

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

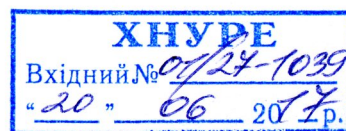
на дисертаційну роботу Тамер Абдельмаджід Салех Бані-Амер «Хмарний сервіс-комп'ютинг для тестування і моделювання SoC-компонентів», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

Нова парадигма обчислень «комп'ютинг як сервіс» забезпечує надання обчислювальних ресурсів на вимогу – від додатків до центрів обробки даних. В якості сервісів можуть надаватися: програмне забезпечення «Software as a Service (SaaS)», платформи «Platform as a Service (PaaS)», інфраструктури Infrastructure as a Service (IaaS), сховища даних «Storage as a Service», бази даних «Database as a Service», інформація «Information as a Service», процеси керування «Process as a Service», додатки «Application as a Service», інтеграція ПЗ «Integration as –a Service », безпека «Security as a Service », засоби тестування «Testing as a Service». Хмарні ресурси дозволяють істотно зменшити час вирішення задач проектування, тестування і верифікації цифрових систем на кристалах за рахунок використання обчислювальних потужностей і сховищ даних через мережу Internet.

Квантові обчислення дозволяють розширити традиційні межі застосування комп'ютерних систем і можуть бути корисними для вирішення спеціалізованих завдань.

Тема дисертаційної роботи пов'язана з хмарною реалізацією нової технології проектування і тестування цифрових систем на основі використання векторної (кубітної) форми опису функцій і структур, орієнтованої на імплементацію комбінаційних схем в елементах пам'яті. Зазначена форма має істотні переваги перед традиційними таблицями істинності: векторна компактність опису функцій, паралелізм аналізу і синтезу цифрових пристроїв, дискретність переплутування станів, вбудована ремонтпридатність виробів, технологічна суперпозиційність одержуваних рішень, одночасність обчислення булеана, що скорочує час вирішення задачі покриття. Практично векторна форма опису функціональностей дає можливість істотно підвищити швидкість синтезу, аналізу, верифікації, тестування, діагностування та ремонту обчислювальних пристроїв шляхом створення відповідних хмарних сервісів.

Науково-практична задача дослідження – приведення опису функцій і структур до єдиної одновимірної кубітно-векторної метрики в цілях технологічного вирішення задач синтезу й аналізу обчислювальних пристроїв шля-



хом виконання паралельних логічних операцій в рамках memory-driven computing.

Сутність запропонованого науково-технологічного дослідження полягає у створенні векторних структур даних і кубітних методів синтезу, тестування і моделювання, інтегрованих в хмарну інфраструктуру сервісного обслуговування компонентів цифрових систем на кристалах з метою підвищення якості виробів і виходу придатної продукції за рахунок адресовних обчислювальних процесів і явищ. Основна інноваційна ідея запропонованої МАТ-моделі обчислень полягає в синтезі й аналізі векторних цифрових структур на основі адресовних елементів пам'яті, що виключають використання традиційної логіки.

Автором поставлено та вирішено такі задачі: 1) розробка моделі та напрямів сталого розвитку кіберфізичного комп'ютингу для прогнозування аттракторів в області ІТ-індустрії на основі просторово-часового аналізу технологічних процесів; 2) удосконалення векторних моделей кубітного представлення структур і компонентів цифрових систем на основі адресного кодування вхідних сигналів для підвищення технологічності та швидкодії моделювання; 3) розробка методів синтезу та аналізу векторних описів цифрових схем на основі використання кубітних покриттів для вирішення задач тестування і верифікації; 4) розробка хмарної інфраструктури сервісного обслуговування для online проектування і верифікації цифрових проектів з метою зменшення періоду налагодження (time-to-market) HDL-коду; 5) виконання тестової верифікацій компонентів хмарної інфраструктури сервісного обслуговування, а також методів моделювання, синтезу та аналізу на реальних прикладах цифрових схем і компонентів.

Результати дисертації отримано відповідно до планів держбюджетних НДР і господарських договорів, виконуваних на кафедрі АПОТ Харківського національного університету радіоелектроніки в період з 2014 року, в тому числі: 1) Договір про дружбу та співробітництво між ХНУРЕ та корпорацією «Aldec Inc.» (USA) №04 від 01.11.2014; 2) Держбюджетна НДР «Мультипроцесорна система пошуку, розпізнавання та прийняття рішень для інформаційної комп'ютерної екосистеми», д/б № 269 (2011-2013), №ДР 0111U002956; 3) Фундаментальна НДР «Персональний віртуальний кіберкомп'ютер та інфраструктура аналізу кіберпростору», №258 (2012-2014). 4) SEIDA BAITSE "Baltic Academic IT Security Exchange", Blekinge Institute of Technology, Sweden. 5) Curricula Development for New Specialization: Master of Engineering in Microsystems Design 530785-TEMPUS-1-2012-1-PL-TEMPUS-JPCR MastMST (2012-2016). 6) State grant from Ministry of Education and Science of Ukraine "Cyber Physical System Smart Cloud Traffic Control" № 0115U-000712 (2015-2017).

