

## МАСКУВАННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ У МАТРИЧНИХ ПРИСТРОЯХ ПРИ НАБЛИЖЕНИХ ОБЧИСЛЕННЯХ

Кузнєцов М.О.

Науковий керівник - проф.каф. «Комп'ютерних інтелектуальних систем та мереж»,  
док. техн. наук Дрозд О.В.

На сьогоднішній день до найбільш стійких тенденцій у розвитку обчислювальної техніки слід віднести постійний ріст частки обробки наближених даних, а також розпаралелювання обчислень. Як правило, наближені дані представляються у форматах із плаваючою крапкою й обробляються в частині виконання операцій над мантисами [1].

З кожним днем обчислювальні обладнання стають більш продуктивними. При підвищенні продуктивності арифметичних обладнань накладаються додаткові обмеження на мікросхеми та чіпи з яких виробляють плати самого обладнання. Так, при підвищенні продуктивності часто виникає проблема, пов'язана з нагріванням елементів і подальшому їхньому виходу із ладу. При цьому однією з характерних несправностей у схемах є «закоротка». Вона може виникати при пробі шарів мікросхем, при нагріванні елементів схеми й інших випадках.

При роботі сучасні обчислювальні обладнань із числами у форматах наближених даних, тобто із числами із плаваючою крапкою, при виникненні несправності в схемі, яка викликала помилку в роботі компонентів схеми, сама помилка може не вплинути на остаточний результат, тому що вона може виникати при обчисленні несуттєвих розрядів чисел, які в процесі обчислень були відкинуті при зрушенні, або в наслідку операції округлення. У даному випадку відбулося маскування несправності, а сама помилка є несуттєвою, тому що вона не впливає на вірогідність остаточного результату [2].

Тому можна простежити особливості прояву несправностей у сучасних обчислювальних обладнаннях і визначити шляхи обмеження такого прояву, що веде до зменшення кількості несправностей і недостовірних результатів, а також знижує втрати продуктивності, що мають місце при перерахуванні недостовірних результатів.

Наближені дані найбільше природно представляються в нормальній формі, використовуючи формати із плаваючою крапкою. Запис числа із плаваючою крапкою має вигляд  $M \times q^E$ , де  $M$  – мантиса,  $q$  – підстава системи числення,  $E$  – експонента, тобто в самому записі числа із плаваючою крапкою присутня операція множення. Отже, ця операція присутня й у всіх діях над наближеними даними.

Особливість виконання операції множення над двійковими кодами мантис полягає в тому, що розряди проміжних результатів і добутку значно частіше ухвалюють нульові значення ніж одиничні. Наприклад, розряди добутку двох двурозрядних кодів ухвалюють 50 нульових і 14 одиничних значень. Цей феномен також приводить до маскуванню несправностей при наближених обчисленнях, причому він підсилюється при розпаралелюванні обчислень на рівні функцій, коли використовуються елементи зі збільшеним коефіцієнтом об'єднання по входах.

Для розглядання та вирішення задач пов'язаних з маскуванням несправностей у матричних пристроях при наближених обчисленнях при роботі з числами в форматі із плаваючою крапкою були розроблені моделі різних арифметичних пристроїв, що можуть працювати в нормальному режимі та в режимах введення несправностей [3].

При розробці моделей паралельного арифметичного зсувача мантис та матричного помножувача було розглянуто уважно різноманітні варіанти характерних несправностей, що часто можуть виникати в пристроях, а саме попарних “закороток”.

Так “закоротоки” можуть виникати як на входах матричних пристроїв та впливати чи ні на вірогідність одержаного результату на виходах пристрою. А також “закоротки” можуть виникати всередині самого арифметичного пристрою, що також може привести к виникненню ситуації з розділенням всіх помилок на групи суттєвих та несуттєвих помилок, в результаті характеру впливу несправності на вірогідність остаточного результату в операціях при наближених обчисленнях.

Також при дослідженні різних видів “закороток” було розглянуті ситуації побудови матричних пристроїв на різних видах елементних баз. При цьому було виявлено, що в залежності від вибору елементних баз при попарному замиканні деяких контактів схем, результуючий сигнал може обчислюватися, як за схемою логічного “І” так за схемою логічного “АБО”. В залежності від вибору елементних баз деякі несправності також маскуються і не впливають на остаточний результат обчислень матричних пристроїв при наближених обчисленнях.

Були проведені експерименти, як на моделях матричних пристроях розроблених в “Delphi” так і в моделях, що розроблялися в системі автоматизованого проектування схем “Quartus”. Результати моделювань показали, що для матричних пристроях, таких як арифметичний зсувач мантис та матричний помножувач у 80% результатів, обчислених при несправності, не міститься помилок. А також більш ніж 90% результатів, обчислених під дією несправності, є достовірними.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ANSI/IEEE Std 754-1985. IEEE Standard for Binary Floating-Point Arithmetic. IEEE, New York, USA, 1985. – 18 с
2. Дрозд А.В. Нетрадиционный взгляд на рабочее диагностирование вычислительных устройств // Проблемы управления. — 2008. — № 2. — С. 48 — 56.
3. Blyzniuk M., Kazymyra I., Kuzmicz W., Pleskacz W. A., Raik J., Ubar R. Probabilistic analysis of CMOS physical defects in VLSI circuits for test coverage improvement // Microelectronics Reliability. — 2001. — vol. 41/12. — P. 2023 — 2040