

СИСТЕМА ТороR

ПРЕИМУЩЕСТВА ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ТРАССИРОВКИ

Идея использования топологического подхода к трассировке печатных плат (пути проводников в процессе трассировки фиксируются лишь с точностью до топологической эквивалентности) уже более двадцати лет будоражит умы разработчиков САПР. Хотя вопросов к такому подходу с точки зрения практики проектирования остается много, топологические методы в том или ином, обычно узком, виде начинают проникать в коммерческие системы проектирования ПП. Группой разработчиков из Санкт-Петербурга (www.freestyleteam.com) создана система ТороR, в которой идеи топологической трассировки нашли, пожалуй, наиболее последовательное воплощение. В изложенном в предлагаемой публикации докладе, представленном авторами системы на семинаре "Печатный монтаж", основной акцент был сделан на преимуществах использования топологического подхода для решения задачи снижения уровня перекрестных помех.

При сравнении систем автоматизированного проектирования печатного монтажа обычно оценивают такие показатели, как процент автоматически разведенных проводников, число переходных отверстий, суммарная длина проводников, время проектирования. При этом практически не оценивается качество топологии, включающее такие показатели, как технологичность, надежность, выполнение требований электромагнитной совместимости. Последнее особенно важно при проектировании высокочастотных схем, хотя проблемы, связанные с шумами и помехами, могут влиять даже на характеристики устройств, работающих в звуковом диапазоне частот. Программные средства анализа целостности сигналов и расчета перекрестных помех позволяют обнаружить узкие места в проекте топологии, однако большинство современных систем не имеют достаточно эффективных средств коррекции топологии в условиях недостатка свободного пространства. Именно поэтому важно, чтобы автоматический синтез топологии печатного монтажа обеспечивал минимальный уровень паразитных связей.

Суммарная длина проводников — важный показатель качества трассировки. Она характеризует использование коммутационных ресурсов монтажного пространства. Незаконное использование этих ресурсов (при необоснованном увеличении длины проводников) не позволяет в ряде случаев достичь стопроцентной реализа-

ции печатных соединений на плате. При увеличении суммарной длины, как правило, возрастают значения емкости и индуктивности проводников, повышается уровень паразитных связей между ними, что может сказаться на работоспособности устройства и привести к необходимости внесения схемных или конструктивных изменений. В общем случае перекрестные возмущения прямо пропорциональны волновому сопротивлению, частоте и длине линии и обратно пропорциональны расстоянию между проводниками. Это означает, что необходимо уменьшать длину проводников и уровень параллельности трасс, а расстояние между параллельными участками увеличивать. Увеличение зазора между проводниками приводит к тому же эффекту, что и уменьшение длины взаимодействующих участков проводников.

Большинство систем автоматизированного проектирования печатного монтажа в первую очередь ориентировано на обеспечение реализации максимального числа соединений. Все остальные задачи (сглаживание углов в проводниках, минимизация числа межслойных переходов, локальная раздвижка проводников для уменьшения емкостной связи и т.д.) обычно решаются после достижения основного результата в рамках уже полученного единственного варианта топологии. Естественно, возможности повышения качества за счет таких локальных процедур весьма скромные. Преобладающая в большинстве электронных САПР тенденция задания преимущественных направлений для трассировки проводников на одном слое прямо противоречит требованиям электромагнитной совместимости. Подобный подход приводит к появлению большого количества протяженных параллельных участков проводников как в одном слое, так и на смежных слоях. Наличие углов в топологии проводников увеличивает риск отслоения их от основы из-за тепловых напряжений. Кроме того, углы в проводниках — дополнительные источники отражений сигналов на высоких частотах.

Таким образом, при проектировании печатного монтажа необходимо соблюдать следующие рекомендации:

- минимизировать длину проводников;
- избегать применения лишних переходных отверстий, в том числе и из-за того, что их собственная индуктивность может привести к возникновению дополнительных проблем с электромагнитной совместимостью;
- разводить проводники в произвольных направлениях, поскольку это существенно уменьшает емкостную связь между ними;
- сглаживать вершины углов проводников.

