

Министерство науки и высшего образования Российской  
Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»  
Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

Н.В. Ципина

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ  
КОНСТРУКТОРСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ЭС: ПРАКТИКУМ**

Утверждено Редакционно-издательским советом  
университета в качестве учебного пособия

Воронеж 2013

УДК 621.3

Н.В. Ципина. Автоматизированные системы конструкторского проектирования ЭС: практикум: учеб. пособие [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые, граф. данные (5,6 Мб) / Н.В. Ципина – Воронеж : ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2022. – 2

Учебное пособие предназначено для проведения практических занятий. Рассматриваются системы автоматизированных проектирований ПП, тенденции и перспективы развития САПР. Общие сведения, методология применения современных САПР, формируются практические навыки автоматизированного конструкторского проектирования ЭС для проектирования узлов на печатных платах.

Издание соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств» магистерские программы «Автоматизированное проектирование и технология радиоэлектронных средств специального назначения»), «Силовая электроника» дисциплине «Современные методы разработки многослойных печатных плат».

Учебное пособие подготовлено в электронном виде в текстовом редакторе MS Word и содержится в файле «Практикум Автоматизир. системы КПЭС.doc».

Ил. 116. Библиогр.: 6 назв.

Рецензенты: кафедра инфокоммуникационных систем и технологий Воронежского института МВД России (начальник кафедры д-р техн.

наук, проф. полковник милиции О.И. Бокова); д-р техн. наук, проф. В.М. Питолин

© Ципина Н.В., 2022

© Оформление. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2022

## ВВЕДЕНИЕ

Средства конструкторского проектирования электронных средств – это набор утилит, используемый для проектирования электронных средств.

Средствами проектирования изделий являются системы автоматизированного проектирования (САПР), их программные модули, утилиты (подпрограммы) и команды. Для проектирования электронных средств (ЭС) используют САПР печатных плат, машиностроительные САПР и САПР кабелей и жгутов (САПР кабелей и жгутов используют, как правило, в виде программного модуля, встроенного в машиностроительную САПР). САПР печатных плат используются для сквозного проектирования печатных плат, основными задачами конструкторского проектирования в них являются: размещение электронных компонентов на плате и трассировка проводников. Машиностроительные САПР используются для проектирования механических устройств, в них конструируют детали и сборочные единицы электронных средств. САПР кабелей и жгутов предназначена для автоматизации процесса моделирования электрических кабелей и жгутов. Все эти САПР предоставляют возможность автоматизированного выпуска конструкторской документации на изделия.

## **1. ОРГАНИЗАЦИЯ БИБЛИОТЕК В САПР ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ**

В САПР печатных плат (ПП) библиотечный компонент включает условно-графическое обозначение (УГО) и посадочное место под корпус компонента. Взаимосвязь УГО и посадочного места в различных САПР обеспечивается по-разному.

В САПР P-CAD основой является компонент, созданный в программном модуле Library Executive, который включает: УГО, посадочное место и описание компонента (таблицы Component Information и Pins View). При этом УГО и посадочное место создаются в отдельных программных модулях системы – в графических редакторах Symbol Editor и Pattern Editor. В результате компонент включает три наименования: Component Type, Symbol Name и Pattern Name.

В САПР Altium Designer УГО является основой библиотечного компонента, к которому можно подключать посадочные места и другие модели в виде ссылок.

Важно правильно именовать составляющие библиотеки электронных компонентов (ЭК) для того, чтобы каждый пользователь библиотеки легко ориентировался по наименованиям. На практике наименования составляющих библиотеки ЭК настолько разнообразны и не однозначны, что иногда проще создать свою библиотеку, чтобы свободно в ней ориентироваться, чем выискивать нужные компоненты в готовой библиотеке.

В некоторых САПР ПП (например, P-CAD) типовое УГО, созданное один раз, может быть присвоено нескольким разным компонентам. Важно именовать УГО наиболее информативно по ГОСТ 2.728 «ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах».

Некоторые САПР не поддерживают символы в названиях (но подчеркивание поддерживают практически все САПР) и кириллицу поддерживают не все САПР, в таком слу-

чае рекомендуется присваивать имена латиницей с использованием подчеркивания – resistor\_025.

Когда наименования транслитерируются по одной системе, тогда меньше проблем с интерпретацией наименований. Использование латиницы в наименованиях также дает преимущество при конвертации данных в другие САПР, поскольку при конвертации часто наблюдается несовместимость шрифтов, и наименования в другой САПР становятся нечитаемыми.

В других САПР ПП (например, в Altium Designer) УГО является основой библиотечного компонента, к которому можно подключать посадочные места и другие модели. В таком случае наименование должно отражать не само УГО, а название ЭК.

Посадочные места именуют по типу корпуса. Важно разбираться в классификации корпусов. Например, корпуса типа SO бывают 3 подтипов. Некоторые разновидности корпусов можно посмотреть на сайте <http://www.compel.ru/package/>. Если корпус нестандартный (нетиповой), то его именуют по типу компонента. Для автоматизированного создания перечня и спецификации в Altium Designer все составляющие записи в спецификации надо добавить в schlib. Сначала надо определить структуру записи исходя из нормативных документов (ТУ) или технического описания различных утилит.

## **2. СОЗДАНИЕ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ С ПОМОЩЬЮ ALTIUM DESIGNER**

### **2.1. Интерфейс пользователя.**

Программа Altium Designer предоставляет большие возможности для разработки электронных устройств, охватывая все этапы проектирования, которые встроены в интегрированную платформу Design Explorer(DXP).

Интегрированная платформа DXP запускается одновременно с любыми из редакторов и программных процедур

Altium Designer, т.е. представляет собой интерфейс пользователя со всеми программными инструментами и редакторами.

Для знакомства с интерфейсом программы воспользуемся готовым проектом, который находится в папке примеров Altium Designer. Предполагая, что программа Altium Designer уже запущена, выполним File → Open, после чего в строке типа файла (Files of type) выбираем Project file и открываем проект.

Окно редактора состоит из набора меню и панелей инструментов, рабочей области и отдельных панелей, посредством которых производится большая часть работы над документами проекта в среде Altium Designer. Особое внимание стоит уделить меню DXR, через которое осуществляется доступ к наиболее важным диалоговым окнам, таким как настройки, обновления и т.д. Данное меню содержит следующие команды:

- Customize – перечень возможных команд и панелей инструментов;
- Preferences – доступ к настройкам отдельных редакторов;
- System Info– перечень приложений, доступных (в соответствии с лицензией) для запуска на базе данной платформы DXR;
- Run Process– запуск процесса;
- Check for Update – проверка наличия обновлений;
- Licensing– управление лицензиями;
- Run Script– запуск скрипта.

В отличие от всех остальных меню, состав команд меню DXR не изменяется при запуске различных редакторов на базе платформы Design Explorer, т.е. данное меню относится ко всей платформе, а остальные меню принадлежат активному редактору.

## 2.2. Управление панелями

Панели рабочей области являются основным элементом среды Altium Designer. Они могут быть настроены в определённом редакторе документа или могут использоваться на глобальном уровне.

При первом запуске программного обеспечения ряд панелей будет открыт сразу. Некоторые из панелей, та кие как Files или Projects, будут появляться группами слева от главного окна проекта. Другие, такие как панель Libraries, представляются в выпадающем режиме и появляются в виде кнопок на правой границе главного окна проекта.

В нижней правой части прикладного окна имеется ряд кнопок, которые обеспечивают быстрый доступ к панелям рабочей области, в зависимости от используемого редактора документа. Каждая кнопка помечена названием категории панелей, к которой возможен доступ. При нажатии такой кнопки появляется выпадающий список панелей указанной категории.

Все текущие панели рабочей области могут быть также доступны из под меню View → Workspace Panels.

Для знакомства с операциями управления расположением панелей есть дополнительно панель Snippets. Для этого следует выбрать категорию System и найти её в списке панелей. По умолчанию данная панель открывается в центре рабочей области как самостоятельная одиночная панель.

В зависимости от активного редактора текущего документа, ряд панелей может быть доступен или открыт в любой момент времени. Для облегчения компоновки и использования множества панелей в рабочей области существуют различные режимы представления панелей и управления их свойствами.

В программе Altium Designer поддерживаются три режима представления панелей:

Docked Mode – в этом режиме панель можно расположить горизонтально или вертикально в пределах главного окна. Нажатие правой кнопки мыши (ПКМ) на заголовке панели

выбор Allow Dock из выпадающего меню позволяют выбрать ориентацию. При вертикальном размещении панель будет помещена справа или слева в главном окне проекта. При горизонтальном размещении панель будет помещена выше главного окна проекта (но ниже панелей инструментов) или ниже главного окна проекта (но выше строки состояния).

На рисунке 1 приведено рабочее окно программы с открытым, уже подготовленным проектом:

1. главное меню
2. боковая панель, на рисунке отображена панель управления закладки боковых панелей
3. панель инструментов
4. панель документов
5. закладки слоев документа
6. кнопки отображения открытых боковых панелей
7. настройки отображения элементов в документе
8. кнопки быстрого вызова боковых панелей проектами или дерево проектов.

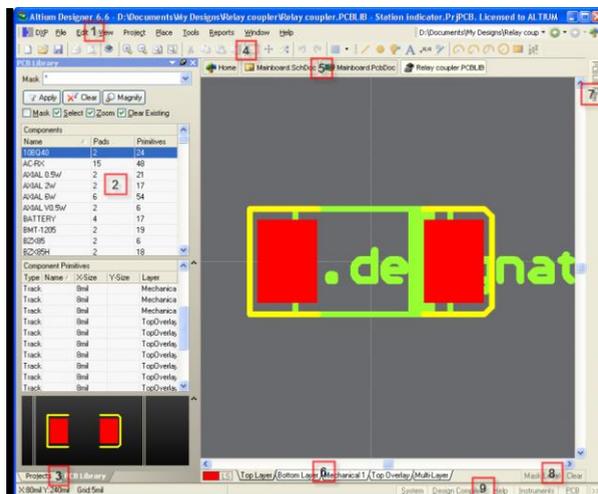


Рис. 1

Как и во многих программах под Windows, в AD кнопки на панели инструментов дублируют пункты главного меню (или просто меню) и имеют одинаковые иконки. Однако кнопки дублируют не все пункты меню и прямо не подписаны (только всплывающая подсказка), поэтому, при написании я пользовался главным меню.

Все документы открываются внутри одного окна. Одновременно можно открыть несколько документов разного типа и из разных проектов, что очень удобно.

Структура и состав панелей меняются в зависимости от типа открытого документа и могут отличаться от приведенного. Ко всему прочему они настраиваются, что может еще усугубить различие и усложнить работу с данным руководством. Поэтому перед началом работы приведем панели общему виду. Главное меню – View|Desktop Layouts|Default.

### 2.3. Создание проекта

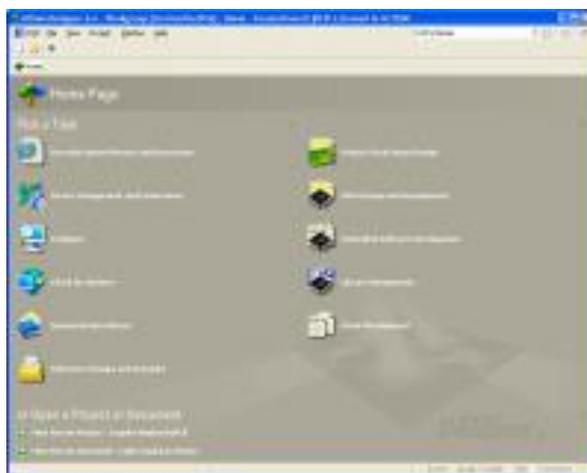


Рис. 2

На рисунке 2 приведено окно программы после запуска. Для начала создадим новый проект. Для этого можно восполь-

зоваться ссылками на заглавной странице (навигация как в Интернет обозревателе) или воспользоваться проверенным способом – через Главное меню – File|Project|PCB Project. Появится панель с деревом проектов (рис. 3).

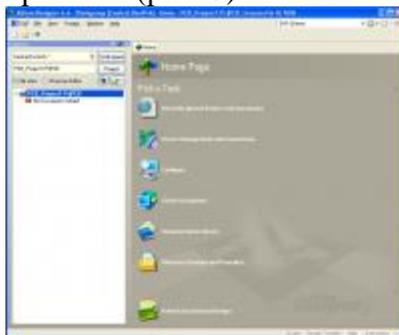


Рис. 3

В дереве проектов создается заготовка проекта со стандартным, для новых проектов, именем. Отмечу, что проект как таковой еще не создан, в дереве проектов только намерение (собственно, как и в большинстве программ для Windows). Сам проект создается после сохранения. Что мы и сделаем. Жмем правой кнопкой на названии проекта (рис. 4) и выбираем Save Project As.

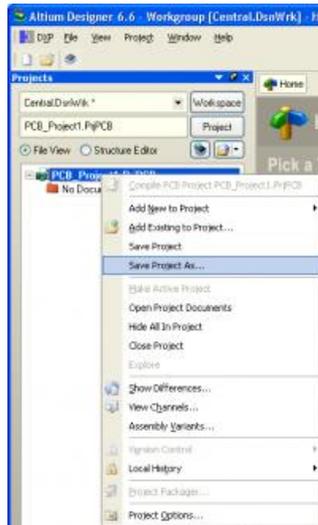


Рис. 4

Откроется стандартное окно сохранения файла. Выбираем имя и папку для сохранения проекта и жмем кнопку Save. Здесь поясню подробнее. Проект AD, это файл с описанием наличия документов и связей между ними. Все телодвижения по созданию документов, отчетов происходят относительно этого файла и пути в нем прописаны относительные. Соответственно новые файлы по умолчанию располагаются в папке в которой сохранен сам проект. Поэтому я рекомендую для каждого проекта создавать свою папку с уникальным названием. Ее впоследствии, безболезненно, можно перенести на другой компьютер, открыть проект и получить доступ ко всем его документам. Для примера, я создал папку E:\Altium projects\Outstage и сохранил проект с таким же именем. В дереве проектов обновилось название на - Outstage. Проект, как Вы понимаете – пуст. Исправим досадное недоразумение и добавим в проект лист схемы.

