

## КОНЦЕПЦІЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Кошман С. О.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*У статті основна увага приділяється аналізу існуючих методів підвищення продуктивності обчислювальних систем обробки інформації. Також пропонуються можливі шляхи вирішення даної проблеми. Матеріали даної статті можуть бути використані при створенні засобів обробки цифрової інформації, що функціонують у реальному часі вирішення алгоритму управління.*

**Постановка проблеми.** Сучасні систем обробки інформації (СОІ), які створені на основі використання позиційних систем числення, удосконалюються в основному за рахунок мініатюризації своєї елементної бази, а також створення багато процесорних комп'ютерних систем (SMP – системи). Перехід до надвеликих інтегральних схем (НВІС) істотно поліпшило основні характеристики СОІ, насамперед такі, як продуктивність, надійність, габарити, споживану потужність.

Проте мініатюризація елементної бази на основі застосування НВІС і прогамованих логічних інтегральних схем (ПЛІС) (мінімізація міжсхемних сполучень між НВІС, зменшення кількості вживаних типів НВІС і так далі), практично досягла межі. В даний час розмір топологічних елементів, що входять в НВІС, складає приблизно  $0,5 \div 0,1$  мкм. Подальше зменшення розмірів, елементів, що входять в НВІС, викликає значні труднощі, що полягають насамперед в наступному: вирішення проблеми контролю і діагностики НВІС; монтаж невеликих кристалів знижує деякі показники надійності СОІ; щільність упаковки елементів погіршує економічні показники; при зменшенні розмірів елементів НВІС виникає необхідність в зниженні робочої напруги, для якої межею можуть бути термодинамічні процеси, що відбуваються в них (наприклад, власні шуми), і одночасно з цим сам напівпровідниковий матеріал на кремнієвій основі має максимально допустимі значення напруженості електричного поля, які також обмежують розміри транзисторів.

Одночасно з цим, у зв'язку зі складністю і масштабістю вирішуваних проблем по створенню систем штучного інтелекту, вирішенню задач метеорології, аеродинаміки, фізики, задач військового призначення, задачі обробки зображень і мовної інформації при ліміті часу і ін., вимоги до підвищення надійності і до збільшення як системної (продуктивність, що досягається при вирішенні сукупності задач поставлених користувачем), так і користувальної (продуктивність, що досягається при рішенні однієї окремо узятій задачі) продуктивності СОІ постійно зростають.

Дана обставина обумовлює необхідність подальших досліджень шляхом підвищення системною і особливо користувальної продуктивності (зменшення часу рішення даної конкретної задачі).

**Мета статті.** Огляд існуючих методів підвищення продуктивності систем реального часу, та пропонування альтернативних методів заснованих на викори-

станні непозиційної системи числення, а саме системи залишкових класів (СЗК).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Існує два основні глобальні напрями, які дозволяють вирішувати вищезгадані завдання:

- створення принципово нової елементної бази обчислювальної техніки;
- створення обчислювальної системи новаторської архітектури, яка передбачає реалізацію голографічних принципів переробки інформації.

Відзначимо, що між цими двома напрямками підвищення ефективності використання СОІ реального часу існує тісний зв'язок. Дійсно, нова елементна база обчислювачів, можливо, зажадає для свого застосування ефективнішого використання принципово нової організації обчислювального процесу на основі новаторської архітектури СОІ, а створення обчислювальних структур глобальної переробки інформації, пред'являє підвищені вимоги до елементної бази СОІ шляхом її вдосконалення або створення нової, такої, що істотно відрізняється від тієї, що вже існує.

Сучасні концепції створення перспективних СОІ ґрунтуються на синтезі комп'ютерних систем (КС) паралельної обробки інформації шляхом використання голографічного принципу обробки інформації [1-2].

