

Організація оперативної пам'яті багатofункціонального паралельного процесора

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

Вінницький національний технічний університет

Вступ

Дослідження оптичних методів та систем обробки інформації ведуться вже більше 30 років. Оптичні системи обробки характеризуються високою швидкістю, можливістю паралельно виконувати операції над великими масивами даних, відсутністю взаємних завад при передачі сигналів по оптичним каналам. Це відкриває привабливі перспективи для виконання багатьох традиційних видів обробки сигналів, коли цифрова електронна техніка стає неадекватною. В якості прикладів галузей, де необхідність цифрової обробки перевищують можливості сучасної електронної техніки, можна назвати обробку й аналіз зображень, обробка радіолокаційних сигналів, штучний інтелект, машинний зір. До таких пристроїв відносять векторно-конвеєрні, масивно-паралельні, кластерні комп'ютери, в яких в масштабі часу, близькому до реального, виконуються матрично-векторні операції лінійної алгебри з продуктивністю 10^{14} опер./с [1,12,13]. Одним з напрямків досліджень є розробка оптичних процесорів спеціального призначення для розв'язку обмеженого кола проблем.

Більше половини всієї інформації людина отримує через зір. Тому обробка та розпізнання інформації широко використовується в різних галузях науки та техніки: криміналістиці, локації, медицині, контролі матеріалів та середовищ, робототехніці.

В технічних системах управління чітко відслідковуються три етапи: розпізнавання ситуації чи явища, прийняття рішення та здійснюється управління. У звичайній практиці обробки зображень різноманітність розв'язуваних задач як правило перевищує можливість існуючих методів і засобів апаратної обробки. Універсальним апаратно-програмним засобом обробки з підвищеною адаптацією до інформаційної задачі є око-процесор. Око-процесорні системи забезпечують:

- паралельний ввід – вивід зображення в обчислювальну середу,
- передачу та обробку інформації в одних й тих же фізичних середах;
- паралельну обробку масивів оптичної інформації, що підвищує продуктивність технічних засобів,
- прийняття складних рішень за обмежений час,
- можливість створення інтегральних структур,
- підвищення надійності та живучості системи.

Око-процесор виконує такі операції:

- попередня фільтрація (передбачається усунення шумів та слабозв'язаних точок зображення, виділення вихідного зображення);
- зсув зображень (виконується одночасний зсув на задану кількість вліво, вправо, вверх, вниз на задану величину);
- масштабування зображення (відбувається стискування та розширення зображення на задану величину);
- поворот зображення;
- визначення центру зображення;
- виконання логічних операцій над зображенням;
- виділення контурів зображень заданої товщини.

Для виконання зсуву, масштабування, повороту, визначення центру зображення в око-процесорній системі використовується багатофункціональний паралельний процесор з оперативною пам'яттю (БПОП).

Швидкодія сучасних обчислювальних машин (ОМ) пов'язана з елементною базою та їх архітектурою. Характеристики сучасних ОМ обмежені в силу особливостей способу обміну інформацією між процесором та запам'ятовуючим пристроєм (обмеження Неймана). Особливості полягають в послідовному характері роботи (відсутня векторна обробка [12]) й використання механізму адресації [2]. Підвищити швидкодію можна використовуючи паралельні способи обробки даних. Як видно з рис.1 паралельна ОМ складається з набору комірок пам'яті (КП), блоку обробки та керування даними, вхідних та вихідних ліній та між елементних з'єднань. Зміст усіх КП обновляється паралельно, без використання механізму адресації.

