

Лекція № 6
з навчальної
дисципліни

“Комп'ютерні
системи” *Тема лекції:*
Динамічні КМ БПКС
(комутатори з просторовим
розподілом)

Модуль 2. Комунаційні
мережі КС



План лекції

- 1. Основні поняття про динамічні КМ.*
- 2. Прості комутатори із просторовим розподілом.*
- 3. Складні комутатори із просторовим розподілом.*
- 4. Топологія fat tree.*

1. Основні поняття про динамічні КМ

Властивості комутуючих КМ:

Неблокуючи: у неблокуючих КМ забезпечується з'єднання між будь-якими вхідними та вихідними вузлами без зміни режиму роботи КЕ КМ. Розрізняють КМ повністю неблокуючи та неблокуючи з реконфігурацією. У повністю неблокуючих КМ виникнення блокувань принципово неможливе завдяки їх топології. Приклади: **матрична мережа та мережа Клоза** (при визначених умовах).

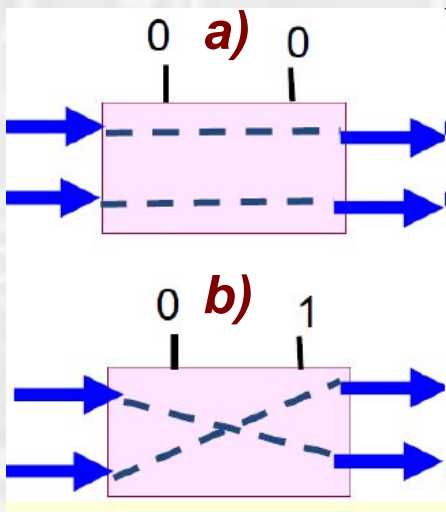
- **Неблокуючи з реконфігурацією:** в них також можливе з'єднання між довільними вхідними і вихідними вузлами, але для цього необхідно змінити настройку комутаторів КМ та маршрут зв'язку між вузлами. Приклади: мережа Бенеша, Бетчера, "Мемфіс".
- **Блокуючи:** в них, якщо яке-небудь з'єднання вже встановлено, це може стати причиною неможливості встановлення інших з'єднань. Приклади: мережі "Баньян", "Омега"
- **Базові топології комутуючих динамічних КМ:**
 - Координатні,
 - Одноярусні (одноступеневі, прості комутатори із просторовим розподілом),
 - Багатоярусні (багатоступеневі, складні комутатори із просторовим розподілом).

1. Основні поняття про динамічні КМ

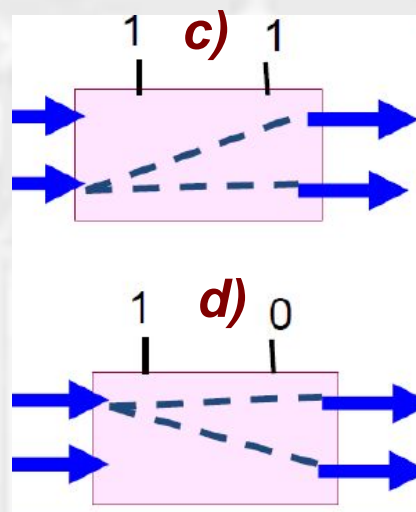
Комутуючі елементи динамічних КМ

В комутуючих динамічних КМ з'єднання між вузлами здійснюються за допомогою простих комутуючих елементів (КЕ). Стан КЕ (його також називають β - елементом) визначає можливі шляхи передачі пакетів в КС.

Без широкомовної розсилки

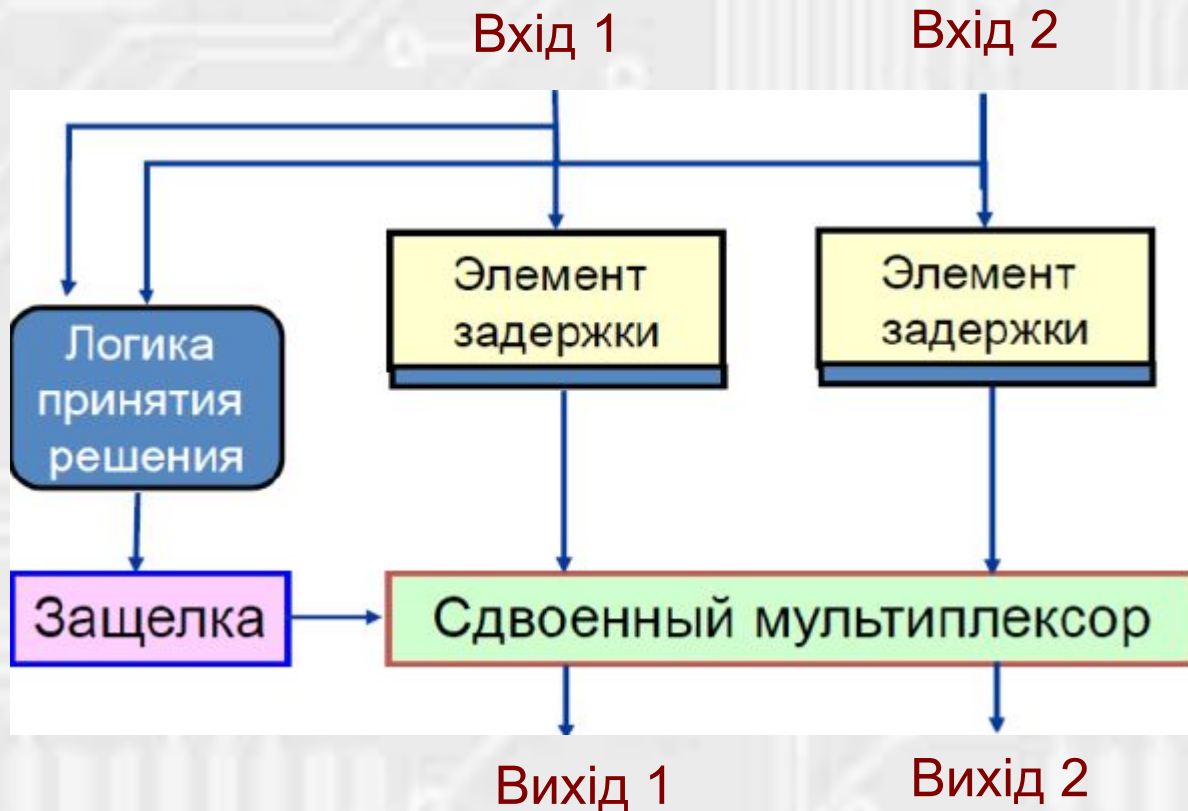


З широкомовною розсилкою



Можливі комбінації з'єднання входів з виходами КЕ: а – прямо, b – навхрест, розширення: c – знизу, d – зверху