**Основні матеріали дослідження.** Розглянемо існуючі і можливі перспективні шляхи підвищення продуктивності СОІ. Надалі під продуктивністю СОІ нас буде цікавити тільки користувальна продуктивність. Намітилися або вже реалізуються наступні шляхи підвищення безвідмовності і продуктивності СОІ:

- створення СОІ з набору процесорів або ряду окремих засобів обробки інформації (багатомашинні комплекси і багато процесорні системи, конвеєрні (магістральні) обчислювальні системи і тому подібне);
- використання деяких властивостей даного класу задач що вирішуються (природний паралелізм і паралелізм безлічі об'єктів, паралелізм незалежних гілок і суміжних операцій, штучний паралелізм та ін.);
- застосування табличних (матричних) методів переробки інформації [3-4];
- підвищення продуктивності на базі одного процесора шляхом використання принципово нової елементної бази, оскільки час перемикання елементів, з яких будується сучасний процесор, вже сьогодні близький до своєї межі;
- розробка нової архітектури надпродуктивного

процесора на основі використання голографічного принципу переробки інформації.

Оцінимо вплив зазначених вище шляхів на підвищення продуктивності систем обробки цифрової інформації.

Використання набору процесорів дозволяє підвищити системну продуктивність, залишаючи значення користувальної продуктивності СОІ в одних і тих же межах. Окрім цього, застосування даного методу підвищення продуктивності СОІ вимагає для своєї реалізації значної кількості обладнання, що обмежує його широке практичне використання.

Застосування методів підвищення продуктивності, заснованих на використанні деяких властивостей задач що вирішуються, дозволяє підвищити продуктивність СОІ, однак сфера використання їх обмежується класом тих задач що вирішуються. Окрім цього, сам процес штучного розчленування алгоритму, визначення і виділення незалежних гілок вимагає великих трудовитрат, причому, не завжди можливе розпаралелювання довільних алгоритмів взагалі. Розвиток сучасної мікроелектронної бази, заснований в основному на застосуванні великих і надвеликих інтегральних схем, зокрема з регулярною структурою, дав поштовх до дослідження можливості застосування табличних методів обробки інформації. Застосування табличних методів обробки інформації може забезпечити надвисоку продуктивність (за рахунок можливості розпаралелювання елементарної операції) і надійність, а також обумовлює високий ступінь регулярності і однорідності структури пристроїв для їх реалізації. Істотним недоліком (який обумовлює труднощі, а в деяких випадках і неможливість їх практичної реалізації) табличних методів переробки цифрової інформації, що застосовуються в ПСС, залишається значна кількість обладнання матричних схем. Наприклад, хай точність обчислень для СОІ в ПСС складе величину  $Z$ , а основа системи числення дорівнює  $q$ . В цьому випадку число адрес, наприклад, для матричного постійного запам'ятовувального пристрою, буде дорівнюватись  $q^Z$ . Тобто для значень  $Z=128$ ,  $q=2$  число адрес дорівнює  $2^{128}$ , а число схем збігу у вузлах матричного ПЗП дорівнює  $2^{256}$ , що навряд чи доцільно і реалізуємо для позиційних СОІ.

Можливість істотно підвищити продуктивність СОІ на основі застосування нової елементної бази зв'язана, перш за все, з розробкою теорії створення оптичних, оптоелектронних і молекулярних обчислювачів.

Дійсно, фотонні СОІ в принципі можуть працювати в тисячі разів швидше за самі швидкодіючі електронні обчислювачі. Це обумовлено тим, що в реальних умовах електрони рухаються в кремнієвому кристалі із швидкістю менш одного відсотка швидкості світла, а фотони завжди рухаються із швидкістю світла. У цьому плані фотонне перемикачання може відбуватися в десятки тисяч разів швидше електронного.

Друга перевага застосування оптики полягає в тому, що фотони практично не роблять впливу один на одного, і окремі пучки світла, що беруть участь в обробці цифрової інформації, в оптичному перемикачі залишаються роздільними.

І, нарешті, третя особливість використання опти-

ки полягає в тому, що перемикач, побудований на даній основі, може оперувати більш ніж з двома стійкими станами. Це дозволить реалізувати додаткові функції перемикача, підвищивши число рівнів яскравості лазерного променя.

