

Эффективная оптимизация характеристик высокочастотных печатных плат

Джек Сифри, Keysight Technologies, Inc.

Прогнозирование таких эффектов, как взаимовлияние при плотном монтаже, и соответствующая оптимизация конструкции до передачи изделия в производство становится сейчас абсолютно необходимым этапом разработки, которому и посвящена данная статья.

Современные инженеры, работающие с устройствами ВЧ- и СВЧ-диапазона, сталкиваются с целым рядом задач. Одной из них является проектирование ИС и высокочастотных печатных плат малых размеров с высокой плотностью монтажа. Сложности порождаются здесь близким расположением компонентов и взаимовлиянием, что сказывается на характеристиках и, в конечном итоге, может привести к нарушению работы схемы.

Оптимизировать конструкцию изделия до передачи его в производство можно с помощью средств электромагнитного (ЭМ) моделирования, однако этот подход может оказаться весьма трудоёмким. Сначала конструктор должен удалить с платы все активные устройства и компоненты поверхностного монтажа (SMD), назначить и разместить порты и выполнить ЭМ-моделирование. Затем создаются так называемые Look-Alike символы компонентов для размещения в схеме. И, наконец, активные устройства и компоненты SMD возвращаются на свои места, и ЭМ-модель используется для моделирования устройства в целом.

Легко понять, почему этот традиционный подход может оказаться трудоёмким и длительным, особенно если исследуемая плата содержит сотни или даже тысячи компонентов. Оптимизация схемы с таким количеством компонентов потребует множества шагов и нажатий кнопок, что значительно замедляет процесс.

К счастью, новый подход обещает снизить трудоёмкость, предлагая разработчикам более простой и автоматизированный способ быстрой оптимизации платы до требуемых характеристик с учётом ЭМ-влияния соединительных линий и взаимных наводок. Этот подход использует функции разделения цепей и совместного моделирования, имеющиеся в САПР Advanced Design System (ADS) компании Keysight, и включает четыре простых шага:

1. Создание схемы верхнего уровня, на которой выбирается область, подлежащая моделированию.
2. Выбор метода совместного ЭМ-моделирования (emCosim) на странице ЭМ-настроек. Автоматическая генерация представления топологии для ЭМ-анализа.
3. Запуск ADS Momentum/FEM и выполнение ЭМ-моделирования.
4. Выбор нужного представления (emCosim) для выполнения моделирования из схемы верхнего уровня. Вывод результатов на экран.

РЕАЛЬНЫЙ ПРИМЕР

Хотя каждый из этих шагов достаточно понятен, полезно рассмотреть этапы данного процесса на конкретном примере. В этом примере исследуется плата двухкаскадного ВЧ-усилителя (см. рис. 1). Сначала нужно открыть топологию двухкаскадного ВЧ-усилителя в САПР ADS. Затем необходимо открыть страницу ЭМ-настроек, щёлкнув на соответствующем значке. На этой странице в разделе Setup Type (Тип настройки) нужно выбрать EM Cosimulation (совместное ЭМ-моделирование) (см. рис. 1). Кроме того, если разработчик хочет вернуться к более традиционному подходу, то в качестве типа настройки можно выбрать EM Simulation/Model (ЭМ-симуляция/модель).

После выбора совместного ЭМ-моделирования нужно кликнуть на Partitioning (Разделение) на вкладках страницы ЭМ-настроек. Откроется страница разделения, показывающая компоненты (например, конденсаторы, дроссели и транзисторы) и их соответствующие правила разделения. Все SMD-компоненты будут моделироваться с помощью их схематических моделей, тогда как соединительные линии платы будут моделироваться с помощью их ЭМ-моделей топологии.

Чтобы создать представление emCosim, нужно просто щёлкнуть на кнопке Go (Пуск). Программа автоматически создаёт представление, удаляет компоненты и размещает порты, причём без каких-либо ручных операций. Это представление позволяет переключаться между разными представлениями и выполнять разнообразные моделирования, а также сравнивать разные модели (например, схемы, топологии и ЭМ-модели).

После автоматического создания представления мы возвращаемся в основное окно САПР ADS. Теперь здесь имеются три представления двухкаскадного усилителя: модели emCosim (ЭМ-модель платы + модель схемы с SMD-компонентами), модели топологии и модели схемы. Кроме того, автоматически создаётся новая ячейка (Two_Stage_Amp_emCosim), которая используется для ЭМ-моделирования платы. Для проведения ЭМ-моделирования в этой ячейке автоматически удаляются SMD-компоненты и автоматически представляются порты.

