

Средства трассировки компании Zuken

Юрий Потапов

Начиная с версии CADSTAR 7.0, пользователям этой популярной и хорошо зарекомендовавшей себя системы проектирования печатных плат стал доступен продукт P.R.Editor XR, ранее входивший только в состав более мощного пакета компании Zuken CR-5000.

Пакет P.R.Editor XR представляет собой универсальный инструмент, объединяющий в себе возможности автоматического и интерактивного планирования топологии, размещения компонентов и трассировки проводников. Функциональность пакета позволяет объединить творческие способности человека с мощными средствами автоматизированного проектирования. Размещение и трассировка выполняются здесь не последовательно, а одновременно, при этом используется единый графический Windows интерфейс и учитываются все ограничения, заданные в проекте на этапе создания общей топологии.

Мощные средства автоматического размещения компонентов дают возможность пользователям выполнить проект печатной платы или многомодульной микросхемы с учетом различных температурных и механических ограничений, а также требований электромагнитной совместимости. Качественное размещение компонентов на платах напрямую влияет на степень трассируемости проекта, а также на стоимость производства конечного продукта.

Предварительное планирование топологии платы представляет собой про-

цесс размещения компонентов с учетом ограничений высокого уровня, таких как объединение компонентов в кластеры и расположение их в определенных областях. На эти области могут накладываться самые разнообразные требования, например, ограничение высоты компонентов, мощность сигналов, крутизна фронтов или однотипная функциональность. Границы областей и принадлежность к ним компонентов могут быть заданы неявно, в этом случае программа P.R.Editor XR при нехватке свободного места будет размещать компоненты как можно ближе друг к другу.

Обычно области размещения определяются на этапе ввода проекта при построении блок-схемы высокого уровня. Таким образом логическая группировка компонентов на схеме может быть переведена в физическое размещение на плате, в результате чего тесно связанные устройства оказываются расположеными близко друг к другу (рис. 1). Вся информация, необходимая для такой стратегии планирования топологии, передается в пакет P.R.Editor XR непосредственно из редактора схем.

Функции полуавтоматического размещения программы P.R.Editor XR позволяют повысить эффективность проектирования bla-

годаря интерактивному контролю специальных ограничений. При переносе компонента в нужное место редактор P.R.Editor XR автоматически найдет максимально близкое место, в которое может быть помещен данный компонент без нарушения правил проектирования. Если места для установки компонента недостаточно, P.R.Editor XR задействует функцию динамического расталкивания компонентов и передвинет соседние компоненты таким образом, чтобы новый компонент разместился на плате, не нарушив правил проектирования. Если пользователь убирает этот только что размещенный компонент, перемещенные соседние компоненты возвращаются на свои прежние места.

Дополнительные удобства создают функции размещения с использованием шаблонов, которые позволяют быстро копировать повторяющиеся участки схемы из ранее выполненных проектов, обеспечивая идентичное размещение компонентов и участков трассировки (рис. 2), а также автоматического добавления блоцировочных конденсаторов рядом с цифровыми микросхемами согласно специальному правилам проектирования. Даже если пользователь устанавливает конденсаторы вручную, специальный механизм контролирует процесс и сигнали-

