

ПОГОВОРИМ О ТРАССИРОВЩИКАХ

Юрий Потапов, технический директор ЗАО «ЭлектронТрейд»

В статье рассматриваются существующие подходы к автоматической трассировке печатных плат, реализованные в различных системах САПР. Описаны особенности различных методов трассировки.

Трассировка печатных плат является одной из ключевых задач проектирования современного электронного оборудования. Сложность современных многослойных плат не позволяет всерьез рассматривать возможность их ручной трассировки, так как при этом резко увеличивается время проектирования, что противоречит общей тенденции сокращения времени выхода конечного изделия на рынок. Для разрешения этой проблемы служат специальные программы, называемые автотрассировщиками, которые предназначены для размещения на плате проводников и переходных отверстий без участия человека. Впоследствии от человека требуется лишь доводка проекта с помощью интерактивных средств трассировки.

Сейчас, пожалуй, не существует ни одной профессиональной системы проектирования печатных плат, не имеющей в своем составе средств автоматического размещения проводников. Процесс трассировки управляется некой стратегией, которая, по сути, представляет собой набор ограничений или правил проектирования, нарушение которых недопустимо, или допустимо в той или иной мере. Например, требование, что все проводники на плате должны иметь ширину не менее 0,2 мм, зазоры между определенными цепями не должны быть менее 1 мм, те или иные цепи должны проходить только по нижнему слою и так далее. Наборы правил могут быть достаточно сложны, иметь

пересекающиеся области действия и различные приоритеты. Все это делает достижение 100% завершения процесса трассировки сложной вычислительной задачей.

На современных платах используются компоненты с очень плотным и иногда нерегулярным расположением выводов, что дополнительно осложняет эту задачу. Качество автоматической трассировки при этом получается недостаточным и требует обязательной ручной доработки проекта, что иногда ставит под сомнение выгоду от использования автотрассировщиков. Именно поэтому различные компании пытаются всячески совершенствовать свои продукты и разработать для них оригинальные методики и алгоритмы.

Сейчас все программы автотрассировки можно разбить на три категории, согласно используемым в них методам: сеточные, бессеточные и топологические.

Первые из них, сеточные, представляют собой продукты самого низкого уровня. Прокладка проводников в них ведется только через узлы регулярной сетки (см. рис. 1а), шаг которой при использовании современной элементной базы должен быть очень маленьким. Снижение шага сетки приводит к резкому росту необходимых вычислительных ресурсов и затягиванию процесса во времени. Таким образом, сеточные трассировщики могут обрабатывать лишь несложные платы, и поэтому сохранились

только в дешевых системах проектирования печатных плат (стоимость не выше \$1000) и служат скорее учебным, чем практическим целям.

На смену этим программам пришли бессеточные трассировщики. Термин «бессеточный» не самым лучшим образом описывает суть подхода. Гораздо правильнее было бы называть такие трассировщики «основанными на формах» (от английского термина «shape-based»). Сетка здесь так или иначе присутствует, зато используемые методы совсем не «сеточные». Наибольшее распространение получил метод прямоугольников, заключающийся в том, что свободное пространство между препятствиями на плате заполняется последовательностью прямоугольников, а путь трассировки определяется последовательностью их касающихся сторон (см. рис. 1б). Такая техника позволила решить проблему различного, причем нерегулярного расстояния между выводами компонентов.

Наиболее известная система SPECCTRA компании Cadence основана именно на этом методе. Аналогичную реализацию имеет автотрассировщик системы Protel 99 SE компании Altium, который несколько позднее был введен в систему PCAD 2001, откуда вытеснил весьма ограниченные сеточные Quick Router и Pro Router.

