

# Урок 22. Редактор печатных плат системы CADSTAR: трассировщик P.R. Editor XR.

## Трассировка выводов компонентов

На предыдущем занятии мы научились некоторым основным приемам интерактивной трассировки. Сегодня мы объясним, как создавать шаблоны трассировки топологических посадочных мест SMD-компонентов, и изучим еще несколько приемов автотрассировки.

Юрий Потапов

potapoff@eurointech.ru


Сергей Прокопенко

psy@ic.kharkov.ua

Для работы нам потребуется специальный пример Unrouted.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 Unrouted.pcb, после чего нажмем кнопку Open («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 ОК.

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 отображен выбранный нами проект печатной платы.


### Трассировка стрингеров

Как мы знаем, контактные площадки SMD-компонентов размещаются только на наружных сторонах платы. При высокой плотности размещения компонентов рекомендуется минимально использовать внешние сигнальные слои для прокладки провод-

ников, а основную трассировку выполнять на внутренних слоях. В этом случае от каждой SMD контактной площадки будет отходить стрингер — короткий проводник из одного или нескольких сегментов с переходным отверстием на нужный слой на конце. Отметим, что, если при разводке обычных цепей еще можно обойтись без стрингеров, то при трассировке цепей питания и заземления, имеющих собственный внутренний слой металлизации, альтернативы использованию стрингеров нет.

Стрингеры можно разводить в ручном и автоматическом режимах. Единжды созданный шаблон трассировки посадочного места может быть применен для всех аналогичных компонентов в проекте. При автоматической трассировке топологии платы программа может быть настроена таким образом, чтобы сначала выполнять трассировку стрингеров, а уже потом всех остальных проводников.

Прделаем упражнение. Нарисуем вручную стрингер, соединяющий вывод 20 микросхемы U9 с внутренним слоем питания VDD.

1. Выполним команду меню Edit/Locate/Pin или нажмем кнопку  на панели инструментов.

2. В появившемся диалоговом окне Locate Pin в поле Component Name введем позиционное обозначение микросхемы U9, а в поле Pin Name введем номер вывода 20, после чего нажмем кнопку ОК.

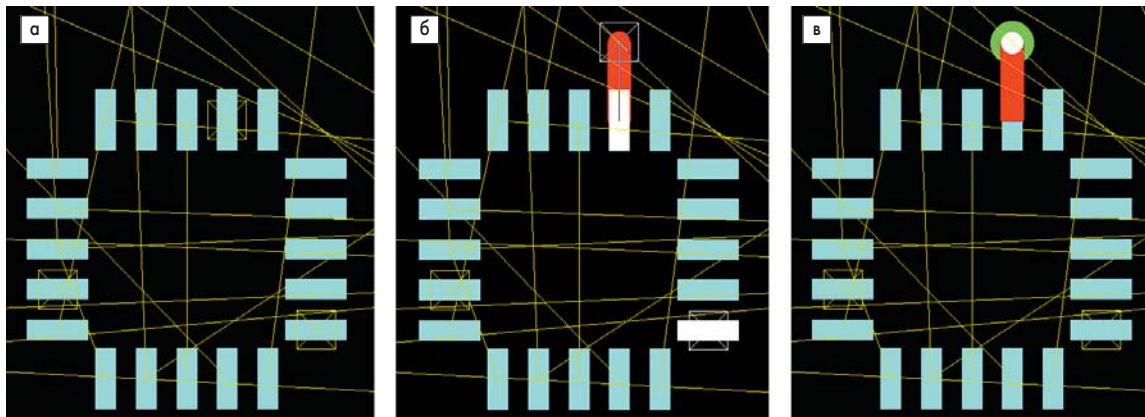




Рис. 1. Трассировка стрингера на внутренний слой питания

Система подсветит найденный вывод и изменит его вид таким образом, чтобы он находился в центре экрана.

3. Несколько раз выполним команду меню View/ Zoom In или нажмем кнопку  на панели инструментов, чтобы изменить масштаб для наилучшего отображения указанной микросхемы.

Все выводы SMD-компонентов, которые должны быть соединены с внутренними слоями питания и заземления, система помечает специальным маркером в виде квадратика с перекрестием (рис. 1а). По умолчанию все подобные маркеры имеют желтый цвет, но, как мы знаем, для удобства для линий связи каждой конкретной цепи цвет может быть назначен индивидуально.

4. Выполним команду меню Routing/Manual Route или нажмем кнопку  на панели инструментов.

5. Сдвинем указатель мыши немного вверх и нарисуем короткий сегмент проводника. Маркер будет следовать за указателем мыши (рис. 1б).

6. Так как на конце стрингера должно находиться переходное отверстие, выполним двойной щелчок левой кнопкой мыши.

7. В появившемся на экране окне Select выберем слой 5 VDD и нажмем кнопку OK.

Система добавит переходное отверстие на указанный слой и завершит рисование проводника (рис. 1в).

Аналогичным образом можно вручную нарисовать стрингеры у всех подключенных контактных площадок, но лучше использовать специальные команды, расположенные в разделе меню Routing/ Footprint, или соответствующие им кнопки, расположенные на панели инструментов Footprint Tools (рис. 2). Работа

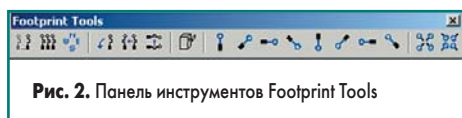


Рис. 2. Панель инструментов Footprint Tools

этих инструментов будет определяться настройками, сделанными в окне Footprints, вызываемом командой меню Configure/Routing/ Footprints:

- Copy Footprint — копировать стрингер. Команда дает возможность копировать ранее нарисованный стрингер на следующий по номеру вывод.
- Auto footprint — автоматическая прорисовка стрингеров. Команда запускает процедуру автоматического создания стрингеров у всех выбранных SMD контактных площадок согласно настройкам программы автоматической трассировки, включая многопроходность, если таковая задана.
- Create Footprint using Exit Direction — создание стрингера в разрешенном направлении. Команда создает стрингер с использованием имеющегося шаблона для каждого выбранного и подключенного к цепи вывода в направлении, указанном в атрибуте pin\_exit\_dirs (Exit Direction).
- Rotate footprint — поворот стрингера. Выполняет поворот стрингера на угол, заданный в поле Angle окна Routing Tool Options,

