

Ingeniería de los Computadores

Sesión 9. Redes de interconexión.
Topologías

Ingeniería de los Computadores

Sesión 9. Redes de interconexión

Conceptos

Clasificación

Topologías

- Redes estáticas o directas
 - Clasificación
 - Estrictamente ortogonales (malla, hipercubo, toro)
 - (Estrictamente) Cada nodo A tiene al menos un enlace en cada dimensión i
 - (Ortogonal) Cada enlace supone un desplazamiento en una dimensión
 - No ortogonales (árbol)
 - Propiedades
 - Grado
 - Diámetro
 - Regularidad (todos los nodos tienen el mismo grado)
 - Simetría (se ve semejante desde cualquier nodo)

Ingeniería de los Computadores

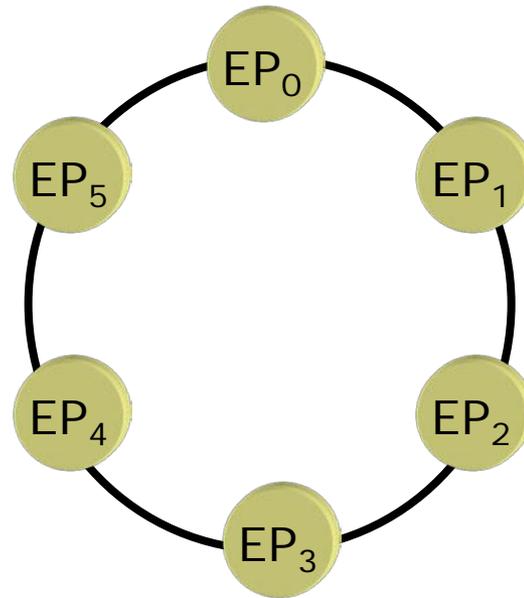
Sesión 9. Redes de interconexión

Conceptos

Clasificación

Topologías

- Redes estáticas o directas. Anillo unidireccional
 - F. interconexión: $F_{+1}(i) = (i+1) \bmod N$
 - Grado de entrada/salida: 1/1
 - Diámetro: $N-1$



- ¿Anillo bidireccional?

Ingeniería de los Computadores

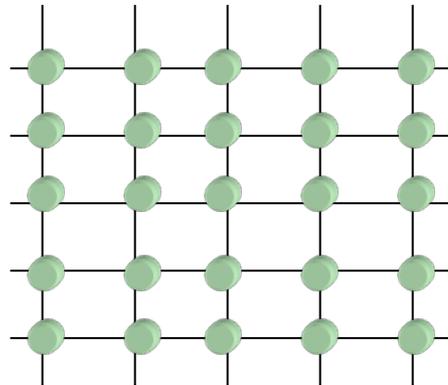
Sesión 9. Redes de interconexión

Conceptos

Clasificación

Topologías

- Redes estáticas o directas. Malla abierta
 - F. interconexión:
 - $F_{+1}(i) = (i+1)$ si $i \bmod r \neq r-1$
 - $F_{-1}(i) = (i-1)$ si $i \bmod r \neq 0$
 - $F_{+r}(i) = (i+r)$ si $i \div r \neq r-1$
 - $F_{-r}(i) = (i-r)$ si $i \div r \neq 0$
 - Grado: 4
 - Diámetro: $2(r-1)$, donde $N=r^2$



Ingeniería de los Computadores

Sesión 9. Redes de interconexión

Conceptos

Clasificación

Topologías

- Redes estáticas o directas. Malla Illiac

- F. interconexión:

- $F_{+1}(i) = (i+1) \bmod N$

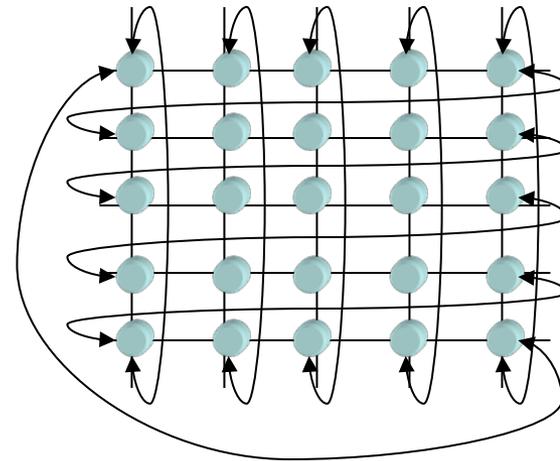
- $F_{-1}(i) = (i-1) \bmod N$

- $F_{+r}(i) = (i+r) \bmod N$

- $F_{-r}(i) = (i-r) \bmod N$

- Grado: 4

- Diámetro: $(r-1)$, donde $N=r^2$



Ingeniería de los Computadores

Sesión 9. Redes de interconexión

Conceptos

Clasificación

Topologías

- Redes estáticas o directas. Redes n-cubos k-arias ó toros

- n dimensiones, k nodos

- F. interconexión toro 2D:

- $F_{+1}(i) = (i+1) \bmod r + (i \text{ DIV } r) \cdot r$

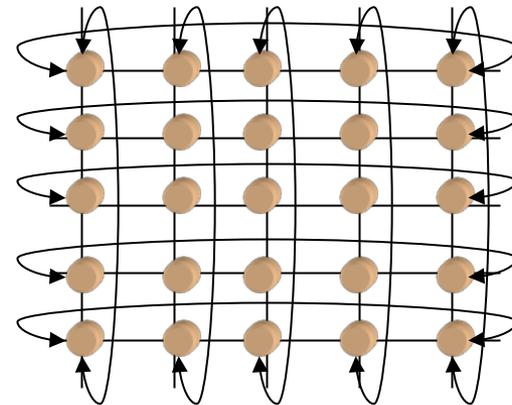
- $F_{-1}(i) = (i-1) \bmod r + (i \text{ DIV } r) \cdot r$

- $F_{+r}(i) = (i+r) \bmod N$

- $F_{-r}(i) = (i-r) \bmod N$

- Grado: 4

- Diámetro: $2 \cdot \left\lfloor \frac{r}{2} \right\rfloor$, donde $N=r^2$



Ingeniería de los Computadores

Sesión 9. Redes de interconexión

Conceptos

Clasificación

Topologías

- Redes estáticas o directas. Desplazador barril

- F. interconexión:

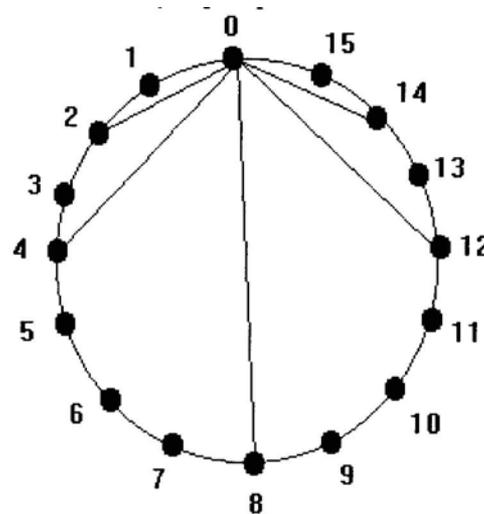
- $B_{+k}(i) = (i+2^k) \bmod N$

- $B_{-k}(i) = (i-2^k) \bmod N$

- $K=0\dots n-1, n=\log N, i=0\dots N-1$

- Grado: $2n - 1$

- Diámetro: $n/2$



Ingeniería de los Computadores

Sesión 9. Redes de interconexión

Conceptos

Clasificación

Topologías

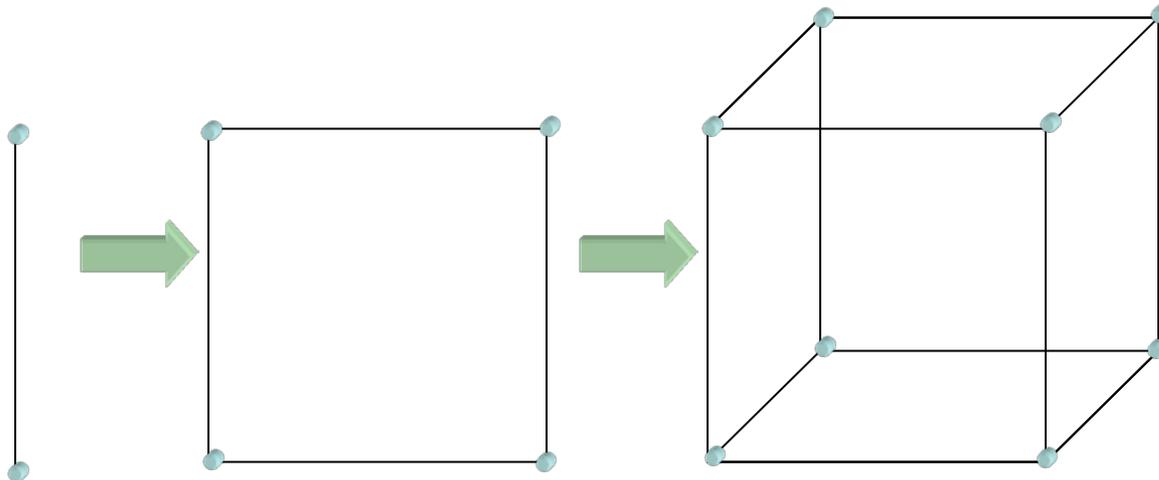
- Redes estáticas o directas. Hipercubo

- F. interconexión:

- $F_i(h_{n-1}, \dots, h_i, \dots, h_0) = h_{n-1}, \dots, \bar{h}_i, \dots, h_0$

- Grado: n ($n = \log N$)

- Diámetro: n



Ingeniería de los Computadores

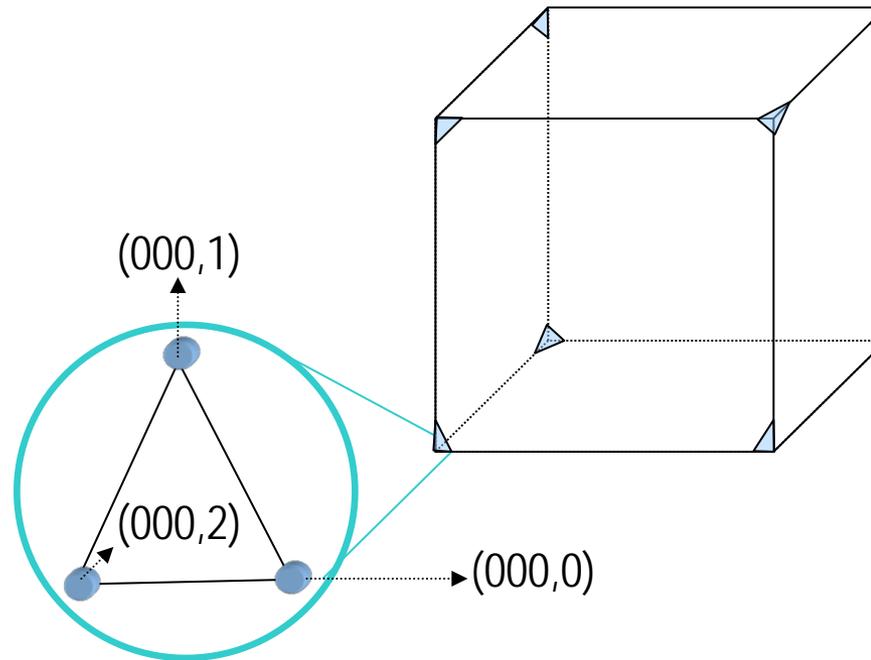
Sesión 9. Redes de interconexión

Conceptos

Clasificación

Topologías

- Redes estáticas o directas. Red CCC



Ingeniería de los Computadores

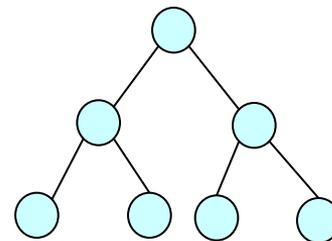
Sesión 9. Redes de interconexión

Conceptos

Clasificación

Topologías

- Redes estáticas o directas. Árbol binario
 - Balanceado: todas las ramas del árbol tienen la misma longitud
 - Cuello de botella → nodo raíz
 - N (balanceado) = $2^k - 1$ (k = niveles del árbol)
 - Grado: 3
 - Diámetro: $2(k-1)$



Ingeniería de los Computadores

Sesión 9. Redes de interconexión

Conceptos

Clasificación

Topologías

- Redes indirectas o dinámicas
 - Uso de conmutadores y árbitros
 - Ejemplos
 - Redes crossbar
 - Redes de conexión multietapa (MIN)
 - Modelo: $G(N,C)$
 - N , conjunto de conmutadores
 - C , enlaces (unidireccionales o bidireccionales) entre conmutadores
 - Canal bidireccional \rightarrow dos canales unidireccionales
 - Un conmutador puede tener conectados 0, 1 ó más elementos (Procesadores, memorias, etc.)
 - Distancia entre dos nodos: distancia entre los conmutadores que conectan los nodos más 2.

