

ТороR – СОВРЕМЕННАЯ САПР ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Популярная в России и странах СНГ система проектирования печатных плат PCAD больше не поддерживается производителем, и теперь разработчикам электронной аппаратуры предстоит непростой выбор из современных САПР, на которую стоит перейти. По привычке, в качестве кандидатов рассматриваются только зарубежные программы, а ведь достойная внимания САПР есть и в России.

САПР ТороR – отечественная система проектирования печатных плат. Она по многим параметрам не только не уступает, но и превосходит зарубежные аналоги [1–6]. Правда, необходимо отметить, что САПР ТороR имеет ряд особенностей и принципиальных отличий от других систем, а необычность и непривычность инструмента зачастую отпугивает пользователя.

Трассировка – это всегда, в какой-то степени, компромисс. Критериев много, они не всегда непротиворечивы, причем для различных схем и даже для различных участков и различных слоев одной платы правила разводки могут сильно различаться. При ручной трассировке решение принимается "по месту". При автоматической трассировке трудно, да, наверное, и невозможно, учесть все факторы, еще труднее оценить их значимость. Но, даже если бы это удалось, то формулировка и описание всех нюансов для каждого участка платы может потребовать больше времени, чем сама разводка.

Полностью автоматическое проектирование если и возможно, то только для достаточно простых печатных плат без каких-либо специальных требований. При проектировании сложных устройств, по-видимому, необходимо разумное разграничение полномочий. От САПР трассировки требуется быстрое и качественное выполнение рутинных операций – прокладки множества проводников с учетом конструктивно-технологических ограничений, оптимизации топологии длины межсоединений и числа межслойных переходов. От интерактивных средств требуется максимальная гибкость в использовании и достаточность инструментов для реализации фантазий разработчика.

Можно смело утверждать, что большинство сверхплотных плат проектируются без использования автотрассировщиков. Это, прежде всего, связано с тем, что если автотрассировщик растрассировал, например, только 80% связей, то обычно легче перетрассировать плату заново, чем пытаться дотрассировать ее вручную.

Напротив, если все связи проложены, пусть даже и с некоторыми нарушениями зазоров, топология оптимизирована по суммарной длине межсоединений и числу межслойных переходов, то сразу видно, возможно ли ликвидировать имеющиеся нарушения зазоров за счет перераспределения ресурсов с использованием интерактивных средств, например, с помощью небольшого перемещения компонентов.

ОТЛИЧИЯ САПР ТороR

Первое существенное отличие САПР ТороR от других систем – практически мгновенная (до нескольких секунд) 100%-ная разводка цепей. Разводятся все связи, даже если для этого приходится нарушить некоторые технологические ограничения. Конечно, начальный вариант далек от совершенства: могут быть завышенное число межслойных переходов, завышенная суммарная длина проводников, нарушения заданных зазоров, однако все соединения будут проложены, и можно запускать процедуру оптимизации топологии.

На плотных дизайнах это свойство (100% реализации цепей) имеет решающее значение, поскольку позволяет оце-

