

Программное обеспечение Sonnet

Компания Sonnet, ведущий разработчик программного обеспечения для EM-моделирования, в июне 2013 года отметила свое тридцатилетие. К этой круглой дате был приурочен выход новой, 14-й версии ее основного продукта — Sonnet Suites, объединяющего многолетние усилия специалистов фирмы. Вначале задача компьютерного электромагнитного анализа представляла некий теоретический интерес, преследующий исключительно академические цели. Но постепенно многое изменилось, и на рубеже тысячелетий средства EM-моделирования стали неотъемлемой частью любого маршрута проектирования.

Юрий Потапов

potapoff@eurointech.ru

Последние годы показали, что серьезной проблемой становится взаимодействие инструментов проектирования, причем речь не идет об интеграции продуктов одного производителя, а именно о четком взаимодействии продуктов различных фирм. И такая проблема требует объединения усилий компаний, являющихся, по сути, конкурентами, поскольку оно стало необходимым условием выживания не только самих фирм — производителей программного обеспечения, но и их клиентов. Компания Sonnet может гордиться тем, что работала с такими фирмами, как Agilent, AWR, Eagleware и Cadence, предоставившими возможность интегрирования в их средах. Все они обладают собственными продуктами EM-моделирования и понимают, что эти продукты представляют лишь вторичный интерес для пользователей.

Относительная финансовая независимость позволила компании Sonnet не гнаться за новомодными рыночными тенденциями, а сконцентрироваться на разработке качественного продукта. Компания очень тщательно относится к созданию программного интерфейса и следит, чтобы любая вновь добавленная функция не разрушила существующее направление проектирования.

Название компании Sonnet давно является синонимом слова «точность», когда речь заходит о трехмерном планарном EM-моделировании СВЧ-устройств. Использование в своей основе метода моментов (MoM) в закрытом объеме позволяет стабильно получать качественные результаты с точностью 1% и ниже. Дополнительные настройки программы позволяют добиться повторяющихся результатов анализа с точностью лучше 0,1%. Уже более 20 лет компания Sonnet занимает доминирующие позиции на рынке высокоточного электромагнитного анализа планарных схем для различных приложений (RFIC, MMIC), работающих в диапазоне рабочих частот от 1 МГц до 2 ТГц.

Самостоятельное изучение высокотехнологичного программного обеспечения с мощным математическим аппаратом внутри может оказаться сложной задачей. Пакет Sonnet предоставляет пользователю все

необходимое для быстрого освоения: интуитивный интерфейс, понятные самоучители для начинающих, толковые руководства пользователя, обширные наборы примеров и тщательно проработанную контекстную справку. Для самостоятельного изучения предоставляется бесплатная версия пакета Sonnet Lite, которая позволяет моделировать не очень сложные проекты.

Помимо того что компания Sonnet предоставляет очень точный инструментарий для высокочастотного электромагнитного анализа планарных структур, она также предоставляет своим клиентам возможность использования привычного для них программного обеспечения. Гибкость системы Sonnet позволяет встраивать ее в большинство популярных систем проектирования СВЧ-устройств и делать это с помощью специально разработанных интерфейсов. Как правило, интеграция выполнена на столь высоком уровне, что от пользователя не требуется никаких специальных действий: он продолжает работать в привычной для него среде. Весь обмен данными происходит в автоматическом режиме.

В настоящее время доступны интерфейсы к следующим системам:

- Cadence Virtuoso,
- Advanced Design System (ADS) компании Agilent,
- AWR Microwave Office.

В то же время поддерживаются и простые способы взаимодействия, например обмен данными в форматах DXF и GDSII.

В версии Sonnet Suites 14 для обеспечения более надежной интеграции с EDA-системами проектирования были впервые реализованы технологические слои, представляющие собой описание в EM-проекте Sonnet связанных между собой объектов, в частности, групп общих атрибутов (имя слоя, физическое положение в стеке слоев, характеристики металла, параметры управления сеткой разбиения). Технологические слои могут быть определены для планарных металлических слоев, межслойных переходов, диэлектрических блоков. Определение слоев может быть выполнено автоматически при импорте данных в форматах GDSII и DXF, причем информа-

ция передается без изменения имен слоев, что позволяет сохранить CAD-информацию о слоях после последовательных операций импорта и экспорта. Технологические слои дают возможность пользователю сохранить определенные слои, которые необходимы в EDA-системе, но не используются в Sonnet.

Новая панель Stackup Manager, добавленная в редактор Sonnet Project Editor, обеспечивает интуитивный интерфейс для описания и редактирования стека слоев моделируемой структуры (рис. 1). Модуль также предлагает графический интерфейс управления новыми технологическими слоями. Менеджер стека слоев помогает неопытному пользователю быстро выбрать нужный слой для редактирования его топологии. Панель Stackup Manager автоматически появляется при обращении к интерфейсу обмена данными с программами Cadence Virtuoso и Agilent ADS.

