversas chaves do tipo “crossbar”.
- ◆ Elas podem ser classificadas de acordo com o número de estágios, a topologia de interconexão entre os estágios e o tipo de chave empregado em cada estágio.

Redes Multiestágio

- ◆ **As conexões entre os estágios são também chamadas de permutações.**
- ◆ **Entre as diversas permutações possíveis, destacamos:**
 - **Embaralhamento Perfeito**
 - **Reversão de Dígitos (Bits)**
 - **Butterfly**
 - **Cúbica**
 - **Baseline**

Redes Multiestágio

◆ Embaralhamento Perfeito

- Faz uma rotação para a esquerda de um bit no endereço fonte para obter o destino.

◆ Reversão de Dígitos

- É feito um espelhamento dos bits do endereço.

◆ Butterfly

- Os bits de ordem 0 e i bits do endereço são trocados entre si.

◆ Cúbica

- Complementa o bit i do endereço.

◆ Baseline

- Faz uma rotação para a direita dos $i+1$ bits menos significativos do endereço fonte .

Permutações Perfeita e Reversão de Bit

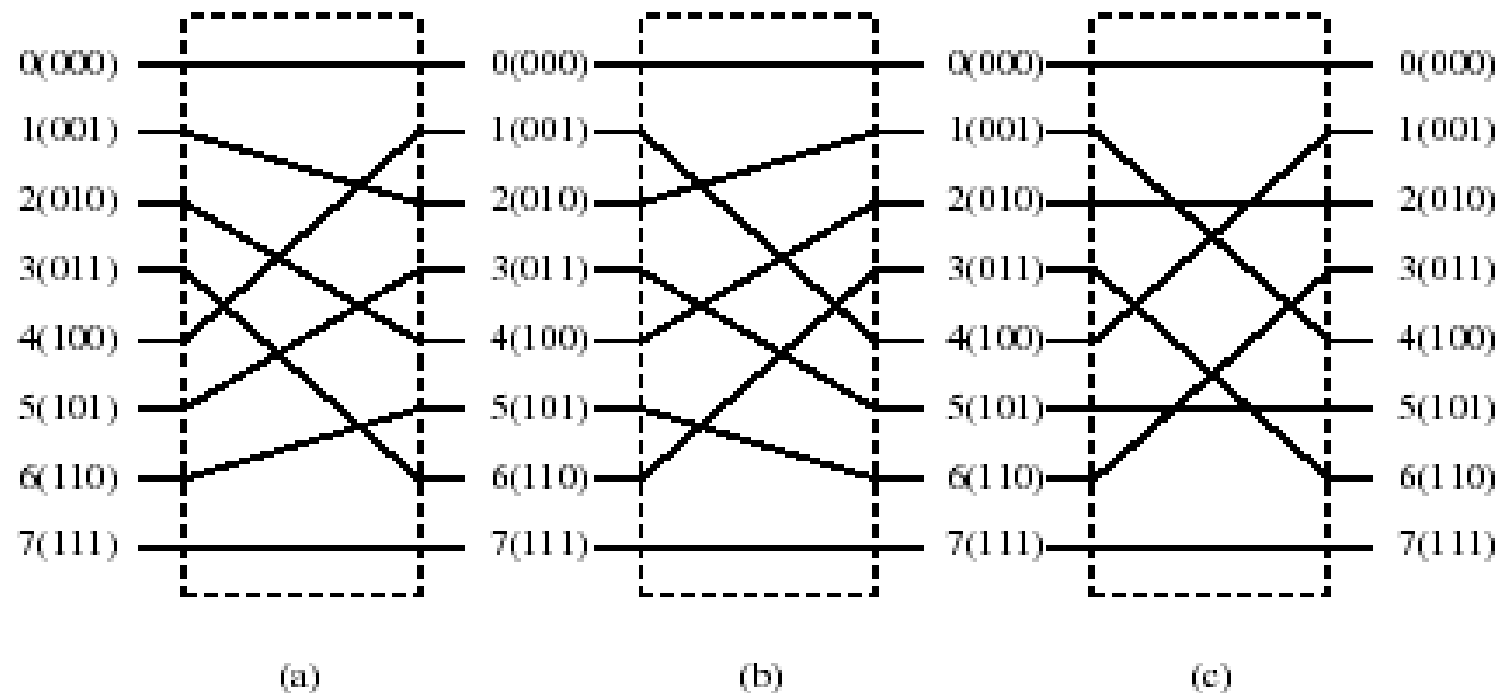


Figure 1.13 (a) The perfect shuffle, (b) inverse perfect shuffle, and (c) bit reversal permutations for $N = 8$.

