

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Системы информационной безопасности» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» Аникина Игоря Вячеславовича на диссертационную работу Вихорева Руслана Владимировича «Логические элементы ПЛИС FPGA для реализации систем функций» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 - Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления

Актуальность темы исследования

Программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) имеют в настоящее время широкое применение в различных прикладных областях, в том числе при создании различных систем защиты информации, в частности, криптографической защиты. Указанную популярность ПЛИС получили благодаря их сравнительно более высокому быстродействию относительно классических CPU и более высокой гибкостью относительно ASIC. На текущий момент наиболее широкое распространение получили ПЛИС типа FPGA (программируемые пользователем вентильные матрицы), которые могут быть перепрограммированы и модифицированы в любой момент без применения специальной аппаратуры.

Однако применяемые логические элементы в адаптивных логических модулях таких ПЛИС имеют недостаток при реализации систем логических функций от одних переменных, что в свою очередь приводит к увеличению аппаратных затрат. В связи с этим решение задачи по улучшению технических характеристик адаптивно логических модулей ПЛИС является актуальной. Вихорев Р.В. в своем диссертационном исследовании «Логические элементы ПЛИС FPGA для реализации систем функций» как раз решает данную задачу.

Общая оценка структуры и содержания работы, соответствие автореферата

Диссертация Вихорева Р.В. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и трех приложений. Диссертационная работа изложена на 180 страницах машинописного текста, включает в себя 170 рисунков и 6 таблиц, список литературы из 82 наименования. Работа соответствует общепринятой структуре, изложение материала соответствует требованиям к рукописным авторским научным работам.

Во введении раскрыта актуальность выбранной темы, обозначены объект и предмет исследования, определены цель и задачи исследования, отмечена научная новизна, теоретическая и практическая ценность.

В первой главе диссертационной работы выполнен анализ существующих больших интегральных схем программируемой логики. Описываются структуры ПЛИС, ПМЛ, CPLD и БМК. Приводится классификация основных программируемых цифровых БИС. Исследуются структуры адаптивных логических модулей фирм Xilinx и Intel. Проводится анализ научно-методического аппарата оптимизации логики и выведены основные параметры ПЛИС. Осуществляется постановка задачи исследования.

Во второй главе диссертации предлагается усовершенствованный метод реализации в FPGA систем логических функций в СДНФ на основе разработанного логического элемента DC-LUT с обеспечением ортогональности сигналов по выходам. Разрабатывается адаптивный логический элемент ADC-LUT. Предлагается усовершенствованный метод реализации в FPGA систем логических функций в ДНФ на основе разработанного DNF-LUT с применением оригинального кодирования конъюнкций.

В третьей главе проводится описание схемотехнического моделирования предлагаемых элементов в статическом и динамическом режиме в системе схемотехнического моделирования NI Multisim фирмы National Instruments Electronics Workbench Group. Проводится описание топологического моделирования в системе автоматизированного проектирования специализированных интегральных схем Microwind для технологии 32 нм. Определены показатели площади топологии, энергопотребления и максимальной задержки.

В четвертой главе проводится оценка сложности логических элементов LUT, DC-LUT, ADC-LUT, DNF-LUT с учетом декомпозиции в силу ограничений Мида и Конвей на число последовательно соединенных транзисторов. Проводится разработка алгоритма выбора оптимального набора логических элементов FPGA для реализации систем функций на основе логических элементов LUT, DC-LUT, ADC-LUT, DNF-LUT, а также их комбинирования. Проводится анализ полученных вариантов оптимального набора логических элементов.

В заключении представлены основные выводы по диссертационной работе.

Автореферат полностью отражает основное содержание работы. Основные положения исследования опубликованы в 5 публикациях в ведущих рецензируемых научных изданиях, в том числе в 2 изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Scopus и Web of Science. По предлагаемым техническим решениям получены 3 патента РФ. На разработанную программу получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

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

Достоверность и обоснованность выдвинутых автором положений и выводов не противоречит теоретическим положениям, известным из научных публикаций, и также подтверждается практическими результатами, полученными в ходе моделирования. Предлагаемые методы и алгоритм нашли практическое применение на двух предприятиях. Положительный эффект от внедрения подтверждается соответствующими актами внедрения.