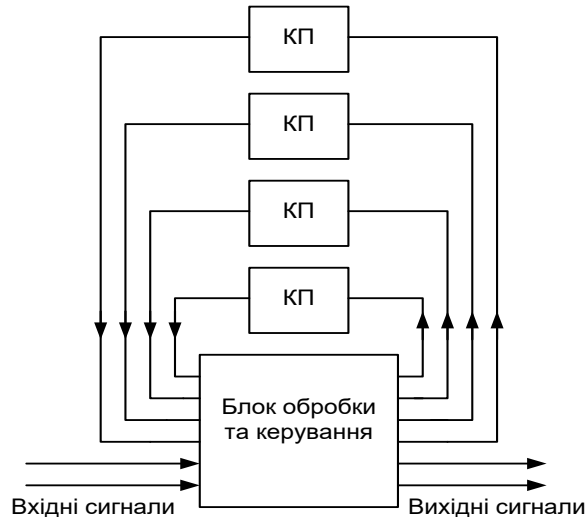


Рис.1

Засобами оптики, можна створювати велику кількість ширококутових каналів зв'язку, які працюють паралельно. Зображення, яке складається з мільйонів елементів, може передаватись через лінзи, призми, дзеркала, причому кожний елемент зображення можна розглядати, як окремий ширококутовий канал зв'язку. Промені світла при розповсюдженні в просторі не створюють впливу один на одного й не створюють перехресних завад. Тому використовуючи переваги оптики можна створювати нові архітектури побудови швидкодіючих паралельних оптичних ОМ. В роботі [3] розглядаються особливості організації та побудови БПОП, структурна схема якого зображена на рис. 2.

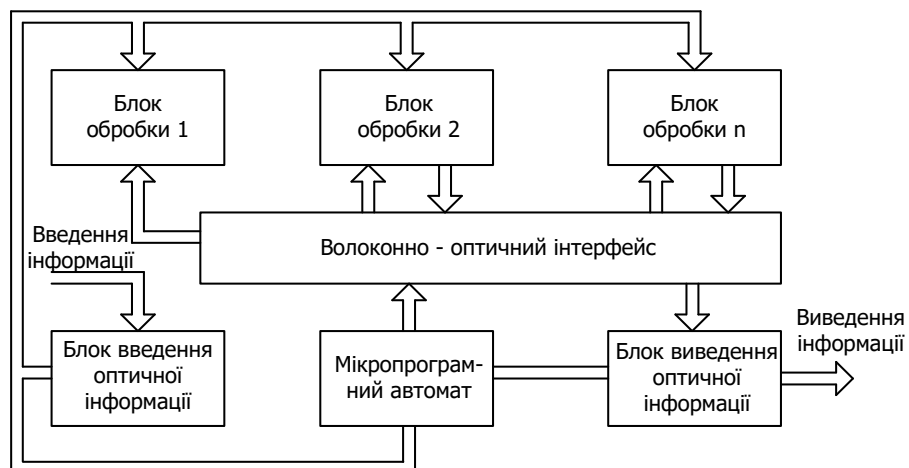


Рис. 2

З якою швидкістю пам'ять забезпечує командами та даними БПОП буде залежати його швидкодія. Для підвищення продуктивності роботи оперативної пам'яті доцільна організація паралельного режиму її роботи. Це можливо створити двома шляхами: організацією багатопроцесорної структури або використання асоціативної пам'яті. Однак використання багатопроцесорної структури повністю не забезпечує паралелізм, так як вибір інформації з процесора здійснюється послідовно. Використання асоціативної пам'яті підтримує паралельно-послідовний режим вибору й обміну інформації, а для повного паралелізму необхідно значно збільшувати кількість каналів, що практично не завжди можливо реалізувати. Таким чином об'єктом досліджень є оперативна пам'ять.

Організація оптичної оперативної пам'яті

В логіко-часових середовищах (ЛЧС) [4, 5], яким притаманні висока швидкість обробки великих масивів інформації, обумовлених паралельністю обчислень, основним елементом є елемент пам'яті (ЕП). Роботою ЕП (рис.3) оптичного оперативного запам'ятовуючого пристрою (ООЗП) задає вхід керування (ВК). Вхід запису (ВЗ) та зчитування (ВЧ) виконують функції запису й зчитування в відповідності з сигналом на вході керування. У ЛЧС ВК, ВЗ, ВЧ, вихід – оптичні, як найбільш зручні при паралельній обробці інформації.

