

Архітектура логіко–часового оптоелектронного процесора обробки зображень

Кожем'яко В.П., Лисенко Г.Л., Цирульник С.М.

Вінницький національний технічний університет

Вступ

Задача обробки зображень для різних галузей науки і техніки є актуальною. При цьому необхідно обробляти масиви великих розмірів за малі проміжки часу. Традиційні засоби обробки не дозволяють вирішувати поставлену задачу в повному обсязі. Це пов'язано з проблемою послідовного введення–виведення інформації в ЕОМ та послідовними алгоритмами обробки точок зображення. Проблема послідовного введення–виведення інформації до обробляючої структури електронними засобами не вирішена. Навіть при паралельному введенні, наприклад на масив ПЗЗ матриці, подальше використання цього зображення йде послідовно. Алгоритми обробки орієнтовані на конвеєрні, матричні, систолічні структури, які при послідовному чи послідовно–паралельному введенні вхідної інформації не можуть забезпечити необхідну швидкодію в реальному часі.

Тому необхідні інші підходи, орієнтовані на природній паралелізм як введення–виведення, так і процесорів обробки. Перспективним напрямком є розвиток оптоелектронних засобів, а особливо введення–виведення та перетворення інформації, побудованих на матричній обробці зображення. Це вимагає створення спеціалізованих оптоелектронних процесорів, які реалізують нові принципи обробки інформаційних масивів.

Методи та засоби перетворення зображень оптоелектронним процесором

При створенні автоматизованих систем обробки зображень необхідно вирішувати задачі, які пов'язані з виконанням базових обчислювальних функцій. В якості базових обчислювальних функцій застосовують:

- геометричні перетворення (поворот, масштабування, зсув);
- перетворення сітки дискретизації (із декартової системи в полярну та навпаки);
- проектування зображень на одну з координатних вісей.

Перераховані операції найбільш ефективно можуть бути реалізовані в оптоелектронному багатофункціональному мікропроцесорі, який є базовим у процесорному елементі матричних структур.

Ідеальним пристроєм перетворення оптичної інформації є людське око, в якому сприйняття інформації здійснюється паралельно, в реальному масштабі часу із застосуванням логіко-часових перетворень. Виділяють 4 групи логіко-часових перетворень.

До першої групи відносяться операції інверсії, зсуву, повороту, копіювання. При інверсії значення ij – точки перетину зображення 0 (τ_1), змінюється на протилежну в 0 (τ_2).

При зсуві здійснюється передача значення ij – точки 0 (τ_1) в kl – точку 0 (τ_2). Тим самим відбувається одночасний зсув на $|i - k|$ по вісі X та на $|j - l|$ по вісі Y .

При повороті на фіксований кут $\pm\varphi$ здійснюється передача ij точки 0 (τ_1) в kl точку 0 (τ_1). Копіювання є найбільш простою операцією першої групи і полягає в розміщенні зображення шляхом передачі значення ij – точки 0 (τ_1) в ij - точку 0 (τ_2).

До другої групи відносяться операції фільтрації та зменшення масштабу зображення. Передбачається здійснювати 2 типу фільтрації. Перший пов'язаний з дискретно анізотропною фільтрацією з апертурою, забезпечивши послаблення впливу окремих плям та пустих проміжків в зображенні. Другий тип фільтрації усуває окремі шумові точки.

Операція маскуванню зображення при зменшенні (стисненні) передбачає передачу значень групи точок $h \times m$ в групу $h' \times m'$, де $h \geq h'$, $m \geq m'$. Так при стисненні в 2 рази по вісі X точки i та $(i+1)$ 0 (τ_1) переходять в точку i 0 (τ_2), при стисненні зображення на 20% точки i $(i+1) \dots (i+4)$ з 0 (τ_1) переходять в точки i , $(i+1)$, $(i+2) \dots (i+4)$ в 0 (τ_2), тобто відсувається поточна передескритизація 5 точок 0 (τ_1) в 4 точки 0 (τ_2) для заданої точки i .

