

УДК 004.33

А.О. МЕЛЬНИК

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

## ПАРАЛЕЛЬНА ПАМ'ЯТЬ З ВПОРЯДКОВАНИМ ДОСТУПОМ: ЗАСТОСУВАННЯ ТА ВАРІАНТИ ПОБУДОВИ

Запропоновано класифікаційні ознаки пам'яті з впорядкованим доступом (ПВД). Розглянуті наступні види ПВД: з розділеними та об'єднаними входами і виходами даних, з фіксованим та змінним розмірами матриць вхідних та вихідних даних, з паралельним поступленням даних та їх індексів, з послідовним поступленням даних та їх індексів, з впорядкованим доступом за кодом впорядкування, з фіксованим впорядкованим доступом. Розглянуто сфери застосування та варіанти побудови паралельної пам'яті з впорядкованим доступом виходячи з її класифікаційних ознак. Наведено вхідні та вихідні інформаційні та керуючі входи розглянутих типів пам'яті з впорядкованим доступом.

**Ключові слова:** комп'ютер, паралельна пам'ять, пам'ять з впорядкованим доступом.

### Вступ

В роботах [1 – 5] запропоновано методи побудови та структурну організацію пам'яті з впорядкованим доступом (ПВД). Як і пам'ять з послідовним доступом, пам'ять з впорядкованим доступом орієнтована на роботу з масивами даних. В цій пам'яті забезпечується доступ до даних у програмно встановленому порядку, тобто індекс, який поступає в пам'ять разом з даним, або під час його зчитування, вказує місце даного у вихідному масиві.

Вхідні дані записують до ПВД з  $l$  портів рядка-ми матриці

$$\begin{vmatrix} ID_{0,0} & ID_{0,1} & \dots & ID_{0,l-1} \\ ID_{1,0} & ID_{1,1} & \dots & ID_{1,l-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ ID_{k-1,0} & ID_{k-1,1} & \dots & ID_{k-1,l-1} \end{vmatrix},$$

де  $ID_{i,j}$  – вхідне дане, яке знаходиться в  $i$ -му рядку ( $i = 0, 1, \dots, k-1$ ) та  $j$ -му стовпці ( $j = 0, 1, \dots, l-1$ ) матриці вхідних даних. Вихідні дані зчитують з ПВД на  $m$  портів рядками матриці

$$\begin{vmatrix} OD_{0,0} & OD_{0,1} & \dots & OD_{0,n-1} \\ OD_{1,0} & OD_{1,1} & \dots & OD_{1,n-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ OD_{m-1,0} & OD_{m-1,1} & \dots & OD_{m-1,n-1} \end{vmatrix},$$

де  $OD_{s,t}$  – вихідне дане, яке знаходиться в  $s$ -му рядку ( $s = 0, 1, \dots, m-1$ ) та  $t$ -му стовпці ( $t = 0, 1, \dots, n-1$ ) матриці вихідних даних.

Матриця індексів, які привласнюють кожному даному, та за їх величиною впорядковують дані, має вигляд

$$\begin{vmatrix} SID_{0,0} & SID_{0,1} & \dots & SID_{0,l-1} \\ SID_{1,0} & SID_{1,1} & \dots & SID_{1,l-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ SID_{k-1,0} & SID_{k-1,1} & \dots & SID_{k-1,l-1} \end{vmatrix},$$

де  $SID_{i,j}$  – індекс вхідного даного  $ID_{i,j}$ , яке знаходиться в  $i$ -му рядку ( $i = 0, 1, \dots, k-1$ ) та  $j$ -му стовпці ( $j = 0, 1, \dots, l-1$ ) матриці вхідних даних.

Матриця індексів може поступати в ПВД разом з даними, або на її основі формують код впорядкування, який подають до ПВД.

ПВД може використовуватися як буферна багатопортова пам'ять, багатопортова пам'ять процесора, багатопортова пам'ять багатопроекторної системи тощо. При цьому, місце застосування ПВД визначається її класифікаційними ознаками, які пропонуються в роботі, та за якими далі сформовано варіанти її побудови.