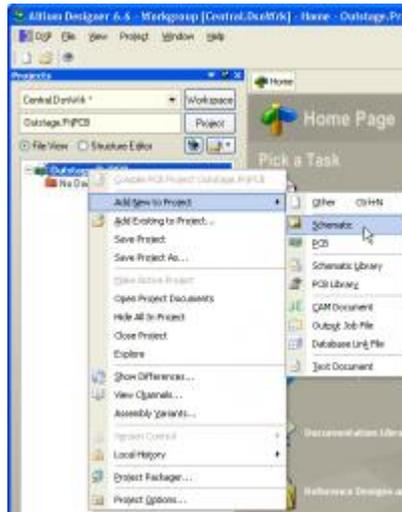


Рис. 5

Щелкаем правой кнопкой на названии проекта и в контекстном меню выбираем Add New to Project|Schematic (рис. 5). На рисунке 6 - результат этой операции.

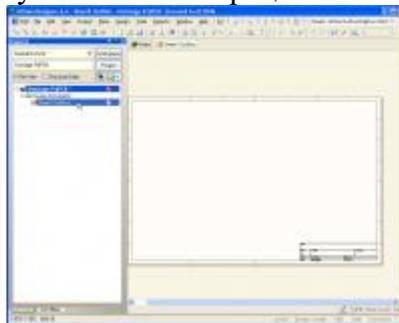


Рис. 6

В окне документов появляется лист схемы (по умолчанию формат А4) и в дереве проектов схема с названием по умолчанию. Сохраняем схему аналогично сохранению проекта, только выбираем схему в дереве проектов (рис. 7).

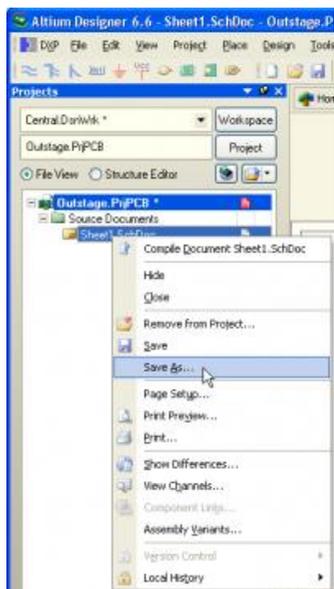


Рис. 7

Имя файла выбираем по желанию. Обратите внимание, файлы теперь по умолчанию сохраняются в папку с проектом, но место расположения можно изменить. На рисунке 8 видна схема в составе проекта.

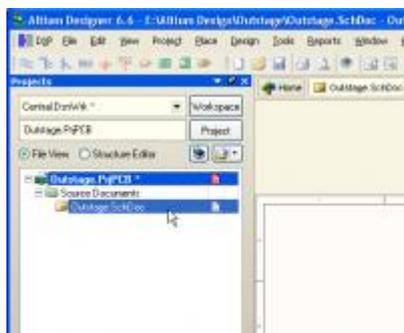


Рис. 8

## 2.4. Создание схемы

Необходимо добавить компонента в схему через Главное меню PlacePart. Появляется окно выбора компонентов (рис. 9).

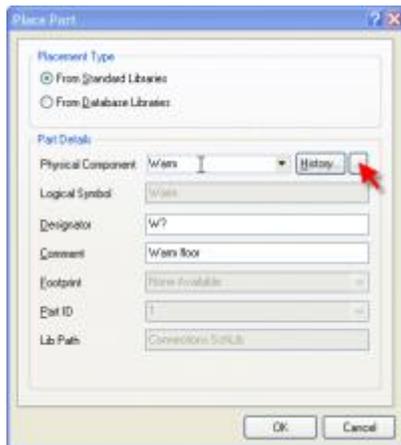
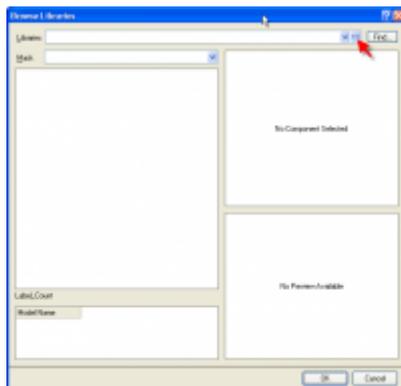


Рис. 9

Здесь Placement Type – From Standard Libraries оставляем, будем на первом этапе пользоваться встроенными библиотеками. В окне остались артефакты от моих проектов, но по идее поля должны быть пусты. Жмем кнопку с тремя точками, чтобы выбрать библиотеку, компонентами нужно использовать. Появилось окно выбора библиотеки компонентов (рис. 10).





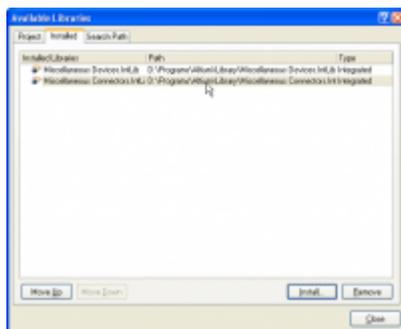


Рис. 13

Теперь окно выбора библиотеки и компонента (рис. 14) приобрело другой вид. Сверху окна видно наименование библиотеки, появился список компонентов и справа символ, и посадочное место.

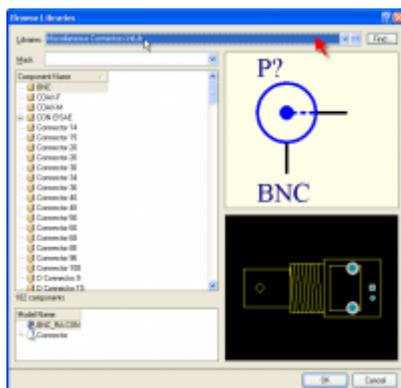


Рис. 14

Выбираем подходящий (рис. 15) и жмем ОК.

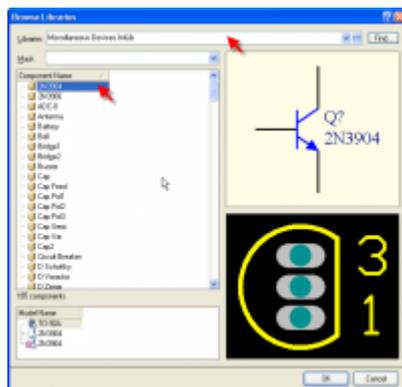


Рис. 15

Возвращаемся в окно выбора компонентов (рис. 16). Здесь уже заполнены все поля и есть возможность изменить некоторые параметры, например позиционное обозначение или тип посадочного места. Знак вопроса в позиционном обозначении – служебный символ, необходим для автоматической нумерации. Вместо него можно сразу поставить номер, но не нужно.



Рис. 16

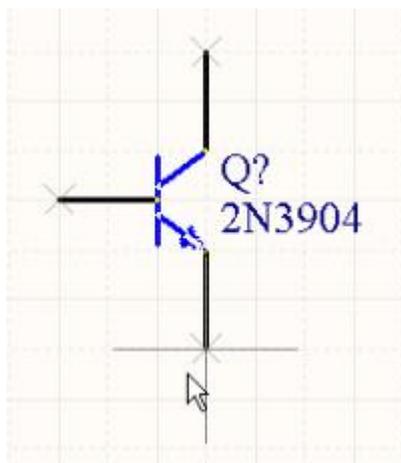


Рис. 17

Жмем ОК. После выбора компонента в библиотеке он «прикрепляется» к курсору (рис. 17; в данном случае это транзистор).

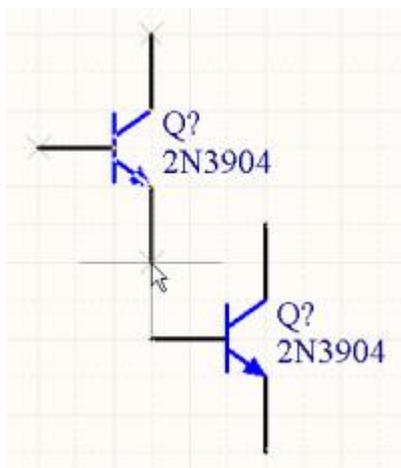


Рис. 18

Установка компонента производится нажатием левой кнопки мыши в нужном месте рабочего поля (установка компонента вне рабочего поля не допускается, хотя и возможна.). После установки компонент по прежнему «прикреплен» к кур-

сору (рис. 18) и есть возможность установить еще один такой же.

Но в схеме требуется его зеркальная копия, поэтому жмем кнопку **X** на клавиатуре (рис. 19). Устанавливаем компонент.

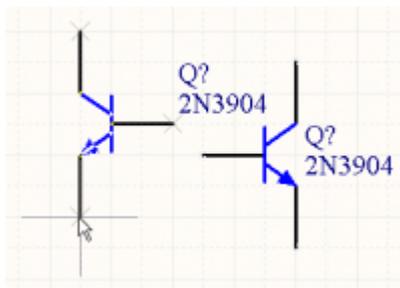


Рис. 19

Так как больше транзисторы не нужны, нужно вернуться к выбору компонентов в библиотеке. Жмем правую кнопку мыши и возвращаемся в окно выбора компонентов. Выбираем резистор и устанавливаем горизонтально. Следующий нужно повернуть на 90 градусов, для этого жмем пробел (рис. 20). Повторяем операцию для конденсаторов и разъема, который находится в другой библиотеке.

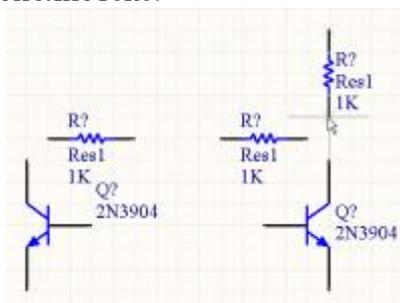


Рис. 20

Закреть окно выбора компонентов можно кнопкой **Esc**. Передвигать рабочее поле можно «зацепив» его правой кнопкой мыши за свободное от элементов место, но этот режим не работает, если мы выбрали компонент. В этом случае можно

подтянуть курсор с прикрепленным к курсору компонентом к нужному краю экрана и рабочее поле плавно передвинется. Масштабируется изображение стандартно – колесиком мыши при нажатой кнопке **Ctrl**. Компоненты можно передвинуть «зацепив» их левой кнопкой мыши, при этом их можно повернуть и сделать зеркальными. На рисунке 21 приведен пример расстановки компонентов.

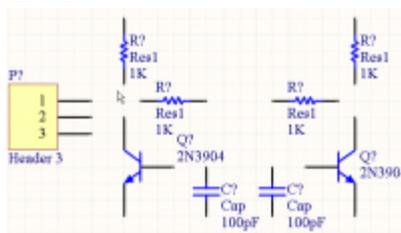


Рис. 21

Приступаем к проводникам. Идем в Главное меню|PlaceWire. Подводим курсор к выводу компонента, где он подсвечивается диагональным красным крестом, что означает возможность сделать соединение (рис. 22).

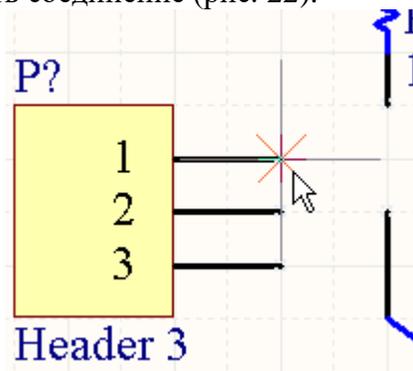


Рис. 22

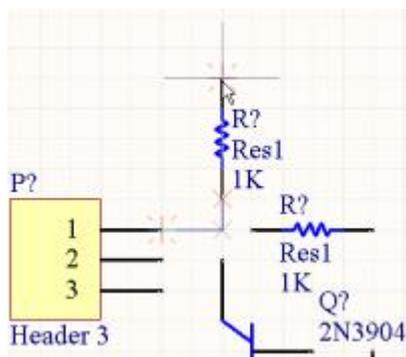


Рис. 23

Жмем левую кнопку мыши, и тянем проводник до следующего вывода. На примере рис. 23 видно, что проводник тянется не так, как хотелось бы.

Поворачиваем его пробелом, так же как и компонент (рис. 24, 25).

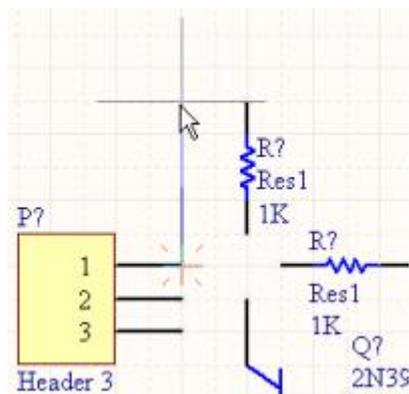


Рис. 24

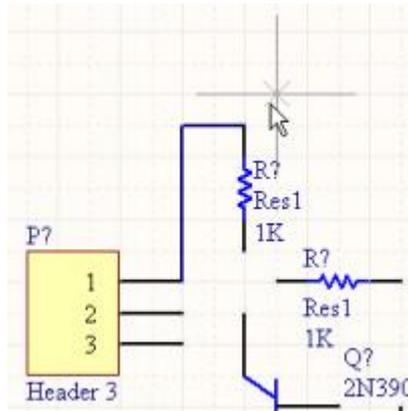


Рис. 25

Дальше есть два пути. Можно присоединить проводник к выводу ближайшего резистора, в этом случае проводник «оборвется», но мы останемся в режиме прокладки проводника (рис. 25). Второй путь – тянуть проводник до следующего резистора, а ближайшему резистору, ввиду пересечения с контактом, проводник «зацепится» сам (рис. 26). Сменить угол прокладки проводника с  $90^\circ$  на  $45^\circ$  можно сочетанием клавиш Shift+пробел.

