

СИСТЕМА СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ AVOCAD

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ НА КРИСТАЛЛЕ

Система схемотехнического моделирования AVOCAD – продукт российско-малазийской компании UniqueIC'S (www.uniqueics.ru), базирующейся в Зеленограде. Компания занимается проектированием аналоговых, оптоэлектронных, цифровых, аналого-цифровых интегральных схем с последующим производством на фабриках Малайзии и Тайваня. AVOCAD создан группой российских специалистов, имеющих многолетний опыт разработки численных алгоритмов схемотехнического моделирования, с учетом современных требований к проектированию аналого-цифровых интегральных схем.

Одна из основных тенденций в проектировании интегральных схем – создание функционально завершенных устройств на одном кристалле, так называемых "систем на кристалле" (SoC – System-on-Chip) [1]. Уже сегодня значительная часть SoC включает не только цифровые, но и аналоговые, цифроаналоговые блоки и, по прогнозам [2, 3], доля таких систем будет расти. Для надежного проектирования заказных систем, содержащих аналоговые части, точности логического и поведенческого моделирования оказывается недостаточно. Схемотехническое (СхТ) моделирование необходимо при отладке аналоговых частей на этапе разработки принципиальной схемы, верификации перед запуском в производство (с учетом влияния межсоединений, полученных при топологическом проектировании). Использование таких возможностей систем схемотехнического моделирования, как параметрическая оптимизация и статистический анализ, позволяет добиваться повышения быстродействия и/или улучшения других характеристик схемы. Сегодня схемотехническое моделирование – обязательный этап маршрута проектирования заказных аналоговых и цифроаналоговых схем.

Однако существующие программы схемотехнического моделирования практически, из-за громадных временных затрат, не позволяют провести моделирование схем, включающих несколько миллионов транзисторов (а это не самые большие SoC), целиком. Когда проектируется схема такой размерности, ее обычно разбивают на блоки и моделируют по частям. При этом нет гарантий, что после формального объединения отлаженных блоков вся схема будет работать правильно. Гарантировать это можно только при моделировании всего проекта в целом. Задача очень важная, и на ряде крупных фирм, таких как Cadence, Synopsys, ведутся проекты по разработке специальных программ ускоренного схемотехнического моделирования, позволяющих верифицировать на схемотехническом уровне цифровые и аналого-цифровые КМОП-схемы большой размерности в экономически приемлемые сроки. Но пока что программы, такие как HSPICE, позволяющие точно моделировать схе-

Г.Казённов, С.Кокин,
С.Макаров, В.Перминов,
Д.Перминов



мы произвольной структуры, реально могут работать только со схемами (блоками) размерностью до 100 тысяч транзисторов [4].

НАЗНАЧЕНИЕ И СОСТАВ СИСТЕМЫ AVOCAD

Система AVOCAD занимает особое место среди программ схемотехнического моделирования, совмещая точность и высокую производительность (рис. 1). Существующие подходы к повышению скорости схемотехнического моделирования либо приводят к снижению точности (при использовании упрощенных моделей элементов), либо применимы только для схем специального вида, например регулярных схем памяти [5]. Средства моделирования системы AVOCAD позволяют увеличить размер верифицируемых схем как с регулярной, так и с нерегулярной структурой до нескольких миллионов транзисторов. При сохранении высокой точности, новые алгоритмы, использованные в системе, значительно повышают производительность моделирования для цифровых и цифроаналоговых схем большой размерности, в которых в каждый момент времени переключается сравнительно небольшое количество транзисторов. Большинство цифровых и цифроаналоговых схем, имеющих практическую значимость, удовлетворяет этому критерию. В современных проектах SoC доля транзисторов, работающих в аналоговом режиме, составляет порядка 2% [6], среди оставшейся цифровой части число переключаемых транзисторов в каждый момент для большинства практических схем составляет от 2 до 20% от общего числа транзисторов. В настоящий момент система AVOCAD состоит из программы моделирования и среды разработчика с встроенным схемотехническим редактором.