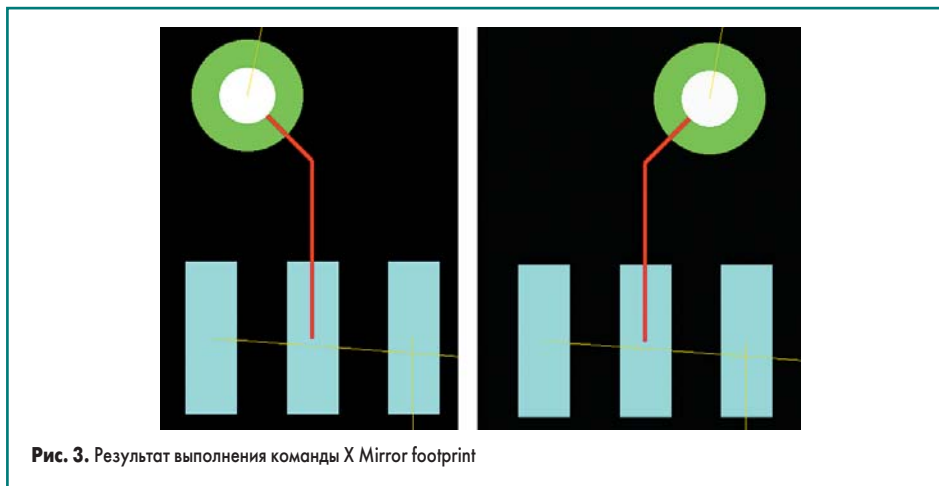


Рис. 3. Результат выполнения команды X Mirror footprint

если это не противоречит заданным правилам проектирования.

- X Mirror footprint — зеркальное отображение стрингера по оси X. Команда выполняет зеркальное отображение ранее нарисованного стрингера относительно вертикальной оси (рис. 3).
- Y Mirror footprint — зеркальное отображение стрингера по оси Y. Команда выполняет зеркальное отображение ранее нарисованного стрингера относительно горизонтальной оси (рис. 4).

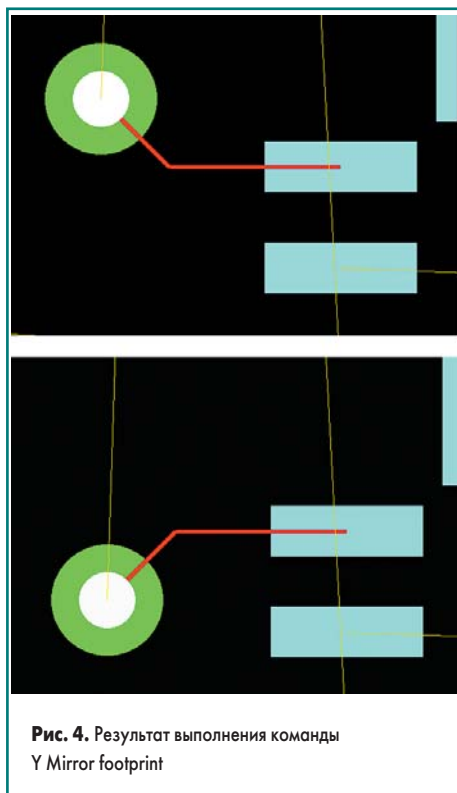


Рис. 4. Результат выполнения команды Y Mirror footprint

- Save Footprint — сохранить шаблон стрингеров. Команда позволяет сохранить выделенный набор стингеров как шаблон для всех аналогичных SMD-компонентов. Шаблон сохраняется в файл с расширением .FPT в папке router текущего проекта.
- Create Footprint North, East и т. д. — создать стрингер в заданном направлении.
- Create Footprint Outwards или Inwards — создать стрингеры в направлении наружу или внутрь компонента.

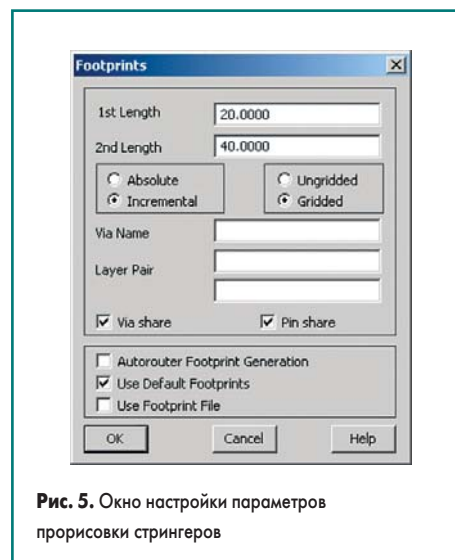


Рис. 5. Окно настройки параметров прорисовки стрингеров

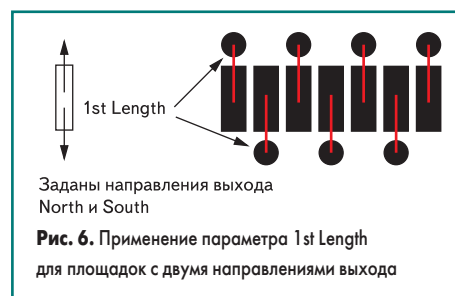
8. Выполним команду меню Configure/Routing/ Footprints.

На экране появится диалоговое окно Footprints с настройками параметров прорисовки стрингеров, показанное на рис. 5.

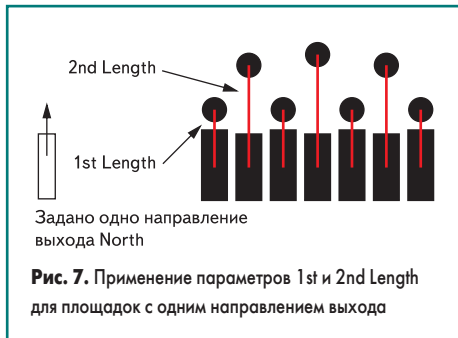
В верхней части окна приведены настройки параметров по умолчанию.

Параметр 1st Length задает длину проводника стрингера. Если у контактной площадки задано два (и более) направления выхода, то этот параметр будет применяться ко всем таким контактным площадкам, а стрингеры будут расположены так, как показано на рис. 6. Для контактных площадок, у которых задано только одно направление выхода, длина нечетных стрингеров будет определяться параметром 1st Length, а четных — параметром 2nd Length (рис. 7). Такой подход позволяет избежать нарушений заданных зазоров.