Ingeniería de los Computadores

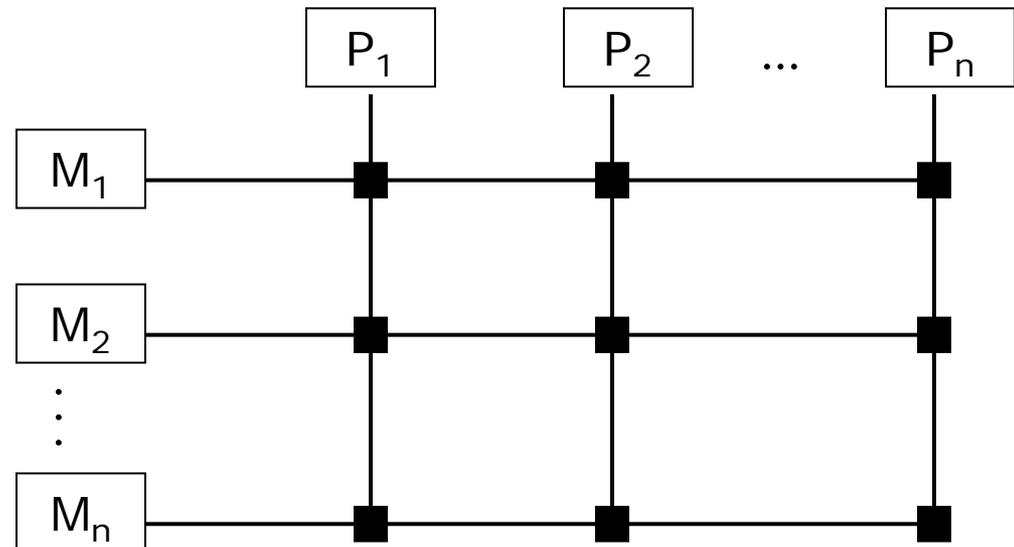
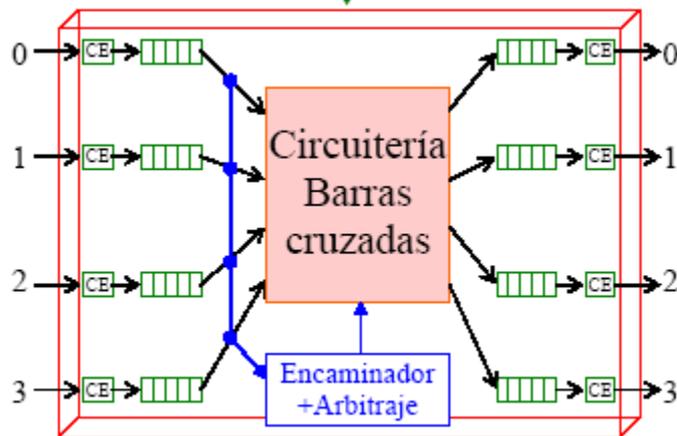
Sesión 9. Redes de interconexión

Conceptos

Clasificación

Topologías

- Redes indirectas o dinámicas. Redes crossbar
 - Conexión directa nodo-nodo
 - Gran ancho de banda y capacidad de interconexión
 - Conexión Proc. – Mem. → limitado por los accesos a memoria (columnas)
 - Conexión Proc(N) – Proc(N) → máximo de N conexiones
 - Coste elevado: $O(N \cdot M)$



Ingeniería de los Computadores

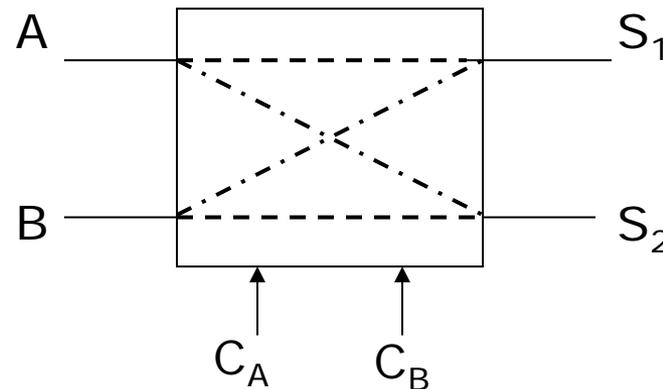
Sesión 9. Redes de interconexión

Conceptos

Clasificación

Topologías

- Redes indirectas o dinámicas. Redes MIN
 - Conectan dispositivos de entrada con dispositivos de salida mediante un conjunto de etapas de conmutadores, donde cada conmutador es una red crossbar.
 - Concentradores $\rightarrow n^{\circ}$ entradas $>$ n° salidas
 - Expansores $\rightarrow n^{\circ}$ salidas $>$ n° entradas