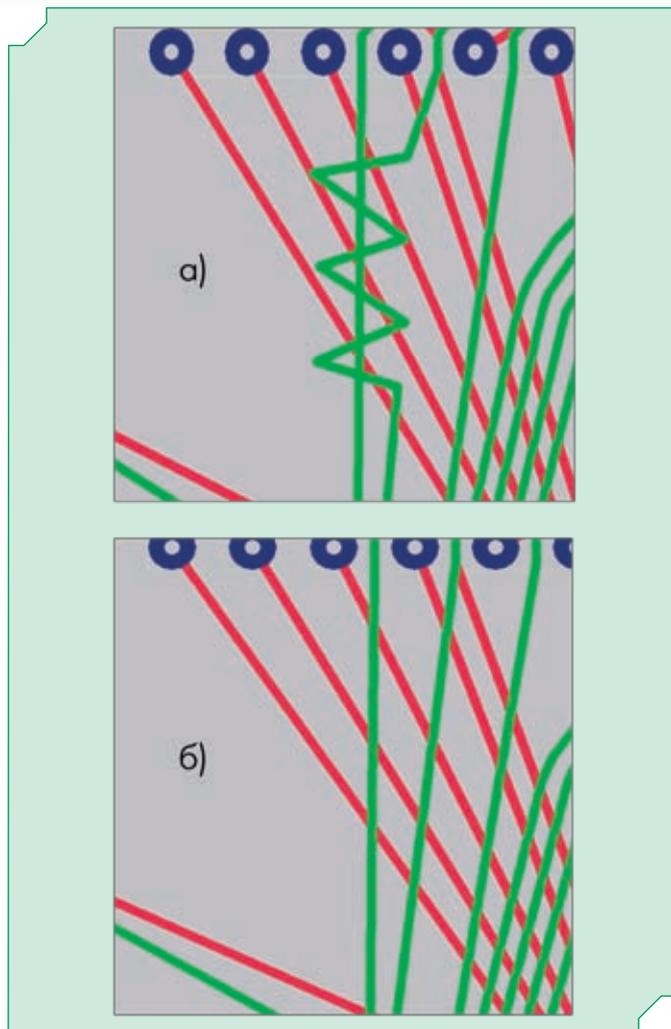


Рис.1 САПР ТороR: касание или четное число пересечений пары проводников не является нарушением (а), проводники сами натягиваются и отодвигаются на нужное расстояние (б)

нить как принципиальную возможность, так и трудоемкость ручной доводки дизайна.

Многокритериальная оптимизация топологии осуществляется в процессе перекладки проводников. В процессе оптимизации устраняются нарушения, сокращается длина проводников, уменьшается количество межслойных переходов и мест с уменьшенным зазором.

Осуществляется параллельная оптимизация нескольких альтернативных вариантов топологии, различающихся значениями оптимизируемых параметров, и пользователю предоставляется возможность выбора одного или нескольких вариантов. Эта особенность дает возможность организации распределенной трассировки – распараллеливания оптимизации топологии с использованием нескольких ядер компьютера или нескольких компьютеров, объединенных в локальную сеть, что отвечает современным тенденциям развития вычислительной техники и позволит существенно сократить затраты машинного времени при трассировке сложных многослойных плат.

Отсутствие жесткой фиксации геометрии проводников как на этапе поиска пути, так и на этапе оптимизации создает дополнительные возможности улучшения топологических решений, в частности, минимизации суммарной длины проводников и числа переходных отверстий.

Второе существенное отличие – два режима редактирования топологии. Один – традиционный графический редактор. Второй режим – редактор не позволяет редактировать форму проводников (она рассчитывается автоматически с учетом необходимых зазоров), но зато дает возможность перемещать компоненты без нарушения целостности разводки.

Это дает возможность в процессе прокладки или редактирования проводников (в первом редакторе) не заботиться об их точной форме, а лишь обозначать топологические маршруты. Касание или даже четное число пересечений пары проводников не является нарушением, так как они легко устанятся во втором режиме, для перехода в который достаточно нажать одну кнопку. При наличии достаточного пространства, проводники сами натягиваются и отодвигаются на нужное расстояние (рис.1).

Одним нажатием кнопки можно привести в движение точки ветвления проводников и межслойные переходы, чтобы оптимизировать их положение (рис.2). Более того, САПР ТороR в ручном и автоматическом режимах позволяет перемещать и компоненты на уже разведенной плате, сохраняя при этом целостность разводки и соблюдая заданные зазоры.

Перемещение компонентов, переходных отверстий и ветвлений проводников применяется для уменьшения их длины, обеспечения заданных зазоров (ликвидации узких мест), а также для уменьшения площади платы, занятой компонентами. Перемещение может осуществляться вручную или автоматически. При перемещении оптимальная форма проводников мгновенно пересчитывается.

