

Урок 9. Редактор печатных плат системы CADSTAR: простейшие приемы ручной и автоматической трассировки

На предыдущем занятии мы разместили на плате компоненты и полностью подготовили ее к трассировке проводников. Сегодня мы изучим простейшие приемы ручной и автоматической трассировки: разводку отдельных проводников, прорисовку стрингеров для цепей питания, автоматическую трассировку цепей на сигнальных слоях, размещение полигонов. Все приемы автоматической прокладки проводников будут рассмотрены с использованием программы CADSTAR Automatic Router, одной из трех программ автотрассировки, доступных в системе CADSTAR. В результате мы получим топологию платы, показанную на рис. 1.

Юрий Потапов

potapoff@eltn.ru

Сергей Прокопенко

psy@ic.kharkov.ua

Вычислительное ядро автотрассировщика системы CADSTAR работает по стандартному многопроходному алгоритму поиска пути трассировки и устранения нарушений.

Во время выполнения каждого прохода трассировщик пытается проложить проводники по кратчайшему пути, ищет некорректные результаты предыдущих проходов и исправляет их, стремясь к такому состоянию топологии, когда проводники разных цепей не пересекают и не касаются друг друга (рис. 2).

Наличие некоторого числа нарушений в конце каждого прохода трассировки — закономерный результат работы стратегии программы, в основе которой лежит правило, что для получения качественной топологии лучше сначала получить кратчайшие пути прохождения трасс, пусть даже с ошибками, а потом исправить данные ошибки. В этом случае появляется большая вероятность получить правильную окончательную разводку платы, нежели при прокладке длинных петель проводников, загромождающих топологию, что делается во избежание нарушений.

После завершения трассировки рекомендуется выполнить процедуру сглаживания (рис. 3), в процессе

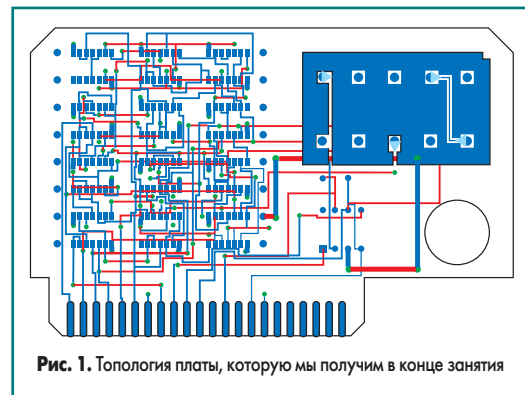



Рис. 1. Топология платы, которую мы получим в конце занятия

которой удаляются ненужные переходные отверстия и изломы проводников, а также оптимизируются зазоры между дорожками. В результате мы получаем более пригодный для производства проект, как показано далее.

Подготовка к трассировке

Для работы нам потребуется специальный пример Chapter6.pcb, который входит в комплект стандартной поставки программы CADSTAR.

1. Выполним команду меню File | Open и в появившемся окне выберем файл Chapter6.pcb.
2. Выполним команду меню View | View All или нажмем кнопку  на панели инструментов.

Откроется окно редактора печатных плат с выбранным проектом.

Поскольку первым делом мы будем разводять цепи VCC и GND, нам необходимо настроить режим отображения таким образом, чтобы показывались только они.

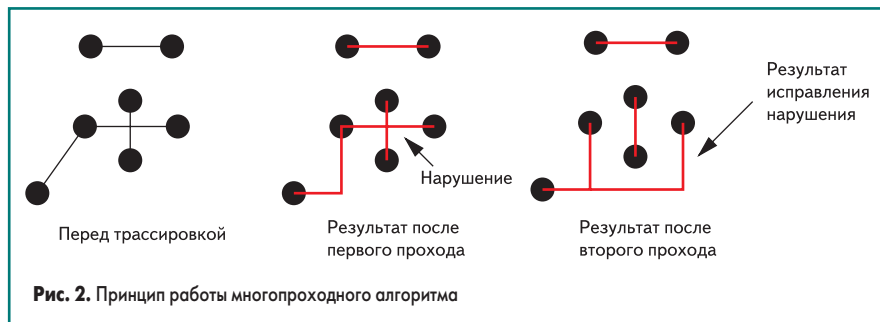


Рис. 2. Принцип работы многопроходного алгоритма

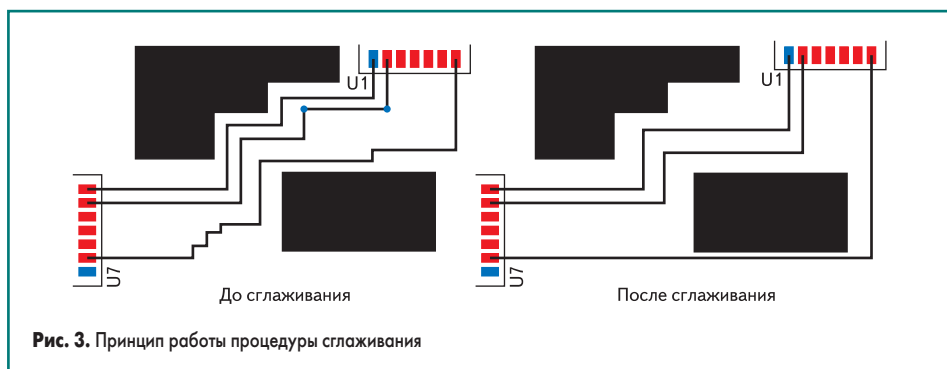


Рис. 3. Принцип работы процедуры сглаживания

3. Выполним команду Settings | Colours.
4. В появившемся диалоговом окне Colours в списке Category выберем строку Connections и нажмем кнопку Change Colours. В появившемся окне Colours–Connections в списке Code помимо Default (по умолчанию) будут присутствовать четыре типа цепей, созданные нами еще в редакторе схем: Clock, Signal, VCC и GND. Именно они задают ширины проводников соответствующих цепей.
5. Нажмем кнопку Select All и выделим все типы цепей в списке Code, после чего нажмем кнопку Visible No и сделаем их невидимыми.
6. Выполним двойной щелчок левой кнопкой мыши на типе цепей GND и включим его отображение.
7. Щелчком левой кнопки мыши на квадратике в правой части окна зададим синий цвет для типа GND.
8. Аналогичным образом включим на отображение тип цепей VCC и зададим для него красный цвет.
9. Нажмем кнопку ОК и закроем окно Colours–Connections.

Так как мы будем прокладывать проводники только на верхнем или нижнем слое, нам необходимо включить видимость лишь этой пары слоев. Все остальные слои, за исключением Top Placement, надо сделать невидимыми.

10. В окне Colours нажмем кнопку Layers.
11. В появившемся окне Colours–Layers нажмем кнопку Select All и выделим все слои в списке Layer Name, после чего нажмем кнопку Visible No и сделаем их невидимыми.
12. Удерживая нажатой клавишу CTRL с помощью мыши, выделим в списке слои Top Elec, Bottom Elec и Top Placement, а затем нажмем кнопку Visible Yes.
13. Убедимся, что опция Apply To All Categories выключена (рис. 4), и нажмем кнопку ОК.

Примечание: выключение опции Apply To All Categories предотвращает применение настройки видимости слоя в данном диалоговом окне ко всем индивидуальным установкам слоев для других объектов.