1. Основні поняття про динамічні КМ

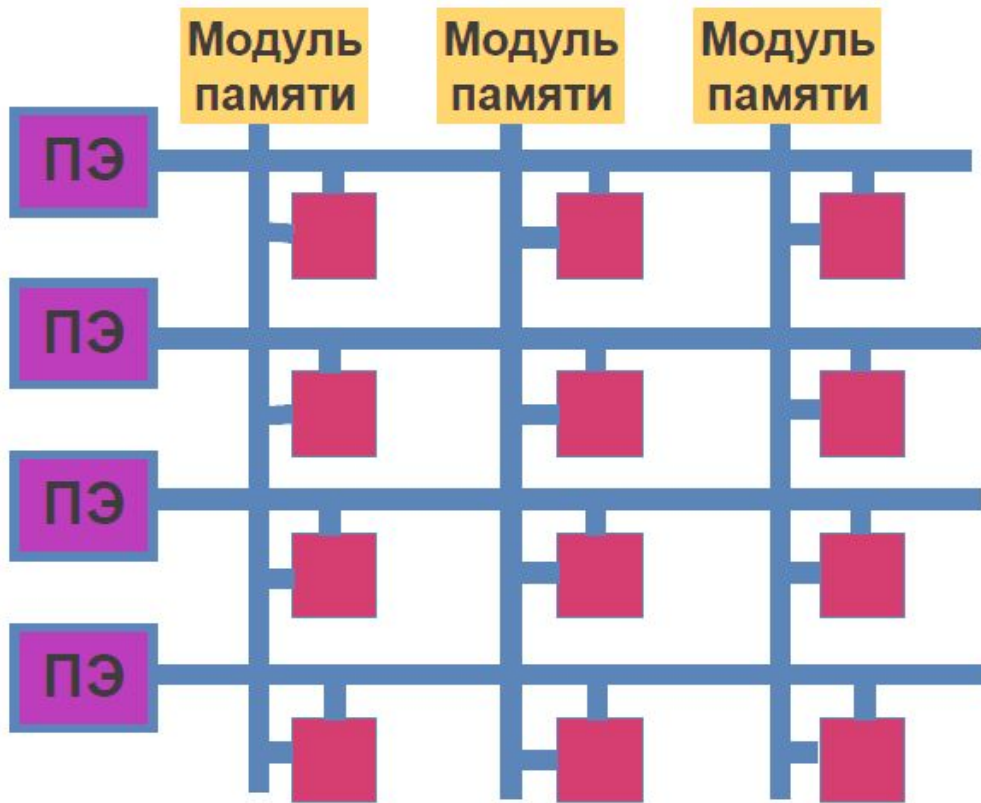


Структура β - елемента

В деяких архітектурах стан КЕ визначається тільки бітом активності пакета. В інших використовуються адреси джерела та одержувача даних, що зберігаються у заголовку пакета; в цьому випадку в пам'яті КЕ можуть зберігатися спеціальні таблиці.

2. Прості комутатори із просторовим розподілом

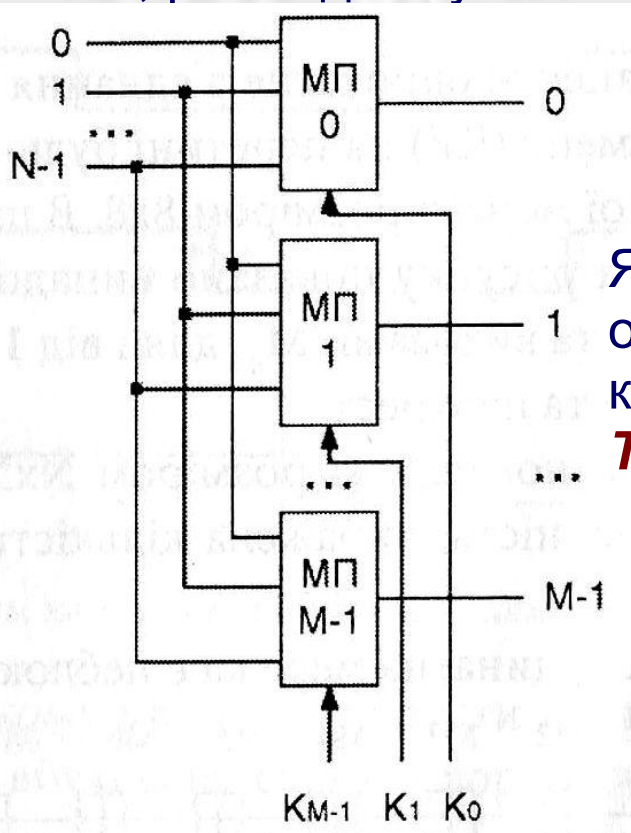
Одноярусна динамічна неблокуюча **координатна КМ** забезпечує одночасне з'єднання всіх виходів з усіма входами. Вона містить КЕ на перетині будь-яких двох ліній, що забезпечують пряме або діагональне з'єднання. На рис. показано варіант, коли забезпечується одночасне з'єднання між входами P_i та виходами M_{8-i} К



КМ забезпечує мінімальну затримку передачі повідомлень (1), але має велику кількість КЕ (N^2 , де N – кількість входів), тому її доцільно застосовувати для побудови невеликих БПКС (або обчислювальних вузлів КС).

2. Прості комутатори із просторовим розподілом

Матрична одноярусна КМ складається з мультиплексорів, кількість яких рівна кількості виходів комутатора. Вона забезпечує реалізацію всіх типів з'єднань та є неблокуючою. КМ складається з M N -входових мультиплексорів, які керуються M кодами K_0, K_1, \dots, K_{M-1} , розрядність кожного з яких рівна $\log_2 N$. Кожний з мультиплексорів реалізується на основі N двовходових схем I , об'єднаних N -вхідною системою АБО. Витрати обладнання на двовходову схему I , як і на двовходову схему АБО, рівні одному вентилю.