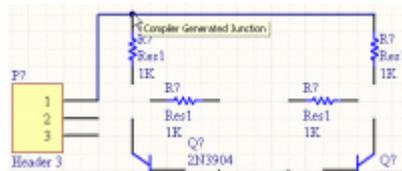


Рис. 26

Хочу отметить нюансы перемещения проводников и присоединенных к ним компонентов. По умолчанию при попытке перемещения проводника, его сегмент (от одного угла или вывода компонента, до другого) «отрывается» от компонентов и, если он изначально рисовался как сегмент, проводника (рис. 27).

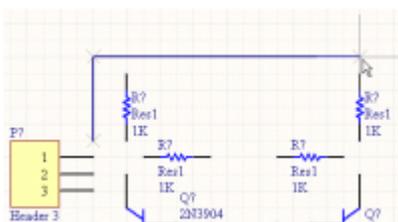


Рис. 27

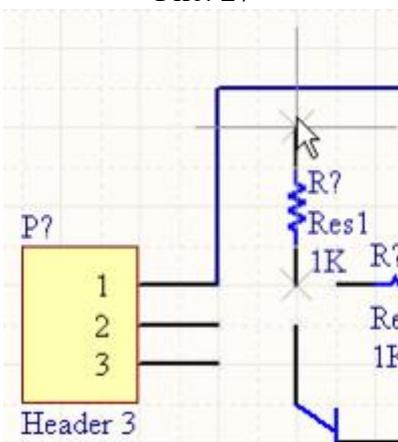


Рис. 28

Компонент при перемещении просто «отрывается» от проводников (рис. 28). В общем, это удобно. Но в некоторых случаях желательно чтобы проводник тянулся или компонент тянул за собой проводники. В этом случае просто перед перемещением нажимаем кнопку **Ctrl** и удерживаем **J** во время перемещения (рис. 29, 30).

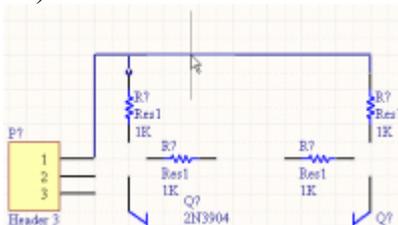


Рис. 29

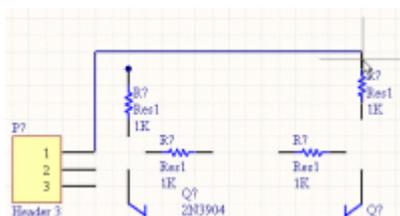


Рис. 30

Хотя, как видно на рисунке 30 могут появиться артефакты. Готовая схема приведена на рис. 31. Добавим символ земли через Главное меню Place Power Port, который автоматически именуется присоединенную цепь. Добавить имя для других цепей, можно поставив ярлык через Главное меню Place Net Label.

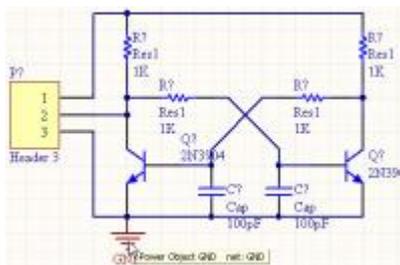


Рис. 31

Мы рассмотрели основные операции при рисовании схемы.

Теперь вернемся к позиционным обозначениям. На этапе добавления компонента в схему обратите внимание на знак вопроса в позиционном обозначении, он и будет заменяться на цифру или цифро-буквенный код. AD позволяет сделать это автоматически. Идем в Главное меню Tools Annotate. Получаем окно расстановки позиционных обозначений (рис. 32).

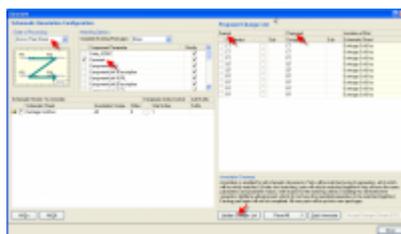


Рис. 32

Сначала выбираем порядок расстановки (отмечен стрелкой) – Down Then Across, картинка под списком наглядно показывает процесс. Далее жмем Update Changes List. Всплывающее окно информации (рис. 33) показывает, сколько позиционных обозначений обновлено.



Рис. 33

Теперь в окне справа мы видим изменения в списке – колонка Proposed. Если все устраивает, а оно устраивает – жмем Accept Changes (create ECO). Только сейчас изменения вносятся в схему. Мы получаем окошко со списком изменений, которые должны быть внесены в схему (рис. 34).

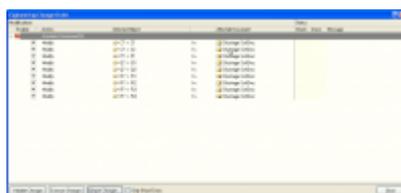


Рис. 34

Жмем кнопку Validate Changes, и система проверяет возможность внесения изменений без ошибок. Смотрим статус— все в порядке.

Жмем кнопку Execute Changes. Если все прошло удачно – получаем рис. 35. Все, изменения внесены в схему.

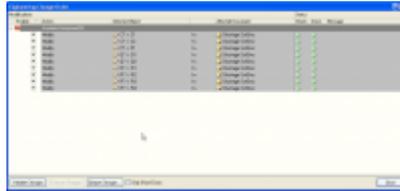


Рис. 35

Еще несколько моментов. По умолчанию сортировка компонентов производится по полю Comment, и если что-то не устраивает, можно попробовать изменить правило. Еще нужно обратить внимание на количество обновленных позиционных обозначений относительно количества компонентов в схеме. Если у одного или нескольких компонентов уже проставлены позиционные обозначения, то они обновлены **не** будут. Это позволяет задать некоторые позиционные обозначения вручную. В случае необходимости обновления **всех** позиционных обозначений, их необходимо предварительно сбросить. Эта операция повторяет аннотацию, только вместо кнопки Update Changes List, жмем Reset All.

Теперь окошко можно закрыть. На рис. 36 представлена схема с проставленными позиционными обозначениями.

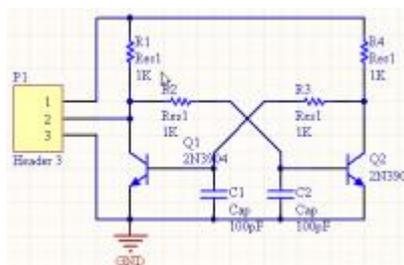


Рис. 36

У каждого компонента видны три атрибута: позиционное обозначение, комментарий, номинал. У транзисторов, по понятной причине – номинал отсутствует. Изменить атрибуты можно прямо на схеме. Двойной клик на номинале вызовет окно свойств атрибута. Все атрибуты для компонента можно изменить в окне свойств компонента, дважды кликнув на компоненте (рис. 37). Стрелками я указал основные, это позиционное обозначение и комментарий с флажками видимости, номинал, посадочное место.

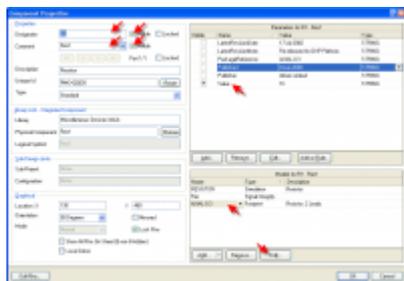


Рис. 37

Изменяем необходимые. Далее, для красоты, можно по-двигать атрибуты. Однако нам мешает большой шаг сетки перемещения – 10. Изменим на меньший через Главное меню ViewGridsSet Snap Grid. В окошке выбора шага сетки меняем значение на 5. Отмечу, что предыдущее значение шага сетки осталось стеке и между ним и новым значением можно переключаться клавишей **G**. Текущее значение выводится в строке

состояния в левом нижнем углу. Теперь можно более точно установить атрибуты. Просто «цепляем» их мышкой и тянем на нужное место. После этого, можно скрыть комментарии у резисторов и конденсаторов, через окно свойств, и готовую схему сохранить. Безусловно, для больших схем установить атрибуты для каждого компонента – весьма утомительная задача. Нам на помощь, здесь, приходит «конек» AD – инспектор. Это инструмент для правки групп параметров.

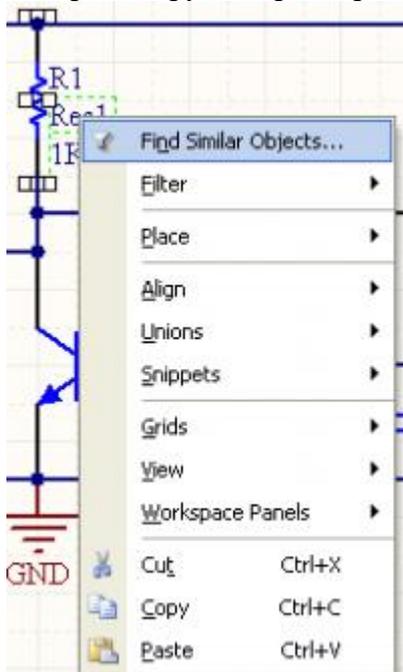


Рис. 38

Попробуем с помощью инспектора скрыть атрибуты у резисторов и конденсаторов. Выделяем на схеме атрибут, щелкаем на нем правой кнопкой мыши и выбираем Find Similar Objects... (рис. 38) и получаем окошко – мастер ввода параметров (рис. 39), в котором выбираем параметры запроса, точнее изменяем по необходимости.

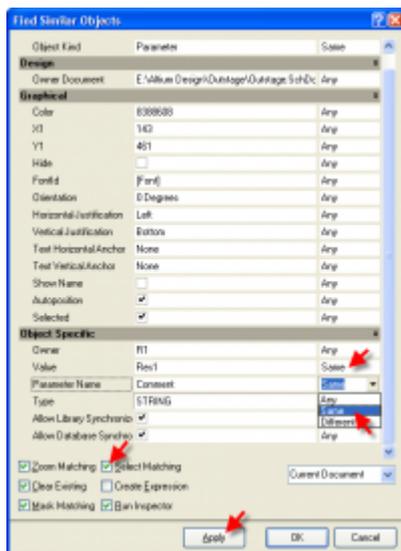


Рис. 39

В нашем случае меняем параметры совпадения в Object Specific Value и Object Specific Parameter Name с Any на Same. Т.е. получается, что мы выбираем все комментарии с именем **Res1**. Ставим галочку Select Matching (выбрать все подходящие). Далее нажимаем Apply, на схему будет «наложена» маска, подсвеченными останутся только комментарии для резисторов (рис. 40). Проверяем, чтобы стояла галочка Run Inspector.



Рис. 40

Смотрим на схему - все ли выделилось. Если все нормально, жмем ОК. Запустится **SCH inspector**(рис. 41). Это собственно говоря и есть средство редактирования.

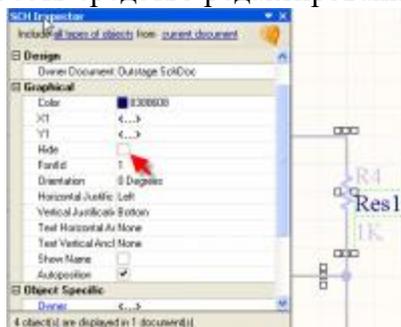


Рис. 41

Там ставим галочку GraphicalHide и смотрим на результат (рис. 42).

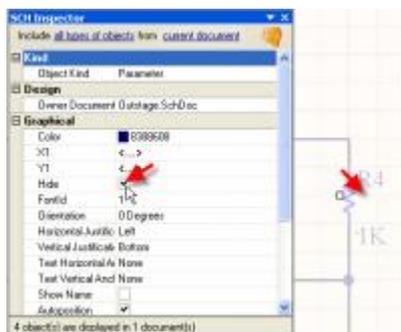


Рис. 42

Закрываем инспектор и в правом нижнем углу программы жмем кнопку Clear, чтобы отменить маскирование (рис. 43). Не забываем сохраняться.

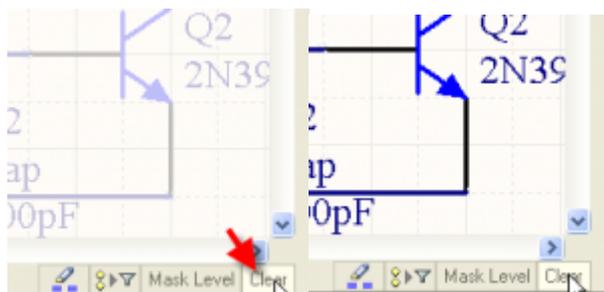


Рис. 43

В общем, схема готова, и ее можно передать на плату. Но остался неосвещенным еще вопрос. Для подготовки схемы мы воспользовались интегрированной библиотекой. Изменение/добавление компонентов библиотеки не допускается, что ограничивает возможности редактирования схемы. Чтобы обойти это ограничение, создадим свои библиотеки.

## 2.5. Создание библиотек

Нужно отметить, что в схеме содержится полная информация о компоненте и **Ж** можно «добыть» из схемы. Эта же особенность позволяет изменять компоненты прямо на схеме. К примеру, назначение и имена выводов, ссылку на посадочное место и другие, но это придется делать для каждого компонента отдельно. Это выручает в случае с простейшей схемой, но увеличивает вероятность что-то забыть в сложных, не считая труда по редактированию каждого компонента. Многие параметры изменить в схеме нельзя, например – графическое изображение.

Воспользуемся схемой, как заготовкой будущей библиотеки. На экране перед нами схема – это важно. В оболочке AD может быть открыто несколько документов. Все действия производятся в текущем, в зависимости от этого меняется состав главного меню и панелей. Переключаться между документами можно с помощью панели, под главным меню, рабо-

тающей как панель задач Windows. Теперь идем в Главное меню DesignMake Schematic Library. Извлекаются символы из схемы, и создается библиотека (схемная). Появляется боковая панель – SCH Library и открывается первый по списку символ для редактирования. Окошко информации подсказывает, сколько извлечено символов из схемы (рис. 44).

