

СРЕДСТВА РАЗМЕЩЕНИЯ И ТРАССИРОВКИ

КОМПАНИИ ZUKEN

図形 処理 技術 研究所

Ю.Потапов
potapoff@eltn.ru

Средства бессеточной (shape-based) трассировки – базовый инструмент современных коммерческих систем проектирования печатных плат. Впервые бессеточный трассировщик был представлен в 1984 году компанией Rasal-Redac, поглощенной в 1994 году японской компанией Zuken. Сегодня Zuken – в числе технологических лидеров на рынке САПР печатных плат, а средства размещения и трассировки – традиционно одна из наиболее сильных ее сторон.

Система P.R.Editor XR, объединяющая разнообразные инструменты для размещения и трассировки печатных плат, ранее была доступна только пользователям дорогого продукта компании Zuken, ориентированного на крупные предприятия, – пакета CR-5000. В 2005 году система P.R.Editor XR появилась в составе “демократичной” САПР CADSTAR 7.0 и стала доступной широкому кругу разработчиков. Средства размещения и трассировки, редактор топологии функционируют в системе в рамках единого графического интерфейса с соблюдением заданных правил и ограничений в процессе каждой операции. Надо заметить, что помимо геометрических правил, система ограничений может включать электрические, механические и температурные ограничения. Сбалансированное сочетание автоматических, полуавтоматических и интерактивных инструментов в P.R.Editor XR позволяет объединить творческие возможности разработчика с возможностями современных методов автоматизированного проектирования печатных плат.

СРЕДСТВА ПЛАНИРОВАНИЯ ТОПОЛОГИИ И РАЗМЕЩЕНИЯ

От качества размещения компонентов на плате во многом зависит как возможность реализации последующей трассировки, так и характеристики проектируемого на базе печатной платы устройства в целом. Предварительное планирование топологии представляет собой процесс размещения компонентов с учетом ограничений высокого уровня, таких как группировка компонентов в кластеры, задание специальных областей, для которых можно определить самые разнообразные требования, например ограничения на высоту компонентов, однотипная функциональность, параметры мощности сигналов и крутизны фронтов. Компоненты одной группы размещаются в предназначенную для нее область, а если такая область не определена или в ней недостаточно места, средства размещения системы P.R.Editor XR стараются расположить эти компоненты как можно ближе друг к другу. На практике для группировки компонентов и формирования системы областей часто используются данные о структуре логической схемы, передаваемые непосредственно из редактора схем. Благодаря этому элементы одного логического блока располагаются на плате рядом (рис. 1).

Инструменты интерактивного размещения системы P.R.Editor XR не только позволяют контролировать правила в процессе установки компонентов, но и содержат средства автоматизации, позволяющие сразу устранить возникающие нарушения. Например, при установке компонента редактор P.R.Editor XR сам найдет ближайшую свободную позицию. Если места для размещения компонента недостаточно, задействуется функция динамического расталкивания соседних компонентов, которая раздвинет их таким образом, чтобы и устанавливаемый компонент, и соседи разместились без нарушений. Если пользователь уберет только что установленный компонент, раздвинутые компоненты возвратятся на прежнее место.

Обычно при ручном размещении много времени занимает расстановка развязывающих конденсаторов. В редакторе P.R.Editor XR можно определить специальные правила размещения конденсаторов, в соответствии с которыми функция автоматической расстановки разместит их рядом с цифровыми микросхемами. Заданные правила контролируются и при ручной расстановке. Система сама сообщит, что есть места, в которых требуется установить дополнительный развязывающий конденсатор. Значительно ускорить процессы размещения и трассировки помогает механизм шаблонов, с помощью которого можно копировать повторяющиеся участки схемы из ранее выполненных проектов, обеспечивая идентичное размещение компонентов и трасс.

Средства автоматического размещения системы P.R.Editor XR позволяют быстро расставить компоненты с учетом связности и результатов предварительного планирования. Практика их применения обычно предполагает два следующих сценария:

- с помощью автоматических средств выполняется грубое предварительное размещение, а затем проводится точное ручное позиционирование компонентов;
- вручную производится установка основных компонентов, а автоматические средства используются для последующего размещения оставшейся массы некритичных компонентов.

Надо заметить, что при хорошей планировке топологии автоматические средства могут сразу сформировать удачный вариант размещения.