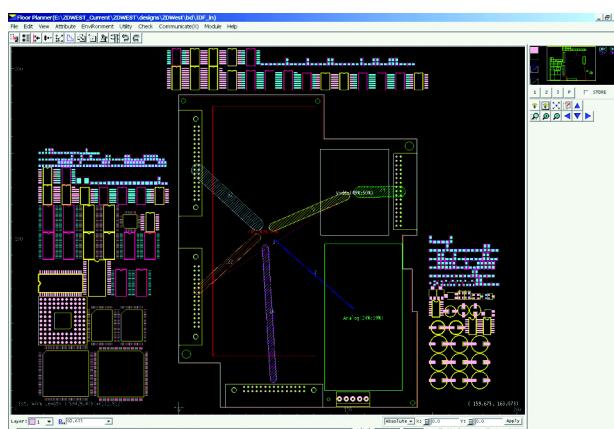


Рисунок 1 Планирование топологии средствами P.R.Editor XR

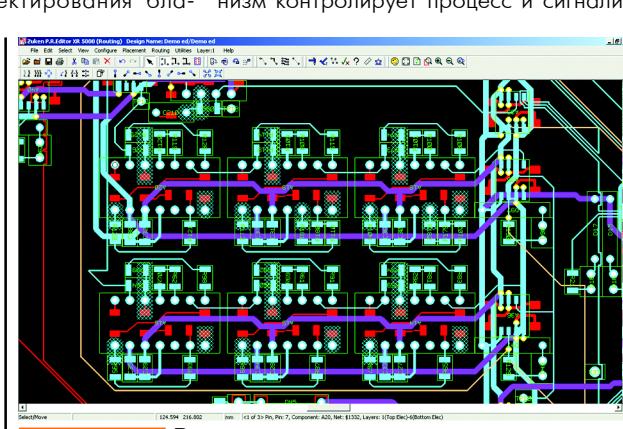


Рисунок 2 Репликация размещения и трассировки для идентичных участков платы

зирует о плохо развязанных устройствах.

Механизм автоматического размещения компонентов редактора P.R.Editor XR имеет относительно простые настройки и позволяет быстро и оптимально разместить компоненты с учетом связности проекта двумя различными способами: для предварительного грубого размещения, после которого выполняется более точное ручное позиционирование компонентов, или как размещение массы некритичных компонентов после интерактивного размещения наиболее важных компонентов. Наилучший результат достигается при работе с хорошо определенными областями топологии.

Но прежде всего, редактор P.R.Editor XR — один из лучших продуктов для автоматической и интерактивной трассировки проводников, позволяющей объединить изобретательность и навыки проектирования разработчика с мощью и скоростью автоматического алгоритма. Программа включает обширный набор интегрированных интерактивных инструментов, дающих возможность разработчику сконцентрироваться на общем решении проблемы, не упуская при этом мелочей. P.R.Editor XR постоянно дополняется новейшими разработками, чтобы удовлетворить требования, предъявляемые к современным проектам, и помочь пользователю извлечь максимальную выгоду из последних технологических достижений (рис. 3).

Редактор P.R.Editor XR имеет три различных режима работы, которые позволяют проводить качественную и бе-зошибочную трассировку в соответствии с жесткими техническими требованиями.

Для отдельных областей печатной платы, где необходим полный контроль над процессом трассировки, используется механизм ручной или интерактивной разводки, дополненный набором мощных вспомогательных инструментов.

Например, при трассировке наиболее плотных областей P.R.Editor XR освобождает место, расталкивая проводники и переходные отверстия. Специальная функция позволяет расталкивать отдельные проводники или группы проводников, сохраняя общий контур их следования, но при этом огибая возможные препятствия и соблюдая правила проектирования, а при необходимости — и возвращать их обратно. Многократные функции отмены и повтора действия дают возможность экспериментировать с различными стратегиями прокладки проводников для получения наилучшего результата.

В программу также включен новый инструмент Activ-45 — простое в использовании интерактивное средство, значительно улучшающее результаты первоначальной трассировки при обработке проектов. С помощью этого инструмента можно прокладывать диагональные проводники и добавлять скосы к уже имеющимся, тем самым высвобождая дополнительное место в наиболее проблемных местах. В ряде случаев даже трассировка под углом 45 градусов не может обеспечить подведение всех необходимых сигналов к микросхеме. Выходом может служить только диагональная трассировка под углами 30 или 60 градусов, а возможно, и под произвольным углом.

Другой режим работы программы P.R.Editor XR называется полуавтоматическим. Здесь также необходимо вмешательство, а точнее сказать, руководство оператора, но степень автоматизации процесса прокладки проводников существенно выше. Например, пользователь может лишь примерно определить требуемый путь трассировки, после чего программа окончательно найдет его, уточнит и проложит

проводник в строгом соответствии с требованиями проекта. Таким образом быстрота автоматического процесса сочетается с высокой степенью управляемости и контроля полученного результата.