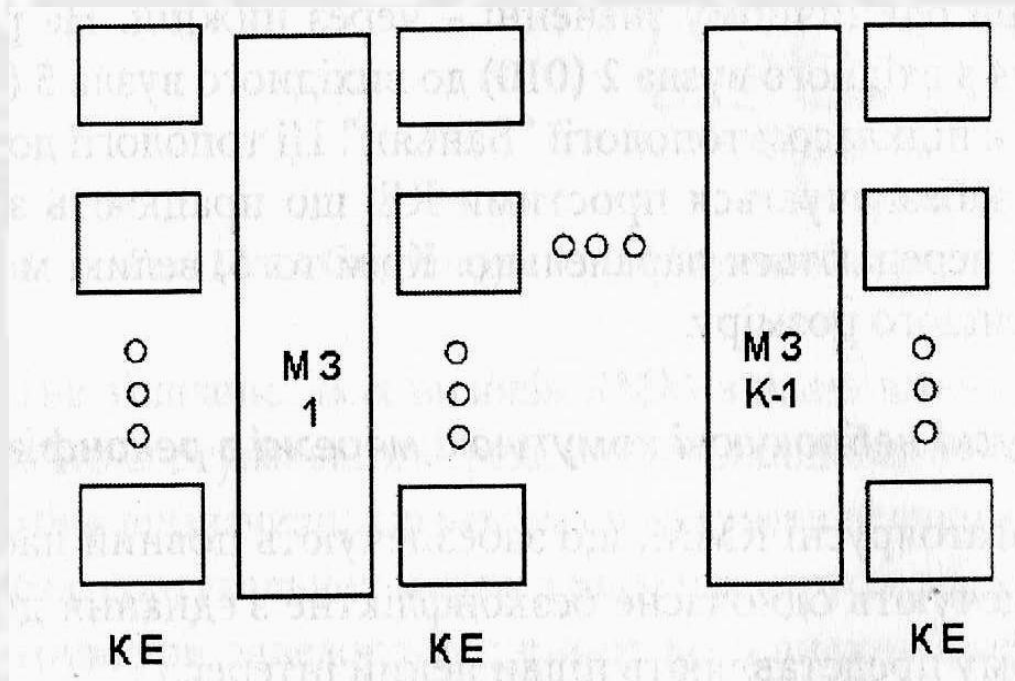


Якщо затримка одного вентиля t , витрати обладнання на КМ без врахування витрат на керування $W_{КММ} = M(2N-1)$ вентилів, а затримка $T_{КММ} = (\log_2 N + 1)t$.

3. Складні комутатори із просторовим розподілом

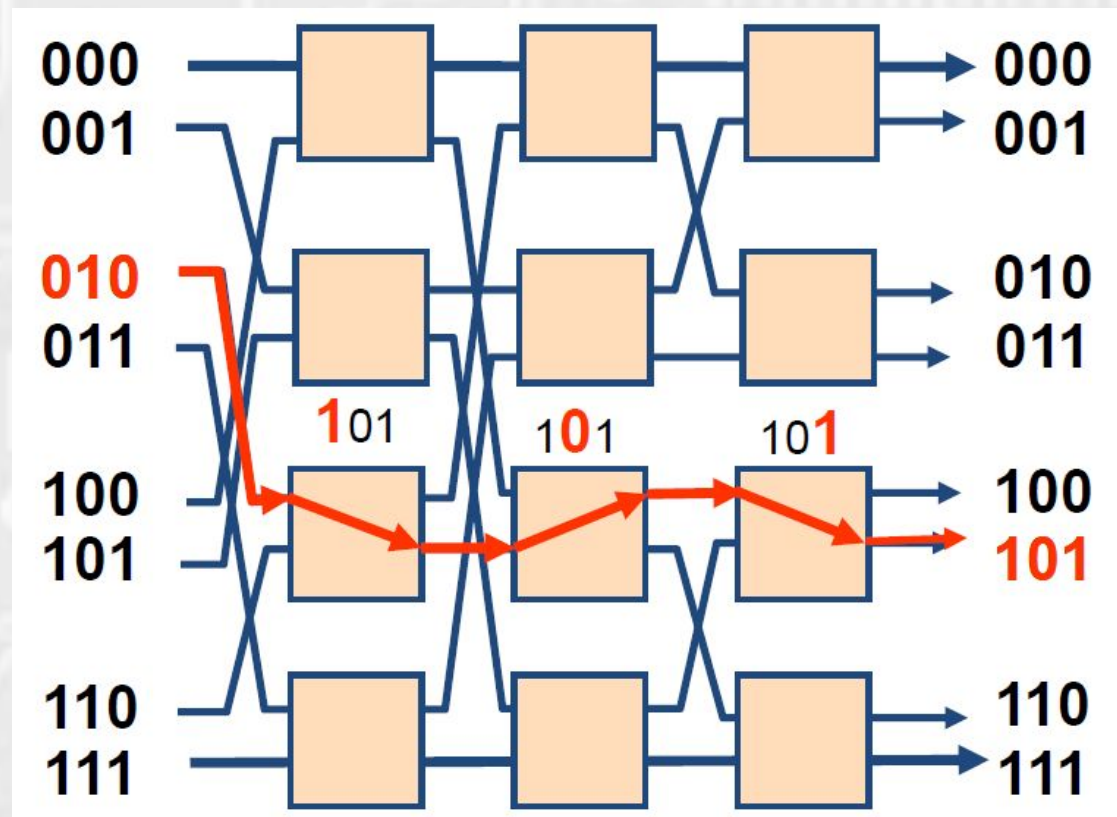
Багатоярусні блокуючі КМ є економнішими порівняно з координатною та матричною КМ. Вони будуються на базі КЕ, що зазвичай має 2 входи і два виходи.

Багатоярусна КМ складається з деякої множини ярусів, побудованих на двовходових КЕ, та об'єднаних між'ярусними зв'язками. Ці зв'язки можуть відображати одну з можливих функцій маршрутизації (батерфляй, куб і т.д).



