

Новые инструментальные средства САПР TopoR

Сергей Лузин, д.т.н., профессор, начальник отдела САПР Санкт-Петербургского филиала ООО «ПРОСОФТ ТЕХНОЛОДЖИ»
Олег Полубасов, к.т.н., начальник сектора алгоритмического обеспечения отдела САПР Санкт-Петербургского филиала ООО «ПРОСОФТ ТЕХНОЛОДЖИ»

САПР TopoR объединяет в себе быстрый и гибкий топологический трассировщик, развитый редактор топологии, средства автоматического размещения компонентов и ряд других функций. В статье рассказывается о новых средствах, таких, как специальная трассировка области BGA-компонентов, автоматическая оптимизация путей проводников во время автоматического перемещения компонентов, трассировка отрезками прямых (без дуг) и др.

ТРАССИРОВКА РУЧНАЯ ИЛИ АВТОМАТИЧЕСКАЯ?

Идея создания радиоэлектронных схем на основе печатных плат впервые была предложена и запатентована в Англии П. Айслером в 1940 г. Вначале трассировка плат осуществлялась вручную. Однако увеличение сложности устройств и трудоемкости трассировки потребовало разработки автоматических алгоритмов, позволяющих существенно облегчить и повысить эффективность конструирования. Эти исследования не прекращаются до настоящего времени. Тем не менее, до сих пор в мире не создано ни одного трассировщика, который бы обеспечивал разводку, сравнимую с качеством ручного проектирования.

Не только многие проектировщики-практики, но даже авторы руководств по системам автоматической трассировки печатных плат считают, что трассировка в автоматическом режиме возможна только для неотвечественных цифровых устройств, работающих на невысоких частотах (до 10...12 МГц) [1]. Во всех остальных случаях ручная трассировка, по их мнению, приводит к гораздо более качественным, а главное быстрым результатам. При этом они, естественно, ориентируются на возможности тех систем, с которыми имеют дело. Поэтому эти авторы утверждают, что пока при автоматической трассировке пользователь-проектировщик выберет хорошую стратегию, пока предварительно проложит ответственные цепи (питания, земли и т.п.), а потом внесет корректировку в полученные результаты, опытный разработчик в большинстве сложных случаев уже разведет плату вручную. При этом качество ручной разводки ПП существенно превышает качество автоматически разведенных плат.

У автора другого пособия [2] совершенно противоположное мнение: «SPECCTRA — мощнейший ShapeBased автотрассировщик. SPECCTRA — это Photoshop в мире печатных плат. Количество настроек в SPECCTRA потрясает. Будьте уверены, если SPECCTRA не может развести Вашу плату, значит, это невозможно...»

Как обычно, истина, по-видимому, находится посередине.

SPECCTRA — действительно один из лучших автотрассировщиков, однако результат работы SPECCTRA характеризуется завышенной длиной проводников и большим числом межслойных переходов, что приводит к нерациональному использованию монтажного пространства. При ручном проектировании, безусловно, можно получить существенно лучший вариант, однако, во-первых, для этого необходима соответствующая квалификация, а во-вторых, для этого потребуется в сотни раз больше времени.

При трассировке больших интегральных микросхем используются гораздо более примитивные модели и алгоритмы, чем при трассировке печатных плат, и конечный результат далек от идеального, однако размерность задачи настолько велика, что ни один конструктор не способен осуществить трассировку СБИС вручную за разумное время. Так что все зависит от сложности проекта и ресурса времени для его выполнения.

Эффективность и качество результатов автоматической трассировки зависит от моделей и алгоритмов, которые закладываются в ту или иную САПР. Еще каких-нибудь тридцать лет назад мало кто предполагал, что, например, шахматные программы будут обыгрывать чемпиона мира. Но программы непрерывно совершен-

ствовались, и теперь они обыгрывают самых лучших профессионалов. Любителям тягаться бесполезно. Правда, с автоматизацией проектирования печатного монтажа все несколько сложнее, поскольку, в отличие от шахмат, постоянно меняются «условия игры»: изменяются технологии, появляются новые виды компонентов, повышение рабочих частот приводит к необходимости учета дополнительных ограничений.