### 1. Класифікаційні ознаки пам'яті з впорядкованим доступом

Пам'ять з впорядкованим доступом (ПВД) є багатопортовою. Вона забезпечує: запис даних з портів, зберігання записаних даних, впорядкування записаних даних відповідно до числових значень індексів, які поступають з даними та визначають їх місце в масиві вихідних даних, або відповідно до числового значення коду впорядкування, зчитування впорядкованих даних на порти.

Можна виділити наступні класифікаційні ознаки пам'яті з впорядкованим доступом:

- розділені чи об'єднані входи і виходи даних;

- фіксований чи змінний розмір матриць вхідних та вихідних даних;
- паралельне чи послідовне поступлення даних та їх індексів або коду впорядкування, що передбачає виконання налаштування ПВД перед виконанням впорядкування даних;
- впорядкування даних здійснюється за значенням їх індексів чи за кодом впорядкування.

## 2. Паралельна ПВД з розділеними та об'єднаними входами і виходами даних в комп'ютерних системах

Можна запропонувати велику кількість схематичних рішень комп'ютерних систем, в яких використовують паралельну ПВД з розділеними та з об'єднаними входами і виходами даних.

На рис. 1 наведено структуру потокового процесора, в якому в якості пам'яті процесорного елемента використано паралельну ПВД. В цій структурі

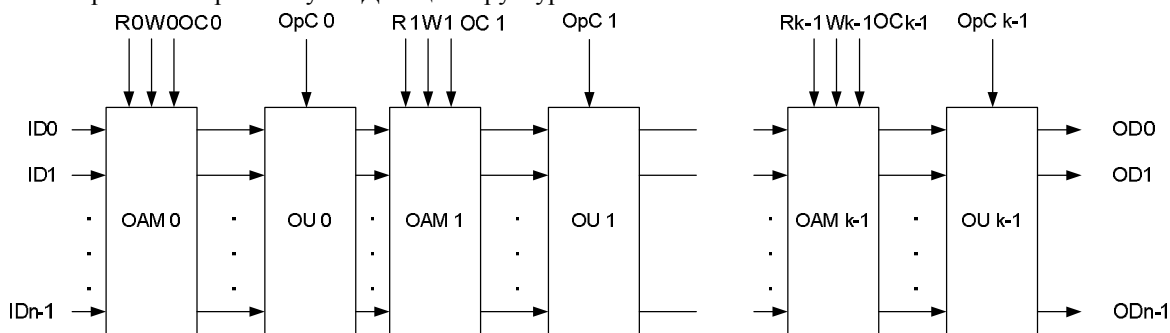


Рис. 1. Потоковий процесор на основі паралельної ПВД з розділеними входами і виходами

На рис. 2 наведено структуру багатошинної системи, в якій в якості пам'яті кожного пристрою D (Device) використано паралельну ПВД. При цьому така пам'ять може приймати або видавати дані одночасно на багато шин.

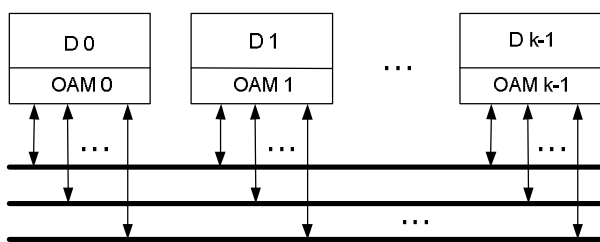


Рис. 2. Багатошинна система на основі паралельної ПВД з об'єднаними входами і виходами

## 3. Паралельна ПВД з фіксованим та змінним розмірами матриць вхідних та вихідних даних

Відповідно до першої класифікаційної ознаки ПВД будують для впорядкування даних в блоках

кожна ПВД виконує наступні функції: запис даних з вхідних портів, зберігання записаних даних, впорядкування записаних даних відповідно до числових значень індексів, які поступають з пристрою керування та визначають їх місце в масиві вихідних даних, або відповідно до числового значення коду впорядкування, зчитування впорядкованих даних на вихідні порти. Тут: OAM – ПВД (Ordered Access Memory), OU – операційні пристрої (Operating Units), R – Read, W – Write, OpC – код операції (Operation Code), OD – код впорядкування (Ordering Code). При цьому кількість входів та виходів кожної ПВД може бути різною, так само, як різною може бути і кількість входів та виходів ПВД кожного процесорного елемента.

