

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

Пермского национального исследовательского  
политехнического университета,  
доктор технических наук, профессор



Коротаев В.Н.

*Коротаев* 2020г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»  
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертация «Конфигурируемые логические элементы для самосинхронных схем» выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» на кафедре «Автоматика и телемеханика».

В период подготовки диссертации соискатель Скорнякова Александра Юрьевна работал в публичном акционерном обществе «Пермская научно-производственная приборостроительная компания» в должности инженера-конструктора отдела серийного сопровождения систем.

В 2014 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по направлению 220400.68 Управление в технических системах с присуждением квалификации магистр.

В 2020 году окончил аспирантуру очной формы обучения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по направлению 09.06.01 Информатика и вычислительная техника (период обучения 01.10.2014 - 30.09.2020).

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Тюрин Сергей Феофанович, работает профессором кафедры «Автоматика и телемеханика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Представленная работа Скорняковой Александры Юрьевны посвящена разработке и анализу конфигурируемых логических элементов для самосинхронных схем.

1. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем

- Разработал метод реализации конфигурируемого самосинхронного генератора функций (ГФ) на основе библиотечного базиса 2И-2ИЛИ-НЕ, отличающегося тем, что он адаптирован к условиям работы в строго самосинхронных схемах (ССС). Применяется парафазная дисциплина кодирования сигнала и используется фаза спейсера. Построение моделей для  $n > 1$  выполняется каскадированием элемента на одну переменную и учитывается согласованность работы в каждом каскаде.

- Разработал метод реализации конфигурируемого самосинхронного генератора логических функций по принципу LUT (Look Up Table). LUT адаптирован к условиям работы в СССР с помощью дополнительной ветви передающих транзисторов, которая активируется в фазе спейсера. Парафазная дисциплина кодирования сигнала реализуется с использованием двойственного канала, для этого адаптированный LUT настраивается инверсными константами. Построение моделей для  $n > 1$  выполняется каскадированием элемента на одну переменную и учитывается согласованность работы в каждом каскаде.

- Разработал метод реализации конфигурируемого самосинхронного генератора систем логических функций, заданных в совершенной дизъюнктивной нормальной форме (СДНФ) на основе дешифратора LUT (DC LUT). Дешифратор LUT адаптирован к условиям работы в СССР с помощью дополнительной ветви передающих транзисторов, которая активируется в фазе спейсера. Парафазный канал реализован на DC LUT, но с инверсным подключением, относительно прямого канала. Построение моделей для  $n > 1$  выполняется каскадированием элемента на одну переменную и учитывается согласованность работы в каждом каскаде. Разработал блок дизъюнкций, который позволяет реализовывать несколько функций на одном DC LUT.

- Разработал метод реализации конфигурируемого самосинхронного генератора систем логических функций, заданных в дизъюнктивной нормальной форме ДНФ на основе блоков конъюнкций. Блок конъюнкций адаптирован к условиям работы в СССР с помощью дополнительных транзисторов, которые реализуют фазу спейсера. Используется двойственный канал, у которого истоки транзисторов ортогональности подключены инверсно относительно прямого канала. Для реализации нескольких функций на одном блоке конъюнкций используется блок дизъюнкций.

- Получил оценки сложности реализации систем логических функций на основе разработанных методов.

- Разработал алгоритм оптимизации набора логических СССР элементов для реализации типовых систем логических функций, который реализует многокритериальную оптимизацию путем нахождения Парето-оптимальных вариантов.

2. Научная новизна диссертационного исследования заключается в том, что получены следующие новые научные результаты:

- Метод реализации конфигурируемого самосинхронного генератора функций (ГФ) на основе библиотечного базиса 2И-2ИЛИ-НЕ, отличающийся тем, что он адаптирован к работе в ССС.

- Метод реализации конфигурируемого самосинхронного генератора логических функций в ССС по принципу LUT (Look Up Table), отличающийся тем, что он адаптирован к работе в ССС.

- Метод реализации конфигурируемого самосинхронного генератора систем логических функций в СДНФ на основе DC LUT и блоков дизъюнкций, отличающийся тем, что он адаптирован к работе в ССС.