Трассировщики на основе метода прямоугольников значительно снизили требования к вычислительной платформе по сравнению с сеточными, но они все еще имеют естественные ограничения, связанные с геометрией. Дело в том, что после разбиения платы на прямоугольники и за-

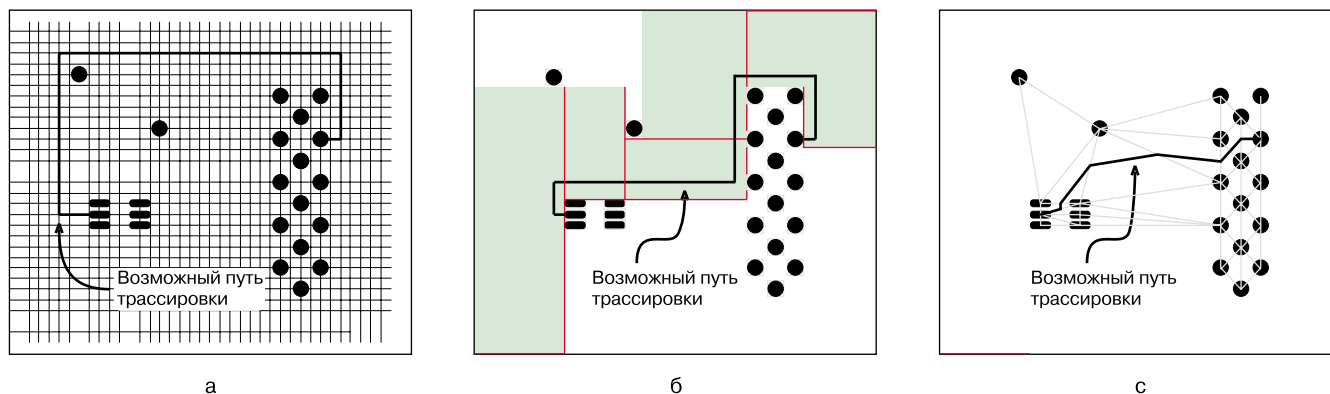


Рис. 1. Поиск пути трассировки сеточным (а), бессеточным (б) и топологическим трассировщиком (с)

пуска процесса фронт волны трассировки мог распространяться только в двух направлениях: вертикальном или горизонтальном (согласно направлению сторон прямоугольников), что определяло ортогональный стиль трассировки. Проблемы начинались с введением на плату неортогональных объектов, например, повернутых на произвольный угол компонентов или компонентов с выводами, расположенными на зигзагообразной кривой. Часто в таких случаях ортогональный путь трассировки не мог быть найден, что выражалось в незавершенности процесса разводки платы.

Развитие технологии упаковки электронных компонентов повлекло за собой дальнейшее снижение шага между выводами. Были разработаны новые корпуса типа BGA (Ball Grid Array), имеющие зигзагообразное расположение выводов, что позволило значительно увеличить их число и плотность размещения. Новые дизайнерские решения требовали разработки плат нестандартной формы. Все это привело к появлению проблем и у бессеточных трассировщиков и дало толчок развитию новых инструментов.

Третья категория продуктов реализует топологический подход к автотрассировке, при котором используются различные методы разбиения поверхности платы на геометрические фигуры, что почти полностью снимает какие-либо связанные с этим ограничения. Причем во время работы топологический трассировщик оперирует относительными, а не абсолютными координатами препятствий в единой координатной сетке на плате.

Вся поверхность платы разбивается на треугольники, вершины которых образуются позициями ближайших препятствий, после чего запускается описанный выше алгоритм «плетения», который находит путь от начальной до конечной точки трассировки. Главное преимущество этого метода заключается в том, что треугольники могут иметь произвольную форму и не имеют ограничений на величину углов, а значит, трассировка может вестись в произвольном направлении, а не только в вертикальном или горизонтальном, как это было при методе прямоугольников (см. рис. 1с).

Чтобы построить топологическую карту платы, трассировщик определяет связи всех соседних препятствий на плате, в результате получается нечто похожее на паучую сеть. Потенциальный путь трассировки находится посредством последовательного перехода от одной ячейки сети к дру-

гой, пока не будет достигнута конечная точка. При таком подходе трасса не оказывается привязанной к координатной сетке на плате, она как бы «вплетается» между двумя соседними препятствиями.