СРЕДА РАЗРАБОТЧИКА И СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР

Среда разработчика представляет собой интегрированную оболочку, реализованную на платформе Windows, в которую включены си-

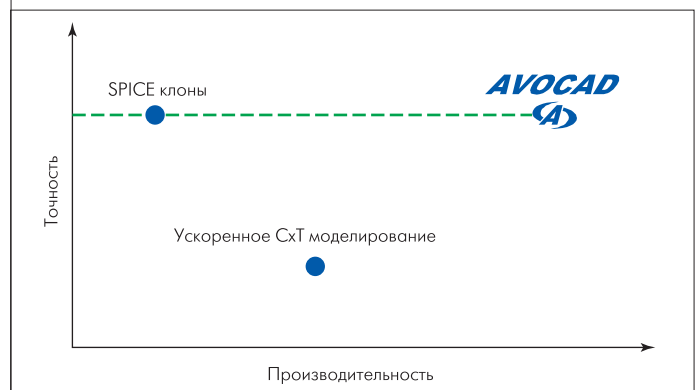


Рис. 1. Место AVOCAD среди программ схемотехнического моделирования

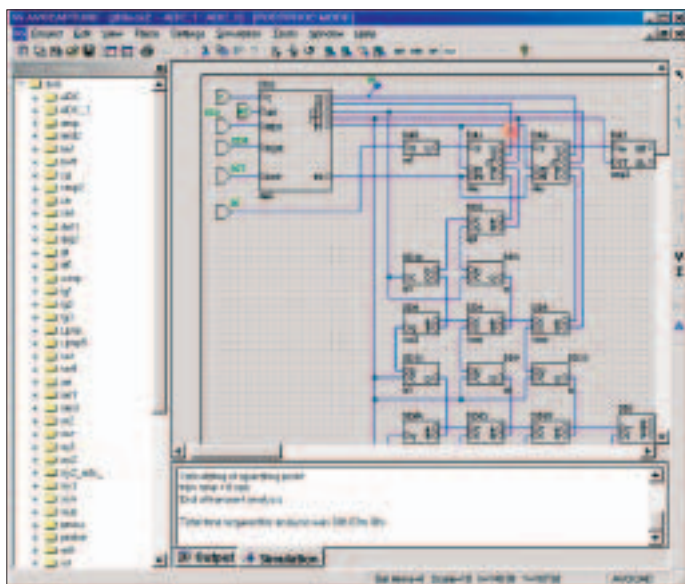


Рис.2. Среда разработчика и встроенный схемотехнический редактор

система управления проектами, полнофункциональный схемный редактор, средства визуализации и анализа результатов моделирования. Иерархические проекты принципиальных схем могут создаваться в виде текстового (формат HSPICE) и графического описания. В системе управления проектами предусмотрены средства генерации описания списка цепей в форматах систем HSPICE, SPECTRE, SPICE3e2. Поддерживается возможность повторного использования отлаженных иерархических блоков из других проектов. Для подключения готового блока в текущий проект достаточно простой ссылки на рабочий файл с описанием блока. Большое удобство – поддержка параметризованных иерархических блоков. Для каждого варианта набора параметров транзисторов (или других параметров) не нужно создавать отдельные блоки. Можно использовать единое описание принципиальной схемы, а конкретные параметры и настройки задавать уже при включении блока в общую схему.

Графическое описание принципиальной схемы создается с помощью встроенного полнофункционального схемотехнического редактора (рис.2). Редактор поддерживает неограниченную иерархию, имеет широкий набор настроек и утилит для прорисовки схемы (настройка цветовой палитры, задание сетки привязки, разбиение схемы на несколько чертежей, задание размеров чертежа, печать, предварительный просмотр перед выводом на печать, автоматическая нумерация элементов, прорисовка шин и др.). Пользователь может создавать собственные библиотеки графических элементов схемы (рис.3). Более того, параметры моделей элементов

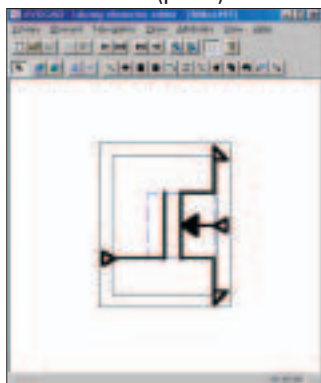


Рис.3. Программа создания графических изображений элементов

могут задаваться с помощью специально разработанных графических утилит.

В схемотехническом редакторе системы AVOCAD разработаны удобные интуитивные инструменты для работы с маркерами токов и напряжений. Пользователь может задать маркер внутри описания иерархического блока (который будет воспроизводиться при каждом включении блока) либо выбрать ветку иерархического дерева описания схемы и для каждого конкретного вхождения блока

указать уникальную точку простановки маркера. Если необходимо поработать с отдельным фрагментом рабочей схемы или, наоборот, включить ее как часть в общий проект, создать дополнительный отладочный вариант, система автоматически сохранит установку маркеров.

