

основе методов генетического поиска. Результаты работы алгоритма планируется проверить на наборе тестов IBM (01-10) и Faraday, результаты выполнения которых известны для алгоритма DRAGON.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Норенков И.П.* Основы автоматизированного проектирования. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002.
2. *Казеннов Г.Г.* Основы проектирования интегральных схем и систем. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005.
3. *Adya S.N., Yildiz M., Markov I.L., Villarrubia P.G., Parakh P.N., Madden P.H.*, Benchmarking for large-scale placement and beyond. In Proceedings of the International Symposium on Physical Design. ACM, Monterey, 2003.
4. *Tetsushi Koide, Mitsuhiro Ono*, A New Performance Driven Placement Method with the Elmore Delay Model for Row Based VLSIs, 2003.
5. *Shantanu Dutt, Huan Ren, Fenghua Yuan and Vishal Suthar*, “A Network-Flow Approach to Timing-Driven Incremental Placement for ASICs, ICCAD 2006,

Е.В. Нужнов, А.А. Полупанов

ОСОБЕННОСТИ РЕДАКТОРА РАЗМЕЩЕНИЯ VIRTUOSO ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАКАЗНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ*

Введение. В статье рассматриваются возможности и особенности редактора размещения Virtuoso (**Virtuoso Layout Editor**), который представляет собой промышленно–стандартизованный инструментарий платформы Virtuoso компании Cadence для физического размещения при проектировании заказных интегральных схем на уровне подложки. Редактор поддерживает физическое проектирование и создание специализированных цифровых, аналого-цифровых и аналоговых интегральных схем.

В соответствии с договором о творческом сотрудничестве с компанией Cadence Design Systems (США), кафедра САПР Таганрогского государственного радиотехнического университета получила и проводит внедрение в учебный процесс учебных версий промышленных САПР изделий электроники (заказных интегральных схем (ИС) различной степени интеграции, печатных плат, микросборок и интегральных систем на платах) [1,2,5].

Платформа разработки заказных ИС Virtuoso является полнофункциональной системой для быстродействующей, точной кремниевой разработки и оптимизирована для поддержки методологии разработки на всех этапах конструкторского проектирования при разработке заказных ИС (рис.1).

Virtuoso включает в себя управляемый спецификацией полнофункциональный аналого-цифровой инструментарий, поддерживающий имитацию с общими моделями и уравнениями, значительно ускоряющий размещение, улучшающий кремниевый анализ для 0,13 мкм и ниже [3].

При проектировании заказных ИС, платформой Virtuoso поддерживается, так называемый, подход «meet-in-the-middle» (рис.2). Проектирование идёт одновременно сверху-вниз и снизу-вверх так, что в промежуточной точке, когда оба этих процесса состыкуются, получается оптимальный результат.

* Работа выполнена при поддержке программы развития научного потенциала высшей школы (проекты РНП.2.1.2.2238, РНП.2.1.2.3193).



Рис.1. Платформа разработки заказных ИС Virtuoso

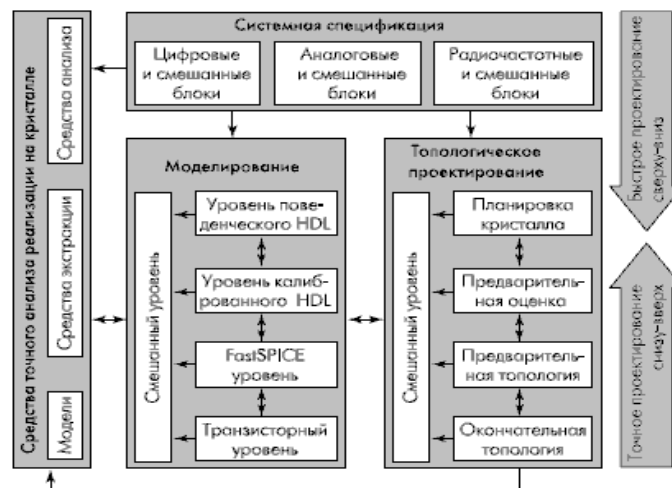


Рис.2. Подход «meet-in-the-middle»

Проектирование сверху-вниз позволяет обнаруживать на ранних стадиях проектирования проблемы, как в моделировании, так и в топологической реализации. Средства многоуровневого моделирования и топологического синтеза поначалу работают с абстрактными моделями, которые уточняются в процессе проектирования.