3. Складні комутатори із просторовим розподілом

КМ "Баньян" містить в кожному з $\log_2 N$ ярусів по $N/2$ КЕ і N каналів зв'язку. Якщо кожен КЕ виконує перемикання прямо і навхрест, то така КМ може виконати $2^{N/2 \log_2 N}$ перестановок, що істотно менше за $N!$ перестановок, можливих в неблокуючій мережі. Проте ті перестановки, які вона виконує, є найбільш використовуваними в БПКС. В даній мережі є можливість її розділення на КМ меншого розміру шляхом включення на передачу прямо КЕ в тих ярусах, що стоять перед цими КМ.



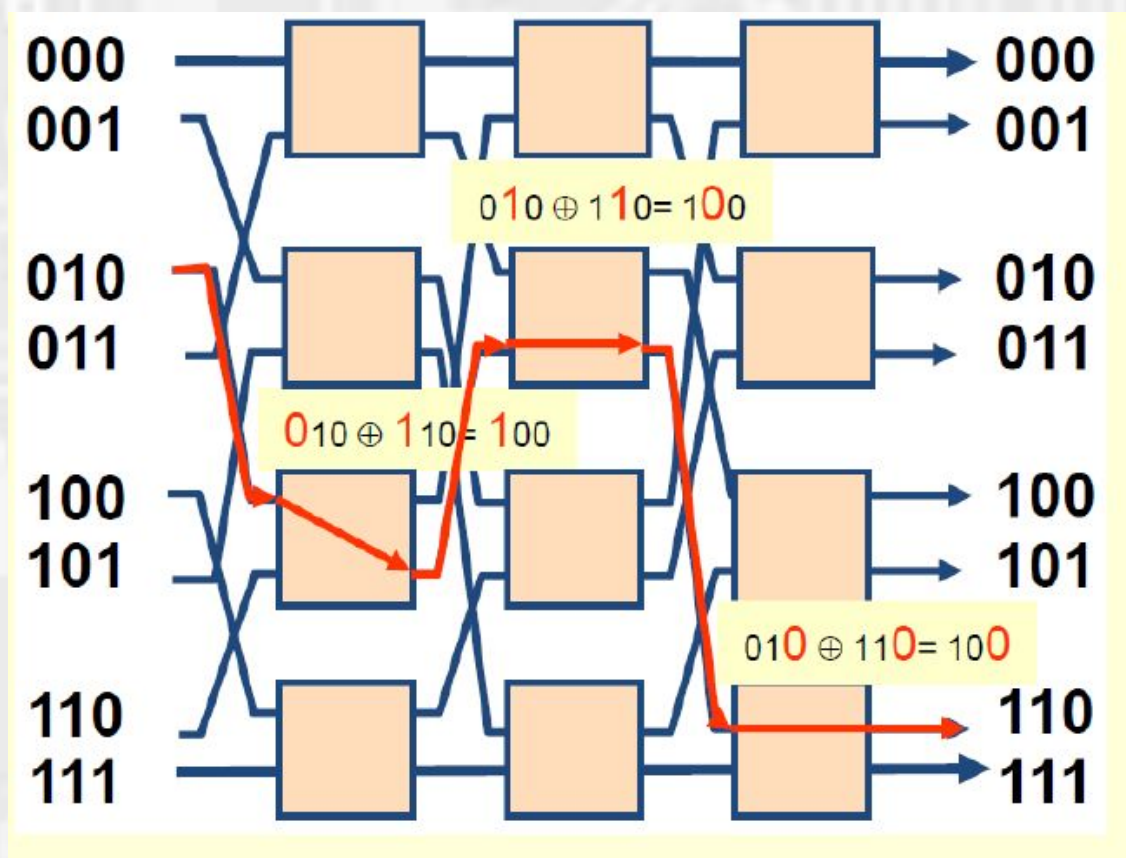
3. Складні комутатори із просторовим розподілом

У КМ “Баньян” між кожним входом і виходом існує лише один шлях. Мережа **$N \times N$ ($N=2^m$)** складається з **$Nm/2$** КЕ. Для керування КМ пакет, що передається, містить в своєму заголовку трьохрозрядний номер вузла призначення.