14. В диалоговом окне Colours в списке Category выберем строку Routes и нажмем кнопку Change Colours.
15. В появившемся диалоговом окне Colours–Routes зададим для проводников на слое Top Elec голубой цвет, а для проводников на слое Bottom Elec — красный, после чего нажмем кнопку ОК.

Итак, мы полностью настроили цветовую схему, которая может пригодиться нам в даль-

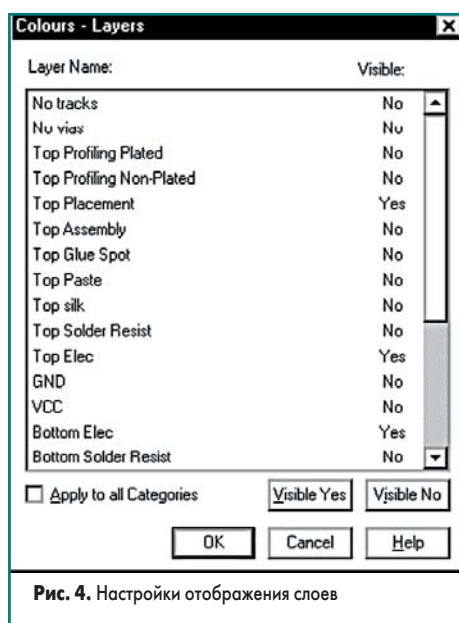


Рис. 4. Настройки отображения слоев

нейшем при трассировке цепей питания и «земли». Сохраним сделанные настройки на диске в виде файла цветовой палитры.

16. В диалоговом окне Colours в поле Colours File нажмем кнопку Save.
17. В появившемся стандартном диалоговом окне сохранения файла выберем папку Colours, зададим имя файла PowerRouting.col и нажмем кнопку «Сохранить».

Теперь мы имеем возможность выбирать данную палитру в выпадающем списке на главной панели инструментов (рис. 5).

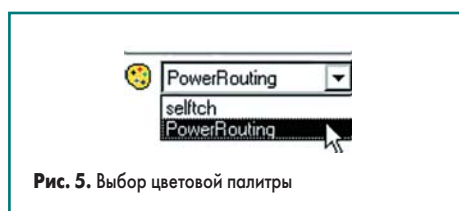


Рис. 5. Выбор цветовой палитры

18. Нажмем кнопку ОК и закроем окно Colours. На экране, помимо контура платы и компонентов, будут отображаться только соединения, относящиеся к цепям VCC и GND.

Ручная трассировка цепей

Мы готовы приступить к ручной прокладке проводников. В проектировании печатных плат это одна из основных операций, так как некоторые проводники должны иметь специфическую форму, которая может быть получена только вручную. Впоследствии мы зафиксируем проложенные дорожки, чтобы они

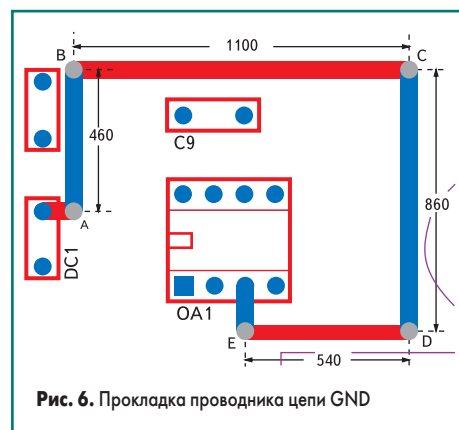


Рис. 6. Прокладка проводника цепи GND

не были удалены или изменены автотрассировщиком. Выполним соединение цепи GND между микросхемой OA1 и блокировочным конденсатором DC1, как показано на рис. 6.

1. Нажмем кнопку Item Properties на панели инструментов.
2. Наведем указатель мыши на прорисованную синим цветом линию связи между выводом 3 микросхемы OA1 и конденсатором DC1.
3. Убедимся, что в появившемся диалоговом окне Item Properties–Connections в поле Signal Name отображается имя цепи GND, и нажмем кнопки ОК закроем окно.

Обратите внимание, что имя цепи также будет отображаться в подсказке рядом с указателем мыши при наведении его на линию соединения. Если этого не происходит, то необходимо включить опцию Enable Design Tooltips на вкладке Display диалогового окна Options, вызываемого командой меню Tools | Options.

4. Выполним команду меню View | Frame View или нажмем кнопку на панели инструментов и изменим масштаб так, чтобы на экране оптимально отображались компоненты OA1 и DC1.
5. Выполним щелчок левой кнопкой мыши на поле сетки в строке состояния, в появившемся диалоговом окне Grids для рабочей сетки Current Working Grid зададим шаг по осям X и Y, равный 10 тысячным долей дюйма, и нажмем кнопки ОК закроем окно.
6. Выполним команду меню Actions | Modify Segment | Edit или нажмем кнопку на панели инструментов.
7. Наведем указатель мыши на синюю линию связи GND недалеко от вывода конденсатора DC1 и выполним щелчок левой кнопкой мыши.

От вывода 2 конденсатора DC1 к указателю мыши протянется динамически изменяемый проводник, причем в ортогональном режиме прорисовки (клавиатурная команда A 90) он будет образовывать прямой угол.

8. Подвигаем указатель мыши в разные стороны и наблюдаем реакцию редактора.

Обратите внимание, что в строке состояния будет отображаться следующая информация: имя цепи, номера выводов и имена компонентов, соединяемых данной связью (рис. 7),

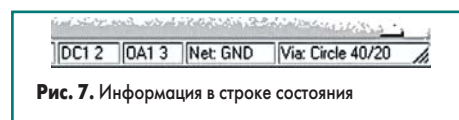


Рис. 7. Информация в строке состояния

а также координаты курсора, имя активного слоя и заданный стиль переходных отверстий.

9. Переместим курсор горизонтально в точку А (рис. 6) с координатами X3000 Y1370 и выполним щелчок левой кнопкой мыши.

На плате появляется короткий горизонтальный сегмент цепи GND с реальной шириной.

10. Переместим курсор вертикально вверх на 460 милс в точку В и выполним щелчок левой кнопкой мыши.

На плате появится второй сегмент цепи, нарисованный в слое Top Elec голубым цветом. Как мы помним, ранее в настройках слоев мы задали приоритетное направление (Routing Bias) для слоя Top Elec вертикальное (Y), а для слоя Bottom Elec — горизонтальное (X). Первый нарисованный нами горизонтальный сегмент нарисован в слое Top Elec, в этом нет ничего страшного, позднее мы изменим слой для него.

Следующий, третий горизонтальный сегмент цепи должен располагаться на слое Bottom Elec, поэтому прежде чем его нарисовать, переключим активный слой.

11. Не выходя из режима рисования проводников, выполним щелчок правой кнопкой мыши и в появившемся контекстном меню выберем команду Change Layer.

12. В появившемся на экране диалоговом окне Change Route Layer (рис. 8) в выпадающем списке Layer выберем слой Bottom Elec и нажмем кнопку ОК.



Рис. 8. Смена слоя трассировки

Цвет динамически прокладываемого проводника изменится, показывая нам, что проводим его на другом слое. Кроме того, обратите внимание, что на конце вертикального сегмента автоматически добавилось переходное отверстие.

13. Переместим курсор горизонтально вправо на 1100 милс в точку С и выполним щелчок левой кнопкой мыши.

14. Наберем клавиатурную команду L и нажмем клавишу Enter.

Слой изменится на Top Elec, который назначен в качестве Swap Layer для текущего слоя Bottom Elec (рис. 9).

