

# САПР TORO R 5.3 НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

С.Попов, Ю.Попов luzin@eremex.com

Отечественная САПР ТороR продолжает развиваться в соответствии с растущими требованиями разработчиков современных радиоэлектронных устройств. Новая версия САПР ТороR 5.3 имеет ряд нововведений и усовершенствований.

## СИГНАЛЫ

Для представления линий передачи электрических сигналов в САПР ТороR 5.3 введено понятие "сигнал" – последовательность проводников и пассивных двухполюсников (рис.1). Это нововведение позволяет корректнее по сравнению с версией 5.2 задавать исходные данные для синхронизации задержек в линиях передачи [1, 2].

Сигнал может содержать проводники нескольких цепей, а один проводник, в свою очередь, может быть включен в несколько сигналов (рис.2).

Поиск путей от источника до приемников производится автоматически. САПР предлагает варианты соединений пар контактов одной цепи, составляющих путь сигнала от источника к приемникам. Пользователь может редактировать сигнал, выбирая другие варианты соединений.

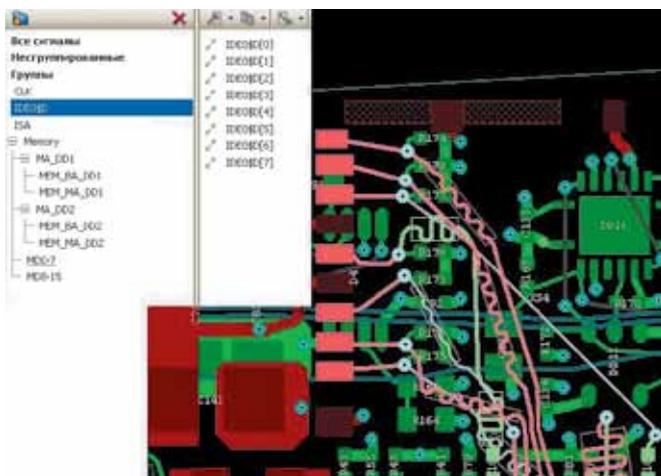


Рис.1. Интерфейс создания сигналов и фрагмент платы с сигналами

При формировании сигналов могут быть обнаружены и автоматически сформированы дифференциальные сигналы и группы сигналов – шины.

## ПОЛИГОНАЛЬНЫЕ ПРОВОДНИКИ

Новая версия САПР ТороR позволяет преобразовывать проводники на оттрассированной плате в полигоны и расширять их до максимальных размеров (рис.3). Полигональная разводка нередко применяется при проектировании силовых устройств.

## КЛИНЧИ

Применяемые в современных САПР методы оптимизации топологии печатного монтажа могут "застревать" в локальных минимумах. Это происходит в тех случаях, когда качество разводки еще далеко от совершенства, но в то же время никакой шаг локальной оптимизации (перекладка одиночного проводника) не может привести к ее улучшению. Одним из последствий этого может стать появление так называемых "клинчей" (рис.4). Клинч не только увеличивает длину проводников, но еще и создает помеху для дальнейшей разводки. Например, при наличии клинча (рис.4а) между контактами нельзя провести вертикальную трассу, в то время как при корректной разводке (рис.4б) это возможно.

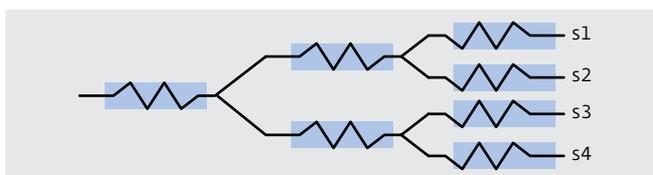
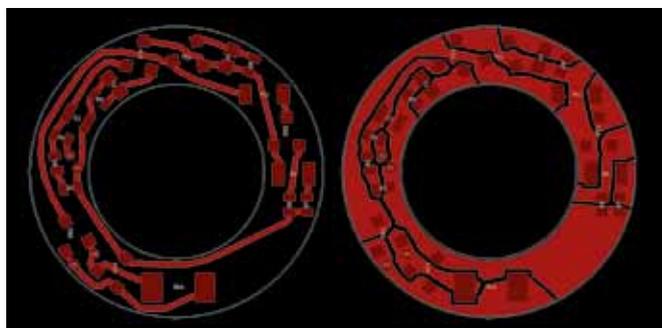