Permutação Butterfly

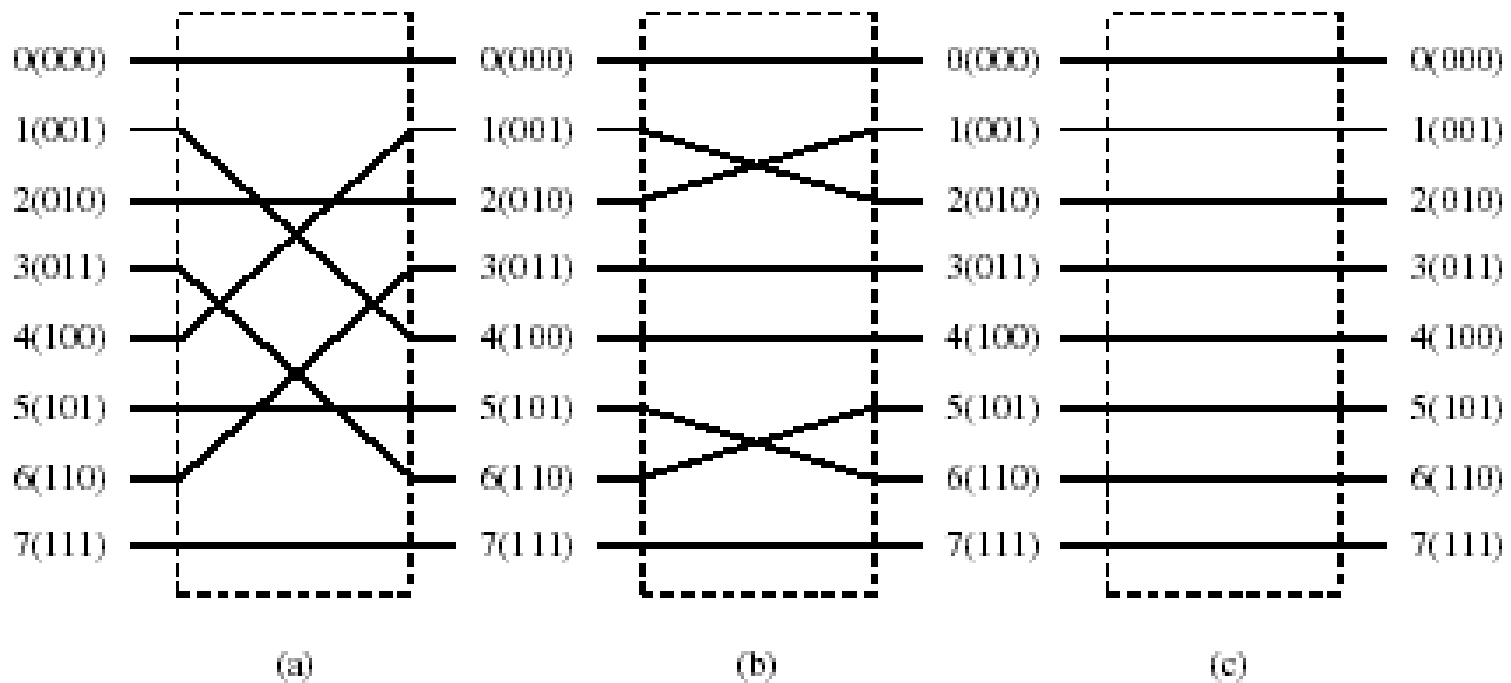


Figure 1.14 The butterfly permutation for $N = 8$: (a) second butterfly, (b) first butterfly, and (c) zeroth butterfly.

Permutação Cúbica

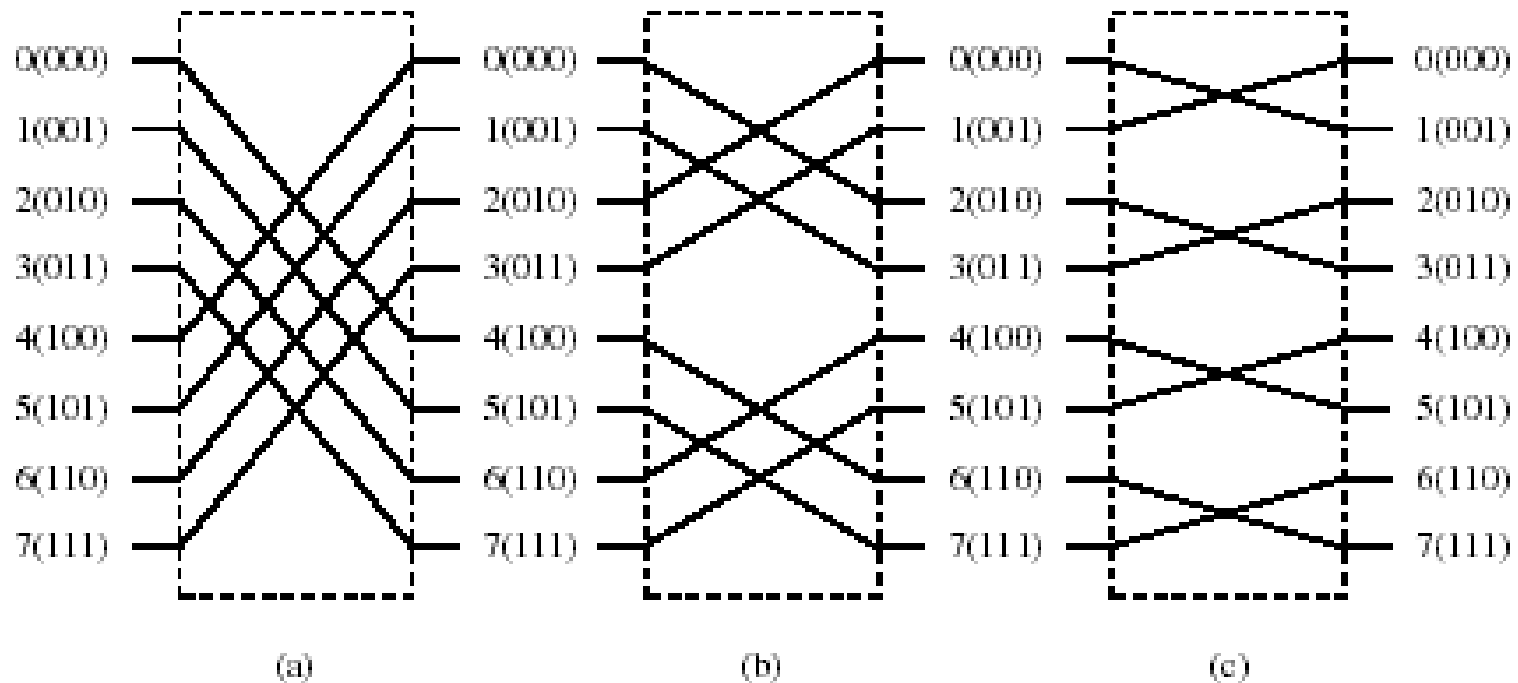


Figure 1.15 The cube permutation for $N = 8$: (a) second cube, (b) first cube, and (c) zeroth cube.