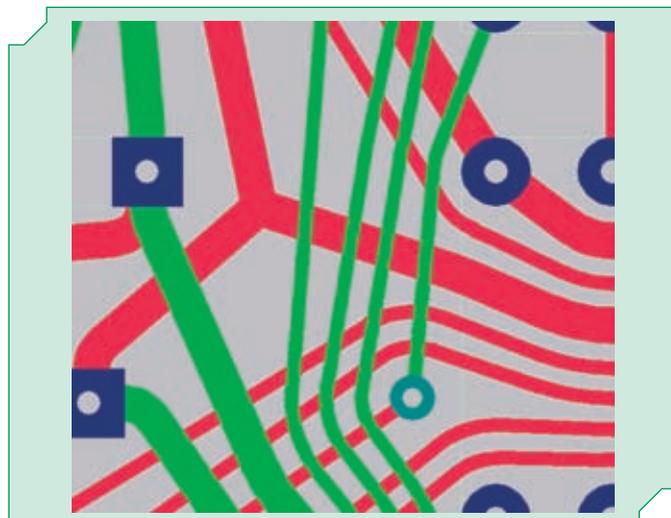


Рис.2 САПР ТороR: точки ветвления проводников и межслойные переходы устанавливаются в оптимальные положения

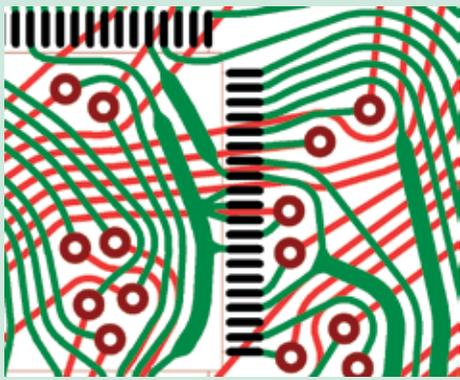


Рис.3 САПР ТороR: фрагмент топологии

Все это заметно упрощает и убыстряет процесс редактирования, избавляя от необходимости постоянно заботиться о соблюдении технологических ограничений.

Третье существенное отличие – это вид самой топологии: без преимущественных направлений 90° и 45° (рис.3). Трассировка под произвольными углами обеспечивает наиболее экономичное использование коммутационного пространства. Правда, трассировка в произвольных направлениях появилась и в других системах (например, в PADS), но значительно позже.

Как уже упоминалось, проводники САПР ТороR зачастую имеют необычную конфигурацию. Это может насторожить или отпугнуть изготовителей плат. Но за психологический дискомфорт на начальном этапе освоения САПР ТороR пользователь получает достаточную компенсацию – практика показывает, что дискомфорт быстро сменяется комфортом.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Начнем с простых плат. На двухслойных платах пользователь, по сравнению с проектами, выполненными в других САПР, получит, в среднем, сокращение числа межслойных переходов в два-три раза, и при этом суммарная длина проводников также будет меньше, в среднем, в полтора раза. Что касается проектирования однослойных (рис.4) или гибко-жестких печатных плат без межслойных переходов, то альтернатива САПР ТороR – только ручное проектирование, поскольку автоматические средства трассировки в других САПР с этой задачей вообще не справляются.

На сложных многослойных платах относительные показатели немного скромнее, зато внушительно выглядят абсо-

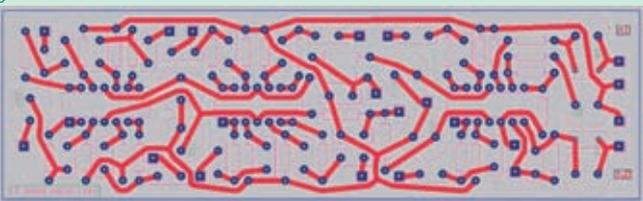


Рис.4 САПР ТороR: пример топологии однослойной платы

лютные. Например, снижение числа переходных отверстий и суммарной длины только на 20%, но эти 20% – это 1500 переходов и 20 м длины проводников. Все эти лишние переходы и метры длины могут негативно сказываться на работоспособности схемы, да обычно и сказываются.

Уже фактор отсутствия приоритетных направлений трассировки обеспечивает значительное снижение уровня перекрестных электромагнитных помех по сравнению с традиционной топологией. Дополнительным существенным фактором уменьшения уровня электромагнитных помех является высвобождение ресурсов монтажного пространства за счет сокращения суммарной длины проводников и числа переходных отверстий.

