

Урок 18. Редактор печатных плат системы CADSTAR: трассировщик P.R.Editor XR.

Основы управления автоматической разводкой

На предыдущем занятии мы научились работать с атрибутами объектов печатной платы, которые представляют собой один из важнейших элементов управления процессом трассировки. Сейчас мы готовы приступить к выполнению простейших приемов автотрассировки. Мы научимся запускать программу автотрассировки, выбирать цепи или области платы для трассировки, отменять выполненную разводку, а также исследуем ряд опций трассировщика: *Push aside*, *Contour following* и *Effort*.


Юрий Потапов

potapoff@eurointech.ru

Сергей Прокопенко

psy@ic.kharkov.ua

Для работы нам потребуется специальный пример *Preditor1.pcb*, который входит в комплект стандартной поставки программы CADSTAR.

1. Находясь в редакторе плат системы CADSTAR выполним команду меню *File\Open*, в появившемся окне выберем папку *Self Teach* и в ней файл *Preditor1.pcb*, после чего нажмем кнопку «Открыть». Откроется окно редактора печатных плат с выбранным проектом.
2. Выполним команду меню *View\View All* или нажмем кнопку  на панели инструментов.
3. Выполним команду меню *Tools\PREditor XR*.
4. В появившемся на экране диалоговом окне *RIF Export Option* нажмем кнопку *OK*.
5. В появившемся на экране окне отчета нажмем кнопку *Close* и закроем его.

На экране откроется окно программы *P.R.Editor XR*, в котором будет отображаться выбранный нами проект печатной платы.

Настройки безопасности

Прежде чем приступать к трассировке топологии, необходимо выполнить ряд вспомогательных настроек, связанных с обеспечением безопасности проектных данных. Во время работы над проектом могут произойти различные непредвиденные обстоятельства, например, ошибка пользователя или выключение электроэнергии. Специальные средства позволяют сохранить текущие проектные данные, а также лучший вариант трассировки.

Что подразумевается под понятием «лучший вариант трассировки» (*Best Pass*)? Во время многопроходной автоматической трассировки, особенно для сложной топологии, есть вероятность выполнения проходов (например, прорисовка стрингеров, автоматическая разводка, сглаживание или размещение контрольных точек), в ходе которых возникают нарушения или ошибки. Система автоматически отслеживает количество нарушений и сохраняет вариант с их наименьшим количеством, считая его лучшим.

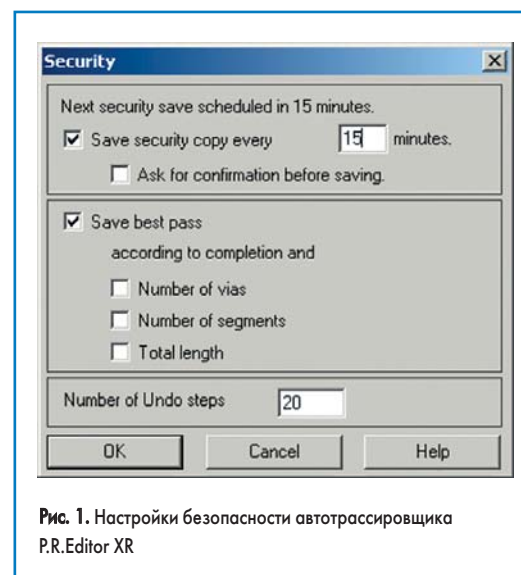


Рис. 1. Настройки безопасности автотрассировщика P.R.Editor XR

1. Выполним команду меню *Configure\Security*.