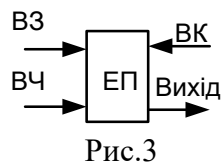


Рис.3

Існує чотири класи ООЗП: з руйнуванням записаної інформації, без руйнування записаної інформації, з коротко часовим руйнуванням інформації (з відновленням), з затримкою руйнування інформації [7, 5]. Перший вид ООЗП (рис.4) побудований на ЕП з оптичними входами, які реалізують функції читання, запису, при повному руйнуванні записаної інформації. Другий вид ООЗП (рис.5) також реалізує функції читання, запису але при зчитуванні руйнування інформації не відбувається. Третій вид ООЗП (рис.6) здійснює руйнування записаної інформації тільки на час її зчитування. Четвертий вид ООЗП (рис.7) затримує руйнування інформації на час наявності сигналу зчитування. Реалізовані ООЗП на оптоелектронних приладах з оптичними входами. Руйнування інформації відбувається за рахунок шунтування кола запам'ятовування елементом з набагато меншим внутрішнім опором.

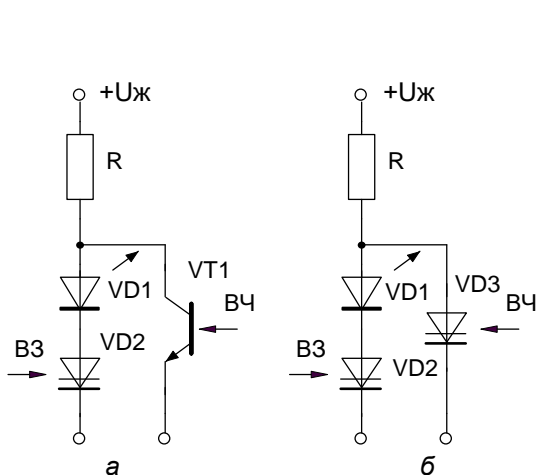


Рис.4

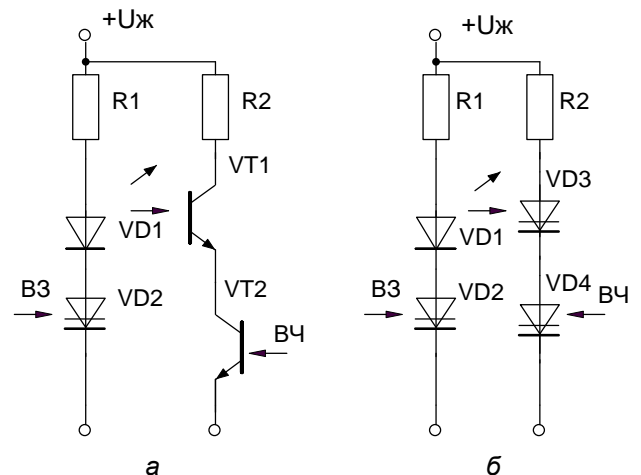


Рис.5

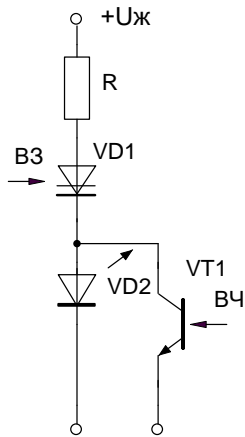


Рис.6

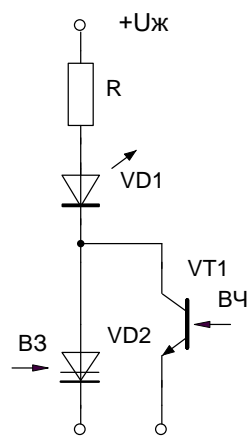
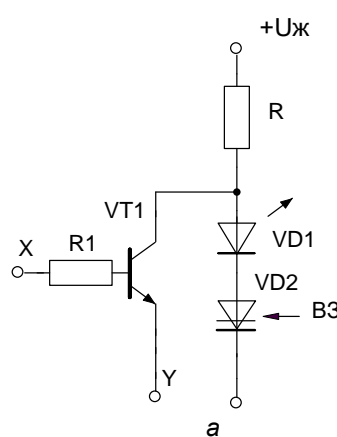
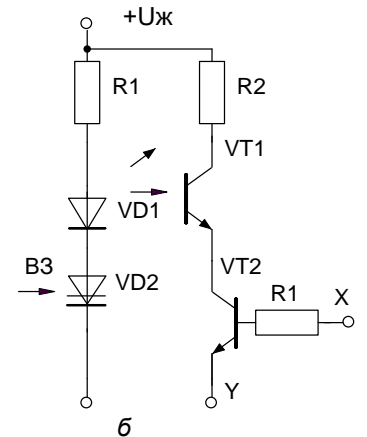