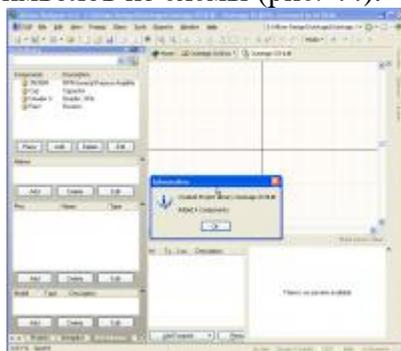


Рис. 44

Но библиотека, как таковая, еще не прописана в проекте и связи еще не обновлены. Об этом, косвенно, говорит отсутствие вида посадочного места в окошке просмотра (рис. 45).

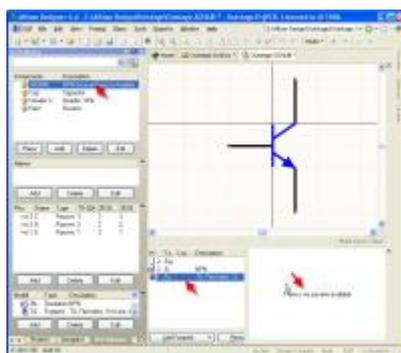


Рис. 45

Теперь необходимо вернуться к дереву проектов. Переключение между открытыми панелями осуществляется с помощью закладок (рис. 46). В дереве проекта появилась биб-

лиотека символов. Сохраняем библиотеку аналогично сохранению проекта и схемы.

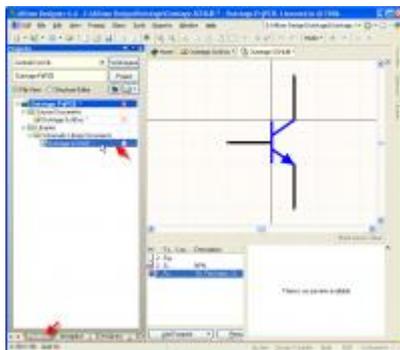


Рис. 46

После каждого внесения изменений в библиотеку J нужно сохранить, только после этого изменения вступают в силу. Возвращаемся к панели SCH Library. Заменяем компоненты в схеме на только что созданные. Для этого щелкаем правой кнопкой мыши на названии компонента в боковой панели и выбираем в контекстном меню Update Schematic Sheets(рис. 47).



Рис. 47

Информационное окошко сообщит нам о количестве замененных компонентов (рис. 48), здесь не лишним будет «прикинуть», все ли обновилось и на тех ли схемах.

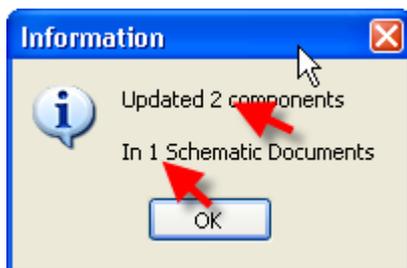


Рис. 48

Изменения вносятся в **открытые** документы. Заменяются компоненты с **совпадающими** именами. Об этом нужно помнить. В нашем случае все имена совпадают, так как мы сформировали библиотеку из схемы.

Проверить результат можно с помощью инспектора (вызывается клавишей **F11**). Выделяем компонент и смотрим в инспекторе поле Object SpecificLibrary (рис. 49), в нем должно быть имя вновь созданной библиотеки. Далее мы передадим информацию на плату.



Рис. 49

Снова возвращаемся к дереву проектов. Щелкаем первой кнопкой на названии проекта и контекстном меню выбираем Add New To ProjectPCB. Откроется заготовка платы, и в дереве проекта появится ссылка с названием по умолчанию (рис. 50). Сохраним плату, щелкнув правой кнопкой мыши на ссылке, выбрав Save As..., и потом - имя.

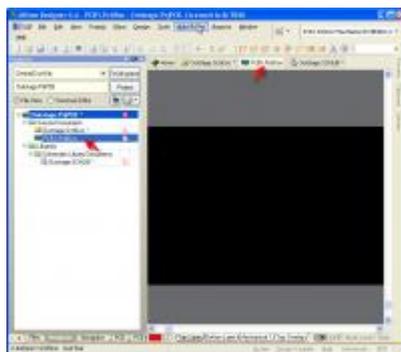


Рис. 50

Сохраняем все в папку проекта. **Возвращаемся к схеме** через панель документов. Теперь передадим информацию на плату.

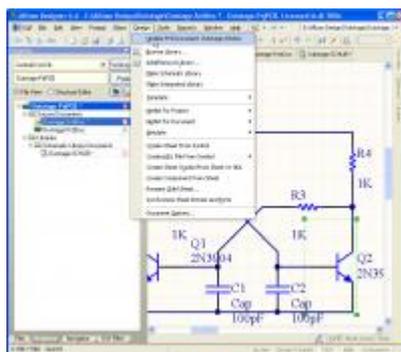


Рис. 51

Вообще-то выражение «передача информации на плату» несколько некорректно. С точки зрения AD, таким образом, мы нивелируем различия между схемой и платой. А так как на плате отсутствуют элементы, присутствующие в схеме, то они добавляются. Напомню так же, что изменения вносятся в **открытый** документ. Если бы мы создали две заготовки платы и открыли их, то в меню появились бы два пункта

Update PCB Document с соответствующими именами. Но лучше придерживаться правила: один проект – одна плата.  
Появляется уже знакомое нам окно ECO (рис. 52).

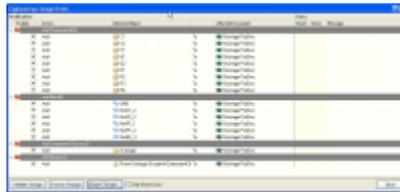


Рис. 52

Жмем кнопку Validate Changes. Смотрим на результат и видим отсутствие посадочного места (рис. 55, ситуация была создана искусственно, для примера действий в нештатной ситуации).

Закрываем окошко. Переходим в окно библиотеки. Открываем панель SCHLibrary. Щелкаем дважды по названию элемента. В окне свойств смотрим на окошко предварительного просмотра посадочного места. В нем пусто, что косвенно говорит нам о проблеме с поиском посадочного места. Выделяем имя посадочного места (рис. 53) и жмем кнопку Edit... В окне выбора посадочного места, снова смотрим в окно предварительного просмотра.

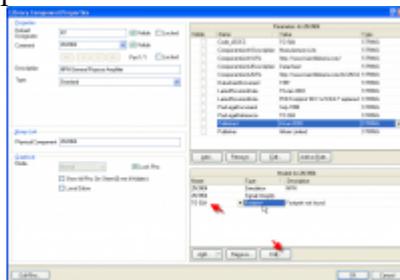


Рис. 53

Посадочное место есть, однако в критерии поиска библиотеки указано Use footprint from integrated library (рис. 54).



Жмем кнопку Execute Changes. Изменения успешно внесены. Сейчас мы видим на экране заготовку платы. Однако на ней нет элементов. Если в окне ECO, все прошло нормально, значит элементы есть. Просто они за пределами поля видимости. Сдвинем изображение влево, «зацепив» его правой кнопкой мыши (в редакторе печатных плат действуют те же приемы, что и в редакторе схем) и увидим искомые компоненты (рис. 56).

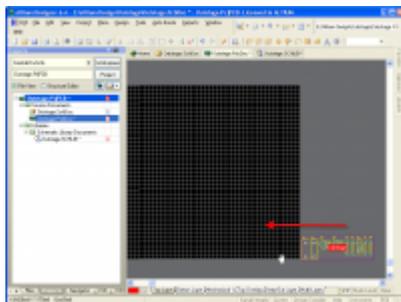


Рис. 56

Создадим свою библиотеку посадочных мест. Для этого воспользуемся приемом, использованным при создании библиотеки символов. Идем в Главное меню DesignMake PCB Library. Сохраняем библиотеку. Процесс аналогичен созданию библиотеки символов, за одним исключением. Библиотека создавалась как свободный документ, т.е. **не** входит в проект (рис. 57).

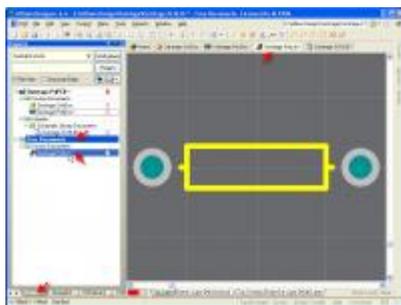


Рис. 57

Добавим J в проект, просто «перетащив» мышкой в дереве проекта на папку Libraries (рис. 58).

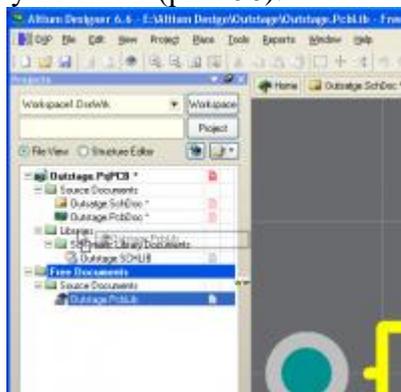


Рис. 58

После чего идем в библиотеку символов. Последовательно открываем окно свойств каждого компонента и далее окно выбора посадочного места (рис. 59). Убеждаемся, что обновились ссылки на посадочные места;

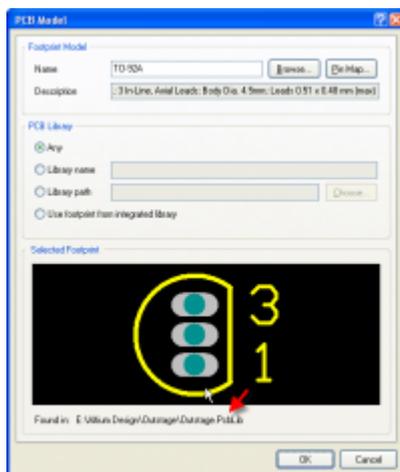


Рис. 59

Обновляем компоненты на схеме. Для этого, в боковой панели SCH Library, в списке компонентов, щелкаем на назва-

нии компонента правой кнопкой мыши и выбираем пункт Update Schematic Sheets. Информационное окошко любезно подскажет нам, все ли компоненты обновились. Эту операцию мы уже выполняли, но в контексте замены библиотечных компонентов.

Теперь обновляем плату. Для этого переключаемся на схему и выполняем Главное меню| DesignUpdate PCB Document Outstage.PcbDoc. Если на этапе обновления библиотек, мы не затронули непосредственно компоненты и схему, то информационное окошко подскажет нам, что схема и плата соответствуют друг другу. Это можно считать еще одной стадией проверки. Если же компоненты или схема были изменены, то появится окно ЕСО. Здесь мы можем обновить компоненты на плате или вернуться к схеме и поискать, что же мы изменяли J.

## 2.6. Создание компонента

Создаем новый проект (рис.60).

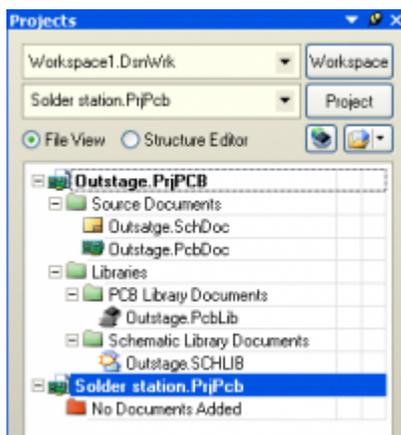


Рис. 60

Используем в нем уже созданные библиотеки. «Перетягиваем» их мышкой с нажатой кнопкой **ctrl** из предыдущего проекта (рис.61).



Рис. 61

Создается ссылка на библиотеку, и она автоматически становится библиотекой по умолчанию (рис.62).

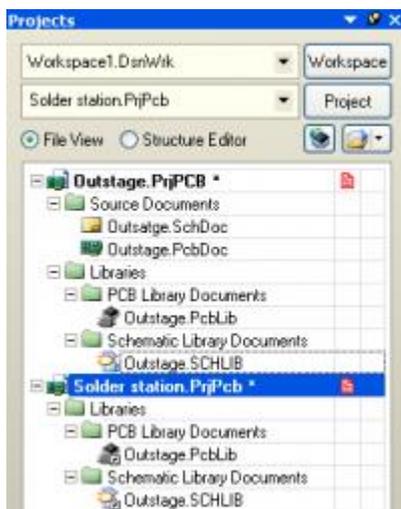


Рис. 62

Открываем библиотеку символов (рис.63).

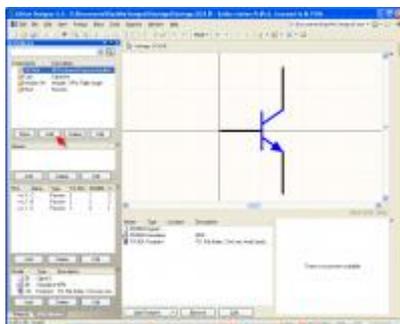


Рис. 63

Жмем кнопку Add. В открывшемся окошке пишем новое название компонента в библиотеке, в моем случае это оптоин МОС3021. Получилось название компонента (рис.64).

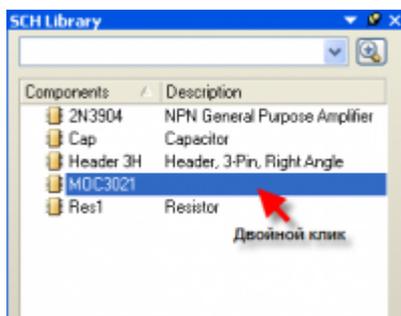


Рис. 64

Добавим немного информации. Двойной клик на названии компонента в списке, получаем уже знакомое окно свойств компонента (рис.65).

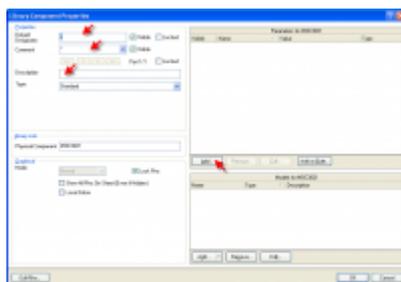


Рис. 65

Вписываем Default designator (позиционное обозначение по умолчанию), не забыв при этом поставить знак вопроса для автоматической нумерации, Comment (комментарий или наименование компонента, важный параметр) и при желании несколько строк параметров. Дополнительными параметрами могут быть: номинал, рабочее напряжение, производитель элемента и др. Для добавления параметра жмем кнопку **Add** (рис.66).