Третя група логіко-цифрових перетворень пов'язана з збільшенням масштабу зображення. При цьому значення ij - точки 0 (τ_1) “розповсюджується” в відповідності з заданим алгоритмом на групу сусідніх точок 0 (τ_2). При розтягуванні по вісі Y в три рази значення точки j присвоюється точкам j , $(j+1)$, $(j+2)$ зображення 0 (τ_2), тобто відбувається передескритизація.

Четверта група перетворень дозволяє виконати повний набір логічних функцій над двома змінними довільного перетину зображення, таких, як “І”, “АБО”, “Додавання по модулю 2”.

При цьому в відповідності з вибраною функцією ij – точки 0 (τ_1) та 0 (τ_2) формують ij – точку 0 (τ_3).

Оптоелектронний багатофункціональний арифметичний процесор (ОБАП) ефективний при виконанні спеціалізованої задачі, коли маються жорсткі алгоритми функціонування. Загальна структурна схема ОБАП представлена на рис.1.

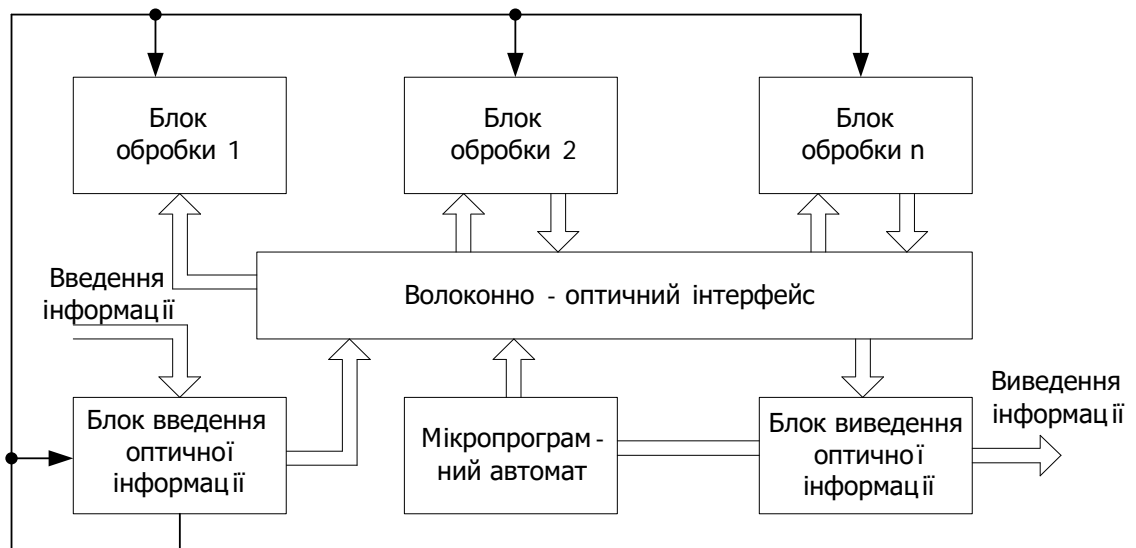


Рис.1.

Вона містить блоки паралельного введення та виведення оптичної інформації. В блоках обробки зображень виконуються операції з 4-х груп логіко-часових перетворень. Блоки мають волоконно-оптичний зв'язок. Волоконно-оптичний інтерфейс здійснює комутацію між блоками з використанням метода “загальної шини”

для оптичних сигналів. Мікропрограмний автомат здійснює функції керування волоконно – оптичним інтерфейсом блоками обробки та вводу - виводу. Шина зовнішнього керування визначає програму поточної обробки.

Вхідна оптична інформація поступає на блок введення, який являє собою транспортну матрицю $N \times N$. Кожна комірка матриці представляє собою багатофункціональний квантрон з оптичним введенням і оптичним виведенням інформації. Електричні сигнали керування квантрона “запис”, “читання”, “гасіння”. З усіх комірок інформація передається в волоконно-оптичний інтерфейс, як представлено на рис.2.