Самой большой проблемой в измерении параметров реального СВЧ-устройства является подача на него измерительных сигналов так, чтобы неоднородность, возникающая в структуре из-за наличия подводящей линии, разъема и измерительного зонда, не влияла на его характеристики. Аналогичным образом программное обеспечение для высокочастотного EM-моделирования использует порты схемы для подачи сигналов на ее вход и измерения уровней сигналов на ее выходе. Присутствие портов в EM-структуре вносит в нее неоднородности, наличие которых впоследствии должно быть учтено методами исключения (de-embedding), в противном случае в конечном результате анализа будет присутствовать значительная ошибка.

Компания Sonnet разработала технологию калибровки портов, которая, как показало время, является наиболее точной в этой отрасли и позволяет получать качественные S-параметры в динамическом диапазоне порядка 100 дБ (представьте себе анализатор цепей, имеющий такой динамический диапазон!). Уникальные со-калиброванные внутренние порты представляют собой идеально калиброванные разъемы, с помощью которых анализируемая структура может быть подключена к любой внешней системе моделирования СВЧ-схем, работающей в частотной или временной области. Данные порты используются для подключения к реальной топологии, например, нелинейной модели транзистора. Компоненты могут быть описаны идеальными сосредоточенными моделями; моделями, предоставленными производителями компонентов; а также наборами S-параметров, полученными в результате измерений реальных устройств: транзисторов, усилителей, дискретных элементов и т. д. Компоненты позволяют учитывать наличие SMD-контактных площадок и связанные с ними паразитные эффекты.

Для эффективного применения технологии со-калиброванных портов в ранних версиях разработчики объединяли близко расположенные порты в калиброванные группы. В 14-й версии появилась функция автоматической группировки со-калиброванных портов, дающая возможность вычислителю самостоятельно выбирать и группировать порты, освобождая инженера от излишней ручной работы. Для активации новой функции достаточно просто включить настройку группировки со-калиброванных внутренних портов в положение Auto и разрешить пакету самостоятельно позаботиться об этом.

Программное обеспечение Sonnet делает возможным использование новых мощных методов оптимизации схем, в которых через внутренние порты предусмотрено подключение к структуре последовательных или параллельных подстроечных элементов, работающих на уровне схемы. EM-анализ для моделирования 98% всего устройства и настройка с помощью подключаемых внешних элементов позволяют существенно повысить эффективность работы. В результате получается точность на уровне полного EM-анализа и скорость на уровне схемотехнического моделирования.

Программное обеспечение Sonnet способно выполнять экстракцию эквивалентных схем замещения для анализируемых структур, которые потом используются в системах моделирования СВЧ-схем частотными или временными методами. Полученные модели могут включать:

- Наборы S-, Y- и Z-параметров в форматах Touchstone и Cadence.
- SPICE-модели на основе PI-цепей, которые представляют собой точную эквивалентную схему, описывающую передачу сигнала между двумя любыми портами и учитывающую даже взаимные индуктивные связи.