Рис.7



а

Рис.8

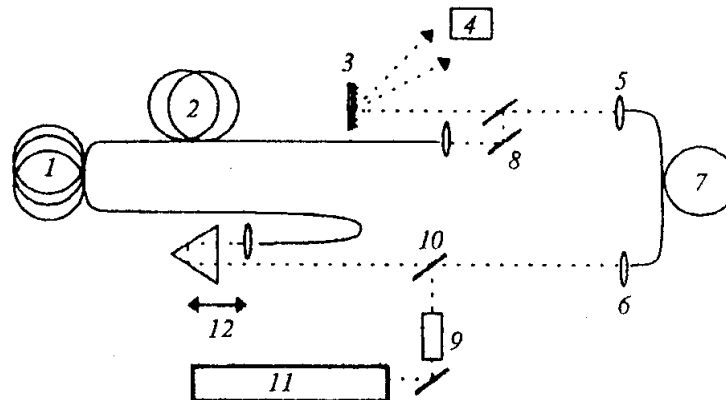


б

Розглянуті ООЗП використовують послідовний варіант зчитування інформації й не забезпечують доступ до кожного ЕП в будь-який момент часу. Інша схемотехнічна організація ЕП ООЗП (рис. 8) дозволяє проводити вибірку по координатному адресу, будь якого ЕП з руйнуванням (рис.8, а) та без руйнування (рис.8, б) інформації. Головний недолік таких ООЗП є високе споживання електроенергії при зчитуванні, розкид параметрів ЕП.

Область досліджень повністю оптичних систем передачі (обробки та збереження) є досить актуальною і публікуються багато статей присвячених таким розробкам [8,9,10].

В роботі [8] розглядається створення повністю оптичної динамічної пам'яті (рис.9).



- | | |
|------------------------|-----------------------------------|
| 1, 12– лінія затримки | 7– ВКР підсилювач |
| 2– ВКР генератор | 8– спектрально-селективний фільтр |
| 3– дифракційна решітка | 9– оптичний ізолятор |
| 4– фотоприймачі | 10– діелектричне дзеркало |
| 5, 6 – об'єктиви | 11– лазер |

Рис. 9

Інформація зберігається в вигляді світлових імпульсів, які безперервно рухаються по світловоконному кільці. Основна проблема при створенні такого пристрою – це отримати, щоб співвідношення між амплітудою сигналу й середнім рівнем шумів залишалась постійним на протязі часу зберігання. Складність в тому, що пристрій повинен мати підсилювач світла для компенсації ослаблення сигналу за рахунок втрат, але при цьому підсилювач не повинен підсилювати шуми. Для цього потрібний підсилювач світла, який має порогову передаточну характеристику. При виконанні цих умов, а також при збереженні форми імпульсів та їх певного положення в часі інформація в вигляді кодової послідовності

світових імпульсів може зберігатись в волоконному кільці невизначено довгий час. В роботі [8] ця проблема була розв'язана з використанням вимушеного романівського розсіювання.

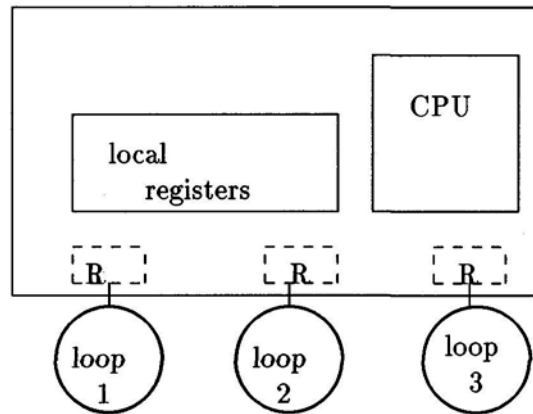


Рис.10

В роботі [9] в якості ЕП використовується 3 лінії затримки (рис.10), які виконані на елементах ВОЛЗ. Кожна лінія затримки складається з 32 фізичних ліній для організації 32 розрядних слів. Застосування ліній затримки дозволяє побудувати послідовну пам'ять для динамічного зберігання оптичної інформації. Для побудови оптичних ОМ потрібно використовувати паралельні алгоритми обробки для структурованих даних [9].