Не выходя из среды разработчика, пользователь может задать и сохранить настройки моделирования: модели используемых элементов, тип моделирования, опции моделирования, параметры визуализации и сохранения результатов моделирования и др. Можно создавать несколько вариантов настроек и переключать их по мере необходимости. После запуска программы моделирования результаты можно наблюдать непосредственно в процессе ее работы, а также проанализировать впоследствии с помощью интерактивного постпроцессора обработки результатов (рис.4).

В среде разработчика системы AVOCAD можно разрабатывать целые программы аттестации проектов, формируя пакеты заданий на моделирование в различных режимах с различными настройками. Существует возможность моделирования как на компьютере разработчика, так и на удаленных компьютерах, в том числе и работающих под управлением операционной системы UNIX. Причем моделирование может проводиться не только собственными средствами системы, но и с помощью программ третьих фирм. Обработка результатов во всех случаях происходит в постпроцессоре среды разработчика.

ПРОГРАММА МОДЕЛИРОВАНИЯ

Программа моделирования – сердце системы AVOCAD. Она существует как в виде отдельного модуля, который можно запустить на

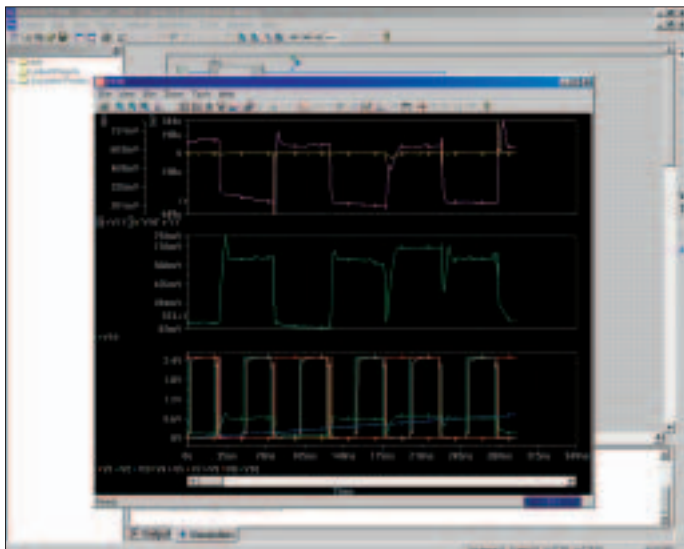


Рис.4. Постпроцессор обработки результатов моделирования

удаленном компьютере, так и в виде инструмента, непосредственно интегрированного в среду разработчика. Основная особенность программы моделирования – ориентация на проведение анализа интегральной схемы нерегулярной структуры, включающей сотни тысяч транзисторов (до нескольких миллионов), во временной области за минимальное время с сохранением точности моделирования, характерной для систем типа HSPICE.

В программе схемотехнического моделирования AVOCAD удалось удачно совместить общеизвестные подходы к схемотехническому моделированию и целый ряд оригинальных методов. Новые методы не подменяют базовые подходы к моделированию электрических схем, а дополняют их. Поскольку используются общепринятые модели элементов, увеличение скорости моделирования не сказывается на точности получаемых результатов.

Основное преимущество математических методов, примененных в системе AVOCAD, – возможность декомпозиции математической модели всей схемы. Такие методы относят к классу "диакоптических" методов. Декомпозиция позволяет существенно снизить затраты при использовании численных методов, характеризующихся нелинейным ростом временных затрат при росте размеров всей системы. Выбор способа декомпозиции – определяющий фактор для методов такого класса. Для программы моделирования AVOCAD разработаны новые оригинальные алгоритмы декомпозиции, учитывающие особенности задач схемотехнического моделирования и позволяющие значительно снизить общие затраты на моделирование, особенно для больших схем. В больших схемах связность элементов снижается (матрицы становятся более разреженными), и эффект от декомпозиции увеличивается. Отметим, что при увеличении размера схемы "выигрыш" по сравнению с известными программами схемотехнического моделирования увеличивается нелинейно и может составить сотни и тысячи раз, например, как при моделировании схем счетчиков разной размерности (рис.5).