Потрібно відзначити, що описані функції не може забезпечити жодна з існуючих типів пам'яті, крім паралельної ПВД.

одного розміру, рівного її ємності. Така ПВД має  $l$  входів та  $n$  виходів, причому ємність ПВД рівна  $Q = lk = mn$ .

При цьому

$$m \leq lk, n \leq lk, mn \leq lk.$$

Значення  $l, k, m, n$  вибирають при проектуванні ПВД виходячи з потреб задачі та в подальшому ці значення не змінюються, тобто вони прошиті в структурі ПВД.

Відповідно до другої класифікаційної ознаки ПВД будують для впорядкування даних в блоках різних розмірів, які не перевищують ємності ПВД, причому кількість входів  $l$ , якими поступають дані до ПВД, та розмір вхідної матриці даних  $kl$ , а також кількість виходів  $m$ , якими дані зчитуються з ПВД, та розмір вихідної матриці даних  $mn$ , задаються перед початком роботи ПВД, причому

$$l \leq L, k \leq K, m \leq M,$$

$$n \leq N, kl = mn,$$

де  $L, K, M, N$  – максимально можливі розміри матриць даних для даної ПВД. Тобто в такій ПВД значення  $l, k, m, n$  задають програмно під час використання ПВД.

**4. Паралельна ПВД з паралельним поступленням даних та їх індексів**

Ця ПВД може бути створеною як для фіксованого розміру матриць вхідних та вихідних даних, так і для змінного.

ПВД для фіксованого розміру матриць вхідних та вихідних даних (рис.3) має  $l$  входів та  $n$  виходів, причому ємність ПВД рівна  $Q = lk = mn$ . Основною відмінною рисою цієї пам'яті є те, що вхідні дані та їх індекси поступають до пам'яті одночасно окремими входами. Тут зображено два варіанти ПВД – з

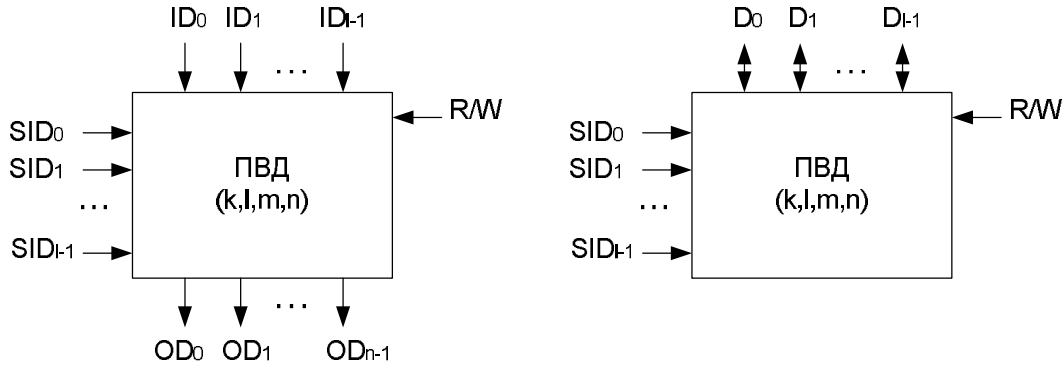


Рис. 3. Інтерфейс пам'яті з впорядкованим доступом з паралельним поступленням даних та їх індексів з розділеними та об'єднаними входами і виходами даних

