

Г.Н. ДЕВЯТКОВ, Д.И. ВОЛЬХИН

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ В ALTIUM DESIGNER

Учебно-методическое пособие

НОВОСИБИРСК
2018

УДК 621.38.061:004.92(075.8)
Д 259

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. *В.П. Разинкин*
канд. техн. наук, доц. *Б.И. Иванов*

Работа подготовлена на кафедре КТРС и утверждена
Редакционно-издательским советом университета в качестве
учебно-методического пособия для студентов III–IV курсов факультета
«Радиотехники и электроники» (направления «Конструирование
и технология электронных средств» и «Инфокоммуникационные
технологии и системы связи»)

Девятков Г.Н.

Д 259 Проектирование печатных узлов в ALTIUM DESIGNER:
учебно-методическое пособие / Г.Н. Девятков, Д.И. Вольхин. –
Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – 104 с.

ISBN 978-5-7782-3555-7

В пособии содержится краткое изложение основных принципов
работы в профессиональной системе автоматизированного проекти-
рования Altium Designer. Предназначено для закрепления знаний по
изучаемым дисциплинам и получения практических навыков проек-
тирования печатных узлов. Может быть полезно студентам при вы-
полнении курсовых и квалификационных работ.

УДК 621.38.061:004.92(075.8)

ISBN 978-5-7782-3555-7

© Девятков Г.Н., Вольхин Д.И., 2018
© Новосибирский государственный
технический университет, 2018

ПРЕДИСЛОВИЕ

Развитие современной электронной техники было бы невозможным без совершенствования программного обеспечения, позволяющего сократить трудоемкость и время проектирования печатных узлов. В связи с этим современным инженерам необходимо знать не только стандарты, устанавливающие правила проектирования печатных узлов, но и современные САПР, среди которых одной из передовых является «Altium Designer».

В настоящем пособии описаны основные этапы работы с проектом печатной платы в «Altium Designer», позволяющие за короткое время достичь уровня владения программой, достаточного для самостоятельного проектирования.

Вся информация, имеющаяся в учебном пособии, структурирована и основана на российской документации к программе «Altium Designer» (wiki.altium.com), поэтому его можно использовать как для первоначального ознакомления с программой, так и в качестве справочного материала при дальнейшей самостоятельной работе в САПР.

1. СРЕДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ALTIUM DESIGNER

В настоящем разделе дано описание интерфейса системы Altium Designer и приведена информация по использованию панелей и управлению проектной документацией, он носит ознакомительный характер и предназначен для пользователей, не работавших ранее с системой Altium Designer.

1.1. Интерфейс

Altium Designer – ведущая система автоматизированного проектирования для радиоэлектронной промышленности, позволяющая реализовать сквозной процесс разработки электронной аппаратуры с использованием единой унифицированной программной платформы.

Altium Designer позволяет выполнять все задачи в рамках единой программной среды Design Explorer (DXP), которая запускается одновременно с запуском программы и предоставляет интерфейс работы со всеми редакторами.

Окно Altium Designer содержит следующие основные элементы (рис. 1.1):

- 1) системное меню и панели инструментов, наполнение и состав которых меняются в зависимости от типа активного документа;
- 2) вспомогательные панели, которые имеют несколько режимов отображения;
- 3) рабочая область;
- 4) интегрированная поддержка Altium Designer, обеспечивающая доступ к страницам встроенной справки и ресурсам, расположенным в сети Интернет (Altium Wiki).

1.2. Панели рабочей области

Панели рабочей области, или вспомогательные панели (*workspace panels*), обозначенные под номером 2 на рис. 1.1, являются важной составляющей среды проектирования Altium Designer. Они представляют не только информацию, но и элементы управления, с помощью которых повышается производительность и эффективность работы.

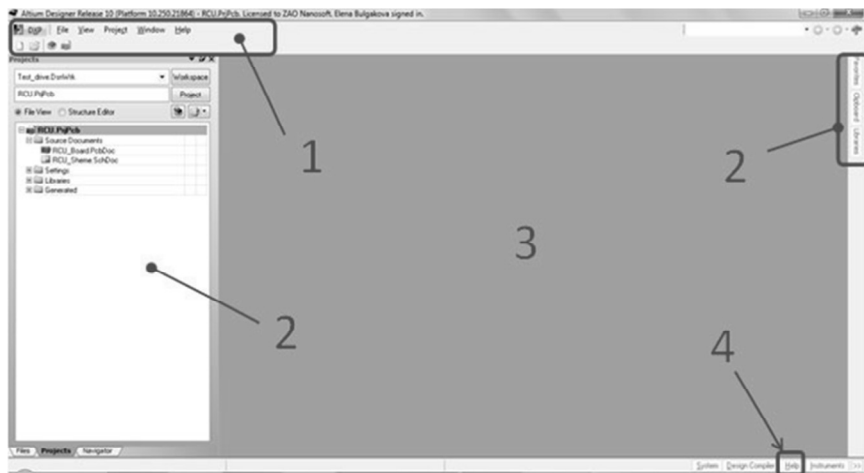


Рис. 1.1. Интерфейс окна Altium Designer

Доступ к панелям

При первой загрузке Altium Designer часть панелей будет открыта. Некоторые из этих панелей, включая **Files** и **Projects panels**, будут сгруппированы и прикреплены к левой части окна приложения. Другие панели, включая **Library**, будут находиться справа в виде кнопки и выдвигаться (сжиматься) при нажатии на них ЛКМ.

В нижней части окна находится ряд кнопок (рис. 1.2), с помощью которых можно получить быстрый доступ к пане-

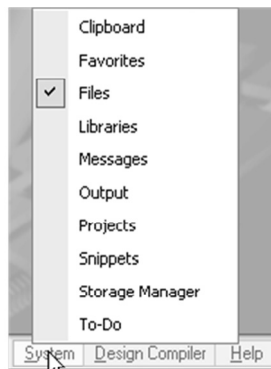


Рис. 1.2. Доступ к панелям

лям рабочей области, недоступным для активного документа окна приложения. Каждая кнопка имеет метку с именем группы панелей, к которым она дает доступ. При нажатии кнопки появляется всплывающее меню с названиями панелей. Чтобы открыть соответствующую панель, нажмите ЛКМ. Открытые панели отмечены в выпадающем меню флагом. Если панель открыта, но не видна, то она не является активной для данного редактора либо находится на выдвижной панели. В последнем случае нажатие ЛКМ на соответствующей надписи делает панель активной.

Ко всем панелям рабочей области также можно получить доступ через меню *View – Workspace*.

Описание панелей

Описание наиболее часто используемых панелей приведено в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Описание панелей

Название панели	Описание
<i>System panels</i>	
Clipboard (Буфер обмена)	Панель Буфера обмена содержит скопированные объекты, которые могут быть добавлены (вставлены) в документы Altium Designer на любой стадии, позволяющий многократно осуществлять операцию копирования/вставки
Favorites (Избранное)	Панель Избранное обеспечивает легкий доступ к пользовательским видам для обзора конкретного документа или конкретного места этого документа. После того как вид сохраняется в Избранное, вы можете вызвать его в любой момент из этой панели, и вид будет загружен в окно редактора
Files (Файлы)	Панель Файлы позволяет открывать существующие проекты и документы или создавать новые
Libraries (Библиотеки)	Панель Библиотеки позволяет просматривать и размещать компоненты из библиотек, доступных в Altium Designer
Messages (Сообщения)	Панель Сообщения предоставляет информацию о каких-либо предупреждениях и/или ошибках, которые могут присутствовать при компиляции проекта, выполнении проверки правил проектирования, выполнении моделирования и прочее, а также содержит информацию состояния

Продолжение табл. 1.1

Название панели	Описание
Output (Панель вывода)	Панель вывода предоставляет подробную информацию о всех этапах процесса компилирования, синтеза, построения и в конечном итоге загрузки выбранной программы ПЛИС на целевое физическое устройство. Информация, отображаемая на панели, зависит от выполняемого процесса
Projects (Проекты)	Панель Проекты отображает все проекты, которые открыты в настоящее время, наряду с содержащимися в них документами, а также статус системы контроля версий каждого документа. Отображаются также любые открытые документы, которые не были созданы как часть проекта или добавлены к существующему открытому проекту
Storage Manager (Управление хранилищем)	Панель Управления хранилищем позволяет перемещаться по файлам активного проекта, сохраненным в Windows, и выполнять задачи управления документами, такие как переименования файлов. Панель также предоставляет доступ к истории документов, а также к системе контроля версий
To-Do (Список задач)	Панель Списка задач содержит элементы, которые в настоящее время определены для активного проекта. Элемент списка используется в качестве напоминания для задачи, которую необходимо решить в отношении документа на более позднем этапе
PCB Editor and PCB Library Editor Panels	
3D Visualization (3D визуализация)	Панель 3D визуализации отображает до трех одновременных 3D видов печатной платы
Board Insight (Детальная информация)	Панель Board Insight предоставляет детальную информацию об объекте, находящемся под курсором
Collaborate, Compare and Merge (Сравнение)	Панель Сравнения используется для сравнения топологий двух версий одного и того же проекта печатной платы
PCB Panel (Панель платы)	Панель платы позволяет просматривать текущий проект РСВ, использовать различные режимы фильтрации, чтобы определить, какой тип объекта или элементы проекта перечислены, подсвечены или выбраны. Она также позволяет редактировать определенные типы объектов или элементов проекта

Название панели	Описание
<i>PCB List Panel</i> (Список печатных плат)	Панель Список печатных плат позволяет отображать объекты активного документа в табличной форме, что позволяет быстро просматривать и редактировать атрибуты объектов. При использовании в сочетании с <i>PCB Filter Panel</i> позволяет отобразить только отфильтрованные объекты
<i>PCB Filter Panel</i> (Фильтр объектов платы)	Панель Фильтр объектов платы позволяет применять фильтр к объектам в рабочей области печатных плат (<i>PCB workspace</i>) путем создания логических запросов. Объекты, которые проходят фильтр, могут быть выбраны и отредактированы, все другие объекты маскируются (не редактируются)
<i>PCB Inspector Panel</i> (Обозреватель свойств объектов платы)	Панель Просмотра объектов печатной платы отображает свойства всех объектов, выбранных в настоящее время в рабочей области печатной платы (<i>PCB workspace</i>)
<i>PCB Library Panel</i> (Библиотека элементов печатной платы)	Панель Библиотека элементов печатной платы позволяет просматривать сохраненные посадочные места (ПМ) компонентов в активном документе библиотеки платы и редактировать их свойства. Когда документ библиотеки печатных плат является активным, панель заполняет информацию о ПМ компонента, выбранного в этой библиотеке
<i>Schematic Editor and Schematic Library Editor Panels</i>	
<i>Sheet Panel</i> (Панель листа схемы)	<i>Sheet Panel</i> предоставляет миниизображение активного документа схемы для масштабирования и перемещения по фактическому документу схемы с помощью доступных элементов управления
<i>SCH Inspector Panel</i> (Обозреватель свойств объектов схемы)	<i>SCH Inspector Panel</i> позволяет просматривать и редактировать свойства одного или нескольких объектов проектирования в активном схемном документе (или во всех открытых схемных документах). При использовании в сочетании с соответствующими фильтрами изменения могут быть внесены в несколько объектов одного и того же типа
<i>SCH Filter Panel</i> (Фильтр объектов схемы)	<i>SCH Filter Panel</i> позволяет применять фильтр к объектам активного схемного документа или всех открытых схемных документов. Объекты, которые проходят фильтр, могут быть выбраны и отредактированы, все другие объекты маскируются (не редактируются)

Название панели	Описание
SCH List Panel (Список объектов схемы)	SCH List Panel позволяет отображать объекты из одного или нескольких схемных документов в табличном формате, что позволяет быстро просмотреть и/или изменить атрибуты объектов. При использовании в сочетании с SCH Filter Panel , позволяет отобразить только отфильтрованные объекты
SCH Library Panel (Библиотека элементов схемы)	SCH Library Panel позволяет просмотреть и внести изменения в компоненты, хранящиеся в активной схемной библиотеке

1.3. «Горячие» клавиши

При работе в Altium Designer удобно назначить «горячие» клавиши для часто используемых инструментов. Использование этих клавиш представляется более эффективным, чем выполнение аналогичных действий с помощью указателя «мышь» или через различные меню и окна.

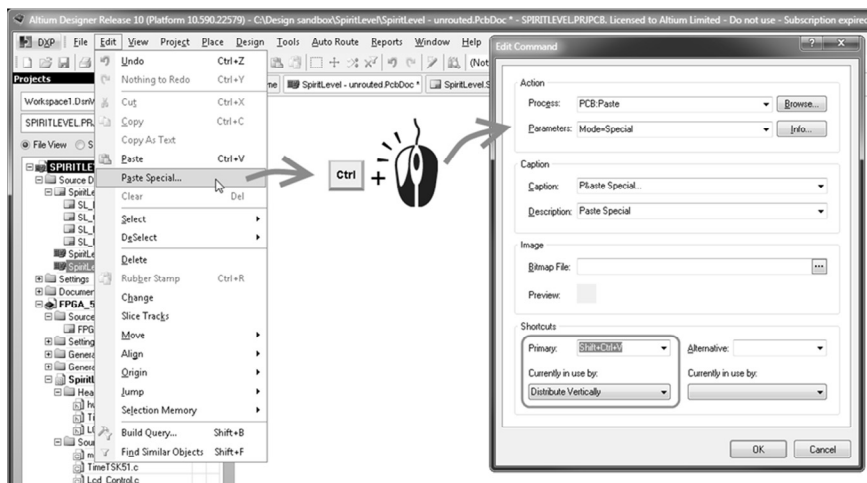


Рис. 1.3. Добавление «горячих» клавиш

Самый быстрый способ добавить или изменить «горячие» клавиши, которые назначены команде, это найти команду в меню, нажать и

удерживать клавишу **Ctrl** и кликнуть левой кнопкой мыши на команду. При этом откроется диалоговое окно Редактирование команд (**Edit Command**), где можно добавить или изменить текущую «горячую» клавишу, как показано на рис. 1.3.

Все «горячие» клавиши отображаются в панели **Shortcuts**, кнопка отображения которой находится в нижней правой части окна Altium Designer.

1.4. Управление проектом

Работа в Altium Designer начинается с создания проекта. Проект – это документ (или набор документов), являющийся основным результатом (выходом) процесса проектирования и определяющий единую реализацию. Например, файл схемы и файл топологии в проекте печатной платы определяют одну печатную плату, а файл схемы и HDL файл в проекте ПЛИС требуются для программирования ПЛИС.

Altium Designer поддерживает несколько типов проектов. Краткое описание каждого типа приведено в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Типы проектов

Тип проекта	Описание
PCB Project (*.prjPCB)	Набор проектных документов, необходимых для изготовления печатной платы (ПП) В схемном редакторе создается файл электрической принципиальной схемы (*.SchDoc), которая состоит из компонентов библиотек УГО, соединенных вместе. Схема передается в файл редактора ПП (*.PcbDoc), где каждый компонент схемы представляется в виде посадочного места (ПМ), а соединения схемы представляются в виде линий связи ПП. В редакторе ПП определяется окончательный контур платы, а также все физические слои. В редакторе, кроме того, определяются правила проектирования, такие как допустимая ширина проводников и допустимые зазоры между проводниками. ПМ располагаются внутри контура платы, а линии связи заменяются проводниками путем ручной или автоматической трассировки. После завершения проектирования генерируется выходной файл или набор выходных файлов, необходимых для изготовления ПП на промышленном оборудовании

Продолжение табл. 1.2

Тип проекта	Описание
FPGA Project (*.prjFPG)	Набор проектных документов, которые используются для программирования ПЛИС Проект состоит из файла схемы (*.SchDoc) и/или файла исходного кода HDL (*.vhd) (VHDL или Verilog). Для выполнения специальных требований, таких как определение целевого устройства, внутренние соединения выводов, требования по частоте и расположению выводов тактовой частоты устройства, могут быть добавлены дополнительные Constraint файлы. Синтез проекта транслирует исходные данные в файл формата EDIF. Полученный файл обрабатывается инструментами производителя устройства для создания файла программы для целевого устройства. Затем проект может быть реализован и протестирован на целевом устройстве
Embedded Project (*.prjEMB)	Набор проектных документов, необходимых для создания ПО, которое может быть запрограммировано в исполняющем процессоре в электронном устройстве Исходный код проекта может быть написан на языке Си и/или Ассемблер. После того как написание программы завершено, все файлы исходного кода компилируются в программу на языке Ассемблер, которая затем конвертируется в машинный код (Object file). Из object файлов затем производится выходной файл для целевого устройства
Core Project (*.prjCOR)	Набор проектных документов, необходимых для создания EDIF модели функционального компонента, который может быть реализован на ПЛИС Проект состоит из файла схемы (*.SchDoc) и/или файла исходного кода HDL (*.vhd) (VHDL или Verilog). Для определения целевого устройства используется дополнительный Constraint файл. Синтез проекта транслирует исходные данные в файл формата EDIF. На листе схемы используется условное графическое отображение компонента, которое ссылается на его EDIF модель
Integrated Library (*.libPKG) & (*.intLIB)	Набор проектных документов, необходимых для создания интегрированной библиотеки В редакторе библиотек рисуется УГО компонента и определяются ссылки на его файл моделирования, ПМ, 3D-модель, модель целостности сигнала. Файлы, содержащие указанные модели, добавляются в интегрированную библиотеку

Тип проекта	Описание
	либо указываются пути расположения этих файлов. Исходные библиотеки символов и необходимые модели затем компилируются в единый файл, называемый интегрированной библиотекой
Script Project (*.prjSCR)	Набор проектных документов, которые хранят один или несколько скриптов Altium Designer Скрипт – это набор инструкций, которые интерпретируются и выполняются в Altium Designer

Создание проекта

Создать проект можно несколькими способами, но традиционно это делается через меню **File** → **New** → **Project** (рис. 1.4).

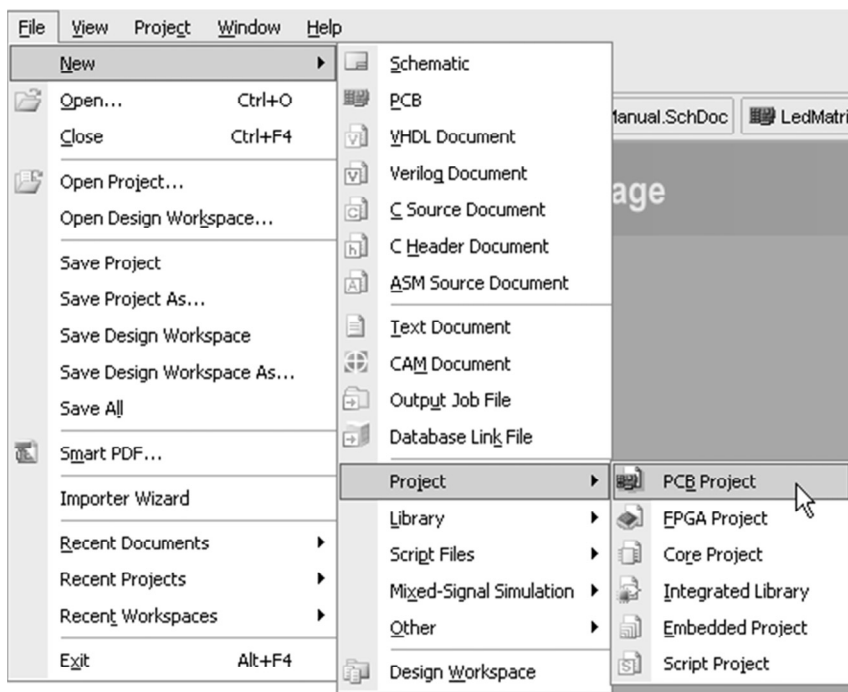


Рис. 1.4. Создание нового проекта

Добавление и удаление документов из проекта

Как только новый проект был создан и сохранен, в него можно добавлять проектные документы. Проще всего это сделать, щелкнув ПКМ на имени проекта в панели **Projects** и выбрав в меню **Add New to Project** или **Add Existing to Project**.

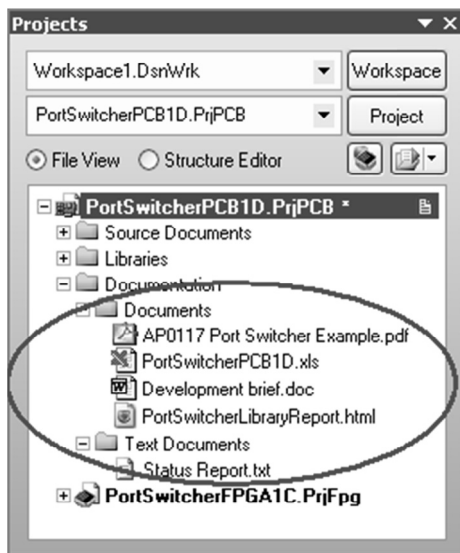


Рис. 1.5. Документы, включенные в проект

В проект помимо исходных документов можно добавлять *.pdf файлы, *.doc файлы и другие, необходимые для проекта документы.

Важно понимать, что представление проектных документов в панели **Projects** не отражает того, как они хранятся на жестком диске. Панель Project отображает логическое представление проекта (рис. 1.5.), а храниться проектные документы могут в любом указанном пользователем месте.

Совместное использование проектных документов

Так как каждый проектный документ связан с проектом ссылкой, возможно использование проектных документов несколькими проектами одновременно. Например, это может быть схема стандартного источника питания, используемая в различных устройствах, или секция проекта, которая моделируется отдельно.

Статус проектных документов

Статус проектных документов для быстрого обзора отображается на панели Projects в виде иконки (рис. 1.6). Описание иконок приведено в табл. 1.3.

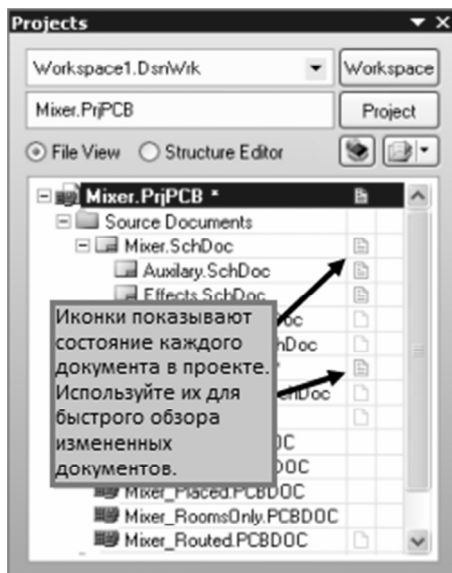


Рис. 1.6. Статус проектных документов

Таблица 1.3

Статус проектных документов

Иконка	Статус	Описание
	Открыт	Документ открыт как вкладка в главном окне Altium Designer
	Скрыт	Документ скрыт
	Открыт/ Изменен	Документ открыт и был изменен (изменения не сохранены)
	Изменен	Иконка появляется напротив главного документа проекта и показывает, что проект был изменен (изменения не сохранены)

Контрольные вопросы

1. Какие основные элементы содержит интерфейс Altium Designer?
2. Каким образом открываются панели?
3. Как назначаются «горячие» клавиши?
4. Где можно посмотреть список всех «горячих» клавиш?
5. Какие типы проектов поддерживает Altium Designer?
6. Как создать новый проект и добавить в него проектный документ?
7. Что означают иконки статуса проектных документов?

2. СОЗДАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ БИБЛИОТЕКИ

В разделе описаны способы создания компонентов и объединения их в единую интегрированную библиотеку.

Компоненты образуют базовые строительные блоки электронной продукции. В процессе разработки и реализации компоненты могут быть представлены разными способами: как УГО (условные графические обозначения) в схемах, как посадочные места в печатных платах, как определения SPICE для симуляции, как описания целостности сигналов (IBIS) для анализа и как трёхмерные описания для трёхмерных компонентов и визуализации печатной платы. Не все из этих представлений необходимы для компонента. Компоненты и/или их модели почти всегда хранятся как наборы или библиотеки для более удобного применения в процессе проектирования.

Интегрированная библиотека в Altium Designer представляет собой один файл, в котором содержатся, помимо УГО, посадочные места и другая информация (модели SPICE и т. п.).

2.1. Интегрированные библиотеки (*.IntLib)

Интегрированная библиотека в Altium Designer представляет собой один файл *.LibPkg, в котором находятся УГО, ПМ компонента и другая информация (модели SPICE и т. п.). Преимущество интегрированной библиотеки состоит в том, что вся информация о компонентах сохраняется в одном переносимом файле.

В процессе компиляции проверяются все установленные связи в исходных файлах между УГО и моделями и происходит их объединение в один файл.

Схемные компоненты (УГО) создаются в схемных библиотеках (*.SchLib). Компоненты в этих библиотеках ссылаются на посадочные места и другие модели, определённые в отдельных библиотеках посадочных мест и файлах моделей.

Создание интегрированной и добавление к ней схемной библиотеки

Для создания новой интегрированной библиотеки надо выполнить следующие шаги.

1. Выполнить команду **File** → **New** → **Project** → **Integrated Library**. Будет создан новый пакет библиотек *Integrated_Library1.LibPkg*. Этот проект будет отображен в панели **Projects**.

2. Сохранить новый пакет, щелкнув ПКМ на имени пакета в панели **Projects**, и выбрать в **Save Project As** всплывающем контекстном меню. Выбрать каталог для сохранения, задать имя *New_Library.LibPkg* и нажать кнопку **Save**. Помните, что расширение будет добавлено автоматически, если вы не введете его явно.

Далее добавим к проекту схемную библиотеку УГО.

1. **File** → **New** → **Library** → **Schematic Library**. К проекту будет добавлена вновь созданная библиотека с именем *Schlib1.SchLib*. В списке компонентов этой библиотеки будет присутствовать единственный компонент *Component_1*, который создается по умолчанию. В любой библиотеке должен присутствовать хотя бы один компонент.

2. Выполните команду **File** → **Save As...** и сохраните библиотеку под именем *Schematic_Component.Schlib*.

3. Щелкните на закладке **SCH Library**, чтобы открыть панель **SCH Library**.

2.2. Создание схемных компонентов (УГО)

Компоненты создаются в редакторе УГО с помощью графических примитивов. Компоненты можно копировать из одной библиотеки в другую или из редактора схем в библиотеку УГО.

Сделайте окно редактора УГО активным, щелкнув дважды ЛКМ на файл проекта с расширением *.SchLib.

Для создания нового УГО в существующей библиотеке обычно надо выполнить команду **Tools** → **New Component**. Но поскольку новая библиотека всегда содержит пустой компонент, просто переименуем *Component_1*, чтобы начать создание первого компонента – транзистора NPN (рис. 2.1).