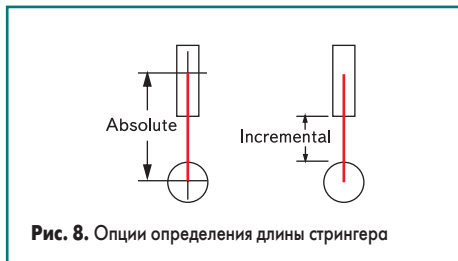
Опции Absolute и Incremental задают принцип определения длины стрингера: от цент-



Заданы направления выхода North и South  
Рис. 6. Применение параметра 1st Length для площадок с двумя направлениями выхода



**Рис. 7.** Применение параметров 1st и 2nd Length для площадок с одним направлением выхода




**Рис. 8.** Опции определения длины стрингера

ров контактной площадки и переходного отверстия или от их краев соответственно (рис. 8). Опции Ungridded и Gridded предписывают размещать переходные отверстия вне сетки или в узлы сетки Via Grid.

Опции Via share и Pin share разрешают программе при автоматической прорисовке стрингеров соединять между собой близлежащие контактные площадки, принадлежащие одной цепи, и подключать их к одному отверстию. Ширину проводников будут определять настройки программы автотрассировки в окне Routing Tool Options и соответствующие атрибуты цепей и классов цепей.


Стили переходных отверстий также будут определяться настройками атрибутов цепей. При необходимости применения специального стиля переходного отверстия его тип указывают в поле Via Name. Ниже в поле Layer Pair можно указать слои, которые оно будет соединять. В ряде случаев при питании мощных схем для обеспечения протекания требуемого тока одного переходного отверстия может оказаться недостаточно. В таких случаях программа может автоматически использовать в стрингере несколько переходных отверстий, число которых для конкретного вывода задается атрибутом pin\_foot\_vias.

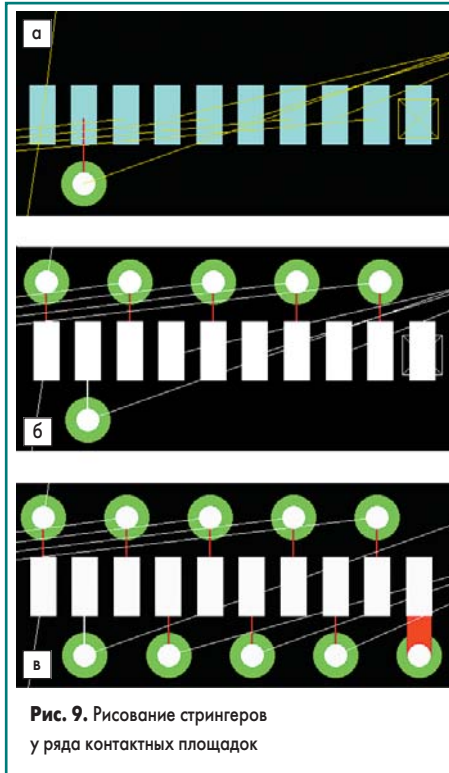
9. Пока не будем ничего менять в окне Footprints и закроем его нажатием кнопки Cancel. Проведем упражнение.

10. Выполним команду меню Edit/Locate/Pin или нажмем кнопку  на панели инструментов.

11. В появившемся диалоговом окне Locate Pin в поле Component Name введем позиционное обозначение микросхемы U16, а в поле Pin Name введем номер вывода 2, после чего нажмем кнопку ОК.

Система подсветит найденный вывод и изменит его вид таким образом, чтобы он находился в центре экрана.

12. Несколько раз выполним команду меню View/Zoom In или нажмем кнопку  на панели инструментов, чтобы изменить масштаб для наилучшего отображения указанной микросхемы.



**Рис. 9.** Рисование стрингеров у ряда контактных площадок

Легко понять, что микросхема U16 является нижней из двух одинаковых SMD-микросхем, выполненных в корпусе SOL с 20 выводами.


13. Выполним команду меню Configure/Units и в появившемся окне Length Units в выпадающем списке выберем единицы измерения 1/1000 inch (th), после чего нажмем кнопку ОК.

14. Выполним команду меню Configure/Routing/Routing Tool или нажмем комбинацию горячих клавиш CTRL+T.


15. В появившемся окне Routing Tool Options проверим, что добавление переходных отверстий разрешено (Vias Allowed), запрещена трассировка с нарушениями (Errors Allowed), ширина проводников задана как Necked.

16. Выполним команду меню Configure/Routing/Footprints.

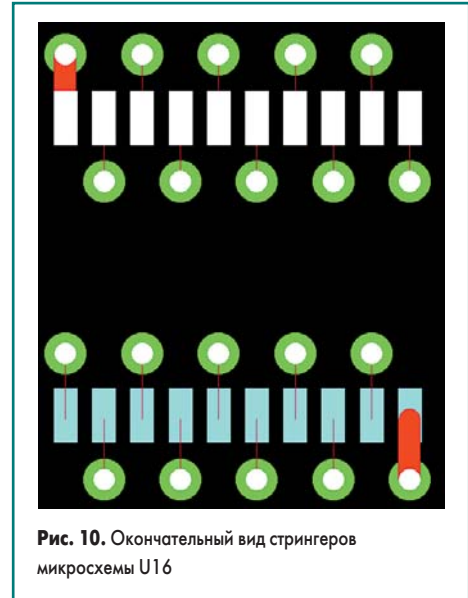
17. В появившемся окне Footprints зададим длину стрингера 1st Length равной 20 милс, включим опции Incremental и Gridded, включим опцию Use Footprint File и нажмем кнопку ОК.

18. Выполним команду меню Routing/Footprint/Create (Exit Direction) или нажмем кнопку  на панели инструментов.


Система нарисует у выделенного вывода стрингер, направленный вниз (наружу), что наиболее логично для вывода, у которого заданы все четыре возможных направления выхода (рис. 9а). Для прорисовки остальных стрингеров мы могли бы воспользоваться командой Copy Footprint, но из-за большого размера переходных отверстий функция проверки зазоров не позволит там разместить рядом два стрингера. Поступим иначе.

19. Выполним команду меню Select/Select или нажмем кнопку  на панели инструментов.


20. С помощью мыши в окне охвата выделим весь ряд контактных площадок выводов 1–10.



**Рис. 10.** Окончательный вид стрингеров микросхемы U16

21. Выполним команду меню Routing/Footprint/Create (N) или нажмем кнопку  на панели инструментов.


Система нарисует пять направленных вверх стрингеров (рис. 9б).

22. Выполним команду меню Routing/Footprint/Create (S) или нажмем кнопку  на панели инструментов.


Система нарисует оставшиеся четыре стрингера, направленные вниз (рис. 9в). Обратите внимание, у вывода 10, принадлежащего цепи GND, проводник будет значительно шире, чем у других выводов.

23. Аналогичным образом выделим верхний ряд выводов 11–20 и создадим стрингеры для них, как показано на рис. 10.