Характеристика основних розділів роботи:

Вступна частина містить обґрунтування актуальності розв'язуваних задач, визначення мети, об'єкта, предмета і задач дослідження; наукову новизну і практичну значущість результатів дослідження, відомості про публікації та апробацію отриманих результатів.

Перший розділ присвячено розгляду нової парадигми обчислень, орієнтованої на наближення даних до місць їх обробки. Виконано аналітичний огляд архітектур обчислювальних платформ і реконфігурованого комп'ютингу, що використовують memory-driven проектування процесорних компонентів, орієнтоване на підвищення швидкодії програмних і апаратних засобів аналізу цифрових пристроїв, а також істотне збільшення виходу придатної продукції і зменшення часу її виходу на ринок. Описано алгоритм проектування програмовних матриць FPGA, види несправностей FPGA і методи їх виявлення, методи забезпечення відмовостійкості та відновлення працездатності.

У другому розділі запропоновано кіберкультуру мікро-макро-космо-комп'ютингу, спрямовану на формулювання і прогнозування сучасних технологій моніторингу та управління процесами і явищами у фізичному, віртуальному та космологічному просторі. Розроблено модель сталого розвитку комп'ютингу. Показано, що поняття комп'ютингу розвивається з класичної автоматної моделі обчислювача, що об'єднує механізми управління і виконання, сигнали моніторингу та актуації, входи для введення інструкцій і даних, а також виходи станів системи і результатів. Запропоновано визначення комп'ютингу як процесу досягнення поставленої мети шляхом використання механізмів управління та виконання в циклічно замкнутій системі з заданими входами і виходами, сигналами моніторингу та актуації. Модель комп'ютингу може бути застосована для моніторингу та управління процесами і явищами в усіх областях діяльності людини і природи.

Розроблено універсальну модель МАТ-комп'ютингу: <Memory, Address, Transactions>, яка використовує три компоненти для створення обчислювальної структури. Важливо, що будь-який компонент визначається за допомогою взаємодії двох інших. Універсальне характеристичне рівняння комп'ютингу оперує єдиною адресною транзакцією (зчитування–запис) даних між джерелом і приймачем.

У третьому розділі представлено методи і апаратно-програмні реалізації безумовного паралельного синтезу тестів на основі булевих похідних для логічних схем у вигляді black box, заданих кубітним покриттям. Надано теоретичне обґрунтування застосування методів і оцінки їх ефективності для широкого класу цифрових схем, що імплементуються в кристали програмованих логічних пристроїв. Запропоновано інноваційні методи взяття булевих похідних і дедуктивного моделювання несправностей для функціональних

елементів, описаних кубітними покриттями. Описано структуру процесора моделювання несправностей і справної поведінки для вирішення завдань синтезу тестів і діагностування дефектів, який може бути імплементований в інфраструктуру SoC або хмарний сервіс. Процесор кубітного моделювання цифрових пристроїв містить такі структури: справного інтерпретативного моделювання, дедуктивного аналізу несправностей, призначеного для оцінки якості тесту і побудови таблиці несправностей, а також модулів тестування і діагностування дефектів на стадіях проектування і експлуатації. Основна відмінність від існуючих рішень полягає у використанні кубітного покриття, представленого у формі вектора станів функціональності, що дає можливість істотно підвищити швидкодію моделювання за рахунок виконання паралельних регістрових операцій. Наведено приклади, що ілюструють технологічність реалізації методів в якості компонентів BIST-інфраструктури і хмарних сервісів проектування і верифікації SoC. Отримані результати дозволяють істотно підвищити швидкодію синтезу тестів і дедуктивної верифікації для black box функціональностей логічних компонентів за рахунок використання компактних описів у формі кубітних покриттів і паралельного виконання мінімальної кількості регістрових логічних операцій (shift, or, not, pxor).

Четвертий розділ містить опис нового підходу до синтезу та аналізу цифрових систем, що використовує векторну форму завдання комбінаційних і послідовностних структур для їх імплементації в елементи пам'яті, що істотно відрізняється від класичної теорії проектування дискретних пристроїв на основі таблиць істинності компонентів. Розроблено хмарний сервіс QuaSim для моделювання і верифікації цифрових систем, що базується на транзакціях між адресовними компонентами пам'яті.

Впровадження квантових memory-based-only моделей опису цифрових компонентів в практику проектування обчислювальних систем безпосередньо впливає на збільшення виходу придатної продукції, підвищення надійності комп'ютерних виробів, зниження вартості проектування і виготовлення, а також забезпечує автономне відновлення працездатності в режимі remote & online без участі людини.

Порівняльний аналіз запропонованих методів моделювання та базових методів показав суттєві переваги у швидкодії, які разом з високою технологічністю паралельних операцій ставлять їх у ряд перспективних напрямів memory-driven проектування цифрових систем на основі використання хмарного комп'ютингу.