- Метод реализации конфигурируемого самосинхронного генератора систем логических функций в ДНФ на основе блоков конъюнкций и дизъюнкций, отличающийся тем, что он адаптирован к работе в ССС.

3. Степень достоверности результатов проведенных исследований подтверждена соответствием аналитических выводов и результатов моделирования, полученных в системах схмотехнического и топологического проектирования, проверке в подсистеме TRANAL, а также использованием апробированного математического аппарата булевой алгебры, теории автоматов, теории надежности, схмотехники и программирования. Полученные результаты не противоречат теоретическим и практическим положениям, известным из научных публикаций отечественных и зарубежных исследователей в рассматриваемой предметной области.

4. Практическая значимость исследования состоит в том, что предложенные методы используются в разработках элементов Института проблем информатики Российской академии наук ФИЦ ИУ РАН. Полученные научные и практические результаты используются в учебном процессе кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета в рамках практических занятий профильных дисциплин «Электроника», «Проектирование дискретных устройств» и «Цифровая схмотехника» для бакалавриата направления 27.03.04 «Управление в технических системах», дисциплин «Электроника» и «Цифровая схмотехника» для бакалавриата направления 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», а также по спец. предметам аспирантуры направления подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», научной специальности 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

5. Ценность научных работ соискателя и полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

Содержание диссертационной работы достаточно полно отражено в 18 работах, из них 5 работ в рецензируемых научных изданиях, которые рекомендованы Минобрнауки России для публикации основных результатов диссертационных исследований, 3 – в изданиях, индексированных в международной базе цитирования Scopus, получены 3 патента и 1 свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ (общий объем публикаций 7,69 печатного листа, из них авторских 3,67 печатного листа).

*Научные статьи, опубликованные в журналах, рекомендованных ВАК:*

1. **Скорнякова А.Ю., Тюрин С.Ф.** Синтез самосинхронных генераторов логических функций / Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления, 2020. – № 34. – 17 с. (1,0625 п.л., автор - 0,53 п.л.)

В статье приведено описание разработки метода реализации конфигурируемого самоиснхронного генератора функций на основе стандартных КМОП элементов. Приведены результаты разработки элементов и результаты моделирования.

2. **Тюрин С.Ф., Скорнякова А.Ю.** Универсальный логический элемент для самосинхронной схемы / Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета, 2017. – № 61. -5 с. (0,3125 п.л., автор - 0,1562 п.л.)

В статье приведено описание адаптации универсального элемента LUT, к условиям работы в самосинхронных схемах. Приведены результаты разработки элементов и результаты моделирования.

3. **Тюрин С.Ф., Скорнякова А.Ю.** Самосинхронный универсальный логический элемент для реализации систем функций / Инженерный вестник Дона, 2017. – № 1. – 11 с. (0,6875 п.л., автор - 0,3438 п.л.)

Соискателем в статье приведено описание адаптации синхронного дешифратора DC LUT, к условиям работы в самосинхронных. Приведены результаты разработки элементов и результаты моделирования.

4. **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. – 3 с. (0,1875 п.л., автор - 0,094 п.л.)

В статье рассматривает разработка алгоритма выбора оптимального набора разработанных конфигурируемы генераторов функций. Представлены результаты работы алгоритма для решения различных поставленных задач.

5. **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. – 12 с. (0,75 п.л., автор - 0,375 п.л.)

В статье рассматриваются самосинхронные схемы, как обеспечивающие энергоэффективность при вычислении функций. Рассматриваются блоки конъюнкций и дизъюнкций как варианты перераспределения функций между ними. Оценивается сложность реализации данных блоков.

*Научные статьи, опубликованные в журналах, индексируемых в SCOPUS:*

6. **Skornyakova A.Yu (Plotnikova A.Yu.)** Fault-Tolerant Self-Timed Indicator. В сборнике: Proceedings of the 2016 IEEE North West Russia Section Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference, EIconRusNW 2016 2016. - 5 с. (0,3125 п.л., автор - 0,3125 п.л.)

В статье предлагается отказоустойчивый самосинхронный индикатор для фиксации окончания переходных процессов в самосинхронных схемах.

