

УТВЕРЖДАЮ

Ректор, ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский университет «МИЭТ»

технических наук, профессор

Беспалов В.А.

2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Вихорева Руслана Владимировича

«Логические элементы ПЛИС *FPGA* для реализации систем функций»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по
специальности 05.13.05

«Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»

Актуальность темы исследования

В связи с постоянным повышением технических требований к аппаратуре и проблемам импортозамещения в отечественной электронной компонентной базе, задача совершенствования методов синтеза элементов и устройств вычислительной техники и систем управления актуальна. Одним из вариантов решения этой задачи является применение ПЛИС с адаптивно-гибридной реализацией логических функций. Однако задача комплексирования двух подходов *CPLD* и *FPGA*, решена не в полной мере. Представленная диссертационная работа Вихорева Р.В. «Логические элементы ПЛИС *FPGA* для реализации систем функций» направлена как раз на решение актуальной научной задачи выбора оптимального набора логических элементов для адаптивно-гибридной реализации систем логических функций в ПЛИС *FPGA* на основе предлагаемых методов реализации систем функций в СДНФ и в ДНФ, а также последующего комплексирования обоих подходов в адаптивно логическом модуле.

Решение этой задачи позволит улучшить технические характеристики адаптивных логических модулей ПЛИС *FPGA*.

Общая характеристика содержания работы

В работе представлен обзор существующих больших интегральных схем программируемой логики. Приводится научно-методический анализ аппарата оптимизации логики ПЛИС. Выделяются ключевые параметры логических элементов. Обоснована необходимость совершенствования логики ПЛИС. Ставятся задачи исследования.

Автором предлагается метод реализации систем логических функций СДНФ, который позволяет реализовывать логические функции на одном логическом элементе с помощью необходимого количества блоков дизъюнкции конститuent логической функции. Автором предлагается метод реализации систем логических функций в ДНФ.

Разрабатывается статическая модель существующих и предлагаемых автором логических элементов и проводится моделирование в системе схемотехнического моделирования *NI Multisim*. Разрабатывается топология существующих и предлагаемых автором логических элементов в системе автоматизированного проектирования специализированных (заказных) интегральных схем *Microwind*. Получены основные показатели площади, энергопотребления и максимальной задержки.

На основе полученных показателей проводится оценка технической эффективности. Производится оценка сложности существующих и предлагаемых логических элементов. Разрабатывается алгоритм выбора оптимального набора логических элементов *FPGA* для реализации систем логических функций.

Научная новизна диссертационной работы

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Разработан метод реализации логических функций в СДНФ на основе соответствующего адаптивного логического элемента, который конфигурируется на необходимую реализацию с помощью настройки и тем

самым работает либо в режиме стандартного логического элемента *LUT* для реализации логических функций от одних переменных, либо в режиме дешифратора для реализации систем логических функций.

2. Разработан метод реализации систем логических функций в ДНФ позволяющий реализовывать логические функции от восьми и более переменных.
3. Получены оценки сложности реализации систем логических функций на основе разработанных логических элементов *DC-LUT*, *DNF-LUT*, *ADC-LUT*.
4. На основе оценок сложности и результатов моделирования выполнена оптимизация набора логических элементов ПЛИС *FPGA* путём комбинирования ЛЭ, вычисляющих функции в СДНФ, и ЛЭ, вычисляющих функции в ДНФ, отличающаяся тем, что для этих целей модифицирован венгерский метод с последующим определением множества Парето для выявления наиболее предпочтительных наборов.

Достоверность и обоснованность результатов исследований

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается совпадением результатов в двух системах схемотехнического и топологического моделирования.

Подтверждением достоверности также является практическая проверка эффективности предложенных методов и алгоритма при проектировании синхронных и самосинхронных программируемых логических устройств в Федеральном исследовательском центре "Информатика и управление" Российской академии наук, и в блоке преобразования информации Публичного акционерного общества «Пермская научно-производственная приборостроительная компания».