На экране появится диалоговое окно *Security*, показанное на рис. 1. Здесь в верхней части настраивается периодичность автоматического сохранения резервной копии. Включение опции *Save security copy every XXXX minutes* активирует таймер, выполняющий автосохранение. Таймер игнорирует длительные периоды бездействия, превышающие 2 минуты. После загрузки проекта таймер не запускается до тех пор, пока пользователь не внесет изменения в проект. Сохранение резервной копии выполняется, только если система находится в том состоянии, чтобы это сделать. Например, сохранение не будет сделано во время ручной трассировки цепи или во время прохода автоматической разводки. Таймер резервного копирования продолжает работать во время автоматической трассировки. Если время, прошедшее с начала запуска прохода, больше, чем заданное время резервного копирования, то сохранение будет выполнено сразу по окончании прохода. Таймер сбрасывается в ноль после загрузки нового проекта, при сохранении текущего про-



Рис. 2. Запрос на подтверждение резервного копирования

екта под своим или новым именем через меню команды меню File.

Опция Ask for confirmation before saving предписывает системе запрашивать подтверждение сохранения резервной копии (рис. 2). Если в ответ на запрос Take security copy now? («Сохранить резервную копию прямо сейчас?») нажать кнопку No, то сохранение выполнено не будет, а таймеры обнулятся.

В средней части окна Security настраиваются критерии определения наилучшего варианта трассировки. Включение опции Save best pass предписывает системе сохранять наилучший вариант, который определяется по степени завершенности трассировки. Система также может использовать три дополнительных критерия: количество переходных отверстий (Number of Vias), число сегментов проводников (Number of segments) и суммарную длину проводников (Total length), которые включаются соответствующими опциями.

Общая логика работы системы следующая. Если степень завершенности трассировки увеличивается, то сохранение выполняется. Если степень завершенности останется неизменной, то рассматриваются вторичные критерии (если включены). Если они улучшаются, сохранение выполняется, в противном случае оно не выполняется. В зависимости от выбранных критериев, улучшением считается уменьшение числа переходных отверстий, меньшее число сегментов или сокращение общей длины дорожек. Расчеты количества переходных отверстий, числа сегментов или общей длины дорожек проводятся по всей плате.

2. Убедимся, что все настройки выполнены так, как показано на рис. 1, и, нажав кнопку ОК, закроем окно Security.

При ручном сохранении проекта все файлы резервных копий, а также аварийные файлы автоматически удаляются. Относительно файлов лучшего варианта выдается запрос на их сохранение или удаление. При выборе решения сохранить файлы все имеющиеся файлы с такими же именами перезаписываются автоматически без дополнительного предупреждения.

Остается добавить, что все файлы резервных копий и лучших проходов имеют имя текущего проекта и различаются расширениями. Перечень используемых расширений файлов приведен в таблице.

В зависимости от набора сохраненных файлов при загрузке проекта могут возникнуть три различных ситуации:

- Есть только исходные файлы данных. В данном случае проект загружается обычным способом, который мы уже несколько раз наблюдали.

Таблица. Расширения файлов резервного копирования

	Файл данных размещения	Файл настроек размещения	Файл данных трассировки	Файл настроек трассировки	Файл отчета
Исходный файл	.fif	.pst	.rif	.set	.rep
Лучший вариант (Best Pass)	.pfb	.pst	.rib	.seb	.reb
Резервная копия (Security File)	.pfs	.pst	.ris	.ses	–
Аварийный файл (Crash File)	.pfr	.pst	.ric	.sec	–

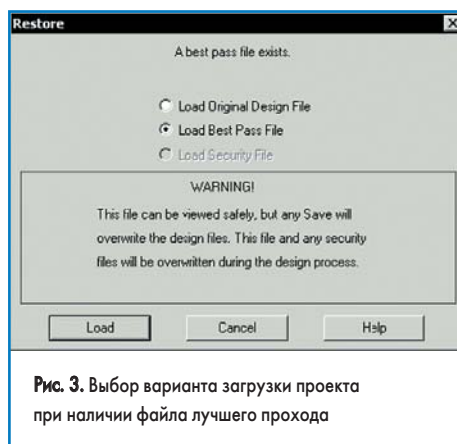


Рис. 3. Выбор варианта загрузки проекта при наличии файла лучшего прохода

- В папке проекта существуют файлы лучшего прохода или резервной копии. В этом случае на экране появится диалоговое окно Restore (рис. 3), предлагающее выбрать нужный вариант проекта.