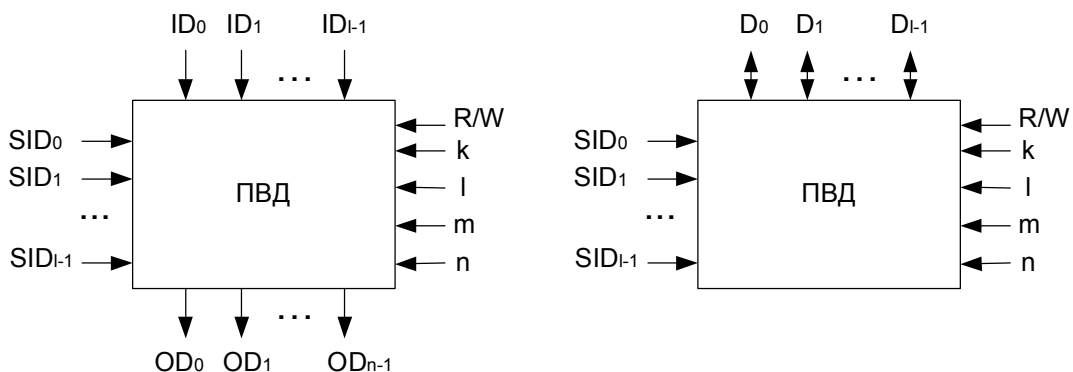


Рис.4. Інтерфейс пам'яті з впорядкованим доступом з паралельним поступленням даних та їх індексів з розділеними та об'єднаними входами і виходами даних з програмним заданням розміру матриці даних

**5. Паралельна ПВД з послідовним поступленням даних та їх індексів**

Ця ПВД може бути створеною як для фіксованого розміру матриць вхідних та вихідних даних, так і для змінного. Інтерфейс ПВД для фіксованого розміру матриць вхідних та вихідних даних, тобто для випадку, коли впорядковують дані в блоках одного розміру, рівного її ємності, показано на рис.5. Така ПВД має  $l$  входів та  $n$  виходів, причому ємність ПВД рівна  $Q = lk = mn$ . Основною відмінною рисою цієї пам'яті є те, що вхідні дані та їх індекси поступають до пам'яті послідовно, спочатку індекси, а після них дані тими ж входами. Фіксація обчисленого за зна-

розділеними (ліворуч) та об'єднаними (праворуч) інформаційними входами та виходами даних.

В ПВД для змінного розміру матриць вхідних та вихідних даних кількість входів  $l$ , якими поступають дані до ПВД, та розмір вхідної матриці даних  $kl$ , а також кількість виходів  $m$ , якими дані зчитуються з ПВД, та розмір вхідної матриці даних  $mn$ , задаються перед початком роботи ПВД. Інтерфейс ПВД цього типу показано на рис.4. Тут зображено два варіанти ПВД цього типу – з розділеними (ліворуч) та об'єднаними (праворуч) інформаційними входами та виходами даних.

ченням індексів коду налаштування відбувається сигналом  $T$ . Тут зображено два варіанти цього типу ПВД – з розділеними (ліворуч) та об'єднаними (праворуч) інформаційними входами та виходами даних.

ПВД для змінного розміру матриць вхідних та вихідних даних будують для впорядкування даних в блоках різних розмірів, які не перевищують ємності ПВД, причому кількість входів  $l$ , якими поступають дані до ПВД, та розмір вхідної матриці даних  $kl$ , а також кількість виходів  $m$ , якими дані зчитуються з ПВД, та розмір вхідної матриці даних  $mn$ , задаються перед початком роботи ПВД. Інтерфейс ПВД показано на рис. 6. Основною відмінною рисою цієї пам'яті є те, що вхідні дані та їх індекси поступають

до пам'яті послідовно, спочатку індекси, а після них дані тими ж входами. Фіксація обчисленого за значенням індексів коду налаштування відбувається

сигналом  $T$ . Тут зображено два варіанти цього типу ПВД – з розділеними (ліворуч) та об'єднаними (праворуч) інформаційними входами та виходами даних.

