

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 27.01.2022 22:54:50  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d31e51fc11eabb175e945d14a48911da36d089

**МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное**  
**образовательное учреждение высшего образования**  
**«Юго-Западный государственный университет»**  
**(ЮЗГУ)**

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ О.Г. Локтионова  
« 15 » \_\_\_\_\_ 2017 г.



**Разработка печатной платы с помощью графического редактора ORCAD LAYOUT**

Методические указания по выполнению лабораторной работы  
для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.03

Курск 2017

УДК 681.5

Составитель А.А. Гримов

Рецензент

Доктор технических наук, профессор А.Ф. Рыбочкин

**Разработка печатной платы с помощью графического редактора ORCAD LAYOUT:** методические указания по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Информационные технологии конструирования электронных средств» / Юго-Зап. гос. ун-т.; сост.: А. А. Гримов. Курск, 2017. 30 с.: ил. 5

Содержатся теоретические сведения, касающиеся методов определения метрологических характеристик средств измерения, разбираются вопросы, связанные с устройством электромеханических приборов.

Указывается порядок выполнения лабораторной работы.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать \_\_\_\_\_ . Формат 60×84 1/16.  
Усл. печ. л. \_\_\_\_ . Уч.-изд. л. \_\_\_\_ . Тираж 100 экз. Заказ \_\_\_\_ . Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....	4
2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	4
3. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ.....	29
4. РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ.....	29
5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ .....	30

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является изучение процесса разработки печатной платы с помощью графического редактора **OrCAD LayOut**.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В теоретической части излагаются структура, свойства и основные характеристики графического редактора **OrCAD LayOut**, описывается алгоритм и особенности разработки печатной платы. В конце дается пример разработки печатной платы.

### Структура и команды главного меню графического редактора OrCAD LayOut

Разработка печатной платы начинается с создания проекта схемы (файл new.dsn) с помощью редактора OrCAD Capture и выделения из принципиальной схемы списка электронных компонентов (далее ЭК) и их соединений (или Netlist в виде файла new.mnl) для его загрузки в редактор печатных плат OrCAD LayOut.

Кроме того, в пакет OrCAD включены следующие сервисные программы для проектирования печатных плат:

- GerbTool – для доработки печатных плат с целью создания файлов для фотоплоттеров;
- Visual CADD – упрощенный вариант редактора чертежей AutoCAD;
- SmartRoute – продвинутый бессеточный трассировщик печатных плат.

Графический редактор OrCAD LayOut работает в двух режимах – *начальном* и *рабочем*.

В *начальном* режиме редактор имеет стандартный вид, в верхней строке которого слева направо помещены кнопка (пиктограмма) входа и выхода из редактора, *имя редактора*, а в конце строки – кнопки свертывания, восстановления и закрытия редактора. В следующей строке помещены *команды главного меню*, а под ней инструментальная линейка в виде иконок (пиктограммы), в которой дублируются *рабочие команды подменю* главного меню (далее - ГМ). Центральную часть редактора занимает *поле проектирования печатной платы*, под которым внизу

расположена *статусная строка*, в которой выводится текущая информация о работе редактора.

В *начальном* режиме главное меню редактора имеет всего лишь несколько команд (рис. 4.3), предназначенных для:

- выбора и загрузки шаблона печатной платы со стандартными параметрами (файл типа **new.tch**);
- загрузки принципиальной схемы в виде списка электронных компонентов и их соединений (или **Netlist** в виде файла **new.mnl**);
- указания имени файла разрабатываемой печатной платы типа **new.max**.

В представленном меню основными рабочими командами являются команды **File/New** и **File/Open**, с помощью которых создается новая печатная плата или открывается файл разработанной ранее печатной платы. Смысл остальных команд **View**, **Tools** и **Help** вполне понятен по названию и опыту работы с предыдущими редакторами пакета OrCAD. В частности, с помощью команд **File/Import** и **File/Export** осуществляется обмен проектами с другими пакетами проектирования печатных плат (например, типа PCAD), а через команду **Tools** происходит переход в другие редакторы и сервисные программы пакета OrCAD.

В инструментальную линейку вынесены команды подменю **File/New** и **File/Open**, а также **Help/About Layout**.

При создании новой печатной платы с помощью команды **File/New** после ввода или создания перечисленных выше файлов (**new.tch**, **new.mnl**, **new.max**) редактор LayOut автоматически переходит в *рабочий* режим (рис. 4.4). В случае открытия файла (например, **old.max**) уже *созданной печатной платы* с помощью команды **File/Open**, редактор LayOut сразу переходит в *рабочий* режим.

В *рабочем режиме* в редактор после *инструментальной линейки* добавляется *командная строка*, в которой можно изменять параметры и режимы работы редактора. Ниже *командной строки* введена *строка заголовка ГМ*. В центре экрана дисплея как обычно располагается *поле проектирования ПП*, а ниже – *статусная строка*.

В *рабочем режиме* число команд главного меню редактора LayOut увеличивается с 4 до 8, из которых *содержание и смысл* двух команд **Window** и **Help** совпадают практически с такими же командами в других графических редакторах пакета OrCAD, а в команде **File** смысл таких *команд подменю*, как **Load**, **Save**, **Save As**, **Close**, **Print/Plot**, **Library Manager**, **Text Editor** и **Exit**, совпадает с такими же *командами подменю* команды **File** других графических редакторов пакета OrCAD.

Следующая команда главного меню **Edit** во многом совпадает с такими же командами других редакторов пакета OrCAD. Например, *команды подменю* **Undo**, **Copy**, **Paste**, **Delete** предназначены для работы с буфером обмена и являются стандартными командами всем известного редактора MSWord. Команды **Find/Goto** и **Select Any** обеспечивают поиск электронного компонента по его позиционному обозначению, а команда **Select Next**-выбор следующего ЭК. Отмена выбора ЭК в электронной таблице осуществляется с помощью команды **Clear Selection**. Завершение работы и выход из команды подменю ГМ **Edit** обеспечивает команда **End Command**. Редактирование выбранного объекта на печатной плате обеспечивает команда **Properties**.

Команда ГМ **View** обеспечивает просмотр результатов проектирования печатной платы. Так, первая команда подменю **Design** выводит на экран дисплея полное изображение печатной платы, следующая команда **Density Graph** показывает гистограмму плотности расположения ЭК на печатной плате, а предварительный просмотр слоев печатной платы обеспечивает команда **Preview**. Контрастность изображения, очистку и перечерчивание экрана обеспечивают команды **High Contrast**, **Clear Screen** и **Redraw**. Вывод окна опроса ЭК осуществляется командой **Query Window**. *Полная информация об ЭК и печатной плате размещается в электронной таблице, которая выводится на экран по команде Database Spread Sheets*. Следующие 6 команд типа **Zoom...** обеспечивают удобное для разработчика изображение печатной платы и ее элементов в необходимом масштабе. Последние две команды **Select Layer** и **Visible-Invisible** позволяют выбрать необходимый слой печатной платы и сделать

его видимым или невидимым на экране дисплея. Возможность работы конструктора *с электронной таблицей* осуществляется с помощью команды **View/Database Spread Sheets**.