В отличие от большинства систем, предлагаемых на рынке, в топологическом трассировщике ТороR [1–3] выполнение этих правил обеспечивается автоматически. В топологии, полученной с помощью системы ТороR (рис. 1), все проводники гладкие без изломов,



С. Лузин,
О. Полубасов

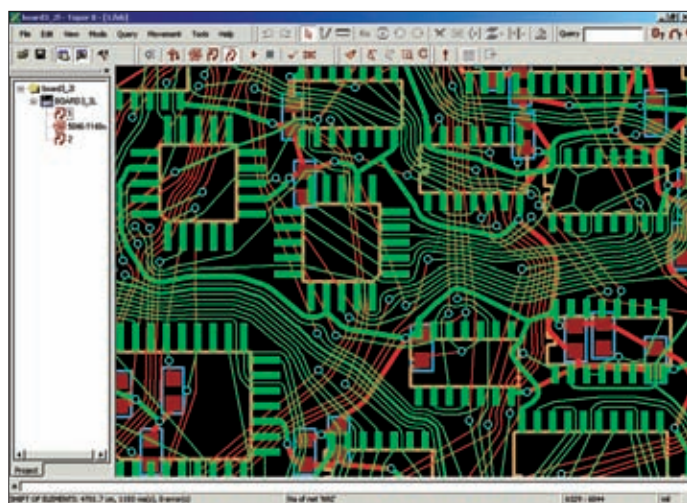


Рис. 1. Пример топологической трассировки в системе TouroR

преимущественные направления трассировки на слоях отсутствуют. Трассировка ведется в произвольном направлении, а не только под углами, кратными сорока пяти градусам, поэтому в получаемой топологии и суммарная длина трасс, и уровень их параллельности (как в одном слое, так и на смежных слоях) существенно меньше, чем в топологии, полученной с помощью любого другого трассировщика. Кроме того, предусмотрена возможность задавать наряду с минимальными зазорами (в узких местах) номинальные (во всех остальных местах), а также возможность автоматической и интерактивной раздвижки и сжатия топологии без нарушения целостности разводки. Это позволяет в широких пределах варьировать геометрические параметры, а следовательно, и уровень электромагнитных помех даже без изменения топологического плана (без перетрассировки).

Отсутствие жесткой фиксации координат компонентов и геометрии проводников как на этапе поиска пути, так и на этапе оптимизации обеспечивает дополнительные возможности для оптимизации топологических решений, в частности для минимизации числа переходных отверстий. Переходные отверстия являются источником неоднородностей в линии передачи, что при повышении рабочей частоты (сотни мегагерц) отражается на работоспособности высокоскоростных плат. Уменьшение числа межслойных переходов также способствует более рациональному использованию площади подложки.

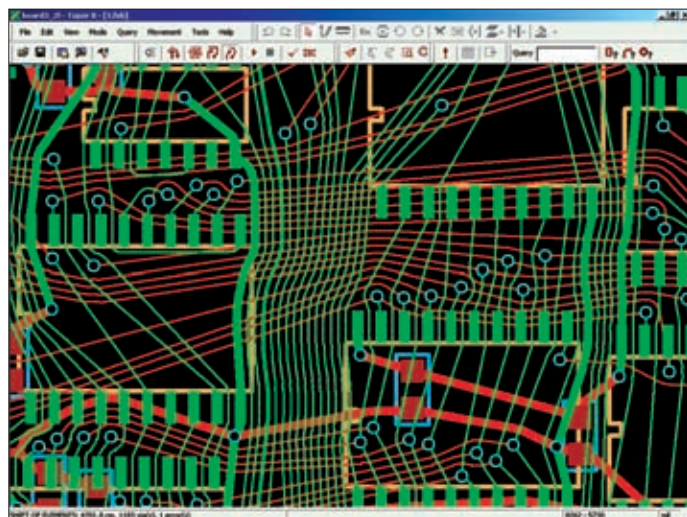


Рис. 2. Фрагмент трассировки тестовой платы в системе TouroR

Благодаря перечисленным особенностям система TouroR обеспечивает следующие преимущества:

- сокращение суммарной длины проводников на 40–50%;
- уменьшение числа межслойных переходов в 2–3 раза;
- уменьшение уровня электромагнитных помех в 5–10 раз;
- отсутствие углов в топологии проводников;
- возможность уменьшения числа слоев или размеров платы при тех же проектных нормах;
- сокращение трудоемкости изготовления в 2–5 раз;
- снижение стоимости в 1,5–6 раз;
- предоставление выбора из нескольких вариантов топологии.

На рис.2 приведен фрагмент результатов трассировки одной из тестовых плат, сопровождающих систему проектирования печатных плат Protel. Для реализации всех соединений оказалось достаточно двух (вместо исходных восьми) слоев. При этом суммарная длина проводников уменьшилась, а число переходных отверстий сократилось почти в два раза (с 2014 до 1144).

ЛИТЕРАТУРА

1. Лузин С.Ю., Полубасов О.Б. Топологическая трассировка: реальность или миф? – CHIP NEWS, 2002, № 5, с. 42–46.
2. Лузин С.Ю., Полубасов О.Б. О трудностях сравнения систем трассировки. – CHIP NEWS, 2003, № 10, с.56–60.
3. Лузин С.Ю., Лячек Ю.Т., Полубасов О.Б. Автоматизация проектирования печатных плат. Система топологической трассировки TouroR. – СПб, СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2005.