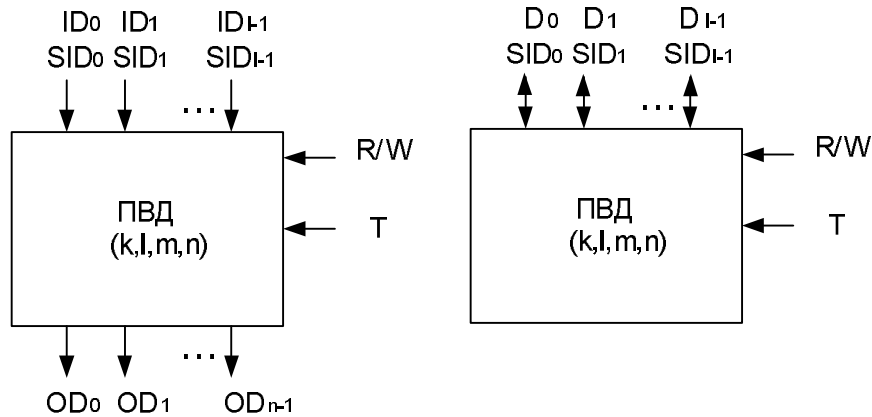


Рис. 5. Інтерфейс пам'яті з впорядкованим доступом з послідовним поступленням даних та їх індексів з розділеними та об'єднаними входами і виходами даних з фіксованим розміром матриці даних

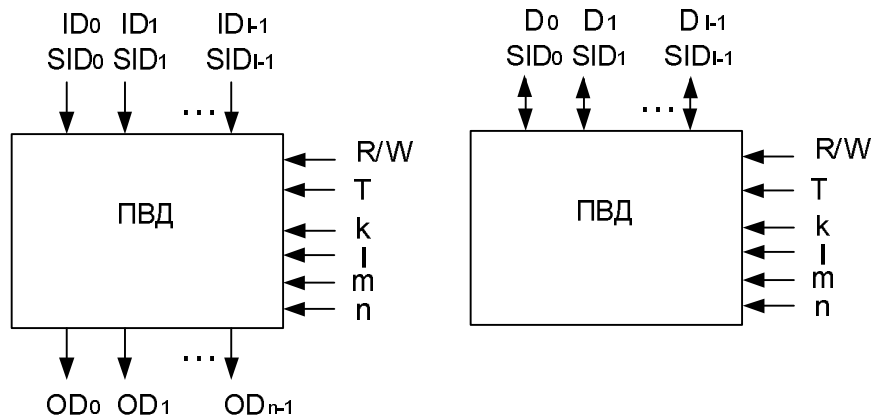


Рис. 6. Інтерфейс пам'яті з впорядкованим доступом з послідовним поступленням даних та їх індексів з розділеними та об'єднаними входами і виходами даних з програмним завданням розміру матриці даних

## 6. Паралельна пам'ять з фіксованим впорядкованим доступом

В цій ПВД забезпечується один порядок доступу до даних.

Така ПВД (рис.7) має конкретні значення  $l$ ,  $k$ ,  $m$ ,  $n$ .

Тут зображено два варіанти цього типу ПВД – з розділеними (ліворуч) та об'єднаними (праворуч) інформаційними входами та виходами даних.