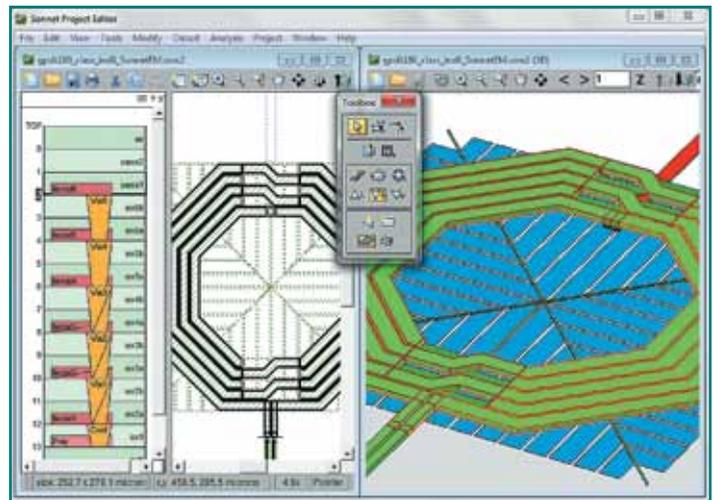


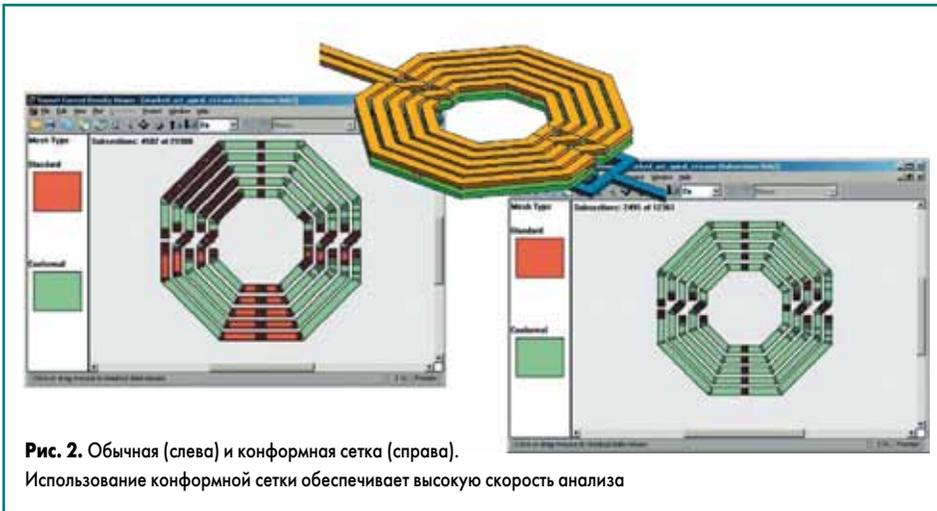
Рис. 1. Описание слоев проекта на панели Stackup Manager

- Широкополосные SPICE-схемы замещения, описывающие поведение EM-структуры в широком диапазоне частот и не имеющие ограничений на размер схемы и ее конфигурацию.
- Модель на основе матрицы связанных линий (TCM), представляющую собой матрицу TLINE RLGC для N связанных параллельных линий передачи и используемую при моделировании программой Cadence Spectre. Современные технологии x86 процессоров развиваются в сторону наращивания числа ядер в одном кристалле. Если правильно распределить эти ресурсы для выполнения интенсивных численных вычислений, то каждое ядро может функционировать как отдельный 64-разрядный процессор. Распараллеливание расчетов на этих ядрах дает прирост производительности, пропорциональный количеству доступных ядер.

Компания Sonnet по достоинству оценила все преимущества данной технологии и разработала специальный вычислитель, который позволяет распараллеливать вычисления на нескольких процессорных ядрах. При расчете одной частотной точки матрица решения распределяется между несколькими ядрами в виде независимых процессов, называемых «поток вычислений». После завершения расчета данные из каждого потока быстро и эффективно комбинируются, что снижает суммарное время анализа, пропорциональное количеству задействованных ядер.

В новой версии вариант вычислителя Desktop Solver Engine поддерживает параллельные вычисления на шести ядрах (против трех ранее), что позволило достичь почти двукратного прироста производительности. Вычислитель High Performance Solver в новой версии поддерживает распараллеливание потоков на 32 ядрах (против 12 ранее), благодаря чему можно выполнять очень быстрый анализ. Для решения сложных задач, требующих для анализа больших временных и вычислительных ресурсов, компания Sonnet разработала специальную программно-аппаратную платформу emCluster, которая обеспечивает распараллеливание вычислений на нескольких компьютерах и дает прирост производительности в 100 и более раз.

Помимо многопоточности расчетов, значительно усовершенствованы алгоритмы построения сеток разбиения, нацеленные на достижение максимальной производительности вычислителя. Сетки на массивах переходных отверстий теперь строятся более аккуратно, что обеспечивает ускорение анализа топологий и межсоединений современных кремниевых ВЧ БИС. Патентованная технология построения конформной сетки поддерживает высокую скорость моделирования многослойных структур с толстыми металлическими слоями (рис. 2). Примененные здесь алгоритмы тщательно настроены для распознавания отдельных частей схемы, где требуется более измельченная сетка. Например, пакет Sonnet автоматически формирует правильную сетку на краях микрополосковых линий, позволяющую учесть эффект краевых токов и существенно повысить точность полученных результатов. Многослойная модель толстых проводящих слоев используется для правильного представления проникновения полей и токов вглубь проводника, когда толщина скин-слоя становится соизмеримой с толщи-



ной металлизации. Это помогает точно рассчитывать добротность планарных катушек, выполненных на кристаллах кремния.

Разработанная компанией Sonnet оригинальная адаптивная технология ABS (Adaptive Band Synthesis) способствует более быстрому

выполнению моделирования в широких диапазонах частот без потери точности за счет сокращения числа точек анализа. Сотни точек графика частотной характеристики могут быть получены по итогам всего анализа лишь в нескольких частотных точках. От пользователя требуется только задать интересующий его диапазон частот, после чего адаптивный алгоритм ABS сформирует частотные характеристики с прецизионным частотным шагом за минимально возможное время моделирования. Алгоритм анализирует проект и определяет минимально допустимое число запусков ЭМ-анализа, которое не приведет к потере точности, запускает моделирование и по его результатам формирует зависимости S-, Y- и Z-параметров во всем диапазоне частот. Технология позволяет выполнять моделирование в сотни раз быстрее по сравнению с обычными методами последовательного перебора частотных точек.