Итак, в результате выполненных действий мы получили шаблон трассировки конкретного посадочного места, который можно сохранить и в дальнейшем применять для всех аналогичных микросхем.


24. Выполним команду меню Select/Select или нажмем кнопку  на панели инструментов.

25. С помощью мыши в окне охвата выделим все объекты (стрингеры и контактные площадки) микросхемы U16.

26. Выполним команду меню Routing/Footprint/Save или нажмем кнопку  на панели инструментов.

27. В появившемся на экране окне Report введем имя шаблона dilsmd20.fpt и нажмем кнопку Save («Сохранить»).


Попробуем примерить сохраненный шаблон для прорисовки стрингеров у расположенной рядом микросхемы U17.

28. Выполним команду меню Select/Select или нажмем кнопку  на панели инструментов.

29. С помощью мыши в окне охвата выделим все контактные площадки микросхемы U17.

30. Выполним команду меню Configure/Routing/Footprints.


31. В появившемся окне Footprints включим опцию Use Footprint File и нажмем кнопку ОК.

32. Выполним команду меню Routing/Footprint/Create (Exit Direction) или нажмем кнопку  на панели инструментов.


На экране появится окно Input Footprint File, предлагающее нам выбрать файл шаблона трассировки стрингеров.

33. Выберем только что сохраненный файл dilsmd20.fpt и нажмем кнопку Open («Открыть»).

Система нарисует стрингеры у выводов микросхемы U17, повторив шаблон микросхемы U16. Чтобы понять, как система использует шаблоны трассировки топологических посадочных мест, осуществим еще одну операцию.

34. Выполним команду меню View/View All или нажмем кнопку  на панели инструментов.

35. Выполним команду меню Select/All или нажмем комбинацию горячих клавиш CTRL+A.

36. Снова выполним команду меню Routing/Footprint/Create (Exit Direction) или нажмем кнопку  на панели инструментов.

37. В появившемся на экране окне Input Footprint File выберем файл шаблона dilsmd20.fpt и нажмем кнопку Open («Открыть»).

На экране появится предупреждение о том, что некоторые из выбранных объектов не найдены в файле шаблона (рис. 11).

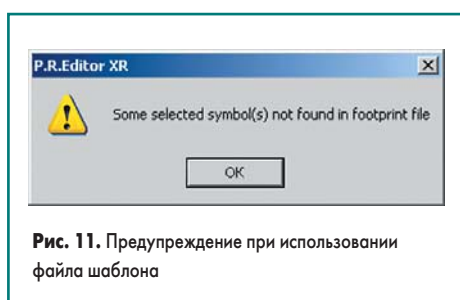


Рис. 11. Предупреждение при использовании файла шаблона

38. Нажмем кнопку OK и закроем окно.

Теперь система нарисует стрингеры у всех компонентов на плате. У всех SMD-микросхем, выполненных в корпусе SOL с 20 выводами, конфигурация стрингеров будет одинаковая, за исключением случаев, когда примитивы шаблона вызывали нарушение требований к зазору между цепями, или когда часть их цепей уже была разведена ранее. У остальных компонентов стрингеры будут нарисованы согласно заданным направлениям выхода, причем не всегда оптимально.

39. Выполним команду Edit/Undo и отменим только что выполненную операцию.

Следует отметить, что файл шаблона трассировки может содержать описание расположения стрингеров для нескольких микросхем. В качестве самостоятельного упражнения мы рекомендуем прорисовать стрингеры у микросхемы U15, выполненной в корпусе PLCC20. При сохранении шаблона следует выделить наборы объектов обеих микросхем — U15 и U16. В этом случае файл шаблона будет содержать конфигурации стрингеров для двух разных микросхем, в чем легко убедиться, просмотрев файл с помощью обычного текстового редактора.

Разумеется, после применения данного шаблона для всей топологии стрингеры микросхем PLCC20 тоже окажутся оттрассированными одинаково, за исключением неподклю-

ченных выводов, оттрассированных выводов и мест, где применение шаблона вызывает ошибки DRC. Таким образом, на практике рекомендуется создать некую заготовку проекта, содержащую наиболее часто употребляемые микросхемы со всеми подключенными выводами, прорисовать для них оптимальную конфигурацию стрингеров и сохранить в файле шаблона. Последующая загрузка такого шаблона в проект значительно упростит получение качественной топологии платы.

### Автоматическая трассировка стрингеров

Существует два метода автоматической трассировки стрингеров у SMD топологических посадочных мест. Первый из них запускается с помощью команды Routing/Footprint/Auto и использует настройки программы автотрассировки, выполненные в окнах Footprints и Routing Tool Options, в результате чего проводники и переходные отверстия добавляются ко всем указанным SMD контактным площадкам согласно указанному режиму выделения. При выборе режима Single Item программа прорисует стрингеры для всех выделенных нами SMD контактных площадок. При выборе режима Nets программа прорисует стрингеры ко всем SMD контактным площадкам, соединенным с выбранными нами цепями.

Второй метод использует основной алгоритм автотрассировщика, запускается командой Routing/Autoroute и активируется опцией Autorouter Footprint Generation в диалоговом окне Footprints. В этом случае автотрассировщик будет выполнять предварительный проход, обозначенный в отчете как Pass (FP), в ходе которого он будет автоматически создавать и трассировать стрингеры. После этого трассировщик перейдет к обычной разводке с использованием числа проходов, заданного в диалоговом окне Routing Tool Options. При выборе режима Single Item программа прорисует стрингеры для всех выделенных нами SMD контактных площадок и далее разведет все подходящие к ним цепи. При выборе режима Nets программа сначала прорисует стрингеры ко всем SMD контактным площадкам, соединенным с выбранными нами цепями, а затем выполнит трассировку этих цепей.

Проделаем упражнение, которое позволит нам разобраться в особенностях автоматической трассировки стрингеров.

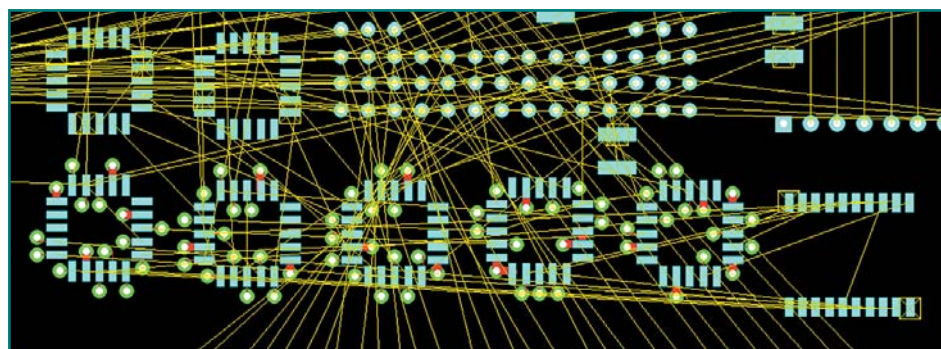




Рис. 13. Результат трассировки стрингеров, вариант 1

1. Выполним команду меню View/View All или нажмем кнопку  на панели инструментов.