1. Выберите *Component_1* из списка компонентов в панели **SCH Library** (рис. 2.2) и выполните команду **Tools** – **Rename Component**. Напишите новое имя компонента, которое позволит идентифицировать

его, например *NPN*, в диалоге и нажмите **ОК**. Учтите, что в именах компонентов допускается использование только ограниченного набора символов, таких как латинские буквы, цифры, знаки подчеркивания. Использование русских букв, арифметических знаков не допускается.

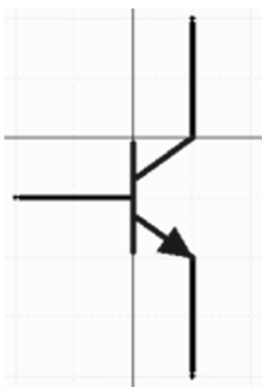


Рис. 2.1. УГО транзистора NPN

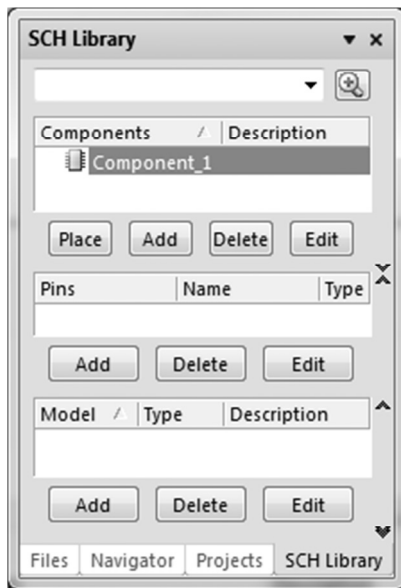


Рис. 2.2. Панель SCH Library

2. Если необходимо, переместитесь к началу координат (центру) окна проекта с помощью команды **Edit** → **Jump** → **Origin** [«горячие» клавиши **J** → **O**]. Проверьте по строке состояния в нижней левой части экрана, что вы действительно находитесь в начале координат. Компоненты Altium Designer создаются вокруг этой точки, обозначенной перекрестьем в центре листа. Вы должны создавать компоненты ближе к началу координат. При размещении компонента на схему, он будет удерживаться за ближайший к началу координат вывод.

3. Единицы измерения, привязку и шаг сетки можно установить в диалоге *Library Editor Workspace* (**Tools** → **Document Options**, [«горячие» клавиши **T** → **D**]).

В диалоге *Library Editor Workspace* (рис. 2.3) можно включить постоянное отображение Комментария / Дезигнатора для текущего компонента установкой галочки напротив *Always Show Comment / Designator*. Шаг

сетки удобнее изменять не в диалоге *Library Editor Workspace*, а нажатием «горячей» клавиши [G] циклически переключать шаги сетки (1, 5 или 10 единиц). Используемые шаги сетки можно настроить **DXP** → **Prefere**nces → **Schematic Editor** → **Grid** [«горячие» клавиши O→G].

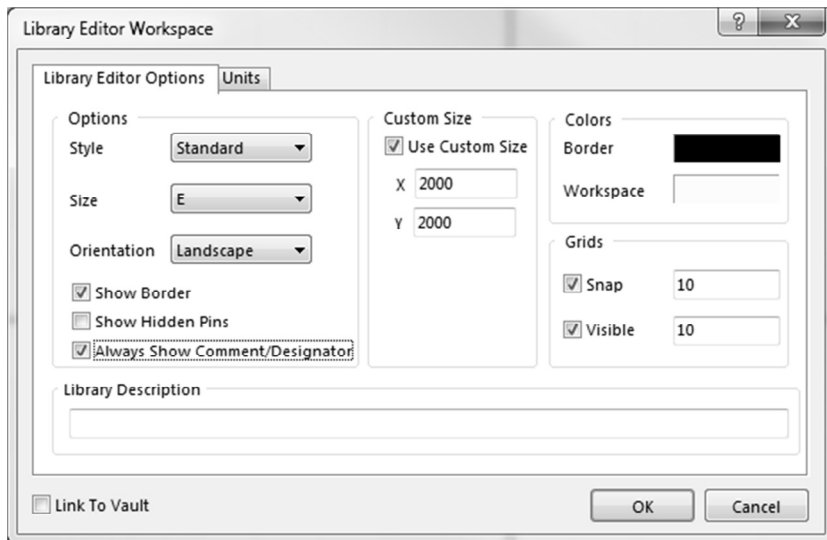


Рис. 2.3. Установка свойств листа в диалоге Library Editor Workspace

Установите настройки *Library Editor Workspace*, как показано на рис. 2.3. Затем переключитесь на закладку **Units** и включите использование по умолчанию имперской (дюймовой) системы единиц измерения установкой галочки напротив *Use Imperial Unit System*. Нажмите **ОК** для применения изменений и закрытия диалога. Если в редакторе УГО не видно сетку, то нажимайте [Page Up] для увеличения, пока сетка не станет видимой. Учтите, что приближаться будет область ближе к курсору, потому при увеличении держите курсор ближе к началу координат.

4. Прежде всего для создания транзистора NPN нарисуем его условное графическое изображение (УГО). Выполните команду **Plac** → **Line**



Рис. 2.4. УГО транзистора NPN

[«горячие» клавиши **P → L**] или щелкните кнопку **Place Line** на панели инструментов **Utilities**.

При необходимости можно нажать клавишу **[Tab]**, чтобы открыть диалог *PolyLine* для установки настроек линии. Нарисуйте вертикальную линию по сетке, как показано на рис. 2.4. Для этого щелкните один раз ЛКМ для начала рисования линии, переведите курсор в конец линии и ещё раз щелкните ЛКМ для завершения линии. После этого нажмите **[Esc]** или щелкните ПКМ для прекращения рисования этой линии. Учтите, вы остаетесь в режиме рисования, о чем сигнализирует вид курсора – перекрестье.

5. Нарисуем две оставшиеся линии. Они проходят под нестандартным углом. Если попробовать нарисовать новую линию, можно увидеть, что линии проводятся под углом 45° . Чтобы переключить различные режимы проведения линий, нажимайте **[Shift + Space]** во время рисования. В одном из режимов линии можно проводить под произвольным углом, такой режим позволит нарисовать эти линии правильно. После того как линии будут нарисованы, нажмите **[Esc]** ещё раз, для того чтобы выйти из режима рисования.

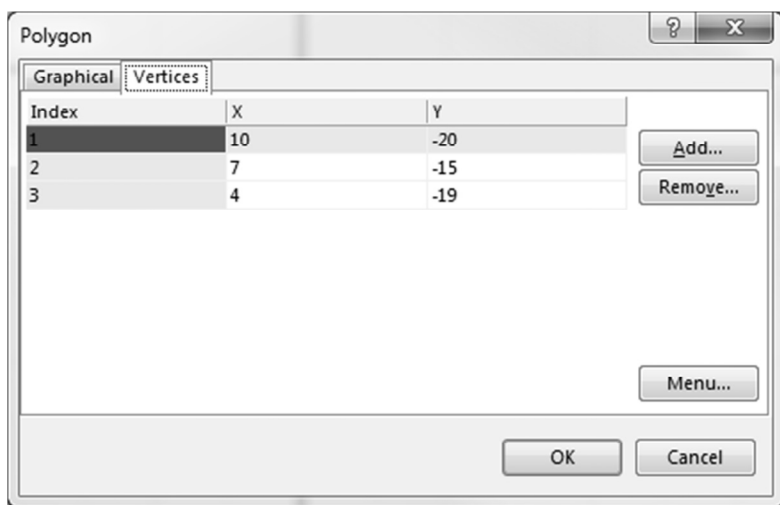


Рис. 2.5. Используйте эти координаты вершин полигона, чтобы получилась правильная стрелка

Точное положение графических линий не имеет большого значения. А вот что критично для компонента, так это расположение выво-

дов, или, точнее, точка подключения вывода. Это точка, с которой производится электрическое соединение, поэтому выводы необходимо располагать по узлам сетки, чтобы было удобно подключать проводники.

6. Маленькую стрелку можно нарисовать с помощью замкнутого полигона. Выполните команду **Place** → **Polygon** [«горячие» клавиши **P** → **Y**] или нажмите кнопку **Place Polygon** панели инструментов **Utilities**. Перед рисованием полигона нажмите кнопку **[Tab]** для вызова диалога настроек свойств полигона *Poligon*. Установите толщину линий границы **Border Width** в значение **Smallest**, включите сплошную заливку **Draw Solid**, выберите одинаковый цвет бордюра и заливки (изначально: 229) и нажмите **ОК**. Щелкните **[ЛКМ]** для указания каждой вершины треугольника и затем щелкните **[ПКМ]**. Для выхода из режима рисования повторно щелкните **[ПКМ]** или нажмите **[Esc]**. Координаты вершин полигона представлены на рис. 2.5.

7. Сохраните компонент [«горячая» клавиша: **Ctrl+S**].

Добавление контактов к УГО

Контакты придают компоненту электрические свойства и указывают точки подключения. Кроме того, они сами обладают графическими свойствами.

Чтобы добавить контакты к компоненту, осуществите следующие действия

1. Выполните команду **Place** → **Pin** [горячие клавиши **P**→**P**] или щелкните на кнопку на панели инструментов. Рядом с курсором появится контакт, удерживаемый за точку подсоединения («липучку»), которая должна располагаться от рисунка компонента.

2. До того как разместить контакт, нажмите кнопку **[Tab]**, чтобы отредактировать свойства. Появится диалог *Pin Properties* (рис. 2.6). Свойства, настроенные до размещения контакта, будут приняты за свойства по умолчанию, а номер контакта и имя контакта, если оно оканчивается на номер, будут автоматически увеличиваться при размещении каждого следующего контакта.

3. В диалоге *Pin Properties* введите имя контакта в поле **Display Name** (1 для первого контакта) и уникальный номер (также 1) в поле **Designator**. Если хотите, чтобы имя и дезигнатор размещаемых контактов отображались в схеме, включите соответствующие настройки видимости **Visible**.

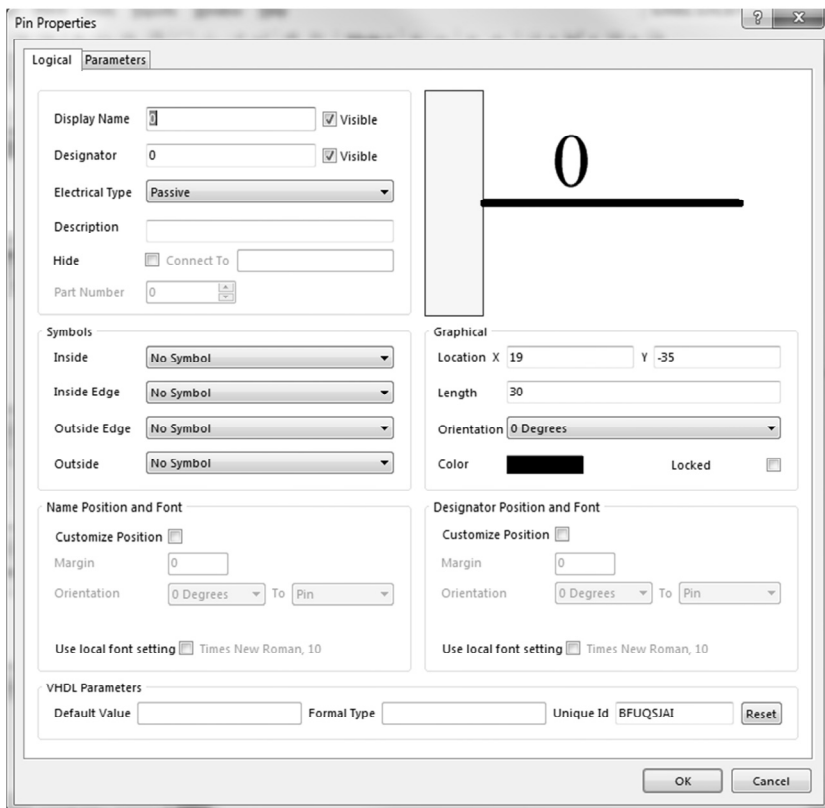


Рис. 2.6. Ввод настроек контакта перед его размещением

4. Из выпадающего списка **Electrical Type** выберите электрический тип контакта. Тип контакта используется при анализе схемы или при компиляции проекта для обнаружения ошибок электрического соединения. Для компонента, создаваемого в данном примере, тип **Electrical Type** для всех контактов надо установить **Passive** (пассивные).

5. Установите длину контакта (для всех контактов компонента установите длину 20) и нажмите **OK**.

6. Нажимайте клавишу [**Spacebar**], пока контакт привязан к курсору, чтобы поворачивать его на 90° против часовой стрелки, или [**Shift + Spacebar**], чтобы поворачивать по часовой стрелке. Помните, что один конец контакта (ближний к курсору) – электрический. Он обозначается белыми точками и над ним (или слева от него, если контакт повернут

на 90°) подписан Дезигнатор (**Pin Designator**). Электрический конец надо располагать в направлении от УГО. Рядом с другим концом, не-электрическим, в продолжение контакта подписано имя (**Pin Name**).

7. Добавьте к УГО контакты, как показано на рис. 2.7.

Изменить расстояние от имени или номера до контакта можно изменением настроек **Tools → Schematic Preferences → General → Pin Margin**.

8. Можно легко изменить настройку видимости имен и номеров контактов. Для этого надо выделить только сами контакты ([Shift + ЛКМ] на каждом контакте), нажать [F11], чтобы вызвать панель Инспектора (**Inspector**) и отключить/включить настройки **Show Name** и **Show Designator**, как показано на рис. 2.8.

9. Создание УГО компонента закончено. Для сохранения нажмите [Ctrl + S] или выполните **File → Save**.

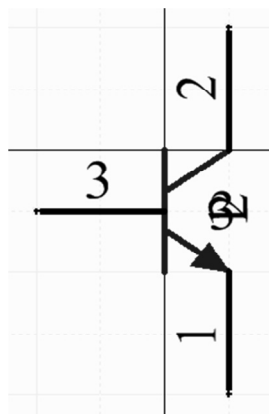


Рис. 2.7. УГО транзистора NPN с видимыми именами и номерами контактов

Примечания к добавлению контактов

1. Чтобы изменить настройки контакта, после того как он размещен, откройте диалог *Pin Properties* двойным щелчком на самом контакте (рис. 2.7) либо на имени контакта в списке **Pins** в панели **SCH Library** или через контекстное меню (ПКМ на контакте). Также можно редактировать несколько контактов через Инспектор (**Inspector**), как было описано ранее.

2. Чтобы указать, что в имени компонента должно использоваться надчеркивание (обозначение инверсной логики), надо поставить обратный слеш (backslash - '\') после буквы, над которой нужна черта. Так, например, M\CL\R\VPP будет отображаться как MCLR/VPP. Если нужно надчеркивание над всем именем компонента, можно включить настройку **Tools → Schematic Preferences → Graphical Editing → Single '\ Negation**, тогда можно ограничиться одним обратным слешем в начале имени. Так, например, \RST будет выглядеть RST.

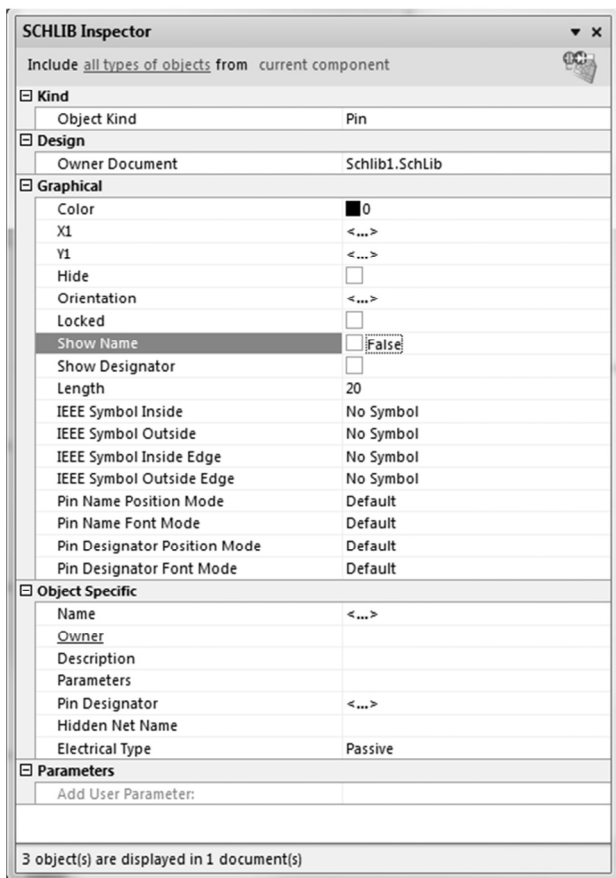


Рис. 2.8. Редактирование видимости имен и номеров контактов для всех трех контактов с помощью панели SCHLIB Inspector

3. Если вы хотите скрыть контакты питания и земли для компонента, включите настройку **Hide** для этих контактов. Настроить подключение скрытых контактов можно в поле **Connect To**. Например, контакт **VCC** при размещении на схему подключится к цепи **VCC**.

4. С помощью команды **View → Show Hidden Pins** в редакторе библиотек можно сделать видимыми скрытые контакты и скрытые имена и номера контактов.

Настройка свойств схемного компонента

Каждый компонент обладает набором свойств, таких как деизгнатор по умолчанию, ПМ и/или другие модели, а также любые параметры, установленные для компонента.

Чтобы настроить свойства компонента, выполните следующие действия.

1. Выберите компонент в списке **Components** панели **SCN Library** и нажмите кнопку **Edit** или сделайте двойной щелчок на имени компонента. Откроется диалог *Library Component Properties* (рис. 2.9).

Library Component Properties

Properties

Default Designator: Q? ☒ Visible ☐ Locked

Default Comment: * ☒ Visible

Description: Part 1/1 ☒ Locked

Type: Standard

Library Link

Symbol Reference: Transistor NPN

Graphical

Mode: Normal ☒ Lock Pins

☐ Show All Pins On Sheet (Even if Hidden)

☐ Local Colors

Parameters

Visible	Name	Value	Type
---------	------	-------	------

Add... Remove... Edit... Add as Rule...

Models

Name	Type	Description	Vault	Item Revis...
------	------	-------------	-------	---------------

Add... Remove... Edit...

Edit Pins... OK Cancel

Рис. 2.9. Основные свойства компонента в диалоге **Library Component Properties**

2. Введите Деизгнатор по умолчанию **Default Designator**, например **Q?**. Знак вопроса в Деизгнаторе обозначает порядковый номер компонента при размещении в схему, например **Q1**, **Q2**, если определить Деизгнатор до размещения компонента в схему (по нажатию **[Tab]** при размещении компонента).

3. Введите комментарий **Comment**, который будет отображаться рядом с компонентом при его размещении в схеме, например **NPN**.

Убедитесь, что настройки видимости **Visible** полей **Designator** и **Comment** включены. Если оставить поле **Comment** незаполненным, то при добавлении компонента в схему там будет отображено имя компонента в библиотеке (**Library Reference**).

4. В поле **Description** введите описание компонента, например, '*Transistor, NPN Generic*'. Этот текст можно использовать при поиске в библиотеке. Он также отображается в панели **Libraries** и является подсказкой о назначении и особенностях компонента.

5. Остальные поля оставьте без изменений, пока будем добавлять требуемые модели и параметры.

Схемному компоненту можно добавить любое количество ПМ, моделей для симуляции и проверки целостности сигнала. Если у компонента несколько моделей (например, ПМ), то можно выбрать подходящую модель в диалоге *Component Properties* при добавлении компонента в схему.

Что касается источников моделей, их можно создавать самостоятельно, использовать готовые из библиотек Altium Designer, загрузить с сайта изготовителя, поставщика или просто из Интернета.

При создании компонента модели SPICE обычно берутся с сайта изготовителя. Для создания некоторых типов моделей можно воспользоваться мастером **Tools→XSpice Model Wizard**.

2.3. Создание посадочного места компонента

При создании ПМ компонента необходимо добавить в проект библиотеку ПМ (PCB library). Для этого осуществите следующие действия.

1. Выполните **File → New → Library → PCB Library**. Будет создан новый документ с именем '*PcbLib1.PcbLib*'. Библиотека всегда должна содержать хотя бы одну модель ПТМ, поэтому в новой библиотеке будет присутствовать пустой компонент с именем '*PCBComponent_1*'.

2. Переименуйте файл библиотеки, для этого выполните **File → Save As...** и задайте имя, например, '*PCB Footprints.PcbLib*'. В пакете библиотек будет теперь два исходных файла (рис. 2.10).

3. Откройте панель **PCB Library**, для этого щелкните на закладке **PCB Library**.

4. Щелкните на сером поле рабочего пространства редактора ПМ и нажмите несколько раз [**Page Up**], пока не будет видна сетка.

Теперь всё готово к добавлению, удалению и редактированию посадочных мест в новой библиотеке ПМ.

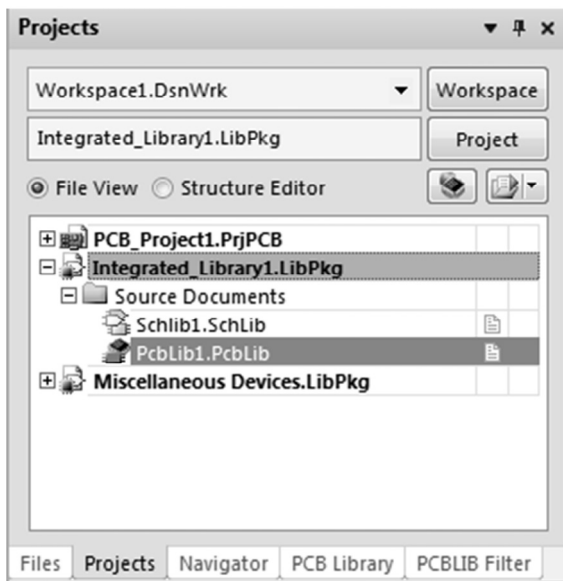


Рис. 2.10. Пакет библиотек после добавления библиотеки ПМ

Создание ПМ вручную

Для создания посадочного места компонента надо разместить контактные площадки (КП), связываемые с контактами компонента, и нарисовать контур компонента с помощью линий и дуг. Прimitives и другие объекты можно размещать на любые слои. Так, контур обычно рисуется на слое *Top Overlay* (шелкография), а КП на слое *Multylayer* (для выводов компонента, монтируемых «в отверстие») или на слое *Top* (для компонентов с поверхностным монтажом).

1. Перед созданием посадочного места проверьте настройки единиц измерения и сетки. Откройте диалог *Board Options* командой **Tools** → **Library Options** [«горячие» клавиши: **T** → **O**]. Подтвердите настройки: единицы измерения **Unit: Imperial**.

2. Установите шаг сетки: *10mil* [«горячая» клавиша: **G**].

3. Пустое рабочее пространство для создания компонента создается командой **Tools** → **New Blank Component** [«горячие» клавиши: **T** → **W**]. Поскольку новая библиотека изначально содержит пустое посадочное место, используем его.

Для изменения шага сетки в процессе работы можно воспользоваться клавишей [G] – для выбора варианта сетки из всплывающего меню или [Ctrl + G] – для ввода шага сетки.

Включить/выключить и настроить отображение видимой сетки можно в диалоге *View Configurations* [L].

Если маркер начала координат не отображается, его можно включить, установив галочку **Origin Marker** на закладке **View Options** диалога *View Configurations*.

Чтобы задать имя ПМ компонента, сделайте двойной щелчок на нём в списке **Components** панели **PCB Library** (по умолчанию ему задано название наподобие 'PCBComponent_1'). Откроется диалог *PCB Library Component*. Обычно имя ПМ компонента соответствует названию его корпуса, поэтому переименуем его в 'TO-92'.

Рекомендуется создавать ПМ в опорной точке 'Reference Point', обычно совпадающей с началом координат и обозначенной специальной меткой. Чтобы переместиться в опорную точку, используйте команду **Edit** → **Jump** → **Reference Point** [«горячие» клавиши J → R]. За эту точку удерживается компонент при размещении и перемещении в редакторе ПП. Как правило, в опорной точке располагается первая «нога» или геометрический центр компонента. Опорную точку можно переустановить командой **Edit** → **Set Reference**.

Размещение контактных площадок нового посадочного места

В диалоге *Pad* (рис. 2.11) реализована функция предпросмотра, позволяющая оценить вид КП на определенных слоях. Отверстие в КП можно сделать круглым (*Round*), квадратным (*Square*) или в виде прорези (*Slot*). Металлизация отверстий задается настройкой *Plated*. Эта информация учитывается в том числе и при подготовке к производству. В частности, для металлизированных и неметаллизированных отверстий могут создаваться разные файлы для сверлильного станка с ЧПУ (NC Drill). При создании посадочного места крайне важно правильно разместить КП, поскольку при ошибке возникнут проблемы с монтажом реального компонента.

Для размещения КП осуществите следующие действия

1. Выполните **Place** → **Pad** [«горячие» клавиши: P → P] или нажмите кнопку на панели инструментов. Рядом с курсором появится контактная площадка. Перед установкой первой КП нажмите [Tab], чтобы настроить свойства контактных площадок. Появится диалог *Pad* (рис. 2.11).

2. Введите настройки, показанные на рис. 2.11, чтобы создать вытянутую КП.