Система автоматизированного проектирования — инструментарий проектировщика. Не стоит противопоставлять автоматическую и ручную трассировку. Да и ручная трассировка только называется ручной, поскольку давно уже выполняется на компьютере. Автоматическая трассировка — лишь один из инструментов, призванный сократить время решения трудоемких рутинных задач.

НЕМНОГО ИСТОРИИ

Топологический трассировщик TopoR (от **Topological Router**) разработан коллективом ученых из Санкт-Петербурга. Начало работ по созданию гибкого топологического трассировщика относится к 1988 г., когда стало ясно, что традиционные методы трассировки, такие, как регулярная и нерегулярная сетка (greed based и shape based), последовательная прокладка проводников с фиксацией их геометрии — это тупиковое направление.

Первый вариант топологического трассировщика, который начал реально использоваться промышленными предприятиями, появился в 1996 г. Трассировщик работал под MS DOS, успешно разводил двухслойные печатные платы и носил имя FreeStyle Router. Уже этот трассировщик наглядно продемонстрировал преимущество принципиально новых подходов к решению задачи трассировки и

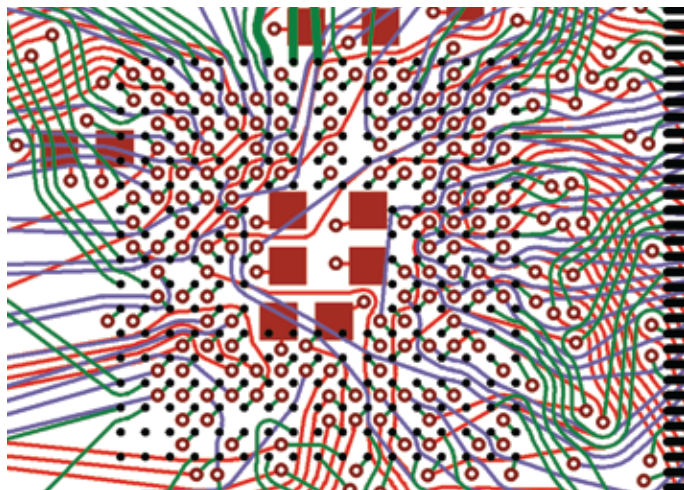


Рис. 1. Трассировка области VGA-компонентов



Рис. 2. Применение процедуры refine

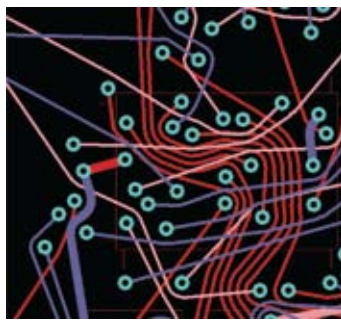
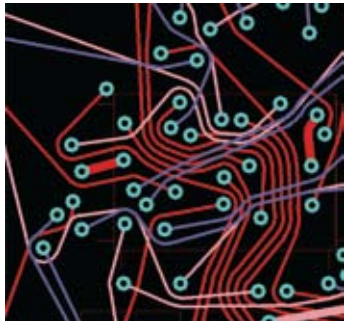


Рис. 3. Применение процедуры refine, изображение без верхнего слоя

высокую эффективность разработанных моделей и алгоритмов, а также их программной реализации. Программа вместе с примерами умещалась на одной дискете 1,44 Мбайт и при этом трассировала намного быстрее и качественнее, чем аналоги, превосходившие ее по объему в сотни раз.

В 2001 г. была создана первая версия топологического трассировщика под Windows, получившая название ТороR (Topological Router). Эта программа уже трассировала не только двухслойные, но и многослойные печатные платы.