15. Переместим курсор вертикально вниз на 860 милс в точку D и выполним щелчок левой кнопкой мыши.

16. Как описано ранее, изменим слой на Bottom Elec.

17. Наведем указатель мыши на вывод 3 компонента OA1 и выполним двойной щелчок левой кнопкой мыши.

Система завершит прорисовку цепи, автоматически образовав излом проводника в точке E и добавив последний вертикальный сегмент на текущем слое.

Изменим слой для первого сегмента. Не трудно догадаться, что делать это мы будем с помо-

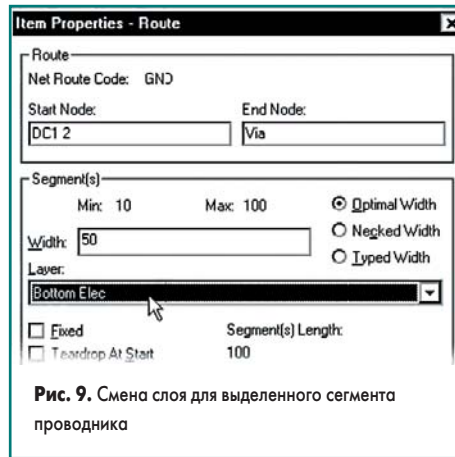




Рис. 9. Смена слоя для выделенного сегмента проводника

щью функции изменения свойств объекта Item Properties.


18. Нажмем кнопку Select  на панели инструментов и с помощью мыши выделим первый нарисованный нами сегмент цепи.

19. Нажмем кнопку Item Properties  на панели инструментов.

20. В появившемся диалоговом окне Item Properties—Route в выпадающем списке Layer выберем слой Bottom Elec, назначенный нами для горизонтальных сегментов, и нажмем кнопку ОК.

Выделенный сегмент изменит цвет, а значит, и слой, а в точке А появится переходное отверстие.


Слой для последнего сегмента мы изменим несколько иначе.

21. Нажмем кнопку Select  на панели инструментов и выполним двойной щелчок левой кнопкой мыши на последнем вертикальном сегменте нарисованного проводника.


22. В появившемся диалоговом окне Item Properties—Route в выпадающем списке Layer выберем слой Top Elec, назначенный нами для вертикальных сегментов, и нажмем кнопку ОК.

Выделенный сегмент изменит цвет, а следовательно, и слой, а в точке E появится переходное отверстие.

Добавляемые по умолчанию переходные отверстия стиля Circuit 40/20 не согласуются с шириной проводников 50 милс, соответственно, их необходимо заменить на большие.

23. Нажмем кнопку Select  на панели инструментов и выполним щелчок левой кнопкой мыши на одном из переходных отверстий, даже если его не видно на чертеже.

24. В появившемся на экране окне Select Item в списке выберем интересующий нас объект Via и нажмем кнопку ОК. Переходное отверстие окажется выделенным.

25. Нажмем кнопку Item Properties  на панели инструментов.

26. В появившемся диалоговом окне Item Properties—Via в выпадающем списке Via Code выберем новый стиль переходных отверстий Circuit 60/32 и нажмем кнопку ОК (рис. 10).

На плате появится переходное отверстие большего размера. Нам остается изменить остальные 4 отверстия. Можно сделать это последовательно, но мы воспользуемся другим способом.

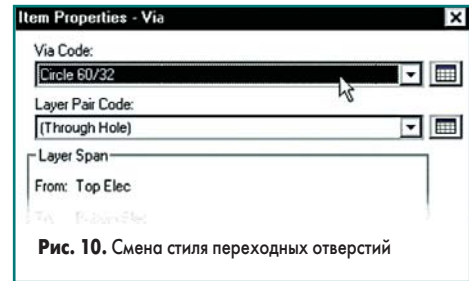




Рис. 10. Смена стиля переходных отверстий

27. Нажмем кнопку Select  на панели инструментов.

28. Удерживая нажатой клавишу CTRL, выполним щелчок на одном из четырех оставшихся отверстий, в окне Select Item выберем объект Via и нажмем кнопку ОК.

29. Повторим данное действие для трех оставшихся переходных отверстий.

В итоге у нас окажутся выделенными 4 переходных отверстия.

30. Нажмем кнопку Item Properties  на панели инструментов, в появившемся диалоговом окне Item Properties—Via в выпадающем списке Via Code выберем стиль переходных отверстий Circuit 60/32 и нажмем кнопку ОК.

Все четыре выделенных объекта изменятся одновременно.


Нам остается лишь заблокировать нарисованный проводник, чтобы автотрассировщик не трогал прорисованные вручную сегменты и переходные отверстия. Выделить все нужные объекты можно последовательным щелчком левой кнопкой мыши при нажатой клавише CTRL, но мы воспользуемся другим способом.

31. Выполним команду Settings | Colours.

32. В появившемся диалоговом окне Colours в списке Category, удерживая нажатой клавишу SHIFT, с помощью мыши выделим все категории объектов и нажмем кнопку Pickable No.

33. Далее в списке Category, удерживая нажатой клавишу CTRL, с помощью мыши выделим строки Routes и Vias и нажмем кнопку Pickable Yes.

34. Нажмем кнопку ОК и закроем окно Colours.

35. Нажмем кнопку Select  на панели инструментов.

36. С помощью мыши зададим окно охвата вокруг нарисованного нами проводника. Выделенными окажутся сразу все переходные отверстия и сегменты нарисованного проводника.

37. Нажмем кнопку Fix  на панели инструментов.

Все выделенные объекты будут заблокированы от перемещения.

38. Снова выполним команду Settings | Colours, в окне Colours в списке Category выделим все категории объектов и нажмем кнопку Pickable Yes.

Автоматическая трассировка стрингеров

Технология поверхностного монтажа требует организации соединения контактных площадок с внутренними слоями через специальные отводы с переходными отверстиями на