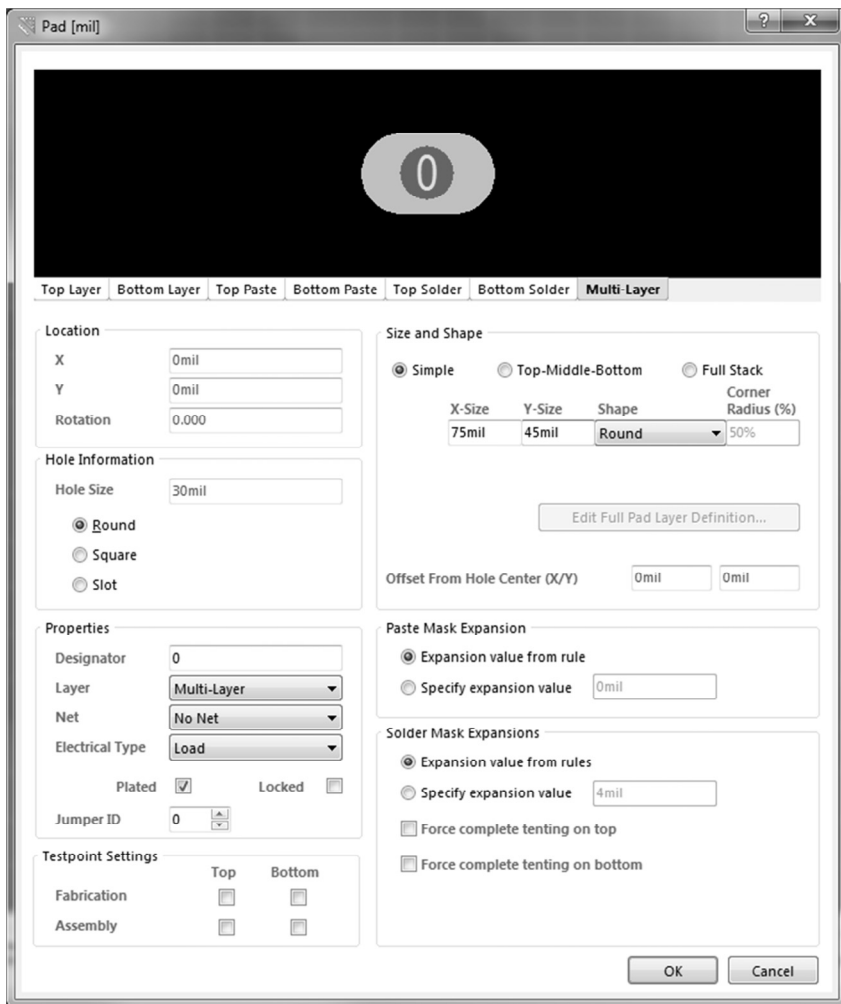


Рис. 2.11. Настройка свойств КП перед размещением

3. Ориентируясь на координаты, отображаемые в строке состояния, переместите курсор в точку с координатами $X:0$, $Y:-50$ и щелкните [ЛКМ] или нажмите [Enter], чтобы разместить КП.

4. После размещения первой контактной площадки рядом с курсором появится следующая. Переместите курсор в точку с координатами $X:0$, $Y:0$ и разместите вторую КП.



Рис. 2.12. Этап 1, контактные площадки размещены

Примечание. Дезигнатор КП автоматически увеличивается.

5. Переместите курсор в точку с координатами $X:0$, $Y:50$ и разместите третью КП.

6. Щелкните [**ПКМ**] или нажмите [**Esc**] для выхода из режима размещения КП. Должны получиться три КП, как на рис. 2.12.

7. Сохраните посадочное место командой **File** → **Save** [«горячие» клавиши: **Ctrl+S**].

КП для поверхностного монтажа надо установить на слой **Layer: Top**.

Форму и размер контактных площадок для монтажа «в отверстие» можно сделать разные для разных слоев с помощью настройки *Simple, Top-Middle-Bottom, Full Layer Stack* в разделе **Size and Shape**.

Для перемещения курсора в точку с заданными координатами без помощи мыши выполните **Edit** → **Jump** → **New Location** [«горячие» клавиши: **J** → **L**]. Откроется диалог *Jump to Location*. Введите координаты X и Y (для переключения между полями ввода используйте [**Tab**]) и нажмите [**Enter**], после этого нажмите [**Enter**] еще раз, чтобы разместить КП.

Дезигнатор контактной площадки

Для идентификации контактной площадки используется указатель – дезигнатор (designator) длиной до 20 символов. При создании указателя могут использоваться латинские буквы и цифры. Можно дезигнатор оставить пустым. Обычно дезигнатор обозначают так же, как соответствующий контакт УГО.

Если Дезигнатор начинается или оканчивается на число, оно будет автоматически увеличиваться при последовательном размещении КП.

Рисование контура компонента на слое шелкографии

Примечание. Для переключения между единицами измерения дюймовыми (mil) и метрическими (mm) используйте горячую клавишу [Q].

Шелкография компонента, создаваемая при изготовлении ПП, задается на слое **Top Overlay**. При перевороте компонента на нижний слой шелкография автоматически переносится на слой **Bottom Overlay**.

1. До того как начать рисование, переключитесь на слой **Top Overlay**. Для этого щелкните на закладке с соответствующим именем в нижней части рабочего пространства.

2. Для начала нарисуйте дугу, как показано на рис. 2.13. Вызовите **Place** → **Arc (Center)** из меню. Переместите курсор в точку X:0, Y:0 и щелкните [ЛКМ], чтобы задать центр дуги. Если известны радиус, начальный и конечный углы, проще закончить рисование дуги без попыток интерактивно определить эти параметры, открыть свойства дуги в диалоге *Arc* и ввести необходимые значения.

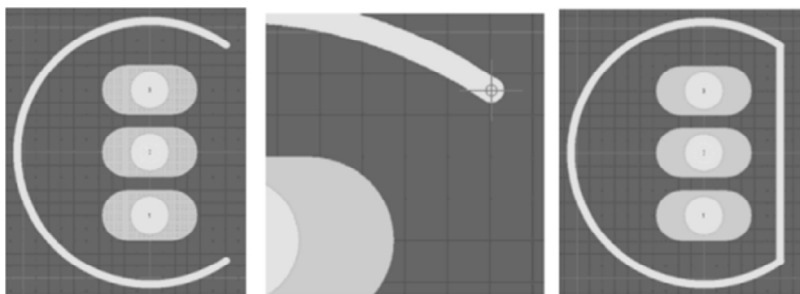


Рис. 2.13. Рисование дуги, использование электрической сетки для привязки начала и конца линии, готовая шелкография

3. Щелкните [ЛКМ] в любом месте, чтобы примерно задать радиус, потом щелкните [ЛКМ] для задания примерного начального угла. При задании конечного угла дуга может нарисоваться не с «той стороны». Чтобы поменять направление рисования, нажмите [Пробел]. Нарисуйте дугу, как показано на рис. 2.13. Нажмите [ПКМ] для выхода из режима рисования. Если в процессе рисования допустили ошибку, нажмите клавишу [Backspace] для отмены последнего действия. Теперь выполните двойной щелчок по нарисованной дуге, чтобы открыть диалог *Arc* для редактирования свойств дуги. Введите следующие параметры: **Width** = 6mil, **Radius** = 105 mil, **Start Angle** = 55, **End Angle** = 305.

4. Теперь нарисуем линию. Вызовите **Place** → **Line** [«горячие» клавиши: **P** → **L**] или нажмите кнопку на панели инструментов. Подведите курсор к одному из концов дуги и нажмите [**Page Up**] для увеличения (см. рис. 2.13). Когда вы подведете курсор достаточно близко к концу дуги, он прицепится к нему. Это электрическая сетка притягивает курсор к концу одного из существующих объектов. Щелкните [**ЛКМ**], чтобы начать рисование линии.

5. Нажмите [**Tab**], чтобы задать толщину линии **Width** = 6mil и проверить слой в диалоге *Line Constraints*.

6. Переместите курсор к другому концу дуги и еще раз щелкните [**ЛКМ**], чтобы задать второй конец линии.

Примечание. Для переключения режимов рисования углов нажимайте [**Shift** + **Пробел**].

7. Для выхода из режима рисования щелкните [**ПКМ**] или нажмите [**Esc**].

8. На этом создание ПМ завершено. Сохраните посадочное место командой **File** → **Save** [«горячие» клавиши: **Ctrl**+**S**].

ПМ с несколькими КП, соединенными с одним контактом

Посадочное место транзистора ТО-3, изображенное на рис. 2.14, содержит несколько контактных площадок, соединенных с одним логическим контактом компонента. Для этого обоим монтажным отверстиям присвоен десигнатор «3». При обновлении печатной платы командой **Design** → **Update PCB** оба отверстия подключаются к одной

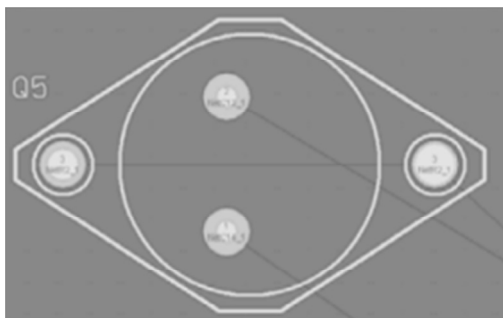


Рис. 2.14. Посадочное место транзистора ТО-3 с двумя КП, обладающими одинаковым десигнатором «3» и соединенными с одной цепью

цепи и соединяются линией. Это значит, что оба этих отверстия должны быть разведены. В случае если несколько выводов устройства объединены внутри корпуса компонента и достаточно развести только одну из КП, надо использовать настройку контактных площадок **Jumper ID**. Если у двух контактных площадок, имеющих одинаковый Дизайнер, установить настройку **Jumper ID** в одинаковое, отличное от нуля значение, то достаточно будет развести только одну из контактных площадок. Таким образом, можно реализовать перемычки. Следует помнить, что токовая нагрузка перемычки (ширина печатного проводника) не может быть учтена системой, поэтому при разводке силовых цепей мощность перемычки надо учитывать проектировщику самостоятельно.

Использование Мастера PCB Component Wizard

В состав редактора ПМ входит Мастер **PCB Component Wizard**, позволяющий создать некоторые распространенные посадочные места на основе последовательного ввода параметров в ответ на задаваемые вопросы. Создадим с помощью мастера посадочное место DIP14.

Для создания нового ПТМ DIP14 с помощью Мастера **PCB Component Wizard** выполните следующие действия.

1. Запустите Мастер **Tools → Component Wizard...** [«горячие» клавиши: **T → C**]. После запуска Мастера можно сразу нажать кнопку **Next**.

Отвечайте на задаваемые вопросы, выбирая доступные настройки из предлагаемых. Для создания DIP14 из предлагаемых шаблонов (**Pattern**) надо выбрать '*Dual in-line Package (DIP)*', единицы измерения '*Imperial Units*', круглую КП 60 mils с отверстием 32 mils (замените уже введенные значения), расстояние между ПП – 300 mils по горизонтали и 100mils по вертикали. Дальше оставьте значения по умолчанию, пока не появится вопрос на ввод количества КП, в котором введите требуемое количество, а именно 14.

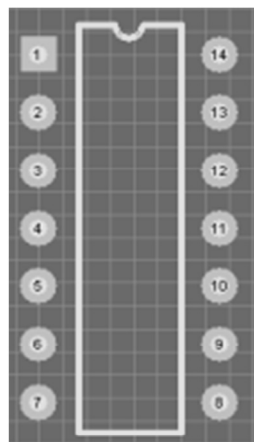


Рис. 2.15. Посадочное место DIP14, созданное с помощью Мастера **PCB Component Wizard**

2. Нажимайте **Next**, пока не достигните последней страницы Мастера, и тогда нажмите **Finish**. Компонент с именем DIP14 появится в списке **Components** в панели **PCBLibrary**. Новое посадочное место отобразится в рабочем поле редактора (рис. 2.15). Можете изменить компонент из соображений удобства.

3. Сохраните библиотеку **File** → **Save** [горячие клавиши **Ctrl+S**].

2.4. Добавление ПМ к схемному компоненту

После создания ПМ необходимо добавить его к схемному компоненту.

Примечание. Добавить модель ПМ можно, только если она существует в библиотеке ПМ (PCB Library, *.PcbLib), а не в интегрированной библиотеке (Integrated Library, *.IntLib).

1. Сделайте активным окно схемной библиотеки УГО, кликнув дважды ЛКМ на документе *.SchLib в панели **Projects**.

2. Откройте окно свойств компонента, к которому необходимо добавить ПМ, кликнув дважды ЛКМ на имени компонента в панели **SCH Library**. Нажмите на маленькую стрелочку справа от кнопки **Add...** в разделе **Model** диалога *Library Component Properties* и выберите из выпадающего списка **Footprint** (рис. 2.16).

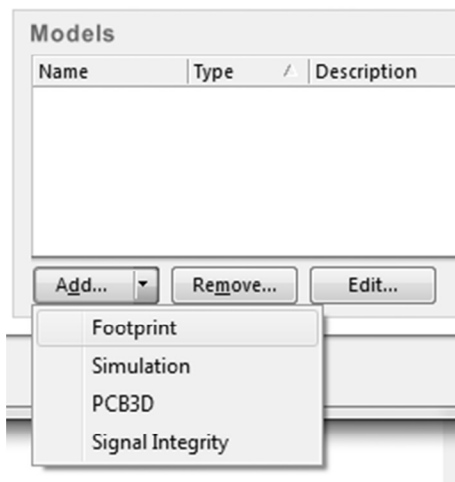


Рис. 2.16. Добавление модели ПМ к компоненту

3. Откроется диалог *PCB Model* (рис. 2.17).

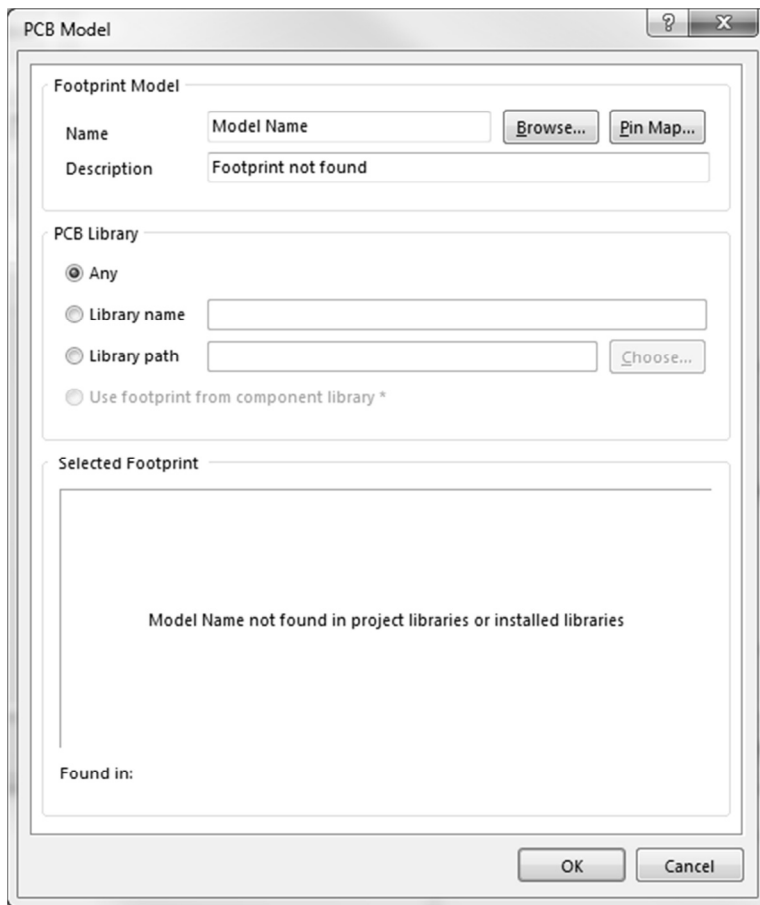


Рис. 2.17. Назначение моделей ПМ схемным компонентам

4. Нажмите кнопку **Browse**, чтобы открыть диалог *Browse Libraries*, позволяющий просмотреть доступные библиотеки ПМ (добавленные в проект или установленные) и выбрать подходящее посадочное место.

5. Среди доступных библиотек ПМ выберите созданную вами. Ниже появится список ПМ компонентов, из которого необходимо выбрать ПМ для выбранного схемного компонента (рис. 2.18). Для транзистора NPN – это ПМ *TO-92*.

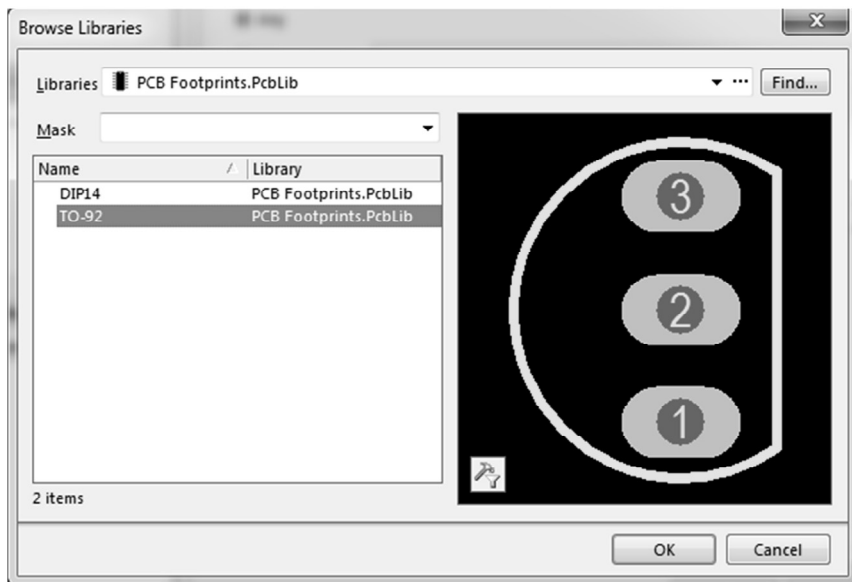


Рис. 2.18. Выбор ПМ из созданной библиотеки посадочных мест

6. Нажмите **ОК**, чтобы добавить модель. Информация о добавленной модели появится в разделе **Model** в нижней части рабочего пространства (рис. 2.19).



Рис. 2.19. Добавленная модель посадочного места компонента

7. После добавления модели необходимо проверить распределение Контакт – КП (Pin Mapping). Откройте диалог *PCB Model* (см. рис. 2.17), кликнув дважды ЛКМ на названии модели ПМ в разделе **Models** панели **SCH Library**. Нажмите кнопку **Pin Map**, чтобы открыть диалог *Model Map* (рис. 2.20). Проверьте и исправьте, если необходимо, соответствие контактов компонента (Component Pin Designator) и контактных площадок модели посадочного места (Model Pin Designator).

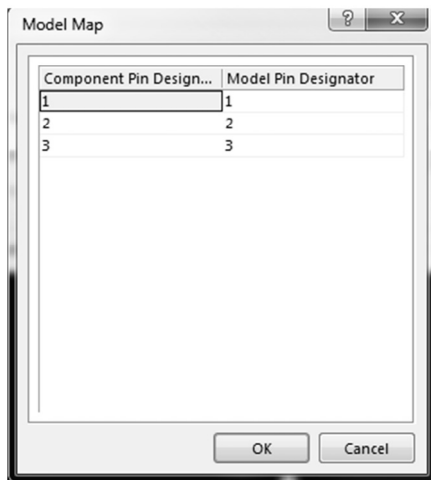


Рис. 2.20. Соответствие Контакты – КП модели

8. На этом добавление ПМ завершено. Сохраните библиотеки командой **File** → **Save** [«горячие» клавиши: **Ctrl+S**]. Скомпилируйте интегрированную библиотеку, кликнув ПКМ по ее названию в панели **Projects** и выбрав **Compile Integrated Library Integrated_Library1.LibPkg**.

2.5. Отчет о библиотеке – Library Report

Создайте расширенный отчет о каждом компоненте в библиотеке.

1. Выполните **Reports** → **Library** [«горячие» клавиши **R** → **L**].
2. Откроется диалог *Library Report Settings*, в котором надо выбрать настройки отчета. Отметьте все галочки в разделах *Include in report* и *Draw previews for*. Будет создан отчет, который может быть открыт в Microsoft Word или в браузере в зависимости от выбранного формата.

2.6. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Ознакомьтесь с содержанием настоящего раздела.
2. Возьмите свой вариант задания у преподавателя.
3. Откройте документацию на необходимые компоненты, в которой содержится информация об обозначении его выводов, размерах корпуса и выводов.

4. Создайте схемные компоненты из вашего варианта.
5. Создайте ПМ вручную для компонента 1 и компонента 2 из вашего задания.
6. Создайте ПМ для компонента 3 с помощью мастера *PCB Component Wizard*.
7. Добавьте ПМ к схемным компонентам.
8. Создайте отчет о библиотеке (*Library Report*).
9. Сохраните результаты своей работы в отдельной папке.
10. Подготовьте отчет о проделанной работе.

2.7. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Содержание отчета о библиотеке (*Library Report*) с компонентами вашего варианта задания.
3. Выводы о проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. В чем преимущество интегрированной библиотеки?
2. Основные этапы создания УГО схемного компонента.
3. Основные этапы создания ПМ компонента вручную.
4. Для чего нужен *Master PCB Component Wizard*?
5. Основные этапы добавления ПМ к схемному компоненту.
6. Зачем нужно проверять распределение Контакт – КП?
7. Какие пункты содержит отчет о библиотеке *Library Report*?

3. СОЗДАНИЕ ПРОЕКТА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ. РАБОТА В РЕДАКТОРЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

В настоящем разделе показан процесс создания проекта печатной платы и добавление листа принципиальной схемы на примере схемы несинхронизированного мультивибратора, а также особенности работы в схемном редакторе и основные настройки проекта.

3.1. Создание нового проекта печатной платы

Проект Altium Designer содержит параметры, связанные с этим проектом, и ссылки на все документы. Файл проекта (вида xxx.PrjPCB) представляет собой текстовый файл ASCII, в котором перечислены использующиеся в проекте документы и параметры формирования выходных данных, например, для печати или передачи в системы управления производством (CAM). Документы, не связанные с каким-либо проектом, называются свободными (Free Documents). В проект добавляются ссылки на листы с принципиальными схемами и целевые выходные данные, например, печатная плата, ПЛИС, встроенные (VHDL) или библиотечные пакеты. После компиляции проекта можно выполнять такие операции, как проверка проекта, синхронизация и сравнение. Например, при компиляции проект обновляется с учетом всех изменений, внесенных в исходную принципиальную схему или печатную плату.

Чтобы создать новый проект печатной платы, выполните следующие действия.

1. В меню **File** выберите **New** → **Project** → **PCB Project** или нажмите **Blank Project (PCB)** в разделе **New** панели **Files**. Если панель не отображается, нажмите кнопку **System** в правом нижнем углу основного окна и выберите **Files**.

2. Открывается панель **Projects** (рис. 3.1), на которой отображается новый файл проекта PCB_Project1.PrjPCB (без добавленных документов).

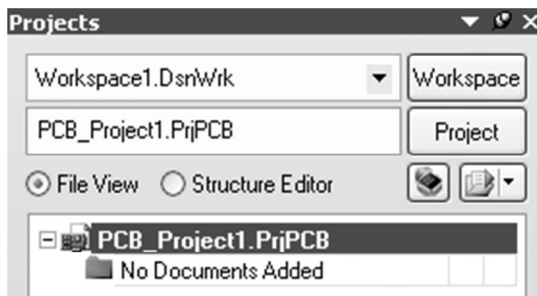


Рис. 3.1. Проект печатной платы
в панели **Projects**

3. Переименуйте файл проекта (с расширением.PrjPCB). Для этого из меню **File (Файл)** выберите **Save Project As (Сохранить проект как...)**. Перейдите в папку на жестком диске, в которой хотите сохранить проект, в поле **File Name (Имя файла)** введите имя, например, *LR3.PrjPCB*, и нажмите кнопку **Save (Сохранить)**.

Создание листа принципиальной схемы

Добавим в проект новый лист принципиальной схемы. На этом листе построим схему несинхронизированного мультивибратора.

Для создания листа принципиальной схемы выполните следующие шаги.

1. Щелкните правой кнопкой мыши на файле проекта на панели **Projects (Проекты)** и выберите **Add New to Project → Schematic (Добавить к проекту новый документ → Принципиальная схема)**. В главном окне открывается чистый лист принципиальной схемы с именем *Sheet1.SchDoc*, а на панели **Projects (Проекты)** в каталоге **Source Documents (Исходные документы)** появится значок схемы, связанной с проектом.

2. Сохраните новую схему (с расширением.SchDoc), выбрав из меню **File → Save As (Файл → Сохранить как)**. Перейдите в папку на жестком диске, в которой хотите сохранить схему, в поле **File Name (Имя файла)** введите имя **Multivibrator.SchDoc** и нажмите кнопку **Save (Сохранить)**. Обратите внимание, что документы, сохраненные в той же папке, что и файл проекта (или во вложенных папках), связываются с проектом с использованием относительных путей, а файлы, сохраненные в другом месте, – с использованием абсолютных путей.

3. Поскольку в проект добавили принципиальную схему, файл проекта изменился. Щелкните правой кнопкой мыши на имени файла проекта на панели **Projects (Проекты)** и выберите **Save Project (Сохранить проект)**.

Открыв чистый лист принципиальной схемы, заметим, что рабочая среда изменилась. На основной панели инструментов появились новые кнопки, стали доступными новые панели инструментов, в строке меню появились новые пункты и появилась панель **Sheet (Лист)**. В редакторе принципиальных схем можно настроить многие элементы рабочего пространства под свои требования. Например, можно изменить расположение и настроить содержимое панелей инструментов и меню.

3.2. Задание параметров документа принципиальной схемы

Прежде чем начинать построение схемы, необходимо задать параметры документа. Выполните следующие действия.

1. Из меню **Design (Проект)** выберите **Document Options (Параметры документа)**, чтобы открыть соответствующее окно.

2. В рамках данной работы зададим формат листа A4. Это можно сделать на вкладке **Sheet Options (Параметры листа)** в поле **Standard Styles (Стандартные стили)**.

3. Нажмите **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно и обновить размер листа.

4. Чтобы вписать документ в область просмотра, из меню **View (Вид)** выберите **Fit Document (Весь документ)**.

5. Сохраните лист принципиальной схемы, выбрав из меню **File → Save (Файл → Сохранить)**, последовательность клавиш: **F, S**).

Далее зададим общие параметры принципиальной схемы.

6. Из меню **Tools (Инструменты)** выберите **Schematic Preferences (Настройки принципиальной схемы)**, последовательность клавиш: **T, P**, чтобы открыть схемотехническую область окна **Preferences (Настройки)**. В этом диалоговом окне вы можете задавать глобальные параметры, применяемые ко всем листам принципиальных схем.

7. В диалоговом окне перейдите на страницу **Schematic - Default Primitives (Принципиальная схема – Базовые элементы по умолчанию)** и включите опцию **Permanent (Постоянные)** (в правой части окна). Нажмите **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно.

Обратите внимание, что Altium Designer поддерживает многоуровневую операцию отмены и позволяет отменить несколько предыдущих действий. Количество действий, которые можно отменить командой **Undo (Отмена)**, задается пользователем и ограничено лишь объемом оперативной памяти компьютера. Соответствующий параметр можно настроить на странице **Schematic – Graphical Editing** (Принципиальные схемы – Графическое редактирование) диалогового окна **Preferences** (Настройки).

3.3. Построение принципиальной схемы

В этом разделе рассмотрена работа со схемой, представленной на рис. 3.2. Это схема несинхронизированного мультивибратора, в которой используются два транзистора 2N3904.