- В папке проекта существуют аварийные файлы. В этом случае на экране появится немного другое диалоговое окно Restore (рис. 4), предлагающее выбрать нужный вариант проекта.

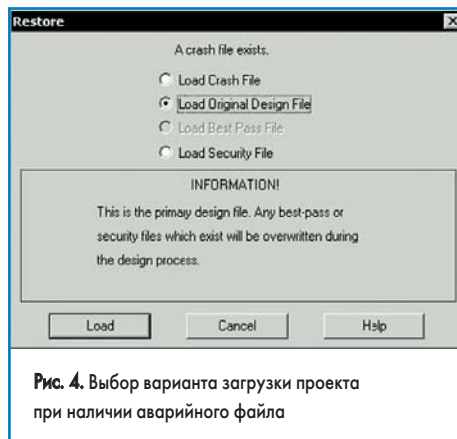


Рис. 4. Выбор варианта загрузки проекта при наличии аварийного файла

Несколько слов необходимо сказать о блокировании проектных файлов. Если какой-либо RIF-файл используется в настоящий момент программой P.R.Editor XR, то доступ к нему других пользователей блокируется. Блокировка осуществляется посредством создания файла с расширением .lrl в папке проекта ...\\pcb\\router\\. Аналогичным образом в папке проекта ...\\pcb\\ будет создан одноименный файл с расширением .flk, блокирующий доступ к FIF-файлу, содержащему информацию о размещении компонентов.

При окончании работы с проектом или закрытии программы P.R.Editor XR эти файлы автоматически удаляются. Однако при аварийном завершении работы они сохраняются и будут препятствовать повторной загрузке проекта. В этом случае блокирующие файлы нужно удалить вручную.

Не следует путать эти файлы с файлом с расширением .prk из папки ...\\pcb\\, который сигнализирует о согласованности данных в RIF- и FIF-файлах. При отсутствии этого файла проект в программу P.R.Editor XR не будет загружен вообще.

Настройка программы автотрассировки

Настройка программы автотрассировки выполняется в окне Routing Tool Options, с которым мы познакомились ранее при изучении ручной трассировки.

1. Выполним команду меню Configure\\Routing\\Routing Tool.
2. В появившемся окне Routing Tool Options нажмем кнопку Standart.

Все настройки в данном окне будут приведены в состояние по умолчанию (рис. 5). При трассировке будут разрешены: добавление переходных отверстий (Vias Allowed) и каплевидных контактных площадок (Auto Teardrop), расталкивание препятствий (Push Aside), а также трассировка с нарушениями (Errors Allowed). Ширина проводников при трассировке будет установлена согласно значению параметра Necked, стиль трассировки будет ортогональным (Angle 90). Будет выполнено 10 проходов (Passes) и 10 попыток (Effort).

Прделаем небольшое упражнение.

3. В окне Routing Tool Options зададим количество проходов трассировки равным 1 и ос-