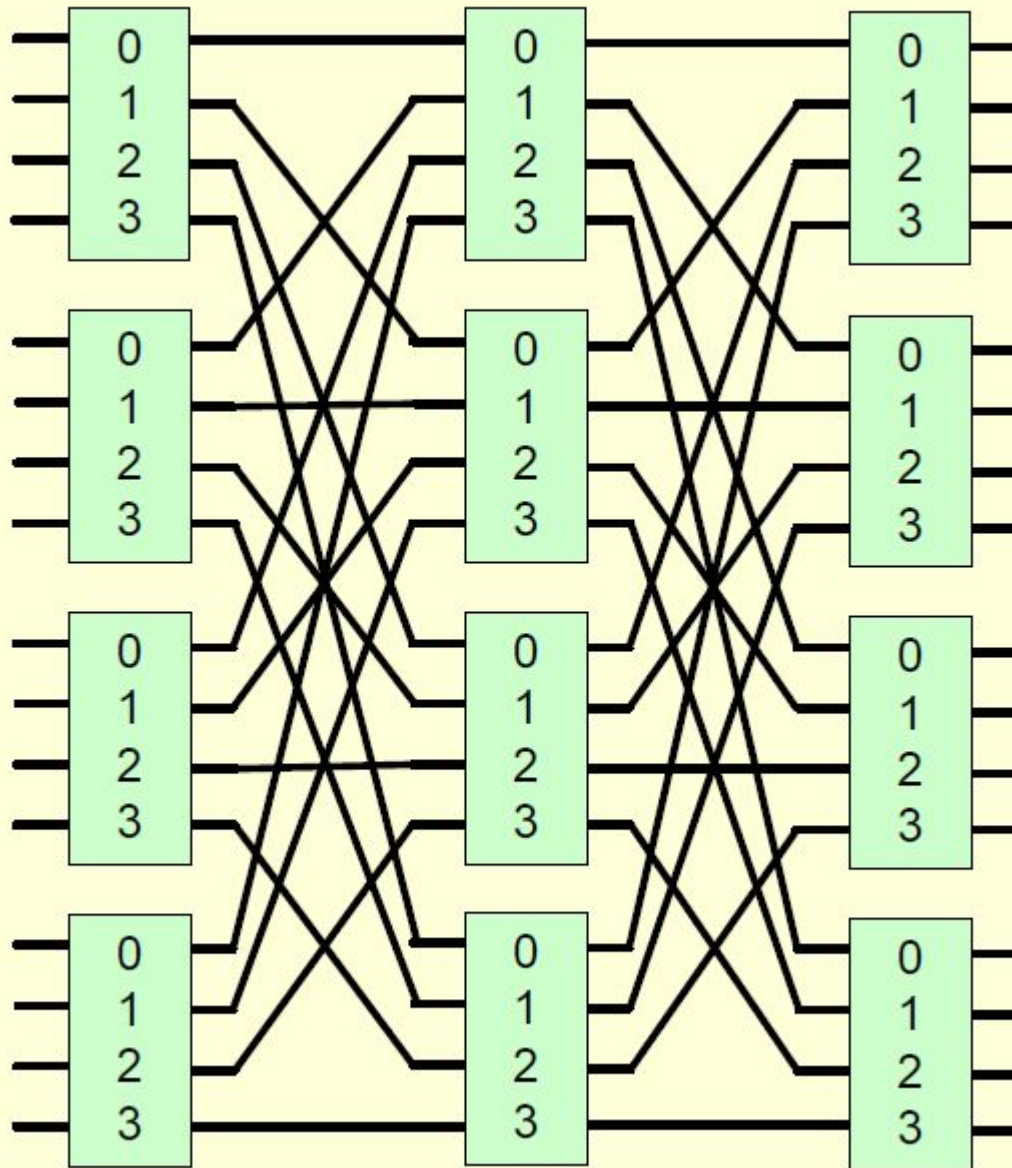
КМ “Баньян” належить до мереж з самомаршрутизацією, оскільки *адреса пункту призначення не тільки визначає маршрут повідомлення до потрібного вузла, але й використовується для керування проходженням повідомлення по цьому маршруту.* Кожен КЕ, до якого потрапляє пакет, перевіряє 1 біт адреси i , залежно від його значення, направляє повідомлення на вхід 1 або 2. Стан КЕ першого ярусу КМ (лівий стовпчик КЕ) визначається старшим бітом адреси вузла призначення. Середнім ярусом (другий стовпчик) управляє середній біт адреси, а третім ярусом (правий стовпчик) – молодший біт. *Якщо значення біта рівне 0, то повідомлення пропускається через верхній вхід КЕ, а при одиничному значенні – через нижній.*

3. Складні комутатори із просторовим розподілом

Топологія “Омега” є підкласом топології “Баньян”. Ці топології популярні через те, що комутація забезпечується простими КЕ, повідомлення передаються паралельно, а великі КМ можуть бути побудовані з мереж меншого розміру.



3. Складні комутатори із просторовим розподілом

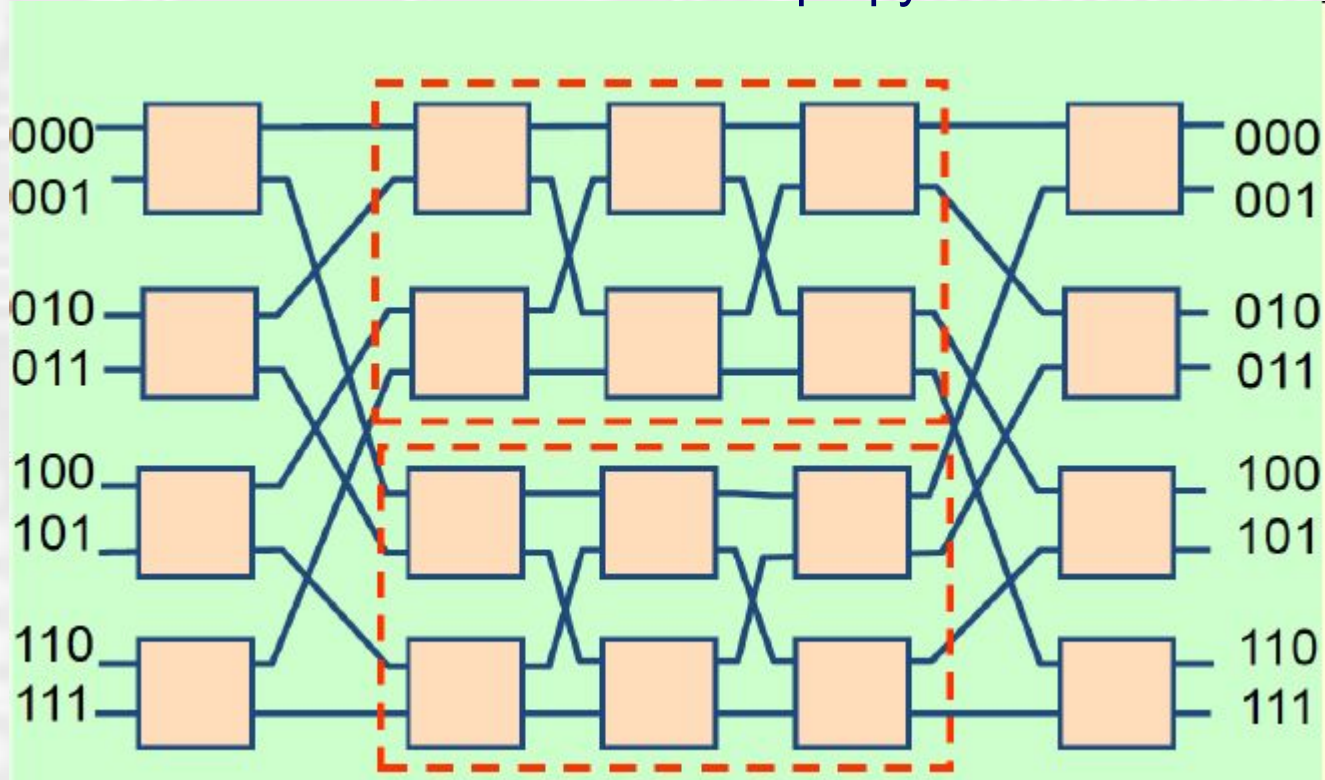


КМ “Дельта” з'єднує a^n входів та b^n виходів за допомогою n ступенів координатних комутаторів a^*b . Має властивість самомаршрутизації.