В настоящее время в программе моделирования реализованы следующие виды анализа: анализ по постоянному току (DC анализ);

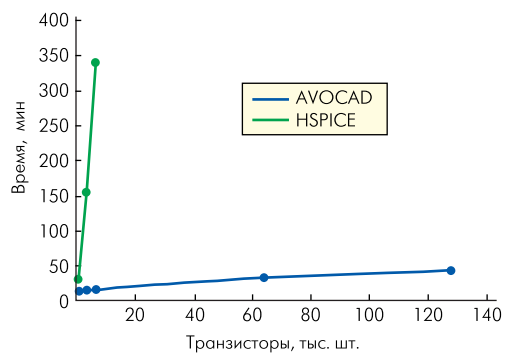


Рис.5. Изменение времени моделирования счетчика в зависимости от размера схемы

анализ во временной области (TRAN анализ); анализ по переменному току (AC анализ). Кроме этого, каждый из перечисленных видов анализа может быть параметризован (SWEEP анализ). Поддерживаются модели резистора, физического резистора, конденсатора, диода, МДП-транзистора (модели Level 3, BSIM3v3, BSIM4), биполярного транзистора (модель Гуммеля-Пуна), зависимые и независимые источники тока и напряжения. Все названные модели совместимы по параметрам с параметрами моделей системы HSPICE компании Synopsys.

Сравнительное тестирование программы схемотехнического моделирования системы AVOCAD и таких известных систем как PSPICE 9.2, SPECTRE 4.4.6, HSPICE 99.2 в целом показали значительное ускорение расчетов при сохранении точности моделирования. Тестирование проводилось для различных классов схем. В качестве при-

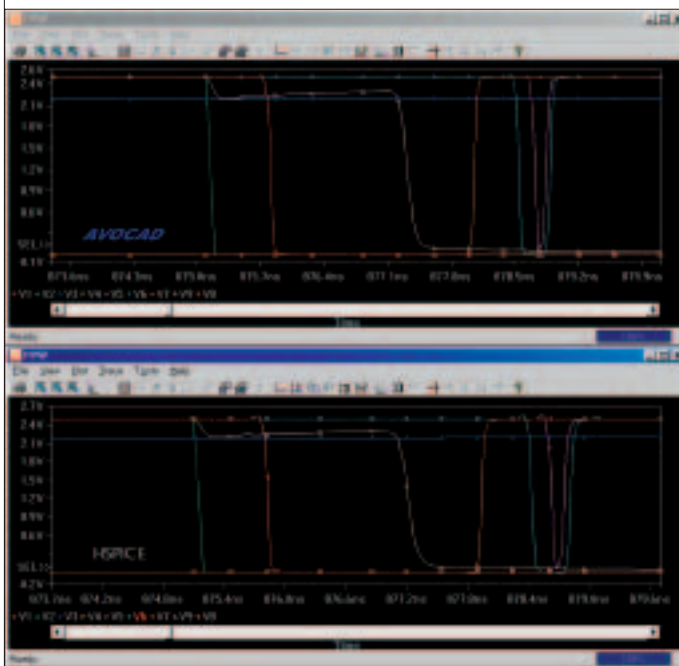


Рис.6. Результаты моделирования схемы трехразрядного АЦП на AVOCAD и HSPICE 99.2

Результаты сравнительного тестирования программы схемотехнического моделирования системы AVOCAD

Программа моделирования	Вычислительные средства	АЦПЗ (1212 транзисторов)	Счетчик 10 (640 транзисторов)	Счетчик 100 (6400 транзисторов)	Счетчик 2000 (128000 транзисторов)
AVOCAD	Pentium IV – 2.4 GHz, 512Mб RAM	36 мин	14 мин	16 мин	43 мин
PSPICE 9.2	Pentium IV – 2.4 GHz, 512Mб RAM	Нет сходимости	23 мин	245 мин (4 ч 5 мин)	Более 2-х дней
SPECTRE 4.4.6	Sparc SUNW Ultra-5 – 400MHz, 256M RAM	68 мин (1 ч 8 мин)	39 мин	490 мин (8 ч 10 мин)	Более 2-х дней
HSPICE 99.2	Sparc SUNW Ultra-5 – 400MHz, 256M RAM	64 мин (1 ч 4 мин)	31 мин	340 мин (5 ч 40 мин)	Более 2-х дней



мера можно привести результаты моделирования схемы трехразрядного АЦП (рис.6). Моделирование схем трехразрядного АЦП и счетчиков разной размерности в системе AVOCAD требует значительно меньше времени (см. табл.).

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

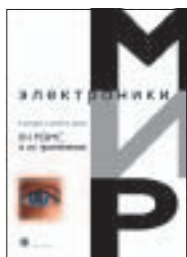
Система AVOCAD развивается как в направлении увеличения скорости моделирования, так и в плане расширения функциональных возможностей программы моделирования и среды разработчика. В настоящее время ведутся разработки версий для многопроцессорных и многомашинных вычислительных систем, которые, как ожидается, позволят сократить общее время моделирования еще в несколько раз. Алгоритмы моделирования, как уже отмечалось, используют принцип декомпозиции математической модели всей схемы. Это позволяет эффективно и естественно проводить распараллеливание вычислительного процесса. Другое важное направление развития – расширение библиотеки моделей элементов интегральных схем, в частности, за счет моделей, учитывающих особенности специализированных схем, разрабатываемых компанией UniqueIC'S по новым технологиям фабрик – партнеров компании.