Permutação Baseline

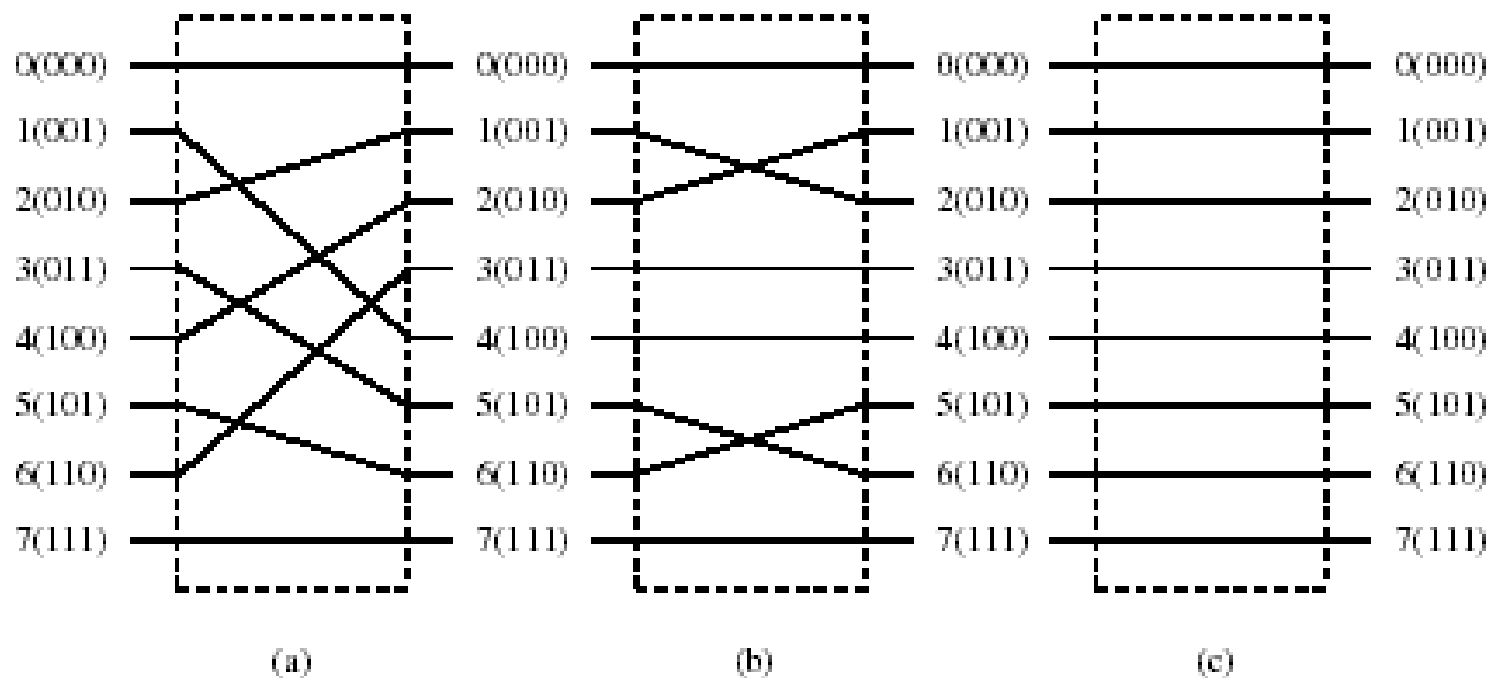


Figure 1.16 The baseline permutation for $N = 8$: (a) second baseline, (b) first baseline, and (c) zeroth baseline.

Redes Multiestágio

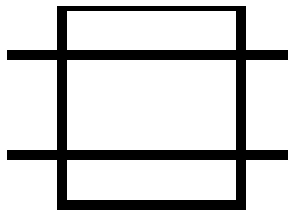
- ◆ A partir das permutações mostradas entre os estágios, vários tipos de redes podem ser montadas.
- ◆ Normalmente o elemento de chaveamento das redes que iremos mostrar é 2×2 , mas a mesma topologia pode ser encontrada com chaves 4×4 ou mesmo 8×8 .
- ◆ Uma rede com chaves de tamanho $k \times k$ vai precisar de $\log_k N$ estágios para interligar N elementos processadores.

Redes Multiestágio

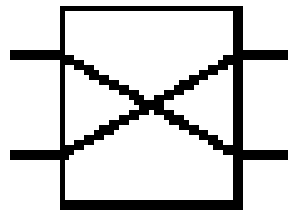
- ◆ **As redes multiestágio podem ser classificadas como:**
 - **Bloqueantes** – Nem sempre é possível a conexão entre um par livre de processadores;
 - **Não-bloqueantes** – Qualquer entrada livre pode ser ligada a qualquer saída livre sem alterar as demais conexões;
 - **Reconfiguráveis** – Qualquer entrada pode ser ligada a qualquer saída livre, mas pode ser necessário que algumas ligações sejam refeitas.

Redes Multiestágio

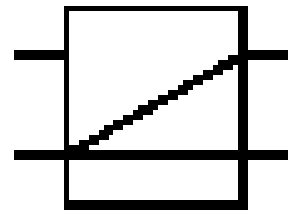
- ◆ Quatro estados possíveis de uma chave 2x2:
(a) direto, (b) permutação, (c) broadcast inferior, (d) broadcast superior.



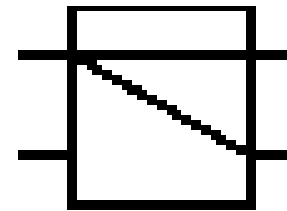
(a)



(b)

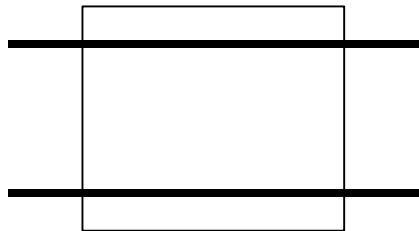


(c)

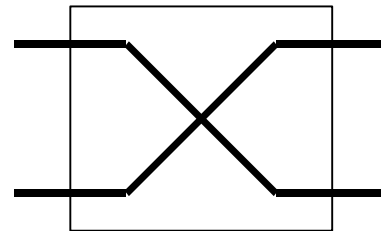


(d)

