

## ПІДХІД ДО КЛАСИФІКАЦІЇ КОМУНІКАЦІЙНИХ СЕРЕДОВИЩ МЕРЕЖ НА КРИСТАЛІ

© Дунець Р. Б., 2014

**Описано підхід до класифікації комунікаційних середовищ мереж на кристалі, що ґрунтується на врахуванні місця підключення елементів до цих середовищ.**

**Ключові слова:** мережі на кристалі, комунікаційні середовища, комунікаційні елементи, комп'ютерні системи.

## APPROACH TO CLASSIFICATION OF COMMUNICATION ENVIRONMENTS FOR NETWORKS ON CHIP

© Dunets R., 2014

**The approach to the classification of communication media networks on chip, based on consideration of the place of insertion of these environments.**

**Key words:** network on chip, communication environment, communication components, computer systems.

### Постановка задачі

Одним із сучасних напрямів побудови ефективних комп'ютерних систем є мережі на кристалі (МНК), що активно розвиваються останнім часом [1–3]. Оскільки обмін інформацією між процесорами, пам'яттю та іншими функціональними елементами, тобто ядрами (IP-core), відбувається за допомогою передавання пакетів даних, то функціональні елементи МНК звільняються від процесу переміщення пакетів, який виконує комунікаційне середовище, що приводить до загального підвищення продуктивності роботи МНК. Розвиток МНК полягає як у вдосконаленні функціональних елементів, зокрема у підвищенні продуктивності їх роботи, так і у вдосконаленні комунікаційних середовищ, зокрема у мінімізації затримки передавання пакетів, мінімізації обсягів буферної пам'яті та у спрощенні алгоритмів маршрутизації [4–7].

Зазначимо, що розвиток комунікаційних середовищ МНК хоч і відбувається, проте класифікація комунікаційних середовищ МНК залишилася практично незмінною й фактично повторює класифікацію телекомунікаційних засобів зв'язку, що не зовсім відповідає сьогоднішньому стану і не завжди охоплює всі наявні комунікаційні середовища, наприклад, такі як ІІІІАС ІV тощо. З огляду на це у роботі висвітлено дещо інший підхід до класифікації комунікаційних середовищ МНК.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Традиційно [8–11] комунікаційні середовища поділяють на дві категорії – статичні та динамічні.

До статичних комунікаційних середовищ зазвичай зараховують ті, що мають одно- та двонапрямлені фіксовані канали зв'язків між процесорами, а саме ССN (completely connected networks) та LCN (limited connection networks). Останні ж поділяються на одновимірні (лінійні), двовимірні (кільце, зірка, решітка) та тривимірні (повнозв'язні, кубічні, гіперкубічні).

До динамічних комунікаційних середовищ належать шинні (одношинні та багатошинні) та комутовальні (координатні, однарусні та багаторусні).

Попри те, ця класифікація не придатна повною мірою до класифікації комунікаційних середовищ мереж на кристалі, оскільки електричні зв'язки між елементами мережі на кристалі

фактично статичні, а інформаційні пакети проходять по них різними маршрутами, тобто є динамічними. З іншого боку, наявна класифікація комунікаційних середовищ не враховує місце підключення елемента мережі у комунікаційному середовищі.

**Мета дослідження** – проведення класифікації комунікаційних середовищ у мережах на кристалі з урахуванням їх особливостей, зокрема місця підключення елементів мережі до середовища.

**Загальна структура МНК** наведена на рис. 1, де ФЕ – це функціональні елементи, наприклад, такі як ядра (процесори), пам'ять, пристрої введення-виведення (контролери) тощо, а КЕ – комунікаційні елементи, що з'єднані між собою лініями зв'язку й утворюють комунікаційне середовище (КС)). Серед комунікаційних елементів, що з'єднані між собою, можуть бути такі, які під'єднані до функціональних елементів, тоді як інші не мають з'єднань з функціональними елементами.