На следующем этапе выполняется моделирование. Достаточно просто щёлкнуть на значке emCosim, после чего открывается окно с ячейкой Two_Stage_Amp_emCosim. Затем выбираем вкладку Database (База данных), которая позволяет инициализировать ЭМ-моделирование в Momentum и получить ЭМ-модель печатных проводников платы. Результаты автоматически сохраняются в базе данных.

Теперь, когда у нас есть все необходимые данные, можно выбрать нужное представление (схему, топологию или emCosim) и начать моделирование с выводом результатов. Затем можно выбрать другое представление и запустить моделирование ещё раз. Для двухкаскадного ВЧ-усилителя были выбраны представления схемы и emCosim. Для удобства сравнения результаты обоих представлений сведены вместе на рисунке 2. Здесь красным цветом показана АЧХ усилителя с электрическими моделями компонентов и без ЭМ-модели печатной платы. Синяя кривая показывает характеристику emCosim усилителя с электрическими моделями компонентов и с добавленной ЭМ-моделью печатной платы.

Из полученных результатов видно, что максимум АЧХ усилителя соответ-

ствует частоте 1,5 ГГц. На синей кривой этот максимум смещается вниз на 1 ГГц из-за ЭМ-влияния печатной платы. В результате возникает вопрос: как вернуть максимум АЧХ на 1,5 ГГц?

Чтобы сдвинуть частоту обратно, запускаем на странице Layout (Топология) режим Tune (Подстройка). Затем динамически перестраиваем номинал каждого SMD-компонента вместе с ЭМ-моделью печатной платы вверх и вниз, пока не получим нужные характеристики (см. рис. 3). Кроме того, плату можно оптимизировать со страницы Schematic (Схема). Для этого на странице схемы двухкаскадного ВЧ-усилителя нужно добавить контроллер совместного ЭМ-моделирования. Это позволяет включить в моделирование схемы ЭМ-модель печатных проводников платы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предсказание эффектов взаимовлияния и соответствующая оптимизация характеристик схемы для компенсации этих эффектов традиционно выполнялись вручную и подчас требовали больших трудозатрат. Применение новых методов, таких как разделение ЭМ-моделей/цепей и совместное моделирование в САПР Keysight ADS, предоставляет разработчикам полностью автоматическую и, следовательно, значительно более простую альтернативу. Поскольку разработчики быстро и эффективно могут подобрать параметры всех SMD-компонентов, учитывая при этом ЭМ-влияние печатных проводников платы, эти методы значительно лучше справляются с созданием воспроизводимых, «пригодных к производству» конструкций, отвечающих требованиям технического задания и проходящих приёмку с первого раза.