2. Выполним команду меню View/Frame или нажмем кнопку  на панели инструментов.

3. С помощью мыши зададим окно охвата таким образом, чтобы на экране оптимально отображалась область платы с микросхемами U9, U27, U29, U35 и U36 в нижней части топологии.

4. Выполним команду меню Configure/Routing/Footprints.

5. В появившемся на экране диалоговом окне Footprints выполним настройки, как показано на рис. 12, а именно: зададим параметры 1st и 2nd Length, равные 15 и 30 милс соответственно, включим опции Incremental, Gridded, Via Share и Pin Share, а также включим опции Use Default Footprints и Autorouter Footprint Generation.

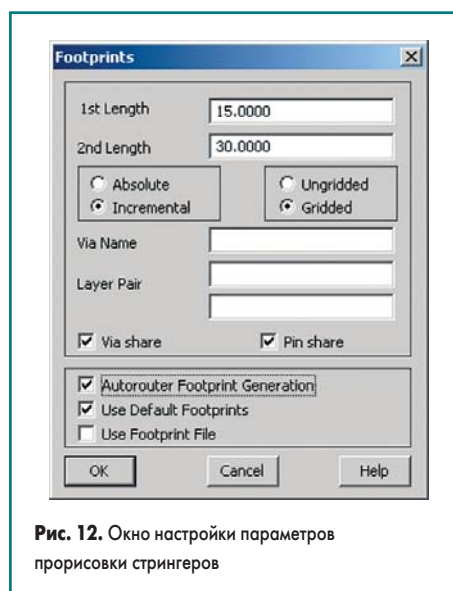




Рис. 12. Окно настройки параметров прорисовки стрингеров

6. Выполним команду меню Select/Mode/Item или нажмем кнопку  на панели инструментов.

7. Выполним команду меню Routing/Footprint/Auto или нажмем кнопку  на панели инструментов.

8. С помощью мыши в окне охвата выделим все контактные площадки микросхем U9, U27, U29, U35 и U36.

Система выполнит трассировку стрингеров, которые появятся только у контактных площадок указанных микросхем (рис. 13). Также будет сформирован отчет, представленный на

Passes	Effort	Angle	Width	Push Aside	Vias	Total Conns	Grids	Track	Via
2	10	90	Necked	On	On	78	1	1	

Routing Layers : 1 J 2 Y 7 X 9 Y 14 X 15 J

Pass	Att'd	Routed	Fails	Errors	Vias	Segs	Length	Time
1	77	77	0	0	98	202	24278.4780	00:00:00

Completed : Total time = 00:00:01

Рис. 14. Отчет о результатах трассировки стрингеров, вариант 1

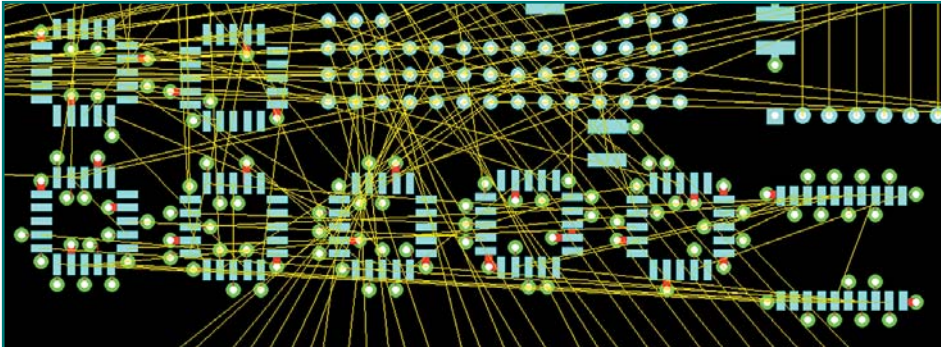


Рис. 15. Результат трассировки стрингеров, вариант 2

Passes	Effort	Angle	Width	Push Aside	Vias	Total Conns	Grids	Track	Via
2	10	90	Necked	On	On	77	1	1	

Routing Layers : 1 J 2 Y 7 X 9 Y 14 X 15 J

Pass	Att'd	Routed	Fails	Errors	Vias	Segs	Length	Time
1	303	303	0	0	320	495	40765.3441	00:00:01

Completed : Total time = 00:00:01

Рис. 16. Отчет о результатах трассировки стрингеров, вариант 2

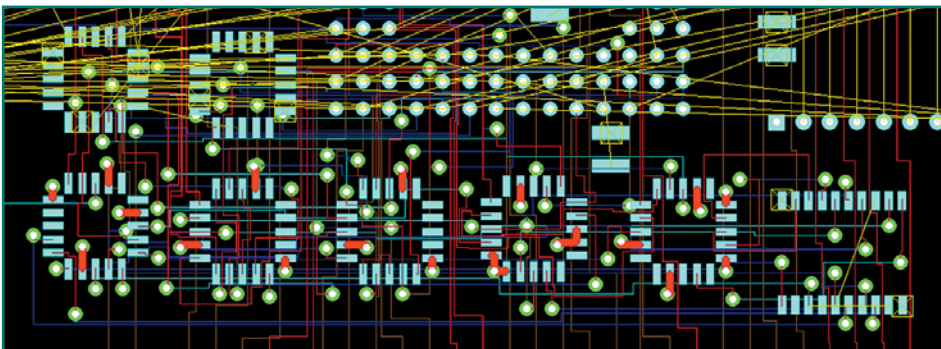


Рис. 17. Результат трассировки стрингеров, вариант 3

Passes	Effort	Angle	Width	Push Aside	Vias	Total Conns	Grids	Track	Via
2	10	90	Necked	On	On	868	1	1	

Routing Layers : 1 J 2 Y 7 X 9 Y 14 X 15 J

Pass	Att'd	Routed	Fails	Errors	Vias	Segs	Length	Time
{FP}	77	77	0	0	98	202	24278.4780	00:00:00
1	87	78	0	9	139	857	222241.5173	00:00:06
2	15	15	0	0	149	896	224823.4937	00:00:02

Completed : Total time = 00:00:09

Рис. 18. Отчет о результатах трассировки стрингеров, вариант 3

рис. 14, из которого следует, что был выполнен один проход трассировки, по окончании которого на плате имеется 98 переходных отверстий и 202 сегмента проводников. Отметим, что в отчете отображается не число добавленных объектов, а суммарное число объектов на момент окончания прохода.