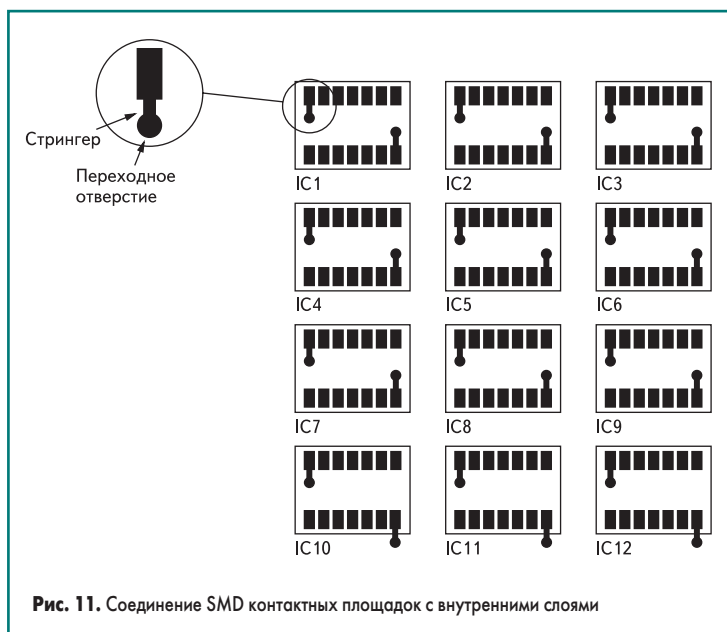


Рис. 11. Соединение SMD контактных площадок с внутренними слоями

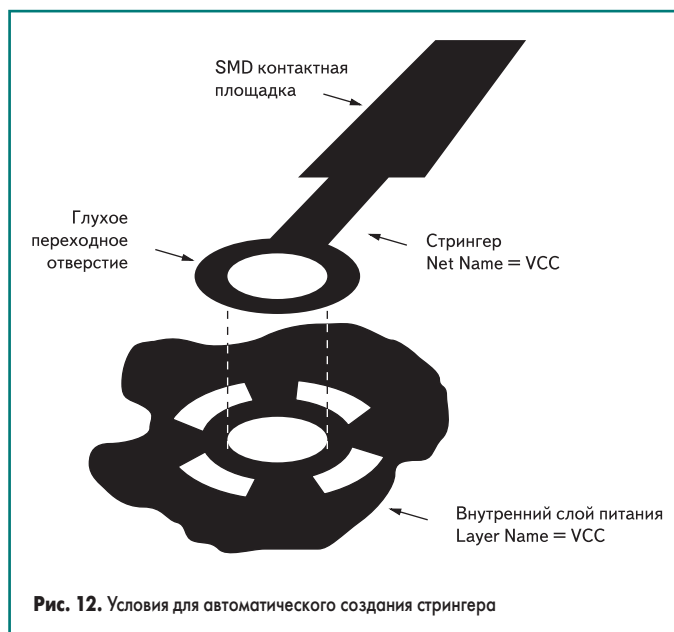


Рис. 12. Условия для автоматического создания стрингера

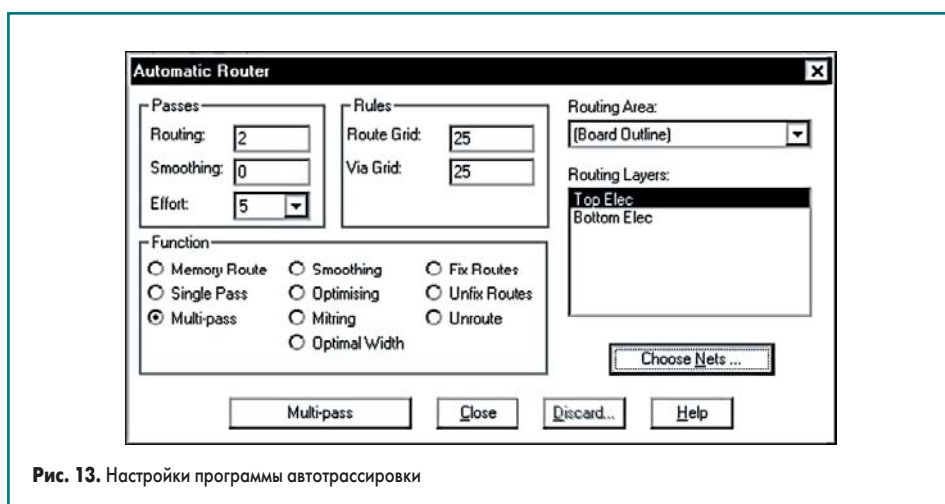


Рис. 13. Настройки программы автотрассировки

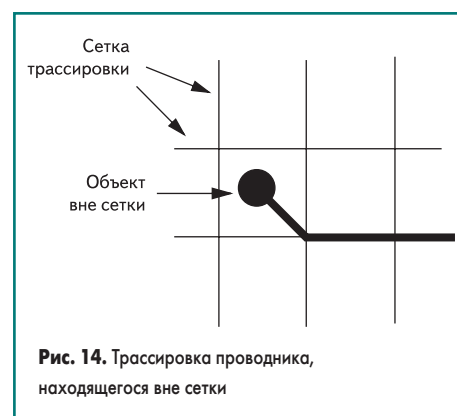


Рис. 14. Трассировка проводника, находящегося вне сетки

конце, так называемыми стрингерами (рис. 11). Правильная трассировка таких отводов позволяет значительно разгрузить наружные слои платы и существенно облегчить решение общей задачи трассировки. Именно поэтому трассировка стрингеров является первым этапом автоматической трассировки.

В нашем примере на внутренних слоях находятся только цепи питания и заземления, поэтому отводы будут добавляться к контактным SMD-площадкам именно этих двух цепей. Автотрассировщик будет располагать стрингеры на том же слое, на котором расположены площадки Top Elec, и делать их предельно короткими. Добавляемое переходное отверстие будет глухим и обеспечивать связь верхнего слоя только с соответствующим нижним слоем, согласно описанию пар слоев на вкладке Layer Pairs диалогового окна Assignments, вызываемого командой меню Setting | Assignments.

Для создания стрингера автотрассировщик проверяет два условия: отсутствие для данной контактной площадки заданного диаметра отверстия сверления (Drill Diameter) и имя цепи, которое должно совпадать с именем одного из внутренних слоев металлизации (рис. 12).

Приступим к настройке автотрассировщика. 1. Выполним команду меню Tools | Auto Router.

На экране появится диалоговое окно Automatic Router (рис. 13). Рассмотрим приведенные здесь настройки более подробно:

- Function — в этом поле выбирается процедура, которая будет выполняться трассировщиком: Memory Route (трассировка памяти), Single Pass (однопроходной режим), Multi-pass (многопроходной режим), Smoothing (сглаживание), Optimising (оптимизация зазоров), Mitring (добавление углов), Optimal Width (увеличение ширины проводников), Fix Routes (блокировка проводников), Unfix Routes (разблокировка проводников), Unroute (отмена трассировки). Название выбранной процедуры отображается на кнопке запуска. Кроме того, от выбора процедуры зависит активность других параметров в данном окне.
- Passes Routing — задает число проходов многопроходной трассировки.
- Passes Smoothing — задает число проходов сглаживания проводников.
- Passes Effort — определяет количество попыток, предпринимаемых трассировщиком для прокладки проводника между двумя точками.
- Route Grid — задает шаг сетки трассировки.

Примечание: трассировщик системы CAD-STAR принадлежит к категории бессеточных, так как способен прокладывать проводники, на-

ходящиеся вне узлов сетки трассировки. Задание шага сетки служит лишь для упорядочивания общего рисунка топологии. Для соединения с объектами, находящимися вне сетки трассировки, используются короткие сегменты проводников (рис. 14).

- Via Grid — задает шаг размещения переходных отверстий. Эта сетка должна быть кратной шагу сетки трассировки.
 - Routing Area — задает область трассировки соединений.
 - Routing Layer — задает слои, на которых будет выполняться прокладка проводников.
 - Choose Nets — данная кнопка вызывает окно выбора цепей.
2. Нажмем кнопку Choose Nets.
 3. В появившемся окне Choose Nets в левом списке Net List, удерживая нажатой клавишу CTRL, с помощью мыши выберем цепи VCC и GND, нажмем кнопку Add и нажмем кнопки OK закроем окно.
 4. Выполним все остальные настройки в окне Automatic Router, как показано на рис. 13. А именно выберем многопроходной режим (Multi-pass), зададим число проходов трассировки (Routing) 2, а сглаживания (Smoothing) 0; число попыток (Effort) зададим равным 5, хотя для такой простой операции как прокладка стрингеров, скорее всего, будет достаточно одного прохода; сетки размещения переходных отверстий (Via Grid) и проводников (Route Grid) зададим равными 25 милс, что