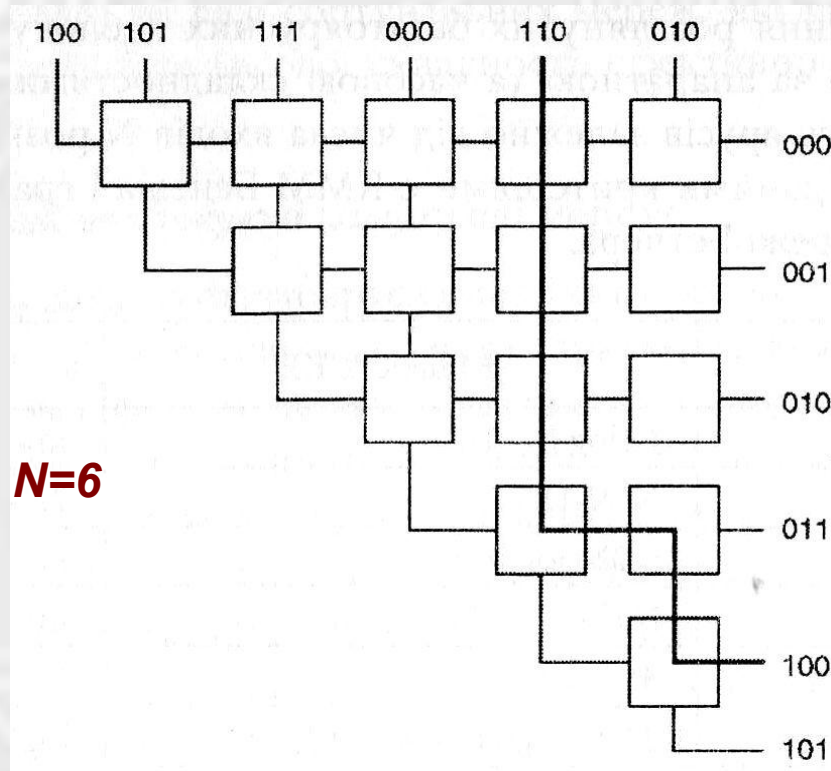
3. Складні комутатори із просторовим розподілом

Багатоярусні неблокуючи КМ з реконфігурацією. Вони забезпечують повний набір з $M!$ перестановок та одночасне безконфліктне з'єднання довільного виходу з довільним входом.

КМ Бенеша ґрунтується на мережі “Баньян” – збільшується кількість КЕ та подвоюється кількість можливих маршрутів.



3. Складні комутатори із просторовим розподілом

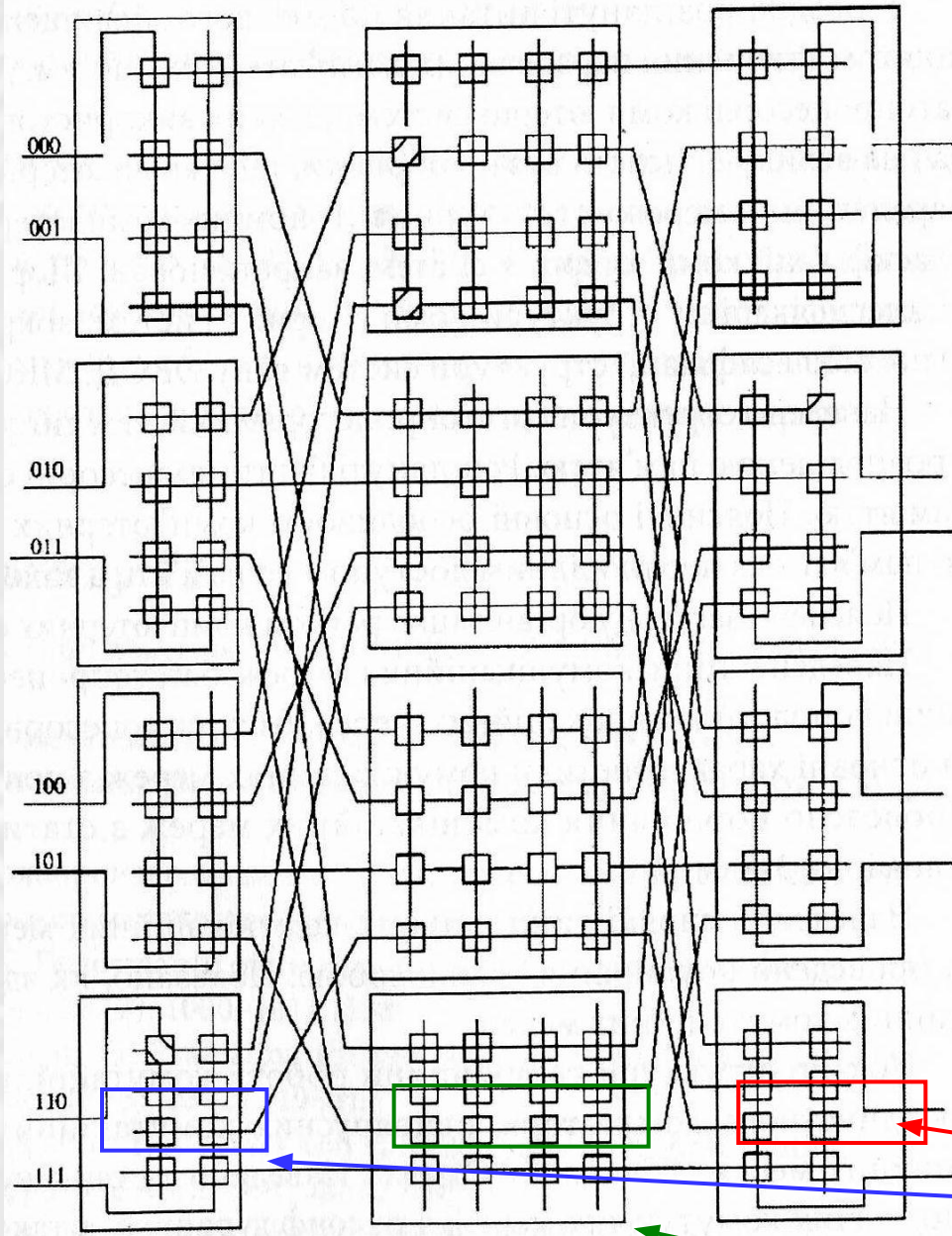


КМ Каутца для N=6

Висновки:

- Однорусні матричні КМ відрізняються високою швидкістю, проте мають недостатню надійність, нерегулярну структуру, велику кількість зв'язків між елементами, велику апаратну складність;
- Багатоярусні КМ відрізняються регулярністю та однорідністю структури, а також локальністю зв'язків. У більшості структур багатоярусних КМ вихід з ладу одного або декількох КЕ практично не впливає на їх працездатність.