Таким чином, створення оптичних (фотонних) СОІ може виявитися вирішальним фактором при створенні волоконно-оптичних кабельних мереж передачі інформації, оскільки в приймальних і передавальних пунктах існуючих волоконно-оптичних каналах зв'язку потрібна обробка світлових сигналів за допомогою СОІ. Сучасні системи обробки цифрової інформації "витрачають" дуже багато часу і обладнання на перетворення інформації з "фотонного" вигляду в "електронний" і назад, що знижує загальну ефективність використання волоконної оптики для передачі і обробки інформації. Існуючі оптичні перемикачі, що складають основу фотонних процесів, вимагають значних енерговитрат і вони набагато більше по габаритах, ніж існуючі напівпровідникові електронні пристрої з кремнію.

Окрім цього, існує проблема розсіювання і відведення потужності живлення оптичних перемикачів. Таким чином, створення і використання фотонних СОІ, у зв'язку з вищезначеними невирішеними проблемами, є, на жаль, дуже далекою перспективою.

Оскільки існуючі методи підвищення продуктивності СОІ оперують з даними, представленими у ПСС, виникає трудність організації процесу утворення і розповсюдження цифр переносу між двійковими розрядами операндів, що обробляються. Алгоритмічний зв'язок в ПСС всіх двійкових розрядів операнда між собою обумовлює той факт, що одинична відмова або збій схеми обробки одного двійкового розряду операційного пристрою здатні викликати не одноразову, а багатократні помилки у машинному слові. До того ж наявність міжрозрядних зв'язків не дозволяє розпаралелювати вирішувані алгоритми на рівні елементарних операцій.

Одним з вирішень вище вказаної проблеми представляється можливість використання непозиційних систем числення, однією з яких є система залишкових класів (СЗК) [5]. У СЗК операнд  $A$  представляється у вигляді набору залишків  $\{a_i\}$ ,  $i = \overline{1, n}$ , які утворюються шляхом ділення вихідного числа на набір модулів (або основ)  $\{m_i\}$ , за умови, що вони є взаємно-попарно прості числа, тобто для будь-якої пари основ найбільший загальний дільник дорівнює одиниці:

$$(m_i, m_j) = 1; i \neq j, \text{ де } a_i = A - \left[ \frac{A}{m_i} \right] m_i.$$

Застосування СЗК дозволяє створювати нетрадиційну архітектуру СОІ, яка допомагає усунути вище вказані недоліки, що очевидно з аналізу властивостей СОК.

1. Незалежність залишків. Ця властивість дає можливість побудувати СОІ у вигляді набору інформаційно незалежних обчислювальних трактів (рис. 1) тобто окремих СОІ, що функціонують по своєму окремому модулю  $m_i$  у СЗК. При цьому помилки, що

виникають за рахунок відмов (збоїв) схем двійкових розрядів в довільному обчислювальному тракті, не "розмножуються" у сусідні тракти, а залишаються в межах одного залишку, що дає можливість підвищити достовірність обчислень у СЗК.

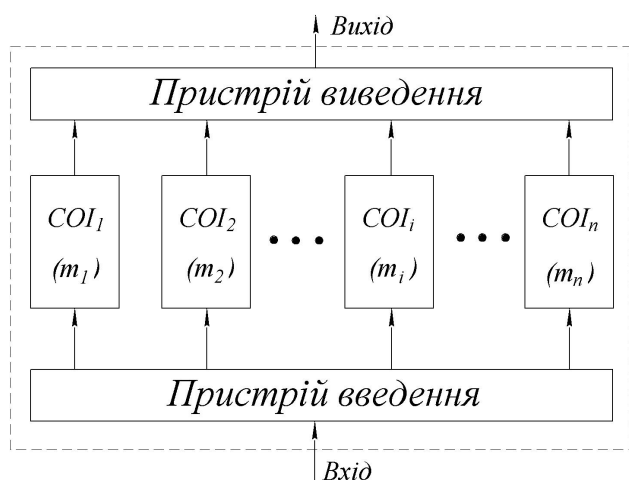


Рисунок 1 – Загальна структурна схема COI у системі залишкових класів

Властивість незалежності залишків породжує можливість організації паралельної обробки інформації, що представляється у залишках.