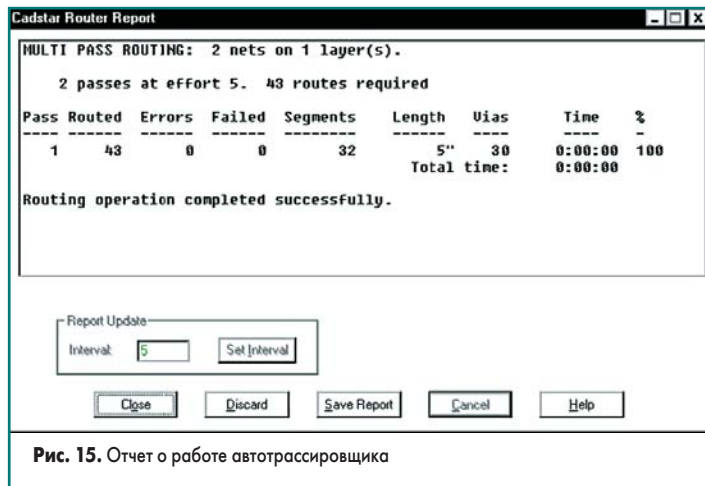


Рис. 15. Отчет о работе автотрассировщика

хорошо согласуется с примененными на нашей плате SMD-компонентами; в качестве области трассировки (Routing Area) укажем всю плату (Board Outline); слой для трассировки (Routing Layer) выберем Top Elec.

5. Наждем кнопку Multi-pass.

В зависимости от конфигурации системы CADSTAR в этот момент может появиться предупреждение No Field Solver data found (не найдены данные анализа полей), которое можно игнорировать.

На экране появится окно с отчетом о работе трассировщика, данные в котором будут обновляться каждые 5 секунд (рис. 15). Как только трассировка будет полностью завершена, в отчете появится сообщение: Routing operation completed successfully.

Полученный нами отчет может немного отличаться от показанного на рис. 15, это не страшно. Обратите внимание, что для прорисовки стрингеров программе потребовался всего один проход. Пользователь может задаться вопросом, не проще ли было использовать однопроходной режим Single Pass? Для данного простейшего примера однопроходная трассировка, при которой мы можем менять лишь количество попыток, вполне подходит. Но для более сложных случаев она может привести к неприемлемому результату.

6. Так как нам не требуется сохранение отчета в файл, наждем кнопку Close и закроем окно отчета.

7. Во вновь появившемся диалоговом окне Automatic Router наждем кнопку Close.

На экране появится запрос на подтверждение добавления результатов работы трассировщика на топологию в редактор печатных плат (рис. 16). Это связано с тем, что обмен данными с программой трассировки происходит через промежуточный текстовый файл с расширением .RIF.

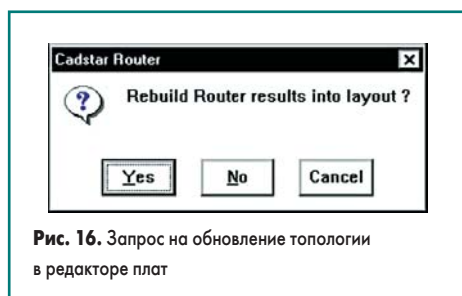



Рис. 16. Запрос на обновление топологии в редакторе плат

8. Наждем кнопку Yes и подтвердим обновление топологии.

9. Выполним команду меню View | View All или наждем кнопку  на панели инструментов.

Можно видеть, что программа трассировки добавила ко всем контактным SMD-площадкам цепей VCC и GND короткие проводники с переходным отверстием на соответствующий внутренний слой. Нам остается лишь заблокировать их, чтобы они не менялись при последующей автотрассировке оставшихся цепей.

10. Снова выполним команду меню Tools | Auto Router.

11. В окне Automatic Router в поле Function выберем процедуру Fix Routes и наждем кнопку Fix Routes.

Поскольку мы забыли указать цепи, обрабатываемые в ходе выполняемой операции, на экране появится окно Choose Nets.

12. В появившемся окне Choose Nets, как и ранее, в список Chosen Nets добавим цепи VCC и GND и нажатием кнопки OK закроем окно.

Так как ранее система уже создала RIF файл с именем аналогичным текущему проекту, при повторном запуске программы автотрассировки появится запрос на подтверждение перезаписи этого файла (рис. 17).

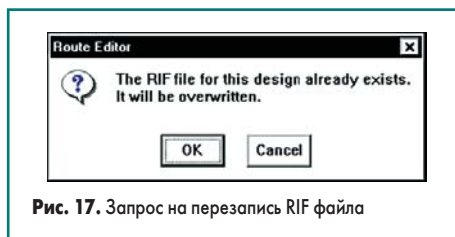


Рис. 17. Запрос на перезапись RIF файла

13. Для продолжения наждем кнопку OK.

14. В появившемся по окончании выполнения операции окне отчета наждем кнопку Close.

15. Нажатием кнопки Close закроем окно Automatic Router.

16. В появившемся запросе на обновление топологии, наждем кнопку Yes.

У всех проводников и переходных отверстий цепей VCC и GND будет автоматически включен параметр Fixed. Проверим это.


17. Наждем кнопку Item Properties  на панели инструментов и щелкнем левой кнопкой мыши на одном из переходных отверстий.



Рис. 18. Настройка однопроходного режима трассировки

18. В появившемся на экране окне Select Item в списке выберем интересующий нас объект Via и наждем кнопку OK.

На экране появится диалоговое окно Item Properties—Via, в котором видно, что опция Fixed для данного объекта включена. Кроме того, убедимся, что это автоматически добавленное переходное отверстие является глухим: в поле Layer Span для него указаны слои Top Elec и GND или VCC, в зависимости от имени цепи.

19. Наждем кнопку OK и закроем окно Item Properties—Via.

Мы полностью готовы к автотрассировке остальной части цепей на плате.

Автоматическая трассировка цепей

Разводку оставшихся цепей на плате, включая VPOS и VNEG, мы также будем выполнять в многопроходном режиме. Но перед этим выполним однопроходную трассировку, по результатам которой определим необходимое число попыток (Effort) для многопроходного режима.

1. Выполним команду Settings | Colours.

2. В появившемся диалоговом окне Colours в списке Category выберем строку Connections и наждем кнопку Change Colours.

3. В появившемся окне Colours—Connections наждем кнопку Select All и выделим все типы цепей в списке Code, после чего наждем кнопку Visible Yes и сделаем их видимыми.

4. Последовательно закроем окна Colours—Connections и Colours.

5. Выполним команду меню Tools | Auto Router.

6. В окне Automatic Router в поле Function выберем процедуру Single Pass, зададим параметр Effort равным 5, шаги сеток сделаем равными 5 милс, в качестве области трассировки (Routing Area) укажем всю плату (Board Outline), слои для трассировки (Routing Layer) выберем Top Elec и Bottom Elec (рис. 18), после чего наждем кнопку Single Pass.

7. В появившемся окне Choose Nets в список Chosen Nets добавим все цепи кроме VCC и GND, после чего нажмем кнопки OK закроем окно.

8. Подтвердим обновление RIF-файла.