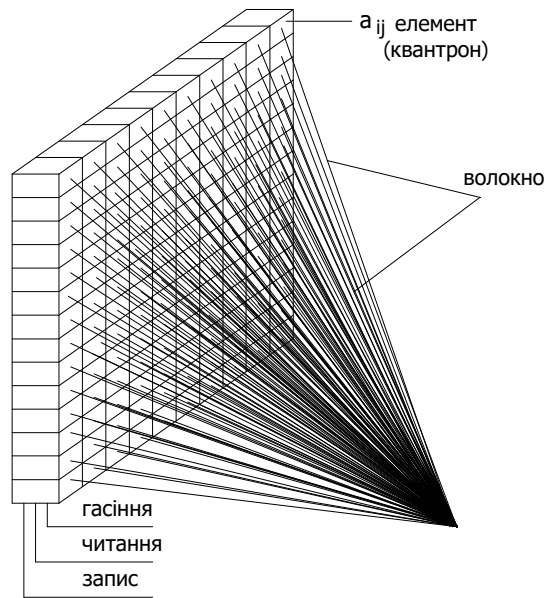


Рис.2

Можливість організації волоконно-оптичного інтерфейсу визначається сигналами з модуля керування “запис”, “зчитування”. В процесорі є n – модулів.

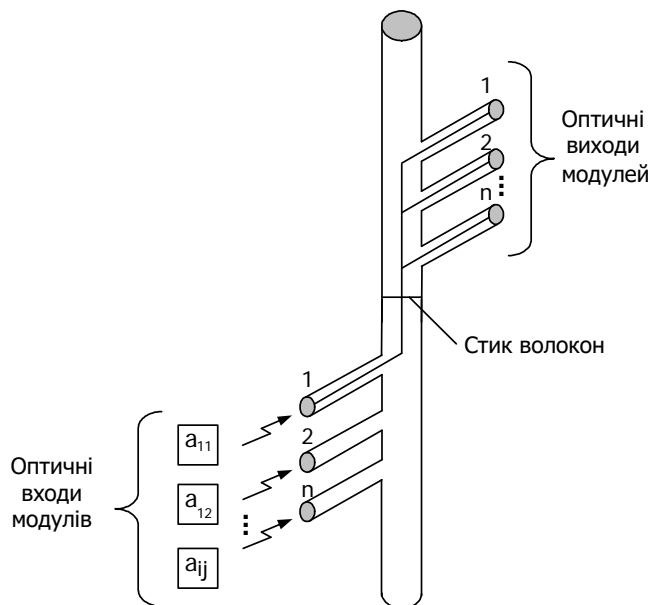


Рис.3

На рис.3 кожен з модулів представлений ij – точкою. В кожному циклі обміну між модулями присутній єдиний сигнал “читання” з загального модуля (джерело інформації) і єдиного сигналу “запис” в вибраний модуль (приймач інформації). Оптичний сигнал поступає одночасно на всі модулі і один з них по сигналу “запис” сприймає інформацію. Принцип запису зображення полягає в тому, що зображення представлене сукупністю оптичних сигналів, проєктуються на матрицю фоточутливих елементів й реєструється інтенсивність оптичних сигналів, перетворюється інтенсивність оптичних сигналів в оптичні сигнали тривалість яких пропорційна інтенсивності оптичних сигналів початкового зображення, а перетворену сукупність оптичних сигналів записують у вигляді бінарних послідовностей.

При реалізації пропонованого способу потрібні однорідні технічні засоби – фотоприймачі, джерела світла, що виключає використання різнорідних в технологічному плані матеріалів. Недолік пропонованого способу запису – низька швидкодія, обумовлена затратами часу на перетворені інтенсивності світла в електричний сигнал. Покращити запис зображення по швидкодії й точності дозволяє наступний спосіб (паралельний обчислювальний метод) [7]. Інтенсивність оптичного сигналу від кожного фоточутливого елемента ФЕ подається в світловод (ВОЛЗ), де він потрапляє на фотоприймачі ФП, збуджує елементи пам’яті ЕП. Кількість збуджених елементів пам’яті відповідає інтенсивності оптичного сигналу. Недолік такого методу – послідовний принцип зчитування. Його усуває оптичний об’єднувач (ОО) та порогові матриці пам’яті (ПМП). Розділені оптично та електрично, а також мають вхід керування ВК. Зчитування відбувається вибором відповідної ПМП й поданої на її входи керування (ВК) високого рівня (рис.4).