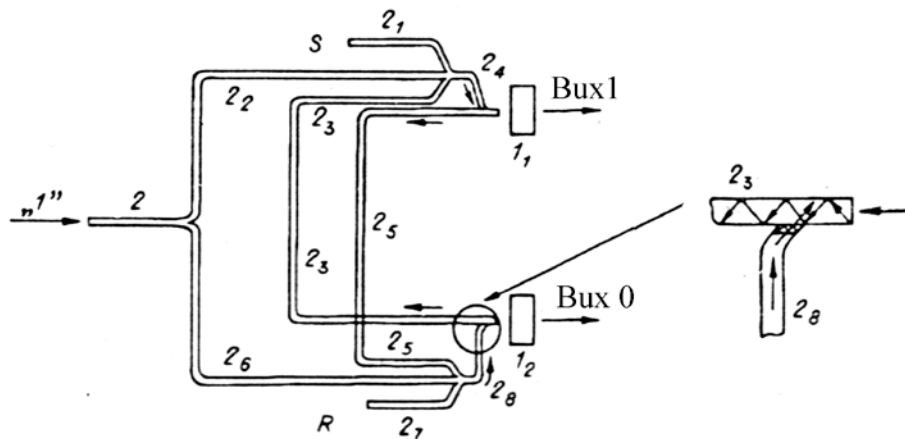


Рис.11

В роботі [10] розглядається побудова ЕП на оптичному тригері, яка є перспективною для застосування в БПОП. Функціональна схема ЕП представлена на рис. 11, де $1_1, 1_2$ – оптичний бістабільний елемент (ОБЕ), $2_i, i=1,8$ – некеровані направлені відгалужувачі (оптичні хвилеводи), „1” – постійний вхідний оптичний сигнал одичної інтенсивності, S – S вхід тригера, R – R вхід тригера, $Bux.1, Bux. 0$ – одиничний та нульовий виходи тригера. В початковий момент часу, коли на входах S та R відсутні оптичні імпульси, на входи 1_1 та 1_2 по відгалужувачам $2_2, 2_4, 2_6, 2_8$ поступають світлові потоки половинної інтенсивності. Так як такої інтенсивності недостатньо для спрацьовування ОБЕ, то світлові потоки на входах ОБЕ повністю відгалужуються й по ділянках $2_3, 2_5$ поступають на входи ОБЕ 1_1 та 1_2 , де вони додаються в відгалужувачах 2_4 та 2_8 з потоками половинної інтенсивності з відгалужень $2_2, 2_6$. Внаслідок неоднакової довжини відгалужень, варіацій коефіцієнта згасання в них перше початково спрацьовує тільки один з ОБЕ, наприклад 1_1 . Спрацьовування ОБЕ 1_1 означає, що весь вхідний світловий потік з відгалуження 2_4 проходить на вихід ОБЕ 1_1 , а відгалужений

потік дорівнює 0. Таким чином з відгалуження 2₅ світловий потік зникає, й на виході відгалуження 2₈ існує світловий потік половинної інтенсивності, який поступає з 2₆. З подачею одиничного оптичного сигналу на вхід R, який разом з світловим потоком з відгалуження 2₆, на виході відгалуження 2₈ формується світловий потік з інтенсивністю вище порогу спрацьовування ОБЕ 1₂ й на його виході появляється одиничний сигнал.

Відгалужений потік, який поступає до відгалуження 2₃, дорівнює 0, при цьому інтенсивність сумарного потоку на виході відгалуження 2₄ стає меншим рівня спрацьовування ОБЕ 1₁. Це приводить до зникненню сигналу на виході ОБЕ 1₁ й появи відгалуженого потоку половинної інтенсивності в відгалуженні 2₅, який складається в відгалуженні 2₈ з потоком від відгалужувача 2₆, підтримують інтенсивність ОБЕ 1₂ на рівні його спрацьовування по закінченні імпульсу на вході R. При появі оптичного сигналу на вході S робота оптичного тригера відбувається аналогічно. Для виключення втрат відгалуженого світлового потоку за рахунок попадання в відгалуження 2₄ або 2₈ при з'єднанні відгалужень необхідно передбачити напівпрозору контактну поверхню, яка пропускає прямий потік й відгалужує відбитий.