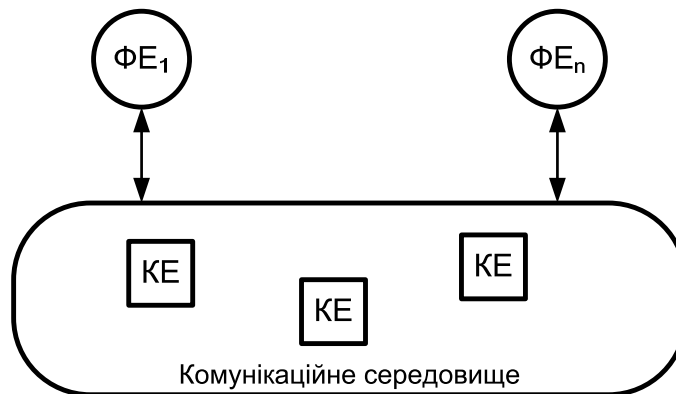


Рис. 1. Загальна структура МНК

З огляду на місце під'єднання функціональних елементів до комунікаційних елементів всі комунікаційні середовища можна поділити на дві групи: однорівневі та багаторівневі.

**Однорівневі комунікаційні середовища** – це такі комунікаційні середовища, у яких всі ФЕ під'єднуються лише до крайніх (зовнішніх) КЕ. Загальна структура МНК з однорівневими КС наведена на рис. 2.

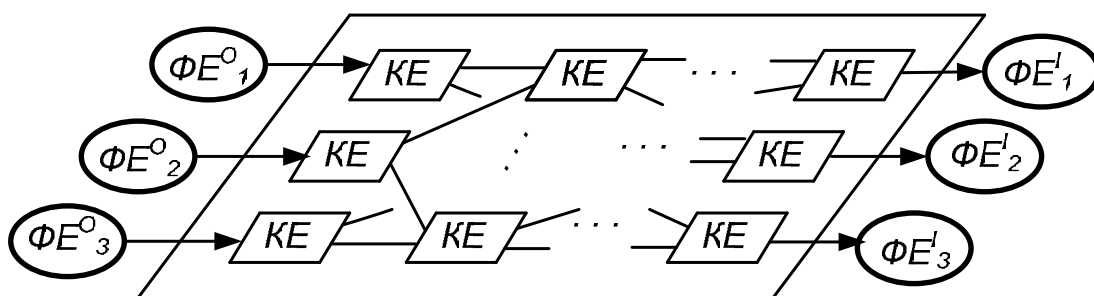


Рис. 2. Загальна структура МНК з однорівневими КС

Однорівневі КС можна поділити на одноступеневі та багатоступеневі.

**Одноступеневі КС** – це такі однорівневі комунікаційні середовища, у яких для комутації пакетів між двома ФЕ використовується лише один КЕ.

Одноступеневі КС, своєю чергою, можна поділити на розподілені одноступеневі та зосереджені одноступеневі.

**Розподілені одноступеневі КС** – це такі одноступеневі комунікаційні середовища, у яких КЕ фізично розташовані разом з ФЕ і є їх невід'ємною частиною, а решта комунікаційного середовища – це лінії зв'язку. Прикладом такого середовища є шинна МНК (рис. 3).

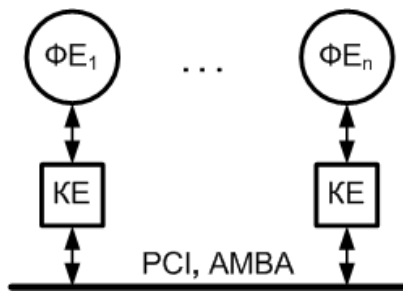


Рис. 3. Шинна структура МНК

Зосереджені одноступеневі КС – це такі одноступеневі комунікаційні середовища, у яких КЕ та лінії зв'язку утворюють комунікаційне середовище як єдине ціле, а всі ФЕ під'єднуються до нього окремими лініями зв'язку. Прикладом зосередженого одноступеневого КС є кросбар (рис. 4).