Команда ГМ **Tools** обеспечивает *создание конструкции печатной платы, ручную компоновку на ней ЭК и трассировку печатной платы* с целью оптимизации конструкции проекта печатной платы по выбранным р характеристикам. Поэтому рассмотрим в данном случае только назначение команд подменю. Первая команда **Layers** предназначена для работы со слоями печатной платы, а команды **Cluster**, **Group** и **Matrix** – для работы с группами ЭК. Работа с отдельными ЭК и их размещением на ПП (*компоновка*) осуществляется командой **Component**. Выбор и редактирование упаковочной информации ЭК производит команда **Package**. Следующие далее команды предназначены для работы с секциями ЭК (**Gate**) и их корпусами (**Footprint**), контактными площадками (**КП**) и переходными отверстиями (**ПО**) в печатной плате (**Padstack**), выводами ЭК (**Pin**) и их апертурами (**Aperture**), цепями (**Net**) и электрическими соединениями (**Connection**). Ручную прокладку трасс (*трассировка*), а также работу с их сегментами обеспечивают команды **Track** и **Track Segment**. Следующие далее в подменю команды позволяют работать с переключками (**Jumper**) в печатной плате, переходными отверстиями (**Via**), контрольными точками (**Test Point**), таблицей сверловки отверстий в печатной плате (**Drill Chart**), наносить текст на печатную плату (**Text**), проставлять размеры (**Dimension**), проводить измерения (**Measurement**), создавать конструкцию ПП и работать с барьерами (**Obstacle**) и маркерами ошибок (**Error**).

Команда ГМ **Options** обеспечивает настройку параметров и режимов работы графического редактора печатных плат **LayOut**. Команды подменю позволяют задавать общие параметры печатной платы (**System Settings**), устанавливать цвета слоев печатной платы (**Colors**), задавать правила раскраски (**Color Rules**), устанавливать время автосохранения (**Auto Backup**), задавать допустимые зазоры между объектами (**Global Spacing**), стратегию компоновки (**Placement Strategy**) и параметров компоновки (**Place Settings**), устанавливать стратегию трассировки (**Route Strategies**) и выбор ее режимов (**Route Settings**).

Следующие далее команды обеспечивают выбор правил переименования ЭК (**Component Renaming**), настройку параметров Gerber-файлов для фотоплоттеров (**Gerber Settings**) и редактирования их таблиц (**Post Process Settings**), а также настройку глобальных параметров (**User Preferences**).

Команда *Auto* является *основной рабочей командой при автоматической компоновке и трассировке* печатной платы (ПП). Первая команда подменю **Refresh** позволяет перечерчивать и высвечивать на ПП все внесенные изменения, а команды **Place** и **Unplace** – производить и отменять *автоматическую компоновку* ЭК на ПП. Для планарных ЭК следующая команда **Fanout** обеспечивает создание стрингеров (*короткие печатные проводники между выводами корпусов ЭК и переходными отверстиями на печатной плате*).

Автоматическая трассировка ПП и ее отмена осуществляется с помощью команд **Autoroute** и **Unroute**.

Проверку правил проектирования ПП обеспечивает команда **Design Rule Check**. Следующие далее команды выполняют: автоматическое удаление ошибок нарушения допустимых зазоров между ЭК на ПП (**Remove Violations**); исключение в базе данных неиспользуемых объектов (**Cleanup Design**); автоматическое переименование ЭК (**Rename Components**); изменение нумерации ЭК на принципиальной схеме по переработанной ПП (**Back Annotate**); создание **Gerber** – файлов слоев ПП (**Run Post Processor**); создание отчетов о проекте (**Create Reports**).

Наиболее часто используемые рабочие команды подменю ГМ графического редактора **Layout** выделены в виде инструментальной линейки.

В ней следует отметить две кнопки (пиктограммы), которых нет в главном меню (ГМ) – команда включения программы проверки ошибок в ПП (**DRC on/off**) и отключения видимости электрических связей (**Reconnect on**).

### **Организация проекта, особенности проектирования и структурная схема алгоритма разработки печатной платы**

На рис. 1 представлены основные этапы создания проекта печатной платы с помощью графического редактора **LayOut**.





Рис. 1. Основные этапы создания проекта печатной платы с помощью графического редактора Layout

С помощью графического редактора **Capture** создается принципиальная схема, из которой выделяется список ЭК с электрическими цепями (**Netlist**) в виде файла **new.mnl** и загружается в редактор печатных плат **Layout**, где на печатной плате (файл **new.max**) с заданными конструктором формой и размерами (файл шаблона **new.tch**) происходит размещение корпусов ЭК (**Placing Components**) и соединение их между собой с помощью печатных проводников (**Routing**). В пакете **OrCAD** предусмотрена возможность взаимной горячей связи между принципиальной схемой и печатной платой (**Cross probing**) – например, выделение электрической цепи в принципиальной схеме вызывает подсвечивание соответствующего ей печатного проводника на ПП и наоборот. Затем редактор **Layout** позволяет вывести на принтер или графопостроитель рабочие чертежи ПП и сформировать **Gerber** – файл для фотоплоттера, а также файлы для пакетов типа **PCAD** и другие сервисные файлы (**Gerber, DXF, reports**).

### Организация проекта печатной платы и установки режимов работы графического редактора LayOut

Разработка новой печатной платы (ПП) начинается после загрузки редактора **Layout**, выполнения команды **File/New** (в *начальном режиме*) и ввода файлов шаблона ПП, списка ЭК и их соединений из принципиальной схемы и создания файла новой ПП, после чего редактор **Layout** переходит в *рабочий режим*.

*Технологические шаблоны* (Technology templates, файлы с расширением имени \*.tch или \*.tpl) содержат начальную информацию о печатной плате: зазоры и сетка трассировки, размеры контактных площадок и т. п. В дальнейшем все эти установки можно изменить по отдельности или загрузить новый шаблон после создания печатной платы. В результате загрузки технологического шаблона в текущий проект вносятся следующие изменения:

- устанавливается новая структура слоев печатной платы;
- изменяются размеры шагов всех сеток;
- изменяются параметры всех стеков контактных площадок (СКП) выводов компонентов и переходных отверстий (ПО).

При выборе шаблонов с заранее заданными параметрами в редакторе **LayOut** предлагается несколько вариантов, из которых рекомендуется выбрать файл **3bet\_any.tch**, где можно устанавливать ЭК как с планарными, так и штыревыми выводами. По желанию конструктора можно подключить шаблон по умолчанию **\_default.tch**, в котором можно установить заново все необходимые параметры ПП.

После успешной загрузки перечисленных выше файлов на экране дисплея появляются *корпуса ЭК с электрическими соединениями между ними (не путать с печатными проводниками)*.

Следующим этапом при создании ПП является установка следующих общих (глобальных) параметров ПП с помощью команды ГМ **Options/System Settings**:

- системы единиц;
- разрешающая способность;
- поворот углов;
- размеры рабочей области ПП;
- допустимые расстояния между корпусами ЭК, их выводами и печатными дорожками (электрические цепи).