На экране появится отчет о ходе выполнения трассировки (рис. 19). Попробуем проанализировать результаты однопроходной трас-

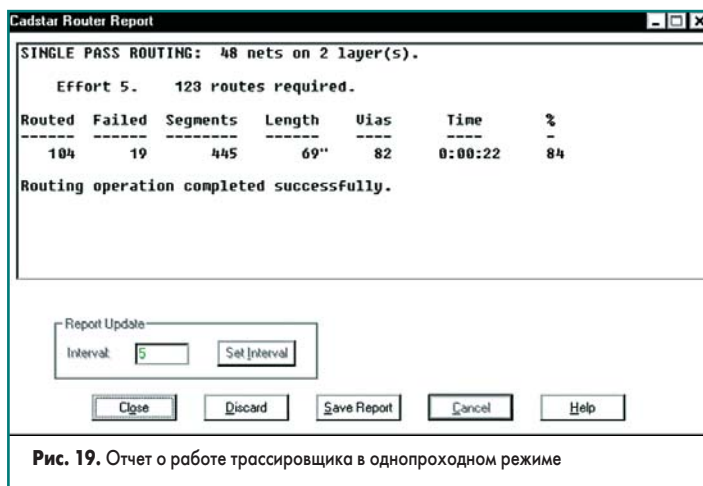


Рис. 19. Отчет о работе трассировщика в однопроходном режиме

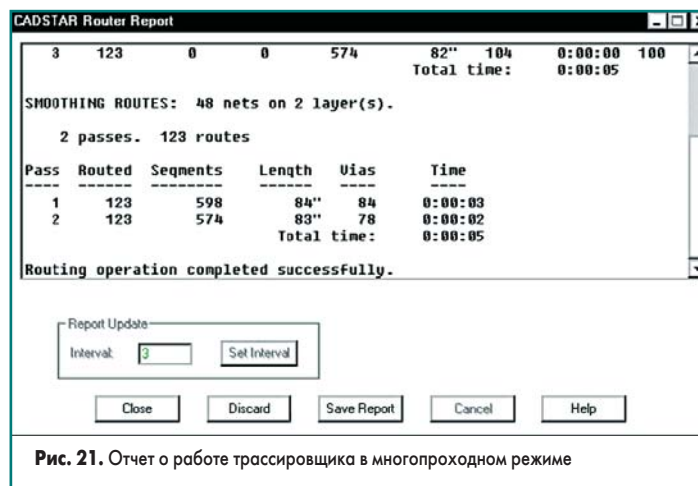


Рис. 21. Отчет о работе трассировщика в многопроходном режиме

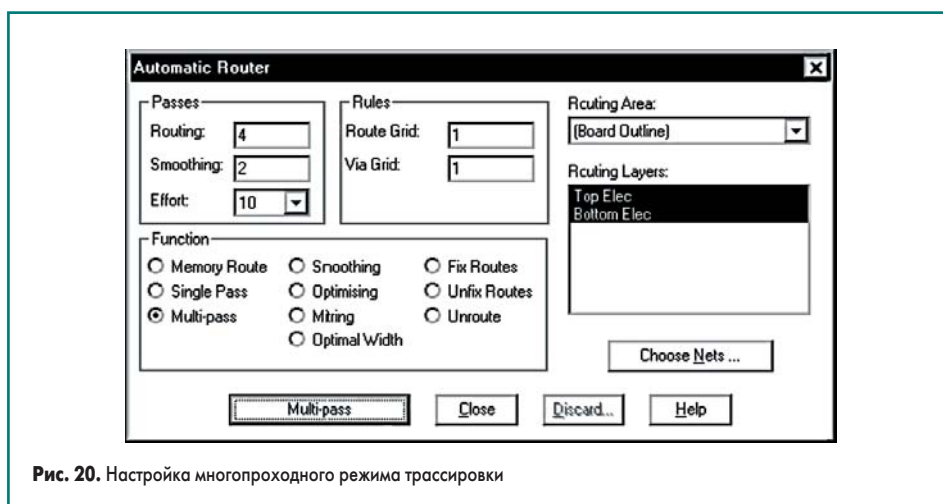


Рис. 20. Настройка многопроходного режима трассировки

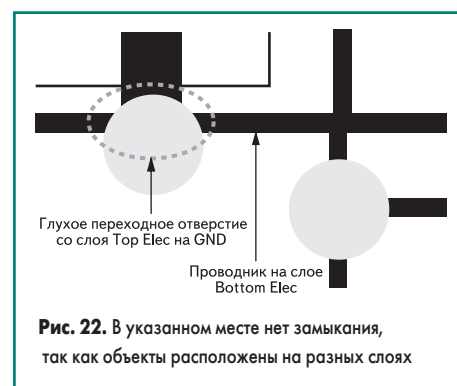


Рис. 22. В указанном месте нет замыкания, так как объекты расположены на разных слоях

сировки для определения примерного значения количества попыток (Effort), требуемого для многопроходного режима.

Процент завершенности трассировки можно считать хорошим, если он превышает 80. На практике, из-за большого количества SMD-компонентов, это значение получается несколько ниже, чем могло бы быть, так как при однопроходной трассировке создаваемые проводники блокируют выходы от других контактных SMD-площадок. В многопроходном режиме трассировщик может развести заново или «растолкать» в стороны блокирующие дорожки, и тем самым удалить любые нарушения при последующих проходах. Поэтому мы будем использовать максимально допустимое в системе количество попыток, равное 10.

Полученный нами результат однопроходной трассировки показывает, что он вполне удовлетворителен для продолжения и перехода к многопроходной трассировке. Если процент завершения получился ниже 70, то перед переходом к многопроходной трассировке нам бы потребовалось изменить расположение компонентов на плате.

9. Нажмем кнопку Close и закроем окно отчета.
10. Нажатием кнопки Close закроем окно Automatic Router.
11. В появившемся запросе на обновление топологии нажмем кнопку No.
12. Снова выполним команду меню Tools | Auto Router.
13. Выполним все настройки в окне Automatic Router, как показано на рис. 20. А именно

выберем многопроходной режим (Multi-pass); зададим число проходов трассировки (Routing) 4, а сглаживания (Smoothing) 2; число попыток (Effort) зададим равным 10; сетки размещения переходных отверстий (Via Grid) и проводников (Route Grid) зададим равными 1 мил; в качестве области трассировки (Routing Area) укажем всю плату (Board Outline); слои для трассировки (Routing Layer) выберем Top Elec и Bottom Elec, после чего нажмем кнопку Multi-pass.

14. Подтвердим обновление RIF-файла.
- На экране появится отчет о ходе выполнения трассировки (рис. 21). Изменим частоту обновления отчета.

15. В поле Report Update параметру Interval присвоим значение 3 и нажмем кнопку Set Interval.

Отчет начнет обновляться раз в три секунды. По завершении работы всех проходов трассировки и сглаживания процент завершения будет равным 100.

16. Нажмем кнопку Close и закроем окно отчета.

17. Нажатием кнопки Close закроем окно Automatic Router и подтвердим обновление топологии.

Все цепи в проекте окажутся разведены. Если по каким-либо причинам в проекте остались неразведенные соединения, не стоит беспокоиться. В качестве самостоятельного упражнения можно попробовать заново оттрассировать плату, изменив настройки программы трассировки, например, увеличив число

проходов или предварительно изменив размещение компонентов на плате.

Если мы внимательно посмотрим на полученную топологию, то обнаружим, что некоторые проводники и переходные отверстия выглядят так, будто бы они соприкасаются и образуют короткое замыкание (рис 22).

На самом деле замыкания не происходит, так как горизонтальный проводник проходит по слою Bottom Elec, а переходное отверстие со слоя Top Elec на GND является глухим и не имеет выхода на слой Bottom Elec.

Нам остается лишь сохранить разведенный проект платы.