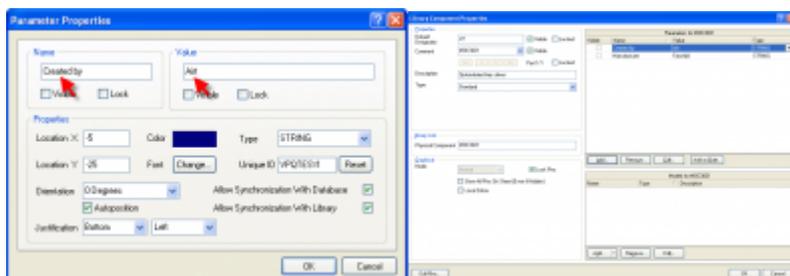


Рис. 66

Заполняем поля **Name** и **Value**. Посадочное место пока не добавляем, т.к. оно еще не нарисовано. Получаем заполненное окно свойств.

Теперь добавим несколько названий аналогов (Aliases). Этот параметр используется при поиске компонента в библиотеке по названию. После добавления аналогов, они будут видны в окне выбора компонентов, как отдельные компоненты. Жмем кнопку **Add** (рис.67) и вписываем имя (в моем случае это МОС3022 и МОС3023).



Рис. 67

### Создание символа

Подготовительные операции закончены. Теперь непосредственно рисуем символ.

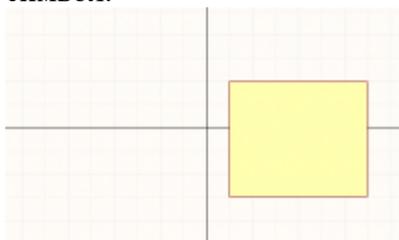


Рис. 68

Идем в Главное меню|PlaceRectangle. Рисуем «тело» символа (рис.68). Идем в Главное меню |PlaceLine и рисуем линии. При необходимости изменить атрибуты линии можно прямо во время рисования, нажав кнопку **Tab** (рис.69).

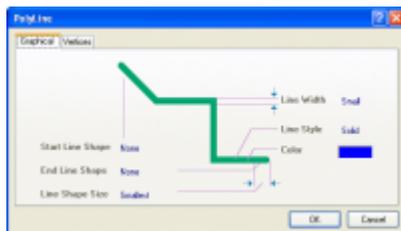


Рис. 69

Треугольник диода можно нарисовать полигоном через Главное меню|PlacePolygon (рис.70).

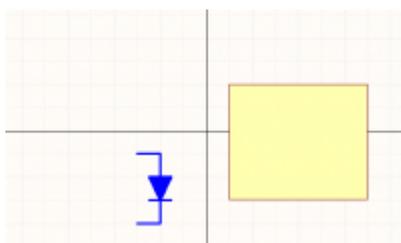


Рис. 70

Изменить его атрибуты можно, так же как и линии. Единичный объект нужно перемещать с помощью команды Главное меню|EditMove, группу можно просто «перетащить» мышкой. Добавлять объекты к выделению по одному можно при нажатой кнопке **Shift**.

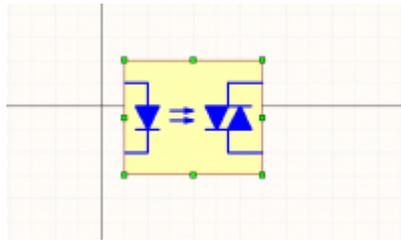


Рис. 71

К готовому изображению элемента (рис.71) добавим электрические выводы - Главное меню|PlacePin (рис.72).

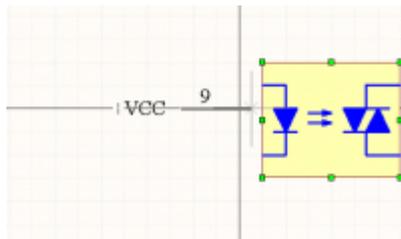


Рис. 72

Здесь действуют те же приемы, что и при рисовании схемы. Автоматическая нумерации выводов. сквозная для всей библиотеки. Т.е. если начать с вывода 1 и закончить 20-ым, то в следующем элементе нумерация начнется с 21-го. Но, на помощь приходит кнопка **Tab** (рис.73).

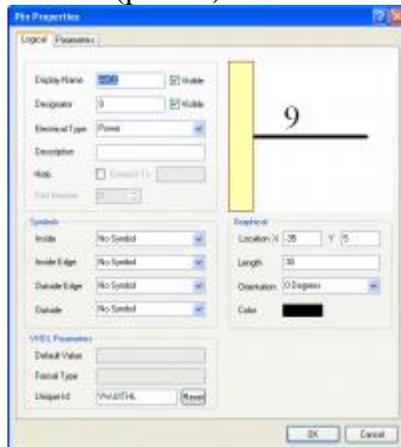


Рис. 73

Открывается окно атрибутов, и мы меняем необходимые атрибуты и номер вывода (Designator). Следующие будут меняться относительно, только что введенного. (Выводы, так же наследуют и название, что хорошо видно на рисунке 72. Название вывода  $+V_{CC}$ , это артефакт оставшийся от предыдущего символа.) Открыть окно атрибутов, так же, можно просто двойным кликом на выводе. После установки всех выводов, символ практически готов (рис.74). Не забываем сохранить.

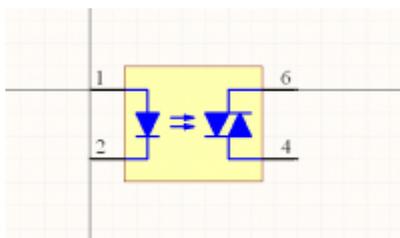


Рис. 74

### Создание посадочного места

Переходим к рисованию посадочного места. Открываем библиотеку посадочных мест (рис.75).

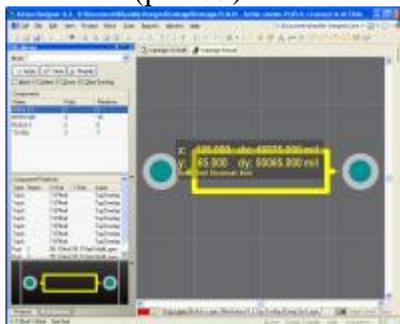


Рис. 75

Желательно иметь Dataset на элемент (рис. 76). В нем можно посмотреть размеры корпуса и систему измерения.



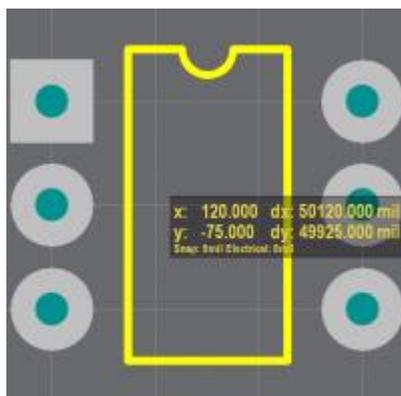


Рис. 78

Возвращаемся в библиотеку символов. Выбираем нужный символ, и жмем кнопку **Add Footprint** (рис.79).

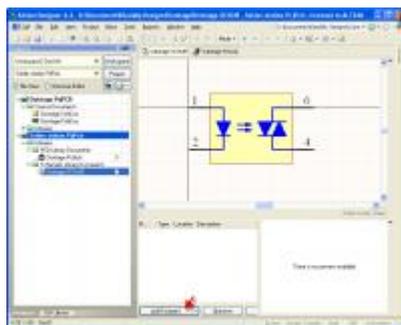


Рис. 79

Открывается уже знакомое окно (рис.80). В нем жмем Browse и снова получаем знакомое окно (рис.81). В нем, из списка, выбираем нужное посадочное место. Все, получился компонент. Сохраняемся.

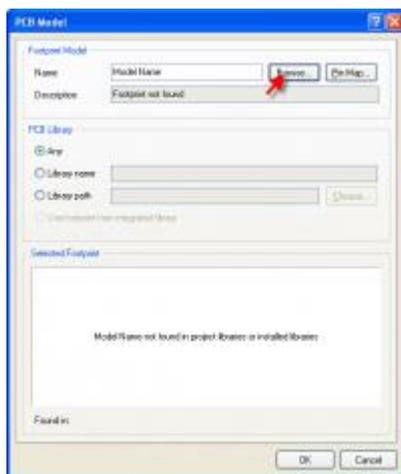


Рис. 80

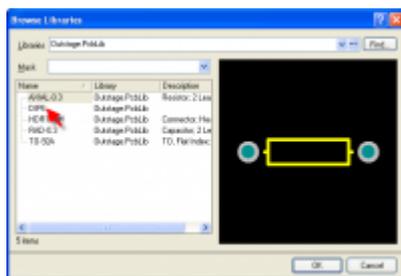


Рис. 81

Это простейший способ создания компонента. Основное правило здесь – имя вывода символа должно совпадать с именем вывода посадочного места. Причем нужно проследить, чтобы количество выводов в символе было равно или меньше количества выводов посадочного места. В этом можно убедиться, открыв окно атрибутов вывода в посадочном месте, двойным кликом (рис.82).

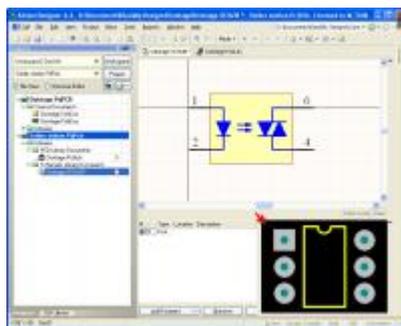


Рис. 82

### Ручное создание компонента

Второй путь создания компонента – вручную. Щелкаем правой кнопкой мыши в списке компонентов и выбираем **New Blank Component**. В списке появится новое посадочное место (рис.83).

Components			
Name	Pads	Primitives	
AXIAL-0.3	2	9	
DIP6	6	12	
HDR1X3H	3	19	
PCBCOMPONENT_1	0	0	
RAD-0.3	2	6	
TD-92A	3	7	

Рис. 83

Двойной клик на названии **PCBComponent\_1** и откроется окошко свойств (рис. 84).



Рис. 84

Здесь пишем более подходящее название корпуса (я взял для примера DIP4) и не лишним будет указать его высоту. Добавим площадки - Главное меню|PlacePad (рис.85).

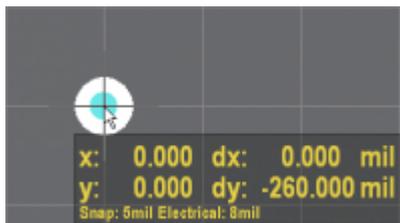


Рис. 85

Техника та же, что и при добавлении выводов в символе. Т.е., еще не нажав левую кнопку мыши для установки площадки, жмем кнопку Tab и открываем окно свойств площадки (рис.86).

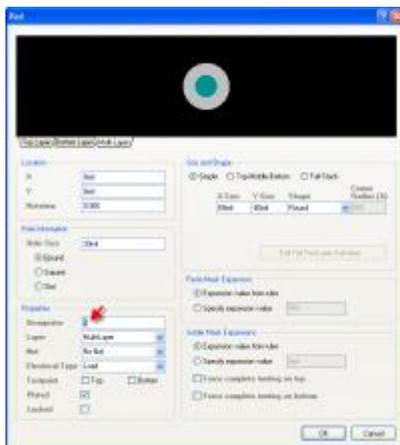


Рис. 86

В нем меняем номер (designator) и при необходимости остальные свойства (например, можно сделать первую площадку квадратной). Последующие площадки унаследуют свойства предыдущей с инкрементом номера. Назначении важных галочек:

- Designator - номер вывода
- Layer – слой расположения (multilayer для всех слоев)
- Net – понятно, цепь
- Plated – наличие металлизации (параметр важный, в AD начиная с 6-го, можно создать два файла сверловки, для отверстий с металлизацией и для крепежных отверстий, без металлизации)
- Locked – блокировка площадки (перед возможным изменением параметров, выдаст запрос на подтверждение действия)
- Force complete tenting on top (bottom) – позволяет закрыть площадку или переходное отверстие маской.
- Еще вкратце о назначении слоев:
- Top layer – верхний слой фольги
- Bottom layer – нижний слой фольги
- Mechanical1 – габаритное изображение элемента
- Top overlay – верхний слой маркировки («шелкографии»)
- Bottom overlay – нижний слой маркировки (шелкографии)
- Keep-out layer – контур, запрещенной для трассировки, зоны

Доступ к диалогу настройки слоев по кнопке **L**.

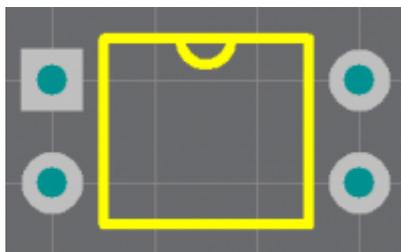


Рис. 87

Далее, переходим на слой **Top overlay** и рисуем контур посадочного места (информация для сборки, она же – «шелкография») командами Главное меню|PlaceLine и Главное ме-

ню|PlaceArc by Angel (рис.88). Прокладка трасс и линий в AD имеет некоторые особенности, с которыми я надеюсь, получится разобраться самостоятельно.

Осталось упомянуть еще один момент, который поможет при разработке платы. В слое **Top overlay** мы нарисовали контур элемента, который нужен для правильной установки. Часто, просто нет возможности (места) для точного отображения элемента, а компоновать плату по урезанным изображениям, чревато проблемами при монтаже.

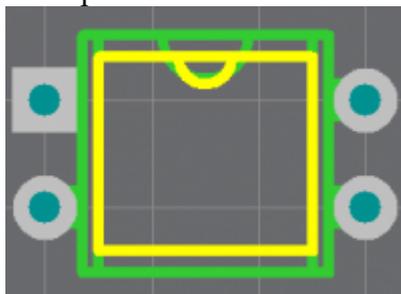


Рис. 88

Оставляем в слое **Top overlay** упрощенное изображение корпуса, а более точное изображение рисуем в слое **Mechanical** (рис.88). Остается передать позиционное обозначение в слой **Mechanical**, т.к. по умолчанию, эта информация передается только в слой **\*\*\* overlay**.