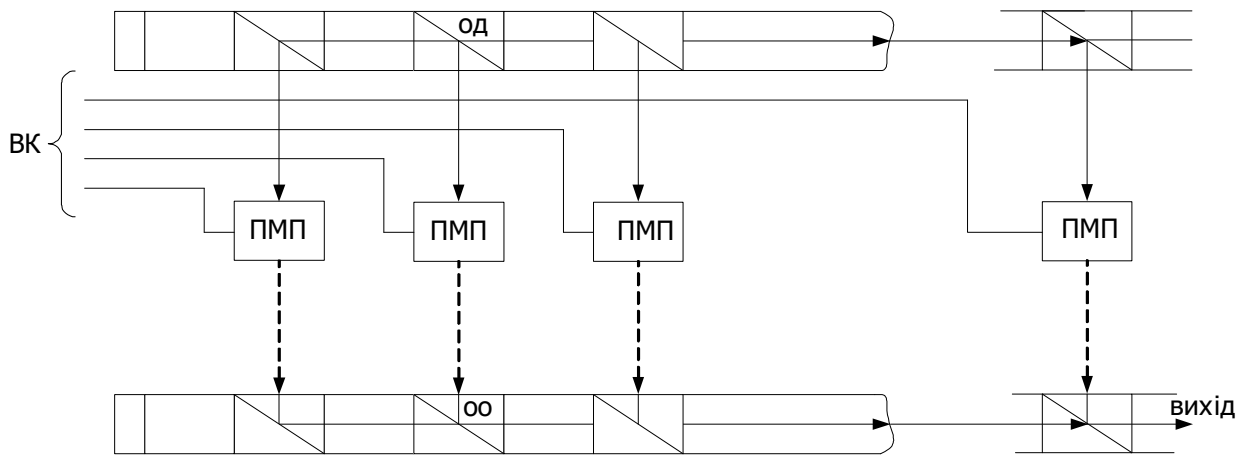


Рис.4

Функціональні схеми комірок пам’яті ПМП описані в [3]. Розглянемо реалізацію блоків обробки зображень.

1. Операції зсуву, повороту зображень можна реалізувати на елементах волоконної оптики (рис.5) [6]. Виконавши декілька базових елементів (на різні значення α , φ) можливо перекрити всі потрібні значення операцій зсуву та повороту.

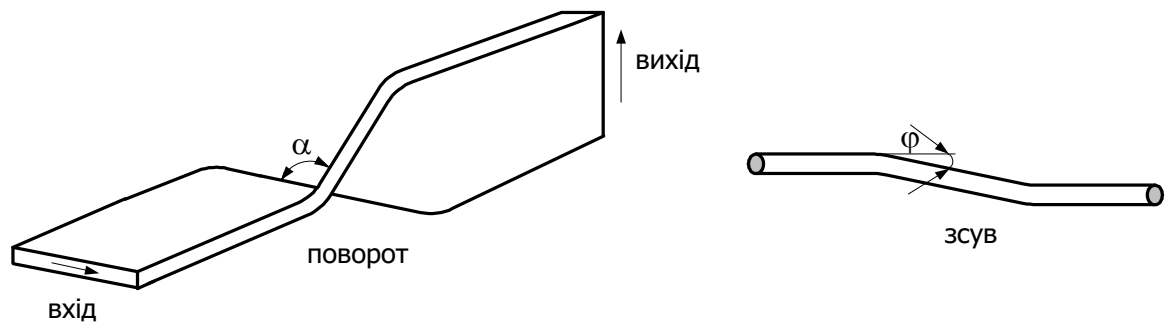


Рис.5

2. Операції масштабування, зменшення зображення, перетворення з однієї системи координат в іншу, проектування вздовж однієї з осей також можливо здійснювати за допомогою елементів волоконної оптики – фоконів (рис.6) [9].
3. Інверсія (затримка).
4. Фільтрація.
5. Логічні функції “І”, “АБО”, “додавання по модулю 2”, “І-НЕ” .