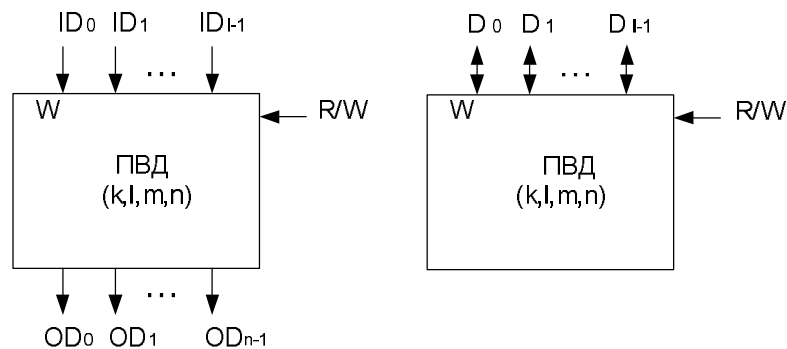


Рис. 7. Інтерфейс пам'яті з фіксованим впорядкованим доступом

### 7. Паралельна пам'ять з впорядкованим доступом за кодом впорядкування

Ця ПВД може бути створеною як для фіксованого розміру матриць вхідних та вихідних даних, так і для змінного. В цій ПВД код впорядкування S визначають заздалегідь, шляхом проведення розрахунків чи моделювання, та подають цей код на пристрій впорядкування даних ззовні.

ПВД для фіксованого розміру матриць вхідних та вихідних даних будують для впорядкування даних в блоках одного розміру, рівного її ємності, Інтерфейс ПВД показано на рис. 8. Така ПВД має l входів та n виходів, причому її ємність рівна

$$Q = lk = mn.$$

Тут зображено два варіанти цього типу ПВД – з розділеними (праворуч) та об'єднаними (ліворуч)

інформаційними входами та виходами даних.

В ПВД для змінного розміру матриць вхідних та вихідних даних код впорядкування визначають заздалегідь, шляхом проведення розрахунків чи моделювання, та подають цей код на пристрій впорядкування даних ззовні. ПВД будують для впорядкування даних в блоках різних розмірів, які не перевищують ємності ПВД, причому кількість входів l, якими поступають дані до ПВД, та розмір вхідної матриці даних kl, а також кількість виходів m, якими дані зчитуються з ПВД, та розмір вхідної матриці даних mn, задаються перед початком роботи ПВД.

Інтерфейс цієї ПВД показано на рис. 9. Тут зображено два варіанти цього типу ПВД – з розділеними (ліворуч) та об'єднаними (праворуч) інформаційними входами та виходами даних.

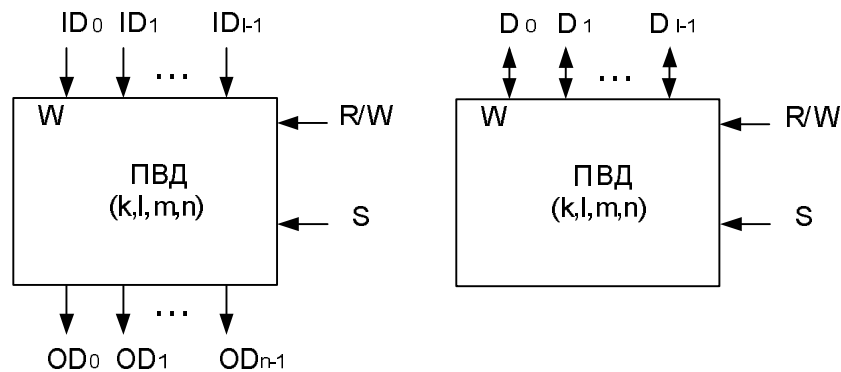


Рис.8. Інтерфейс пам'яті з змінним впорядкованим доступом з розділеними та об'єднаними входом і виходом даних з фіксованим розміром матриці даних

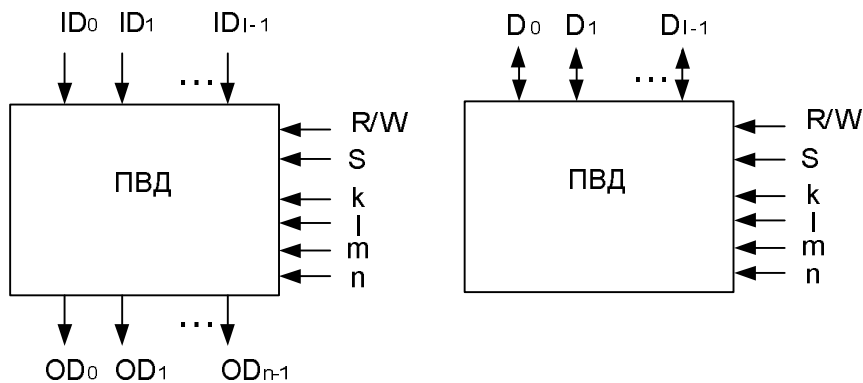


Рис.9. Інтерфейс пам'яті з змінним впорядкованим доступом з розділеними та об'єднаними входом і виходом даних з програмним заданням розміру матриці даних