Есть планы по созданию на базе AVOCAD системы сквозного проектирования. Уже ведется работа над модулями проектирования и верификации топологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. George Neville-Nel, Telle Whitney. SoC: Software, Hardware, Nightmare, Bliss. – Queue, ACM Press, 2003, V. 1, Is. 2, P. 24.
2. CADENCE Annual report and form 10-K. 2001. <http://www.cadence.com>.
3. ASIC Market Alive and Well, In-Stat/MDR report "Customer-Specific, Cell-Based IC Consumption; An End-Use/Geographic Comparison". <http://www.instat.com>, 2004
4. HSPICE Frequently Asked Questions. <http://www.synopsys.com>.
5. Денисенко В. Проблемы схемотехнического моделирования КМОП СБИС.– Компоненты и технологии, 2002, № 3, с.74–78, № 4, с.100–104.
6. Analogue Design for SoC: Red is for Danger (panel discussion). – Design Automation and Test in Europe (DATE), 2004. <http://www.date-conference.com>.

ИЗДАТЕЛЬСТВО "ТЕХНОСФЕРА" ПРЕДСТАВЛЯЕТ:



Серия "Мир электроники"

Варадан В., Виной К., Джозе Л.
ВЧ МЭМС и их применение
Техносфера, 2004 г. – 528 с.

Книга посвящена обзору состояния дел в области разработки и изготовления электромеханических систем и их компонентов. Авторы подробно рассматривают вопросы проектирования и технологические аспекты производства разнообразных микроустройств: переключателей, регулируемых индукторов и конденсаторов, фильтров, фазовращателей, линий передач и антенн, указывают преимущества и недостатки каждой конструкции, предлагают способы их оптимизации. Отдельная глава посвящена такой важной теме, как монтаж микросистем, где обсуждаются методы построения корпусов микросистем и способы их сборки. Особый интерес представляет описание методов изготовления микроустройств – как традиционных, применяемых в микроэлектронной промышленности, так и современных, разработанных специально для микросистем.

Актуальность издания обусловлена быстрым прогрессом в области беспроводных систем связи, повлекшим за собой расширение сфер применения ВЧ- и СВЧ-микротехники. Для России, где наблюдается существенное отставание в технологии изготовления микроэлектронных устройств, а развитие электромеханических микросистем и вовсе только начинается, важность книги во много раз возрастает. Тем более, что у нас наблюдается ощутимая нехватка литературы, посвященной этой тематике.

Несомненное достоинство книги в том, что в ней использованы материалы, написанные ведущими разработчиками микросистем со всего мира.

Книга предназначена, в первую очередь, для инженеров-разработчиков ВЧ- и СВЧ-электромеханических микросистем и их компонентов. Но будет полезна и специалистам, занимающимся разработкой мобильных систем связи.



Серия "Мир электроники"

Немудров В., Мартин Г.
Проектирование систем на кристалле
Техносфера, 2004 г.
Выход из печати – сентябрь 2004 г.

В книге рассмотрены различные аспекты проектирования и развития нового класса перспективной электронной элементной базы – "систем на кристалле" (system-on-chip – SoC).

Представлены характерные особенности проектирования SoC: многократное использование в процессе проектирования IP-блоков, введение в САПР "системного" уровня, спиралевидная модель маршрута проектирования и т.д..

Анализируется новая инфраструктура проектирования и производства SoC, сложившаяся в мире в начале 2000-х годов. Изложены особенности взаимодействия фирм-участников создания конечного продукта – SoC.

Рассмотрена новая методология проектирования на основе многократного использования IP-блоков (блоков интеллектуальной собственности – Intellectual Property), а также полная методология проектирования SoC, включающая системный, функциональный, логический и физический уровни.

Проанализированы особенности и преимущества использования языка System C в процессе проектирования SoC на системном уровне.

На конкретном примере SoC в прикладной области беспроводной связи третьего поколения показаны особенности алгоритмически ориентированных методов проектирования SoC и методов "платформенного" проектирования SoC.

Как заказать наши книги?

По почте: **125319 Москва, а/я 594**

По тел./факсу: **(095) 956-3346, 234-0110**

E-mail: **knigi@technosphera.ru; sales@technosphera.ru**