ТороR, как и FreeStyle Router, вначале позиционировался как трассировщик. Однако серьезные трудности

редактирования неортогональных проводников в других САПР стимулировали развитие собственных средств редактирования топологии, а также контроля конструктивно-технологических нарушений.

Затем в ТороR появились средства автоматического размещения компонентов, экспорт Gerber-файлов для изготовления фотошаблонов и DXF-файлов для изготовления графической документации.

НОВЫЕ ФУНКЦИИ Специальная трассировка области VGA-компонентов

ТороR динамично развивается от версии к версии. Сравнительно новая

функция — специальная трассировка области VGA-компонентов — позволяет успешно справляться с проблемой, традиционно трудной для других трассировщиков.

При использовании VGA-компонентов число слоев зависит в первую очередь от максимального числа рядов контактов таких компонентов и принятых технологических норм (минимальной ширины проводника и величины минимального зазора).

В ряде САПР трассировка области VGA-компонентов осуществляется по шаблону: быстрый выход на периферию компонента в заранее определенном слое. Зачастую это приводит к ухудшению разводки (избыточной длине проводников и завышенному числу межслойных переходов) и не учитывает, что при наличии эквипотенциальных и незадействованных контактов микросхемы в ряде случаев число слоев, необходимых для реализации связей, может быть уменьшено (см. рис. 1).

Автоматическая оптимизация путей проводников во время автоматического перемещения компонентов

Одной из особенностей САПР ТороR является возможность ручного или автоматического перемещения компонентов или межслойных переходов с подталкиванием «мешающих» элементов и пересчетом «на лету» конфигурации проводников.

В процессе автоматической подвижки компонентов и межслойных переходов автоматически изменяется геометрия проводников без изменения топологического пути. При этом некоторые проводники оказываются проложенными неоптимально. Эта неоптимальность особенно проявлялась на проводниках, проложенных на внутренних слоях многослойных печатных плат. Для исправления подобных ситуаций разработана процедура refine для автоматической оптимизации путей проводников во время автоматического перемещения компонентов.

На рисунке 2 слева приведен фрагмент платы до применения процедуры refine, справа — после. Те же фрагменты, но без проводников в верхнем слое показаны на рисунке 3.

Видно, что после оптимизации путей длины некоторых проводников уменьшились.

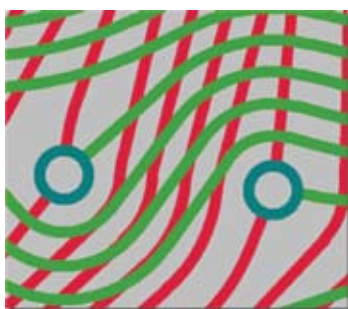


Рис. 4. Трассировка с дугами (слева) и без дуг (справа)

Процедура **refine** может изменить не только путь проводника, но и его слой (если проводник соединяет сквозные контактные площадки и/или межслойные переходы). В ряде случаев это приводит к уменьшению числа переходных отверстий. Использование процедуры **refine** особенно эффективно при проектировании многослойных печатных плат.

Трассировка отрезками прямых (без дуг)

САПР печатных плат TороR до версии 4.0, как и его предшественник FreeStyle, выполнял трассировку гладкими проводниками, имеющими дугообразные участки. Можно сказать, что «гладкая топология» являлась его визитной карточкой. Гладкие без изломов проводники, в целом, имеют ряд преимуществ по отношению к проводникам с углами, однако передача результатов разводки в другие распространенные САПР затруднена, так как многие из них либо совсем не понимают дуги, либо плохо их обрабатывают. Так, P-CAD допускает только дуги, угловая величина которых кратна 0,1°, а программы ORCAD и SPECCTRA — 90°. Программы анализа целостности сигналов, например, HyperLynx, также не умеют работать с дугами.

