

САПР ТороR. Трассировка и оптимизация

Сергей Лузин (Санкт-Петербург)

Этап трассировки является одним из самых трудоёмких этапов конструкторского проектирования коммутационных плат. Очередная статья посвящена особенностям автоматической трассировки в САПР ТороR.

Запуск проекта на трассировку и оптимизацию осуществляется кликом левой кнопки мыши (ЛКМ) на пиктограмме ; 100%-я разводка цепей обеспечивается практически мгновенно. Разводятся все связи, даже если для этого приходится нарушить некоторые технологические ограничения (в дальнейшем эти нарушения автоматически устраняются). Для повышения качества разводки выполняется процесс оптимизации.

В процессе оптимизации на экране можно наблюдать либо таблицу с параметрами сохранённых конкурирующих вариантов (кнопка включена), либо изображение текущего варианта топологии (кнопка выключена).

На каждом шаге перекладки проводников осуществляется расслоение совмещённой топологии, обеспечивающее глобальный минимум переходных отверстий для данной

топологии. Проводники, не пересекающиеся с другими проводниками, по умолчанию назначаются в нижний трассировочный слой.

Оптимизация может быть приостановлена нажатием кнопки и затем возобновлена нажатием кнопки . Возможен также возврат к этапу ручной расстановки компонентов (с потерей уже проведённых связей).

АВТОМАТИЧЕСКОЕ СОХРАНЕНИЕ ЛУЧШИХ ВАРИАНТОВ

Система автоматически отбирает наиболее удачные варианты разводки и сохраняет их в таблице под названиями *III-*vvv*.fsb*, где *III* – суммарная длина проводников в сантиметрах, а *vvv* – число переходных отверстий.

В названии *.fsb*-файла (*310305-116s*) присутствует информация об оценке суммарной длины проводников (310305 смм), о количестве переходных отверстий (116), а также о режиме трассировки: '*w*' – с ослабленным контролем проектных норм (*Weak check*), '*s*' – с полным контролем проектных норм (*Strict Check*). Наличие буквы '*a*' в конце имени означает, что трассировка производилась с разрешением дугообразных участков проводников (см. рис. 1). Последующие цифры, если они есть, специальной смысловой нагрузки не несут и используются только для обеспечения уникальности имени файла.

Помимо наименования варианта, каждая строка таблицы содержит ряд параметров варианта топологии (см. рис. 2):

- Длина по воздуху – суммарная длина отрезков, связывающих пары эквипотенциальных контактов (ниж-

няя граница суммарной длины соединений);

- Длина – суммарная длина несглаженных соединений (обычно на 10...15% превышает длину, получаемую после сглаживания проводников);
- Переходов – число переходных отверстий;
- Ошибок – число нарушений проектных норм;
- Подрезок – число уменьшений ширины проводников;
- Таймер – время, прошедшее до момента получения результата;
- Глубина – значение цикла перекладки цепей для данного варианта;
- смм/переход – оценка варианта по отношению к предыдущему, по шкале увеличения длины (в выбранных единицах) на один убранный переход.

Все строки таблицы с параметрами вариантов топологии могут быть отсортированы в порядке возрастания или убывания одного из параметров (см. рис. 3). Для этого необходимо щёлкнуть ЛКМ в поле с наименованием столбца, после чего в ячейке появится стрелка вниз и строки таблицы будут отсортированы сверху вниз в порядке возрастания значений в ячейках столбца. При повторном щелчке мыши в ячейке с наименованием столбца появится стрелка вверх, и строки таблицы будут отсортированы в порядке убывания значений в ячейках столбца сверху вниз.

При необходимости ширина столбцов таблицы может быть скорректирована, для этого с помощью мыши следует отодвинуть вправо или влево вертикальную границу между смежными столбцами.

КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ

В системе ТороR основными критериями качества трассировки являются:

- количество нарушений зазоров;
- количество переходов;
- суммарная длина соединений;