Затем необходимо с помощью команды **View/Database Spreadsheets/Layers** просмотреть в электронной таблице *слои печатной платы* и, в случае необходимости, отредактировать командой **Edit/Properties** или, щелкнув правой кнопкой *мыши*, активировать в появившемся на экране подменю команду **Properties**. Пе-

чатная плата содержит верхний (**Top**) и нижний (**Bot**) наружные слои, два слоя металлизации (**GND** и **Power**), необходимые для разводки земли и питания. Не следует забывать, что эти слои часто выполняют роль экрана и развязки (на высоких частотах). В случае использования планарных корпусов ЭК необходимо указать слои их зеркального отражения (**Mirror Layer**) для возможного переноса планарных корпусов с одной стороны ПП на другую. В редакторе также имеются несколько внутренних слоев (Inner1, ...n) для многослойных ПП, а также ряд других вспомогательных слоев.

Следующим этапом является просмотр и редактирование в электронной таблице с помощью команды **View/Database Spreadsheets/Padstacks** контактных площадок (КП) выводов корпусов ЭК и переходных отверстий (ПО), необходимых для электрических связей между слоями ПП.

### **Создание конструкции печатной платы, ручная и автоматическая компоновка (размещение) корпусов электронных компонентов на печатной плате**

После проведения необходимых установок для печатной платы (ПП), просмотра ее слоев и контактных площадок выводов корпусов ЭК необходимо начертить контур (нарисовать конструкцию) ПП и задать в ней область компоновки и трассировки ЭК. Для этого с помощью команды **Tool/Obstacle** (или нажав два раза левой кнопкой «мыши» в поле проектирования ПП) вызывается диалоговое окно, где устанавливается слой конструкции ПП (**Global Layer**) и тип барьера или контура печатной платы (**Board Outline**). При этом желательно указать номер или имя созданного конструктива (контура) ПП и затем, нажав левой кнопкой «мыши» на **OK** или на **Esc** (на клавиатуре), вернуться в окно проектирования и с помощью «мыши» (*не нажимая на кнопки «мыши»*) нарисовать контур ПП.

С помощью команды **View/Zoom DRC/Route Box** необходимо указать пунктиром область, в которой происходит проверка технологических правил выполнения ПП. *При этом необходимо помнить, что выполнение команд ГМ необходимо завершать нажатием правой кнопки «мыши» и активацией команды **End Command** в выпадающем меню.*

Размещение корпусов электронных компонентов на ПП осуществляется *вручную* или *автоматически*.

Сначала разрабатывается схема с помощью редактора **Capture**, затем, в случае необходимости, моделируется ее работа с помощью редакторов **Simulate** или **P-Spice**, после чего выделяется из нее список ЭК и соединяющих их электрических цепей в виде **Net**-файла, который является основой для создания печатной платы.

Затем необходимо перейти в редактор печатных плат **LayOut** и загрузить:

- стандартный или собственный файл с шаблоном правил выполнения ПП;
- **Net**-файл;
- файл с именем новой печатной платы, на которой будут размещены корпуса ЭК и соединяющие их печатные проводники (электрические цепи или связи) разрабатываемой принципиальной схемы.

В результате выполнения данной операции на экране дисплея появятся корпуса ЭК схемы с соединяющими их электрическими цепями (*не путать с печатными проводниками*). Затем необходимо изобразить контур ПП с помощью команды **Tool/Obstacle/New** или кнопки **Obstacle** инструментальной линейки и указать область проверки технологических правил выполнения ПП (команда **View/ Zoom DRC/Route Box**). Далее, необходимо нажать на кнопку **Component Tool** на инструментальной линейке и выделить с помощью левой кнопки «мыши» корпус первого ЭК. С помощью правой кнопки «мыши» необходимо активировать из выпадающего меню команды перемещения, поворота и т.д. для расположения корпуса ЭК на ПП в необходимом месте. Затем с помощью «мыши» перемещается *корпус ЭК с его электрическими связями* на печатную плату. Операция по размещению корпуса ЭК заканчивается с помощью команды **End Command** из выпадающего меню (правая кнопка «мыши»). Ручная компоновка (размещение) следующих корпусов ЭК на ПП производится таким же образом.

*Автоматическая компоновка корпусов ЭК* на печатной плате (ПП) включает в себя следующие варианты расположения корпусов ЭК на ПП:

- компоновка корпусов ЭК с минимальными электрическими связями;
- компоновка корпусов ЭК, совмещенная со сдвигом в сторону соседних мешающих корпусов;
- кластерная компоновка, заключающаяся в объединении корпусов ЭК в группы по функциональному принципу (например, схема стандартного усилителя или генератора) и их компактного совместного размещения в определенном месте ПП;
- улучшенная интерактивная компоновка корпусов ЭК на ПП, включающая в себя перебор различных алгоритмов размещения ЭК и все функциональные возможности редактора **LayOut**.

Автокомпоновка ЭК на ПП выполняется с помощью команды ГМ – **Auto/Place/Board**. В течение процесса компоновки на статусной строке выводится непрерывно сообщение о количестве размещенных ЭК на ПП в процентах, а после завершения всего процесса на экран дисплея выводится сообщение о полном времени, затраченного на автокомпоновку.

### **Автоматическая трассировка печатной платы (соединение печатными проводниками выводов корпусов электронных компонентов)**

Следующим этапом после размещения (*компоновки*) корпусов ЭК на печатной плате (ПП) является соединение выводов ЭК электрическими проводниками по принципиальной схеме (*трассировка ПП*). Информация о выводах ЭК и электрических связях между ними заложена в NET-файлы принципиальных схем, которые загружаются в редактор **LayOut** при организации проекта ПП в начале работы. Электрические проводники на ПП имеют вид печатных дорожек, ширина которых определяется проходящими через них токами и техническими требованиями к конструкции ПП.

Однако перед трассировкой ПП необходимо задать параметры и свойства электрических цепей (печатных проводников) и указать слои ПП, в которых редактор **LayOut** должен будет проводить электрические соединения.

*Подключение слоев печатной платы*, необходимых для трассировки электрических цепей, осуществляется путем выбора на инструментальной линейке кнопки **View Spreadsheet** (электронная таблица) и активации в подменю команды **Layers**. В появившейся электронной таблице указано около 30 слоев ПП, из которых к наиболее важным следует отнести:

- верхний TOP;
- нижний BOTTOM;
- внутренние Inerr1 – Inerr12;
- земли и питания GND и POWER;
- чертеж надписей (например, R1, C5, DD3 и т.д.) на печатной плате SILKSCREEN TOP или SST(вид сверху), SILKSCREEN BOTTOM или SSB (вид снизу);
- чертеж маски (защита печатной платы от внешних воздействий зеленым лаком или «зеленка») MASK TOP (вид сверху) и MASK BOTTOM (вид снизу);
- сверловочные отверстия на печатной плате DRILL TAPE и их чертежи DRILL DRAWING;
- сборочные чертежи печатной платы ASSEMBLY DRAWING TOP или AST (вид сверху) и ASSEMBLY DRAWING BOTTOM или ASB (вид снизу).