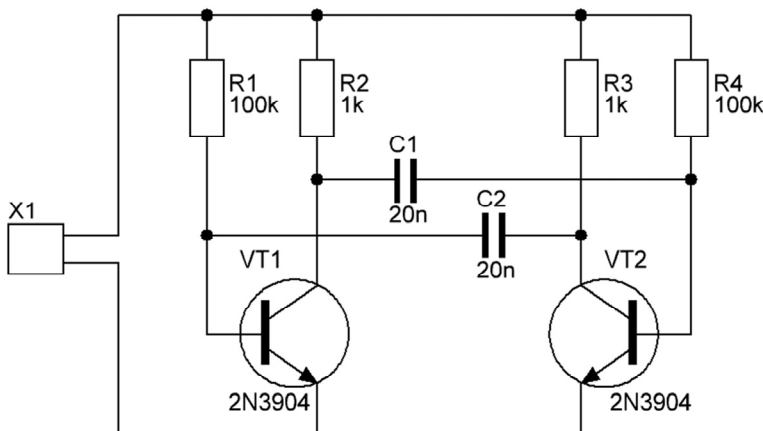


Рис. 3.2. Схема мультивибратора

Поиск компонентов и загрузка библиотек

Для управления тысячами условных графических обозначений, включенных в Altium Designer, предусмотрены мощные возможности поиска по библиотеке. Несмотря на то что все необходимые компоненты находятся в стандартных библиотеках, полезно уметь искать компоненты по всем библиотекам. Выполните следующие действия, чтобы найти и добавить библиотеки, необходимые для учебной схемы.

Сначала выполним поиск транзистора типа 2N3904.

1. Откройте панель **Libraries** (Библиотеки), если она не отображается на экране. Легче всего это сделать, нажав кнопку **System** (Система) в правом нижнем углу основного окна и выбрав **Libraries** (Библиотеки) из контекстного меню.

2. Нажмите кнопку **Search** (Поиск) на панели **Libraries** (Библиотеки) или выберите из меню **Tools** → **Find Component** (Инструменты → Найти компонент), чтобы открыть диалоговое окно **Libraries Search** (Поиск по библиотекам).

3. Убедитесь, что в диалоговом окне, изображенном на рис. 3.3, заданы следующие опции:

- в первой строке фильтра в поле **Field** (Поле) введено **Name** (Имя), из списка **Operator** (Оператор) выбрано **contains** (содержит), а в поле **Value** (Значение) введено **3904**;
- в поле **Scope** (Область) для параметра **Search in** (Поиск в...) выбрано значение **Components** (Компоненты) и выбрана опция **Libraries on path** (Путь к библиотекам);
- путь указывает на установленные библиотеки Altium.

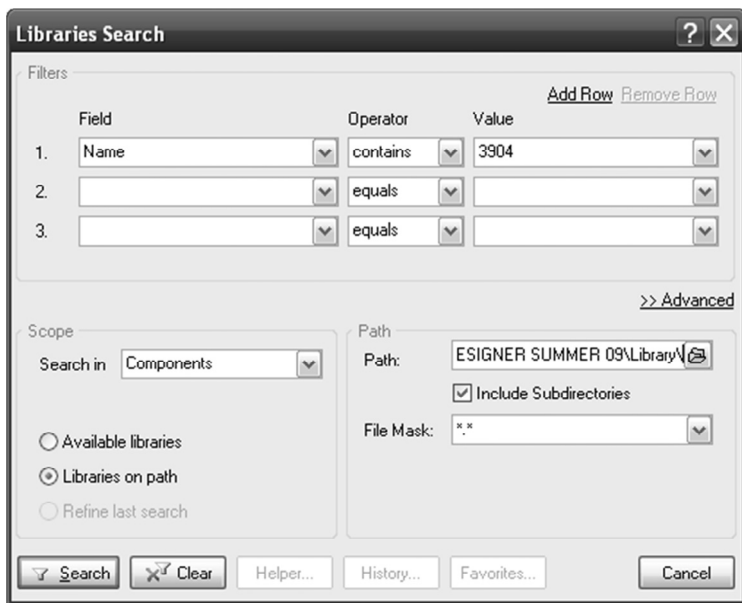


Рис. 3.3. Поиск компонентов в библиотеке

4. Нажмите кнопку **Search** (Поиск), чтобы начать поиск. Результаты запроса отображаются на панели **Libraries** (Библиотеки) по мере их нахождения.

5. Щелкните на компоненте **2N3904**, найденном в библиотеке **Miscellaneous Devices.IntLib**. Эта библиотека содержит символы доступных биполярных транзисторов, готовых к аналого-цифровому моделированию.

Если выбрать компонент из библиотеки, которая еще не установлена, вам будет предложено подтвердить ее установку. Только после этого

можно будет пользоваться компонентами из этой библиотеки. Поскольку библиотека **Miscellaneous Devices** (Различные устройства) уже установлена, компонент готов к размещению. Добавленные библиотеки отображаются в выпадающем списке в верхней части панели **Libraries** (Библиотеки). Компоненты выбранной библиотеки отображаются ниже. Можно также использовать фильтр для быстрого нахождения компонента в библиотеке.

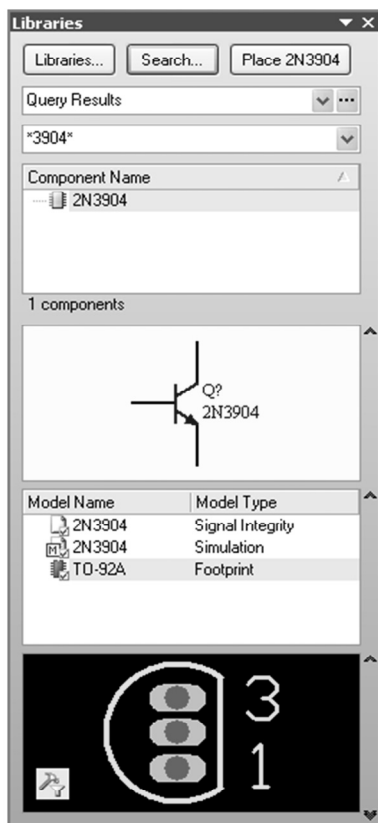


Рис. 3.4. Отображение результата поиска в панели **Libraries**

Размещение компонентов на принципиальной схеме

В первую очередь мы разместим на схеме два транзистора: VT1 и VT2. Общая компоновка схемы представлена на рис. 3.2.

1. Из меню **View** (Вид) выберите **Fit Document** (Весь документ) (последовательность клавиш: **V, D**), чтобы полностью вписать лист в окно.

2. Откройте панель **Libraries** (Библиотеки), рис. 3.4, щелкнув на ее вкладке в правой части рабочего пространства.

3. Из выпадающего списка в верхней части панели **Libraries** (Библиотеки) выберите библиотеку **Miscellaneous Devices.IntLib**, чтобы сделать ее активной.

4. Воспользуйтесь фильтром, чтобы быстро найти необходимый компонент. По умолчанию в качестве фильтра задан групповой символ ★, означающий отображение всех содержащихся в библиотеке компонентов. Введите ***3904*** в поле фильтра, чтобы отобразить список компонентов, имеющих в своем названии текст «**3904**».

5. Выберите в списке пункт **2N3904** и нажмите кнопку **Place** (Разместить). Альтернативный способ – дважды щелкнуть на имени компонента. Курсор принимает вид перекрестья, к которому «прикреплен» контур символа транзистора. Вы находитесь в режиме размещения компонентов. При перемещении курсора контур транзистора перемещается вместе с ним. НЕ размещайте компонент на этом этапе.

6. Перед размещением компонента на принципиальной схеме измените его свойства. Нажмите клавишу **TAB**, чтобы открыть диалоговое окно **Component Properties** (Свойства компонента), изображенное на рис. 3.5.

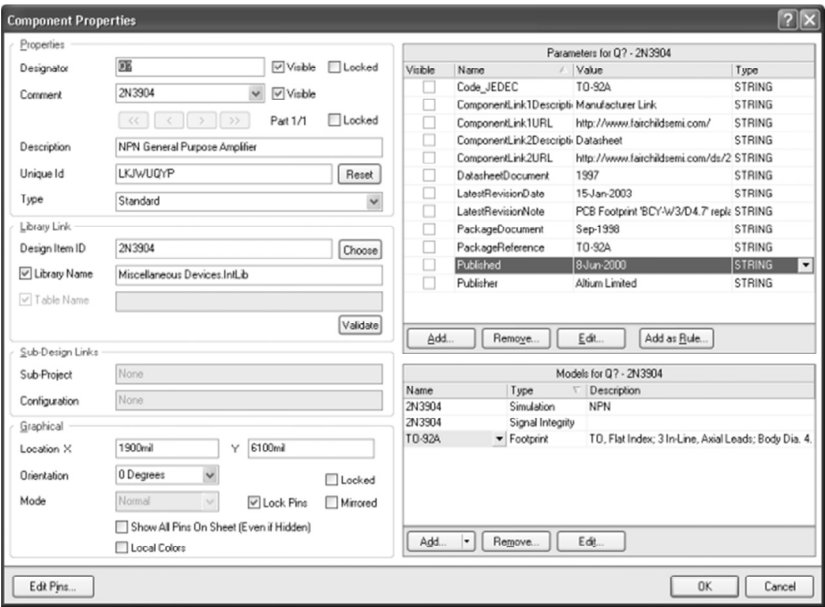


Рис. 3.5. Окно Component Properties

7. В группе **Properties** (Свойства) введите **VT1** в качестве позиционного обозначения (**Designator**).

8. Убедитесь, что в качестве посадочного места (в группе **Models** (Модели)) выбрано **TO-92A**. В интегрированной библиотеке каждый компонент имеет условное графическое обозначение и как минимум одно посадочное место. Некоторые компоненты имеют модели, необходимые для проведения аналого-цифрового моделирования.

9. Значения остальных параметров оставьте заданными по умолчанию и нажмите **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно, и перейти к размещению элемента.

В режиме редактирования или размещения компонентов (курсор мыши имеет форму перекрестья) перемещение курсора за пределы окна документа приведет к автоматическому панорамированию.

Если вы случайно передвинули курсор далеко от схемы, нажмите клавиши **V, F** (**View** → **Fit All Objects** (**Вид** → **Все объекты**)), чтобы перерисовать содержимое окна. Эту функцию можно использовать даже в процессе размещения объекта. Для чего выполните следующие действия.

1. Переместите курсор (с присоединенным символом транзистора) так, чтобы поместить транзистор чуть левее центра листа. Для размещения транзистора на схеме щелкните левой кнопкой мыши или нажмите **ENTER**.

2. Перемещая курсор, можно увидеть, что на схеме появился транзистор. Однако в режиме размещения компонентов и символ транзистора будет по-прежнему прикреплен к курсору. Таким образом, вы можете последовательно разместить несколько элементов одного типа. Теперь разместим второй транзистор. Он того же типа, что и первый, поэтому нам не нужно редактировать его атрибуты перед размещением. При размещении нескольких элементов Altium Designer автоматически увеличивает на единицу числовой индекс в позиционном обозначении элементов. Поэтому второй транзистор будет обозначен как **VT2**.

3. На эскизе схемы, показанной на рис. 3.2, видно, что транзистор **VT2** зеркально отражен относительно **VT1**. Чтобы получить зеркальное отражение размещаемого элемента, нажмите клавишу **X**. Это переворачивает элемент по горизонтали (вдоль оси **X**).

4. Переместите курсор правее транзистора **VT1**. В целях более точного размещения дважды нажмите клавишу **PAGE UP**, чтобы увеличить изображение на два шага для появления линии сетки.

5. Установив курсор в нужном положении, щелкните левой кнопкой мыши или нажмите **ENTER**, чтобы разместить **VT2**. На схеме снова размещается транзистор, и символ транзистора по-прежнему прикреплен к курсору.

6. Поскольку все необходимые транзисторы размещены, нажмите правую кнопку мыши или клавишу **ESC**, чтобы выйти из режима размещения элементов. Курсор принимает форму стрелки.

Затем разместим четыре резистора.

1. Убедитесь, что библиотека **Miscellaneous Devices.IntLib** на панели **Libraries** (Библиотеки) является активной.

2. Введите **res1** в поле фильтра под именем библиотеки.

3. Выберите **Res1** из списка компонентов и нажмите кнопку **Place** (Разместить). Рядом с курсором появляется символ резистора.

4. Нажмите клавишу **TAB**, чтобы открыть окно **Component Properties** (Свойства компонента). В группе **Properties** (Свойства) задайте позиционное обозначение первого элемента, введя **R1** в поле **Designator** (Обозначение).

5. Убедитесь, что посадочное место **AXIAL-0.3** выбрано в качестве текущего в списке **Models** (Модели).

6. Содержимое поля **Comment** (Комментарий) компонента принципиальной схемы соответствует содержимому поля **Comment** (Комментарий) компонента печатной платы. Обычно в этом поле вводят значение сопротивления резистора. Для **R1** введите значение **100k** (100 кОм).

7. Поскольку мы не будем заниматься моделированием, убедитесь, что опция **Visible** (Видимый) для параметра **Value** (Значение) отключена, а в поле **Comment** (Комментарий) задано корректное значение (в данном случае 100 К).

8. Нажмите **ПРОБЕЛ**, чтобы повернуть резистор на 90°, обеспечив корректную ориентацию.

9. Расположите резистор над базой транзистора **VT1** (см. рис. 3.6) и нажмите левую кнопку мыши или клавишу **ENTER**. На данном этапе не беспокойтесь о соединении резистора с транзистором. Позже мы соединим все элементы.

10. Поместите резистор **R2** на **100 кОм** над базой **VT2**. Числовой индекс автоматически увеличивается на единицу при размещении следующего элемента.

11. Осталось добавить еще два резистора – **R3** и **R4**, оба с сопротивлением **1 кОм**. Нажмите клавишу **TAB**, чтобы открыть диалоговое окно **Component Properties** (Свойства компонента), введите **1k** в поле

Comment (Комментарий) и убедитесь, что опция **Visible** (Видимый) для параметра **Value** (Значение) отключена. Нажмите **OK**, чтобы закрыть диалоговое окно.

12. Разместите элементы **R3** и **R4** в соответствии с рис. 3.6. Щелкните правой кнопкой мыши или нажмите клавишу **ESC**, чтобы выйти из режима размещения компонентов.

Далее добавим на схему два конденсатора.

1. Необходимый нам конденсатор также находится в библиотеке **Miscellaneous Devices.IntLib**, которая должна быть выбрана на панели **Libraries** (Библиотеки).

2. Введите **cap** в поле фильтра на панели **Libraries** (Библиотеки).

3. Выберите **CAP** из списка компонентов и нажмите кнопку **Place** (Разместить). Рядом с курсором появляется символ конденсатора.

4. Нажмите клавишу **TAB**, чтобы открыть свойства конденсатора. В диалоговом окне **Component Properties** (Свойства компонента) в поле **Designator** (Обозначение) введите **C1**, в поле **Comment** (Комментарий) введите **20n**, отключите опцию **Visible** (Видимый) для параметра **Value** (Значение) и убедитесь, что в качестве посадочного места выбрана модель **RAD-0.3**. Нажмите **OK**.

5. Разместите два конденсатора тем же способом, что и предыдущие элементы.

6. Щелкните правой кнопкой мыши или нажмите клавишу **ESC**, чтобы выйти из режима размещения компонентов.

Последний элемент, который необходимо добавить на схему, – это разъем. Этот компонент находится в библиотеке **Miscellaneous Connectors.IntLib**. Для его размещения осуществите следующие действия.

1. Выберите **Miscellaneous Connectors.IntLib** из списка библиотек на панели **Libraries** (Библиотеки). Нам нужен двухконтактный разъем, поэтому введите ***2** в поле фильтра на панели **Libraries** (Библиотеки).

2. Выберите **Header 2** из списка элементов и нажмите кнопку **Place** (Разместить). Нажмите **TAB** для редактирования атрибутов. В поле **Designator** (Обозначение) введите **X1** и убедитесь, что в качестве посадочного места выбрано **HDR1X2**. Наличие параметра **Value** (Значение) не требуется, поскольку при моделировании этот компонент заменяется источником питания. Нажмите **OK**, чтобы закрыть диалоговое окно.

3. Перед размещением компонента нажмите **X**, чтобы отразить его по горизонтали. Щелкните левой кнопкой мыши, чтобы поместить разъем на принципиальную схему.

4. Щелкните правой кнопкой мыши или нажмите клавишу **ESC**, чтобы выйти из режима размещения компонентов.

5. Сохраните принципиальную схему, выбрав из меню **File → Save** (Файл → Сохранить, комбинация клавиш: **F, S**).

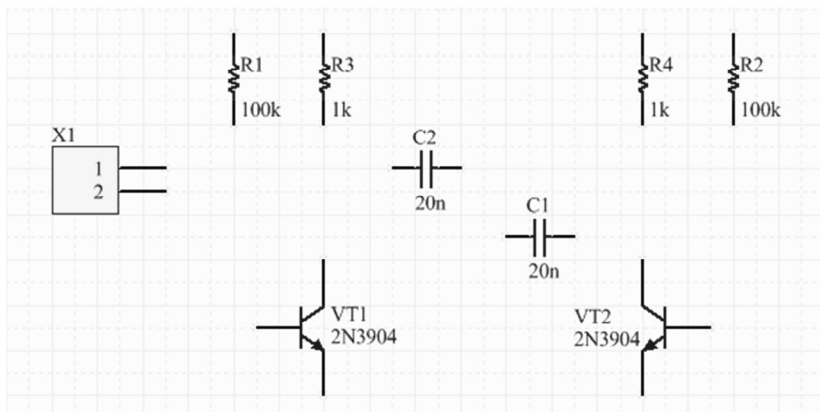


Рис. 3.6. Компоненты, размещенные на схеме

Итак, на данном этапе все компоненты размещены. Обратите внимание, что на рис. 3.6 между компонентами оставлены большие промежутки, чтобы обеспечить их удобное соединение. Это важно, поскольку соединение не может пересекать вывод какого-либо элемента по пути к следующему выводу цепи. В этом случае все выводы будут подключены к этой цепи. Для перемещения компонента щелкните на нем и, удерживая левую кнопку мыши, перетащите компонент в новое место.

Соединение элементов схемы

Соединение компонентов – это процесс создания связей между различными компонентами схемы. Проложите электрические соединения между элементами схемы в соответствии с эскизом схемы, выполняя следующие шаги.

1. Выберите удобный вид листа схемы, используя клавиши **PAGE UP** и **PAGE DOWN** для зумирования. Альтернативные способы зумирования: вращать колесо мыши, удерживая клавишу **CTRL**, либо перемещать мышь вверх/вниз, удерживать клавишу **CTRL** и правую кнопку мыши.

2. Для начала присоединим резистор **R1** к базе транзистора **VT1** следующим образом. Из меню **Place** (Разместить) выберите **Wire** (Соединение) (последовательность клавиш: **P, W**) или нажмите кнопку  **Wire** (Соединение) на панели инструментов **Wiring** (Прокладка соединений), чтобы войти в режим размещения соединений. Курсор мыши принимает форму перекрестья.

3. Расположите курсор у нижнего вывода резистора **R1**. Если вы расположили курсор правильно, то рядом с ним появится красный маркер соединения (большая звездочка). Это означает, что курсор расположен в точке электрического контакта компонента.

4. Щелкните левой кнопкой мыши или нажмите **ENTER**, чтобы закрепить соединение в этой точке. Переместив курсор, вы увидите, что соединение начинает тянуться от точки закрепления к курсору.

5. Расположите курсор под **R1** на уровне базы **VT1**. Щелкните мышью или нажмите **ENTER**, чтобы закрепить соединение в этой точке. Между первой и второй точкой прокладывается соединение.

6. Наведите курсор на базу **VT1** так, чтобы появился красный маркер соединения. Щелкните мышью или нажмите **ENTER**, чтобы закрепить соединение на базе **VT1**.

7. Обратите внимание, что курсор по-прежнему имеет форму перекрестья. Это означает, что вы можете продолжить прокладку соединений. Для выхода из режима прокладки соединений следует щелкнуть правой кнопкой мыши или нажать клавишу **ESC**. Не делайте этого на данном этапе.

8. Соедините **C1** с **VT1** и **R1**. Для этого наведите курсор на левый вывод **C1**, затем щелкните мышью или нажмите **ENTER** для начала нового соединения. Перемещайте курсор горизонтально, пока не дойдете до проводника, соединяющего **VT1** с **R1**. Появляется маркер соединения. Щелкните мышью или нажмите **ENTER**, чтобы проложить сегмент соединения. После этого щелкните правой кнопкой мыши или нажмите **ESC**, чтобы закончить прокладку соединения. Обратите внимание, что два проводника соединяются автоматически.

9. Соедините остальные элементы схемы, как показано на рис. 3.7.

10. Закончив прокладку всех соединений, щелкните правой кнопкой мыши или нажмите клавишу **ESC**, чтобы выйти из режима размещения. Курсор снова принимает форму стрелки. Если вы хотите переместить компонент вместе со всеми соединениями, перетащите его, удерживая клавишу **CTRL**, или выберите **Edit** → **Move** → **Drag** (Правка → Переместить → Перетащить).

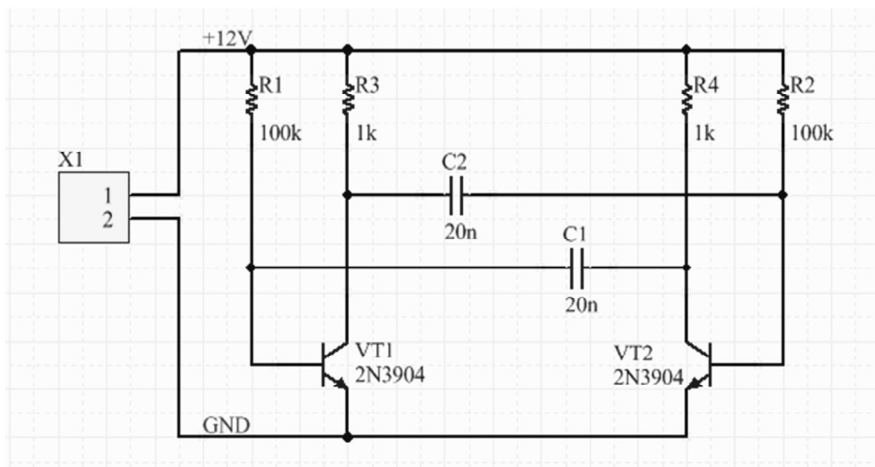


Рис. 3.7. Соединение компонентов схемы

Цепи и метки цепей

Каждый набор соединенных между собой выводов компонентов образует так называемую цепь. Например, одна из цепей включает в себя базу **VT1**, один вывод **R1** и один вывод **C1**.

Чтобы облегчить поиск важных цепей в схеме, вы можете присвоить им метки. Чтобы добавить метки для двух цепей питания, выполните следующие действия.

1. В меню **Place** (Разместить) выберите **Net Label** (Метка цепи) (последовательность клавиш: **P, N**). Рядом с курсором появляется прикрепленная метка цепи (рис. 3.8).

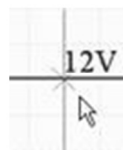


Рис. 3.8. Метка цепи

2. Для редактирования параметров метки перед ее размещением нажмите клавишу **TAB**. Открывается диалоговое окно **Net Label** (Метка цепи).

3. В поле **Net** (Цепь) введите **12V** и нажмите **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно.

4. Расположите метку так, чтобы ее левый нижний угол касался самого верхнего проводника на схеме. Когда метка касается проводника, курсор принимает форму красного перекрестья. Если перекрестье имеет серый цвет, то это значит, что вы пытаетесь расположить метку на выводе, а не на соединении.

5. После размещения первой метки вы все еще находитесь в режиме размещения, поэтому нажмите клавишу **TAB** для редактирования параметров следующей метки.

6. В поле **Net** (Цепь) введите **GND** и нажмите **OK**, чтобы закрыть диалоговое окно.

7. Расположите метку так, чтобы ее левый нижний угол касался самого нижнего проводника на схеме. Щелкните правой кнопкой мыши или нажмите клавишу **ESC**, чтобы выйти из режима размещения компонентов.

8. Из меню **File** (Файл) выберите **Save** (Сохранить) (последовательность клавиш: **F, S**), чтобы сохранить схему. Сохраните также проект.

На этом проектирование принципиальной схемы завершено, однако перед тем как начать проектирование печатной платы на основе этой схемы, необходимо настроить параметры проекта и проверить его на наличие ошибок.

3.4. Настройка параметров проекта

Все параметры, относящиеся к проекту, настраиваются в диалоговом окне **Options for Project** (Параметры для проекта) (**Project** → **Project Options** (Проект → Опции проекта)). Сюда относятся параметры проверки на наличие ошибок, параметры матрицы соединений, генератора классов, компаратора, отчета об изменениях, пути выходных данных и опции списка соединений, формат именования многоканальных схем, настройки печати по умолчанию, пути поиска и другие параметры проекта. Altium Designer использует эти параметры при компиляции проекта (рис. 3.9).

При компиляции также применяются комплексные правила проектирования и электрические правила. После устранения всех ошибок скомпилированная принципиальная схема может быть передана в документ печатной платы с формированием серий запросов на внесение изменения **Engineering Change Order** (ECO).

В основе этого процесса лежит механизм сравнения, который определяет различия между принципиальной схемой и печатной платой и формирует список изменений (ECO) для устранения всех несоответствий. Особенностью данного подхода является не только непосредственная работа с принципиальной схемой и печатной платой (без создания промежуточного списка соединений), но и возможность использования его для синхронизации схемы и печатной платы на любом

этапе проектирования. Механизм сравнения также позволяет находить различия между исходными и целевыми файлами и выполнять обновление (синхронизацию) в обоих направлениях.

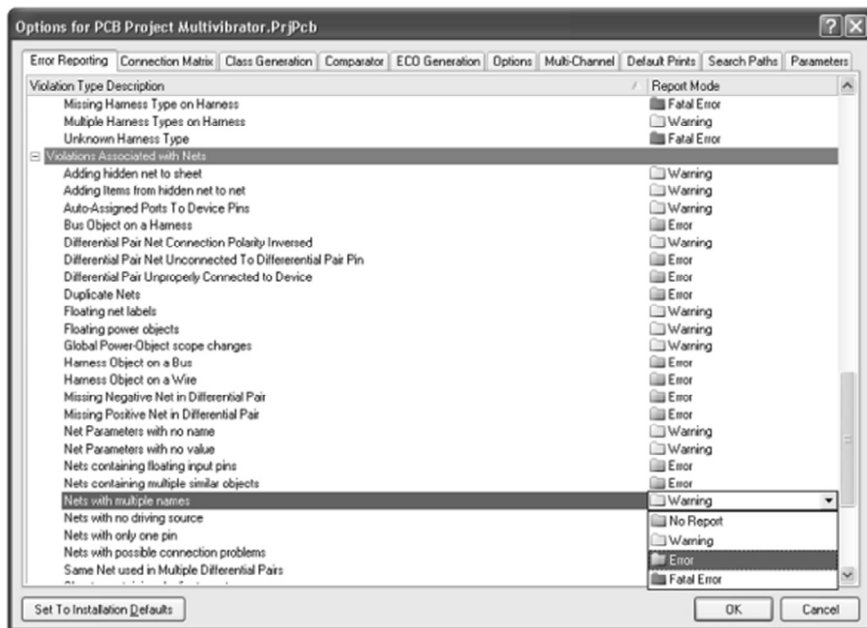


Рис. 3.9. Окно параметров проекта

Выходные данные проекта, такие как сборки, данные для производства и отчеты можно настроить с помощью меню **File** (Файл) и **Reports** (Отчеты). Эти данные также содержатся в файле проекта и поэтому всегда доступны для него. Кроме того, вы можете задать параметры выходных данных в файле Output Job (**File** → **New** → **Output Job File** (Файл → Новый → Файл Output Job)).