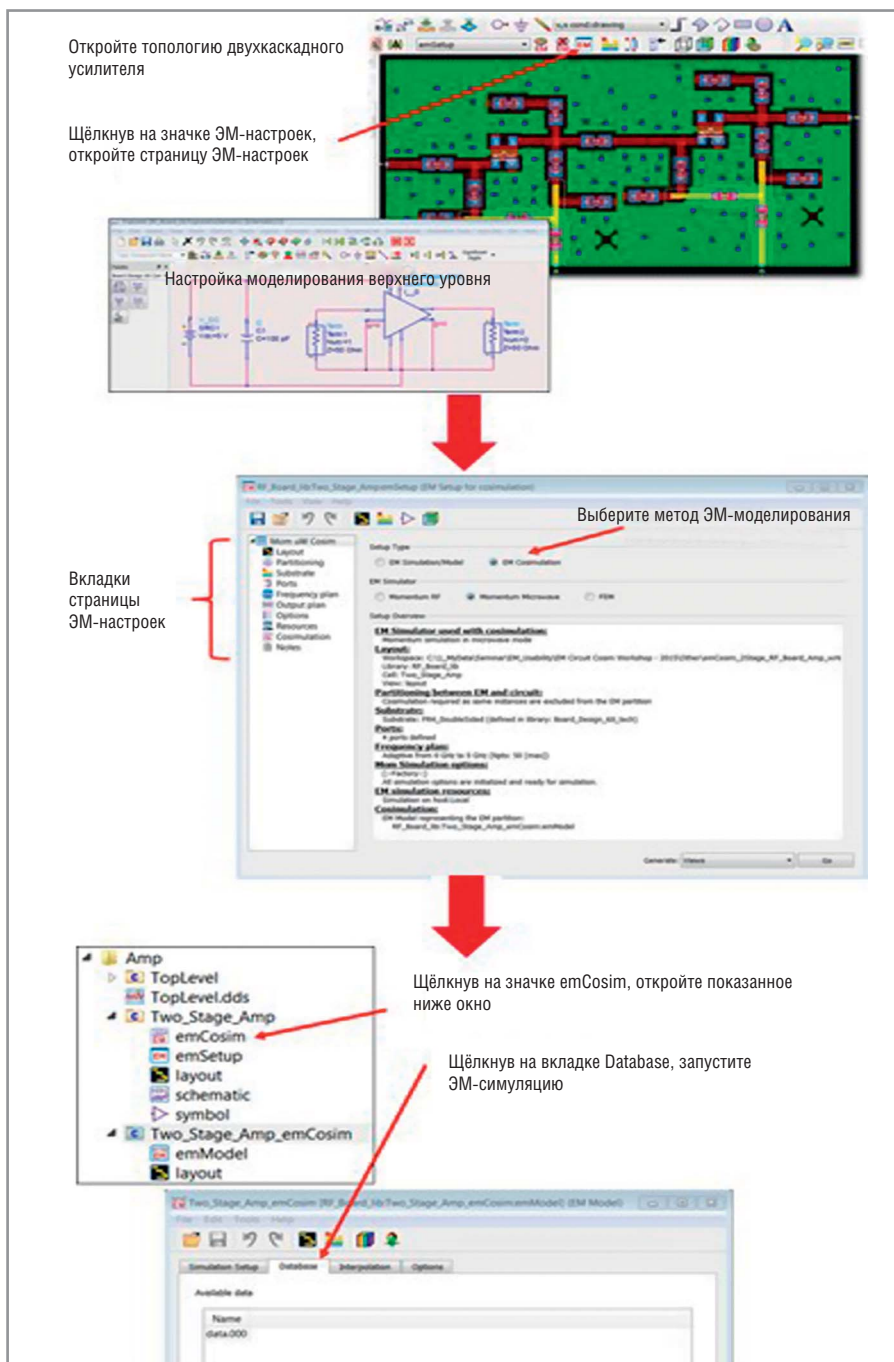


Рис. 1. Первые три этапа автоматического разделения ЭМ-цепей

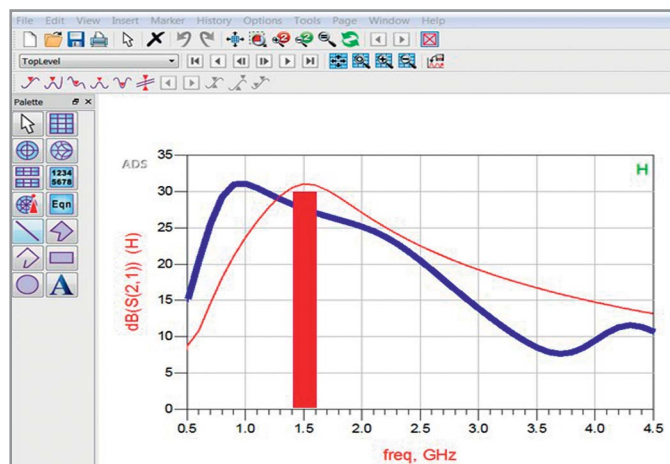


Рис. 2. Сравнение представлений схемы (красным) и emCosim (синим) для двухкаскадного ВЧ-усилителя

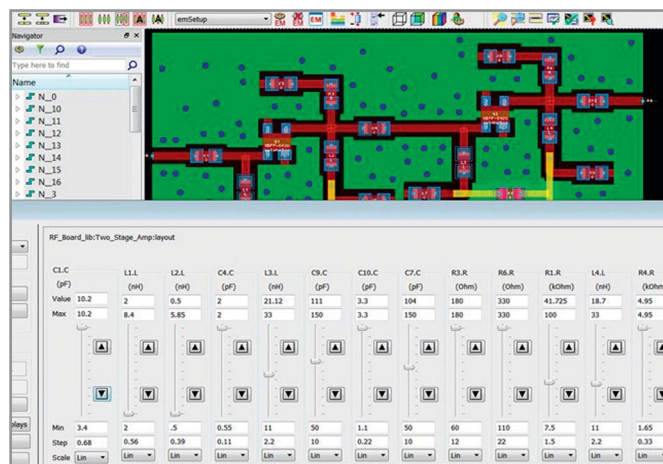


Рис. 3. Двухкаскадный усилитель можно быстро и просто оптимизировать на странице топологии