Ingeniería de los Computadores

Sesión 9. Redes de interconexión

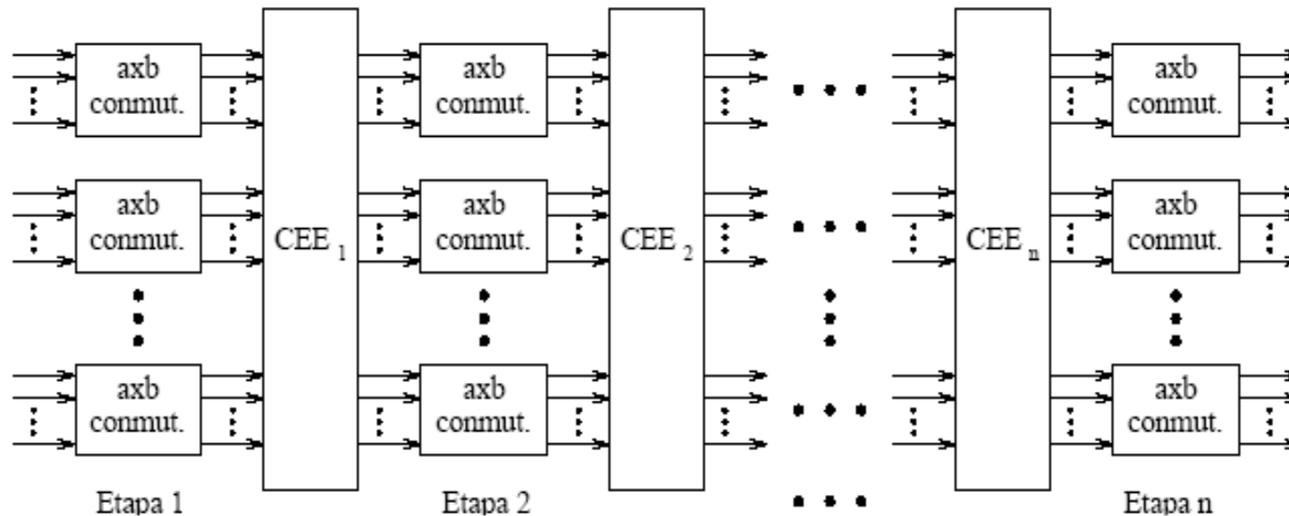
Conceptos

Clasificación

Topologías

- Redes indirectas o dinámicas. Redes MIN
 - Conexión de etapas adyacentes → Patrón de conexión
 - Patrón basado en permutaciones: conmutadores con el mismo número de entradas y salidas.
 - Ejemplo: barajado perfecto.

$$B(a_{n-1}, a_{n-2}, \dots, a_0) = (a_{n-2}, \dots, a_0, a_{n-1})$$



Ingeniería de los Computadores

Sesión 9. Redes de interconexión

Conceptos

Clasificación

Topologías

- Redes indirectas o dinámicas. Redes MIN
 - Número de entradas a^n y número de salidas b^n (red $a^n \times b^n$)
 - n etapas de conmutadores (C_0, C_1, \dots, C_{n-1})
 - Conmutadores $a \times b$
 - $a^{n-1-i} \times b^i$ conmutadores en la etapa C_i
 - Funcionalidad de los conmutadores: barras cruzadas, reducción, difusión
 - Subred de interconexión entre etapas: R_0, R_1, \dots
 - Tipos de canales: unidireccionales, bidireccionales