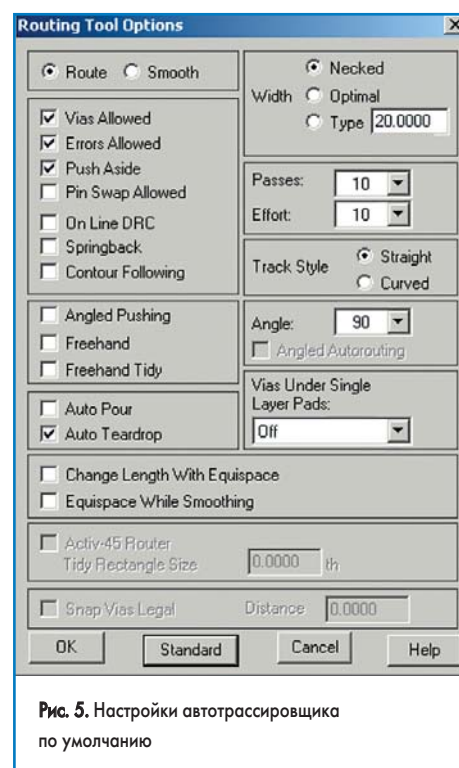


Рис. 5. Настройки автотрассировщика по умолчанию

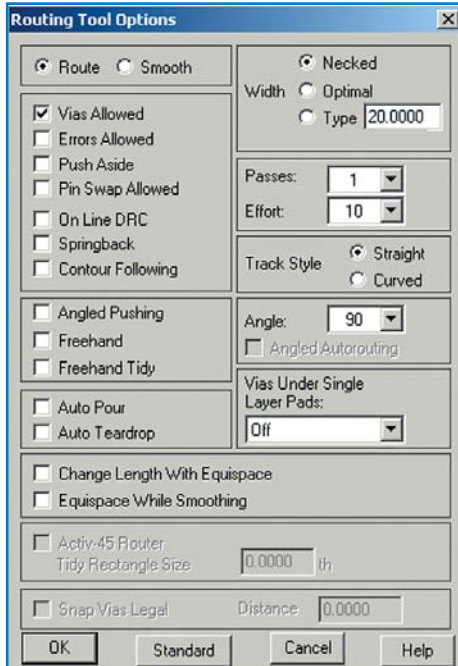




Рис. 6. Настройки для одного прохода трассировки с добавлением переходных отверстий

тавим включенной только одну опцию Vias Allowed (рис. 6).

4. Нажмем кнопку ОК и закроем окно.
 5. Выполним команду меню Routing\Autoroute или нажмем кнопку  на панели инструментов.
 6. Выполним команду меню Select\Mode\Whole Net или нажмем кнопку  на панели инструментов.
 7. Наведем указатель мыши на любую из линий связи, обозначающий неразведенную цепь, и выполним на ней щелчок левой кнопкой мыши.
- Программа запустит процедуру трассировки указанной цепи, а на экране появится окно, содержащее отчет о ходе ее выполнения. По завершению трассировки программа предложит нам сохранить или удалить этот отчет. Сейчас данный отчет для нас не интересен, поэтому нажмем кнопку Discard и откажемся от его сохранения. Чтобы в ходе данного занятия многократно не нажимать эту кнопку, соответствующим образом настроим генератор отчетов.
8. Выполним команду меню Configure\Utilities\Reports.

В появившемся окне Report Options выполним все настройки, как показано на рис. 7, а именно: выключим опцию Screen, предпи-