БАЗОВЫЕ СРЕДСТВА ТРАССИРОВКИ

Компания Zuken имеет давние традиции в области трассировки печатных плат. Флагманский продукт компании – система P.R.Editor XR – включает в себя обширный набор инструментов, дающих возможность разработчику сконцентрироваться на общем решении проблемы, не упуская при этом мелочей. Система постоянно дополняется новейшими разработками, чтобы удовлетворить требования, предъявляемые к современным проектам и помочь пользователю извлечь максимальную выгоду от последних техноло-

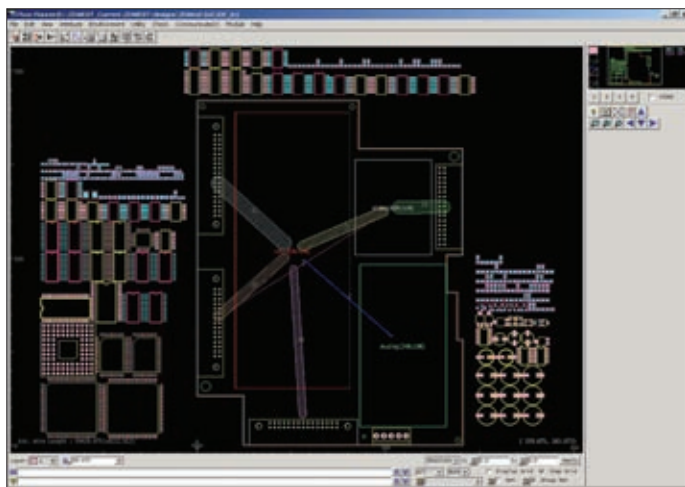


Рис. 1. Планирование топологии средствами P.R.Editor XR

гических достижений. С некоторой долей условности можно выделить три режима трассировки, поддерживаемых в P.R.Editor XR, – интерактивный, полуавтоматический и автоматический.

Ручной, или интерактивный, режим используется в тех случаях, когда необходим полный контроль над процессом трассировки. В процессе проведения трассы можно включить механизм расталкивания проводников и переходных отверстий. Расталкивание проводников производится с учетом необходимости обхода препятствий и с соблюдением правил проектирования. При этом относительное расположение расталкиваемых проводников в группе и общий контур их следования сохраняются. Возможность многократной отмены и повтора последовательности совершенных действий позволяет экспериментировать с различными стратегиями прокладки проводников для получения наилучшего результата.

Один из новых инструментов в составе P.R.Editor XR – простое в использовании интерактивное средство Activ-45, значительно улучшающее результаты первоначальной трассировки. С помощью Activ-45 можно прокладывать диагональные проводники и добавлять скосы к уже имеющимся, высвобождая тем самым дополнительное место в наиболее загруженных местах. Если разводка под углом 45 градусов не может обеспечить реализацию всех необходимых соединений, средства интерактивной трассировки могут обеспечить работу как в режиме диагональной трассировки под углами 30 или 60 градусов, так и с произвольными углами (это особенно важно для подключения к контактам на кристаллах микросхем при проектировании корпусов и микросборок).

В полуавтоматическом режиме трассировки степень автоматизации процесса прокладки проводников существенно выше. Пользователю достаточно лишь примерно определить требуемый путь трассировки, после чего программа окончательно найдет его, уточнит и проложит проводник в строгом соответствии с требованиями проекта. Таким образом, полуавтоматический режим позволяет быстро прокладывать трассы, сохраняя высокий уровень управляемости и контроля над результатом.

Средства автоматической трассировки включают набор стандартных процедур, выполняемых в автоматическом режиме. Но и в автоматическом режиме пользователь не теряет контроля над процессом трассировки. Он может определить, какие именно цепи, классы цепей или компоненты необходимо обработать, задать последовательность и режимы работы стандартных процедур. Текущие результаты отображаются на экране в режиме реального

времени. Процесс трассировки можно прервать в любой момент, чтобы изменить настройки или проложить критические цепи в интерактивном или полуавтоматическом режимах.

Все средства трассировки, как интерактивные, так и автоматические, базируются на методах бессеточной (shape-based) трассировки, пионером которых (с 1984 года) является компания Zuken. Реализованные в системе P.R.Editor XR бессеточные методы позволяют осуществлять трассировку сложных плат, содержащих элементы, выполненные в метрической и дюймовой системах, поддерживать сложную систему геометрических правил и ограничений на ширину проводников и зазоры. Механизм автоматической трассировки поддерживает как ортогональную, или 45-градусную трассировку, так и прокладку проводников под произвольным углом, а также обеспечивает возможность совмещения результатов, полученных в разных режимах. Это важно, потому что в большинстве случаев использование произвольных углов необходимо только в критических областях, притом что плата будет в основном оттрассирована в ортогональном или диагональном стиле.