18. Выполним команду меню File | Properties, в появившемся окне Properties в поле Design Title введем текст Routed и нажмем кнопку ОК.

19. Выполним команду меню File | Save As, в появившемся диалоговом окне выберем папку, в которой будет сохранен новый проект, укажем имя файла selftch6.pcb и нажмем кнопку «Сохранить».

Формирование каплевидных контактных площадок

Каплевидные контактные площадки (рис. 23) предназначены для повышения технологичности платы при ее изготовлении, так как позволяют получить более надежный контакт площадки с проводником при большой погрешности сверления. В системе CADSTAR плавный переход от площадки к дорожке выполняется посредством изменения свойств проводника, что позволяет создавать такие переходы еще и в местах соединения сегментов проводников разной ширины.

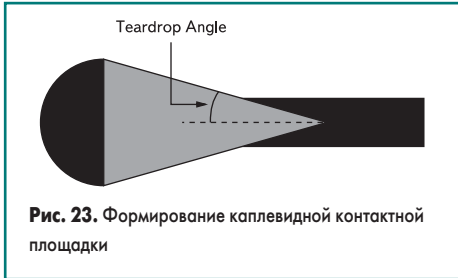






Рис. 23. Формирование каплевидной контактной площадки

Выполним упражнение и добавим плавные переходы ко всем контактным площадкам области Analogue. Прежде всего, настроим цвет плавных переходов, чтобы их можно было отличить от проводников.

1. Выполним команду Settings | Colours.
2. В появившемся диалоговом окне Colours в списке Category выберем строку Highlights и нажмем кнопку Change Colours.
3. В появившемся окне Colours-Highlights с помощью мыши выделим в списке строку Teardrops и зададим для них цвет, отличный от проводников на слоях Top Elec и Bottom Elec.
4. Последовательно закроем окна Colours-Highlights и Colours.
5. Выполним команду Setting | Defaults.
6. В появившемся окне Defaults перейдем на вкладку Routes в поле Teardrop Angle (угол перехода) введем значение 30 градусов, после чего нажмем кнопку ОК и закроем окно.
7. Нажмем кнопку Select  на панели инструментов и с помощью мыши выделим проводник, подходящий к любому выводу одного из резисторов области Analogue.
8. Нажмем кнопку Item Properties  на панели инструментов.
9. В появившемся диалоговом окне Item Properties-Route включим активную опцию Teardrop At Start или Teardrop At End, в зависимости от того, каким концом проводник подключен к контактной площадке.
10. Нажмем кнопку ОК и закроем окно Item Properties-Route.

К выделенному проводнику будет добавлен плавный переход, образующий каплевидную контактную площадку. Чтобы добавить подобные переходы к остальным площадкам в данной области платы, необходимо выделить нужные проводники. Это можно сделать последовательно с помощью мыши, удерживая нажатой клавишу CTRL, но мы воспользуемся уже знакомым нам методом с использованием свойства Pickable.

11. Выполним команду Settings | Colours.
12. В появившемся диалоговом окне Colours в списке Category, удерживая нажатой клавишу SHIFT, с помощью мыши выделим все категории объектов и нажмем кнопку Pickable No.
13. Далее в списке Category с помощью мыши выделим строку Routes и нажмем кнопку Pickable Yes.
14. Нажмем кнопку ОК и закроем окно Colours.
15. Нажмем кнопку Select  на панели инструментов.
16. С помощью мыши зададим окно охвата вокруг проводников, расположенных в области Analogue, и выделим их.

17. Нажмем кнопку Item Properties  на панели инструментов.
18. В появившемся диалоговом окне Item Properties-Route включим опции Teardrop At Start и Teardrop At End и нажмем кнопку ОК.

У всех выделенных проводников в точке присоединения к контактной площадке или переходному отверстию будут добавлены плавные переходы. Обратите внимание, что если сегмент проводника, к которому добавлялся переход, был слишком коротким, то угол перехода увеличивался автоматически, подстраиваясь под его длину.

19. Снова выполним команду Settings | Colours, в окне Colours в списке Category выделим все категории объектов и нажмем кнопку Pickable Yes, после чего нажмем кнопки ОК закроем окно.

Удаление плавных переходов осуществляется выключением опции Teardrop At Start или Teardrop At End соответствующего проводника. Данную операцию мы рекомендуем проделывать в виде самостоятельного упражнения.

Формирование областей заливки

Одним из способов формирования областей заливки в редакторе печатных плат системы CADSTAR является функция Maximise Copper.



Каждая область заливки имеет назначенное имя цепи, что означает ее объединение со всеми другими объектами, принадлежащими этой цепи и попавшими внутрь контура области заливки. Все остальные объекты, принадлежащие другим цепям, будут обрисованы контуром с учетом зазоров, заданных правилами Route to Pad (проводник — контактная площадка) или Route to Route (проводник—проводник).

Создаваемая нами область заливки на слое Top Elec будет принадлежать цепи GND, поэтому будет объединяться с ранее нарисованным проводниками этой цепи (рис. 24). Для начала настроим редактор так, чтобы отображался только слой Top Elec.

1. Выполним команду Settings | Colours.
2. В появившемся диалоговом окне Colours нажмем кнопку Layers.



Рис. 24. Область заливки, полученная с помощью функции Maximise Copper

3. В открывшемся диалоговом окне Colours-Layers нажмем кнопку Select All и затем кнопку Visible No.
4. Выполним двойной щелчок левой кнопкой мыши на строке Top Elec в списке Layers, убедимся, что опция Apply to all Categories выключена, и нажмем кнопку ОК.
5. Нажмем кнопку ОК и закроем окно Colours. Теперь в редакторе отображается только содержимое слоя Top Elec. Для прорисовки области заливки нам необходимо задать специальный тип линий.
6. Выполним команду меню Setting | Assignment и в появившемся диалоговом окне Assignment перейдем на вкладку Copper.
7. Нажмем кнопку Add Assignment и создадим новый тип линий с именем Copper Flooding.
8. Установим параметр Width для созданного типа равным 1 милс и нажатием кнопки ОК закроем окно. Приступим к рисованию области заливки.
9. Выполним команду меню Add | Shape | Defaults или нажмем кнопку  на панели инструментов.
10. В появившемся диалоговом окне Defaults перейдем на вкладку Shape (рис. 25), в поле Type выберем опцию Copper, в выпадающем списке Code выберем стиль линий Copper Flooding, в списке Layer выберем слой Top Elec, в списке Fill Style выберем строку Filled, а также включим опцию Closed.
11. Нажмем кнопку ОК и закроем окно Defaults.
12. Выполним команду меню View | Frame View или нажмем кнопку  на панели инструментов и изменим масштаб так, чтобы на экране оптимально отображались резисторы из области Analogue.

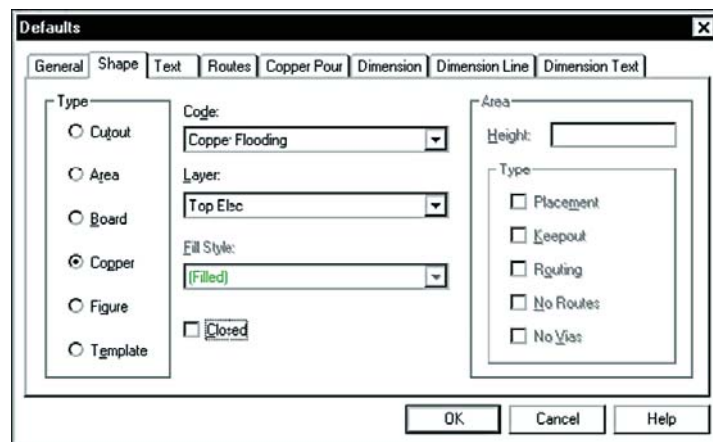


Рис. 25. Диалоговое окно Defaults, вкладка Shape



Рис. 26. Задание контура области заливки

13. Выполним команду меню Actions | Maximise Copper.