Процесс снизу-вверх может гарантировать точность проектирования благодаря детальным точным данным о реализации на кристалле, использованию точных моделей и калибровки средств моделирования непосредственно по результатам измерений на тестовых кристаллах. При этом поддерживается возможность перехода к более быстрым, более абстрактным моделям, которые могут быть использованы для моделирования больших фрагментов в процессе проектирования сверху-вниз.

Платформа Virtuoso доступна в среде САПР Cadence в базе данных CDBA и промышленно-стандартизированной базе данных OpenAccess [1]. С помощью платформы Virtuoso разработчик может достаточно быстро конструировать корректную геометрическую структуру кремниевой подложки от одного микрона до 90 нм.

Особенности редактора размещения Virtuoso. Основные особенности редактора размещения Virtuoso при размещении элементов и редактировании [4]:

- ◆ графическая навигация по библиотеке;
- ◆ неограниченная поддержка иерархии в проекте;
- ◆ поддержка многооконного редактирования на тех же самых или различных данных проекта;
- ◆ конфигурируемые пользователем команды, использующие горячие клавиши или графические символы;
- ◆ режимы пред- и пост-выбора;
- ◆ конфигурируемый пользователем выбор с фильтрованием;
- ◆ конфигурируемые пользователем уровни отмены/отката;
- ◆ создание и редактирование многоугольников, путей, прямоугольников, окружностей, эллипсов, торов, выводов и контактов при размещении;
- ◆ развитые средства поиска и замены;
- ◆ использование параметризованных ячеек (Pcells) для смены размера, формы, или содержимого каждой ячейки, без смены оригинальной ячейки;
- ◆ интегрированный интуитивный навигационный помощник («мировой обозреватель») (рис.3);

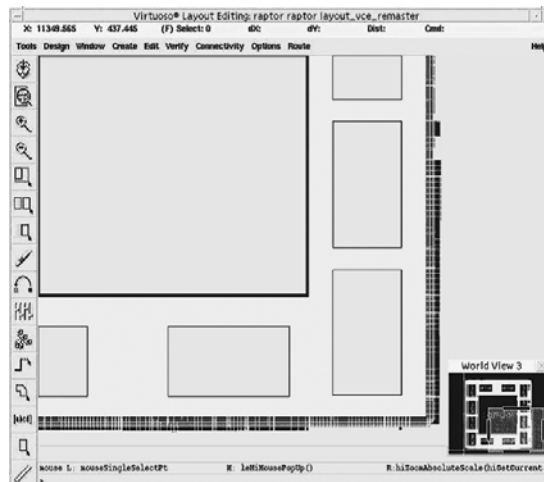


Рис.3. Интегрированный интуитивный навигационный помощник, облегчающий навигацию в проекте

- ◆ настраиваемый инструментарий разработчика на основе языка программирования Cadence SKILL;
- ◆ поддержка базы данных OpenAccess;
- ◆ поддержка программ физической верификации Diva и Assura;
- ◆ поддержка платформ операционных систем Solaris (SUN Microsystems), HP-UX (Hewlett Packard), AIX (IBM), Linux.

Входные и выходные данные проектирования:

- ◆ формы среды базы данных Cadence CDBA;
- ◆ описания на языке SKILL;
- ◆ формат STREAM;
- ◆ формы среды базы данных OpenAccess.

С помощью редактора размещения Virtuoso проектирование топологии заказной ИС ускоряется за счёт использования обширного набора пользовательских

конфигурируемых настроек и простоты использования многоугольников размещения в пределах иерархической многооконной среды проектирования. Дополнительное ускорение обеспечивается за счёт специальных параметризованных ячеек (Pcells) и мощного скриптового языка SKILL, который обеспечивает прямой доступ к базе данных. Инструментарий конфигурирования позволяет взаимодействовать с другими инструментариями интегрированной САПР CADENCE [2].

