

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по выполнению лабораторных работ

по дисциплине

«СОВРЕМЕННЫЕ САПР ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЯ РЭА»

для студентов направления подготовки

11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Направленность (профиль)

«Интеллектуальные программируемые системы и устройства»

Ставрополь
2026

Печатается по решению
Учебно-методического совета
Северо-Кавказского федерального
университета

УДК
ББК

Дюдюн Д.Е. Современные САПР для проектирования и конструирования РЭА: Методические указания к выполнению лабораторных работ. —Ставрополь: Изд-во СКФУ, 202_. – ____ с.

Настоящие методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Современные САПР для проектирования и конструирования РЭА» предназначены для студентов направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, профиль подготовки Интеллектуальные программируемые системы и устройства. В методических указаниях приведены разделы теоретического материала, необходимые для изучения дисциплины, а также задания для самостоятельного выполнения и контрольные вопросы для формирования и контроля владения компетенциями. Приведён список основной литературы. В приложении представлен список дополнительной литературы, позволяющий студентам более глубоко познакомиться с изучаемым предметом.

Методические указания к выполнению лабораторных работ составлены в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, рабочими учебными планами и программами дисциплины «Современные САПР для проектирования и конструирования РЭА».

УДК
ББК

© ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский
федеральный университет»,
202_

Оглавление

Введение	4
Лабораторная работа №1. Введение в Altium Designer	5
Лабораторная работа №2. Создание символьных изображений РЭК в САПР Altium Designer	15
Лабораторная работа №3. Разработка в САПР Altium Designer конструкторско-технологических образов РЭК	33
Лабораторная работа №4. Работа с библиотеками Altium Designer	48
Лабораторная работа №5. Формирование электрических принципиальных схем в САПР Altium Designer	58
Лабораторная работа №6. Разработка конструкции ПП в Altium Designer: размещение элементов	74
Лабораторная работа №7. Трассировка проводников печатных плат в автоматическом режиме в Altium Designer	88
Лабораторная работа №8. Работа со стандартными библиотеками в САПР Altium Designer	116
Лабораторная работа №9. Получение графической КД по результатам разработки РЭА в САПР Altium Designer	124
Лабораторная работа №10. Разработка 3D модели основания печатной платы в SolidWorks	132
Лабораторная работа №11. Разработка 3D моделей пассивных РЭК в Solid Works	142
Лабораторная работа №12. Разработка трёхмерной модели DIP корпуса микросхемы в САПР SolidWorks	161
Лабораторная работа №13. Разработка трёхмерной модели печатной платы в Solid Works	179
Список основной литературы	188
Список дополнительной литературы	189
Дополнительные лабораторные работы.	190
Дополнительная лабораторная работа №1. Условно-графическое изображение радиоэлектронного компонента в РСAD	190
Дополнительная лабораторная работа №2. Конструкторско-технологический образ радиоэлектронного компонента в РСAD	199
Дополнительная лабораторная работа №3. Библиотека РЭК вСАПР РСAD	206
Дополнительная лабораторная работа №4. Разработка схемы электрической принципиальной в САПР РСAD	213
Дополнительная лабораторная работа №5. Конструирование печатных плат в САПР РСAD.	219
Приложение 1. Пример таблицы выводов (PINS VIEW) для МС КР1533/1/1	230
Приложение 2. Создание таблицы библиотечного компонента типа «POWER»	231
Приложение 3. Синхронизация схемы электрической принципиальной и платы печатной	232
Приложение 4. Создание дифференциальных пар	235
Приложение 5. Крепежные отверстия и зоны запрета для трассировки	240
Приложение 6. Использование CircuitWorks для передачи проектов из РСAD в AltiumDesigner	242

Введение

Выполнение первых девяти лабораторных работ дает базовые знания по эксплуатации Altium Designer при проектировании ПП. В ходе выполнения практических работ студенты получают возможность практически освоить основные принципы и методы работы в системе Altium Designer, ознакомиться с последовательностью этапов проектирования, приобрести навыки по созданию и ведению библиотек РЭК, а также по разработке схемной документации и ведению проекта в Altium Designer.

Последние четыре лабораторные работы посвящены созданию трехмерных моделей конструктивов радиоэлектронной аппаратуры - элементов, блоков и печатных плат, в САПР SolidWorks, что позволяет студентам ознакомиться с одной из самых популярных САПР твердотельного проектирования и моделирования. Полученные в ходе выполнения лабораторных работ знания помогут студентам в использовании САПР твердотельного моделирования и проектирования в их дальнейшей профессиональной деятельности.

Лабораторная работа №1. Введение в Altium Designer

Цель работы – изучение структуры САПР *Altium Designer*, ее возможностей, состава и назначения основных программных модулей.

1.1. Общие сведения

Принятые сокращения

- **ЛК** – левая клавиша манипулятора мышь
- **ПК** – правая клавиша манипулятора мышь
- **УГО** – условное графическое обозначение радиоэлемента
- **ПМ** – посадочное место радиоэлемента

Основные горячие клавиши

Space (пробел) – поворот (вращение) компонента или угла;

Шаг поворота задается в настройках **DXP / Preferences/ PCB Editor**, щелкнуть дважды ЛК и выбрать **General / Шаг поворота-45 градусов**.

Shift+Space – смена угла прокладки трассы или цепи;

X – зеркальное отображение компонента;

G – переключение шага сетки;

F11 – вызов инспектора;

Ctrl+Mouse Wheel – масштабирование изображения;

Нажатая клавиша **Shift** позволяет выделить несколько компонентов;

Включение – отключение видимой сетки выполняется нажатием клавиш **Shift+G**.

Нажатая клавиша **Ctrl** позволяет переместить компонент без отрыва от цепи или трассы;

Клавиша **Tab** при установке компонента или прокладке проводника вызывает окно свойств.

Отключение автоскроллинга выполняется последовательностью команд:

DXP / Preferences / ЛК / Schematic Graphical Editing / Auto Pan Off галочка+ **OK**.

Включение русскоязычной версии системы: **DXF / Preferences / System – General / Localized resources** – галочка + **OK**.

Основные определения

- **Designator** – номер вывода
- **Layer** – слой расположения (multilayer для всех слоев)
- **Net** – цепь

- **Plated** – наличие металлизации (параметр важный, в AD, начиная с шестого, можно создать два файла сверловки, для отверстий с металлизацией и для крепежных отверстий, без металлизации)
- **Locked** – блокировка площадки (перед возможным изменением параметров выдаст запрос на подтверждение действия)

Назначение слоев

- **Top layer** – верхний слой фольги
- **Bottom layer** – нижний слой фольги
- **Mechanical1** – габаритное изображение элемента (в этом слое нужно рисовать контур элементов)
- **Top overlay** – верхний слой маркировки (шелкографии)
- **Bottom overlay** – нижний слой маркировки (шелкографии)
- **Keep-out layer** – контур запрещенной для трассировки зоны (в нем рисуется контур платы)

Для закрытия проекта надо свернуть его составляющие – щелкнув ЛК по «-» перед названием, переведя все составляющие в режим «+». После этого нажать ПК по названию проекта и выполнить команду **Close Project** (закрыть проект) (рис.В.1).

Изменение масштаба (увеличение или уменьшение) изображения выполняют вращением колесика манипулятора мышь при нажатой клавише Ctrl.

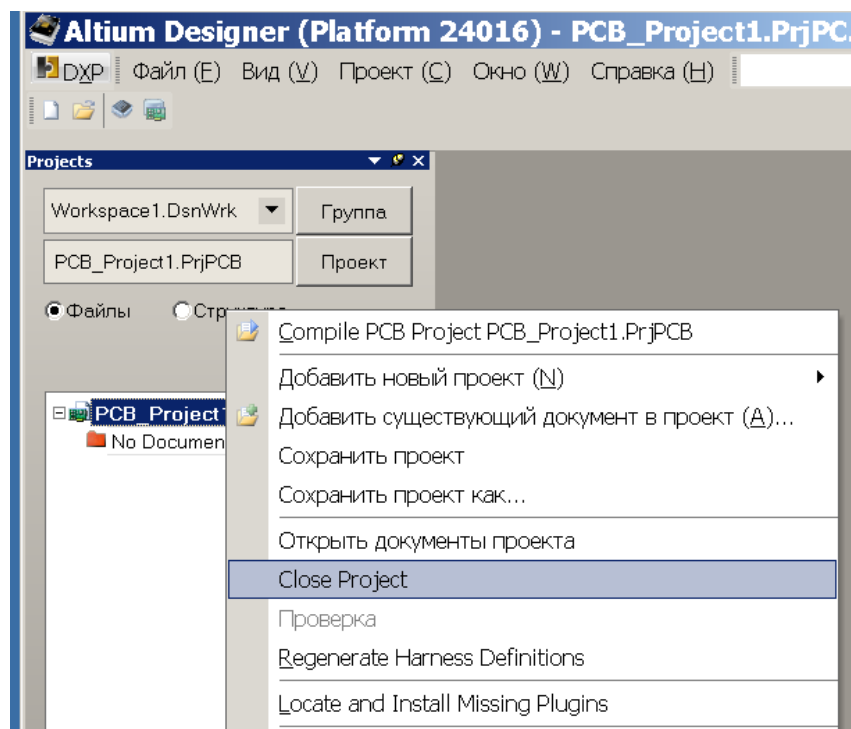


Рис.В.1

1.2. Работа с Altium Designer

Запустить **Altium Designer**. Для этого выполнить команды **Файл / Новый / Проект/ Проект платы** (Лк) рис. 1.1.

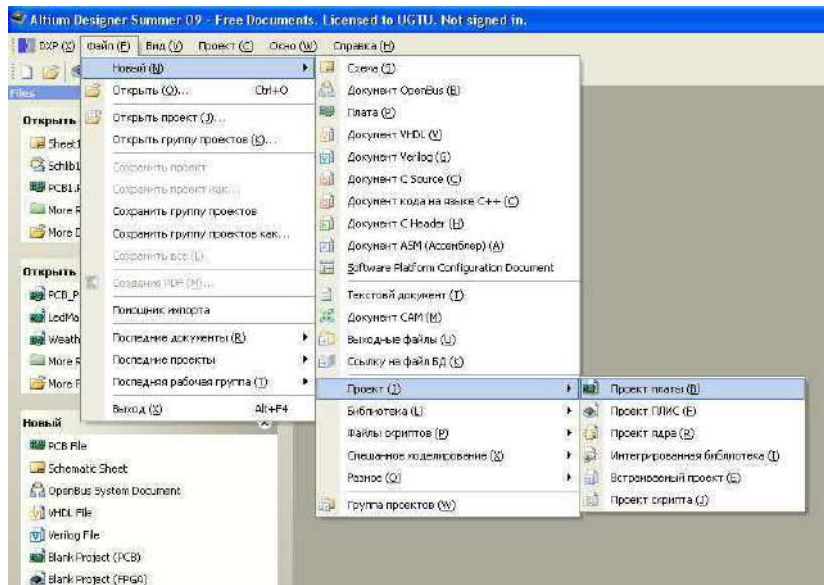


Рис.1.1

Если в левой части экрана менеджер проекта не открыт, то выполнить команды: на панели инструментов в нижней части экрана **System / Projects**. Слева на экране должно появиться окно менеджера проектов **Projects**.

Далее необходимо сохранить новый проект. Для этого щелкнуть ПК по названию создаваемого проекта и, выполнив команду «**Сохранить проект как...**», сохранить проект с названием «**Печатная плата**», указав номер группы и фамилию (рис.1.2).

Затем вновь нажать ПК и выполнить команды «**Добавить новый проект / Schematic**». На рабочем поле открывается форматка для выполнения чертежа схемы (рис.1.3).

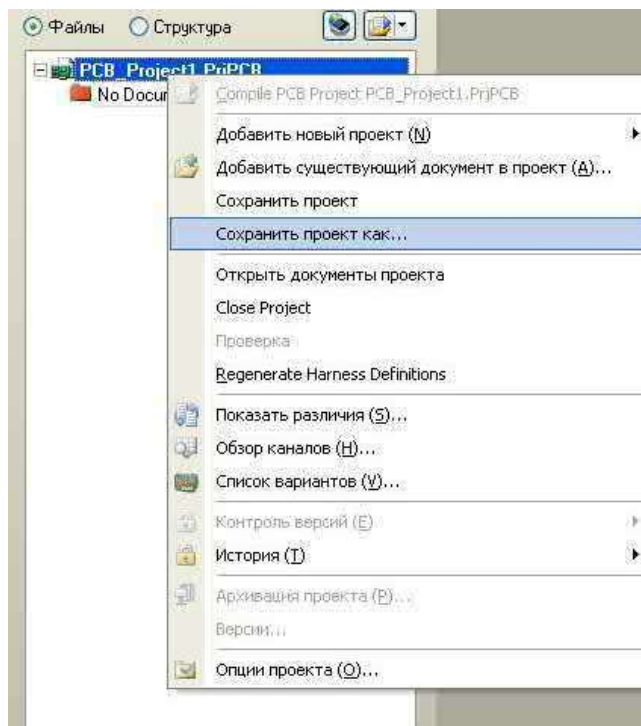


Рис.1.2

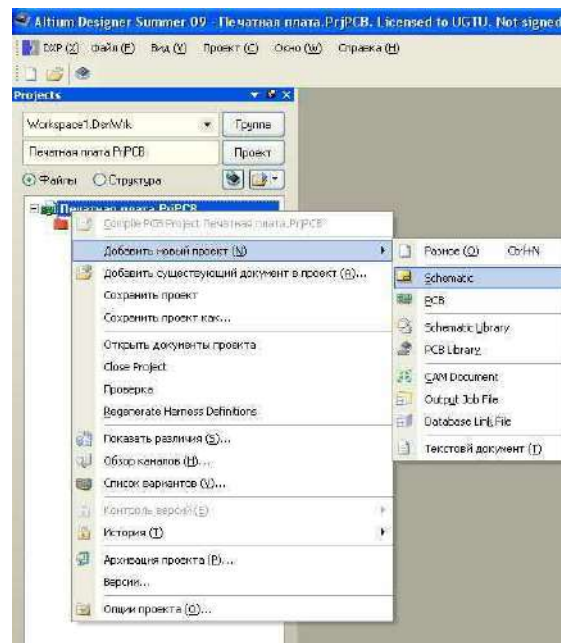


Рис.1.3

Аналогичным образом сохранить схему. Щелкнуть ПК по названию проекта «**Sheet1 SchDo**». В выпавшем меню выбрать «**Сохранить как...**» и в открывшемся окне набрать название «Схема электрическая принципиальная», указав в этом же окне тип файла **Advanced Schematic binary**, нажав ПК (рис. 1.4).

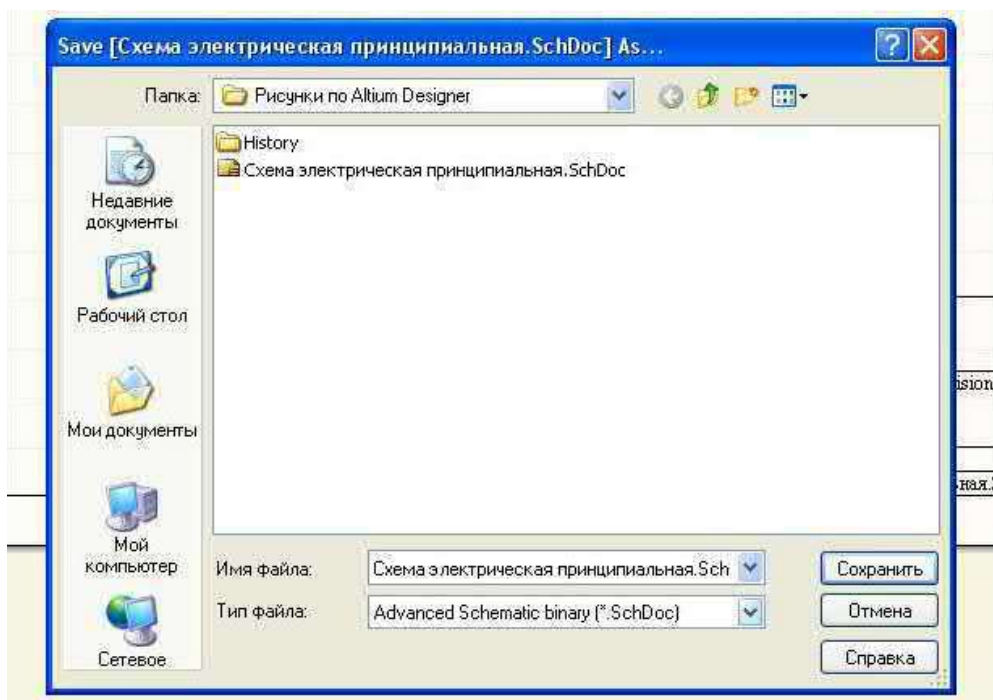


Рис.1.4

В верхнем или нижнем поле форматки в поле «**Файл**» отображается место расположения файла на жестком диске ЭВМ (рис. 1.5).

После этого необходимо добавить файл конструктивного проекта платы. Для чего также, наведя курсор на название проекта, щелкнуть ПК и в выпадающем меню выбрать «**Добавить новый проект / РСВ**» (рис. 1.6).

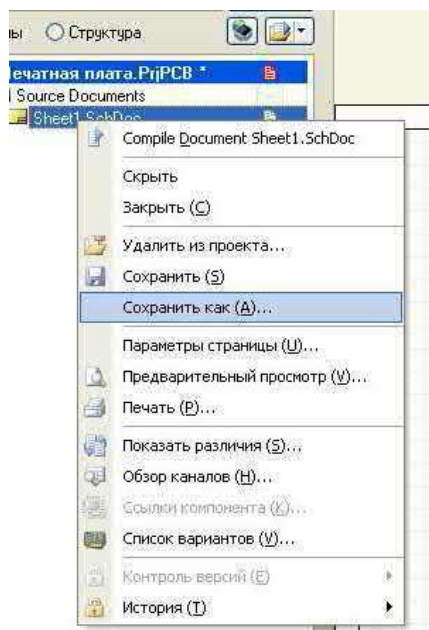


Рис. 1.5

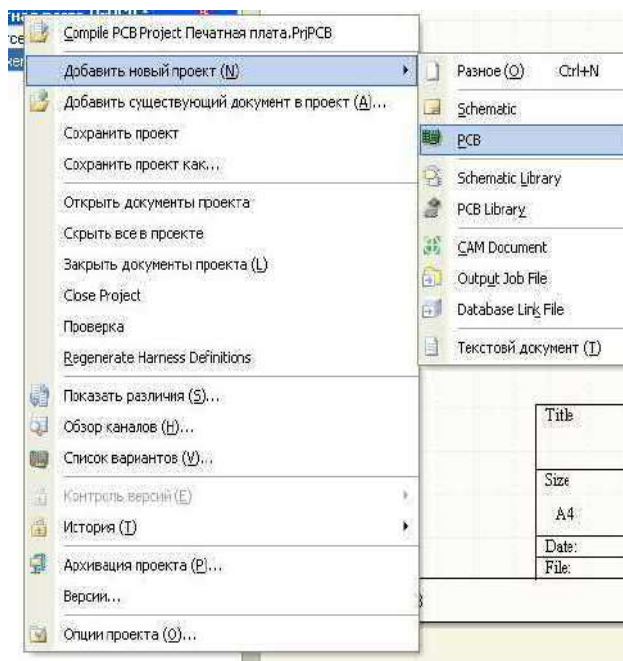


Рис.1.6

На рабочем поле появится черный прямоугольник, ограничивающий контуры платы (рис. 1.7.а). Проект также надо сохранить. Для этого щелкнуть ПК по **PCB1. PcbDoc**, в выпавшем меню выбрать «**Сохранить как ...**», назвать его «**Плата печатная**», задав расширение **PCB Binary Files** (рис.1.7.б). Справа от названия проекта **Печатная плата АД.PrjPcb** красный листок. Это означает, что проект надо сохранить.

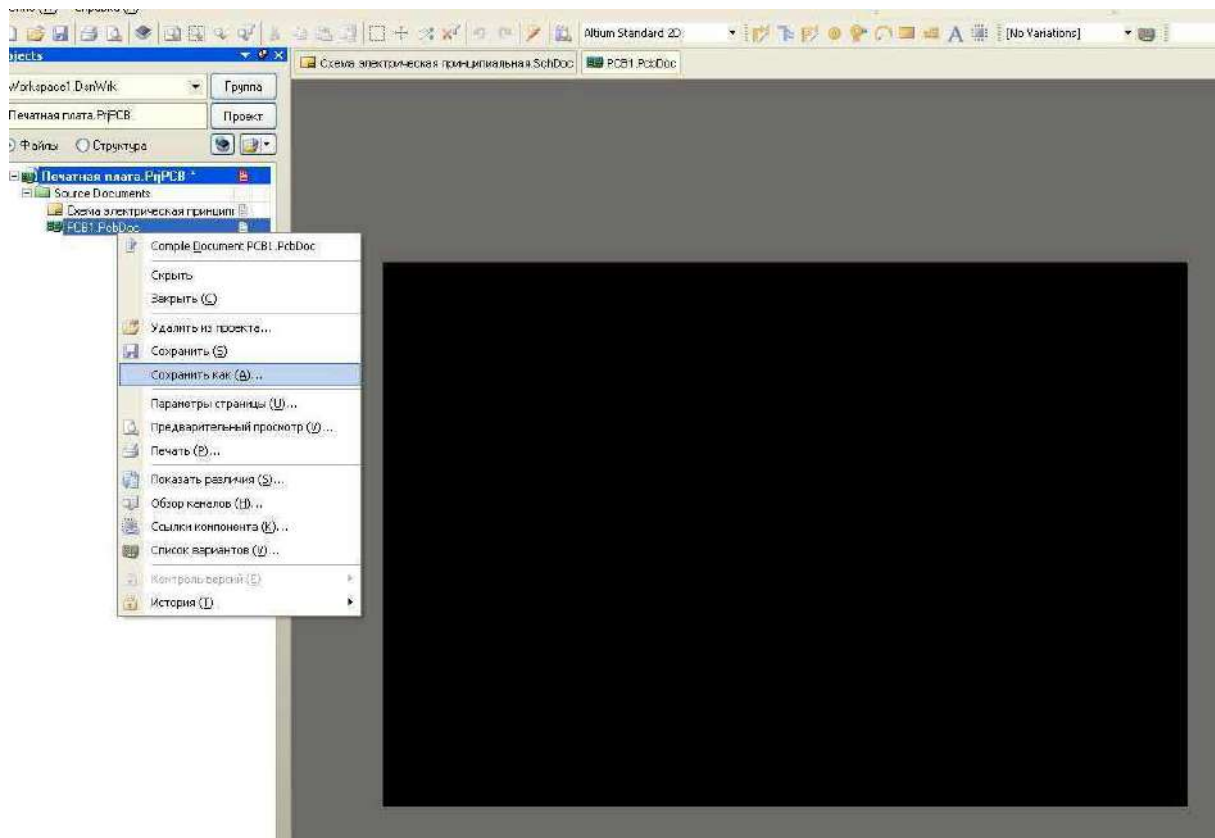


Рис.1.7,а

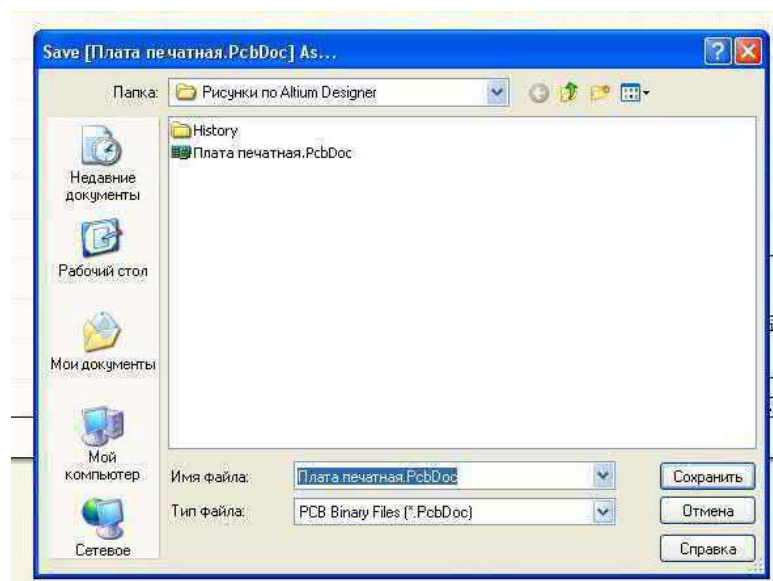


Рис.1.7,б

Поэтому выполнить команды «**Файл / Сохранить все...**». В результате этого справа в менеджере проекта правее от названий файлов все листки станут серого цвета (не сохраненные файлы в **Altium Design** помечены красными листками).

Примечание. Если в менеджере проектов напротив названия проекта имеется «*», то необходимо выполнить сохранение всего проекта.

Добавим новые библиотеки в созданный проект.

Для этого, щелкнув ПК по названию проекта, в выпадающем меню выполнить команды «Добавить новый проект / Schematic Library» (рис. 1.8).

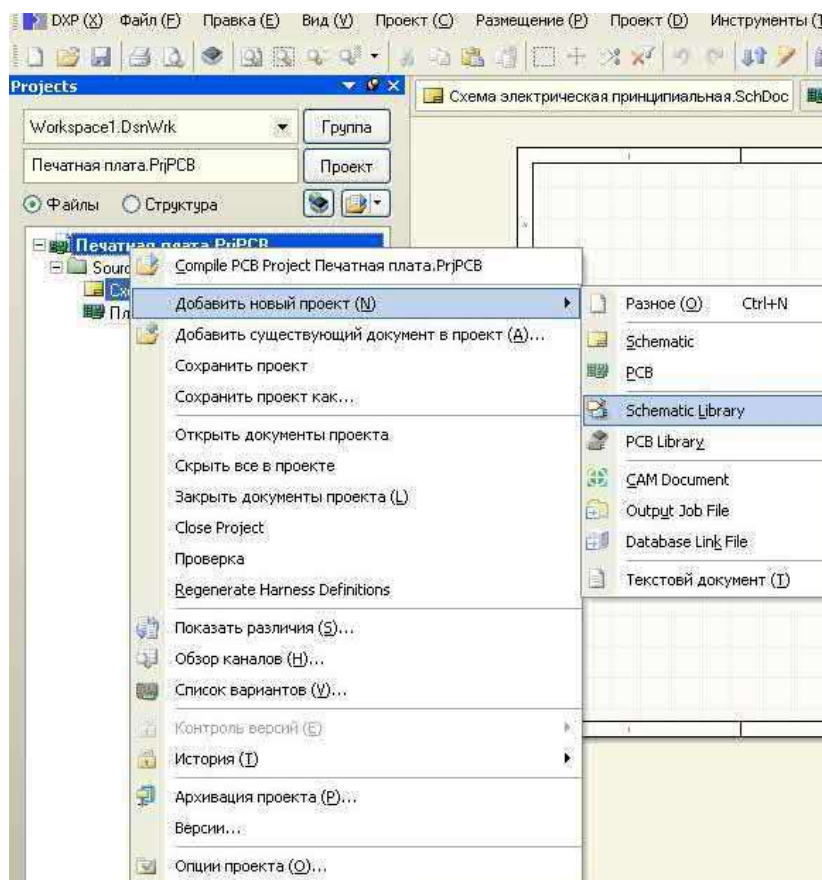


Рис.1.8

В левой части экрана в менеджере проекте в меню библиотек **Libraries** появится подпапка с названием **Schematic Library Documents**, а справа – рабочее поле редактора условных графических изображений (УГО) электро-радиоэлементов (ЭРЭ) (рис. 1.9).

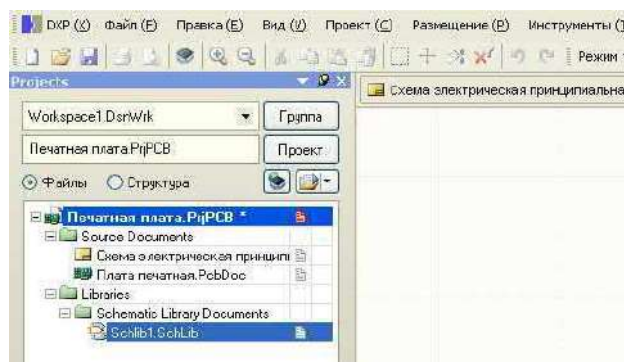


Рис.1.9

После этого сохранить создаваемую библиотеку. Для чего щелкнуть ПК по названию последней библиотеки **Schlib1. Schlib** (рис. 1.10) и в выпавшем меню выбрать «**Сохранить как...**» с названием «**Библиотека УГО**». Тип файлов оставить по умолчанию (рис. 1.11).

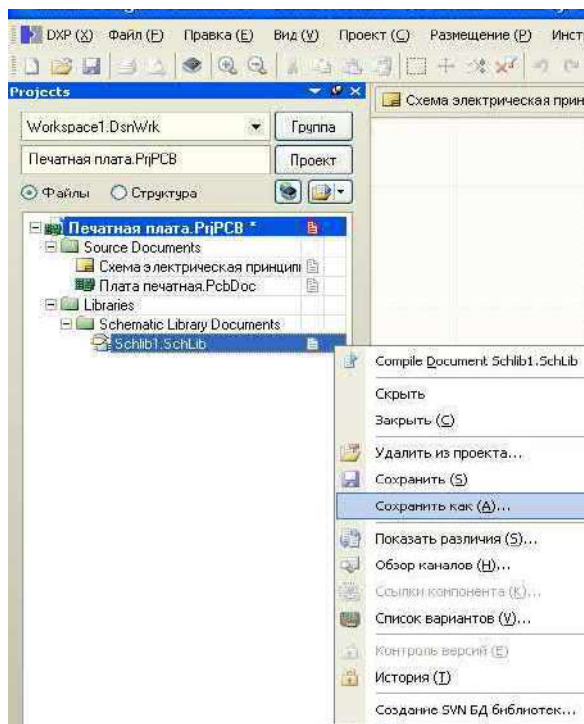


Рис.1.10

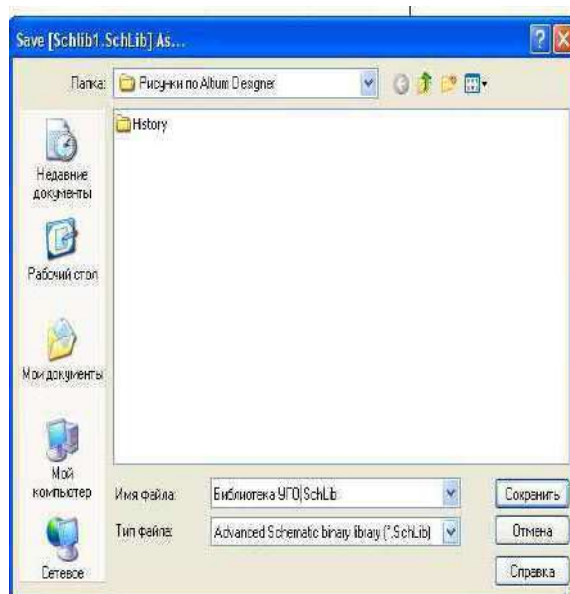


Рис.1.11

Затем надо добавить в проект библиотеку посадочных мест ЭРЭ. Для этого в менеджере проекта щелкнуть ПК по названию **Печатная плата АД.PrjPCB**. В выпавшем меню выполнить команды **Добавить новый проект / PCB Library** (рис.1.12).

В результате появилась новая папка **PCB Library Documents**, в которой есть подпапка **PcbLib1.PcbLib1**. Именно ее необходимо сохранить. Для чего, щелкнув ПК по названию и выбрав в выпадающем меню «**Сохранить как...**» (рис. 1.13), задать ей название «**Библиотека посадочных мест**» с типом файла по умолчанию (рис. 1.14).

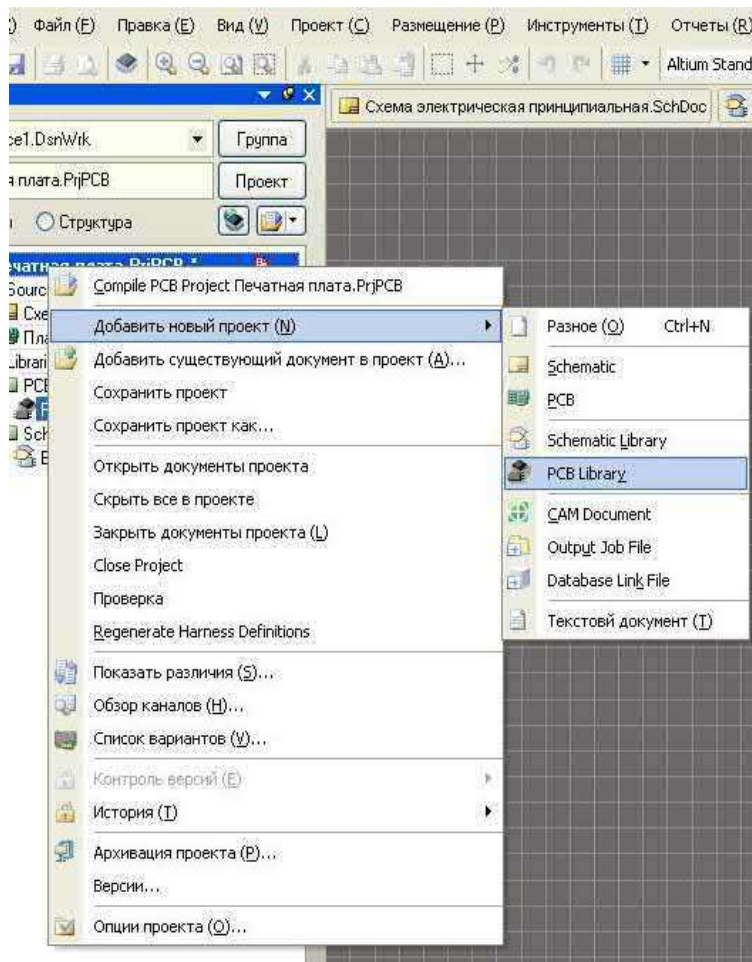


Рис.1.12

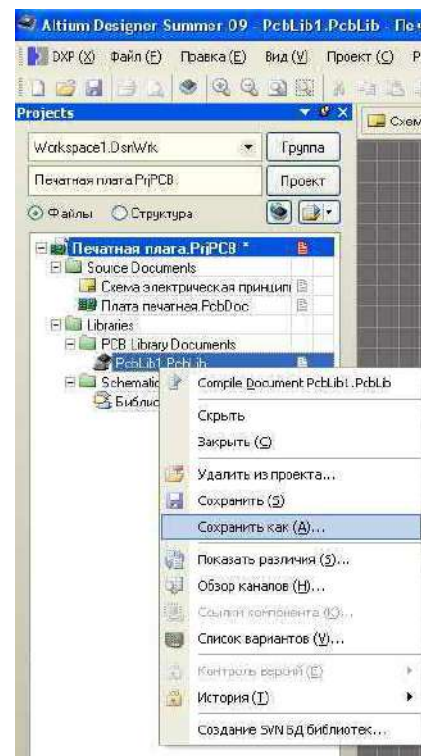


Рис.1.13

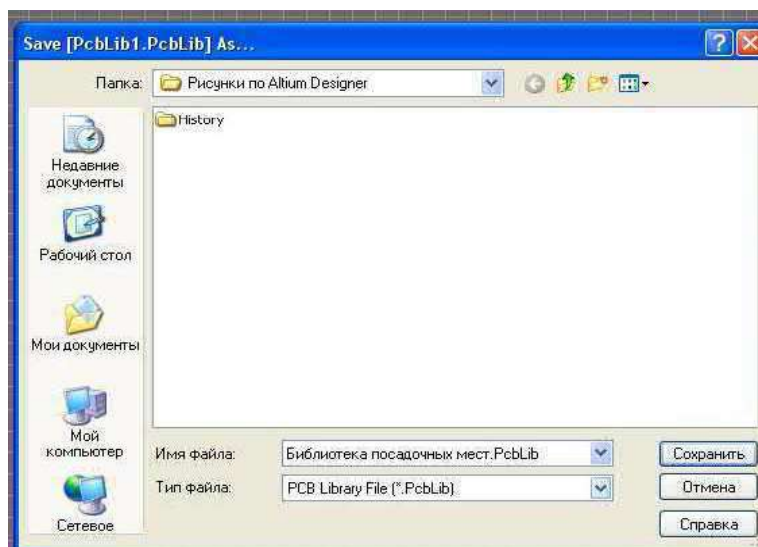


Рис.1.14

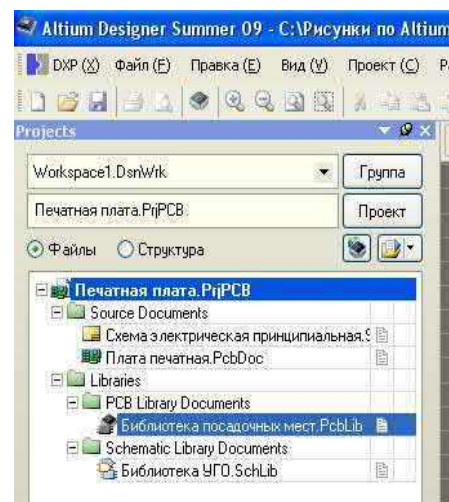


Рис.1.15

После всех указанных действий необходимо сохранить весь проект. Для этого выполнить команды «**Файл / Сохранить всё**». В результате всей последовательности выполненных действий получим в менеджере проекта дерево, включающее в себя все файлы проекта (рис. 1.15).

1.3. Порядок выполнения работы

1. Через кнопку Пуск в меню Программы загрузить САПР Altium Designer.
2. Создать проект Печатная плата в САПР Altium Designer.
3. Выполнить начальные установки.
4. Сохранить результат.

1.4. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Сведения о порядке создания проекта платы в САПР Altium Designer.
3. Организация интерфейса САПР Altium Designer.
4. Выводы.

1.5. Контрольные вопросы

1. Каким образом запускается САПР Altium Designer?
2. Назовите основные горячие клавиши системы.
3. Как включается русскоязычная версия системы?
4. Назовите назначение слоев САПР.
5. Как создается проект в САПР Altium Designer?
6. Из каких файлов состоит проект?
7. Как размещены на экране основные меню и панели системы?
8. Поясните назначение кнопок на панелях инструментов.
9. Поясните, какие слои используются в САПР Altium Designer?
10. Как задается шаг сетки?

Лабораторная работа №2. Создание символьных изображений РЭК в САПР Altium Designer

Цель работы – изучение порядка работы с редактором условных графических обозначений (УГО) элементов схем средствами **САПР Altium Designer**, приобретение навыков создания УГО элементов на примере микросхем.

2.1. Основные настройки редактора

Выполним основные настройки редактора УГО. Для этого необходимо в менеджере проекта открыть двойным щелчком ЛК библиотеку **Libraries**, затем **PCB Library Documents**, далее **Schematic Library Documents**, чтобы открыть Библиотеку УГО. **SchLib**.

После этого в главном меню щелчком ЛК выполнить команды «**Инструменты / Опции документа**». Откроется окно «**Рабочая область редактора библиотек**» (рис. 2.1).

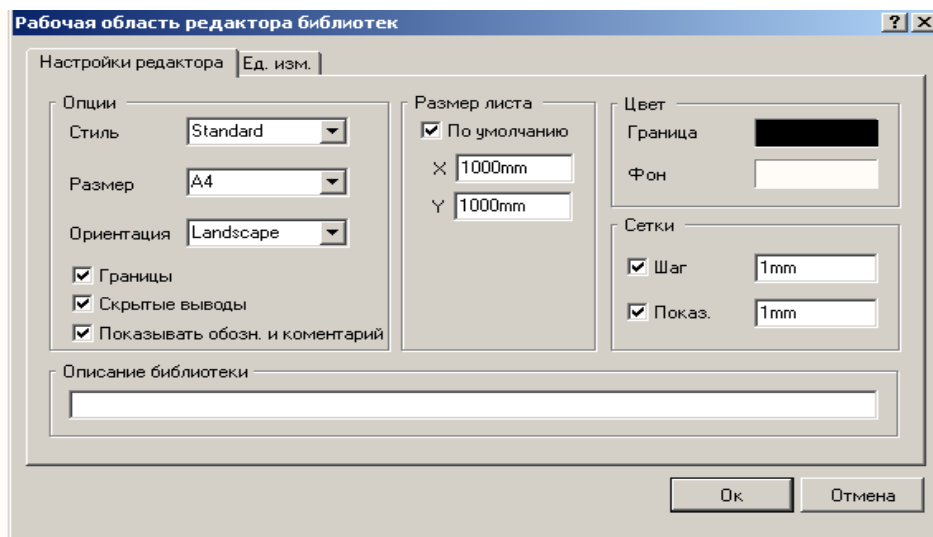


Рис.2.1

На закладке «Настройки редактора» выбрать: в окне **Стиль** - **Standard**, размер - **A4**, в окне ориентация - **Landscape**. Установить галочки в окошках **Границы**, **Скрытые выводы**, **Показывать обозначения и комментарии**, в поле **Размер листа** поставить галочку и задать размеры **1500/1500**. В поле «Цвет» выбрать

Граница чёрным, а **Фон** белым. В поле «Сетки» установить галочки в окнах **Шаг** и **Показывать**, затем установить значение шага равным 1 мм. В этом же окне на закладке «Ед. изм.» в поле **Метрическая система единиц** поставить галочку в окошке **Использовать метрическую систему**, а в окне «Единицы» выбрать Миллиметры, нажать **Ок** (рис. 2.2).

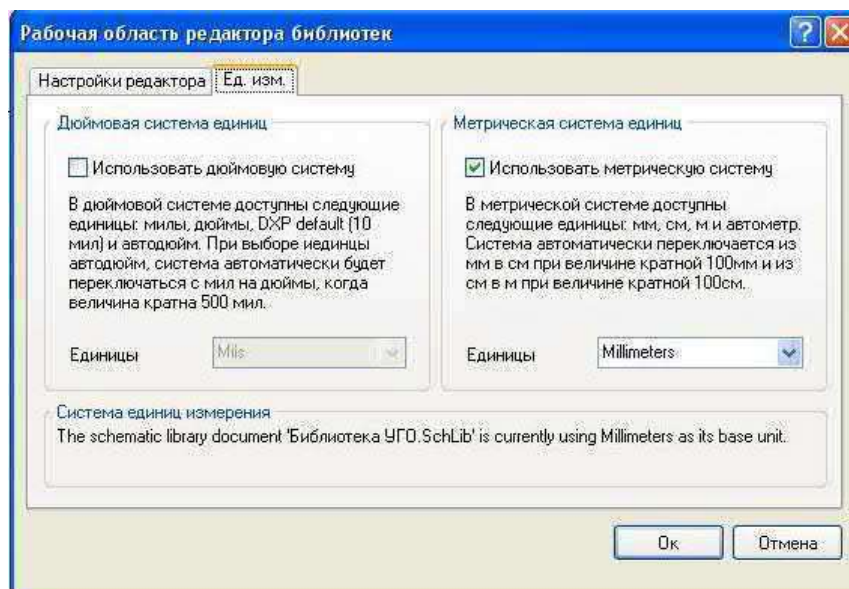


Рис.2.2

Далее настроить шаг сетки: для этого выполнить команды «**Инструменты / Настройка редактора схем**». В окне **Настройки** щелчком ЛК выбрать последовательно **Schematic / Grids**. Откроется одноименное окно, в котором в поле «Опции сетки» в окне **Видимая сетка** установить **Dot Grid** или **Line Grid**, цвет сетки задать черным (цвет №3). Для этого щелкнуть ЛК в поле «**Сетка**» и в выпавшей палитре цветов выбрать черный, в поле «**Предварительная установка метрической сетки**» в колонке **Шаг сетки** задать дополнительную сетку. Щелкнуть ПК в поле сеток. В выпавшем меню выполнить команду **Добавить сетку** и в поле «**Предварительная установка метрической сетки**» выбрать все шаги, представленные на рис. 2.3. Нажать кнопки **Применить** и **Ок**.

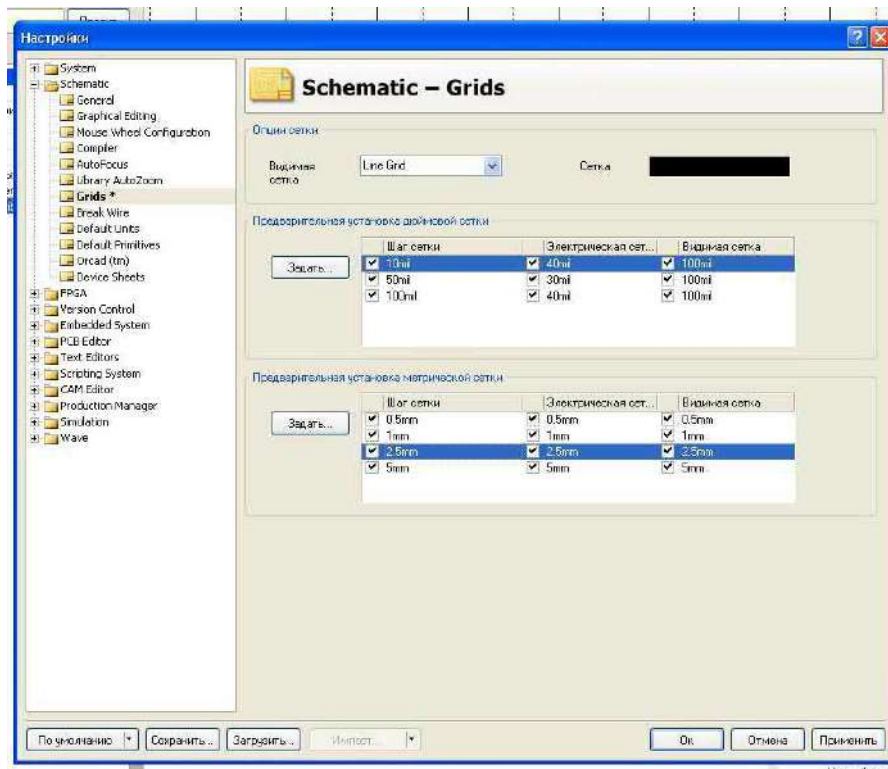


Рис.2.3

Следующим шагом подготовки надо настроить требуемые шрифты. Для этого щелкнуть ПК в рабочем поле редактора УГО, и в выпадающем меню выполнить команды **Опции / Прimitives по умолчанию** (рис. 2.4).

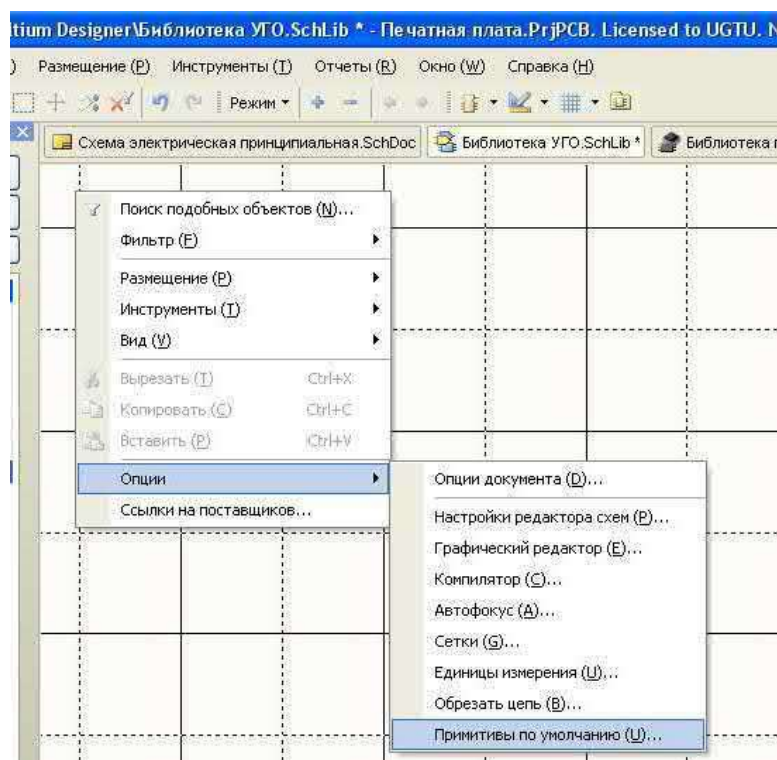


Рис.2.4

Откроется окно «**Schematic-Default primitives**». В окнах «**Список примитивов**» выбрать «**Library objects**», а в «**Примитивы**» выбрать «**Comment**». Под этим окном установить галочку в окошке «**Overwrite library primitive**», и в нижней части экрана выбрать **Миллиметры** и нажать кнопку **Правка** (рис.2.5,а). Откроется окно **Свойства параметра** (рис. 2.5,б).

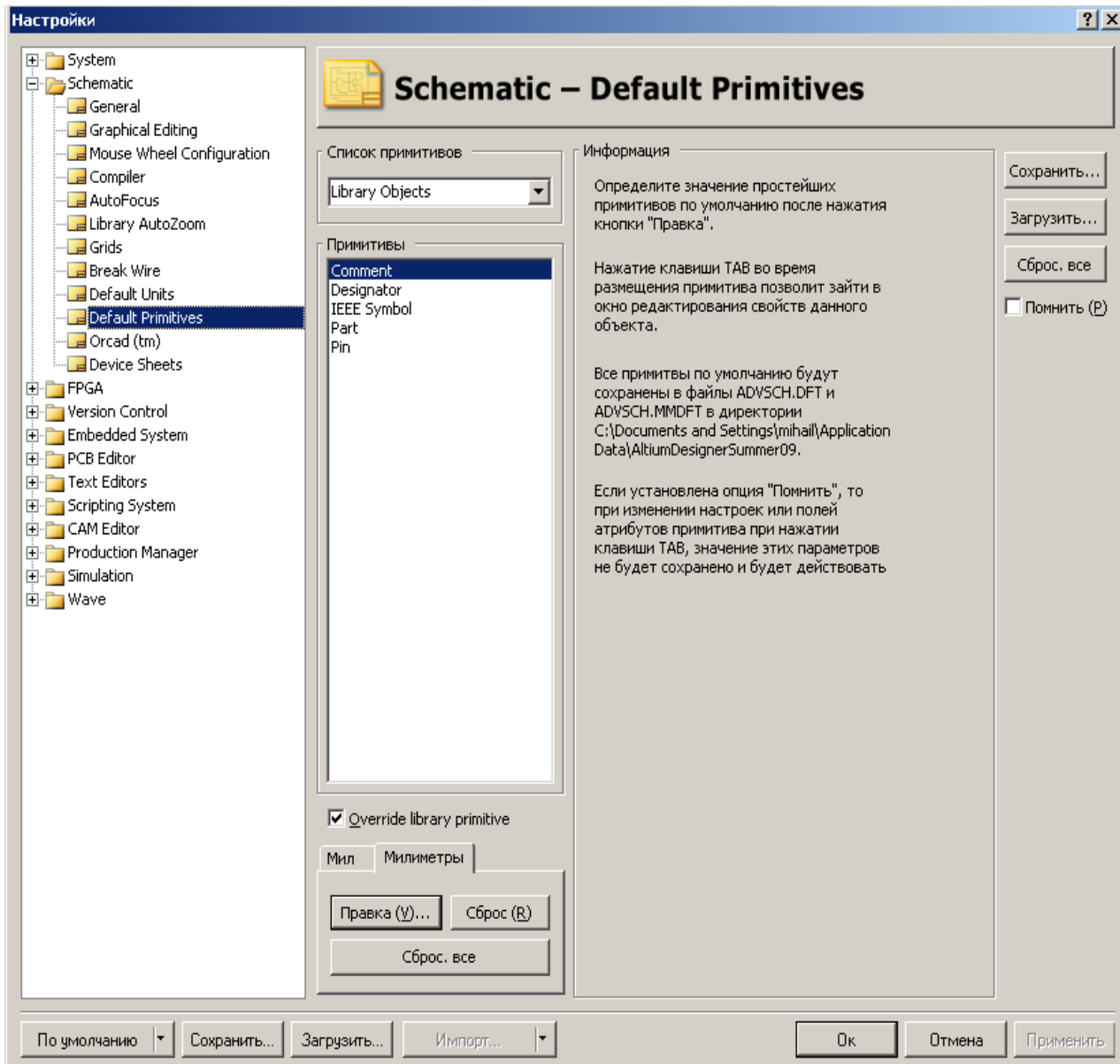


Рис.2.5,а

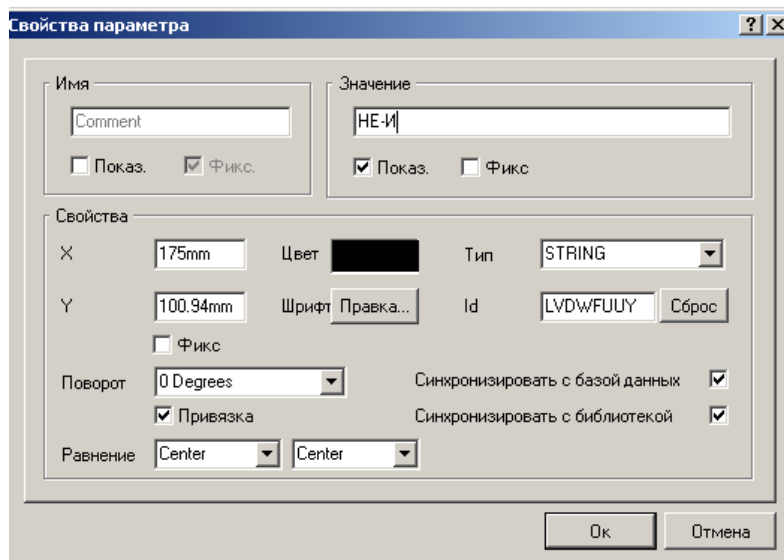


Рис.2.5,б

В открывшемся окне «**Свойства параметра**» возле названия **Шрифт** щелкнуть по кнопке **Правка**. Откроется окно **Шрифт**. В нем выбрать необходимый тип шрифта, например, **Gost Type A**, курсив, 16, западный, цвет чёрный. (16 соответствует примерно размеру 3,5 мм) (рис. 2.6). Нажать **Ок**.

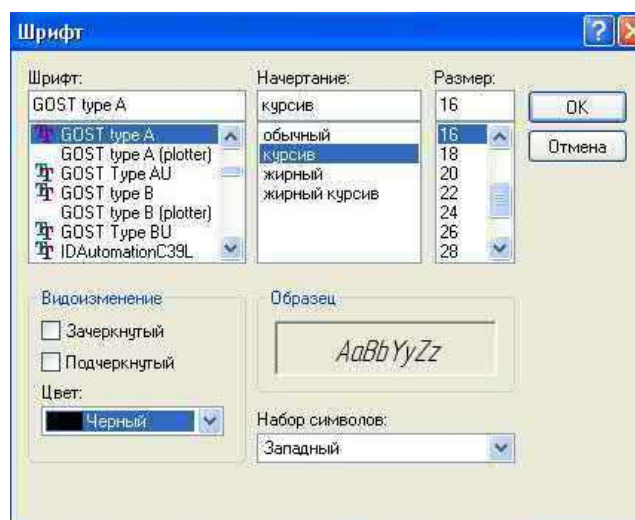


Рис.2.6

В окне «**Свойства параметра**» (рис. 2.5,б) поставить галочку в окне **Привязка**, а в окнах равнение выбрать **Center** и поставить галочки в окнах **Синхронизировать с базой данных** и **с библиотекой**, нажать **Ок**.

Вновь в окне **Schematic - Default Primitives** (рис.2.5,а) в окне **Примитивы** выбрать теперь **Designator**. При необходимости повторить процедуру выбора другого размера шрифта аналогичным образом.

Затем в окне **Schematic - Default Primitives** в окне **Примитивы** выбрать **Part**

и щелкнуть кнопку **Правка**. Откроется окно **Library component properties**. Выполнить все настройки согласно рисунку 2.7. Нажать **Ок**.

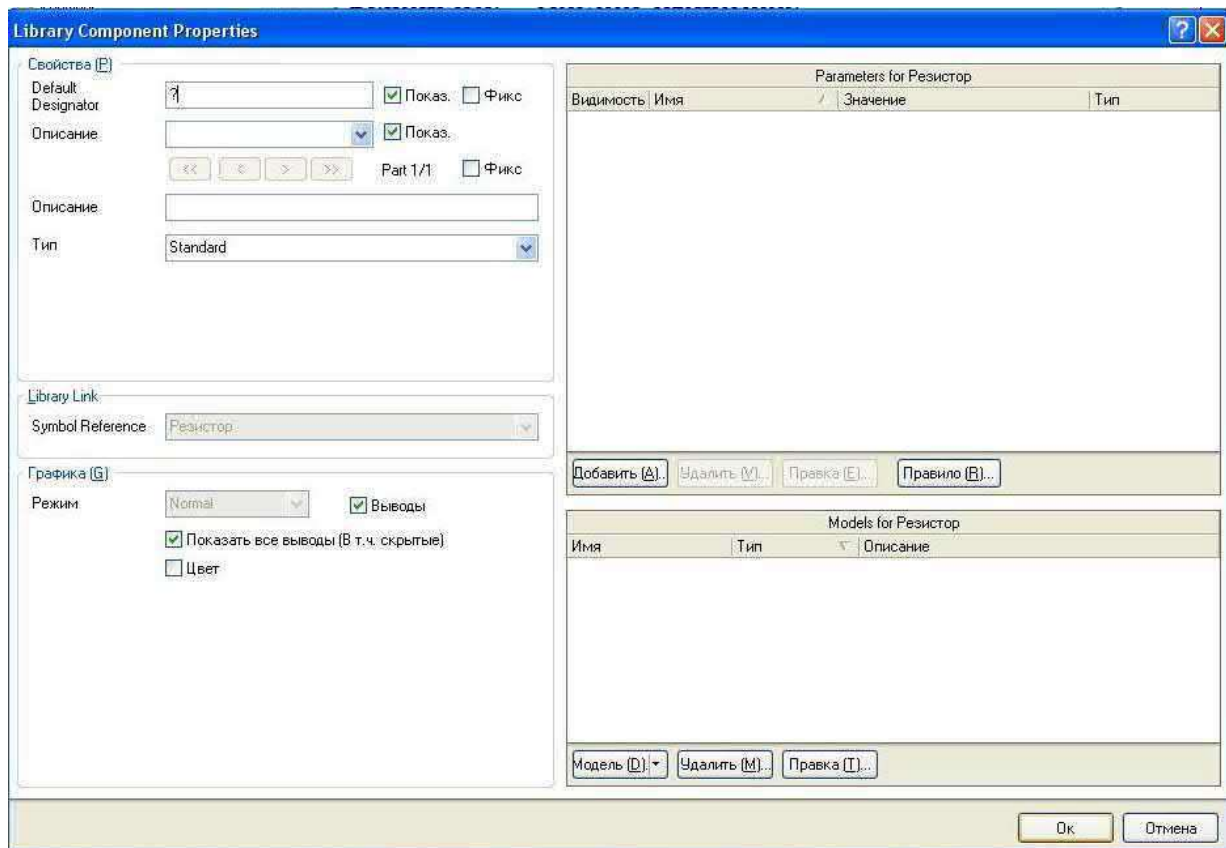


Рис.2.7

После этого в окне **Schematic - Default primitives** (рис.2.5,а) в окне **Примитивы** выбрать **Pin** и нажать кнопку **Правка**. Откроется окно **Свойства вывода**. Справа внизу в окошке **Длина** указать 5 мм (рис. 2.8,а). Нажать **Ок**. Все остальные настройки оставить без изменения. Нажать последовательно **Ок** в окнах **Свойства вывода** и **Schematic - Default primitives**.

Включить менеджер библиотек. Для этого щёлкнуть ЛК по вкладке **SCH** в нижней части экрана справа и в выпавшем меню выбрать **SCH Library** (рис. 2.8,б). Выше него откроется вертикальное окно **SCH Library**, где перечислены библиотеки проекта, с которыми можно выполнить разные действия. По стрелкам можно выбрать нужный объект, либо добавить новый элемент.

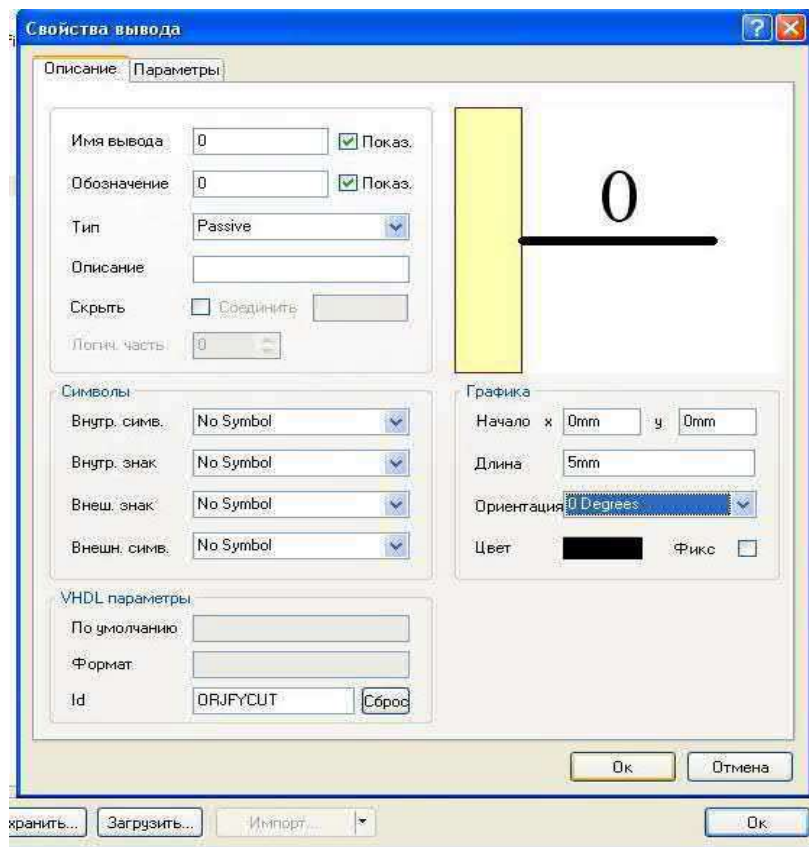


Рис.2.8,а

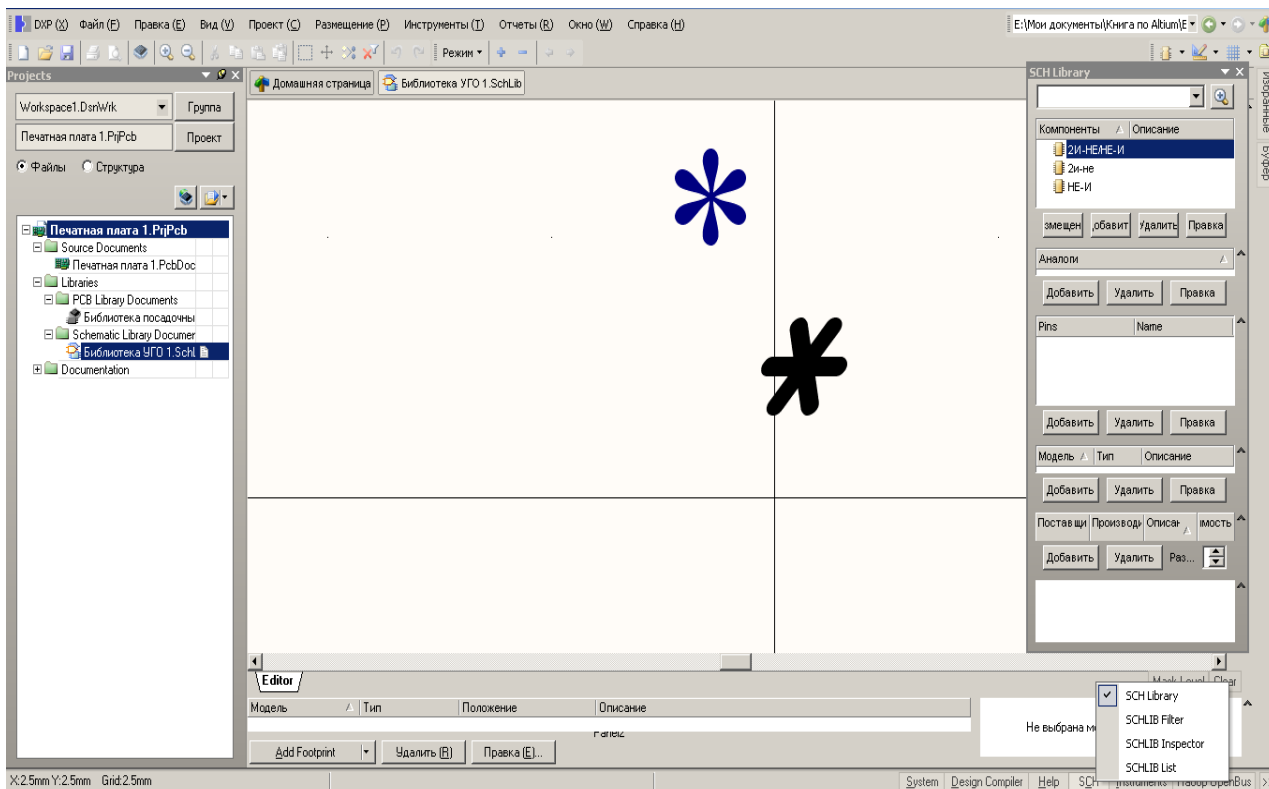


Рис.2.8,б

2.2. Создание условного графического обозначения микросхемы K511ПУ2

В микросхему K511ПУ2 входят два логических элемента 2И-НЕ и НЕ с расширением И. Поэтому необходимо отдельно создать УГО элемента 2И-НЕ и элемента НЕ-И.

2.2.1. Порядок создания УГО элемента НЕ-И

Для того чтобы пополнить содержимое библиотеки УГО новыми элементами, слева от рабочего поля в менеджере в верхнем окне щелкнем ЛК по кнопке **Добавить**. Появится окно **New component name**, в котором указываем название создаваемого УГО **НЕ-И** (рис. 2.9). Щелкнуть **Ок**.



Рис.2.9

Примечание: если с каким-либо компонентом в окне надо выполнить какие-либо действия, то его надо выделить, щелкнув по нему ЛК, затем нажать ПК. Откроется выпадающее меню, в котором выбрать нужные действия.

Чтобы получить УГО элемента **НЕ-И**, надо нарисовать прямоугольник размером 20 на 20 мм. Для этого в верхней части экрана в меню **Размещение** выполнить команду **Прямоугольник** (в скобках указаны названия «Горячих клавиш» вызова команд, которые работают на латинской раскладке). В рабочем поле щелкнуть ЛК в начале координат и, перемещая манипулятор, построить прямоугольник размером 20 мм на 20 мм. Нажать ЛК затем ПК.

Если необходимо, то размер сетки можно переключить нажатием клавиши **G**, а чтобы видимую сетку отключить, нажать **Shift+G**. Масштаб изображения изменяется вращением колесика на мышке при нажатой клавише **Ctrl**.

После этого командами **Размещение / Линия** на расстоянии 5 мм от левого края провести вертикальную линию внутри прямоугольника (рис.2.10).

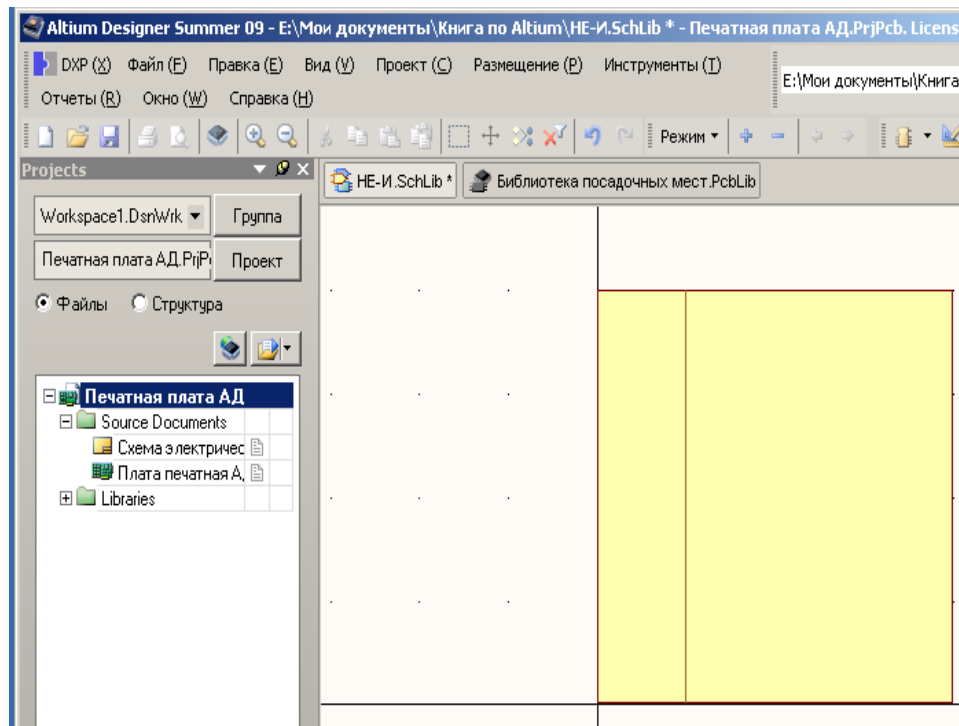


Рис.2.10

Установить выводы логического элемента. Входные выводы установить слева, а выходные справа. Щелкнуть ПК в рабочем поле и в выпавшем меню выполнить команды **Размещение / Вывод**. За курсором потянется вывод, который необходимо установить слева у прямоугольника, отступая сверху и снизу соответственно по 5 мм от края: 1-й и 2-й выводы слева, а 3-й справа посередине. После этого надо задать свойства каждого из выводов. Для чего щелкнуть ЛК по верхнему левому выводу, затем ПК и в выпавшем меню выбрать свойства - **Properties**.

Откроется окно **Свойства вывода**. Для левого верхнего вывода в окне **Имя вывода** указать **In**; в окне обозначения **1**; тип **Input**; длина **5**, в окне **Ориентация** выбрать **180**. Аналогичным образом для левого нижнего указываем **E**; в окне обозначения **2**; тип **Input**; длина **5**, в окне **Ориентация** выбрать **180**. Для выходного вывода справа установить Имя вывода **Out**, Обозначение **3**, тип **Output**, в окне ориентация выбрать **0**, в окне Внеш. знак – **Dot** (рис. 2.11, а, б, в). Затем снизу УГО установить выводы питания и корпуса. У микросхем обычно 7-й вывод корпус, а 14-й – питание. Поэтому для 7-го вывода задаем Имя вывода **GND**, Обозначение – **7**, тип – **Power**, Ориентация **-270**, а для 14-го – Имя вывода **+5v**, Обозначение – **14**, тип – **Power**, Ориентация **-270** (рис.2.12, а, б).

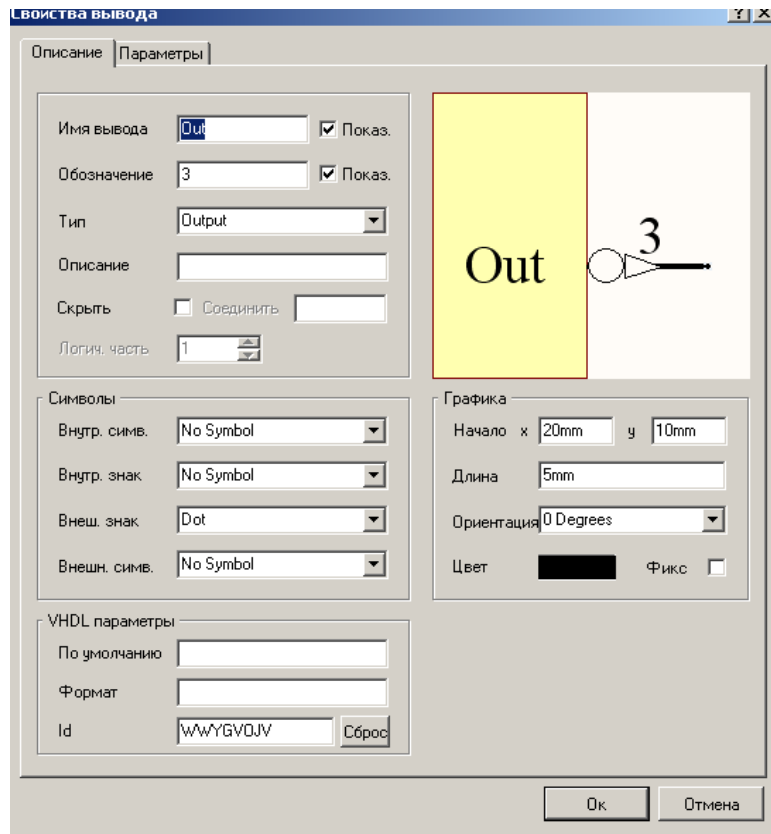


Рис.2.11,а

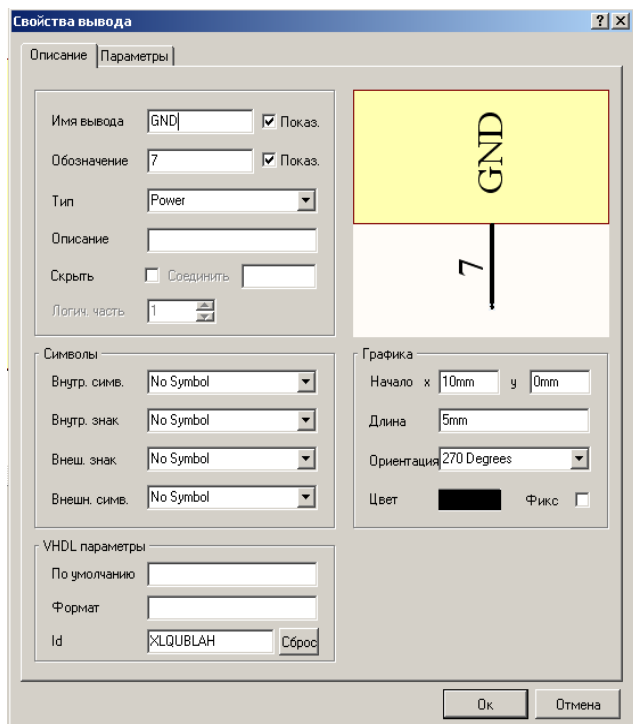


Рис.2.11,б

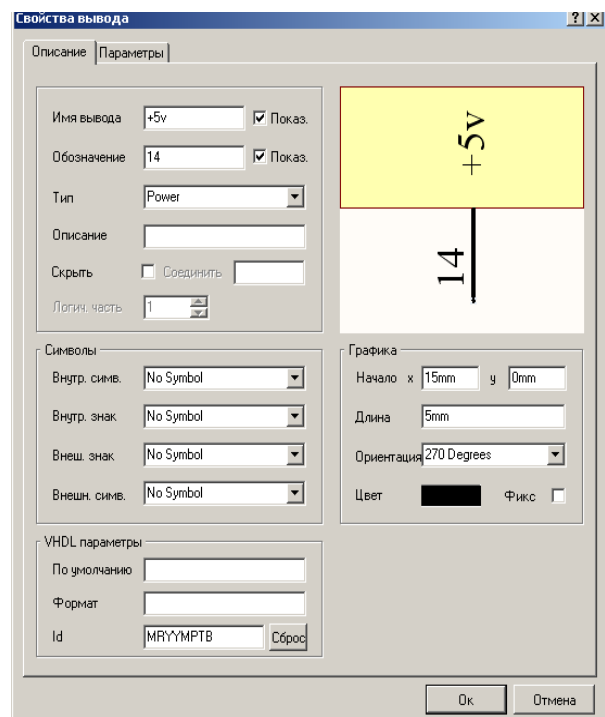


Рис.2.11, в

Получили рисунок УГО (рис.2.12). Выполнить команды **Инструменты / Свойства компонента** (рис. 2.13,а). В открывшемся окне для редактирования выводов компонентов нажать кнопку **Выводы (Edit Pins)** (рис.2.13,б).

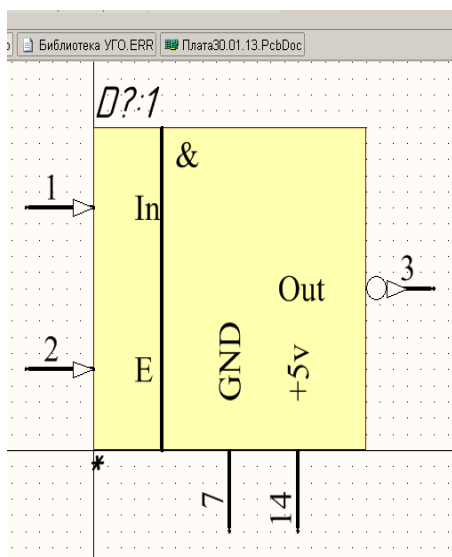


Рис.2.12

Рис.2.13,а

Редактирование выводов компонентов									
Обозначение...	Имя	Описание	DIP14	DIP14	Тип	Владелец	Показывать	Номер	Имя
1	In		1	1	Input	1	☒	☒	☒
2	E		2	2	Input	1	☒	☒	☒
3	Out		3	3	Output	1	☒	☒	☒
4	In		4	4	Input	2	☒	☒	☒
5	E		5	5	Input	2	☒	☒	☒
6	Out		6	6	Output	2	☒	☒	☒
7	GND		7	7	Power	1	☐	☒	☒
8	Out		8	8	Output	3	☒	☒	☒
9	InA		9	9	Input	3	☒	☒	☒
10	InB		10	10	Input	3	☒	☒	☒
11	Out		11	11	Output	4	☒	☒	☒
12	InA		12	12	Input	4	☒	☒	☒
13	InB		13	13	Input	4	☒	☒	☒
14	+5v		14	14	Power	1	☐	☒	☒

Рис.2.13,б

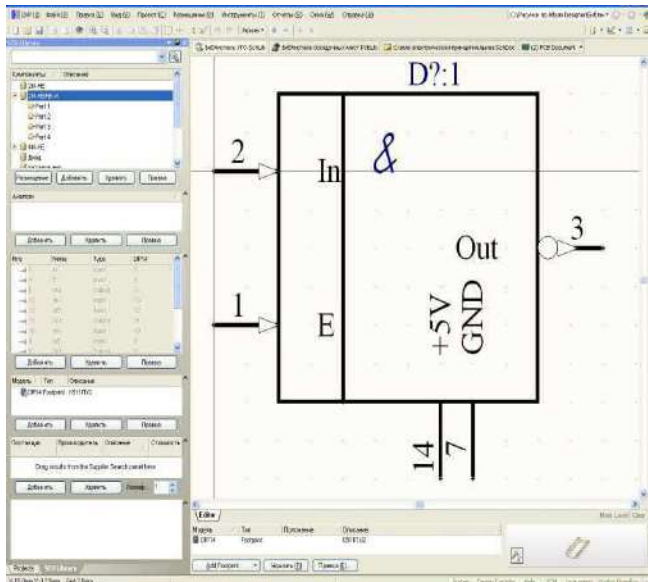


Рис.2.15,а

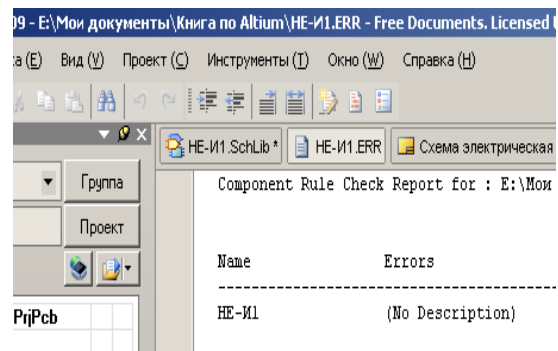


Рис.2.15,б

Чтобы его сохранить, надо выполнить команды **Файл / Сохранить все**.

2.2.2. Порядок создания УГО элемента 2И-НЕ

В том случае, если редактор **Библиотека УГО** был закрыт, то необходимо выполнить все установки, описанные в предыдущем параграфе. Если же программа не закрывалась, то конфигурация сохранилась, и можно формировать следующее УГО – «**2И-НЕ**».

Выполнить команды **Инструменты / Новый компонент** (рис. 2.16). Откроется окно **Имя нового компонента**. Установить шаг сетки 5 мм, для чего нажать клавишу **G** в латинской раскладке. Слева в нижней части экрана будут меняться значения шага. Выполнить команды **Размещение / Прямоугольник**. Нажать ЛК, и, отпустив ее перемещая манипулятор, построить прямоугольник размерами 15 на 20 мм.



Рис.2.16

Нажать ЛК. Увеличить или уменьшить масштаб изображения можно вращением колеса манипулятора при нажатой клавише **Ctrl**. Получили прямоугольник.

Разместить выводы. Выполнить команды **Размещение / Выводы**. Установить свойства выводов. Для этого щелкнуть ЛК по выводу №1, затем ПК. Выбрать команду **Properties**, в окне **Имя вывода** набрать **InA**, в окне обозначения №1, в окне **Тип** – **Input**. Нажать **Ок**.

Поскольку стрелка направлена от элемента, ее необходимо развернуть на 180. Для этого в поле графика в окне **Ориентация** выбрать 180 либо щелкнуть ЛК по стрелке и нажать несколько раз на пробел, затем установить ее курсором на место.

Аналогично установить второй и третий выводы. Щелкнуть по ним курсором, при этом второму выводу присвоить имя **InB**, а третьему – **Out**, их номера будут 2-й и 3-й соответственно. При этом для 3-го вывода Внешний знак задать **Dot**. Результат построения УГО представлен на рисунке 2.17.

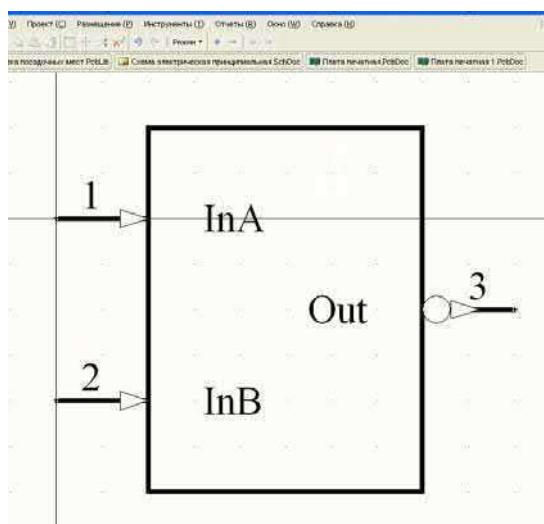


Рис.2.17

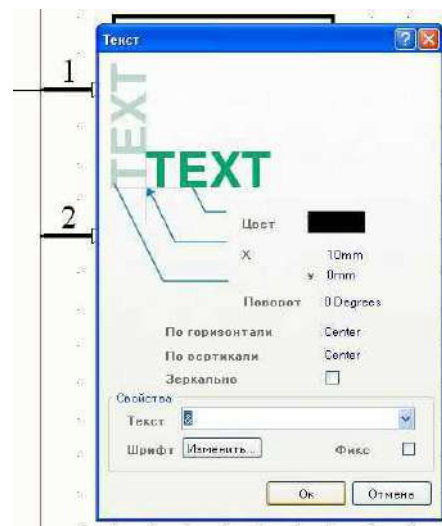


Рис.2.18

Вставить название элемента. Для этого выполнить команды **Размещение / Текстовая строка**. Появится текст, который установить в верхний левый угол УГО. Затем дважды щелкнуть по нему ЛК. Откроется окно **Текст**, в котором изменить текст в поле **Свойства** в Окне **Текст** на **&** (рис.2.18).

Чтобы задать тип шрифта щелкнуть по кнопке **Изменить Шрифт**. В открывшемся окне **Шрифт** выбрать курсив, Gost Type A, западный, 16 и нажать **Ок**. Результат выбора шрифта представлен на рис. 2.19.

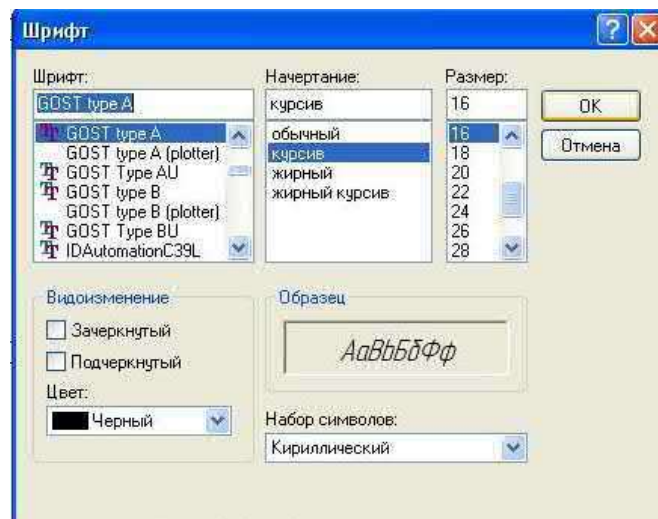


Рис.2.19

Для сохранения свойств УГО выполнить команды **Инструменты / Свойства компонента**. Откроется окно **Library Component Properties**. Настроить его по рис.2.20.

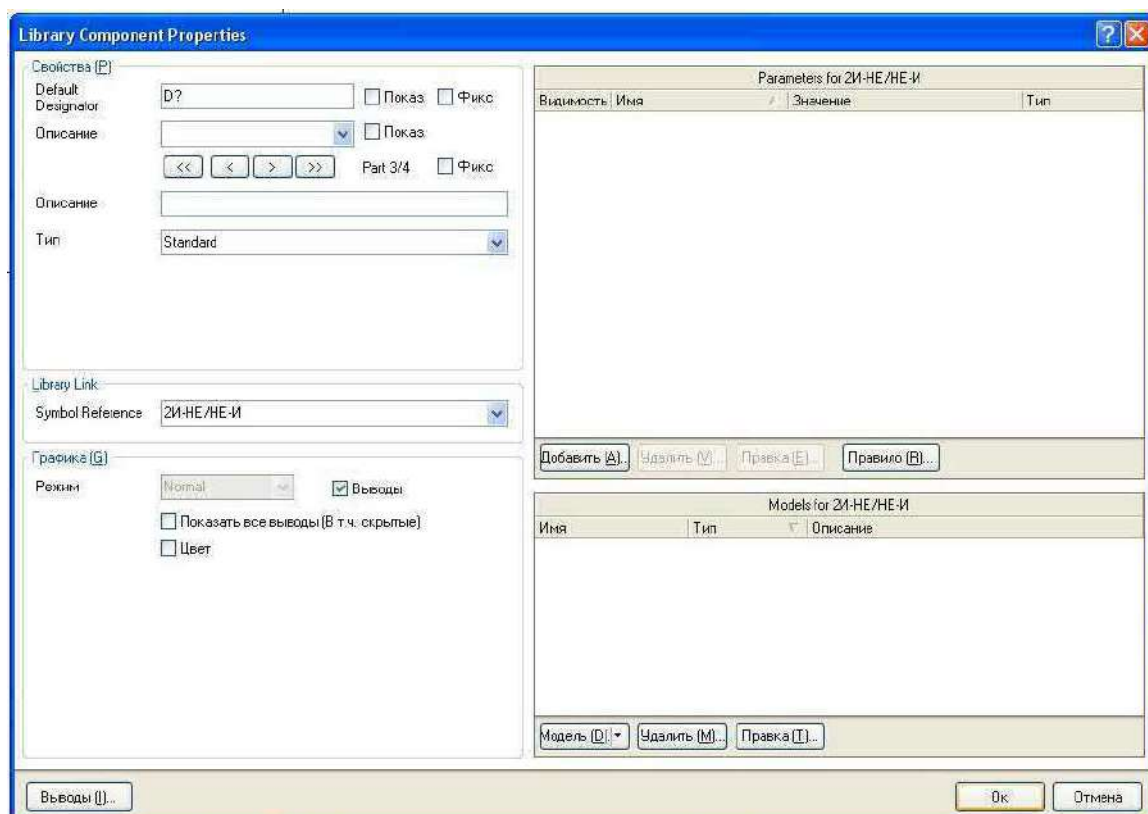


Рис.2.20

В окне **Default Designator** записать D?, а в окне **Symbol Reference** имя УГО. Нажать кнопку **Выводы**. Откроется окно **Редактирование выводов компонента** (рис.2.21).