2. Равноправність залишків. Будь-який залишок  $a_i$  числа  $A_k$  у СЗК несе інформацію про все початкове число, що дає можливість програмними методами замінити спотворений тракт по модулю  $m_i$  на справний (контрольний) тракт по модулю  $m_j$  ( $m_i < m_j$ ), не перериваючи рішення задачі.

3. Малорозрядність залишків. Ця властивість дозволяє суттєво підвищити швидкість виконання арифметичних операцій як за рахунок малорозрядності обчислювальних трактів COI, так і за рахунок можливості застосування (на відміну від ПСС) табличної арифметики, де арифметичні операції складання, віднімання і множення виконуються практично в один машинний такт.

Виходячи з вище вказаних властивостей розглянемо правило виконання арифметичних операцій у СЗК. Позначимо узагальнену арифметичну операцію як  $\otimes$ , тоді для чисел  $A$  і  $B$ , представлених кодом СЗК, результат операції можна представити таким чином:

$$A = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n), \quad B = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n) \quad \text{тоді}$$

$$A \otimes B = ((\alpha_1 \otimes \beta_1) \bmod m_1, \dots, (\alpha_n \otimes \beta_n) \bmod m_n).$$

При цьому необхідно, щоб виконувалися наступні нерівності:  $A < M \cdot B < M$ ,  $(A \otimes B) < M$ , де  $M = \prod_{i=1}^n m_i$ . Ці

вимоги обумовлені необхідністю невиходу з діапазону  $[0, M)$  як операндів, так і результату операції (тобто, можливість взаємно однозначної відповідності чисел у СЗК і у ПСЧ). Виходячи з алгоритму виконання арифметичних операцій, очевидна відсутність міжрозрядних зв'язків між залишками.

**Висновки.** У статті розглянуті основні концепції підвищення продуктивності COI. З перерахованих

шляхів підвищення продуктивності очевидна реальна перспективність створення COI новаторської архітектури, що реалізує принципи паралелізму при обробці інформації, заснована на застосуванні системи числення в залишкових класах.

## Список використаних джерел

1. Мельник А. О. Архітектура комп'ютера / А. О. Мельник. – Луцьк: Волинська обласна друкарня, 2008. – 470 с.
2. Воеводин В. В. Параллельные вычисления / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
3. Фурман И. А. Вариант синтеза процессора в системе остаточных классов / И. А. Фурман, С. А. Кошман, В. А. Краснобаев // Радиотехника и Информатика. – 2003. – № 2. – С. 94–96.
4. Кошман С. А. Концепция создания системы обработки цифровой информации на основе использования системы остаточных классов / С. А. Кошман // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – № 7 (48). – С. 138–141.
5. Koshman S. A. Method of Realization of Cryptographic RSA Transformations on the Basis of Application of Modular Number System / S. A. Koshman, V. A. Krasnobayev // Biomedical Soft Computing and Human Sciences. – 2011. – Vol.17, No. 2. – pp.31-36.

## Аннотация

### КОНЦЕПЦИЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Кошман С. А.

*В статье основное внимание уделяется анализу существующих методов повышения производительности вычислительных систем обработки информации. Так же предлагаются возможные пути решения данной проблемы. Материалы данной статьи могут быть использованы при создании средств обработки цифровой информации, функционирующих в реальном времени решения алгоритма управления.*

## Abstract

### CONCEPTION OF INCREASE TO THE PRODUCTIVITY OF TREATMENT INFORMATION IN REAL TIME

S. Koshman

*In the article basic attention is spared to the analysis of existent methods of increase of the productivity of the computer systems of treatment of information. The possible ways of decision of this problem are similarly offered. Materials of this article can be used for creation of facilities of treatment of digital information, functioning in real time decisions of management algorithm.*