*Редактирование свойств* слоев ПП осуществляется путем **выделения** с помощью «мышки» в заданном слое секции столбца под заголовком **Layer Type** в электронной таблице и выбора в выпадающем меню (правая кнопка «мышки») команды **Properties**, которая открывает окно **Edit Layer**. В данном окне можно путем активации необходимой команды сделать слой доступным для трассировки (**Routing Layer**), ее запрета (**Unused Routing**) и т.д.

*Вывод слоя на экран дисплея и его отключение* осуществляется с помощью команды главного меню **View/Visible<->Invisible**.

*Для редактирования электрических цепей* необходимо активировать в инструментальной линейке электронную таблицу **View Spreadsheet/Nets** и выделить в ней заданные цепи. Щелкнув два раза в электронной таблице по имени необходимой цепи, можно отредактировать ее параметры в появившемся на экране дисплея диалоговом окне **Edit Net**, после чего окно закрывается кнопкой **OK**.

Затем необходимо указать, в каких слоях ПП надо проводить наиболее важные электрические цепи, для чего следует:

- активировать снова электронную таблицу электрических цепей **View Spreadsheet/Nets**, выделить в ней заданные цепи и в выпадающем меню (правая кнопка «мышки») нажать на кнопку **Properties**, вызвав тем самым появление на экране дисплея диалогового окна **Edit Net**;
- в окне **Edit Net** необходимо выбрать кнопку **Net Layers**, которая выводит на экран новое окно **Layers Enabled for Routing**, где конструктором активируются типы слоев (верхний, нижний, внутренний и т.д.), в которых редактор **LayOut** должен будет проводить указанные электрические соединения;
- возврат обратно в среду проектирования ПП осуществляется с помощью кнопки **ОК**.

*При автоматической трассировке печатной платы* используются стратегии:

- общих критериев разводки (**ROUTE SWEEP**) типа *размера окна* проектирования и *шаблонов направления* разводки (до 7 типов);
- числа проходов выбранных стратегий (**ROUTE PASS**);
- выбора и контроля слоев ПП для заданных шаблонов разводки (**ROUTE LAYER**);
- выбора критериев допустимых зазоров (**ROUTE SPACING**) для каждого слоя ПП.

При шаблонной технологии трассировка начинается в центре ПП и далее идет по спирали против часовой стрелки к краям ПП. При этом конструктором могут использоваться приемы «расталкивания» или **shove**-технологии редактирования соседних печатных проводников, а также интерактивные способы трассировки.

Таким образом, для *автоматической трассировки* печатной платы необходимо:

- отредактировать параметры разводимых электрических цепей;
- проконтролировать конструкцию (размеры) печатной платы, параметры сквозных отверстий и сетки трассировки;

- предварительно *вручную развести* и закрепить на ПП *критические электрические цепи*;
- загрузить файл стратегии трассировки;
- запустить автотрассировщик на исполнение разводки ПП;
- используя все возможности редактора **LayOut**, оптимизировать трассировку ПП.

Описание *первых трех этапов* изложено в начале этого параграфа при ручной трассировке ПП.

С помощью команды **File/Load** реализуется следующий этап загрузки файла стратегии трассировки из списка файлов типа **4\_sm2\_v.st** или **6\_thr\_h.st**, где первая цифра есть число слоев ПП, а следующие две буквы и цифра, например, **sm2\_v** говорят о том, что это двухсторонняя ПП для плоского монтажа планарных

ЭК, а **thr\_h** обозначает ПП со сквозными отверстиями для ЭК с вертикальными выводами (**DIP** корпуса).

После этого можно запускать автотрассировщик на исполнение для разводки электрических цепей на ПП по команде **Auto/AutoRoute**, после выполнения которой можно попытаться вручную развести цепи, которые не удалось выполнить автотрассировщику.

Улучшение трассировки ПП можно также осуществить с помощью кнопки **AutoPath Route** инструментальной линейки.

На качество автотрассировки можно повлиять выбором стратегии трассировки с помощью команды инструментальной линейки **View Spreadsheet/Strategy/Route Pass**. «Кликнув» мышкой в появившейся таблице **Route Pass** в секции **Win/Comp/Manual** по строке **Pass 2** и, выделив в выпадающем меню (правая кнопка «мышки») команду **Properties**, выведем на экран дисплея окно **Edit Route Pass**. Активируем в окне опции **Enabled** и **Via Reduce** и через клавишу **OK** выйдем в главное меню, в котором запустим на исполнение команду **Window/Reset All**. Затем запустим автотрассировку ПП и после ее выполнения с помощью команды инструментальной линейки **View Spreadsheet/Statistics** убеждаемся в уменьшении числа проходных отверстий в ПП.

Прерывание процесса автотрассировки производится по команде **Auto/AutoRoute/Halt AutoRoute** или при нажатии на



кнопку клавиатуры **Esc**, а продолжение автотрассировки – по команде **Auto/AutoRoute/Resume Routing**.

Между редакторами **LayOut** и **Capture** можно установить *горячую связь* **Cross Probing**, для чего необходимо открыть оба редактора и загрузить в них один и тот же проект, располагая одновременно изображение принципиальной схемы ПС и печатной платы ПП на разделенном пополам экране (команда ГМ **Window/Half Screen**). При этом в редакторе **Capture** предварительно необходимо открыть окно **Preferences** с помощью команды **Options/Preferences/Miscellaneous** и включить опцию **Enable Intertool Communication**. В редакторе **LayOut** никаких предварительных установок делать не надо. В результате, *выделив* на ПС ЭК или электрическую цепь *можно высветить* их в виде корпуса или печатного проводника на ПП и наоборот. При этом возможна *прямая корректировка* **Forward annotation** ПП по изменениям в ПС и *обратная корректировка* **Back annotation** ПС по изменениям в ПП.

### **Редактирование, сервис и вывод на печать рабочих чертежей печатной платы**

Следующим шагом является *простановка размеров* ПП, однако, перед этим необходимо выбрать систему единиц измерения, например, миллиметры (мм). Для этого с помощью команды **Options/System Settings** необходимо открыть окно **System Settings**, в котором выделяется опция **Millimeters(mm)**, после чего, нажав на кнопку **ОК**, выйти в ГМ.

В левом нижнем углу ПП обычно помещается базовая точка проекта (**Datum**) или начало координат, относительно которой отсчитываются все размеры ПП. Данную точку по желанию можно перемещать по ПП с помощью команды **Tool/Dimension/Move Datum**, «кликнув» мышкой в необходимом месте на ПП и выйти затем в ГМ, «кликнув» мышкой в выпадающем меню (правая кнопка «мышки») по команде **End Command** (или нажав на клавишу **ESC**).