9. Закроем окно отчета.

10. Выполним команду меню Edit/Undo.

11. Выполним команду меню Select/Mode/Whole Net или нажмем кнопку на панели инструментов.

12. Выполним команду меню Routing/Footprint/Auto или нажмем кнопку на панели инструментов.

13. С помощью мыши в окне охвата выделим все контактные площадки микросхем U9, U27, U29, U35 и U36.

Система выполнит трассировку стрингеров, они появятся у всех контактных площадок компонентов, которые имеют связи с указанными микросхемами (рис. 15). Также будет сформирован отчет, показанный на рис. 16, из которого следует, что был выполнен один проход трассировки, по окончании которого на плате имеется 320 переходных отверстий и 495 сегментов проводников.

14. Закроем окно отчета.

15. Снова выполним команду меню Edit/Undo.

Теперь для трассировки стрингеров воспользуемся стандартным автотрассировщиком. Напомним, что мы уже ранее активировали этот режим опцией Autorouter Footprint Generation в окне Footprints, но пока он никак не использовался. Проверим настройки автотрассировщика.

16. Выполним команду меню Configure/Routing/Routing Tool или нажмем комбинацию горячих клавиш CTRL+T.

17. В появившемся окне Routing Tool Options разрешим добавление переходных отверстий (Vias Allowed), выключим трассировку с нарушениями (Errors Allowed) и проверку DRC «на лету» (On Line DRC). Параметр Passes установим в значение 2.

18. Нажмем кнопку ОК и закроем окно.

19. Выполним команду меню Select/Mode/Item или нажмем кнопку на панели инструментов.

20. Выполним команду меню Routing/Autoroute или нажмем кнопку на панели инструментов.

21. С помощью мыши в окне охвата выделим все контактные площадки микросхем U9, U27, U29, U35 и U36.

Система выполнит трассировку стрингеров у контактных площадок указанных микросхем и соединенных с ними цепей (рис. 17). Из отчета, показанного на рис. 18, следует, что программа выполнила три прохода трассировки, причем в ходе первого их них (FP) выполнялась трассировка стрингеров, а в ходе двух других — разводка связанных с ними проводников. По окончании процедуры на плате имеется 149 переходных отверстий и 696 сегментов проводников.

22. Закроем окно отчета.

23. Снова выполним команду меню Edit/Undo. Изменим режим выбора объектов.

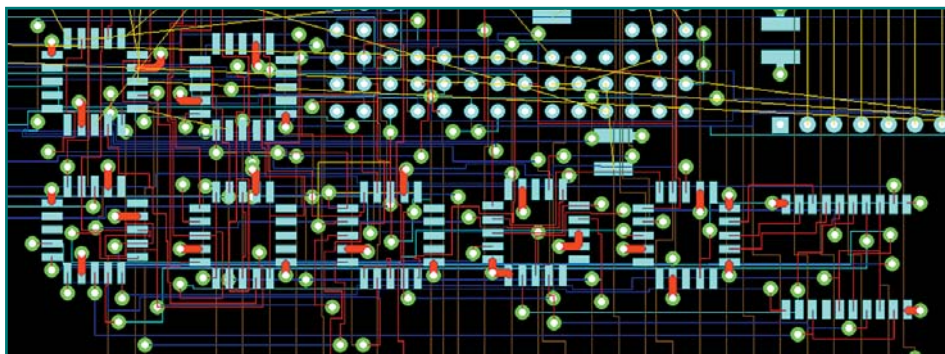


Рис. 19. Результат трассировки стрингеров, вариант 4

Passes	Effort	Angle	Width	Push Aside	Vias	Total Conns	Grids	
							Track Via	
2	10	90	Necked	On	On	869	1 1	
Routing Layers : 1 J 2 Y 7 X 9 Y 14 X 15 J								
Pass	Att'd	Routed	Fails	Errors	Vias	Segs	Length	Time
(FP)	302	302	0	0	320	495	40765.3441	00:00:01
1	175	165	0	10	387	1778	487615.9740	00:00:14
2	14	14	0	0	393	1869	495276.1079	00:00:03
Completed : Total time = 00:00:20								

Рис. 20. Отчет о результатах трассировки стрингеров, вариант 4

24. Выполним команду меню Select/Mode/Whole Net или нажмем кнопку на панели инструментов.
25. Выполним команду меню Routing/Autoroute или нажмем кнопку на панели инструментов.
26. С помощью мыши в окне охвата выделим все контактные площадки микросхем U9, U27, U29, U35 и U36.

Система выполнит трассировку стрингеров, они появятся у всех контактных площадок компонентов, которые имеют связи с указанными микросхемами (рис. 19). Из отчета, показанного на рис. 20, следует, что программа выполнила три прохода трассировки, причем в ходе первого из них (FP) была выполнена трассировка стрингеров, а в ходе двух других — разводка связанных с ними проводников. По окончании процедуры на плате имеется 393 переходных отверстия и 1869 сегментов проводников.

27. Закроем окно отчета.
28. Выполним команду меню View/Frame или нажмем кнопку на панели инструментов.
29. С помощью мыши зададим окно охвата таким образом, чтобы на экране оптимально отображалась область платы с микросхемой U27 (рис. 21).

Разводка стрингеров у данной микросхемы очень хорошо иллюстрирует работу опций Via Share (слева) и Pin Share (справа) из диалогового окна Footprints.

30. Выполним команду меню Edit/Undo.
- В качестве самостоятельного упражнения мы рекомендуем выполнить трассировку стрингеров в ручном и автоматическом режимах с использованием всех инструментов, доступных на панели инструментов Footprint Tools, у микросхем U1 и U5. Перед разводкой

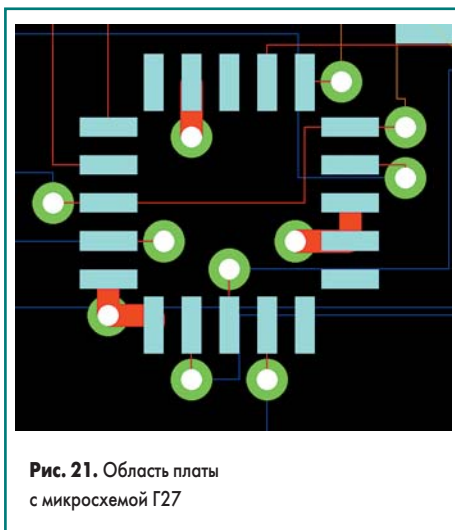


Рис. 21. Область платы с микросхемой U27

желательно изменить назначенный по умолчанию для всех цепей стиль переходных отверстий с Circle 55/28(via) на VIA\_v(via) меньшего размера. Напомним, что делается это в окне Attribute Editor, вызываемом командой меню Configure/Attributes.

