

Новый взгляд на организацию рабочего процесса при проектировании интегральных схем со смешанными сигналами на системном уровне

Кунихико Цубои и Нобутаки Окумура, STARC

В мире разработок систем со смешанными сигналами велика конкуренция, и задержки в выпуске продукта могут оказаться губительными для его рентабельности. Рабочие циклы коротки, рынок движется очень быстро, поэтому любая компания добившаяся ускорения процесса проектирование получает заметное преимущество над оппонентами. В Научно-Исследовательском Центре Академии Полупроводниковых технологий (STARC) нами было получено задание найти способ вдвое сократить время разработки и устранить дорогостоящие перевыпуски изделий для компаний, поддерживаемых STARC. Мы достигли этой цели с новым подходом к проектированию на системном уровне.

Наш процесс проектирования системного уровня (который мы назвали STARCAD-AMS) начинается с быстрого и экстенсивного поведенческого моделирования в Simulink®. Как только у нас есть проект, который работает на уровне системы, мы генерируем C код из наших моделей Simulink и импортируем его в Cadence® Virtuoso®, где выполняется его симуляция с помощью AMS Designer. Этот C код используется для проверки схемотехнических проектов. Мы протестировали процесс STARCAD-AMS на примере проектирования сигма-дельта аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Результаты показали, что время разработки сократилось вдвое.

О STARC

STARC является научно-исследовательским консорциумом соучредителем крупнейших Японских компаний по производству полупроводников. Миссией этого консорциума является укрепление японской полупроводниковой промышленности путем поощрения исследований и разработки передовых технологий и процессов. STARC работает со своими компаниями, с правительством и научными кругами для увеличения производительности проектов и стимулирования роста полупроводниковой промышленности.

Сложности проектирования систем со смешанными сигналами

Сочетание аналоговых и цифровых компонентов на одном кристалле создает проблемы, как правило, не встречающиеся при изготовлении строго аналоговых или цифровых устройств. Во-первых, общая конструкция системы должна быть разделена на аналоговую и цифровую части. Выполняя это, большинство компаний полагается на субъективные суждения инженера, а не основывается на практических ограничениях конструкции, задачах и реальных показателях. Во-вторых, разрозненность инструментов проектирования среди инженеров системного и схемотехнического уровней препятствуют сотрудничеству между двумя этими группами. В-третьих, чтобы понять и смягчить эффекты размещения аналоговых компонентов, все устройство должно быть смоделировано на уровне схемы с использованием языка, такого как SPICE. Моделирование на данном уровне занимает слишком много времени, чтобы его можно было применять для проверки новых идей или учета сценариев "что, если...?".

Последствия того, что эти проблемы остаются нерешенными, стоят много денег. Опрос наших компаний-клиентов показал, что в среднем требуется три перевыпуска изделия прежде, чем будет завершен проект нового типа устройства со смешанными сигналами. В дополнение к финансовой стоимости каждой итерации, такая задержка может привести к тому, что проект устаревает даже до того, как он будет выпущен.

Процесс проектирования STARCAD-AMS

На первом этапе проекта, мы сосредоточились на использовании инструментов для создания топологии: SPICE и других симуляторах схемотехнического уровня для улучшения процесса проектирования аналоговых компонентов. Хотя мы и сократили время разработки на 20%, многие ошибки все же не были обнаружены вплоть до создания макета устройства. Эти ошибки заставили нас изменить исходный дизайн и переделать большую часть уже завершённой работы.

Для раннего выявления ошибок мы перевели внимание со схемотехнического моделирования на создание топологии печатной платы. И тогда нам удалось достичь дополнительного снижения времени разработки на 50%. После этого, мы обратились в сторону системного моделирования для создания более эффективных проектов со смешанными сигналами. После сравнения различных инструментов, мы выбрали MATLAB® и Simulink, потому что они позволяют проводить быстрые симуляции проекта. Код сгенерированный из моделей Simulink может быть интегрирован с Cadence и другими САПР на уровне схем, что является ключевым требованием. Кроме того, многие компании-члены STARC уже используют MATLAB и Simulink, и они рекомендовали их.

В процессе STARCAD-AMS, мы совместили модели аналоговой и цифровой части устройства в Simulink и запустили симуляцию на системном уровне для анализа поведения и производительности альтернативных реализаций проекта при различных условиях эксплуатации. Например, мы изучили, как отношение сигнал-шум зависит от ширины полосы сигнала и изменений напряжения в источнике питания. Мы также оценили эффекты замены компонентов, например, определили как параметры ОУ и компаратора влияют на общую производительность системы. Понимание сложных взаимосвязей системы, таких как эти, необходимо для оптимизации дизайна. Используя Simulink вместо схемного симулятора мы можем завершить сотни симуляций за то же время, которое ранее уходило на выполнение одной.

Убедившись в поведении проекта в Simulink, мы генерируем С код из модели с помощью Simulink Coder™ и Embedded Coder™ и импортируем его в Cadence Virtuoso для симуляции модели на уровне электрической цепи с помощью AMS Designer. Сравнивая результаты моделирования в Simulink и в AMS Designer мы проверяем схемотехническую модель. Для цифровой части изделия, сначала мы проверяем каждый компонент, затем группы компонентов, и, наконец, всю систему в целом. Для аналоговых частей проверка начинается с групп аналоговых компонентов. Затем процесс проектирования продолжается на схемотехническом уровне, установленном на ранних стадиях развития STARCAD-AMS.