Для застосування оптичного тригера в БПОП потрібно застосувати методи хвильової конверсії [11]. Одним з методів хвильової конверсії оснований на використанні фероелектричного кристалу, в якому створюються умови для нелінійного оптичної взаємодії. Використання фероелектричного кристалу дозволяє реалізувати оптичний тригер в інтегральному виконанні. Сигнали керування R, S від блоку керування БПОП можуть поступати на довжині хвилі λ_k , а довжина хвилі оптичного сигналу λ_c , то на вході ОБЕ отримаємо сигнал з частотою

$$\lambda = \frac{\lambda_k \cdot \lambda_c}{\lambda_k - \lambda_c}.$$

В якості ОБЕ можна застосувати ЕП, зображений на рис.4 (без VT1) або оптичний циркулятор.

Висновки

Елементи пам'яті, які зображені на рис. 4 – рис.8 можуть бути використані як елементи оперативної зовнішньої пам'яті. Швидкодія їх дорівнює $10^{-7} \dots 10^{-9}$ с [5]. Такі ЕП легко реалізовувати в інтегральному виконанні на будь-яку ємність. Оптичну динамічну пам'ять доцільно використовувати для побудови волоконних ліній зв'язку. Не зважаючи на великі габарити волоконного контуру (870м [8]), малу ємність, швидкодія досягає 10^{-12} с (сотні ГГц). Для організації багатопроекторних ОМ в якості елементів динамічної пам'яті можна використовувати лінії затримки, для керування якими потрібні ефективні паралельні алгоритми. В якості пам'яті прямого доступу БПОП можна застосувати оптичні тригери, які можна виконувати в інтегральному виконанні.

1. Вербовецкий А. А. Современные нетрадиционные методы построения цифровых много канальных оптических логических систем. // Зарубежная радиоэлектроника. – 1998. – №4. – с.16 – 45.
2. Хуан А. Об архитектуре оптической цифровой вычислительной машины.// ТИИЭР. – 1984. – т.72, №7. – с.34 – 41.
3. Кожем'яко В. П., Лисенко Г. Л., Цирульник С. М. Архітектура логіко-часового оптоелектронного процесора обробки зображень.// Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2004. – №1(7). – с.103–110.
4. Сачанюк – Кравецька Н. В., Кожем'яко В. П. Елементи око-процесорної обробки зображень в логіко-часовому середовищі. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2004. – 135 с.

5. Кожемяко В. П., Тимченко Л. И., Белан С. Н., Поплавский С. Н. Параллельные вычислительные методы и средства пирамидальной обработки информации. Учебное пособие. – Киев, 1993г.
6. Натрошвили О. Г., Кожемяко В. П., Саникидзе Д. О. Организация оптоэлектронных некогерентных процессоров ЦВМ.– Тбилиси: Ганатлеба, 1989. – 512с.
7. Балашов Е. П., Кноль А. И. Многофункциональные запоминающие устройства. – Л.: Энергия. – 140с.
8. Петров М. П., Белотицкий В. И., Кузин Е. А., Спирин В. В. Полностью оптическая кольцевая волоконная память долговременного хранения, основанная на использовании ВКР//Квантовая электроника. – 1995. – т.22, №12. – с.1245.
9. Reif J., Tyagi A. Optical delay line memory model with efficient algorithms.// Optical Engineering. – Vol. 36, №9, September 1997, p.2521-2535.
10. Соколов С. В. О применении волноводной оптики для построения функциональных элементов оптических ЦВМ.// Автометрия. – 1992. –№4, с.62-65.
11. Убайдуллаев Р. Р. Волоконно-оптические сети. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1998. –270с.
12. www.parallel.ru/vvv/lec.html
13. www.top500.org