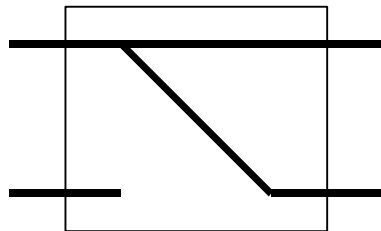
Redes Multiestágio



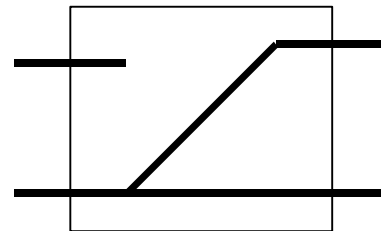
(a) Direto



(b) Permutação



(c) Broadcast Superior

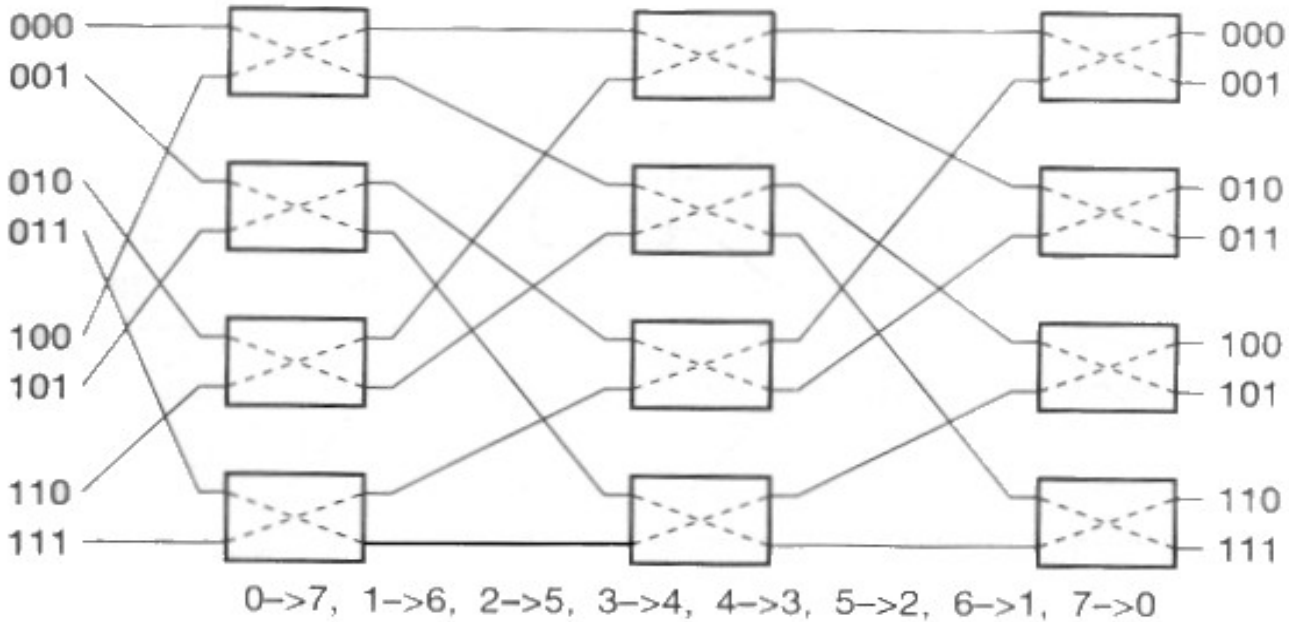


(d) Broadcast Inferior

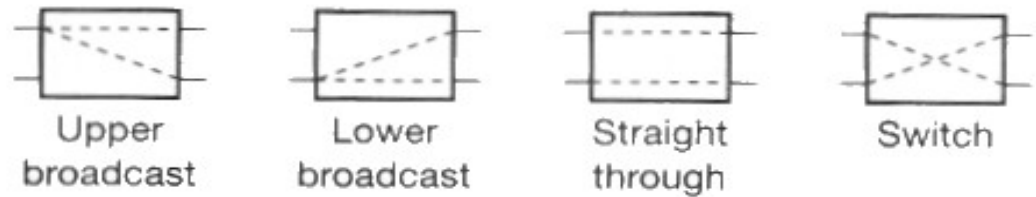
Rede Omega

- ◆ É o tipo mais simples de rede multi-estágio.
- ◆ Possui $\log_2 N$ estágios com $N/2$ chaves 2×2 em cada estágio.
- ◆ Cada chave tem 4 posições possíveis de interconexão.
- ◆ O padrão de interconexão C_i é um embaralhamento perfeito para $0 \leq i \leq n-1$. O padrão de interconexão C_n é a permutação identidade, isto é cada origem está ligada no destino de mesmo endereço.

Rede Omega



(a)