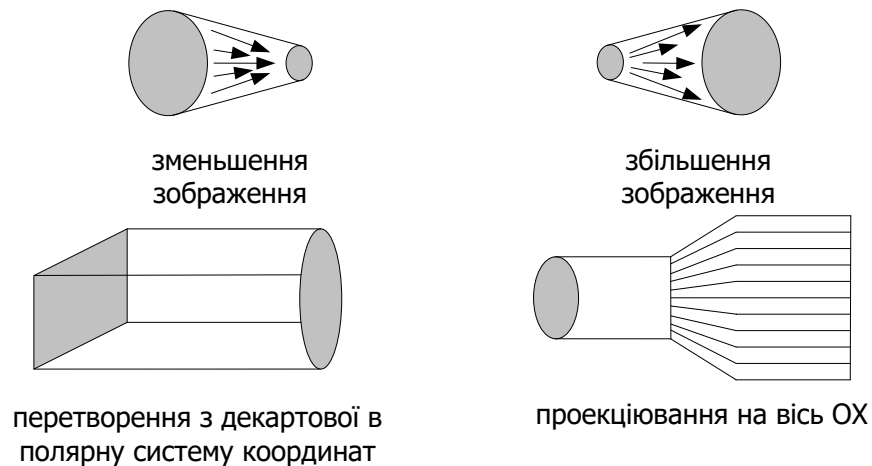


Рис. 6

Архітектура логіко – часового оптоелектронного процесора обробки зображень

Базовий склад процесора представлений на рис.7. Структура може бути спрощена шляхом вилучення, окремих модулів, груп. Мінімальний склад визначається модулем введення–виведення та однієї базової інформації.

Процесор має архітектуру, яка орієнтована на певний вид операцій, що виконуються. Його основними вузлами є:

- Модулі, які виконують специфічні операції перетворення зображення;
- волоконно – оптичний інтерфейс, що реалізує виконуючий одночасно ряд функцій перетворення зображення;
- блок керування, який реалізує набір сигналів, необхідних для виконання програми обробки.