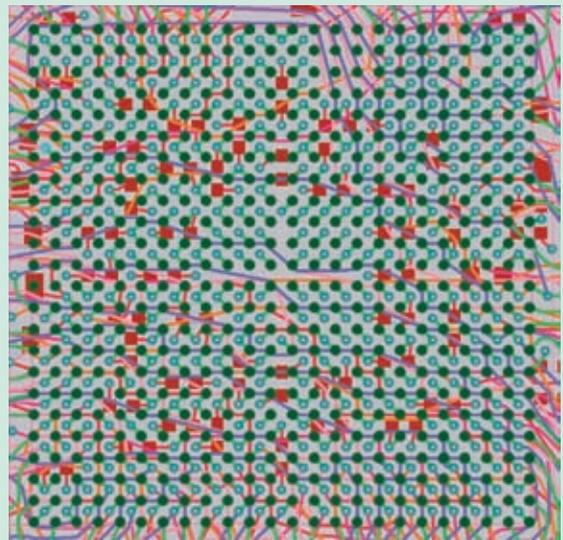


Рис.5 САПР ТороR: пример разводки области BGA

Наличие в правилах трассировки для цепи двух значений зазора (не только минимально допустимого, но и желательного) дает возможность использовать освободившиеся ресурсы для увеличения зазоров между проводниками: свободное пространство автоматически используется для увеличения зазоров вплоть до желательных. Эксперименты демонстрируют снижение уровня помех в устройствах, выполненных с использованием САПР ТороR, до 10 раз по сравнению с вариантами, выполненными с использованием других систем.

Еще одно преимущество, получаемое за счет отсутствия предпочтительных направлений трассировки и глубокой оптимизации, – качественная автоматическая разводка области BGA-компонентов (рис.5).

О НЕДОСТАТКАХ САПР ТороR

Существенным недостатком САПР ТороR было отсутствие инструментов для проектирования высокоскоростных печатных плат: средств прокладки дифференциальных пар, цепей заданной длины, выравнивания длин проводников, подде-



Рис.6 САПР ТороR: формирование цепей заданной длины

ржки несквозных и скрытых переходных отверстий, возможности задания сложных правил трассировки и, соответственно, наличия средств контроля за их соблюдением. Однако выход САПР ТороR версии 5.0 (очередная версия) должен ликвидировать отставание в этой области от систем ведущих производителей.

Но и здесь имеются свои особенности. Например, регулирование длины проводника в САПР ТороR осуществляется с помощью "серпантина", ограниченного заданной трапецией (рис.6). Высота трапеции, длина оснований и углы наклона

боковых сторон трапеции регулируются путем перемещения маркеров на сторонах трапеции. В трапецию вписывается серпантин необходимой длины (с заданным зазором) в случае наличия достаточного пространства или максимально возможной длины в случае недостаточного пространства. Заданная длина выдерживается с точностью не хуже 50 нм.

Использование трапеции вместо традиционного для других САПР прямоугольника позволяет более экономично использовать ресурсы монтажного пространства, особенно в условиях трассировки под произвольными углами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лузин С.Ю., Полубасов О.Б. Система ТороR. Преимущества топологической трассировки. – Электроника: НТБ, 2005, № 5.
2. Лузин С.Ю., Полубасов О.Б. Топологический трассировщик печатных плат ТороR. – Электронные компоненты, 2005, № 11.
3. Лузин С.Ю., Полубасов О.Б. О достоинствах изотропной трассировки. – Электронные компоненты, 2006, № 4.
4. Лузин С.Ю., Полубасов О.Б. Новые инструментальные средства САПР ТороR. – Производство электроники, 2008, № 1.
5. Лузин С.Ю., Полубасов О.Б. САПР ТороR. Быстрый старт. – Современная электроника, 2008, № 5, 6.
6. Лузин С.Ю., Петросян Г.С., Полубасов О.Б. САПР ТороR. Трассировка и оптимизация. – Современная электроника, 2008, № 7–9.