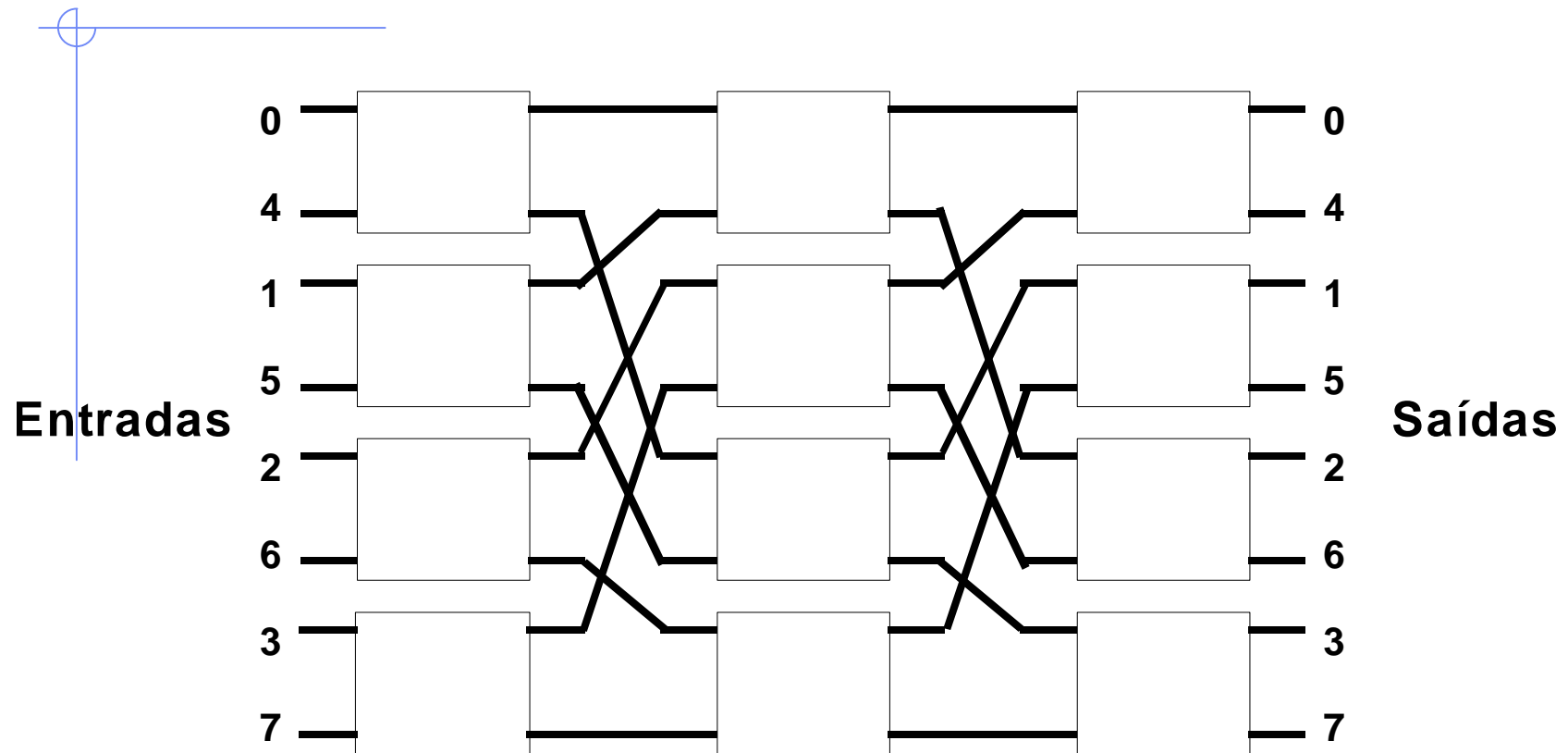


(b)

Rede Baseline

- ◆ Possui $\log_2 N$ estágios com $N/2$ chaves 2×2 em cada estágio.
- ◆ O padrão de interconexão C_i é uma permutação “baseline” de ordem $(n-1)$ para $1 \leq i \leq n$. O padrão de interconexão C_0 é um embaralhamento perfeito.
- ◆ Tem como particularidade controlar a chave do estágio i com o $(n-i)$ -ésimo bit do endereço de destino.