### Висновки

1. Подано особливості пам'яті з впорядкованим доступом.
2. Сформовано класифікаційні ознаки пам'яті з впорядкованим доступом.

3. Розглянуто варіанти побудови та приклади використання пам'яті з впорядкованим доступом. Наведено вхідні та вихідні інформаційні та керуючі входи розглянутих типів пам'яті з впорядкованим доступом.

### Література

1. Мельник, А.О. Структурна організація пам'яті з впорядкованим доступом на основі сортувальних мереж [Текст] / А.О. Мельник, Д.Х. Аль Равашдех // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2010. – № 6 (47). – С. 15 – 19.

2. Melnyk, A. Organization and application of the programmable ordered access memory [Text] / A. Melnyk, J. Al Rawashdeh, M. Al Hababsah // *Proceedings of Xth International Conference "The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics"*. – Polyana-Svalyava, Lviv Polytechnic National University, 2009. – P. 240 – 241.

3. Мельник, А.О. Структурна організація пам'яті з впорядкованим доступом на основі налаштовуваних сортувальних мереж [Текст] / А.О. Мельник // *Інформатика та обчислювальна техніка*. – ВМУРОЛ, 2011. – С. 34 – 46.

4. Мельник, А.О. Принципи побудови буферної сортувальної пам'яті. [Текст] / А.О. Мельник // *Вісник Державного університету "Львівська Політехніка"*; "Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології". – 1996. – № 307. – С. 65 – 71.

5. Мельник, А.О. Спеціалізовані комп'ютерні системи реального часу. [Текст] / А.О. Мельник. – Львів: НУ „Львівська політехніка”, 1996. – 60 с.

Надійшла до редакції 15.02.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Ю.П. Кондратенко, Черноморський державний університетім. Петра Могили, Миколаїв, Україна.

### ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ПАМЯТЬ С УПОРЯДОЧЕННЫМ ДОСТУПОМ: ПРИМЕНЕНИЕ И ВАРИАНТЫ ПОСТРОЕНИЯ

*А.А. Мельник*

Предложены классификационные признаки памяти с упорядоченным доступом (ПУД). Рассмотрены следующие виды ПУД: с разделенными и объединенными входами и выходами данных, с фиксированным и переменным размерам матриц входных и выходных данных, с параллельным поступлением данных и их индексов, с последовательным поступлением данных и их индексов, с упорядоченным доступом по коду благоустройства, с фиксированным упорядоченным доступом. Рассмотрены сферы применения и варианты построения параллельной памяти с упорядоченным доступом, исходя из ее классификационных признаков. Приведены входные и выходные информационные и управляющие входы рассмотренных типов памяти с упорядоченным доступом.

**Ключевые слова:** компьютер, параллельная память, память с упорядоченным доступом.

### PARALLEL ORDERED ACCESS MEMORY: APPLICATION AND VARIANTS OF BUILDING

*A.O. Melnyk*

The classification features of an ordered access memory (OAM) are proposed. The following types of OAM are considered: separated and combined with inputs and outputs data, fixed and variable size matrices of input and output data from a parallel admission data and indexes, with a consequent admission data and indices of orderly access code for ordering fixed-ordered access. An incoming and outgoing information and control inputs of the considered types of memory with an ordered access.

**Key words:** computer, parallel memory, the ordered access memory.

**Мельник Анатолій Олексійович** – д-р техн. наук, проф., зав. кафедри ЕОМ Національного університету "Львівська політехніка", e-mail: aomelnyk@polynet.lviv.ua.