Таким образом, топологический трассировщик снимает главное фундаментальное ограничение, присущее всем известным ранее автотрассировщикам, вытекающее из того, что путь разводки так или иначе повторяет геометрию фигур разбиения. Топологический метод позволяет найти более естественный путь прохождения трассы, причем этот путь будет неортогональным, аналогично тому, как это сделал бы человек, ориентируясь на базовое направление проводника, стиль трассировки на данном слое (преобладающее направление и угловые скосы). Ведь живой разработчик почти никогда не ограничен требованием проложить трассу через некоторую область, используя исключительно прямые углы. Он просто прокладывает проводник через имеющийся канал трассировки так, как считает нужным.

В феврале этого года австралийская компания Altium заявила о разработке автотрассировщика Situs, который войдет в новую версию ее пакета проектирования печатных плат Protel DXP. Сам факт попытки отхода от привычных методов к новой технологии очень обнадеживает и говорит о том, что компания Altium реально претендует на роль лидера в области EDA продуктов. Однако, основы топологической трассировки были заложены несколько десятилетий назад, причем в нашей стране. Впервые делить триангулярное разбиение предложил Роман Базилевич еще в 1971 (тридцать лет назад!). Его идеи развивались Юрием Зюзиным в начале девяностых годов, и именно его команда осознала большинство проблем, присущих топологической трассировке.

Во-первых, задача триангулярного разбиения Делоне относительно проста при наличии только круглых препятствий. При использовании контактных площадок прямоугольной или овальной формы разбиение усложняется за счет появления новых вершин. Дополнительные сложности возникают при попытке использования более одного правила проектирования, задающего зазоры между проводниками, так как каждое из них фактически добавляет к проводнику невидимые края, которые также должны учитываться при разбиении.

Во-вторых, задача трассировки платы сводится не только к поиску возможного пути прохождения проводника, но и к получению реальной топологии. При этом должны учитываться не только ограничения на зазоры, но и рекомендуемые величины ширины проводников, слои, приоритеты трассировки и многое другое. Учет всех этих ограничений приводит к необходимости фиксации геометрии проложенных проводников. Фиксация проводника для программы автотрассировки означает появление новых препятствий, необходимость повторного и усложненного топологического разбиения. Таким образом, по мере выполнения процесса трассировки задача поиска пути в лабиринте значительно усложняется, а вероятность ее стопроцентного завершения снижается.

Именно поэтому от идеи топологической трассировки в свое время отказались специалисты компании PADS (сейчас Innoveda) при разработке своего автотрассировщика BlazeRouter, входящего в состав пакета PowerPCB. Они пошли несколько иным путем и акцентировались на разработке алгоритмов трассировки, работающих под управлением сложных наборов правил проектирования, что позволило им сейчас реализовать один из лучших автотрассировщиков.

Тем не менее, топологические трассировщики существуют. Нашими соотечественниками из Санкт-Петербурга разработана программа FreeStyle Router, позволяющая получать топологии двусторонних печатных плат при условии минимизации числа переходных отверстий и суммарной длины проводников. На рисунке 2 показана тестовая топология из комплекта пакета SPECCTRA, трассировка которой выполнялась в пакетах SPECCTRA (см. рис. 2а), Ptotel 99 SE (см. рис. 2б), P-CAD 2001 (см. рис. 2с) и FreeStyle (см. рис. 2д). В первых трех случаях результаты трассировки очень похожи, что отражает идентичность используемых методов. Здесь преобладает ортогональный стиль с изгибами под углом 45 градусов, отсутствуют проводники, проложенные под произвольными углами, присутствует порядка 30 переходных отверстий. Результат работы программы FreeStyle демонстрирует истинно топологический подход к трассировке. Даже при беглом взгляде на плату заметно, что плотность трассировки здесь ниже, что достигается специальными алгоритмами равномерного заполнения