### Рекомендации по улучшению качества конечной топологии

Как мы уже говорили ранее, автотрассировщик программы P.R.Editor XR для решения большинства проблем и получения 100%-ной трассировки использует многопроходной алгоритм. Число проходов (Passes) и попыток (Effort) задается в окне Routing Tool Options. Динамика процесса трассировки в зависимости от этих параметров показана на рис. 22. Судя по графику, использование большого количества попыток обеспечивает хороший процент выполнения разводки, но требует много времени. Использование меньшего количества попыток ускоряет процесс трассировки, но результаты разводки получаются незавершенными на 100%.

Трудно дать какие-либо однозначные рекомендации по назначению данных параметров. Стратегия будет очень сильно зависеть от сложности проекта и времени, доступного для работы трассировщика. Для относительно простых проектов количество попыток (Effort) желательно задавать от 5 до 10 при небольшом числе проходов (Passes) — от 2 до 5. Для сложных проектов количество попыток (Effort) должно быть максимальным и равно 10, а число проходов (Passes) — не менее 20. При таких настройках трассировка представляет собой сложную вычислительную операцию, однако быстродействия современных процессоров вполне хватает, что завершить ее за разумное время.

Следует помнить, что при задании двух и более проходов трассировки программа будет пытаться переразвести ранее проложенные вручную проводники. Если их положение имеет для нас критически важное значение, то перед запуском автотрассировщика их рекомендуется зафиксировать.

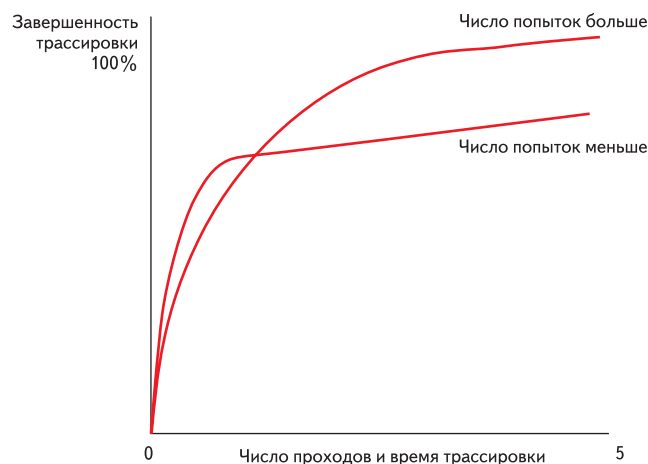


Рис. 22. Динамика процесса трассировки

Если в проекте имеются компоненты, повернутые на некоторый угол таким образом, что их контактные площадки располагаются не вдоль линий сетки трассировки, то при их трассировке программа будет использовать сначала направление выхода относительно данного компонента, а уже затем учитывать настройки разрешенного в окне Routing Tool Options угла трассировки.

В ряде случаев имеет смысл выполнять диагональную трассировку с использованием углов 45 и 0 градусов. Разрешенный угол трассировки задается в окне Routing Tool Options в выпадающем списке Angle. Например, при заданном угле трассировки 0 градусов при выключенной опции Angled Autorouting трассировщик будет продолжать прокладывать проводники в ортогональном стиле, и лишь в наиболее проблемных местах он будет пытаться проложить проводники под произвольным углом. При включенной опции Angled Autorouting проводники будут проложены под произвольным углом изначально, что бывает очень полезно при очень плотном расположении контактных площадок, например у корпусов BGA. Следует помнить, что в ходе автотрассировки под произвольным углом изображение на экране обновляется только по завершению очередного прохода.

После завершения трассировки платы рекомендуется выполнить операцию сглаживания (Smoothing), которая позволит сократить имеющееся на плате число переходных отверстий и сегментов проводников. Особенно эта операция необходима, если трассировка выполнялась в режиме следования контуру, то есть в окне Routing Tool Options была включена опция Contour Following.

Перевод автотрассировщика в режим сглаживания осуществляется включением в окне Routing Tool Options опции Smoothing. Часть обычных опций трассировщика при этом становится недоступной, например трассировка с ошибками (Errors Allowed) или свопинг эквивалентных выводов (Pin Swap Allowed). Стратегия трассировки задается многопроходной, рекомендуемое число проходов (Passes) — пять. В процессе сглаживания можно добавлять и удалять переходные отверстия. Напомним, что настройка весовых коэффициентов добавления отверстий выполняется в окне Costs, вызываемом командой меню Configure/Routing/Costs.

Программа P.R.Editor XR имеет еще один очень полезный инструмент, который может быть использован в режимах ручной и автоматической трассировки, а также в режиме сглаживания — инструмент выравнивания зазоров. Этот инструмент позволяет изменять зазоры между некоторыми сегментами ортогональных проводников, что упрощает разводку за счет освобождения пространства для других проводников и переходных отверстий. Эта функция полезна и при ручном устранении нарушений правил проектирования, когда сегмент проводника, нарушающий заданный зазор, нужно отодвинуть подальше от соседних проводников или полигонов.