Rede Baseline

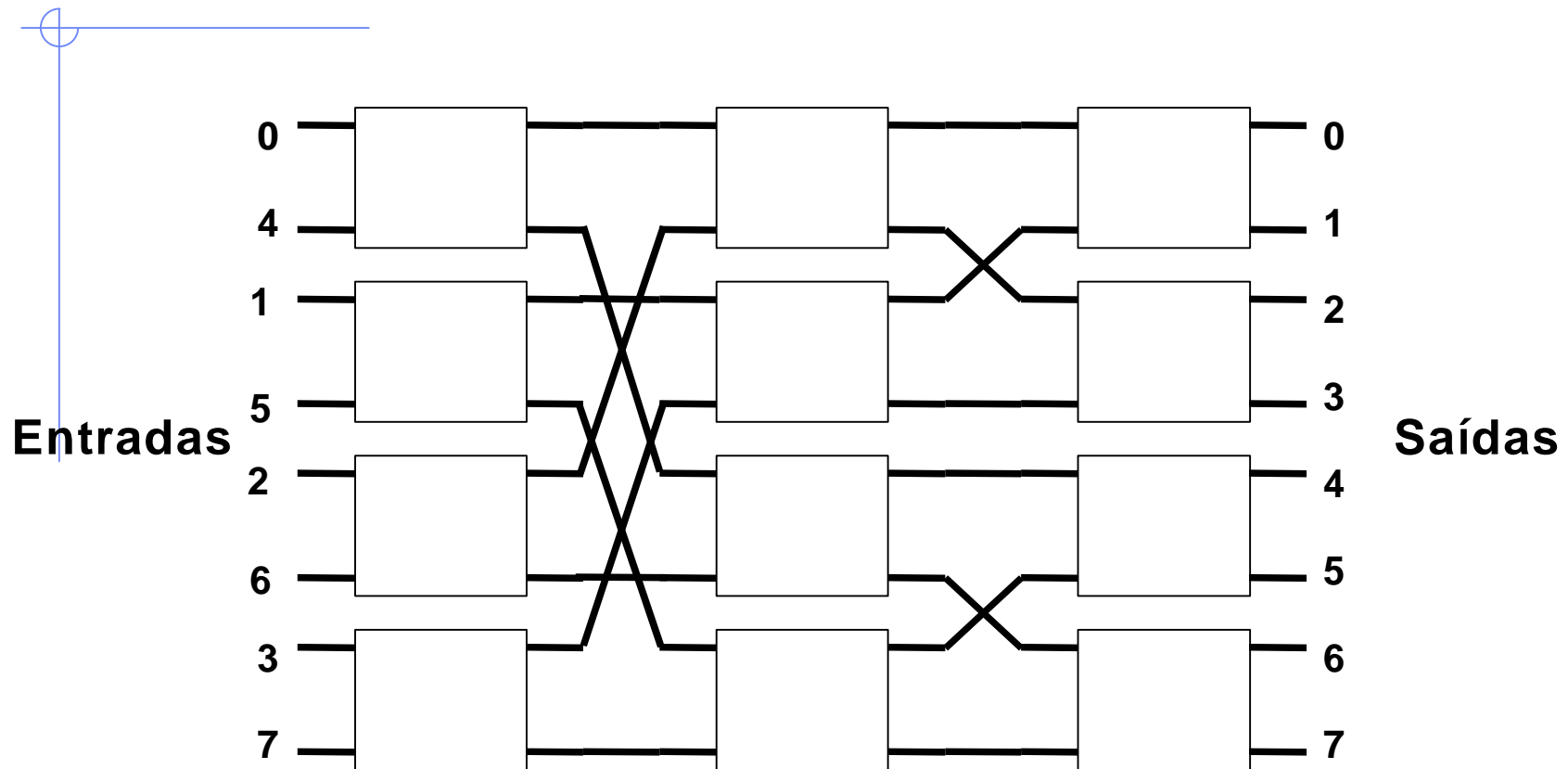


(a) Rede Baseline

Rede Cubo Generalizado

- ◆ Possui $\log_2 N$ estágios com $N/2$ chaves 2×2 em cada estágio como a rede omega.
- ◆ Difere apenas na topologia com que os estágios são interconectados após o primeiro estágio. Ao invés do embaralhamento perfeito são ligadas como descrito a seguir.
- ◆ O padrão de interconexão C_i é uma permutação “butterfly” de ordem $(n-i)$ para $1 \leq i \leq n$. O padrão de interconexão C_0 é um embaralhamento perfeito.