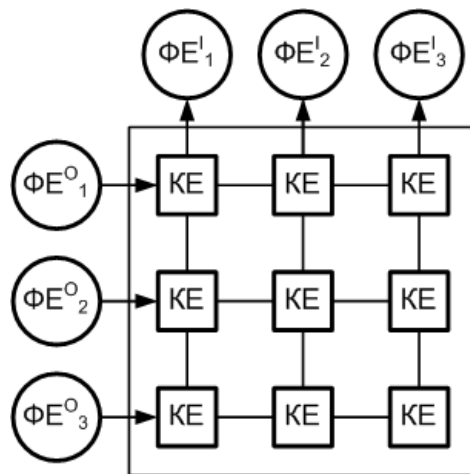


Рис. 4. Структура МНК кросбар

Багатоступеневі КС – це такі комунікаційні середовища, у яких для комутації пакетів між двома ФЕ використовується послідовне з'єднання декількох КЕ. Прикладом таких КС є бан'ян (рис. 5), омега, Бенеша, Клоша тощо.

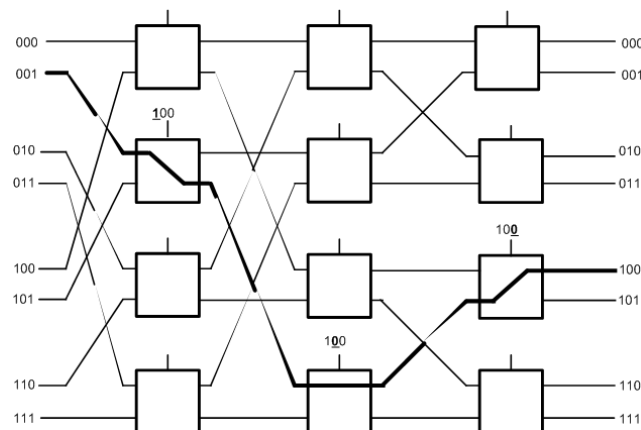


Рис. 5. Структура МНК бан'ян

**Багаторівневі комунікаційні середовища** – це такі комунікаційні середовища, у яких всі ФЕ можуть під'єднуватися не лише до зовнішніх, але й до внутрішніх КЕ (рис. 6).

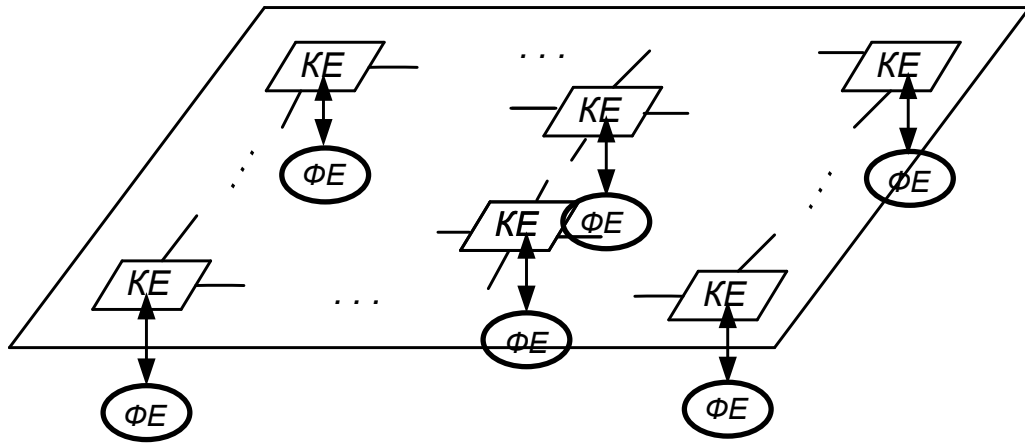


Рис. 6. Загальна структура МНК з багаторівневими КС

До багаторівневих КС можна зарахувати матричні, тор, ILLIAC IV (рис. 7–9) та інші.