Чтобы *указать на чертеже размеры* ПП, необходимо, включив команду ГМ **Options/User Preferences**, открыть окно **User Preferences**, в котором выделяется опция **Enable Full Screen**

**Cursor** с последующим закрытием окна кнопкой **ОК**. В результате проделанной операции указатель «мышки» (маленький крестик) превратится в перекрестие в виде двух перпендикулярных линий на всей области окна проектирования ПП. Затем включается команда ГМ **Tool/Dimension/New** и из выпадающего меню (правая кнопка «мышки») с помощью команды **Properties** открывается окно **Auto dimension Options**, в котором выделяются опция относительных размеров **Relative Dimensions**, и, например, слой ПП **SSTOP** (слой для надписей на ПП) из выпадающего меню **Layer** в том же окне, которое закрывается после кнопкой **ОК**.

Выйдя в окно проектирования, необходимо подвести перекрестие к первой точке на ПП и «кликнуть» по ней мышкой, а затем переместить перекрестие к второй точке и опять «кликнуть» по ней мышкой, после чего на чертеже платы появится *двухсторонняя стрелка с проставленным значением расстояния между указанными точками или размер*.

При этом следует отметить, что *абсолютные размеры* проставляются на ПП относительно базовой точки проекта (**Datum**) или начала координат.

Для восстановления прежнего вида указателя мышки необходимо выбрать команду **Options/User Preference**, отключить опцию **Enable Full Screen Cursor** в появившемся окне **User Preferences** и с помощью кнопки **ОК** выйти из него в ГМ.

С помощью диаграммы плотности **Density Graph** можно проверить *плотность связей* между ЭК в зависимости от компоновки ЭК и выбранной стратегии трассировки. Цвет диаграммы на ПП определяет плотность связей, при этом черный и синий цвета указывают на низкую, а желтый и красный – на высокую плотность. Контроль диаграммы плотности осуществляется с помощью команды ГМ **View/Density Graph**.

Для изготовления ПП, ее контроля, сборки и монтажа необходимо создать *файлы чертежей печатной платы* (ПП), в состав которых обычно входят:

- сборочные чертежи ПП **ASSEMBLY DRAWING TOP** или **AST** (вид сверху) и **ASSEMBLY DRAWING BOTTOM** или **ASB** (вид снизу);
- чертеж трассировки верхнего слоя **TOP**;

- чертеж трассировки нижнего слоя **BOTTOM**;
- чертежи внутренних слоев **Inerr**;
- чертежи надписей на печатной плате **SILKSCREEN TOP** или **SST**(вид сверху), **SILKSCREEN BOTTOM** или **SSB** (вид снизу);
- чертежи маски (защита печатной платы от внешних воздействий зеленым лаком или «зеленка») **MASK TOP** (вид сверху) и **MASK BOTTOM** (вид снизу);
- чертеж сверловочных отверстий **DRILL DRAWING** и файл **DRILL TAPE** для автоматической сверловки отверстий на печатной плате.

Эту функцию в редакторе **LayOut** выполняет постпроцессор в **Gerber**-формате для *автоматизированных комплексов изготовления печатных плат последних поколений* на Западе, запуск которого в виде электронной таблицы из ГМ осуществляется командой **Options/Post Process Settings**. В *электронной таблице* размещены файлы слоев ПП, при этом одновременно можно редактировать и просматривать их чертежи на дисплее. Вывод чертежей, совмещенных с *электронной таблицей* постпроцессора, осуществляется по команде ГМ **Window/Tile** и выделением названия слоя в столбце **Plot output File Name**. Далее из выпадающего меню (правая кнопка мышки) выделяется команда просмотра **Preview** и в разделенном пополам экране дисплея можно наблюдать слева *электронную таблицу* постпроцессора, а справа – *чертеж* выделенного слоя. Для просмотра *другого слоя* нужно в электронной таблице постпроцессора опять *выделить этот слой* и повторить команду **Preview** из выпадающего меню. Для *выхода из этого режима* необходимо из выпадающего меню (правая кнопка мышки) выделить команду **Restore Original Colors**.

*Вывод на печать* результатов проектирования ПП осуществляется с помощью команды ГМ **File/Print/Plot**, которая открывает окно **Print/Plot**, где включается опция **Print Manager** для распечатки на принтере или плоттере чертежа ПП в виде файла с расширением **.PRN**.

Для *вывода на печать слоев ПП* необходимо включить постпроцессор в виде электронной таблицы командой ГМ

**Options/Post Process Settings**, далее активировать команду ГМ **Window/Tile** и выделить в электронной таблице слой для вывода на печать в столбце **Plot output File Name**. Затем из выпадающего меню (правая кнопка мышки) с помощью команды **Preview** на экране дисплея просмотреть *чертеж* слоя и закрыть электронную таблицу пост-

процессора. Печать полученного чертежа производится командой ГМ **File/Print/Plot**, в окне **Print/Plot** которой включается опция **Print Manager** и задаются параметры выводимого на печать чертежа. Затем, по кнопке **ОК** происходит переход в окно установленного в системе **Windows** принтера (плоттера), где задаются установки печатающего устройства и с помощью кнопки **ОК** запускается принтер (плоттер) для получения бумажной копии чертежа.

### Алгоритм и пример разработки печатной платы

На основе описанных выше характеристик и особенностей работы редактора **LayOut** рассмотрим алгоритм и пример разработки печатной платы.

#### *Алгоритм разработки печатной платы*

Рассмотрим кратко особенности разработки ПП.

Начальным этапом является запуск *входного* редактора **LayOut** из-под системы **Windows** с помощью команд **Пуск/Программы/ OrCAD/LayOut**, в котором с помощью команд ГМ **File/New** или **File/Open** открываются новый или уже существующий проект печатной платы.

*Существующий проект* открывается из каталога **OrCAD/LayOut/Samples** с именем, например, назовем его как **Old Project**, который загружается в открывшийся *основной* редактор для редактирования печатной платы. В случае *нового проекта* редактор **LayOut** сначала предлагает выбрать и загрузить **шаблон** печатной платы (например, файл **3bet\_any.tch**, в котором можно устанавливать ЭК как с планарными, так и штыревыми выводами), затем подключить **Net-файл** принципиальной схемы (файл типа **new. mnl**) и задать имя файла новой печатной платы, например, **new.max**, после чего происходит переход в *основной* редактор.

Следующим шагом является установка (*или редактирование*) общих (глобальных) параметров ПП с помощью команды ГМ **Options/System Settings** в виде системы единиц; разрешающей способности; поворота углов; размеров рабочей области ПП и допустимых расстояний между корпусами ЭК, их выводами и печатными дорожками (электрические цепи).

Затем, с помощью электронной таблицы (команда **View Spreadsheets/Layers** в инструментальной линейке) необходимо просмотреть, включить и отредактировать необходимые для проекта *слои печатной платы*.

Следующим шагом является просмотр, выбор и редактирование в электронной таблице (команда **View Spreadsheets/Padstacks**) *контактных площадок* (КП) выводов корпусов ЭК и *переходных отверстий* (ПО), необходимых для электрических связей между слоями ПП.