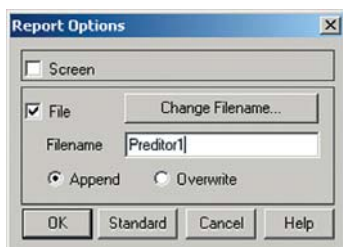


Рис. 7. Настройка генератора отчетов

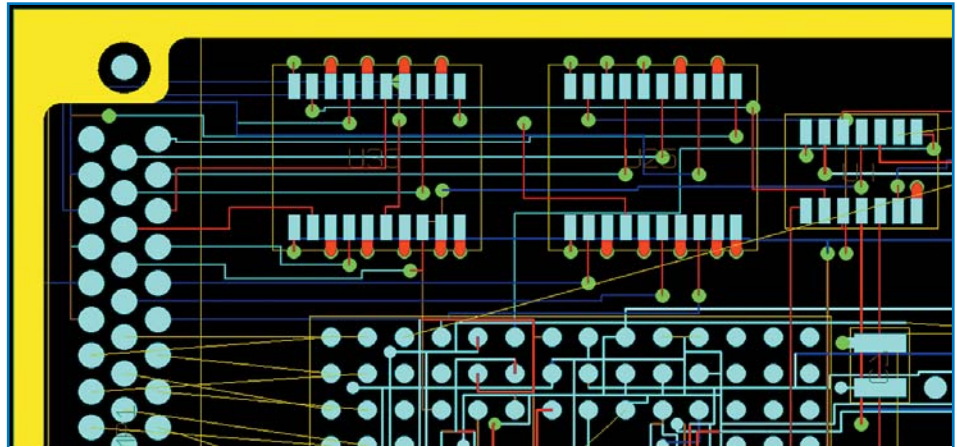


Рис. 8. Результат автоматической трассировки выделенной области

сывающую системе выводить отчет на экран; включим опцию File, чтобы отчет выводился в файл, а также опцию Append, чтобы каждый новый отчет дописывался в существующий файл, а не поверх его (Overwrite).

9. Нажав кнопку ОК, сохраним сделанные установки и закроем окно.
- Обратите внимание, система все еще будет находиться в режиме автотрассировки цепей целиком.

10. Снова наведем указатель мыши на любую из линий связи, обозначающую неразведенную цепь, и выполним на ней щелчок левой кнопкой мыши.

Программа автоматически оттрассирует указанную цепь, отчет при этом будет сохраняться в файл ...\\report\Preditor1.rep.

11. Аналогичным образом разведем еще несколько цепей.

Теперь попробуем оттрассировать сразу несколько цепей в некоторой области платы.

12. Удерживая нажатой левую кнопку мыши, зададим окно охвата вокруг некоторой области платы, где присутствует много неразведенных цепей, например вокруг микросхем U33, U25 и U4.

Сразу после того как мы отпустим левую кнопку мыши, программа трассировки начнет разводить цепи, попавшие в указанную область, в результате чего будет получена топология, похожая на ту, что изображена на рис. 8.

Если процесс трассировки необходимо принудительно прервать, то следует нажать клавишу ESC и в появившемся окне Operation Suspended (рис. 9) на вопрос Resume current operation? («Продолжить текущую операцию?»), нажав кнопку No, ответить «нет».

Только что выполненную трассировку можно отменить. Для этого необходимо выполнить команду меню Edit\Undo или нажать комбинацию горячих клавиш CTRL+Z.

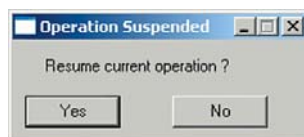





Рис. 9. Прерывание процесса автотрассировки

Далее нам следует научиться удалять полученную трассировку.

13. Выполним команду меню Routing\Unroute или нажмем кнопку  на панели инструментов.
14. Выполним команду меню Select\Mode\Item или нажмем кнопку  на панели инструментов.

15. Наведем указатель мыши на любой из сегментов ранее разведенной цепи и выполним на нем щелчок левой кнопкой мыши. Указанный сегмент будет удален, а вместо него на экране появится линия связи, сигнализирующая о разрыве в цепи.

16. Изменим режим выделения, для чего выполним команду меню Select\Mode\Node-To-Node или нажмем кнопку  на панели инструментов.

17. Снова наведем указатель мыши на любой из сегментов ранее разведенной цепи и выполним на нем щелчок левой кнопкой мыши.

Теперь удален будет не только один сегмент, а весь участок цепи от вывода до вывода. Отменить трассировку всей цепи можно, изменив соответствующим образом режим выделения на Whole Net. Рекомендует проделать это в качестве самостоятельного упражнения.

Аналогично команде Autoroute, команда Unroute работает для выделенных областей платы.

18. Удерживая нажатой левую кнопку мыши, зададим окно охвата вокруг некоторой разведенной области платы.

Трассировка всех незаблокированных цепей внутри указанной области будет отменена. Аналогичным образом можно отменить трассировку на всей плате. Для этого достаточно выполнить команду меню Select\All или нажать комбинацию горячих клавиш CTRL+A.

Отметим, что команда меню Edit\Delete работает аналогично команде Unroute. При щелчке левой кнопкой мыши на проложенном проводнике его сегменты удаляются, но сама цепь сохраняется. Изучить работу команды Delete в разных режимах выделения мы рекомендуем в качестве самостоятельного упражнения.

