

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Татарникова Андрея Дмитриевича

«Автоматизация конструирования генераторов тестовых программ для микропроцессоров на основе формальных спецификаций»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 — математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Актуальность темы исследования

Функциональная верификация является на сегодняшний день неотъемлемой частью процесса проектирования микропроцессоров. Одним из применяемых на практике подходов к функциональной верификации является тестирование, которое заключается в исполнении тестовых программ на RTL-модели разрабатываемого микропроцессора и анализе полученных трасс исполнения. Тестовые программы создаются при помощи средств автоматизации, известных как генераторы тестовых программ.

Разработка и поддержка генераторов тестовых программ является трудоемкой задачей. Чаще всего генераторы тестовых программ предназначены для решения конкретных задач по верификации микропроцессоров, имеющих определенную архитектуру. Поэтому их адаптация к новым архитектурам и задачам тестирования, как правило, оказывается невозможной. В результате инженерам-верификаторам приходится создавать и использовать множество инструментов, каждый из которых решает отдельную задачу. Так как микропроцессорные архитектуры и методы генерации тестовых программ непрерывно эволюционируют, перед инженерами-верификаторами постоянно стоит необходимость разработки новых инструментов верификации и расширения их возможностей. Поэтому актуальной темой исследования является поиск методов, которые позволили бы упростить

разработку и поддержку генераторов тестовых программ, а также позволили бы решать различные задачи тестирования в рамках единого инструмента. Так как в основе любых разработок микропроцессоров лежат спецификации, то видится перспективным использование их формализованных представлений в качестве основы инструментов верификации.

Достоверность и обоснованность результатов

Диссертация содержит 162 страницы и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Список литературы содержит 122 наименования.

Во **введении** обосновывается актуальность темы, формулируются цели и задачи работы.

В **первой главе** дается аналитический обзор современных методов и средств генерации тестовых программ для функциональной верификации микропроцессоров. Делается вывод о необходимости развития методов, позволяющих автоматизировать разработку генераторов тестовых программ и интегрировать различные техники генерации в рамках единого инструмента.

Во **второй главе** описывается метод автоматизации конструирования генераторов тестовых программ. В основе метода лежит использование формальных спецификаций архитектуры микропроцессоров. Также в главе описывается предложенный автором язык описания шаблонов тестовых программ, задающих их структурные и поведенческие свойства, на основе которых будет осуществляться генерация. Кроме этого, автором предложена расширяемая архитектура генераторов, позволяющая интегрировать широкий набор техник генерации в рамках единого инструмента.

В **третьей главе** описывается инструмент MicroTESK, являющийся реализацией предложенного автором подхода. Этот инструмент конструирует генераторы тестовых программ на основе формальных спецификаций архитектуры микропроцессора. В главе описываются особенности архитектуры инструмента MicroTESK и конструируемых с его помощью генераторов тестовых программ, которые обеспечивают возможность интеграции различных техник генерации и расширяемость.

В **четвертой главе** описывается практический опыт применения инструмента MicroTESK для конструирования генераторов тестовых программ для микропроцессоров MIPS64, ARMv8, PowerPC и RISC-V. В главе приводится оценка трудоемкости создания формальных спецификаций, на основе которых эти генераторы были сконструированы. Также в главе перечисляются основные возможности сконструированных генераторов. На основе экспериментальных данных обосновывается их применимость для микропроцессорных архитектур промышленного уровня.

В **заключении** перечисляются основные результаты работы.

Достоверность научных положений, сформулированных в диссертации, подтверждается практическими разработками, проводимыми в ИСП РАН. Научные положения и выводы диссертации вполне обоснованы.

Научная новизна исследования

Научной новизной обладают следующие выносимые на защиту результаты, полученные лично автором в ходе диссертационного исследования:

1. Предложенный автором метод автоматизации конструирования генераторов тестовых программ для микропроцессоров на основе формальных

спецификаций, позволяющий сократить трудоемкость разработки генераторов тестовых программ.

2. Язык описания шаблонов тестовых программ, который позволяет задавать разнообразные тестовые сценарии, предполагающие использование различных техник генерации для достижения нужных структурных и поведенческих свойств тестовых программ.
3. Архитектура конструируемых генераторов тестовых программ, позволяющая интегрировать несколько различных техник генерации и создавать пользовательские расширения, реализующие новые техники генерации.

Практическая ценность диссертации

Практическая значимость диссертации подтверждается успешным применением разработанного автором инструмента для конструирования генераторов тестовых программ для архитектур MIPS64, ARMv8, PowerPC и RISC-V. Сконструированные генераторы отвечают основным требованиям, предъявляемым к промышленным средствам верификации. Генератор тестовых программ для архитектуры MIPS64 был использован при выполнении ОКР по созданию микропроцессоров в ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН.

Основные результаты диссертации

Все основные положения диссертации автора достаточно полно отражены в 15 научных публикациях автора, прошли апробацию на различных научно-технических конференциях (в том числе зарубежных) и семинарах. Выпущенные по теме работы публикации характеризуют значительный личный вклад автора в развитие методов функциональной верификации микропроцессоров.

Диссертация соответствует специальности 05.13.11 — математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Недостатки и критические замечания

Работа Татарникова Андрея Дмитриевича выполнена на высоком научно-техническом уровне, однако имеются следующие замечания по диссертации:

1. В работе не описываются техники построения тестовых программ для инструкций ветвления и работы с памятью, реализуемые конструируемыми генераторами тестовых программ.
2. В главах 2 и 3 присутствуют описания одних и тех же компонентов архитектуры генераторов тестовых программ.
3. В тексте диссертации неоднократно упоминается о возможности построения тестовых программ для многоядерных микропроцессоров, однако, в явном виде не сообщается, возможно ли создать генератор таких тестов на основе инструмента MicroTESK.

В целом отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Выводы

Диссертация Татарникова Андрея Дмитриевича является оригинальной и законченной научно-исследовательской работой, имеющей существенное значение в области функциональной верификации микропроцессоров.

Полученные результаты работы отвечают поставленным в ней задачам, содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации, качество диссертации в полной мере отражено в печатных работах автора, в целом содержание работы согласуется с современным путем развития науки и техники.

Несомненной практической значимостью диссертации Татарникова Андрея Дмитриевича является то, что ее результаты были применены при создании микросхем высокопроизводительных микропроцессоров для отечественной элементной базы.

Диссертационная работа отвечает всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Татарников Андрей Дмитриевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 — математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Официальный оппонент:
кандидат технических наук,
заведующий сектором Федерального государственного учреждения «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук»

Чибисов Петр Александрович

«25» сентября 2017 г.

Подпись руки *П.А. Чибисов*
Начальник отдела кадр