3. Складні комутатори із просторовим розподілом



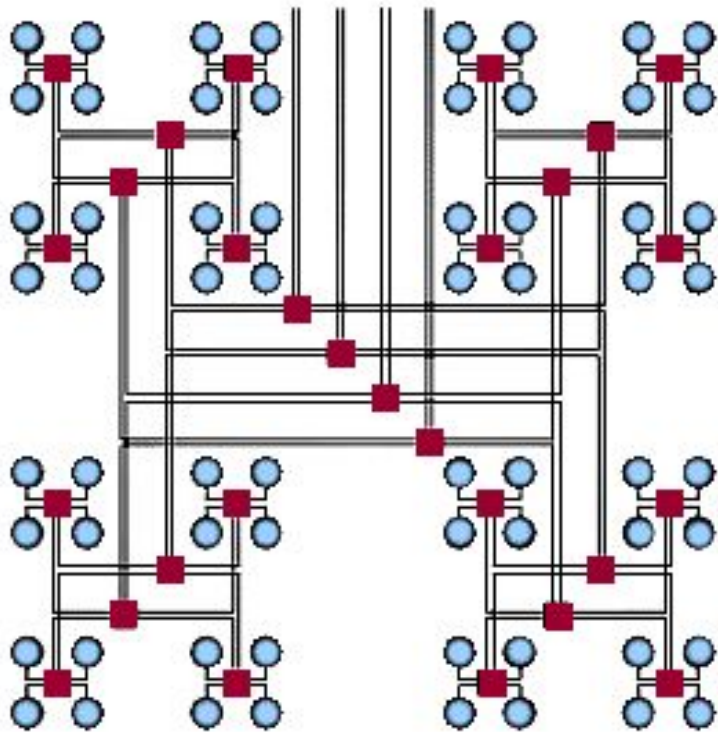
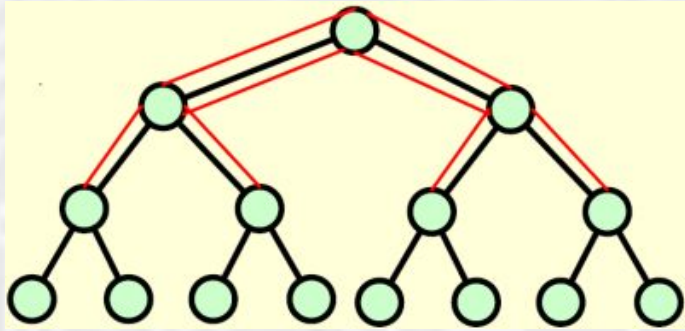
Багатоярусна КМ Клоза на основі координатних комутаторів, що містить не менше трьох ярусів, може бути неблокуючою, якщо кількість координатних комутаторів в проміжному ярусі m задовольняє умові: $m = n_1 + n_2 - 1$, де n_1 – кількість входів комутаторів вхідного ярусу, n_2 – кількість виходів комутаторів вихідного ярусу. Якщо $n_1 = n_2$, то матричні перемикачі в проміжному ярусі є повними координатними комутаторами і критерій неблокованості: $m \geq 2n - 1$. За умови $m \geq n_2$ КМ Клоза є неблокуючою з реконфігурацією. В інших випадках вона стає блокуючою.