В отличие от других систем проектирования редактор размещения Virtuoso обладает следующими преимуществами:

- ◆ простота создания и удобство навигации в сложных разработках поддерживаются многооконным интерфейсом с неограниченной иерархией (рис.4);

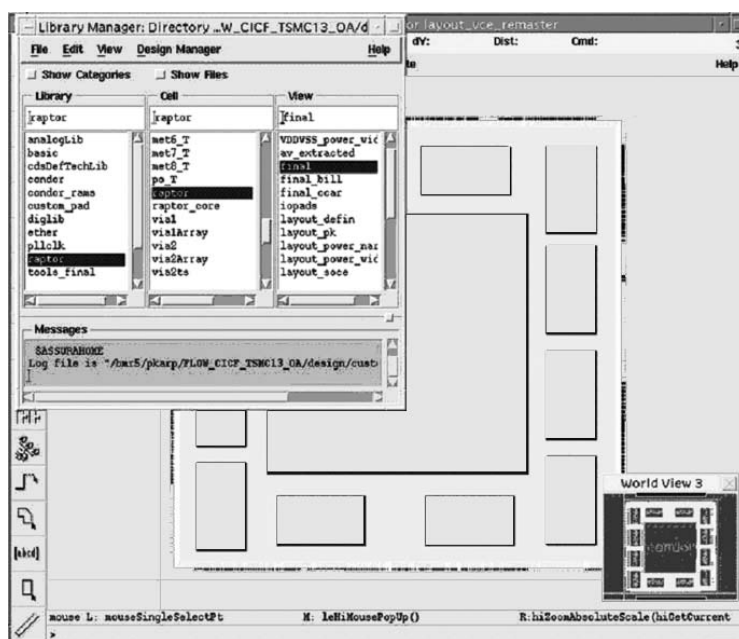


Рис.4. Простота создания и навигации в сложных проектах

- ◆ ускоренный вход в функцию размещения и легко доступные функции редактирования;
- ◆ увеличенная производительность и оптимизация разработки за счёт использования ячеек Pcells;
- ◆ эффективная, высококачественная реализация сложных процессов проектирования происходит на основе базы данных OpenAccess.

Редактор размещения Virtuoso представляет собой полностью иерархический многооконный интерфейс для редактирования рабочего проекта. Одной из его особенностей является возможность «раскрытия» мультячеек или группы элементов на любой стадии редактирования (рис.5) или на разных видах проекта, позволяющая обеспечивать гарантированную последовательность в сложных разработках. В системе используется интегрированный интуитивный навигационный помощник, так называемый «мировой обозреватель», который помогает определить местоположение любого компонента ИС. Это происходит за счёт выбора, изменения масштаба изображения, перерисовки и других, широко используемых команд увеличивающих производительность при размещении.

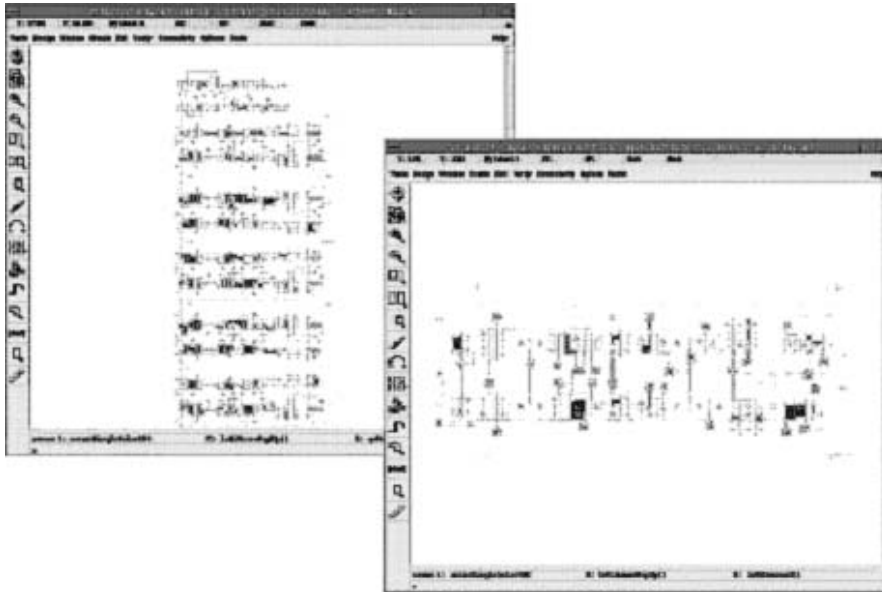


Рис.5. Иерархический многооконный интерфейс для редактирования рабочего проекта

С целью уменьшения времени проектирования в систему введён гибкий инструментарий Pcells. Инструментарий Pcells обеспечивает ускоренный уровень автоматизированного проектирования, с целью сокращения повторных этапов процесса размещения компонентов. Инструментарий Pcells поддерживает изменение размера, формы или содержимого каждого компонента ячейки без изменения её структуры, поднятие уровня абстракции к уровню компонент и упрощение сложных форм, управляя переменными параметрами настройки. Ускорение процесса размещения происходит так же за счёт сокращения нарушений проектных норм.