Рабочий процесс STARCAD-AMS облегчает разбиение проекта на части, поскольку он позволяет осуществить быстрый переход от модели системы до уровня регистровых передач (RTL), логического синтеза и списка соединений. Из списка соединений инженеры могут оценить площадь и энергопотребление схемы и принять обоснованные решения относительно оптимального разделения.

В дополнение к моделированию аналоговых и цифровых компонентов, мы использовали Simulink для создания тестовых векторов. В данном применении С код генерируется из Simulink и используется для управления входными сигналами при схемотехнических симуляциях.

Проектирование сигма-дельта аналого-цифрового преобразователя: пример из практики

В качестве эксперимента мы применили новый рабочий процесс для проектирования сигма-дельта АЦП третьего порядка. Модулятор и понижающий частоту фильтр были смоделированы в Simulink с помощью блоков интегратора, усиления и фильтра, а также в виде блоков передаточной функции и MATLAB функций (рис. 1). Окончательный же проект содержал около 200 аналоговых и 200 цифровых элементов.

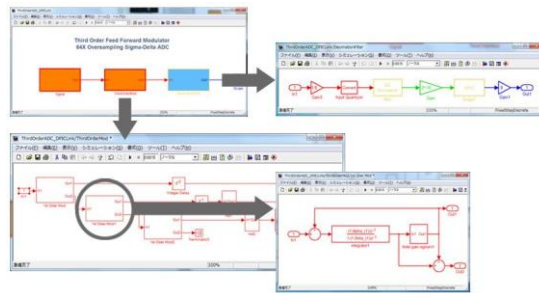


Рисунок 1. Сигма-дельта АЦП третьего порядка смоделированный в Simulink.

После создания модели и выполнения симуляции первоначального проекта мы использовали скрипты MATLAB, чтобы программно настроить параметры системы, а затем сгенерировали C код из модели и импортировали его в AMS Designer (рис. 2).

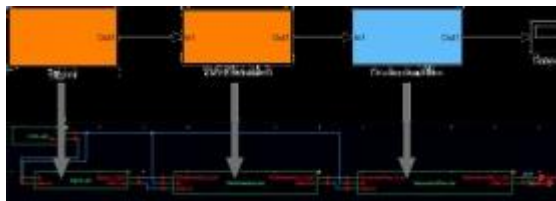


Рисунок 2. Модель компонентов в Simulink (вверху) используется для генерации C кода для компонентов AMS Designer (внизу). Блок Signal используется для генерации тестовых сигналов поступающих в другие блоки модели.

Мы запустили моделирование в AMS Designer с использованием тех же входных сигналов и сравнили результаты моделирования в AMS Designer и в Simulink (рис. 3).

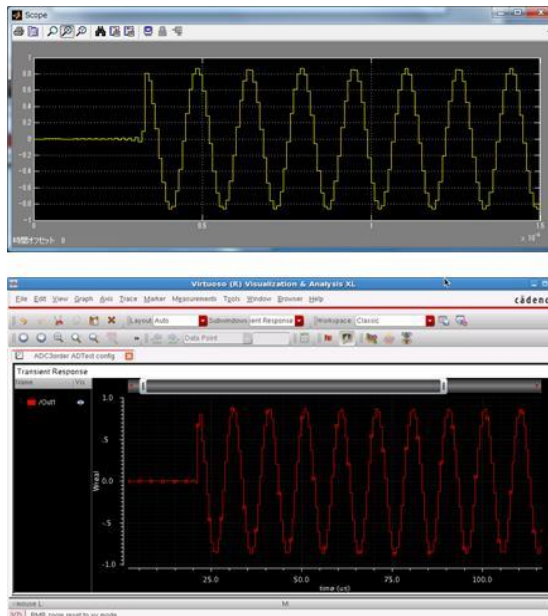


Рисунок 3. Моделирование в Simulink (вверху) и в AMS Designer (внизу) показывает практически идентичные результаты.

Наша цель - двукратное сокращении времени проектирования к концу марта 2013 года, используя процесс совместной разработки аналого-цифровых проектов STARCAD-AMS. У группы инженеров ушло всего три дня на переход от системного моделирования к окончательному тестированию на макете при разработке АЦП третьего порядка. Когда же подобная система разрабатывалась другой командой использованием Verilog-AMS®, это заняло у них шесть дней. По нашим оценкам, на такой же проект потребовалось бы два месяца, используя только инструменты схемотехнического проектирования и моделирования.

Непрерывное развитие

Мы продемонстрировали STARCAD-AMS нашим компаниям-клиентам. Инженеры этих компаний будут использовать новый подход для более сложных проектов со смешанными сигналами, таких как десериализаторы (SERDES), контуры фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и устройства цифровых предискажений (DPD). Мы продолжаем совершенствовать STARCAD-AMS и планируем далее автоматизировать весь процесс от проектирования на системном уровне к схемотехническим изделиям.