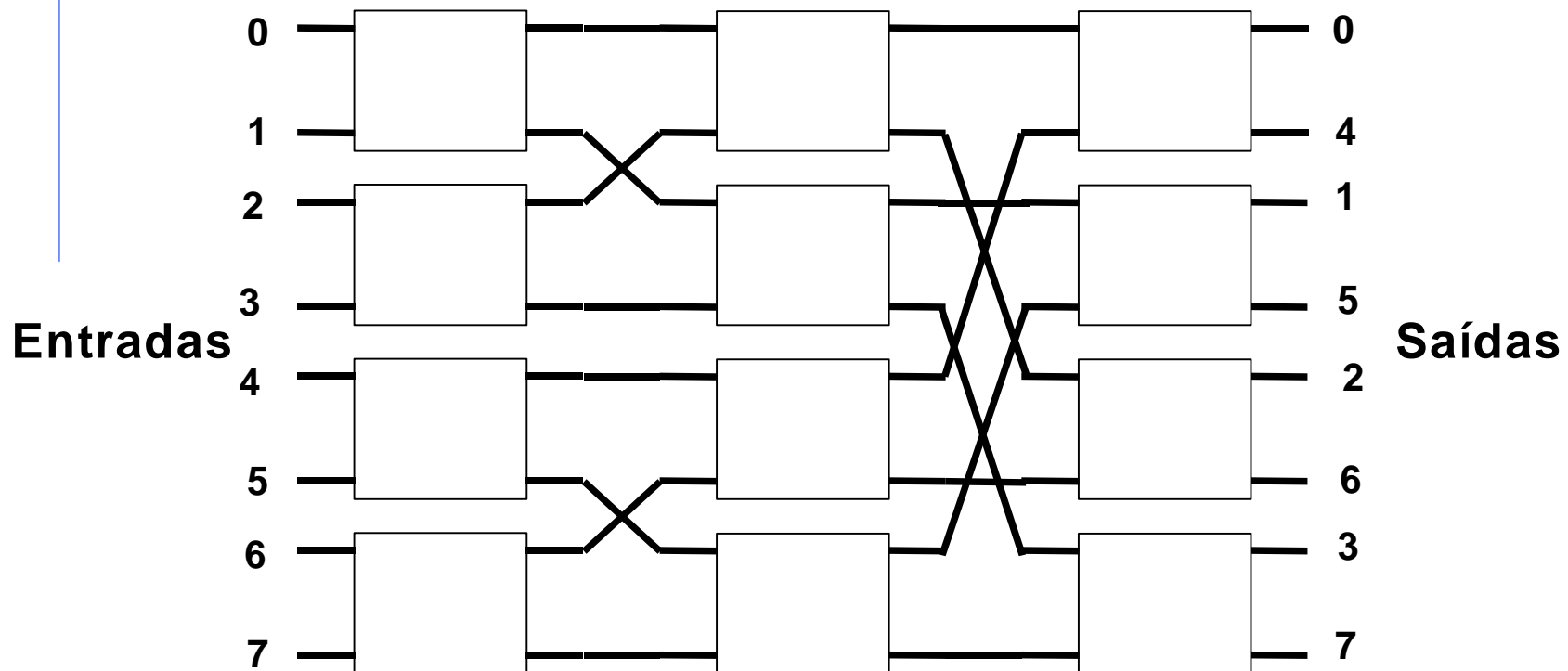
Rede Cubo Generalizado



(a) Rede Cubo Generalizado

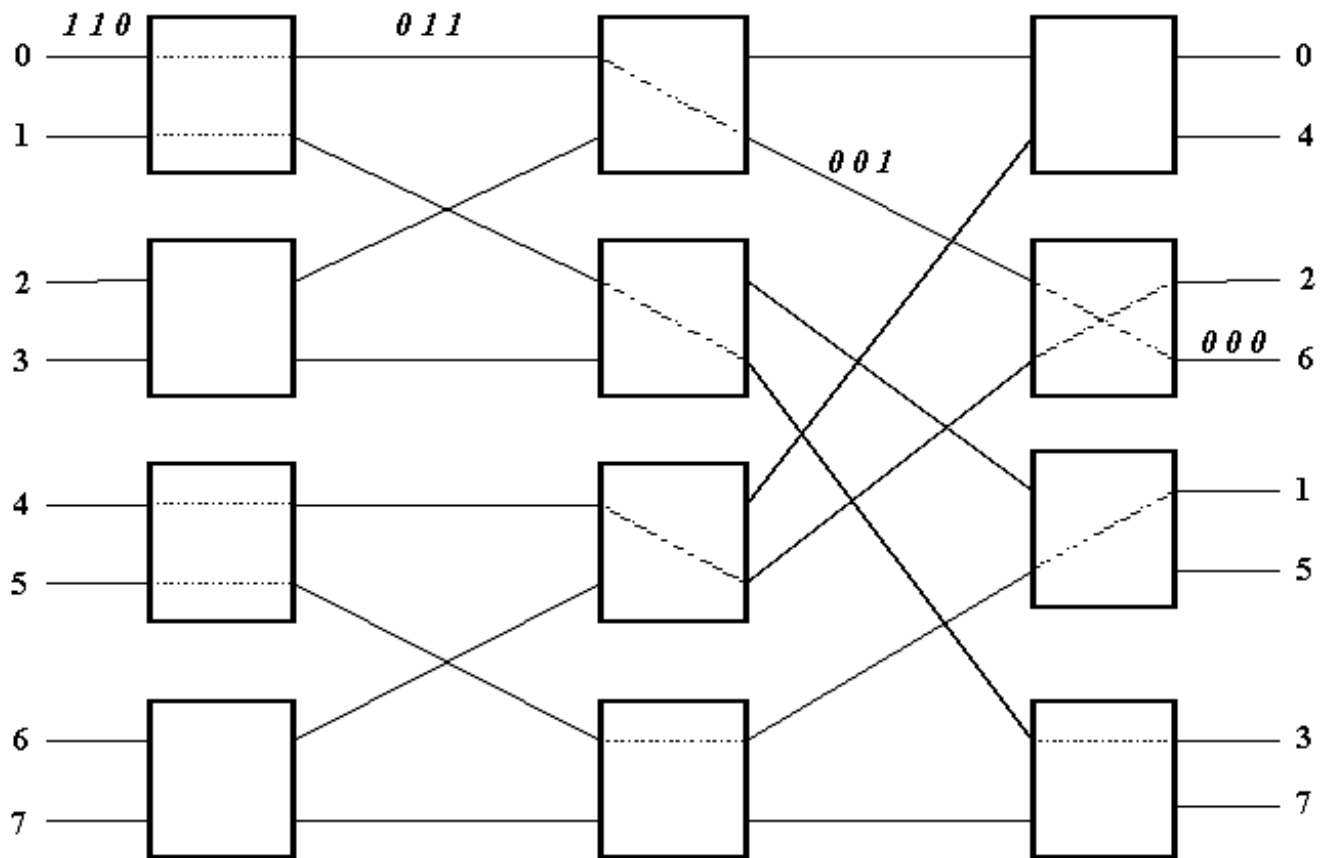
Rede N-Cubo Binário Indireto

◆ É o espelho da rede cubo generalizado.



(a) Rede Cubo Binário Indireto

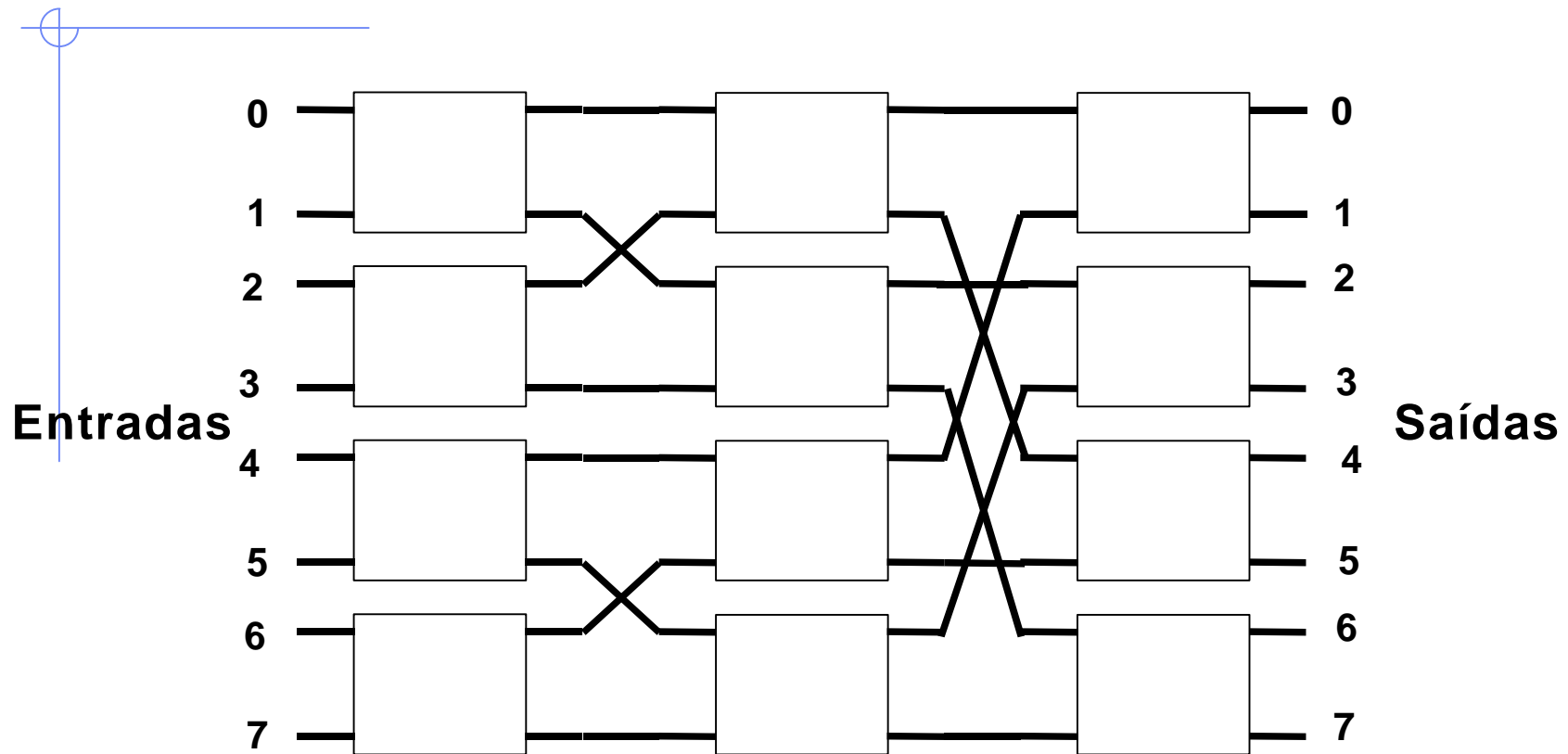
Rede do Multiplus



Redes Butterfly

- ◆ Nesta rede o padrão de interconexão C_i é a permutação “butterfly” de ordem i , para $0 \leq i \leq n-1$.
- ◆ O padrão de conexão C_n é a identidade.
- ◆ Uma versão muito utilizada substitui as chaves 2×2 por chaves 8×8 .
- ◆ Neste caso, o número de estágios diminui para $\log_8 N$ e o número de chaves por estágio para $N/8$.
- ◆ Possui as mesmas propriedades da rede omega.