Далее необходимо нарисовать *контур печатной платы* (создать конструкцию с помощью команды ГМ **Tool/Obstacle**) и задать в ней области компоновки и трассировки ЭК (команда **View/Zoom DRC/Route Box**).

Важным этапом при проектировании ПП является *компоновка* или размещение корпусов электронных компонентов (ЭК) на печатной плате, которая может быть осуществлена *ручным* или *автоматическим* способами.

*Ручной компоновке* следует отдавать предпочтение, если принципиальная схема *простая* и корпуса ЭК для ее реализации известны (вследствие чего она не проектировалась в редакторе **Capture**). В этом случае необходимо открыть редактор библиотек корпусов ЭК **Library Manager**, выбрать и расставить вручную на печатной плате корпуса ЭК и затем соединить вручную выводы ЭК электрическими связями (команда **Tool/Connection/Select Tool**).

В случае сложной схемы, проект принципиальной схемы обычно выполняется в редакторе **Capture** и загружается в редактор **LayOut** в виде Net-файла типа **new.mnl**. При этом вручную размещаются с помощью команды **Tool/Component/Place** те корпуса ЭК, положение которых на печатной плате предопределено их функциями (например, конденсаторы высокочастотных развязок располагаются около корпусов операционных усилителей, рядом с разь-

емами источников питания и т.д.), а все остальные ЭК компонуются в *автоматическом* режиме. Отличие данного способа компоновки от предыдущего заключается в наличии электрических связей между ЭК, которые переданы в редактор **LayOut** из загруженного в него **Net**-файла принципиальной схемы, выполненной в редакторе **Capture**.

*Автоматическую компоновку* предпочтительнее использовать при размещении корпусов ЭК с минимальными электрическими связями, «расталкивании» соседних корпусов ЭК и интерактивным способом компоновки.

Для *автокомпоновки группы* ЭК необходимо выделить кнопку **Component Tool** в инструментальной линейке и в выпадающем меню активировать команду **Select Any**, а затем в окне **Component Selection Criteria** ввести номер группы в строке **Group Number** и выполнить автокомпоновку группы на ПП по команде ГМ **Auto/Place/Component(s)**.

Для *интерактивной автоматической компоновки* ЭК необходимо сначала выбрать стратегию автокомпоновки с помощью команды ГМ-**Options/Placement Strategy** (или активации кнопки инструментального меню **View Spreadsheet/Strategy/Place Pass**), а затем выполнить *автокомпоновку* ЭК на ПП с помощью команды ГМ – **Auto/Place/Board**.

Перед соединением печатными проводниками выводов корпусов ЭК выделяются слои ПП для *трассировки* с помощью электронной таблицы электрических цепей (команда **View Spreadsheet/Nets**), в которой отмечаются цепи для разводки, а в окне электронной таблицы **Layers Enabled for Routing** указываются типы слоев (верхний, нижний, внутренний и т.д.), в которых редактор **LayOut** должен будет проводить трассировку.

Ручная трассировка наиболее критических электрических **цепей** принципиальной схемы с помощью команды инструментальной панели **Shove Track**, которая расталкивает соседние мешающие проводники.

Все остальные цепи разводятся с помощью автоматической трассировки, для чего сначала выбирается стратегия разводки ПП, а затем запускается автотрассировщик на разводку ПП с помощью команды **Auto/AutoRoute**, после выполнения которой можно по-

пытаться вручную развести те цепи, которые не удалось развести автотрассировщику.

Проверку *плотности связей* между ЭК в зависимости от компоновки ЭК и выбранной стратегии трассировки можно выполнить с помощью диаграммы плотности **Density Graph** (команда ГМ **View/Density Graph**).

После трассировки, установив *горячую связь* **Cross Probing** между редакторами **LayOut** и **Capture**, можно, расположив изображения принципиальной схемы ПС и печатной платы ПП на разделенном пополам экране (команда ГМ **Window/Half Screen**), одновременно наблюдать синхронные изменения на ПП и ПС.

**Редактирование, сервис и вывод на печать рабочих чертежей** печатной платы включает в себя *автоматическую перенумерацию корпусов ЭК* на ПП (команда ГМ **Auto/Rename Components**), простановку размеров печатной платы ПП путем выбора системы **единиц измерения** (например, миллиметры) с помощью команды **Options/System Settings** и задания на чертеже размеров ПП с помощью команды ГМ **Tool/Dimension/New** в виде *относительных* размеров **Relative Dimensions** или *абсолютных* размеров на ПП относительно базовой точки проекта (**Datum**) или начала координат.

Создание *файлов чертежей* печатной платы (ПП) осуществляется с помощью постпроцессора по команде ГМ **Options/Post Process Settings**.

**Вывести на печать** чертежи ПП можно с помощью команды ГМ **File/Print/Plot**, а контроль и *вывод на печать слоев ПП* производится по команде постпроцессора ГМ **Options/Post Process Settings**.

После окончания проектирования печатной платы выход из редактора **LayOut** производится путем закрытия окна редактора или с помощью клавиш **Ctrl + F4**.

### ***Пример разработки печатной платы***

Разработку печатной платы необходимо начать с создания *принципиальной схемы*, например, 8-разрядного двоичного счетчика с помощью редактора **Capture**.

Для этого в системе **Windows** запустим *входной редактор OrCAD Capture* по команде **Пуск/Программы/OrCAD/Capture**, откроем новый проект (команда ГМ **File/New**) и перейдем в *основной редактор OrCAD Capture*. После этого подключим к редактору необходимые библиотеки микросхем счетчиков **Counter**, разъемов **Connector** и дискретных пассивных ЭК **Discrete** и введем в электронную схему два 4-разрядных счетчика (**74F393**), 15-контактный разъем **Con15** и конденсатор развязки **C** с помощью команды **Place/Part** (или щёлкнем по иконке этой команды, показанной на инструментальной панели справа).

Важным фактором при проектировании принципиальной схемы (ПС) является решение вопроса о времени выбора корпусов ЭК – *на этапе создания ПС* или *на этапе разработки печатной платы (ПП)*. В первом случае, после ввода ЭК в ПС необходимо выделить его левой кнопкой «мышки» и, нажав на правую кнопку «мышки», войти в редактор **Edit Properties**, где в окошке **PCB Footprint** указать тип корпуса ЭК. Во втором случае, эта операция осуществляется при разработке ПП.

После ввода в ПС электронных компонентов соединим их проводниками и шинами с помощью команды (иконки) **Place/Wire** и **Place/Bus**. Активировав команды (иконки) **Place/Ground** и **Place/Power**, подключим к схеме землю **GND** и источник питания **VCC**. Назначим на схеме имена входным и выходным цепям, а также шинам с помощью команды (иконки) **Place/Net alias**.

Затем по команде (иконке) **Place/No-connect** пометим не используемые в схеме выводы ЭК, которые разрешается оставлять «в воздухе». В этом случае программа электрического контроля схемы **DRC** не будет обращать внимание на *помеченные* выводы.