Проверка электрических свойств принципиальной схемы

Принципиальная схема в Altium Designer – это больше чем чертеж, она также содержит информацию об электрических соединениях компонентов. Вы можете использовать эти данные для проверки проекта. При компиляции проекта Altium Designer проверяет его на наличие ошибок в соответствии с правилами, заданными на вкладках **Error**

Reporting (Сообщения об ошибках) и **Connection Matrix** (Матрица соединений) диалогового окна **Options for Project** (Параметры проекта). Все выявленные нарушения правил отображаются на панели **Messages** (Сообщения).

Из меню **Project** (Проект) выберите **Project Options** (Параметры проекта), чтобы открыть диалоговое окно **Options for Project** (Параметры проекта), см. рис. 3.9.

В этом диалоговом окне можно задать любые параметры, относящиеся к проекту. Внесем некоторые изменения на вкладках **Error Reporting** (Сообщения об ошибках), **Connection Matrix** (Матрица соединений) и **Comparator** (Компаратор).

Настройка сообщений об ошибках

Вкладка **Error Reporting** (Сообщения об ошибках) в диалоговом окне **Options for Project** (Параметры проекта), см. рис. 3.9, используется для настройки проверки проекта на наличие ошибок. Параметр **Report Mode** (Режим отчета) задает степень важности отображаемого нарушения. Для изменения этого параметра необходимо развернуть выпадающий список **Report Mode** (Режим отчета) напротив описания нарушения и выбрать желаемый уровень важности. В рамках данной работы мы не будем изменять эти параметры.

Настройка матрицы соединений

После компиляции проекта список выводов для каждой цепи содержится в памяти Altium Designer. Определяется тип каждого вывода (например: входной, выходной, пассивный и т. д.), затем каждая цепь проверяется на наличие неправильно соединенных выводов, когда, например, выходной вывод соединен с выходным. На вкладке **Connection Matrix** (Матрица соединений) диалогового окна **Options for Project** (Параметры проекта), рис. 3.10, можно указать, выводы каких типов можно соединять друг с другом. Например, посмотрите на список типов в правой части матрицы и найдите строку **Output Pin** (Выходной вывод). Найдите место пересечения этой строки со столбцом **Open Collector Pin** (Открытый коллектор). Оранжевый цвет квадрата на пересечении указывает на то, что соединение выходного вывода с открытым коллектором на принципиальной схеме вызовет ошибку при компиляции проекта.

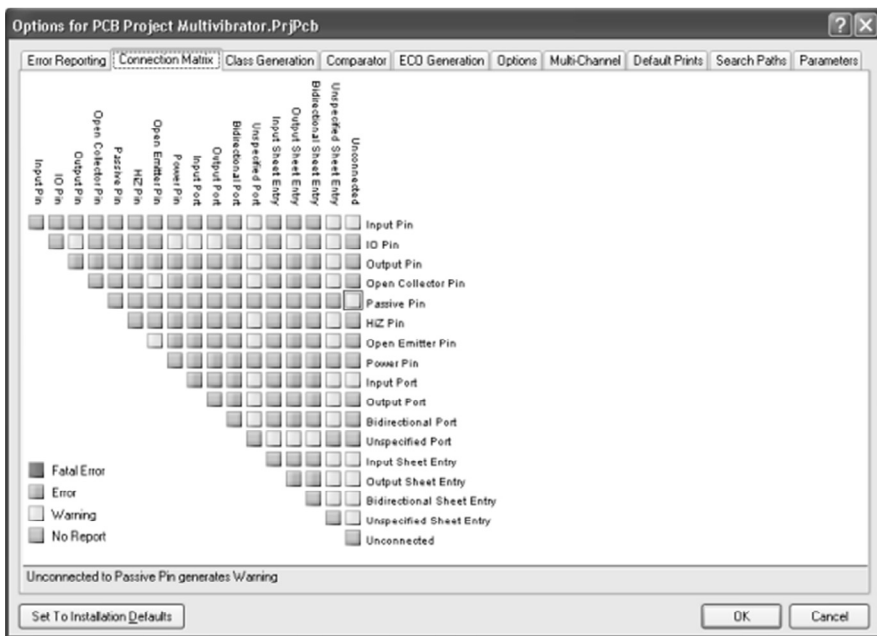


Рис. 3.10. Матрица соединений

Для каждого типа ошибок можно выбрать уровень: от игнорирования до критической ошибки. Для внесения изменений в матрицу соединений необходимо выполнить следующие действия.

1. Чтобы изменить один из параметров, необходимо щелкнуть на цветном квадрате. При этом происходит перебор четырех возможных значений. Можно также щелкнуть правой кнопкой мыши в диалоговом окне, чтобы отобразить меню, в котором можно задать все параметры одновременно, а также вернуть значения по умолчанию.

2. Создаваемая схема содержит только пассивные выводы (на резисторах, конденсаторах и разьеме) и входные выводы (на транзисторах). Проверим, определяет ли матрица неподключенные пассивные выводы. Найдите строку **Passive Pin** (Пассивный вывод). Найдите столбец **Unconnected** (Неподключенные). Квадрат на их пересечении указывает важность ошибки при наличии неподключенных пассивных выводов. По умолчанию квадрат зеленый, т. е. ошибка не будет включена в отчет.

3. Щелкните на этом квадрате, чтобы он стал желтым. Теперь при обнаружении неподключенных пассивных выводов во время компиляции проекта будет отображаться предупреждение. Позже мы намеренно воспроизведем эту ошибку.

Настройка компаратора

На вкладке **Comparator** (Компаратор) окна **Options for Project** (Параметры проекта), (рис. 3.11), задается поведение программы (оповещение или игнорирование) при обнаружении определенных различий между файлами во время компиляции. В рамках данного учебного материала нам не требуется отображать некоторые различия, которые используются только в иерархических проектах, например, «комнаты».

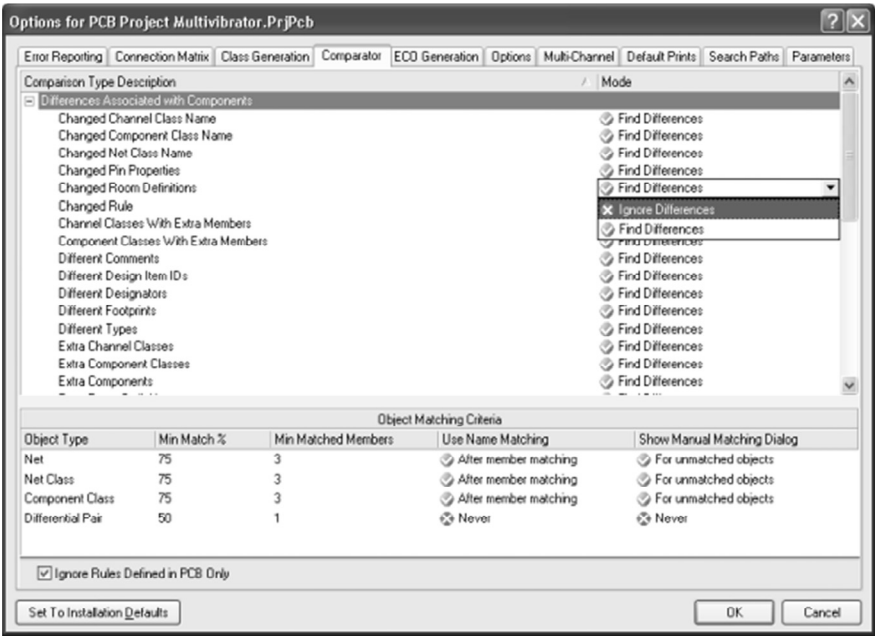


Рис. 3.11. Компаратор

1. Перейдите на вкладку **Comparator** (Компаратор) и найдите элементы **Changed Room Definitions** (Изменения определения «комнат»), **ExtraRoom Definitions** (Дополнительные определения «комнат») и

Extra Component Classes (Дополнительные классы компонентов) в разделе **Differences Associated with Components** (Различия, связанные с компонентами).

2. Для каждого из этих компонентов выберите **Ignore Differences** (Игнорировать различия) из выпадающего списка в столбце **Mode** (Режим). Не перепутайте компоненты с классами компонентов!

Теперь все готово для компиляции проекта и проверки на наличие ошибок.

3.5. Компиляция проекта и проверка на наличие ошибок

Во время компиляции проекта производится проверка выполнения проектных и электрических правил во всех документах. Предупреждения и сообщения обо всех найденных ошибках отображаются на панели **Messages** (Сообщения). Подробная информация отображается на панели **Compiled Errors** (Ошибки компиляции). Мы уже задали правила на вкладках **Error Checking** (Проверка ошибок) и **Connection Matrix** (Матрица соединений) диалогового окна **Options for Project** (Параметры проекта), поэтому можем начинать проверку.

1. Чтобы скомпилировать проект **LR3**, из меню **Project** (Проект) выберите **Compile PCB Project** (Скомпилировать проект платы).

2. При компиляции все предупреждения и сообщения об ошибках отображаются на панели **Messages** (Сообщения). Панель появляется автоматически только при наличии ошибок. Чтобы открыть ее вручную, нажмите кнопку **System** (Система) в правом нижнем углу рабочего пространства и выберите **Messages** (Сообщения) из появившегося меню. Дважды щелкните на элементе списка на панели, чтобы проанализировать сообщение об ошибке. Скомпилированные документы также отображаются на панели **Navigator** (Навигатор). Кроме них на панели можно просмотреть развернутую иерархию, компоненты, цепи и модель соединений.

3. Если принципиальная схема построена правильно, на панели **Messages** (Сообщения) не должно отображаться каких-либо сообщений. При наличии ошибок изучите каждую из них и проверьте правильность соединения схемы.

Для иллюстрации работы компилятора намеренно допустим ошибку в схеме и повторно скомпилируем проект. Для этого выполните следующие действия.

1. Щелкните на вкладке **Multivibrator.SchDoc** в верхней части рабочей области, чтобы сделать этот документ активным.

2. Щелкните в середине проводника, соединяющего **R1** с базой **VT1**. На каждом конце соединения появляются маленькие квадратные «ручки» для редактирования, а само соединение отображается в виде пунктирной линии. Нажмите клавишу **DELETE**, чтобы удалить соединение.

3. Скомпилируйте проект повторно (**Project** → **Compile PCB Project** (**Проект** → **Скомпилировать проект платы**)), чтобы проверить его на наличие ошибок. На панели **Messages** (Сообщения) появится сообщение, предупреждающее о наличии в схеме несоединенных выводов.

4. При двойном щелчке на сообщении появляется панель **Compile Errors** (Ошибки компиляции), на которой отображается подробная информация об ошибке. Щелкнув на элементе в этой панели, вы можете перейти к объекту на схеме, вызвавшему ошибку.

Для устранения ошибки в схеме осуществите следующие действия.

1. Сделайте документ принципиальной схемы активным.

2. Из меню **Edit** (Правка) выберите **Undo** (Отменить) (комбинация клавиш: **CTRL + Z**). Ранее удаленное соединение должно восстановиться.

3. Теперь еще раз скомпилируйте проект (**Project** → **Compile PCB Project** (**Проект** → **Скомпилировать проект платы**)), чтобы убедиться, что ошибка устранена. На панели **Messages** (Сообщения) не должно отображаться каких-либо сообщений.

4. Из меню **View** (Вид) выберите **Fit All Objects** (Все объекты) (последовательность клавиш: **V, F**), чтобы вписать схему в окно.

5. На этом работа в схемном редакторе завершена. Сохраните принципиальную схему и проект, чтобы продолжить проектирование печатной платы при выполнении следующей работы.

3.6. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Ознакомьтесь с содержанием настоящего раздела.

2. Создайте проект печатной платы и лист принципиальной схемы.

3. Разместите и соедините необходимые компоненты, согласно схеме, изображенной, на рис. 3.2.

4. Выполните настройку параметров проекта.
5. Выполните компиляцию проекта.
6. Сохраните результаты своей работы в отдельной папке.
7. Подготовьте отчет о проделанной работе.

3.7. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткое изложение работы с иллюстрациями основных этапов.
3. Чертеж схемы.
4. Выводы о проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой проект печатной платы?
2. Как настраивается редактор **Schematics**?
3. Каким образом прокладываются соединения между выводами компонентов?
4. Каким образом присваиваются метки цепей?
5. Каким образом размещаются компоненты на листе принципиальной схемы?
6. Каковы основные параметры компонента?
7. Что происходит во время компиляции проекта?

4. РАБОТА В РЕДАКТОРЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

В настоящем разделе мы продолжим работать с проектом печатной платы. Предполагается, что у вас от предыдущей работы остался проект печатной платы с готовой электрической схемой мультивибратора. Далее приступим к проектированию печатной платы.

4.1. Создание печатной платы

Перед тем как передать данные проекта из редактора принципиальных схем в редактор печатных плат, необходимо создать как минимум пустую печатную плату. Самый простой способ создания печатной платы в Altium Designer – это использование PCB Board Wizard (Мастера создания печатной платы), который позволяет выбрать один из стандартных контуров, а также задавать собственные габариты платы. На любом этапе работы Мастера, используя кнопку Back, можно вернуться к предыдущим действиям, чтобы проверить или изменить введенные данные.

Чтобы создать печатную плату с помощью мастера, выполните следующие действия.

1. Откройте панель **Files** (Файлы). По умолчанию эта панель прикреплена с левой стороны окна Altium Designer. Если панель не отображается, нажмите кнопку **System** (Система) в правом нижнем углу рабочего пространства и выберите **Files** (Файлы) в появившемся меню.

2. В разделе **New from Template** (Из шаблона) в нижней части панели **Files** (Файлы) щелкните на элементе **PCB Board Wizard** (Мастер создания печатных плат). Если эта опция не отображается, сверните некоторые разделы панели **Files** (Файлы), щелкнув на значке со стрелками вверх в заголовке раздела.

3. Открывается главная страница мастера. Нажмите **Next** (Далее) для продолжения.

4. В качестве системы единиц измерения выберите **Imperial** (Британская) (1000 mil = 1 inch).

5. На следующей странице мастера необходимо выбрать контуры платы. Мы укажем собственные размеры платы. Выберите **Custom** (Пользовательская) из списка конфигураций платы и нажмите **Next** (Далее).

6. На следующей странице необходимо задать собственные параметры платы. Для нашего устройства будет достаточно платы размером 2 × 2 дюйма. Для параметра **Outline Shape** (Форма контура) выберите значение **Rectangular** (Прямоугольная) и введите **2000** в полях **Width** (Ширина) и **Height** (Высота). Отключите опции **Title Block and Scale** (Форматка и масштаб), **Legend String** (Условные обозначения) и **Dimension Lines** (Размерные линии), как показано на рис. 4.1. Нажмите **Next** (Далее) для продолжения.

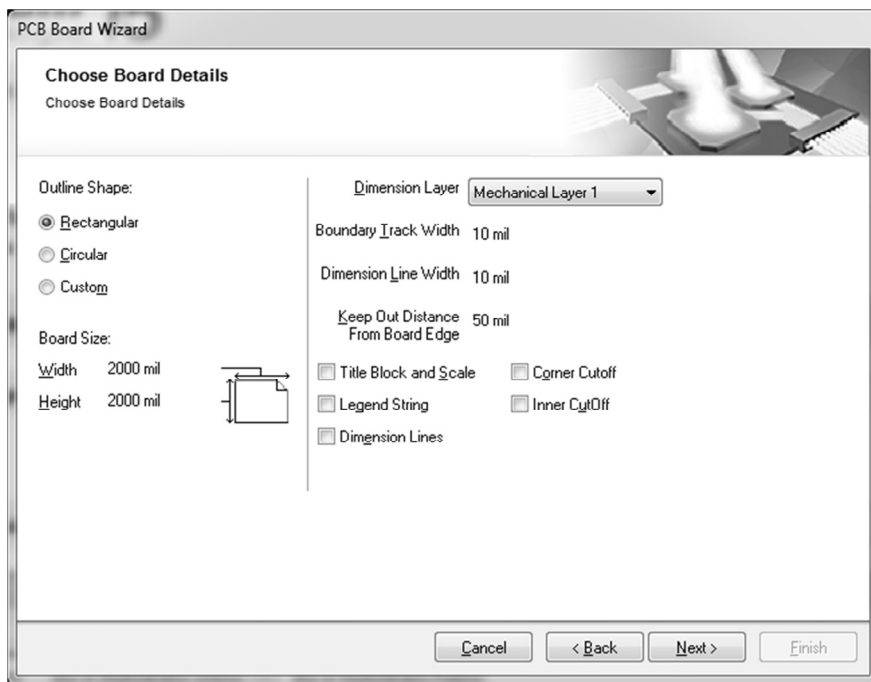


Рис. 4.1. Ввод размеров платы в окне PCB Board Wizard

7. На следующей странице можно указать количество слоев платы. В данной работе необходимо указать два сигнальных слоя, слои питания не понадобятся. Нажмите **Next** (Далее) для продолжения.

8. В качестве стиля переходных отверстий выберите **Thruhole Vias** (Только сквозные) и нажмите **Next** (Далее).

9. На следующей странице задаются опции трассировки. Выберите опцию **Through-hole components** (Навесные компоненты) и опцию **One Track** (Одна трасса между соседними контактными площадками). Нажмите **Next** (Далее).

10. На следующей странице можно задать некоторые проектные правила для ширины трасс и размеров переходных отверстий. Оставьте все опции заданными по умолчанию, нажмите **Next** (Далее). Мастер собрал достаточно информации для создания платы.

11. Нажмите **Finish** (Готово). В редакторе печатных плат откроется новый файл печатной платы под именем **PCB1.PcbDoc**, рис. 4.2.

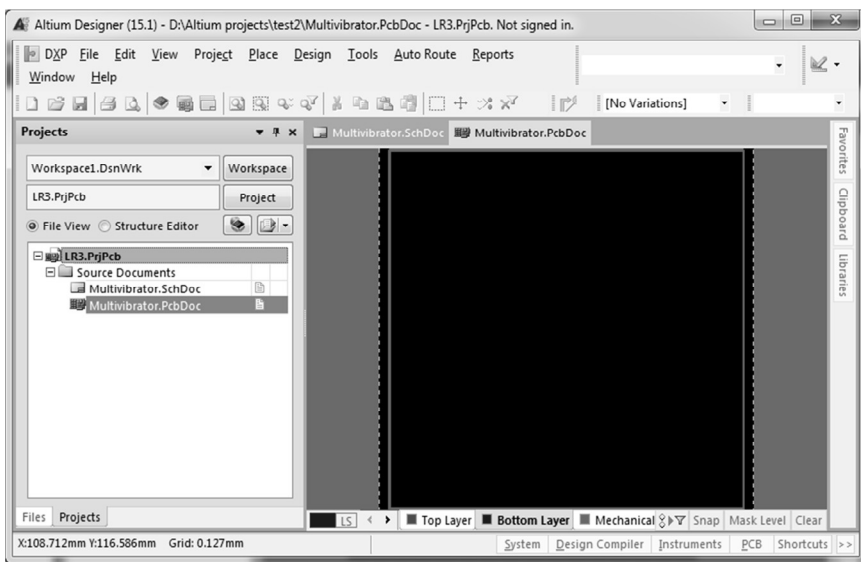


Рис. 4.2. Окно Altium Designer с проектом печатной платы

12. Документ отображается в виде листа стандартного размера, на котором расположена пустая плата (черная область с сеткой). Чтобы отключить отображение листа, из меню **Design** (Проектирование) выберите **Board Options** (Параметры платы) и снимите флажок **Display**

Sheet (Показать лист) в диалоговом окне **Board Options** (Параметры платы). Вы можете выбрать другой формат листа, сетки и основной надписи из набора шаблонов, поставляемых с Altium Designer.

13. Когда отображение чертежного листа отключено, покажите плату крупнее, выбрав из меню **View** → **Fit Board** (**Вид** → **Вся плата**) (последовательность клавиш: **V, F**).

14. Откройте панель **Projects** (Проекты), если она не отображается (с помощью кнопки **System**(Система) в правом нижнем углу окна Altium Designer).

15. Если новый файл печатной платы не был автоматически добавлен к проекту *LR3*, перетащите его в древовидную структуру проекта на панели **Projects** (Проекты).

16. Щелкните правой кнопкой мыши на новом файле печатной платы на панели **Projects** (Проекты) и выберите **Save As** (Сохранить как) в контекстном меню. Убедитесь, что сохраняете файл в той же папке, в которой находятся остальные файлы проекта. В качестве имени файла введите *Multivibrator.PcbDoc*.

4.2. Перенос проектных данных

Процесс передачи данных принципиальной схемы на этап проектирования печатной платы запускается командой меню **Design** → **Update PCB Document** (**Проектирование** → **Обновить документ печатной платы**). При этом осуществляется компиляция проекта и формируется список изменений ECO, который выполняет следующие шаги.

- Формируется список всех компонентов, используемых в проекте, и посадочных мест, необходимых для каждого из компонентов. При выполнении ECO Altium Designer осуществляет поиск посадочных мест для каждого компонента в доступных библиотеках и размещает их на печатной плате. Если посадочное место недоступно, выдается сообщение об ошибке.

- Создается список всех цепей в проекте (т. е. подключенных выводов компонента). При выполнении ECO Altium Designer добавляет каждую цепь на печатную плату, а затем пытается добавить выводы, принадлежащие каждой цепи. Если вывод добавить не удастся, то возникает ошибка. Обычно это связано с отсутствием посадочного места или с несоответствием контактных площадок посадочного места выводам на условном графическом обозначении.

- Затем передаются дополнительные проектные данные, в том числе «комнаты» размещения, классы цепей и компонентов, а также правила проектирования печатных плат.

Перед тем как передавать данные принципиальной схемы в пустую печатную плату, необходимо удостовериться в доступности всех необходимых библиотек для схемы и для платы. В этой работе мы используем только встроенные библиотеки, установленные по умолчанию, поэтому все необходимые посадочные места уже доступны. Все готово для передачи данных принципиальной схемы на печатную плату.

Чтобы передать данные принципиальной схемы в целевую печатную плату, выполните следующие действия.

1. Откройте документ принципиальной схемы *Multivibrator.SchDoc*.
2. Из меню **Design** (Проектирование) выберите **Update PCB Document** (Обновить документ печатной платы) *Multivibrator.PcbDoc*. Осуществляется компиляция проекта и открывается диалоговое окно **Engineering Change Order** (Уведомление о технических изменениях), рис. 4.3.

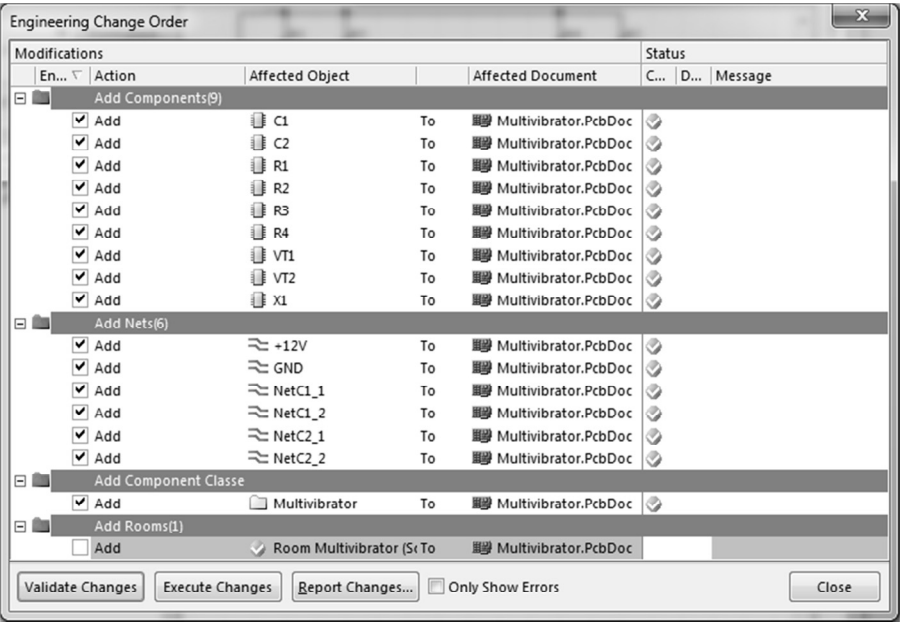


Рис. 4.3. Окно Engineering Change Order

3. Отключите опцию **Add** в группе **Add Rooms** в окне **Engineering Change Order**, как показано на рис. 4.3. Нажмите кнопку **Validate Changes** (Проверить изменения). Если все изменения корректны, напротив каждого изменения в графе **Status** (Состояние) должен появиться зеленый флажок. Если изменения не прошли проверку, закройте диалоговое окно, просмотрите содержимое панели **Messages** (Сообщения) и устраните ошибки.

4. Нажмите **Execute Changes** (Выполнить изменения), чтобы внести изменения в печатную плату. По завершении процесса все строки помечаются зеленым флажком в столбце **Done** (Готово).

5. Нажмите **Close** (Заккрыть). Открывается документ печатной платы с компонентами, расположенными за пределами платы. Последовательно нажмите клавиши **V, D** (**View** → **Document** (**Вид** → **Весь документ**)), если компоненты не помещаются на текущем виде.

4.3. Начало проектирования печатной платы

После выполнения ЕСО компоненты и цепи появляются в рабочем пространстве печатной платы, справа от самой платы (рис. 4.4). Обратите внимание, что контактные площадки некоторых компонентов отмечены зеленым цветом – это означает нарушение правил проектирования. Вскоре мы определим причины и устраним эти проблемы.