Легко настраиваемый инструментарий редактирования. Архитектура и внедрение оболочки Cadence Design Framework II и новой базы данных OpenAccess предоставляют редактору размещения Virtuoso дополнительные особенности и инструментарий редактирования для проектирования. Это стало возможным благодаря поддержке гибкого, мощного языка программирования SKILL. Язык SKILL позволяет осуществлять прямой доступ к базе данных проекта и удовлетворить требованиям разработки заказных ИС любой методологии или технологическому процессу. Дополнительно, версия базы данных OpenAccess поддерживает язык Си базирующийся на программном интерфейсе приложений (API) и «набор инструментов», позволяющий оптимизировать процесс проектирования.

Заключение. Освоение рассмотренных программных средств позволяет обеспечить повышение качества и сокращение сроков автоматизированного проектирования ИС, а их использование в учебном процессе (лабораторном практикуме, курсовом и дипломном проектировании) – получить опыт реального автоматизированного проектирования с использованием современных программных средств САПР передовых компаний, повысить заинтересованность, творческий потенциал, профессиональный уровень и квалификацию молодых специалистов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курейчик В.В., Нужнов Е.В. Подготовка инженеров специальности 230104 на основе использования методологии и промышленных САПР компании Cadence Design Systems // Труды Международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы (IEEE AIS'05)» и «Интеллектуальные САПР (CAD-2005)». Научное издание в 4-х томах. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2005, т.4 – С. 98-104.
2. Нужнов Е.В., Ковалев А.В. Варианты использования промышленных САПР компании Cadence Design Systems в техническом университете // Труды Международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы (IEEE AIS'05)» и «Интеллектуальные САПР (CAD-2005)». Научное издание в трёх томах. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2005, т.2. – С. 430-436.
3. Cadence Design Systems. Products, 2006. – <http://www.cadence.com/products.htm>.
4. Cadence Design Systems. Products. Custom IC design. Virtuoso Layout Editor, 2006. – http://www.cadence.com/products/custom_ic/veditor/index.aspx.
5. Курейчик В.В., Нужнов Е.В., Полунов А.А. Особенности среды аналогового проектирования Virtuoso. Известия ТРТУ. Тематический выпуск "Интеллектуальные САПР". – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006. №8(63). – С. 105-110.

В.П. Карелин, В.М. Глушань

**МЕТОДЫ СОКРАЩЕНИЯ ПЕРЕБОРА ПРИ ОТЫСКАНИИ
ГАМИЛЬТОНОВА ЦИКЛА И РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА НА
ПЛОСКОМ ГРАФЕ**

Теория графов дает простой, доступный и мощный инструмент построения моделей и решения задач упорядочения элементов, планирования, проектирования и исследования сложных систем. При помощи графов упрощается анализ широкого круга комбинаторных проблем [1].

Экстремальные задачи на графах относятся к области дискретной оптимизации, которая, как и комбинаторный анализ не имеют единой теории, т.е. некоторого набора основных положений, теорем, правил, позволяющих получать общие результаты и рекомендации. Вместе с тем многочисленные исследования и опыт разработки комбинаторных алгоритмов показали, что в ряде случаев все же существуют единые принципы организации вычислений, отражающие особенности того или иного класса моделей. Примерами являются: метод ветвей и границ, исследования на графах, разновидности динамического программирования, методы теории расписаний и др. Общая идея этих методов состоит в замене полного перебора всех вариантов частичными переборами меньших объемов. Это достигается в результате исключения из рассмотрения ряда подмножеств, заведомо не содержащих искомого экстремума и сужения области перспективных вариантов. Идея последовательного анализа и исключения вариантов вполне отвечает естественному ходу человеческой мысли, который был выработан эволюцией [2].

В комбинаторных задачах различают три вида проблем: а) теоретическая возможность существования решений; б) подсчет числа возможных решений; в) выработка алгоритмов отыскания нужного решения (выборки, размещения).

Примерами комбинаторных задач теории графов являются: задача коммивояжера, задача отыскания гамильтонова цикла, размещения вершин, отыскание кратчайших путей, покрытий, паросочетаний, характеристических чисел графа и многие другие. Все эти задачи относятся к классу NP-полных [3], т.е. доказано принципиальное отсутствие алгоритмов их решения с полиномиальной сложностью.