Затем откроем *менеджер проекта* и с помощью команды **Tools/Annotate** пронумеруем электронные компоненты схемы. После этой операции с помощью команды **Tools/ Design Rules Check** проверим, нет ли ошибок в схеме. В редакторе электронных схем исправим обнаруженные ошибки и опять, активировав команду **Tools/Design Rules Check**, убедимся в их отсутствии. Далее сохраним схему с помощью команды **File/save** в виде файла **Count8.dsn** (рис. 2).



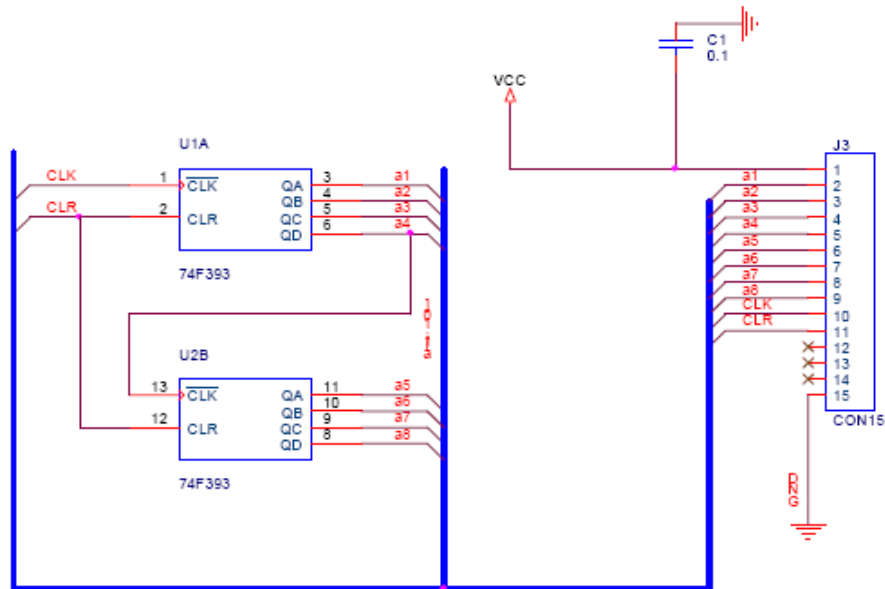


Рис. 2. Результат проектирования схемы 8-разрядного счетчика

Для перехода в редактор **Layout** с целью проектирования печатной платы счетчика на базе разработанной схемы создадим в редакторе *менеджера проекта* **Net**-файл с помощью команды **Tools/Create Netlist** в виде файла **Count8.mnl**.

Затем запустим *входной редактор* печатных плат **LayOut** с помощью команд **Пуск/Программы/OrCAD/LayOut**, в котором командой ГМ **File/New** откроем новый проект печатной платы. Далее в редактор **LayOut** сначала загрузим **шаблон** печатной платы (например, файл **3bet\_any.tch**, в котором можно устанавливать ЭК

как с планарными, так и штыревыми выводами), затем подключим **Net**-файл принципиальной схемы **Count8.mnl** и зададим имя файла новой печатной платы, например, **Count8.max**, после чего произойдет переход в *основной редактор* **LayOut**.

В случае, если на этапе создания ПС не были указаны типы корпусов, то редактор **LayOut** выведет на экран дисплея запрос **Link existing footprint to component** (укажите имя корпуса для ЭК) и после активации этой опции откроет окно, где можно выбрать библиотеку и корпус для ЭК. В нашем случае выберем из библиотек микросхем **DIP100B**, конденсаторов **SM** и разъемов **WCON100T** редактора **LayOut** корпуса микросхем счетчика

**DIP.100/14/W.300/ L.750**, конденсатора **SM/C\_0805\_REV1** и разъема **WALCON.100/ RH/TM2OE/W.550/20**.

Далее в случае необходимости можно просмотреть и отредактировать:

- *общие (глобальные) параметры* ПП с помощью команды ГМ **Options/System Settings**;

- *слои печатной платы, контактные площадки (КП) выводов корпусов ЭК и необходимые для электрических связей между слоями ПП переходные отверстия (ПО) с помощью электронной таблицы (команда **View Spreadsheets/Padstacks**).*

Затем нарисуем контур печатной платы (рис. 3) с помощью команды ГМ **Tool/Obstacle** и зададим в ней область компоновки и трассировки ЭК (команда **View/Zoom DRC/Route Box**).

Займемся *компоновкой* корпусов электронных компонентов на печатной плате в автоматическом режиме. Для этого сначала в *ручном режиме* разместим на выступе ПП корпус разъема **WALCON.100/RH/TM2OE/ W.550/20** и рядом с ним корпус конденсатора развязки **SM/C\_0805\_REV1** с помощью команды **Tool/Component/Place**, а затем закрепим и запретим их перемещение на печатной плате с помощью команды **Lock**, которая активируется в выпадающем меню (правая кнопка «мышки»). Оставшиеся два корпуса счетчика **DIP.100/14/W.300/L.750** разместим на ПП в автоматическом режиме с помощью команды ГМ **Auto/Place/Board** (рис. 4).

После компоновки корпусов ЭК на ПП займемся *трассировкой* или соединением печатными проводниками выводов корпусов электронных компонентов, для которых выделим верхний **Top** и нижний **Bottom** слои ПП для трассировки.

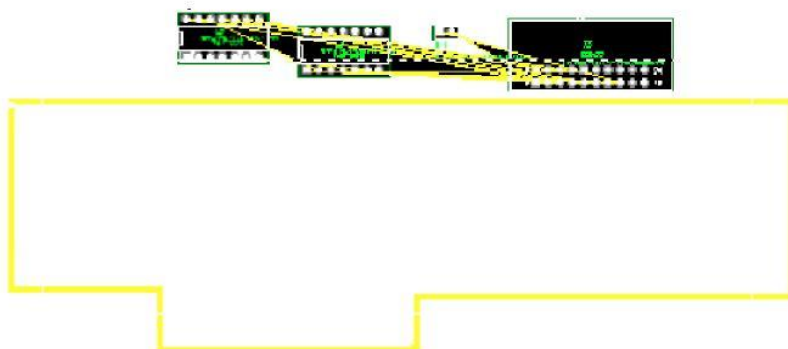


Рис. 3. Контур печатной платы с заданной областью компоновки и трассировки ЭК с загруженными корпусами ЭК

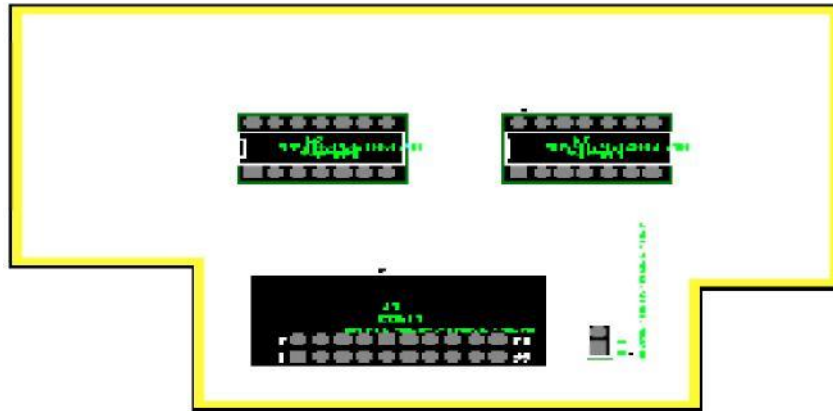


Рис. 4. Результаты компоновки печатной платы

Для этого включим электронную таблицу слоев ПП (команда **View Spreadsheet/Layers**) и выделим в ней ячейки колонки **Layer Type** верхнего **Top** и нижнего **Bottom** слоев ПП.