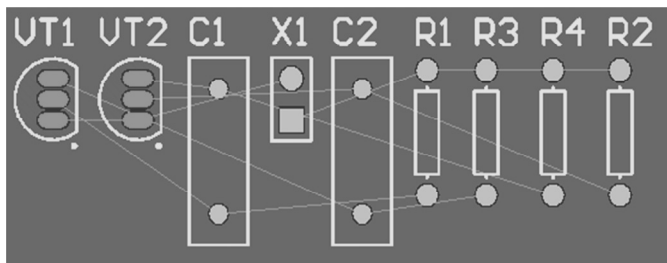


Рис. 4.4. Компоненты и цепи, используемые в проекте (размещены в пространстве печатной платы)

Редактор печатных плат может отображать модели плат как в двумерном, так и в трехмерном виде (для отображения 3D требуется графический адаптер с поддержкой DirectX 9.0C и Shader Model 3 или более поздней версии). Двумерный режим – многослойная среда, которая идеально подходит для решения стандартных задач разработки печат-

ных плат: размещения компонентов, трассировки и соединения. Трёхмерный режим позволяет всесторонне изучать конструкцию платы, представленную в виде полноценной 3D-модели (в 3D-режиме отсутствуют некоторые возможности, доступные в 2D-режиме). Для переключения между 2D- и 3D-режимами можно воспользоваться командами меню **View → Switch To 3D (Вид → Переключиться в 3D)** и **View → Switch To 2D (Вид → Переключиться в 2D)** (клавиши: **2 (2D)**, **3 (3D)**)).

4.4. Настройка среды проектирования печатных плат

Перед тем как начать размещение компонентов на плате, необходимо настроить некоторые параметры рабочей среды, например параметры сеток, а также задать параметры печатной платы, такие как слои и правила проектирования.

Сетки в среде проектирования печатных плат

Необходимо удостовериться в корректности сетки перед размещением компонентов. Все объекты, размещенные на печатной плате, привязываются к сетке. Необходимо настроить сетку в соответствии с технологией трассировки, которую предполагается использовать.

В нашем устройстве используются компоненты с британскими размерами, минимальный шаг между выводами равен 100 mil. Мы зададим шаг сетки, кратный этому значению, например, 50 mil или 25 mil. Таким образом, при размещении выводы всех компонентов будут попадать в узлы сетки.

Для задания шага сетки выполните следующие действия.

1. Переключите единицы измерения на британские с помощью команды меню **View → Toggle Units** («горячая» клавиша: **Q**).

2. Из меню **Design** (Проектирование) выберите **Board Options** (Параметры платы) (последовательность клавиш: **D**, **O**), чтобы открыть диалоговое окно **Board Options** (Параметры платы).

3. В окне **Board Options** (Параметры платы) нажмите кнопку **Grids...** и дважды щелкните на строке **Global Board Snap Grid** в окне **Grid Manager**.

4. В открывшемся окне **Cartesian Grid Editor** установите значение **Step X 25 mil**, выбрав его из выпадающего списка или введя вручную,

как показано на рис. 4.5. Поменять шаг сетки можно также, нажав горячую клавишу **G** в окне редактора печатных плат и выбрав из выпадающего меню необходимое значение.

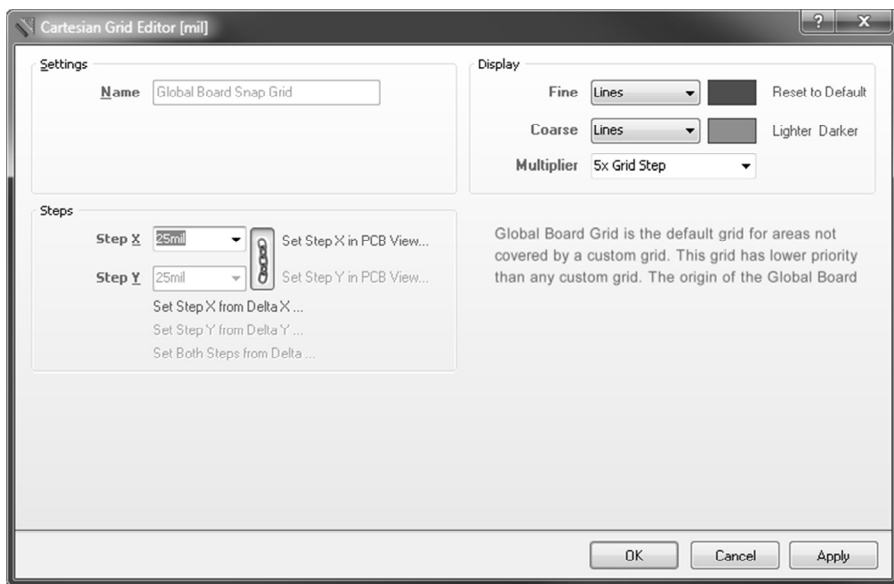


Рис. 4.5. Настройки шага сетки

5. Нажмите **ОК**, чтобы закрыть диалоговые окна с настройками сетки и печатной платы.

Параметры размещения компонентов

Рассмотрим некоторые опции, позволяющие облегчить размещение компонентов.

1. В меню **Tools** (Инструменты) выберите **Preferences** (Настройки) (последовательность клавиш: **T, P**), чтобы открыть диалоговое окно **Preferences** (Настройки). В диалоговом окне откройте страницу **PCB Editor – General** (Редактор печатных плат – Общие) и убедитесь, что в группе **Editing Options** (Параметры редактирования) включена опция **Snap To Center** (Привязка к центру), рис. 4.6. Если эта опция включена, то при «захвате» компонента для перетаскивания курсор автоматически помещается в точку привязки этого компонента.

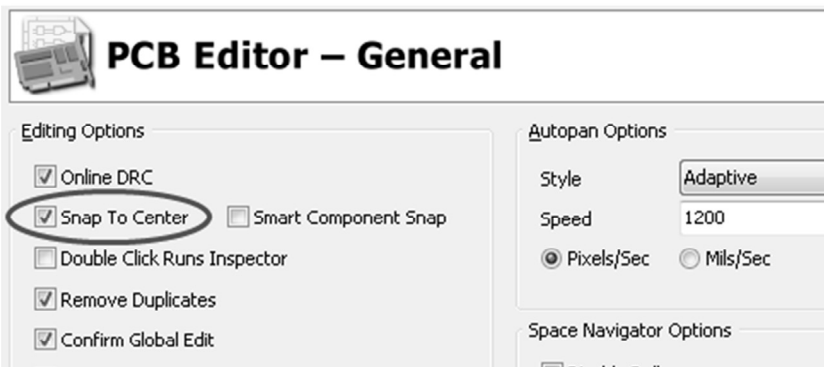


Рис. 4.6. Страница PCB Editor – General в окне Preferences

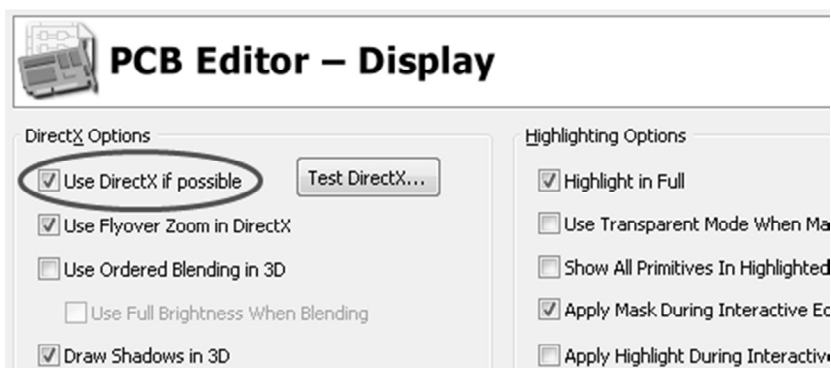


Рис. 4.7. Страница PCB Editor – Display в окне Preferences

2. Перейдите на страницу **PCBEditor – Display** (Редактор печатных плат – Настройки графики) диалогового окна **Preferences** (Настройки). В группе **DirectX Options** (Параметры DirectX) включите опцию **Use DirectX if possible** (по возможности использовать DirectX), рис. 4.7. Эта опция позволяет использовать 3D-режим просмотра. Нажмите **OK**, чтобы закрыть окно **Preferences** (Настройки). Если использование DirectX невозможно, то полноценный просмотр в 3D-режиме будет недоступен.

4.5. Задание стека слоев и использование прочих неэлектрических слоев

Итак, мы настроили параметры рабочего пространства. Далее необходимо настроить электрические и неэлектрические слои, используемые в проекте.

Физические слои и стек управления расположением слоев

Редактор печатных плат в Altium Designer поддерживает до 32 сигнальных слоев и 16 слоев питания. Поскольку мы проектируем простую плату, трассировку можно выполнить на одной или двух сторонах платы. При работе над сложным проектом можно добавить слои с помощью диалогового окна **Layer Stack Manager** (Управление стеком слоев), рис. 4.8.

1. Из меню **Design** (Проектирование) выберите **Layer Stack Manager** (Управление стеком слоев) (последовательность клавиш: **D, K**), чтобы открыть диалоговое окно **Layer Stack Manager** (Управление стеком слоев).

2. Новые слои добавляются после выбранного в данный момент слоя. Параметры слоев, такие как толщина медного покрытия и диэлектрические свойства, можно настроить, дважды щелкнув на имени слоя. Нажмите **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно.

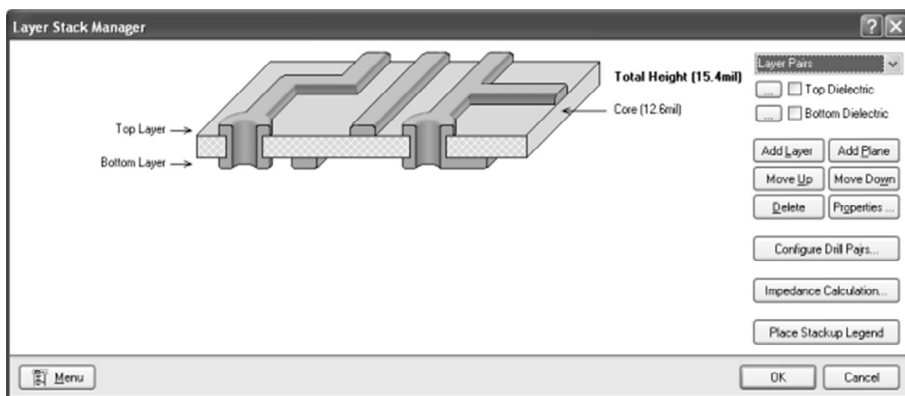


Рис. 4.8. Окно Layer Stack Manager

Настройка отображения слоев

Помимо электрических слоев (сигнальных и слоев питания), редактор печатных плат поддерживает несколько видов неэлектрических слоев. Ниже перечислены три основных типа слоев, доступных в редакторе печатных плат.

- Электрические слои – до 32 сигнальных слоев и до 16 внутренних слоев питания.
- Механические слои – до 32 механических слоев общего назначения, используемых для нанесения размеров, заводских обозначений, инструкций по сборке и т. п. Эти слои могут быть выборочно включены в выходные данные для печати и Gerber -файлы. Кроме того, можно назначать пары слоев, в этом случае объект, помещенный на один из парных слоев в редакторе библиотек, будет перенесен на другой парный слой, если компонент перевернуть на нижнюю сторону платы.
- Специальные слои – сюда входят верхние и нижние слои шелкографии, слои паяльных паст и защитных масок, слои сверловки, слои с зонами запрета трассировки, слои для размещения контактных площадок и переходных отверстий многослойных ПП, слои электрических соединений, слои маркеров ошибок, слои сеток, слои отверстий и другие слои отображения.

Параметры отображения всех слоев задаются в диалоговом окне **View Configurations** (Конфигурации отображения) (**Design** → **Board Layers and Colors** (Проектирование → Слои платы и цвета) или клавиша **L**).

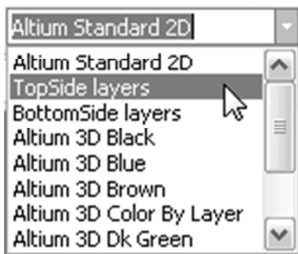


Рис. 4.9. Конфигурации отображения

При таком большом количестве слоев и множестве возможных конфигураций удобно использовать функцию сохранения текущих параметров в качестве конфигурации отображения. Вы можете выбирать из доступных конфигураций отображения из выпадающего списка на главной панели инструментов, как показано на рис. 4.9.

Конфигурация отображения представляет собой набор параметров, управляющих внешним видом рабочего пространства в 2D- и 3D-режиме (применима к редактору печатных плат и редактору библиотек посадочных мест). Конфигурация отображения, которая использовалась при сохранении документа, также сохраняется вместе с файлом. Таким образом,

при открытии файла при следующем запуске программы Altium Designer будет использована связанная с этим файлом конфигурация отображения. Конфигурации отображения также можно сохранять локально и использовать в любое время в любом документе печатной платы. Если документу не присвоена какая-либо конфигурация отображения, то при его открытии используется конфигурация по умолчанию. Конфигурации отображения создаются и сохраняются с помощью опций в левой части окна **View Configurations** (Конфигурации отображения).

Диалоговое окно **View Configurations** (Конфигурации отображения), рис. 4.10, также позволяет задавать другие параметры отображения:

- способ отображения каждого типа объектов (сплошной, контур, скрытый) на вкладке **Show/Hide** (Показать/Скрыть);
- различные опции просмотра, например, отображение имен цепей, номеров контактных площадок, маркера начала координат и т. д. Эти опции задаются на вкладке **View Options** (Опции просмотра).

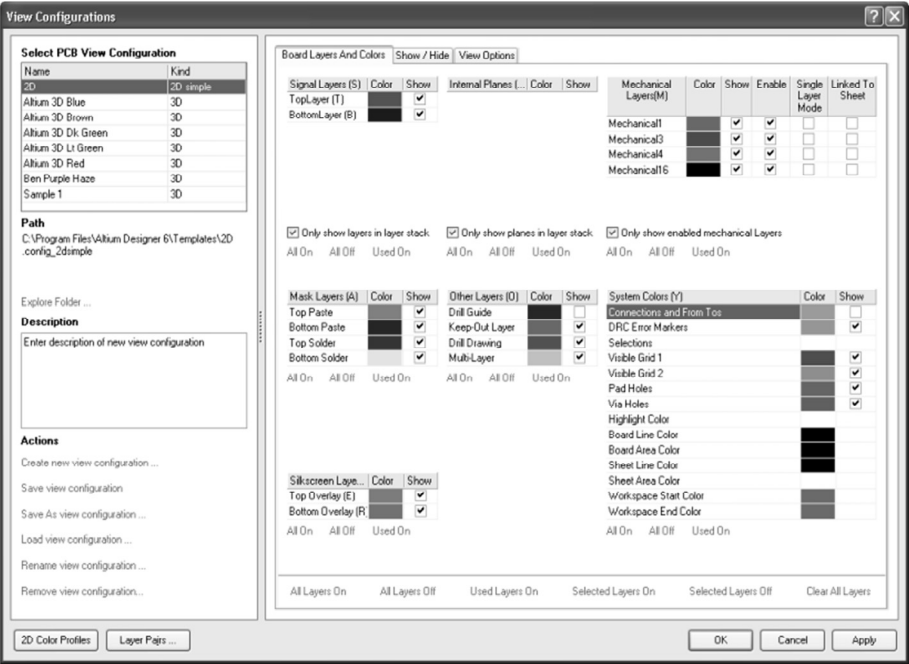


Рис. 4.10. Окно View Configuration

Создадим простую двумерную конфигурацию просмотра.

1. Откройте диалоговое окно **View Configurations** (Конфигурации отображения) (**Design** → **Board Layers & Colors** (Проектирование → **Слои платы и цвета**)). Активная конфигурация отображается в таблице **Select PCB View Configuration** (Выберите конфигурацию вида печатной платы) в левой верхней части диалогового окна. Если активен 3D-режим, выберите 2D-конфигурацию.

2. Находясь на вкладке **Board Layers And Colors** (Слои и цвета платы), убедитесь, что включены опции **Only show layers in layer stack** (Показывать только слои стека) и **Only show enabled mechanical layers** (Показывать только включенные механические слои). Это обеспечивает отображение только тех слоев, которые включены в стек платы.

3. Щелкните на надписи **Used Layers On** (Включить используемые слои) в нижней части окна. Данная опция включает в себя отображение только используемых слоев, т. е. тех, на которых имеются объекты.

4. Щелкните на образце цвета слоя **Top Layer** (Верхний слой), чтобы открыть диалоговое окно **2D System Colors** (Системные цвета 2D). Здесь вы можете менять цвет слоя, однако помните, что это системные настройки – они будут применяться к каждому открываемому документу платы. Обратите также внимание на опцию **Previous** (Предыдущий), которая позволяет вернуть предыдущий цвет. Нажмите **Cancel** (Отменить), чтобы закрыть диалоговое окно без внесения изменений.

5. Отключите отображение четырех слоев масок (**Mask layers** (Слои масок)), слоя центров отверстий (**Drill Guide** (Слой центра отверстия)) и слоя сверловки (**Drill Drawing** (Слой сверловки)).

6. В группе **Actions** (Действия) нажмите **Save As view configuration** (Сохранить как конфигурацию вида) и сохраните файл под именем *Tutorial*. Для файла необязательно указывать расширение – оно будет добавлено автоматически.

7. Нажмите **OK**, чтобы закрыть диалоговое окно **View Configurations** (Конфигурации отображения), применив изменения.

8. Проверив выпадающий список на главной панели инструментов, вы увидите, что новая конфигурация отображения стала активной.

Примечание. Помните, что настройки цвета 2D-слоев являются системными и применяются ко всем файлам печатных плат. Тем не менее вы можете создавать, редактировать и сохранять двумерные цветовые профили в диалоговом окне **2D System Colors** (Системные цвета 2D).

4.6. Задание правил проектирования

Редактор печатных плат является средой, основанной на правилах. Это означает, что при внесении изменений в проект, например размещении трасс, перемещении компонентов и выполнении автоматической трассировки, Altium Designer отслеживает каждое действие и проверяет соблюдение правил проектирования. При нарушении какого-либо правила программа незамедлительно сообщает об этом. Задавая правила перед началом работы над платой, вы сможете полностью сосредоточиться на проектировании, так как будете знать, что программа сообщит вам о каждой ошибке.

Всего существует 10 категорий правил проектирования, в каждой из которых можно выделить несколько типов правил. Правила проектирования охватывают требования к электрическим параметрам, трассировке, изготовлению, размещению и целостности сигнала.

Зададим несколько правил проектирования, которые регламентируют ширину цепей питания. Чтобы задать эти правила, выполните следующие действия.

1. Убедитесь, что печатная плата является активным документом, и из меню **Design** (Проектирование) выберите **Rules** (Правила).

2. Открывается диалоговое окно **PCB Rules and Constraints Editor** (Редактор правил и ограничений для печатной платы), рис. 4.11. Категории правил отображаются в левой части окна в папке **Design Rules** (Правила проектирования). Дважды щелкните на категории **Routing** (Трассировка), чтобы отобразить список правил трассировки. Разверните подкатегорию **Width** (Ширина), чтобы показать имеющиеся правила, задающие ширину трассы.

3. Щелкните на правиле, чтобы выбрать его. В правой части окна отображаются настройки выбранного правила, в том числе область действия правила и условия, устанавливаемые правилом. В данный момент все правила либо заданы по умолчанию, либо заданы при использовании мастера создания печатной платы.

4. Выберите правило **Width** (Ширина), рис. 4.12, чтобы показать его настройки. Это правило применяется ко всем цепям на печатной плате, поскольку область действия указана как **All** (Все).

Важная особенность системы правил Altium Designer – это возможность задавать несколько правил одного типа для различных объектов или подмножеств объектов, уже охватываемых другим правилом. Точный набор объектов для каждого правила задается областью

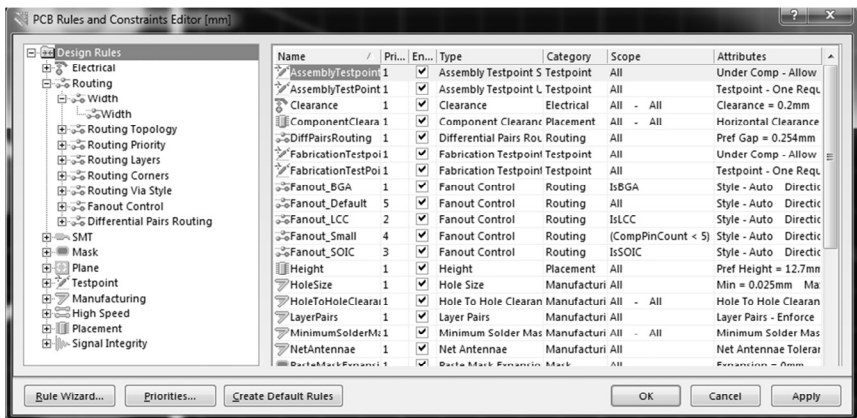


Рис. 4.11. Диалоговое окно Rules and Constraints Editor (Редактор правил и ограничений)

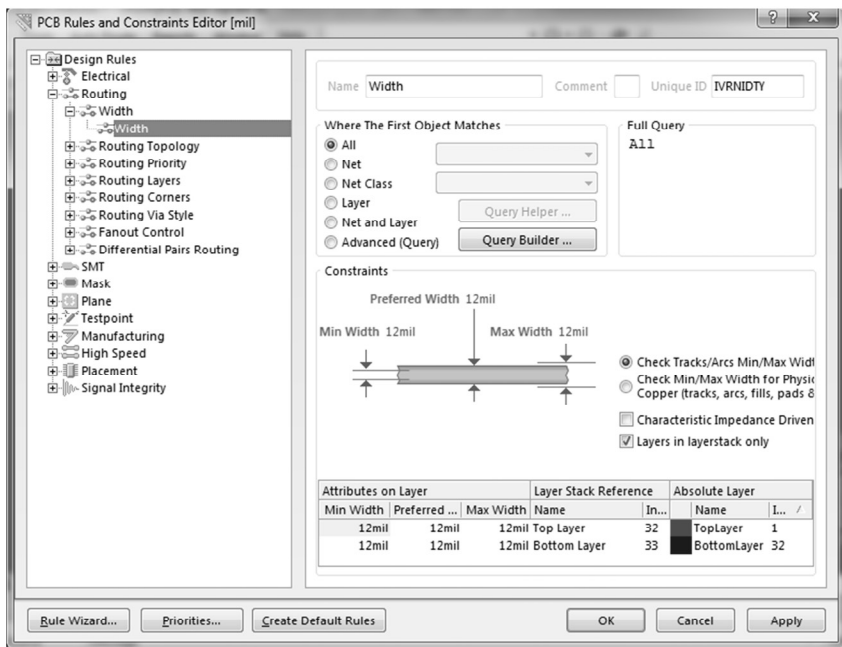


Рис. 4.12. Настройки ширины проводников в окне PCB Rules and Constraints Editor

действия. Порядок применения правил одного типа определяется приоритетом правил. Например, вы можете задать правило ширины трассы (для всех цепей), правило ширины для цепи заземления (это правило имеет более высокий приоритет и переопределяет предыдущее), правило для отдельного соединения цепи заземления (оно имеет самый высокий приоритет и переопределяет оба предыдущих правила). Чтобы отобразить приоритеты правил, необходимо выбрать тип правила в правой части диалогового окна. В данном случае, выбрав тип **Width** (Ширина), вы отобразите список всех правил ширины, а также их приоритеты.

На данном этапе задано только одно правило ширины проводников, которое применяется ко всей печатной плате (ширина = 12 mil). Мы зададим еще одно правило, устанавливающее ширину трасс для цепей **12V** и **GND** (25 mil). Чтобы добавить новое правило, выполните следующие действия.

1. Выберите тип правил **Width** (Ширина) в левой части диалогового окна **PCB Rules and Constraint Editor** (Редактор правил и ограничений печатной платы), щелкните правой кнопкой мыши и выберите **New Rule** (Новое правило) из контекстного меню. Появляется новое правило с именем **Width_1**. Выберите его в списке правил, чтобы показать его настройки.

2. В поле **Name** (Название) введите **Width_Power**.

3. Далее зададим область действия правила с помощью **Query Builder** (Мастер запросов). Чтобы получить доступ к мастеру, выберите опцию **Advanced (Query)** (Расширенный (запрос)). Всегда можно вести запрос напрямую, если известен его синтаксис. Для построения сложных запросов можно выбрать опцию **Advanced** (Расширенный), а затем нажать кнопку **Query Helper** (Помощник запроса), чтобы открыть диалоговое окно **Query Helper** (Помощник запроса).

4. Нажмите кнопку **Query Builder** (Мастер запросов), чтобы открыть диалоговое окно **Building Query from Board** (Формирование запроса из платы).

5. Щелкните в поле **Add first condition** (Добавить первое условие) и выберите **Belongs to Net** (Относится к цепи) из выпадающего списка. Щелкните в поле **Condition Value** (Значение условия) и выберите из списка **12V**. В правой части окна отображается предварительный текст запроса **InNet ('12V')**.

6. Щелкните на надписи **Add another condition** (Добавить другое условие), чтобы добавить в область действия цепь **GND**. В качестве типа условия выберите **Belongs to Net** (Относится к цепи) и **GND** в качестве значения.

7. В левой части диалогового окна щелкните на операторе **AND** (И) и выберите **OR** (ИЛИ) из выпадающего списка. Убедитесь, что запрос выглядит как **InNet('12V') OR InNet('GND')**, рис. 4.13.

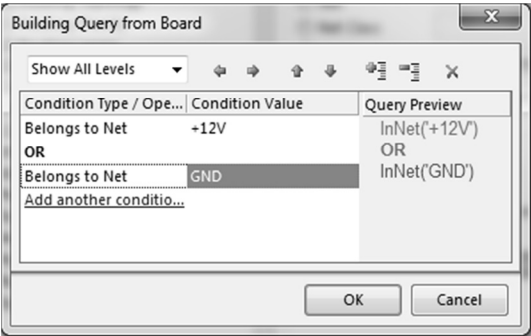


Рис. 4.13. Окно Building Query from Board

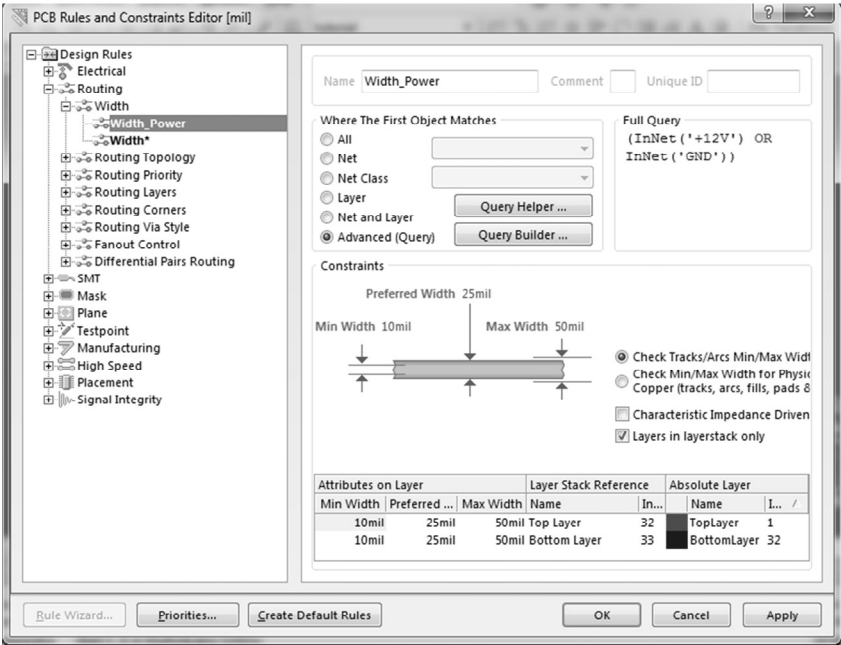


Рис. 4.14. Настройки ширины проводников в окне PCB Rules and Constraints Editor

8. Нажмите **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно **Building Query from Board** (Формирование запроса из платы), когда в группе **Full Query** (Полный запрос) отобразится новый запрос, отражающий область действия правила.