Данная функция работает без диалогового окна, все подсказки появляются в строке состояния. Первая подсказка будет иметь вид Select start point for maximise copper boundary («Задайте начальную точку контура области заливки»).

14. Щелчком левой кнопкой мыши зададим левый верхний угол контура, как показано на рис. 26.

В строке состояния появится подсказка: Insert corner or double click for finish («Задайте угол или выполните двойной щелчок для завершения»). То есть процесс рисования области заливки ничем не отличается от прорисовки обычного полигона.

15. Зададим остальные углы контура и двойным щелчком левой кнопкой мыши завершим его прорисовку.

На экране появится запрос, будет наша область заливки объединена с каким-либо объектом на плате (рис. 27).

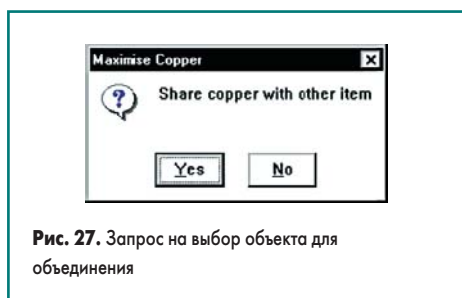


Рис. 27. Запрос на выбор объекта для объединения

16. Нажмем кнопку Yes.

В строке состояния появится подсказка: Select item to share copper with («Выберите объект для объединения с областью заливки»).

17. Наведем указатель мыши на нарисованный нами вручную проводник цепи GND и выполним щелчок левой кнопкой мыши. Фактически мы задаем имя цепи для области заливки.

На экране приклеенным к указателю мыши окажется белый квадрат, который имеет размер стороны 25 милс. Это число получено сложением двух величин зазора Route to Pad или Route to Route (12 милс) и ширины линии, тип которой выбран для заполнения области заливки (рис. 28). В строке состояния появится подсказка Select copper seed position (укажите позицию с которой начнется заполнение).

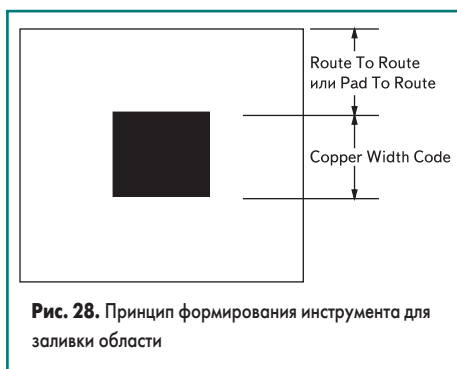


Рис. 28. Принцип формирования инструмента для заливки области

18. Переместим указатель мыши в центр нарисованной нами области и выполним щелчок левой кнопкой мыши.

На экране появится запрос, выполнить ли формирование области заливки (рис. 29).

19. Нажмем кнопку Yes.

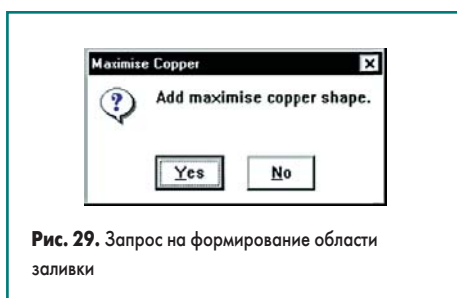


Рис. 29. Запрос на формирование области заливки

На топологии появится область заливки, которая объединится с цепью GND и отечет все остальные объекты, принадлежащие другим цепям с зазором 12 милс. Возможно, некоторые участки области окажутся не залитыми, поскольку в них не смог проникнуть инструмент заполнения. В этом случае процедуру формирования области придется повторить заново, изменив соответствующие настройки.

Кроме того, обратите внимание, что заливка области Maximise Copper не полностью повторяет контур плавных переходов или круглых площадок, что связано с алгоритмом ее формирования. Для редактирования области заливки мы можем использовать стандартные функции редактирования полигона, например Fillet Corner, Edit Segment и Move.

Редактор печатных плат все еще будет находиться в режиме прорисовки областей, о чем свидетельствует подсказка в строке состояния.

20. Так как мы не будем рисовать новых областей заливки, нажмем клавишу Escape.

21. Выполним команду Settings | Colours.

22. В появившемся диалоговом окне Colours в списке Category выберем строку Copper, нажмем кнопку True Size No, после чего нажмем кнопку Layers.


23. В появившемся окне Colours-Layers нажмем кнопку Select All и выделим все слои в списке Layer Name, после чего нажмем кнопку Visible No и сделаем их невидимыми.

24. С помощью мыши выделим в списке слои Top Elec, нажмем кнопку Visible Yes, убедимся, что опция Apply To All Categories выключена и нажмем кнопку ОК.

25. Закроем окно Colours.

На экране останутся только объекты, находящиеся в слое Top Elec, а созданная нами об-

ласть заливки будет отображаться только контуром, который можно редактировать, как контур обычного полигона.

26. Выполним команду меню View | Frame View или нажмем кнопку  на панели инструментов и изменим масштаб так, чтобы на экране оптимально отображался один из прямоугольных вырезов области заливки вокруг круглой контактной площадки.

27. Выполним щелчок левой кнопкой мыши на поле сетки в строке состояния, в появившемся диалоговом окне Grids для рабочей сетки Current Working Grid зададим шаг по осям X и Y равный 5 тысячных долей дюйма и нажмем кнопки ОК закроем окно.

28. Выполним команду меню Actions | Fillet Corner и выполним щелчок левой кнопкой мыши на одном из углов выреза.

29. Переместим указатель мыши в сторону центра контактной площадки и зададим нужный радиус скругления, после чего еще раз выполним щелчок левой кнопкой мыши.

30. Аналогичным способом скруглим еще один угол, чтобы получить вид, показанный на рис. 30.



Рис. 30. Скругление вырезов в областях заливки

31. Нажмем клавишу Escape и выйдем из режима скругления углов.

В качестве самостоятельного упражнения вы можете добавить к контуру скосы под углом 45 градусов с помощью команды Actions | Mitre Corner, а также отредактировать сегменты контура командой Actions | Modify Segment | Edit. Однако этим не следует увлекаться. Система CADSTAR предлагает другие, более удобные способы заливки областей металлизации, которые мы рассмотрим позднее.

Нам остается лишь сохранить созданный нами проект платы.

32. Выполним команду меню File | Properties, в появившемся окне Properties в поле Design Title введем текст Routes and Copper Added и нажмем кнопку ОК.

33. Выполним команду меню File | Save As, в появившемся диалоговом окне выберем папку, в которой будет сохранен новый проект, укажем имя файла selftch6.pcb и нажмем кнопку «Сохранить».

Итак, мы рассмотрели основные приемы рисования проводников в ручном режиме, а также автоматическую трассировку с помощью самой простой программы трассировки системы CADSTAR Automatic Router. На следующем занятии мы рассмотрим работу другого авто-трассировщика — Embedded Router.