Третий режим подразумевает полностью автоматическую трассировку с применением различных последовательностей стандартных процедур. Но даже и в этом режиме трассировщик сохраняет свою управляемость. Пользователь может указать, какие именно цепи, классы цепей или компоненты необходимо обработать. Процесс трассировки отображается на экране в режиме реального времени, и пользователь в любой момент может прервать его для того, чтобы изменить настройки или выполнить прокладку наиболее критической цепи в интерактивном или полуавтоматическом режимах.

Среди фирм производителей программного обеспечения для проектирования печатных плат компания Zuken занимает лидирующее место в области реализации технологий бессеточной трассировки. Программа P.R.Editor XR — результат планомерного и целенаправленного развития бессеточного (Shape-Based, основанного на формах) алгоритма, впервые эффективно реализованного в 1984 году. Он дает возможность выполнять полную трассировку сложных плат, включающих элементы, выполненные в метрической и дюймовой системах, при меньших вычислительных ресурсах по сравнению с другими трассировщиками. Бессеточная архитектура также позволяет использовать в проекте наборы значений ширин проводников и зазоров между ними без повышения требований к конфигурации компьютера.

Механизм автоматической трассировки редактора P.R.Editor XR может быть настроен на прокладку проводников самыми различными способами. Можно получить исключительно ортогональную трассировку, скосы под углом 45 градусов или вообще выполнить прокладку проводников под произвольным углом. В некоторых случаях трассировка под произвольным углом может выполняться лишь на завершающих этапах и только в наиболее критических областях, в то время как вся плата будет реализована в ортогональном стиле. Такой подход позволяет максимизировать плотность топологии для обеспечения 100%-завершенности трассировки при использовании минимального числа слоев.



Рисунок 3 Трассировка может выполняться как в обычном плоском, так и в трехмерном режиме

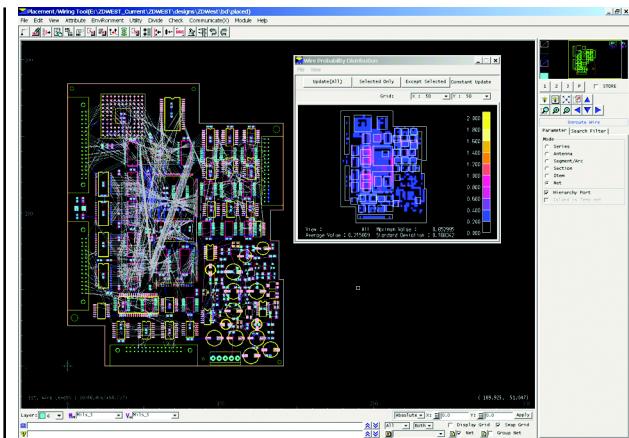


Рисунок 4 Оценка трассируемости платы после выполненного размещения

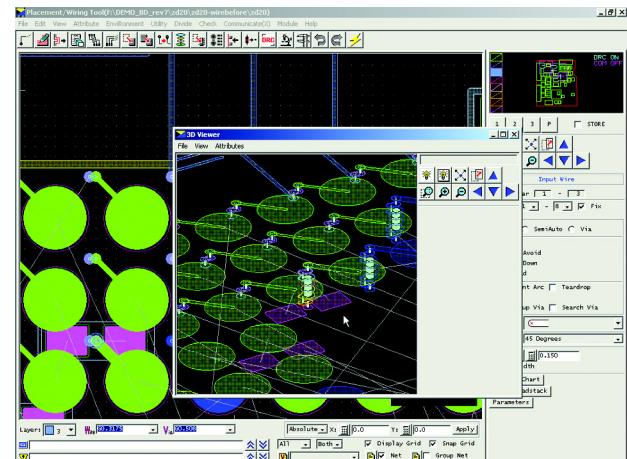


Рисунок 5 Автоматически генерируемый шаблон трассировки корпуса BGA может содержать сложные типы переходных отверстий

