

Труды НИИСИ РАН, Т. 12, № 4, 2022

1. Инструментальные средства разработки моделей технических комплексов (9 стр.)

С.Е. Базаева¹, Я.А. Зотов²

¹ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, bazaeva@niisi.msk.ru;

²ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, zotov@niisi.ras.ru

Аннотация. В статье рассматриваются различные способы разработки моделей технических комплексов и анализируются достоинства и недостатки применяемых методов моделирования. На основе проведенного исследования авторами предлагается подход к созданию инструментальной среды моделирования, который позволяет конструировать стенды для широкого круга технологических процессов в различных областях применения, функционирующие в режиме реального времени. Инструментальные средства, используемые при моделировании, включают программное обеспечение и вычислительную аппаратуру.

Ключевые слова: технический комплекс, стенд полунатурного моделирования

2. Пример импортозамещения программно-аппаратной архитектуры систем управления на вычислительных средствах ограниченной производительности (11 стр.)

Т.К.Грингауз¹, А.Н.Онин²

¹ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, gring@niisi.ras.ru;

² ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, alexii@niisi.ras.ru

Аннотация. Микроконтроллер КОМДИВ-МКЭ отечественной разработки входит в состав интерфейсных модулей семейства ИМ-АЗС. Модули предназначены для применения в качестве контроллеров технологических процессов и обслуживания автозаправочной станции. На модули портирована проприетарная программа управления. Описан принцип функционирования программы. Приведен перечень ее доработок при портировании.

Ключевые слова: импортозамещение, интерфейсный модуль, программируемый логический контроллер, древовидная сеть, технологическое оборудование, АЗС, урвнемер, ТРК.

3. Обзор существующих решений в области моделирования технологических процессов (13 стр.)

Я.А. Зотов¹

¹ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, zotov@niisi.ras.ru

Аннотация. Статья содержит обзор некоторых существующих решений в области моделирования в некоторых отраслях. Приведены определения цифровых двойников. Даны описания программ, реализующих функционал цифровых двойников, в том числе с открытым исходным кодом. Описаны некоторые математические решения.

Ключевые слова: моделирование, цифровой двойник, автоматизированные системы управления

4. Машинно-ориентированный текстовый интерфейс отладчика GDB (5 стр.)

В.А. Галатенко¹, К.А. Костюхин²

¹ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, galat@niisi.ras.ru;

²ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, kost@niisi.ras.ru

Аннотация. Интерактивный отладчик GDB является основным средством отладки программ, разрабатываемых на инструментальной платформе Linux. Предоставляя широкие возможности для отладки, GDB, тем не менее, не способен удовлетворить всех потребностей разработчиков, например, многопроцессорных систем. Одним из решений является рассматриваемый в этой статье текстовый интерфейс GDB/MI, посредством которого сторонние разработчики могут расширять функциональность отладчика.

Ключевые слова: отладка, многопроцессорные системы, текстовый интерфейс, графический интерфейс, GDB, MI.

5. Особенности сборки кросс-компилятора GCC и бинарных утилит (7 стр.)

В.А. Галатенко¹, Г.Л. Левченкова², С.В. Самборский³

¹ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, galat@niisi.ras.ru;

²ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, galka@niisi.ras.ru;

³ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, sambor@niisi.ras.ru

Аннотация. Разработчики, использующие свободно распространяемый компилятор GCC, нередко сталкиваются с проблемой правильной сборки кросс-компилятора и необходимых бинарных утилит из исходных текстов для заданной целевой архитектуры. В статье приводится общая последовательность действий по самостоятельной сборке кросс-компилятора и бинарных утилит для архитектуры MIPS, подходящая для разных версий компилятора. Приводятся примеры проблем, которые могут при этом возникать, и способы их решения.

Ключевые слова: компилятор, бинарные утилиты, GCC, сборка, MIPS.

6. Логические ошибки в подсистемах ввода-вывода современных операционных систем (6 стр.)

**А.Б. Бетелин¹, А.А. Прилипко², Г.А. Прилипко³, С.Г. Романюк⁴,
Д.В. Самборский⁵**

¹ab@niisi.msk.ru, ²aaprilipko@niisi.msk.ru, ³prilipko@niisi.msk.ru,
⁴sgrom@niisi.ras.ru, ⁵samborsky_d@fastmail.com

ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия

Аннотация. Современные операционные системы используют уровни абстракции для описания интерфейса ввода-вывода данных. Построенные по этим принципам операционные системы обычно соответствуют стандарту POSIX, описывающему синтаксис и семантику системных вызовов. Тем не менее, применение стандартов не гарантирует согласованности программных компонент и корректности использованных алгоритмов. В данной работе описано несколько логических ошибок, типичных для сложных систем, разные части которых разрабатывались независимо. Анализ описанных ошибок дает основания утверждать, что детальное описание программных моделей систем ввода-вывода для их формальной верификации и тестирования создаваемого кода могут значительно увеличить надежность операционных систем и прикладных программ.

Ключевые слова: файловая система, RAID-массив, логическая ошибка, формальная верификация, тестирование

7. Использование при разработке SnK метода программной инжекции сбоев для оценки перехода на технологию с меньшими проектными нормами (5 стр.)