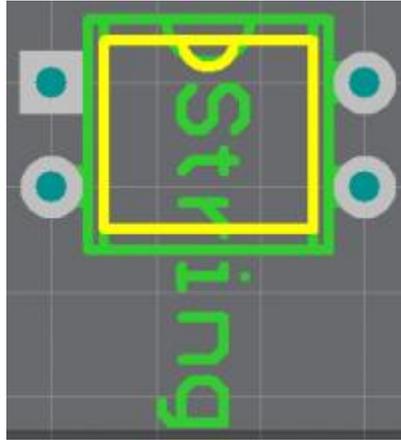


Рис. 89

Делается это так: Добавляем текстовую строку в слое Mechanical командой Главное меню| PlaceString (рис.89).



Рис. 90

Далее кликаем дважды на текстовой строке и открываем окно свойств (рис. 90).

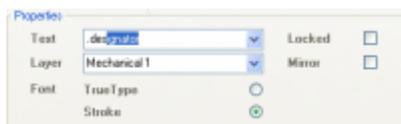


Рис. 91

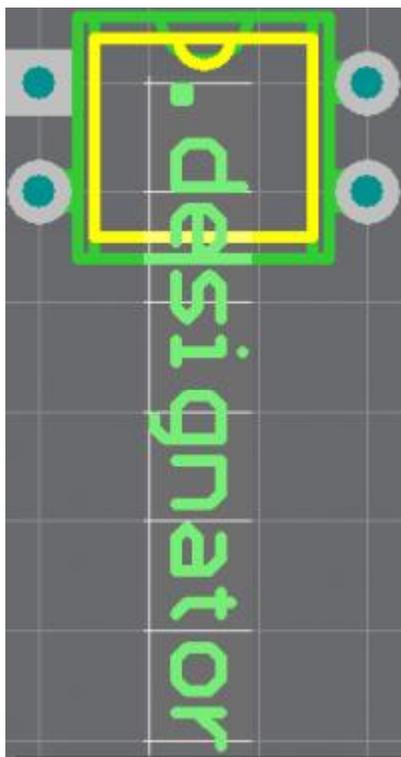


Рис. 92

Меняем текст строки на **Designator** (рис.91, 92). Обратите внимание на точку перед текстом – это признак служебной строки. Осталось включить отображение данных вместо служебных строк, Главное меню|ToolsPreference, далее PCB EditorDisplayConvert Special Strings (Рис. 93).

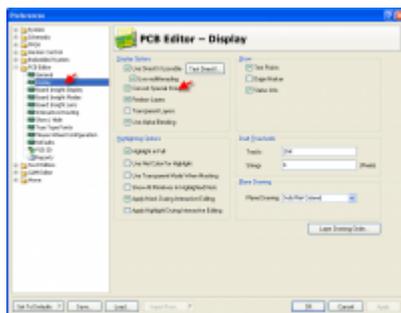


Рис. 93

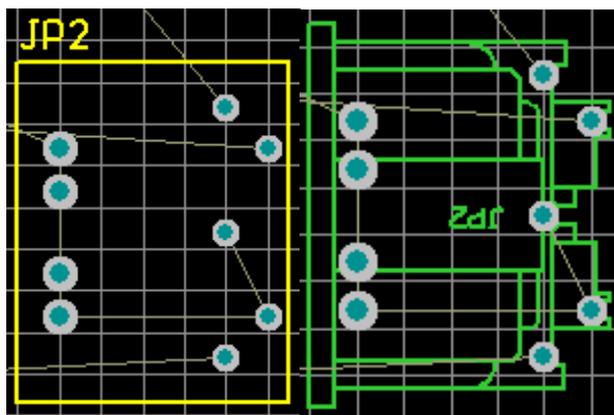


Рис. 94

В результате, можно будет отключить отображение слоя Top overlay и включить слой Mechanical1 (рис.94).

### Копирование компонента в библиотеке

Переходим в библиотеку символов. Щелкаем правой кнопкой на нужном символе в списке и выбираем **Copy** (рис.95). Далее снова правой кнопкой мыши и выбираем – **Paste**.

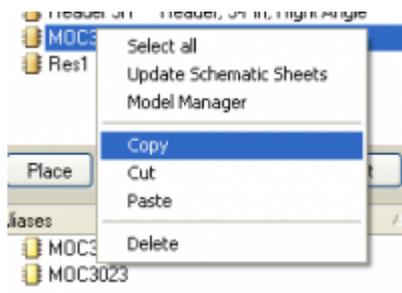


Рис. 95

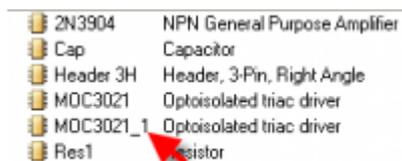


Рис. 96

Получаем копию символа с добавленным в название исходного **-\_1** (рис.96). Все, можно пользоваться. Изменить название и пару выводов и готов новый символ. Ту же самую процедуру можно проделать и с посадочным местом. Скопировать элемент можно и со схемы или платы.

### Копирование компонента из другой библиотеки

Второй путь. Отличается от первого только источником. Этим источником может быть чужая схема (плата) или библиотека. Для начала, нужно проследить, чтобы была открыта созданная нами библиотека символов.

#### Для схемы:

1. Открываем позаимствованную у кого-нибудь схему, через Главное меню|FileOpen... Схема открывается, как свободный документ (рис.97).

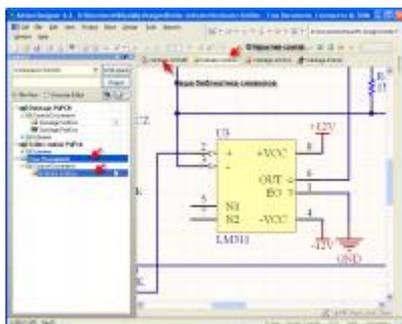


Рис. 97

2. Выбираем понравившийся компонент, выделяем его и щелкаем на нем правой кнопкой мыши. В контекстном меню, выбираем **Copy**(рис.98).

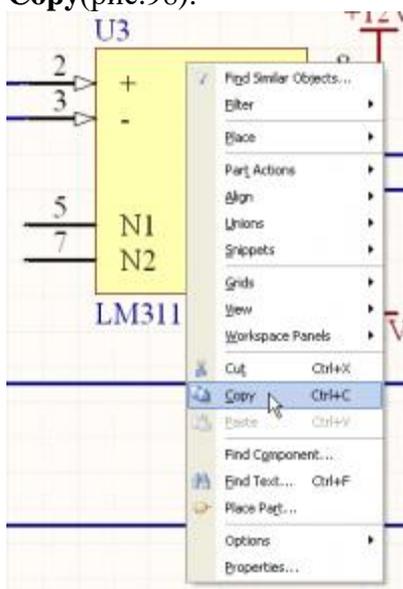


Рис. 98

3. Переходим в библиотеку символов. В списке символов щелкаем правой кнопкой мыши и в контекстном меню, выбираем **Paste** (рис. 99).

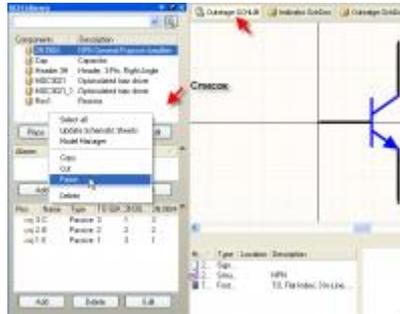


Рис. 99

4. Готово, можно пользоваться (рис.100).

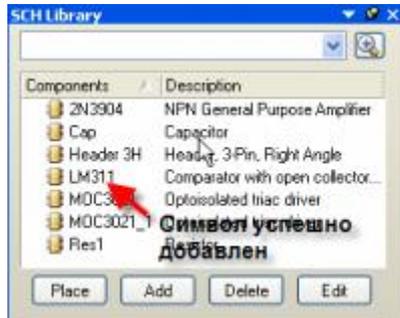


Рис. 100

### Для платы:

Для начала, нужно проследить, чтобы была открыта созданная нами библиотека посадочных мест.

1. Открываем позаимствованную у кого-нибудь плату, через Главное меню File Open... Плата открывается, как свободный документ (рис.101).

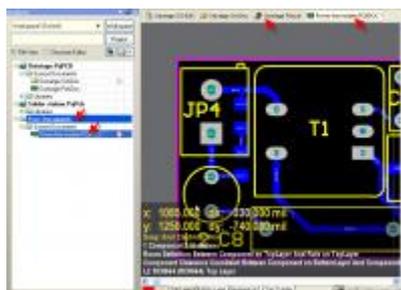


Рис. 101

2. Выбираем понравившийся компонент, выделяем его и щелкаем на нем правой кнопкой мыши. В контекстном меню, выбираем **Copy** (рис.102).

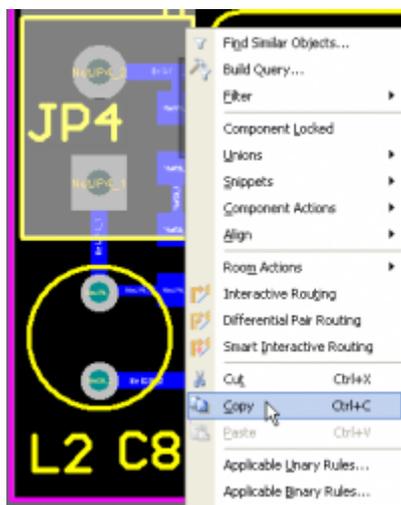


Рис. 102

3. Указываем точку привязки (рис.103).



## 3 . МОДЕЛИРОВАНИЕ

### 3.1. Двухмерное моделирование ПП

При двухмерном моделировании печатных плат (ПП) необходимо создавать модель платы (контур) и модели корпусов электронных компонентов (ЭК). Для моделирования контура платы в Altium Designer используется несколько подходов, пять из них рассмотрены в этом параграфе. Основными инструментальными средствами создания контура платы в «Altium Designer 10» являются: «PCB Board Wizard», «Design>Board Shape», «Place>3D Body» и File>Import.

1. Создание платы посредством помощника создания бланка платы «PCB Board Wizard» с использованием шаблона «PCB Board Wizard» позволяет выбрать стандартный промышленный типоразмер платы или же создать свой собственный типоразмер платы. Мастер создания контура платы «PCB Board Wizard» расположен в секции «New from Template» в нижней части панели Files [5]. В начальном окне «PCB Board Wizard» надо нажать Next, а в следующем окне выбрать метрическую систему единиц Metric. Затем надо выбрать шаблон с форматкой, а потом выбирается число слоёв для платы – количество сигнальных слоев и количество сплошных слоев. Далее надо выбрать стили переходных отверстий, как правило, используются только сквозные отверстия, поэтому выбирают «Thruhole Vias». Следующая страница позволяет установить опции технологии трассировки. Если преимущественно на плате будут использоваться корпуса со штыревыми выводами, то выбирают «Through-hole component» и устанавливают число трасс между смежными контактными площадками – можно выбрать от одной до трёх. Если преимущественно будет поверхностный монтаж, то выбирают «Surface-Mount Components» и указывают: на одной или двух сторонах платы можно размещать компоненты. Следующая страница

«Default Track and Via Size» позволяет установить несколько правил проектирования, применимые к плате: минимальная ширина проводника, минимальный диаметр контакт-

ной площадки переходного отверстия, минимальный диаметр переходного отверстия и минимальный зазор, пример показан на рисунке 105.

В конце нажать кнопку Finish.

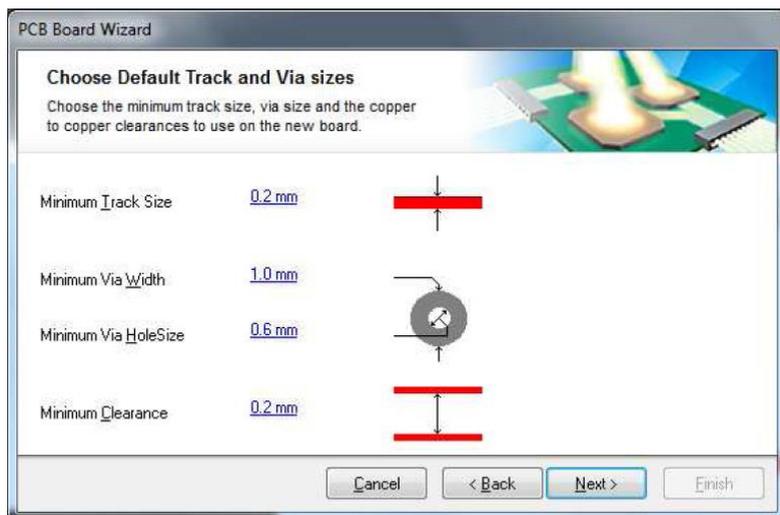


Рис. 105. Минимальные значения технологических параметров платы

2. Создание платы посредством «PCB Board Wizard» без шаблона

Процедура создания контура аналогична предыдущей. Но вместо шаблона выбирается параметр Custom, а на следующем шаге задаются параметры платы (Рис. 106): форма, размеры, слой размерных линий, ширина линии ограничивающей контур платы, ширина размерных линий, зазор от края платы для запретной зоны и дополнительные опции (подключение форматки, наличие описания платы, наличие размерных линий, добавление внешних и внутренних вырезов в плате). Если отмечены опции «Corner Cutoff» и «Inner Cutoff», то на следующих шагах будет предложено задать размеры вырезов. Сна-

чала задаются наружные вырезы в плате, в данном случае они могут быть только прямоугольными по углам платы, на Рис. 107 заданы два квадратных выреза сверху (справа и слева) по 10 мм от края платы. Затем задаётся внутренний вырез посредством координат, при этом внутренний вырез может быть только один и только прямоугольной формы, см. Рис. 108. Впоследствии можно корректировать вырезы стандартными инструментальными средствами Altium Designer.