Ingeniería de los Computadores

Sesión 9. Redes de interconexión

Conceptos

Clasificación

Topologías

- Redes indirectas o dinámicas. Redes MIN – red Omega

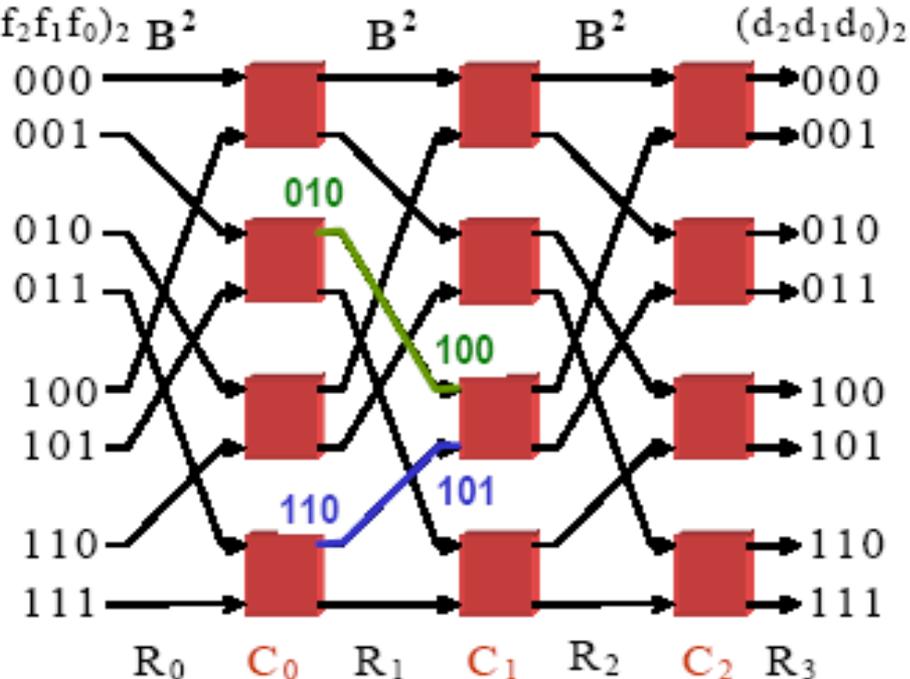
- El patrón de conexión C_i es una permutación k -baraje perfecto a excepción del último (R_n) que es permutación 0

Red $k^n \times k^n$ ($8 \times 8 = 2^3 \times 2^3$):

- n etapas C_i (3),
- conmutadores $k \times k$ (2×2),
- k^{n-1} conm/etapa (2^2).

Subred R_i ($i=0, \dots, n-1$):

- Baraje- k perfecto (*baraje-2 perfecto*).



$$B^k \left((f_{n-1}, f_{n-2}, \dots, f_1, f_0)_k \right) = (f_{n-2}, \dots, f_1, f_0, f_{n-1})_k$$

$$B^2 \left((f_2, f_1, f_0)_2 \right) = (f_1, f_0, f_2)_2$$

Ingeniería de los Computadores

Sesión 9. Redes de interconexión

Conceptos

Clasificación

Topologías

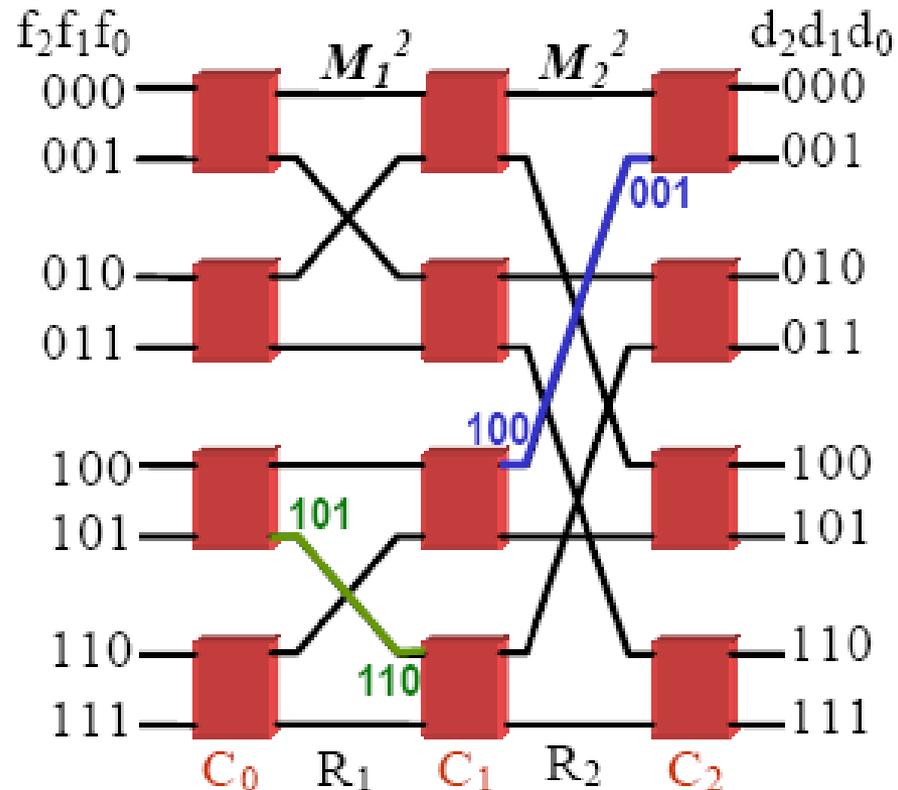
• Redes indirectas o dinámicas. Redes MIN – red mariposa

– Red $k^n \times k^n$ ($8 \times 8 = 2^3 \times 2^3$):

- n etapas C_i (**3**),
- conmutadores $k \times k$ (**2x2**),
- k^{n-1} conm/etapa (**2²**).