П.О. Черняков¹, А.П. Скоробогатов²

¹ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, chernyakov@cs.niisi.ras.ru;

²ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, skorobog_a@cs.niisi.ras.ru

Аннотация. В данной работе представлен подход к оценке достаточности применяемых мер парирования сбоев в цифровых блоках систем на кристалле (СнК) при переходе на технологию с меньшими проектными нормами и целесообразности данного перехода при условии сохранения прежнего уровня сбоеустойчивости. Подход основан на методе программной инжекции сбоев и продемонстрирован на примере переноса контроллера внешней статической памяти с технологии с 250 нм проектными нормами на технологию с 65 нм проектными нормами.

Ключевые слова: резервирование, TMR, SEU, SET, инжекция сбоев

8. Графовые нейронные сети и их применение при проектировании цифровых СБИС (7 стр.)

Н.В. Желудков¹, К.А. Петров²

¹ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, nvgel@cs.niisi.ras.ru;

²ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, petrovk@cs.niisi.ras.ru

Аннотация. В статье рассматривается метод машинного обучения на графах, представлены архитектуры современных графовых нейронных сетей, а также их применение для решения задач проектирования цифровых СБИС, в особенности при размещении стандартных ячеек на этапе топологического проектирования. Решение данной задачи с помощью методов машинного обучения является актуальной проблемой, так как стандартные алгоритмы размещения, используемые в современных САПР, сталкиваются со сложностями при работе с цифровыми схемами, число логических элементов в которых достигает 10^6 и более. Это приводит к длительному времени работы и неоптимальности полученных результатов по параметрам занимаемой площади и энергопотребления проектируемой СБИС.

Ключевые слова: машинное обучение, графовые нейронные сети, GNN, топологическое проектирование СБИС.

9. Использование метода косимуляции при разработке высокопроизводительных микропроцессоров (5 стр.)

А.Г. Ворсин¹, А.В. Шумаков², К.А. Петров³, П.С. Зубковский⁴

¹ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, vorsin@cs.niisi.ras.ru;

²ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, shumakov@cs.niisi.ras.ru;

³ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, petrovk@cs.niisi.ras.ru;

⁴ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, zubkovsky@cs.niisi.ras.ru

Аннотация. Моделирование, проводимое на низком уровне абстракции при разработке высокопроизводительных микропроцессоров, создает большую нагрузку на вычислительные машины и занимает много времени. Рассмотрен метод косимуляции, позволяющий использовать часть моделируемого микропроцессора в виде абстракции более высокого уровня, тем самым сокращая нагрузку на вычислительные машины и время моделирования.

Ключевые слова: система на кристалле (СнК), высокопроизводительный микропроцессор, RTL-моделирование, программная эмуляция, косимуляция

10. Исследование эффективности применения различных архитектур нейросетей в расчете маски в задаче инверсной фотографии (8 стр.)

**Я.М. Карандашев^{1,4}, Г.С. Теплов^{2,3}, В.В. Керемет⁵, А.А. Карманов³,
А.В. Кузовков², М.Ю. Мальсагов¹**

¹ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, karandashev@niisi.ras.ru;

²АО «НИИМЭ», Зеленоград, Россия, gteplov@niime.ru;

³Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Россия;

⁴Российский университет дружбы народов, Москва, Россия;

⁵Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. В данной работе нами решается обратная задача вычислительной фотолитографии. Расчет топологии маски производился глубокими нейронными сетями. Исследование было направлено на сравнение эффективности нейросетевых архитектур U-Net, Erf-Net и Deep Lab v3, а также встроенных алгоритмов Calibre Workbench в решении задачи инверсной фотолитографии. Обучение искусственных нейронных сетей было выполнено на специально сгенерированном и размеченном наборе данных. Случайные фигуры генерировались с помощью САПР Calibre Workbench для маски затворов транзисторов технологии 90 нм. Сравнение производилось по параметрам точности и скорости. В качестве метрик в работе были использованы edge placement error (EPE) и intersection over union (IOU). Применение нейронных сетей позволило в 100 раз ускорить расчет маски при сохранении точности в 92% на метрике IOU.

Ключевые слова: вычислительная фотолитография, инверсная литография, сверточные нейронные сети, коррекция оптической близости, U-Net, Erf-Net, Deep Lab v3, перевод картинку в картинку, автоматизация электронного проектирования, искусственный интеллект, EPE, IOU

11. Теплопроводность тонких кремниевых эллиптических наноструктур (5 стр.)

Н.В. Масальский¹

¹ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, volkov@niisi.ras.ru

Аннотация. Обсуждается поведение аномальной теплопроводности кремниевых цилиндрических наноструктур с эллиптическим сечением в стационарных состояниях. При помощи численного моделирования показано, что аномальная теплопроводность связана с формой поперечного сечения. Чем меньше отношение меньшей полуоси эллипса к большей, тем выше теплопроводность эллиптических наноструктур. А также при повышении температуры вклад в аномальную теплопроводность из-за снижения числа Кнудсена превалирует над вкладом из-за снижения объемной теплопроводности. Поэтому, с ростом температуры наблюдается рост теплопроводности цилиндрических наноструктур с эллиптическим сечением. Полученные результаты демонстрируют аномальную природу теплопроводности тонких кремневых цилиндрических наноструктур с эллиптическим сечением, которая отличается от классических представлений о теплопроводности твердых тел. аннотации.

Ключевые слова: теплопроводность, число Кнудсена, уравнение Максвелла-Каттанео-Вернотта, кремниевые наноструктуры