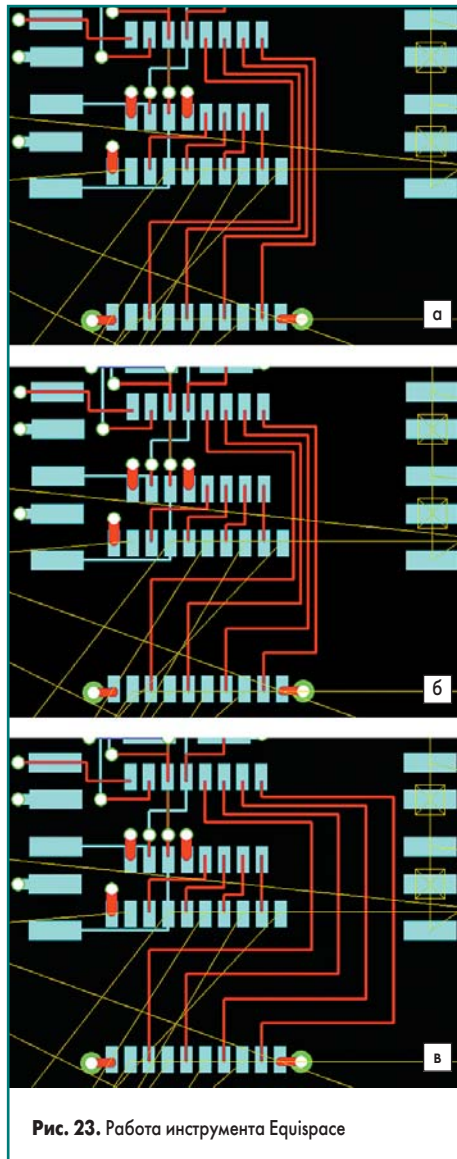







Рис. 23. Работа инструмента Equispace

Продедаем небольшое упражнение:

1. Выполним команду меню View/View All или нажмем кнопку  на панели инструментов.
2. Выполним команду меню View/Frame или нажмем кнопку  на панели инструментов.
3. С помощью мыши зададим окно охвата таким образом, чтобы на экране оптимально отображался правый верхний угол платы с предварительно разведенными на слое Component проводниками (рис. 23а).
4. Выполним команду меню Select/Select или нажмем кнопку  на панели инструментов.
5. Выполним команду меню Select/Mode/Whole Net или нажмем кнопку  на панели инструментов.
6. С помощью мыши выделим четыре имеющихся здесь проводника.
7. Выполним команду меню Edit/Unfix или нажмем кнопку  на панели инструментов, чтобы снять блокировку с указанных цепей.
8. Выполним команду меню Routing/Equispace.

Система автоматически раздвинет горизонтальные сегменты проводников так, чтобы зазор между ними по вертикали был максимально возможным, насколько хватает свободного места (рис. 23б). Обратите внимание, что перемещение сегментов не вызвало изменения длины указанных проводников.

9. Выполним команду меню Configure/Routing/Routing Tool или нажмем комбинацию горячих клавиш CTRL+T.

10. В появившемся окне Routing Tool Options включим опцию Change Length With Equispace, которая позволяет программе изменять длину цепей в ходе выполнения операции выравнивания зазоров, и нажмем кнопку ОК.

11. Снова выполним команду меню Routing/Equispace.

Теперь система автоматически раздвинет не только горизонтальные, но и вертикальные сегменты проводников на максимально возможное расстояние (рис. 23в).

Отметим, что в процессе выполнения операции выравнивания зазоров могут быть изменены только ортогональные сегменты. Проводники, проведенные под любым другим углом, а также изогнутые и соединенные с переходными отверстиями или контактными площадками, перемещаться не будут.

Функцию выравнивания зазоров Equispace не следует путать с другой очень похожей функцией — Optimum Spacing, которая выполняет оптимизацию зазоров на плате. Функцию Optimum Spacing рекомендуется использовать после того, когда трассировка топологии полностью завершена и выполнено ее сглаживание. В этом случае она позволит увеличить зазоры между проводниками, где это еще возможно, и равномерно распределить их по плате, что в ряде случаев увеличивает ее технологичность.

В завершение занятия следует сказать еще об одной функции, очень полезной при редактировании полученной в ходе автотрассировки топологии, — функции сглаживания углов (Miter). Она отличается от рассмотренной ранее функции сглаживания Smoothing тем, что в процессе ее работы не выполняется полная перетрассировка указанных цепей с измене-

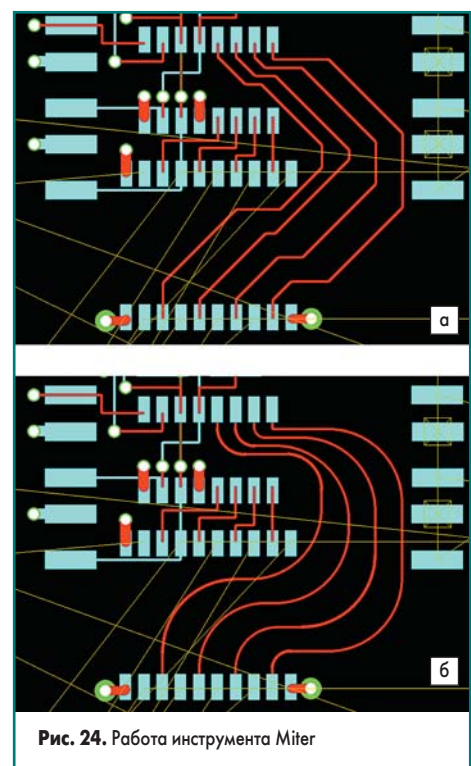




Рис. 24. Работа инструмента Miter

нием слоев, перемещением проводников и переходных отверстий, а всего лишь к имеющимся ортогональным соединениям сегментов проводников добавляются скосы под углом 45 градусов или дуги. Это позволяет повысить технологичность платы, а также свести к минимуму неоднородности в проводниках, что полезно для передачи высокочастотных сигналов. Размер скосов задается атрибутами `miter_min` и `miter_max` на уровне платы.

12. Выполним команду меню `Select/Select` или нажмем кнопку  на панели инструментов.

13. Выполним команду меню `Select/Mode/Whole Net` или нажмем кнопку  на панели инструментов.

14. С помощью мыши выделим четыре ранее раздвинутых проводника.

15. Выполним команду меню `Routing/Miter`.

Система автоматически добавит ко всем ортогональным проводникам скосы под углом 45 градусов, как показано на рис. 24а.

16. Выполним команду `Edit/Undo` и отменим только что выполненную операцию.

17. Выполним команду меню `Configure/Routing/Routing Tool` или нажмем комбинацию горячих клавиш `CTRL+T`.

18. В появившемся окне `Routing Tool Options` включим опцию `Track Style Curved`, которая разрешает программе использовать дуги, и нажмем кнопку `OK`.

19. Снова с помощью мыши выделим четыре ранее раздвинутых проводника.

20. Выполним команду меню `Routing/Miter`.

Система выполнит скругление всех ортогональных проводников, как показано на рис. 24б.

В завершение данного занятия нам остается только выйти из трассировщика `P.R.Editor XR` без сохранения текущих результатов.

21. Выполним команду меню `File/Exit`.

22. В появившемся окне `Save` нажмем кнопку `Discard`.

В следующей статье мы подробно рассмотрим работу с тестовыми точками, переключками и областями металлизации. ■