– Subred R_i ($i=0, \dots, n-1$):

- Mariposa M_i^k



$$M_i^k \left((f_{n-1}, f_{n-2}, \dots, f_{i+1}, \mathbf{f_i}, f_{i-1}, \dots, f_1, \mathbf{f_0})_k \right) = (f_{n-1}, f_{n-2}, \dots, f_{i+1}, \mathbf{f_0}, f_{i-1}, \dots, f_1, \mathbf{f_i})_k$$

$i=0, \dots, n-1$

$$M_2^2 \left((\mathbf{f_2}, \mathbf{f_1}, \mathbf{f_0})_2 \right) = (\mathbf{f_0}, \mathbf{f_1}, \mathbf{f_2})_2$$

Ingeniería de los Computadores

Sesión 9. Redes de interconexión

Conceptos

Clasificación

Topologías

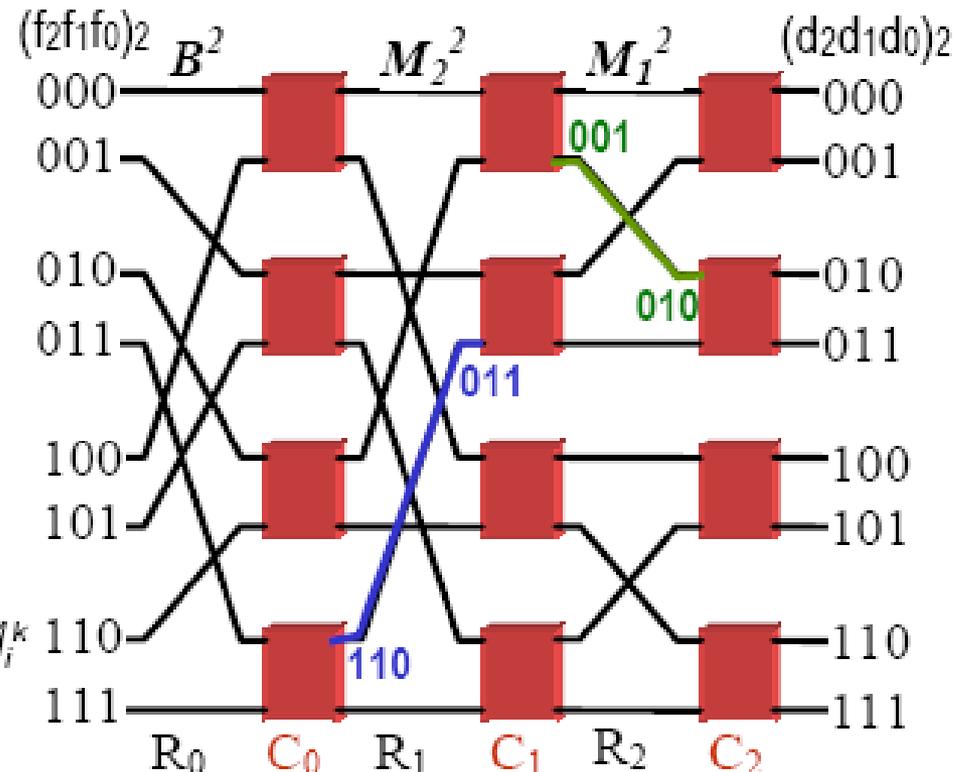
• Redes indirectas o dinámicas. Redes MIN – red cubo

– Red $k^n \times k^n$ ($8 \times 8 = 2^3 \times 2^3$):

- n etapas C_i (**3**),
- conmutadores $k \times k$ (**2×2**),
- k^{n-1} conm/etapa (**2^2**).