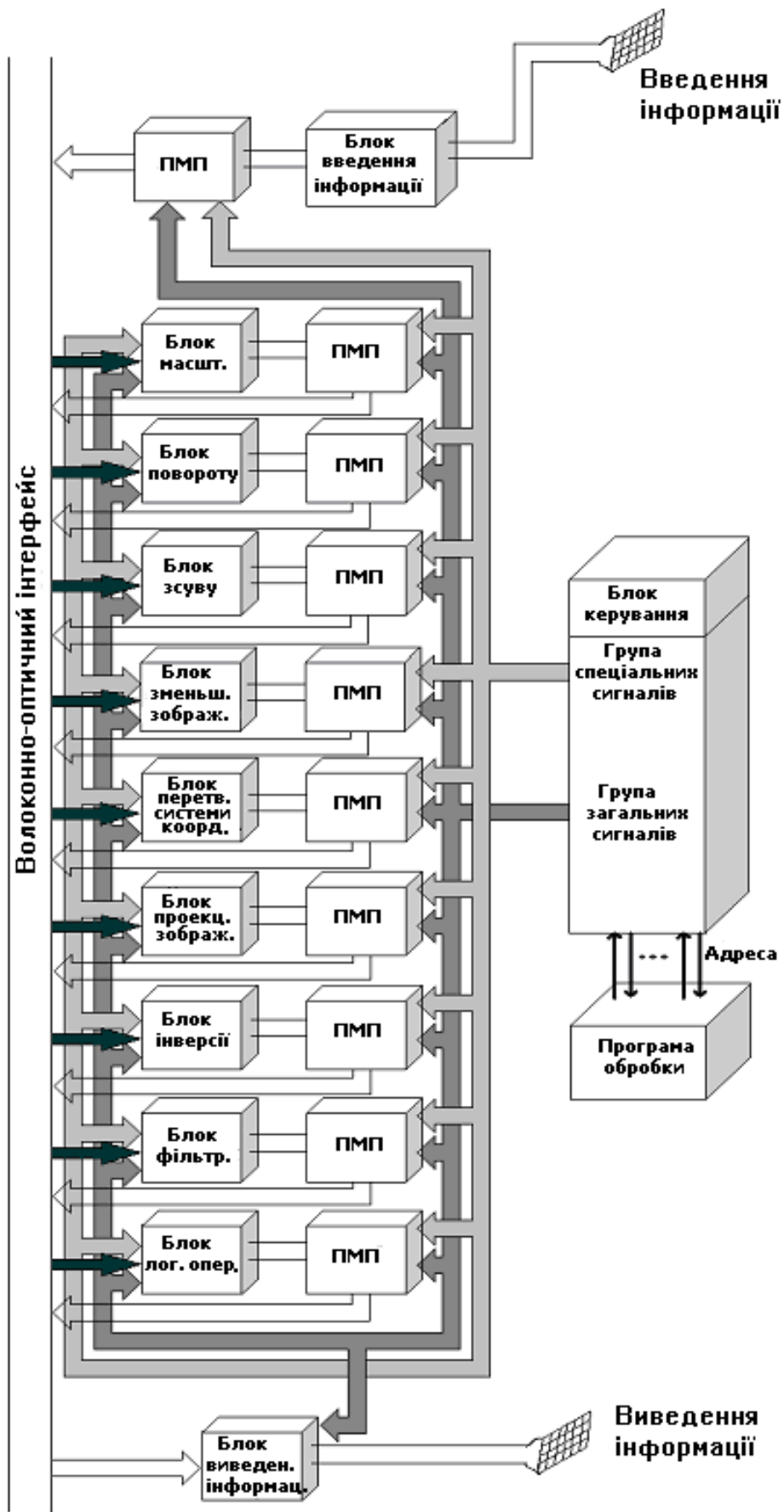


Рис. 7.

Структура блока керування представлена на рис.8. Вхідний код команди $k_1, k_2 \dots k_v$ дешифрується формуючи вихідні сигнали: “запис”, “читання”, “гасіння”, “масштабування”, “поворот”, “зсув”, “зменшення зображення”, “перетворення системи координат”, “проекціювання зображення”, “інверсії”, “фільтрації”, “дешифрація логічних операцій”.