В завершение упражнения следует отметить еще один способ управления программой автотрассировки.

19. Выполним команду меню Configure\Routing\Tool Status.

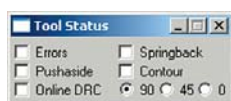


Рис. 10. Окно Tool Status

На экране появится немодальное окно Tool Status (рис. 10). Настройки в этом окне дублируют некоторые настройки окна Routing Tool Options. Удобство в использовании окна Tool Status заключается в том, что его не нужно многократно открывать и закрывать. Например, чтобы включить режим проверки DRC «на лету», достаточно лишь включить соответствующую опцию Online DRC одним щелчком мыши.

Контроль топологии цепи

Для цепей, соединяющих три и более выводов, может быть важна последовательность соединения выводов, а также топология ветвления цепи. Программа P.R.Editor XR имеет возможность управлять трассировкой таких цепей посредством соответствующих атрибутов net_topology, задаваемых на уровне всей платы (Board), класса цепей (Net Class) и отдельных цепей (Net).

1. Выполним команду меню Configure\Attributes.
2. В появившемся окне Attributes в первом столбце в выпадающем списке выберем категорию Board Level.
3. Во втором столбце в выпадающем списке выберем атрибут net_topology.

Легко видеть, что пока этот атрибут на уровне всей платы не задан.

4. Выполним щелчок левой кнопкой мыши на ячейке второго столбца напротив имени платы.

В ставшем активном поле Attribute Value будет присутствовать выпадающий список, содержащий следующие значения:

- free — произвольное соединение ветвей цепи (это значение используется по умолчанию в случаях, когда атрибут не задан вообще);
 - Trip — Т-образные соединения допускаются только на выводах компонентов;
 - Tripvia — Т-образные соединения допускаются только на выводах компонентов или переходных отверстиях;
 - daisy — ветвление цепи не допускается, выводы должны быть соединены последовательно, последовательность соединения произвольная;
 - ordered — ветвление цепи не допускается, выводы должны быть соединены последовательно, последовательность соединения строго заданная (задается в HS-версии программы).
5. Выберем значение Tripvia и нажмем кнопку Apply.

Теперь при автотрассировке проводников ветвление цепей будет допускаться только на выводах компонентов или переходных отверстиях. Проверим, не было ли ранее в проекте сделано аналогичных установок для цепей и классов цепей.

6. В первом столбце в выпадающем списке выберем категорию Net Level.
7. Включим опции All Of Type (все объекты данного типа) и All Level (значения атрибутов на всех уровнях).

Легко видеть, что для ряда цепей топология ветвления ordered задана на уровне цепей или классов цепей, о чем сигнализирует красный значок перед значением атрибута (рис. 11). Для других цепей топология ветвления была задана нами как Tripvia на уровне платы только что, о чем сигнализирует синий значок. Как мы помним из предыдущего занятия, приоритет атрибутов, заданных на уровне цепей и классов цепей, выше, чем у заданных для всей платы.

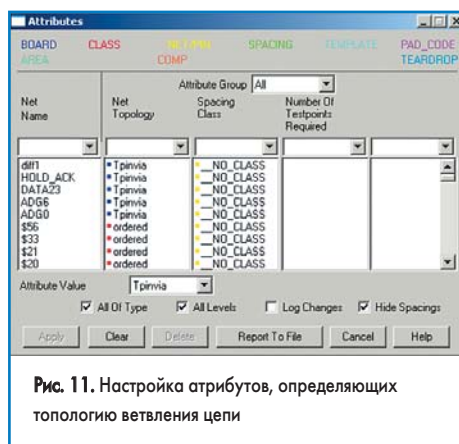



Рис. 11. Настройка атрибутов, определяющих топологию ветвления цепи




Расталкивание дорожек в стороны

Если в окне Routing Tool Options включена опция Push Aside, то в процессе работы автотрассировщик может расталкивать проложенные ранее и незафиксированные проводники и переходные отверстия. Это помогает программе P.R.Editor XR находить пути для дорожек там, где прежде для этого не было возможности.