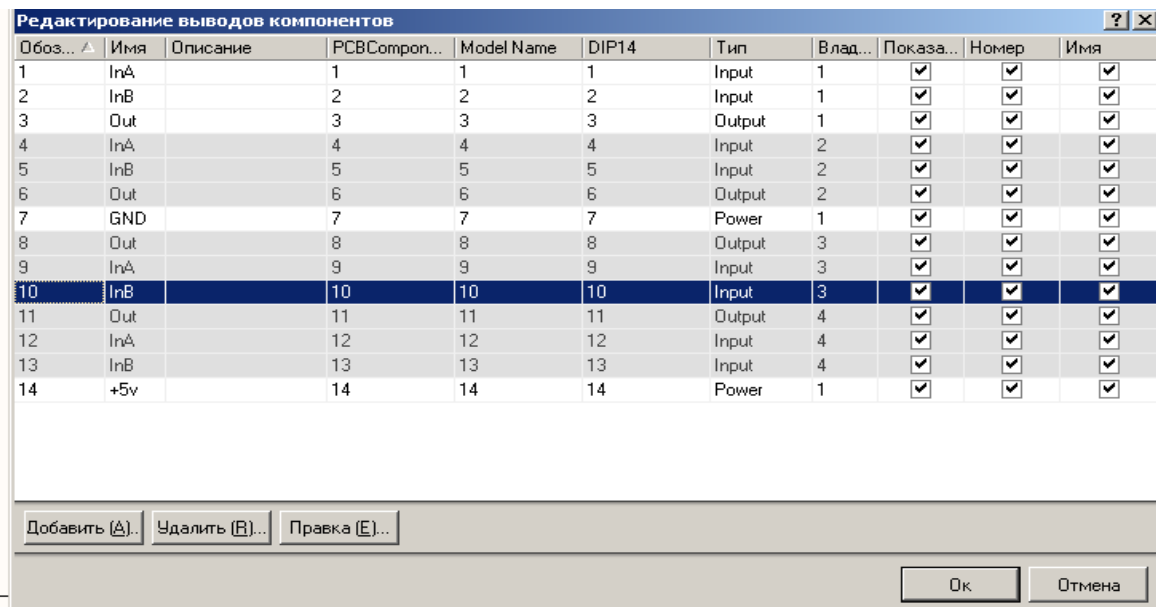


Рис.2.21

При необходимости отредактировать выводы. Нажать **Ок**. Получили элемент **2И-НЕ** (рис.2.22).

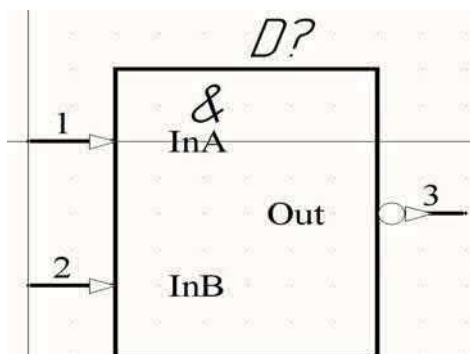


Рис.2.22

Чтобы проверить наличие ошибок, необходимо выполнить команды **Отчеты / Проверка компонента** (рис.2.23). В открывшемся окне вставить везде галочки (рис.2.24) и нажать **Ок**.

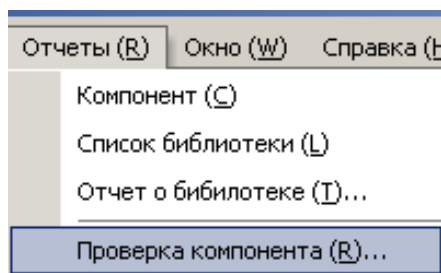


Рис.2.23

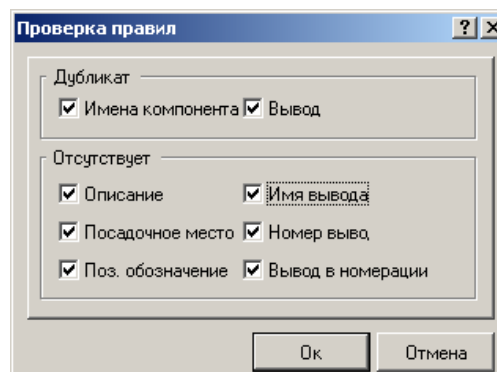


Рис.2.24

Будет выведен файл ошибок (рис.2.25). Чтобы сохранить элемент **2И-НЕ**, в котором нет ошибок, надо выполнить команды **Файл / Сохранить все**.

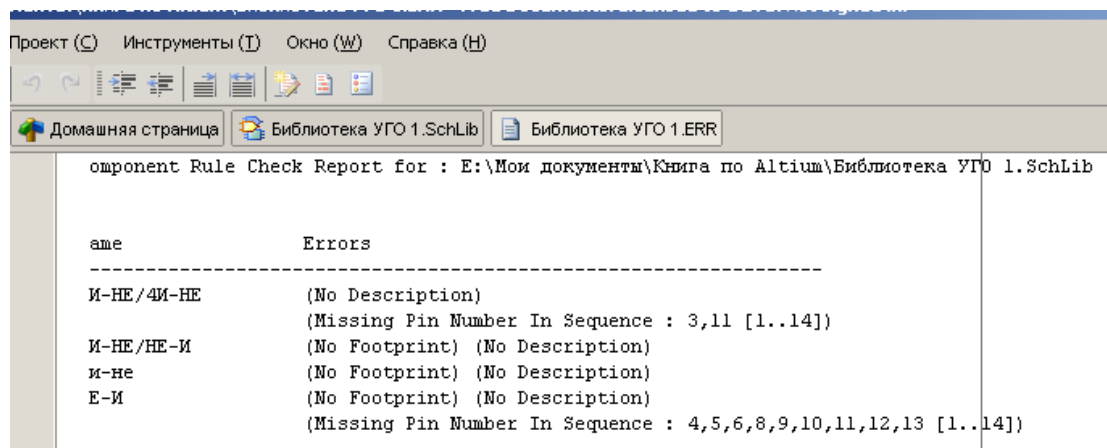


Рис.2.25

2.3. Порядок выполнения работы

1. Через кнопку Пуск в меню Программы загрузить САПР Altium Designer.
2. Открыть редактор схем **Schematic**.
3. Установить начальные настройки рабочего поля.
4. Создать библиотеку УГО ЭРЭ.
5. Создать УГО элементов НЕ-И и 2И-НЕ.
6. Сохранить результат.

2.4. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Сведения о графическом редакторе **Schematic**.
3. Порядок создания библиотеки УГО и элементов НЕ-И и 2И-НЕ.
4. Эскизы схем УГО.
5. Выводы.

2.5. Контрольные вопросы

1. Каким образом выполняются основные настройки редактора УГО?
2. Как настраивается шаг, вид и цвет сетки?
3. Как задается тип шрифта?
4. Каким образом задаются основные примитивы системы?
5. Как изменяется масштаб изображения?

6. Каким образом задаются основные параметры входных и выходных выводов ЭРЭ?
7. Каким образом задается на экране видимая сетка в виде линий или точек?
8. Как задаются основные параметры выводов питания и корпуса ЭРЭ?
9. Как пополнить содержимое библиотеки УГО новыми элементами?
10. Какой порядок присвоения элементам схемы позиционных обозначений?
11. Каков порядок создания УГО элемента НЕ-И?
12. Каков порядок создания УГО элемента 2И-НЕ?
13. Каким образом выполняется вращение УГО элементов?
14. Каким образом выполняется прорисовка контура УГО?
15. Какими командами выполняется размещение текстовой строки?
16. Какими командами выполняется сохранение результатов проектирования?

Лабораторная работа №3. Разработка в САПР Altium Designer конструкторско-технологических образов РЭК

Цель работы – изучение методики разработки посадочных мест печатных плат средствами САПР *Altium Designer*; приобретение навыков разработки посадочных мест конструктивных элементов РЭС.

3.1. Основные настройки редактора посадочных мест

Открыть менеджер проекта САПР *Altium Designer*. Для этого выполнить команды **Файл / Открыть Плата печатная.PrjPCB**. Если на экране не появился менеджер проектов, то в нижней части экрана щелкнуть ЛК по команде **System** и выбрать **Projects** (рис. 3.1).

В подпапке **Libraries / PCB Library Documents** щелкнуть дважды ЛК по названию **Библиотека посадочных мест** (рис. 3.2).

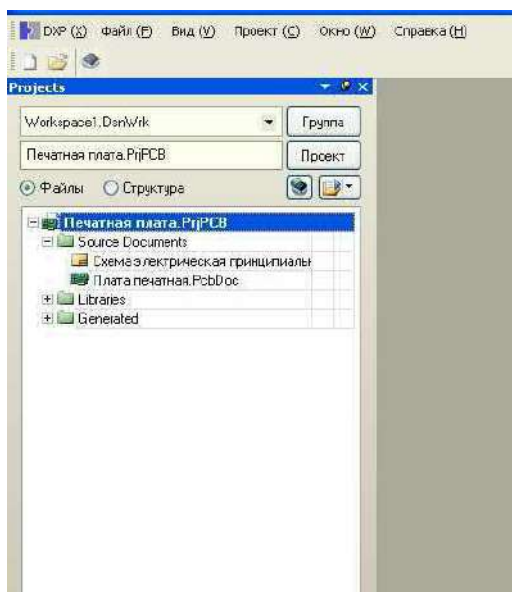


Рис.3.1

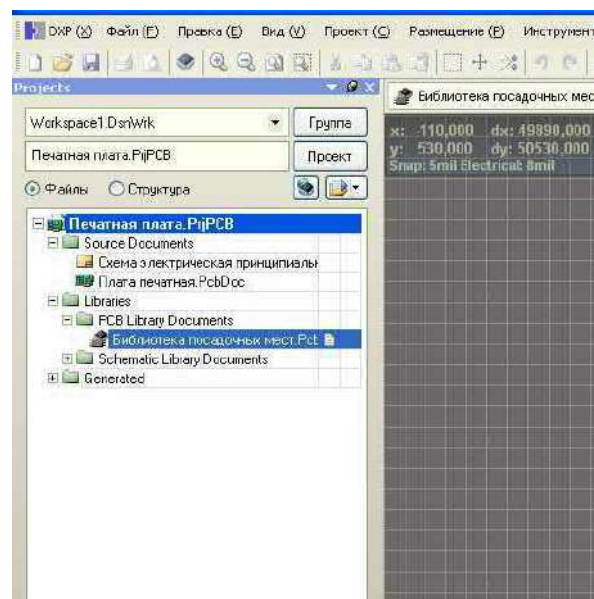


Рис.3.2

Щелкнуть ПК и выполнить команды **Опции / Свойства платы** (рис. 3.3). Открывает окно **Свойства платы (Параметры платы)** (рис 3.4,а), в котором необходимо установить: единицы измерения **Metric**, шаг сетки 1mm, сетка компонента 1mm, электрическая сетка 1 mm, в поле Видимая сетка: Вид **Lines** (сплошная линия) или **Dots** (точками) первая 1 x Snap Grid, вторая 10 x Snap Grid, в поле Положение листа: $x = 0; y = 0$, ширина и высота 1500 мм. Далее выполнить команды **Инструменты / Grid Manager**. Откроется одноименная панель, на которой щелкнуть ПК и в выпавшем меню выбрать **Properties** (рис.3.4,б). Откроется окно **Cartesian Grid Editor**, в котором в поле Шаги задать шаг по OX 1 мм, а в поле **Отображение** выбрать **Lines**, **Коэффициент** 10 шаг сетки (рис.3.4,в).

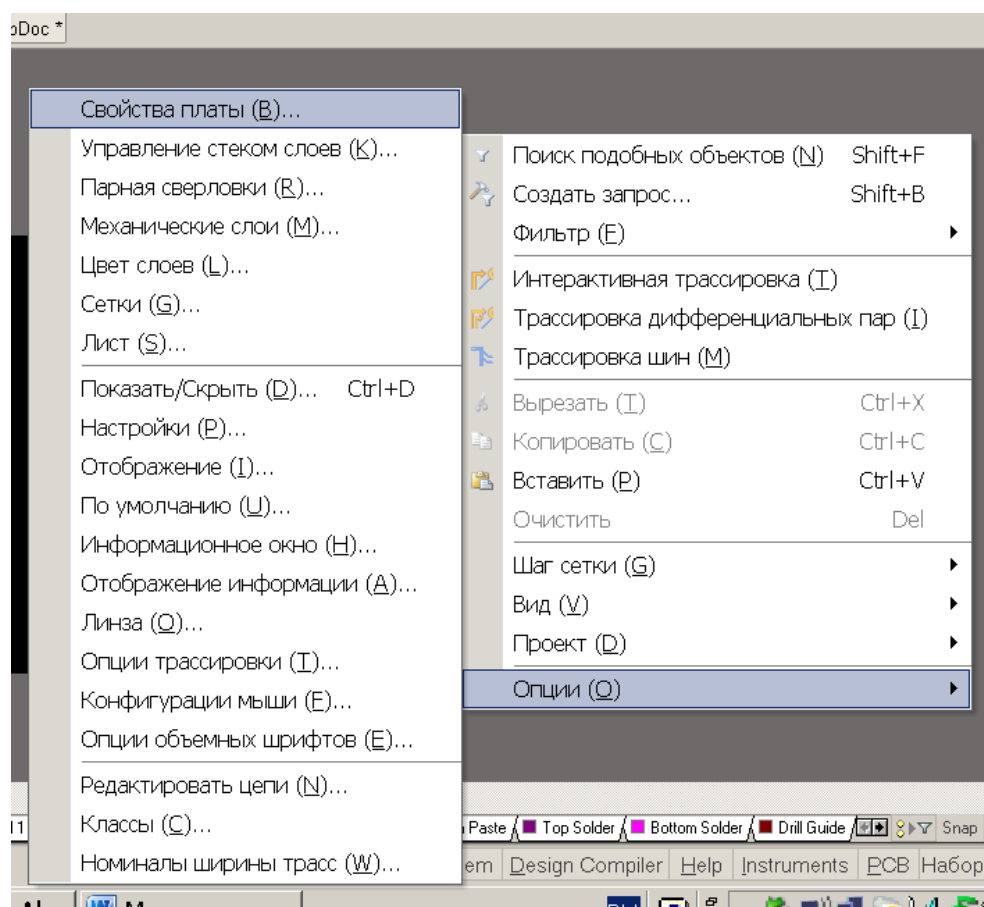


Рис.3.3

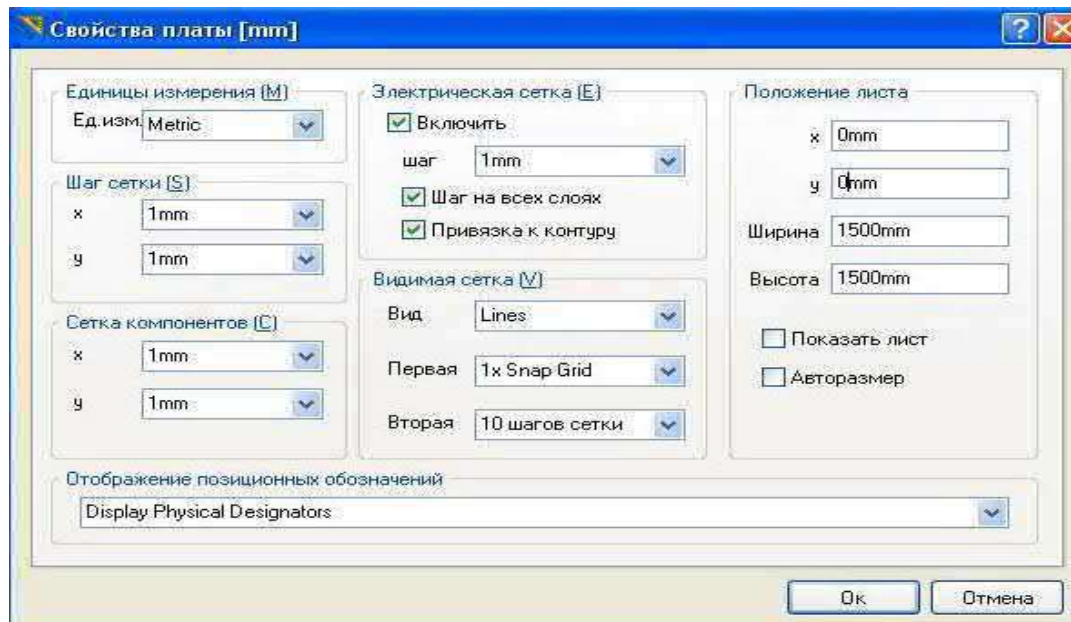


Рис.3.4,а

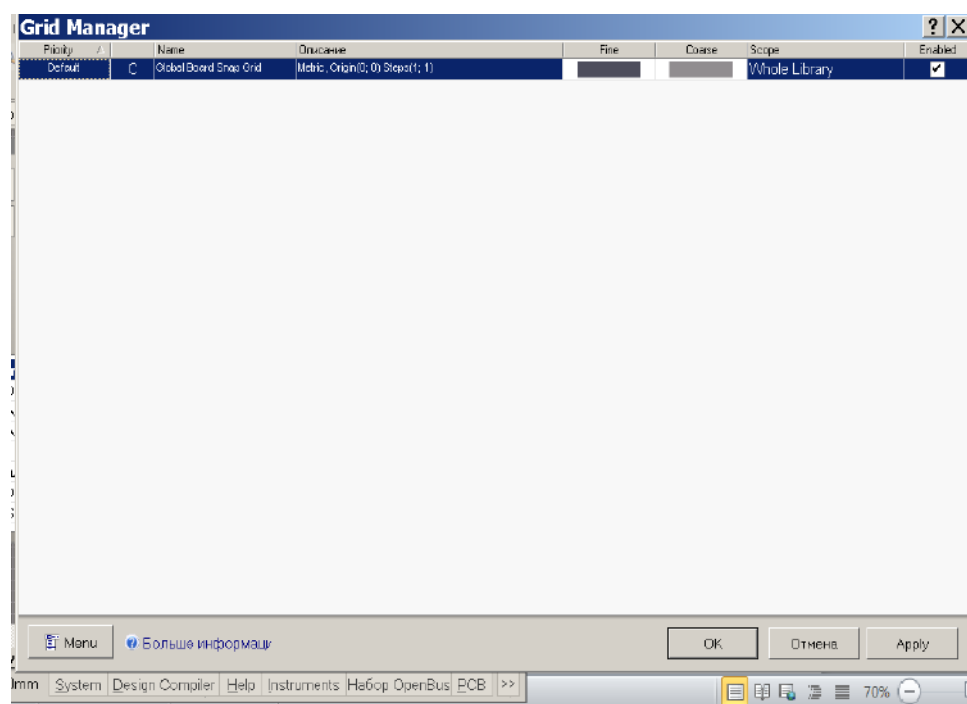


Рис.3.4,б

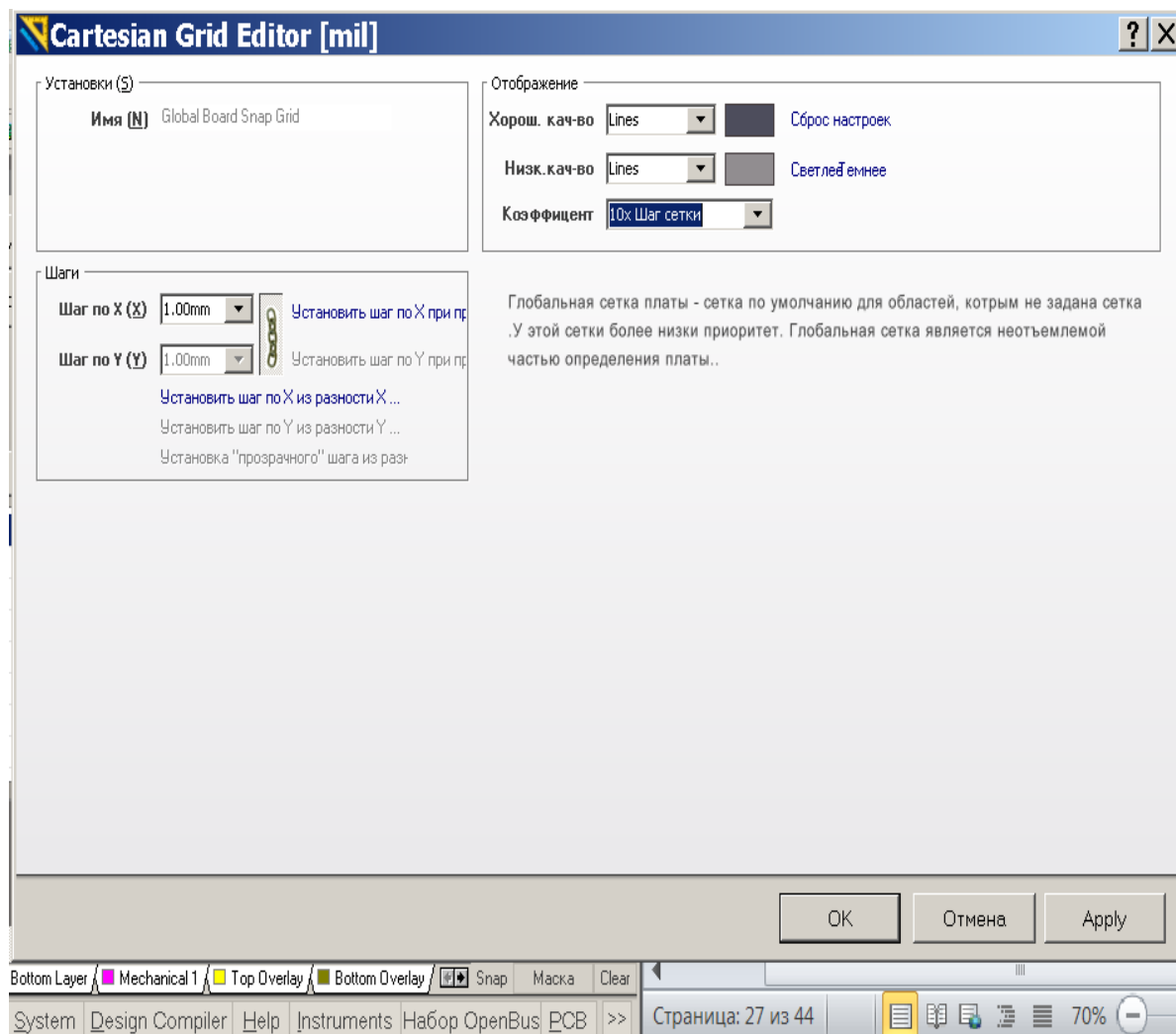


Рис.3.4,в

3.2. Создание посадочного места микросхемы 133ЛА6 с планарными выводами

Для создания посадочного места (ПМ) необходимо в менеджере открыть **PCB Library, ... PCBLib**, затем справа в нижней части экрана выполнить команды **PCB / PCB Library**. Открывается менеджер библиотеки компонентов, который можно переместить в необходимое место экрана (рис.3.5,а).

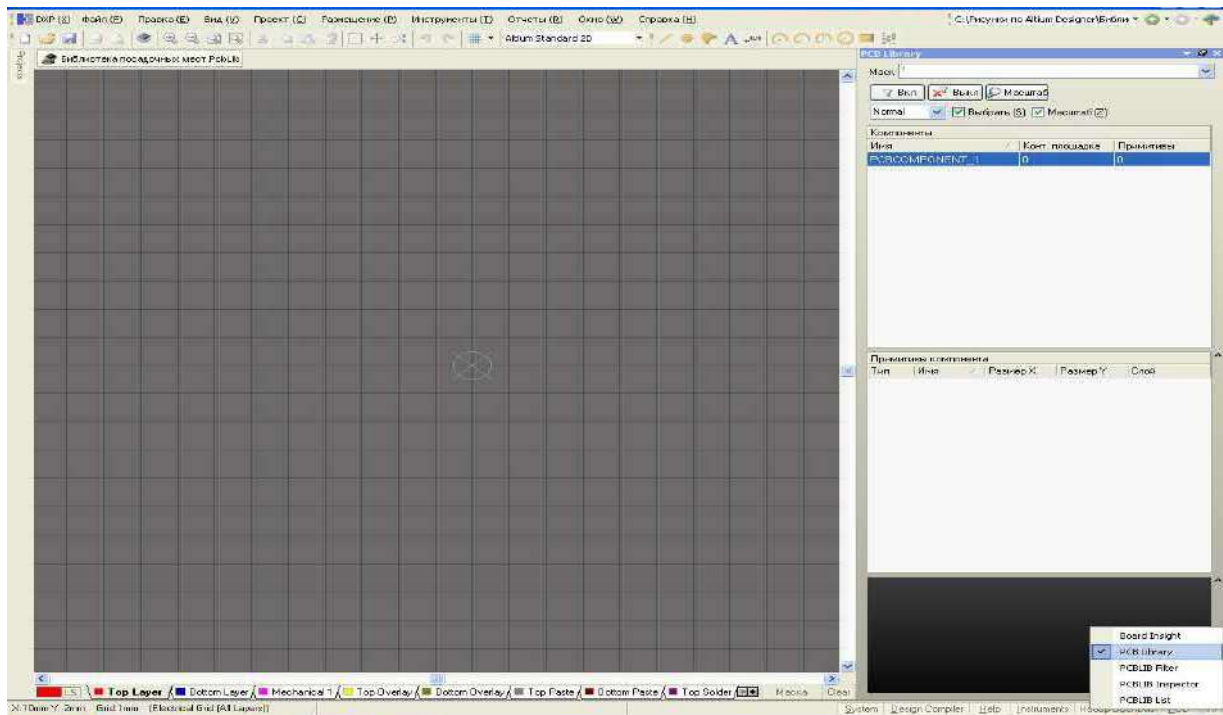


Рис.3.5,а

При создании нового посадочного места надо щелкнуть ПК в поле Компоненты менеджера библиотеки компонентов **PCB Library**. Выпадет меню, в котором выбрать **Новый бланк компонента** (рис.3.5,б). В поле Компоненты появится запись создаваемого посадочного места PCBCOMPONENT 0 0. Чтобы присвоить ему название надо щелкнуть ЛК по этому названию, а затем ПК. В выпавшем меню выбрать **Свойства компонента** (рис.3.5,в).

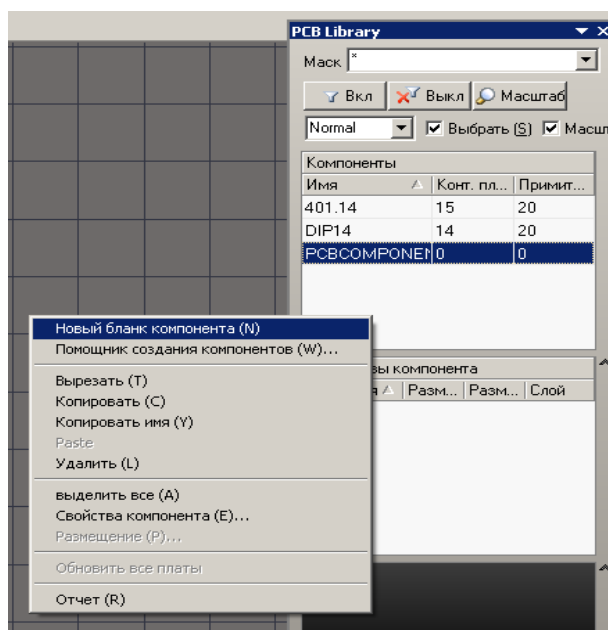


Рис.3.5,б

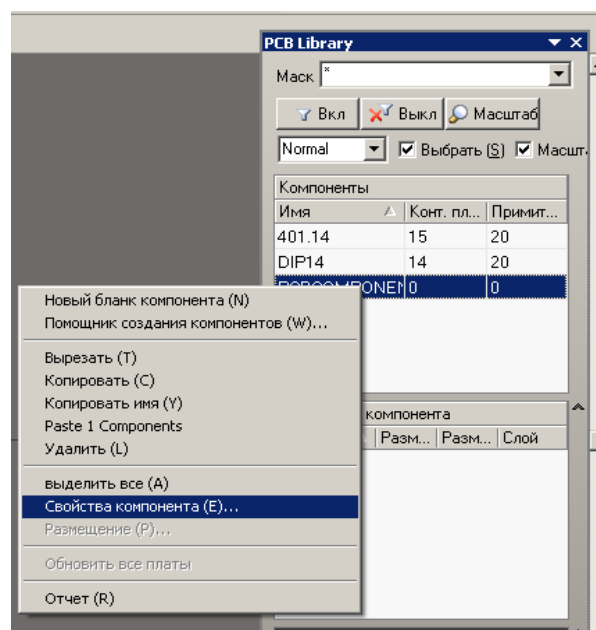


Рис.3.5,в

Откроется окно **Посадочное место компонента** (рис.3.6,а), в котором записать название посадочного места ЭРЭ.

В нижней части рабочего поля выбрать верхний слой - **Top Layer**. Для этого использовать две объединенные небольшие стрелки, расположенные внизу справа от названия слоев платы. Затем задать шаг сетки = **1.25** мм. Для этого нажать **Shift+Ctrl+G**. Откроется окно, в котором выставить указанный размер (рис.3.6,б) и нажать **Ок**.

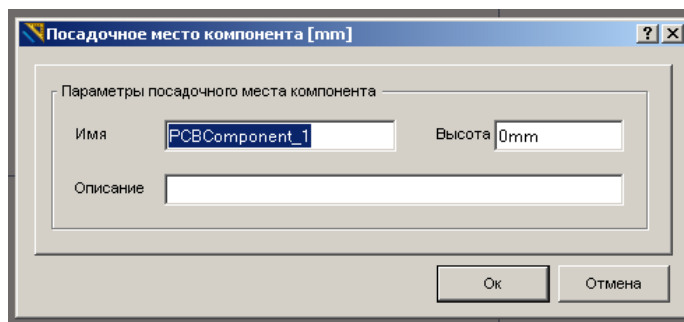


Рис.3.6,а



Рис.3.6,б

Выполнить команды **Размещение / Контактная площадка** и нажать **TAB**. Откроется окно настройки контактных площадок, в котором зададим Обозначение – 1, слой **Top Layer**, галочку – **металл**, размер **2,1x0,8** мм, форма – **Rectangular** (рис.3.7,а), нажать **Ок**.

Первую КП установить в начало координат. Для этого на рабочем поле щелкнуть ЛК и нажать клавишу **J**. Откроется окно **Jump To Location**. В нем задать по оси ОХ и оси ОУ значения 0 и нажать **Ок** (рис.3.7,б). На рабочем поле в указанном месте появится перечеркнутый кружок. Щелкнуть по нему ЛК. Появится 1-я КП, нажать ЛК, затем ПК.

Top Layer / Top Paste / Top Solder

Положение

х: 0mm

у: 0mm

Поворот: 0.000

Информация об отверстии

Диаметр: 0mm

☒ Круг (B)

☐ Квадр.

☐ Шлиц

Свойства

Обозначение: 1

Слой: Top Layer

Цель: No Net

Тип: Load

Металл ☒ Фикс ☐

Jumper ID: 0

Настройки тестовых точек

Верх Низ

Изготовление ☐ ☐

Сборка ☐ ☐

Размеры и форма

☒ Общая ☐ Верх-Внутр-Низ ☐ По стеку

Длина	Ширина	Форма	Радиус скругления
2.1mm	0.8mm	Rectangular	50%

Редактировать по слоям...

Смещение от центра отверстия: 0mm 0mm

Зажужение паяльной пасты

☐ Задается правилами ☒ Индивидуально: 0.05mm

Превышение защитной маски

☐ Задается правилами ☒ Индивидуально: 0.10mm

☐ Закрыть сверху маской

☐ Закрыть снизу маской

Ок Отмена

Рис.3.7,а

Jump To Location [mm]

X-Location: 0

Y-Location: 0

Ок Отмена

Рис.3.7,б

Следующие шесть КП установить на расстоянии друг от друга с шагом 1.25 мм, затем отступить по оси ОУ вправо на 11.25 мм и установить следующие семь КП, перемещаясь снизу вверх. Размеры соответствуют справочным данным корпуса микросхемы. Каждый раз при размещении КП щелкать ЛК (рис.3.8).

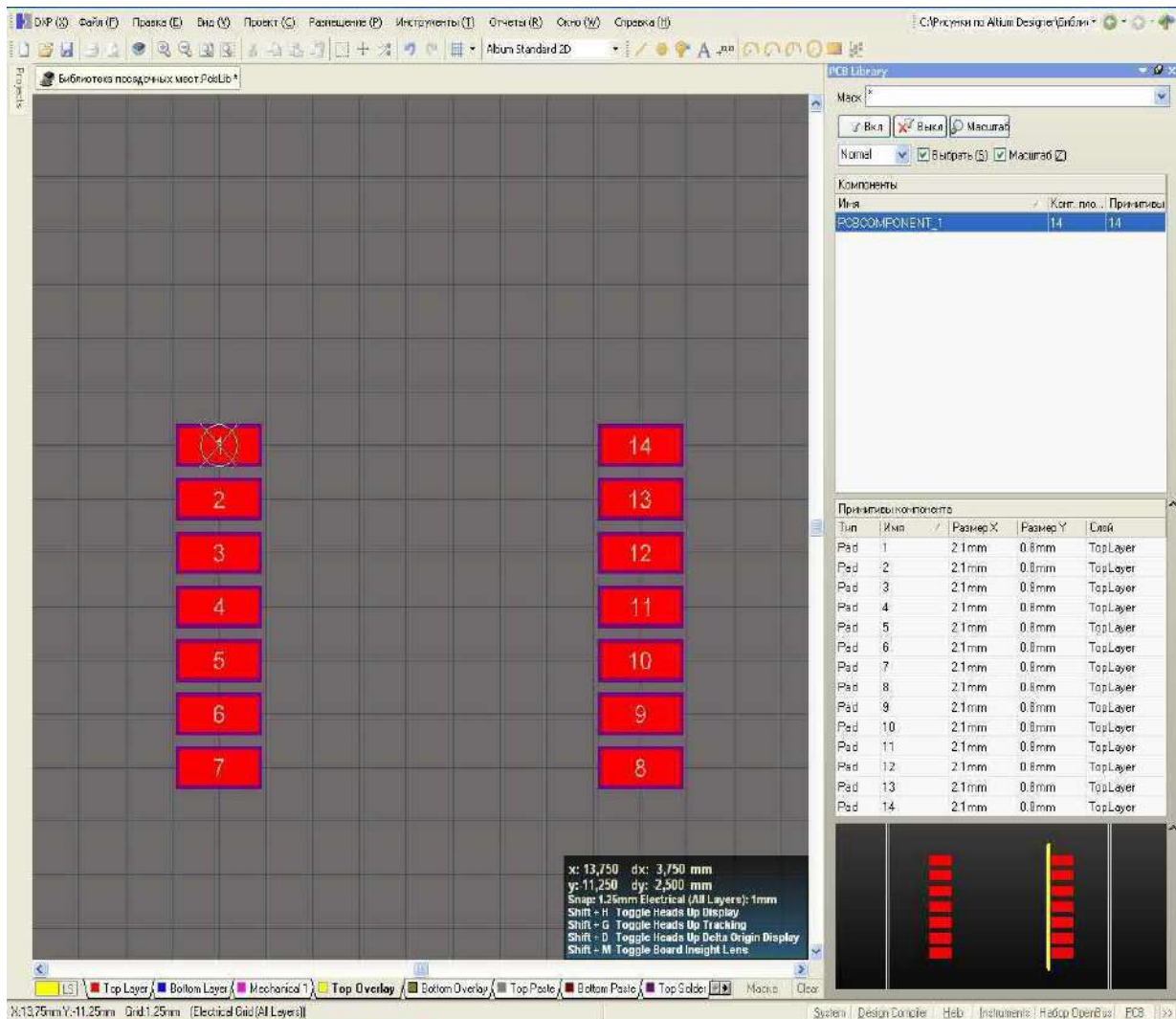


Рис.3.8

Теперь надо нарисовать контур микросхемы. Для этого выбрать слой **Top Overlay** и выполнить команды **Размещение / Линия**. Щелкая дважды в углах создаваемого контура и перемещая курсор в следующий, нарисовать контур микросхемы (рис.3.9). Завершить процедуру щелчком ЛК и затем ПК. Чтобы рисунок не перемещался по экрану за курсором, надо завершить процедуру щелчком ПК в рабочем поле.

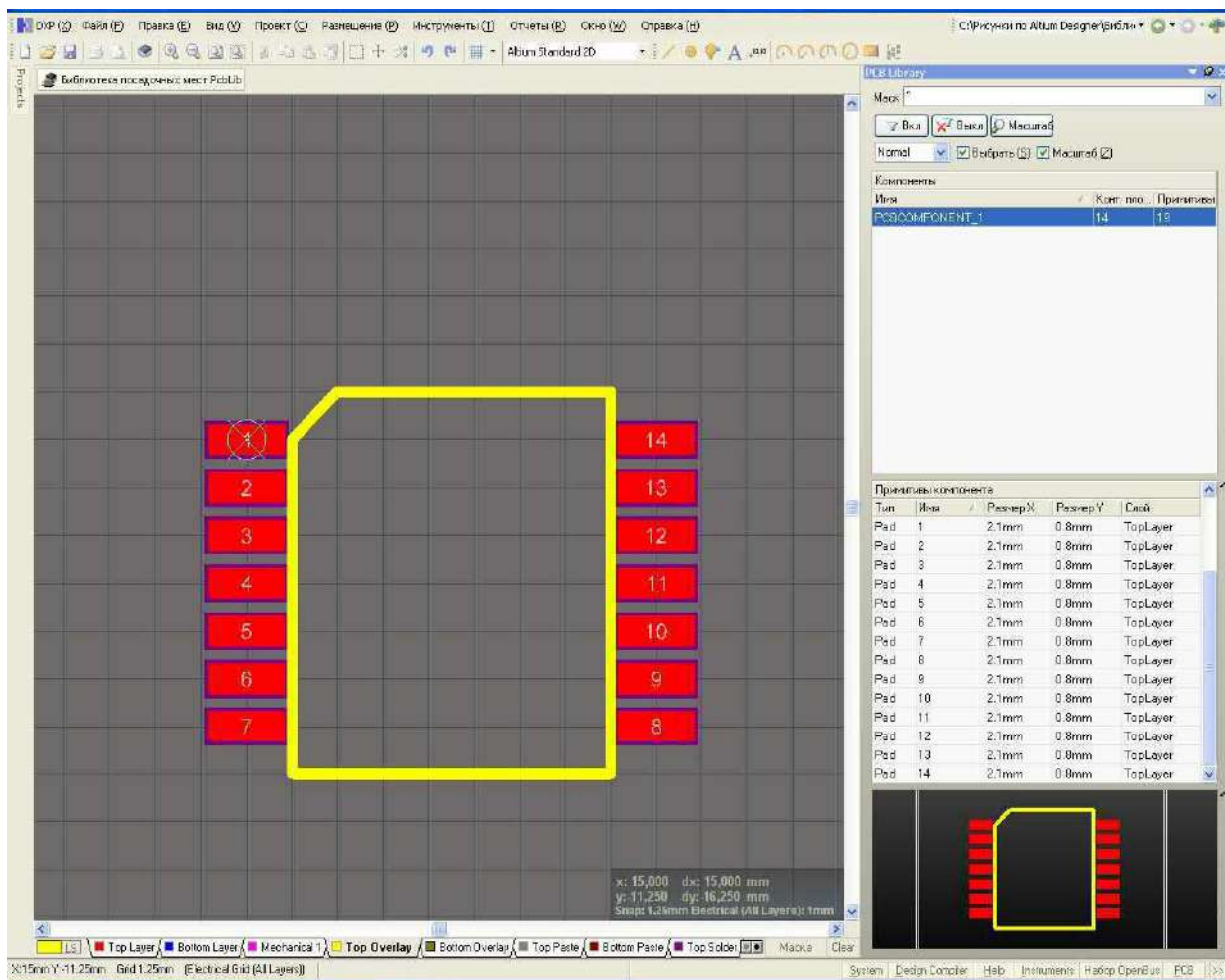


Рис. 3.9

После этого в поле **Компоненты** окна **PCB Library** двойным щелчком ЛК по названию компонентов открыть окно **Посадочное место компонента**, в котором указать тип ПМ 401.14 (рис.3.10). Нажать **Ок**.

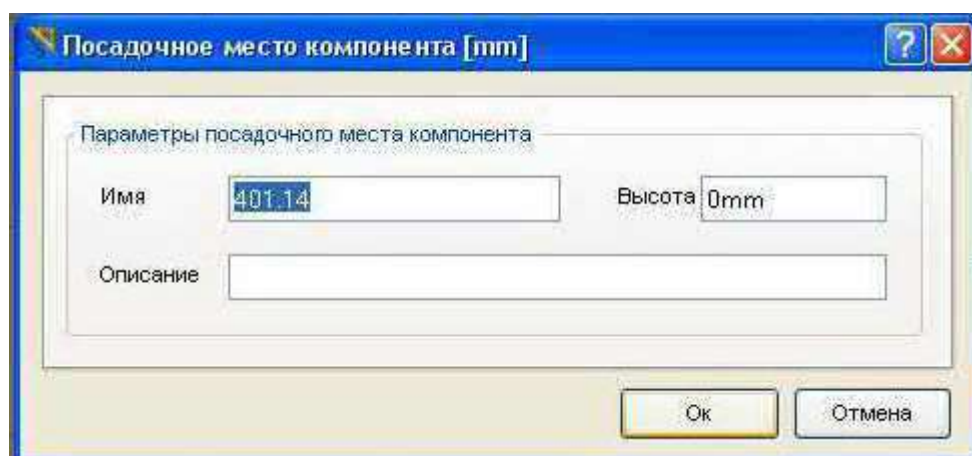


Рис.3.10

Выполнить команды **Файл / Сохранить все**.

3.3. Создание посадочного места микросхемы K511 ПУ2 со штыревыми выводами

В нижней части экрана справа щелкнуть ЛК по **PCB / PCB Library**. Откроется менеджер библиотеки компонентов, который можно за синюю полосу переместить в необходимое место экрана (рис.3.11). Щелкнуть ПК в поле **Компоненты** окна менеджера **PCB Library**, откроется меню, в котором выбрать **Новый бланк компонента**.

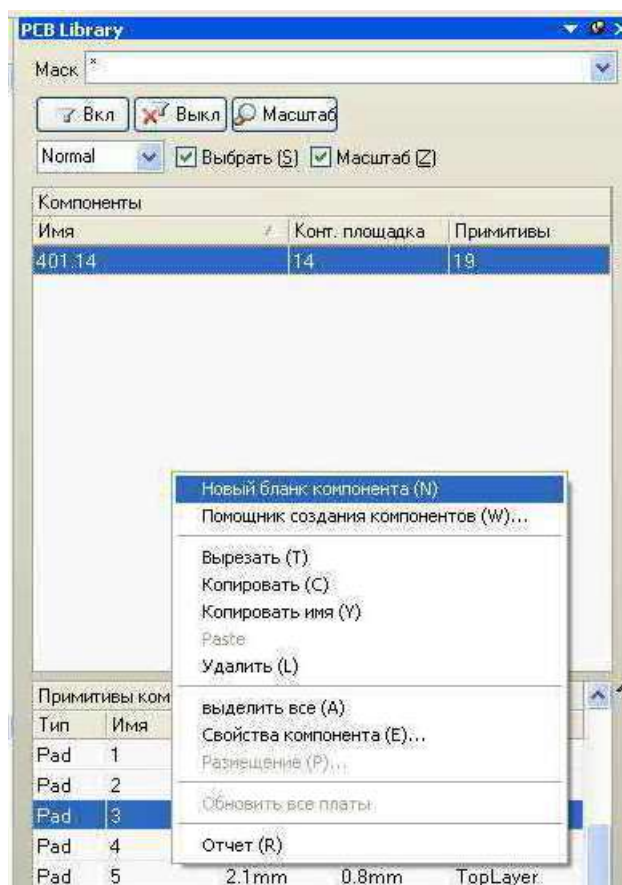


Рис.3.11

Для исключения ошибки при установке микросхемы на плату, все КП, кроме 1-й, задаем круглой формы, а 1-ю КП – квадратной формы. В таблице **Имя** поля **Компоненты** добавится строка с названием **PCB Component_1**. В нижней части рабочего поля выбрать верхний слой **-Top Layer**, сетку задать с шагом 1.25 мм. Для этого нажать **Ctrl+G**. Откроется окно, в котором выставить указанный размер (см. рис.3.6,б) и нажать **OK**.

Выполнить команды **Размещение / Контактная площадка** и нажать **TAB**. Откроется окно настройки контактных площадок - **Контактная площадка**, в котором задать в поле **Свойства**: Обозначение 1, слой **Multi - Layer**, цепь – **No Net**, тип **Load**, галочку металл, в поле **Размеры и форма** выбрать **Верх-Внутр-Низ** задать

в поле длина везде – 1.4, в поле ширина – 1.4, в поле форма **Rectangular**, смещение от центра отверстия – 0 мм, в поле **Залужение паяльной пасты** – индивидуально 0, в поле **Превышение защитной маски** также индивидуально — 0.1 мм. Нажать **Ок**. (рис.3.12).

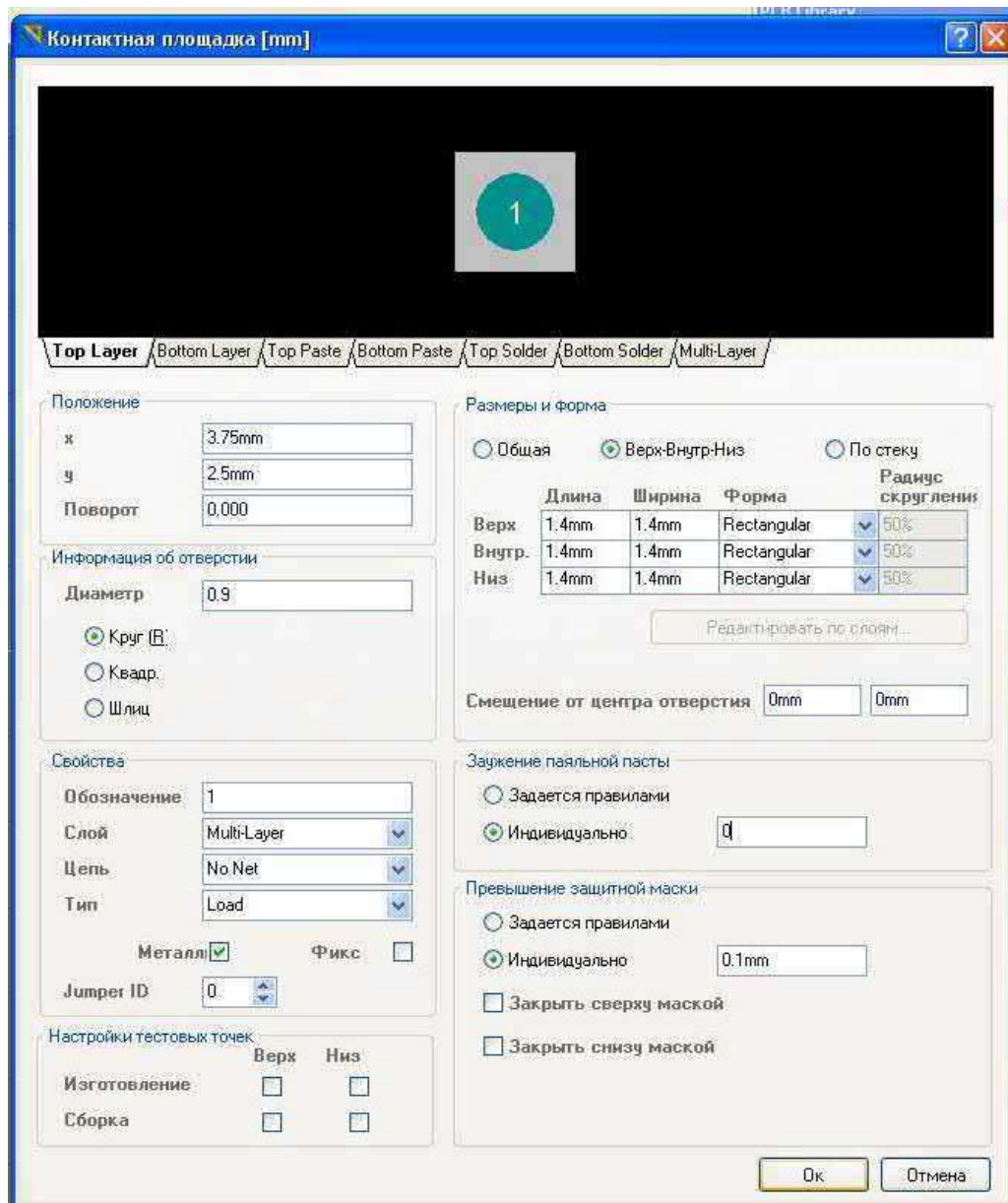


Рис.3.12

1-ю КП установить в начало координат. Для этого щелкнуть ЛК на рабочем поле и нажать клавишу **J**. Откроется окно **Jump To Location**. В нем задать по оси ОХ и оси ОУ значения 0 и нажать **Ок** (см. рис.3.7,б). На рабочем поле в указанном месте появится перечеркнутый кружок. Щелкнуть по нему ЛК, появится 1-я КП, щелкнуть ЛК, затем щелкнуть ПК. Следующие тринадцать КП имеют круглую форму, поэтому необходимо вернуться в меню **Контактная площадка**, для чего нажать **TAB**. В поле **Размеры и форма** в колонке **Форма** везде указать **Round** (круг). На-

жать **Ок**. Номер КП автоматически стал вторым и круглой формы. После этого с шагом 2,5 мм установить в левом ряду шесть КП, затем отступить по оси ОХ вправо на 7.5 мм и установить следующие 7 КП, перемещаясь снизу вверх (нумерация КП, как и выводов на микросхемах, выполняется против часовой стрелки). Каждый раз при размещении очередной КП нажимать ЛК. Получили 14 КП (рис.3.13).

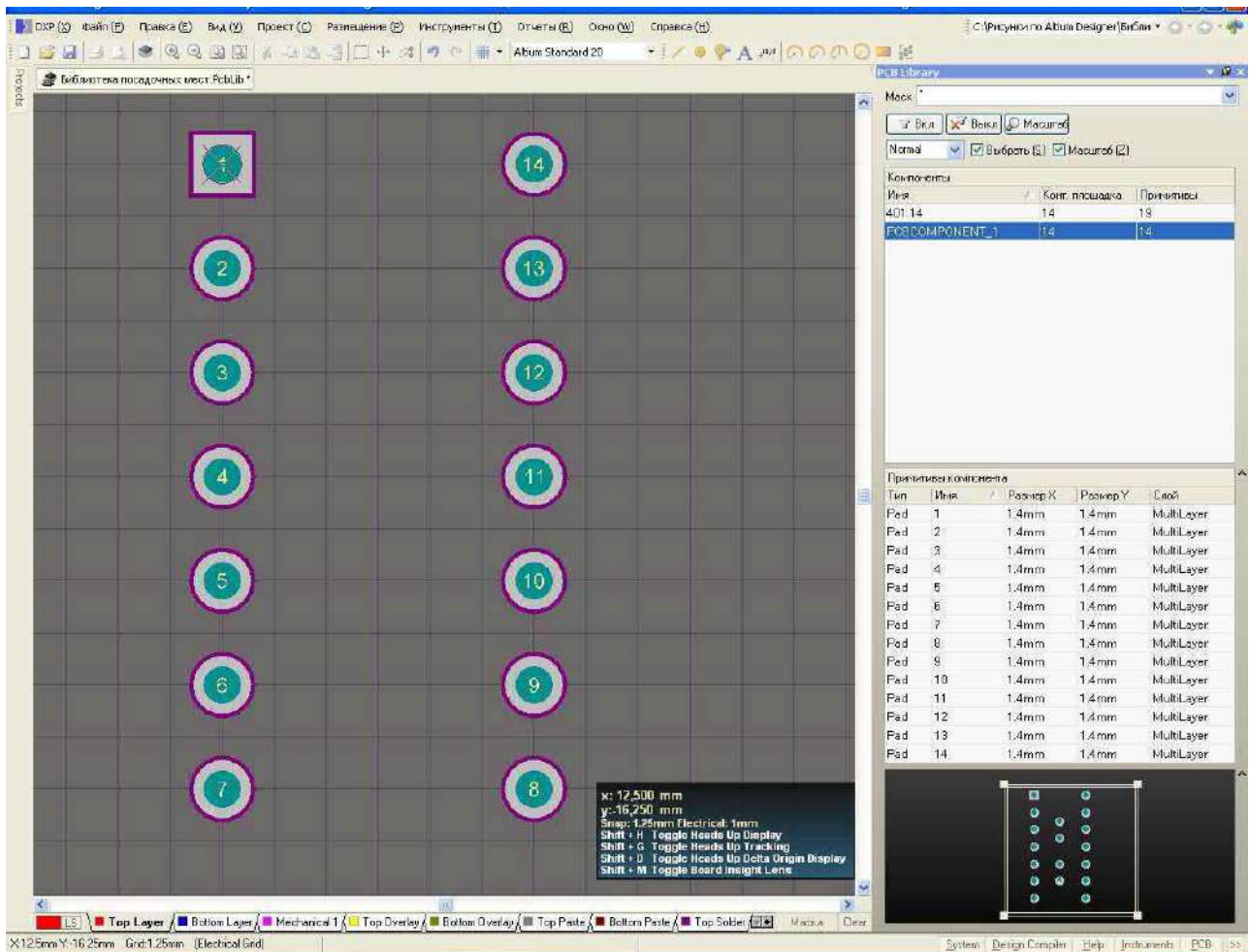


Рис.3.13

Нарисовать контур микросхемы. Для этого выбрать слой **Top Overlay**, выполнить команды **Размещение / Линия** и нарисовать контур микросхемы перемещением ЛК. Вначале щелкнуть ЛК в 1-й точке рисуемого контура, затем потянуть курсором линию до ближайшего поворота и щелкнуть ЛК, далее снова прорисовать продолжение линии, перемещая курсор. В последней точке нажать ЛК, затем ПК (рис.3.14) или нажать **ESC**. После этого в поле **Компоненты** выполнить двойной щелчок ЛК по названию компонентов. Откроется окно **Посадочное место компонента**, в котором указать тип ПМ DIP14, а в графе **Описание** указать K511ПУ (рис.3.15).

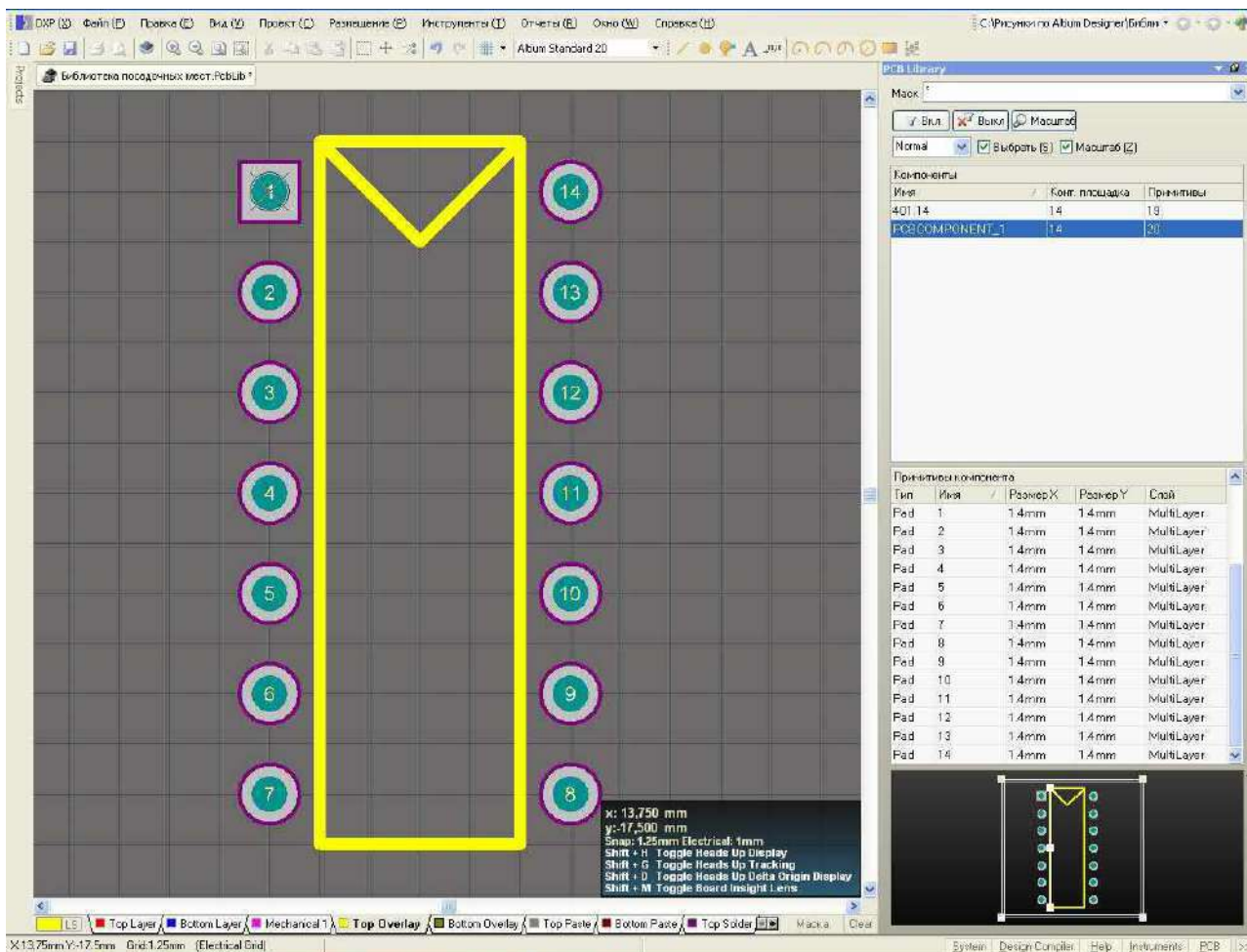


Рис.3.14

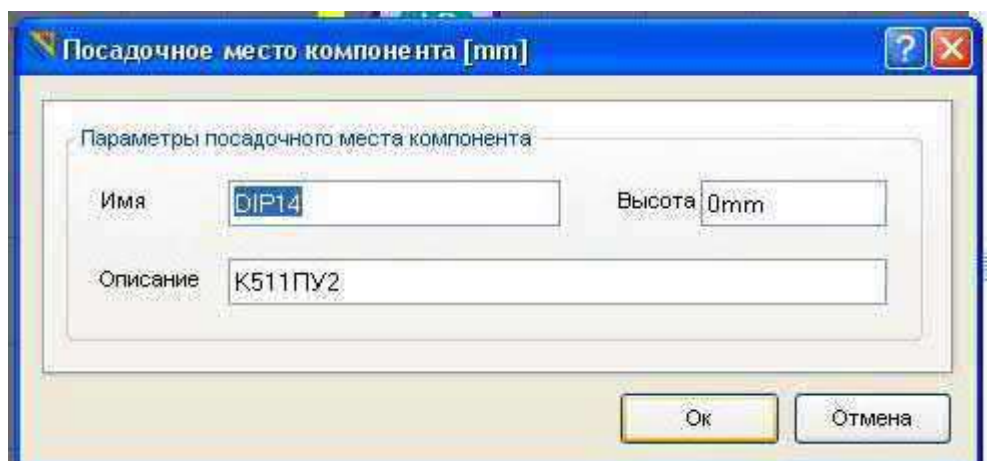


Рис.3.15

Проверить наличие ошибок. Для этого выполнить команды **Отчеты / Проверка компонента** (рис.3.16). В открывшемся окне поставить везде галочки (рис.3.17). Нажать **Ок**. Откроется отчет (рис.3.18).

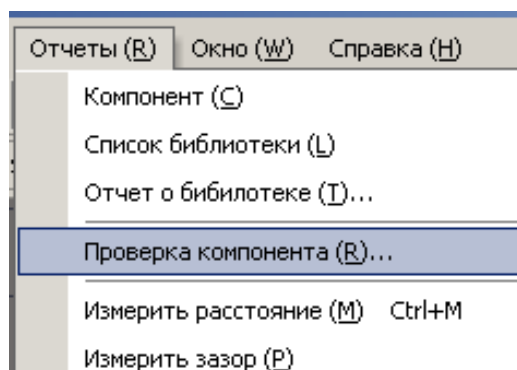


Рис.3.16

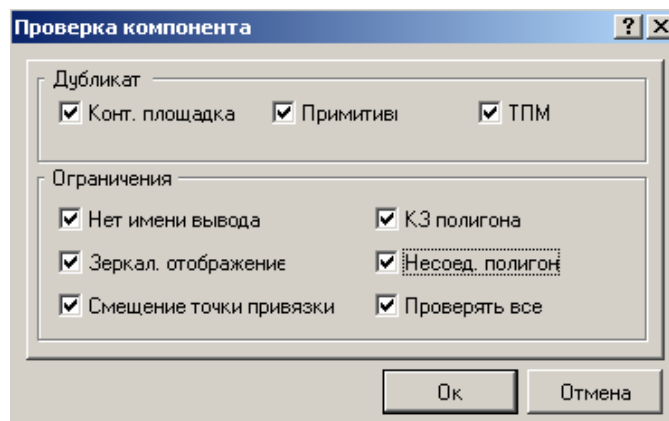


Рис.3.17

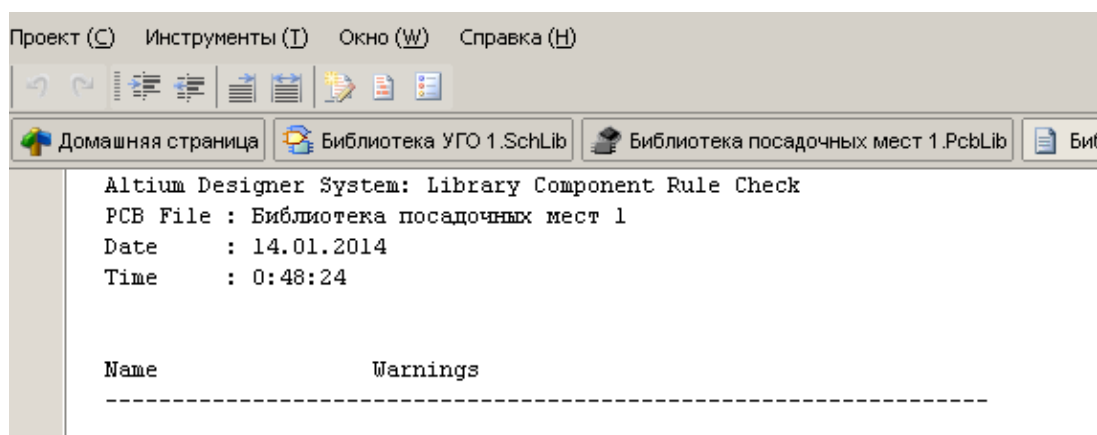


Рис.3.18

Если нет ошибок, выполнить команды **Файл / Сохранить все**.

3.4. Порядок выполнения работы

1. Через кнопку Пуск в меню Программы загрузить САПР Altium Designer.
2. Открыть редактор РСВ и создать файл библиотеки посадочных мест.
3. Выполнить начальные настройки рабочего поля.
4. Создать посадочное место для микросхемы с планарными выводами.
5. Создать посадочное место для микросхемы со штыревыми выводами.
6. Сохранить результат.

3.5. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Сведения о графическом редакторе РСВ и библиотеке посадочных мест.
3. Порядок создания посадочного места для микросхемы с планарными выводами.

- 4.Порядок создания посадочного места для микросхемы со штыревыми выводами
- 5.Эскизы посадочных мест или распечатки.
- 5.Выводы.

3.6. Контрольные вопросы

- 1.Каким образом выполняются основные настройки редактора ПМ?
- 2.Каким образом создается библиотека посадочных мест?
- 3.Поясните назначение основных команд редактора.
- 4.Как задается шаг сетки?
- 5.В каком слое размещаются контактные площадки микросхемы с планарными выводами?
- 6.В каком слое размещаются контактные площадки микросхемы со штыревыми выводами?
- 7.В каком слое размещается контур микросхемы?
- 8.Как задаются параметры контактной площадки для планарных выводов?
- 9.Как задаются параметры контактной площадки для штыревых выводов?
- 10.Поясните порядок создания посадочного места 401.14 для микросхемы 13ПА6?
- 11.Поясните порядок создания посадочного места тип ПМ DIP14 для микросхемы К511 ПУ2?
- 12.Каким образом задается на экране видимая сетка в виде линий или точек?

Лабораторная работа №4. Работа с библиотеками Altium Designer

Цель работы – изучение методики упаковки выводов конструктивных элементов средствами САПР *Altium Designer*; приобретение навыков упаковки выводов конструктивных элементов РЭС.

4.1. Упаковка выводов конструктивных элементов электронных средств

Запустить САПР *Altium Designer* и в меню **Файл / Открыть** выбрать свой проект – **Печатная плата.PrjPCB** (рис. 4.1).

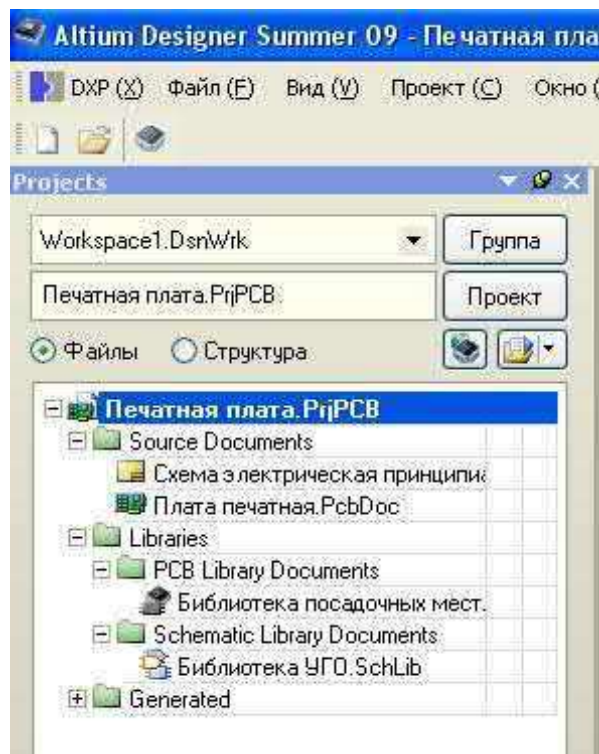


Рис.4.1

В менеджере проектов двойным щелчком ЛК выбрать **Библиотека УГО SchLib**. Открывается произвольное УГО ЭРЭ. Затем справа в нижней части экрана выбрать в меню **SCH**, щелкнуть по нему и в контекстном меню выбрать **SCHLibrary** (рис. 4.2).

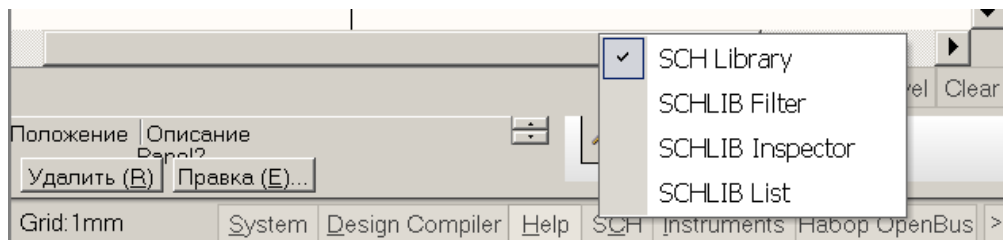


Рис.4.2

Открывается менеджер разработанной библиотеки УГО (рис. 4.3).

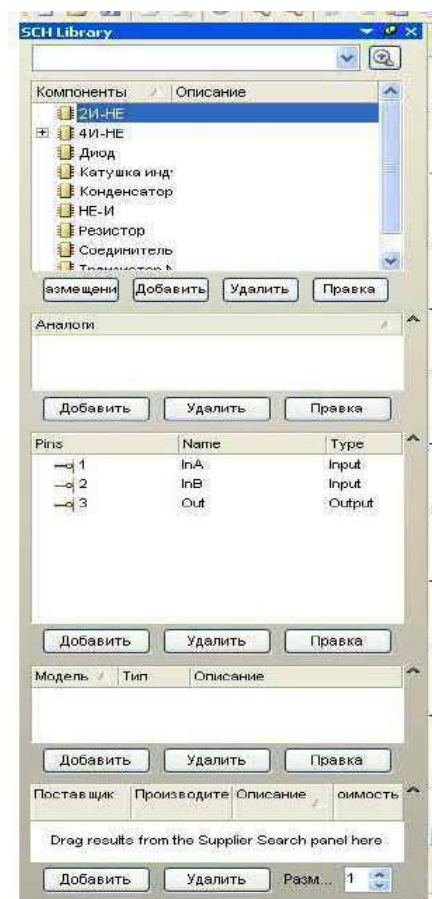


Рис.4.3

4.2. Создание библиотечного элемента микросхемы K511ПУ2

Микросхема K511ПУ2 состоит из двух секций НЕ-И и двух секций 2И-НЕ. Цоколевка дана в таблице 4.1. В менеджере библиотек в поле **Компоненты** щелчком ЛК по **НЕ-И** открываем этот элемент **НЕ-И**. Затем в менеджере библиотек переименуем элемент **НЕ-И** в элемент **2И-НЕ / НЕ-И**. Для чего дважды щелкнем ЛК по нему. Откроется окно **Library Component Properties** (рис. 4.4). Нажать **Ок**.

Таблица 4.1

№ вывода	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Название	E	In	Out	E	In	Out	Корп	Out	InB	InA	Out	InB	InA	+15

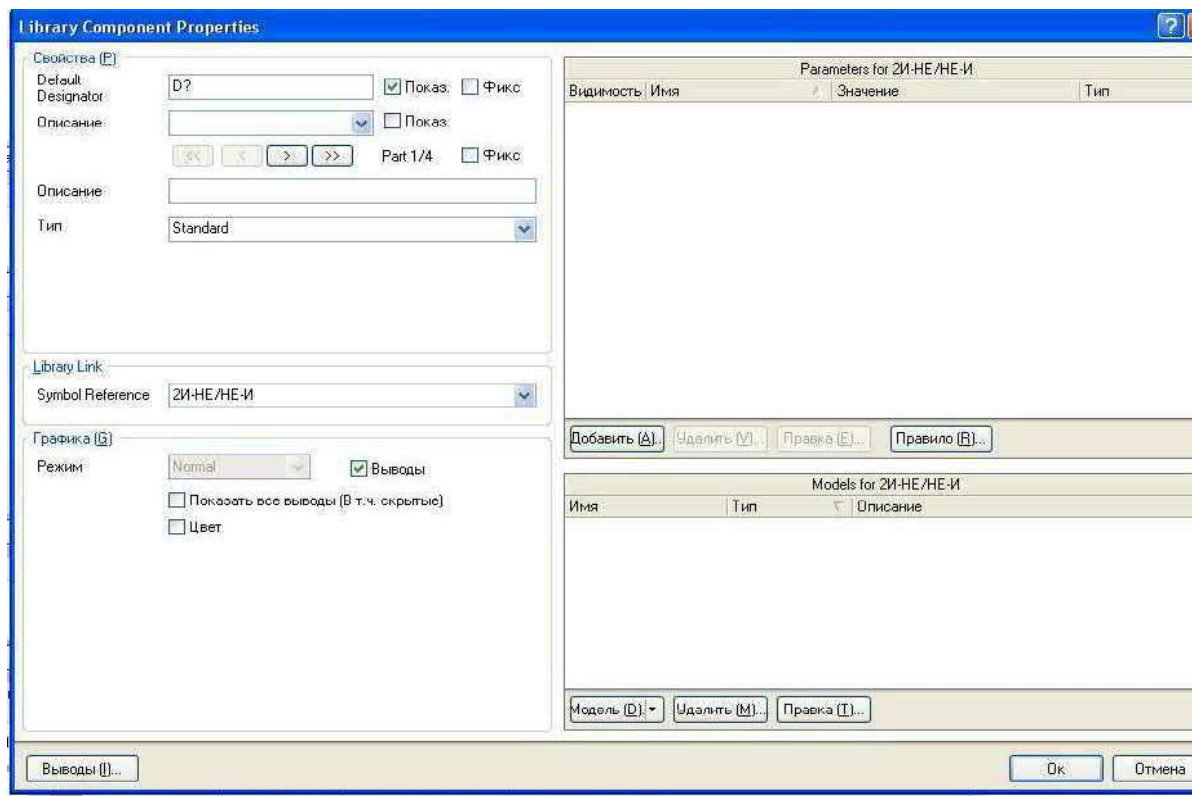


Рис.4.4

В меню **Инструменты** выбираем **Новая ячейка компонента** (рис. 4.2). В менеджере появился компонент Part A, затем повторим процедуру, и появится компонент Part B (рис. 4.5).

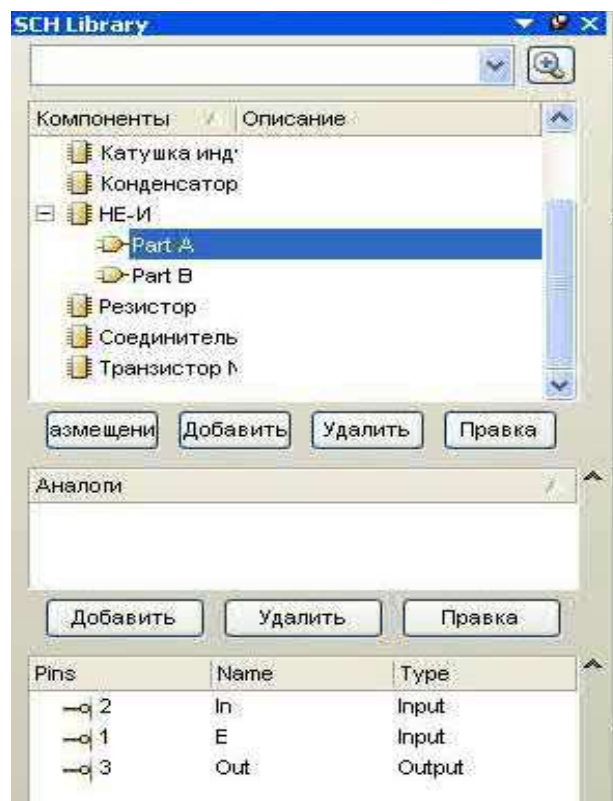


Рис.4.5

Part A есть, а чтобы получить **Part B**, надо скопировать изображение **Part A** охватывающим прямоугольником (Ctrl+C), щелкнуть ЛК на начало 1-го вывода, указав тем самым точку привязки (перекрестие). Затем щелкнуть в менеджере по изображению **Part B** и вставить в начало координат копию **Part A** (Ctrl+V). Для этого перемещением манипулятора при нажатой клавише **Ctrl** уменьшить масштаб до тех пор, пока не будут четко видны начала координат (рис. 4.6).

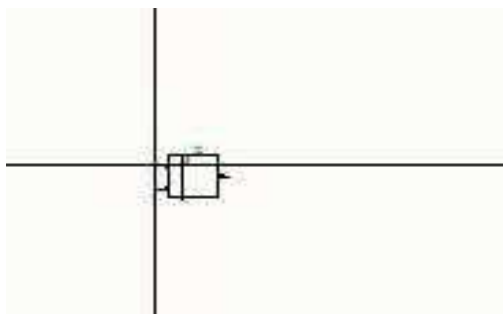


Рис.4.6

Теперь **Part B** надо отредактировать согласно цоколевке микросхемы. Для этого щелкнуть ЛК дважды по первому выводу и в открывшемся окне поменять номер первого вывода E с 1-го в соответствии с цоколевкой микросхемы на 4-й. Аналогично поступить со всеми выводами **Part B**: 2-й (In) на 5-й; 3-й (Out) на 6-й (рис. 4.7). Удаляем выводы 7 (GND) и 14 (+5 в). Одновременно поставить галочку **Скрыть**.

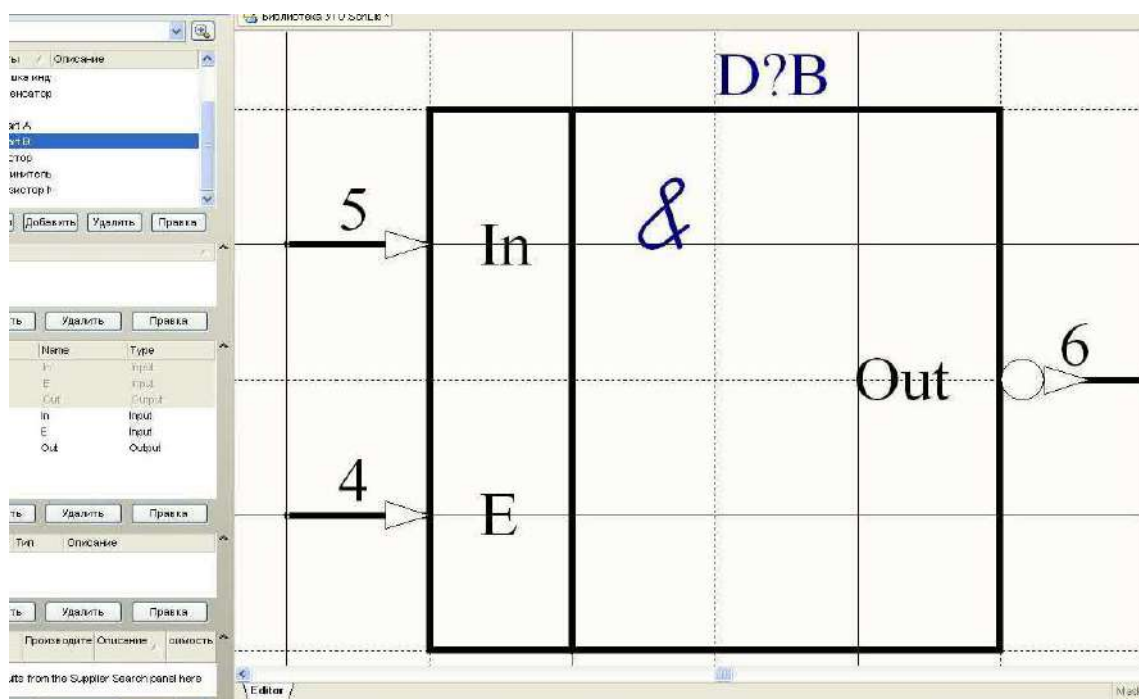


Рис.4.7

Поскольку в микросхеме 3-я и 4-я секции другого типа, командами **Инструменты / Новая ячейка компонента** дважды аналогично получить секции **Part C** и

Part D. Для этого в менеджере библиотек в поле компоненты выделить **2И-НЕ** щелчком ЛК и скопировать его. Щелкнуть по **Part C**, затем ЛК в рабочем поле в начале координат и вставить **2И-НЕ**, нажав Ctrl+V. После этого аналогично щелкнуть по **Part D** и вставить в него **2И-НЕ**. Теперь **Part C** надо отредактировать согласно цоколевке микросхемы K511ПУ2. Для этого щелкнуть ЛК дважды по выводу **In A** и в открывшемся окне **Свойства вывода** поменять его номер в соответствии с цоколевкой микросхемы на 13-й. Аналогично поступить со всеми выводами **Part C**: **In B** на 12-й; **Out** на 11-й. Нажать **Ок** (рис. 4.8).

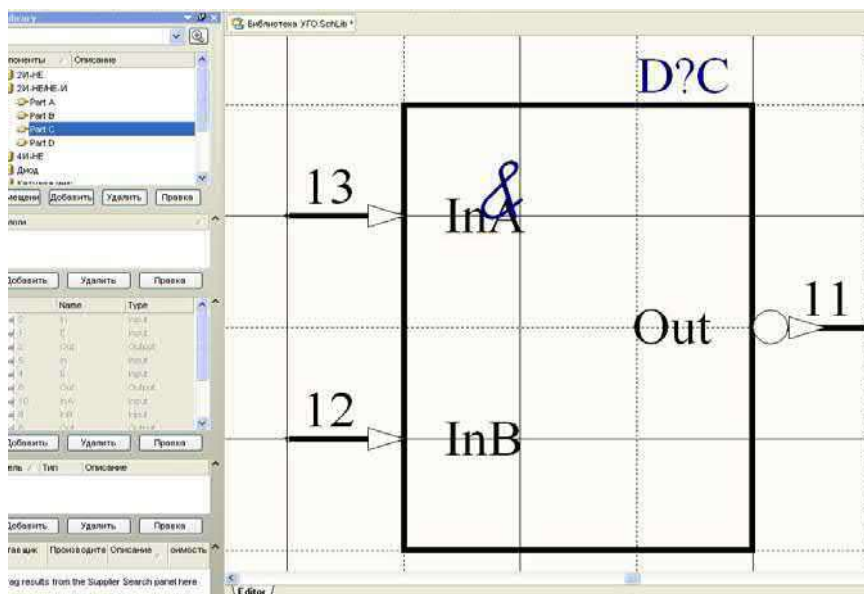


Рис.4.8

После этого скопировать его, щелкнуть по **Part D** и вставить сохранённый **2И-НЕ**. Далее его отредактировать: выводу **In A** присвоить номер 10, **In B** - номер 9, **Out** - номер 8 (рис. 4.9).

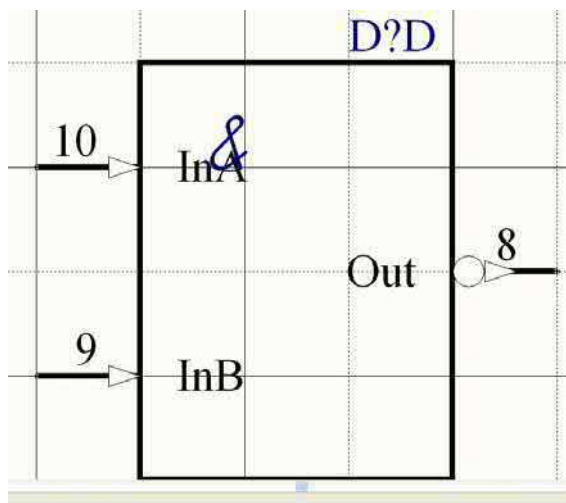


Рис.4.9

Затем в нижней части экрана в поле **Editor** щелкнуть по кнопке **Add Footprint**. Откроется окно **Модель компонента на плате**. В поле **Посадочное место** щелкнуть по кнопке **Обзор**. Откроется окно **Просмотр библиотек** (рис.4.10).

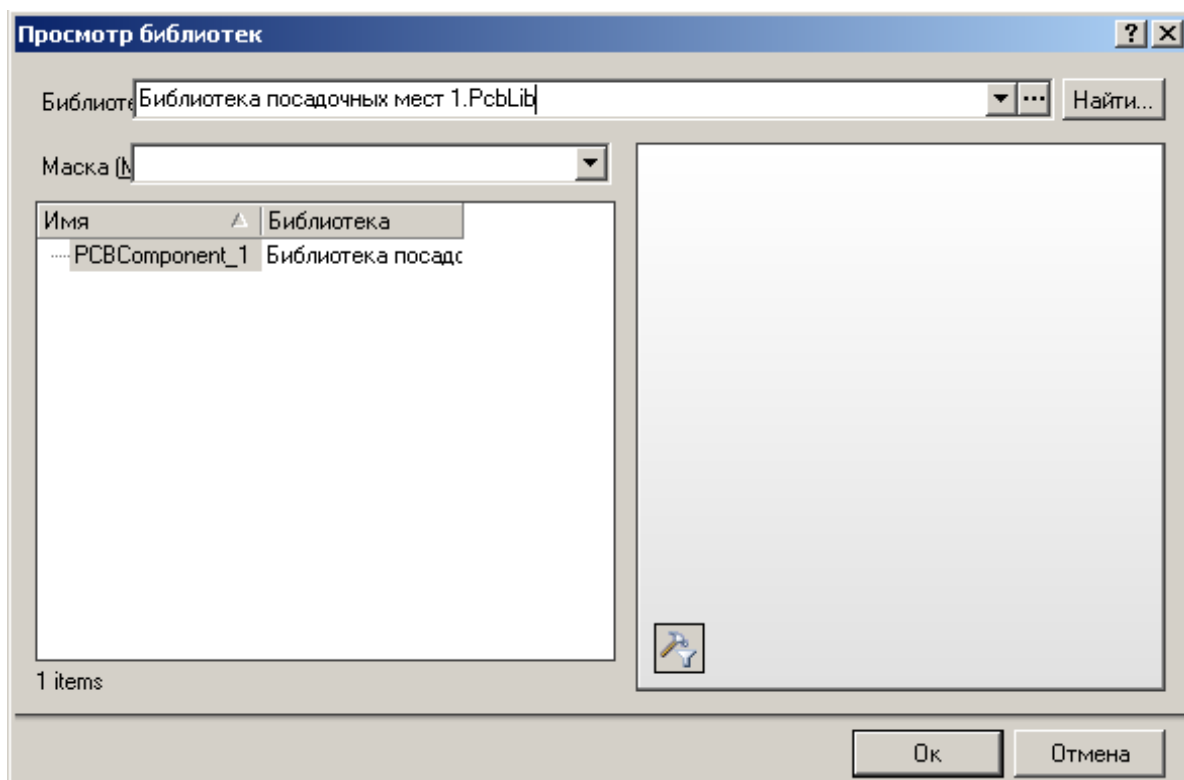


Рис. 4.10

В окне **Библиотека** высветится название **Библиотека посадочных мест .PcbLib**. В окне **Имя** выбрать тип корпуса **DIP 14** и нажать **Ок** (рис. 4.11). Далее в окне **Модель компонента на плате** щелкнуть по кнопке **Вывод**. Откроется дополнительное окно **Отображение модели**. По нему проверить соответствие выводов ВУГО с выводами корпуса микросхемы (рис. 4.12), нажать **Ок** в обоих окнах.

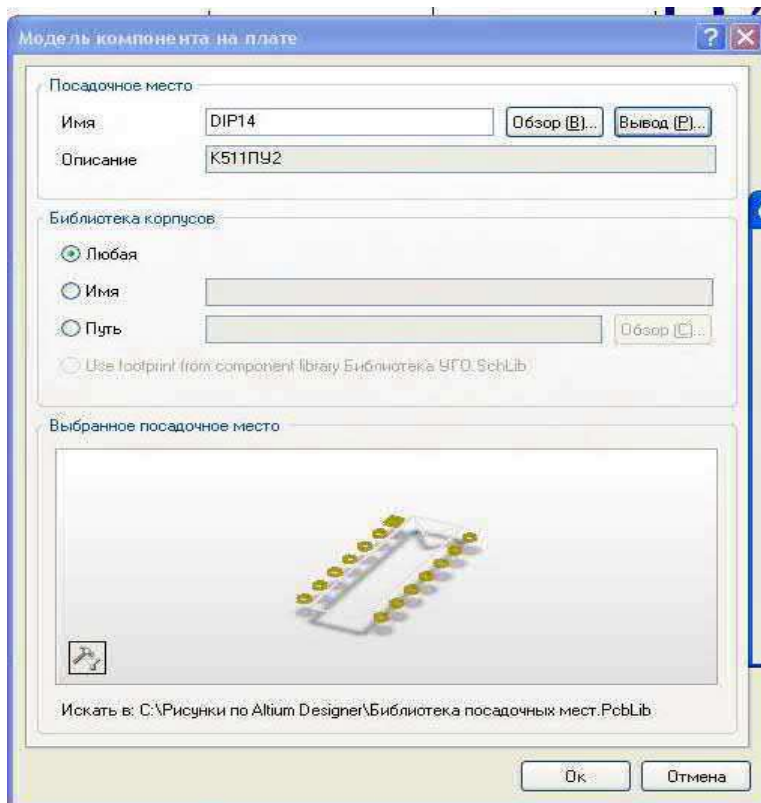


Рис. 4.11

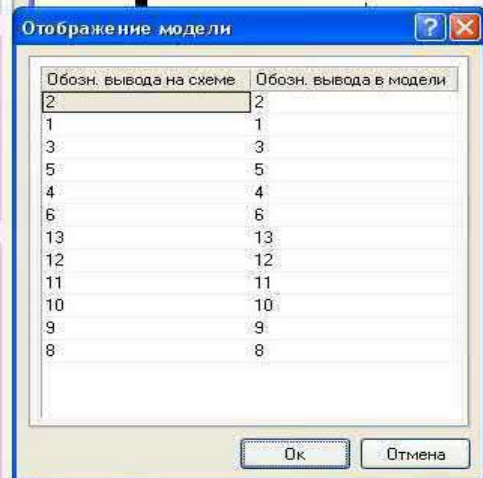


Рис. 4.12

В нижней части экрана в поле **Editor** и в менеджере библиотеки УГО в списке моделей появится запись упакованного библиотечного компонента **DIP14 Footprint K511ПУ2**. Чтобы проверить правильность выполненной упаковки, щелкаем дважды ЛК по названию компонента **2И-НЕ/НЕ-И** в окне **Компоненты менеджера библиотек**. Откроется окно **Library Component Properties** (рис. 4.13).

