

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

**Заключение диссертационного совета Д ПНИПУ.05.04
по диссертации Скорняковой Александры Юрьевны
на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Диссертация «Конфигурируемые логические элементы для самосинхронных схем» по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления принята к защите «15» октября 2020 г. (протокол заседания № 5) диссертационным советом Д ПНИПУ.05.04, созданным по приказу ректора Пермского национального исследовательского политехнического университета от «01» октября 2019 г. № 68-О в рамках реализации предоставленных ПНИПУ прав, предусмотренных абзацами вторым – четвертым пункта 3.1 статьи 4 Федерального закона от «23» августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от «23» августа 2017 г. № 1792-р.

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, на кафедре «Автоматика и телемеханика».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Тюрин Сергей Феофентович, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Официальные оппоненты:

1. *Башкиров Алексей Викторович*, доктор технических наук (05.12.04), доцент, заведующий кафедрой «Конструирование и производство радиоаппаратуры» Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации;

2. *Мельцов Василий Юрьевич*, кандидат технических наук (05.13.13), доцент, доцент кафедры «Электронные вычислительные машины», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»,* Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, г. Санкт-Петербург (отзыв ведущей организации утвержден директором департамента науки, д-ром техн. наук, доц. Тарасовым Сергеем Анатольевичем, заслушан на расширенном заседании кафедры вычислительной техники и подписан д-ром техн. наук, проф. Куприяновым Михаилом Степановичем, заведующим кафедрой вычислительной техники).

По теме диссертации соискателем опубликовано 18 научных трудов, в том числе 8 работ – в ведущих научных изданиях, рекомендованных для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени и приравниваемых к ним, из них 3 работы – в изданиях, индексируемых в международной базе цитирования Scopus, соискателем получено 3 патента на изобретения, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научных трудах. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Тюрин С.Ф., **Скорнякова А.Ю. (Плотникова А.Ю.)** Концепция «зеленой» логики / Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления, 2013. – № 8. – С. 61-72 (ВАК).

2. Тюрин С.Ф., **Скорнякова А.Ю.** Универсальный логический элемент для самосинхронной схемы / Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета, 2017. – № 61. – С. 41-45 (ВАК).

3. Тюрин С.Ф., **Скорнякова А.Ю.** Самосинхронный универсальный логический элемент для реализации систем функций / Инженерный вестник Дона, 2017. – № 1. – С. 49 (ВАК).

4. **Skornyakova A.Y.** Statement of the Problem of Finding an Optimal Set of Functionally Complete Tolerant Boolean Functions in the Synthesis of Self-Timed Circuits. В сборнике: Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2018. 2018. – P. 244-246 (Scopus).

5. **Скорнякова А.Ю.**, Тюрин С.Ф. Синтез самосинхронных генераторов логических функций / Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления, 2020. – № 34. – С. 168-185 (ВАК).

6. Иванова К.М., **Скорнякова А.Ю.** Алгоритм оптимизации комплекта конфигурируемых строго самосинхронных генераторов логических функций для заданных параметров систем функций / Наноиндустрия, 2020. – № S4 (99) т. 13. – С. 334-336 (ВАК).

7. **Skornyakova A.Y.**, Vikhorev R.V. Self-Timed LUT Layout Simulation. В сборнике: Proceedings of the 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus) 2020, 2020. – P. 176-179 (Scopus).

8. Патент № 2601145 Российская Федерация, МПК G11C 17/00 (2006.01). Программируемое логическое устройство : № 2015117840/08 : заявл. 12.05.2015 : опубл. 27.10.2016 / Тюрин С.Ф., Каменских А.Н., **Скорнякова А.Ю.** (Плотникова А.Ю.); заявитель ПНИПУ - 12 с.

9. Патент № 2653301 Российская Федерация, МПК G06F 7/57 (2006.01). СПК G06F 7/57 (2006.01), G06F 9/3887 (2006.01), G06F 15/8007 (2006.01). Программируемое логическое устройство : № 2017134253: заявл. 02.10.2017 : опубл. 07.05.2018 / Тюрин С.Ф., **Скорнякова А.Ю.**; заявитель ПНИПУ - 21 с.

10. Патент № 2653304 Российская Федерация, МПК G06F 7/57 (2006.01), H03K 19/173 (2006.01). СПК G06F 7/57 (2006.01), H03K 19/173 (2006.01), G06F 12/0831 (2006.01) Программируемое логическое устройство : № 2017131825 : заявл. 11.09.2017 : опубл. 07.05.2018 / Тюрин С.Ф., **Скорнякова А.Ю.** заявитель ПНИПУ - 20 с.