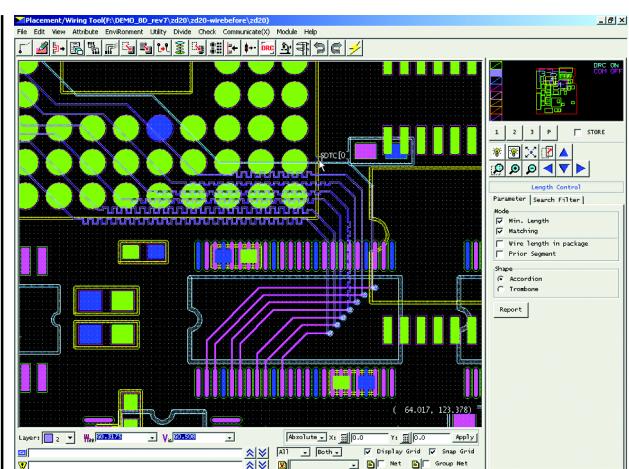


Рисунок 6 Трассировка шин с учетом ограничений на длину проводников

Контроль над процессом разводки платы в программе P.R.Editor XR реализуется с помощью наборов ограничений, которые могут быть назначены плате в целом, классу цепей, отдельной цепи или выводу. Иерархический подход к определению правил означает, что оно может быть определено единожды на высоком уровне, а затем широко применяться для любого числа цепей. При работе в любом режиме трассировки проведение проверок DRC в режиме реального времени обеспечивает получение безошибочных проектов. В ряде случаев проверка DRC может проводиться только при старте или останове трассировщика.

В ряде случаев, когда на плате применяются корпуса с большим числом выводов и высокой плотностью их размещения (BGA или CSP), редактор P.R.Editor XR позволяет ввести специальные наборы правил, определяющие ширины проводников, зазоры и спили переходных отверстий только для данной ограниченной области топологии.

Положение компонентов (рис. 4). В ряде случаев Routability Adviser обнаруживает и дает объяснение возможных проблем (например, неподдающиеся трассировке контактные площадки), а также предлагает варианты по их устранению.

Используя оценки наборов правил проектирования, плотности проводников и стиля топологии, модуль Routability Adviser вычисляет некий параметр, называемый коэффициентом трассируемости платы. Если он высокий, то возможно сокращение числа слоев, увеличение ширины проводников, зазоров между ними или расстояний между элементами. Это повышает технологичность платы и сокращает ее стоимость. Низкое значение коэффициента указывает на необходимость сокращения зазоров, введения локальных ограничений или увеличения числа слоев.

При использовании в проекте многовыводных устройств SMD, BGA и перевернутых кристаллов часто возникает необходимость использовать специальные шаблоны трассировки больших

Рисунок 5

Автоматически генерируемый

шаблон трассировки корпуса BGA

может содержать сложные типы переходных отверстий

встроенный модуль Routability Adviser позволяет оценить реализуемость и процент завершенности автоматической трассировки еще до того, как она будет выполнена. Модуль графически отображает предлагаемую плотность проводников, и при необходимости указывает области, где требуется внести изменения в расположение компонентов (рис. 4). В ряде случаев Routability Adviser обнаруживает и дает объяснение возможных проблем (например, неподдающиеся трассировке контактные площадки), а также предлагает варианты по их устранению.

Если проект имеет повторяющиеся участки топологии, то имеется возможность выполнить трассировку только одного такого участка, и полученную топологию применить для трассировки других участков в качестве шаблона.

Обычно с их помощью обеспечивается отвод сигналов от корпуса на внутренние слои, чем достигается повышенная надежность и помехоустойчивость. Иногда такие шаблоны используются, наоборот, для вывода сигналов на поверхностные слои для целей электротестирования.

Модуль графически отображает предлагаемую плотность проводников, и при необходимости указывает области, где требуется внести изменения в расположение компонентов (рис. 4). В ряде случаев Routability Adviser обнаруживает и дает объяснение возможных проблем (например, неподдающиеся трассировке контактные площадки), а также предлагает варианты по их устранению.

Помимо этого, модуль Routability Adviser вычисляет некий параметр, называемый коэффициентом трассируемости платы. Если он высокий, то возможно сокращение числа слоев, увеличение ширины проводников, зазоров между ними или расстояний между элементами. Это повышает технологичность платы и сокращает ее стоимость. Низкое значение коэффициента указывает на необходимость сокращения зазоров, введения локальных ограничений или увеличения числа слоев.