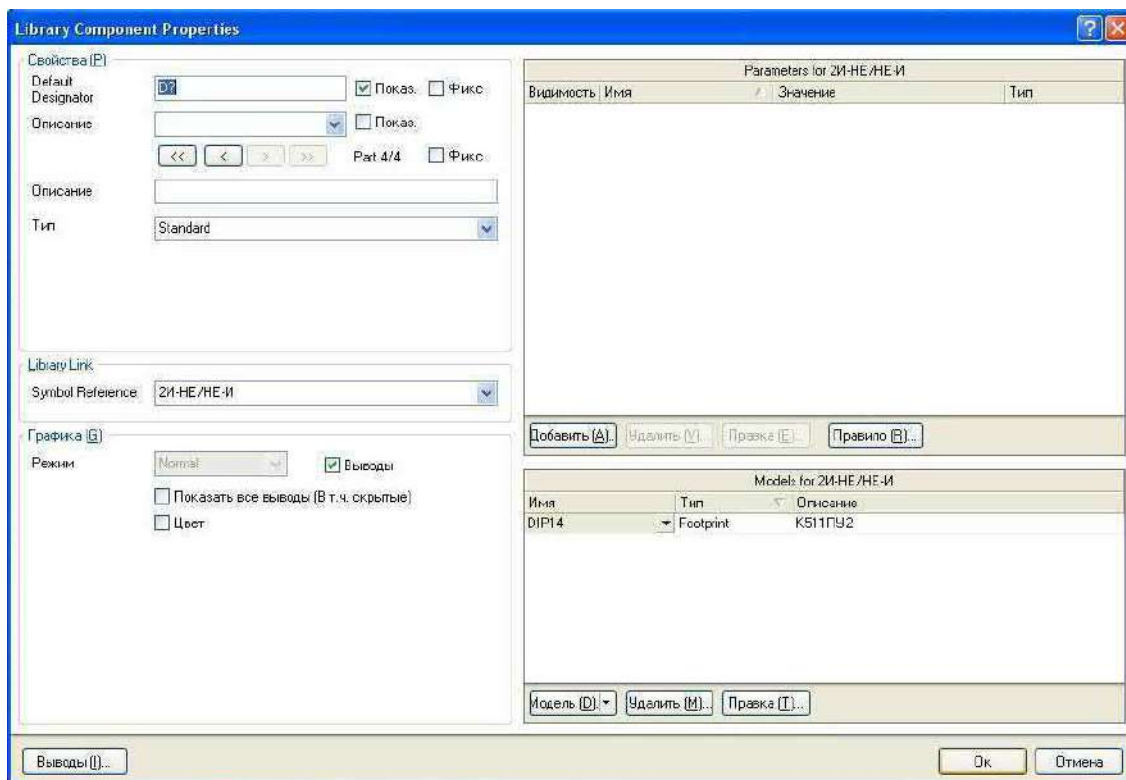


Рис.4.13

Щелкнув по кнопке Выводы (**Edit Pins**), откроется окно **Редактирование выводов** компонентов, по которому можно проверить правильность упаковки (рис. 4.14).

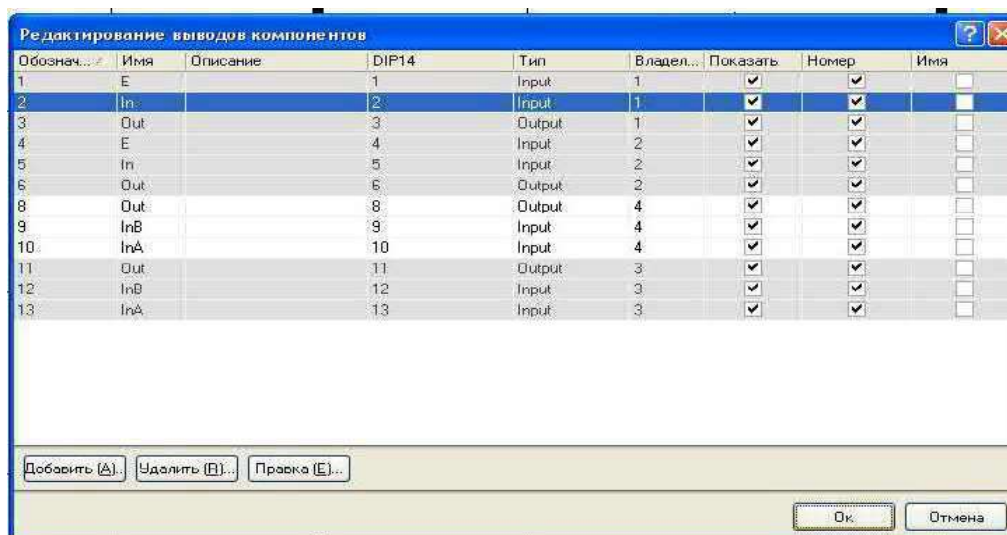


Рис.4.14

Нажать **ОК**. Создан библиотечный компонент микросхемы K511ПУ2. Проверить наличие ошибок. Для этого выполнить команды **Отчеты / Проверка компонента** (рис.4.15). В открывшемся окне поставить везде галочки (рис.4.16). Нажать **Ок**. Откроется отчет (рис.4.17).

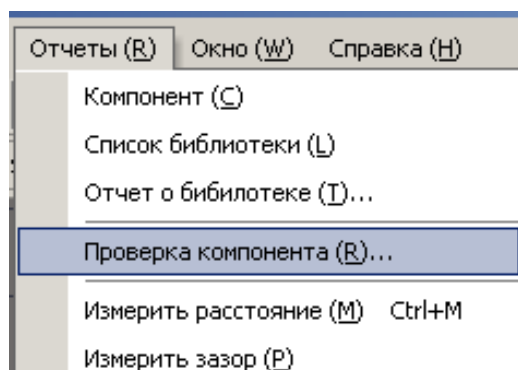


Рис.4.15

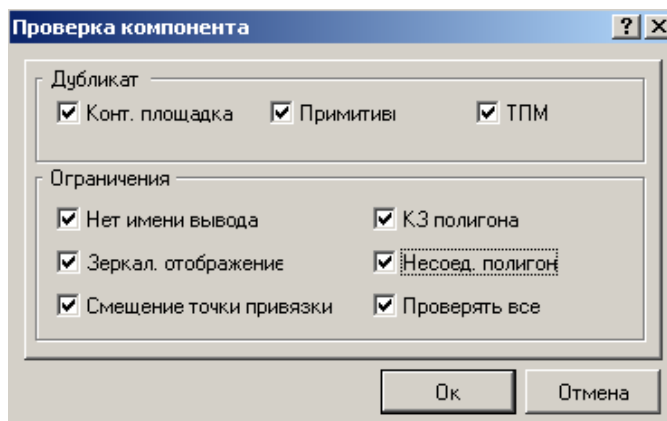


Рис.4.16

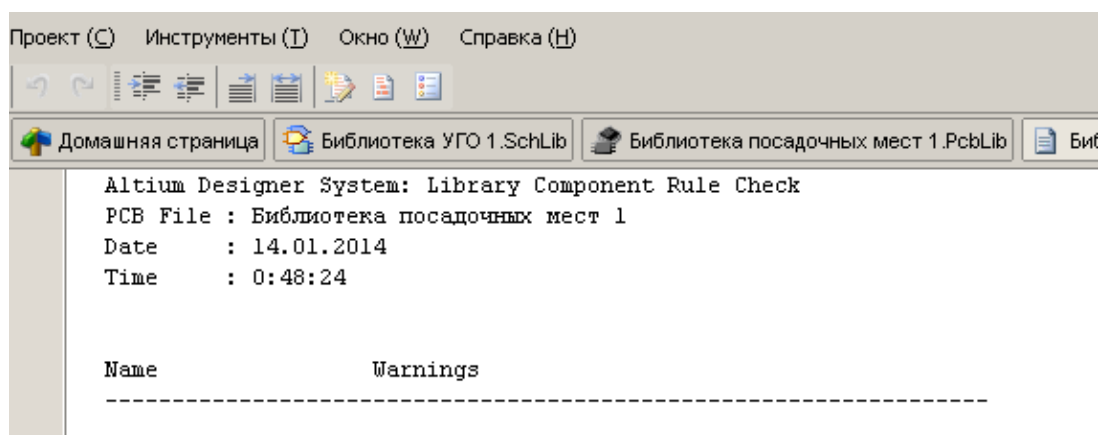


Рис.4.17

Если ошибок нет, выполнить команды **Файл / Сохранить все**.

4.3. Порядок выполнения работы

1. Через кнопку Пуск в меню Программы загрузить САПР Altium Designer.
2. Выбрать **Библиотека УГО SchLib**.
3. Создать библиотечный элемент микросхемы K511ПУ2.
4. Сохранить результат.

4.4. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Сведения о порядке создания библиотечных элементов в САПР Altium Designer.
3. Порядок создания библиотечного элемента микросхемы K511ПУ2.
4. Эскиз и цоколевка микросхемы K511ПУ2.
5. Выводы.

4.5. Контрольные вопросы

1. Каким образом открывается **Библиотека УГО SchLib**.?
2. Каким образом создается библиотечный элемент?
3. Как создается библиотечный элемент микросхемы K511ПУ2?
5. Как создается новый компонент микросхемы?
6. Как редактируется новый компонент микросхемы?
7. Как подключается посадочное место к электрической части микросхемы?
8. Как проверить соответствие выводов в УГО выводам корпуса микросхемы?
9. Как редактируются выводы компонентов микросхемы?

Лабораторная работа №5. Формирование электрических принципиальных схем в САПР Altium Designer

Цель работы – изучение порядка работы с графическим редактором *Altium Designer Schematic*; приобретение навыков ввода и оформления схем электрических принципиальных в САПР *Altium Designer*.

5.1. Описание редактора Altium Designer Schematic

В САПР *Altium Designer* для создания схем электрических принципиальных используется графический редактор **Schematic**. Интерфейсы графических редакторов САПР имеют много общих черт, поэтому, изучив один редактор, легко можно перейти к работе с другими редакторами.

Открыть файл **Печатная плата.PrjPCB**. Появится менеджер проектов. Щёлкнуть дважды ЛК по **Схема электрическая принципиальная**. На рабочем поле появится форматка аналог A4. Настроим редактор. Для этого щелкнуть ПК в рабочем поле и выполнить команды **Опции / Опции документа** (рис. 5.1).

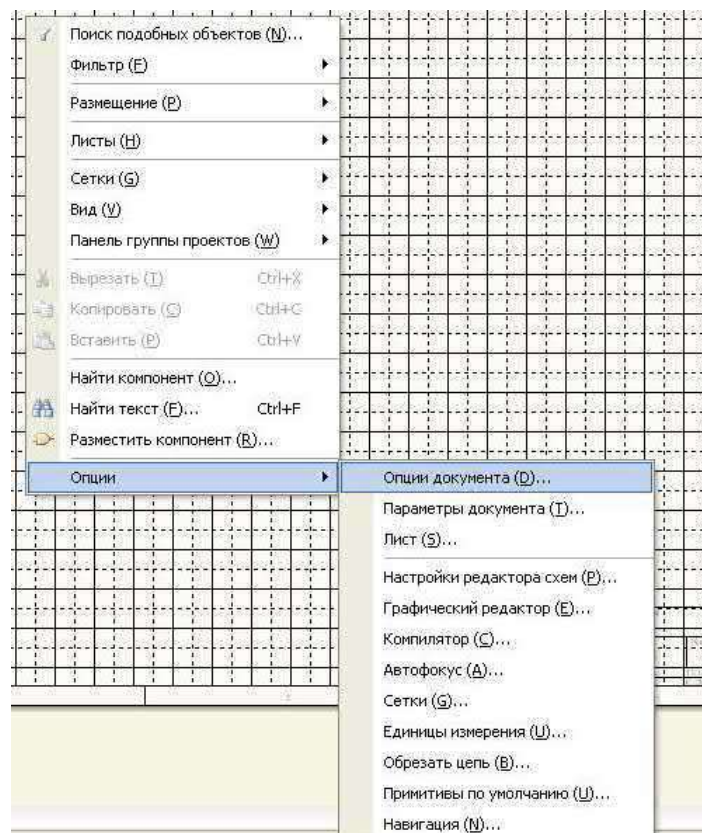


Рис.5.1

Откроется окно **Опции документа**, в котором на закладке **Опции листа** выполнить основные настройки формата A3 либо A4 (рис. 5.2), а на закладке **Ед. изм.** установить метрическую систему **Millimeters** (рис. 5.3).

Далее щелкнуть ПК в рабочем поле и выполнить команды **DXP / Preferences**. Открывшееся окно **Настройки Schematic – General** заполнить согласно рис. 5.4. Нажать **Ок**.

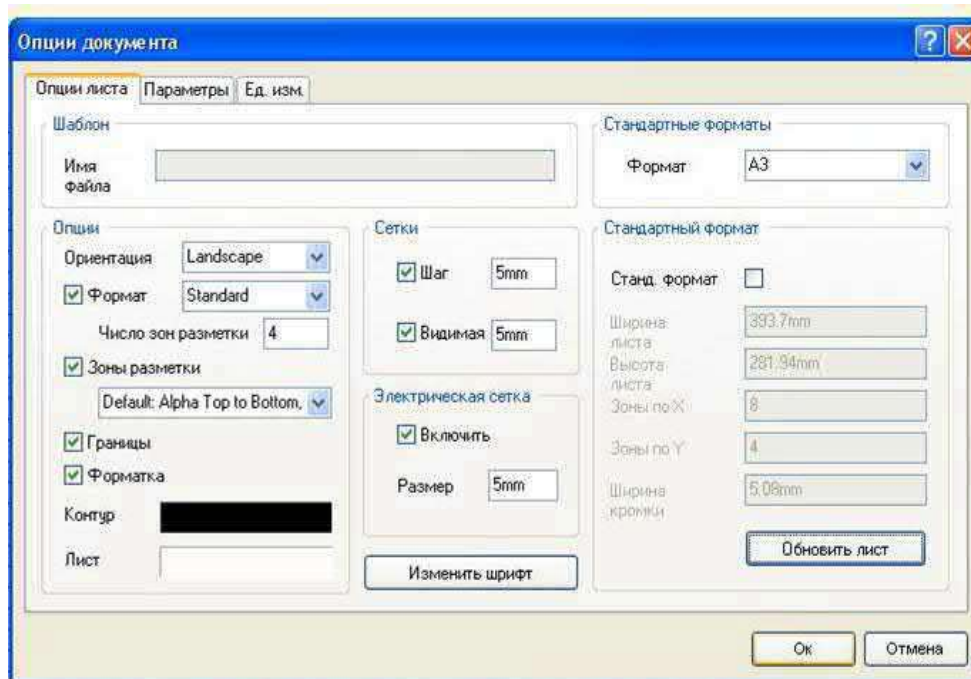


Рис.5.2

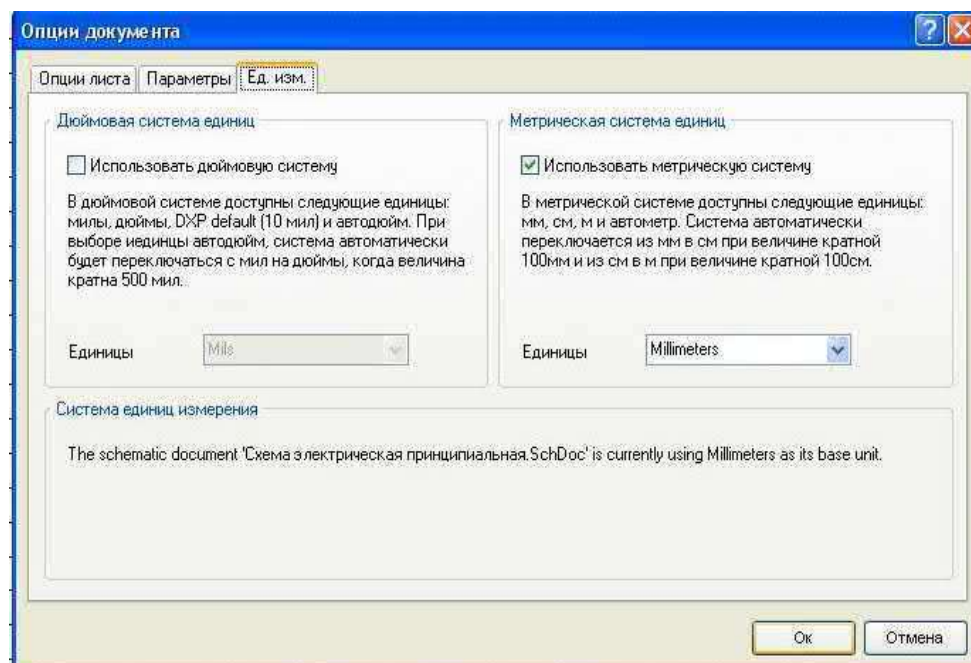


Рис.5.3

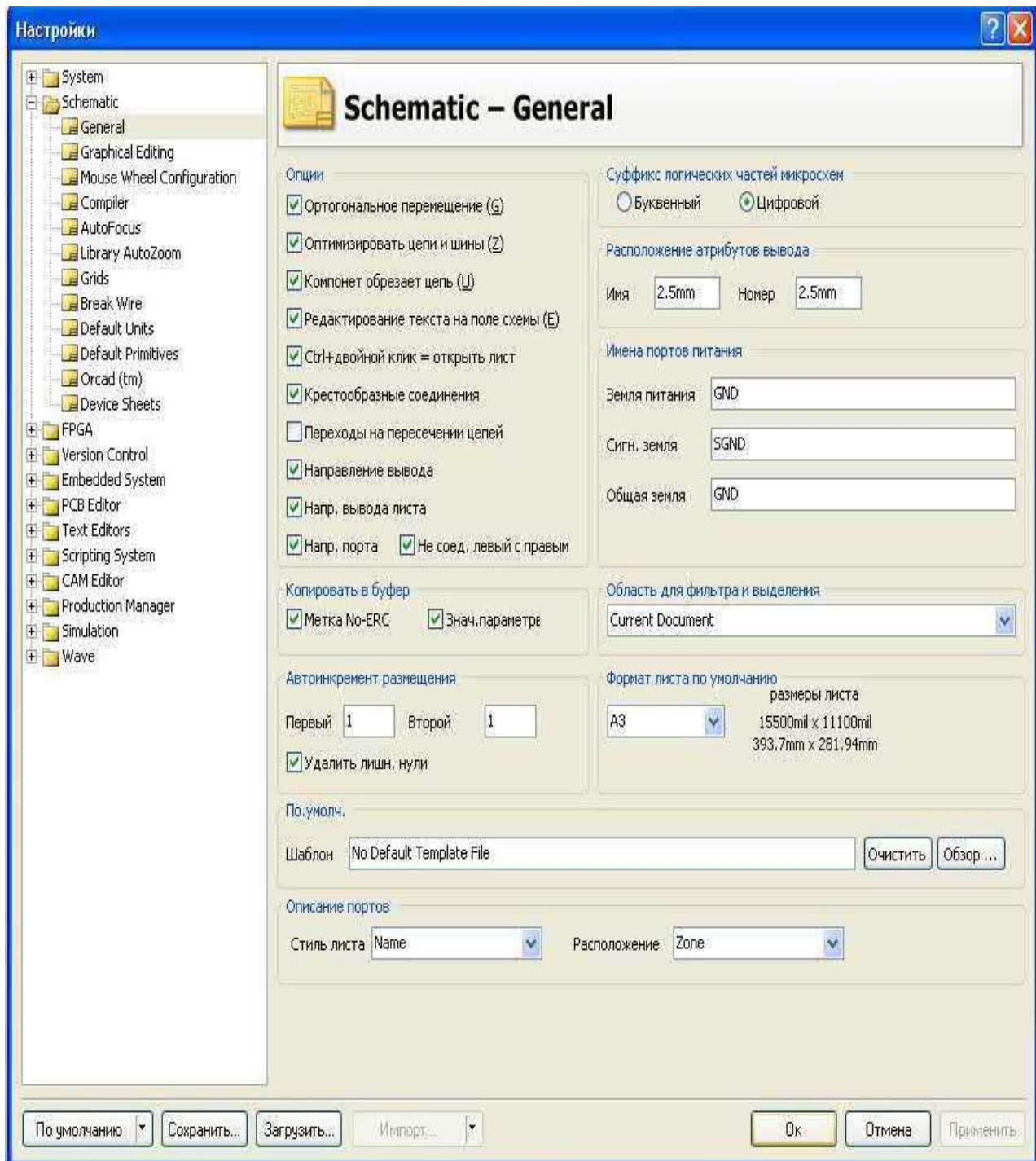


Рис.5.4

Затем выполнить команды **Опции / Графический редактор** и сделать настройки согласно рис. 5.5.

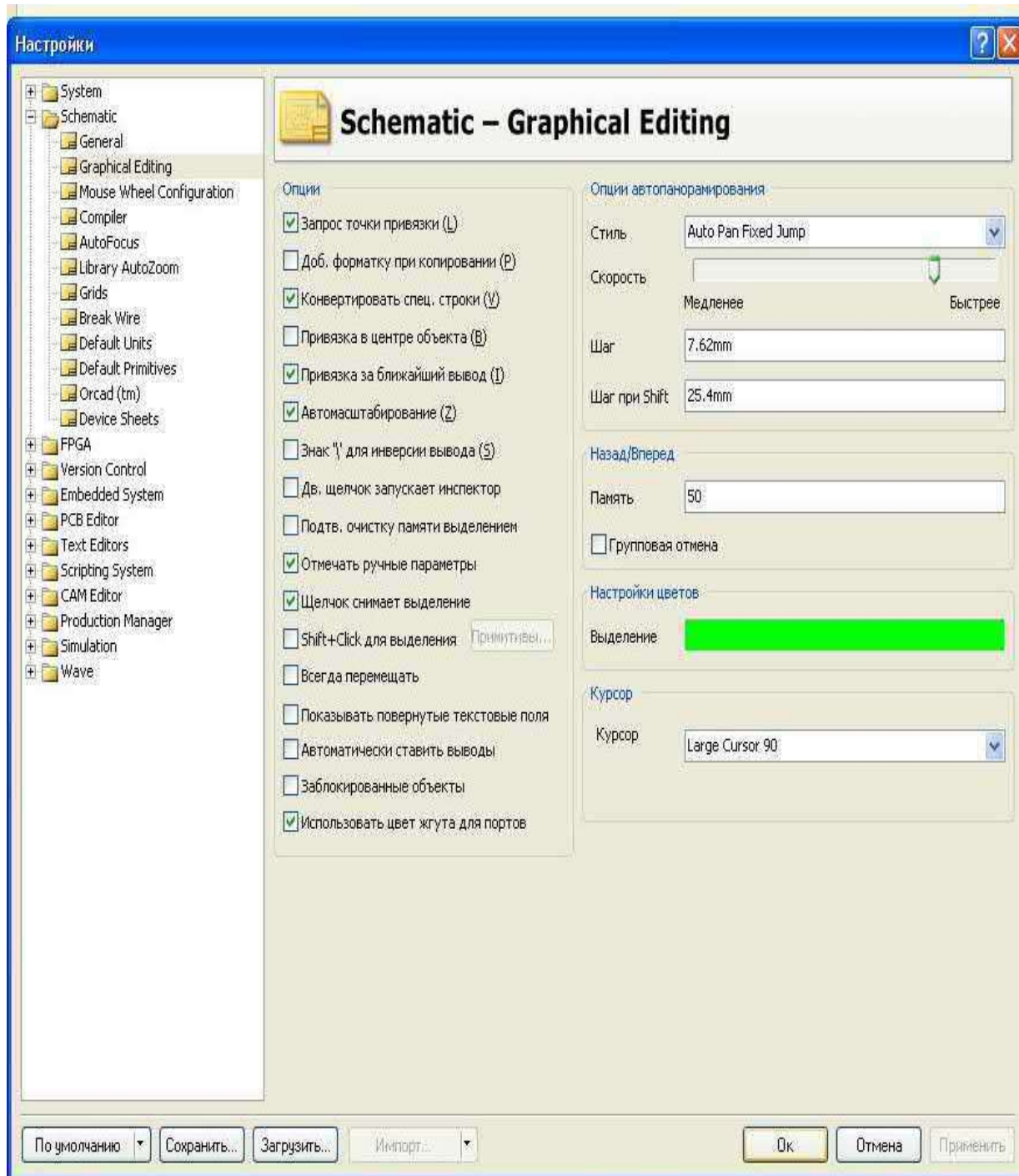


Рис.5.5

Установить шаг сетки равный 5 мм. Для этого выбрать в последнем окне закладку **Grids** (Сетки) и в открывшемся окне задать значение шага сетки = 5 mm (рис.5.6). Нажать **Ок**.

Чтобы поменять шаг сетки достаточно щелкнуть ЛК в рабочем поле и нажать клавишу **G**. После этого в левом нижнем углу экрана будет меняться его значение: **Grid:0.5; Grid:1.0; Grid:2.5** либо **Grid:5**.

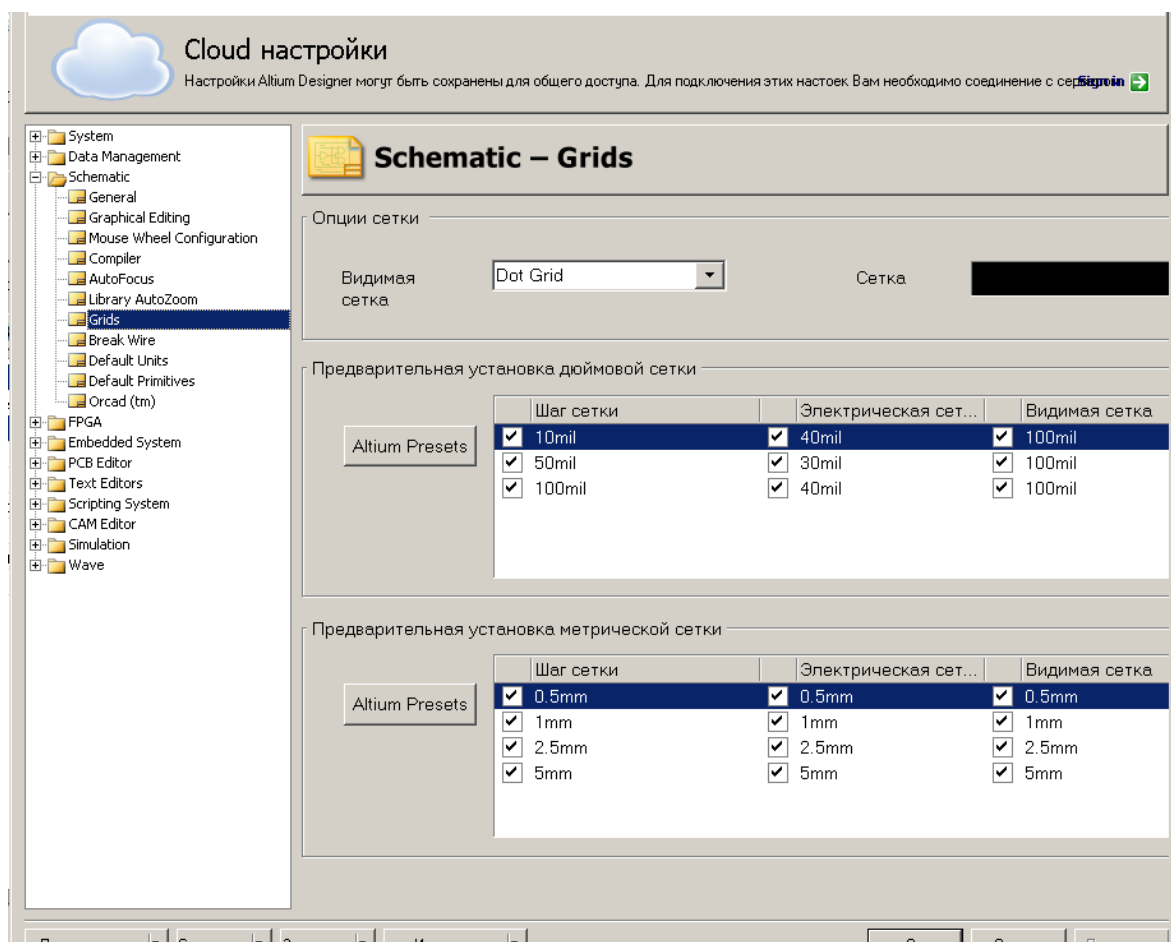


Рис.5.6

5.2. Пример создания принципиальной электрической схемы в САПР Altium Designer

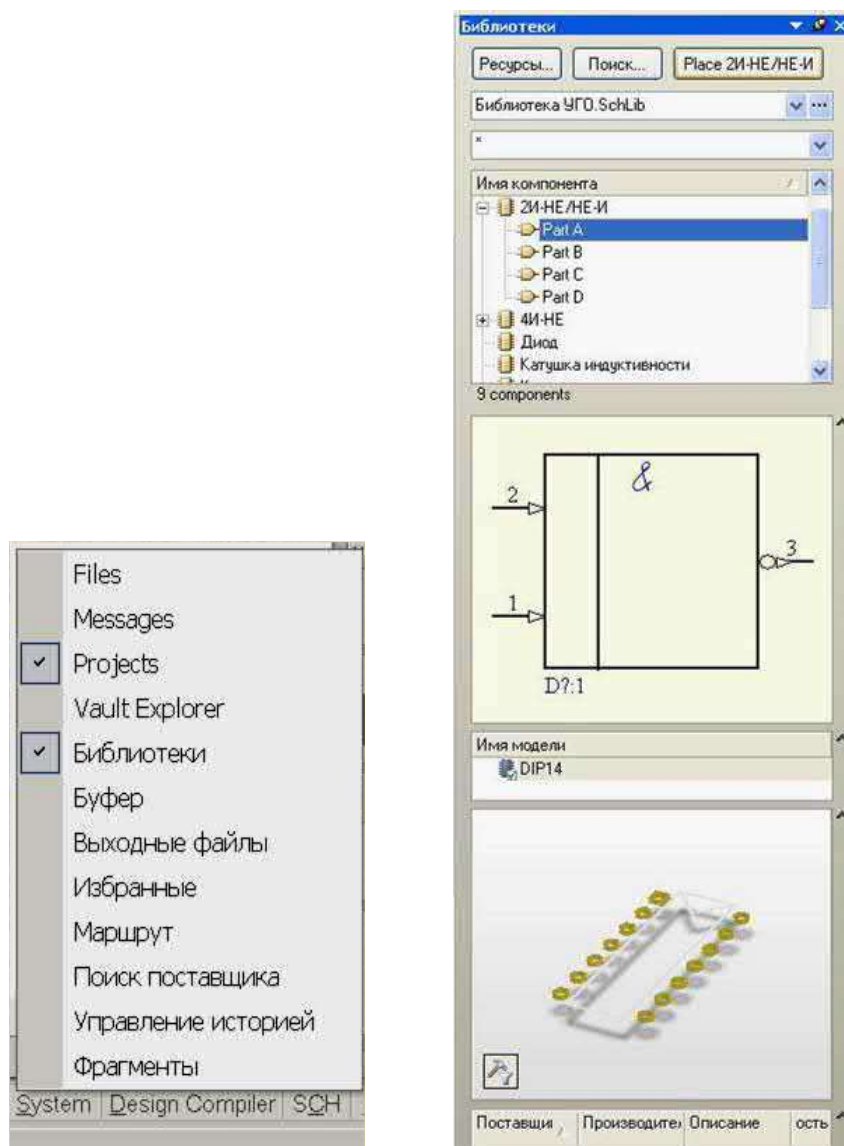
Чтобы создать схему из библиотечных элементов надо вызвать на экран созданные библиотеки. Для этого в меню нижней части экрана щелкнуть ЛК по **System**. В выпадающем меню выбрать **Библиотеки** (рис. 5.7,а). Справа откроется менеджер **Библиотеки**, в котором выбрать библиотеку УГО **Библиотека УГО SchLib** (рис. 5.7,б). Далее переключиться в менеджере проекта на **Схема электрическая принципиальная .SchDoc** и проверить, какого цвета листок справа от **Схема....SchDoc**. Если он красный, то выполнить команды **Файл / Сохранить все**.

5.2.1. Размещение ЭРЭ на схеме

Из элементов библиотеки набрать электрическую схему. В списке **Имя компонента** выбрать необходимый элемент, например, 2И-НЕ/НЕ. Выделить его щелчком ЛК и щелкнуть ЛК по + перед названием элемента. В окне **Имя компонента** открываются четыре секции микросхемы PartA – PartD, которые последовательно надо ус-

тановить на схеме. Суффикс логических частей схемы – Part1 можно задать цифрами. Для этого выполнить команды **DXP / Preferences / Schematic / General** в поле **Суффикс логических частей схемы** выбрать **Цифровой**.

После этого щелкнуть по кнопке **Place 2И-НЕ/НЕ-И** (рис. 5.7,б) и переместить курсор в рабочее поле чертежа. За ним потянется 1-я секция микросхемы **PartA**. Выбрать место на чертеже для ее установки и щелкнуть ЛК. Она зафиксируется на чертеже и появится следующая секция **PartB**.



а
Рис.5.7

б

Для размещения всей микросхемы щёлкнуть последовательно четыре раза сверху вниз, размещая при каждом щелчке следующую по порядку секцию (рис. 5.8). Затем аналогично установить еще две микросхемы 2И-НЕ/НЕ-И (рис. 5.9). Для завершения процедуры размещения щелкнуть **ПК**.

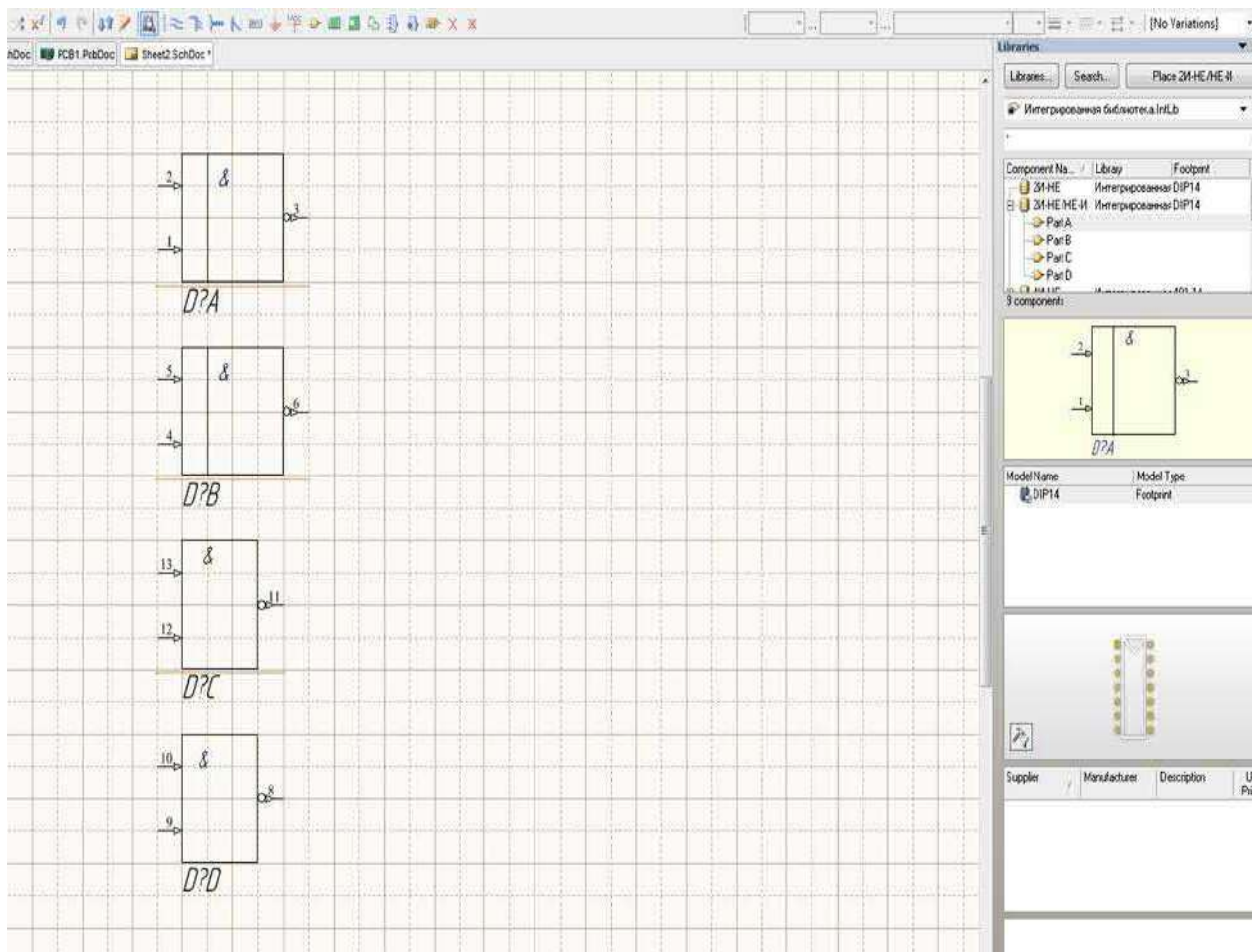


Рис.5.8

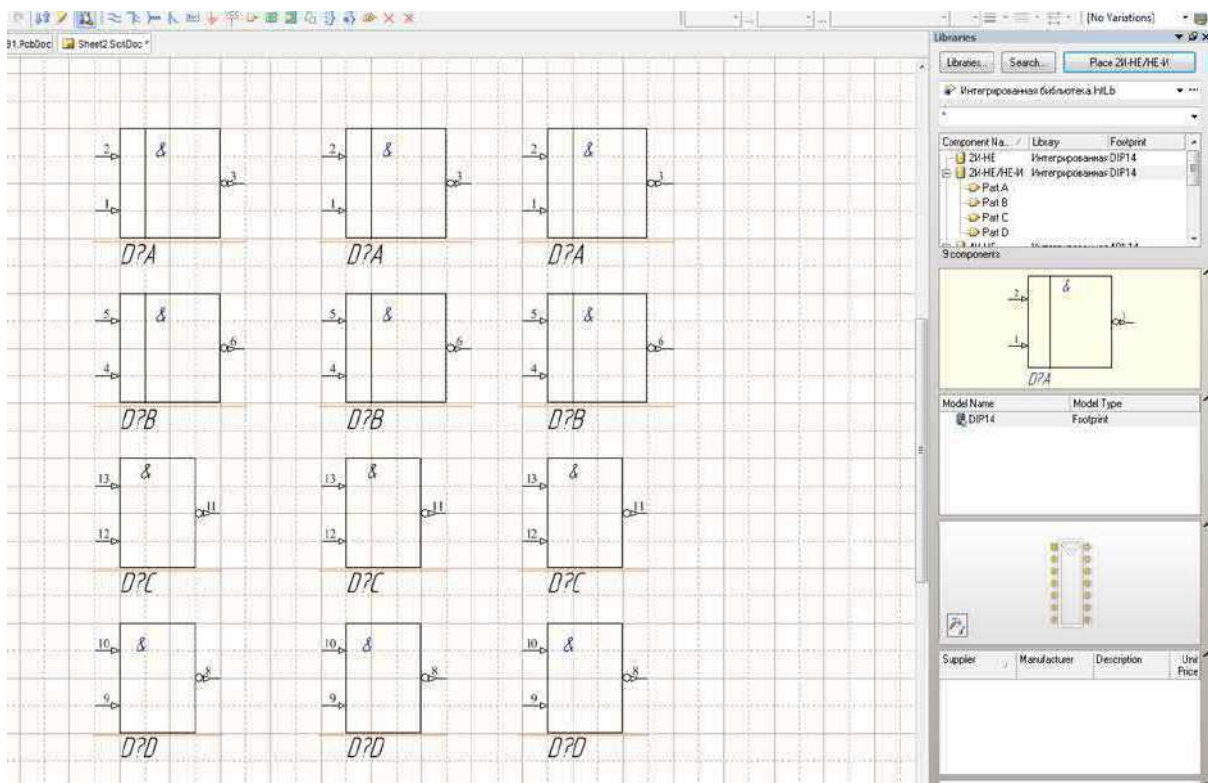


Рис.5.9

Для того чтобы было удобнее читать чертеж, видимую сетку зададим точками. Для этого в окне **Schematic Grids** в поле **Опции сетки** в окошке **Видимая сетка** выбрать **Dot Grids** (рис. 5.10).

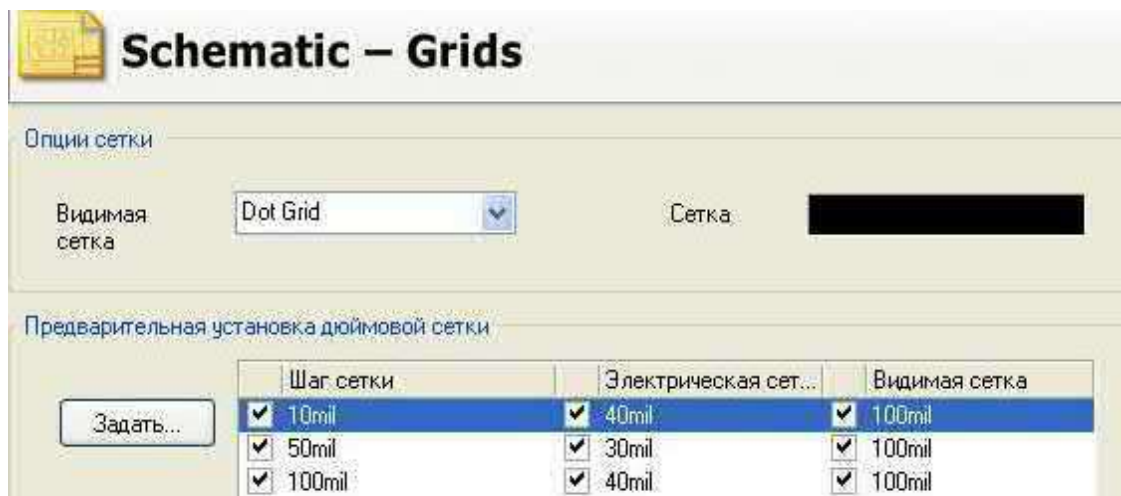


Рис.5.10

5.2.2. Размещение соединений на схеме

Теперь соединить выводы ЭРЭ электрическими цепями. Для этого выполнить команды **Размещение / Соединения**. Курсор превратится в двойное перекрестие. Навести его на 1-й по порядку соединяемый вывод. В момент совмещения его с выводом крестик в форме буквы **X** станет красного цвета. Это свидетельствует о совмещении курсора с выводом УГО. В этот момент щелкнуть ЛК. Начнется построение цепи. Переместить курсор в следующий вывод и в момент совмещения с очередным выводом снова щелкнуть ЛК. Процедуру продолжать до построения всей цепи. Когда цепь будет построена, щелкнуть ПК (рис. 5.11,а). После этого построить следующую цепь и так до тех пор, пока не будут построены все цепи схемы.

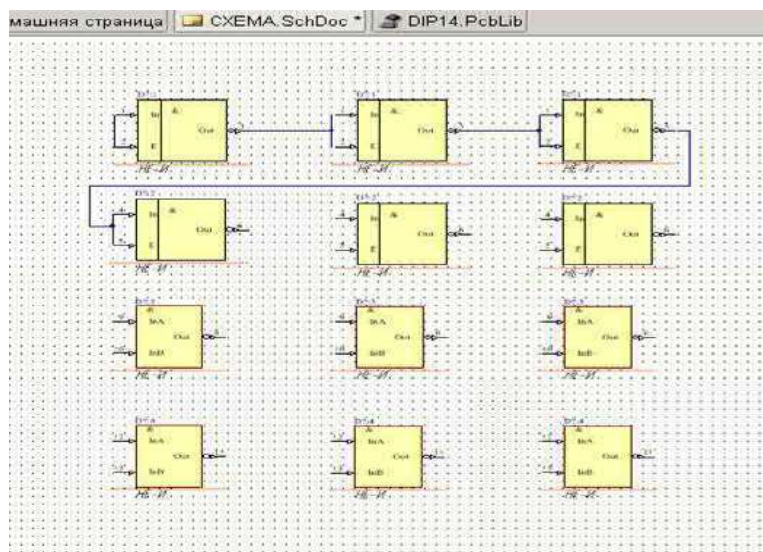


Рис.5.11,а

После построения схемы элементы на ней еще не имеют позиционных обозначений. Чтобы их присвоить, выполнить команды **Инструменты / Перенумерация**. Появится окно **Нумерация**. В окне поля **Направление нумерации** выбрать **Down Then Across** (рис. 5.11,б).

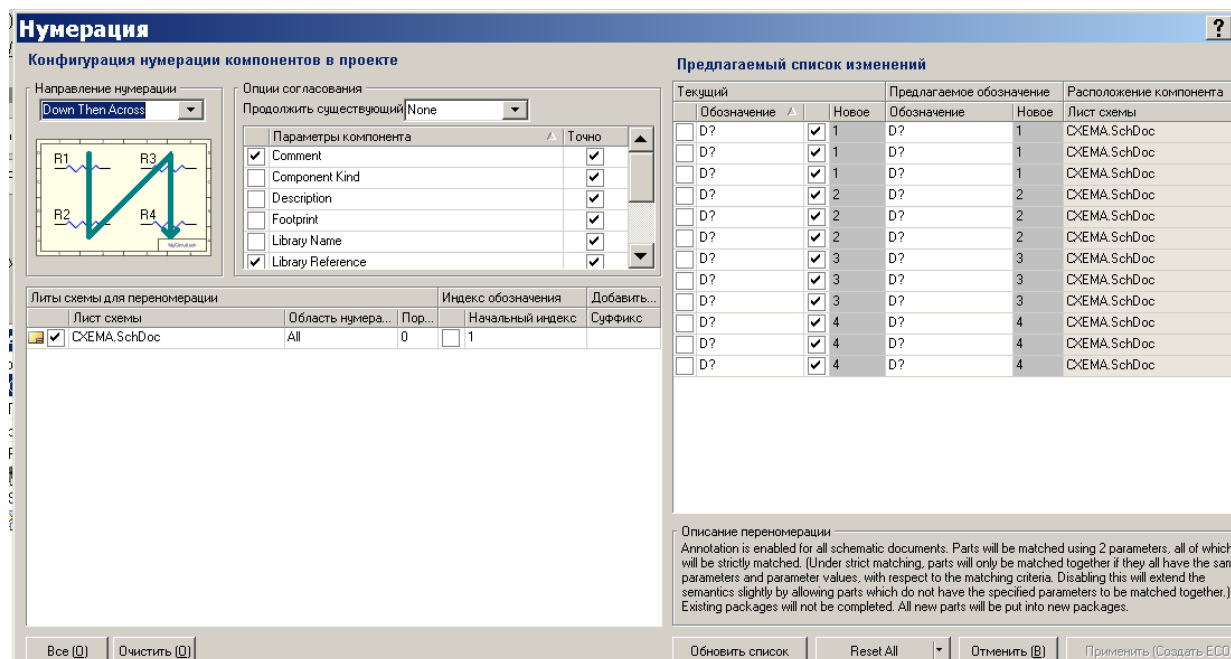


Рис.5.11,б

Нажать кнопку **Обновить список**. Появится окно **Information** (рис. 5.12), в котором указано число изменений в схеме. Нажать **Ок**.



Рис.5.12

В нижней части этого окна нажать кнопку **Применить (Создать ECO)**. Откроется окно **Перечень изменений** (рис. 5.13), в котором указаны изменения позиционных обозначений на схеме. Слева внизу этого окна нажать кнопку **Проверить**.

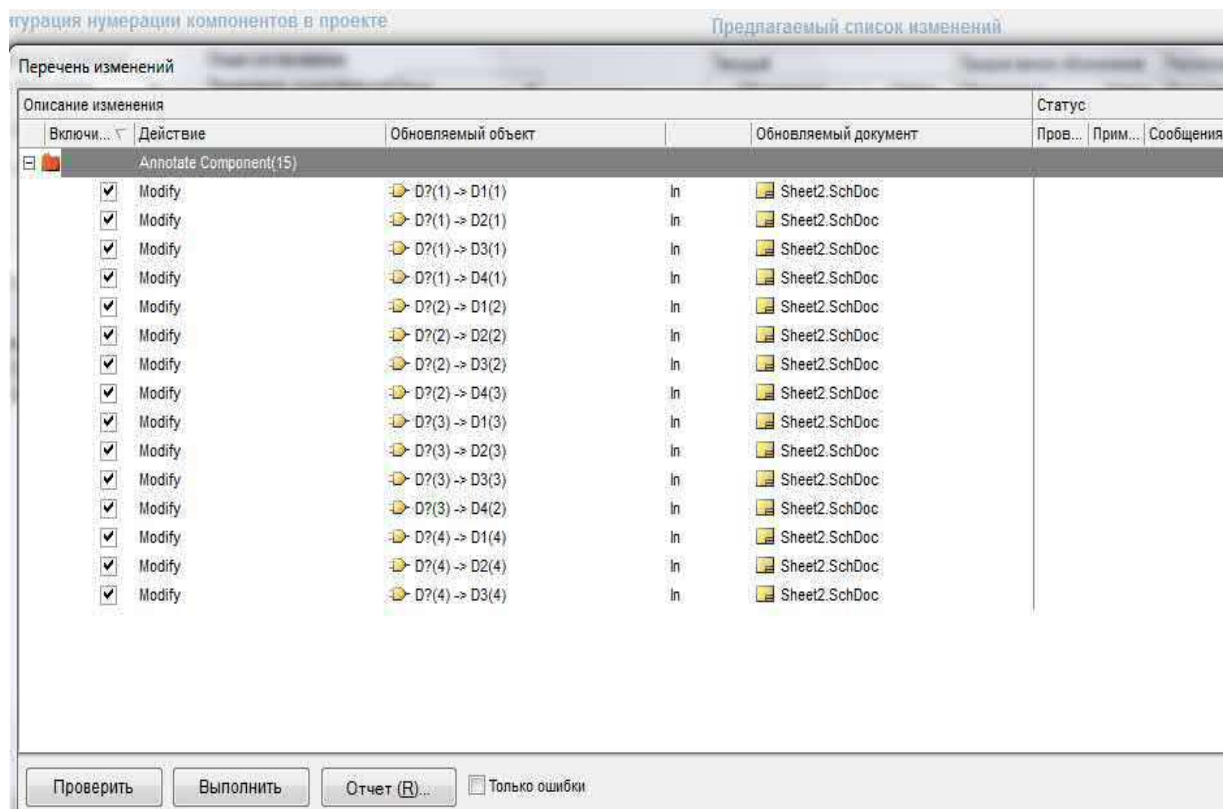


Рис.5.13

В результате проверки после данного действия нажать кнопку **Выполнить**. В колонке **Статус** в двух столбцах **Проверка** и **Применить** появятся галочки, что свидетельствует об отсутствии ошибок и о выполненном изменении (рис. 5.14). Нажать кнопку **Заккрыть**.

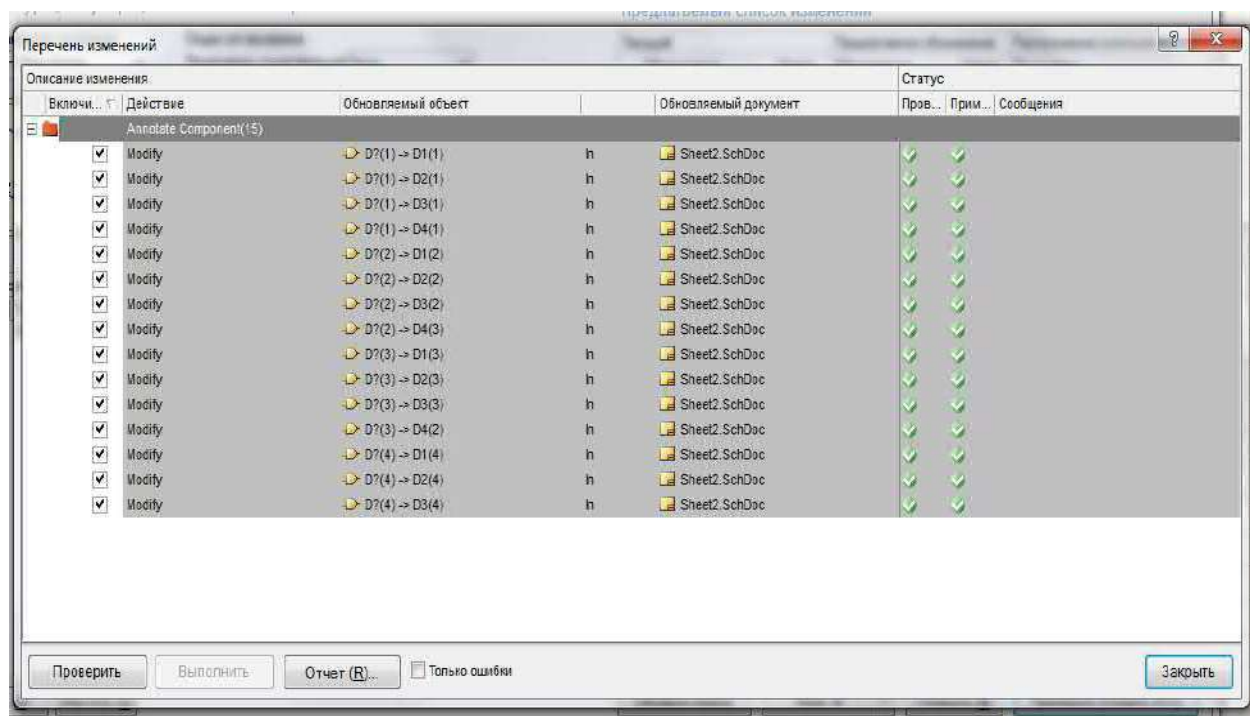


Рис.5.14

Закрывать следующее окно. На схеме появятся новые позиционные обозначения. Рядом с измененными новыми позиционными обозначениями мелким шрифтом будут указаны старые обозначения (рис. 5.15,а).

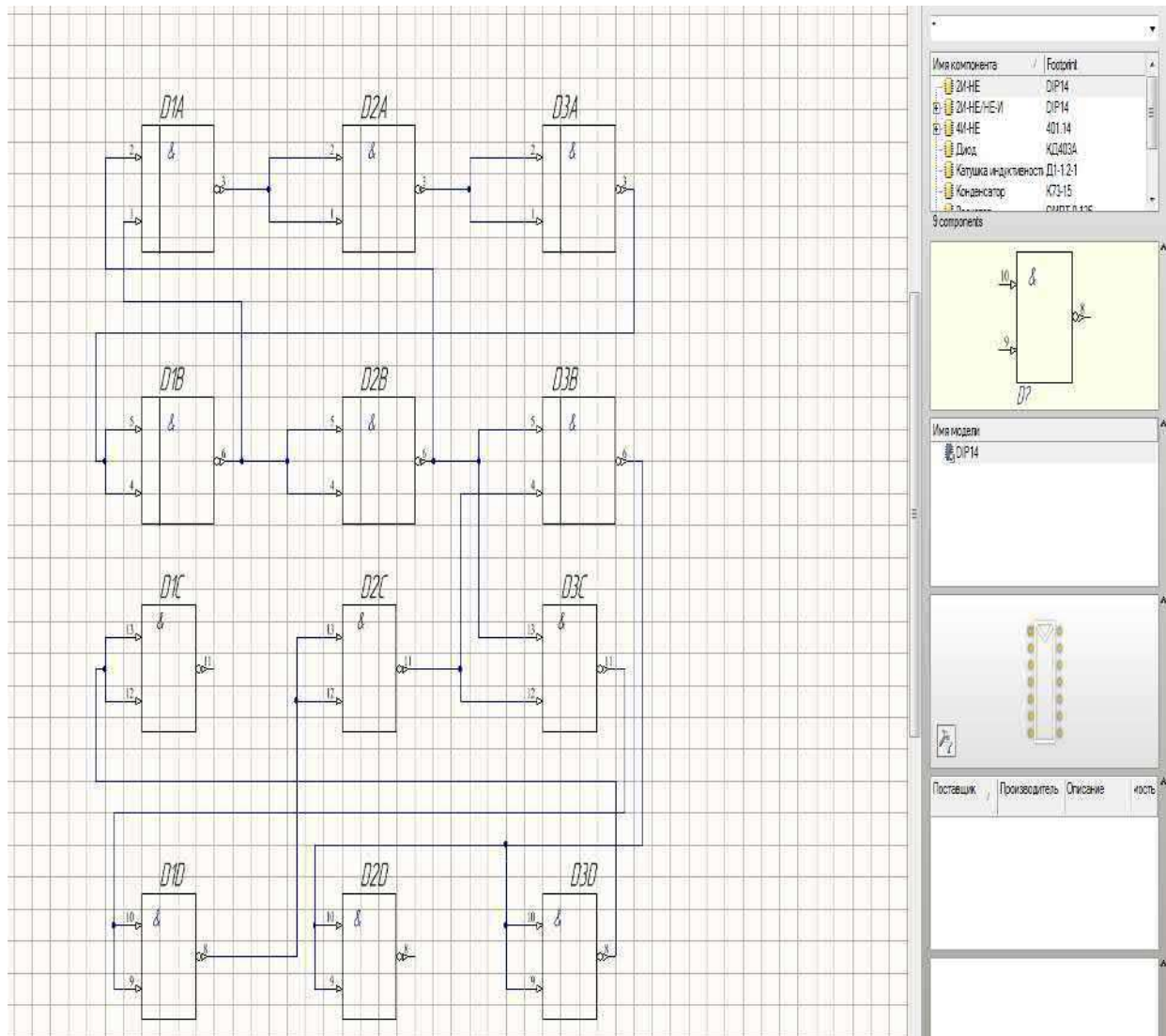


Рис.5.15,а

Схема готова. Выполнить **Файл / Сохранить все**. Затем компилируем схему командами **Проект (С) / Compile PCB Project Печатная плата.PrjPCB** (рис.5.15,б). Далее выполнить команды **System / Messages**. Появится окно **Messages**, в котором будут показаны все предупреждения и ошибки (рис. 5.16).

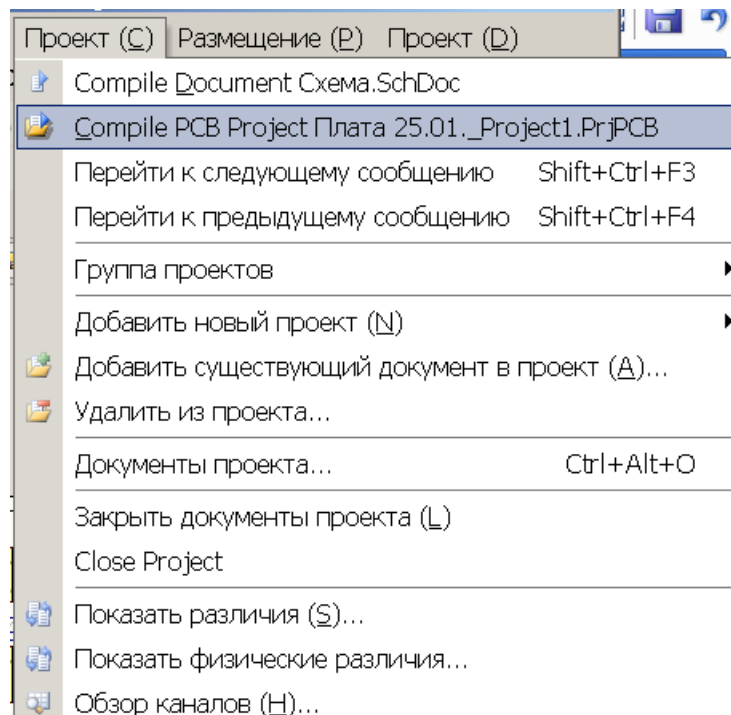


Рис.5.15,6

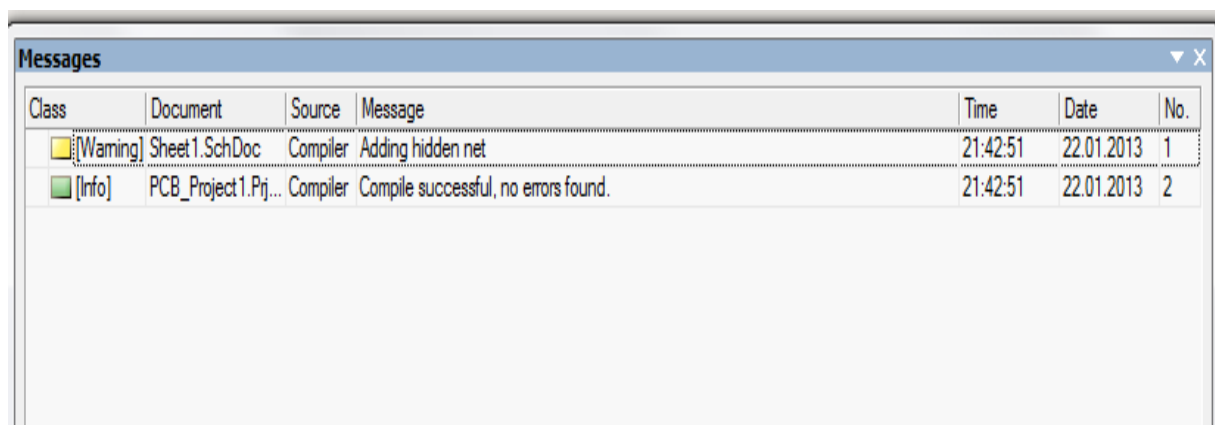


Рис.5.16

В данном случае в проекте присутствует только одно предупреждение о добавлении цепи. Это не мешает вывести **Net List** на плату, то есть получить изображение схемы соединения корпусов электро- радиоэлементов (ЭРЭ) в соответствии с электрической схемой. Окончательный вариант схемы представлен на рис.5.17.

5.3. Создание линии групповых соединений

В том случае, если схема сложная, число цепей может быть значительное и простая их разводка на чертеже затушевывает его и тем самым делает трудным для чтения. Поэтому в таких случаях используется линия групповых соединений, т. е. проводится одна общая линия большей толщины, к которой присоединяются отдельные цепи. В местах подключения цепей к линии групповых соединений указываются номера входящих и выходящих цепей.

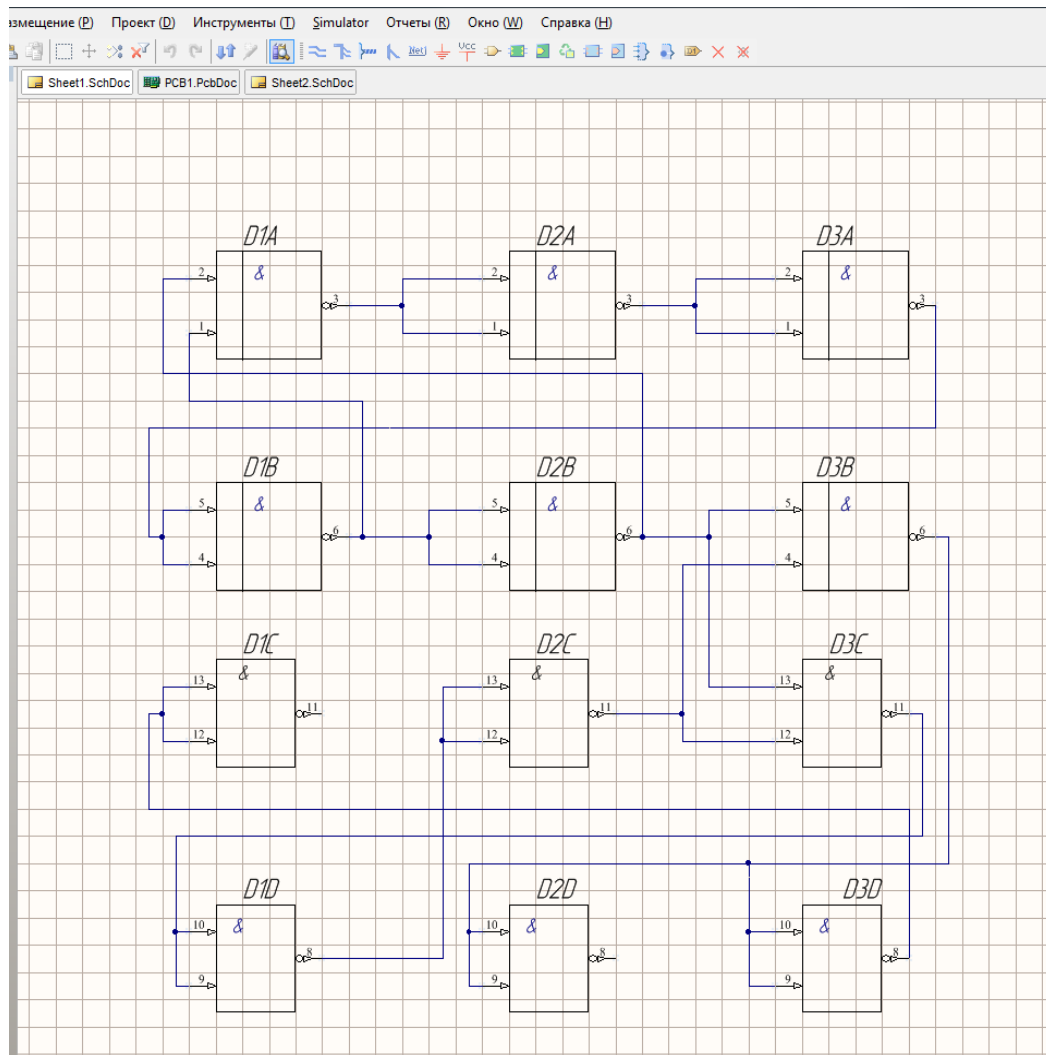


Рис.5.17

В рассматриваемом примере введем такую линию групповых соединений (шину). Для этого выполнить команды **Размещение / Шина** и курсором указать начало линии (слева сверху) и щелкнуть левой клавишей манипулятора (ЛК), затем провести ее до поворота, щелкнуть ЛК и так провести всю линию. Затем в местах подключения цепей к шине командами **Разместить / Подключение к шине** установить значок подключения и подвести к шине подключаемые цепи командами **Размещение / Соединение** (рис.5.18).

После этого присвоить метки все цепям, подключенным к линии групповых соединений (шине), а также и самой шине. Для этого выполнить команды **Размещение / Метка цепи** и щелкнуть ЛК по каждой цепи в месте входа ее в шину, поставить над цепью метку **Net Label** с номером, а затем и в месте выхода цепи из нее. Далее такую же метку присвоить и шине (рис.5.19).

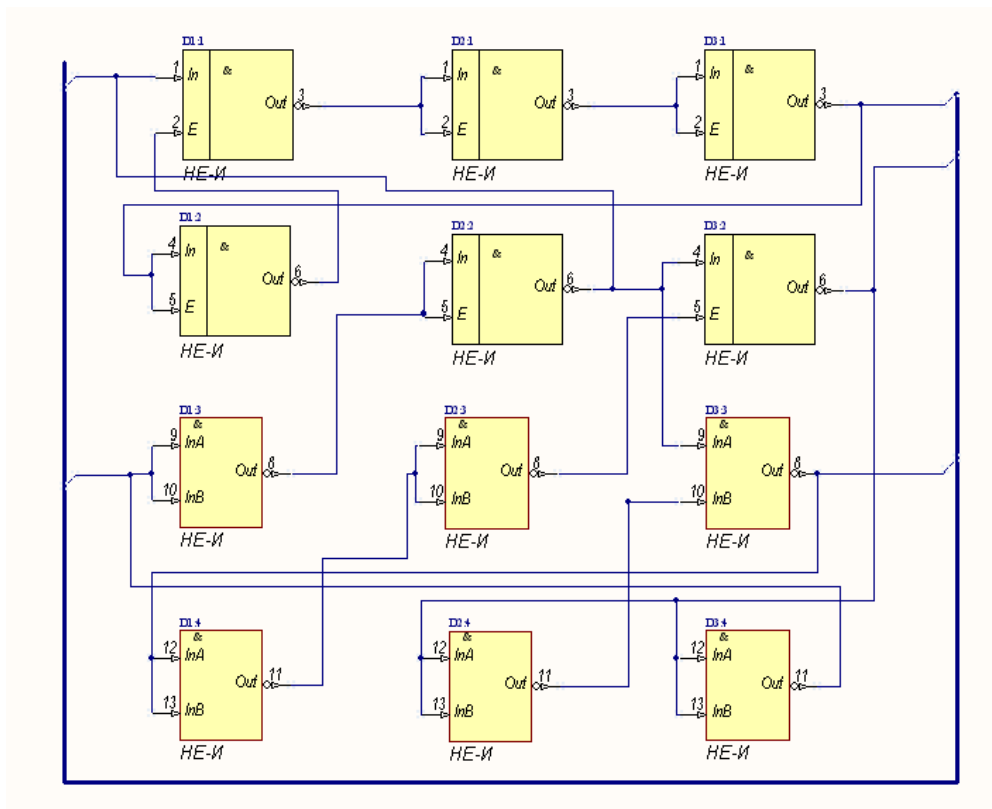


Рис.5.18

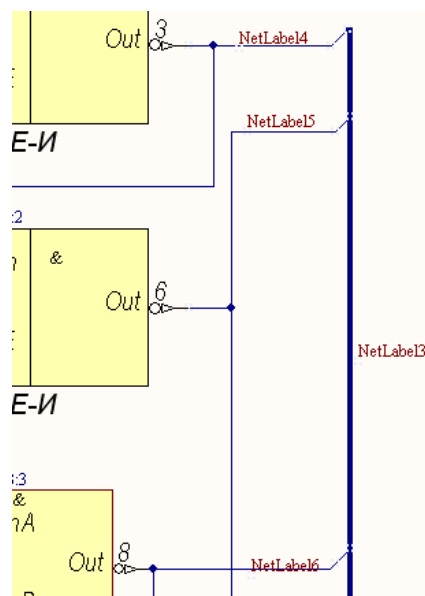


Рис.5.19

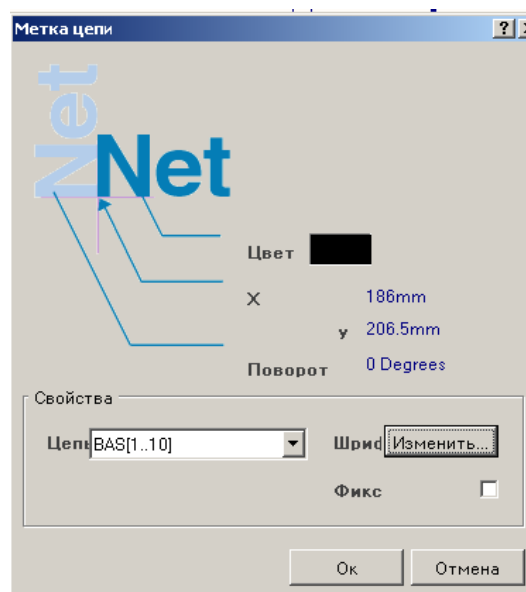


Рис.5.20

После этого надо в местах меток указать номера цепей, а на шине указать, что это шина и число подключенных к ней цепей. Для этого щелкнуть дважды ЛК по номеру шины и в открывшемся окне указать **BAS [1..10]** (рис.5.20). При этом число входящих цепей указывается в квадратных скобках с первоначальным номером цепи, например от 1 и до цифры, превышающей число входящих цепей. В данном примере пять подключений, а указано 10 (рис.5.21). Сделано это на случай возможного увеличения таких цепей.

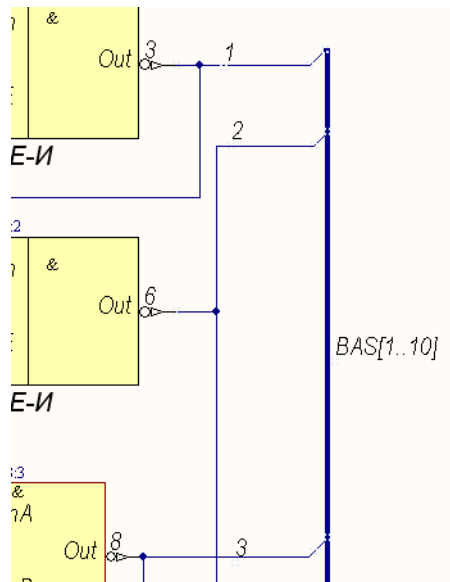


Рис.5.21

Полученную схему сохранить с соответствующим названием. Например, Схема электрическая принципиальная печатной платы.

5.4. Порядок выполнения работы

1. Через кнопку Пуск в меню Программы загрузить САПР **Altium Designer**.
2. Открыть редактор схем **Schematic**.
3. Настроить начальные установки.
4. Установить ЭРЭ электрической схемы.
5. Разместить на схеме шину и расставить метки цепям и шине.
6. Провести электрические цепи между остальными ЭРЭ.
7. Сохранить результат.

5.5. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Сведения о графическом редакторе **Schematic**.
3. Порядок создания схемы электрической принципиальной.
4. Чертёж схемы.
5. Выводы.

5.6. Контрольные вопросы

1. Каким образом настраивается редактор **Schematic**?
2. Поясните назначение кнопок на панелях инструментов.
3. Как задается шаг сетки?
4. Как вызываются библиотечные элементы?

5. Каким образом размещаются на рабочем поле отдельные элементы и разные секции микросхем?
6. Каким образом задается на экране видимая сетка в виде линий или точек?
7. Как производится соединение выводов ЭРЭ электрическими цепями?
8. Как размещается на схеме линия групповых соединений (шина) и как помечается она?
9. Как размещаются на схеме метки цепям, подключенным к линии групповых соединений (шине)?
10. Каков порядок присвоения элементам схемы позиционных обозначений?
11. Как выполняется проверка схемы на отсутствие ошибок и что является признаком их отсутствия?
12. Каким образом выполняется вращение УГО элементов?
13. Каков порядок сохранения разработанной схемы и передачи её в редактор РСВ?

Лабораторная работа №6. Разработка конструкции ПП в Altium Designer: размещение элементов

Цель работы – изучение методики размещения конструктивных элементов РЭС на печатных платах средствами графического редактора **САПР Altium Designer PCB**; приобретение навыков работы с ним при решении задачи размещения.

6.1. Основные настройки редактора

Выполнить основные настройки. Для этого открыть файл **Плата печатная. PCB.doc**. В рабочем поле графического редактора щелкнуть ПК. Откроется выпадающее меню, в котором выполнить команды **Опции / Свойства платы** (рис. 6.1).

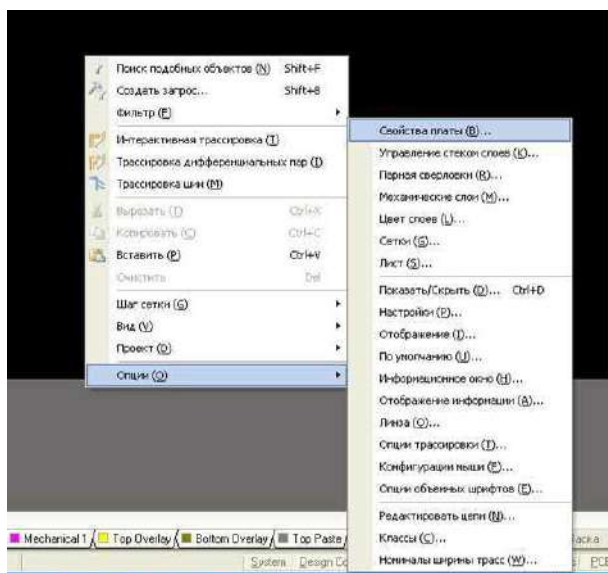


Рис.6.1

Откроется одноименное окно, в котором в поле **Единицы измерения** выбрать метрическую систему измерения **Metric**, шаг сетки 0,625 по Ох и Оу, в поле Сетка компонента также 0,625, Электрическая сетка - 0,625, установить все галочки, в поле Видимая сетка выбрать вид **Lines (или Dots)**, шаг первая 1, а вторая 10 шагов сетки (рис. 6.2), нажать **Ок**.

После этого задать структуру платы.

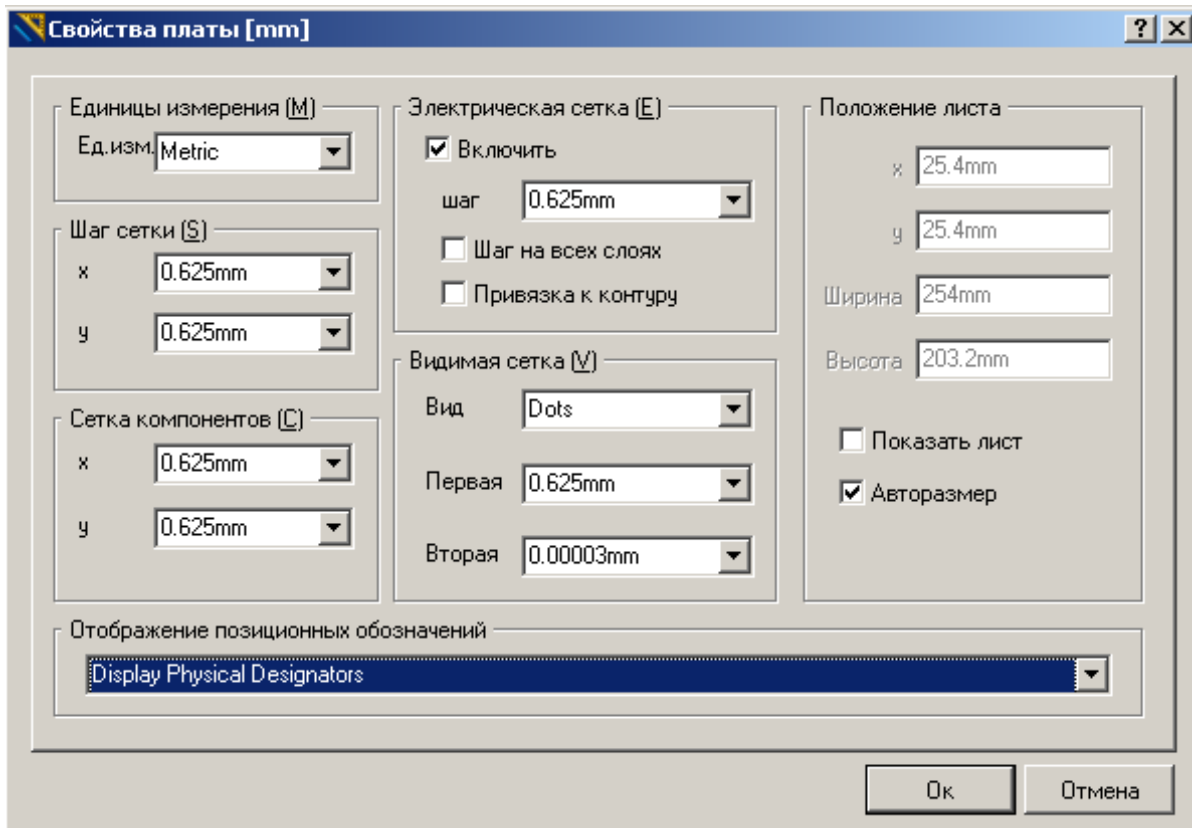


Рис.6.2

Для этого щелкнуть правой клавишей манипулятора (ПК) на рабочем поле и выполнить команды **Опции / Управление стеком слоев** (структурой печатной платы). Откроется одноименное окно с рисунком печатной платы (рис. 6.3).

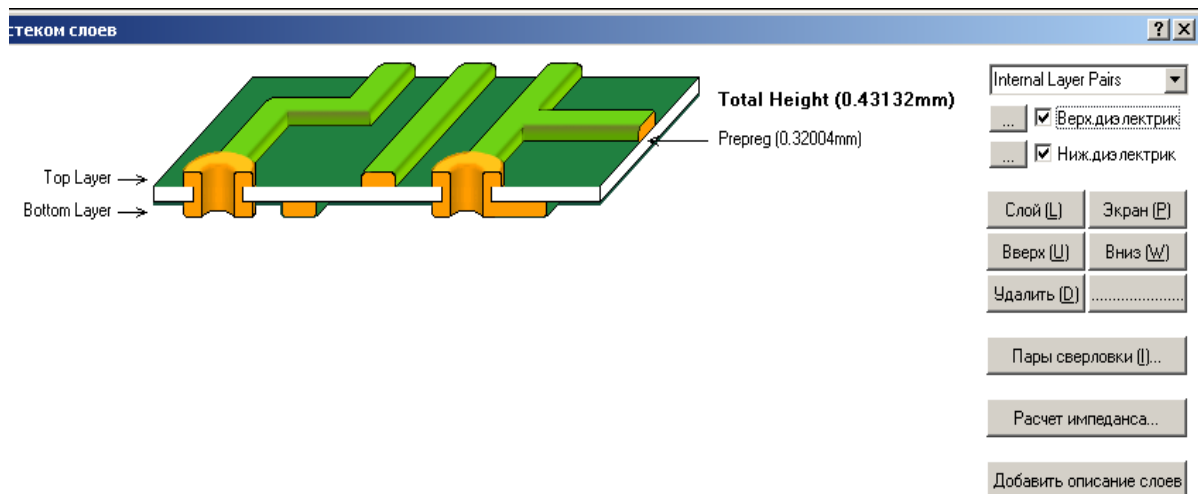


Рис.6.3

Выполнить основные настройки характеристик печатной платы. Для этого в верхнем окне выбрать **Internal Layers Pairs**. Далее установить галочки в окнах **Верх диэлектрик** и **Ниж диэлектрик**. Затем щёлкнуть по кнопке слева от **Верх диэлектрик**, после чего откроется окно **Свойства диэлектрика**. В нём задать тип материала **Solder Resist**, толщину 0,03 мм, коэффициент 3.5 (рис. 6.4), нажать **Ок**. Ана-

логично щёлкнуть по кнопке слева от **Ниж диэлектрик** и в открывшемся окне задать те же характеристики. После этого щёлкнуть ЛК по **Top Layer** на рисунке, а затем щёлкнуть по кнопке **Слой**. На рисунке добавится внутренний слой, выделить его двойным щелчком ЛК. Откроется окно **Редактирование слоя**, в котором задать имя +5 В (или +15 В) и металлизация 0,035 мм. Нажать **Ок** (рис. 6.5).

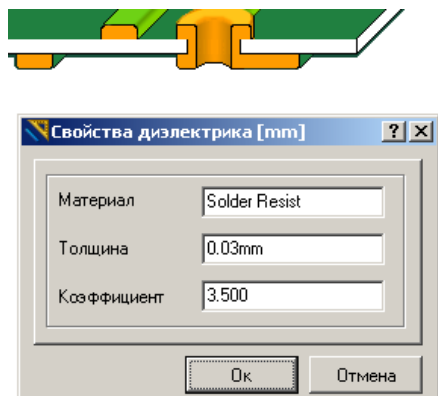


Рис.6.4

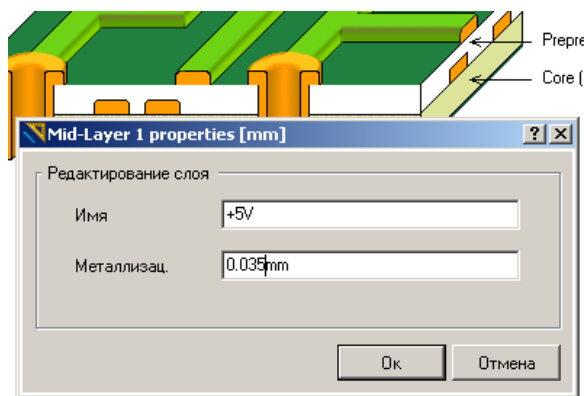


Рис.6.5

Затем щёлкнуть ЛК по слой +5в, а потом по кнопке **Слой**, появится второй внутренний слой на рисунке печатной платы, по названию которого щёлкнуть дважды ЛК. Откроется окно редактирования этого слоя. Задать имя **GND**, металлизация 0,035 мм, **Ок** (рис. 6.6).

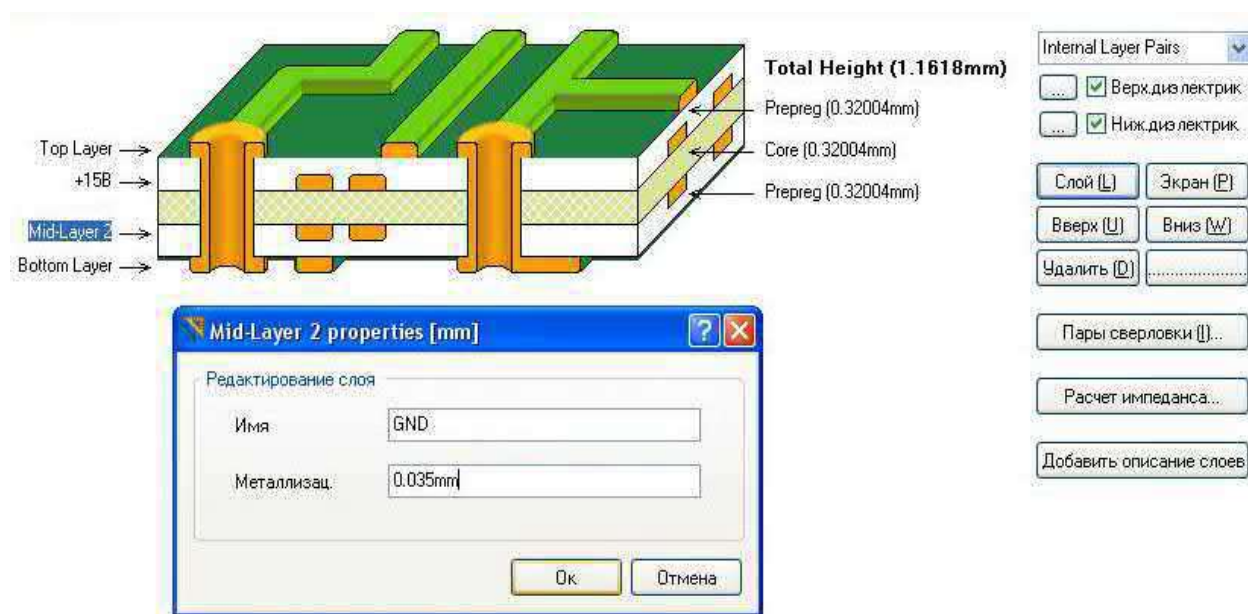


Рис.6.6

Ввести характеристики нижнего слоя **Bottom**, для чего дважды щёлкнуть ЛК по его названию на рисунке, откроется окно редактирования слоя и в нём задать толщину слоя 0,035 мм (рис. 6.7), нажать **Ок**.

Щёлкнуть ЛК дважды по названию **Prepreg** (**Prepreg** – прокладочная стеклоткань печатной платы). Откроется одноименное окно, в котором задать характерис-

тики материала – его толщину 0.13 и коэффициент диэлектрической проницаемости 4.5 (рис. 6.8).

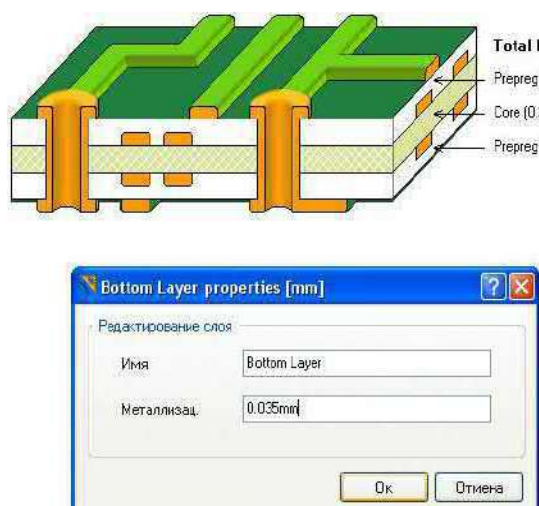


Рис.6.7

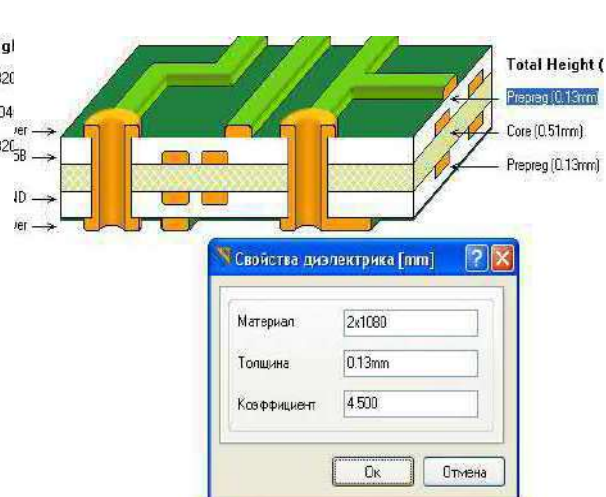


Рис.6.8

Дважды ЛК щёлкнуть по названию **Core** (ядро, основа), в котором задать характеристики материала FR-4 (стеклотекстолит), его толщину 0,51 мм и коэффициент диэлектрической проницаемости 4.5 (рис. 6.9). Нижний **Prepreg** настроить аналогично верхнему. Получили плату толщиной 0,97 мм (рис. 6.10).