В общем случае трассировщик будет расталкивать только дорожки и переходные отверстия. Расталкивание выводов компонентов, самих компонентов, областей заливки полигонов, зафиксированных объектов во время трассировки невозможно. Напомним также, что средства размещения компонентов имеют собственную функцию расталкивания, которая используется для расталкивания компонентов при их размещении.

Продедаем небольшое упражнение.

1. Выполним команду меню Configure\Routing\Tool Status и в появившемся окне Tool Status включим опцию Pushaside.
2. Выполним команду меню Routing\Unroute или нажмем кнопку  на панели инструментов.

3. Выполним команду меню Select\Mode\Item или нажмем кнопку  на панели инструментов.
4. Выполним команду меню Routing\Autoroute или нажмем кнопку  на панели инструментов.
5. Выполним команду меню Select\Mode\Whole Net или нажмем кнопку  на панели инструментов.
6. Удерживая нажатой левую кнопку мыши, зададим окно охвата вокруг левой нижней четверти печатной платы.

Сразу после того как мы отпустим левую кнопку мыши, программа трассировки начнет разводку цепи, попавшие в указанную область. В это время мы можем наблюдать, как программа сдвигает немного в сторону только что проложенные проводники, чтобы проложить другие.

В общем случае, при использовании опции Push Aside результаты разводки улучшаются. Вместе с тем, пусть незначительно, но увеличивается время трассировки, а также появляется риск, что конфигурация ранее проложенных и незафиксированных проводников может слегка измениться.

Функция обтекания контура (Contour Following)

Алгоритм автотрассировки в P.R.Editor XR является бессеточным и в своей работе использует метод прямоугольников. Метод достаточно хорошо описан в литературе, но если говорить кратко, суть его заключается в следующем: все свободное пространство печатной платы разбивается на прямоугольники, касающиеся стороны которых программа использует для поиска возможного пути трассировки. Как только такой путь найден, программа прокладывает проводники с использованием сетки трассировки и правил проектирования. В общем случае, путь трассировки прокладывается по центру прямоугольников разбиения, этим достигается максимально возможный зазор между проложенными проводниками.

При высокой плотности платы бывает полезно прокладывать проводники максимально близко к уже имеющимся препятствиям (проводникам, областям заливки, переходным отверстиям, контактными площадкам), чтобы оставить больше свободного места для последующей трассировки. Программа P.R.Editor XR имеет функцию Contour Following (огибание контура), при включении которой найденный путь трассировки будет прокладываться ближе к краям прямоугольников разбиения. При этом проводники будут иметь большее

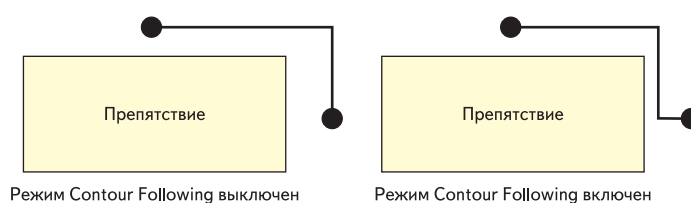






Рис. 12. Работа функции Contour Following

количество изгибов и переходных отверстий (рис. 12), что легко исправляется последующей процедурой сглаживания.