Кіберфізична організація взаємодії користувачів з хмарним комп'ютерним сервісом є перспективною формою проектування, тестування цифрових виробів, орієнтованою на вільний доступ до віртуальних кіберпродуктів з будь-якої точки фізичного простору.

Висновок

Наукова новизна роботи визначається такими пунктами:

1. Вперше запропоновано модель та напрями сталого розвитку кіберфізичного комп'ютерного для прогнозування аттракторів в області ІТ-індустрії, що базуються на просторово-часовому аналізі технологічних процесів, які характеризуються трьома фазами розвитку і дають можливість прогнозувати майбутні тренди розвитку кіберкультури.

2. Удосконалено векторні моделі кубітного представлення структур і компонентів цифрових систем, що базуються на адресному кодуванні вхідних сигналів і відрізняються технологічністю та швидкодією побудованих на їх основі процедур синтезу й аналізу.

3. Удосконалено метод інтерпретативного паралельного моделювання компонентів цифрових систем на кристалах, який відрізняється застосуванням автоматної МАТ-моделі, що використовує тільки адресовні структури пам'яті і операції транзакції.

4. Удосконалено методи синтезу тестів і моделювання несправностей, які відрізняються паралельним виконанням логічних регістрових операцій над кубітними покриттями схемних компонентів.

Практичне значення отриманих результатів дослідження полягає у доведенні до програмної реалізації прототипу хмарної інфраструктури сервісного обслуговування для online проектування і верифікації цифрових проєктів, що відрізняється візуалізацією цифрових схем і доступністю мікросервісів моделювання для зменшення періоду налагодження HDL-коду; тестовій верифікації хмарної інфраструктури сервісного обслуговування, а також методів тестування, моделювання, синтезу та аналізу на реальних прикладах цифрових схем і компонентів. Доказово представлена спроможність отриманих результатів щодо підвищення швидкодії процедур синтезу структур даних та інтерпретативного адресного моделювання цифрових схем, що дає можливість на 15% зменшити час налагодження HDL-проєктів в процесі проектування SoC.

Обґрунтованість теоретичних положень та наукових результатів підтверджується експериментальними дослідженнями, спрямованими на тестування і моделювання реальних функціональних модулів з відкритих бібліотек компаній і конференцій, інтеграцією розробленої технології аналізу і верифікації з сервісами проектування компанії Aldec. Розроблені моделі, методи та інфраструктура впроваджено в навчальний процес Харківського національного університету радіоелектроніки (довідка про впровадження від 06.03.2017); в науково-дослідну і виробничу діяльність компанії Aldec, USA (довідка про впровадження від 16.12.2016).

Порівняльний аналіз змісту дисертаційної роботи та опублікованих робіт показав, що результати наукових досліджень, а саме: модель та напрями сталого розвитку кіберфізичного комп'ютингу, векторні моделі кубітного представлення структур і компонентів цифрових систем, що базуються на адресному кодуванні вхідних сигналів, метод інтерпретативного паралельного моделювання компонентів цифрових систем на кристалах, методи синтезу тестів і моделювання несправностей, які відрізняються паралельним виконанням логічних регістрових операцій над кубітними покриттями схемних компонентів відображені у 18 друкованих працях. Серед них: 7 статей у наукових фахових виданнях України (з них 6 статей входять до міжнародних наукометричних баз), 1 стаття у міжнародному науковому журналі за кордоном, а також матеріали 10 міжнародних наукових конференцій (з них 5 за кордоном та 7 входять до наукометричної бази Scopus). Автореферат відображає зміст дисертаційної роботи.

Зауваження по дисертаційній роботі:

1. З матеріалів дисертації не зовсім зрозуміло, яким чином при використанні квантових структур даних описуються елементи затримки зміни сигналу на входах елемента та проходження сигналу через елемент схеми.
2. Реалізація функціональності тільки на компонентах пам'яті призведе до програшу у швидкості виконання транзакцій перед традиційною логікою та комбінаційними логічними елементами.
3. Запропоновані сервіси реалізовано програмно. Апаратна реалізація дозволила б додатково підвищити швидкодію моделювання цифрової системи та побудови тестів.
4. В розділі 3 не наведено приклади синтезу тестів для складних цифрових схем.
5. Дедуктивні формули моделювання несправностей є приблизними і використовуються для отримання високої швидкодії.
6. Отримання мінімального тесту можливе за умови доповнення процедури генерації тесту вирішенням задачі покриття.
7. Досить складною є задача синтезу покриття цифрового пристрою за допомогою кубітних покриттів елементів, яка не розглядається в дисертації.
8. Операції зустрічного зсуву, які є основою для виконання всіх запропонованих алгоритмів, реалізовані тільки програмно, що істотно знижує швидкодію.

Враховуючи викладене вище, можна зробити такий висновок: в дисертаційній роботі вирішено важливу науково-практичну задачу приведення опису функцій і структур до єдиної одновимірної кубітно-векторної метрики в цілях технологічного вирішення всіх задач синтезу й аналізу обчислюваль-