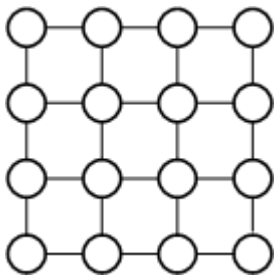


Рис. 7. Матричне КС

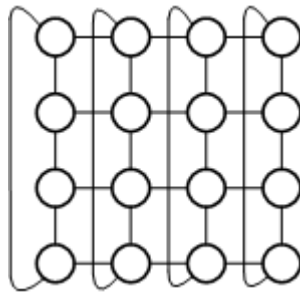


Рис. 8. КС тор

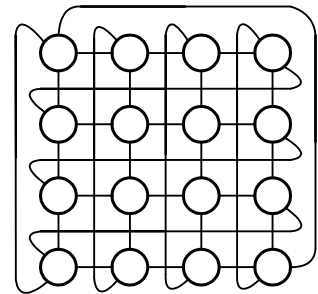


Рис. 9. КС ILLIAC IV

Треба зазначити, що матричні комунікаційні середовища є базовими для всіх інших, що утворюються введенням додаткових зв'язків між КЕ.

На наведених рисунках кругами позначені власне комутаційні елементи, до яких можна під'єднати функціональні елементи. Комутувальні елементи матричних комунікаційних середовищ мають п'ять портів, чотири з яких під'єднуються до сусідніх КЕ, а п'ятий – до ФЕ. Всі порти КЕ з'єднані між собою так, що утворюють повнозв'язну топологію (рис. 10).

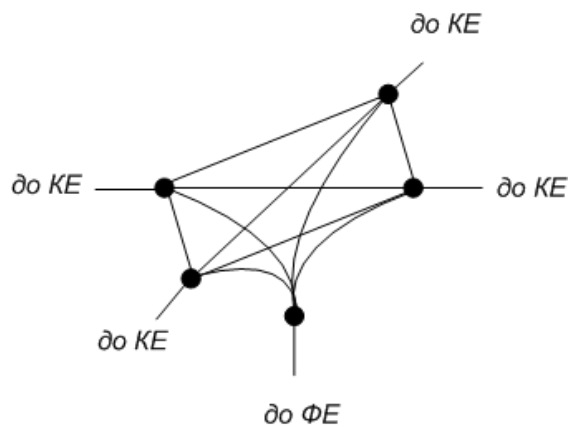


Рис. 10. Схема з'єднання портів КЕ матричного КС

Така схема з'єднань достатньо просто реалізується за допомогою мультиплексорів (рис. 11).