Координатний комутатор 4x2
Координатний комутатор 2x4

Триярусна КМ Клоза

Повний координатний комутатор 4x4

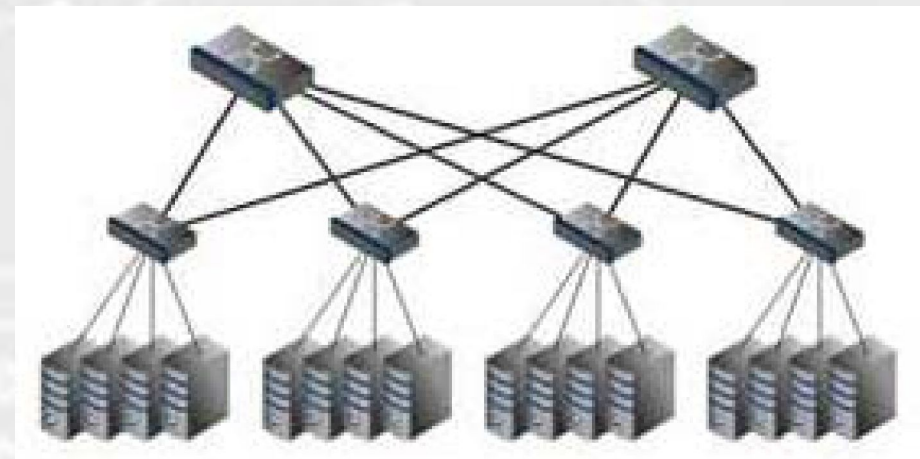
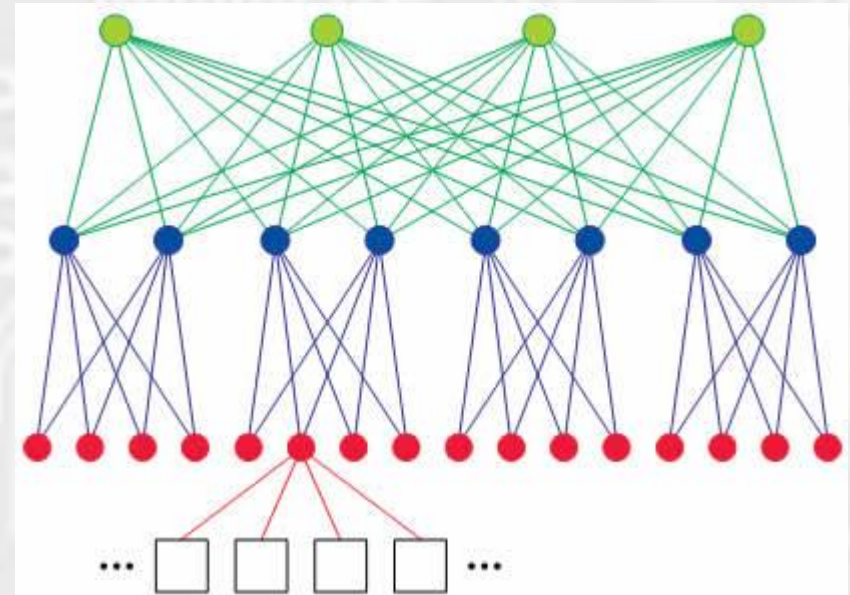
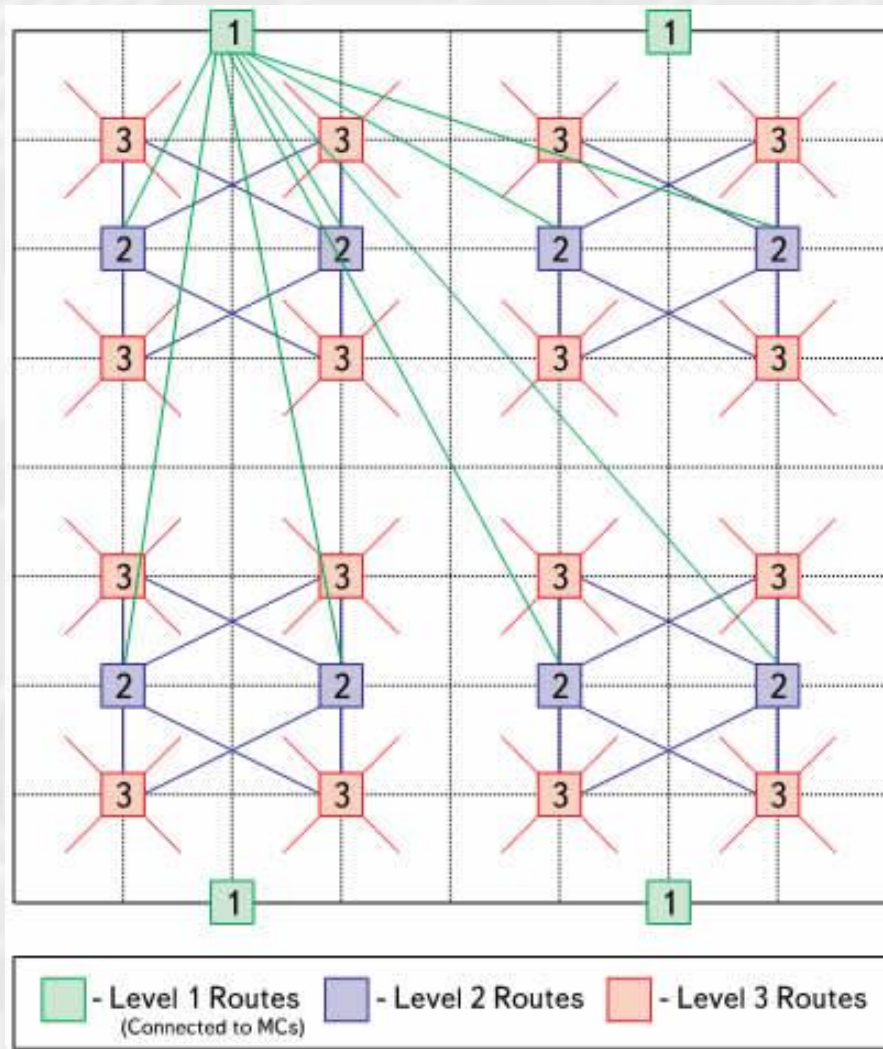
4. Топологія fat tree



Топологія fat tree

Топологія “товстого дерева” (*fat tree* або *hypertree*), запропонована Ч. Лейзерсоном (*Charles Leiserson*) у 1985 р., вважається однією з найбільш ефективних. Є розширенням класичної топології двійкового дерева. Тут процесори локалізовані в “листах” дерева, внутрішні вузли дерева скомпоновані у внутрішню мережу. Піддерева можуть обмінюватися інформацією без звернень до більш високих рівнів мережі. На відміну від класичної деревоподібної топології, де всі зв'язки між вузлами однакові, зв'язки в товстому дереві становляться більш “товстими” (мають більшу пропускну здатність) на кожному рівні в напрямку кореня дерева (наприклад, пропускну здатність на кожному рівні подвоюється). Приклад реалізації – КС СМ-5.

4. Топологія fat tree



Логічна схема та реалізація КМ типу fat tree

Рекомендована література

1. Мельник А.О. Архітектура комп'ютера. Наукове видання. – Луцьк: Волинська обласна друкарня, 2008. – 470 с.
2. Орлов С.А., Цилькер Б.Я. Организация ЭВМ и систем. Учебник для вузов. 2-е изд. СПб.: Питер, 2011. – 688 с.
3. Архитектура компьютерных систем и сетей: Учеб. Пособие / Барановская Т.П., Лойко В.И, Семенов М.И., Трубилин А.И.; М.: Финансы и статистика, 2003 – 256 с.
4. Корнеев В.П. Параллельные вычислительные системы. – М.: «Нолидж», 1999. – 320 с.
5. Михайлов Б.М., Халабия Р.Ф. Классификация и организация вычислительных систем: Учеб. пособие. – М.: МГУПИ, 2010. – 144 с.
6. Бройдо В.Л., Ильина О.П. Архитектура ЭВМ и систем: Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2006. – 718 с.
7. Ульянов М.В. Архитектуры процессоров: Учеб. пособие. – М.: МГАПИ, 2002, -- 68 с.
8. Ремонтов А.П., Писарев А.П. Вычислительные машины и системы: Учеб. пособие. – Пенза: ПГУ, 2006, 96 с.
9. Шпаковский Г.И. Организация параллельных ЭВМ и суперскалярных процессоров: Учеб. пособие. – Мн.: Белгосуниверситет, 1996, 296 с.