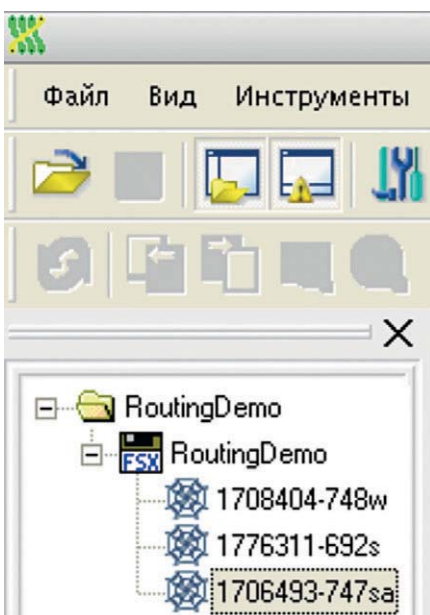


Рис. 1. Список файлов *.fsb* с вариантами топологии

Имя	Длина по воздуху, ...	Длина, ...	Переход...	Ошибка	Подрезок	Таймер	Глубина	смм / пе...
901532-398w.fsb	718455	901532	398	14	1	0:01	1.1.33	
905942-374w.fsb	720370	905942	374	14	0	0:02	1.1.33	184 (440...
909403-362w.fsb	722224	909403	362	14	0	0:02	1.1.33	288 (346...
	722340	910353	364	14	0	0:02	1.1.33	

Рис. 2. Отображение параметров файлов .fsb

● количество подрезок (сужения проводников при проходе в узких местах).

Система автоматически запоминает варианты с наилучшими параметрами. Первый сохранённый вариант появится лишь тогда, когда пройдёт один цикл оптимизации, или через минуту после начала оптимизации. Если установлен пункт «Сохранять варианты на первом круге» в настройках автоматической трассировки (Инструменты → Настройки → Автоматическая трассировка), то варианты будут сохраняться и на первом цикле оптимизации. Далее сохранение будет происходить по мере улучшения качества разводки. Варианты, уступающие уже найденному по всем параметрам, автоматически удаляются.

Оптимизация топологии продолжается до тех пор, пока не будет остановлена (клавишей F9). Не рекомендуется останавливать оптимизацию, пока глубина не достигнет 5...10. Если система TороR всё ещё активно сохраняет новые варианты, то останавливать её тоже не целесообразно.

Последний столбец таблицы (см. рис. 4) содержит информацию о соотношении изменений суммарной длины проводников и количества переходных отверстий. Опыт показал, что хорошие результаты получаются при соотношении, близком к 1000 мил/переход (2,5 см/переход).

ВЫБОР ЛУЧШЕГО ВАРИАНТА РАЗВОДКИ

В отличие от других систем, TороR осуществляет параллельную оптимизацию нескольких альтернативных вариантов топологии, различающихся значениями оптимизируемых параметров, и пользователь вправе выбирать понравившуюся ему топологическую конфигурацию.

Оператору предоставляется выбор лучших, по его мнению, вариантов из числа автоматически сохранённых, которые он может добавить в проект (см. рис. 5).

Добавить вариант из таблицы в проект можно либо выбрав пункт контекстного меню «Добавить в проект», появляющегося после клика ПКМ на выбранном варианте (см. рис. 6), либо установив флажок в столбце с именем варианта, как показано на рисунке 5. В последнем случае отмеченные варианты будут добавлены в проект при выходе из режима автоматической трассировки.

Из контекстного меню «таблицы рекордов» доступны следующие действия:

- Добавить в проект – добавить файл к проекту;
- Удалить – удалить файл из таблицы. Если файла с таким названием нет в проекте, он удаляется и с диска;
- Продолжить – продолжить оптимизацию с этого варианта;
- Показать – показать топологию;
- Открыть для редактирования – перейти в режим *FreeStyle editing*;
- Отметить варианты – добавить все варианты к проекту при выходе из режима автоматической трассировки.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ОПТИМИЗАЦИИ

Промежуточные варианты запоминаются в файлы с расширением

Имя	Длина по воздуху, ...	Длина, ...	Переход...	Ошибка	Подрезок	Таймер	Глубина	смм / пе...
901532-398w.fsb	718455	901532	398	14	1	0:01	1.1.33	
905942-374w.fsb	720370	905942	374	14	0	0:02	1.1.33	184 (440...
909403-362w.fsb	722224	909403	362	14	0	0:02	1.1.33	288 (346...
	722340	910353	364	14	0	0:02	1.1.33	

Рис. 4. Сортировка файлов .fsb по порядку возрастания параметра «Длина, смм»

Имя	Длина по воздуху, ...	Длина, смм	Пере...	Ошибка	Подрезок	Таймер	Глубина	смм / переход
163473-0w.fsb	142675	163473	0	0	0	0:10	5.2.23	1216 (2432/2)
✓ 161041-2w.fsb	142765	161041	2	0	0	0:44	7.1.22	568 (568/1)
✓ 160473-3w.fsb	142765	160473	3	0	0	0:42	6.2.15	
	147584	173483	0	0	0	1:25	8.2.00	