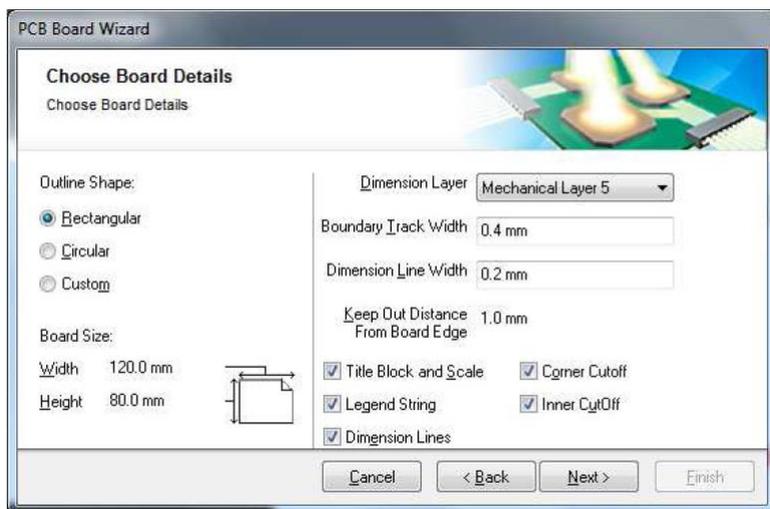


Рис. 106. Параметры платы

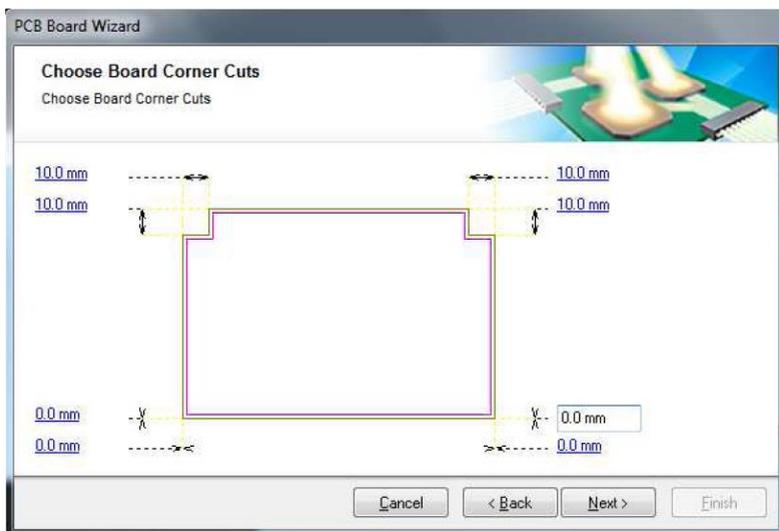


Рис. 107. Параметры наружных вырезов в плате

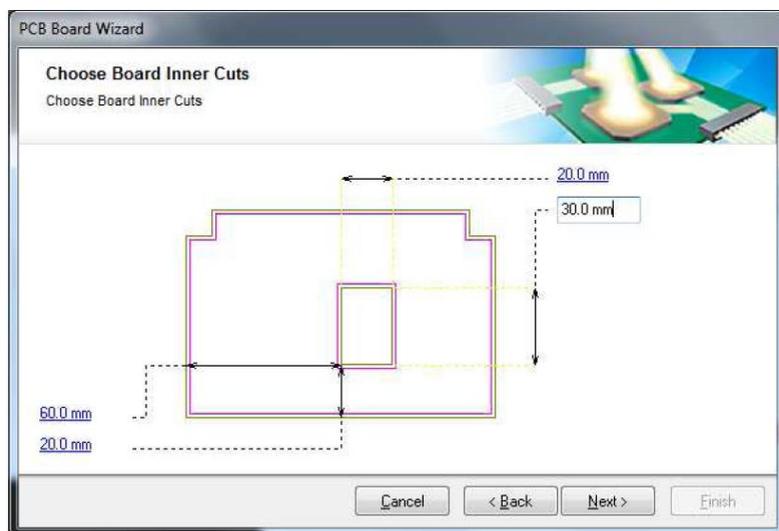


Рис. 108. Параметры внутреннего выреза в плате

### 3. Создание контура платы вручную

Сначала надо создать документ pcb.doc, и установить метрическую систему единиц. Потом выполнить команду Design>Board Shape>Redefine Board Shape. Затем фиксируя левой кнопкой мыши углы контура платы нужно нарисовать граничный рисунок, при этом комбинацией клавиш Shift+Space можно переключать режимы ортогональности для использования дуг и острых углов. При использовании дуги ее радиус меняется комбинациями клавиш Shift+«.»(точка) и Shift+«.»(запятая). Стоит отметить, что данный инструмент позволяет создавать только примитивные по форме контуры. В режиме рисования бывает сложно позиционировать курсор в необходимую точку, поэтому координаты углов во время рисования контура можно вводить с клавиатуры. Для этого при активной команде следует нажать клавишу J, затем клавишу L, после чего на экране появится окно «Jump To Location», в котором предлагается ввести координаты. Описанная команда перемещает курсор в указанную точку, а для фиксации точки контура нужно после каждого ввода координат нажимать клавишу Enter. Например, чтобы создать контур платы в виде прямоугольника 32,5x46 мм, следует выполнить команду «Design>Board Shape>Redefine Board Shape», а затем, не трогая мышку, вводить последовательно координаты следующим образом:

J>L>{100;100}>Enter>J>L>{100;132,5}>Enter>J>L>{146;132,5}>>Enter>J>L> {146;100}>Enter>. При этом {100;100} – означает, что координаты X=100 и Y=100, см. После ввода координат надо закончить формирование контура нажатием правой кнопки мыши.

### 4. Загрузка трехмерной модели корпуса и автоматизированное формирование контура платы

Сначала надо указать путь к модели, для этого надо выбрать «DXP>Preferences>PCB Editor>Models». В появившемся

окне нужно нажать кнопку «обзор папок» и указать путь к расположению моделей, после чего нажать кнопку Add. В списке подключенных папок с моделями появится новая ссылка, после чего нажать кнопку ОК (или Apply, если подключается несколько путей). Сначала, чтобы использовать STEP-модель платы ранее созданной в механической САПР, нужно переключиться в трехмерный режим работы. Переключения между двумерным и трехмерным режимами работы выполняются нажатием клавиш 2 и 3, при этом стоит помнить, что не все видеокарты поддерживают режим работы с трехмерной платой (для этой задачи нужна видеокарта с поддержкой DirectX9.0C и Shared Mode 3.0). Итак, после нажатия клавиши 3 программа переходит в трехмерный режим работы и плата отображается синим цветом. Теперь нужно включить отображение STEP моделей, которое выполняется через панель PCB, см. Рис. 109.

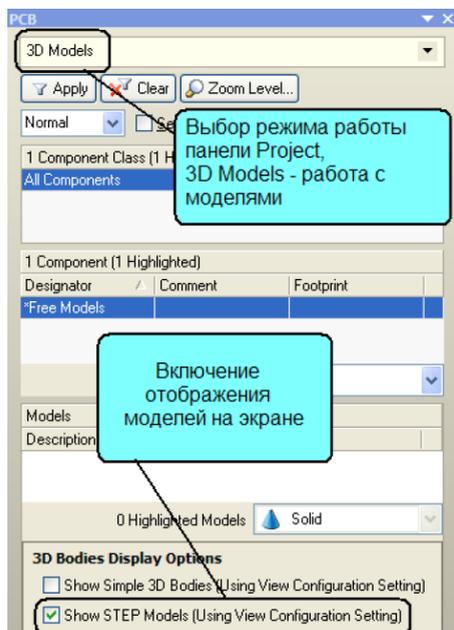


Рис. 109

Далее нужно разместить STEP-модель в рабочей области, для чего выполняется команда «Place>3D Body» и на экране появится диалог «3D Body». В появившемся окне выбирается тип модели «Generic STEP Model» и в нижней части надо нажать кнопку «Link to Step Model» (тогда изменения в STEP-модели будут отражаться в топологии печатной платы). После предложения создать ссылку на модель откроется окно, в котором показана ранее заданная папка и все хранящиеся в ней модели. В списке надо выбрать файл модели \*.STEP и нажать кнопку ОК. Теперь в диалоге «3D Body» надо нажать кнопку ОК и разместить модель в рабочей области нажатием левой кнопки мыши. После размещения модели программа предлагает установить следующую модель, в нашем случае следует отказаться от этого нажатием кнопки Cancel.

Последним шагом нужно указать, что добавленная модель в формате STEP является платой, для чего выполняется команда «Design>Board Shape> Define from 3D Body» и выполняется последовательно два щелчка мыши на добавленной модели. В результате будет выдано сообщение, в котором предлагается задать контур платы из выбранной модели, с чем следует согласиться. Теперь формируется плата в трехмерном виде со ссылкой на модель STEP, причем эту плату можно вращать во всех плоскостях. Для вращения платы используется клавиша Shift, после чего на экране появится «шар со стрелками», на котором имеются кнопки управления поворотом. При наведении курсора на стрелки и движение мышки с нажатой правой клавишей – будет осуществляться поворот в указанном стрелкой направлении. При наведении курсора на дуги и движение мышки с нажатой правой клавишей – будет осуществляться поворот в плоскости рабочей области. При наведении курсора на точку и движение мышки с нажатой правой клавишей – будет осуществляться свободное вращение. После описанных выше действий в Altium Designer имеется контур платы со ссылкой на модель STEP, причем стоит обратить внимание, что круглые отверстия, которые были созданы в механи-

ческой САПР, конвертируются в контактные площадки со свойствами обычных крепежных отверстий. Если на последующем этапе проектирования модель платы будет изменена в той программе, в которой она была создана, то в Altium Designer при обращении к этой модели будет выдано сообщение, в котором предлагается обновить модель платы в соответствии с исходной моделью в формате STEP.

## 5. Импорт двухмерной заготовки, выполненной в машиностроительной САПР

Рассмотрим пример использования автокадовского файла, как наиболее часто используемого (также возможен импорт и других форматов). Для использования файла в формате DWG(DXF), находясь в редакторе печатных плат, надо выполнить команду File>Import. В строке «Тип файлов» следует указать AutoCAD, после чего выбрать исходный файл с будущим контуром платы. После этого появится окно, в котором нужно задать единицы измерения в группе Scale (по умолчанию установлены mil – в этом случае контур будет уменьшен в 2,54 раза). Можно изменить тип блоков, по умолчанию предлагается импортировать заготовку примитивами, но можно выбрать вставку единым блоком.

Толщину линий в соответствии с ГОСТ надо установить 0,4 mm. Рекомендуются указать расположение начала координат вставляемого

рисунка в окне «Locate AutoCAD» и выбрать слои для импорта [6]. При выборе слоёв следует указывать на какой слой Altium Designer будет передана импортируемая информация. Для контура платы обычно используется графический слой Mechanical 1, при этом для остальных слоев устанавливается настройка Not Imported (предполагая, что контур платы вычерчен в одном слое), см. Рис. 110.

После установки всех опций и нажатия ОК, в рабочей области редактора появляется импортированный контур. Теперь программе нужно указать, что этот контур является гра-

ницами платы. Для этого надо выделить весь импортированный контур и выполнить команду «Design>Board Shape>Define from Selected Objects», после чего область внутри контура становится черной, а снаружи – серой (Рис. 111), что свидетельствует о корректном создании платы. Создание контура платы посредством импорта сложного контура из механических САПР в формате DXF (DWG) является наиболее удобным, чем предыдущий вариант, но не обладает возможностью взаимобратного редактирования, что возможно при использовании формата STEP.

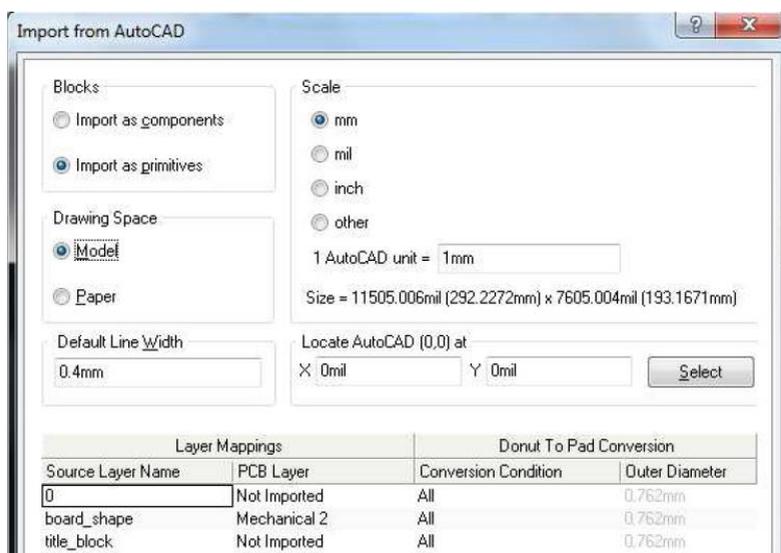


Рис. 110. Параметры заготовки, импортируемой из AutoCAD

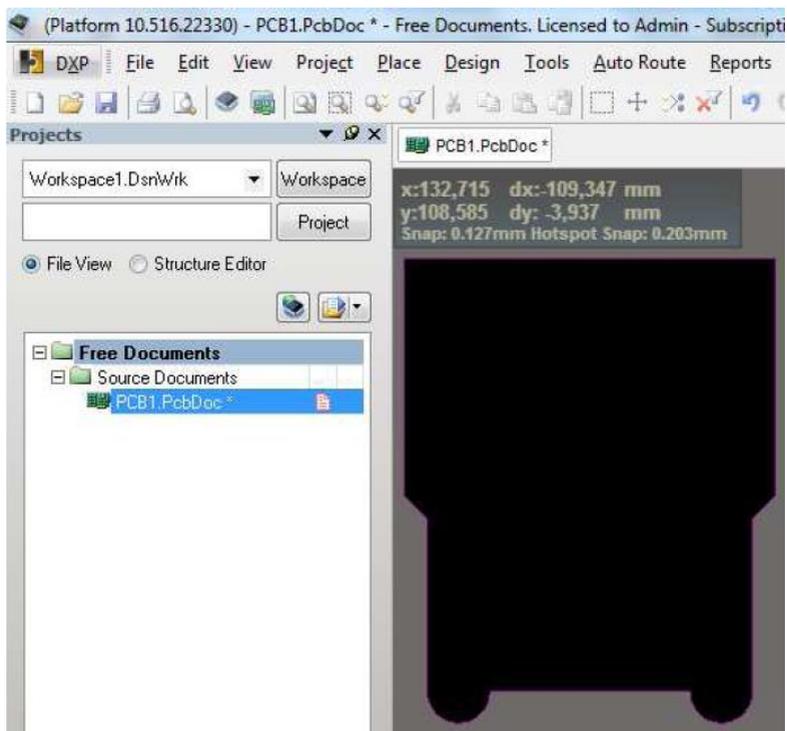


Рис. 111. Контур платы в Altium Designer

### 3.2. Трехмерное моделирование корпусов ЭК

В связи с увеличением уровня сложности и плотности монтажа современных электронных устройств конструктору печатных плат необходимо не только контролировать расположение компонентов в плоскости платы, но и учитывать требования к их расположению в формате 3D. Возможность экспортировать законченную конструкцию платы в механические САПР позволяет выполнить виртуальную сборку устройства и проверить полную компоновку уже в стадии разработки.