Система ограничений включает наборы правил, которые могут быть назначены плате в целом, классу цепей, отдельной цепи или выводу. Такой иерархический подход к заданию правил позволяет использовать единожды определенные на высоком уровне наборы правил для произвольного числа цепей. С целью обеспечения успешной трассировки в областях установки корпусов с большим числом и высокой плотностью выводов (BGA, CSP) редактор P.R.Editor XR позволяет задавать наборы правил, привязанные к специальной области. Специальные наборы правил, включающие ширины проводников, зазоры, конфигурацию переходных отверстий, могут быть заданы отдельно для каждой такой специальной области на каждом слое. Контроль за соблюдением правил проводится в режиме реального времени в процессе всех интерактивных и автоматических операций, однако в некоторых случаях пользователь может установить такой режим, при котором проверка будет проводиться только в начале и по завершении операции. Кроме того, возможно проведение проверок и в пакетном режиме.

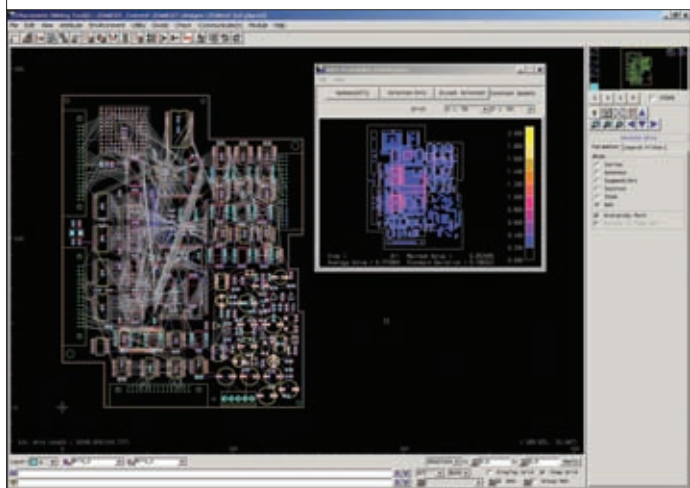


Рис. 2. Оценка трассируемости платы после выполненного размещения компонентов

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ТРАССИРОВКИ

Анализ трассируемости. Прежде чем приступать к трассировке, полезно качественно оценить сложность задачи и возможности ее реализации. Для такой качественной оценки трассируемости в сис-

теме P.R.Editor XR предусмотрен встроенный модуль Routability Adviser. Он позволяет сформировать картину плотности распределения проводников на плате (рис.2) и при необходимости указать области, в которых требуется скорректировать расположение компонентов. Кроме того, выявляются некоторые "узкие" с точки зрения трассировки места (например, невозможность подключения к контактным площадкам) и предлагаются варианты по их устранению. На основе комплекса эвристических оценок, учитывающих используемый набор правил проектирования, плотность проводников, характер топологии, модуль Routability Adviser определяет интегральный параметр, называемый коэффициентом трассируемости платы. При высоком коэффициенте трассируемости возможно сокращение числа слоев, увеличение ширины проводников и зазоров между ними, что повышает технологичность и сокращает стоимость платы. Низкое значение коэффициента указывает на необходимость увеличения числа слоев, уменьшения зазоров и ширины трасс на всей плате или в критических областях.

Генерация отводов. Еще одна важная функция P.R.Editor XR – автоматическая генерация отводов (fan out) для выводов планарных и BGA-корпусов. Эта операция обычно проводится до начала трассировки. С помощью отводов обеспечиваются подключения к планарным слоям, переход на внутренние слои платы, установка тестовых контактных площадок. Для больших регулярных массивов выводов автоматическая генерация на порядки ускоряет процедуру разработки отводов. Другая полезная альтернатива для создания отводов, которую предоставляет система, – использование готовых шаблонов отводов из библиотеки. Пользователь может и сам вручную создать свой шаблон и сохранить его в библиотеке для повторного использования.

Копирование варианта трассировки. Оттрассировав один из повторяющихся фрагментов проекта, можно не повторять всю процедуру для аналогичного следующего, а просто указать системе, чтобы она автоматически скопировала варианты проведения соединений из готового фрагмента, используя его в качестве шаблона. Такой шаблон может быть сохранен во внешнем файле для последующего использования. Надо заметить, что абсолютного совпадения шаблона и фрагмента, для которого он применяется, не требуется. Специальный механизм системы отслеживает, чтобы была скопирована только та часть шаблона, которая не противоречит текущему проекту. Это важно, поскольку на практике применение блоков, разработанных для предыдущих проектов, требует их частичной модификации.