Рис. 5. Выбор лучшего варианта топологии

Имя	Длина по воздуху, ...	Длина, смм	Пере...	Ошибка	Подрезок	Таймер	Глубина	смм / переход
159209-0w.fsb	141723	159209	0	0	0	1:38:43	11.2.23	863 (1726/2)
157483-2w.fsb	141730	157483	2	0	0	48:00	14.1.58	505 (1010/2)
156474-3w.fsb	141730	156474	4	0	0	1:20:17	15.1.36	

Добавить в проект

Удалить

Продолжить

Показать

Открыть для редактирования

Отметить варианты

Рис. 6. Добавление выбранного варианта топологии в проект

Имя	Длина по воздуху, ...	Длина, смм	Пере...
906011-310w.fsb	719892	906011	310
	719469	907510	311

Рис. 3. Сортировка файлов .fsb по порядку возрастания параметра «Переходов»

.fsb. При необходимости дальнейшего улучшения качества разводки следует выбрать сохранённый вариант и продолжить оптимизацию. Процесс оптимизации в этом случае начнётся не с самого начала, а с того момента, когда был записан выбранный .fsb-файл.

Варианты, которые не представляют интереса для пользователя, могут быть удалены. Для этого в дереве проекта или в таблице сохранённых вариантов следует кликнуть ПКМ на имени файла, подлежащего удалению, затем щёлкнуть ЛКМ на появившейся надписи *Удалить выделенные файлы*; или, выделив соответствующий вариант, нажать на клавишу Delete.

Чтобы удалить сразу несколько файлов, их необходимо предварительно выделить, кликнув ЛКМ на имени файла, удерживая при этом клавиши Shift или Ctrl. Восстановить удалённые варианты топологии средствами TороR невозможно.

Однослойная трассировка

В режиме «Редактор стиля», в разделе «Назначение слоёв» находится панель «Слои трассировки», которая содержит таблицу слоёв трассировки (см. рис. 7). В таблице при-