Прделаем небольшое упражнение:


1. Выполним команду меню `Configure\Routing\ Routing Tool`.
2. В появившемся окне `Routing Tool Options` включим опцию `Contour Following`.
3. Нажмем кнопку `OK` и закроем окно.
4. Выполним команду меню `Routing\Unroute` или нажмем кнопку  на панели инструментов.
5. Выполним команду меню `Select\Mode\Whole Net` или нажмем кнопку  на панели инструментов.
6. Наведем указатель мыши на ранее проложенную на плате цепь и выполним щелчок левой кнопкой мыши.
Проводники указанной цепи будут удалены.
7. Выполним команду меню `Routing\Autoroute` или нажмем кнопку  на панели инструментов.
8. Наведем указатель мыши на линию связи только что удаленной цепи.
Система начнет трассировать указанную цепь в режиме обтекания контура. Обратите внимание, как будут прокладываться сегменты проводников.
9. Выполним команду меню `Edit\Undo` или нажмем комбинацию горячих клавиш `CTRL+Z`.
10. Выполним команду меню `Configure\Routing\ Tool Status` и в появившемся окне `Tool Status` выключим опцию `Contour`.
12. Выполним команду меню `Routing\Autoroute` или нажмем кнопку  на панели инструментов.
13. Наведем указатель мыши на линию связи только что удаленной цепи.
Система снова начнет трассировать указанную цепь. Обратите внимание, как теперь будут прокладываться сегменты проводников.

Задание количества попыток трассировки (Effort)



Параметр `Effort` (количество попыток трассировки) из настроек программы трассировки указывает ей, насколько упорно автотрассировщик должен пытаться развести связь или цепь до отказа от попытки и перехода к следующей. Допустимые значения параметра лежат в диапазоне от 1 (слабые усилия) до 10 (высокие усилия). Обычно выбор значения параметра `Effort` является компромиссом между тем, как много времени мы хотим потратить на трассировку, и тем, насколько полными мы хотим видеть результаты разводки. Быстрый результат предполагает меньший процент завершенности трассировки.

Обычное для любой автоматической разводки значение параметра `Effort` по умолчанию указывается равным 10. Пользователь может задать меньшее значение количества попыток, но он должен понимать, что в этом случае разводка, возможно, не будет завершена на все 100%. В некоторых методах разводки предполагается сначала несколько проходов авторазводки с малым количеством попыток, а затем проходы с большим количеством попыток. Это может быть очень полезно для сложных задач разводки.

Прделаем небольшое упражнение и посмотрим, как настройка параметра `Effort` влияет на результаты трассировки:

1. Выполним команду меню `Configure\Routing\ Routing Tool`.
2. В появившемся окне `Routing Tool Options` в выпадающем списке `Effort` выберем значение 1 и нажмем кнопку `OK`.
3. Выполним команду меню `View\Frame` или нажмем кнопку  на панели инструментов.
4. С помощью мыши зададим окно охвата таким образом, чтобы на экране оптимально

отображалась область платы с микросхемами U15, U19 и U39.

5. Выполним команду меню `Routing\Autoroute` или нажмем кнопку  на панели инструментов.
6. Последовательно оттрассируем цепи, начинающиеся на выводах 13, 14 и 15 микросхемы U19.
Программа относительно легко справится с этой задачей.
7. Попробуем теперь оттрассировать цепи, начинающиеся на выводах 3, 6 и 7 микросхемы U19.
Система не сможет проложить проводники, так как ранее проложенные сегменты проводников являются препятствием для прокладки последующих, а заданное значение количества попыток (1) не позволяет программе повторно совершить попытку проложить трассы.
8. Выполним команду меню `Configure\Routing\ Routing Tool`.
9. В появившемся окне `Routing Tool Options` в выпадающем списке `Effort` выберем значение 10 и нажмем кнопку `OK`.
10. Выполним команду меню `Routing\Autoroute` или нажмем кнопку  на панели инструментов.
11. Снова попробуем оттрассировать цепи, начинающиеся на выводах 3, 6 и 7 микросхемы U19.
Теперь программа без труда справится с этой задачей.
В завершение данного занятия нам остается только выйти из трассировщика `P.R.Editor XR` без сохранения текущих результатов.
12. Выполним команду меню `File\Exit`.
13. В появившемся окне `Save` нажмем кнопку `Discard`.
На следующем занятии мы продолжим изучение различных приемов и настроек автоматической трассировки.