Redes Butterfly



(a) Rede Butterfly

Rede Benes

- ◆ As redes anteriormente apresentadas são do tipo bloqueante, ou seja, certas combinações de endereçamento não são possíveis.
- ◆ A rede do tipo Benes possui estágios adicionais para prover caminhos redundantes no esquema de interconexão.
- ◆ O preço pago é um aumento no custo, latência e tamanho da rede de interconexão.
- ◆ Exemplos de arquitetura com rede multiestágio são NYU Ultracomputer, CEDAR, HEP e Multiplus.

Rede Benes

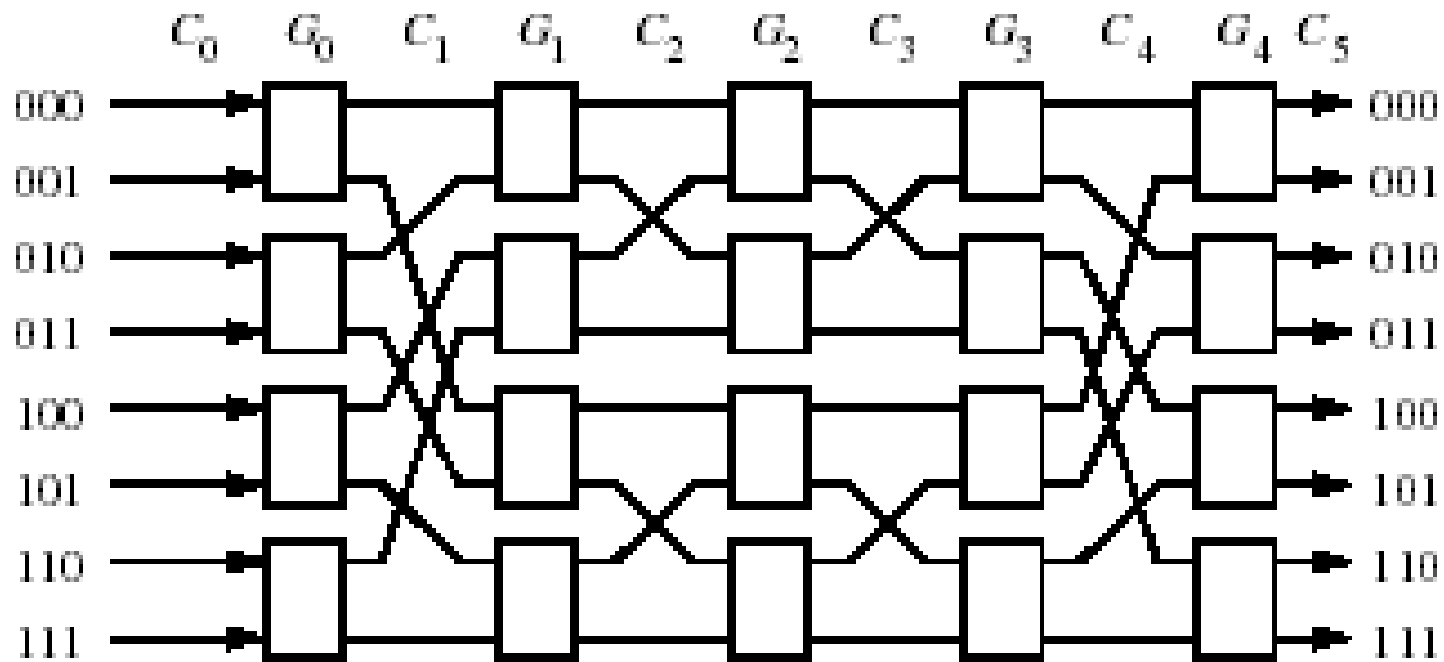


Figure 1.17 An 8×8 Beneš network.

Resumo das Propriedades

Tipo da Rede	Nº de Está-gios	Nº de Chaves / Estágio	Topologia entre os estágios	Tam. da Chave	Modo de Oper.
Omega	$\log_2 N$	$N/2$	Perfect Shuffle	2x2	Bloq.
Butterfly	$\log_8 N$	$N/8$	Butterfly	2x2 ou 8x8	Bloq.
Cubo Generalizado	$\log_2 N$	$N/2$	Perfect Shuffle (C_0) Butterfly ($C_1 \rightarrow C_n$)	2x2	Bloq.
Benes	$(2 * \log_2 N) - 1$	$N/2$	Perfect Shuffle (C_1, C_{n-1}) Butterfly ($C_2 \rightarrow C_{n-2}$)	2x2	Não Bloq. Rearranj.

Rede Myrinet

- ◆ Produzida pela Myricom e muito utilizada com SAN (System Area Network) em arquiteturas de memória distribuída com troca de mensagens.
- ◆ É composta de chaves do tipo “crossbar” que se interconectam através de links que consistem de um par “full-duplex” de canais Myrinet.
- ◆ Cada canal possui 9 bits de largura e opera com controle de fluxo do tipo XON/ XOFF com uma taxa máxima de transmissão de 80 MB/ s com clock de 40 Mhz.
- ◆ O roteamento “cut-through” é utilizado nas chaves.

Rede Myrinet

- ◆ Diversas topologias de rede podem ser formadas interligando as chaves (de dimensões diferentes ou não)
- ◆ Um pacote que atravessa um canal Myrinet é composto de:
 - Cabeçalho com um ou mais bytes, contendo os endereços das portas de saída de cada chave a ser atravessada
 - “Payload” com zero ou mais bytes, contendo os dados a serem transmitidos
 - Byte de CRC
- ◆ Possui interfaces para barramentos PCI e SBus

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.