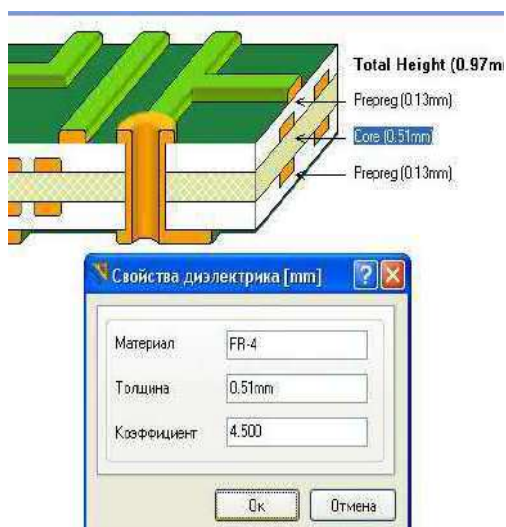


Рис.6.9

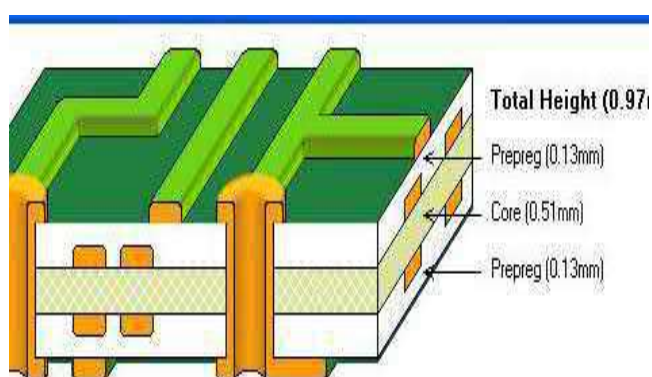
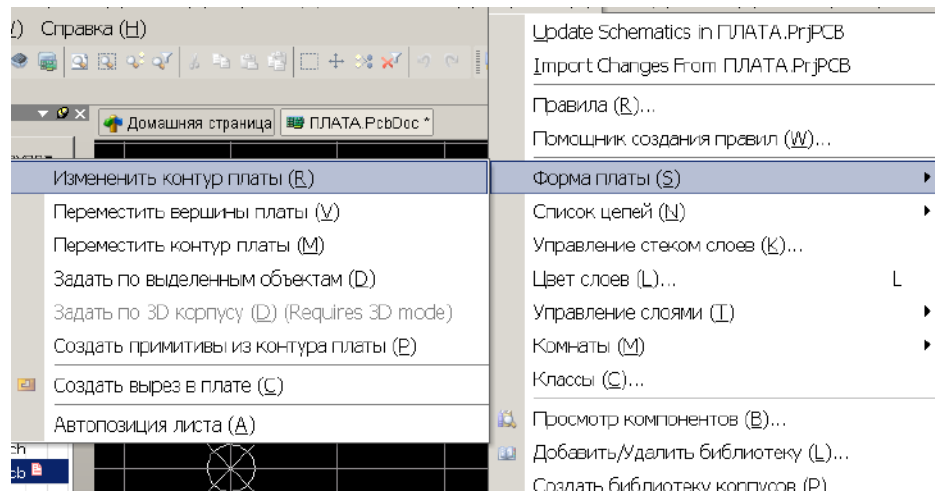


Рис.6.10

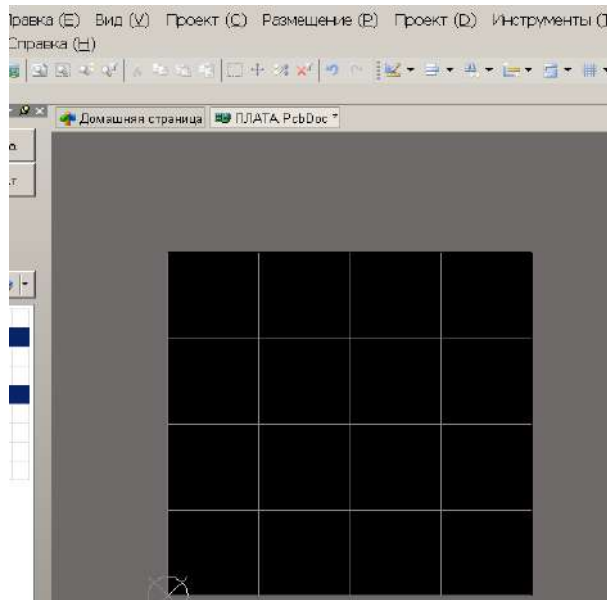
6.2. Размещение электро-радиоэлементов на печатной плате

Сформировать контур платы. Задать шаг сетки 1 мм, для чего, нажав клавишу **G**, в выпавшем окне выбрать 1 мм. Затем задать начало координат, выполнив команды **Правка / Начало координат / Установка**. Нажать ЛК. Перевести курсор в любую точку и выполнить команды **Проект (C) (или Проект (D)) / Форма платы / Изменить контур платы** (рис.6.11,а). Нажать ЛК. Сформировать плату размерами 40x40 мм.

Для этого, нажав ЛК в выбранной точке (0,0), задать тем самым первую точку контура печатной платы (ПП). Затем перевести курсор в точку (40;0), либо, нажав клавишу **J**, выбрать ЛК в выпавшем меню **Новое расположение**. Откроется окно **Jump To Location**, в котором задать координаты второй точки. Нажать **Ок**. Далее задать координаты третьей точки, вновь нажав **J** и в выпавшем окне записать (40;40). Нажать **Ок**, далее (0;40) и снова **Ок** и нажать ПК. В результате получен контур ПП размерами 40x40 мм (рис. 6.11,б). Сохранить полученный результат. Для этого выполнить – **Файл / Сохранить все**.



а



б

Рис.6.11

Выполнить импорт разработанной электрической схемы в редактор **PCB**. Для этого выполнить команды **Проект / Import Changes From Печатная плата. PrjPcb**. После этого открывается окно **Перечень изменений**. В нем нажать кнопку **Проверить**, а затем **Выполнить**. Если нет ошибок, то в разделе **Статус** в колонках **Проверка** и **Применить** появляются зелёные галочки (рис. 6.12). Нажать кнопку **Закрыть**. Это свидетельствует о том, что редактором **PCB** схема электрическая принципиальная преобразована в схему соединения корпусов ЭРЭ. Её рисунок появится справа снизу от контура созданной печатной платы (ПП) (рис. 6.13).

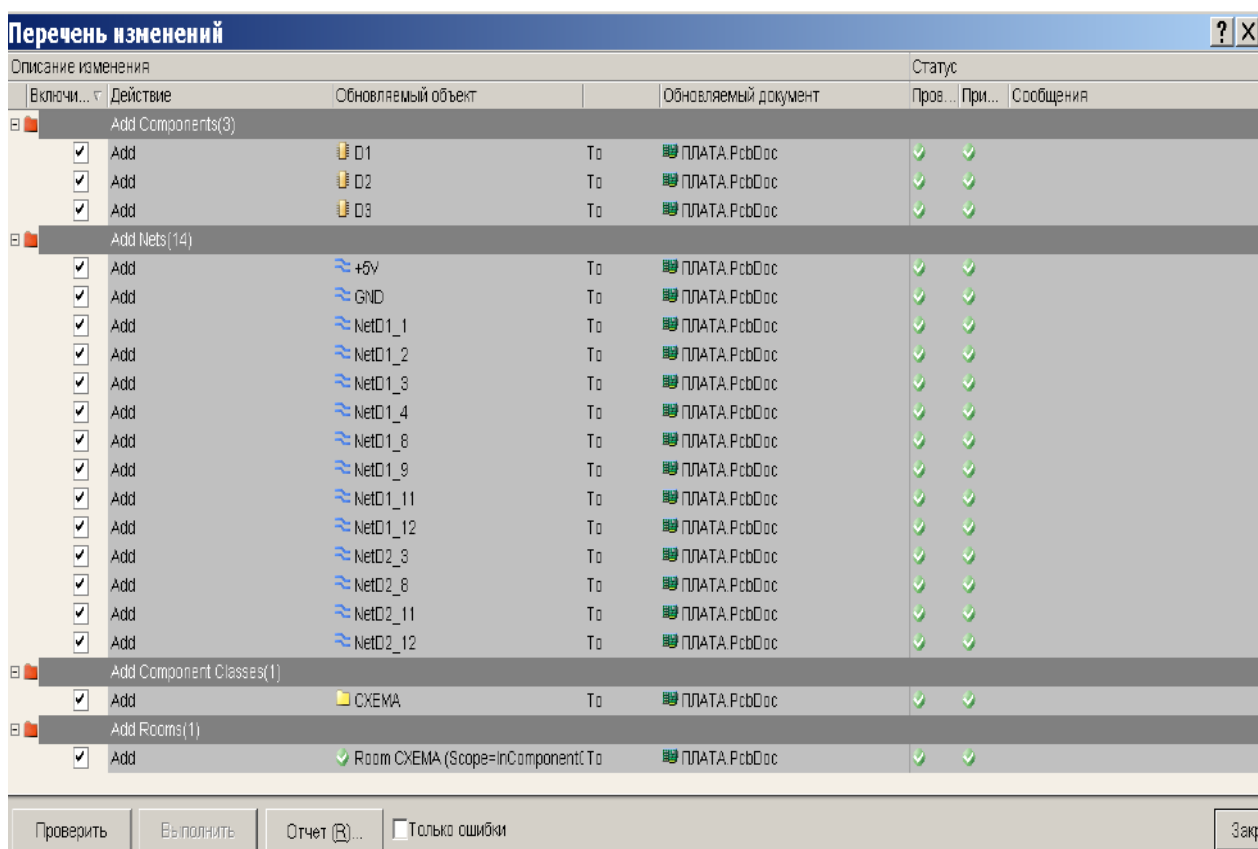


Рис.6.12

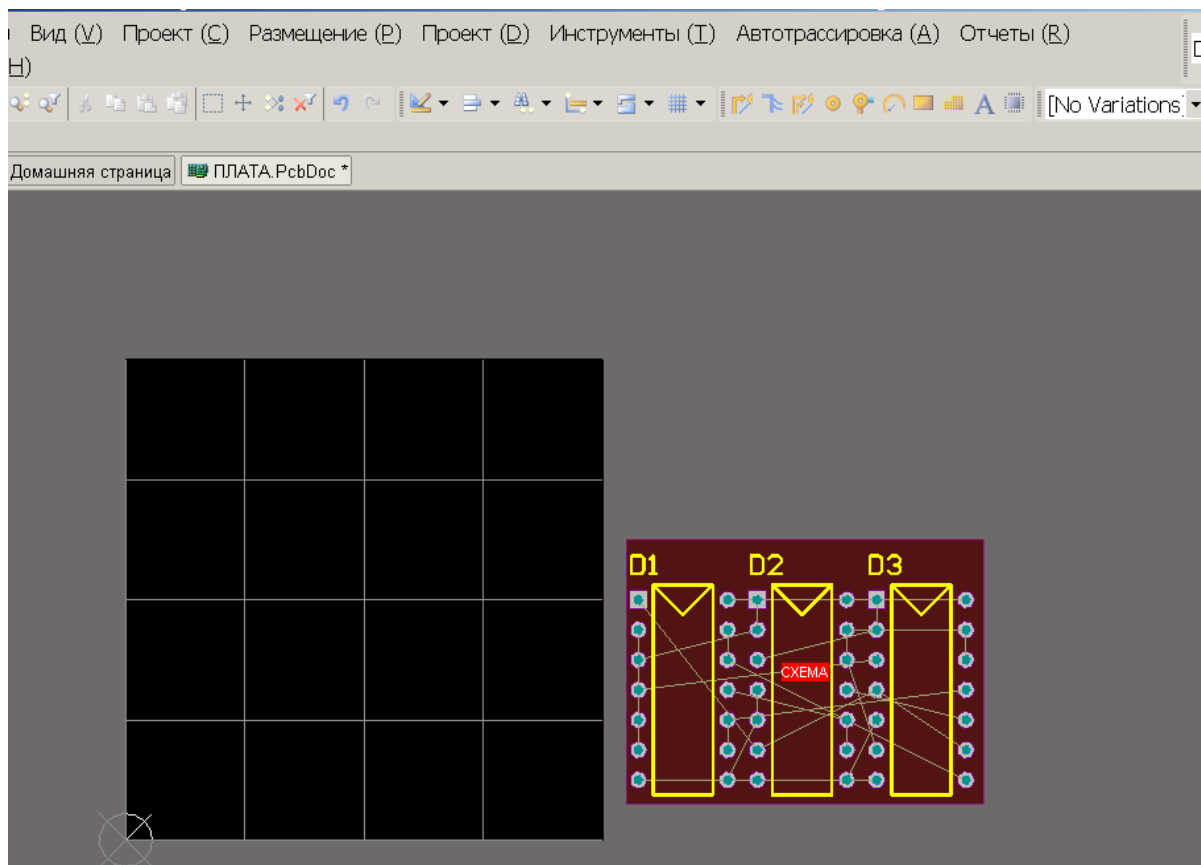


Рис.6.13

Теперь выполнить размещение ЭРЭ на контуре ПП. Вначале задать шаг сетки на ПП = 0,625 мм. Связано это с тем, что данный шаг кратен расстоянию между выводами на корпусе интегральных схем (2,5 мм.). Для этого щелкнуть ПК на рабочем поле и в выпавшем меню выполнить команды **Опции / Свойства платы** и нажать ЛК (рис. 6.14).

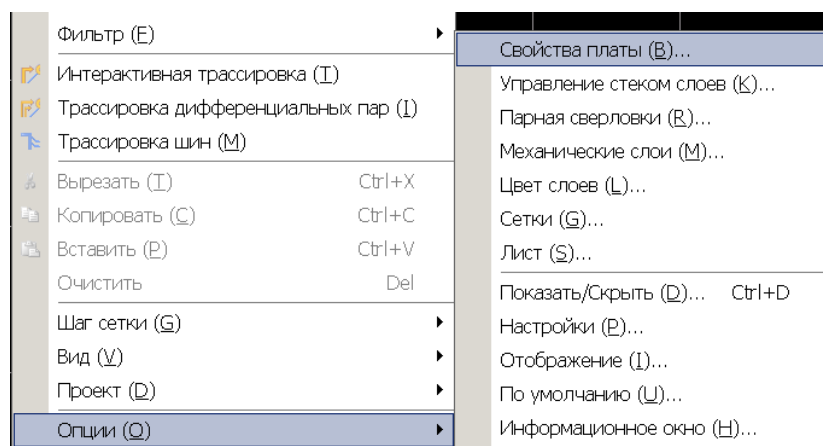


Рис.6.14

Откроется окно **Параметры платы**. Внем задать единицы измерения **Metric**, шаг сетки по X и Y 0,625 мм, сетка компонентов 0,625 мм и электрическая сетка 0,625 мм, нажать **ОК** (рис. 6.15,а).

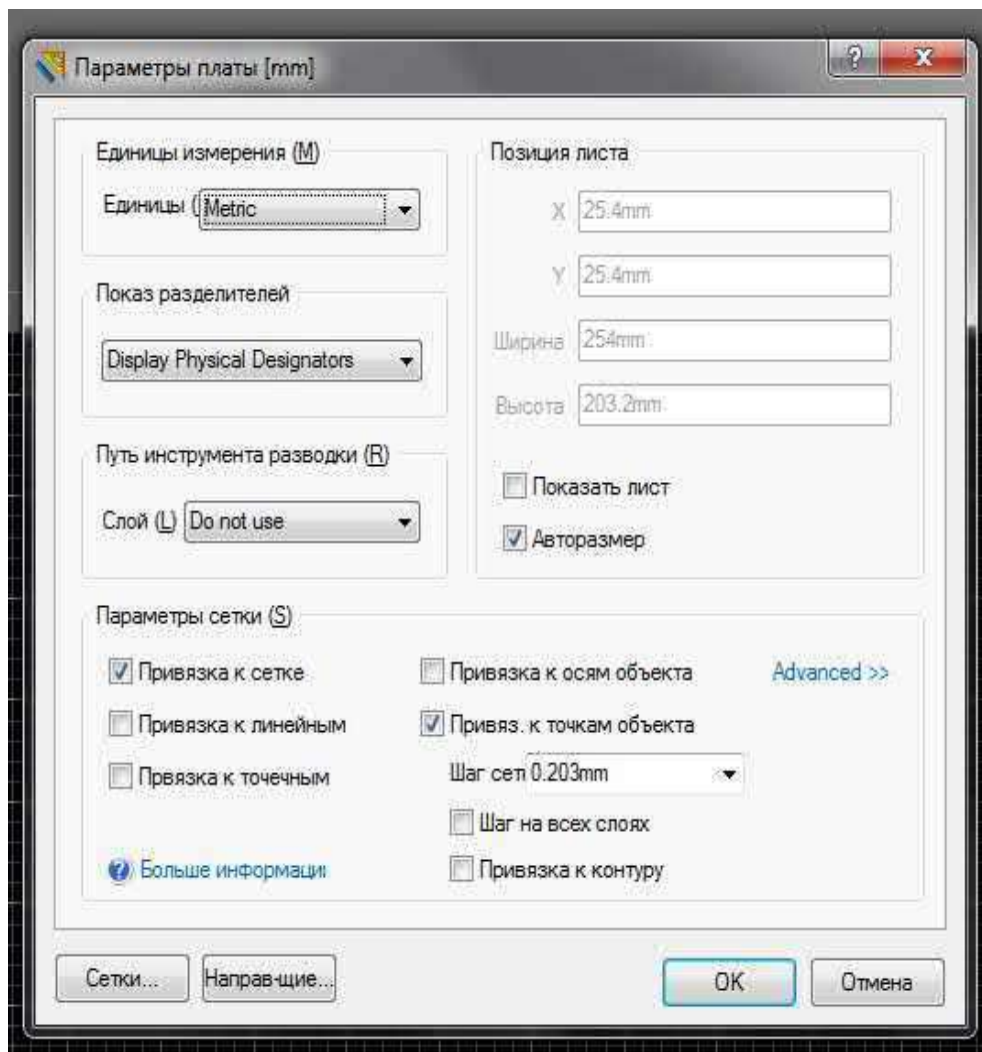


Рис.6.15,а

После этого можно расставлять ЭРЭ на ПП. Выделять элементы для размещения необходимо щелчком ЛК по выбранному элементу. Он становится полупрозрачным. Для размещения выбранного элемента в нужное место печатной платы, достаточно навести на него курсор и, при нажатой ЛК, переместить в заданную точку. Вращать элемент можно нажатием на клавишу **Space** (пробел). Шаг поворота задается в настройках **DXP / Preferences/ PCB Editor**, щелкнуть дважды ЛК и выбрать **General / Шаг поворота-45 градусов** (рис. 6.15,б).

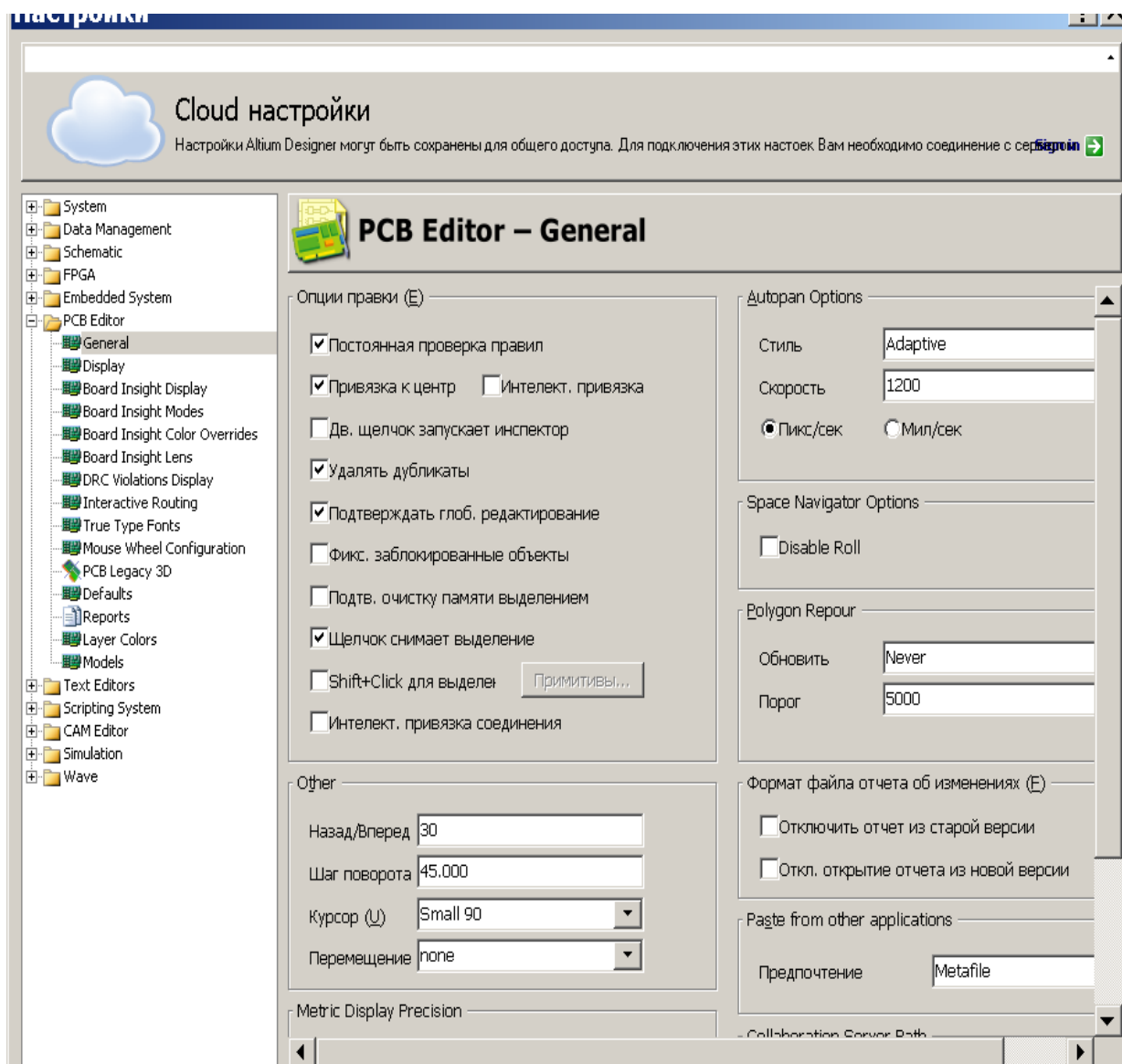


Рис. 6.15,б

Установить ЭРЭ на плату. В процессе размещения позиционные обозначения **D?** ЭРЭ целесообразно устанавливать в пределах площади элементов. Для этого выбрать слой **Top Overlay**, щелкнув ЛК по позиционному обозначению, например D1, выделить его и переместить в контур микросхемы. Шрифт позиционного обозначения можно менять в процессе размещения, для этого достаточно щелкнуть дважды по **D?**. Вначале откроется окно с характеристиками позиционного обозначения (рис. 6.16). Затем щелкнуть ЛК по строке текста, например D1, надпись выделится, нажать ПК и выбрать **Свойства**. Откроется окно **Позиционное обозначение** (рис. 6.17), в котором можно выбрать или задать необходимый шрифт. Для этого в поле **Свойства** выбрать **True Type**, а затем в поле **Параметры True Type шрифта** в окне **Шрифт** выбрать соответствующий шрифт.

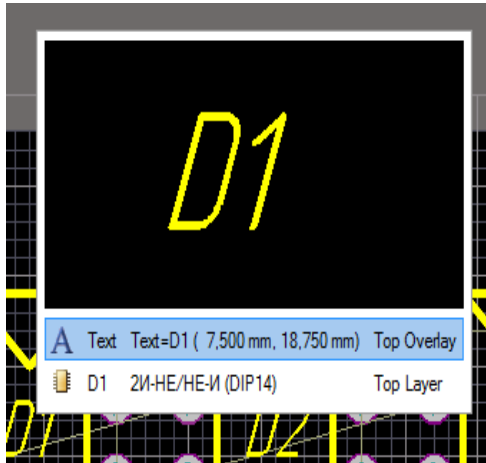


Рис.6.16

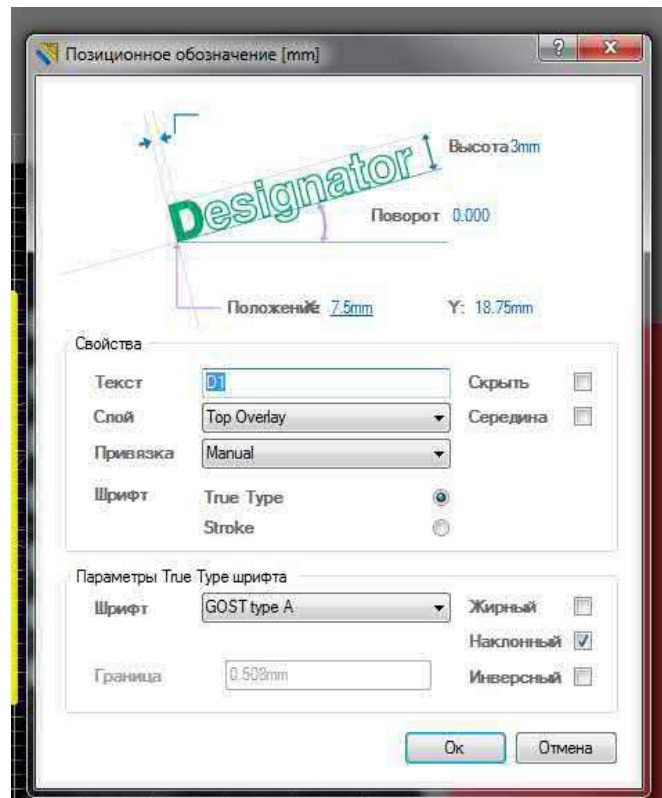
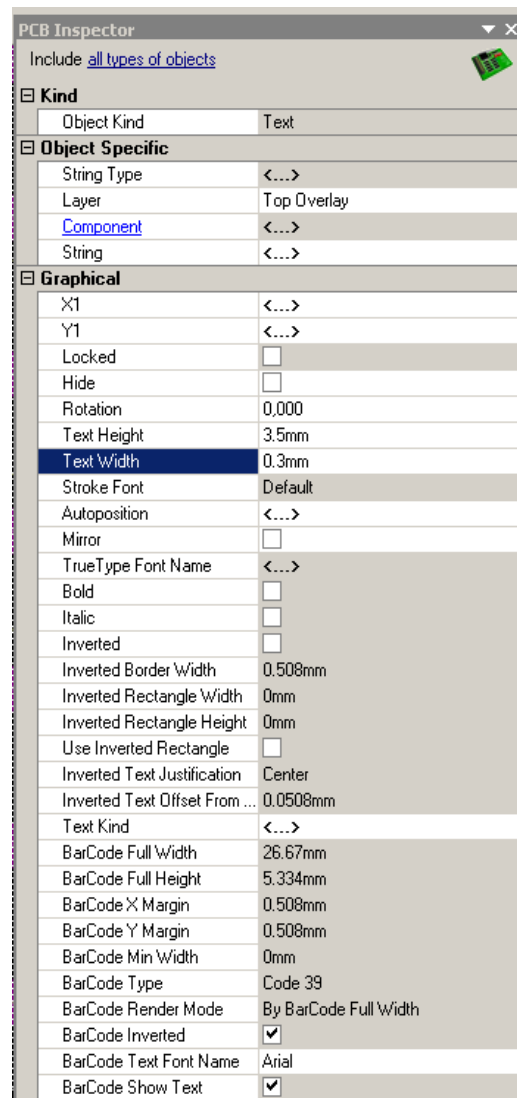
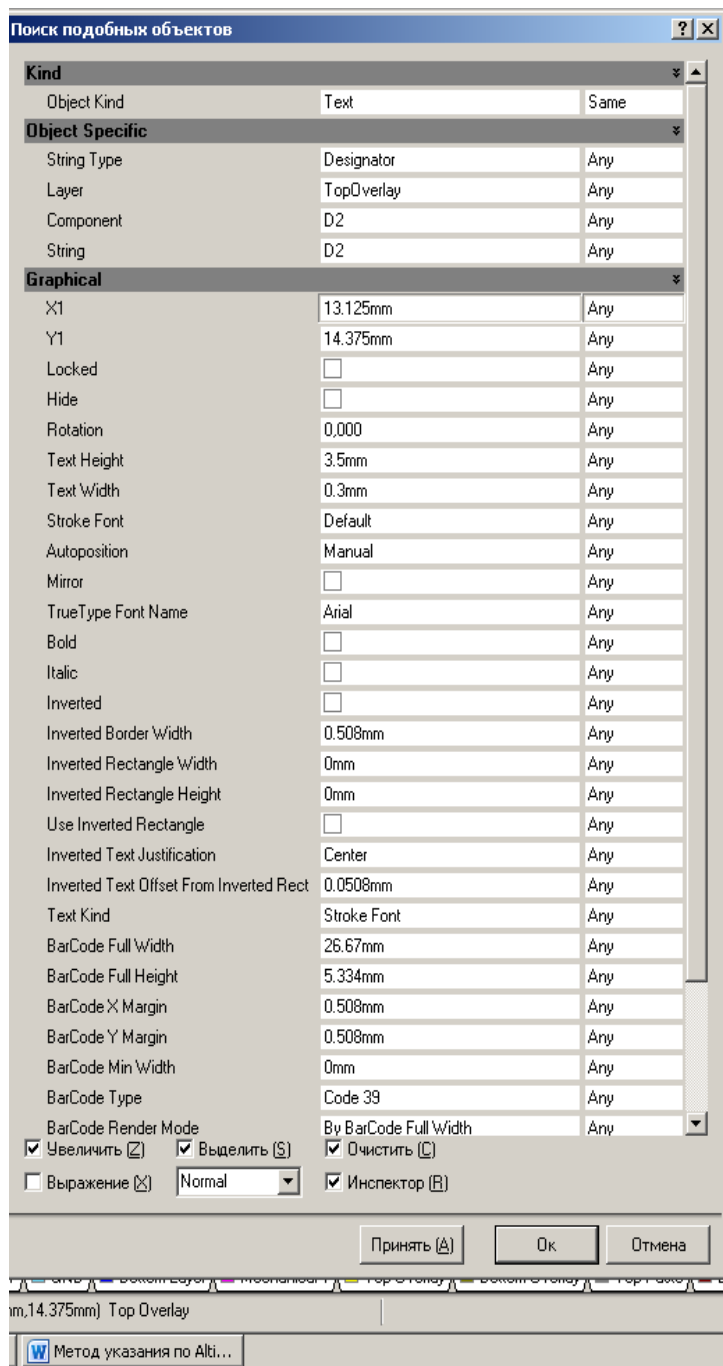


Рис.6.17

Для того чтобы все позиционные обозначения привести к одному типу шрифта, выделить любое позиционное обозначение ЛК, затем щелкнуть ПК и в выпавшем контекстном меню выбрать **Поиск подобных объектов**. Нажать ЛК. Появится одноименное окно, в котором высветятся все свойства, характерные для данного позиционного обозначения (рис.6.18,а).

Поскольку позиционные обозначения имеют все элементы на плате, в поиске по умолчанию примут участие все указанные элементы. Нажать кнопку **Принять**. Появится окно **PCB Inspector** (рис.6.18,б) в котором задать высоту шрифта 3,5 мм, ширину 0,3 мм, тип шрифта **Gost Type A** и тип шрифта **True Type Font**. Нажать **Enter** (Ввод).



а

б

Рис.6.18

В результате получили размещение ЭРЭ на печатной плате, выводы которых соединены линиями в соответствии с заданной электрической схемой (рис. 6.19).

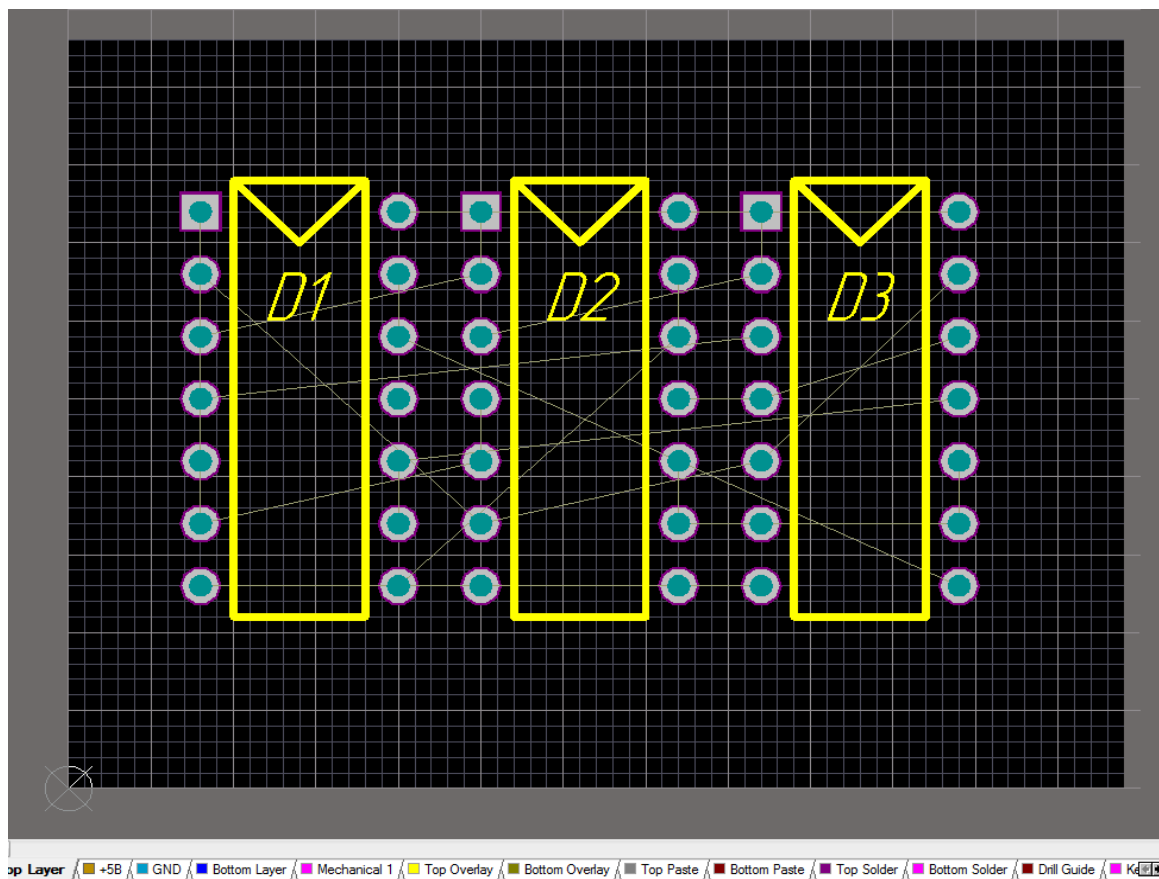


Рис.6.19

Задать размеры платы, соответствующие стандартному ряду плат. Для этого переключиться на слой **Mechanical 1**, выполнить команды **Размещение / Размер / Линейный**, нажать клавишу **TAB**, откроется окно **Линейные размеры**, в котором задать Ориентацию **Automatic**, Единицы изм. **Millimeters**, параметры размерной стрелки, например, все по 0.2 мм, а высоту размера цифр 2.5 мм. Угол при размещении размера вдоль оси ОХ задать = 0, а вдоль оси ОУ = 90 (рис. 6.20).

Для размещения размера щелкнуть ЛК возле первой точки размещения размера (в 1-й угол ПП), затем переместит курсор во вторую точку указания размера (2-й угол ПП) и щелкнуть ЛК. Далее сместить курсор в сторону рабочего поля, чтобы отодвинуть размер от ПП, щелкнуть ЛК, затем ПК. Чтобы снять выделение со стрелки, щелкнуть ЛК в рабочем поле.

На экране другим цветом выделится размер, задаваемый перемещением курсора. Задать по ширине и длине, например, по 30 мм, тогда плата получится размером 30x20 мм (рис. 6.21).

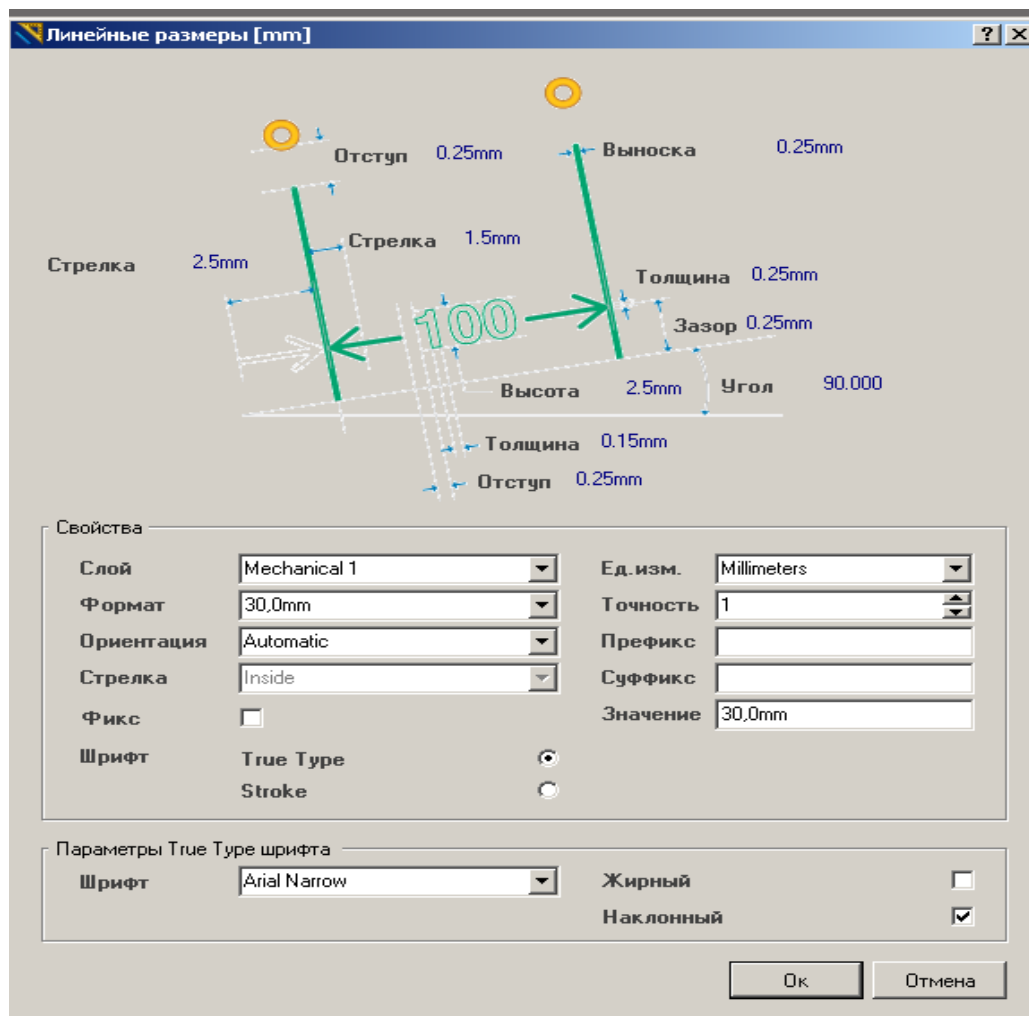


Рис.6.20

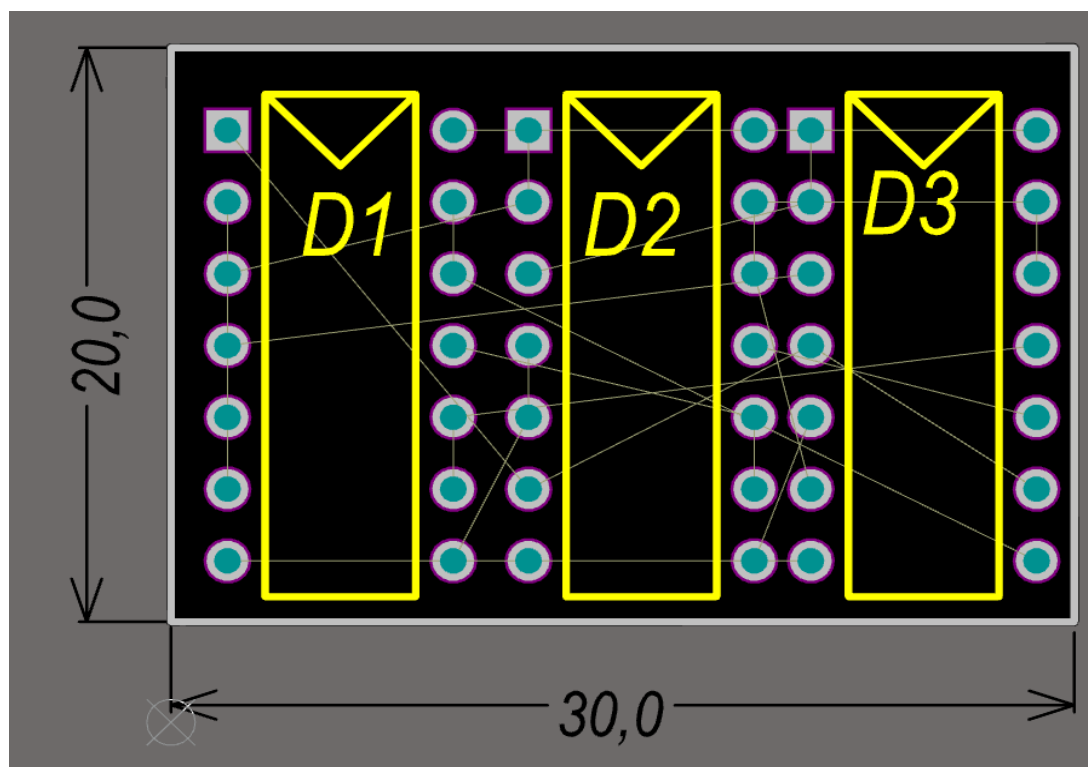


Рис.6.21

6.3. Порядок выполнения работы

1. Через кнопку Пуск в меню Программы загрузить редактор **PCB** САПР *Altium Designer*
2. Настроить начальные установки редактора.
3. Задать характеристики печатной платы.
4. Выполнить импорт разработанной электрической схемы в редактор **PCB**.
5. Ввести контур платы (предварительно рассчитав коэффициент заполнения).
6. Выполнить размещение элементов.
7. Сохранить результаты.

6.4. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Сведения о редакторе **PCB**.
3. Порядок настройки конфигурации.
4. Порядок задания характеристик печатной платы и размещения ЭРЭ.
5. Распечатки или эскизы размещения элементов на печатной плате.
6. Оценка результата размещения.
7. Выводы.

6.5. Контрольные вопросы

1. Поясните порядок настройки конфигурации редактора.
2. Как установить метрическую систему измерения?
3. Какими командами задается структура печатной платы?
4. Как задать свойства диэлектрика печатной платы?
5. Каким образом задаются дополнительные внутренние слои печатной платы?
6. Как формируется контур печатной платы?
7. Как выполняется импорт разработанной электрической схемы в редактор **PCB**?
8. Каким образом выбираются и размещаются ЭРЭ на печатную плату?
9. Как выбирается тип шрифта?
10. В каком слое, и какими командами указываются размеры на ПП?
11. Какие параметры шрифта настраиваются при задании размеров ПП?

Лабораторная работа №7. Трассировка проводников печатных плат в автоматическом режиме в Altium Designer

Цель работы – изучение методики интерактивной трассировки печатных плат средствами графического редактора *Altium Designer PCB*; приобретение навыков работы с ним при решении задач трассировки.

7.1. Задание правил проектирования

Вначале необходимо задать правила трассировки. Для этого выполнить команды **Проект / Правила**. Открывается окно **Правила проектирования печатных плат**, в котором в левой части указаны группы правил трассировки (рис. 7.1).

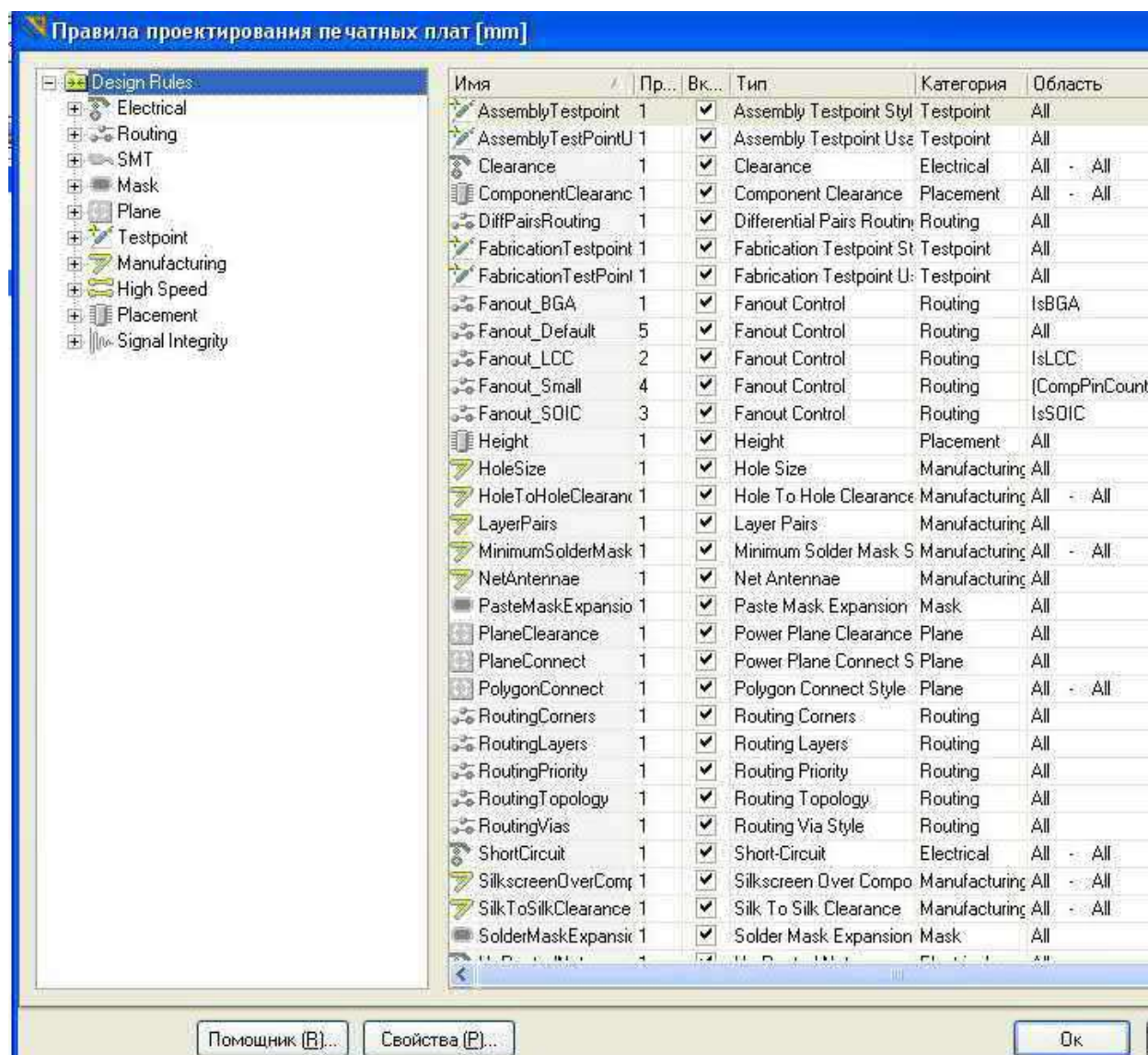


Рис.7.1

Для раскрытия каждой из групп правил проектирования необходимо щёлкнуть ЛК по знаку плюс перед названием правила.

Первая группа правил **Electrical**. В неё входят: задание зазоров (**Clearance**), короткое замыкание (**Short-Circuit**), неразведённые цепи (**Un-Routed Net**) и не присоединённые контакты (**Un-Connected Pin**) (рис. 7.2).

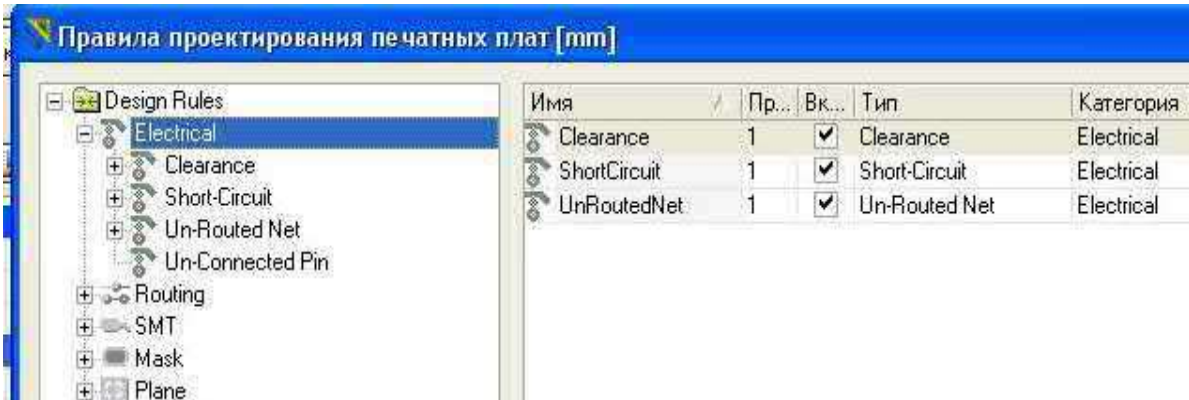


Рис.7.2

Вторая группа правил **Routing** (трассировка). В неё входят: задание ширины печатных проводников (**Width**), алгоритм трассировки (**Routing Topology**) (при открытии его появляется окно с графическим изображением соединённых контактов), приоритет трассировки (**Routing Priority**), разрешенные слои трассировки (**Routing Layers**), вариант построения углов трасс (**Routing Corners**), задание размеров переходных отверстий (**Routing Via Style**), правила подключения к контактной площадке (**Fanout Control**), трассировка дифференциальных пар (**Differential Pairs Routing**) (рис. 7.3).



Рис.7.3

Третья группа правил **SMT** – настройка размеров проводника, подключаемого к планарным контактным площадкам. Настройка расстояния от контактной площадки до поворота трассы (**SMD To Corner**), настройка минимального расстояния до переходного отверстия (**SMD To Plane**), настройка сужения ширины проводника (**SMD Neck-Down**) (рис. 7.4).

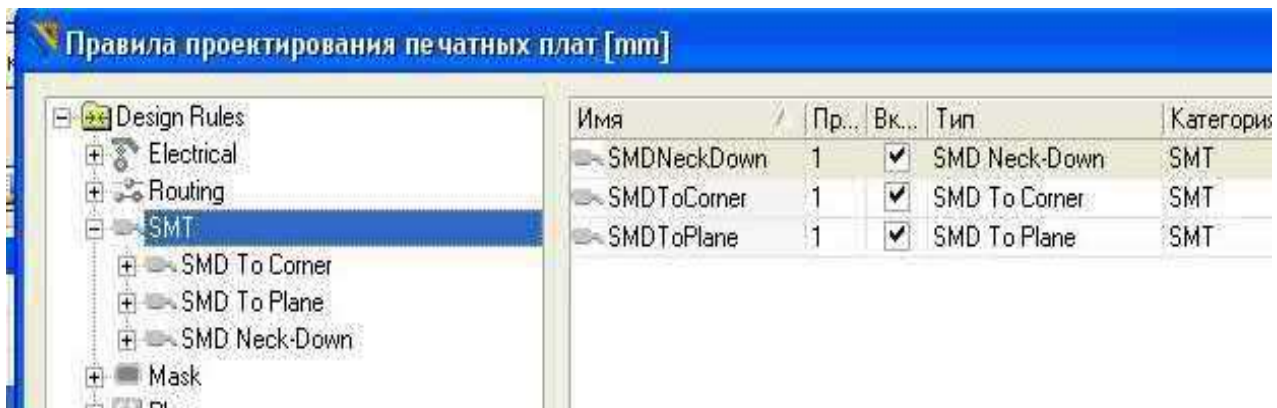


Рис.7.4

Четвертая группа правил **Mask**. В неё входят настройка зазоров для паяльной маски (**Solder Mask Expansion**) и настройка зазоров для паяльной пасты (**Paste Mask Expansion**) (рис.7.5).

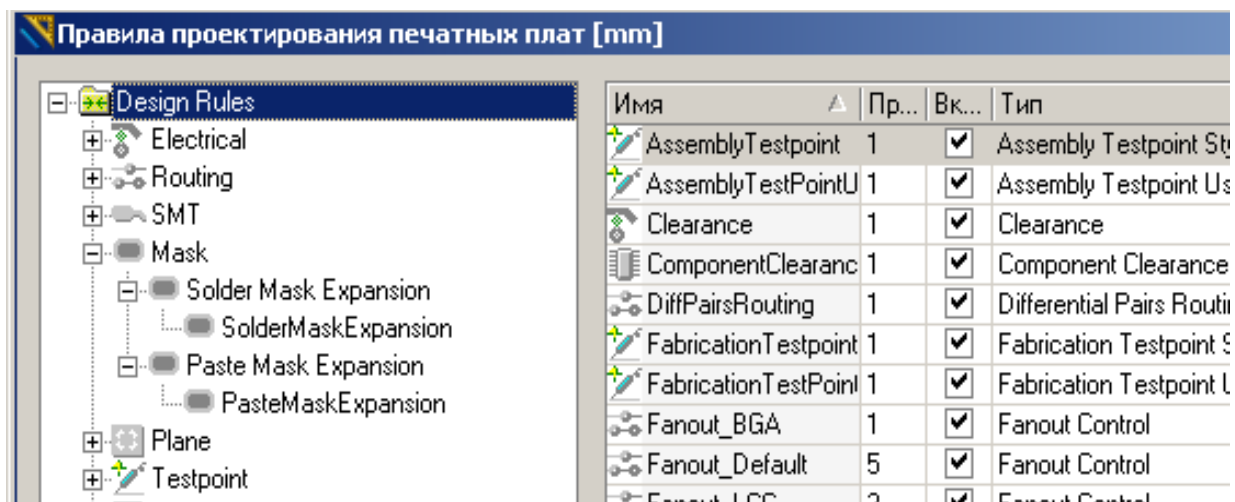


Рис.7.5

Пятая группа правил подсоединения полигонов и экранных слоёв **Plane**. В неё входят **Power Plane Connect Style** (стиль соединения переходных отверстий и контактных площадок со слоем питания), **Power Plane Clearance** (зазоры в слоях питания), **Polygon Connect Style** (стиль соединения переходных отверстий и контактных площадок с полигоном) (рис. 7.6).

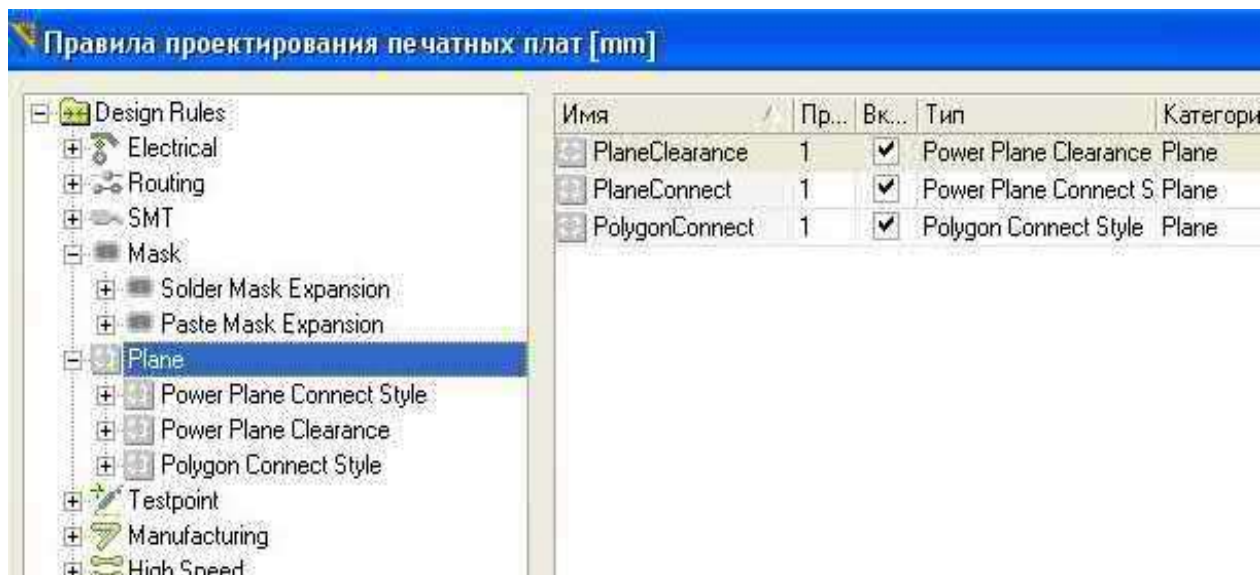


Рис.7.6

Группа **Testpoint** описывает разные виды контрольных точек (рис. 7.7).

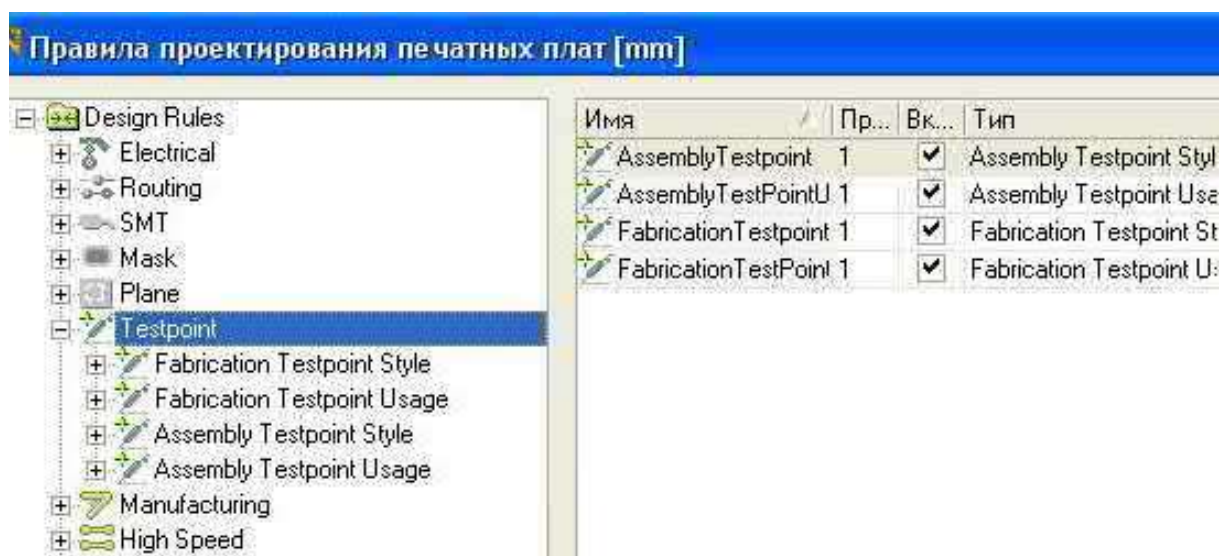


Рис.7.7

Следующая группа **Manufacturing** учитывает следующие технологические условия производства. **Minimum Annular Ring** (минимальный размер контактной площадки), **Acute Angle** (ограничение на размер острых углов), **Hole Size** (диаметр отверстий), **Layer Pairs** (пары слоёв), **Hole to Hole Clearance** (совпадение и пересечение отверстий), **Minimum Solder Mask Silver** (минимальная ширина участка в защитной маске), **Silkscreen Over Component Pads** (зазор между маркировкой и вскрытыми от маски металлизированными контактными площадками), **Silk to Silk Clearance** (проверка зазоров на слое шелкографии), **Minimum copper width** (анализ участков металлизации, которые могут или не могут быть сформированы на этапе производства печатной платы), **Net Antennae** (определяет не подключённые участки трасс и дуг на сигнальных слоях) (рис. 7.8).

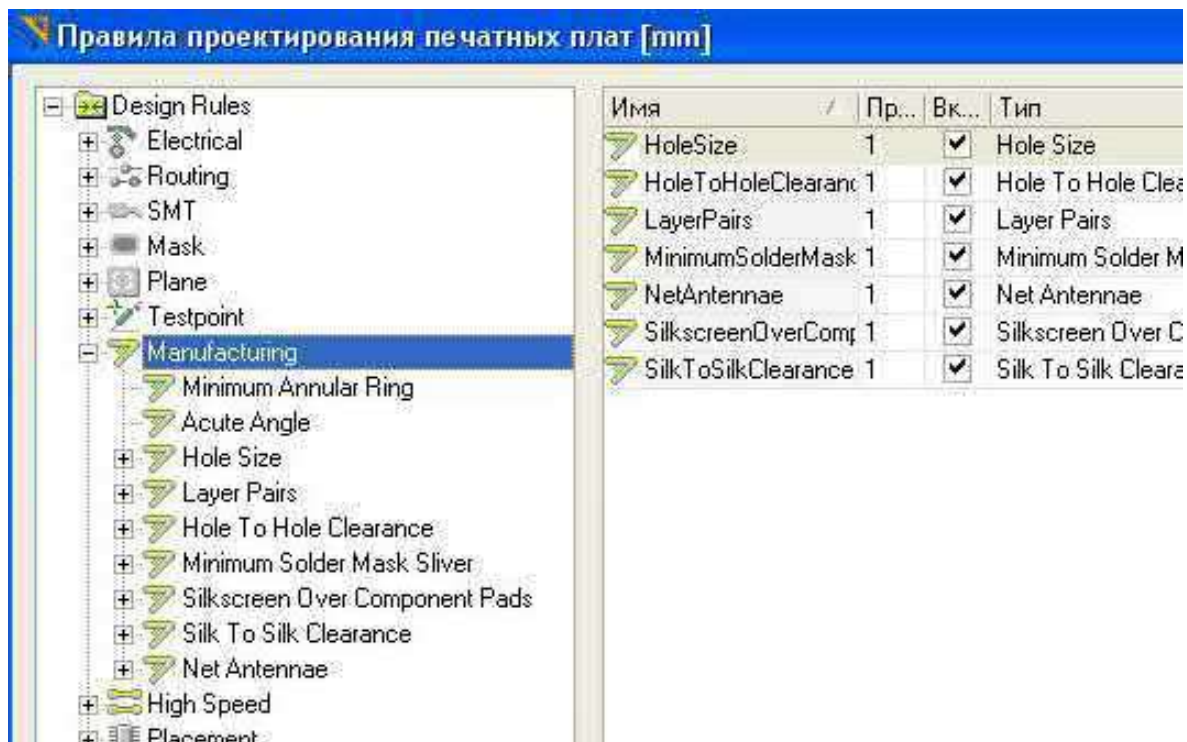


Рис.7.8

Задание правил трассировки для высокоскоростных цепей **High Speed**. **Parallel Segment** (длина параллельных трасс), **Length** (длина определённой цепи), **Matched Net Lengths** (настройка разницы в длине определённых цепей или дифференциальных пар), **Daisy Chain Stub Length** (настройка Т-образного соединения до контактной площадки), **Vias Under SMD** (разрешение переходного отверстия под контактной площадкой), **Maximum Via Count** (максимальное число переходных отверстий) (рис. 7.9).

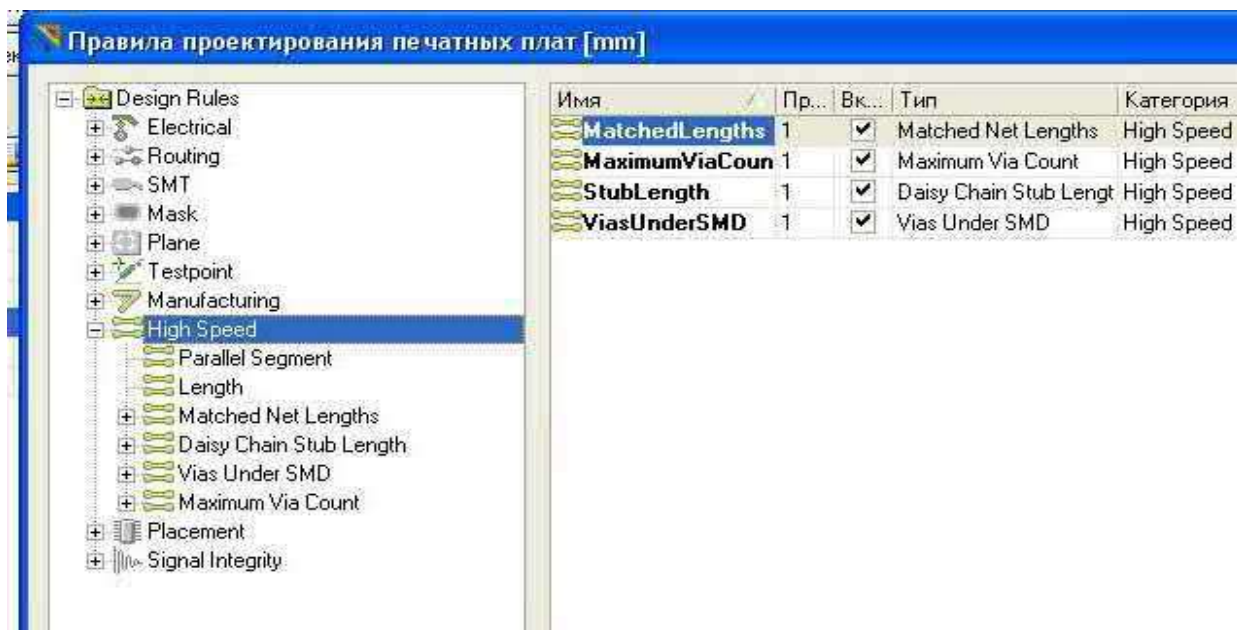


Рис.7.9

Группа задания правил размещения элементов на плате **Placement**.

Room Definition (область размещения), **Component Clearance** (расстояние между компонентами), **Component Orientations** (ориентация компонентов), **Permitted Layers** (размещенные слои), **Nets to Ignore** (игнорируемые цепи), **Height** (высота) (рис. 7.10).

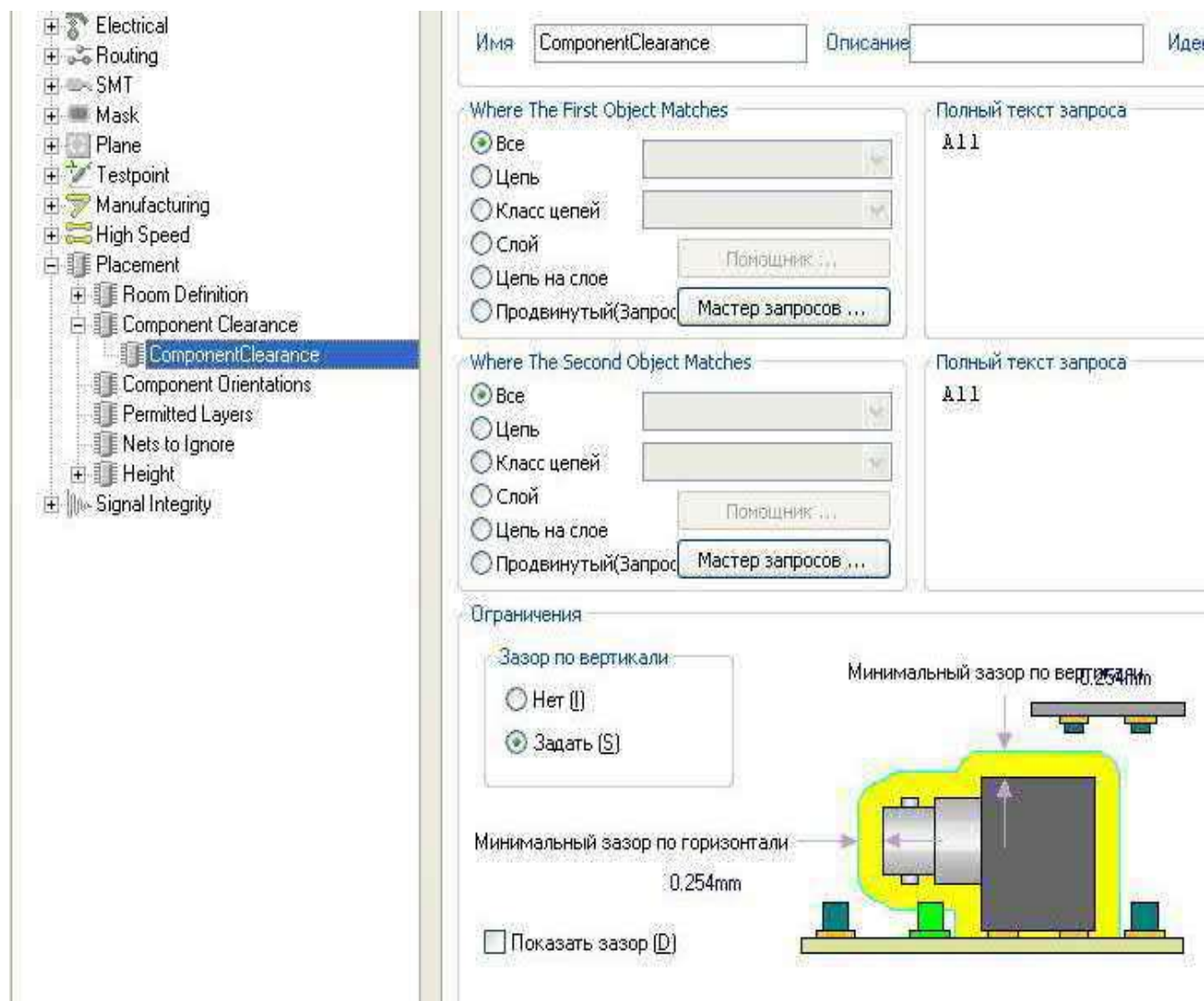


Рис.7.10

Последняя группа **Signal Integrity** задает правила для моделирования электрических схем печатных плат (рис. 7.11).

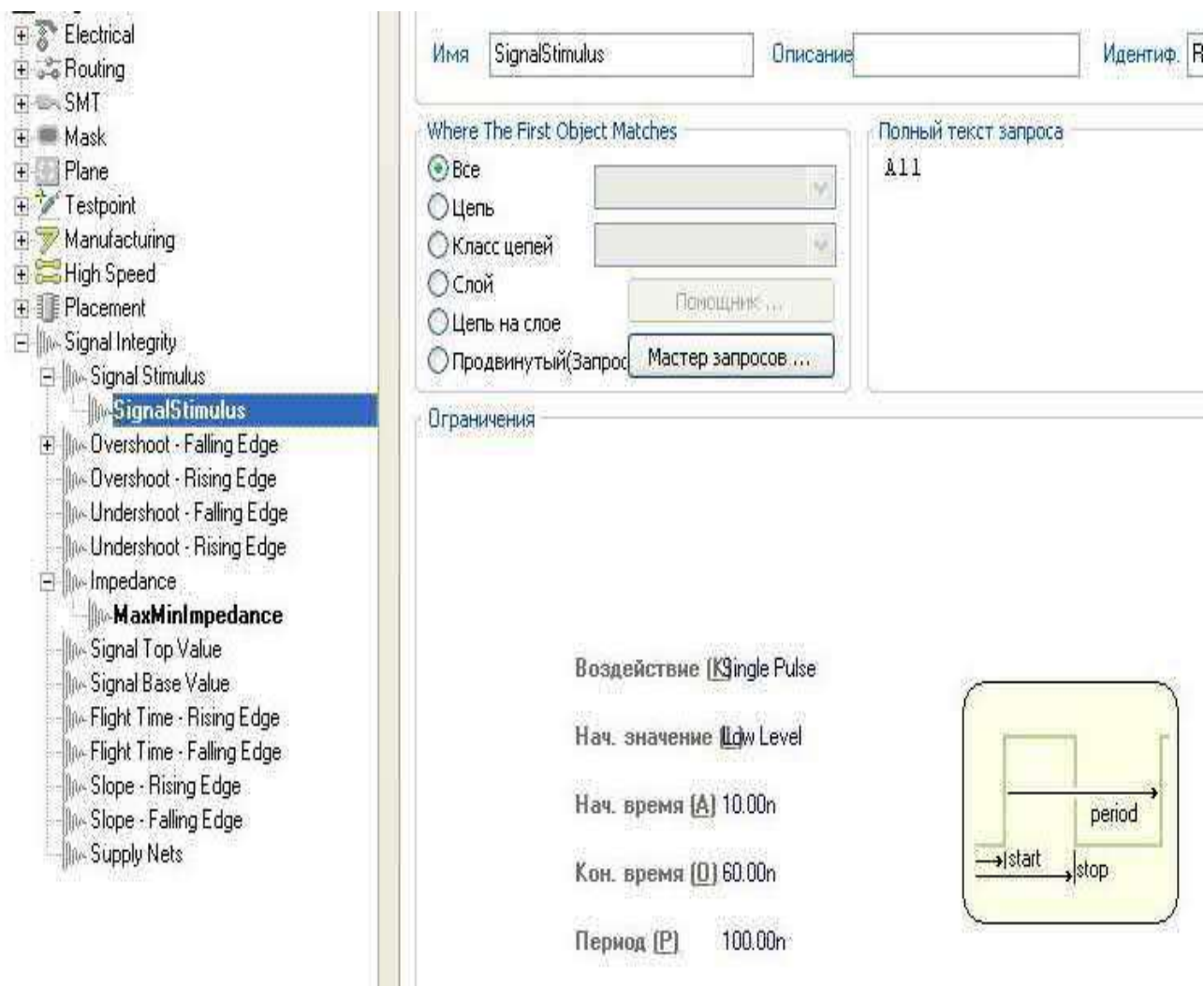


Рис.7.11

7.2. Пример трассировки печатной платы

В данном проекте зададим следующие условия трассировки. Изготовить плату по четвертому классу точности. Поэтому в группе правил **Electrical** задать **Clearance** (зазор) 0,15 мм. Для этого щёлкнуть ПК по названию правила и в выпавшем окне выбрать **Новое правило** с требуемыми характеристиками (курсор наводится на изменяемые параметры) (рис. 7.12).

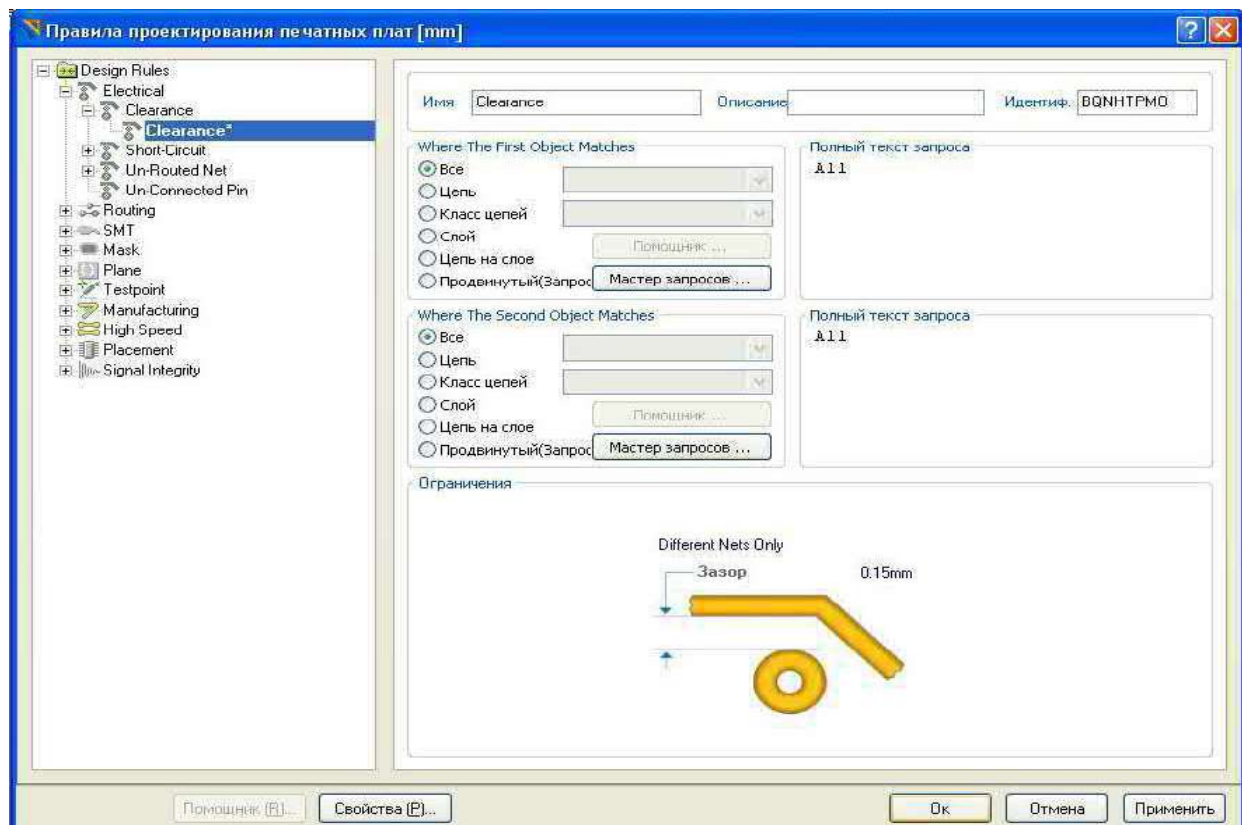


Рис.7.12

В группе **Short Circuit** убрать галочку с **Разрешить короткое замыкание** (рис. 7.13), а в группе неразведенные цепи – **Un-Routed Net** оставить по умолчанию.

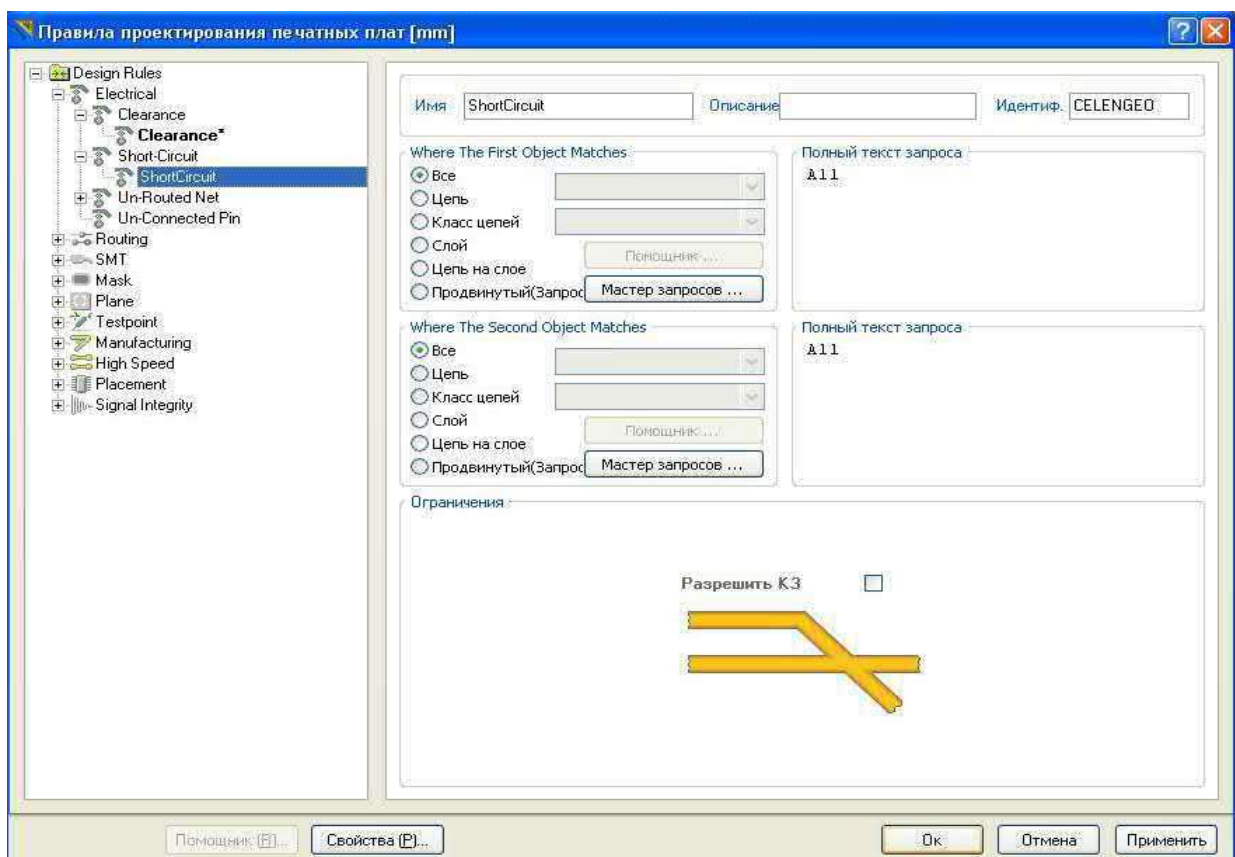


Рис.7.13

В подгруппе **Width** группы **Routing** установим значение ширины проводника. Зададим в строках **Min Width**, **Preferred Width** и **Max Width** значение 0,15 мм. В итоге в таблице под данными строками будут отображены параметры проводника для каждого слоя. В нашем случае во всех слоях ширина проводника 0,15 мм (рис. 7.14).

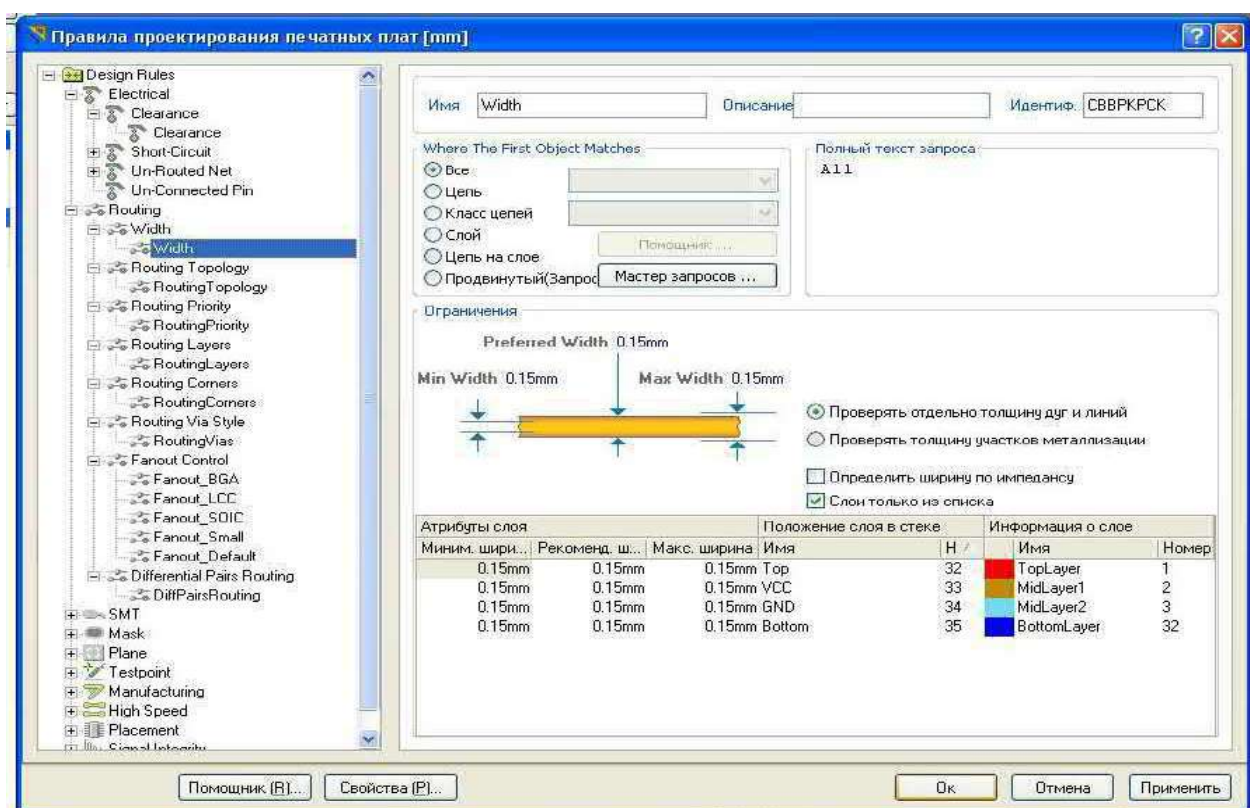


Рис.7.14

В подгруппе **Routing Topology** установить топологию **Shortest** (рис. 7.15).

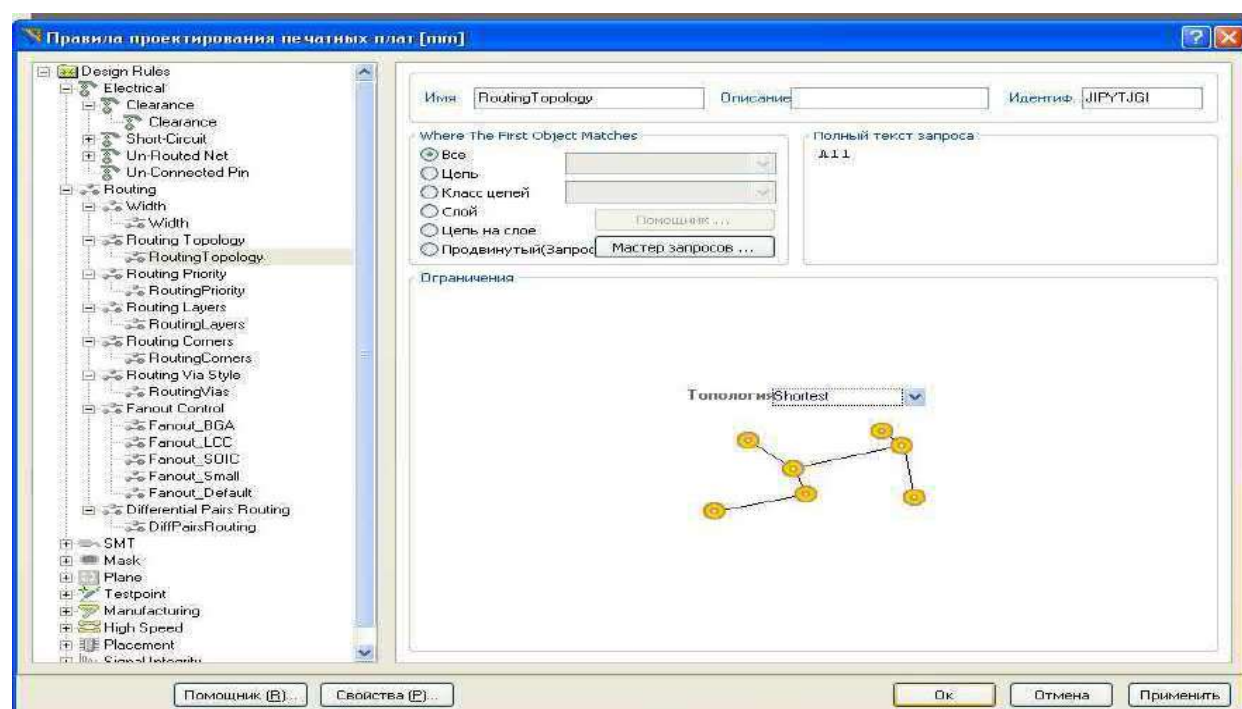


Рис. 7.15

В подгруппе **Routing Layers** разрешить трассировку только в слоях **Top** и **Bottom** (рис.7.16).

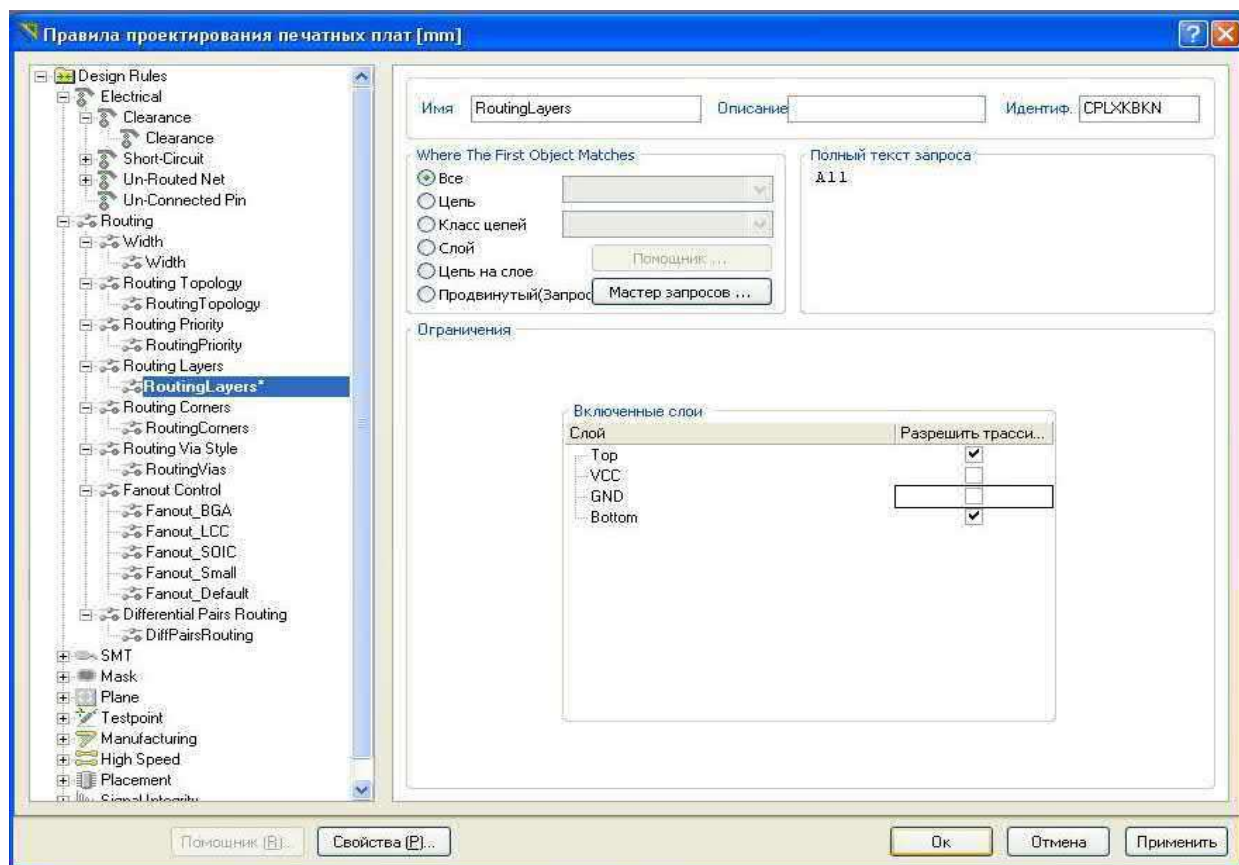


Рис.7.16

Routing Corners (трассировка углов) — стиль 45 градусов, скос и до по 3 мм (рис. 7.17).

