

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук

Мухопода Александра Юрьевича

на диссертационную работу Кима Олега Хонбиновича «Разработка и исследование программируемого коммутационного устройства»

представленную на соискание ученой степени кандидата

технических наук по специальности 05.13.05 - «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Актуальность темы диссертации

Развитие отрасли на существующих трендах развития электронной компонентной базы и электронных систем сопровождается стремительно нарастающим комплексом алгоритмических и технологических проблем, требующих на каждом шаге прогресса все больших затрат ресурсов: материальных, интеллектуальных и временных. Анализ известных и новых перспективных исследований в данном направлении свидетельствует о том, что у экспертов и специалистов нет четкого системного представления об источниках и причинах возникновения комплекса технологических и алгоритмических проблем. Поэтому исследования и разработки в основном ведутся в направлениях достижения максимальных научных и технических результатов по одному или двум критериям, например: достижения в совокупности сверхвысокой производительности и/или сверхвысокой отказоустойчивости (живучести).

Диссертационная работа О.Х. Кима направлена на системное решение обозначенной научной задачи. В качестве возможного способа решения этой научной задачи О.Х. Ким предлагает разработку программируемого коммутационного устройства (ПКУ), позволяющую уменьшить избыточность ключей и обеспечить выполнение любых электрических соединений по принципу «вывод-вывод» на множестве внешних выводов в трехмерном пространстве. Предложенная структура трехмерного ПКУ позволяет обеспечить бесконфликтность выполнения электрических соединений на всем множестве внешних выводов N , а так же позволяет уменьшить размеры периметра кристалла чипа более чем в $\sqrt{N}/4$

На базе предлагаемого ПКУ предполагается создавать электронные системы (ЭС) с техническими характеристиками и свойствами, востребованными в современных технических комплексах, таких как космические, воздушные, надводные и подводные, в том числе беспилотные технические комплексы 5-го технологического уклада и системы искусственного интеллекта.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность полученных результатов научного исследования подтверждается экспериментальными исследованиями автора на макетном образце ПКУ.

Библиографический список содержит 104 наименования, как отечественных, так и зарубежных авторов. Достаточный уровень объективности и адекватности выводов базируется на теоретических и прикладных исследованиях, выполненных с применением современных программных и аппаратных средств и подтверждается публикациями в рецензируемых периодических изданиях рекомендованных ВАК по специальности 05.13.05 - «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Достоверность и новизна полученных результатов

Достоверность результатов и выводов, полученных в ходе выполнения диссертационной работы О.Х. Кима, подтверждаются использованием широко распространенных научных теорий и методов физического эксперимента.

Научная новизна исследований заключается в следующем:

1. Разработана новая концепция построения трехмерного ПКУ, отличающаяся использованием двух групп матричных коммутаторов меньшей размерности, в которых i -е горизонтальные шины первой группы матричных коммутаторов соединяются с соответствующими вертикальными шинами i -го матричного коммутатора второй группы,
2. Разработана новая концепция построения трехмерного ПКУ, отличающаяся от аналогов бесконфликтным выполнением электрических соединений между любыми N выводами в трехмерном пространстве с количеством последовательно соединенных ключей равном 2 или 4.
3. Разработана новая концепция построения трехмерного ПКУ, отличающаяся от матричного коммутатора для того же числа внешних выводов уменьшенной аппаратной избыточностью в $\sqrt{N/3}$.
4. Предложены варианты расширения сферы использования бесконфликтного, компактного трехмерного ПКУ для создания:
 - Универсальной гетерогенной электрической схемы (УГЭС) на реальных чипах, способной обеспечить совокупное достижение разных целей реконфигурации;
 - 3D-базовых конструкций электронной компонентной базы (ЭКБ) с отдельным размещением чипов и межчиповых соединений.

Результаты, полученные Кимом О.Х., не противоречат результатам, полученными другими авторами в исследуемой области. Предложенные

автором решения были апробированы на многочисленных конференциях, а также при макетировании самого устройства ПКУ.

Теоретическая и практическая значимость исследования

Теоретическая значимость

1. Получено соотношение для определения коэффициента уменьшения аппаратной избыточности для предложенной структуры ПКУ,
2. Приведено доказательство того, что в предлагаемом способе коммутации количество разных путей между двумя любыми выводами равно $N/2$.
3. Приведено доказательство бесконфликтности выполнения электрических соединений предложенной структуры ПКУ.

Практическая значимость

Предложенная структура трехмерного ПКУ позволяет разработать новую парадигму создания ЭКБ 3D-интеграции с отдельным размещением чипов и межчиповых соединений, включающую:

- создание импортонезависимых, унифицированных и упрощенных базовых конструкций и технологий ЭКБ 3D-интеграции, не выходя из достигнутого отечественной отраслью уровня технологии;
- создание универсальной гетерогенной электрической схемы (УГЭС) на реальных чипах с возможностью реконфигурации электрической схемы для совокупного достижения разных целей реконфигурации.

Важным практическим применением микросхемы ПКУ является возможность создания инструментальных средств быстрого и бездефектного проектирования электронных схем на базе физического моделирования. Возможность прямого доступа к произвольным точкам схемы через ПКУ существенно упрощает процедуры поиска и устранения возникающих неисправностей, особенно в области выявления не предусмотренных задержек путей распространения цифровых сигналов, и также задач разработки высокоэффективных и коротких тестов для широкого класса неисправностей.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность

Диссертация Кима О.Х. состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 104 источников и трех приложений.