9. В нижней части диалогового окна **PCB Rules and Constraints Editor** (Редактор правил и ограничений печатной платы) задайте следующие параметры, как показано на рис. 4.14:

Min Width = 10 mil
Preferred Width = 25 mil
Max Width = 50 mil

Новое правило будет сохранено при закрытии диалогового окна или при выборе другого правила.

1. Выберите исходное правило с именем **Width** (Ширина) (область действия – **All** (Все)) и убедитесь, что для параметров **Min Width** (Минимальная ширина), **Max Width** (Максимальная ширина) и **Preferred Width** (Выбранная ширина) задано значение **12mil**.

2. Нажмите **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно.

4.7. Размещение компонентов на печатной плате

Приступим к размещению компонентов.

1. Последовательно нажмите клавиши **V** и **D**, чтобы перейти к крупному плану платы и компонентов.

2. Наведите курсор на контур разъема **X1**, нажмите и удерживайте левую кнопку мыши. Курсор примет форму перекрестия и переместится в точку привязки компонента. Продолжая удерживать левую кнопку мыши, перетащите компонент.

3. Поместите посадочное место у левого края платы (компонент не должен выходить за границы платы), как показано на рисунке ниже.

Чтобы разместить компонент в текущей позиции, отпустите кнопку мыши. Обратите внимание, что линии соединений перемещаются вместе с компонентом. Разместите остальные компоненты, руководствуясь рис. 4.15. Для поворота компонента на 90° против часовой стрелки необходимо нажать ПРОБЕЛ во время перетаскивания компонентов. Линии соединений должны выглядеть так, как показано на рис. 4.15.

Текстовые метки компонентов перемещаются таким же образом – для перетаскивания удерживайте левую кнопку мыши, для поворота

нажимайте ПРОБЕЛ. Altium Designer содержит также мощные интерактивные средства размещения. Воспользуемся ими, чтобы выровнять с заданным интервалом четыре резистора.

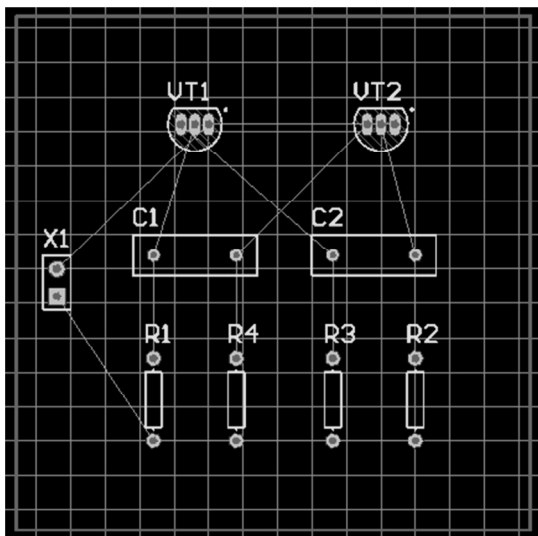


Рис. 4.15. Плата с размещенными компонентами

1. Удерживая клавишу **SHIFT**, щелкните на каждом из четырех резисторов, чтобы выбрать их. Вы также можете выбрать их рамкой. Каждый выбранный компонент помечается закрашенным прямоугольником. Цвет прямоугольника задается системным параметром цвета **Selections** (Выбранные). Вы можете изменить этот цвет в диалоговом окне **View Configurations** (Конфигурации отображения) (**Design** →» **Board Layers & Colors** (Проектирование → Слои платы и Цвета) или клавиша **L**).

2. Щелкните правой кнопкой мыши и выберите **Align** → **Align** (**Выравнивание** → **Выровнять**) из контекстного меню (последовательность клавиш: **A**, **A**). В диалоговом окне **Align Objects** (Выровнять объекты) выберите опцию **Space Equally** (Распределить равномерно) в группе **Horizontal** (По горизонтали) и опцию **Top** (По верхнему) в группе **Vertical** (По вертикали), как показано на рис. 4.16. Теперь резисторы выровнены с одинаковым интервалом.

3. Щелкните в любой точке рабочей области, чтобы снять выделение с резисторов.

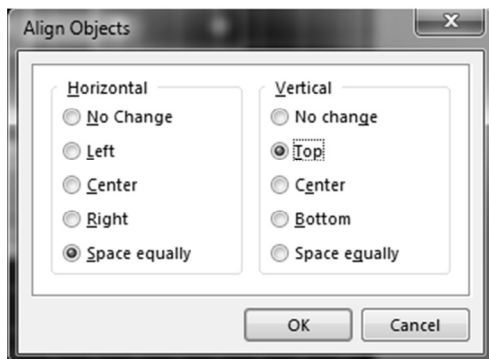


Рис. 4.16. Окно Align Objects

Изменение посадочного места

Разместив все элементы, видно, что посадочное место конденсаторов слишком большое и не соответствует допустимым требованиям. Заменим посадочное место на другое с меньшими размерами.

1. Дважды щелкните мышью на одном из конденсаторов, чтобы открыть диалоговое окно **Component** (Компонент).

2. Обратите внимание, что в группе параметров **Footprint** (Посадочное место) в качестве имени посадочного места указано **RAD-0.3**. Чтобы выбрать другое посадочное место, нажмите клавишу [...], как показано на рис. 4.17. Открывается диалоговое окно **Browse Libraries** (Выбрать в библиотеках).

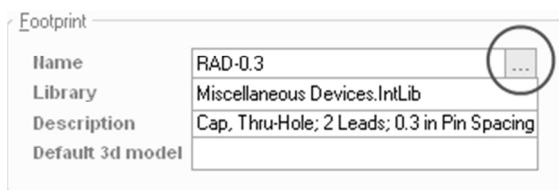


Рис. 4.17. Группа параметров посадочного места

3. В диалоговом окне **Browse Libraries** (Выбрать в библиотеках) разверните выпадающий список установленных библиотек. Убедитесь, что выбрана библиотека **Miscellaneous Devices.IntLib**.

4. Необходимо найти посадочное место радиального типа с меньшими размерами, поэтому в поле **Mask** (Маска) введите **rad**.

5. Подойдет посадочное место **RAD-0.1**, поэтому выберите его и нажмите **OK**, чтобы закрыть диалоговое окно **Browse Libraries** (Выбрать в библиотеках). Снова нажмите **OK**, чтобы закрыть окно **Component** (Компонент), тогда конденсатор должен отображаться с новым посадочным местом.

6. Прodelайте то же со вторым конденсатором.

7. При необходимости переместите текстовые обозначения.

8. Сохраните файл печатной платы.

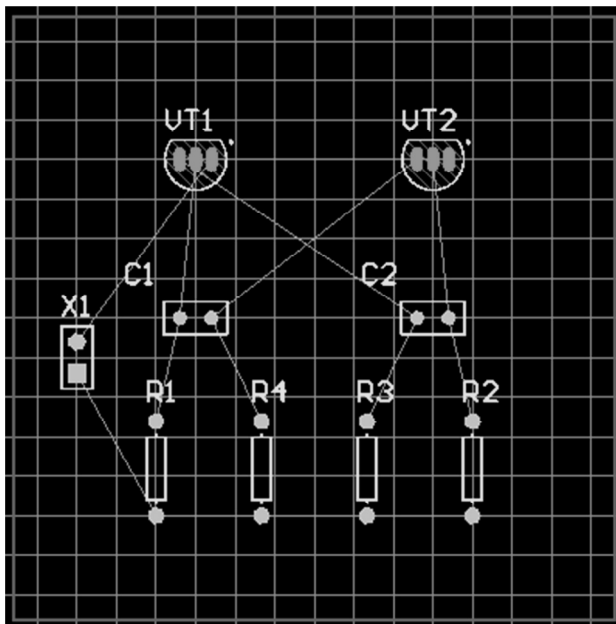


Рис. 4.18. Плата с размещенными компонентами

Печатная плата на данном этапе должна выглядеть так, как показано на рис. 4.18. Далее осуществим ее трассировку.

4.8. Интерактивная трассировка платы

Трассировка – это процесс прокладки проводников и переходных отверстий на плате с целью электрического соединения компонентов. Для облегчения этого процесса Altium Designer предлагает мощные средства интерактивной трассировки, а также топологический авто-трассировщик Situs, который позволяет выполнить оптимальную трассировку всей платы или ее части одним нажатием кнопки.

При всех достоинствах автоматической трассировки бывают ситуации, когда ее недостаточно. В некоторых случаях потребуется полностью контролировать размещение проводников. В таких ситуациях можно выполнить разводку всей платы или ее части вручную. Здесь мы выполним ручную разводку односторонней печатной платы, располагая проводники на нижнем слое. Средства интерактивной трассировки обеспечивают максимальную эффективность и гибкость благодаря таким возможностям, как управление курсором при прокладке трасс, разводка соединения одним щелчком мыши, расталкивание или огибание препятствий, автоматическое следование существующим соединениям в соответствии с правилами проектирования.

Будем размещать трассы на нижнем слое печатной платы в соответствии с линиями соединений. Трассы на печатной плате формируются из последовательности прямых сегментов. При каждой смене направления начинается новый сегмент. Кроме того, по умолчанию в Altium Designer проводники можно располагать вертикально, горизонтально или под углом в 45°, что позволяет легко получать профессиональные результаты. Вы можете изменить эти настройки в соответствии с вашими требованиями, однако в настоящей работе мы воспользуемся настройками по умолчанию.

1. В нижней части рабочего пространства отображаются вкладки видимых слоев. Если нижний слой (**Bottom Layer**) не отображается, нажмите клавишу **L**, чтобы открыть диалоговое окно **View Configurations** (Конфигурации отображения) и включите этот слой.

2. Перейдите на вкладку **Bottom Layer** (Нижний слой), чтобы сделать его активным.

3. В меню **Place** (Разместить) выберите **Interactive Routing** (Интерактивная трассировка) (последовательность клавиш: **P**, **T**) или нажмите кнопку . **Interactive Routing** (Интерактивная трассировка). Курсор примет форму перекрестья. Это означает, что вы находитесь в режиме размещения трасс.

4. Наведите курсор на нижнюю контактную площадку разъема **X1**. При этом происходит автоматическая привязка курсора к центру контактной площадки. Это одна из возможностей электрической сетки – автоматическая привязка к ближайшему электрическому объекту. Щелкните левой кнопкой мыши или нажмите **ENTER**, чтобы начать трассу в этой точке.

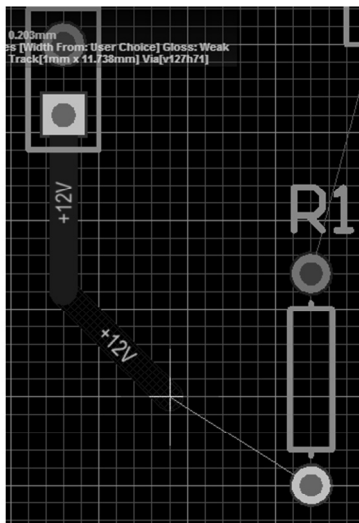


Рис. 4.19. Следование трассы за курсором

5. Переместите курсор к нижней контактной площадке резистора **R1**. Обратите внимание, что сегменты трассы отображаются в виде контуров или штриховки и следуют за курсором (рис. 4.19). Контур или штриховка означают, что сегмент еще не был размещен. Если вы будете перемещать курсор в исходное положение, неразмещенная трасса также будет укорачиваться. В данном случае можно осуществлять трассировку двумя способами:

- нажав **CTRL** + левую клавишу мыши, вы вызываете функцию автоматического завершения трассы, которая мгновенно прокладывает соединение (вы можете воспользоваться этой функцией при наведении курсора на контактную площадку или на

линию соединения). При этом трасса должна быть корректна с учетом всех препятствий. При работе с большими платами функция автоматического завершения не всегда бывает доступна, так как зачастую невозможно найти путь от исходной контактной площадки к целевой;

- щелкая левой кнопкой мыши, можно прокладывать трассу по сегментам, закончив ее на нижней контактной площадке **R1**. Этот способ позволяет полностью контролировать размещение трасс при минимальном количестве действий пользователя.

Выполните трассировку остальных компонентов платы одним из описанных способов. На рис. 4.20 представлен результат ручной трассировки.

Если вас не устраивает результат прокладки какой-либо трассы, вы можете проложить ее заново. Altium Designer содержит мощные функ-

ции удаления трасс. Если проложить новую трассу для того же соединения, то при выходе из режима редактирования (щелчок правой кнопкой мыши) старая трасса будет автоматически удалена.

Закончив трассировку, сохраните проект.

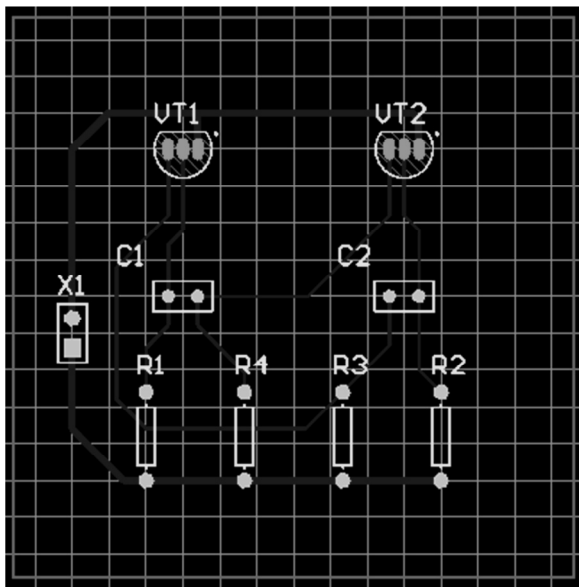


Рис. 4.20. Плата, разведенная вручную

Средство интерактивной трассировки в Altium Designer поддерживает несколько режимов разрешения конфликтов, связанных с препятствиями на плате, такими как контактные площадки и существующие трассы. Сочетание клавиш **SHIFT + R** позволяет переключать различные режимы при интерактивной трассировке. Текущий режим отображается в строке статуса.

Доступны следующие режимы:

- Walkaround – в этом режиме программа пытается обойти имеющиеся препятствия, не перемещая их;
- Stop at first obstacle – в этом режиме пользователь должен принимать решение самостоятельно, так как при возникновении препятствия на пути, трасса обрывается;
- Push – в этом режиме программа пытается переместить объекты (трассы и переходные отверстия), если это не приведет к нарушениям;

- Hug & Push – это комбинация режимов Walkaround (Огибание) и Push (Расталкивание). В этом режиме применяется обход препятствий, а также перемещение фиксированных препятствий;

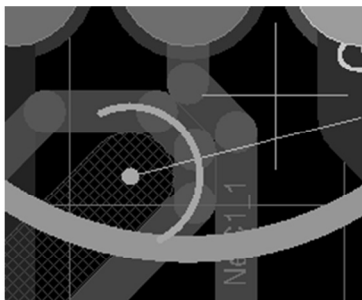


Рис. 4.21. Индикатор блокировки

- Ignore – в этом режиме трассы можно прокладывать везде, даже поверх имеющихся объектов, игнорируя нарушения.

Если во время интерактивной трассировки конфликт не удастся разрешить в режимах Push (Расталкивание) и Hug & Push (Огибание и Расталкивание), то в конце допустимой трассы появляется индикатор блокировки, как показано на рис. 4.21.

Советы по трассировке

- Для прокладки сегмента трассы до текущей позиции курсора необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши или нажать **ENTER**. Заштрихованный сегмент означает, что трасса не завершена, пустым контуром обозначается предполагаемый следующий сегмент (он не будет размещен при щелчке мышью; для отключения этой функции нажмите клавишу 1). Завершенные трассы закрашиваются цветом слоя.

- Для автоматического завершения соединения необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши, удерживая клавишу **CTRL**. Эта функция не сработает при наличии неразрешимых конфликтов.

- Нажимая клавиши **SHIFT + R**, можно переключать режимы разрешения конфликтов: **Push** (Расталкивание), **Walkaround** (Огибание), **Hug and Push** (Огибание и Расталкивание) и **Ignore** (Игнорирование).

- Нажимая **SHIFT + ПРОБЕЛ**, можно переключать различные режимы изгиба трасс. Доступны следующие режимы: под любым углом, 45°, 45° с дугой, 90° и 90° с дугой.

- Нажатием клавиши **ПРОБЕЛ** изменяется направление изгиба при всех режимах, кроме режима «под любым углом».

- Перерисовка экрана осуществляется нажатием клавиши **END** в любое время.

- Чтобы показать все объекты в пределах рабочей области, необходимо последовательно нажать клавиши **V** и **F**.

- Клавишами **PAGE UP** и **PAGE DOWN** осуществляется зумирование относительно позиции курсора. Панорамирование выполняется с помощью колеса мыши. Удерживая клавишу **CTRL**, можно осуществлять зумирование колесом мыши.

- Нажав клавишу **BACKSPACE**, можно отменить последний размещенный сегмент.

- Чтобы завершить текущую трассу, необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши или нажать клавишу **ESC**.

- Altium Designer постоянно отслеживает соединения между элементами схемы и предотвращает случайные соединения на связанных между собой контактных площадках.

- Чтобы удалить сегмент трассы, необходимо сначала выбрать его щелчком мыши. Появляются «ручки» редактирования сегмента (остальные сегменты трассы будут выделены). Чтобы удалить выбранный сегмент, нажмите **DELETE**.

- При повторной прокладке трассы все лишние сегменты автоматически удаляются.

- Кроме того, удерживая **CTRL**, можно перетаскивать сегменты трассы с помощью левой кнопки мыши. Используя при этом горячие клавиши **SHIFT+R**, можно переключать режимы разрешения конфликтов.

- Закончив размещение всех трасс на печатной плате, щелкните правой кнопкой мыши или нажмите клавишу **ESC**, чтобы выйти из режима трассировки.

Создавая плату с помощью мастера, мы сделали ее двухсторонней, поэтому можно выполнять ручную трассировку на верхнем и нижнем слое. Перед этим следует отменить текущую трассировку, выбрав из меню **Tools** → **Un-Route** → **All** (**Инструменты** → **Отменить трассировку** → **Все**). Трассировка выполняется таким же образом, а переключение между слоями осуществляется клавишей «+» и «-» на цифровой клавиатуре. Altium Designer автоматически добавляет переходные отверстия (в соответствии с правилом **Routing Via** (Трассировка Переходное отверстие)) при смене слоев.

4.9. Автоматическая трассировка платы

Чтобы увидеть, как легко выполнить автоматическую трассировку в Altium Designer, выполните следующие действия:

1. Отмените имеющуюся трассировку, выбрав из меню **Tools** → **Un-Route** → **All** (Инструменты → Отменить трассировку → Все) (последовательность клавиш: U, A).

2. В меню **Auto Route** (Автоматическая трассировка) выберите **All (Все)**. Открывается диалоговое окно **Situs Routing Strategies** (Situs: Стратегии трассировки), в верхней части которого отображаются настройки отчета о трассировке. Предупреждения и ошибки отображаются красным цветом, на них всегда следует обращать внимание.

3. Нажмите кнопку **Route All** (Трассировать все). На панели **Messages** (Сообщения) отображаются сообщения о процессе трассировки. Situs – это топологический автотрассировщик, его результаты сопоставимы с результатами работы опытного проектировщика печатных плат. Поскольку трассировка выполняется непосредственно в окне редактирования печатной платы, это избавляет от необходимости экспорта и импорта файлов трассировки.

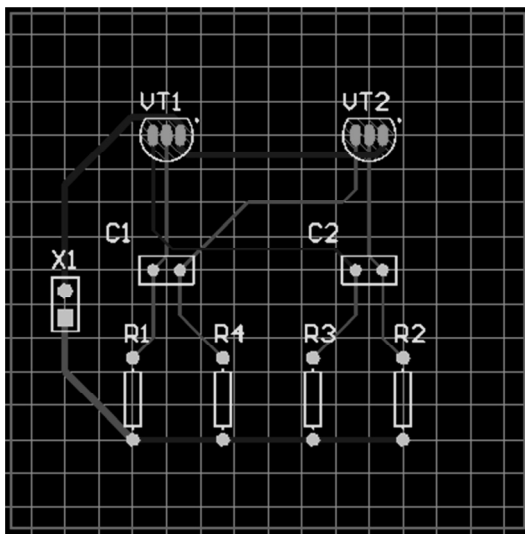


Рис. 4.22. Плата, разведенная автотрассировщиком

4. Чтобы выполнить трассировку только на одном слое, необходимо в диалоговом окне **Situs Routing Strategies** (Situs: Стратегии трассировки) нажать кнопку **Edit Layer Directions** (Редактировать направление на слое) и изменить поле **Current Setting** (Текущая настройка). Альтернативный метод: можно изменить правило проектирования **Routing Layers** (Слои трассировки).

5. Интересная особенность Situs заключается в том, что этот инструмент лучше работает со сложными платами с плотным расположением элементов. Чтобы улучшить качество трассировки, нужно снова выбрать **Auto Route** → **All** (Автоматическая трассировка → Все), но в этот раз выбрать стратегию трассировки **Cleanup** (Очистка). При необходимости можно выполнить стратегию **Cleanup** (Очистка) несколько раз.

6. Из меню **File** (Файл) выберите **Save** (Сохранить) (последовательность клавиш: **F, S**), чтобы сохранить плату.

Примечание. Трассы, размещенные автотрассировщиком, отображаются в двух цветах: красный цвет означает, что проводник располагается на верхнем сигнальном слое, синим цветом отмечены проводники на нижнем слое. Слои, доступные для автоматической трассировки, определяются правилом **RoutingLayers** (Слои трассировки), которое было создано с помощью мастера создания печатной платы **PCB Board Wizard**. Также обратите внимание на то, что две цепи питания, идущие от разъема, шире остальных в соответствии с двумя правилами ширины, которые мы создали. Не беспокойтесь, если ваши результаты отличаются от приведенных на рис. 4.22. Поскольку размещение компонентов может отличаться, то и результат трассировки может быть другим.

4.10. Проверка печатной платы

Altium Designer – среда проектирования печатных плат, управляемая правилами. Для обеспечения целостности конструкции вы можете задавать различные типы правил проектирования. Обычно правила задаются в самом начале процесса проектирования, и проверка их выполнения осуществляется как во время работы над проектом, так и на завершающем этапе.

Ранее мы изучили правила, касающиеся трассировки, и добавили новое правило для ширины проводника. Мы также обратили внимание на то, что целый ряд правил был создан автоматически при использо-

вании **PCB Board Wizard** (Мастер создания печатной платы), и созданная нами конструкция нарушает некоторые из этих правил.

Чтобы проверить готовую плату на соответствие заданным правилам, запустим механизм **Design Rule Check (DRC)** (Проверка правил проектирования).

1. В меню **Design** (Проектирование) выберите **Board Layers & Colors** (Слои платы и цвета) (Горячая клавиша: **L**). Убедитесь, что в таблице **System Colors** (Системные цвета) в строке **DRC ErrorMarkers** (Маркеры ошибок DRC) включена опция **Show** (Показать).

2. Из меню **Tools** (Инструменты) выберите **Design Rule Check** (Проверка правил проектирования) (последовательность клавиш: **T, D**). В диалоговом окне **Design Rule Checker** (Проверка правил проектирования), рис. 4.23, настраиваются опции как постоянной (online), так и ручной (batch) проверки. Щелкните на категории, например, **Electrical** (Электрические), чтобы просмотреть относящиеся к ней правила. Для каждого правила доступны опции **Online** (Постоянная) и **Batch** (Ручная). Мы оставим их заданными по умолчанию.

3. В левой части диалогового окна выберите пункт **Report Options** (Настройки отчета). Просмотрите, но не изменяйте опции, и нажмите кнопку **Run Design Rule Check** (Запустить проверку правил проектирования). Запускается проверка, на основании которой формируется файл *Design Rule Check – Multivibrator.html*. Результаты также отображаются на панели **Messages** (Сообщения). Прокрутите отчет и обратите внимание на два типа выявленных нарушений: **Silkscreen over Component Pads** (Шелкография поверх контактных площадок) и **Clearance Constraint** (Зазор).

4. Щелкните на ссылке **Silkscreen over Component Pads** (Шелкография поверх контактных площадок), чтобы перейти к соответствующему разделу отчета, в котором описаны все случаи нарушения.

5. Щелкнув на каком-либо нарушении, вы перейдете к месту на печатной плате, в котором выявлено нарушение. Степень зумирования настраивается на странице **System – Navigation** (Система – Навигация) диалогового окна **Preferences** (Настройки), поэкспериментируйте, чтобы найти подходящее для себя значение.

6. Приводится подробное описание нарушения. К примеру, каждое нарушение типа **Silkscreen over Component Pads** (Шелкография поверх контактных площадок) будет отображаться, как показано на рис. 4.24. В данном случае программа показывает, что расстояние между рисунком шелкографии и контактной площадкой меньше 10 mil, разрешенных

правил. Цвет маркеров ошибок настраивается в диалоговом окне **View Configurations** (Конфигурации отображения).