Трассировка шин. Редактор P.R.Editor XR позволяет трассировать сразу несколько соединений параллельно, соблюдая все относящиеся к ним ограничения (ширины, зазоры, допуск на длину проводников). Для перехода на другой слой при этом могут быть использованы различные шаблоны массивов переходных отверстий (рис.3). С помощью такой поддержки прокладка шин выполняется значительно быстрее, чем при использовании традиционных интерактивных приемов. И главное – сохраняется внутренняя структура шины, что важно для обеспечения работоспособности схемы.

Специальные алгоритмы. Специальные алгоритмы River Routing (обтекания) и Pull-Tight (сжатия/расталкивания) позволяют прокладывать проводники и шины под произвольным углом в наиболее плотных местах, максимально используя полезную площадь и улучшая технологичность платы. При необходимости P.R.Editor XR может автоматически подогнать длины проводников и обеспечить согласование задержек.

ТРАССИРОВКА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СИГНАЛОВ

Использование высокоскоростных сигналов предъявляет новые требования к проектированию топологии. Трассировка должна проводиться с учетом анализа электрических характеристик соединений и целостности сигналов. Система P.R.Editor XR предусматривает интеграцию с другим продуктом компании Zuken – пакетом Hot-Stage*, который позволяет производить все необходимые для высокоскоростных сигналов виды анализа (уровень наводок и отражений, согласование задержек, контроль последовательности соединения выводов и другие). Интеграция с Hot-Stage дает возможность использовать специальные алгоритмы прокладки дифференциальных пар и экранирующих проводников. При трассировке дифференциальных пар контролируется рассогласование в длинах проводников, поддерживается зазор между трассами, обеспечивающий заданное значение импеданса (как при трассировке на одном, так и на различных слоях). Различные варианты автоматической трассировки экранирующих проводников также предусматривают возможность реализации их на одном или нескольких слоях. В отличие от большинства других систем трассировки P.R.Editor XR в комбинации с Hot-Stage может работать с реальными электрическими ограничениями, например значениями задержек в пикосекундах.

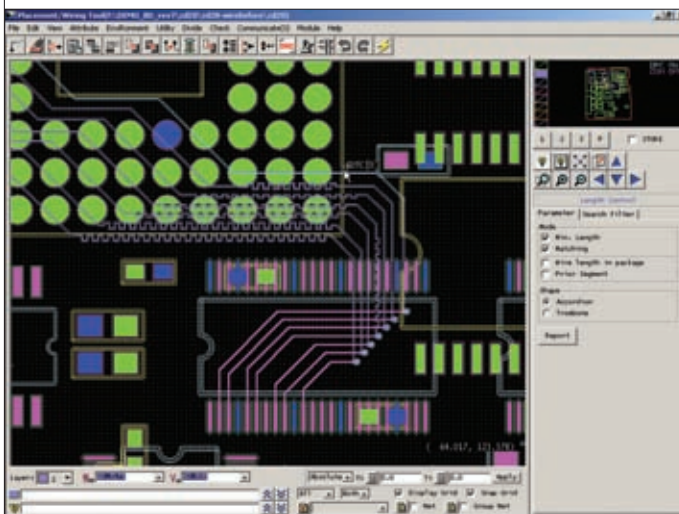


Рис.3. Трассировка шин с учетом ограничений на длину проводников

Для критических сигналов рассчитанные в Hot-Stage данные могут быть сразу отображены в окне редактора P.R.Editor XR. Например, во время интерактивной трассировки отображаются на экране и постоянно обновляются данные о фактической задержке, а два графических маркера указывают область, в которой значение задержки не выйдет за установленные рамки. При прокладке шин можно задать настройки для поддержки в процессе трассировки согласованной задержки (или длины). Возможен учет уровня перекрестных помех во время автотрассировки. Если уровень наведенного сигнала по данным расчетов в Hot-Stage превысил допустимое значение, проводники этой цепи принудительно отодвигаются от проводников излучающих цепей до тех пор, пока сигнал не снизится до допустимого уровня. Инструментарий, предоставляющий пользователю возможности трассировки с учетом электрических ограничений, прост в управлении, все операции выполняются в рамках единой среды проектирования.

* Потапов Ю. Система Hot-Stage компании Zuken. Проектирование высокоскоростных печатных плат. – ЭЛЕКТРОНИКА:НТБ, 2005, №1, с. 74–77.