Routing Via Style (трассировка типа отверстий).

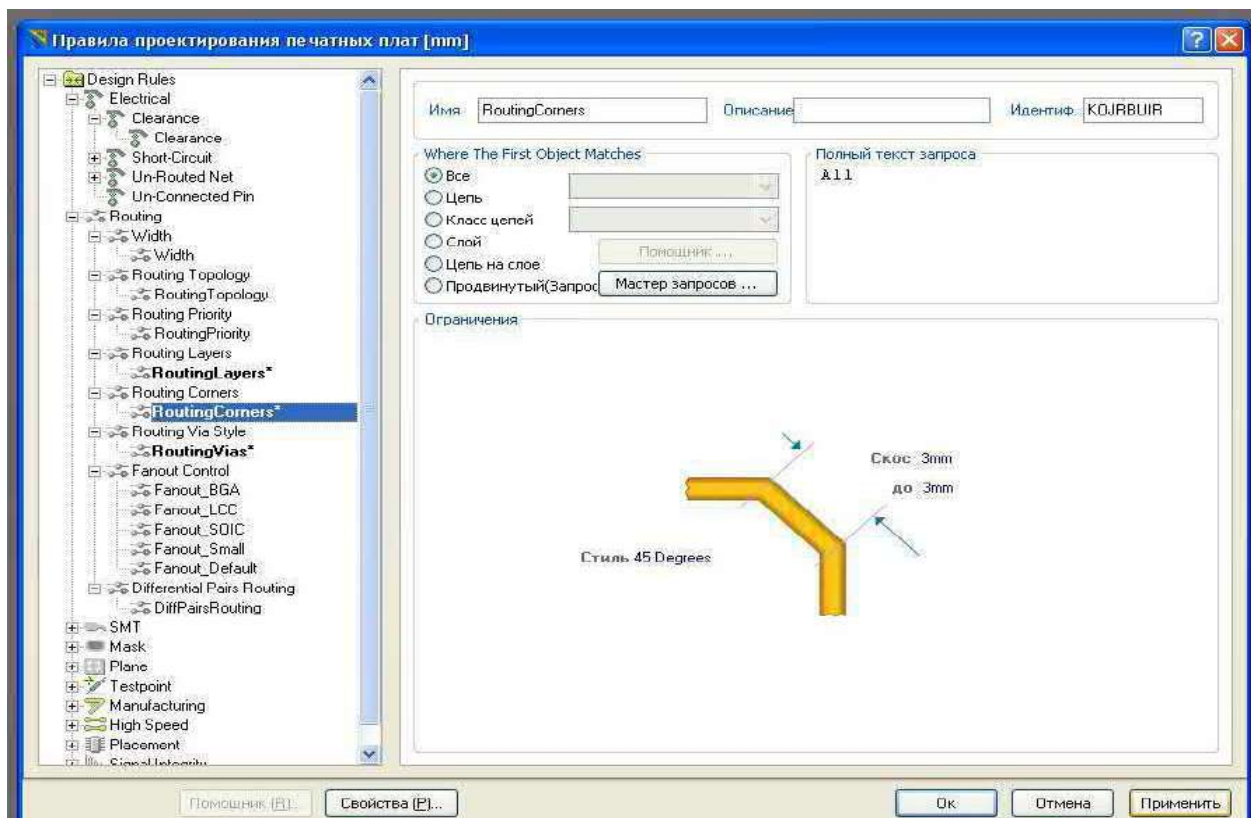


Рис.7.17

Routing Vias (трассировка переходных отверстий) — размеры указать в окошках (рис.7.18).

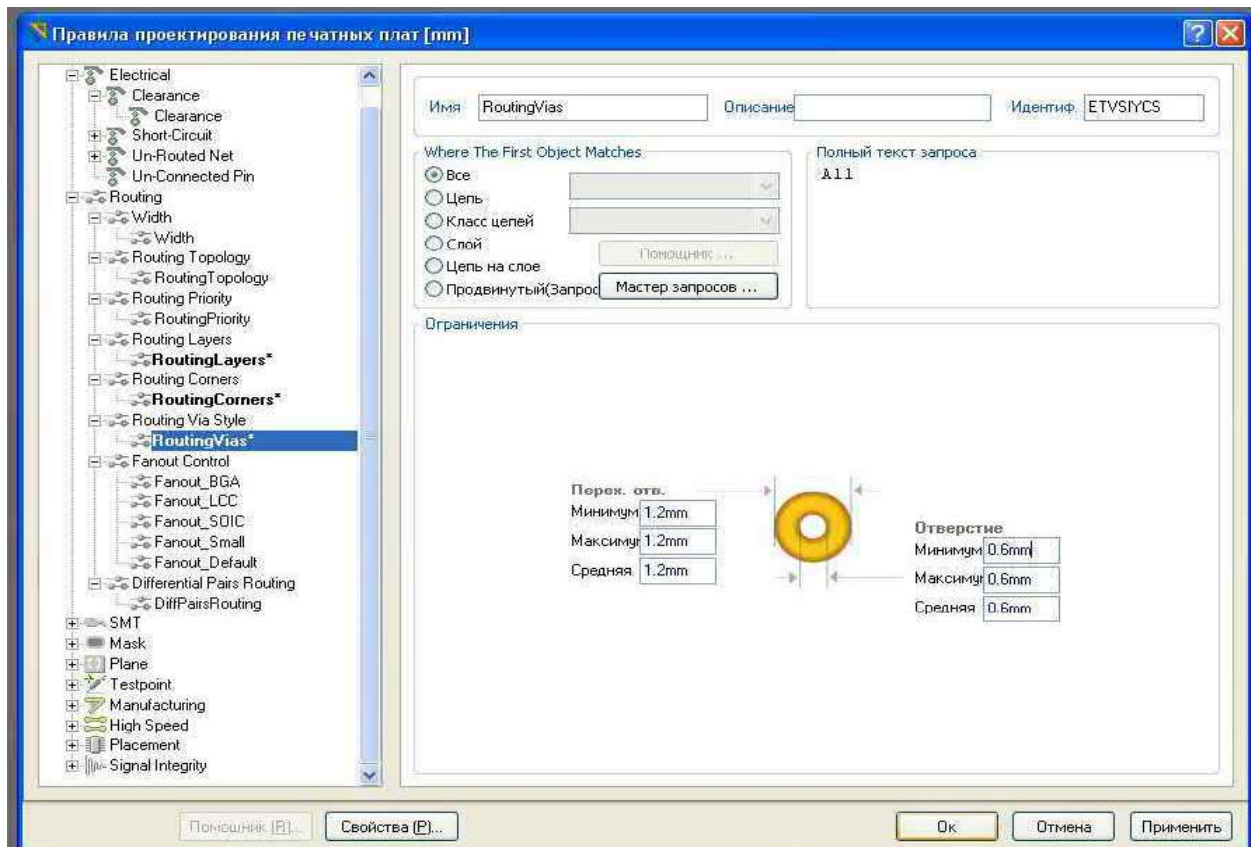


Рис.7.18

В группе **SMD** в подгруппе **SMD To Corner** (расстояние от планарного вывода до ближайшего поворота) — задать 1 мм (рис.7.19).

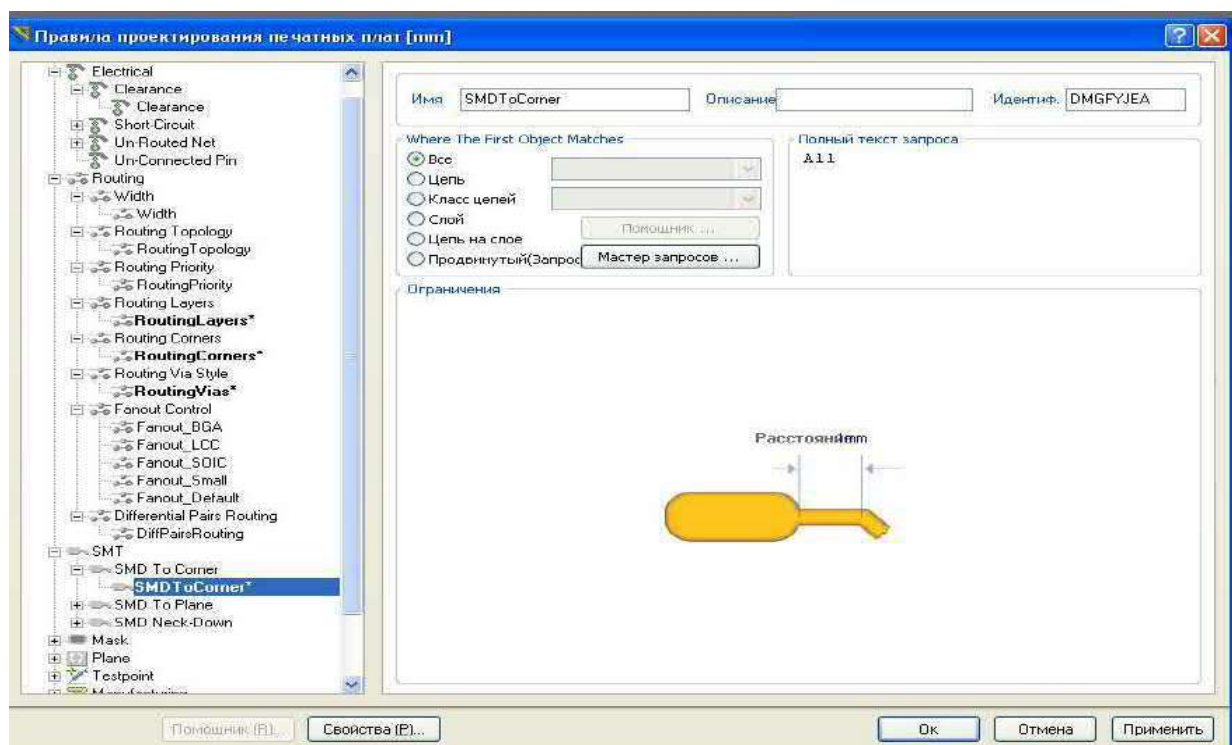


Рис.7.19

В подгруппе **SMD To Plane** – 1 мм (рис.7.20).

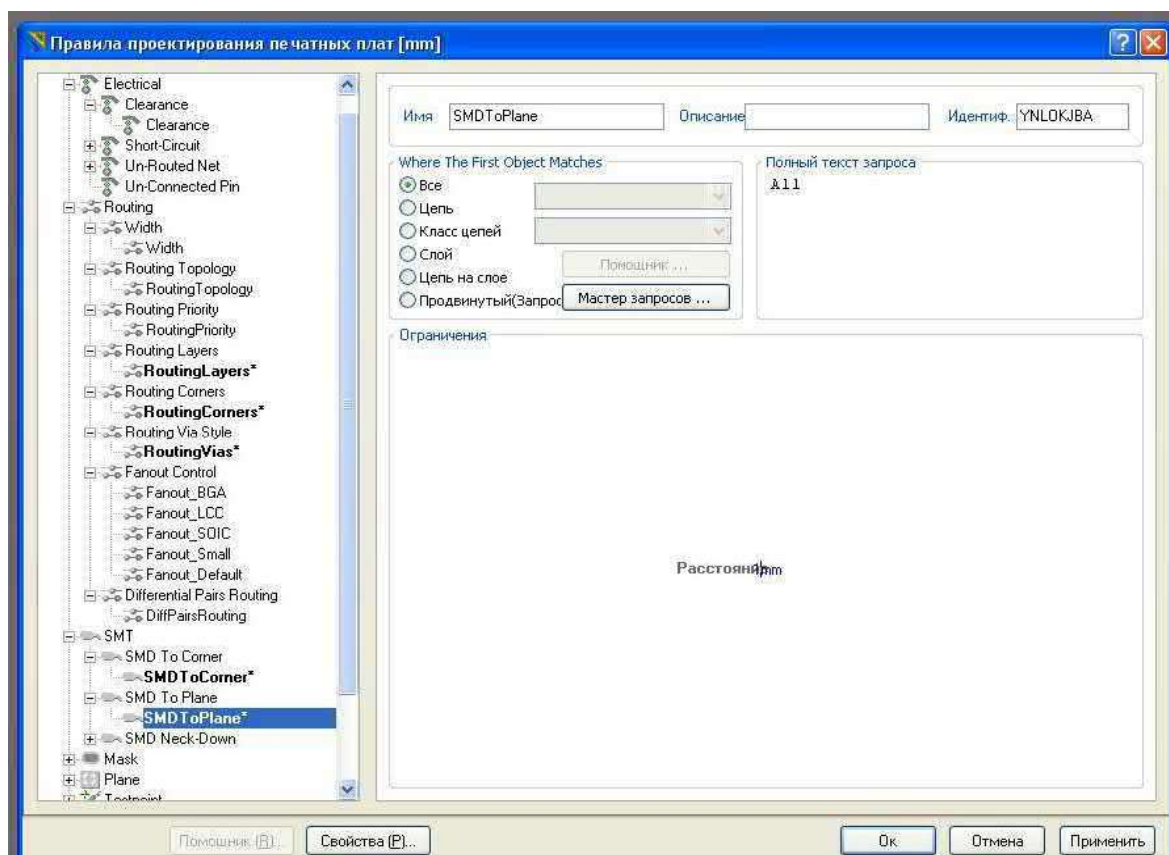


Рис.7.20

В группе **Mask** подгруппы **Solder Mask Expansion** – 0,1 мм (рис. 7.21).

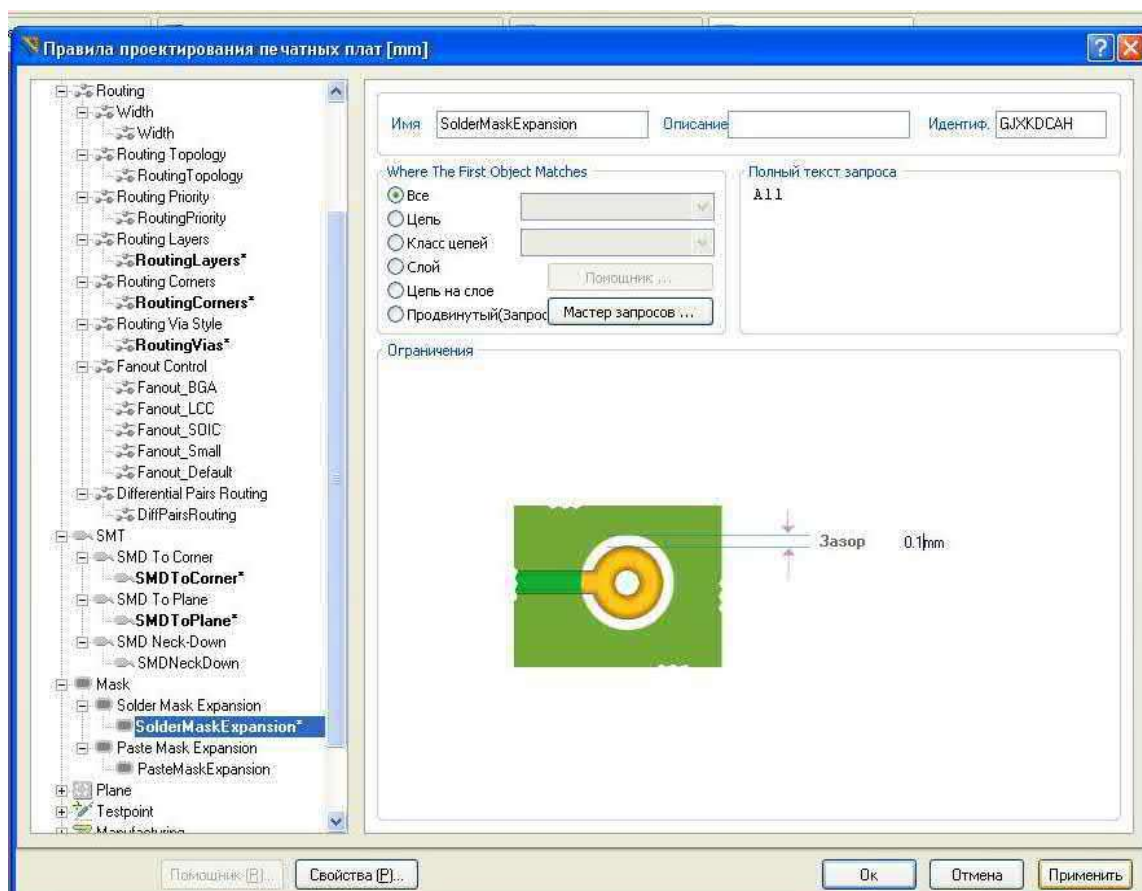


Рис.7.21

В подгруппе **Paste Mask Expansion** – 0.05 мм (рис.7.22).

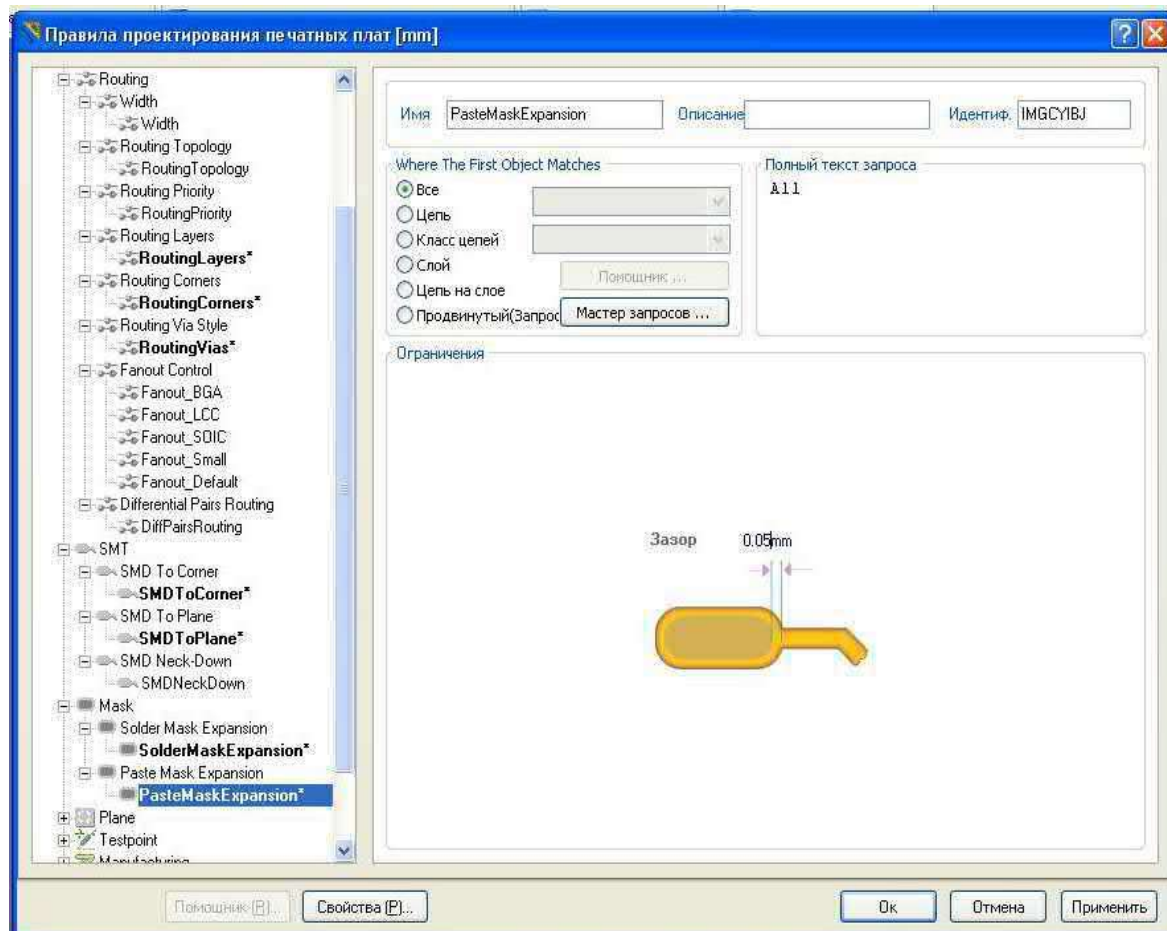


Рис.7.22

В группе **Plane** подгруппа **Plane Connect**– согласно рис.7.23.

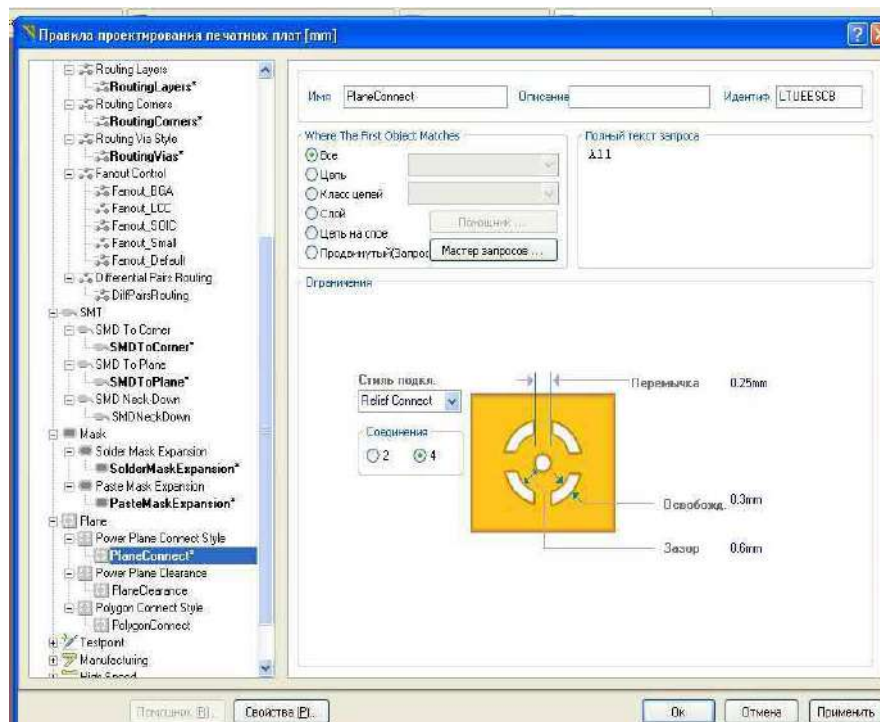


Рис.7.23

Подгруппа **Plane Clearance** – зазор 0.6 мм (рис.7.24).

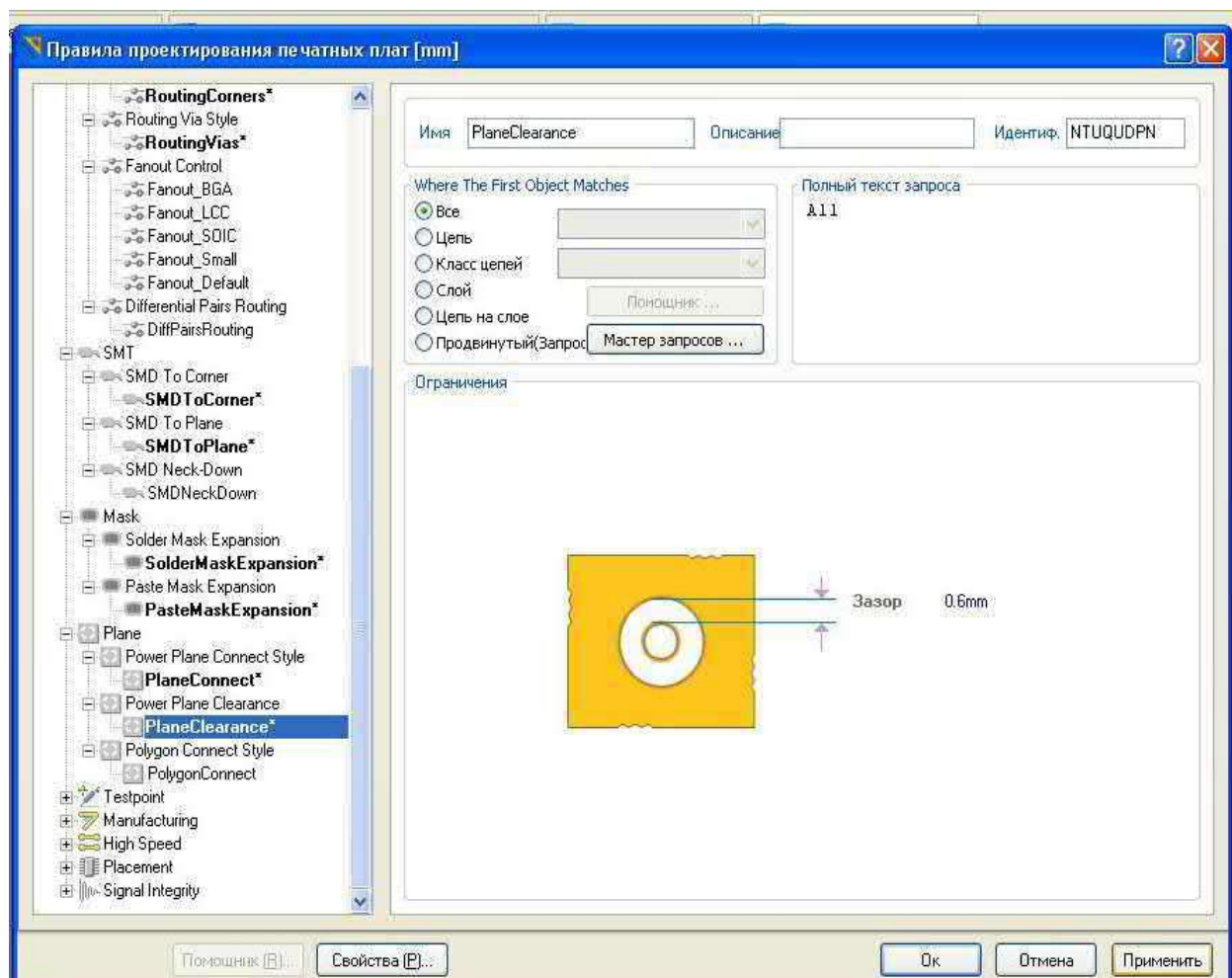


Рис.7.24

Подгруппа **Polygon Connect** – 0.25 мм (рис.7.25).

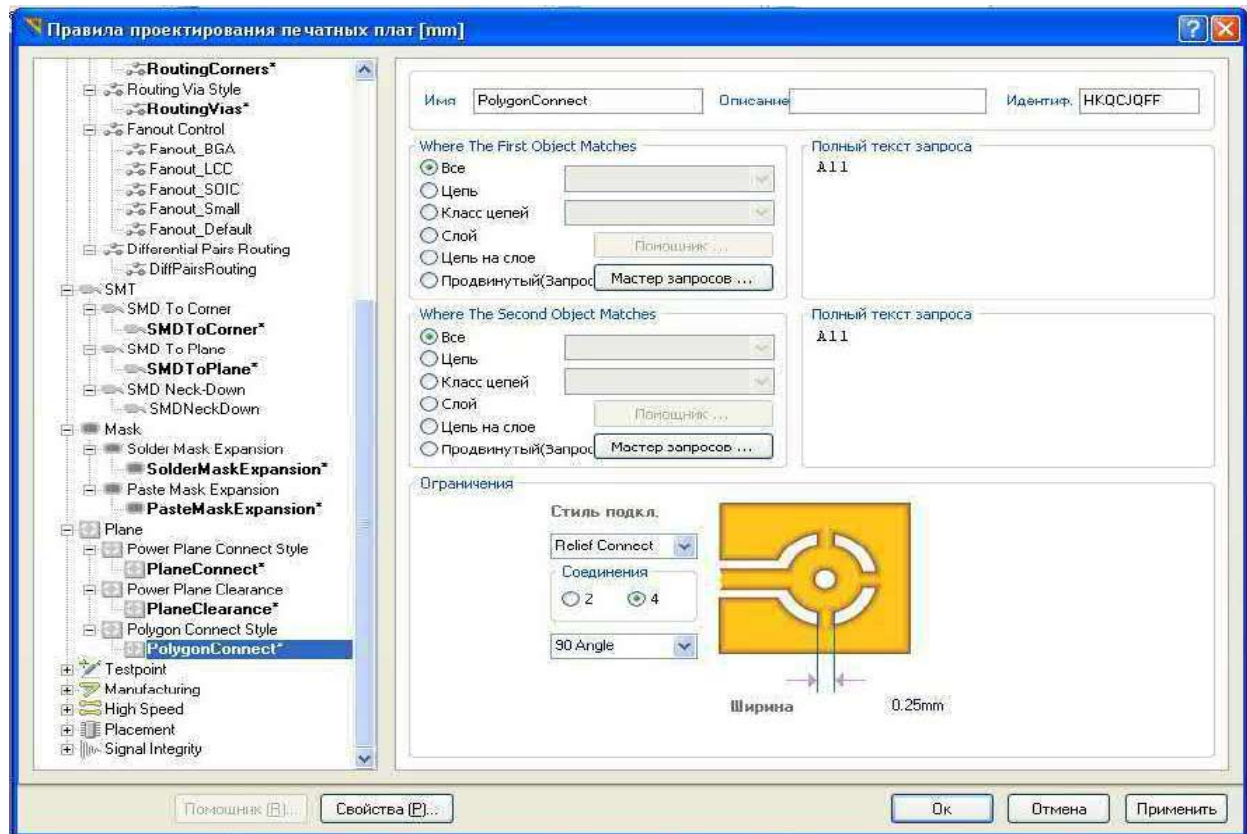


Рис.7.25

Ввиду простоты рассматриваемого проекта остальные настройки выполнять не целесообразно. Нажать кнопку **Применить** и **Ок**.

7.3. Формирование экранных слоев

Зададим контуры экрана на плате. Вначале сделаем активным слой питания **VCC (+5v)**. Для этого необходимо в нижней части экрана на панели слоёв ПП щёлкнуть ЛК по +5v (рис. 7.26).

После этого выполнить команды **Размещение / Полигон**. Откроется окно **Полигон**, в котором в поле **Режим заливки** выбрать **Штриховой** и задать размеры ширина дорожки 0,25, шаг сетки 0,5, отступ от КП – **Дуги**, режим сетки 45 градусов, в поле свойства задать названия полигона +5V, слой VCC, Мин. Примитив 0,01, в поле Опции Цепи соединить с +5V, Выбрать **Pour Over All ...**, поставить галочку **Удалить лишнюю металлизацию** (рис. 7.27). Нажать **Ок**.

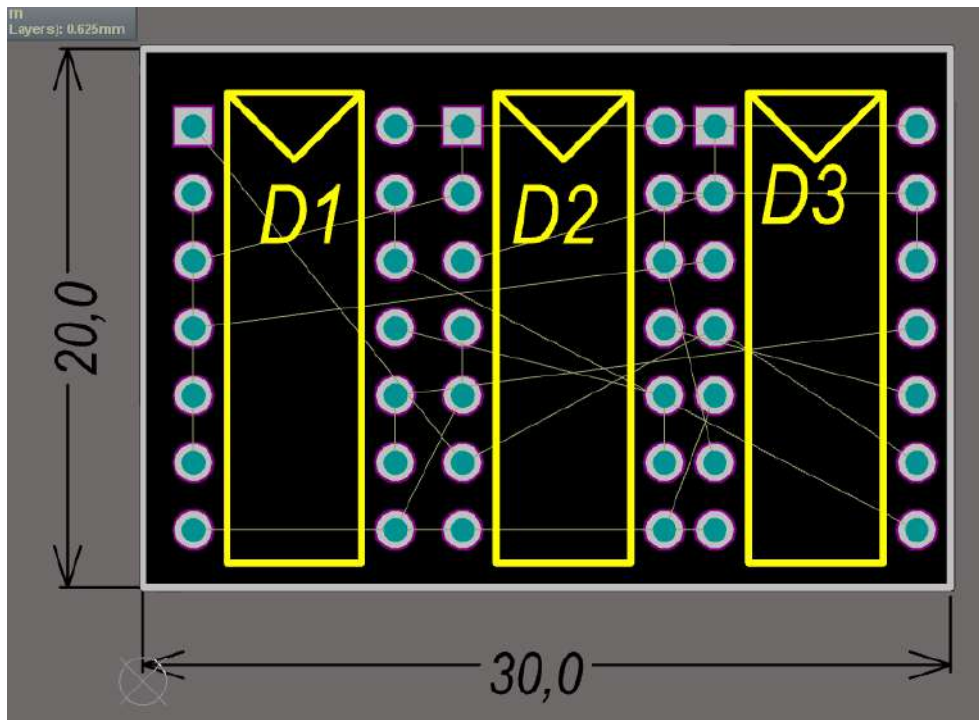


Рис.7.26

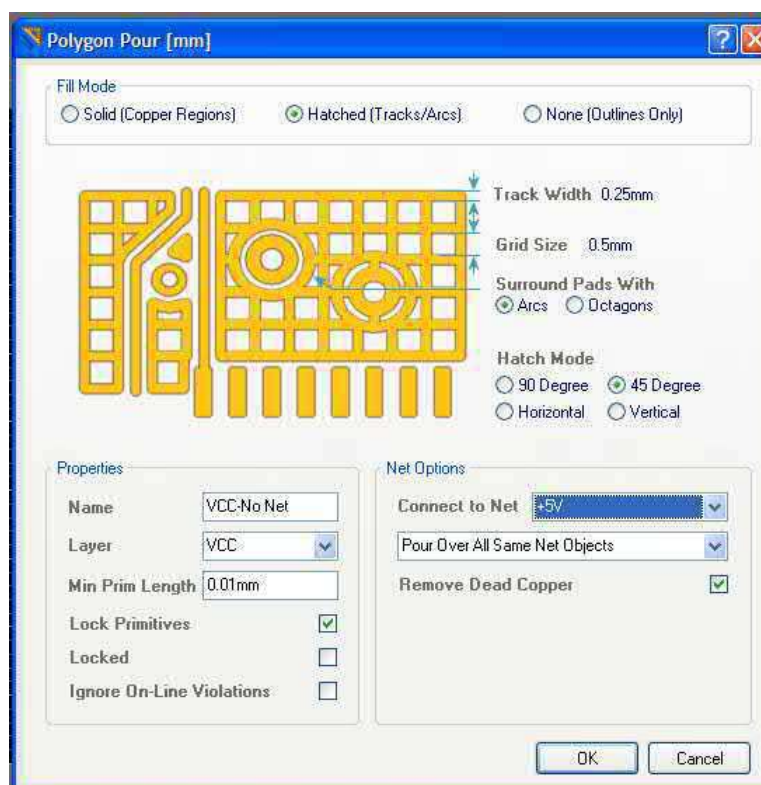


Рис.7.27

После этого открывается окно с рисунком ПП в режиме построения полигона. Задать контуры полигона. Для этого в левом верхнем углу ПП щёлкнуть ЛК, отступив от краев слева и сверху по, например, 2.5 мм, затем переместить курсор в правый верхний угол с таким же отступом, щёлкнуть ЛК, далее в правый нижний угол и последний раз в левом нижнем углу щёлкнуть ЛК, нажать ПК. На экране появится

рисунок заливки полигона ПП (рис. 7.28).

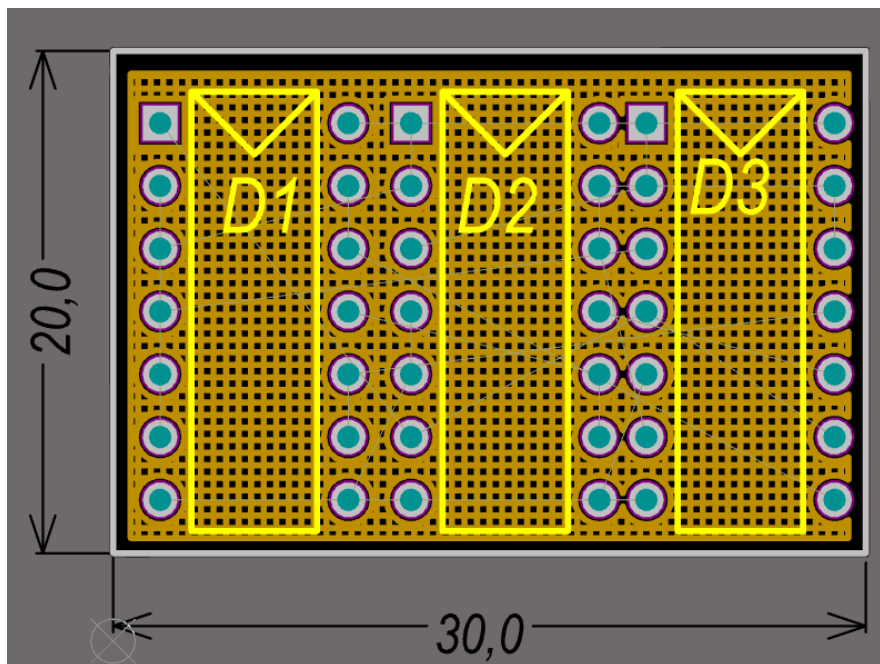


Рис.7.28

Аналогичным образом сформировать слой корпуса (GND). Для этого сделать активным слой **GND** и выполнить команды **Размещение / Полигон** и в окне **Полигон** задать в полях **Свойства** имя **GND** и в поле **Опции цепей** – **Соединить с GND**. Шаг сетки 0,5 мм (рис. 7.29).

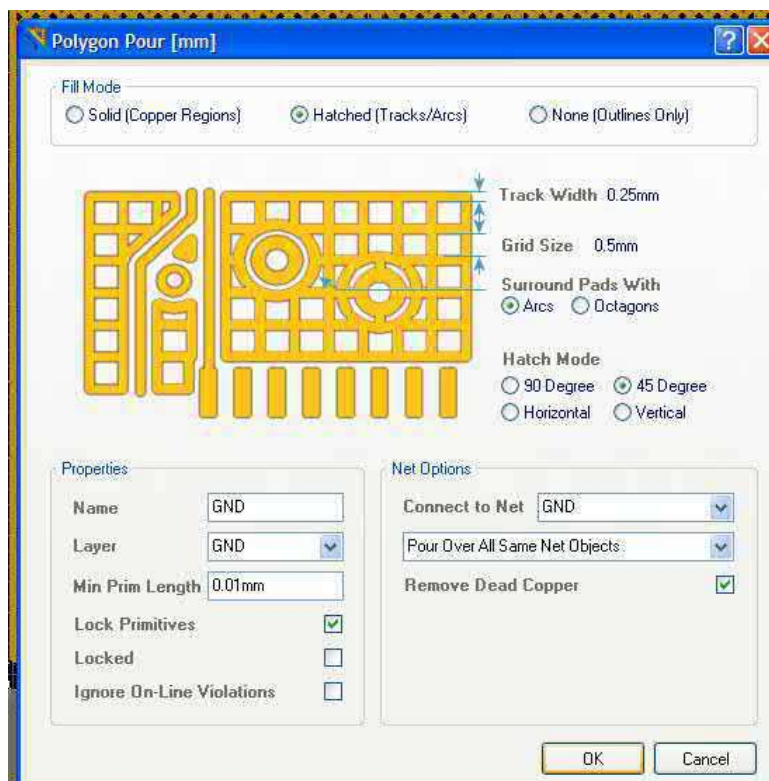


Рис.7.29

Теперь можно нарисовать контур этого полигона, для чего щелкнуть ЛК поочередно по всем четырем углам ПП с зазором 1,25 мм от края платы (рис. 7.30).

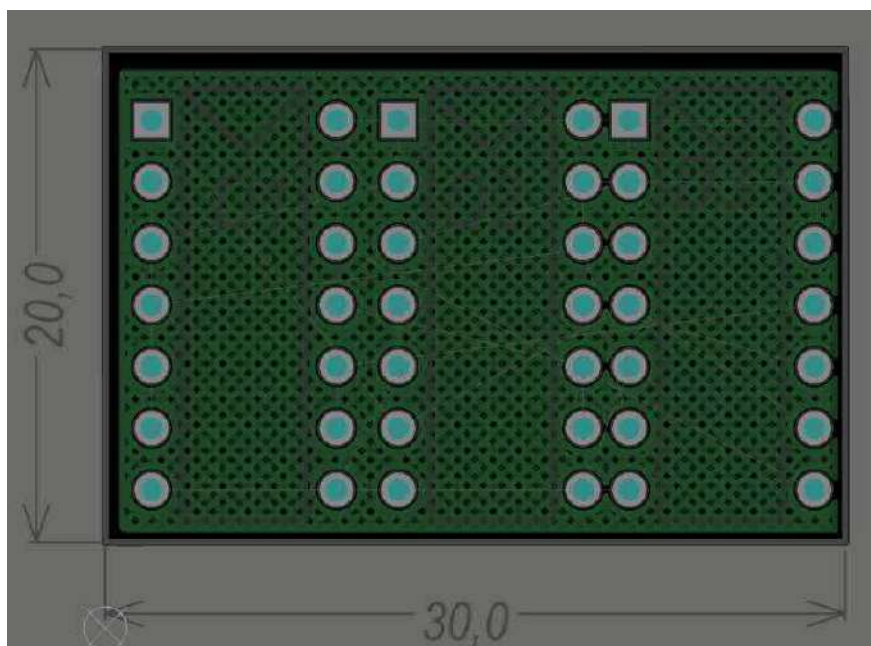


Рис.7.30

Выполнить команды **Автотрассировка / Все**. Откроется окно **Стратегии трассировки**, в котором щелкнуть ЛК по кнопке **Направление на слое**. Появится одноименное окно, в котором в столбце **Текущее** напротив слоёв **VCC (+5v)** и **GND** установить **Not Used**, напротив **Top Layer** и **Bottom Layer** выбрать **Automatic** (рис. 7.31). Нажать **ОК**.

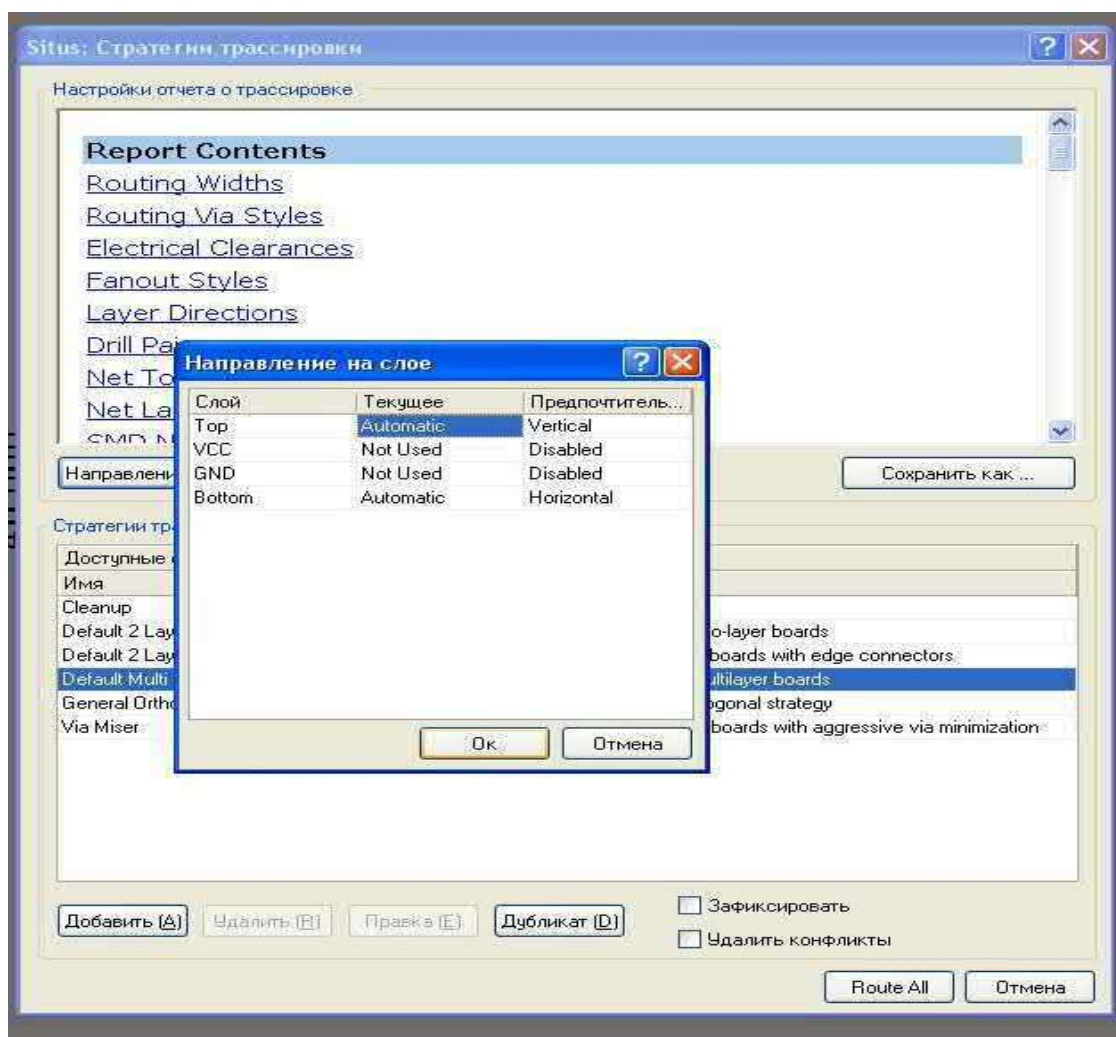


Рис.7.31

В поле Стратегии трассировки выбрать **Default Multi Layer Board**. В нижней части экрана в окнах **Зафиксировать** и **Удалить конфликты**, установить галочки (рис. 7.32), затем нажать **Route All**.

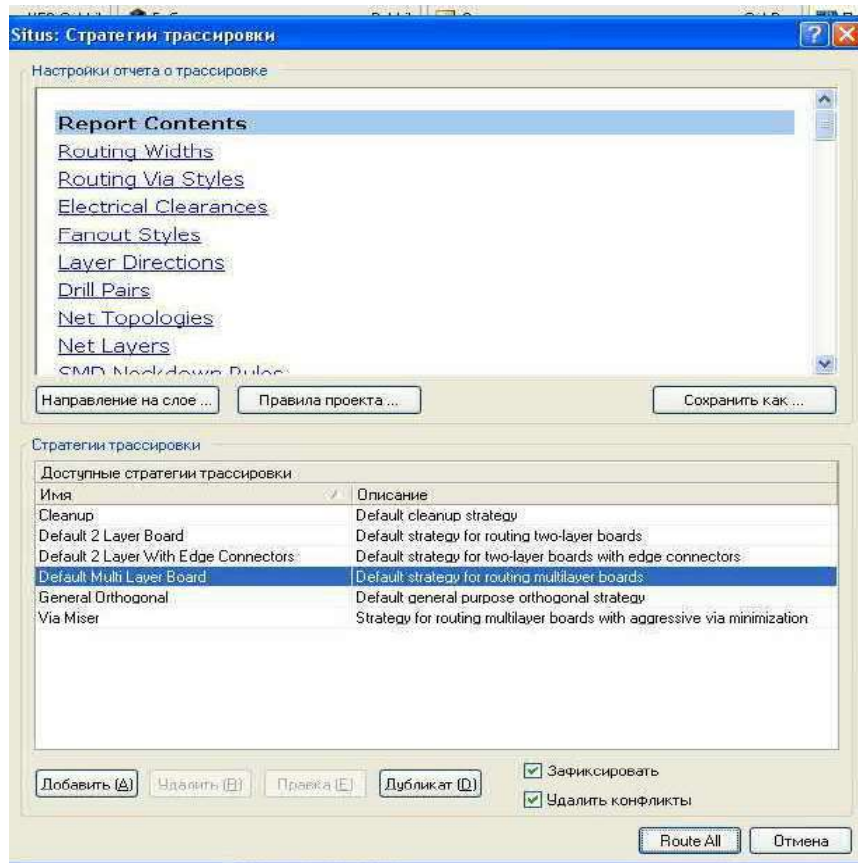


Рис.7.32

Появится окно **Messages**, в котором будут отображены все процессы во время автотрассировки (рис. 7.33).

Messages						
Class	Document	Source	Message	Time	Date	N..
Sit...	PCB1.Pcb...	Situs	Routing Started	13:57:02	23.01.20...	1
Ro...	PCB1.Pcb...	Situs	Creating topology map	13:57:03	23.01.20...	2
Sit...	PCB1.Pcb...	Situs	Starting Fan out to Plane	13:57:03	23.01.20...	3
Sit...	PCB1.Pcb...	Situs	Completed Fan out to Plane in 0 Seconds	13:57:03	23.01.20...	4
Sit...	PCB1.Pcb...	Situs	Starting Memory	13:57:03	23.01.20...	5
Sit...	PCB1.Pcb...	Situs	Completed Memory in 0 Seconds	13:57:03	23.01.20...	6
Sit...	PCB1.Pcb...	Situs	Starting Fan out Signal	13:57:03	23.01.20...	7
Sit...	PCB1.Pcb...	Situs	Completed Fan out Signal in 0 Seconds	13:57:03	23.01.20...	8
Sit...	PCB1.Pcb...	Situs	Starting Layer Patterns	13:57:03	23.01.20...	9
Ro...	PCB1.Pcb...	Situs	Calculating Board Density	13:57:03	23.01.20...	10
Sit...	PCB1.Pcb...	Situs	Completed Layer Patterns in 0 Seconds	13:57:04	23.01.20...	11
Sit...	PCB1.Pcb...	Situs	Starting Multilayer Main	13:57:04	23.01.20...	12
Ro...	PCB1.Pcb...	Situs	22 of 24 connections routed (91,67%) in 2 Se...	13:57:04	23.01.20...	13
Sit...	PCB1.Pcb...	Situs	Completed Multilayer Main in 1 Second	13:57:05	23.01.20...	14
Sit...	PCB1.Pcb...	Situs	Starting Completion	13:57:05	23.01.20...	15
Sit...	PCB1.Pcb...	Situs	Completed Completion in 0 Seconds	13:57:05	23.01.20...	16
Sit...	PCB1.Pcb...	Situs	Starting Straighten	13:57:05	23.01.20...	17
Sit...	PCB1.Pcb...	Situs	Completed Straighten in 0 Seconds	13:57:05	23.01.20...	18
Ro...	PCB1.Pcb...	Situs	24 of 24 connections routed (100,00%) in 4 S...	13:57:06	23.01.20...	19
Sit...	PCB1.Pcb...	Situs	Routing finished with 0 contentions(s). Failed ...	13:57:06	23.01.20...	20

Рис.7.33

В итоге получим рисунок печатной платы (рис. 7.34).

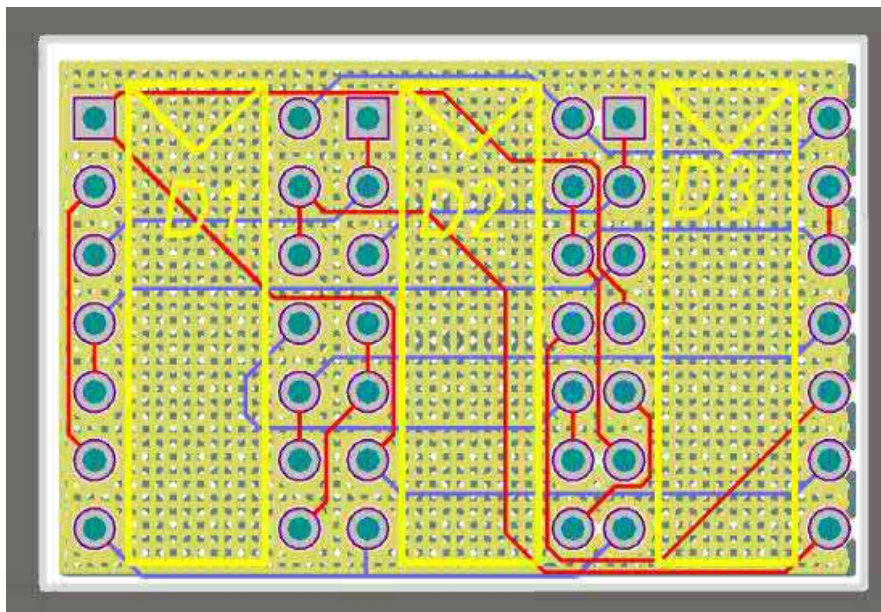


Рис.7.34

Для просмотра рисунка каждого отдельного слоя необходимо щелкнуть ПК по названию любого слоя, указанного в нижней части экрана. Откроется контекстное меню, в котором выбрать **Опции отображения слоёв / Режим одного слоя** (рис.7.35)

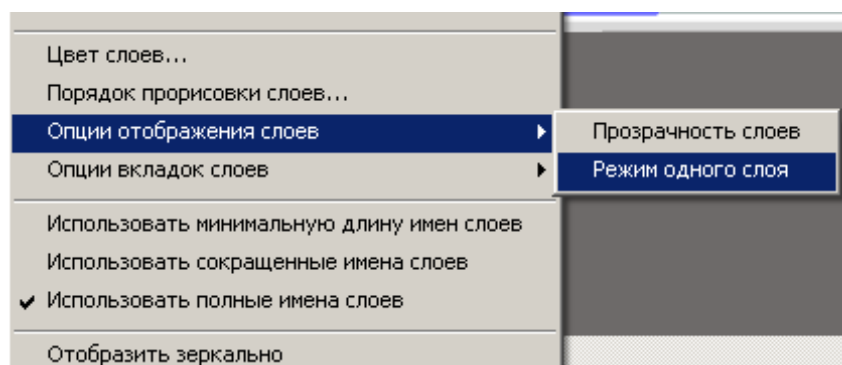


Рис.7.35

После этого, щелкая ЛК по требуемому слою в нижней части экрана, можно просмотреть рисунок проводников на выбранном слое. Слой **Top** (рис. 7.36), слой **VCC (+5v)** (рис. 7.37), слой **GND** (рис. 7.38), слой **Bottom** (рис. 7.39).

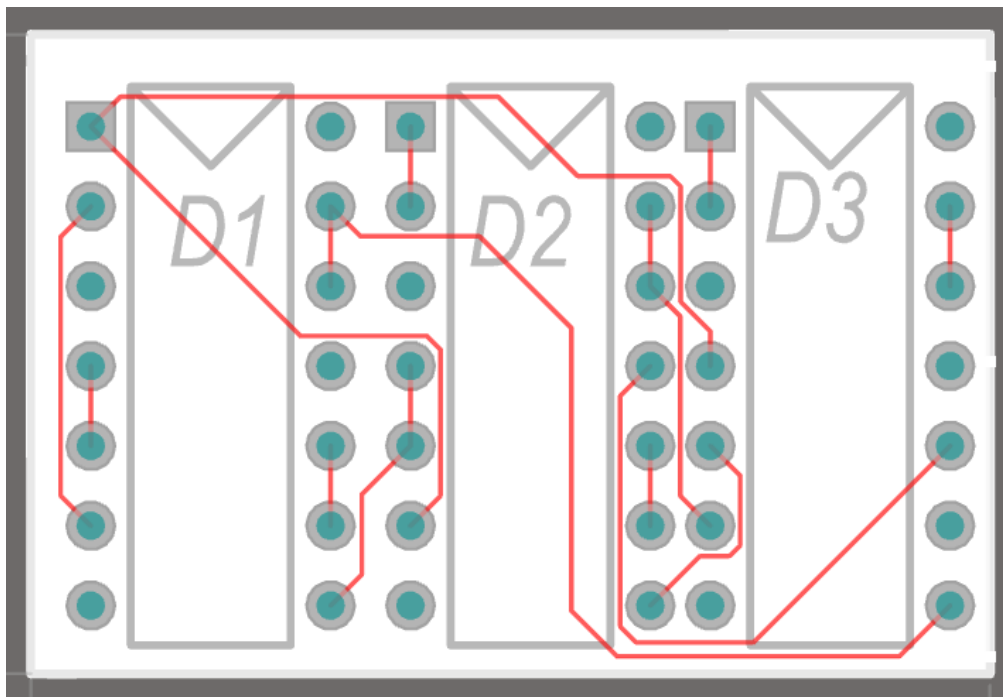


Рис.7.36

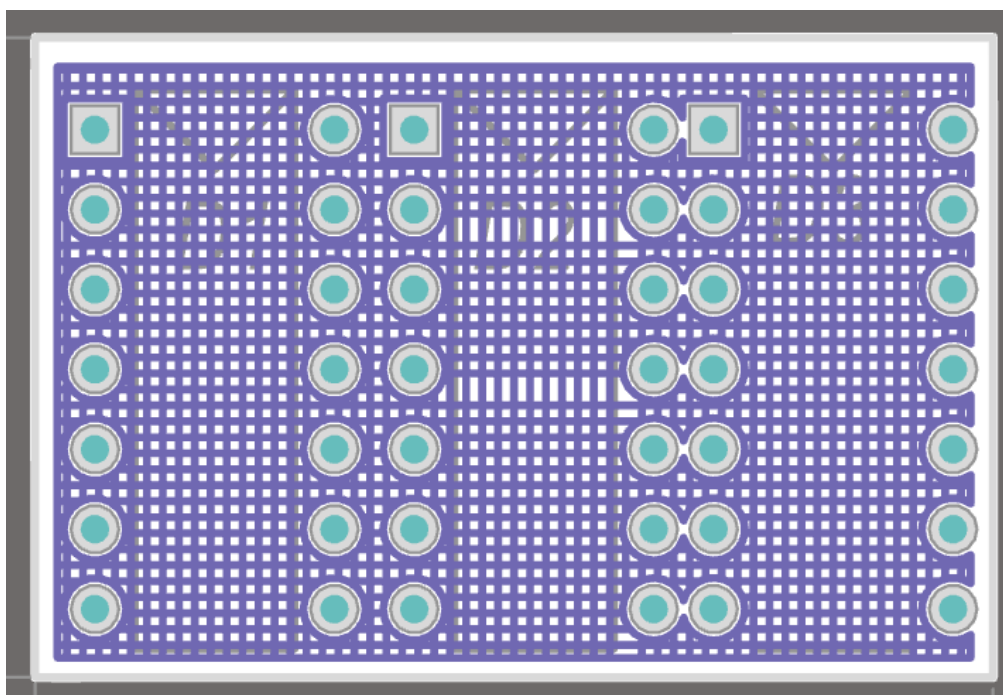


Рис.7.37

Если по какой-то причине не устраивает рисунок какого-либо слоя, надо выделить его щелчком ЛК и удалить командой **Delete**.

На слое **Bottom** рисунок неравномерный и проводники проходят достаточно близко от контактных площадок (хотя условия трассировки не нарушены). Поскольку площадь платы позволяет увеличить зазоры в местах плотного расположения проводников, целесообразно по возможности проводники отодвинуть от КП. Для этого, щелкнув ЛК по проводнику, переместить его на желаемое расстояние. В том случае,

если контур проводника искажается, можно уменьшить размер электрической сетки. Для этого нажать клавишу **G** и в выпавшем контекстном меню задать шаг сетки, например 0,125 (рис. 7.39). Отодвинуть по возможности проводники от контактных площадок (рис.7.40).

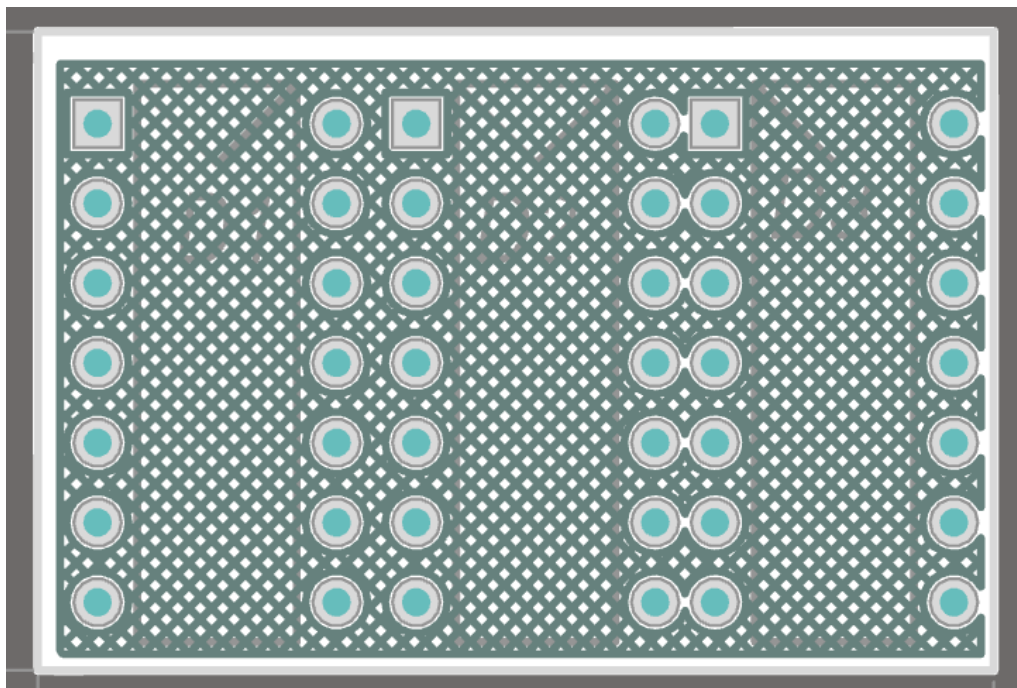


Рис.7.38

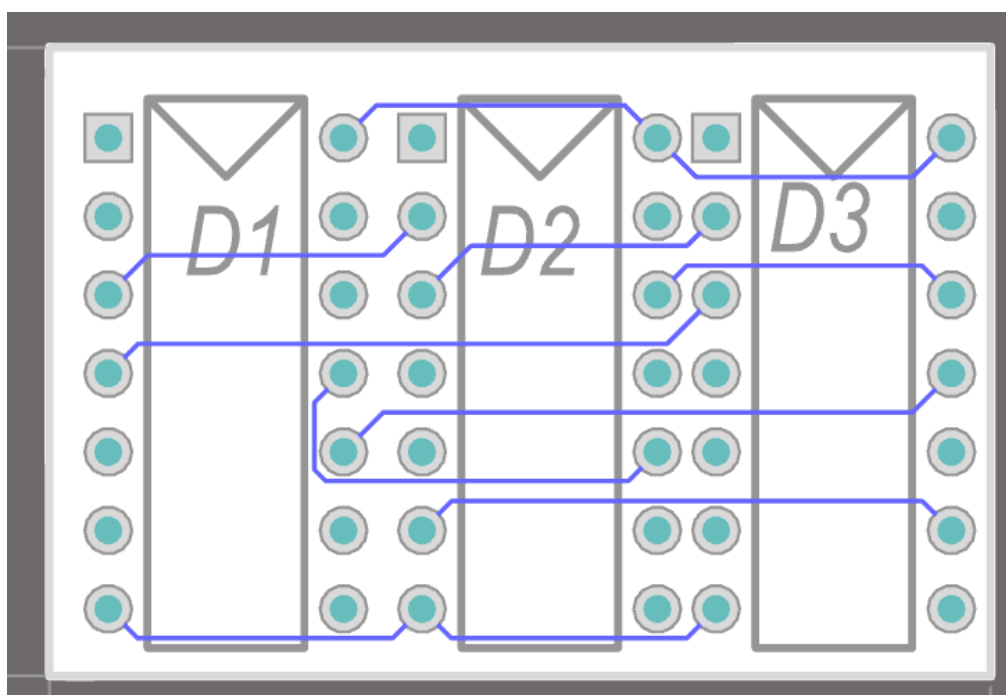


Рис.7.39

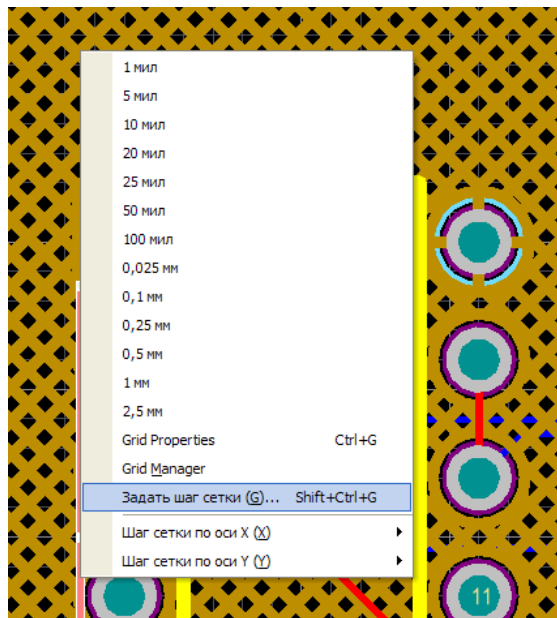


Рис. 7.40

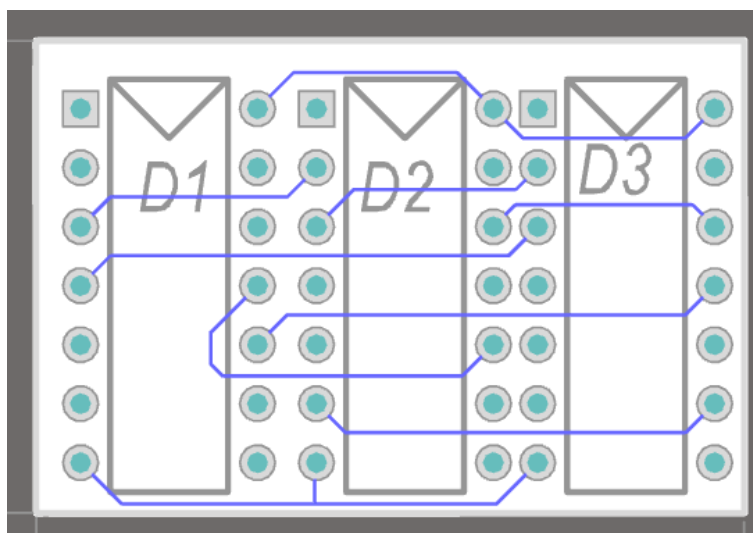


Рис. 7.41

САПР *Altium Designer* позволяет настраивать цвета слоев печатной платы. Для этого необходимо щелкнуть ПК на рабочем поле и выполнить команды **Опции / Цвет слоев** (рис.7.42).

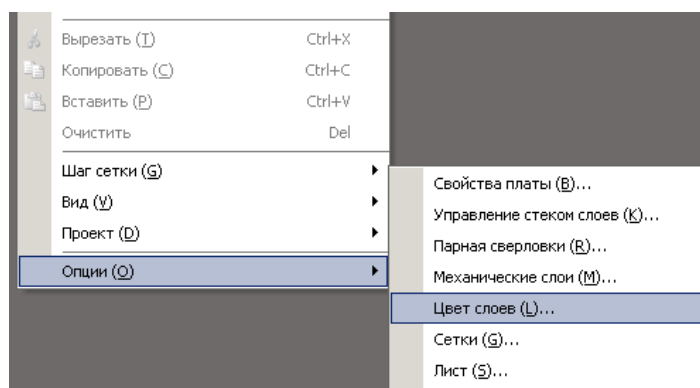


Рис. 7.42

Откроется панель **Конфигурация отображения** (рис. 7.43), на которой можно задать требуемый цвет любого слоя. Для этого надо щелкнуть ЛК по выделенному цвету слоя – откроется палитра цветов (рис.7.44) в которой задать требуемый цвет и нажать **Ок**.

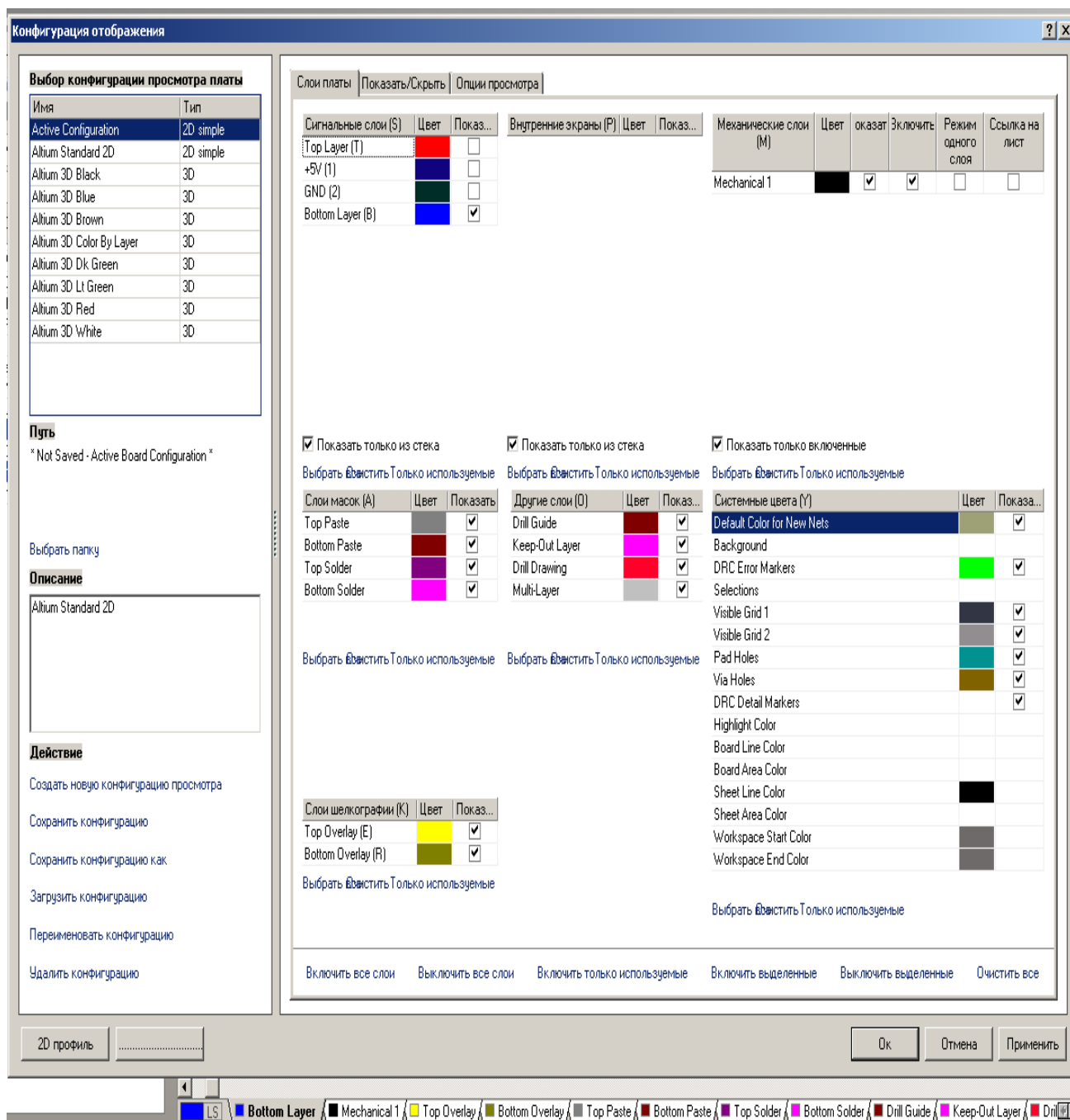


Рис. 7.43

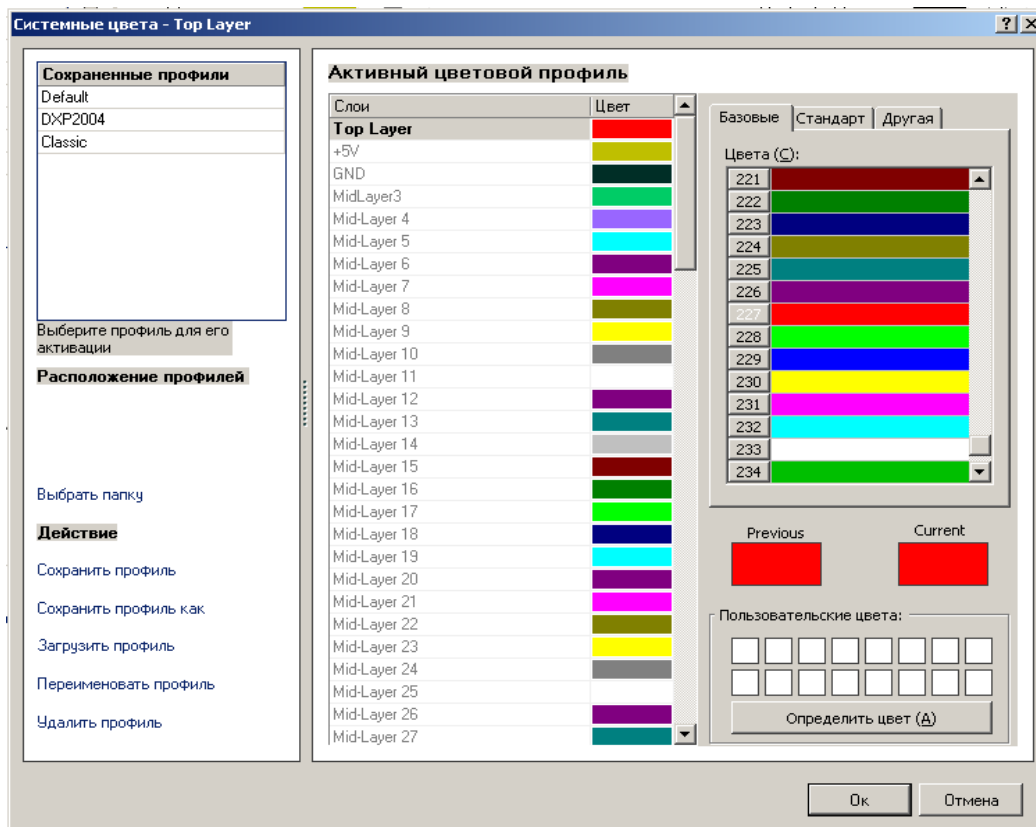


Рис. 7.44

7.4. Порядок выполнения работы

1. Через кнопку Пуск в меню Программы запустить редактор **Altium Designer**.
2. Загрузить результат размещения ЭРЭ, полученный в предыдущей лабораторной работе.
3. Задать правила проектирования печатного монтажа четырехслойной ПП.
4. Выполнить заливку полигонов слоев +5В и GND.
5. Выполнить автоматическую и интерактивную трассировки соединений.

7.5. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Порядок задания правил проектирования печатного монтажа.
3. Настройка конфигурации.
4. Порядок заливки полигонов слоев +5 В и GND.
5. Автоматическая трассировка печатной платы.
6. Интерактивная доработка трассировки печатной платы.
7. Распечатки или эскизы рисунков слоев четырехслойной печатной платы.
8. Оценка результатов автоматической и интерактивной трассировок.
9. Выводы.

7.6. Контрольные вопросы

1. Перечислите группы правил трассировки САПР *Altium Designer*.
2. Как устанавливаются правила трассировки?
3. Каким образом задаются контуры экрана на плате?
4. На каких слоях размещаются полигоны корпуса и питания?
5. Какими командами и на каких слоях выполняется автоматическая трассировка соединений?
6. Каким образом редактируется рисунок проводников ПП?
7. Каким образом можно просмотреть рисунки каждого слоя по отдельности?
8. Как настраивать цвета слоев печатной платы?
9. Каким образом выполняется интерактивная трассировка соединений?
10. Как внести изменения в ранее выполненную трассировку?
11. Каким образом сохраняется проект?

Лабораторная работа №8. Работа со стандартными библиотеками в САПР Altium Designer

Цель работы – изучение методики работы со стандартными библиотеками в САПР *Altium Designer*; приобретение навыков работы со стандартными библиотечными ЭРЭ.

8.1. Порядок работы

При работе со стандартными библиотеками необходимо вначале создать проект платы. Для этого надо выполнить команды **Файл / Новый / Проект / Проект платы**. В менеджере проекта появится проект под названием **PCB_Project1.PrjPCB**. Щелкнуть ПК по названию. В контекстном меню выбрать **Добавить новый проект / Schematic**. Появится пустая форматка **Sheet1.SchDoc** (рис.8.1).

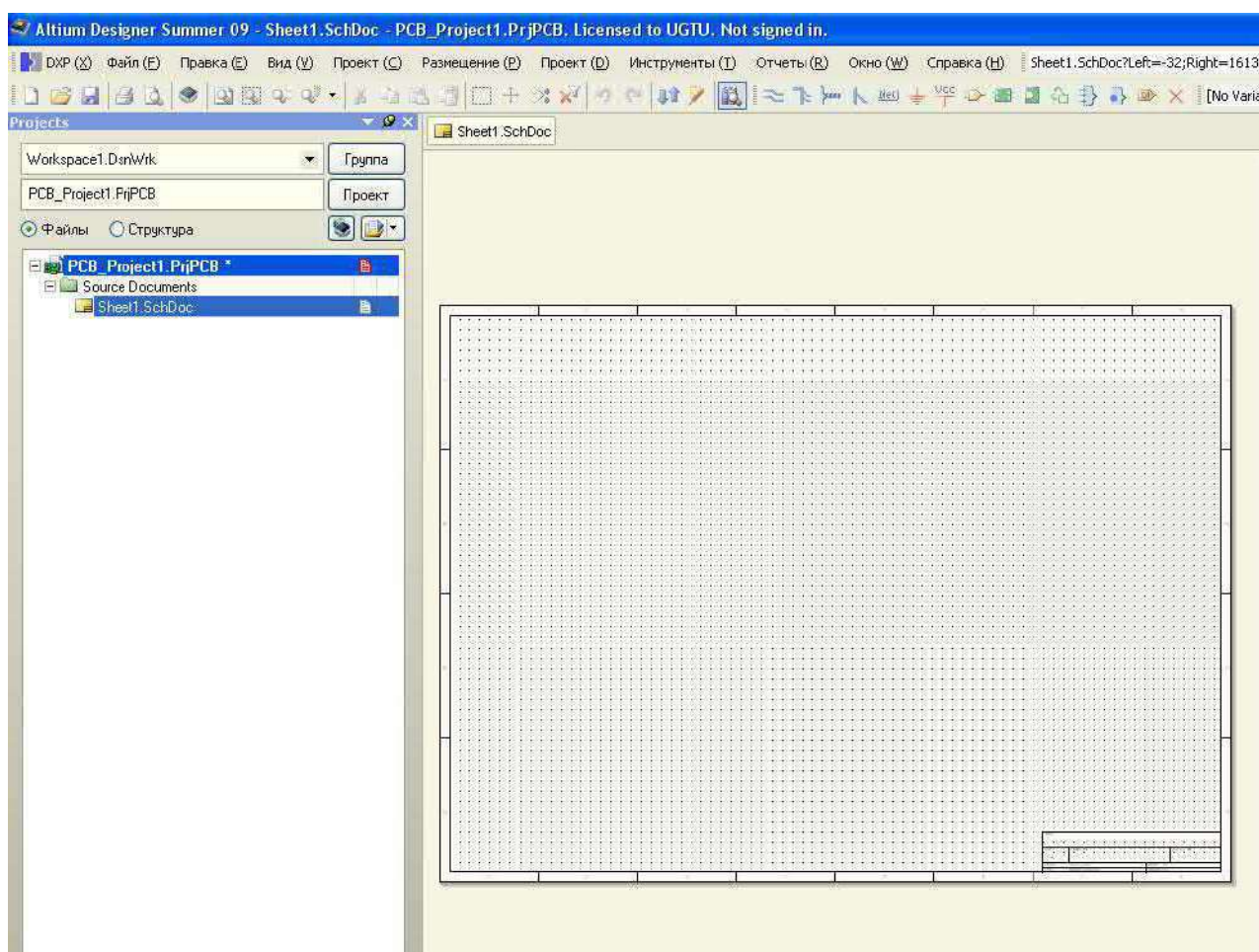


Рис. 8.1

После этого в нижней части окна в панели инструментов щелкнуть ЛК по **System / Библиотеки**. В правой части экрана появится окно менеджера **Библиотеки** (рис. 8.2).

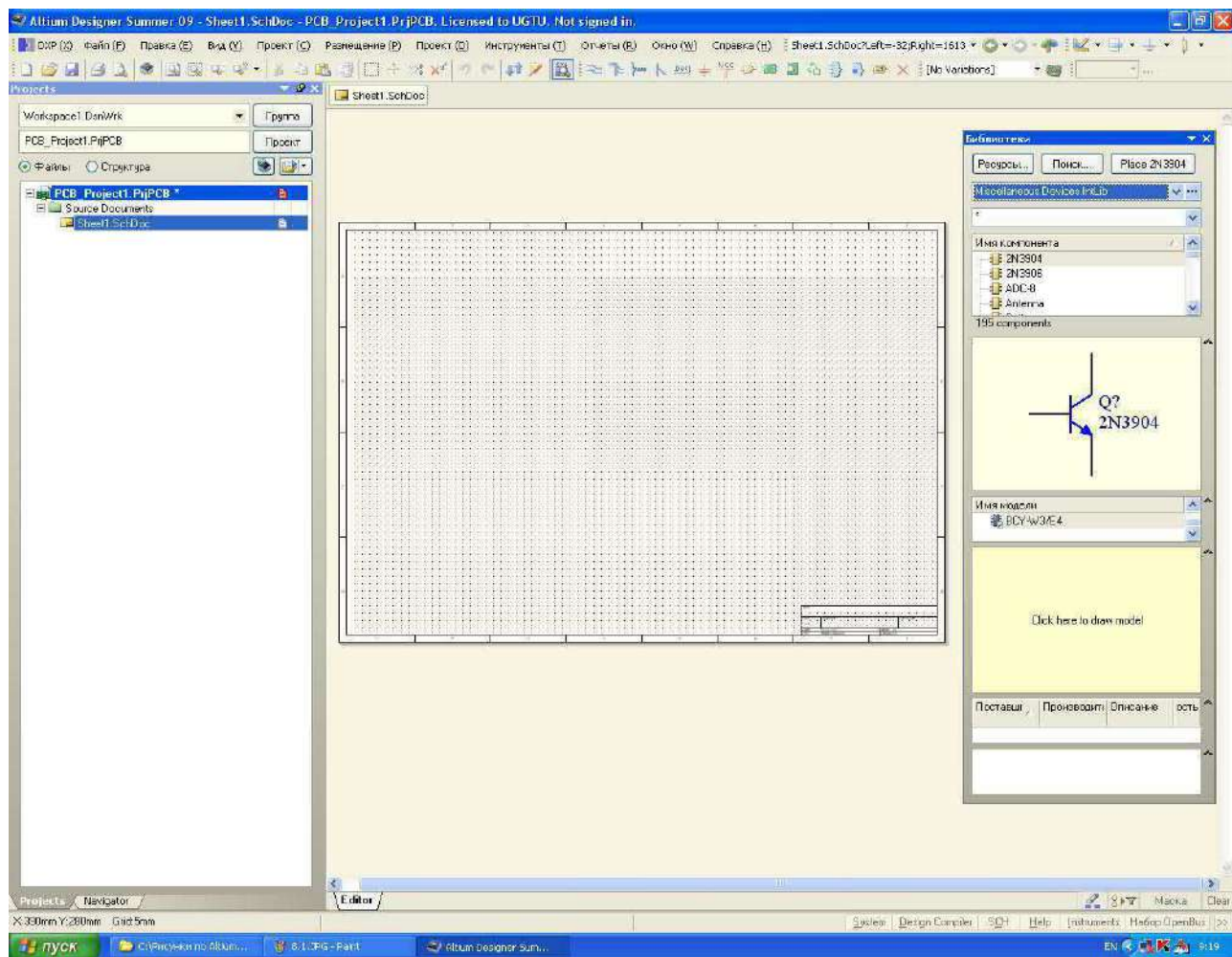


Рис. 8.2

Ниже под кнопкой ресурсы находится меню выбора установленной библиотеки. Например, выберем **Miscellaneous Devices.IntLib** (разнообразные ЭРЭ) (рис.8.3).

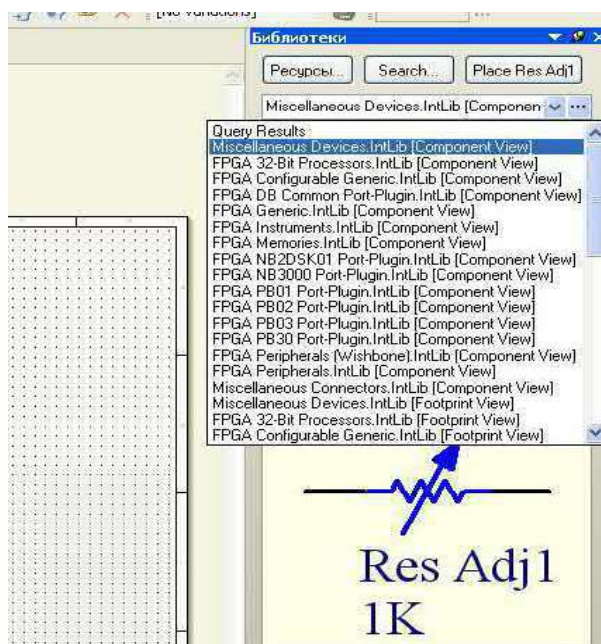


Рис. 8.3

В результате в поле **Имя компонента** появится список компонентов принадлежащих данной библиотеке. Выбирая, к примеру, компонент **Cap** (конденсатор), ниже можно увидеть его УГО, имя модели, посадочное место, а также информацию о поставщике компонента (рис. 8.4).

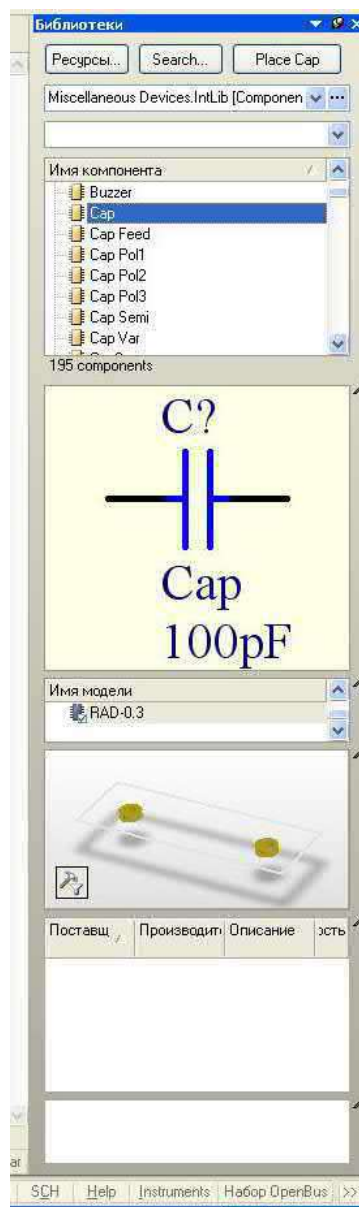


Рис. 8.4

Чтобы конденсатор установить на схеме, надо щелкнуть кнопку в верхней части окна – **Place Cap**. Он потянется за курсором на рабочее поле. Конденсатор установить в нужное место щелчком ЛК. При необходимости увеличить масштаб вращением колесика **Скрол** на манипуляторе или перемещением мыши, не отпуская при этом колесо мыши (рис. 8.5).

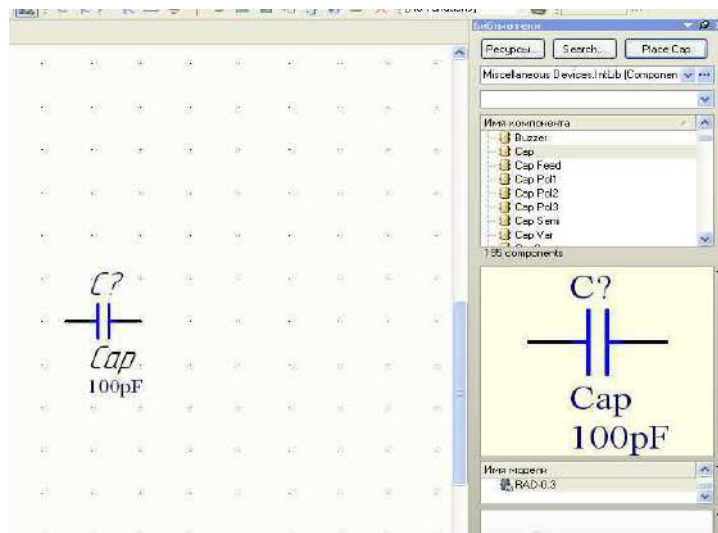


Рис. 8.5

8.2. Порядок установки библиотеки пользователя

Чтобы установить собственную библиотеку, необходимо выполнить команды **DXP / Системные настройки / System / Installed Libraries**. Появится окно со списком установленных библиотек (рис. 8.6).