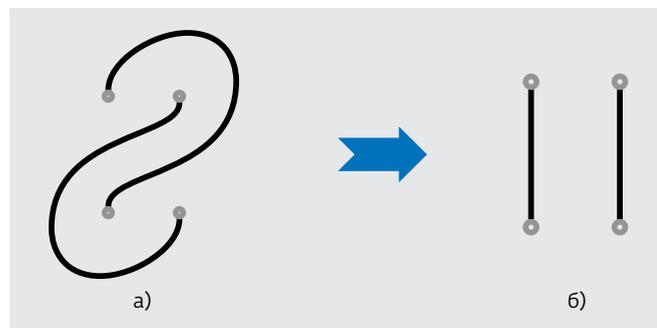
Рис.2. Четыре сигнала в одной цепи



**Рис.3.** Обычная (слева) и полигональная (справа) разводки печатной платы

Практически все современные системы автоматической трассировки печатного монтажа при работе создают клинчи в большом количестве, и хотя визуально подобные ситуации определяются легко (рис.5), устранение их в ручном режиме – весьма трудоемкая задача.

В новой версии САПР ТороR реализовано автоматическое обнаружение и устранение клинчей.



**Рис.4.** Клинч (а) и желаемая топология (б)

Для их обнаружения используются следующие признаки (рис.6):

а) ребро триангуляции (помечено красным), соединяющее пару объектов (например, контактов), пересекает проводник, инцидентный одному из них;

б) ребро триангуляции соединяет пару эквипотенциальных объектов, однако ребро пересекает проводники других цепей, а соединяющий их проводник не идет вдоль ребра;

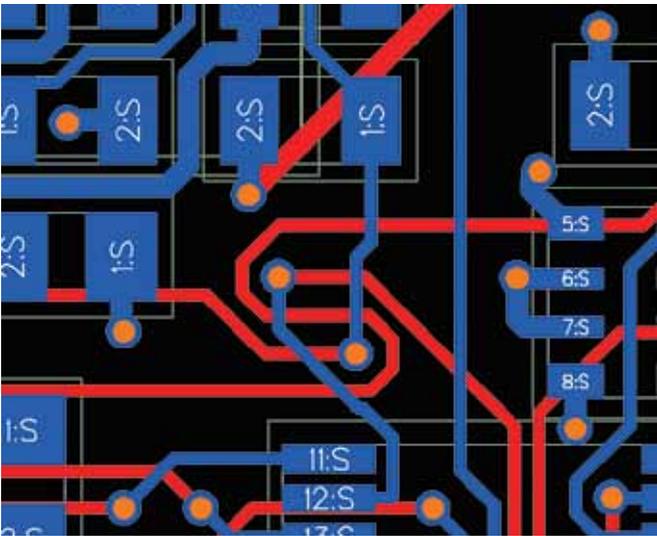


Рис. 5. Клинч проводников – результат работы популярного автотрассировщика

в) проводник пересекает ребро триангуляции более одного раза;

г) взаимное огибание: проводник первой цепи огибает контакт второй, а проводник второй цепи огибает контакт первой.

Распутывание клинчей требует анализа топологической ситуации и выяснения, какой из возможных способов перекладки проводников будет наиболее экономичным (рис. 7).

### ЛОКАЛЬНАЯ МИНИМИЗАЦИЯ ЧИСЛА МЕЖСЛОЙНЫХ ПЕРЕХОДОВ

Эффективный алгоритм минимизации числа переходов для двух слоев приведен в работе [3]. Однако он не учитывает возможности изменения

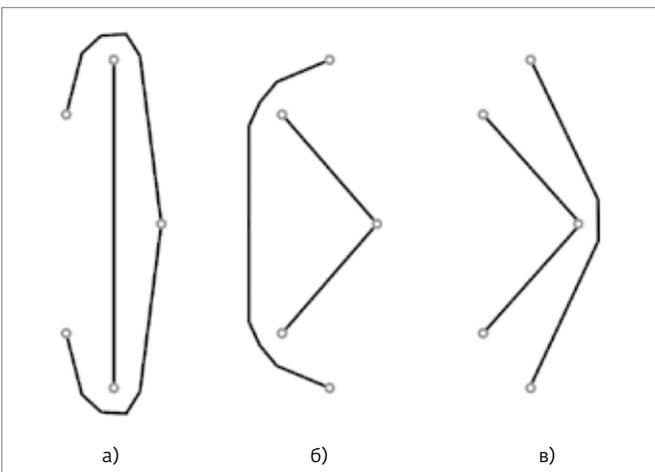


Рис. 7. Двухсторонний клинч (а) и варианты его устранения (б, в)