Если проект имеет повторяющиеся участки топологии, то имеется возможность выполнить трассировку только одного такого участка, и полученную топологию применить для трассировки других участков в качестве шаблона.

Помимо этого, модуль Routability Adviser вычисляет некий параметр, называемый коэффициентом трассируемости платы. Если он высокий, то возможно сокращение числа слоев, увеличение ширины проводников, зазоров между ними или расстояний между элементами. Это повышает технологичность платы и сокращает ее стоимость. Низкое значение коэффициента указывает на необходимость сокращения зазоров, введения локальных ограничений или увеличения числа слоев.

Данный подход позволяет выполнить прокладку шин значительно быстрее, чем при использовании традиционных интерактивных приемов. Более важно, что при этом сохраняется внутренняя структура шины, что в ряде случаев необходима для обеспечения работоспособности схемы. Специальные алгоритмы River Routing (обтекания) и Pull-Tight (сжатия/растягивания) 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 согласованность задержек в них независимо от того, в каком стиле они проложены.

Использование на платах высокоскоростных или высокочастотных сигналов предъявляет новые требования к системам автоматизированного проектирования печатных плат. Чтобы полностью отвечать этим требованиям, программа P.R.Editor XR может быть легко интегрирована с продуктом Hot-Stage. Оригинальные технологии анализа и управления процессом проектирования, заложенные в пакет Hot-Stage, позволяют создавать качественные топологии с соблюдением всех требований к целостности сигналов при минимальном числе сигнальных слоев.

Пакет Hot-Stage в этом случае выполняет широкий спектр проверок, специфических для высокоскоростных цепей: контроль последовательности соединения выводов, стилей соединения ветвлений, длин шлейфов, согласования длин проводников (задержек), уровней наводок и отражений сигналов. Фактически он является интегрированным менеджером не только механических, но и электрических ограничений, накладываемых на быстродействующие устройства.

Интеграция с Hot-Stage дает возможность использовать специальные алгоритмы прокладкой дифференциальных пар и экранирующих проводников. Дифференциальные пары трассируются с учетом допустимого рассогласования в длинах проводников и зазора между ними с целью обеспечения заданного импеданса, даже при прокладке на различных слоях. Автоматическая прокладка экранирующих проводников может вестись разными стилями и на одном или нескольких слоях.

Модуль полного электродинамического анализа топологии платы позволяет получить данные, необходимые для выполнения трассировки с учетом тре-

бований к целостности сигнала и перекрестным искажениям. В отличие от большинства других трассировщиков, P.R.Editor XR в комбинации с Hot-Stage разводит электрические цепи, оперируя вычисленными значениями задержек в пикосекундах, а не только механическими ограничениями на длины и зазоры.

Для критических сигналов, выводов и последовательностей ответвлений рассчитанные данные могут отображаться на экране. Например, во время интерактивной трассировки два маркера графически показывают область, ограниченную минимально и максимально допустимыми значениями задержки распространения сигнала. Прокладка проводника с учетом этих значений позволяет получить результат, не выходящий за рамки установленных ограничений.

Значения фактической задержки постоянно обновляются и отображаются на экране любых манипуляциях с проводником. При прокладке шин можно настроить трассировщик так, что все проводники будут иметь согласованную задержку (или длину). Для менее важных высокоскоростных цепей можно задать степень отклонения проводника от оптимального пути.

Пакет Hot-Stage предоставляет возможность проведения максимально точного и простого контроля уровней сигналов перекрестных искажений. Встроенный модуль полного электродинамического анализа позволяет выполнить точный расчет взаимных наводок в проводниках многослойной планарной структуры (в милливольтах), в то время как другие трассировщики

оценивают уровень перекрестных искажений упрощенно, опираясь на модели параллельных связанных линий. При автоматической трассировке с использованием Hot-Stage цепи, уровень наведенного сигнала в которых превысил допустимое значение, принудительно отодвигаются от излучающих цепей до тех пор, пока сигнал не снизится до допустимого уровня.

Инструментарий, предоставляющий пользователю

возможности трассировки с учетом точного анализа перекрестных искажений, чрезвычайно прост в управлении. Кроме того, надо учитывать тот факт, что все описанные выше операции выполняются в рамках одной среды проектирования, и нет необходимости применения каких-либо других инструментов постпроцессингового анализа.