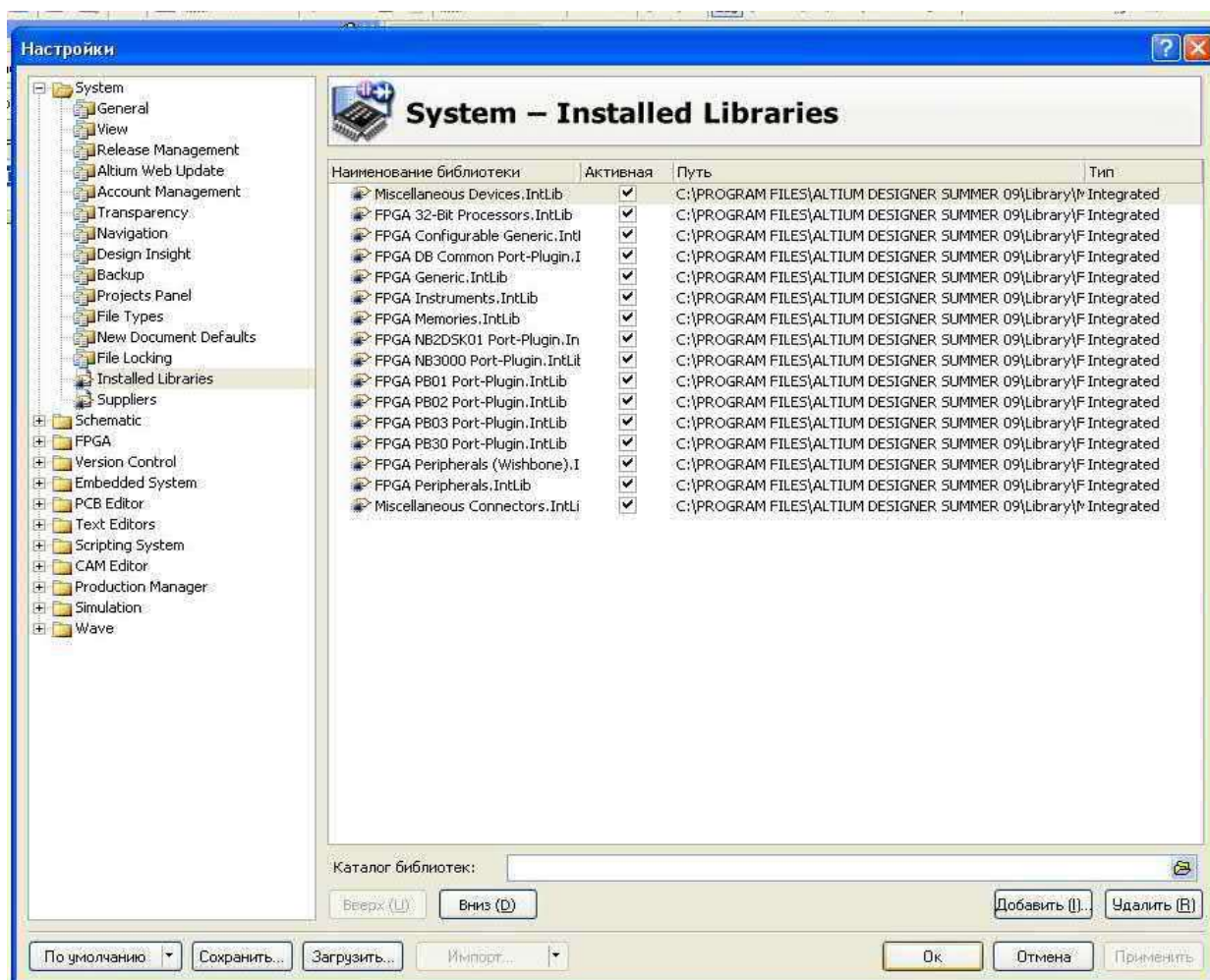


Рис. 8.6

Для добавления библиотеки, созданной пользователем, необходимо нажать кнопку **Добавить** в правом нижнем углу окна. Откроется проводник **Windows**, по которому необходимо перейти к своей библиотеке, выбрать ее и нажать **Открыть** нужный файл с расширением **.IntLib**.

Если такой файл отсутствует, то необходимо в открытом проекте, в котором имеются библиотеки УГО и посадочных мест, выполнить команды **Файл / Новый / Проект / Интегрированная библиотека** (рис. 8.7).

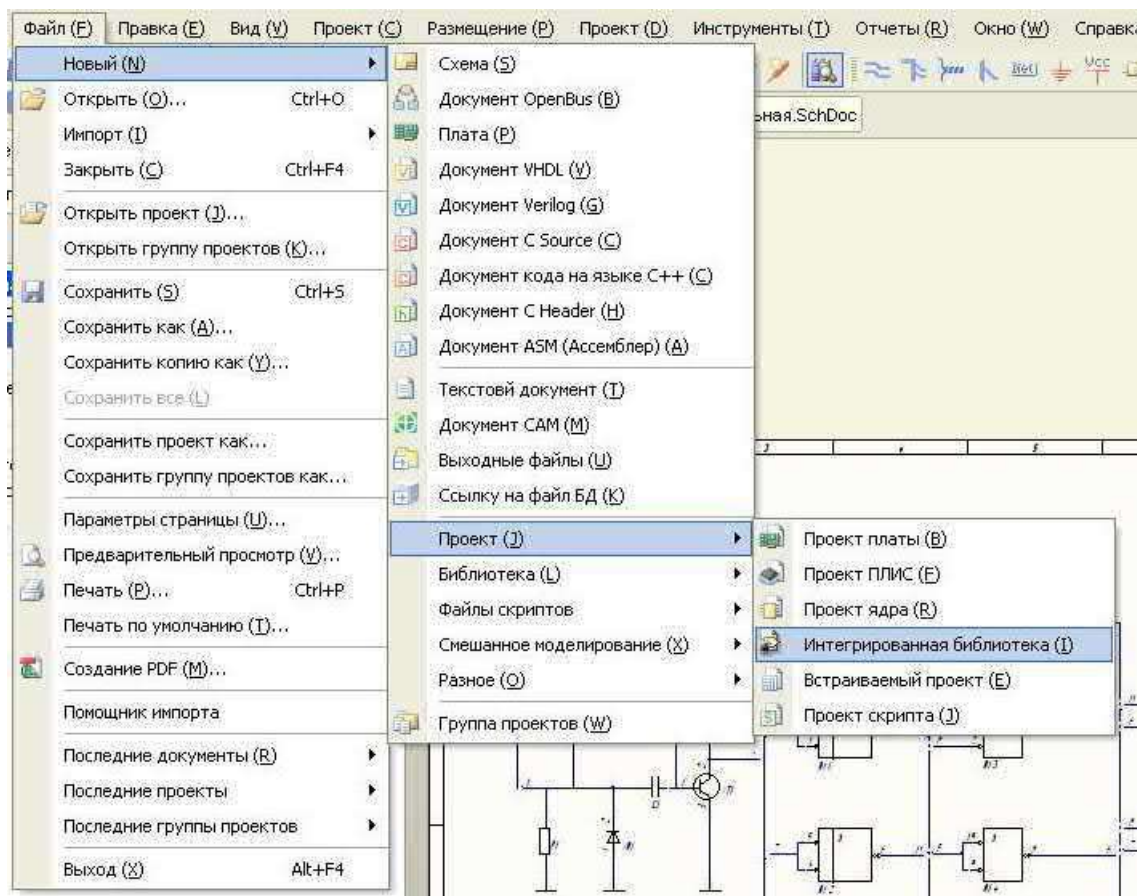


Рис. 8.7

В результате в менеджере проектов появится строка с надписью **Integrated Library_1.LibPkg**. Далее щелкнуть ПК по этому названию и **Сохранить проект как Интегрированная библиотека. LibPkg**. Файл имеет расширение отличное от файла **.IntLib**. (Он преобразуется в файл с расширением **.IntLib** после компиляции интегрированной библиотеки и проекта в целом).

После того как создана интегрированная библиотека, в нее надо добавить разработанные пользователем библиотеки УГО и посадочных мест. Для этого надо щелкнуть ПК по названию **Интегрированные библиотеки** и **Добавить существующий документ в проект** (рис. 8.8).

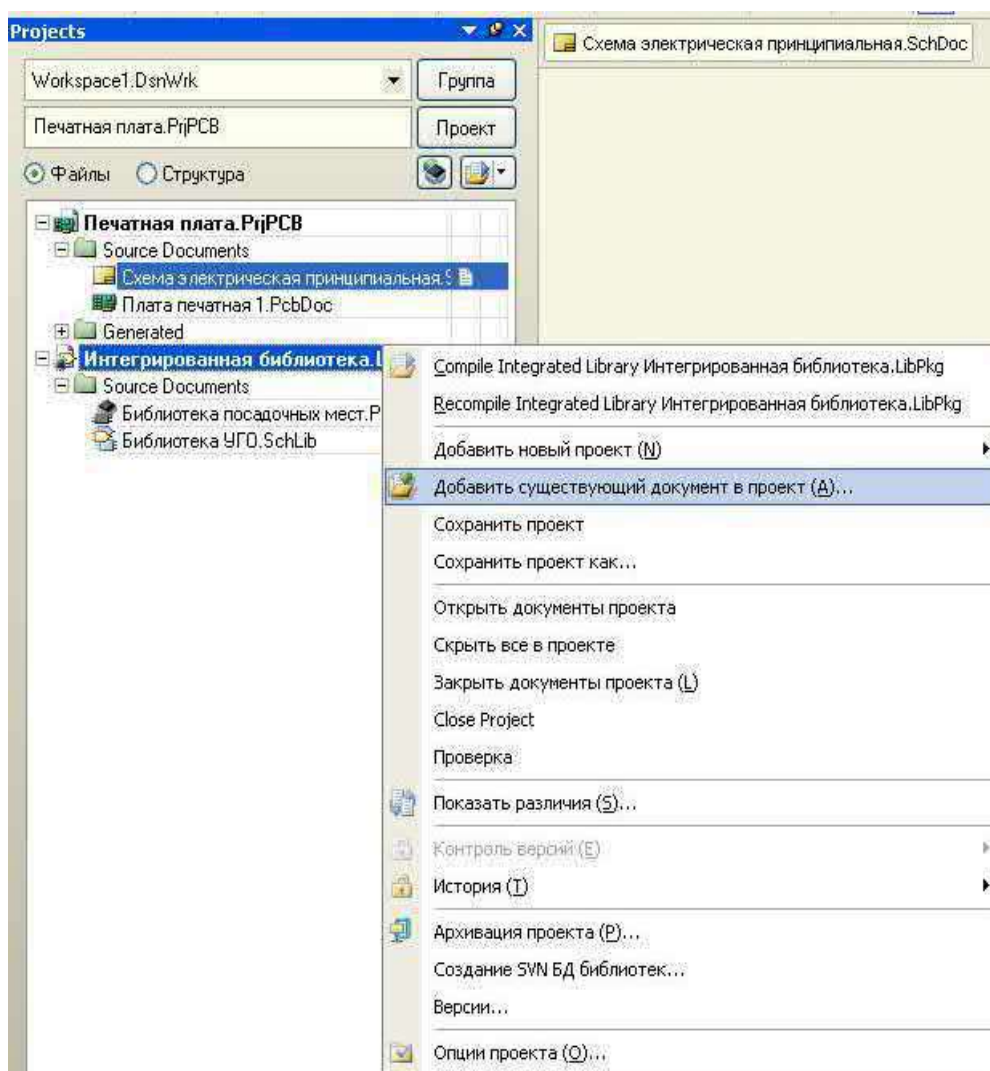


Рис. 8.8

В открывшемся проводнике найти свой файл и нажать **Открыть**. Аналогично добавить библиотеку посадочных мест, указав при этом в проводнике тип файла **PCB Library**. Щелкнуть ПК по названию библиотеки. В открывшемся контекстном меню выбрать **Compile Integrated Library....** В итоге компиляции в менеджере библиотек появится новая **Интегрированная библиотека.IntLib** (рис. 8.9).

Файл **Интегрированная библиотека. IntLib** расположен в подпапке **Projects Outputsfor Интегрированная библиотека** папки рабочего проекта. Чтобы просмотреть ее содержимое, достаточно выполнить команды **System / Библиотеки** ЛК. В правой части рабочего поля откроется менеджер библиотек — **Библиотеки**, в котором в списке библиотек достаточно выбрать **Интегрированная библиотека. IntLib** (Component View) (рис. 8.10).

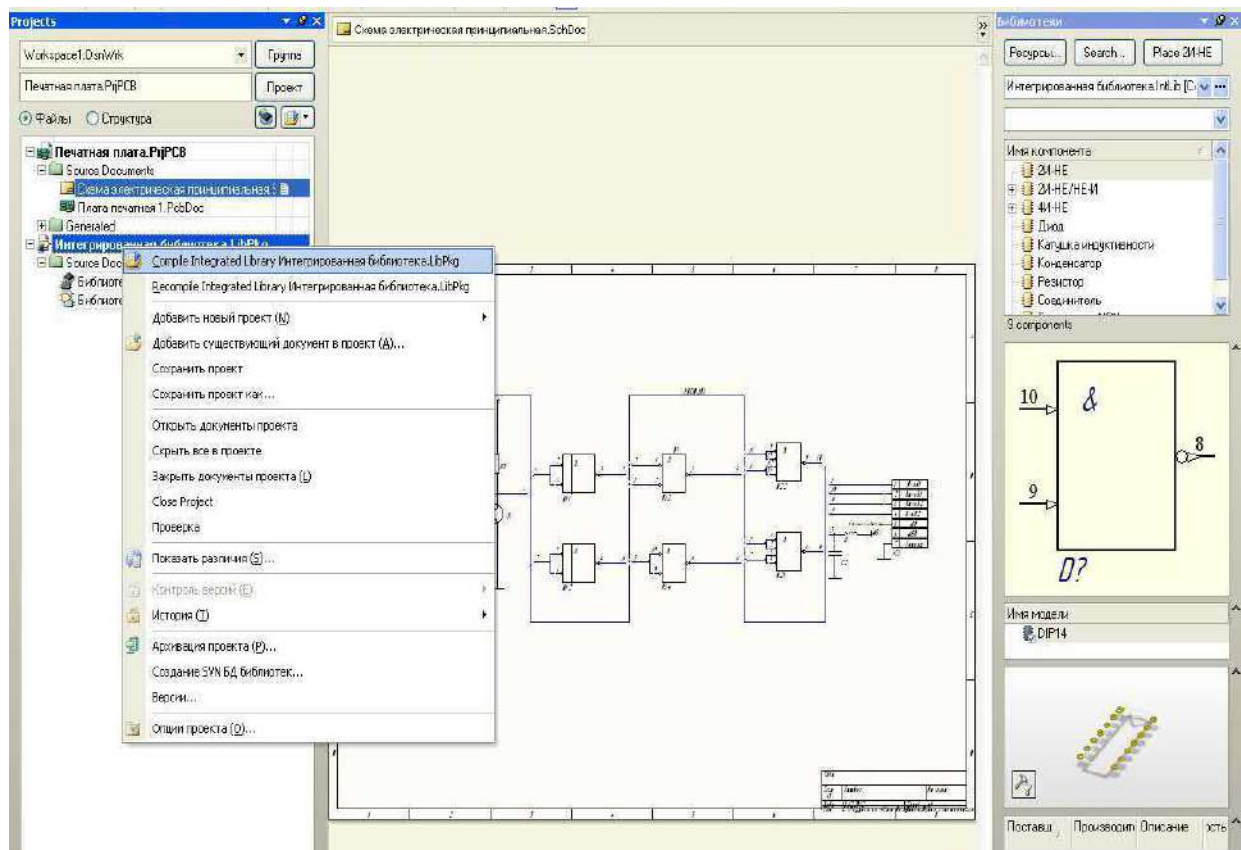


Рис. 8.9

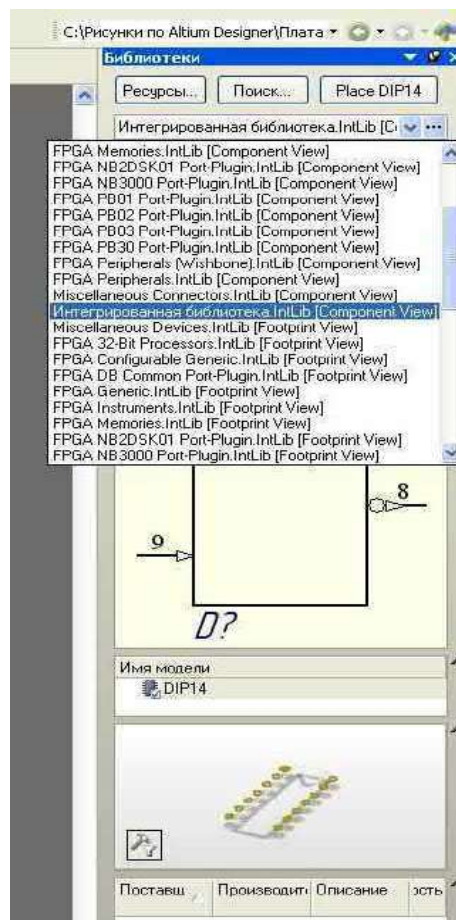


Рис. 8.10

8.3. Порядок выполнения работы

1. Открыть или создать проект платы.
2. Добавить новый проект **Schematic**.
2. Выбрать из созданной пользовательской библиотеки необходимые ЭРЭ и установить их.
3. Выбрать из стандартной библиотеки необходимые ЭРЭ и установить их.
4. Создать интегрированную библиотеку.

8.4. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Порядок работы со стандартными библиотеками.
3. Порядок создания интегрированной библиотеки.
4. Порядок обращения к интегрированной библиотеке.
5. Выводы.

8.5. Контрольные вопросы

1. Как открывается окно менеджера Библиотеки?
2. Каков порядок работы со стандартными библиотеками?
3. Как выбрать элемент из стандартных библиотек?
4. Какой порядок размещения элементов на плате?
5. Поясните порядок установки пользовательской библиотеки.
6. Каким образом создается интегрированная библиотека?
7. Как просмотреть содержимое интегрированной библиотеки?

Лабораторная работа №9. Получение графической КД по результатам разработки РЭА в САПР Altium Designer

Цель работы – изучение методики вывода на печать результатов проектирования ПП средствами САПР *Altium Designer*; приобретение навыков вывода на печать результатов проектирования ПП.

9.1. Вывод на печать результатов проектирования

При подготовке документации на узел ПП необходимо создать сборочный чертеж и чертежи слоев ПП.

1. Вывод сборочного чертежа. Для этого выполнить команды **Файл / Создание PDF**. В открывшемся окне **Помощник экспорта PDF** (рис. 9.1) нажать **Далее**.

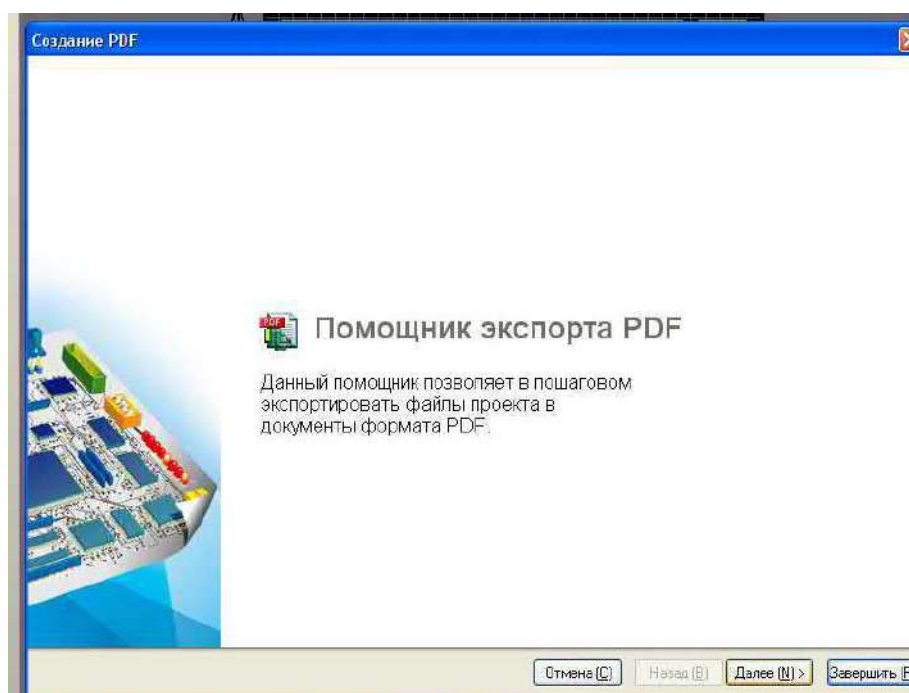


Рис. 9.1

Открывается окно **Создание PDF**, в котором выбрать **Текущий документ**, выбрать директорию и имя выходного файла (рис. 9.2), нажать дважды **Далее**.

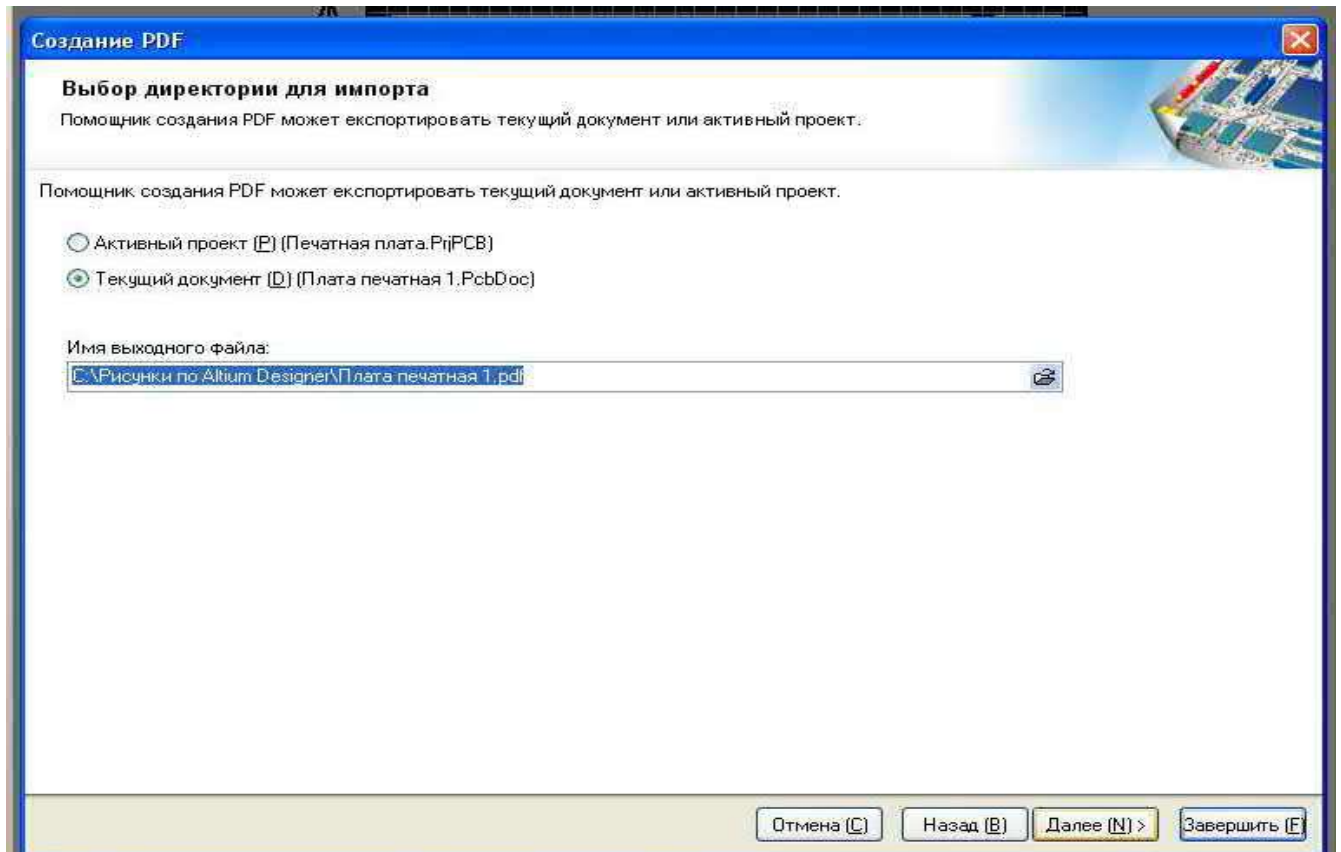


Рис. 9.2

Затем необходимо выполнить настройку печати в открывшемся окне. Чтобы сформировать чертеж необходимого слоя, надо сделать видимым этот слой, а все остальные слои скрыть. Поэтому последовательно выбрать двойным щелчком ЛК нужный в списке слоев (рис. 9.3).

Вначале выбрать слой **Top Overlay**. Открывается окно **Свойства слоя**. Оставить его без изменений (рис. 9.4), нажать **ОК**.

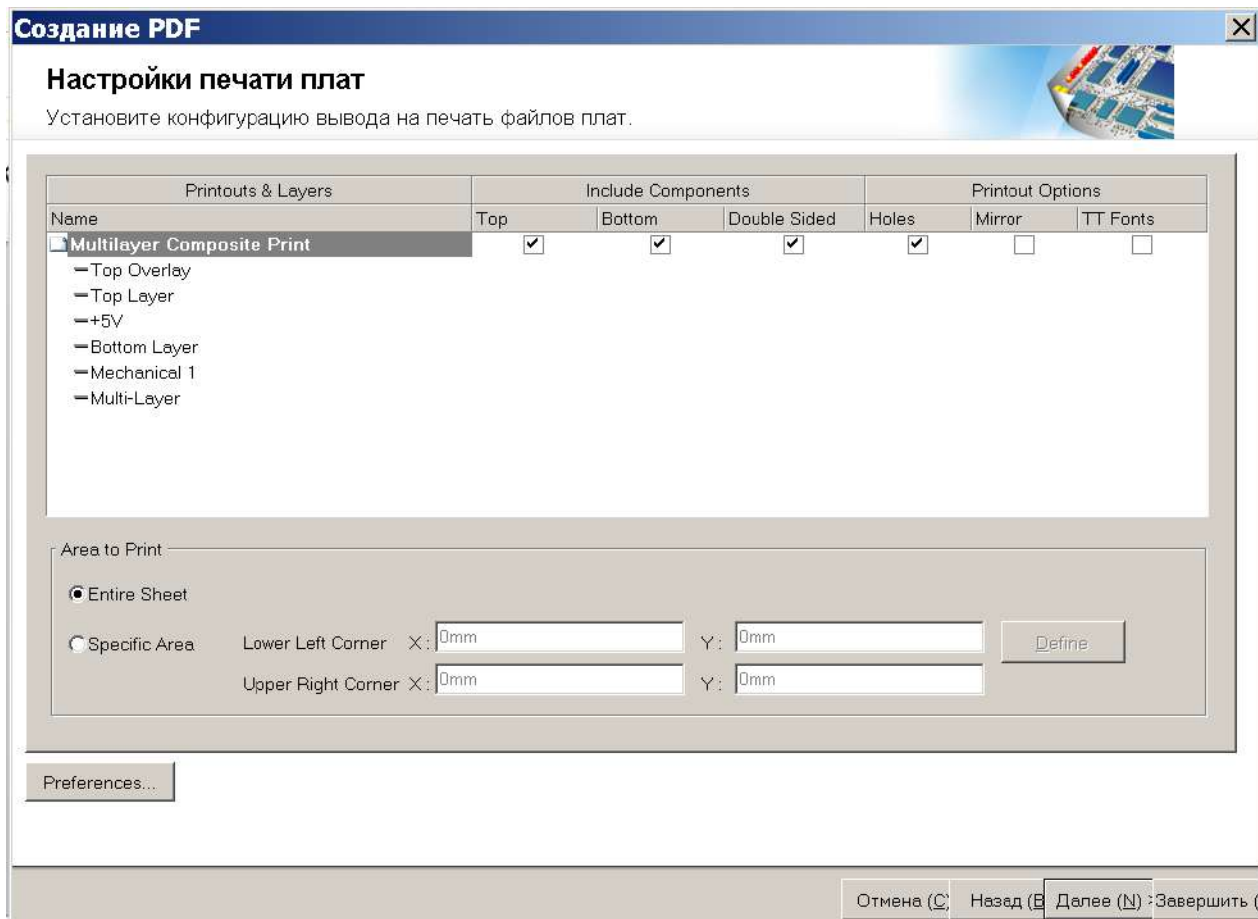


Рис. 9.3

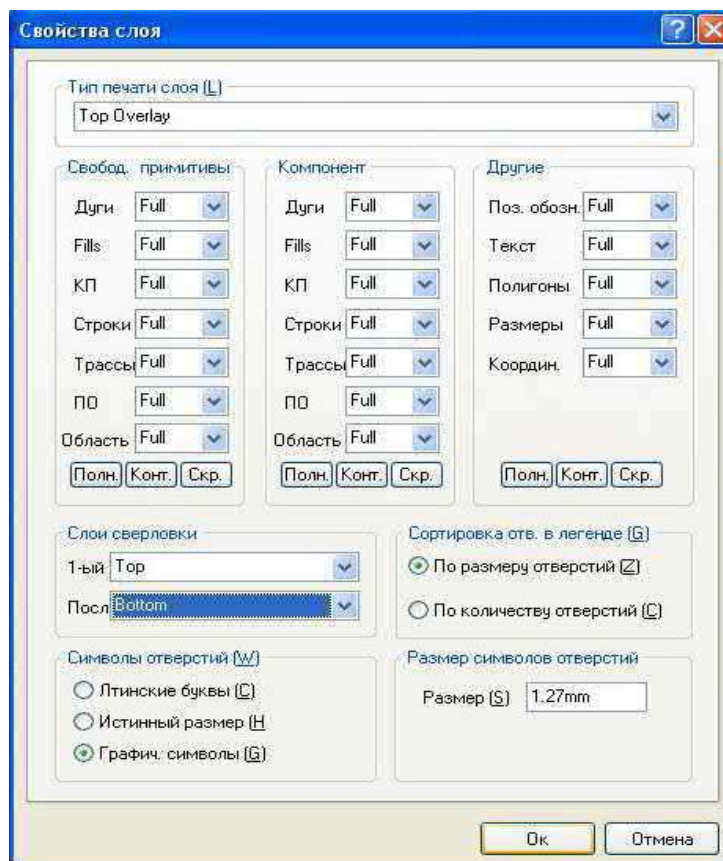


Рис. 9.4

Далее выбираем слой **Тор** и в каждом поле оставляем видимыми только КП. Для этого в каждой колонке удобнее нажать кнопку **Скр.**, а затем напротив КП по стрелке выбрать **Full** (рис. 9.5), нажать **ОК**.

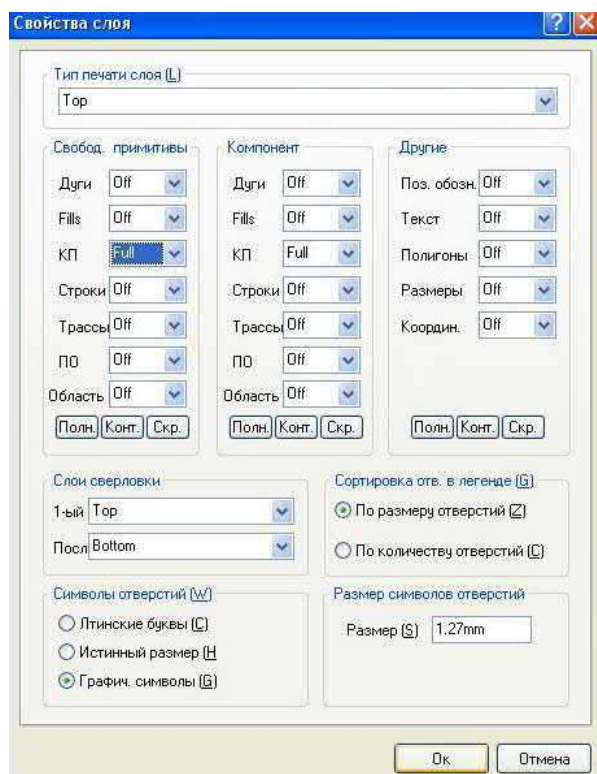


Рис. 9.5

Все остальные слои, кроме **Multi-Layer** и **Mechanical 1**, скрыть нажатием кнопки **Скр.** в каждом поле. На закладке **Настройка печати плат** в колонке **Holes** установить галочку (рис. 9.6), нажать **Далее**.

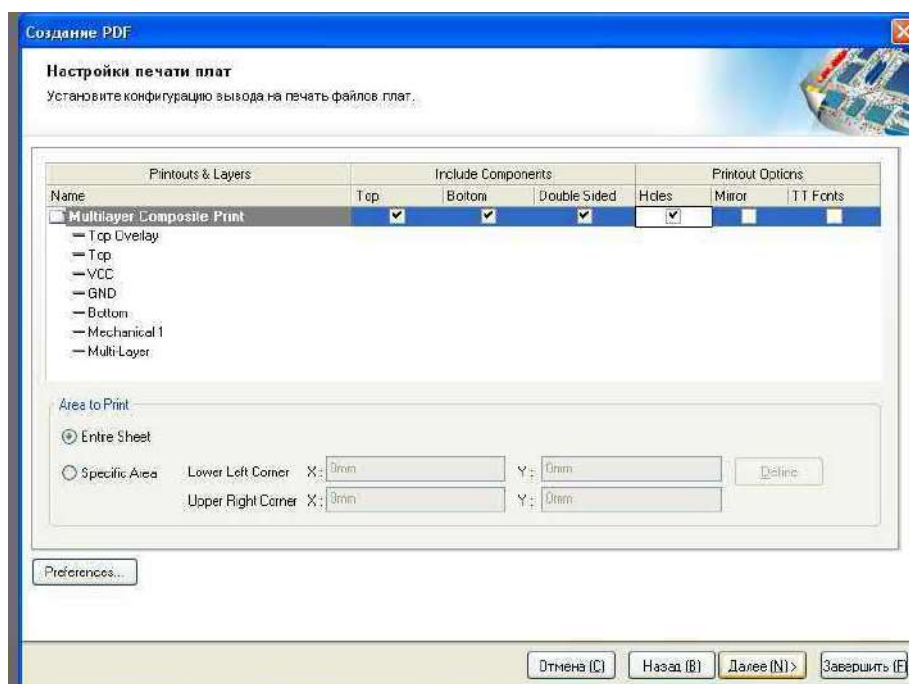


Рис. 9.6

В открывшемся окне **Настройка PDF** в поле **Плата** выбрать **Монохромные** (рис. 9.7), нажать **Далее**.

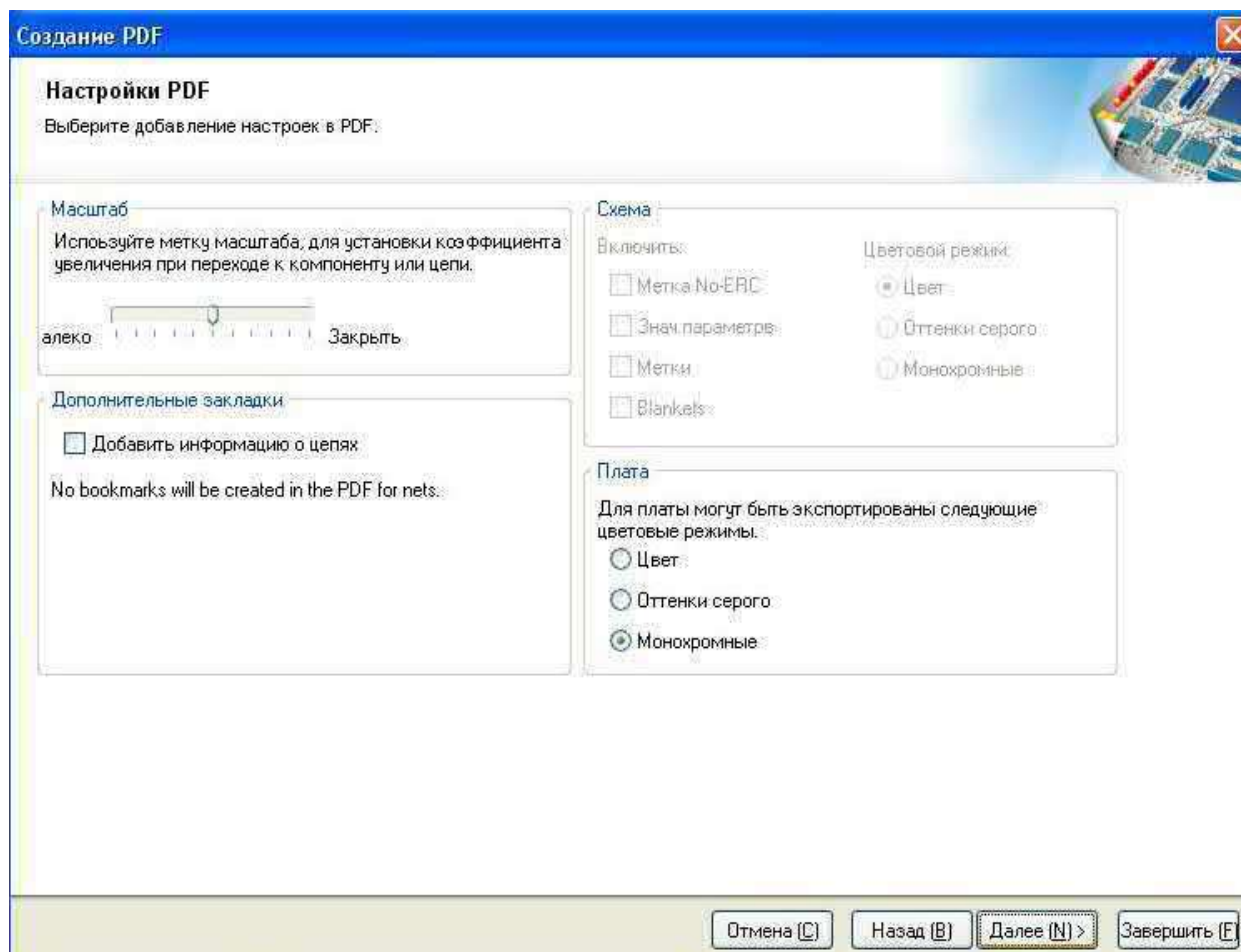


Рис. 9.7

В открывшейся закладке **Последний шаг** (рис. 9.8) нажать кнопку **Завершить**.

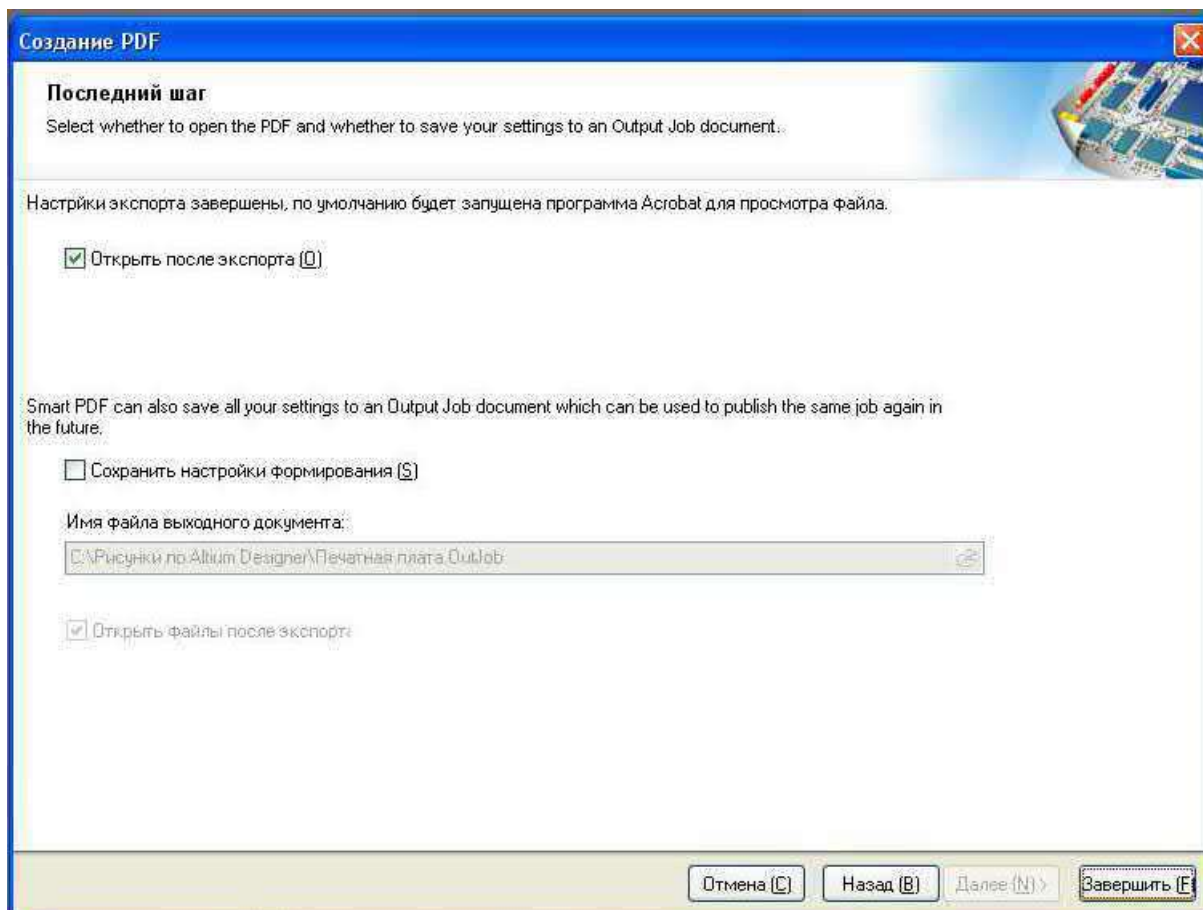


Рис. 9.8

На экране появится сборочный чертеж ПП (рис. 9.9).

Далее выведем на печать слой **Тор**. Для этого на вкладке **Выбор директории** для импорта в окошке **Имя выходного файла** зададим название слой **TOP. pdf**, при этом оставив директорию без изменения, дважды нажать **Далее**. На закладке **Настройки печати плат** в слое **Тор** открыть все элементы ПП нажатием на кнопки **Полн.** в полях **Свобод. примитивы**, **Компонент**, **Другие**. Полностью скрыть слои **Top Overlay**, **VCC**, **GND**, **Bottom**, оставить слой **Multi-Layer** и **Mechanical 1** без изменений, нажать **ОК** и на закладке **Настройки печатных плат** поставить галочку в окошке **Holes**, нажать **Далее**, затем **Завершить**. На экран будет выведен чертеж верхнего слоя печатной платы (рис. 9.10).

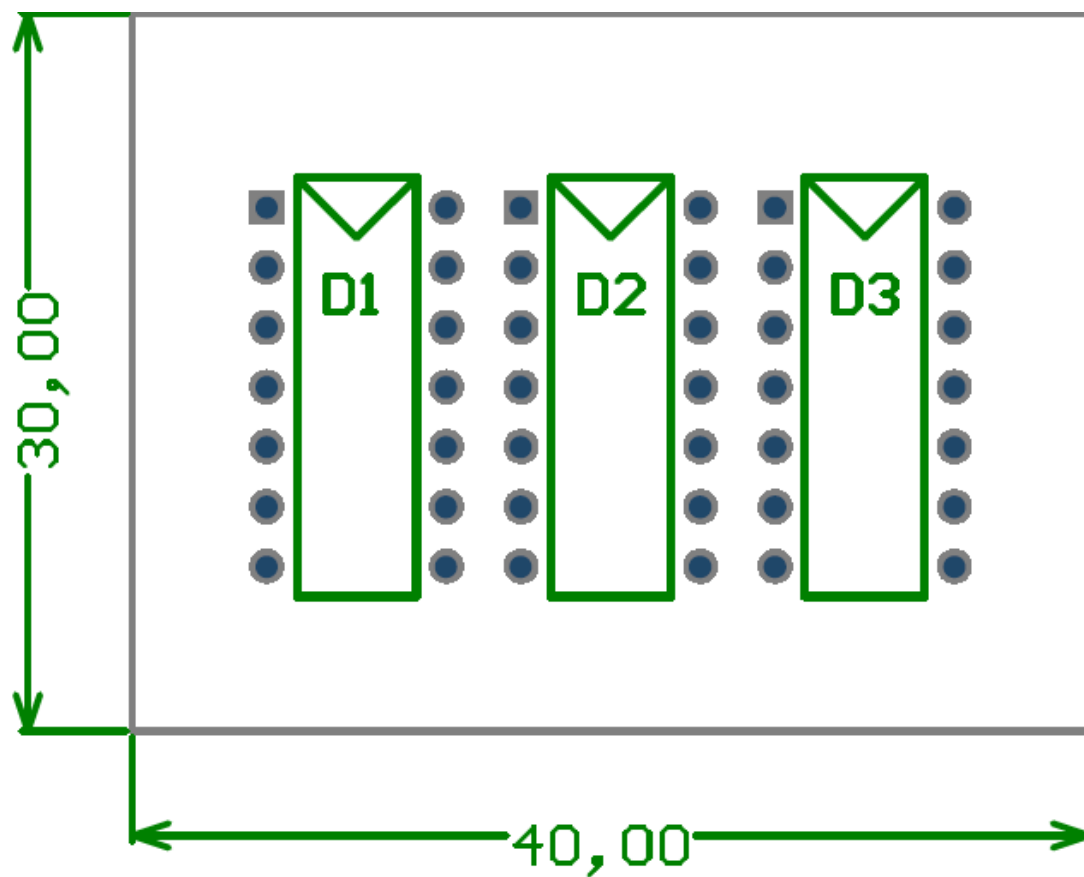


Рис. 9.9

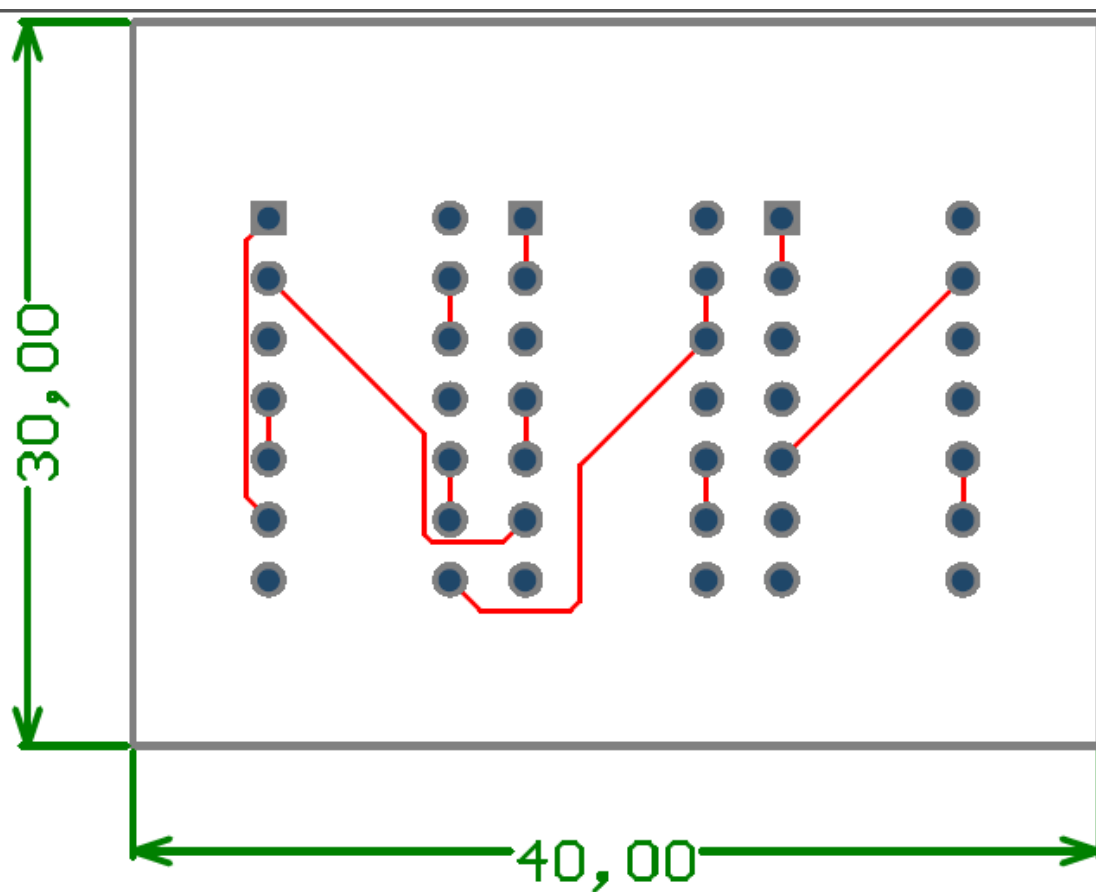


Рис. 9.10

Аналогичным образом формируются чертежи всех остальных слоев. Все сформированные файлы в формате **PDF** готовы для печати.

9.2. Порядок выполнения работы

1. Для вывода сборочного чертежа на печать выполнить команды по созданию файла в формате PDF.
2. Выполнить настройку печати.
3. Сформировать для печати файлы всех слоев в формате **PDF**.
4. Вывести на печать последовательно все слои ПП.

9.3. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Подготовка файла в формате PDF.
3. Настройка печати.
4. Формирование файлов для печати всех слоев в формате **PDF**.
5. Распечатки всех слоев ПП.
6. Выводы.

9.4. Контрольные вопросы

1. Какова последовательность действий при выводе сборочного чертежа?
2. Какие команды надо выполнить при создании файла в формате PDF.
3. Как выполняется настройка печати?
4. Как и в каком формате создаются файлы для печати слоев ПП?
5. Как выводятся на печать слои ПП?

Лабораторная работа №10. Разработка 3D модели основания печатной платы в SolidWorks

Цель работы – изучение порядка подготовки выходных файлов 2D моделей печатных плат, полученных в САПР P-CAD, для ввода в САПР **SolidWorks**; получение 3D модели заготовки печатной платы.

10.1. Порядок подготовки DXF файлов

Запустить редактор **P-CAD PCB** САПР **P-CAD**, открыть файл окончательного размещения ЭРЭ на печатной плате [1]. Выполнить команды **File / Export / DXF**. Открывается окно, в котором необходимо выделить при нажатой клавише **Ctrl** в списке **Layers** слои **Top** и **Board**. Снять галочку в окне **Output Drill Symbols**, установить галочку в окне **Draft (Эскиз)** и единицы измерения выбрать мм (рис.10.1,а). После этого нажать кнопку **DXF Filename**. В открывшемся окне сохранить файл с именем «Печатная плата для SW» (рис.10.1,б). Нажать в окне **File DXF Out** **Ок**.



Рис. 10.1,а



Рис.10.1,б

10.2. Импортрование DXF файла в SolidWorks

Запустить САПР **SolidWorks**. Выполнить команды **Файл / Новый** и на закладке «**Новый документ SW**» выбрать «**Трехмерное представление одного компонента**» и нажать **Ок** (рис.10.2,а) .

Открылось окно, в котором плата находится уже в режиме редактирования **Эскиза** (линии эскиза на рабочем поле окрашены в голубой цвет) (рис. 10.5).

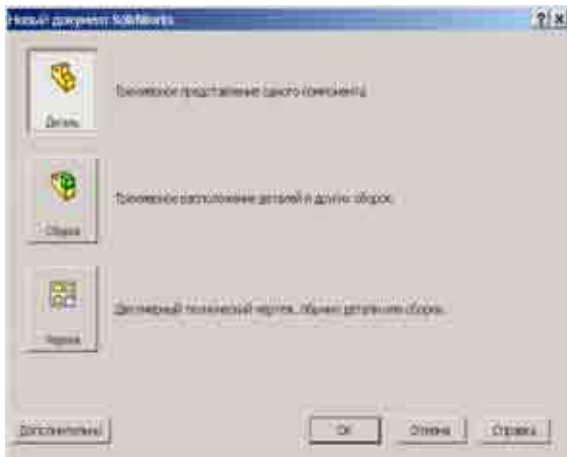


Рис. 10.2,а

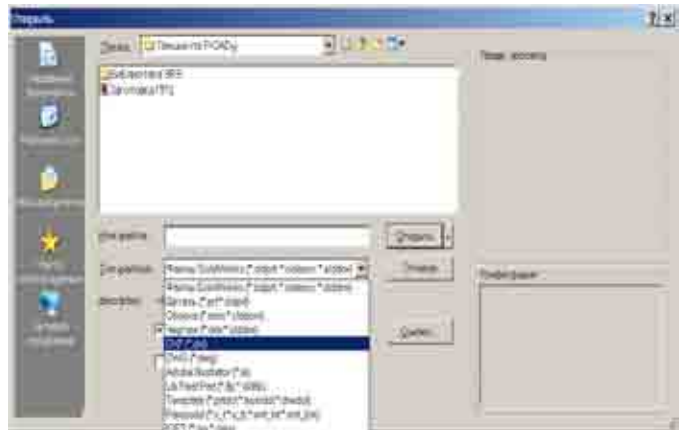


Рис. 10.2,б

Далее **Файл / Открыть** в окне **Тип файлов** по стрелке в выпадающем меню выбрать расширение **DXF**. После этого открыть файл «Печатная плата для SW» (рис.10.2,б). В окне **Импорт DXF / DWG** выбрать «**Импортировать в новую деталь**» и нажать кнопку **Далее** (рис. 10.3). В открывшемся окне **Импорт DXF/DWG – отображение слоя** выбрать **Спереди** и вновь нажать (рис.10.4) **Далее**. В окне **Импорт DXF/DWG – Настройки документа** выбрать **мм** и в **2D эскиз**. Нажать кнопку **Готово**.

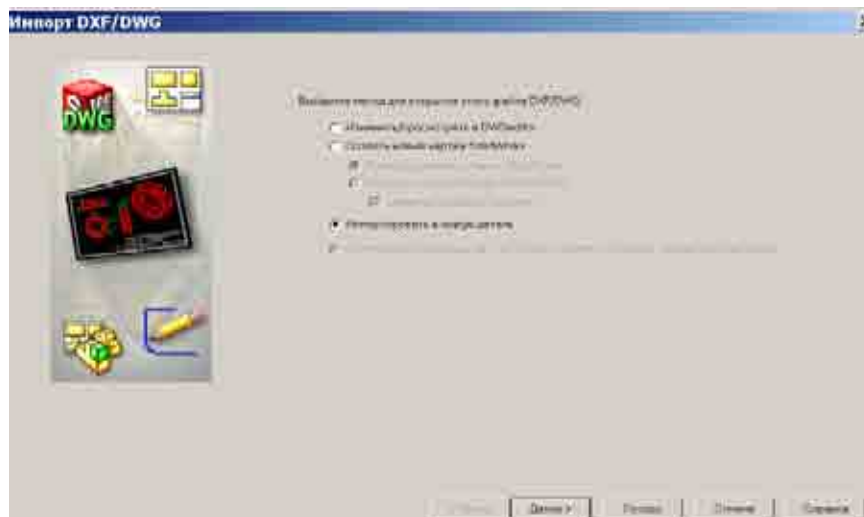


Рис. 10.3

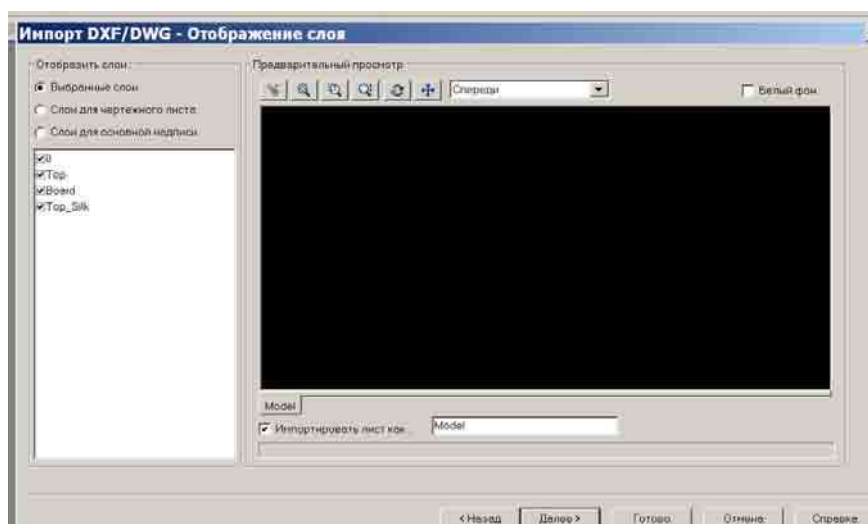


Рис. 10.4

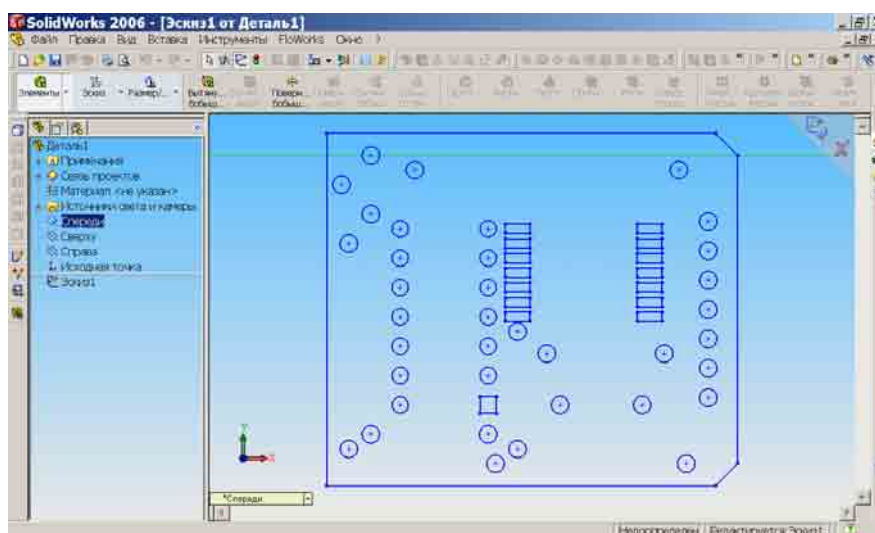


Рис. 10.5

10.3. Пример создания трёхмерной модели печатной платы

Открытый эскиз (рис. 10.5) необходимо отредактировать. Для этого на панели **Диспетчер команд** (ДК) выбрать режим моделирования **Эскиз**, для которого справа будут доступны команды редактирования (линия, прямоугольник, окружность и т.д.). Поскольку 1-я контактная площадка (КП) посадочного места (ПМ) для 1-го вывода микросхемы (ИМС) с корпусом типа DIP14 прямоугольная, её необходимо преобразовать в круглое отверстие под вывод.левой клавишей (ЛК) манипулятора охватывающим прямоугольником большего размера выделяем область этой КП. Она становится зелёного цвета, а слева в Менеджере свойств в выбранных объектах на розовом фоне будут указаны выделенные линии (4 штуки) этой КП (рис. 10.6).

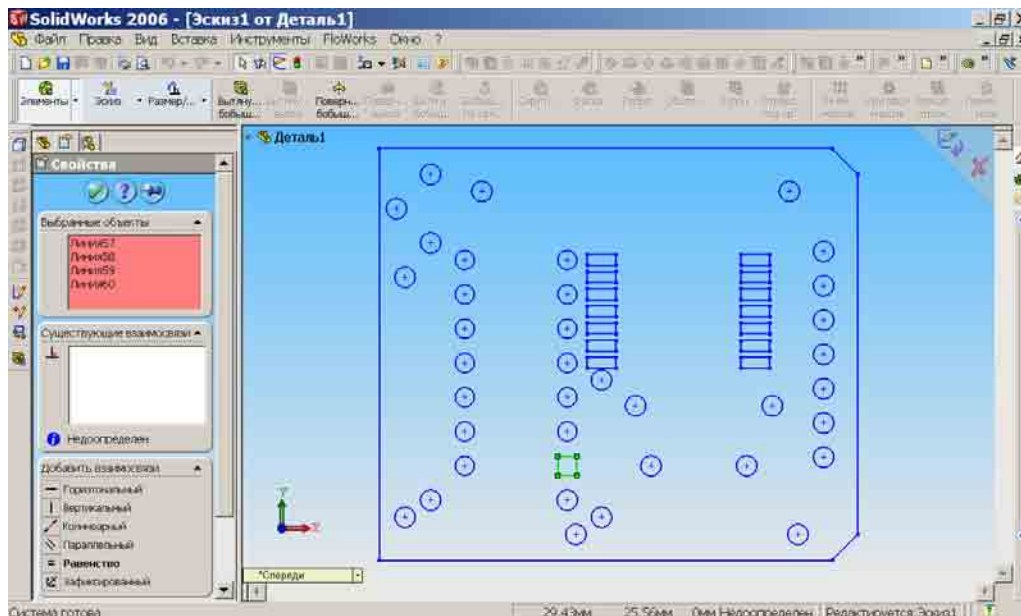


Рис. 10.6

Клавишей **Del**, удалим эти выделенные линии, а на месте удалённой КП построим окружность с диаметром равным остальным отверстиям ПМ ИМС. Поэтому щелкаем ЛК мыши по любой из окружностей ИМС, в Менеджере свойств устанавливаем значение радиуса окружности размером в 0.45 мм и нажимаем **Enter**. Далее щелчком ПК выполняем команды **Эскиз / Окружность**, и курсор мыши перемещаем в место предполагаемого центра отверстия под 1-й контакт ИМС. Система автоматически штриховыми линиями выделит центр окружности в виде пересекающихся осевых линий. Нажимаем на ЛК и перемещением курсора увеличиваем окружность до размера, близкого к необходимому. Щелкаем ЛК. После этого в менеджере свойств задаем точный размер и нажимаем **Enter**. Нажимаем галочку (Завершить текущую операцию) на рабочем поле (один раз) или ПК и в выпавшем меню команду **Выбрать**. Затем ЛК в поле. После этого мы вышли из режима редактирования эскиза (он стал чёрного цвета).

Вновь включаем режим редактирование эскиза следующей последовательностью команд: **Дерево конструирования / Эскиз1 / Правая клавиша мыши / Редактировать эскиз** (эскиз стал голубым, т.е. доступным для редактирования). Поскольку экспортированные из **P-CADa** файлы не всегда точно передают размеры диаметров отверстий, поэтому их необходимо отредактировать – задать точный диаметр отверстий на плате. Для ИМС, охватывающим прямоугольником (при нажатой ЛК) выделить все 14-ть окружностей ПМ. Они становятся зелёного цвета. Слева в **Менеджере свойств** надо задать общее свойство отверстий «=**Равенство**. Щёлкнуть по нему ЛК. Все окружности теперь имеют один и тот же диаметр. Щёлкнуть ЛК на пустом месте рабочего поля. Выделенные окружности стали голубыми с дополнительными метками «=**Равенство**». Щёлкнуть ЛК по любой из этих новых окружностей. Она станет красного цвета. В появившемся **Менеджере свойств** задать необходимый размер радиуса, например, 0.45 мм. Нажать **Enter**, после чего все 14-ть окружностей автоматически

станут такого радиуса (рис. 10.7). Аналогичным образом поступаем и с остальными отверстиями на ПП. Выделение окружностей можно выполнять и другим способом: удерживать клавишу **Ctrl** + щёлкать ЛК по каждой из окружностей.

Откат неправильной операции выполняется одновременным нажатием клавиш **Ctrl+Z**.

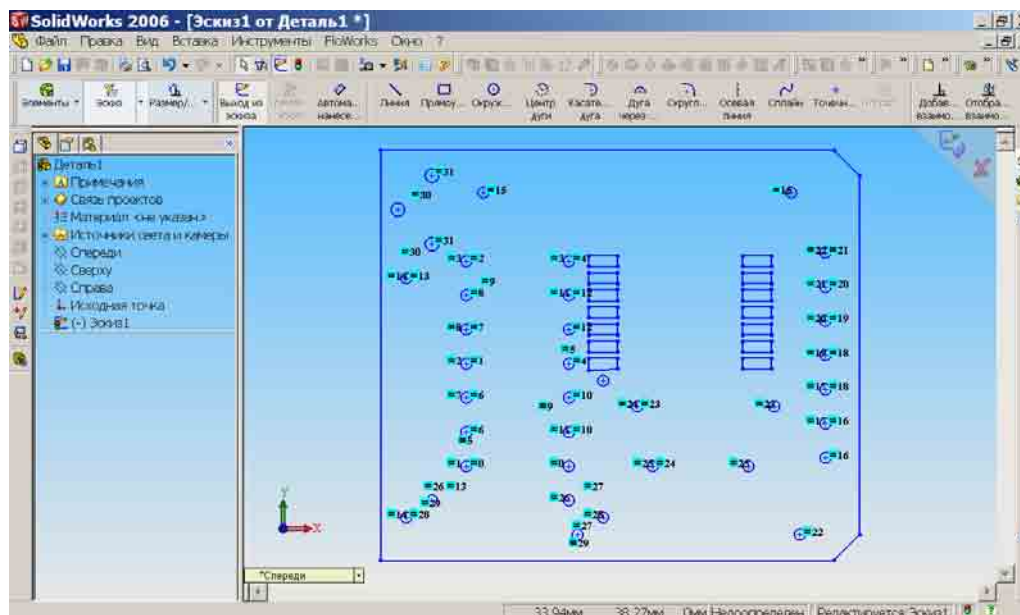


Рис. 10.7

Для того чтобы на ПП на месте плоских КП под микросхему с планарными выводами не было прямоугольных вырезов на плате, эти КП надо удалить. Для этого выделяем эти площадки охватывающим прямоугольником (они стали зелёными). Затем при нажатой клавише **Ctrl** выделяем аналогично уже всю плату. Она вся кроме прямоугольных КП стала зелёного цвета (рис. 10.8). После этого можно из эскиза ПП создать её объёмную модель.

Для этого надо на дереве решений выбрать **Эскиз1**, применить расположенную на левой боковой панели операцию **Вытянуть** (создание вытянутого элемента из выбранного объекта) и нажать ЛК. Система автоматически предлагает вариант объёмного изображения ПП, шириной в 10 мм. Но поскольку толщина ПП равна 1,5 мм, в менеджере свойств необходимо задать «Глубину» 1,5 мм (толщина ПП) (рис. 10.9). После чего в верхнем правом углу рабочего поля щёлкнуть ЛК по зелёной галочке (завершить операцию). ПП стала серого цвета (рис. 10.10). Получили 3D модель заготовки ПП.

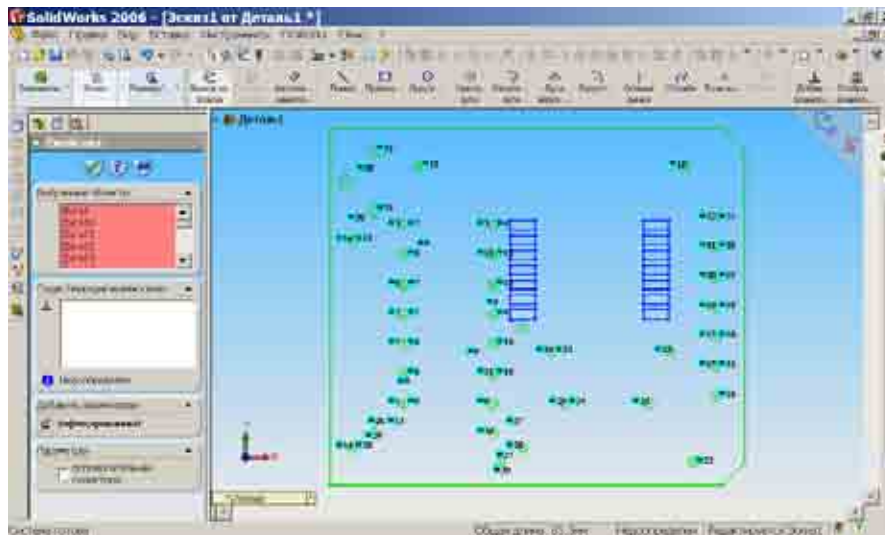


Рис. 10.8

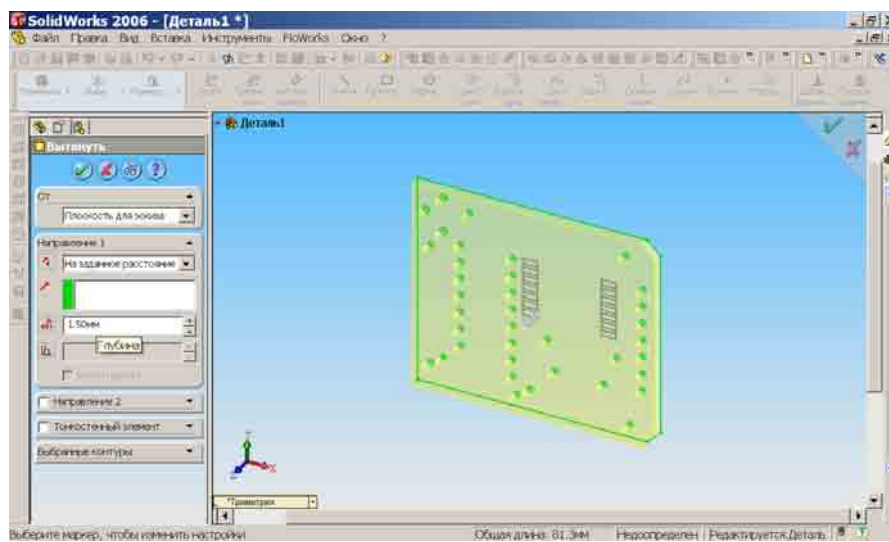


Рис. 10.9

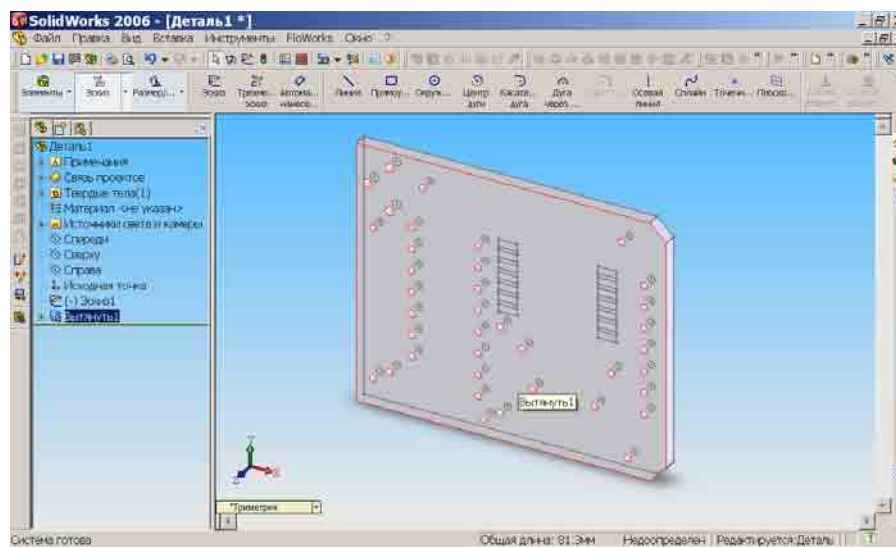


Рис. 10.10

С полученной моделью можно выполнять различные преобразования. Например, снять фаски для отверстий под крепёж, разъём, транзистор и т.д. Выполняют их в Диспетчере команд командами **Элементы / Фаска**. После этого в менеджере свойств необходимо задать объекты для редактирования. Щёлкаем ЛК по кромке окружности соответствующих отверстий, далее необходимо задать для выбранных объектов угол фаски в градусах и расстояние в мм. В Диспетчере команд нажать **Enter**. Получили модель ПП с фасками у указанных отверстий.

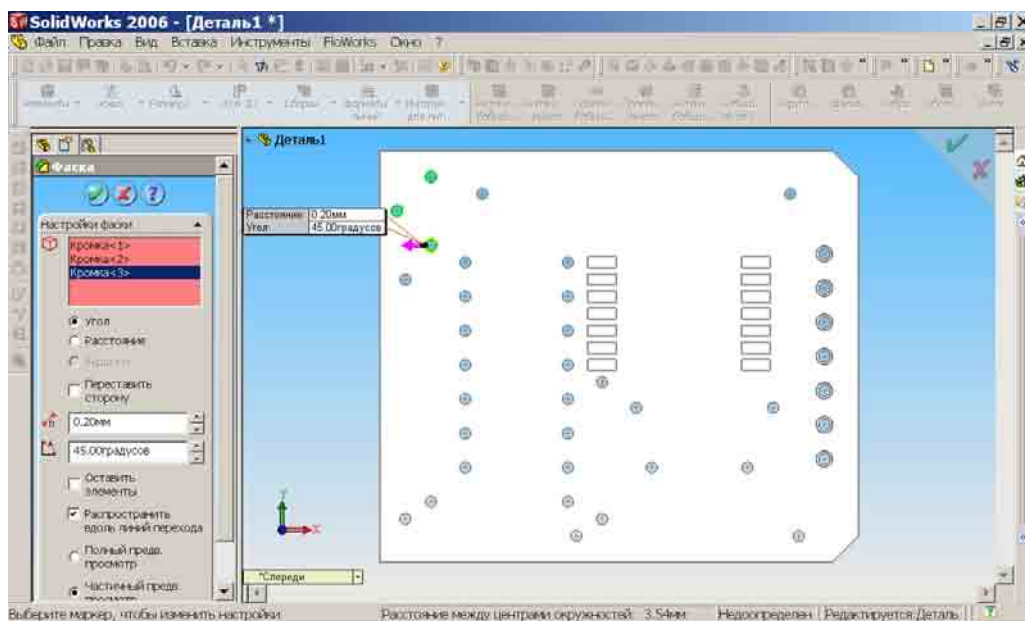


Рис. 10.11



Рис. 10.12

Полученную плату окрасим в нужный цвет. Например, цвет гетинакса – коричневый. Чтобы окрасить всё тело в необходимый цвет в Дереве конструирования щёлкаем правой клавишей (ПК) по **Деталь1** и в выпадающем меню выполняем последовательно команды **Внешний вид / Цвет**. Затем в **палитре цветов** щёлкаем ЛК по выбранному цвету (коричневому) (рис.10.13). Завершить

операцию окраски щелчком ЛК по зелёной галочке в левом верхнем углу над палитрой. Модель ПП окрасится в выбранный цвет (рис. 10.14). В левом нижнем углу рабочего поля в стандартных видах выбрать **Четыре вида** (рис.10.15) и щелкнуть ЛК. На экран будут выведены виды на плату сверху, спереди, справа и изометрия (рис.10.16).

Сохранить полученную заготовку ПП командами **Файл/Сохранить как** с именем «Заготовка ПП».

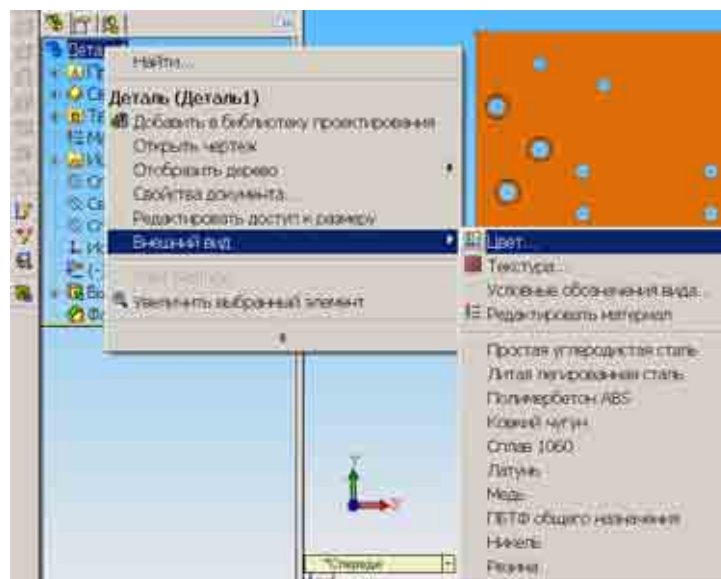


Рис. 10.13

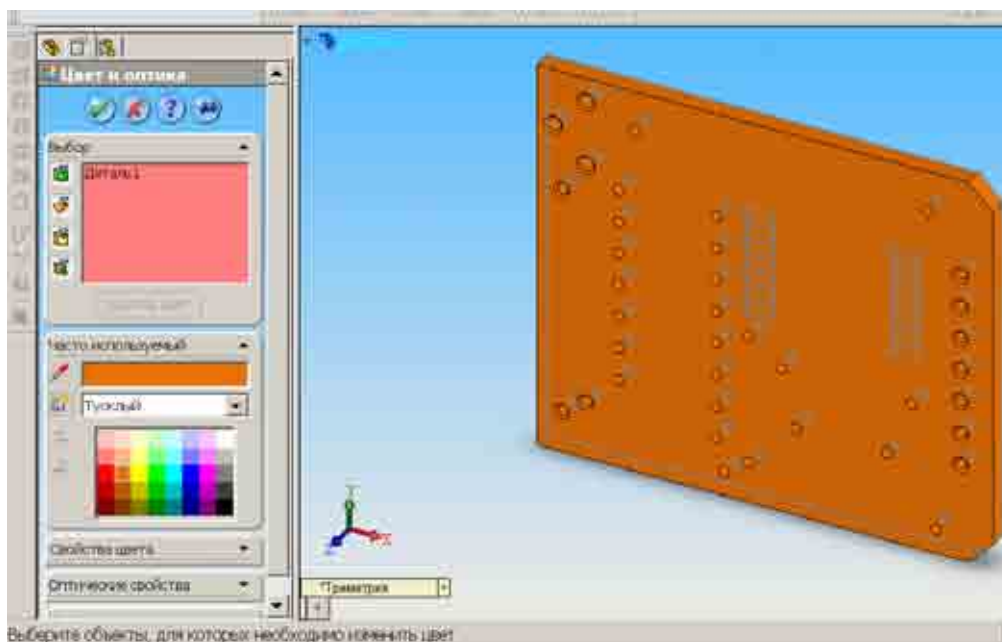


Рис. 10.14

10.4. Порядок выполнения работы

1. Через кнопку Пуск в меню Программы загрузить редактор РСВ САПР **P-CAD**
2. Из проекта вызвать файл размещения ЭРЭ на ПП и осуществить его конвертацию в DXF файл.
3. Через кнопку Пуск загрузить САПР **Solid Works**.
4. Получить трёхмерную модель ПП проекта.
5. Сохранить результат.

10.5. Содержание отчёта

1. Цель работы.
2. Порядок подготовки DXF файлов.
3. Последовательность процедур создания трёхмерной модели печатной платы.
4. Электронная версия и эскиз трёхмерной модели заготовки печатной платы.
5. Выводы.

10.6. Контрольные вопросы

1. Поясните порядок получения DXF файла из файла размещения ЭРЭ на ПП.
2. Назовите последовательность процедур при создании 3D модели ПП.
3. Каким образом выполняется редактирование эскиза ПП?
4. Как сохраняется результат редактирования эскиза?
5. Как задаются размеры множества одинаковых отверстий?
6. Какими процедурами из плоского изображения получают объёмное изображение?
7. Каким образом выполняется процедура снятия фаски?
8. Как выполняется раскраска детали в заданный цвет?
9. Каким образом можно вывести на экран монитора несколько видов ПП?

Лабораторная работа №11. Разработка 3D моделей пассивных ПЭК в Solid Works

Цель работы – изучение порядка создания трёхмерных моделей резисторов цилиндрической формы средствами САПР **Solid Works**.

11.1. Проектирование модели резистора

Вначале необходимо из системы **P-CAD** экспортировать **DXF** файл (см. лаб. работа № 6). В данном случае необходим контур корпуса резистора и его КП. Поэтому надо выбрать слои **Top** и **Top Silk**. В **Solid Works** удаляем ненужные элементы эскиза ПП, оставив только те, которые соответствуют резистору R1 (контур и отверстия). Поскольку в САПР **P-CAD** при прорисовке контуров ЭРЭ возможны разрывы между линиями (система **Solid Works** на это укажет), их необходимо устранить дорисовкой командами **Эскиз / Линия**.

Для этого выбрать **Эскиз / Линия**. Установить курсор между двумя точками разрыва и провести недостающий фрагмент линии: первый щелчок ЛК в начале линии, второй щелчок в конце. Для завершения операции **Эскиз / Линия** нажимаем **Esc** (для того, чтобы третью линию не строить), при этом мы остаёмся в режиме редактирования эскиза. Получили эскиз резистора (рис. 11.1).

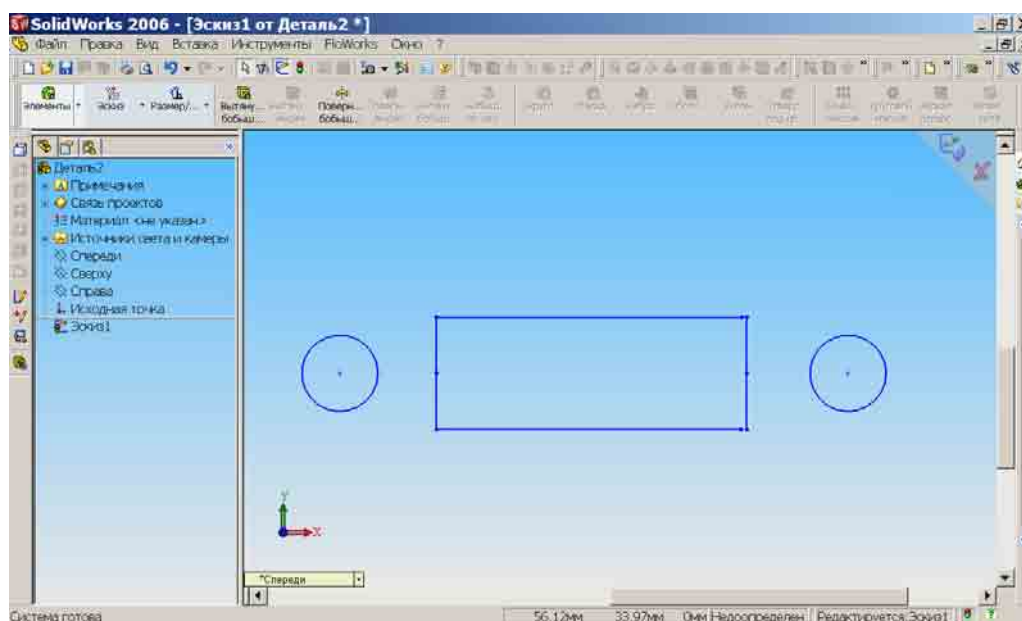


Рис. 11.1

Щёлкнув ЛК по меньшей из сторон контура резистора, слева в **Менеджере свойств** система укажет её размер ($1.1\text{мм} + 1.1\text{мм} = 2.2\text{мм}$). Далее прямоугольный контур необходимо вытянуть (на основе выбранных объектов, левая боковая панель) на высоту 2.2мм. Для этого выделяем охватывающим прямоугольником прямоугольный контур резистора (без окружностей) и командой на левой панели **«Вытянуть на основе выбранных объектов»** на глубину 2.2 мм (рис. 11.2). Нажать **Enter** и завершить ЛК по зелёной галочке.

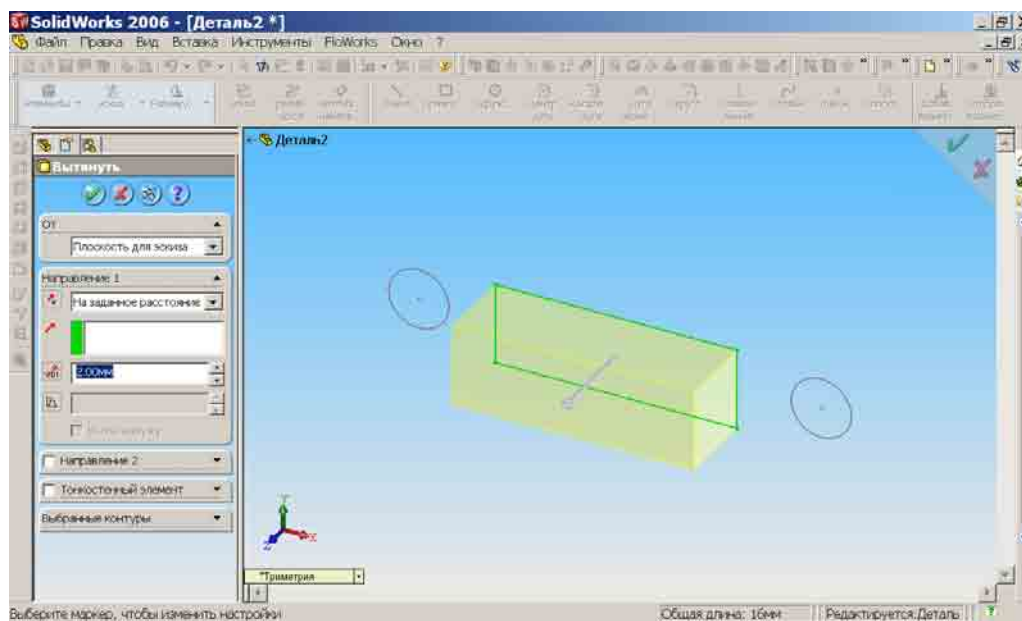


Рис. 11.2

Полученный параллелепипед стал серого цвета (рис. 11.3).

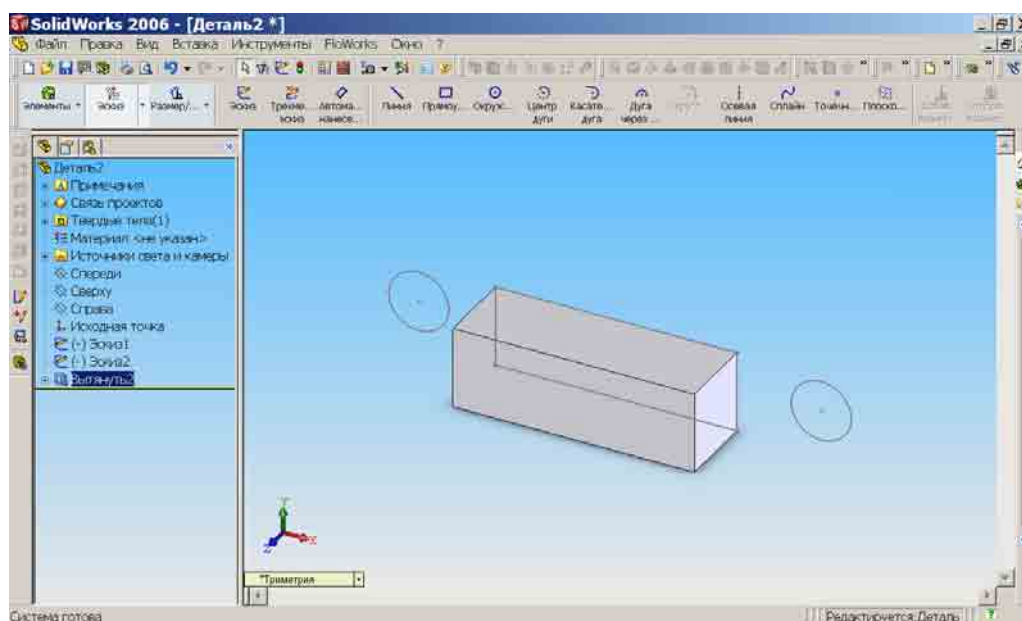


Рис. 11.3

Теперь необходимо преобразовать параллелепипед в цилиндрическое тело, ввиду того, что резистор типа ОМЛТ является по форме цилиндрическим. Для этого на любой из квадратных торцевых сторон резистора строим эскиз, представляющий собой окружность диаметром 2.2мм. Для чего щёлкаем ЛК по правой грани (она выделяется зелёным цветом, что говорит о том, что на ней можно строить будущий эскиз). Устанавливаем вид, **Справа** (видим зелёный квадрат). После этого командами **Эскиз / Окружность** перемещаем курсор мыши по верхней стороне квадрата и находим её середину, затем по правой стороне квадрата и вновь находим середину и ведём курсор в центр квадрата

(осевые линии покажут этот центр). Первый щелчок ЛК в центре окружности, второй щелчок ЛК – завершение построения вписанной окружности на границе квадрата. Завершить операцию ЛК по фиолетовой галочке на рабочем поле. Далее получим цилиндр из **Эскиза 2 (Окружность)**. Выделяем окружность (щёлкнув по ней ЛК), она становится зелёного цвета. Теперь уже выделенный объект мы можем преобразовать в цилиндр командами **Элементы / Вытянутый вырез**. В **Менеджере свойств** задать «Через все» и отметить галочкой «Переставить сторону для выреза». Выбрать вид 3D, на экране вырезаемая часть параллелепипеда отображается жёлтым цветом (рис. 11.4).