В версии 4.0 наряду с трассировкой гладкими проводниками реализована и трассировка отрезками прямых (см. рис. 4). В совокупности с добавленным в этой версии экспортом .ses-файлов это дает возможность использовать TороR вместо SPECCTRA и ELECTRA.

Расширение возможностей редактирования

Добавлена возможность создания и редактирования запретов и областей металлизации (см. рис. 5). Добавлена возможность редактирования надписей на печатной плате (см. рис. 6).

Усовершенствован механизм выделения объектов (см. рис. 7). Организовано циклическое выделение объектов, находящихся под курсором, а также добавлены фильтры выделения.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИБКИХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Часто приходится слышать, что незачем минимизировать число межслойных переходов, что это не очень важно. Однако имеется сегмент рынка, для которого одно из основных

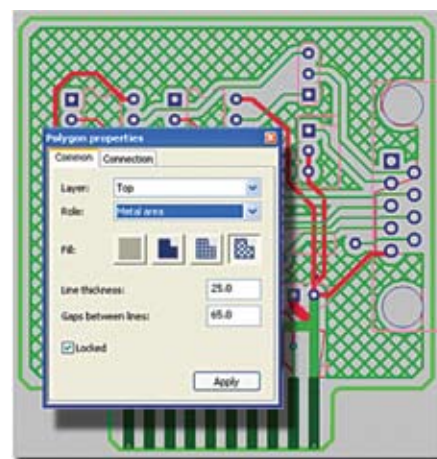


Рис. 5. Редактирование области металлизации

требований — отсутствие межслойных переходов. Это однослойные печатные платы, а также гибкие печатные платы. Умение минимизировать число межслойных переходов делает TороR незаменимым инструментом конструирования подобных изделий.