7. **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. - 3 с. (0,1875 п.л., автор - 0,1875 п.л.)

В статье рассматриваются проблемы анализа самосинхронных схем. Приводятся примеры разработанных схем и результаты моделирования.

8. **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. – 4 с. (0,25 п.л., автор - 0,125 п.л.)

В статье представлены результаты топологического моделирования разработанных самосинхронных LUT и DC LUT. Выполнен анализ результатов моделирования, отражены временные диаграммы для рабочей фазы и фазы спейсера.

*Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ*

9. Программа для ЭВМ № 2017663289 Российская Федерация. Программа оптимизации набора логических элементов модифицированным венгерским методом «ВЕННИТ» : № 2017619911 : заявл. 04.10.2017 : опубл. 28.11.2017 / Тюрин С.Ф., Никитин А.С., Вихорев Р.В., **Скорнякова А.Ю.**, Прохоров А.С. – 1 с. – Текст непосредственный.

*Патенты РФ*

10. 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. : ил. – Текст : непосредственный.

11. 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. : ил. – Текст : непосредственный.

12. 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. : ил. – Текст : непосредственный.

*Публикации в прочих изданиях, в том числе материалы конференций*

13. Вихорев Р.В., Прохоров А.С., **Скорнякова А.Ю.**, Тюрин С.Ф. Усовершенствованные методы реализации программируемой логики / В сборнике: Управление большими системами. УБС-2017 материалы XIV Всероссийской школы-конференции молодых ученых. – Пермь, 2017. – С. 306-315.

14. **Скорнякова А.Ю (Плотникова А.Ю.)** Отказоустойчивый самосинхронный индикатор на основе самосинхронного базисного элемента / *Авиация и космонавтика* – 2015. тез. – Москва, 2015. – С. 196-197.
15. **Скорнякова А.Ю (Плотникова А.Ю.)** Радиационно-стойкий индикатор для самосинхронной схемы / *Элементная база отечественной радиоэлектроники: импортозамещение и применение: тр. II рос.-белорус. науч.-техн. конф. им. О. В. Лосева.* – Нижний Новгород, 2015. – С. 85-90.
16. **Вихорев Р.В., Скорнякова А.Ю.** Моделирование усовершенствованных устройств программируемой логики / *Вестник Пермского университета. Серия: Математика. Механика. Информатика*, 2017. – Вып. 3(38). – С. 77-81.
17. **Скорнякова А.Ю.** Оценка сложности самосинхронных логических элементов FPGA / *Вестник Пермского университета. Серия: Математика. Механика. Информатика*, 2019. – № 4 (47). – С. 86-89.
18. **Никитин А.С., Вихорев Р.В., Скорнякова А.Ю.** Оптимизация LUT FPGA на основе модифицированного венгерского метода / *Управление большими системами УБС-2017. Материалы XIV Всероссийской школы-конференции молодых ученых.* – Пермь, 2017. – С. 563-572.

6. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите

Представленная диссертационная работа Скорняковой Александры Юрьевны является самостоятельным научным исследованием. Область диссертационного исследования включает разработку методов синтеза самосинхронных логических элементов, конфигурируемых пользователем, имеет важное научное, фундаментальное и прикладное значение для развития данного направления науки.

Указанная область исследования соответствует формуле специальности 05.13.05 – Элементы и устройства 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 и систем управления с целью улучшения их технических характеристик», **п. 4** «Разработка научных подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих надежность, контроль и диагностику функционирования элементов и устройств вычислительной техники и систем управления».

7. Диссертационная работа Скорняковой Александры Юрьевны отвечает требованиям, установленным п. 14 Положения о присуждении ученых степеней.

Диссертация «Конфигурируемые логические элементы для самосинхронных схем» Скорняковой Александры Юрьевны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной

специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Заключение принято на заседании кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета.

Присутствовало на заседании 34 чел. Результаты голосования: «за» - 34 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0, протокол № 2 от «21» сентября 2020г.

Заведующий кафедрой  
«Автоматика и телемеханика»  
доктор технических наук, профессор

А.А. Южаков /

Секретарь кафедры

Л.Н. Гурко/