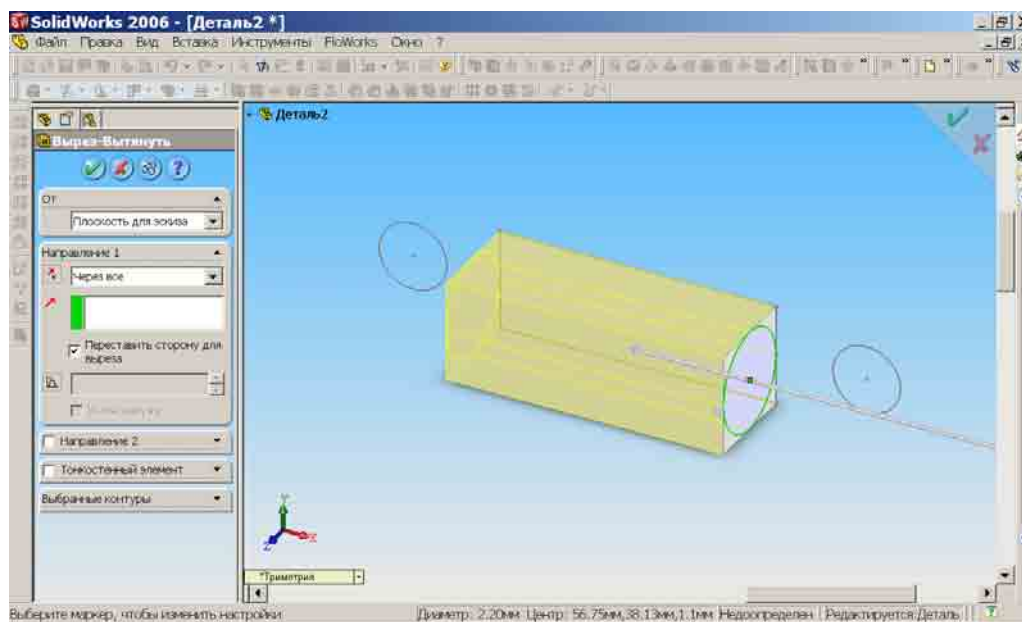


Рис. 11.4

Завершить операцию ЛК по зелёной галочке. Получили серебристый цилиндр резистора (рис. 11.5).

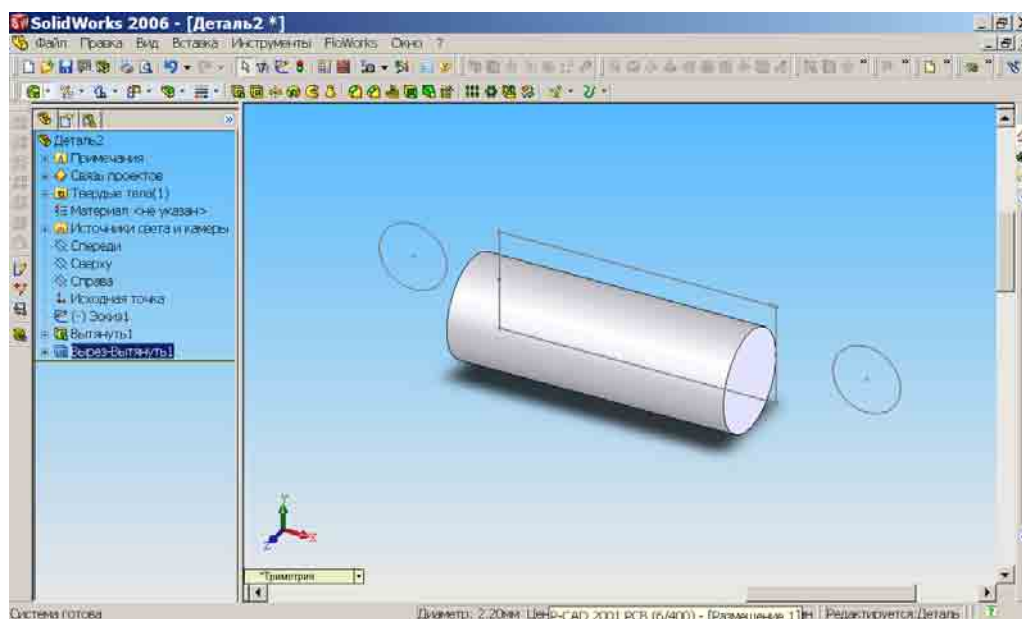


Рис. 11.5

Теперь на торце цилиндра строим окружность меньшего диаметра, которая соответствует центральной части резистора. Для этого щёлкаем ЛК по торцу цилиндра (он окрашивается в зелёный цвет) и командами **Эскиз / Окружность** рисуем ещё одну окружность меньшего диаметра с центром примерно в центре торцевой части цилиндра. В **Менеджере свойств** задаём радиус этой окружности равным 1 мм. Нажимаем Enter (рис. 11.6).

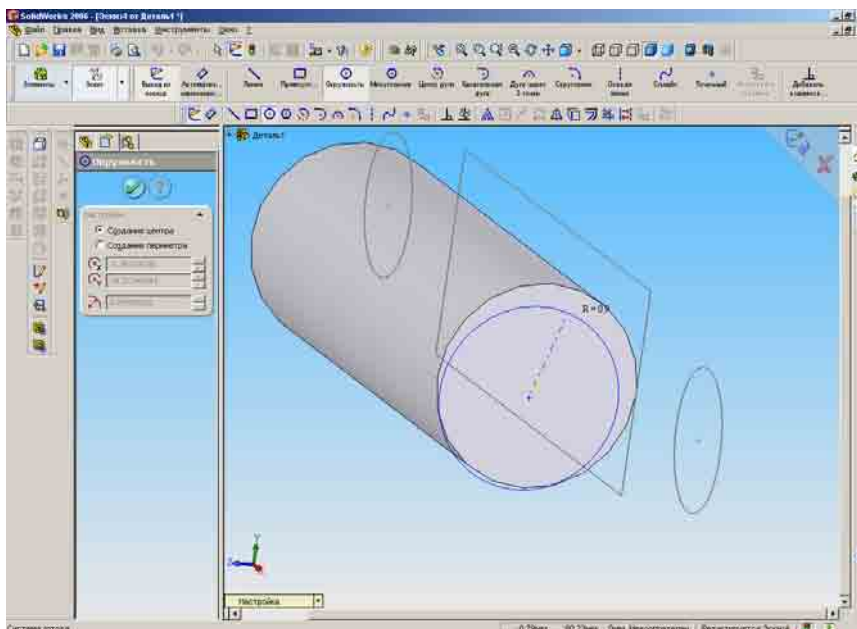


Рис. 11.6

Поскольку центры окружностей могут не совпадать, то командами **Эскиз / Добавить взаимосвязь** - в **Менеджере свойств** выделена только внутренняя окружность. ЛК по кромке внешней окружности, в **Менеджере свойств** получаем два объекта (две окружности), для которых выполняем команды **Добавить взаимосвязи / Концентричный**. Завершить операцию ЛК по зелёной галочке и потом по фиолетовой галочке (рис. 11.7).

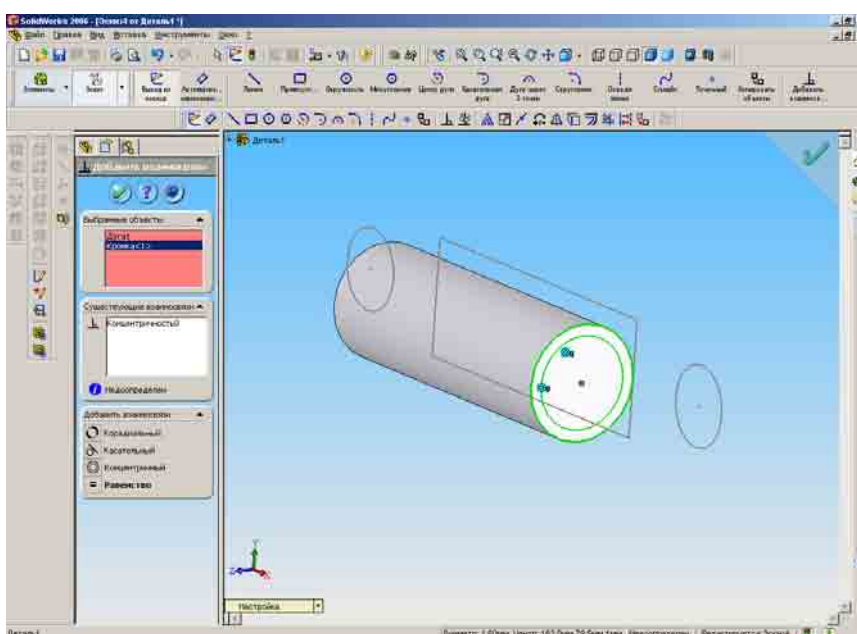


Рис. 11.7

Чтобы получить в центральной части резистора цилиндр меньшего диаметра, щёлкаем ЛК по внутренней окружности. Выделенную зелёную окружность преобразовываем следующими командами: **Элементы / Вытянутый вырез / На заданное расстояние 5.1 мм / Галочка =Переставить сторону для выреза** (рис. 11.8). ЛК по зелёной галочке – получим необходимый вырез (рис. 11.9).

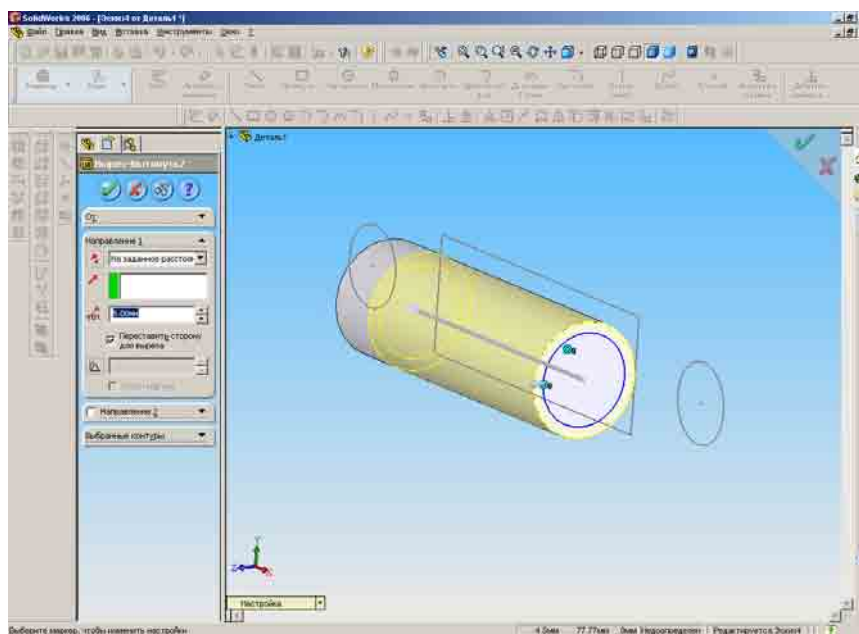


Рис. 11.8

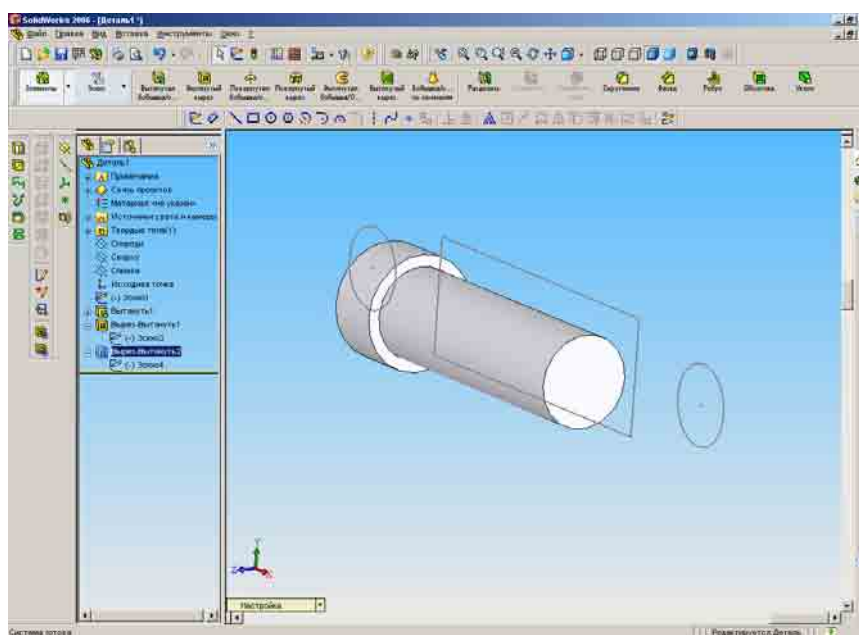


Рис. 11.9

Теперь необходимо построить вторую часть «утолщения» на резисторе. Для этого выделим грань меньшего диаметра и построим на ней командами **Эскиз / Окружность** радиуса 1.1мм (большого, чем сам торец). При этом её центр совместим с центром меньшей окружности командой **Добавить взаимосвязь** (рис. 11.10).

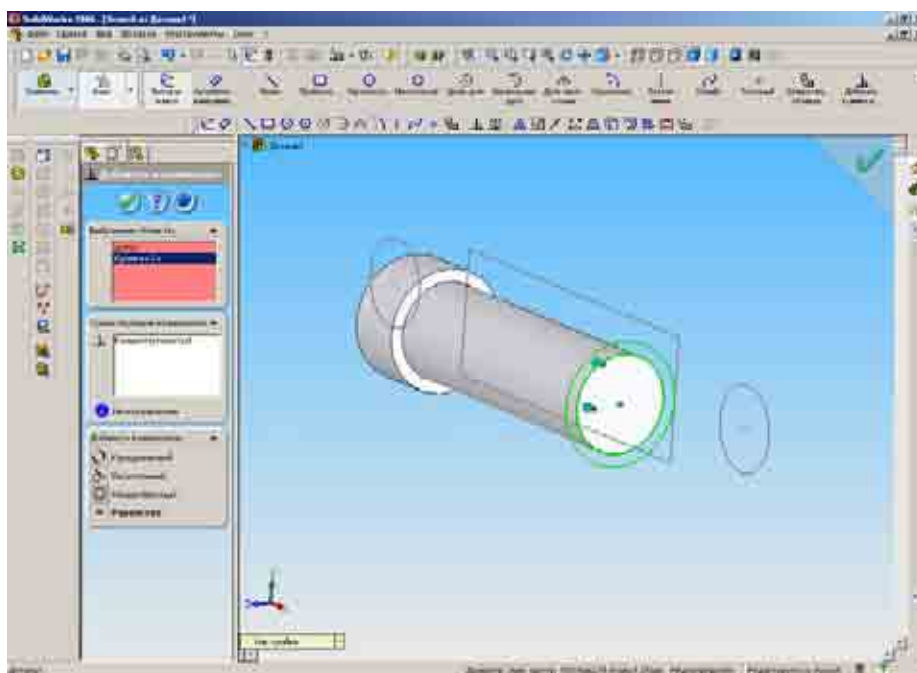


Рис. 11.10

Вытянем большую окружность командами **Элементы / Вытянутая бо-
бышка / на глубину 1мм** (рис. 11.11). ЛК по зелёной галочке (рис. 11.12). Полу-
чили трёхмерную модель тела резистора.

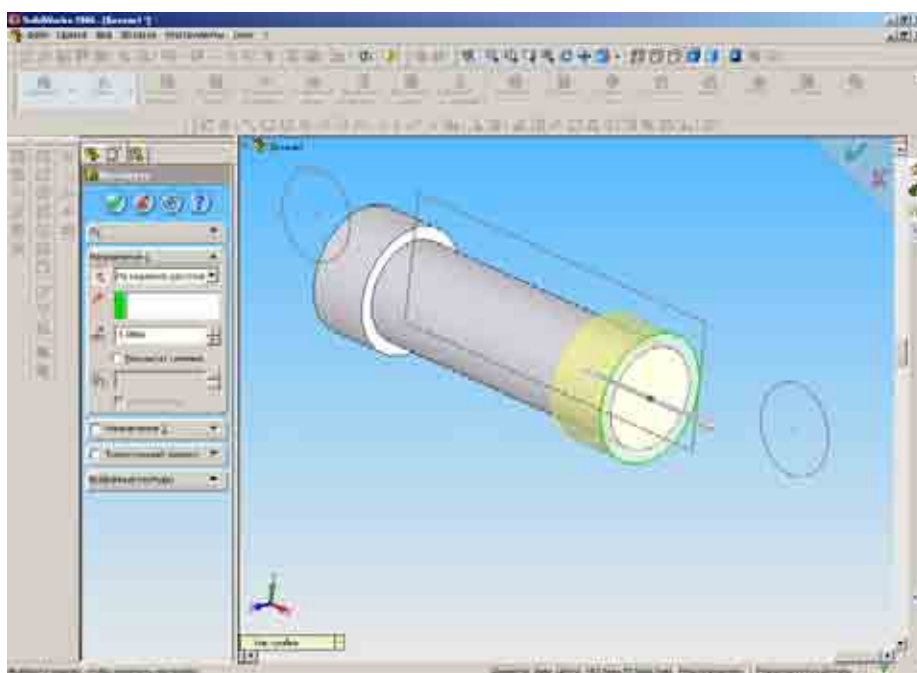


Рис. 11.11

11.2. Построение выводов резистора

Теперь построим выводы у резистора. Для построения вывода необходимы два эскиза: профиль и траектория вытягивания профиля. При этом нужен дополнительный элемент моделирования - вспомогательная плоскость, в которой будет находиться траектория вытягивания вывода.

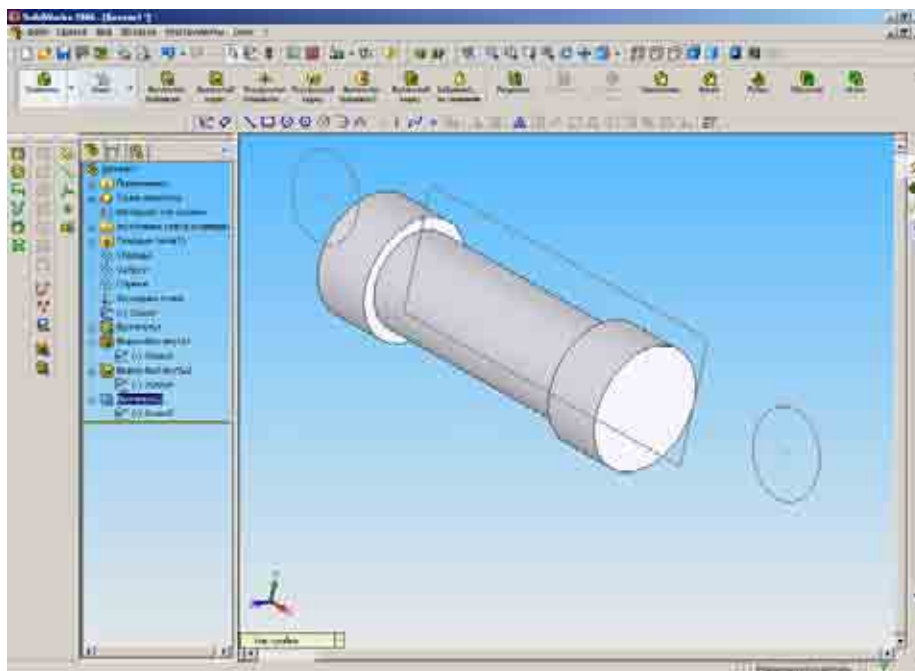


Рис. 11.12

Вначале построим вспомогательную плоскость. **Командами Элементы / Справочная геометрия / Плоскость** строим плоскость по характерным признакам, указанным в **Менеджере свойств**. Например, строим плоскость в режиме **«Параллельно плоскости и точке»**. Щёлкаем ЛК по этому режиму. Затем ЛК на **Дерево Конструирования** в верхней части Менеджера свойств. В рабочем поле отобразится дерево проекта. Выбираем плоскость **Вид сверху**. Щёлкаем ЛК в точку – центр КП резистора. Получим предварительную операцию построения вспомогательной плоскости. Она будет жёлтого цвета. Если она построилась по указанным признакам удачно и нас устраивает, то завершить операцию (рис. 11.13).

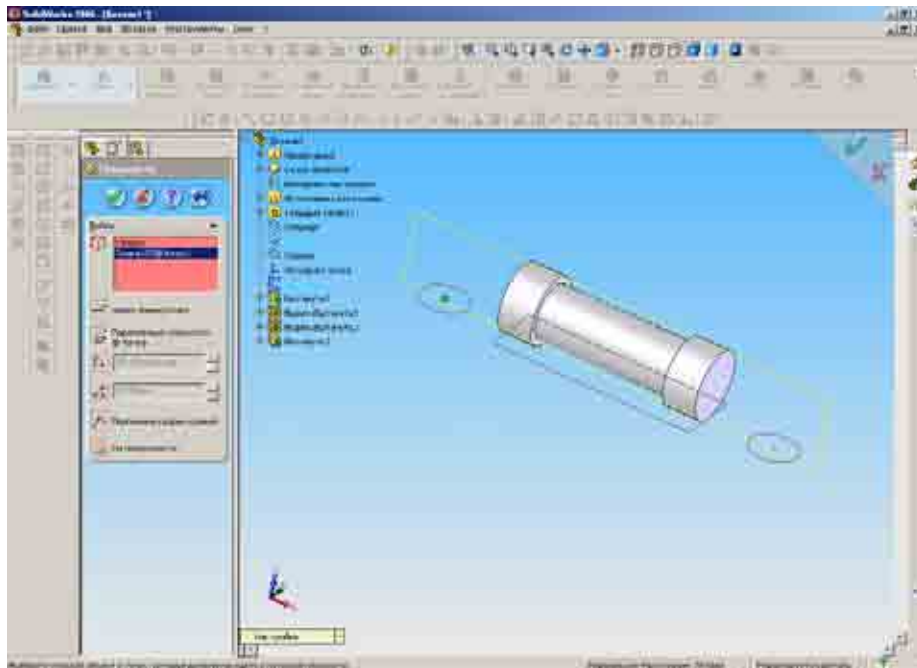


Рис. 11.13

Для построения вывода резистора выделяем плоскость, откуда начинается вывод – это окружность торца цилиндра. ЛК по этой плоскости. Она станет зелёного цвета. Затем в центре этой окружности построим окружность радиусом равным радиусу вывода резистора - 0.2мм (рис. 11.14). ЛК по зелёной галочке.

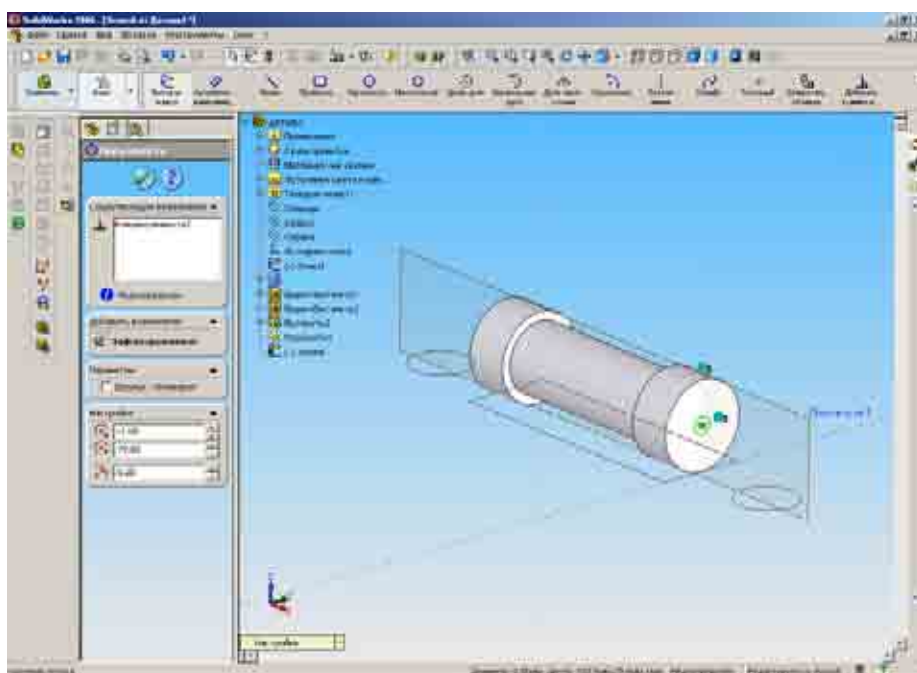


Рис. 11.14

Теперь в режиме эскиза – построим траекторию вывода резистора. Вначале выделим вспомогательную плоскость (щелкаем ЛК по ней). Далее командами **Эскиз / Сплайн** указываем ЛК положение первой точки сплайна. Ставим её в центре торца резистора. Следующие точки ставим по предполагаемой траектории вывода и последнюю точку - в центре КП (рис. 11.15).

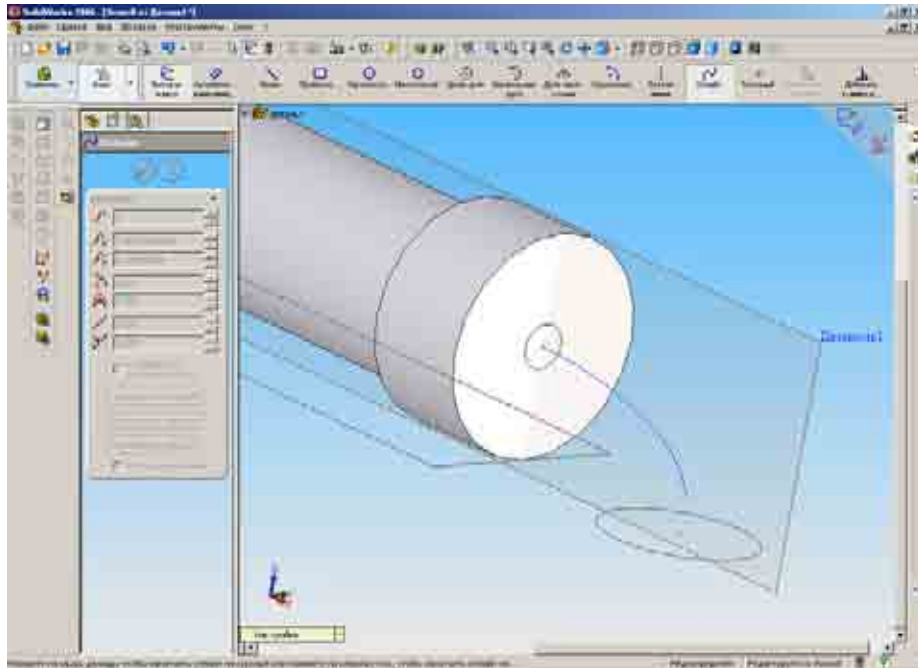


Рис. 11.15

Профиль вывода необходимо проконтролировать. Для этого выбираем **Вид снизу**. Если аппроксимирующий профиль не удачен, его можно откорректировать изменением положение точек сплайна. Корректировать можно перемещением точек или их касательных. Для этого требуемую для перемещения точку фиксируем ЛК и тащим в нужном направлении при нажатой ЛК. Отредактированную траекторию вывода резистора завершаем ЛК по зелёной галочке и фиолетовой (рис. 11.16).

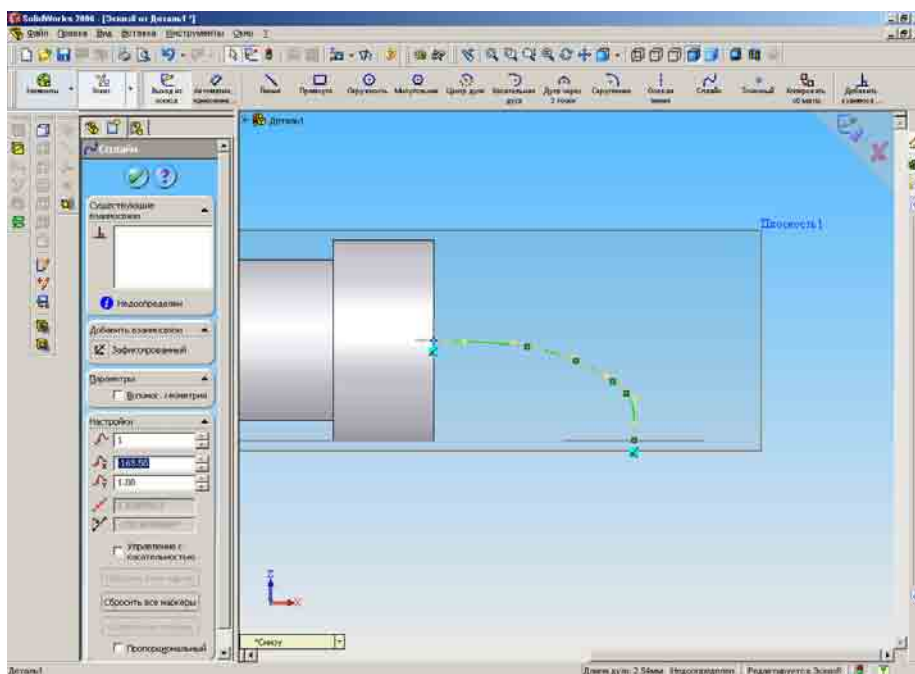


Рис. 11.16

Теперь сделаем вывод объёмным. Для этого выбираем режим **Элементы \ Вытянутая бобышка по траектории**. В Менеджере свойств для **Поля Профиль** (верхнее поле) щёлкнуть по окружности вывода на боковой стенке резистора, (Она станет зелёного цвета и отобразится её название в **Поле Профиль**), затем для **Поля Маршрут** щёлкнуть ЛК по кривой - траектории вывода резистора. Система предварительно покажет объёмную модель вывода. Если она нас устраивает, то щелкаем по зелёной галочке (рис. 11.17).

Аналогичную процедуру проделываем и со вторым выводом (рис. 11.18).

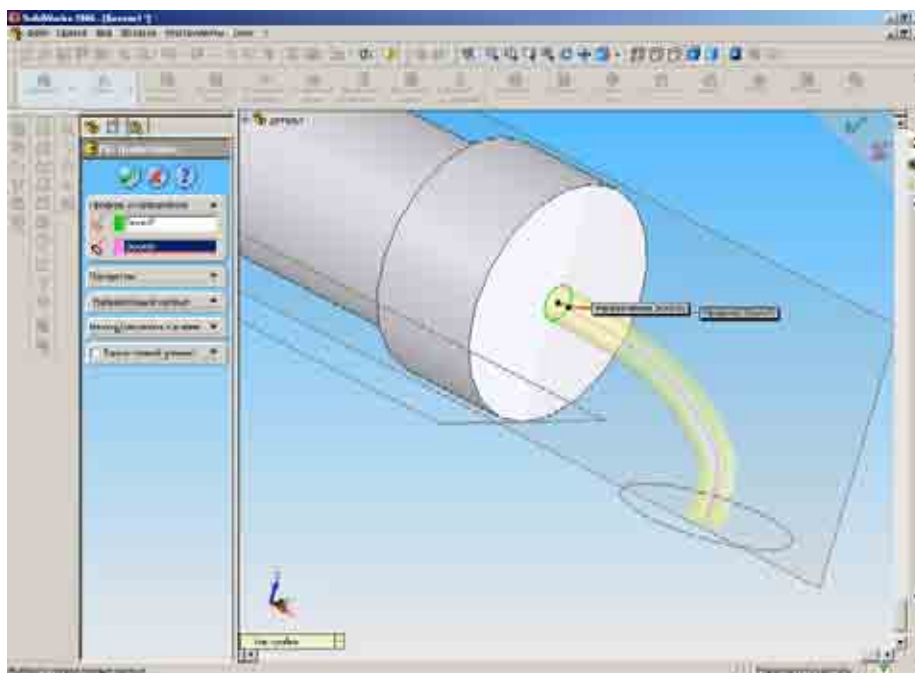


Рис. 11.17

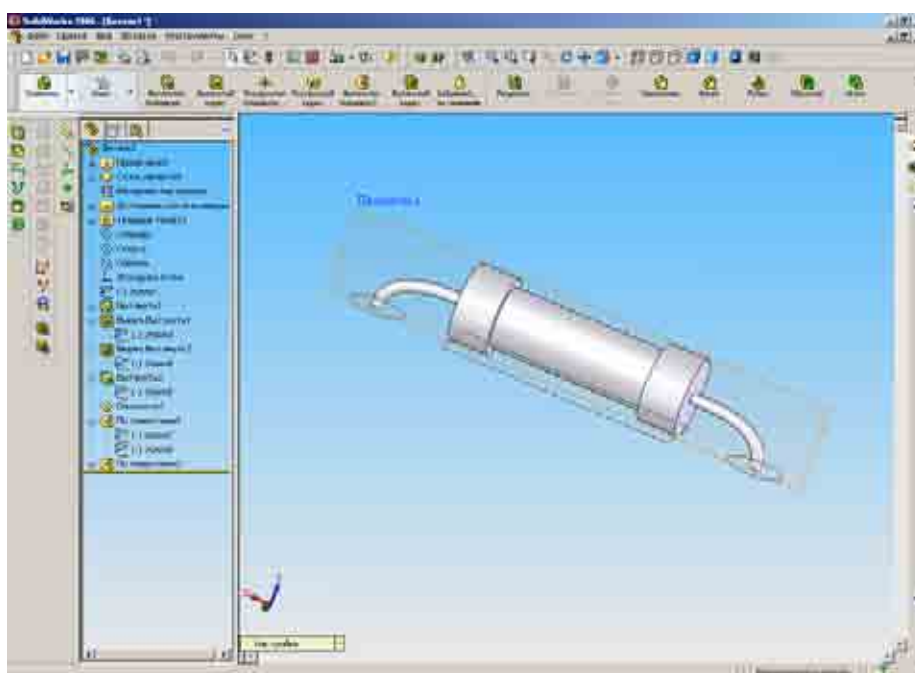


Рис. 11.18

Щёлкаем на пустом месте рабочего поля, затем по любой окружности и устанавливаем радиус 0.2 мм. Нажать Enter и завершить ЛК по галочке в менеджере свойств (рис. 11.21).

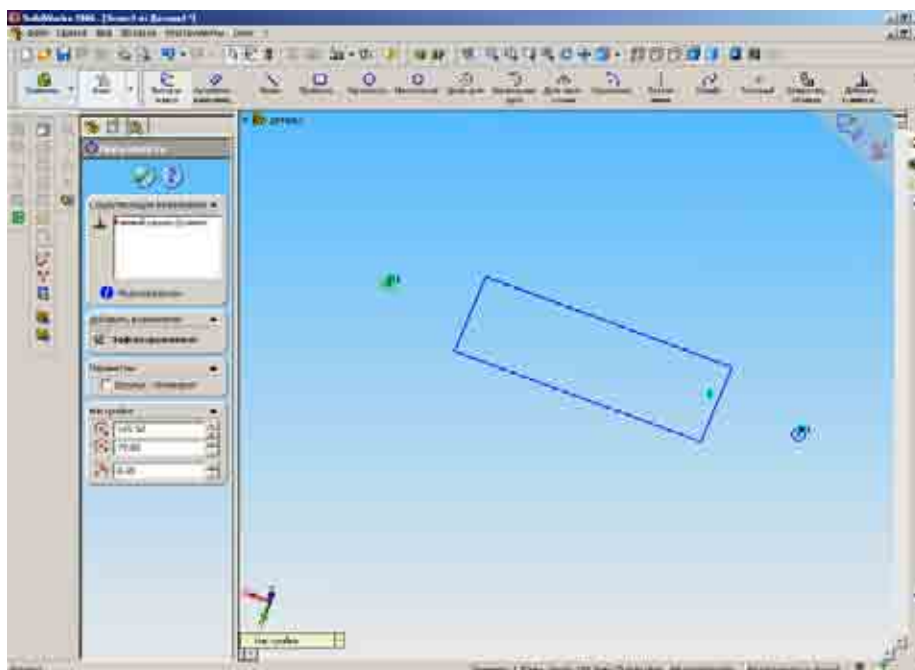


Рис. 11.21

Не выходя из редактирования эскиза, удерживая **Ctrl**, выделяем две окружности. На левой панели выбираем операцию **Вытянуть из выбранного объекта** (рис. 11.22).

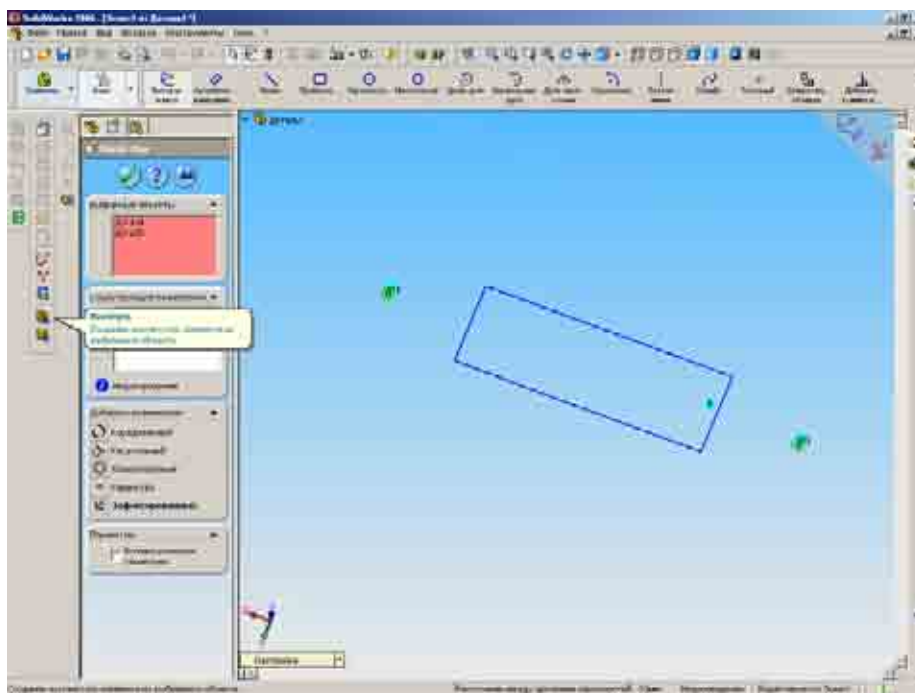


Рис. 11.22

В рабочем поле задать направление вытягивания (мышью), а в менеджере свойств **Вытянуть на глубину 2 мм** (рис. 11.23). Получили удлиненные выводы резистора.

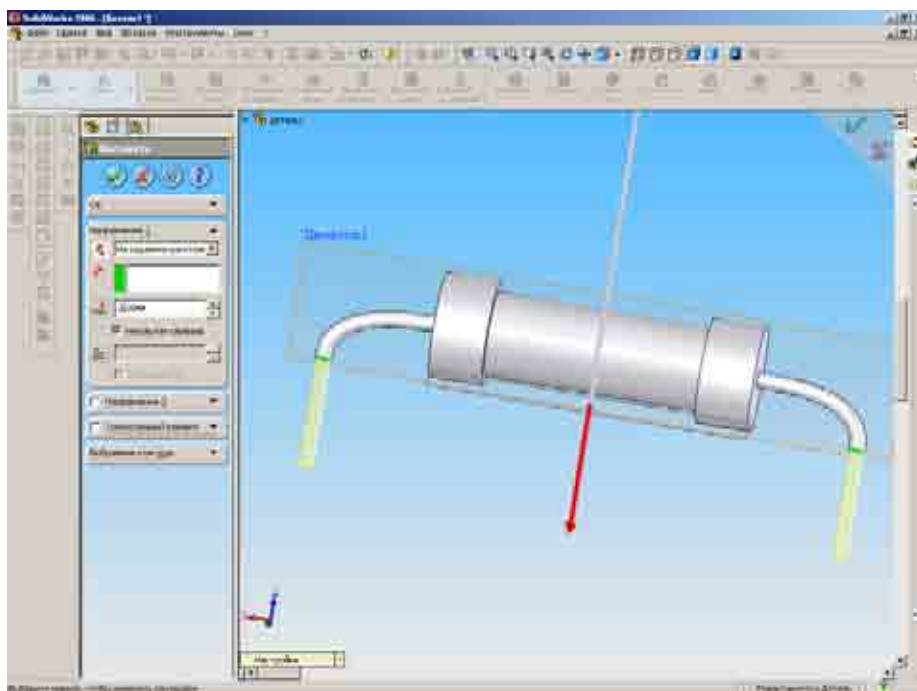


Рис. 11.23

При внимательном рассмотрении модели вывода резистора можно заметить, что имеется зазор между «прямой» и «сплайновой» частью вывода резистора (см. рис. 11.24).

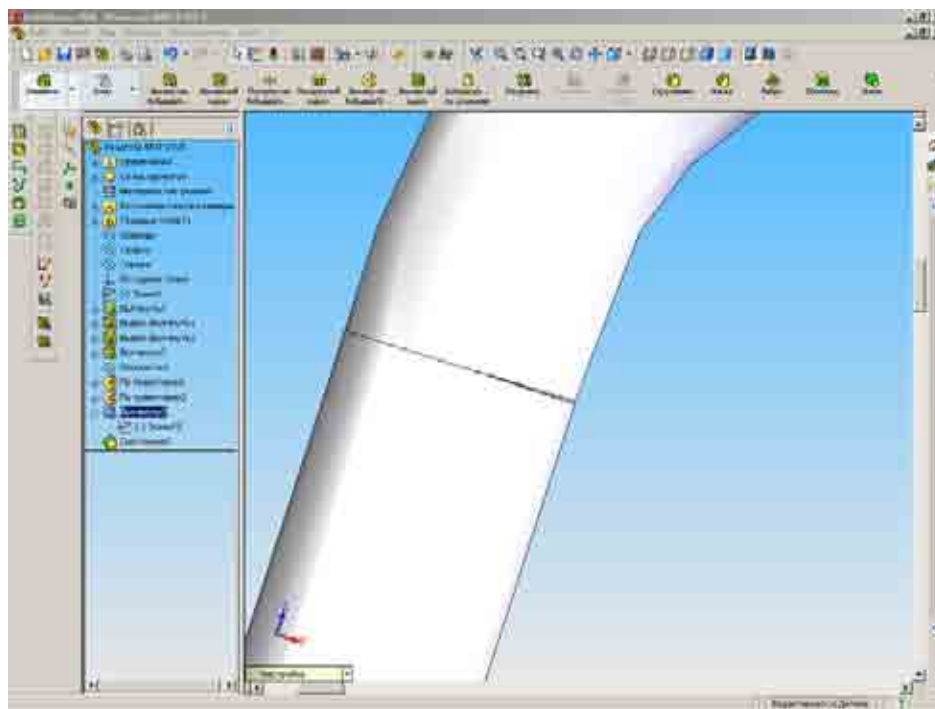


Рис. 11.24

Связано это с тем, что кривую – сплайн, трудно «на глаз» построить перпендикулярно поверхности первоначального эскиза (взятого из dxf). Поэтому вытягивание выводов резистора целесообразно производить в два направления одновременно: в «Направление 1» на 2 мм, а для «Направление 2» - на величину, скрывающую этот зазор. В нашем случае эта величина становится вполне достаточной при 0.05 мм (рис. 11.25). Следует отметить, что до завершения операции вытягивания необходимо поставить галочку **«Результат слияния»**.

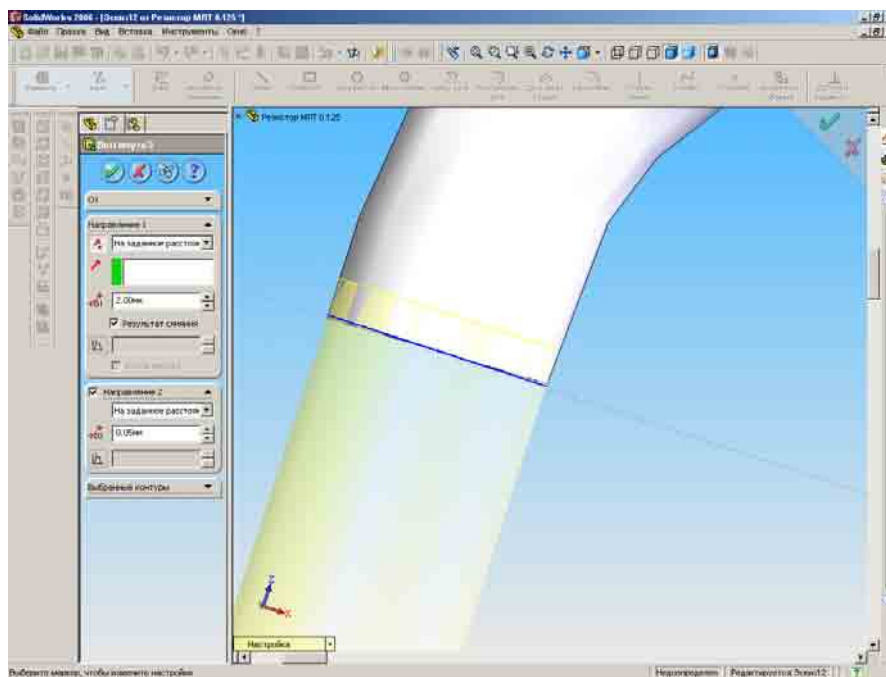


Рис. 11.25

Завершая процесс щелчком ЛК по «Зелёной галочке», получим «сшитый» из двух тел вывод резистора (рис. 11.26).

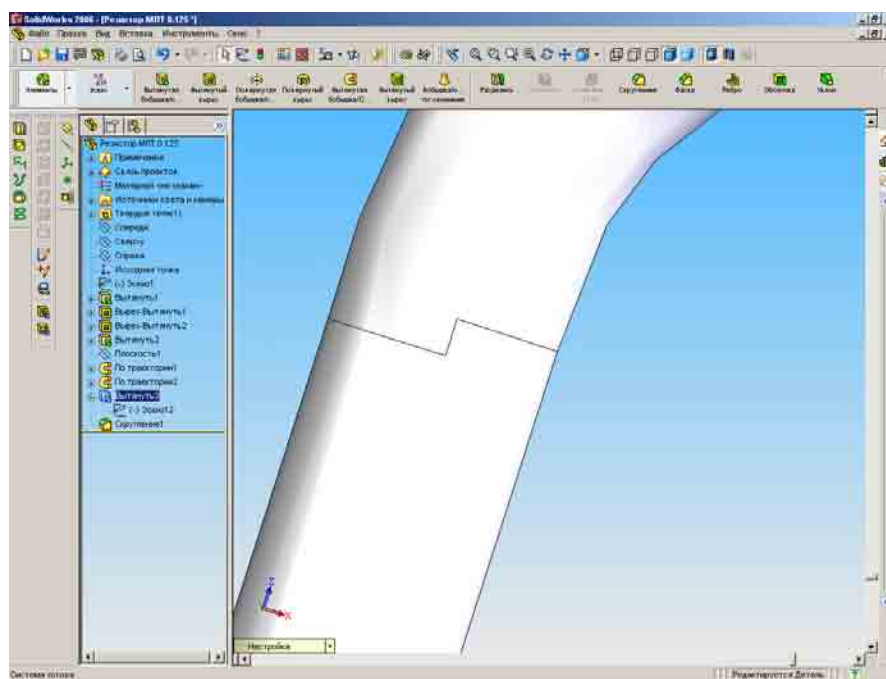


Рис. 11.26

Далее необходимо скрыть лишние элементы моделирования (вспомогательную плоскость и исходный первоначальный эскиз, полученный путём конвертации модели из **P-CADa**). Для этого в дерево конструирования выбрать **Вспомогательная плоскость**, щёлкнуть ПК и в выпавшем меню выбрать команду **Скрыть** (рис. 11.27).

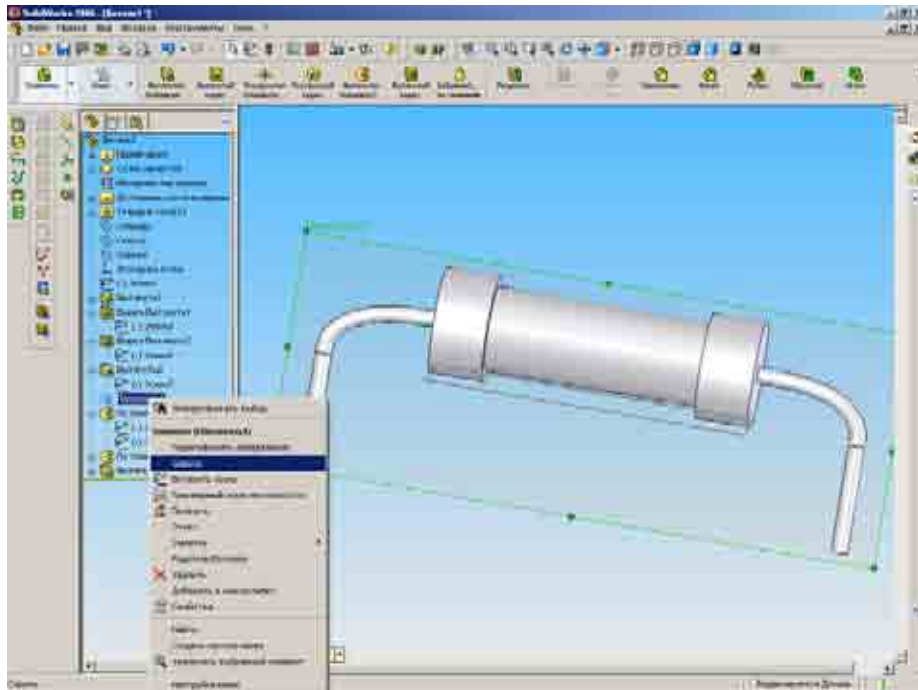


Рис. 11.27

Вновь в дереве конструирования **Эскиз1 \ ПК \ Скрыть** (рис. 11.28).

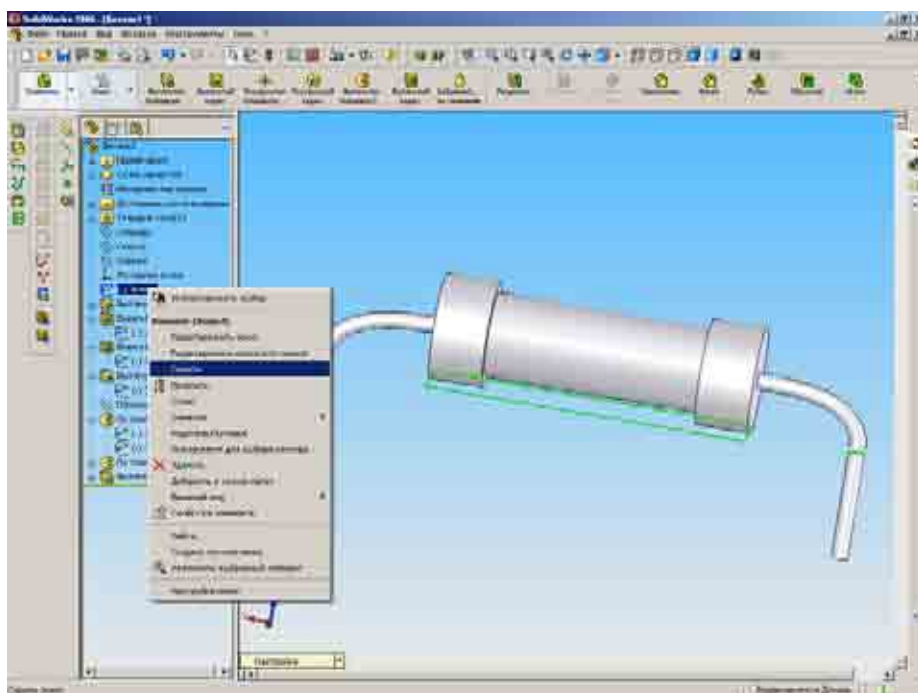


Рис. 11.28

В результате получим у резистора выводы без промежуточного зазора на них (рис. 11.29).

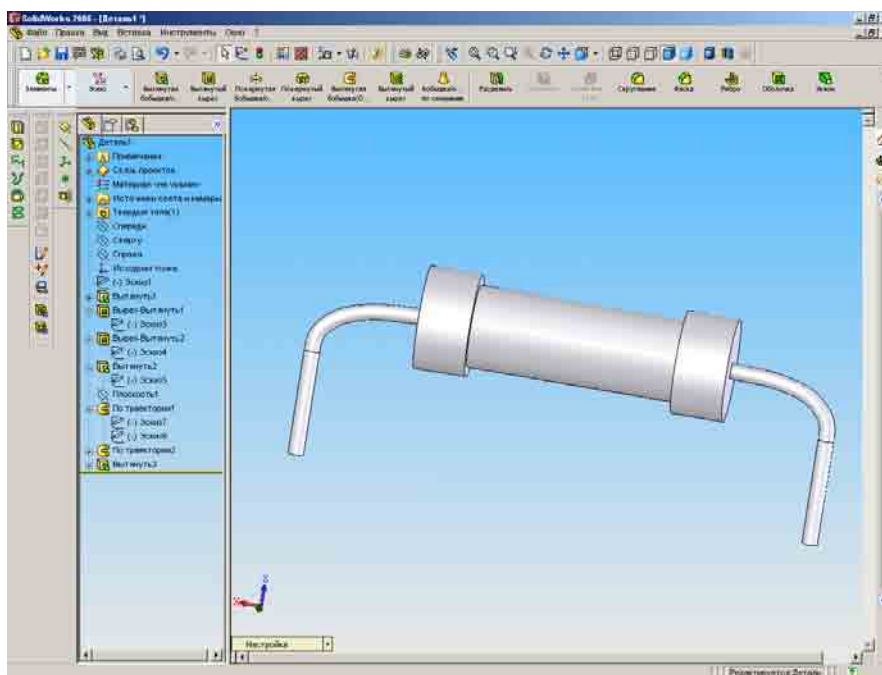


Рис. 11.29

11.3. Окраска модели резистора

Чтобы модель резистора максимально соответствовала реальному радио-элементу, вначале выполним соответствующие округления боковых торцов резистора. Для этого выбрать **Элементы \ Скругления** и щёлкнуть ЛК по четырём кромкам резистора. После этого в Менеджере свойств выставить постоянный радиус округления 0.2 мм; там же выбрать **Предварительный просмотр** (рис. 11.30). Завершить процедуру ЛК по зелёной галочке (рис. 11.31).

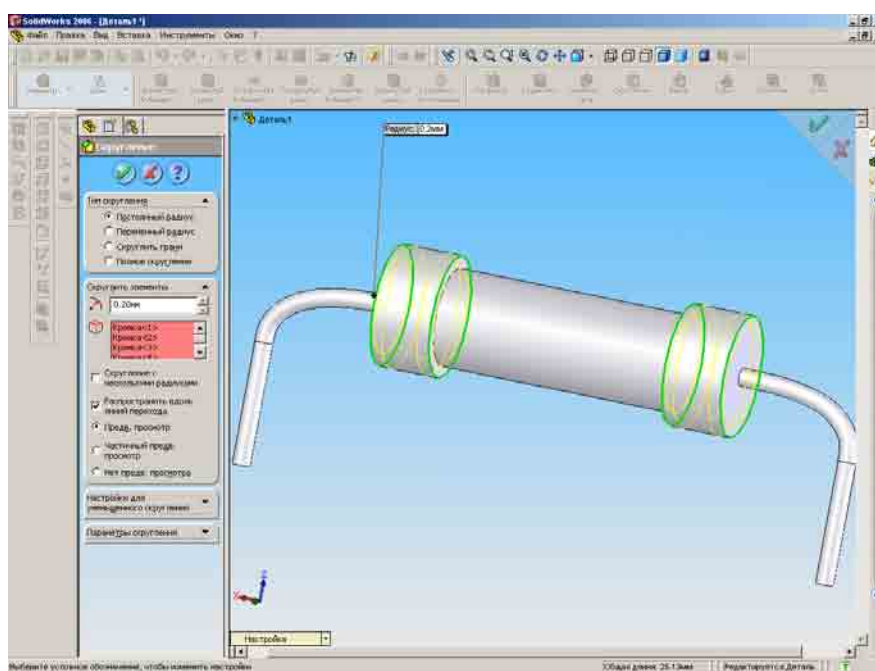


Рис. 11.30

Теперь окрасим эту модель резистора, например, в красный цвет. Для этого щёлкнуть ПК по резистору, подлежащему окраске в красный цвет. В выпадающем меню выбрать **Свойства / Цвет** и необходимый цвет раскраски (красный) (рис. 11.31). После этого добавляем остальные элементы тела резистора, подлежащие раскраске (скругленные грани, боковые торцы) щелчком ЛК по ним (рис. 11.32).

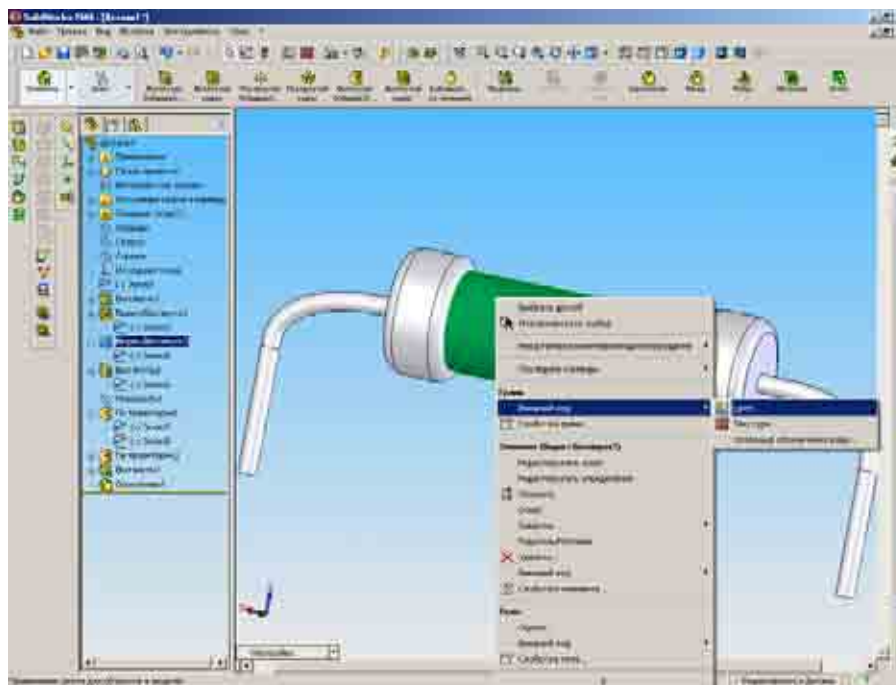
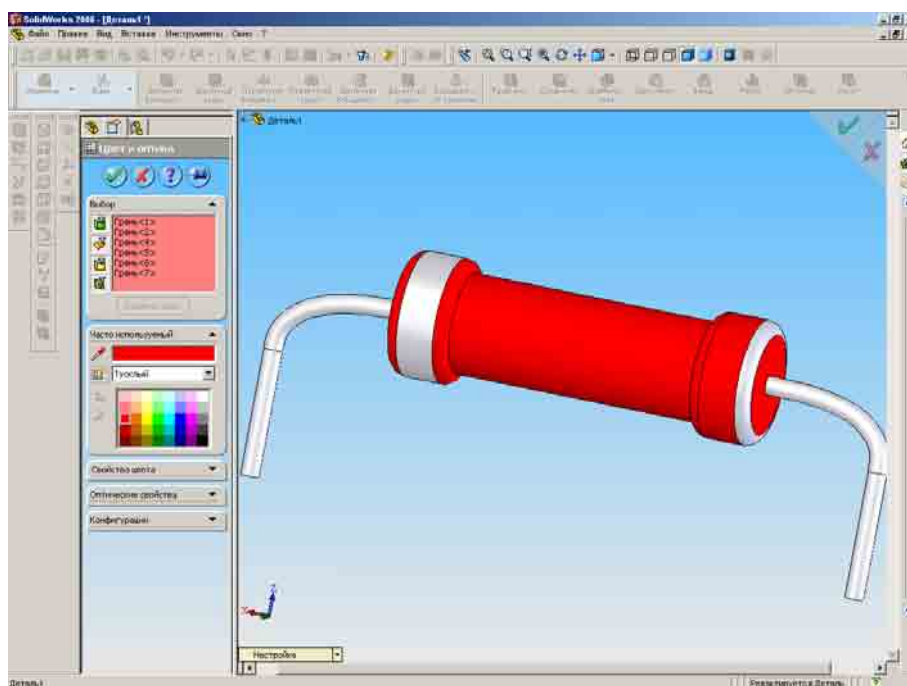


Рис. 11.31



Зададим оттенки (свойства) цвета. Свойства цвета модели резистора можно выбрать «Блестящий». Аналогичным образом поступаем с выводами резистора. Окрасим их в металлический оттенок серого цвета (рис. 11.33).

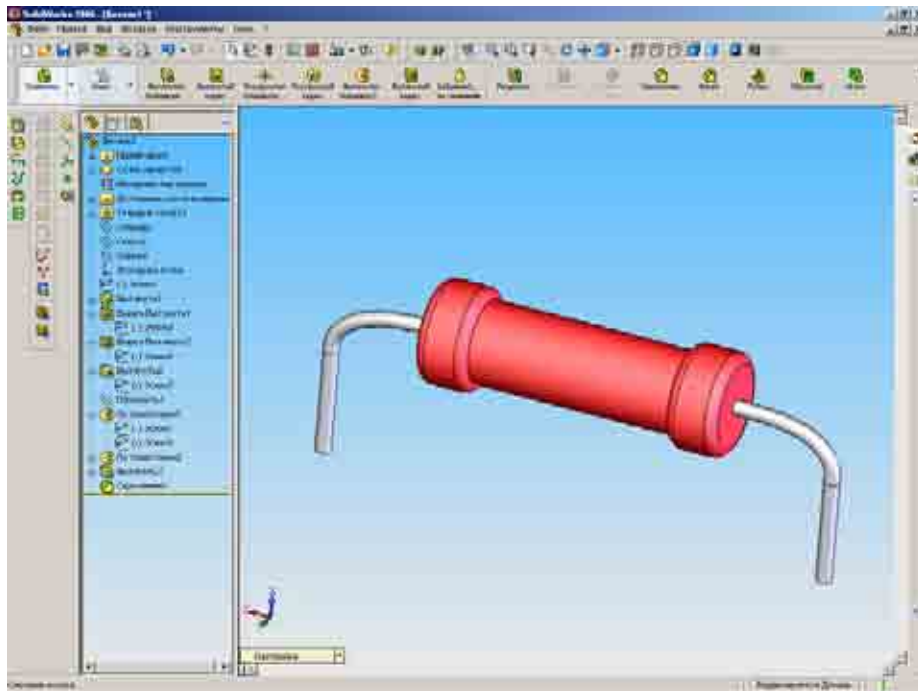


Рис. 11.33

Для придания модели реалистичности изображения на панели инструментов выбираем **Закрасить / Тени в режиме Закрасить**.

Модель резистора готова, поэтому сохраним её как: **Файл / Сохранить как...** «Резистор МЛТ 0.125» (рис. 11.34).

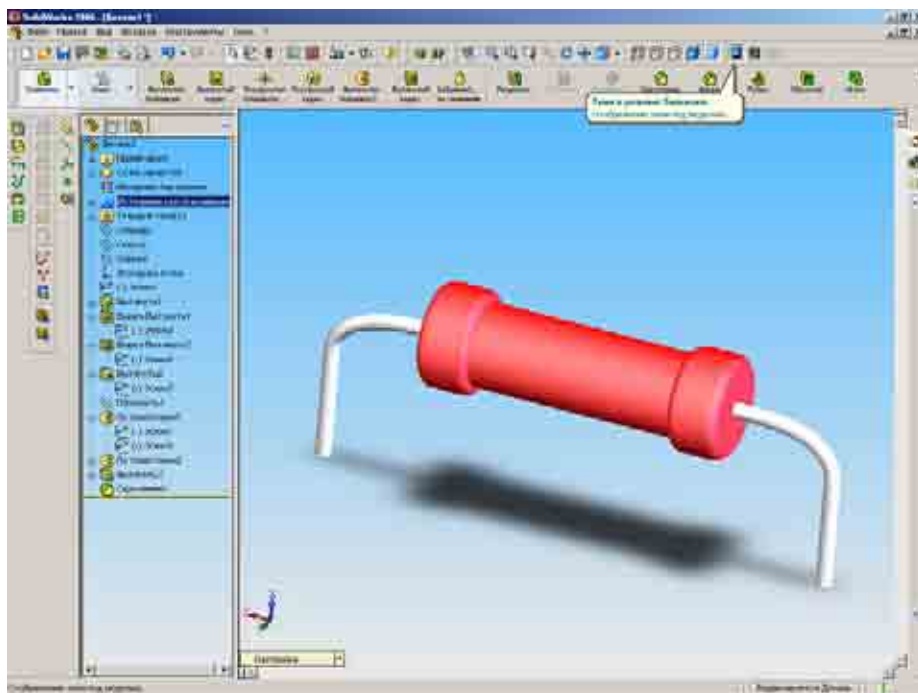


Рис. 11.34

11.4. Порядок выполнения работы

1. Через кнопку Пуск в меню Программы загрузить САПР SolidWorks.
2. Получить трёхмерную модель резистора цилиндрической формы.
3. Сохранить результат.

11.5. Содержание отчёта

1. Цель работы.
2. Порядок подготовки 3D модели резистора.
3. Последовательность процедур при создании трёхмерной модели резистора цилиндрической формы.
4. Трёхмерную модель резистора цилиндрической формы.
5. Выводы.

11.6. Контрольные вопросы

1. Поясните порядок создания трёхмерной модели резистора цилиндрической формы.
2. С какой фигуры начинается построение трёхмерной модели резистора цилиндрической формы?
3. При помощи каких операций получают цилиндрическую фигуру резистора?
4. Каким образом создают утолщения на краях цилиндра?
5. Как создаются выводы резистора?
6. Назовите последовательность процедур, с помощью которых получают выводы резистора.
7. Сколько и каких эскизов необходимо для построения вывода резистора?
8. Каким образом удлиняются выводы резистора?
9. Как выполняется раскраска резистора в заданный цвет?
10. Назовите всю последовательность процедур при создании 3D модели резистора.

Лабораторная работа №12. Разработка трёхмерной модели DIP корпуса микросхемы в САПР SolidWorks

Цель работы – изучение порядка создания трёхмерных моделей микросхем со штыревыми выводами средствами САПР **SolidWorks**.

12.1. Проектирование модели корпуса микросхемы

Для построения трёхмерной модели ИМС необходимо вначале экспортировать DXF файл посадочного места ИМС. Для этого в редакторе **PCB P-CAD** из файла размещения ЭРЭ на ПП выделяем слои **Top** и **Top Silk** (слои контактных площадок и контуров ЭРЭ) и экспортируем их в **DXF**-файл. Поскольку в эскиз будут экспортироваться ПМ всех ЭРЭ, то в открытом в **Solid Works** эскизе необходимо удалить лишние ПМ, т.е. отредактировать эскиз. Необходимо удалить все элементы эскиза не принадлежащие ИМС и получить вид рис. 12.1.

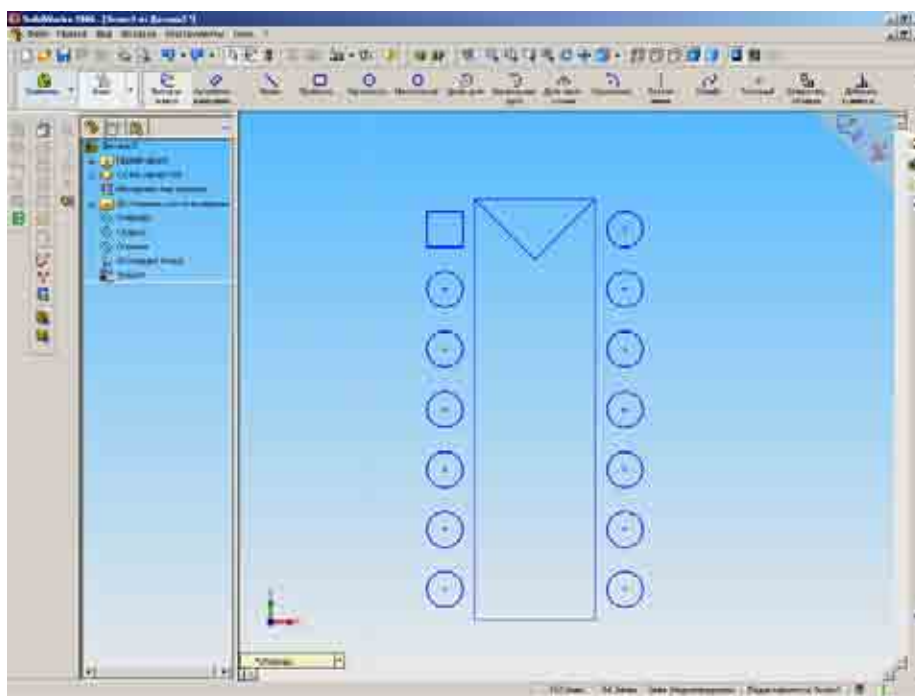


Рис. 12.1

Поскольку КП первого вывода микросхемы имеет форму квадрата, а также корпус микросхемы содержит маркировочные линии первого вывода – эти элементы эскиза при построении никак не используются, то необходимо квадрат заменить окружностью (по способу, аналогичному построению окружностей на заготовке ПП), а маркировочные линии – убрать. Получим эскиз, представленный на рис. 12.2.

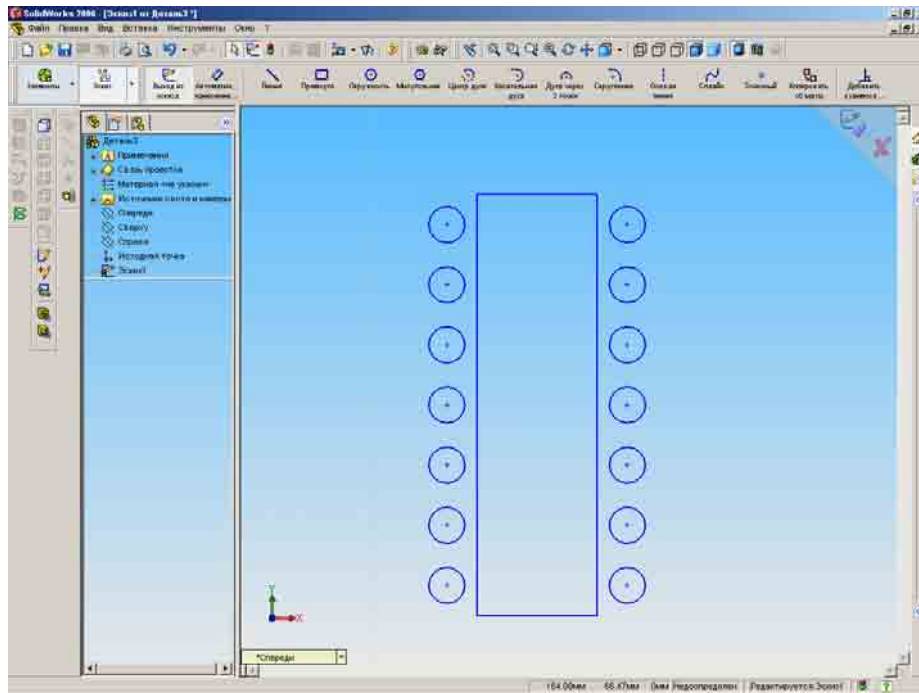


Рис. 12.2

Далее из прямоугольной части эскиза микросхемы командами **Вытянуть / Создание вытянутого элемента из выбранного объекта** (размещёнными на левой боковой панели) создаём параллелепипед высотой 3 мм (рис. 12.3). Корпус получен.

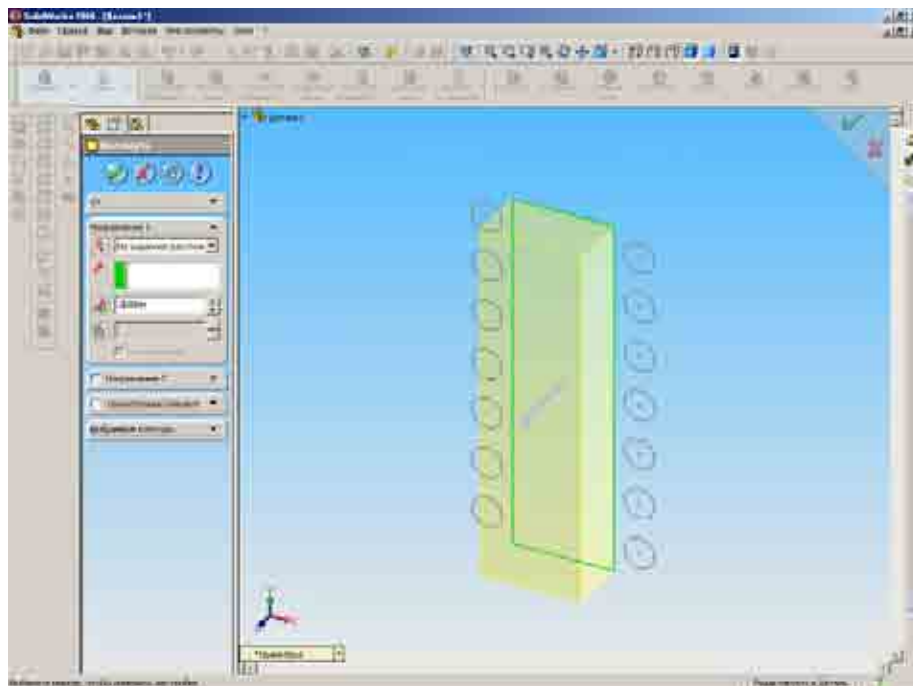


Рис. 12.3

12.2. Построение выводов микросхемы

Построение выводов ИМС будем выполнять аналогично построению изогнутого вывода резистора. Вначале строим вспомогательную плоскость «**Параллельно плоскости @ точке (Параллельная плоскость через точку)**». Точку выбираем в центре вывода КП микросхемы, а параллельной плоскостью выбираем нижнюю грань ИМС. На рис.12.4 она окрашена в зелёный цвет. При этом плоскость, в которой будет размещаться вывод, окрашена жёлтым цветом.

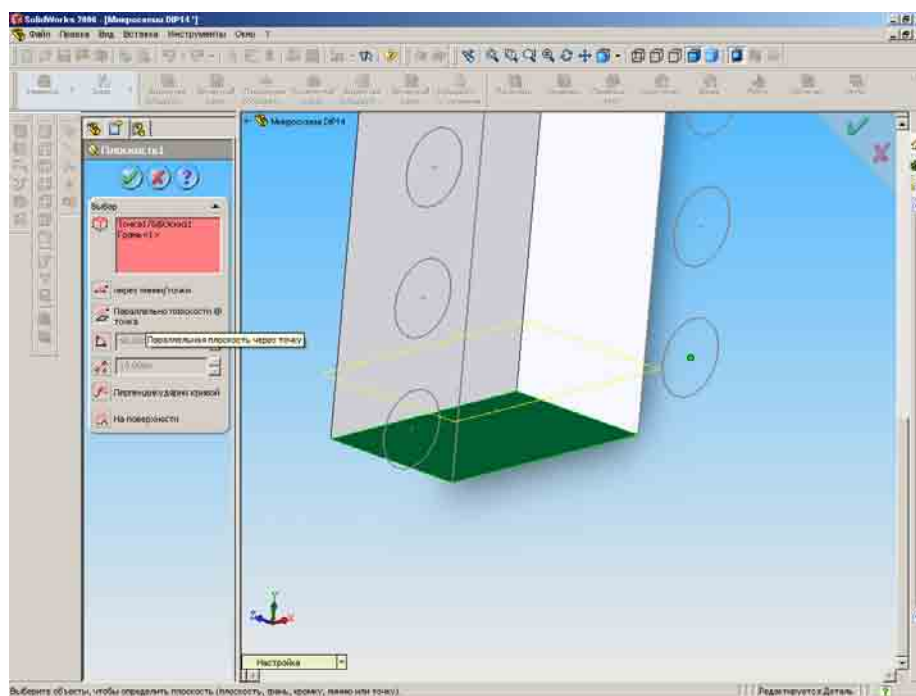


Рис. 12.4

После этого надо построить прямоугольный профиль сечения вывода микросхемы и траекторию, по которой пройдёт этот вывод. Построим траекторию с использованием формы дуги. Для этого необходимо вычислить радиус изгиба дуги, по которому будет изогнут вывод микросхемы. Выбираем вид **Сзади**, и в режиме **Меню / Инструменты / Измерить** щёлкаем по точке (центр вывода) и торцу корпуса микросхемы. В результате по рис. 8.5 получаем размер радиуса дуги $dx=1.25$ мм. При этом дуга должна отстоять от торца микросхемы на величину $dy=1.25$ мм.

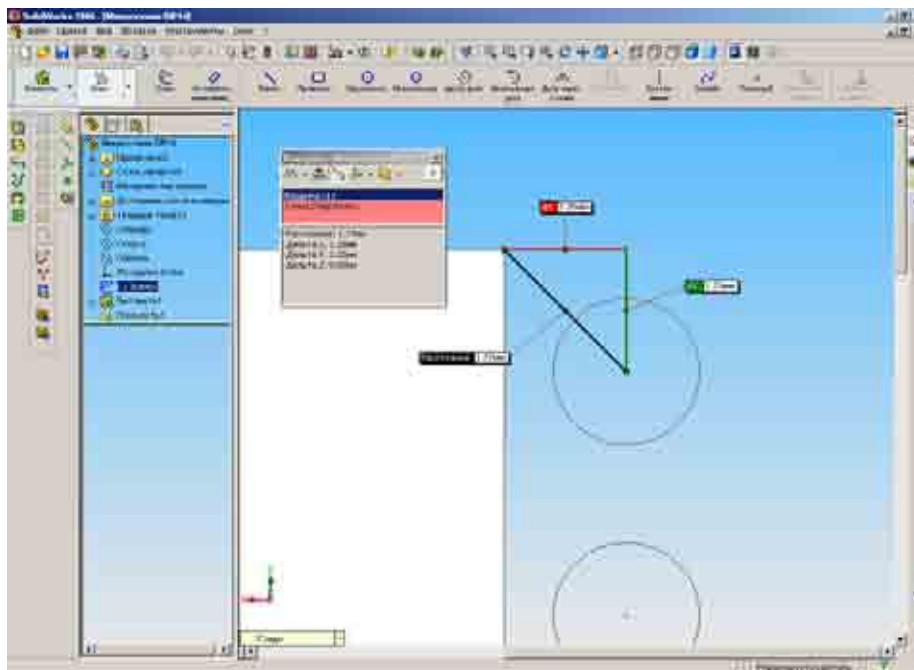


Рис. 12.5

Поскольку корпус микросхемы имеет высоту $dz=3$ мм, то профиль вывода должен начинаться в точке $dz=1.5$ мм. Пусть $dz=1.25$ мм (для простоты решения). Построим эту точку. В данном случае эта точка является общей как для боковой грани микросхемы, так и для вспомогательной плоскости. Создадим эскиз **Точечный** - поставим эскиз точки в произвольном месте боковой стенки. Для этого щёлкнуть ЛК по боковой грани микросхемы, т.к. именно на этой плоскости будет лежать первая точка дуги. Поскольку она должна находиться на высоте 1.25 мм от нижней грани заготовки микросхемы, в менеджере свойств выставляем значение -1.25 мм (со знаком минус). Добавляем построенный эскиз точки во взаимосвязь со вспомогательной плоскостью при помощи команды **Эскиз \ Добавить взаимосвязь**. В результате построенная точка находится точно на пересечении двух плоскостей и на высоте 1.25 мм. Щёлкнуть ЛК по зелёной галочке. Эскиз точки готов (рис. 12.6).

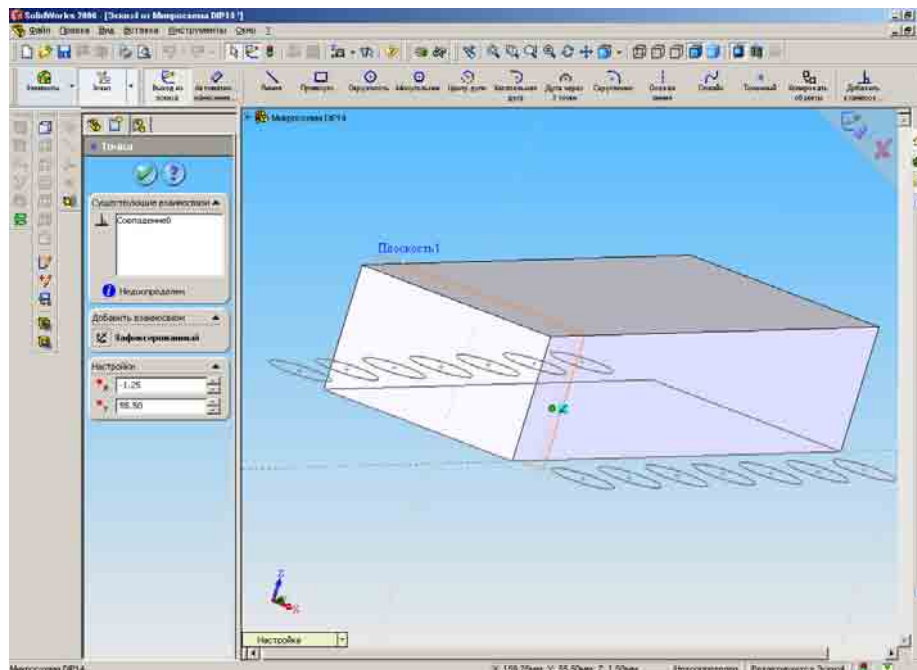


Рис. 12.6

Теперь построим дугу лежащую во вспомогательной плоскости. Щёлкнуть по вспомогательной плоскости. Далее **Эскиз / Дуга через три точки**. Первую точку ставим в эскиз точки, который был построен на предыдущем этапе на боковой стенке, вторую точку – недалеко от центра вывода (возле окружности отверстия), но с небольшим отступом от неё. При этом контроль над размером осуществляем по радиусу, выставляемому в **Менеджере свойств** (добиваемся 1.25 мм). Третью точку размещаем исходя из соображений формы дуги (выпуклой или вогнутой). При этом угол наклона дуги на КП должен быть равен 90 градусов. В этом случае вывод будет соответствовать четверти дуги окружности. Направляющая построена (рис. 12.7).

Далее построим профиль вывода – прямоугольник со сторонами 1 мм и 0.3 мм, причём центр прямоугольника должен совпадать с эскизом **Точка**. Выбираем вид **Справа**. Выделяем ЛК грань микросхемы (она становится зелёной), а затем строим на ней эскиз упомянутого прямоугольника (можно в любом месте). Далее необходимо совместить центр прямоугольника с центром эскиза **Точечный**. Не выходя из эскиза построения прямоугольника, воспользуемся командой **Переместить объекты**. В **Менеджере свойств** выбираем объекты подлежащие перемещению (4-е линии прямоугольника), ставим параметр **Из/В**, и указываем точку – центр прямоугольника (который автоматически находится системой **Solid Works** в процессе перемещения курсора в центры каждой из сторон прямоугольника) (рис. 12.8)

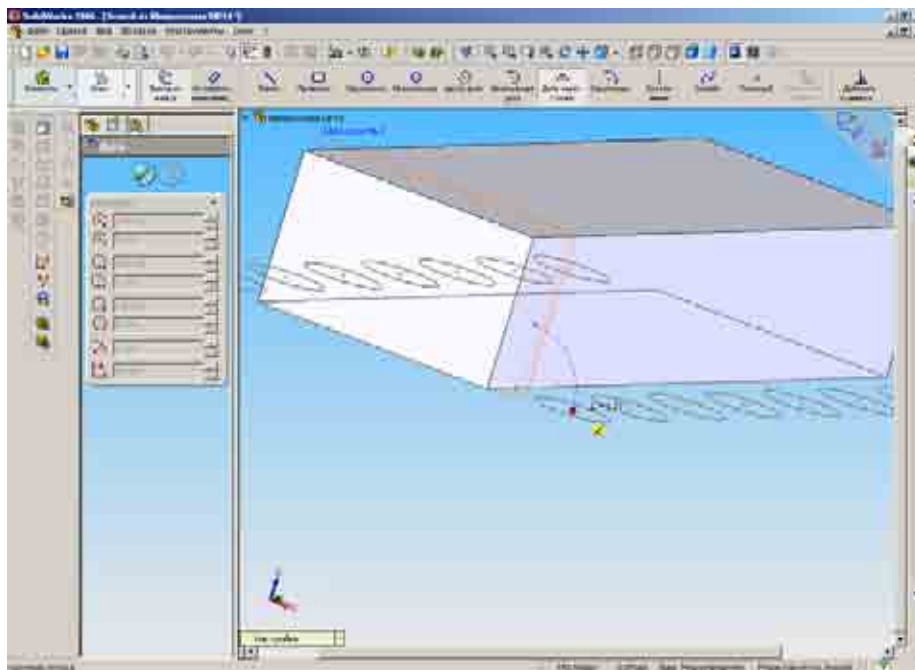


Рис. 12.7

Щёлкнуть ЛК мыши в этой точке и переместить прямоугольник в эскиз **Точечный**. При совмещении указанных точек система автоматически определяет момент совмещения центров и фиксированным щелчком (эффект «примагничивания») совмещает их. Щелчком ЛК по зелёной галочке завершим операцию (рис. 12.9).

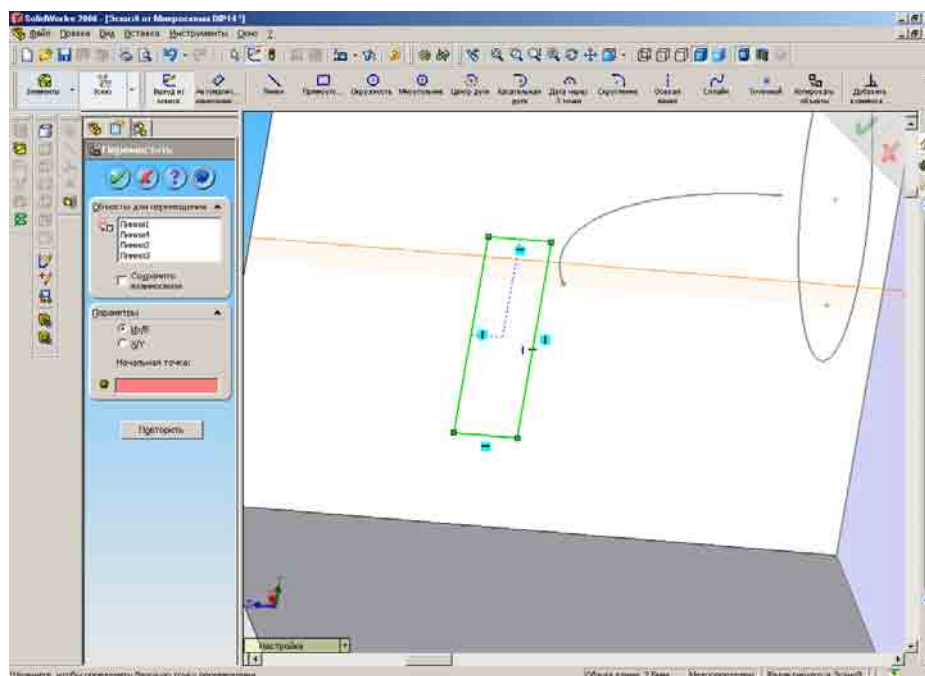


Рис. 12.8

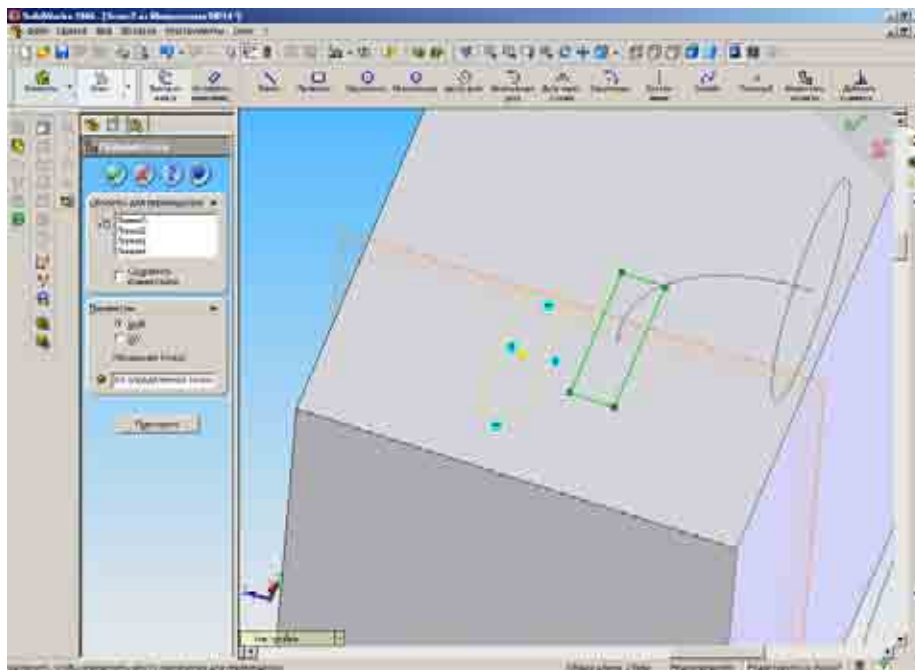


Рис. 12.9

Теперь командами **Элементы \ Вытянутая бобышка вдоль траектории** строим изогнутую часть вывода микросхемы по только что построенным профиллю (прямоугольник) и направляющей (дуга) (рис. 12.10).