В указанных работах соискатель привел результаты разработки новых конфигурируемых логических элементов для самосинхронных схем: описал методы проектирования настраиваемых самосинхронных генераторов функций, описал подход к коррекции классического элемента LUT и синхронного дешифратора DC-LUT для применения их в самосинхронных схемах, представил описание новые логические элементы, названные: самосинхронный генератор функций (ГФ), самосинхронный LUT (LUT-ST) и самосинхронный дешифратор LUT (DC LUT-ST), привел анализ результатов схемотехнического моделирования в системах Ковчег и Multisim и топологического моделирования разработанных логических элементов LUT-ST и DC LUT-ST – в системе Microwind для технологических норм 90нм, показал результаты моделирования по энергопотреблению, площади и

задержке сигналов, описал разработанный алгоритм выбора оптимального набора из предложенных новых элементов, представил результаты работы алгоритма, описал блоки конъюнкций и дизъюнкций с точки зрения перераспределения функций между ними с учетом сложности проектирования этих блоков, привел анализ перспектив применения самосинхронных схем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны новые научные идеи для вычисления логических функций в самосинхронных схемах, позволяющие расширить область применения самосинхронного подхода при проектировании элементов и устройств вычислительной техники и систем управления;

предложен оригинальный подход к многокритериальной оптимизации с помощью нахождения Парето-оптимальных эффективных наборов самосинхронных элементов, реализующих основные логические функции элементов вычислительной техники;

доказана перспективность использования предложенных новых методов и алгоритма для нахождения оптимальных наборов настраиваемых самосинхронных элементов при создании программируемых логических устройств на основе отечественной элементной базы, что подтверждено актом внедрения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: применительно к проблематике диссертации эффективно **использованы** методы схемотехнического и топологического моделирования, методы структурного программирования;

изложены результаты синтеза самосинхронных элементов, их схемотехнического и топологического моделирования, а также их оценки по основным параметрам: количеству транзисторов, площади топологии, максимальной задержке, энергопотреблению;

проведена модернизация существующих синхронных элементов, используемых для разработки программируемых логических интегральных схем, таких как: универсальный элемент Look Up Table, дешифратор Look Up Table и блок конъюнкций, с целью использования их в самосинхронных схемах для реализации логических функций.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработанные логические элементы **внедрены** в системы проектирования семейства потоковых самосинхронных процессоров на основе отечественной элементной базы (Институт проблем информатики РАН, г. Москва);

создана система практических рекомендаций по проектированию топологий новых элементов: самосинхронный генератор функций на основе библиотечного элемента 2И-2ИЛИ-НЕ, самосинхронный LUT на основе универсального Look Up Table, самосинхронных дешифратор LUT на основе дешифратора Look Up Table, самосинхронный блок конъюнкций на основе синхронного блока конъюнкций;

представлены предложения по дальнейшему развитию самосинхронных схем в области программируемой логики, в которых применяется предложенные методы выбора оптимальных наборов самосинхронных элементов для реализации функций заданной размерности.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ воспроизводимость результатов исследования для разных систем моделирования: Forge подсистема Tranal, Ковчег, Multisim и Microwind;

теория построена на известных положениях дискретной математики, математической логики, теории булевых функций и автоматов, комбинаторики и на теоретических принципах КМОП-схемотехники;

установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

использованы современные методы моделирования и обработки информации с получением значений сложности, площади топологии, энергопотребления и максимальной задержки.

Личный вклад соискателя состоит в участии на всех этапах диссертационного исследования, а именно: в разработке и реализации новых методов синтеза конфигурируемых логических элементов для самосинхронных схем, получении экспериментальных оценок и в их обработке, разработке алгоритма выбора эффективных наборов настраиваемых самосинхронных элементов для вычисления функций, проведении экспериментов методами схемотехнического и топологического моделирования, нахождении оптимальных наборов параметров для реализации заданных характеристик проектов, апробации результатов, подготовке основных публикаций по диссертации.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ, утвержденным

приказом ректора ПНИПУ от 09 января 2018 г. № 1-О: в ней изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения в области реализации логических функций в самосинхронных схемах, что имеет важное значение для развития отечественной элементной базы и устройств вычислительной техники и систем управления.

На заседании «18» декабря 2020 г. диссертационный совет Д ПНИПУ.05.04 принял решение присудить *Скорняковой Александре Юрьевне* ученую степень *кандидата технических наук* (протокол заседания № 7).

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 10 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за присуждение ученой степени – 16, против присуждения ученой степени – нет, воздержавшихся – нет.

Председатель диссертационного совета
Д ПНИПУ.05.04
д-р техн. наук

/ Южаков Александр Анатольевич /

Ученый секретарь диссертационного совета
Д ПНИПУ.05.04
д-р техн. наук

/ Фрейман Владимир Исаакович /

«18» декабря 2020 г.