Достоверность и новизна полученных результатов

Научная новизна работы заключается в получении автором следующих результатов:

- Усовершенствован метод реализации логических функций в СДНФ на основе соответствующего адаптивного логического элемента. Оригинальность метода заключается в работе адаптивного логического элемента в режиме LUT и в режиме DC-LUT.

- Усовершенствован метод реализации систем логических функций в ДНФ. Оригинальность метода заключается в альтернативном программировании переменной.

- Получены оценки сложности реализации систем логических функций на основе разработанных логических элементов. Оригинальность заключается в учете декомпозиции и требований на число последовательно соединенных транзисторов.

- Выполнена оптимизация набора логических элементов ПЛИС FPGA путем комбинирования ЛЭ СДНФ и ЛЭ ДНФ. Новизна заключается в применении модифицированного венгерского метода с определением множества Парето для выявления наиболее предпочтительных наборов.

Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы подтверждается результатами проведенного моделирования, экспериментальными исследованиями. Основные положения, выносимые на защиту, прошли успешную апробацию на научных конференциях российского и международного уровней.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Теоретическая значимость диссертационной работы состоит в том, что в ней развиты методы синтеза логических элементов, реализующих системы функций в ПЛИС. Разработаны и получены патентоспособные технические решения для реализации систем логических функций в ПЛИС типа FPGA, полученные оценки сложности показывают предпочтительность их по аппаратным затратам по сравнению с существующими адаптивными логическими модулями.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что предложенные методы позволили снизить аппаратные затраты на реализацию логических функций на 15-20%. Спроектированные топологии имеют самостоятельную практическую ценность. Имеются зарегистрированные патенты РФ и свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Соответствие содержания диссертации паспорту научной специальности

Содержание диссертации соответствует п.3. паспорта научной специальности 05.13.05 - Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Замечания по диссертационной работе

1. В диссертации не хватает критериев, обосновывающих выбор систем моделирования. Отсутствуют указания почему сигналы значений входных переменных подаются в коде Грея.

2. В диссертации имеются незначительные опечатки. Например, в подписи к рисунку 2.5 указано «без инверторов на выходах», а фактически они имеются. На стр. 49 при указании ссылки «Выражения (2.11)», видимо, по содержанию имелись в виду выражения (2.18-2.23). На стр. 137 вместо ссылки на рисунок 4.12, по-видимому, должна стоять ссылка на рисунок 4.16.

3. Глава 3 диссертационной работы выглядит по представленному материалу и по объему (67 стр) достаточно избыточно. Несмотря на то, что во всей данной главе рассматриваются вопросы моделирования разработанных устройств, напрашивается разделить данную главу на две части, посвященные отдельно схемотехническому и топологическому моделированию.

4. В приложении А диссертационной работы представлена программа «ВЕННИТ» оптимизации набора логических элементов модифицированным венгерским методом, алгоритм работы которой представлен в разделе 4.4 диссертации. Следовало бы более подробно представить комментарии к разработанной программе, представить скриншоты, демонстрирующие ее работу.

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления от проделанной работы и не влияют на полученные теоретические и практические результаты.

Заключение

Диссертационная работа Вихорева Руслана Владимировича «Логические элементы ПЛИС FPGA для реализации систем функций» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном и техническом уровне.

Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. В диссертационной работе содержится решение задачи, имеющей важное значение для развития элементов и устройств вычислительной техники и систем управления.

Соискатель Вихорев Руслан Владимирович, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Системы
информационной безопасности»

Аникин Игорь
Вячеславович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10

Тел. +7 (843) 238-56-30 Факс +7 (843) 236-60-32 email: kai@kai.ru

Подпись
заверяю. Нач
делами КНИТ