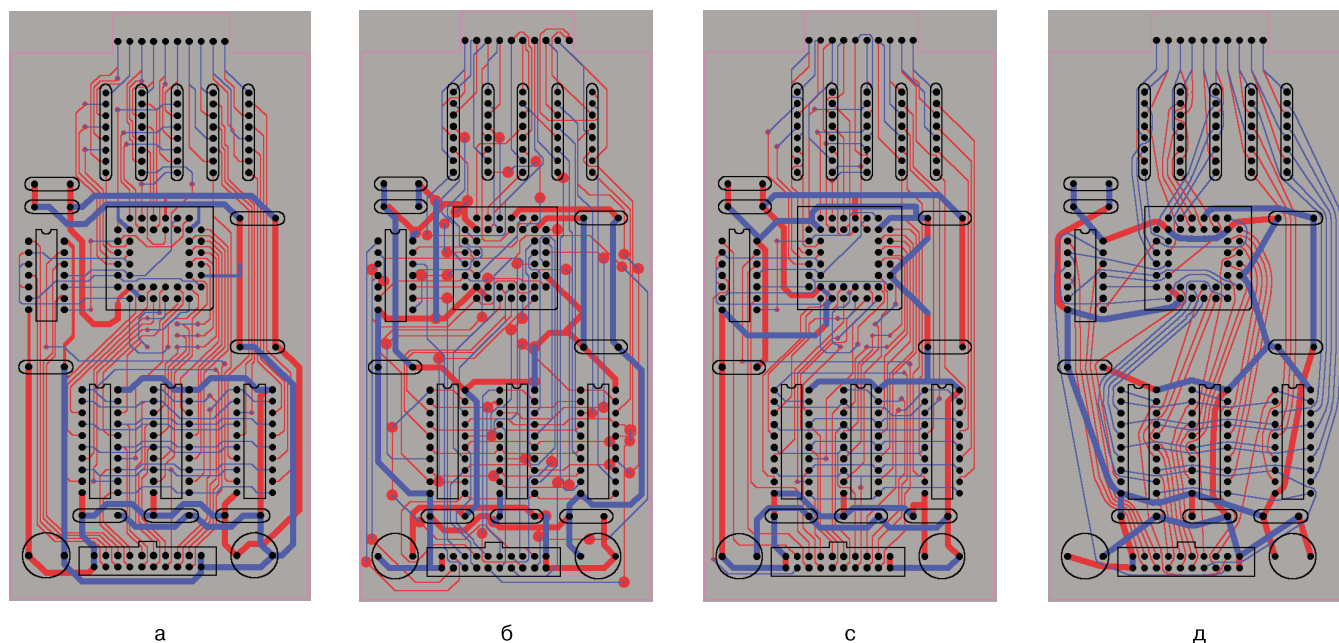


Рис. 2. Тестовый проект печатной платы, трассировка которой выполнялась в пакетах SPECCTRA (а), Ptotal 99 SE (б), P-CAD 2001 (с) и FreeStyle (д)

проводниками свободного пространства на плате. Лишь некоторые проводники проложены параллельно друг другу, а значит, снижается вероятность взаимных наводок. Далее, на плате не используется ни одного переходного отверстия — результат, не достижимый ни в одной зарубежной программе автотрассировки.

Остается надеяться, что специалистам компании Altium удастся реализовать все задуманное и приблизиться к результатам, полученным программой FreeStyle. У них имеет-

ся в наличии прекрасная среда проектирования Design Explorer, позволяющая интегрировать в редактор печатных плат любые новые инструменты. Объемы продаж позволяют производить финансирование любых, сколь угодно сложных и долгосрочных проектов.

Судьба российской программы не так радужна. В современных условиях дальнейшее совершенствование программы возможно только за счет средств, полученных от коммерческих продаж существующей версии.

Однако в условиях повального увлечения отечественными разработчиками продаваемыми на каждом углу взломанными копиями SPECCTRA и PCAD 2001 такой способ финансирования нельзя рассматривать серьезно.

Более подробно обо всех перечисленных в статье программных продуктах можно узнать в офисе компании «ЭлектронТрейд» по телефону: +7 (095) 243-7250 или по e-mail: info@electrade.ru.