Результаты исследования были представлены на региональных, всероссийских и международных конференциях. Опубликованные работы в полном объёме отражают содержание диссертации (21 публикация, 5 из которых в ведущих рецензируемых научных изданиях, 2 в изданиях, индексируемых в международной базе цитирования *Scopus*, 3 патента РФ и 1 свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ).

Значимость результатов, полученных автором, для науки

Полученные в диссертации научные результаты имеют важное значение для развития методов синтеза логических элементов для реализации систем функций в логических элементах ПЛИС.

Разработанные Вихоревым Р.В. модели позволили получить оценки площади, энергопотребления и максимальной задержки для выбора оптимального набора ЛЭ в АЛМ с учетом аналитических оценок сложности в количестве транзисторов.

Значимость результатов, полученных автором, для практики

Разработанные методы и алгоритм, а также полученные оценки прошли апробацию и внедрены в Федеральном исследовательском центре "Информатика и управление" Российской академии наук и на предприятии ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания».

Получены патенты на изобретение, а также свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Научные и практические результаты работы Вихорева Р.В., исходя из актов внедрения, используются в учебном процессе кафедры «Автоматика и телемеханика» ПНИПУ.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты исследования рекомендуется использовать при разработке и модернизации адаптивных логических модулей в программируемых логических интегральных схемах.

Оформление и стиль изложения

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем основной части диссертации составляет 151 страниц, в том числе 170 рисунков и 6 таблиц. Диссертация написана на профессиональном техническом языке и в достаточной мере сопровождается рисунками и таблицами. Приводимые факты и цитаты автором корректно ссылаются на первоисточники.

Название, форма и содержание диссертационной работы полностью соответствуют специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления». Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации и полученные в ней результаты.

Замечания и рекомендации

1. Выбор оптимального набора требует более подробного описания.
2. Материал главы 3 перегружен. Достаточно описание динамического моделирования.
3. Характеристики систем функций требуют более содержательного пояснения.
4. В рисунках топологий необходимы пояснения названий входных и выходных сигналов.
5. Не уточнено, почему выбрана система автоматизированного проектирования специализированных (заказных) интегральных схем *Microwind*.
6. Имеются незначительные пунктуационные и грамматические ошибки (на стр. 6 должно быть «летательными аппаратами»; на стр.19 не хватает запятой после слова вид). Работа не лишена некоторых опечаток (на стр.36 вместо ссылки на выражение 2.4 должна быть ссылка на 2.1; на стр. 135 вместо ссылки на рисунок 4.11 должна быть ссылка на рисунок 4.15).

Заключение

Несмотря на указанные замечания, представленная диссертация Вихорева Р.В. на тему «Логические элементы ПЛИС *FPGA* для реализации систем функций» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, которая имеет научное и практическое значение. Автореферат в полной мере отражает основные положения, содержание и выводы диссертации, которые опубликованы в 21 публикациях автора, в том числе в пяти рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК.

Представленная диссертационная работа соответствует критериям, которым должна отвечать диссертация на соискание учёной степени кандидата наук, является самостоятельной, актуальной и значимой.

В диссертации Вихорева Р.В. содержится решение задачи, имеющей важное значение для развития элементов и устройств вычислительной техники и систем управления. Автор работы Вихорев Руслан Владимирович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Отзыв подготовил:

Доктор технических наук, доцент, профессор Института микроприборов и систем управления имени Л.Н. Преснухина ФГАОУ «МИЭТ» Якунин Алексей Николаевич.

Диссертационная работа и отзыв Вихорева Р.В. обсуждены и одобрены на заседании учёного совета Института микроприборов и систем управления имени Л.Н. Преснухина ФГАОУ «МИЭТ», протокол № 3 от 14.11.2019 г.

Доктор технических наук, доцент, проректор по инновационной деятельности ФГАОУ «МИЭТ».

Переверзев Алексей Леонидович

Доктор технических наук, доцент, профессор Института микроприборов и систем управления имени Л.Н. Преснухина ФГАОУ «МИЭТ».

Якунин Алексей Николаевич

Сведения об организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1

Телефон: (499) 731-44-41 Факс: (499) 710-22-33

e-mail: netadm@miee.ru

url: www.miet.ru