Пакет P.R.Editor XR включает ряд функций, предназначенных для повышения технологичности законченной платы. Автоматические процедуры "чистки" устраняют лишние переходные отверстия и сегменты проводников, добавленные при трассировке платы. Специальная функция позволяет равномерно распределить проводники в пространстве между препятствиями, но не допускает удлинения критических проводников. При необходимости, на относительно свободных участках платы ширина проводников может быть автоматически увеличена в рамках установленных правил проектирования. Для повышения технологичности платы в законченную топологию к ортогональным проводникам могут быть добавлены скосы под углом 45 градусов или дуги.

Изготовление современных высокоплотных плат немыслимо без выполнения процедуры электротестирования. Редактор P.R.Editor XR предлагает полный набор инструментов, предназначенных для подготовки внутрисхемного тестирования платы (рис. 7). Пользователь может запретить или разрешить размещение тестовых точек на определенных сторонах платы, разрешить использова-

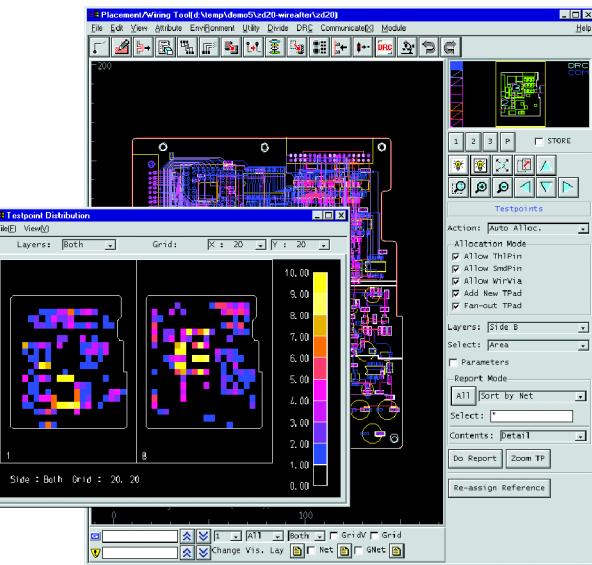


Рисунок 7 Оценка плотности размещения тестовых точек на разных сторонах платы

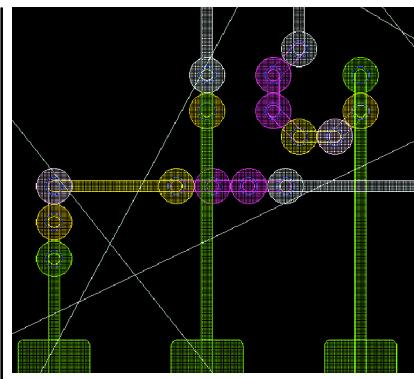


Рисунок 8
Различные
шаблоны
межслойных
переходов

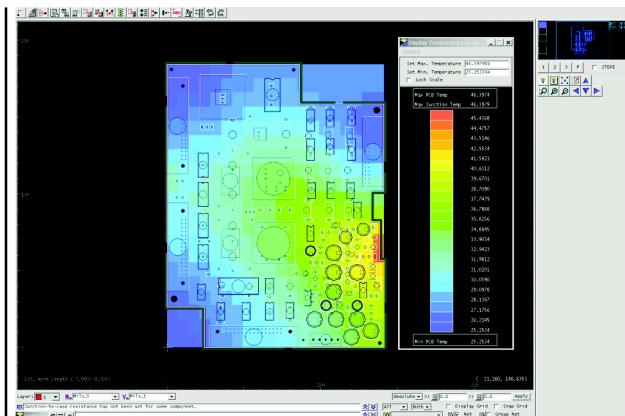


Рисунок 9
Карта прогрева платы, формируемая
в процессе размещения компонентов

ние контактных площадок выводов и переходных отверстий в качестве контрольных точек, задать их стиль и число на цепь. Алгоритм трассировки автоматически добавляет недостающие тестовые точки в подходящие места топологии. Во время циклов ECO тестовые точки рассматриваются как фиксированные объекты, что позволяет сократить время перенастройки тестовых приспособлений и в итоге снизить расходы на создание проекта.