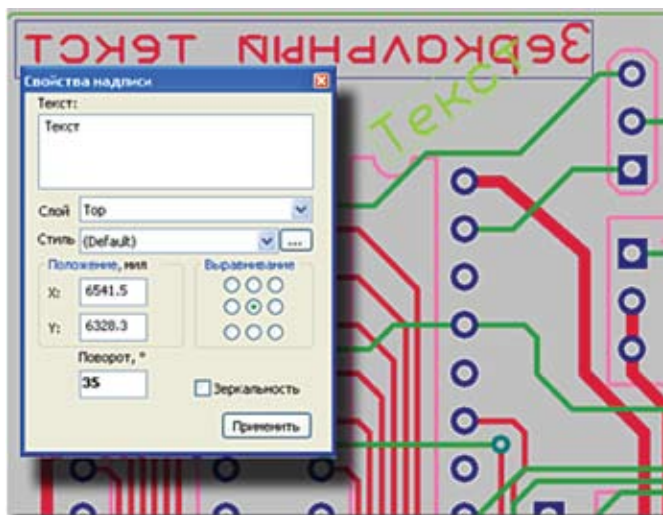


Рис. 6. Редактирование текста

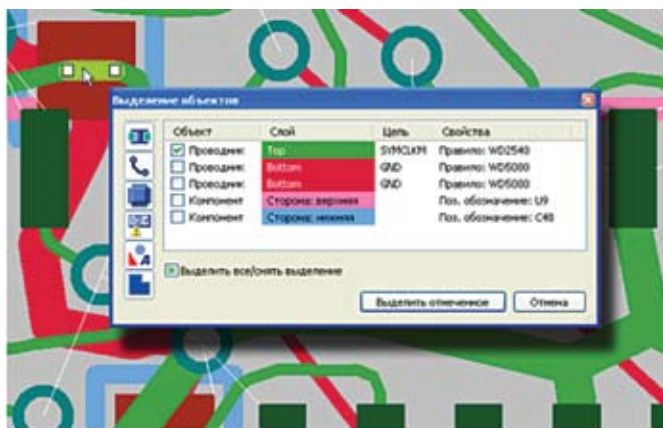


Рис. 7. Выделение объектов

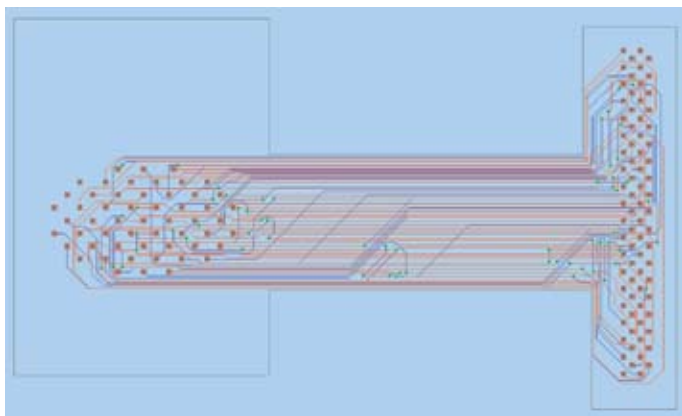


Рис. 8. Топология гибкой печатной платы, полученная популярным Shape-based трассировщиком

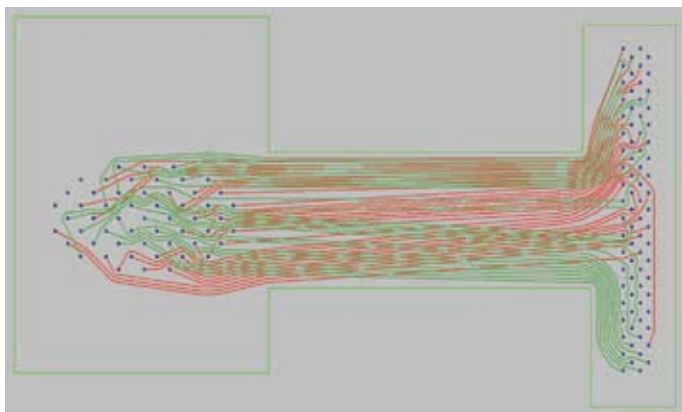


Рис. 9. Топология гибкой печатной платы, полученная трассировщиком TороR

Гибкие печатные платы представляют собой наборы соединительных кабелей, которые могут содержать однослойные, двухслойные и многослойные структуры. Платы могут быть как полностью гибкими, так и представлять собой комбинацию жестких и гибких частей.

Требования к проводникам в сгибаемой части [3]:

- перпендикулярность к направлению изгиба;

- «шахматное» расположение на смежных слоях;

- металлизированные переходные отверстия не допускаются.

На рисунке 8 представлена топология гибкой печатной платы, полученная популярным Shape-based трассировщиком (суммарная длина проводников 346 дюймов, число межслойных переходов 61). Отметим наличие межслойных переходов в сгибаемой части, значительное ко-

личество проводников, идущих непосредственно один под другим на смежных слоях, и сегменты проводников, идущих под углом 45° к направлению изгиба.

Та же плата (см. рис. 9), разведенная САПР TороR, не содержит межслойных переходов и имеет меньшую суммарную длину проводников (322 дюйма).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализованные в программе TороR алгоритмы и инструментальные средства позволяют наиболее эффективно использовать монтажно-коммутационное пространство, что является существенным преимуществом трассировщика TороR по сравнению с другими программными средствами аналогичного назначения. Но главное достоинство системы TороR даже не в сегодняшнем превосходстве в скорости и качестве трассировки — оно заключается в использовании топологических методов проектирования. И хотя на пути развития топологических методов проектирования сделано уже немало, перспективы развития системы TороR еще очень велики, в отличие от систем, построенных на традиционных подходах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стешенко В.Б. EDA. Практика автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств. М.: Нолидж, 2002.
2. Каиков Д. OrCAD Layout Plus.
3. Акулин А. Гибкие и гибко-жесткие печатные платы. Комментарии к стандарту IPC2223A. Часть 2//Электронные компоненты, 2005, №11.