

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертацию Чуркина Яна Андреевича

«Метод и программные средства статического анализа описаний цифровой аппаратуры для выявления дефектов проектирования», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 – математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей

Я. А. Чуркин работает в ИСП РАН с 2018 года, в период подготовки диссертации он занимал должность научного сотрудника отдела компиляторных технологий. С 2020 по 2024 год обучался в очной аспирантуре МГУ имени М. В. Ломоносова по специальности 2.3.5. В основу диссертации легли результаты, полученные им при разработке системы статического анализа SVAN. Цель диссертационной работы заключалась в разработке метода и программных средств статического анализа описаний цифровой аппаратуры для выявления дефектов проектирования на ранних стадиях разработки цифровых интегральных схем.

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что ошибки в описаниях цифровой аппаратуры на уровне регистровых передач нередко выявляются лишь при функциональной верификации, логическом синтезе или после изготовления микросхемы, когда их исправление требует значительных затрат. Статический анализ позволяет находить такие ошибки до имитационного моделирования и синтеза, а с ростом объёма и сложности проектов, когда моделирование уже не обеспечивает покрытия всех состояний системы, приобретает особую значимость. Однако коммерческие анализаторы зарубежных компаний закрыты для расширения и неполно поддерживают современные стандарты SystemVerilog, а получение лицензий на них в настоящее время затруднено. Открытые средства либо не поддерживают SystemVerilog в полном объёме, либо ограничиваются лишь простыми проверками. Преодоление этих ограничений требует разработки новых методов анализа и создания на их основе отечественной расширяемой системы статического анализа с полной поддержкой SystemVerilog.

Основные результаты диссертации составляют три метода, предложенных и разработанных Я. А. Чуркиным. Метод статического анализа описаний цифровой аппаратуры на основе внутреннего представления проекта сочетает обход абстрактного синтаксического дерева, анализ путей в процедурных блоках, анализ потоков данных с отслеживанием диапазонов значений сигналов и анализ логической сети. Проверяемые свойства описания задаёт набор из 118 правил для выявления структурных и семантических дефектов и нарушений свойств безопасности. Метод извлечения и статического анализа конечных автоматов независимо от стиля кодирования выявляет недостижимые и тупиковые состояния, мёртвые переходы, взаимоблокировки и взаимодействующие автоматы. Метод интеграции сопутствующих проектных форматов Liberty, UPF и SDF на основе единой информационной модели позволяет анализировать схемы с библиотечными ячейками и проверять модель подсистемы питания.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в разработанной расширяемой системе статического анализа SVAN, в которой реализованы все предложенные диссертантом методы. Система построена на базе компилятора SystemVerilog slang, фронтенда yosys-slang и инфраструктуры логического синтеза Yosys, причём существенная часть сделанных Я. А. Чуркиным доработок этих открытых инструментов принята в их основные ветки. Система внедрена в научно-исследовательские и учебные проекты ИСП РАН и в опытно-конструкторские проекты АО «МНТЦ МИЭТ» и вносит значимый вклад в развитие отечественных САПР цифровых интегральных схем.

В ходе экспериментальной оценки система успешно проанализировала все десять выбранных открытых проектов цифровых СБИС суммарным объёмом свыше 1,8 млн строк кода, тогда как коммерческий инструмент SpyGlass и большинство открытых средств завершили анализ лишь части из них. По сопоставленным правилам система превосходит SpyGlass и открытые средства по точности и находит значительно больше истинных нарушений, чем эти инструменты. Разработчикам открытых проектов сообщено о 24 найденных нарушениях, в основном о функциональных дефектах проектирования. Из них 13 нарушений разработчики подтвердили, 10 уже исправили.

Работая над проектом, Я. А. Чуркин не только приобрёл большой практический опыт, но и сформировался как самостоятельный и квалифицированный исследователь, способный ставить и решать сложные задачи на стыке компиляторных технологий и проектирования цифровой аппаратуры. В период работы над диссертацией он осуществлял научное руководство выпускными работами студентов МФТИ и МГУ.

Результаты диссертации обсуждались как на российских, так и на международных конференциях. По теме работы опубликовано 8 научных работ, в том числе 4 статьи в журналах из перечня ВАК и 2 работы в изданиях, индексируемых в Scopus, получены 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Диссертационная работа Я. А. Чуркина является законченным научным исследованием, содержащим оригинальные результаты.

Считаю, что диссертационная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к работам на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 – математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей, а её автор, Чуркин Ян Андреевич, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук.

Научный руководитель:

кандидат технических наук,

старший научный сотрудник ИСП РАН

Р. А. Буцацкий

«17» сентября 2026 г.