ДРУГИЕ ФУНКЦИИ ПАКЕТА P.R.EDITOR XR

Улучшение технологичности. Процедуры повышения технологичности включают функции устранения лишних переходных отверстий и сегментов проводников, равномерного распределения проводников в пространстве между препятствиями (с контролем длин критических цепей), добавления скосов под углом 45 градусов или дуг между ортогональными сегментами трасс. При необходимости ширина проводников на незагруженных участках платы может быть автоматически увеличена в рамках, установленных правилами проектирования.

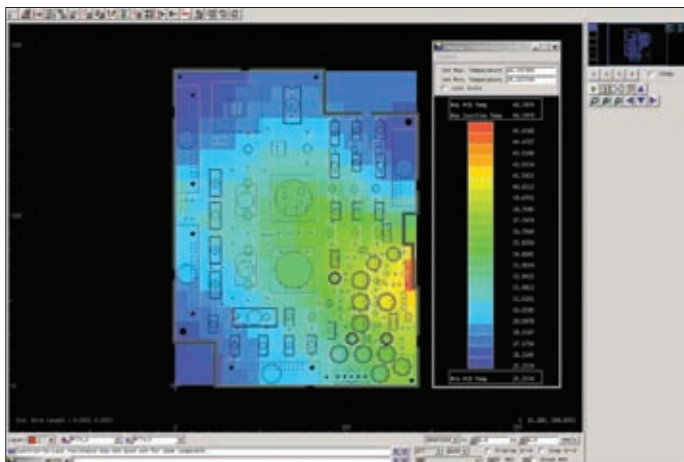


Рис.4. Карта прогрева платы, формируемая в процессе размещения компонентов

Подготовка к тестированию. Тестовые точки могут быть установлены как вручную, так и автоматически в процессе трассировки. Пользователь может задать набор правил для тестовых точек, включающий число точек для цепи, стиль расстановки, опции запрещения/разрешения размещения тестовых точек на определенных сторонах платы и разрешения использования в качестве контрольных точек контактных площадок выводов и переходных отверстий.

Слои металлизации. Сплошные, разделенные или частично залитые слои металлизации могут создаваться и обрабатываться непосредственно в среде P.R.Editor XR. Специальный редактор позволяет задать конфигурацию области металлизации, связать ее с определенной цепью и выполнить заливку данной области. При попадании проводников других цепей в границы области заливки может быть выполнена повторная заливка, учитывающая изменения в трассировке. Предусмотрено создание термобарьеров на контактных площадках и переходных отверстиях. Их тип может меняться в зависимости от области платы.

Внесение изменений в проект (ECO). Редактор P.R.Editor XR максимально упрощает процесс внесения изменений в проект благодаря специальному алгоритму, минимизирующему переработку топологии при модификации исходной схемы. Кроме того, для уменьшения затрат по перенастройке тестового оборудования тестовые точки при таких модификациях рассматриваются как фиксированные объекты.

Тепловой анализ. На любом этапе размещения компонентов с помощью функции Thermal Check можно быстро выполнить тепловой анализ. В качестве исходной информации используются данные о рассеиваемой компонентами мощности, теплопроводность платы вычисляется автоматически на основе данных о материале и толщине каждого слоя. Расчет характеристик теплообмена для каждой из сторон платы выполняется с учетом ориентации платы, ин-

тенсивности и направления потоков воздуха. В процессе расчета формируется цветная карта прогрева платы, которая обновляется автоматически сразу после изменения положения любого из компонентов (рис.4). Таким образом, еще в самом начале проектирования на этапе размещения можно устранить проблемы, связанные с возможным перегревом.

Анализ условий для монтажа. Специальная функция редактора позволяет проанализировать текущее размещение компонентов с точки зрения условий для их монтажа на плате. Для моделирования процесса монтажа используется трехмерное геометрическое представление каждого компонента, учитываются характеристики сборочного оборудования, например размеры захватов компонентов, направление движения подающей головки, максимально допустимая высота ее смещения, порядок подачи компонентов питающими фидерами. При наличии на производстве нескольких сборочных линий можно оценить, какая из них больше подходит для монтажа разрабатываемой платы, и последующий анализ выполнять уже непосредственно для выбранной линии.

В заключение хотелось бы отметить, что система P.R.Editor XR обеспечивает поддержку самых современных технологий производства, таких как многокристальные модули, высокоплотные и наращиваемые платы. Возможно использование встроенных компонентов и разнообразных типов межслойных переходов, а также слепых, глухих, спиральных, ступенчатых, смещенных и спаренных переходных отверстий или микроотверстий.