Затем щелкнем в данных ячейках правой кнопкой «мышки» и в *выпадающем меню* активируем команду **Properties**, которая откроет окно **Edit Layer**, где включим опцию **Routing Layer** и через кнопку **ОК** выйдем в электронную таблицу, там в ячейках колонки

**Layer Type** верхнего и нижнего слоев ПП появится слово **Routing**, говорящее о том, что в данных слоях разрешена трассировка ПП. Таким же образом необходимо запретить трассировку во всех остальных внутренних слоях ПП, введя в них слово **Unused**.

Так как на данной ПП находится небольшое количество ЭК, то их *трассировку* проведем в автоматическом режиме с помощью команды **Auto/AutoRoute/Board**, результаты которой приведены на рис. 5.

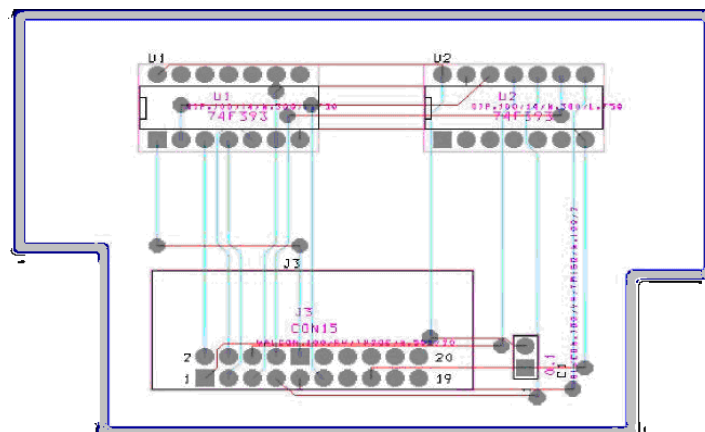


Рис. 5. Результаты трассировки печатной платы

Проверку *плотности связей* между ЭК на ПП в зависимости от компоновки ЭК и выбранной стратегии трассировки оценим с помощью диаграммы плотности **Density Graph** (команда ГМ **View/Density Graph/Coarse** – грубый, **Medium** – средний и **Fine** – качественный уровни детализации). Синий цвет диаграммы плотности на ПП в нашем случае показывает, что плотность связей на ПП не превышает 25 %. Таким образом, на ПП имеется еще достаточно много места для размещения дополнительных ЭК.

Установим *горячую связь* **Cross Probing** между редакторами **LayOut** и **Capture** путем одновременного расположения изображений принципиальной схемы ПС и печатной платы ПП на разделенном пополам экране (команда ГМ **Window/Half Screen**). Для этого откроем редактор **Capture** и загрузим в него ПС счетчика **Count8.dsn** и включим опцию **Enable Intertool Communication** в окне **Preferences** с помощью команды **Option/Preferences/ Miscellaneous**. Затем, активировав, например, ЭК на ПС, можно высветить его корпус на ПП и наоборот.

После взаимной редакции ПП и ПС перейдем к *проставке размеров печатной платы*, для чего выберем систему единиц измерения в миллиметрах с помощью команды **Options/System Settings** и зададим на чертеже *относительные размеры* ПП по ширине и длине, включив команду ГМ **Tool/Dimension/New**. Перед установкой размеров откроем окно **Autodimension Options** с помощью команды **Properties** из выпадающего меню (правая кнопка «мышки»), где включим опцию **Relative Dimensions** для задания на ПП *относительных* размеров.

Заключительным этапом проектирования ПП является визуальный *контроль слоев и создание файлов чертежей печатной платы* с помощью постпроцессора (команда ГМ **Options/Post Process Settings**) с последующим *выводом их на печать* (из постпроцессора или с помощью команды ГМ **File/Print/Plot**).

С помощью команды ГМ **Options/Post Process Settings** выведем на экран дисплея электронную таблицу постпроцессора

**Post Process**, где показаны все слои ПП, свойства которых можно отредактировать в окне **Post Process Settings**. Данное окно выводится на экран дисплея с помощью команды **Properties** из выпадающего меню (правая кнопка «мышки»). Активируем команду ГМ **Window/Tile**, которая разделит экран пополам и расположит слева электронную таблицу, а справа – печатную плату. Затем в электронной таблице выделим верхний слой ПП с расширением **\*.Top** и выведем результаты его трассировки на экран дисплея («кликнем» правой кнопкой «мышки» и из выпадающего меню активируем команду **Preview**). Таким же образом просмотрим нижний слой **\*.Bot** и сборочный чертеж ПП с расширением **\*.Ast** (вид сверху). Аналогичным способом просматриваются *результаты трассировки* в верхнем и нижнем слоях ПП.

### 3. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

Изучить методические указания к данной работе.

Установить пакет OrCAD в собственном персональном компьютере или освоить работу с пакетом в лаборатории кафедры.

Выполнить пример, приведенный в тексте методических указаний

### 4. РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ

- загрузить в редактор OrCAD LAYOUT список связей, извлеченный из электрической принципиальной схемы, спроектированной в ходе выполнения второй лабораторной работы;
- выбрать корпуса ЭК принципиальной схемы для ее реализации в виде печатной платы с помощью пакета OrCAD.
- спроектировать топологию печатной платы, результат проектирования показать преподавателю.

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Расскажите о структуре графического редактора OrCAD LayOut.
2. Перечислите основные команды главного меню графического редактора OrCAD LayOut.
3. Как организовать проект печатной платы?
4. Перечислите основные этапы установки режимов работы графического редактора LayOut.
5. Как создать конструкцию печатной платы?
6. Что содержит технологический шаблон?
7. Как просмотреть гистограмму плотности печатной платы?
8. Как осуществить ручную компоновку (размещение) корпусов электронных компонентов на печатной плате?
9. Что такое горячая связь между редакторами Capture и Layout и как ее осуществить?
10. Как осуществить автоматическую компоновку (размещение) корпусов электронных компонентов на печатной плате?
11. Что такое стратегия трассировки печатной платы,
12. Как осуществить автоматическую трассировку печатной платы (соединение печатными проводниками выводов корпусов электронных компонентов)?
13. Как отредактировать и сформировать рабочие чертежи печатной платы?
14. Как вывести на печать рабочие чертежи печатной платы?
15. Расскажите об алгоритме разработки печатной платы.