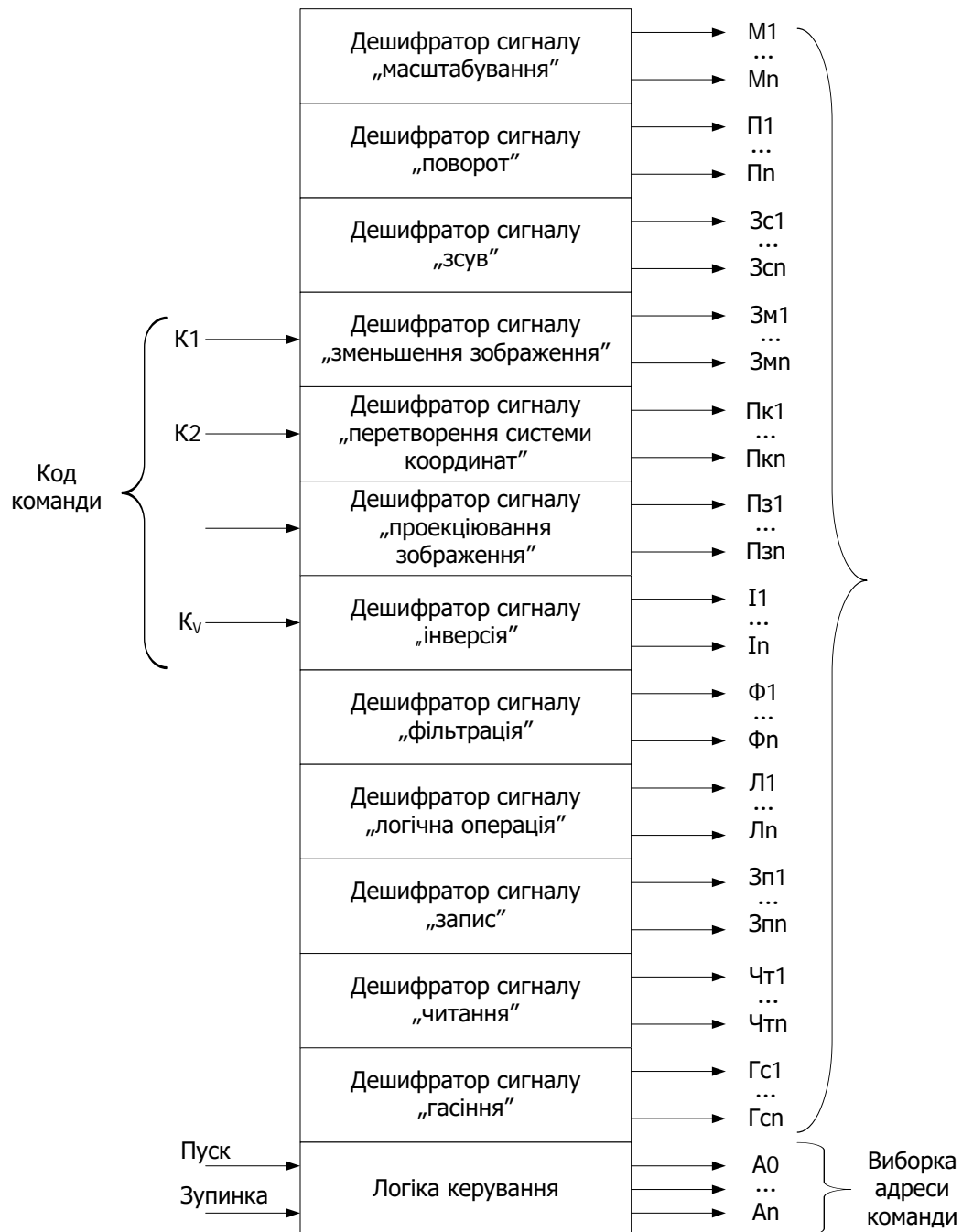


Рис.8

Крім того логіка керування представляє кінець циклу команди і видає адресну інформацію $A_1, A_2 \dots A_n$ наступній команді, а також сигнал “виборка адреси команди”. Конкретна структура блока визначається вибором модуля, що входять до складу процесора.

Процесор передбачає наявність 4-х груп команд:

1. Сервісні команди, визначаючі загальні сигнали керування:
 - “гасіння” з вказанням номера модуля який потрібно перевести в початковий стан;
 - “читання” з вказанням номера модуля джерела інформації;
 - “запис” з вказанням номера модуля приймача інформації.
2. Команди вводу-виводу:
 - введення по сигналу “запис”;
 - введення по сигналу “читання”;
 - виведення по сигналу “запис”;
 - виведення по сигналу “читання”.
3. Базові команди по обробці зображення:
 - зсув;
 - масштабування;
 - поворот;
 - зменшення зображення;
 - перетворення системи координат;
 - проєкціювання зображення;
 - фільтрації;
 - логічні операції "Г" над зображенням O_1 та O_2 , сума по модулю 2 логічного додавання над кожними a_{ij} точками.
4. Команди організації підпрограм:
 - організація підпрограм з вказанням її початку та адреси повернення;
 - команди безумовного переходу.

