

# Эффективная оптимизация характеристик высокочастотных печатных плат

Джек Сифри, Keysight Technologies

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.

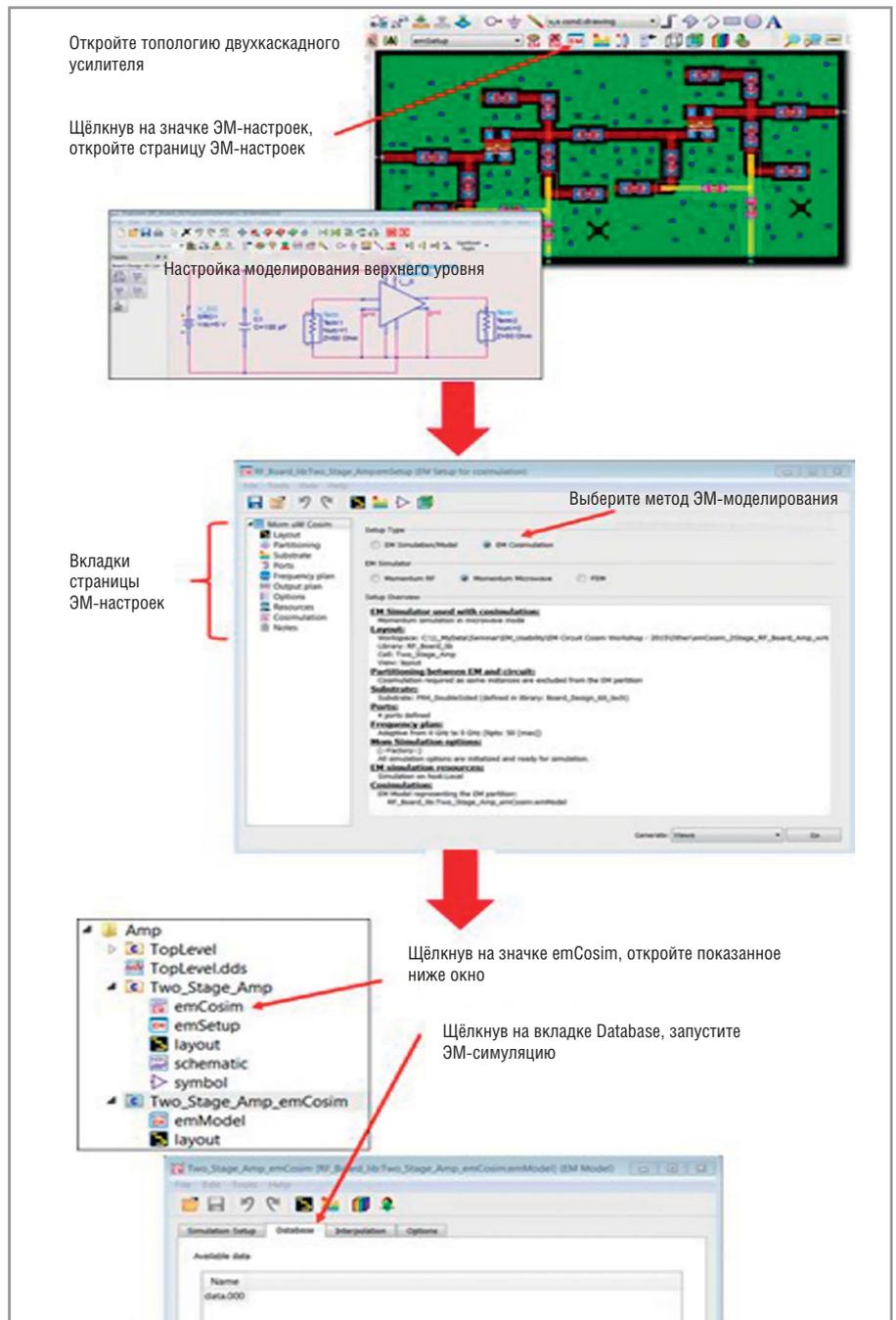


Рис. 1. Первые три этапа автоматического разделения ЭМ-цепей

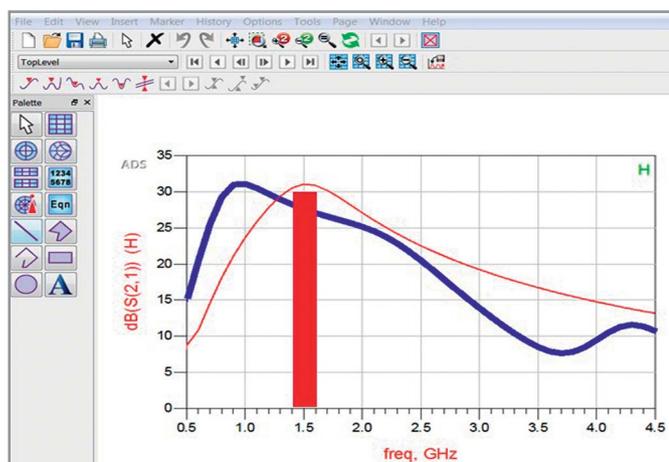


Рис. 2. Сравнение представлений схемы (красным) и emCosim (синим) для двухкаскадного ВЧ-усилителя

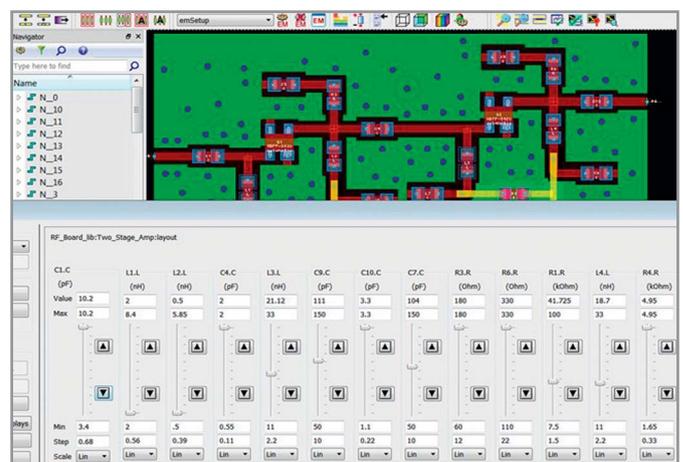


Рис. 3. Двухкаскадный усилитель можно быстро и просто оптимизировать на странице топологии