Во введении показано обоснование актуальности темы диссертационного исследования, обозначены цель и задачи, представлены положения, выносимые на защиту, сформулированы пункты научной новизны, представлена практическая и теоретическая значимость работы, приводится краткое содержание работы по главам.

В первой главе проведен обзор и анализ современного уровня и

основных трендов развития ЭКБ и ЭС. В проведенном анализе отмечается, что во всех архитектурах процессоров и ЭС с конфигурируемым аппаратным обеспечением применяется ПКУ, используемое в ПЛИС и FPLD-технологиях, показаны его недостатки.

Во второй главе изложены основные принципы создания новой концепции построения ПКУ, на основе которого можно создать чип бесконфликтного, отказоустойчивого и компактного ПКУ. Представлены теоретические исследования ПКУ по обеспечению бесконфликтности выполнения электрических соединений, компактности и отказоустойчивости.

В третьей главе рассматривается экспериментальное исследование ПКУ на макетном образце. Приведено описание работы макетного устройства ПКУ. Также приведено описание учебно-исследовательского стенда, внедренного в учебный процесс.

В четвертой главе приводятся перспективные направления исследований на базе разработанного ПКУ, в том числе: создание конкурентной отечественной ЭКБ, не выходя из достигнутого отечественной отраслью уровня технологии; суперкомпьютеров с конфигурируемым аппаратным обеспечением и потоковой обработкой данных; инструментальных средств быстрого и бездефектного проектирования ЭКБ и ЭС на базе принципа физического моделирования.

В заключении сформулированы выводы по диссертационной работе.

В приложении представлены патенты на изобретения и результаты внедрения.

Замечания по диссертационной работе

1. Из текста диссертации и автореферата непонятно как будет программироваться предложенная схема ПКУ. Не приведена схема управления ключевыми элементами ПКУ.

2. При доказательстве компактности предложенной структуры ПКУ автор приводит соотношение $\sqrt{N}/4$, однако как было получено это соотношение в диссертации не показано.

3. Также непонятно как были получены соотношения (1) и (2) на странице 78. В диссертации следовало бы привести подробное описание.

4. Было бы логично привести график зависимости уменьшения физических размеров кристалла от количества внешних выводов, как это сделано для показа уменьшения избыточности ключей на рис.2.18.

Замечания по автореферату диссертации

1. В автореферате приведена немного отличающаяся формулировка практической значимости, хотя суть осталась неизменной.

2. В автореферате не указаны НИР, выполненные по тематике диссертации.

3. В тексте автореферата имеются опечатки, например, «...электроной...» (стр.3), «...разработка и исследование универсального бесконфликтного и компактного трехмерного программируемого коммутационного устройства...» (стр.4).

Соответствие диссертации паспорту специальности

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.13.05 - «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления», согласно п. 1 «Разработка научных основ создания и исследования общих свойств и принципов функционирования элементов, схем и устройств вычислительной техники и систем управления», п. 2 «Теоретический анализ и экспериментальное исследование функционирования элементов и устройств вычислительной техники и систем управления в нормальных и специальных условиях с целью улучшения технико-экономических и эксплуатационных характеристик», п.3 Разработка принципиально новых методов анализа и синтеза элементов и устройств вычислительной техники

Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11 -2011

В целом оформление диссертации и автореферата соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11 - 2011. Автореферат диссертации полностью отражает основное содержание диссертационной работы.

Заключение

Диссертация О.Х. Кима является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной силами автора-соискателя на высоком, научно-техническом уровне и содержит новые научно-технические и прикладные результаты. Предлагаемые автором технические решения защищены патентами РФ на изобретения. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. В конце каждой главы представлены выводы, что дает понять, какие цели были достигнуты поэтапно.

Указанные выше замечания носят рекомендательный характер и не являются определяющими.

Основное содержание диссертации отражено в 17 публикациях, 2 статьи опубликованы в рецензируемых журналах из перечня ВАК, 3 - статьи опубликованы журналах индексируемых в базах SCOPUS и WoS, 5 публикаций - в трудах и сборниках конференций, получено 7 патентов и авторских свидетельств на изобретения.

Таким образом, диссертационная работа Кима О.Х. полностью отвечает требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (в

ред. Постановлений Правительства РФ от 21.04.2016 г. № 335, от 02.08.2016 г. № 784, от 29.05.2017 г. № 650, от 28.08.2017 г. №1024, от 01.10.2018 г. № 1168), а ее автор – Ким Олег Хонбинович - заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 - «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Официальный оппонент
профессор кафедры
"Автоматизация производственных процессов"
Иркутского государственного университета
путей сообщения, д.т.н. (специальность 05.13.05)


А.Ю. Мухопад
04.03.2022

Почтовый адрес: 656038, Российская Федерация,
г. Иркутск ул. Чернышевского, 15,
E-mail: jctmg@mail.ru
Телефон: (3852) 29-07-86

Подпись Мухопада Александра Юрьевича заверяю:
Учёный секретарь Иркутского государственного
университета путей сообщения




И. В. Корабель