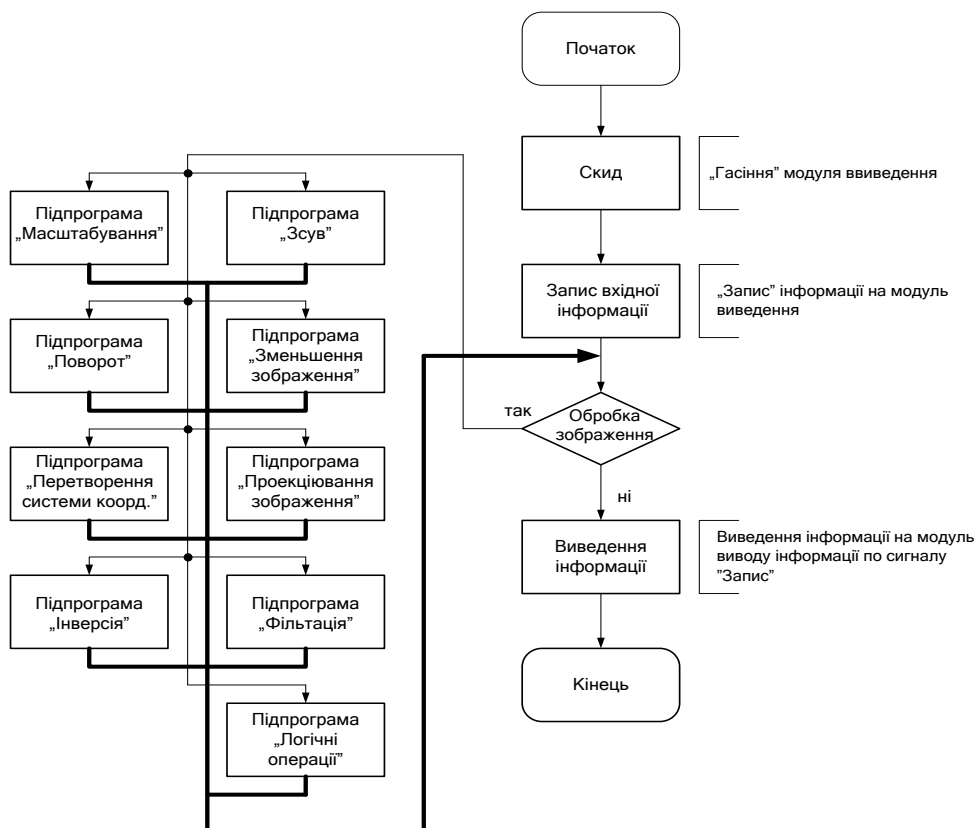


Рис.9

Алгоритм роботи процесора приведений на рис.9. Програмування для процесора обробки зображення визначається специфікою виконання операцій. Більшість операцій виконується за один такт синхросигналу – це команди першої та другої групи. Ряд операцій являються асинхронними – кількість тактів задається програмно – команди третьої групи. При виконанні команд третьої групи можливо їх паралельне виконання. Так при виконанні команди “масштабування” можливо проводити роботу з іншими модулями. Це дозволяє додатково підвищити швидкість.

Висновки

Запропонована структура оптоелектронного процесора дозволяє вирішити проблеми паралельного введення – виведення зображень та їх паралельної чи паралельно – послідовної обробки.

Перелік літератури

1. Иванов А. Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. – М.: Компания Сайрус Системс, 1999. – 672с.
2. Юргачов Д.В., Бондаренко О.В, Дашенко О. Ф., Усов А. В. Волоконно–оптичні кабелі: теоретичні основи, конструювання і розрахунок, технологія виробництва та експлуатація. Монографія. – Одеса: Астропринт, 2000.–53бс.
3. Кожемяко В. П., Сторожук Ю.Л., Кутаев Ю.Ф. Оптоэлектронный параллелизм в обработке информации с выделением признаков. Оптоэлектронные методы и средства обработки изображения. Материалы 2 всесоюзной конференции по функциональной оптоэлектронике. Винница, Тбилиси –1987.
4. Кожемяко В.П. Оптоэлектронные логико-временные информационно-вычислительные среды. –357с.
5. Морозов В. Н. Оптоэлектронные матричные процессоры. – М.: Радио и связь, 1986. –112с.
6. Новые методы и средства вычислительной техники. Сборник статей. К вопросу применения оптоэлектронных модулей для обработки логико-временной информации картинного типа. В.П. Кожемяко, О. Г. Натрошвили, Л.И. Тимченко, Т.Л. Лысенко. Тбилиси «Сабчота Сакартвело» 1985г, ст.99...110.
7. Параллельные вычислительные методы и средства пирамидальной обработки информации. Учебное пособие. / В.П.Кожемяко, Л.И. Тимченко, С.Н. Билан – К.: ІСДО, 1993. – 272с.
8. Прикладная физическая оптика. Учебник для вузов / И. М. Нагибина, В. А. Москалев, Н. А. Полушкина, В. А. Рудин. – М.: Высшая школа, 2002. –565с.
9. Свечников С.В. Элементы оптоэлектроники.– М.: «Советское радио», 1971. – 272с.
10. Семёнов А.В. Волоконная оптика в локальных и корпоративных сетях связи. – М.: Компьютер Пресс, 1988.– 239с.
11. Справочник по волоконно-оптическим линиям связи. Под ред. С.В. Свечников и Л. М. Андрушко. – К.: Техника, 1988.– 239с.