– Subred R_i ($i=0, \dots, n-1$):

- R_0 : Baraje- k perfecto (**baraje-2 perfecto**).
- R_{n-i} ($i=1, \dots, n-1$): Mariposa M_i^k



$$M_i^k \left((f_{n-1}, f_{n-2}, \dots, f_{i+1}, f_i, f_{i-1}, \dots, f_1, f_0)_k \right) = (f_{n-1}, f_{n-2}, \dots, f_{i+1}, f_0, f_{i-1}, \dots, f_1, f_i)_k$$

$i=0, \dots, n-1$

$$M_1^2 \left((f_2, f_1, f_0)_2 \right) = (f_2, f_0, f_1)_2$$

Ingeniería de los Computadores

Sesión 9. Redes de interconexión

Conceptos

Clasificación

Topologías

- Redes indirectas o dinámicas. Redes MIN – red delta

Red $a^n \times b^n$ ($16 \times 9 = 4^2 \times 3^2$):

- n etapas C_i (2),
- conmutadores $a \times b$ (4×3),
- $a^{n-1-i} \cdot b^i$ conmutadores / C_i (4, 3).

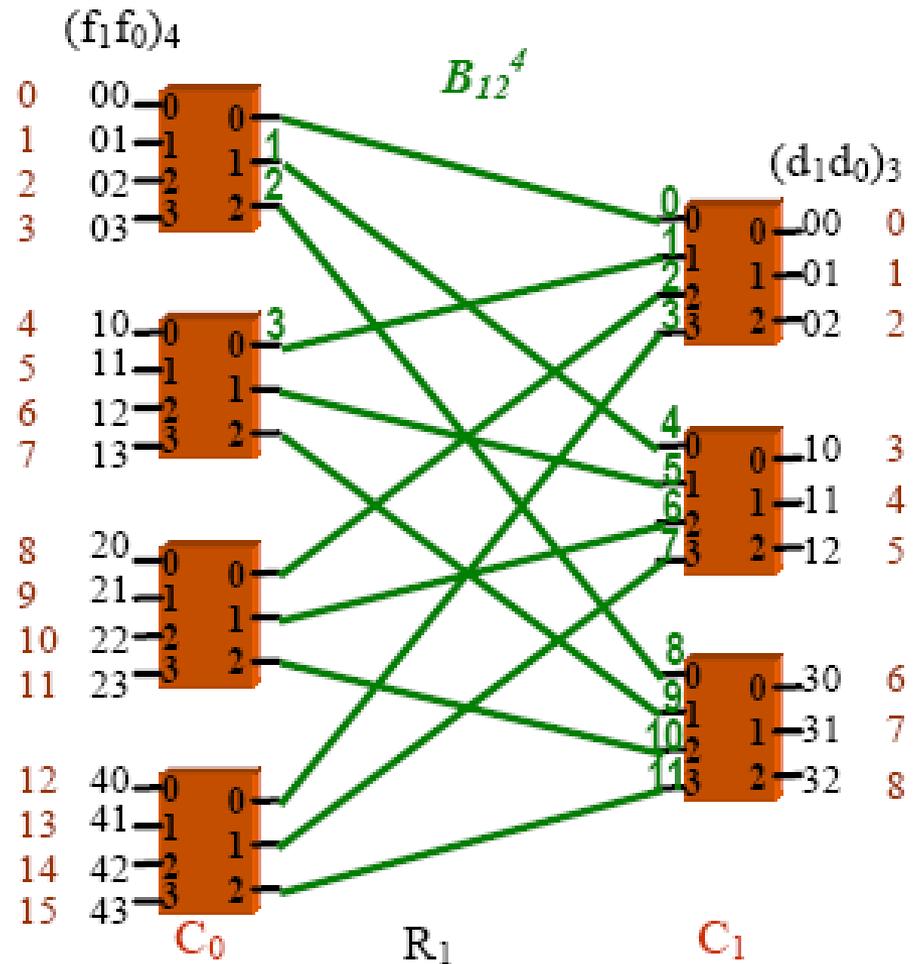
Subred R_i ($i=0$ o $1, \dots, n-1$):

- Baraje-a de c elementos

R_1 : (baraje-4 de 12 elementos).

$$B_c^a(s) = \begin{cases} a \cdot s \bmod (c-1) & \text{si } s < c-1 \\ c-1 & \text{si } s = c-1 \end{cases}$$

$$B_{12}^4(s) = \begin{cases} 4 \cdot s \bmod (11) & \text{si } s < 11 \\ 11 & \text{si } s = 11 \end{cases}$$



Ingeniería de los Computadores

Sesión 9. Redes de interconexión

Conceptos

Clasificación

Topologías

- Prestaciones