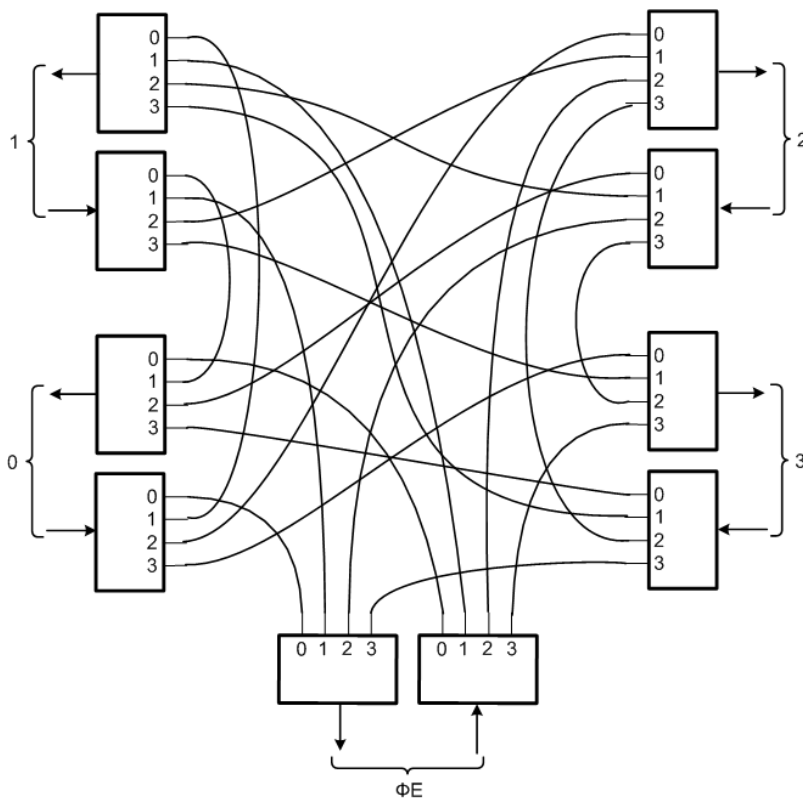


Рис. 11. Схема з'єднання КЕ на мультиплексорах матричного КС

### Висновок

Зважаючи на особливості мереж на кристалі, запропоновано класифікацію комунікаційних середовищ, яка враховує місце підключення функціональних елементів до комунікаційних елементів, що дає змогу охопити всі наявні сьогодні комунікаційні середовища. Крім того, показано, що комутатори матричних комунікаційних середовищ можуть достатньо просто реалізуватися за допомогою мультиплексорів.

1. Chrysostomos N., Vijaykrishnan N., Chita R. Das. *Network-on-Chip Architectures. A Holistic Design Exploration // Lecture Notes in Electrical Engineering, Vol. 45. – Hardcover 2010. – 223 p.* 2. Kumar S., Jantsch A., Soininen J.-P., Forsell M., Millberg1 M., Oberg1 J., Tiensyrja K., Hemani A. *A Network on Chip Architecture and Design Methodology // Proc. IEEE Computer Society Annual Symposium on VLSI (ISVLSI.02). – P. 105 – 112.* 3. Vincenzo R., Atienza D. *A Reconfigurable Network-on-Chip Architecture for Optimal Multi Processor SoC Communication // 16th IFIP/IEEE International Conference on Very Large Scale Integration (October 2008). – Rhodes, Greece. – P. 321–326.* 4. Pande P.P., Grecu C., Jones M., Ivanov A., Saleh R. *Performance Evaluation and Design Trade-Offs for Network-on-Chip Interconnect Architectures // IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTERS, 2005, V. 54, № 8, p.1025–1040* 5. Gebali F., Elmiligi H., Watheq El-Kharashi M. *Networks-on-Chip: Theory and Practice. – Boca Raton (USA): CRC Press/Taylor and Francis Group LLC, 2009. – 307p.* 6. Bjerregaard T., Mahadevan S. *A survey of research and practices of Network-on-chip // ACM Computing Surveys. – 2006. – Vol.38, 51. – P.1–51.* 7. Дунець Б. Р. Базові архітектури пристроїв комутації пакетів з багатоканальною вхідною буферизацією // *Комп'ютерні технології друкарства. – Львів: Укр. акад. друкарства. – 2004. – №11. – С. 43–49.* 8. Дунець Р. Б. *Топології комп'ютерних систем. – Львів: ІІІТ при НУ „Львівська політехніка”, 2007. – 50 с.* 9. Дунець Р. Б. *Аналіз та синтез топологій комп'ютерних видавничо-поліграфічних систем: монографія. – Львів: НВФ “Українські технології”, 2003. – 192 с.* 10. Мельник А. О. *Архітектура комп'ютера. – Луцьк: Волинська обласна друкарня, 2008. – 470 с.* 11. Andrii Spitzer, Roman Dunets. *Method of switching packets in networks on chip with matrix topology // Journal of Information, Control and Management Systems, Vol. 10, (2012), No.1. – P. 105–111.*