Сплошные, разделенные или частично залитые слои металлизации могут создаваться и обрабатываться непосредственно в среде P.R.Editor XR. При этом учитываются все назначенные проектные ограничения. При необходимости к контактным площадкам и переходным отверстиям могут быть добавлены термобарьера, а их стили могут меняться в зависимости от области платы. Специальный редактор позволяет создать шаблон области металлизации, связать его с определенной цепью и выполнить заливку данной области. При этом постоянно контролируется полная электрическая целостность проекта. При изменении конфигурации проводников других цепей, попадающих в границы области заливки, может быть выполнена повторная заливка в соответствии с новой трассировкой.

Редактор P.R.Editor XR поддерживает самые современные технологии в области электроники: многоクリстальные модули, высокоплотные и наращиваемые платы. Обширный набор функций разводки выводов делает возможным получение оптимальной топологии за счет поворота и перемещения контактных площадок для получения более простого шаблона трассировки стрингеров, контроля минимальной и максимальной длины проводников в режиме реального

времени, а также проверки на наличие коротких замыканий в соединениях и проводниках.

В проектах, где площадь трассируемой подложки ограничена, выполнение межслойных переходов может быть выполнено самыми разнообразными способами. Возможно использование сплошных, глухих, спиральных, ступенчатых, смешанных и спаренных переходных отверстий или микроотверстий (рис. 8). Создание шаблона такого переходного отверстия управляется специальным набором правил проектирования, определяющих размеры площадок, сегментов и угол поворота.

Редактор P.R.Editor XR максимально упрощает процесс внесения изменений в проект посредством механизма ECO. Благодаря специальному алгоритму минимизации переработки топологии новые проводники разводятся быстро и качественно, что значительно сокращает время проектирования и стоимость изделия.

Из дополнительных возможностей следует отметить функцию Thermal Check, которая используется для выполнения быстрого теплового анализа на любом этапе процесса размещения, благодаря чему многие проблемы могут быть выявлены и устранены уже на начальных этапах проектирования, а число итераций переработки проекта максимально сокращено.

В процессе анализа формируется цветная карта прогрева платы, которая обновляется автоматически сразу после изменения положения любого из компонентов (рис. 9). Для компонентов могут быть рассчитаны температуры переходов, которые сразу сравниваются с максимально допустимыми пороговыми значениями, что позволяет оперативно

оценить надежность проекта.

В процессе теплового анализа, выполняемого программой P.R.Editor XR, в качестве основной исходной информации используются данные о рассеиваемой компонентами мощности, взятые из соответствующей документации. Теплопроводность платы вычисляется автоматически на основе данных о материа-

ле и толщине каждого слоя платы. Затем с учетом ориентации платы, интенсивности и направления потоков воздуха выполняется автоматический расчет характеристик теплообмена для каждой из сторон платы.

Отдельно следует отметить функцию проверки производствопригодности проекта печатной платы непосредственно в процессе интерактивного размещения компонентов или по окончании этого процесса в виде пакетной проверки DRC. Доступность такой информации на ранних стадиях проектирования позволяет избежать серьезных проблем при сборке плат на производстве и связанных с этим затрат.

Функция учитывает трехмерное геометрическое представление каждого компонента и проверяет возможность его столкновения с другими компонентами на плате, моделируя процесс физического размещения компонента с помощью соответствующего оборудования. При этом учитываются и характеристики самого сборочного оборудования, например, размеры захватов компонентов, направление движения подающей головки, максимально допустимую высоту ее смещения, порядок подачи компонентов питающими фидерами. При наличии на производстве нескольких сборочных линий, имеется возможность проанализировать, какая из них будет наиболее оптимально подходить для монтажа соответствующей платы, и последующий анализ выполнять исключительно для нее.

Любую дополнительную информацию о пакете P.R.Editor XR и других программных продуктах компании Zuken (www.zuken.com) можно узнать в компании ЭлекТрейд-М по адресу info@eltm.ru или телефону (095) 974-1480.