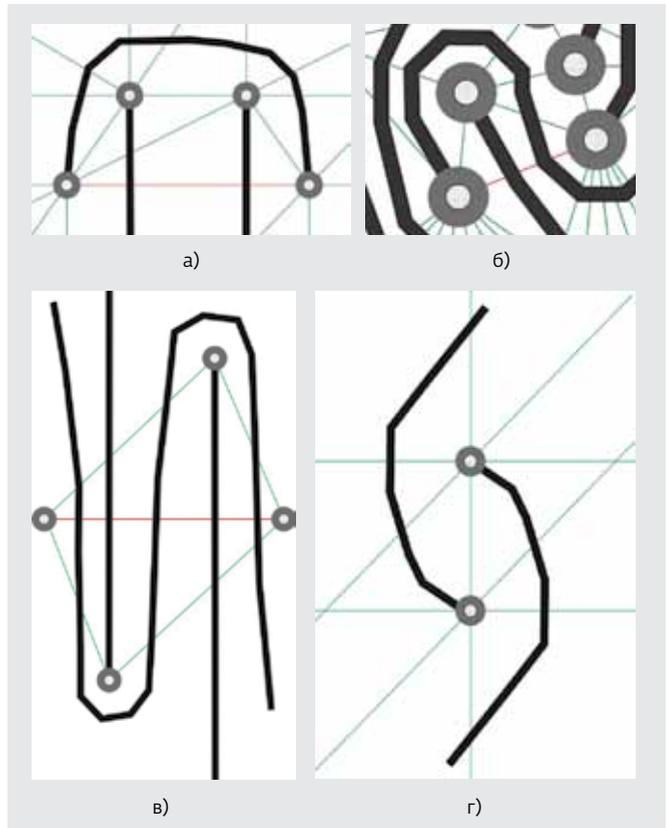


Рис. 6. Виды клинчей

топологии проводников и, соответственно, дополнительного сокращения числа переходов. В работе [4] показано, что такая возможность существует, однако в ней рассматривается только частный случай соединения нескольких переходов с одним контактом или точкой ветвления проводников.

В новой версии САПР ТороR реализован подход, основанный на анализе топологии окрестностей пары смежных переходов. Анализируются условия, при которых оттяжка за переход проводников, пересекающих проводник, который соединяет пару переходов, и дублирование этого проводника на других слоях позволяют удалить один из смежных переходов (рис. 8).

На рис. 9 показан пример реальной топологии многослойной печатной платы после автотрассировки. Крестиками отмечены избыточные

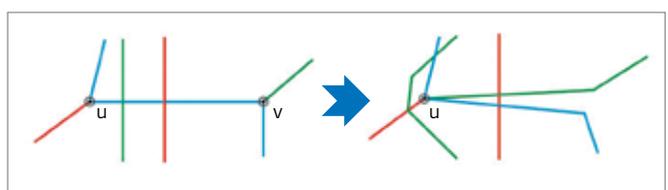


Рис. 8. Устранение лишнего смежного перехода



**Рис.9.** Избыточные переходы на многослойной печатной плате

межслойные переходы. Первый переход убирается оттяжкой серого проводника за смежный переход и сменой слоя сегмента (желтого на серый), а второй – дублированием светло-серого сегмента, соединяющего переходы, в зеленом слое.

На тестовых примерах многослойных плат использование описанного метода позволило уменьшить количество межслойных переходов на 5–10%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Лысенко А.А., Полубасов О.Б.** Проектирование высокоскоростных плат в САПР TороR. – Электроника: НТБ, 2010, №2, с.102–103.
2. **Лысенко А.А., Лячек Ю.Т., Полубасов О.Б.** Автоматическое формирование линий задержки в топологии печатного монтажа. – Известия СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2011, №9, с.61–65.
3. **Полубасов О.Б.** Глобальная минимизация количества межслойных переходов. – Технология и конструирование в электронной аппаратуре, 2001, №2, с.3–9.
4. **Лузин С.Ю., Петросян Г.С., Полубасов О.Б.** К вопросу о минимизации числа межслойных переходов при трассировке печатных плат. – Технология и конструирование в электронной аппаратуре, 2009, №3, с.13–15.