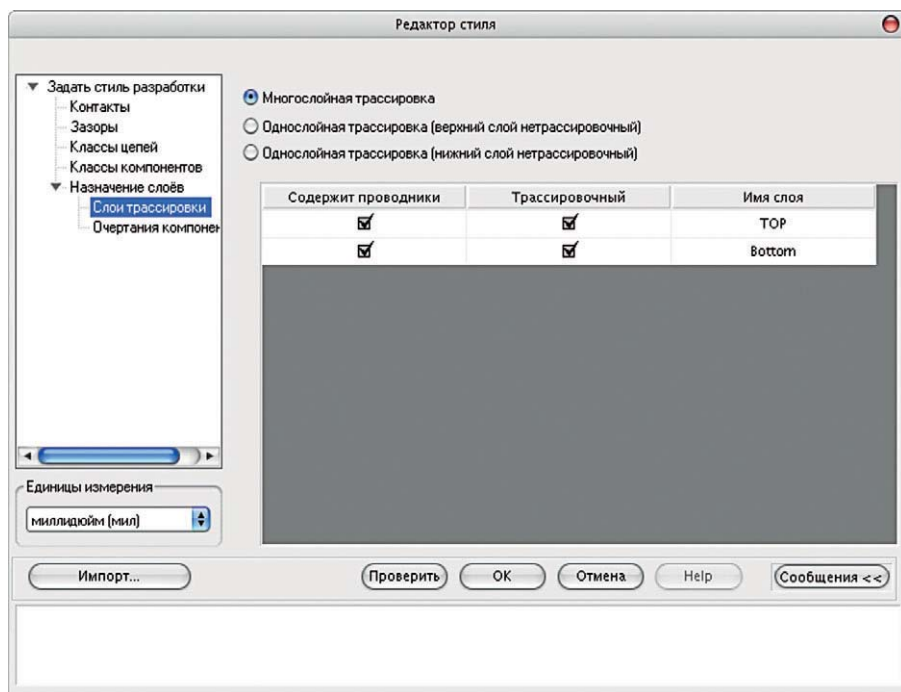


Рис. 7. Окно редактора стиля с таблицей слоёв трассировки

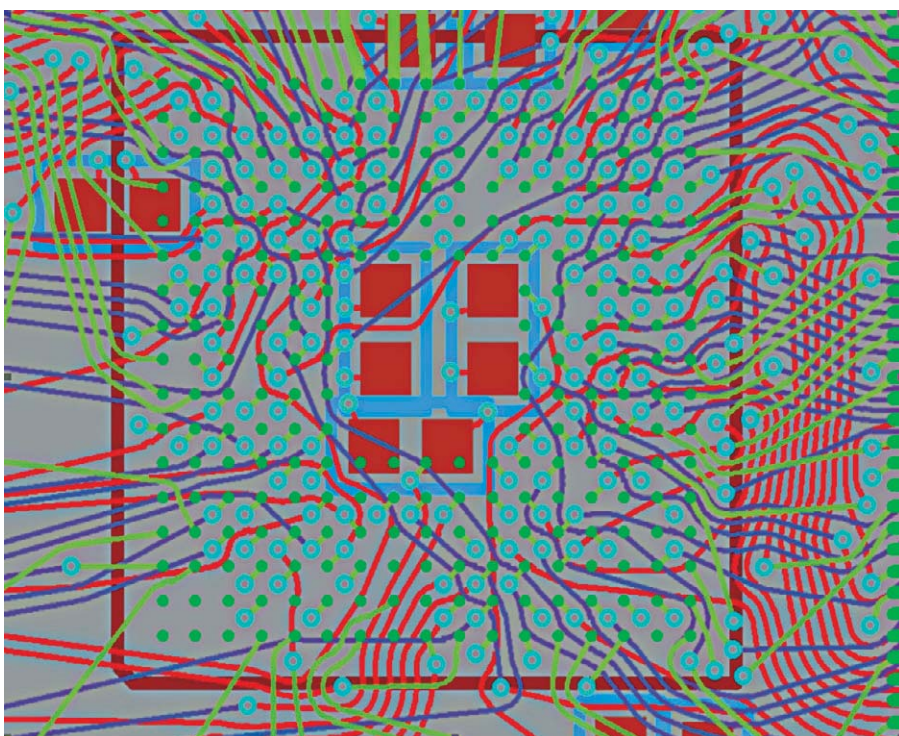


Рис. 8. Специальная трассировка BGA-компонентов


водится наименование слоя, а также указывается (наличием птички в квадрате в соответствующем столбце), содержит ли данный слой проводники и используется ли он для трассировки.

Переключатель в верхней части панели позволяет выбирать между многослойной трассировкой и двумя видами однослойной трассировки.

Выбор положения «верхний слой нетрассировочный» предназначен

для однослойной трассировки плат со штыревыми компонентами, когда металлизирован нижний слой, а перемычки размещаются на стороне компонентов.

Выбор положения «нижний слой нетрассировочный» предназначен для однослойной трассировки плат с планарными компонентами, когда металлизирован верхний слой, а перемычки размещаются на нижней стороне платы.

При однослойной трассировке рекомендуется отключать «Строгий контроль» (Strict Check ) , а также использовать автоматическое перемещение компонентов в режиме «Редактирование в стиле FreeStyle». Система ToroR эффективно минимизирует количество перемычек и их длину.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ТРАССИРОВКА BGA-КОМПОНЕНТОВ

Специальная трассировка BGA-компонентов (см. рис. 8) выполняется в режиме автоматической трассировки. Для этого необходимо установить в настройках флаг «Настройки → Автоматическая трассировка → Специальная трассировка BGA-компонентов» (по умолчанию он установлен).

Для трассировки BGA-компонента автоматически выбирается межслойный переход минимального размера (межслойный переход должен быть назначен одному из правил трассировки). Также автоматически выбираются два правила трассировки – одно для проводников на внешнем слое (там, где расположены контакты) и другое для проводников на остальных слоях. Выбираются правила наибольшей ширины, обеспечивающие прохождение проводника между соседними контактами или переходами. Если подходящего по размерам межслойного перехода для BGA-компонента не оказалось, система выдаст предупреждение 3005: «Для BGA-компонента не будет производиться специальная трассировка, так как между его контактами не вмещается межслойный переход». При клике по сообщению этот компонент будет подсвечен.

Для удобства рекомендуется создать одно или несколько правил для трассировки BGA-компонентов.

В текущей версии САПР ToroR:

- поддерживается специальная трассировка BGA-компонентов с контактами, расположенными в узлах прямоугольной сетки;
- не поддерживается специальная трассировка BGA-компонентов с контактами, расположенными в шахматном порядке, а также специальная трассировка BGA-компонентов, повёрнутых на угол, не кратный 90 градусам.