Altium Designer включает в себя ряд функций для решения этих задач.

1. Добавление высоты посадочного места - Один из простейших способов контроля размеров конструкции платы в 3D-формате – это добавить атрибут высоты каждому компоненту. Для этого надо дважды щелкнуть ЛКМ (левой кнопкой мыши) на имени посадочного места в списке Components панели «PCB Library» и ввести высоту в поле Height (Высота) диалога «PCB Library Components». Ограничения высоты могут быть определены правилами проектирования печатной платы (Design>Rules), которые контролируют максимальную высоту в классах компонентов или в «комнатах» (Room Definition).

2. Добавление «3D Body» к посадочному месту Чтобы определить более детальные требования к высоте компонента, к посадочному месту можно добавить объекты «3D Body» полигональной формы. Для определения физической формы и размеров компонента могут быть добавлены один или несколько объектов «3D Body» в горизонтальной и вертикальной плоскостях на любом доступном (enabled) механическом слое. Объекты «3D Body» могут быть использованы проверкой правил проектирования для контроля наложений компонентов друг на друга и зазоров между ними, а также для визуализации 3D-вида печатной платы («View>Board in 3D» в редакторе печатных плат).

### **3.2.1. Ручное размещение объектов «3D Body»**

Объекты «3D Body» могут быть размещены вручную в редакторе PCB-библиотек (Place>3D Body) или автоматически с помощью диалога «Component Body Manager» (Tools>Manage 3D Bodies for Components on Board...).

Рассмотрим этапы ручного процесса на примере добавления «3D Body» к посадочному месту DIP14 (Рис. 112).

1. Выбрать в панели «PCB Library» компонент, к которому надо добавить «3D Body» (в данном примере – DIP14).

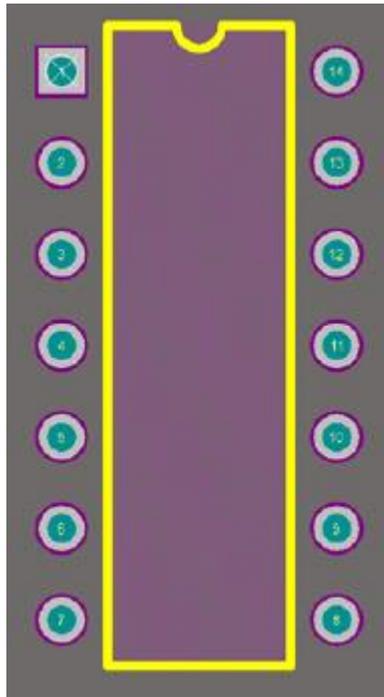


Рис. 112. Посадочное место корпуса DIP14

2. Убедиться, что нужный механический слой доступен (enabled) и является текущим.

3. Выбрать команду «Place>Place 3D Body» (горячие клавиши: P, B). Откроется диалог «3D Body», показанный на Рис. 113. Объекты «3D Body» могут быть созданы из простейших форм (прямоугольной, цилиндрической, сферической) или с помощью импорта модели STEP. При необходимости можно использовать комбинацию обоих методов.

4. Ввести параметры: общую высоту (overall height) и высоту над поверхностью печатной платы (standoff height), закрыть диалог.

5. Нажатием ЛКМ указать местоположение вершин «3D Body». Обратите внимание, что процесс размещения экструдированного «3D Body» представляет собой стандартный про-

цесс размещения многоугольного объекта (SHIFT+ПРОБЕЛ используется для переключения стиля угла и клавиша ПРОБЕЛ для переключения текущего угла размещения).

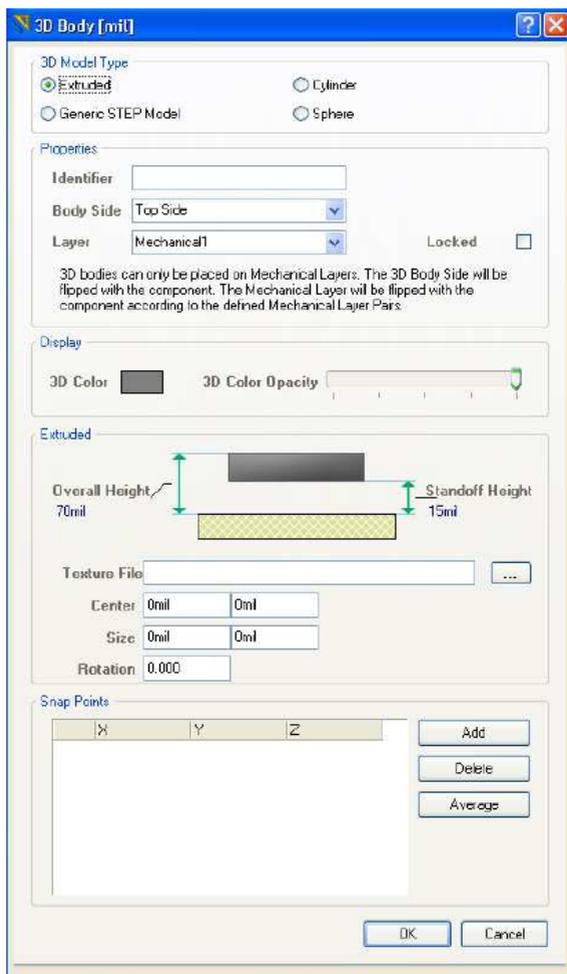


Рис. 113. Параметры 3D Body

На Рис. 114 представлены различные варианты трехмерного корпуса DIP14.

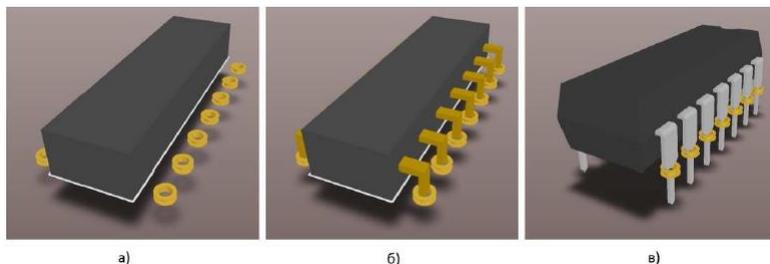


Рис. 114. Корпус DIP14, выполненный различными способами:

- а) один объект 3D Body; б) несколько объектов 3D Body;
- в) импортированная STEP-модель

### 3.2.2. Использование 3D Body Manager

Диалог «3D Body Manager» (менеджер 3D-тел) позволяет автоматически создавать объекты «3D Body» на основе прямоугольного контура или замкнутых многоугольных очертаний примитивов, которые уже присутствуют в посадочном месте. «3D Body Manager» может быть использован как для текущего посадочного места, так и для всех компонентов текущей РСВ-библиотеки [6]. На Рис. 115 изображен диалог «3D Body Manager», который используется для определения «3D Body» посадочного места SOIC8. Используя такой подход, гораздо проще создавать «3D Body» для компонента, корпус которого имеет сложную форму, по сравнению с ручным методом определения формы компонента.

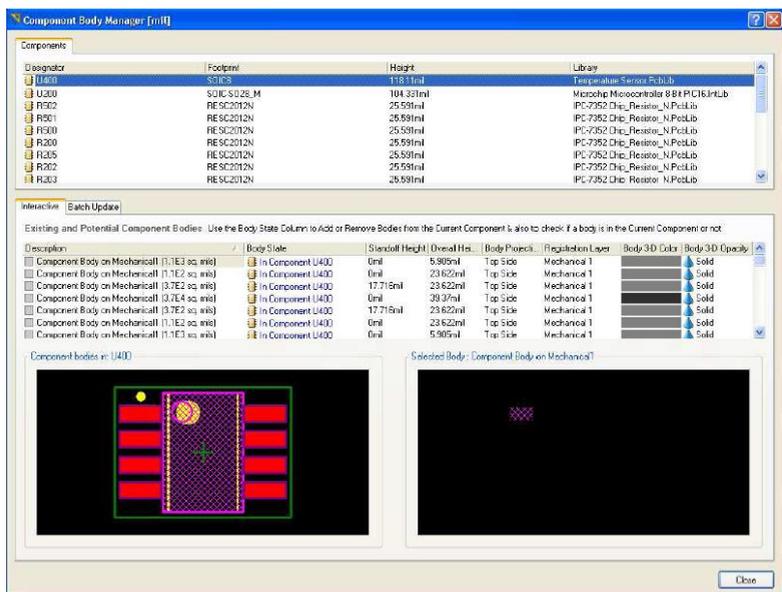


Рис. 115. Окно менеджера трехмерных тел

Для создания формы, основанной на линии контура, определенного для компонента в слое шелкографии, надо выбрать опцию «Polygonal shape created from primitives on Top Overlay» (Создать многоугольную форму из примитивов на слое Top Overlay). В поле «Body State» (Статус объекта) установить для этой опции значение «In Component...» (В компоненте...), в поле «Registration Layer» (Слой регистрации) выбрать механический слой, на который будет добавлен объект «3D Body» и установить значения Overall Height и Standoff Height. Для создания «3D Body» может быть добавлено несколько 3D-форм с помощью диалога «3D Body Manager».

Для этого нужно просто выбрать контуры, форму которых нужно добавить к компоненту, и установить для них значение «In Component» в колонке «Body State». Формы, созданные в «3D Body Manager», можно комбинировать с формами, созданными вручную, как показано в примере на Рис. 116.



Рис. 116. Фрагмент платы, корпуса ЭК которой созданы комбинацией различных объектов 3D Body

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате освоения изложенного материала можно спроектировать электронное средство с использованием САПР: электронной и машиностроительной. В электронной САПР проектируют печатные платы, в машиностроительной – детали и сборочные единицы. В качестве примера электронной САПР использована Altium Designer; машиностроительной – КОМПАС. Инструментальные средства вышеперечисленных САПР сгруппированы таким образом, чтобы можно было выбрать наиболее оптимальный инструментальный набор в зависимости от поставленной задачи. Инструментальные средства САПР одного вида зачастую схожи в различных САПР, т.е.:

- инструменты в КОМПАС аналогичны инструментам других машиностроительных САПР, таких как: AutoCAD, NX, Solid Edge и т.д.;

- инструменты в Altium Designer аналогичны инструментам других электронных САПР, таких как: Mentor Graphics, CADSTAR, KiCAD и др.

Поэтому данное учебное пособие может пригодиться всем проектировщикам электронных средств, независимо от того в какой САПР они работают. Последовательное изложение учебного материала сопровождается примерами, иллюстрациями в объеме, достаточном для его самостоятельного изучения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Создание простой печатной платы с помощью Altium designer Режим доступа: [http://wzone.vegalab.ru/faq/faq\\_altium2](http://wzone.vegalab.ru/faq/faq_altium2)
2. Altium Designer уроки Режим доступа: <http://lab316.ru/site/doku.php?id=apps:altium>
3. Altium Designer 6. Новые возможности в версии 6.8 Режим доступа: [http://www.rodnik.ru/product/sapr/literature/altium\\_designer/pranovich/](http://www.rodnik.ru/product/sapr/literature/altium_designer/pranovich/)
4. Как подготовить фотошаблон для негативного фоторезиста в Altium Designer. Режим доступа: <http://altium123.narod.ru/FAQ-altium/FAQ3.html>
5. Илюкин О.А. Российская документация по Altium Designer: учеб. пособие [Электронный ресурс]: Вики по Altium. – Австралия: Altium Limited, [2011]. – Режим доступа: [wiki.altium.com](http://wiki.altium.com).
6. Сабунин А.Е. Разработка конструктивных параметров печатной платы / А.Е. Сабунин // Современная электроника № 8. – М.: СТА-ПРЕСС, 2008.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. Организация библиотек в САПР печатных плат .....	4
2. Создание печатной платы с помощью Altium Designer .....	5
2.1. Интерфейс пользователя .....	5
2.2. Управление панелями .....	7
2.3. Создание проекта .....	9
2.4. Создание схемы .....	13
2.5. Создание библиотек .....	30
2.6. Создание компонента .....	39
3 . Моделирование .....	62
3.1. Двухмерное моделирование ПП .....	62
3.2. Трехмерное моделирование корпусов ЭК .....	71
Заключение .....	78
Библиографический список .....	79

Учебное издание

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ  
КОНСТРУКТОРСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭС:  
ПРАКТИКУМ

Ципина Наталья Викторовна

В авторской редакции

Подписано к изданию . .2022.

Объем файла 2,5 Мб

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
технический университет»  
394026 Воронеж, Московский просп., 14