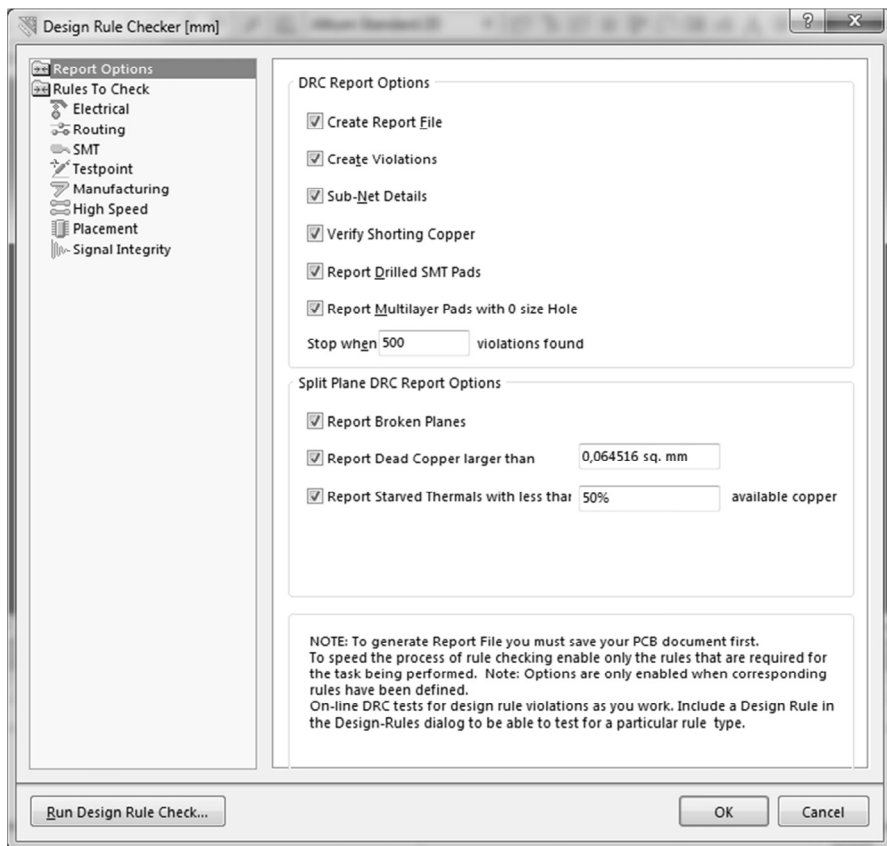


Рис. 4.23. Диалоговое окно Design Rule Checker
(Проверка правил проектирования)

7. Чтобы узнать текущее расстояние между рисунком и контактной площадкой, выберите из меню **Reports** → **Measure Primitives** (**Отчеты** → **Измерение примитивов**), щелкните сначала на контактной площадке, а затем на линии шелкографии, которая вызывает нарушение. Текущий шаг сетки может быть слишком крупным для выбора малых объектов. В таком случае нажмите **CTRL+G** и задайте меньшее значение шага сетки, например, **5 mil**.

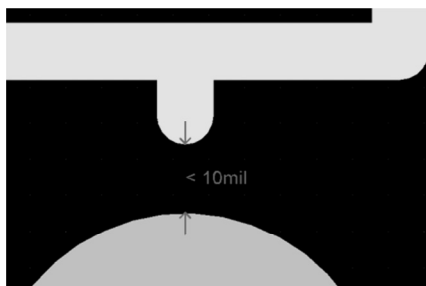


Рис. 4.24. Нарушение правила Silkscreen Over Component Pads (Шелкография поверх контактных площадок)

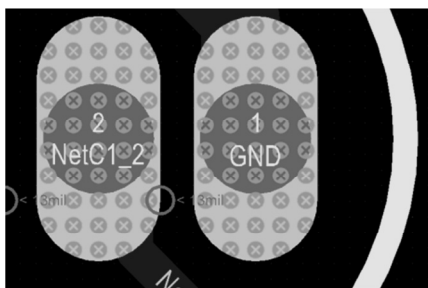


Рис. 4.25. Нарушение правила Clearance Constraint (Ограничение зазора)

8. Когда оба объекта выбраны, появляется информационное диалоговое окно, в котором приводится расстояние между объектами. В нашем случае оно будет равняться примерно 9,504 mil.

9. Для устранения этой ошибки мы можем либо отредактировать посадочное место, увеличив зазор, либо изменить правило, разрешая меньшее значение. В данном случае мы отредактируем правило. В меню **Design** (Проектирование) выберите **Rules** (Правила), чтобы открыть диалоговое окно **PCB Rules and Constraints Editor** (Редактор правил и ограничений печатной платы).

10. В категории **Manufacturing** (Технологические требования) разверните тип правил **Silkscreen Over Component Pads** (Шелкография поверх контактных площадок) и выберите имеющееся правило.

11. Измените значение параметра **Silkscreen Over Exposed Component Pads Clearance** (Зазор между шелкографией и контактными площадками компонента) с 10 mil на 9 mil.

12. Постоянная проверка выполняется автоматически и удаляет отметки о нарушениях, которые были устранены. Запустите также ручную проверку: в меню **Tools** (Инструменты) выберите **Design Rule Check** (Проверка правил проектирования) и нажмите кнопку **Run Design Rule Check** (Запустить проверку правил проектирования).

13. На данном этапе отображаются только четыре нарушения типа **Clearance Constraint** (Ограничение зазора). Щелкните на гиперссылке, чтобы перейти к списку нарушений, затем щелкните на одном из нарушений, чтобы показать его на печатной плате.

14. Измерьте расстояние между контактными площадками тем же способом, что использовался ранее. В информационном диалоговом окне должно отображаться значение, равное примерно 10,63 mil.

Обратите внимание, что контактные площадки транзисторов отмечены зеленым цветом, что сигнализирует о нарушении правил.

1. Просмотрите список ошибок на панели **Messages** (Сообщения). В списке перечислены все выявленные нарушения на печатной плате. Обратите внимание на четыре случая нарушения правила **Clearance Constraint** (Ограничение зазора). Подробно описано, что нарушение связано с зазором между контактными площадками транзисторов **VT1** и **VT2**.

2. Дважды щелкните на ошибке в списке, чтобы перейти к ней на печатной плате. Обычно правила ограничения зазора задаются перед компоновкой платы с учетом технологии трассировки и физических свойств устройств. Давайте проанализируем ошибку, изучим текущее правило зазора и разрешим эту ситуацию.

3. Откройте диалоговое окно **PCB Rules and Constraints Editor** (Редактор правил и ограничений печатной платы) (**Design** → **Rules** (**Проектирование** → **Правила**)). Разверните категорию **Electrical** (Электрические) и подкатегорию **Clearance** (Зазор). Здесь имеется одно правило, выберите его, чтобы показать настройки.

4. Это правило требует, чтобы зазор между всеми объектами (**All**) был не меньше **13 mil**. Поскольку контактные площадки транзистора расположены на меньшем расстоянии друг от друга, программа сообщает о нарушении.

5. Мы знаем, что текущее значение зазора между контактными площадками транзисторов чуть больше 10 mil, поэтому создадим правило, разрешающее минимальный зазор в 10 mil только для транзисторов.

6. В левой части диалогового окна выберите тип правил **Clearance** (Зазор), щелкните на нем правой кнопкой мыши и выберите **New Rule** (Новый правило) из контекстного меню.

7. Выберите новое правило **Clearance_1**. Измените имя на **Clearance_Transistors?** и в качестве значения параметра **Minimum Clearance** (Минимальный зазор) задайте **10mil**.

8. Далее необходимо задать область действия правила. Существует множество способов задания области действия, наиболее подходящий

из них – это включение в область действия всех компонентов, имеющих посадочное место транзистора. В верхней части диалогового окна выберите опцию **Advanced (Query)** (Расширенный (запрос)) и нажмите кнопку **Query Builder** (Мастер запросов), чтобы открыть диалоговое окно **Building Query from Board** (Формирование запроса из платы).

9. Разверните выпадающий список в столбце **Condition/Type Operator** (Тип условия/Оператор) и выберите **Associated with Footprint** (Связанный с посадочным местом).

10. В качестве значения условия (**Condition Value**) введите **TO-92A** (тип посадочного места, используемый транзисторами) и нажмите **OK**. Новое правило проектирования должно выглядеть так, как показано на рис. 4.26.

Name

Comment

Unique ID

Where The First Object Matches

Custom Query

Query Helper ...

Query Builder ...

Where The Second Object Matches

All

Constraints

Different Nets Only

Minimum Clearance 10mil



☐ Ignore Pad to Pad clearances within a footprint

Рис. 4.26. Правило проектирования, задающее минимальный зазор для всех компонентов, имеющих указанное посадочное место

11. Нажмите **ОК**, чтобы закрыть окно **PCB Rules and Constraint Editor** (Редактор правил и ограничений печатной платы). Постоянная проверка выполняется автоматически, скрывая отметки о нарушениях, которые были устранены.



[customize](#)

Design Rule Verification Report

Date : 7/10/2009
Time : 11:41:04 AM
Elapsed Time : 00:00:00
Filename : C:\Documents and Settings\ehill\My Documents\My Designs\Multivibrator\Multivibrator.PcbDoc

Warnings : 0
Rule Violations : 0

Summary

Warnings	Count
Total	0

Rule Violations	Count
Clearance.Constraint (Gap=10mil) ((HasFootprint("BCV-W3/E4"))),(All)	0
Short-Circuit.Constraint (Allowed=No) (All),(All)	0
Un-Routed Net.Constraint ((All))	0
Height.Constraint (Min=0mil) (Max=1000mil) (Preferred=500mil) (All)	0
Hole Size.Constraint (Min=1mil) (Max=100mil) (All)	0
Hole To Hole Clearance (Gap=10mil) (All),(All)	0
Minimum Solder Mask Sliver (Gap=10mil) (All),(All)	0
Silkscreen Over Component Pads (Clearance=9mil) (All),(All)	0
Silk to Silk (Clearance=10mil) (All),(All)	0
Net Antennae (Tolerance=0mil) (All)	0
Width.Constraint (Min=12mil) (Max=12mil) (Preferred=12mil) (All)	0
Clearance.Constraint (Gap=13mil) (All),(All)	0
Power Plane.Connect.Rule(Relief.Connect)(Expansion=20mil) (Conductor Width=10mil) (Air Gap=10mil) (Entries=4) (All)	0
Width.Constraint (Min=10mil) (Max=50mil) (Preferred=25mil) ((InNet("12V") OR InNet("GND")))	0
Total	0

Рис. 4.27. Отчет о проверке правил проектирования, демонстрирующий отсутствие нарушений

12. Чтобы убедиться в том, что все ошибки были устранены, запустите проверку еще раз (**Tools → Design Rule Check (Инструменты → Проверка правил проектирования)**). Прокрутите отчет, изображенный на рис. 4.27, и удостоверьтесь в отсутствии ошибок.

4.11. Просмотр платы в 3D

Когда конструкция платы завершена, рассмотрим ее в качестве трехмерного объекта. Altium Designer позволяет просматривать полноценную 3D-модель платы с любой точки. Для работы в 3D-режиме Altium Designer требуется графический адаптер с поддержкой DirectX 9.0c и Shader Model 3. Чтобы протестировать систему в 3D-режиме, откройте страницу **PCB Editor – Display** (Редактор печатных плат – Настройки графики) окна **Preferences** (Настройки) (**DXP → Preferences (DXP → Настройки)**). Убедитесь, что опция **Use DirectX if possible** (По возможности использовать DirectX) включена, и нажмите кнопку **Test DirectX** (Протестировать DirectX).

Чтобы перейти в 3D-режим, выберите из меню **View → Switch To 3D (Вид → Переключиться в 3D)** (клавиша **3**) или выберите конфигурацию трехмерного просмотра из выпадающего списка на панели инструментов **PCB Standard**. Теперь плата отображается как трехмерный объект.

Вы можете выполнять зумирование, панорамирование и поворот вида, используя следующие элементы управления:

Зумирование – перемещение мыши с удерживанием **CTRL** и правой кнопки мыши, прокрутка колеса мыши с удерживанием **CTRL** или нажатие клавиш **PAGE UP / PAGE DOWN**.

Панорамирование – перемещение мыши с удерживанием правой кнопки или прокрутка колеса мыши.

Поворот – перемещение мыши с удерживанием **SHIFT** и правой кнопки мыши. При нажатии клавиши **SHIFT** в позиции курсора появляется сфера с направлениями, как показано на рис. 4.28. Поворот модели осуществляется относительно центра сферы. Для этого необходимо перемещать мышь с нажатой правой кнопкой, наведя курсор на один из следующих указателей на сфере:

Центральная точка – поворот в любом направлении.

Горизонтальная стрелка – поворот по оси Y.

Вертикальная стрелка – поворот по оси X.

Сегмент окружности – поворот в плоскости Z.

Параметры отображения 3D-модели можно набрать с помощью диалогового окна **View Configurations** (Конфигурации отображения) (клавиша **L**). Можно выбирать цвет поверхности и рабочего пространства, а также задавать вертикальный масштаб для изучения внутренней структуры печатной платы. Для некоторых поверхностей можно зада-

вать свойство прозрачности, причем, чем выше значение параметра, тем меньше «света» пропускает поверхность, таким образом, скрывая объекты за ней. Можете также выбрать для отображения 3D-корпусов или 3D-объектов цвета их слоев.

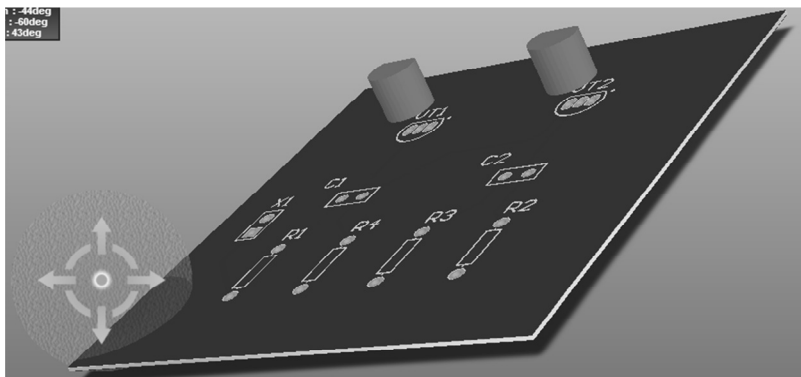


Рис. 4.28. Сфера для поворота 3D-модели

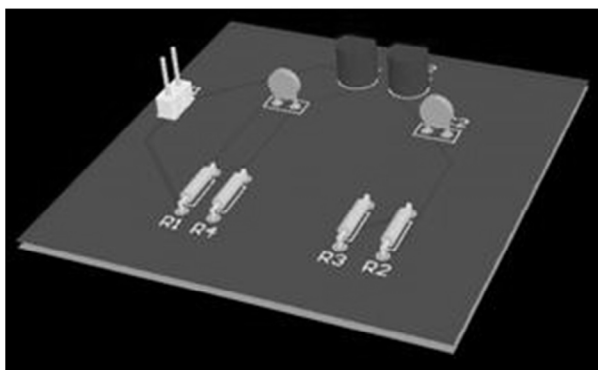


Рис. 4.29. 3D-модель печатной платы

Для отображения компонентов в 3D необходимо, чтобы каждый компонент имел 3D-модель корпуса. Можно импортировать 3D-модели в формате STEP или создать собственные модели, создавая 3D-объекты для каждого посадочного места в редакторе библиотек.

Кроме того, можете экспортировать документы печатной платы в формате STEP или DWG/DXF для использования в других программах (File → Save Copy As (Файл → Сохранить копию как...)).

Примечание. Находясь в 3D-режиме, вы можете создать снимок текущего вида, показанный на рис. 4.29, и скопировать его в буфер обмена, используя CTRL + C. Изображение помещается в буфер обмена Windows в растровом формате, готовое к использованию в других приложениях.

4.12. Выходная документация

По завершении конструирования и компоновки печатной платы необходимо сформировать выходную документацию для утверждения, производства и сборки. Поскольку при производстве печатных плат могут использоваться различные технологии и методы, Altium Designer поддерживает несколько форматов выходных данных:

Assembly Outputs

- **Assembly Drawings** (сборочные чертежи) – расположение и ориентация компонентов на каждой стороне платы.
- **Pick and Place Files** (файлы для оборудования автоматического монтажа) – используются машинами автоматического монтажа для установки компонентов на плату.

Documentation Outputs

- **Composite Drawing** – полный чертеж платы с компонентами и проводниками.
- **PCB 3D Prints** – изображения платы в трехмерном пространстве.
- **Schematic Prints** – изображения принципиальных схем, используемых в проекте.

Fabrication Outputs

- **Composite Drill Drawing** – расположение и размеры отверстий (с обозначениями) на плате в одном чертеже.
- **Drill Drawing/Guides** – расположение и размеры отверстий (с обозначениями) на плате на отдельных чертежах.
- **Final Artwork Prints** – комбинация различных выходных данных в едином файле, который можно вывести на печать.
- **Gerber Files** – данные для производства в формате Gerber.
- **NC Drill Files** (файлы сверловки) – данные для сверлильных станков с числовым программным управлением.
- **ODB++** – данные для производства в формате баз данных ODB++.
- **Power-Plane Prints** – чертежи экранных слоев.

- **Solder/Paste Mask Prints** – чертежи слоев паяльных паст и защитных масок.

- **Test Point Report** – выходные данные по контрольным точкам в различных форматах.

Netlist Outputs

Списки цепей описывают логические соединения между компонентами проекта и используются для переноса данных в другие приложения.

Report Outputs

- **Bill of Materials** (Список материалов) – перечень деталей, необходимых для производства платы, с указанием их количества.

- **Component Cross Reference Report** – список элементов принципиальной схемы.

- **Report Project Hierarchy** – список исходных документов, используемых в проекте.

- **Report Single Pin Nets** – список цепей, имеющих только одно соединение.

- **Simple BOM** (Упрощенная форма списка использованных материалов) – BOM-файл в текстовом формате или формате CSV (значения, разделяемые запятой).

Большую часть выходной документации можно конфигурировать, что позволяет адаптировать результаты проектирования в зависимости от конкретных требований. После завершения нескольких проектов вы можете заметить, что выходные документы проектов очень похожи. Для поддержания такой возможности в Altium Designer имеется механизм **Output Job files** (Вывод рабочей документации), который можно настраивать для любых проектов печатных плат и повторно использовать в других проектах.

Формирование Gerber-файлов

Каждый Gerber-файл соответствует одному слою на физической плате, это может быть слой шелкографии, верхний сигнальный слой, нижний сигнальный слой, слои масок и т.д. Желательно проконсультироваться с вашим производителем плат и согласовать требования перед передачей выходной документации, необходимой для изготовления вашей конструкции.

Формирование файлов для производства учебной печатной платы осуществляется следующим образом.

1. В меню **File** (Файл) выберите **Fabrication Outputs → Gerber Files** (Выходные файлы для производства → Файлы Gerber). Открывается диалоговое окно **Gerber Setup** (Настройки Gerber).

2. Перейдите на вкладку **Layers** (Слой), нажмите кнопку **Plot Layers** (Слой для печати) и выберите **Used On** (Только используемые). Нажмите **ОК**, чтобы принять другие настройки по умолчанию.

3. Сформированные Gerber-файлы открываются в редакторе **CAM Editor** (Редактор CAM). Файлы помещаются в папку \Project Outputs, которая автоматически создается в той папке, где находятся файлы проекта. Каждый файл имеет расширение, которое соответствует имени слоя, например, файл *Multivibrator.GTO* содержит слой **Gerber Top Overlay** (Gerber верхнего слоя шелкографии). Файлы добавляются на панель Projects (Проекты) в папку **Generated CAM Documents** (Сгенерированные документы CAM).

Подобным образом вы можете воспользоваться командой **File → Fabrication Outputs → NC Drill Files** (Файл → Выходные файлы для производства → Файлы сверловки NC) для формирования файлов сверловки. В диалоговом окне **NC Drill Setup** (Настройка сверловки NC) примите настройки по умолчанию.

Формирование BOM-файла

Создание списка материалов (BOM-файла) для учебной печатной платы.

1. В меню **Reports** (Отчеты) выберите **Bill of Materials** (Список материалов). Появляется диалоговое окно **Bill of Materials for PCB Document** (Список материалов документа печатной платы), рис. 4.30.

2. Воспользуйтесь этим диалоговым окном для формирования BOM-файла. Включите опцию **Show** (Показать) для каждого столбца, который необходимо добавить в список.

3. Чтобы сгруппировать компоненты в BOM-файле по какому-либо типу данных, необходимо перетащить название соответствующего столбца из списка **All Columns** (Все столбцы) в список **Grouped Columns** (Сгруппированные столбцы). Например, чтобы сгруппировать компоненты по посадочному месту, перетащите элемент **Footprint** (Посадочное место) из списка **All Columns** (Все столбцы) в список **Grouped Columns** (Сгруппированные столбцы). В списке данные будут отсортированы соответствующим образом.

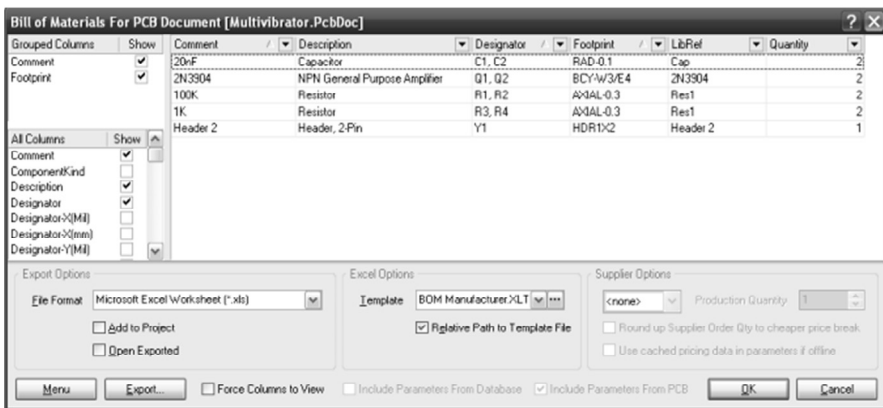


Рис. 4.30. Окно Bill of Materials for PCB Document

4. Включите опцию **Open Exported** (Открыть экспортированный), в качестве формата файла (File Format) выберите **CSV** и нажмите кнопку **Export** (Экспортировать). Сформированный BOM-файл откроется в программе, поддерживающей формат CSV (например, Microsoft Excel). Существует много вариантов для BOM-файла и другие отчеты, что обеспечивает высокий уровень гибкости определения и организации ваших отчетов. Закройте диалоговые окна.

4.13. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Ознакомьтесь с содержанием настоящего раздела.
2. Создайте печатную плату с помощью мастера **PCB Board Wizard**.
3. Выполните перенос проектных данных из листа электрической схемы.
4. Выполните настройку среды проектирования печатных плат.
5. Разместите компоненты на печатной плате.
6. Выполните трассировку соединений, используя сначала инструмент интерактивной трассировки, а затем автотрассировщик.
7. Выполните проверку печатной платы.
8. Сформируйте перечень элементов печатной платы.
9. Подготовьте отчет о проделанной работе.

4.14. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткое изложение работы с иллюстрациями основных этапов.
3. Чертеж платы.
4. Перечень элементов печатной платы.
5. Выводы о проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Что означают параметры Thruhole Vias и Through-hole components при создании печатной платы в мастере PCB Board Wizard?
2. Какие шаги выполняются при переносе проектных данных из листа принципиальной схемы?
3. Каким образом задается шаг сетки в редакторе печатной платы?
4. Какие компоненты, примитивы компонентов размещаются на электрических слоях?
5. Какие компоненты, примитивы компонентов размещаются на механических слоях?
6. Какие компоненты, примитивы компонентов размещаются на специальных слоях?
7. Что такое конфигурация отображения?
8. Каким образом задаются правила проектирования печатной платы?
9. Что такое трассировка?
10. Какие режимы разрешения конфликтов используются при интерактивной трассировке?
11. Каким образом осуществляется проверка печатной платы?
12. Что включает в себя отчет о проверке правил проектирования?
13. Что содержит Gerber-файл и для чего он нужен?
14. Что включает в себя отчет Bill of Materials?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Российская документация Altium Designer [[http:// wiki.altium. com/ display/RUPROD/Home](http://wiki.altium.com/display/RUPROD/Home)]
2. *Сабунин А.Е.* Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств. – М.: Солон-пресс, 2009. – Серия «Системы проектирования».
3. *Суходольский В.Ю.* Altium Designer: сквозное проектирование функциональных узлов РЭС на печатных платах. – 2-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
1. СРЕДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ALTIUM DESIGNER	4
1.1. Интерфейс.....	4
1.2. Панели рабочей области.....	5
1.3. «Горячие» клавиши.....	9
1.4. Управление проектом	10
Контрольные вопросы	15
2. СОЗДАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ БИБЛИОТЕКИ.....	16
2.1. Интегрированные библиотеки (*.IntLib)	16
2.2. Создание схемных компонентов (УГО).....	17
2.3. Создание посадочного места компонента	26
2.4. Добавление ПМ к схемному компоненту	34
2.5. Отчет о библиотеке – Library Report	37
2.6. Порядок выполнения лабораторной работы.....	37
2.7. Содержание отчета	38
Контрольные вопросы	38
3. СОЗДАНИЕ ПРОЕКТА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ. РАБОТА В РЕДАКТОРЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ	39
3.1. Создание нового проекта печатной платы.....	39
3.2. Задание параметров документа принципиальной схемы	41
3.3. Построение принципиальной схемы	42
3.4. Настройка параметров проекта.....	52
3.5. Компиляция проекта и проверка на наличие ошибок	57

3.6. Порядок выполнения лабораторной работы.....	58
3.7. Содержание отчета	59
Контрольные вопросы	59
4. РАБОТА В РЕДАКТОРЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ	60
4.1. Создание печатной платы	60
4.2. Перенос проектных данных	63
4.3. Начало проектирования печатной платы.....	65
4.4. Настройка среды проектирования печатных плат	66
4.5. Задание стека слоев и использование прочих неэлектрических слоев ..	69
4.6. Задание правил проектирования.....	73
4.7. Размещение компонентов на печатной плате.....	77
4.8. Интерактивная трассировка платы.....	81
4.9. Автоматическая трассировка платы.....	86
4.10. Проверка печатной платы	87
4.11. Просмотр платы в 3D.....	94
4.13. Выходная документация	96
4.14. Порядок выполнения лабораторной работы.....	99
Содержание отчета	100
Контрольные вопросы	100
Библиографический список	101

**Девятков Геннадий Никифорович
Вольхин Дмитрий Игоревич**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ
В ALTIUM DESIGNER**

Учебно-методическое пособие

Редактор *Л.Н. Ветчакова*
Выпускающий редактор *И.П. Брованова*
Дизайн обложки *А.В. Ладыжская*
Компьютерная верстка *Л.А. Веселовская*

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
Издание соответствует коду 95 3000 ОК 005-93 (ОКП)

Подписано в печать 11.05.2018. Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная. Тираж 100 экз.
Уч.-изд. л. 6,04. Печ. л. 6,5. Изд. № 392/17. Заказ № 750. Цена договорная

Отпечатано в типографии
Новосибирского государственного технического университета
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20