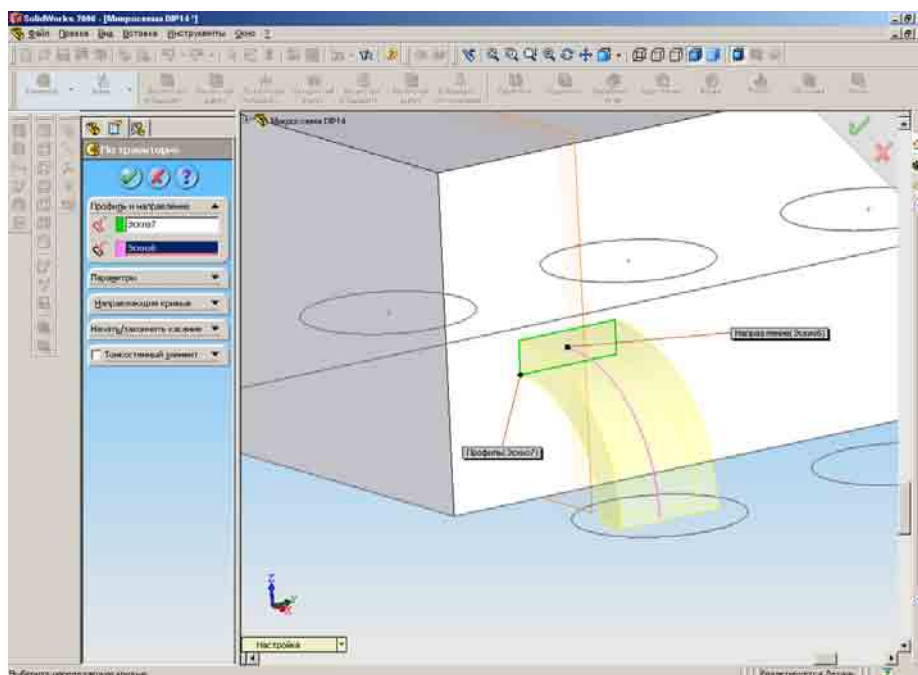


Рис. 12.10

Поскольку нижняя часть вывода коротка, её надо достроить. Для этого необходимо построить на нижней её грани эскиз – прямоугольник размером 1 x 0.3 мм (такой же величины, как и сама грань – рис. 12.11).

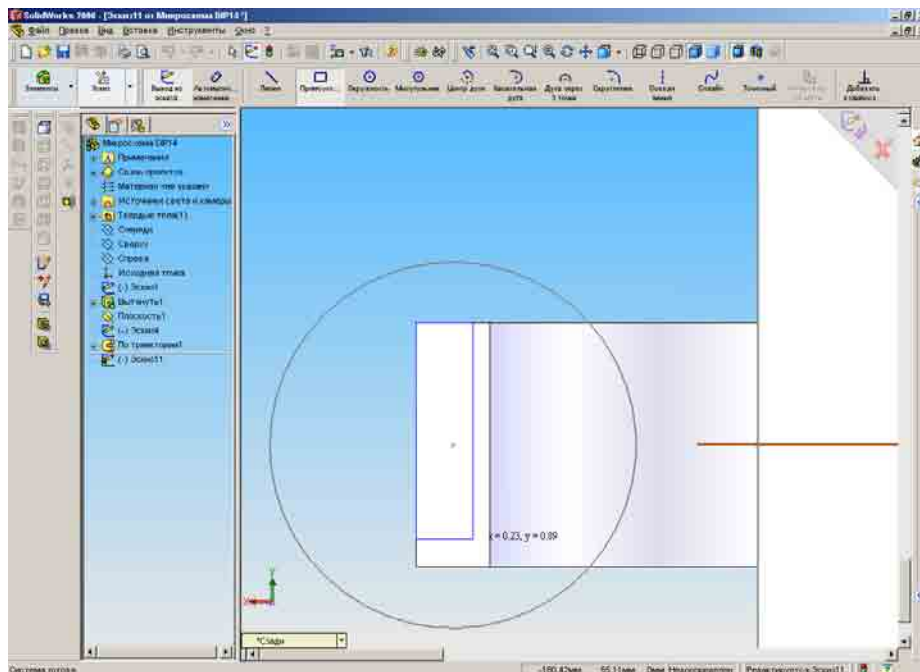


Рис. 12.11

Используем вид **сзади** и к созданному эскизу применяем операцию **Вытянутая бобышка** на расстояние 1мм. Получим модель вывода, показанную на рис. 12.12.

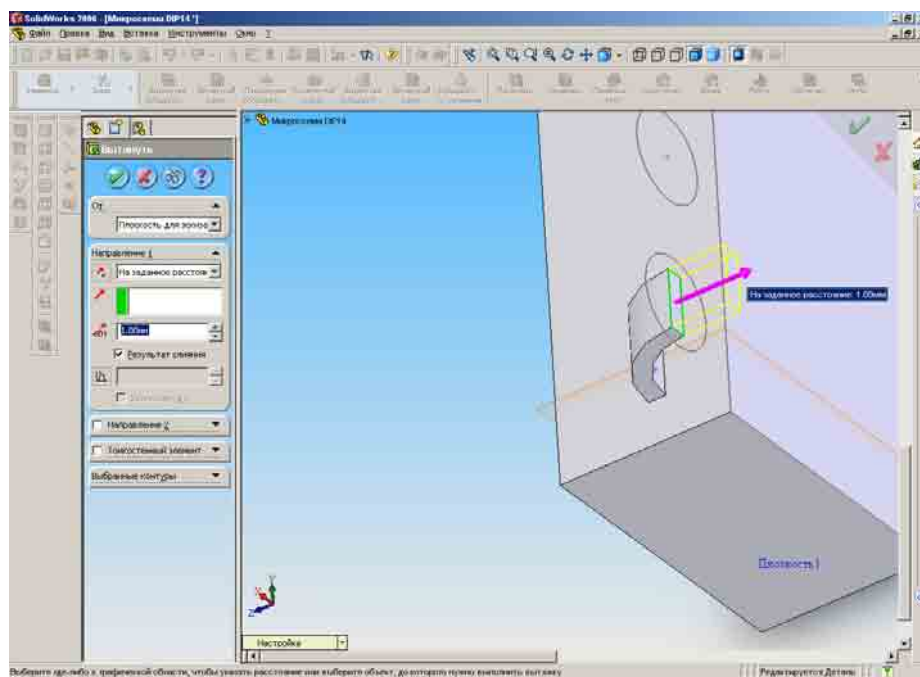


Рис. 12.12

На нижней стороне необходимо дорисовать профиль последней квадратной части вывода вставляемой в отверстие на ПП. Для этого используем вид сзади и на нижней части вывода создаём эскиз квадрата размером 0.3 x 0.3 мм символизирующий участок узкой части вывода (рис. 12.13).

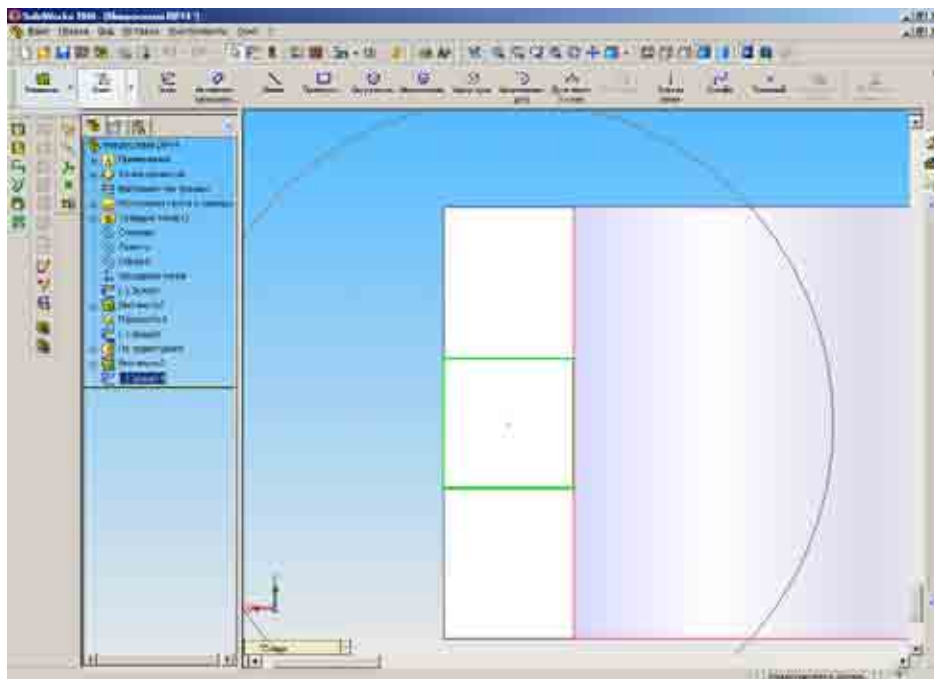


Рис. 12.15

Из эскиза полученного квадрата формируем **вытянутую бобышку** на глубину 1.5 мм (рис. 12.16).

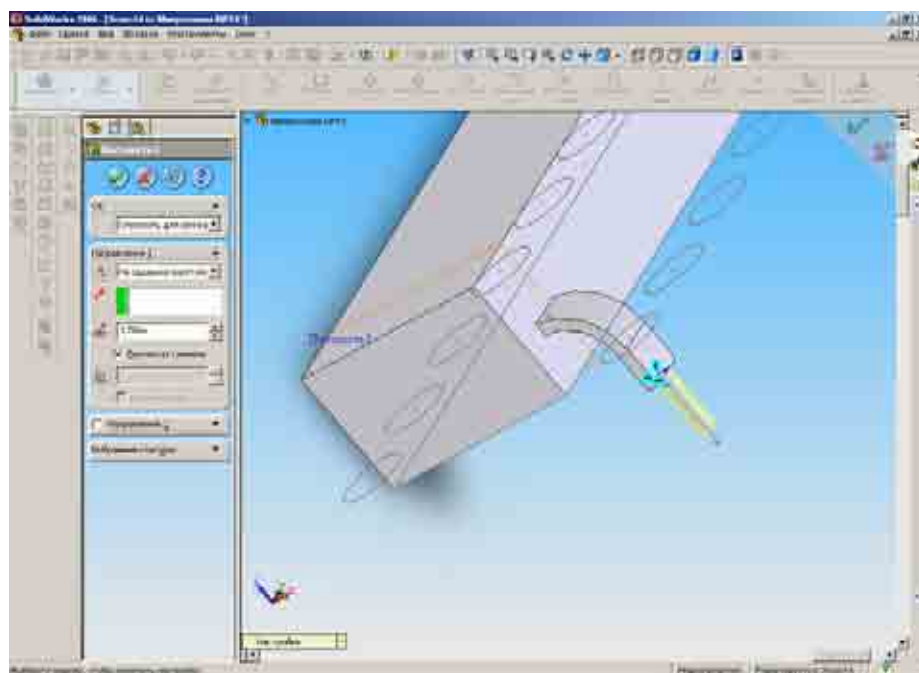


Рис. 12.16

Используя команды **Элементы / Линейный массив / Полученный вывод** (представленный тремя фрагментами) скопируем вдоль одной оси с интервалом 2.5 мм и в виде семи таких элементов (все эти параметры выставляются в Менеджере свойств) (рис.12.17).

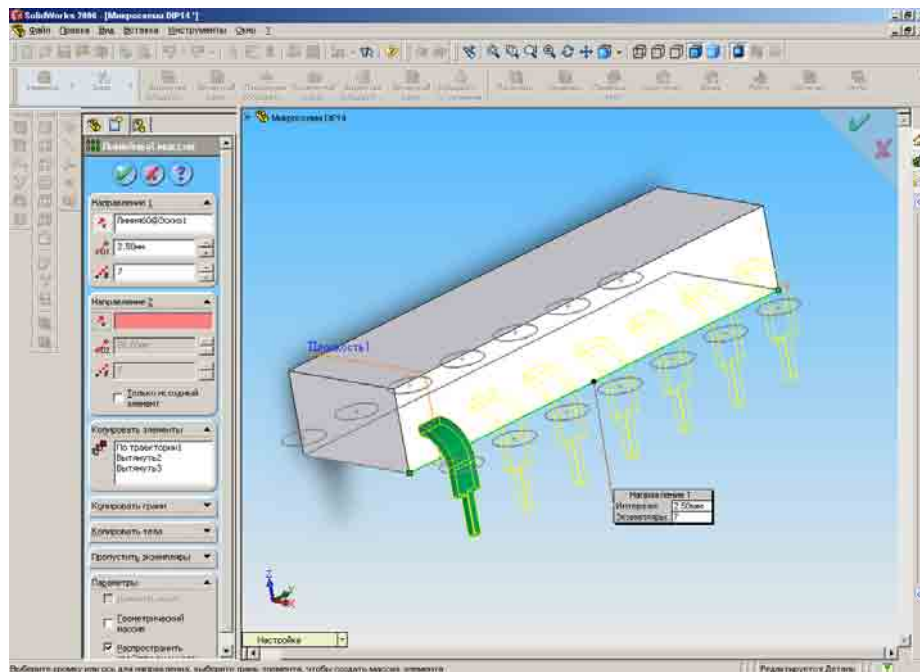


Рис. 12.17

Для построения недостающих выводов можно воспользоваться операцией **Элементы / Зеркально отразить**, применив её к **Линейному массиву**. Но сначала необходимо построить вспомогательную плоскость посередине корпуса микросхемы. Построим её через три точки. Совмещение курсора с серединой грани позволяет автоматически находить указанную точку, по которой остаётся только щёлкнуть ЛК (по одному разу для каждой из трёх граней) (рис. 12.18).

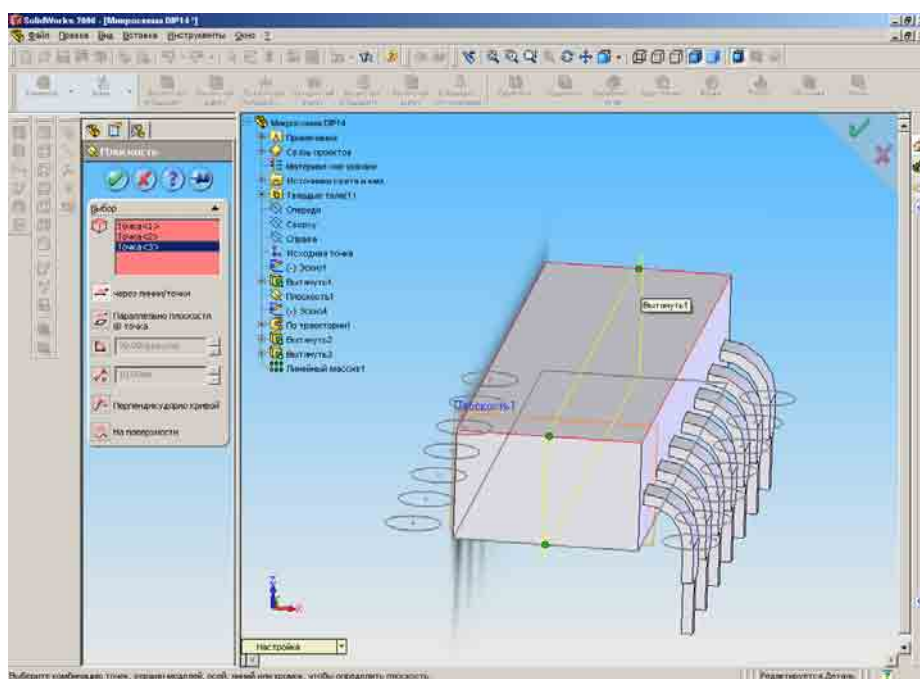


Рис. 12.18

Теперь воспользуемся командами **Элементы / Зеркально отразить**. В менеджере свойств задаём плоскость, относительно которой будет произведено

зеркальное отражение и элементы, подлежащие копированию (три фрагмента, ранее построенного 1-го вывода микросхемы и 2-ой вывод микросхемы). Как только мы пометим второй вывод, система автоматически распознаёт массив и копирует все его элементы (оставшиеся 5 выводов) (рис. 12.19).

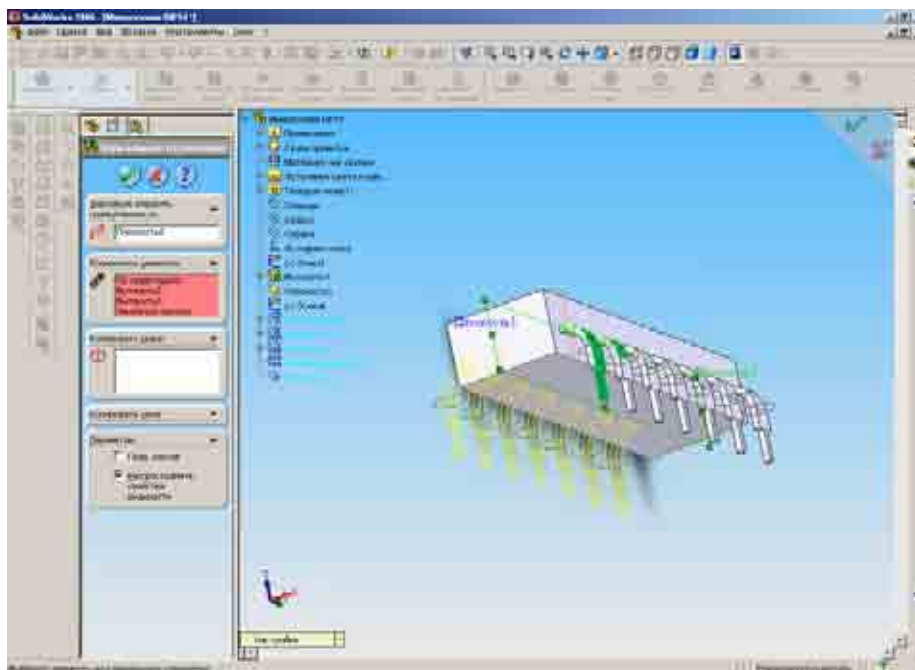


Рис. 12.19

Лишние элементы модели (исходный эскиз, взятый из САПР **PCAD**, две вспомогательные плоскости, и эскиз «Точка») можно скрыть (рис. 12.20).

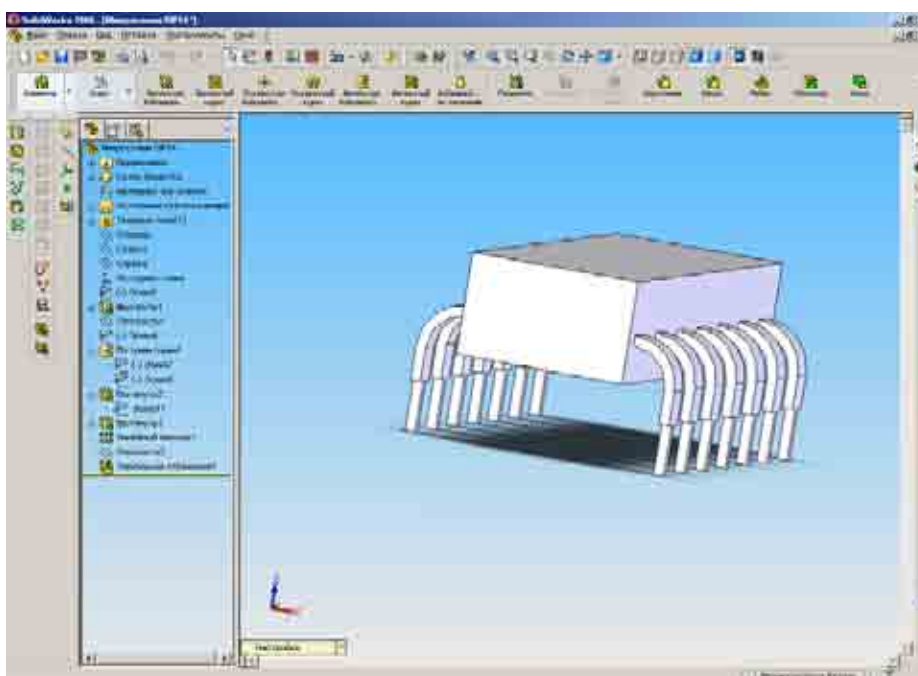


Рис. 12.20

Придадим конусность корпусу микросхемы. Для этого используем вид снизу.

Построим эскиз на торце (два одинаковых треугольника с катетами $dy=1.2$ мм и $dx=1.25$). Для построения треугольников выполним команды **Эскиз / Линия**. После этого ЛК по левой верхней точке стороны прямоугольного контура микросхемы и перемещаем курсор на 1.25 мм влево по этой стороне и ЛК. Получим одну сторону треугольника. Затем вновь ЛК по началу полученной стороны и после этого перемещаем курсор вниз по левой стороне прямоугольника на расстояние 1.2 мм и ЛК. При этом размеры вначале можно задать произвольные, а затем их выставить точно. Для этого надо в меню команд **Инструменты** выбрать **Измерить**. ЛК щёлкнуть по точкам одного катета треугольника, а затем другого. После этого в **Менеджере свойств** выставить 1.2 мм для горизонтального катета и 1.25 мм - для вертикального. Для построения второй линии можно использовать команды **Добавить взаимосвязь / Равенство** (рис. 12.21).

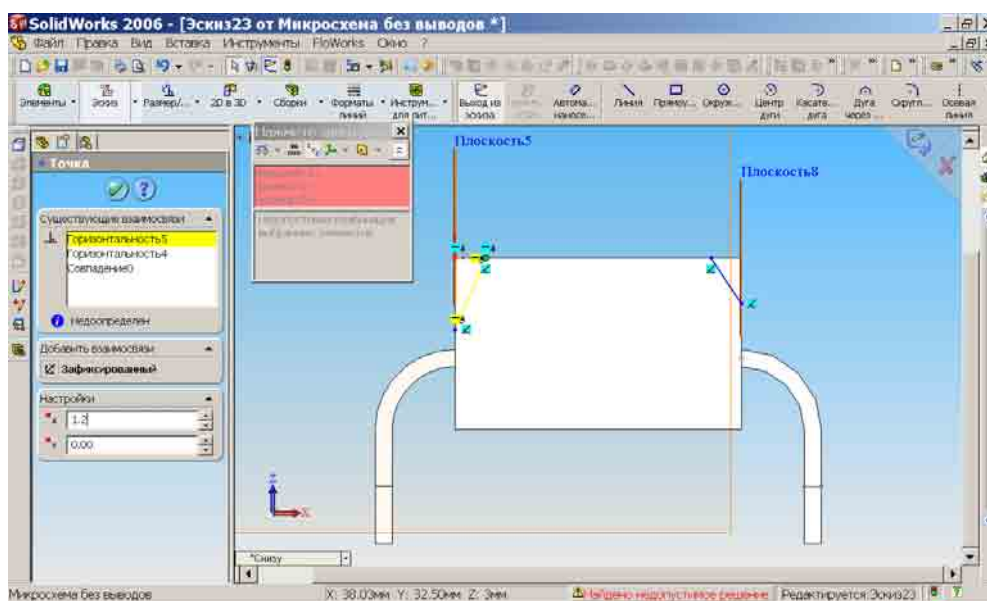


Рис. 12.21

Не выходя из этого эскиза к двум треугольникам применить операцию **Элементы / Вытянутый вырез / Через все** (рис. 12.22).

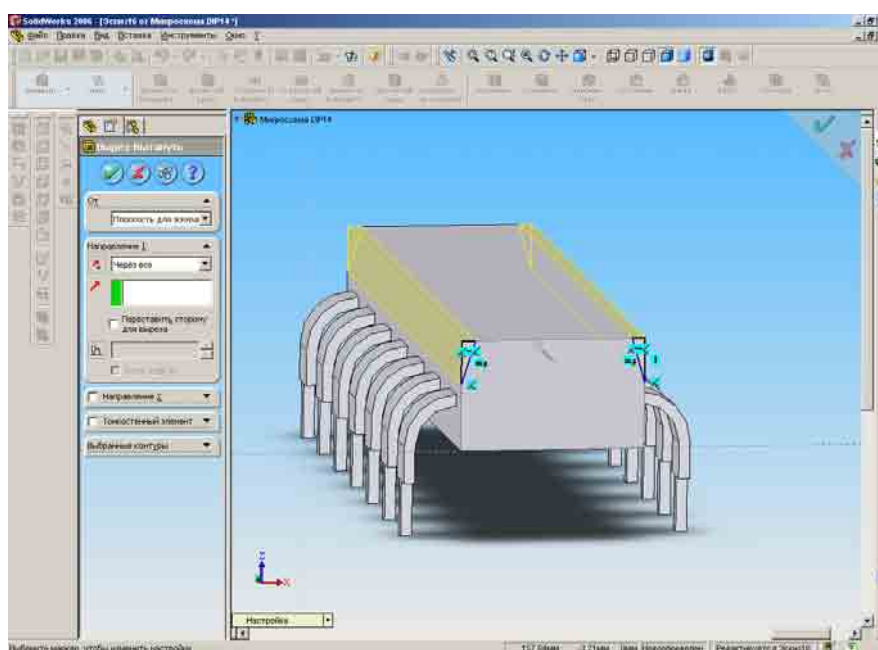


Рис. 12.22

Создадим «ключ» микросхемы - так называемый первый маркировочный вывод. Для этого выбираем вид **Сверху**. Возле первого вывода на корпусе микросхемы сделаем небольшую выемку - окружность радиуса 0.5 мм. Поэтому выполним команды **Эскиз / Окружность** и ЛК в месте расположения центра окружности. Затем нажав ЛК, перемещать курсор до тех пор, пока не получим окружность с радиусом в 0.5 мм. Завершить операцию ЛК в верхнем углу поля (рис. 12.23).

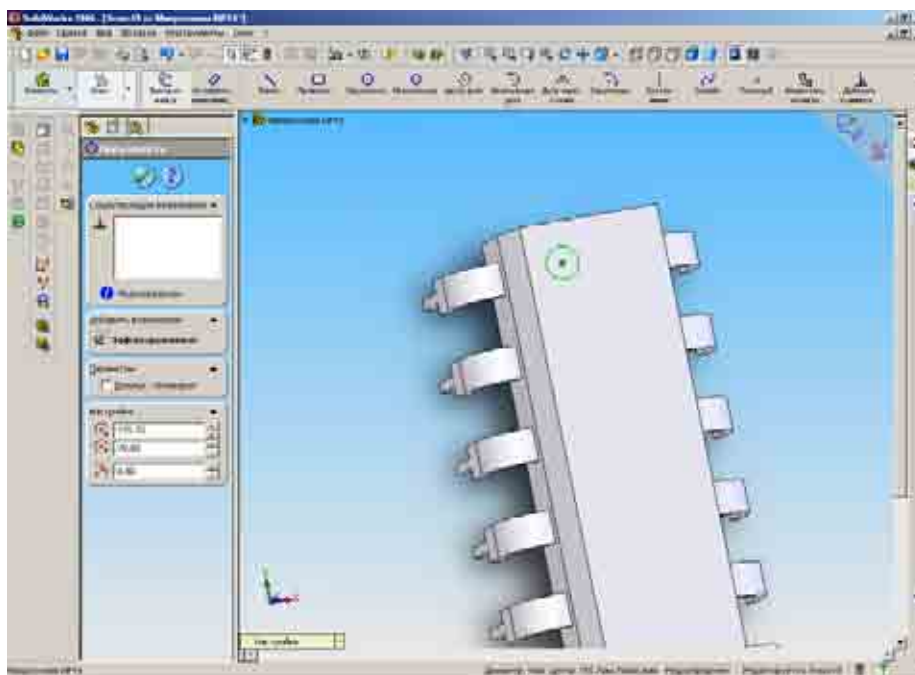


Рис.12.23

Выполнить команды **Элементы \ Вытянутый вырез** на глубину 0.2мм (рис. 12.24).

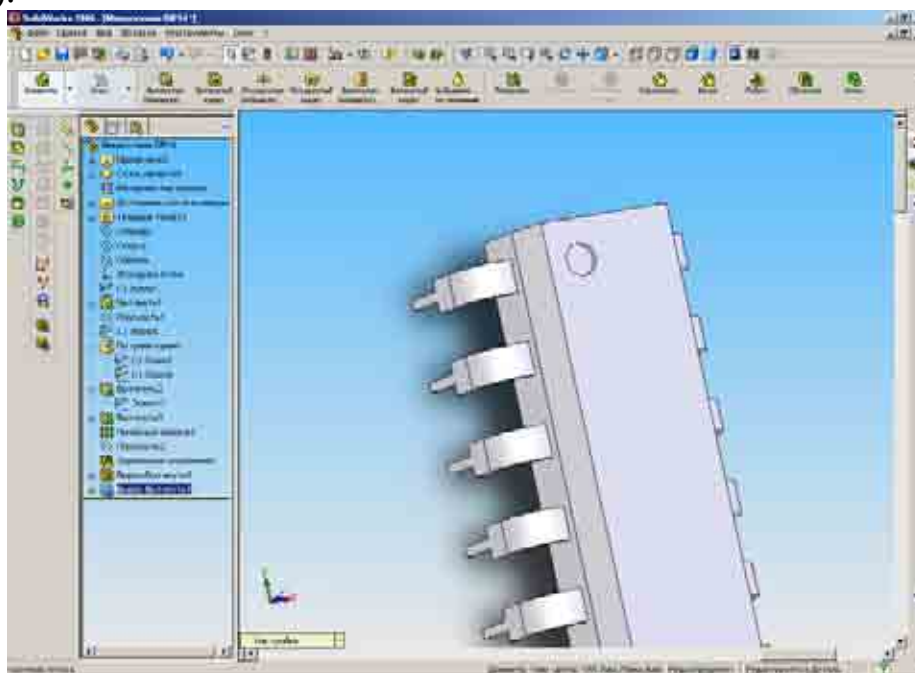


Рис. 12.24

Окрасим модель микросхемы в соответствующий цвет. Для этого ЛК по корпусу ИМС, затем ПК. После появления контекстного меню, выбрать внешний вид, цвет (рис. 12.25). После ЛК по **Цвет** в **Менеджере свойств** появится окно Цвет и палитра (рис. 12.26).

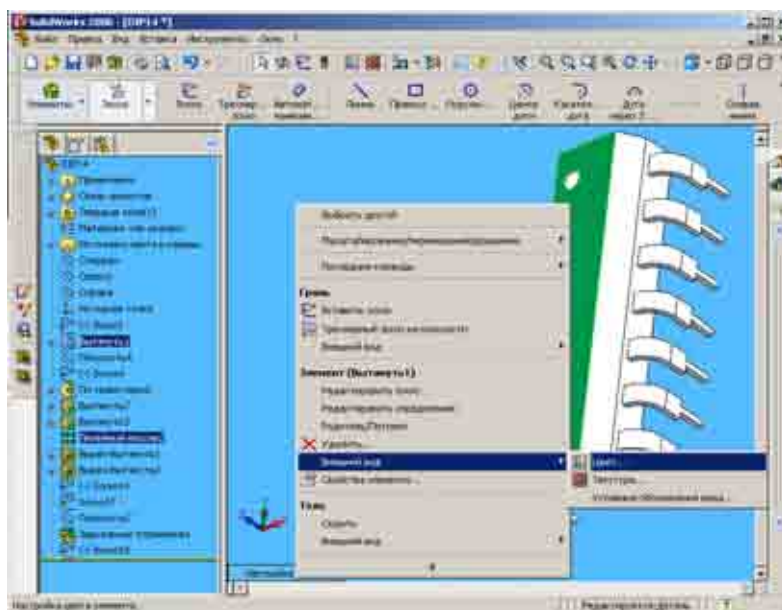


Рис. 12.25

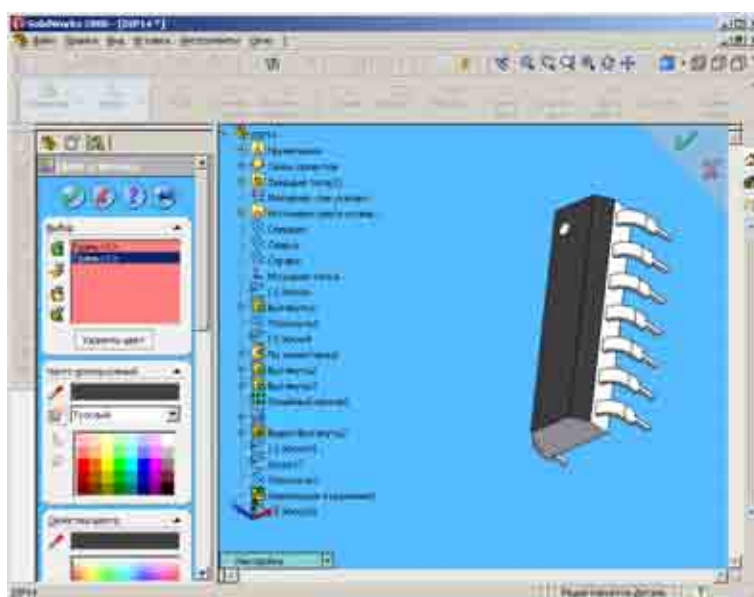


Рис. 12.26

Выберем подходящий цвет – тёмно-серый блестящий и ЛК, затем выделить грань выемки и также окрасить в аналогичный цвет. Завершить операцию (рис.12.27). Затем выводы ИМС окрасить таким же образом в бронзовый цвет (рис. 12.28).

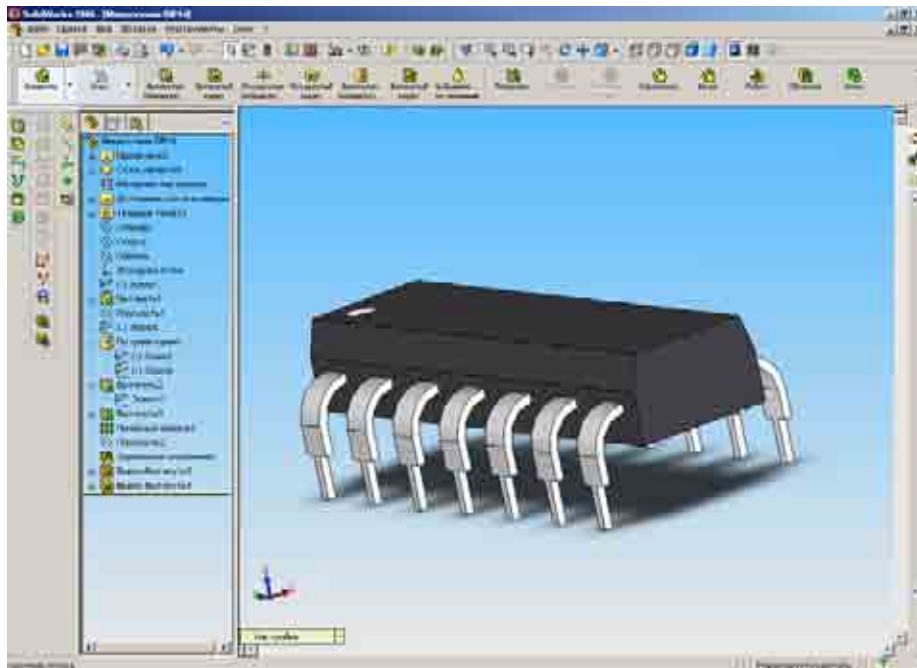


Рис. 12.27

Трёхмерная модель микросхемы готова.

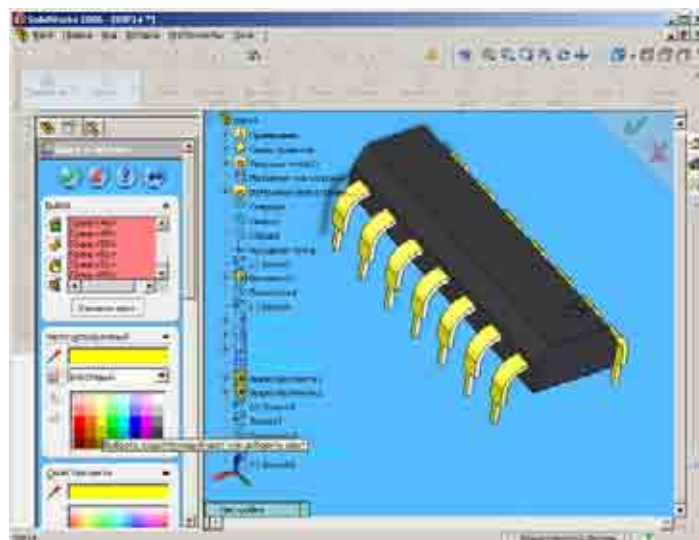


Рис. 12.28

12.3. Формирование точек привязки ИМС

Для точной установки ИМС на печатной плате необходимо иметь на крайних выводах ИМС точки привязки. Лучше всего их расположить на 1-м и 8-м выводах ИМС. Для этого выберем вид **Сзади** и увеличим масштаб нижней части контакта. Выполним эту процедуру командами **Эскиз / Точечный**. Перемещая курсор вдоль верхней стороны квадрата, определим центр стороны, а затем – вдоль боковой – на пересечении штриховых линий система укажет центр квадрата. Туда разместим ЛК точку привязки (рис. 12.29). Завершить операцию щелчком ЛК.

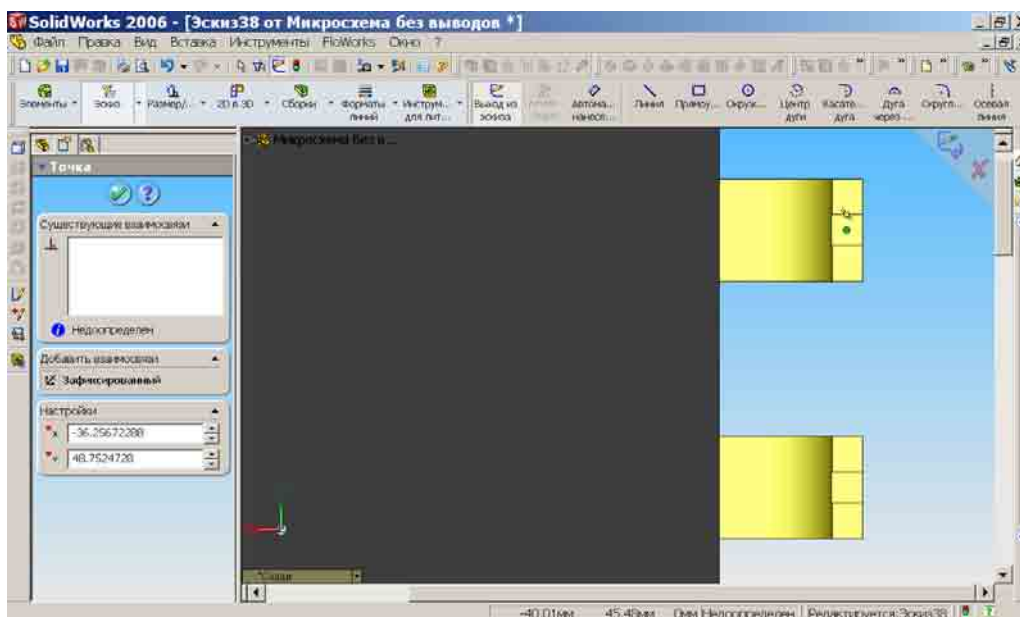


Рис. 12.29

Таким же образом установить точку привязки на 8-м выводе.

На полученной модели скроем вспомогательные элементы, которые использовались в процессе проектирования (плоскости, точки и т.д.). Для этого выделяем ЛК такой элемент, щелкаем ПК и в контекстном меню выбираем **Скрыть** (рис. 12.30).

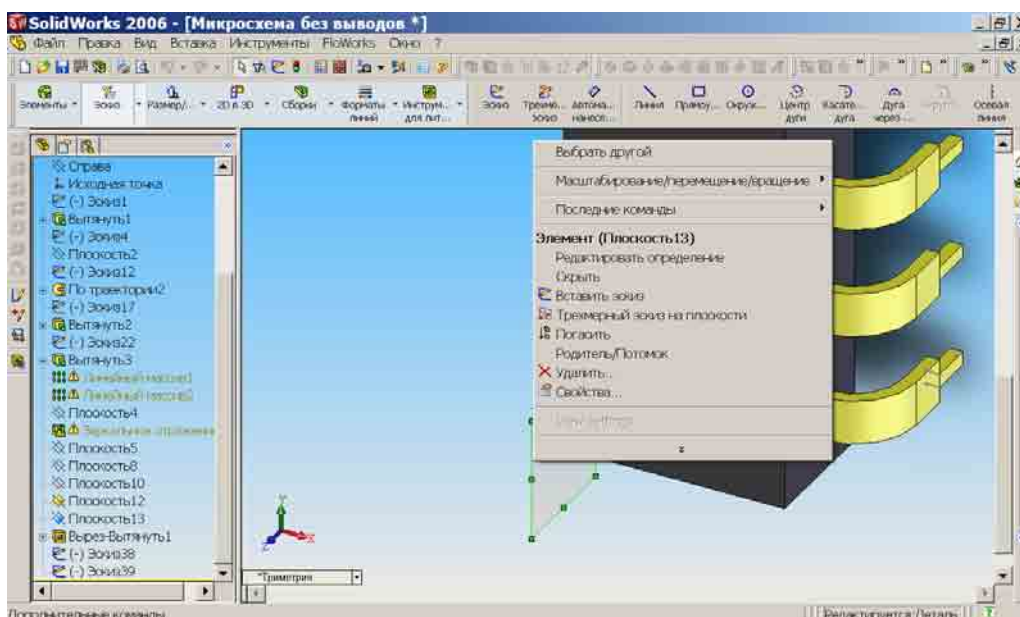


Рис. 12.30

При установке микросхемы на печатную плату после точного совмещения выводов микросхемы с отверстиями на заготовке ПП, эти две точки необходимо скрыть. В противном случае при оформлении документации на узел ПП они будут графически отображены системой.

Полученную модель сохраним с названием **Модель ИМС DIP14**.

12.4. Порядок выполнения работы

1. Через кнопку Пуск в меню Программы загрузить САПР SolidWorks.
2. Получить трёхмерную модель микросхемы с корпусом типа DIP14.
3. Сохранить результат

12.5. Содержание отчёта

1. Цель работы.
2. Порядок подготовки 3D модели микросхемы.
3. Последовательность процедур при создании трёхмерной модели микросхемы
4. Трёхмерную модель микросхемы в корпусе типа DIP14.
5. Выводы.

12.6. Контрольные вопросы

1. Поясните порядок создания трёхмерной модели микросхемы.
2. С какой фигуры начинается построение трёхмерной модели микросхемы?
3. При помощи, каких операций получают модель вывода микросхемы?
4. Каким образом создают выводы микросхемы?
5. Каким образом создаются группы однотипных выводов ИМС?
6. Как получают выводы ИМС на второй стороне корпуса ИМС?
7. Как скрывают лишние элементы модели?
8. Как создают «ключ» микросхемы?
9. Как выполняется раскраска резистора ИМС в заданный цвет?
10. Как формируют точку привязки ИМС?

Лабораторная работа №13. Разработка трёхмерной модели печатной платы в Solid Works

Цель работы – изучение порядка создания трёхмерных моделей сборочных единиц узлов РЭС средствами САПР **Solid Works**.

13.1 Создание модели печатной платы

Для создания трёхмерной модели узла печатной платы необходимо предварительно создать 3D модели заготовки печатной платы, всех ЭРЭ, которые размещаются на ПП и места размещения ЭРЭ на ПП.

В данном случае уже имеются: 3D модель заготовки печатной платы «Заготовка ПП.sldprt», модель резистора R3 «МЛТ 0.125.sldprt» и модель **ИМС DIP14**. Известно и размещение (позиции) резистора R3 и ИМС DD2 на печатной плате в виде файла «**Результат размещения_3.pcb**». Требуется создать 3D модель сборочной единицы узла ПП.

Для создания сборочной модели узла ПП загрузить САПР **Solid Works**. Выполнить команды **Файл / Новый**. На закладке **Новый документ SW** выбрать «**Трёхмерное расположение деталей и других сборок**» (рис. 13.1). Нажать ОК.

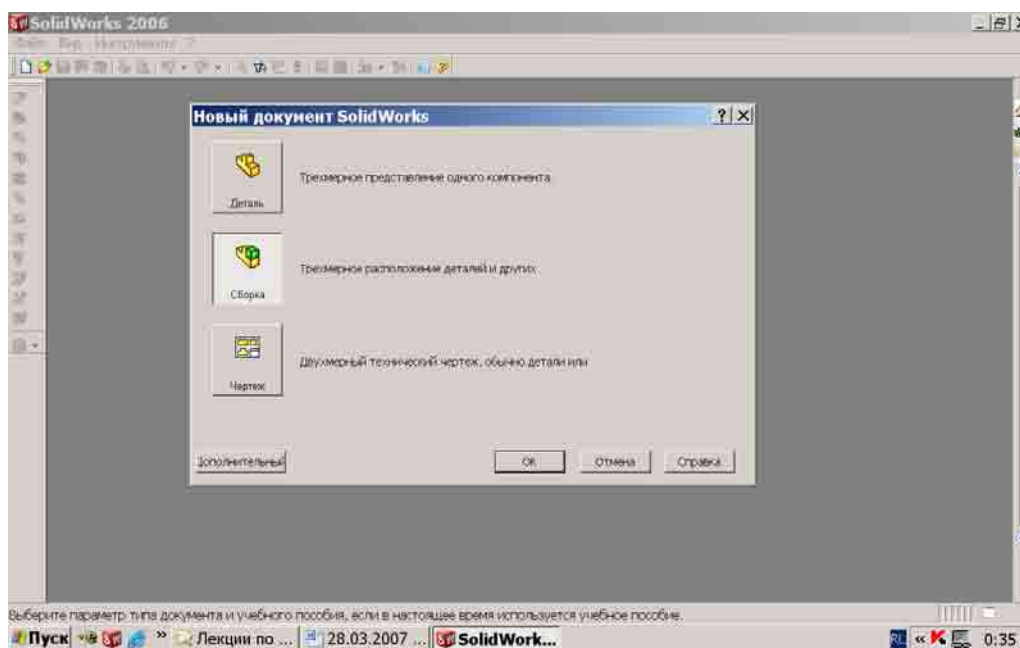


Рис. 13.1

В появившемся окне Менеджера свойств определяем компоненты подлежащие сборке. Для этого в поле **Вставить компоненты** нажимаем кнопку **Обзор**. Далее в окне **Открыть** находим файл **Заготовка ПП Деталь*.prt*.sldprt** (рис. 13.2). Устанавливаем модель заготовки ПП щелчком ЛК в любое место рабочего поля.

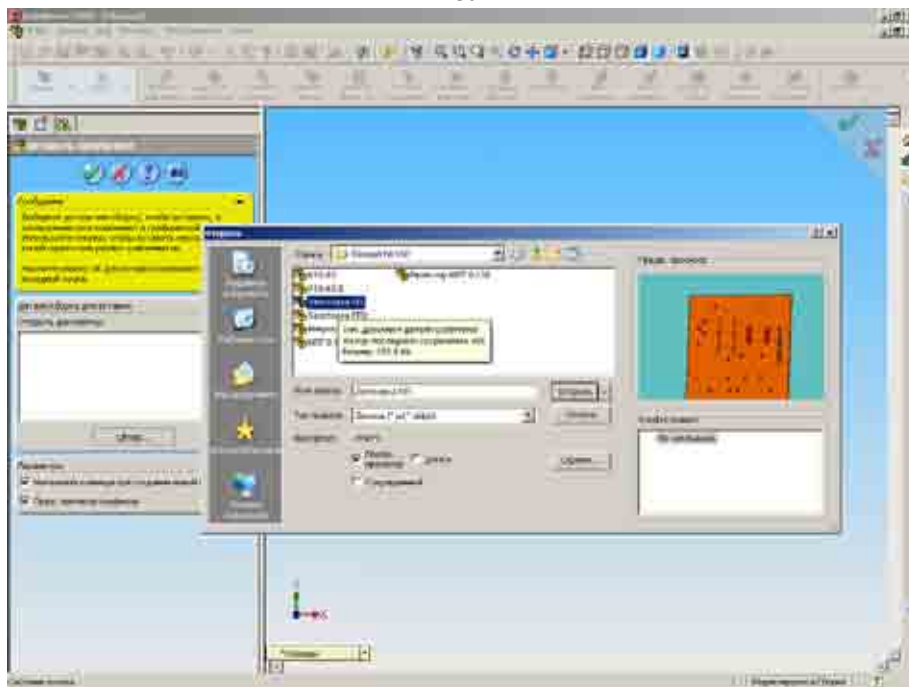


Рис. 13.2

13.2 Установка резистора

В диспетчере команд выбрать курсором **Вставить компоненты**. Затем в Менеджере свойств нажать кнопку **Обзор** и найти файл «МЛТ 0.125.sldprt» (рис.13.3). Открыть его. Устанавливаем модель резистора на свободную позицию рабочего поля для резистора данного типа (рис. 13.4).

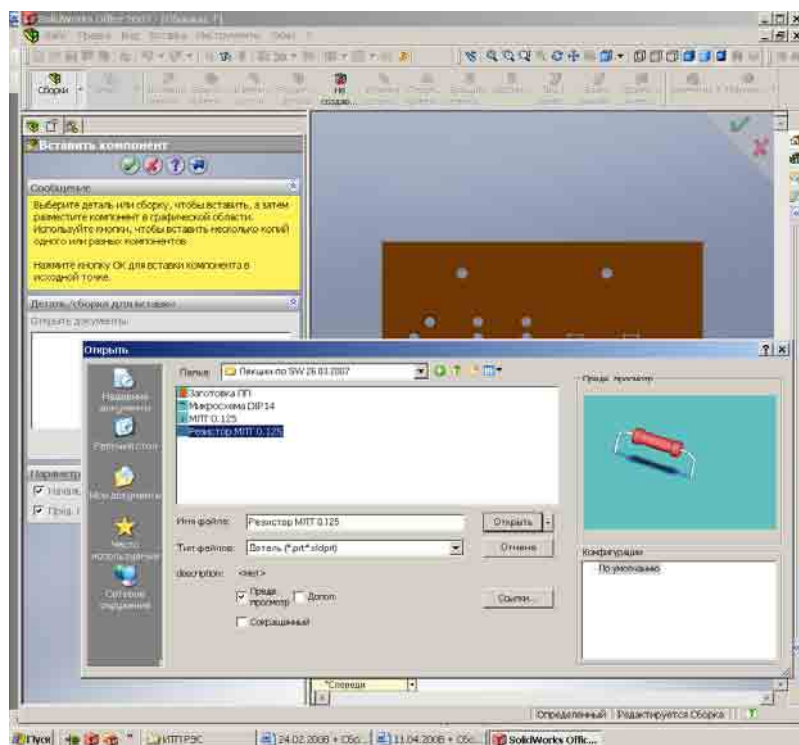


Рис. 13.3

Для размещения выводов резистора точно в отверстия на позиции, выбираем другой стандартный вид, например, вид **Спереди**, и проводим необходимую ориентацию резистора уже в новой проекции. Для этого перемещаем резистор аналогичным образом. Щёлкаем ЛК в Дереве конструирования по резистору, в Диспетчере команд выбираем «Переместить компонент». Согласно файлу «Результат размещения_3.pcb» перемещаем модель резистора R3 на его позицию в отверстия на заготовке ПП «на глаз» (рис.13.6).

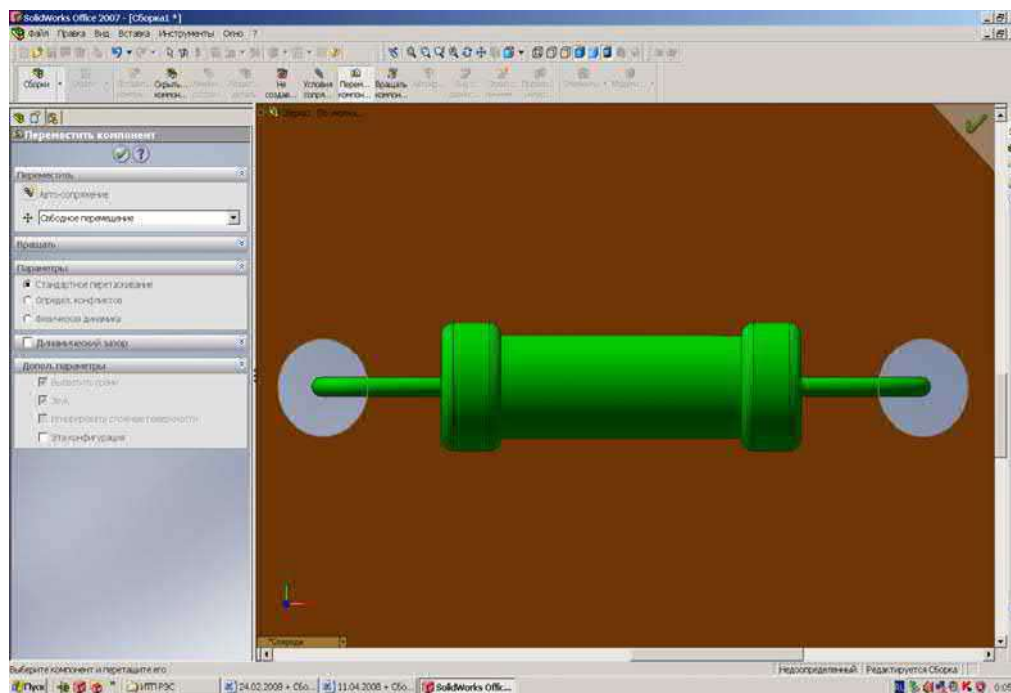


Рис. 13.6

Для более точной ориентации модели резистора относительно модели заготовки ПП (для того чтобы выводы резистора точно попали своими центрами в центры отверстий на заготовке ПП), необходимо воспользоваться командой **Условия сопряжения**. Для этого выбираем необходимый вид, например, сзади («слегка триметрия»). После этого увеличить изображение на рабочем поле до такого уровня, чтобы кромки выводов резистора и отверстия заготовки ПП были хорошо видны. Убедиться, что действительно необходимо более точно установить деталь – чтобы центры выводов совпали с центрами отверстий на позиции (рис. 13.7).

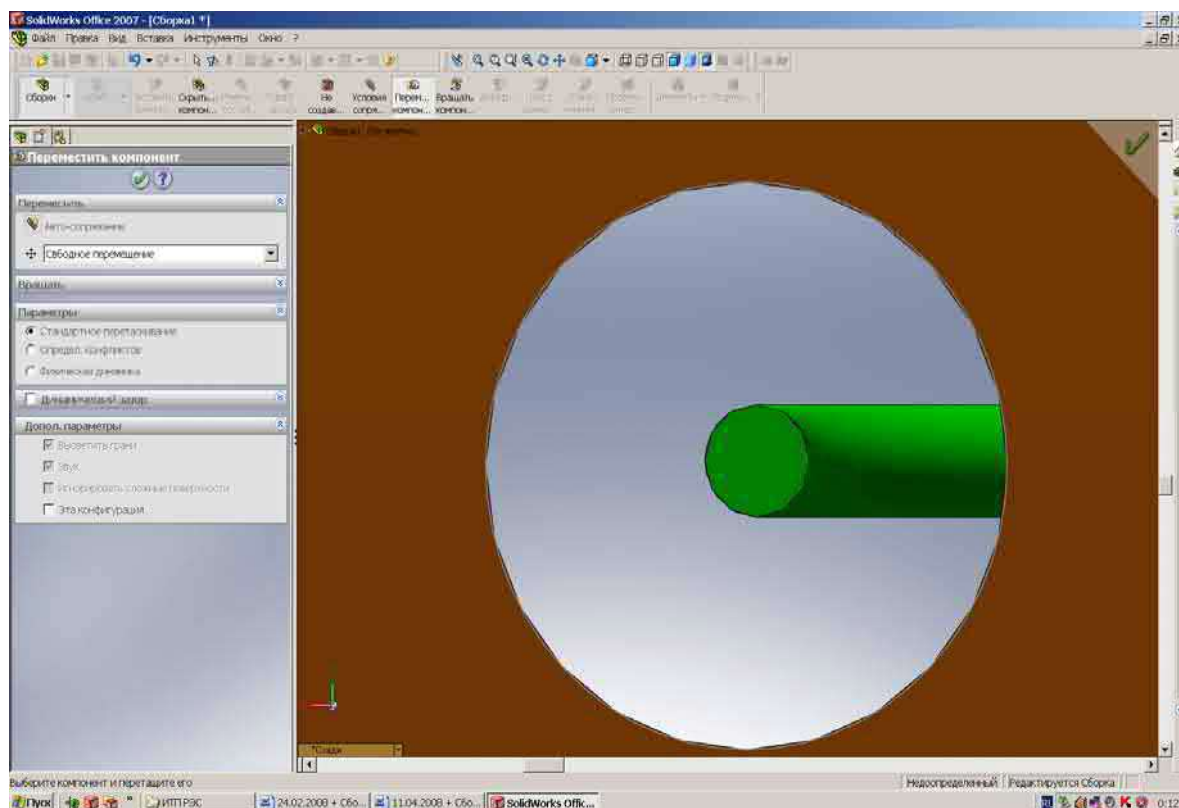


Рис. 13.7

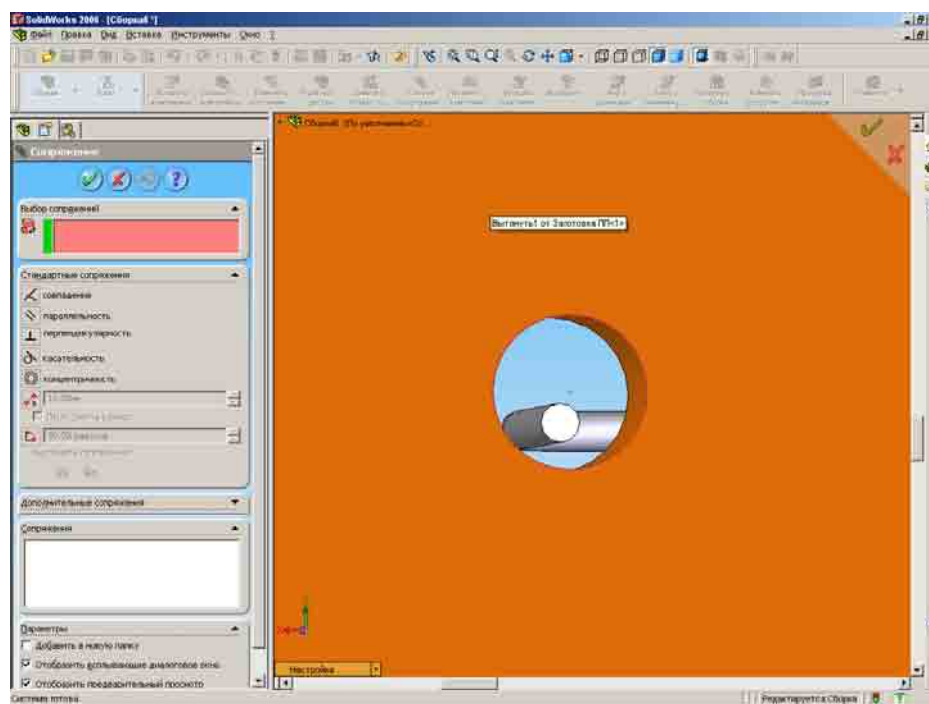


Рис. 13.8

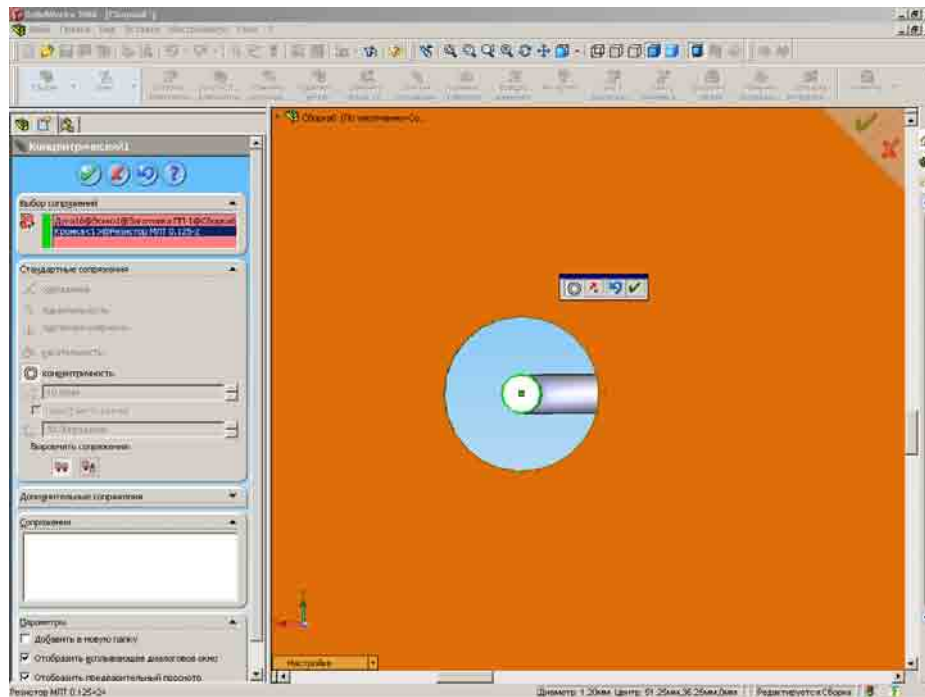


Рис. 13.9

В диспетчере команд выбрать \ **Условия Сопряжения** \ **Менеджер Свойств** \. В нём задаём кромку вывода резистора и кромку отверстия, куда этот вывод необходимо поставить, и выбираем условие «**Концентричность**». Система автоматически по указанному свойству переместит резистор в отверстие, и при этом свяжет эти две детали одной общей осью. (Если мы будем производить перемещение резистора командой **Переместить Компонент**, то он уже будет перемещаться, вращаясь относительно той оси, с которой мы сделали сопряжение). Аналогично поступаем и со вторым выводом резистора, если это необходимо. В том случае, если при добавлении очередной детали в сборку деталь необходимо вращать относительно другой детали, то здесь используют команду **Вращать Компонент**.

13.3 Установка корпуса микросхемы DIP14

Установка корпуса микросхемы типа **DIP14** выполняется аналогичным образом. Для более точного размещения «квадратных» выводов микросхемы в круглых отверстиях заготовки печатной платы, необходимо воспользоваться построенными ранее вспомогательными эскизами точек на концах 1-го и 8-го выводов микросхемы (рис.12.29). Для этих двух точек необходимо применить операцию **Условия сопряжения** с точками, являющимися центрами отверстий на печатной плате. Для этой операции необходимо выбрать одно общее свойство **Совпадение**. Следует заметить, для того чтобы точки – центры отверстий печатной платы – были видны, необходимо эскиз печатной платы **Отобразить**, т.е. сделать видимым. Впоследствии этот эскиз нужно будет скрыть, т.е. после установки микросхемы на печатную плату после точного совмещения выводов микросхемы с отверстиями на заготовке ПП, эти две точки необходимо скрыть.

В противном случае при оформлении документации на узел ПП они будут графически отображены системой.

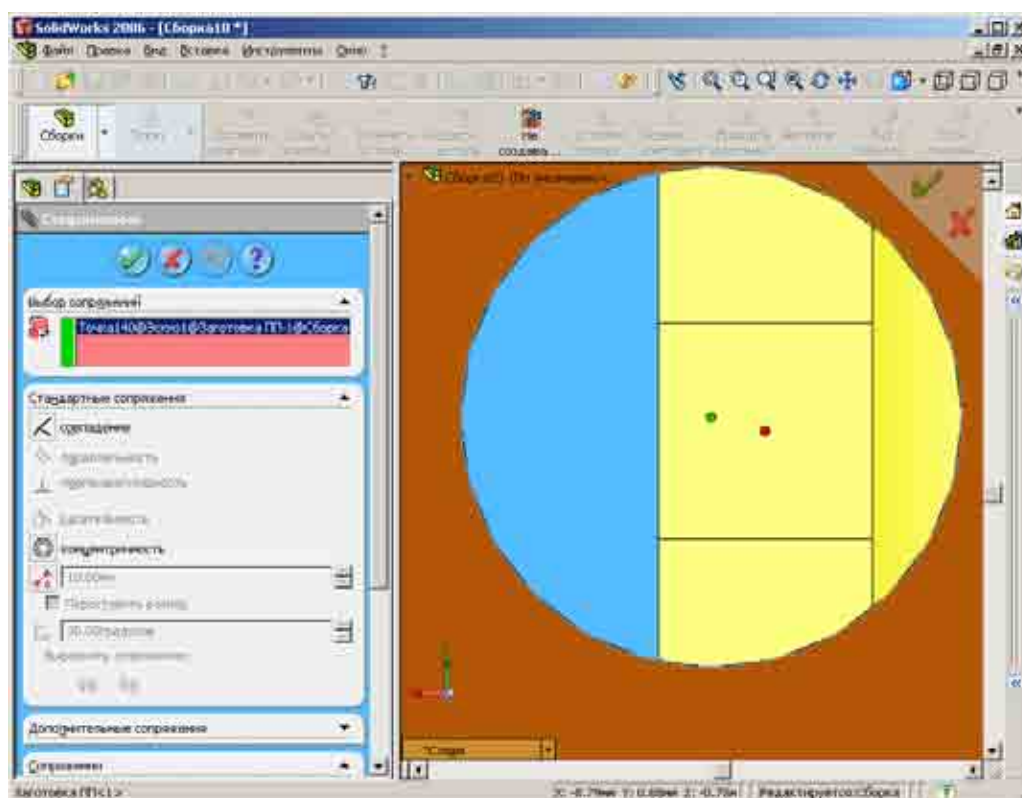


Рис. 13.10

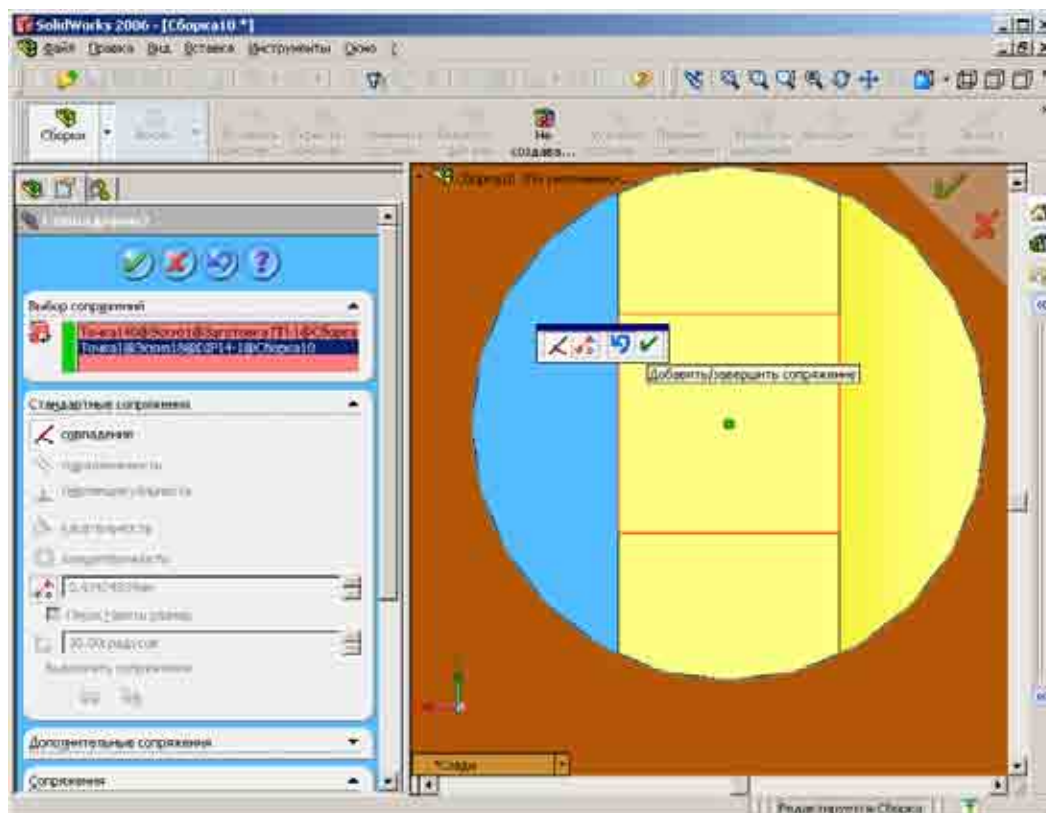


Рис. 13.11

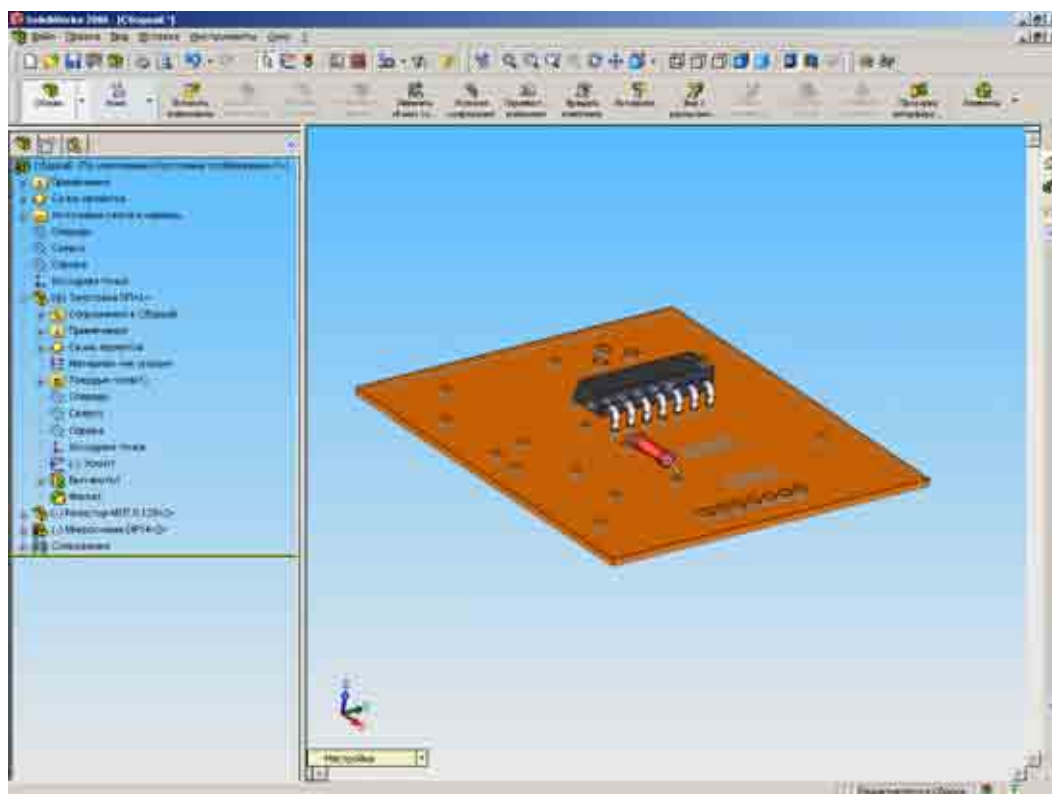


Рис. 13.12

Микросхему с планарными выводами целесообразно «Добавлять в сопряжение» с эскизом прямоугольных контактных площадок печатной платы выбирая свойство **Совпадение**.

После завершения сборки вспомогательные элементы, которые использовались в процессе сборки, а именно, эскизы двух точек выводов микросхемы и эскиз печатной платы, необходимо скрыть. Для этого выделяем ЛК эти элементы, щелкаем ПК и в контекстном меню выбираем **Скрыть**.

После этого сохраним полученную модель сборки с названием **Узел ПП**.

13.4. Порядок выполнения работы

1. Через кнопку Пуск в меню Программы загрузить САПР SolidWorks.
2. Получить трёхмерную модель узла ПП.
3. Сохранить результат

13.5. Содержание отчёта

1. Цель работы
2. Порядок подготовки 3D модели узла ПП.
3. Последовательность процедур создания трёхмерной модели узла печатной платы.
4. Трёхмерную модель узла ПП.
5. Выводы.

13.6. Контрольные вопросы

1. Какая предварительная работа предшествует созданию 3D модели узла ПП?
2. Какими командами начинается создание 3D модели узла ПП?
3. Назовите последовательность команд при выборе устанавливаемого на плату ЭРЭ.
4. Какие виды рекомендуется использовать для взаимного перемещения одной детали относительно другой?
5. Какими командами резистор устанавливается на позицию ПП?
6. Какими командами резистор точно устанавливается на позицию ПП?
7. Какими командами микросхема устанавливается на позицию ПП?
8. Какими командами микросхема точно устанавливается на позицию ПП?

Список основной литературы

1. Алямовский, А. А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation / А. А. Алямовский. – 3-е издание. – Москва : ДМК-Пресс, 2012. – 464 с. : табл., рис., схемы, фот. – (Проектирование) (Для Windows XP/Vista). – ISBN 978-5-94074-948-6
2. Сускин В. В., Шевченко В. Ф., Коваленко В. В., Кулавина Н. Ю, Соколина Е. Н. Проектирование РЭС: CAD/CAM/CAE/PDM - М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016, 436 с.
[Электронный ресурс]

Список дополнительной литературы

1. Алямовский А.А. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике. / Алямовский А.А. и др. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006.- 800 с.: ил.
2. Дударева, Н. Ю. SolidWorks : оформление проектной документации / Наталья Дударева, Сергей Загайко. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2009. – 368 с. : ил. ; 24. – Библиогр.: с. 353. – Предм. указ.: с. 367-368. – ISBN 978-5-9775-0390-7
3. Уваров А. С. Программа P-CAD. Электронное моделирование. – М.: Издательство «Диалог-МИФИ», 2008. – 188 с. ISBN 978-5-86404-220-5 [Электронный ресурс]
4. Бибило П.Н. Основы языка VHDL — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2007.— 200 с. [Электронный ресурс]

Дополнительные лабораторные работы

Дополнительная лабораторная работа №1. Условно-графическое изображение радиоэлектронного компонента в PCAD

Цель работы: Создание символа (символьного изображения) радиоэлектронного компонента (РЭК) как библиотечного элемента принципиальной электрической схемы.

Задание на лабораторную работу:

1. Ознакомиться с назначением РЭК и его электрической (контактной) схемой.
2. Вычертить графический образ РЭК.
3. Ввести тип РЭК, атрибуты, точку привязки.
4. Сохранить РЭК как библиотечный элемент (в файл .sym).
5. Подготовить отчет.

Наличие развитой библиотеки РЭК является необходимым условием для нормальной работы системы. Поскольку стандартные библиотеки P-CAD-2006 практически непригодны для работы российских проектировщиков. Они вынуждены создавать свои библиотеки, содержащие условные графические изображения и конструктивы, как компонентов российского производства, так и зарубежного в соответствии с действующими стандартами.

Символьное изображение компонента создается в графическом редакторе P-CAD Symbol Editor. Интерфейс этого редактора содержит пиктограммы, вызывающие такие инструменты, как мастер создания Symbol Wizard, средства создания атрибутов Symbol Attributes, средства

изменения номеров выводов компонентов Renumber Pins, средства проверки правильности создания символа Validate Symbol (рис.1.1.). На панели инструментов находятся пиктограммы размещения вывода компонента, рисования линии, дуги, полигона, точки привязки, ввода текста, атрибутов компонентов и стандартного символа IEEE, характеризующего функциональное назначение компонента.

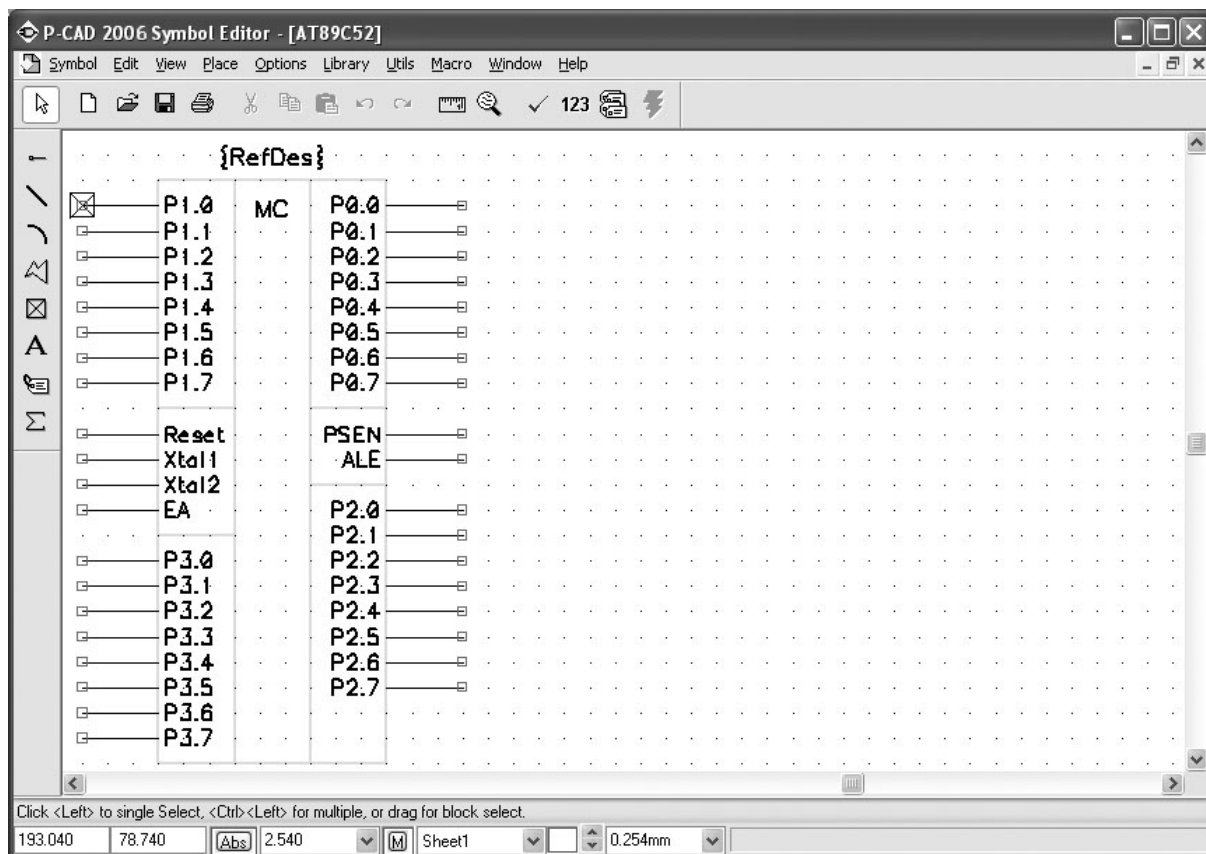


Рис.1.1. Интерфейс графического редактора P-CAD Symbol Editor с файлом символа РЭК - AT89C52.sym на экране

Рассмотрим создание символа РЭК в соответствии с требованиями ЕСКД (ГОСТы см. в главе IV).

Для компонентов включающих несколько различных логических секций (например: электромагнитные реле, диодные сборки) необходимо создать символ для каждой секции. Микросхема (МС) может состоять из нескольких вентилях, вентиль МС – это повторяющийся законченный логический блок. Для таких МС символьное изображение создается только для одного вентиля. Но секции МС могут быть и различными, в этом случае символ создается для каждой секции отдельно (как и для электромагнитных реле).

Количество выводов символа должно соответствовать количеству ножек в корпусе (за исключением ножек, которые всегда подключены к питанию или земле), т.е. незадействованные выводы РЭК все равно

изображаются в символе (за исключением программируемых микросхем). Т.к. при повторном использовании РЭК могут быть задействованы все выводы (или иные чем при первичном использовании). Это необходимо для ведения библиотек – чтобы каждому РЭК соответствовал один элемент библиотеки созданный в полном соответствии с требованиями ГОСТов ЕСКД.

При установке используемой системы единиц измерения необходимо выбрать *метрическую* (рис.1.2.), поскольку в соответствии с ЕСКД (ГОСТ 2.747, 2.728, 2.730) размеры условного графического обозначения (УГО) элемента и шаг между выводами кратны 5 мм. При выборе шага координатной сетки рекомендуется выбрать шаг 2,5 мм и выбирается абсолютный тип сетки.

Размеры символа МС: длина вывода 5мм; расстояние между выводами символа МС 2,5мм; ширина символа должна быть необходима и достаточна для ввода функционального значения РЭК и имен выводов; длина символа определяется количеством выводов, выступ за крайние выводы на 2,5мм; толщина линии контура символа 0,2 мм. Для создания символьного изображения МС удобно использовать мастер создания Symbol Wizard (см. описание ниже), а символ других РЭК создается вручную.

Для ручного создания символа РЭК необходимо загрузить графический редактор Symbol Editor и выполнить следующие действия:

- 1) Установить метрическую систему единиц:
Options/Configure – Units: mm.
- 2) Установить шаг координатной сетки с помощью команды Options/Grids – Grid Spacing: 2.5, Add (рис.1.3.); или в строке состояний.
- 3) Установить привязку к сетке View/Snap to Grid. Приблизить изображение настолько, чтобы явно было видно перемещение курсора по сетке.
- 4) Создать изображение символа с помощью команд: Place Pin, Place Line, Place Arc, Place Text имеющихся на панели инструментов размещения. При этом **выводы размещать в шаге 2,5мм**. При создании графики символа, возможно, возникнет необходимость изменить шаг. При изменении шага необходимо соблюдать кратность шагов (если основной шаг 2,5мм, то вспомогательные шаги, как правило, выбирают: 1,25; 0,5; 0,25мм и т.д.).

Place Pin – размещает вывод компонента (рис.1.4.).

а) Выбрать команду.

б) Щелкнуть левой кнопкой мыши в рабочем поле и задать параметры объекта:

Длина вывода: Length – User: 5mm;

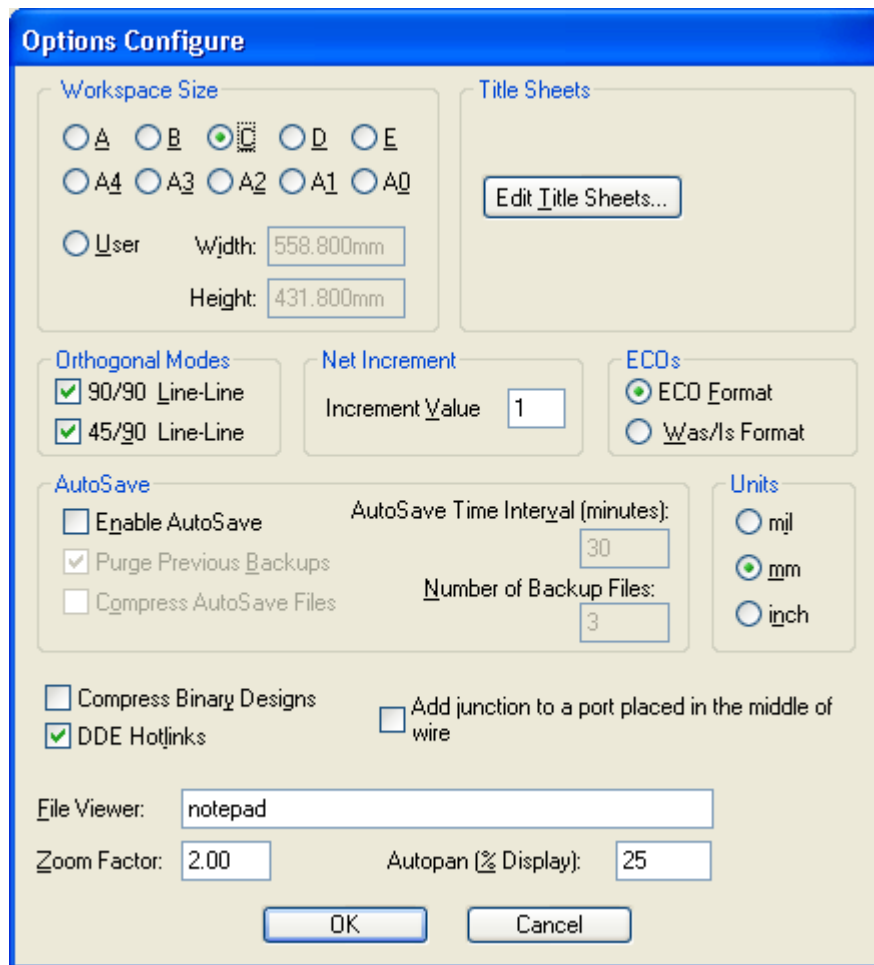


Рис.1.2. Установка метрической системы единиц

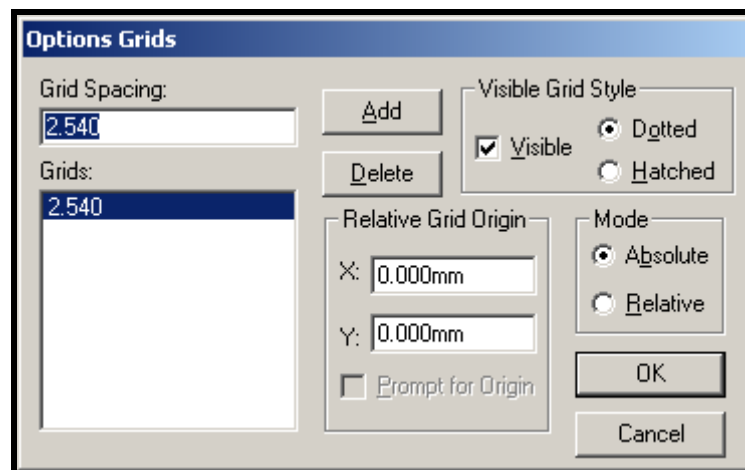


Рис.1.3. Параметры координатной сетки

Выбрать вид изображения вывода с учетом функционального значения с помощью пунктов Inside, Outside, Inside Edge, Outside Edge. Обозначение инверсного входа или выхода: Outside Edge – Dot;

С помощью опции Display задается видимость имени (Pin name) и номера вывода (Pin Des);

При необходимости надо задать имя вывода – Default Pin Name.

Перед именем инверсного вывода ввести значок «тильда»: «~», тогда имя в символе будет с надчеркиванием. Номер вывода – Default Pin Designator – рекомендуется задавать всегда.

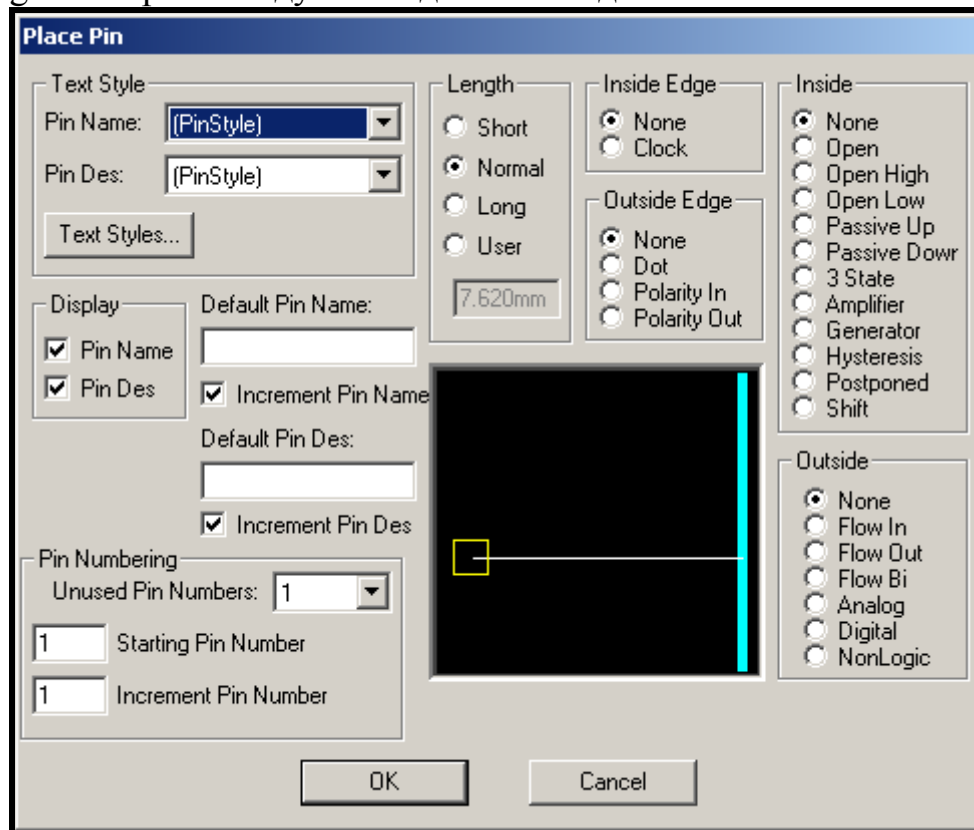


Рис.1.4. Параметры размещаемого вывода

в) Разместить объект, нажав левую кнопку мыши или пробел (тогда можно будет сразу развернуть объект). Если номера выводов идут по порядку, то расположить поочередно необходимое количество выводов. При этом каждый последующий номер вывода увеличивается на единицу, а в конец заданного имени добавляется цифра (начиная с нуля). Затем нажать правую кнопку мыши или Esc. Имена выводов редактируются посредством выбора вывода, нажатия правой кнопки мыши и выбора команды Properties.

Для последующего ввода выводов повторить действия, начиная с пункта б).

Place Line – ввод линии.

Выбрать команду, выбрать первую точку линии, затем вторую. Непрерывно можно ввести любое количество линий, для отмены нажать Esc. Ширина линии устанавливается в строке состояний перед вводом линии.

Place Arc – ввод окружностей и дуг.

Выбрать команду,

а) для построения окружности: выбрать первую точку на окружности, отпустить кнопку мыши и выбрать точку центра окружности;

б) для построения дуги: выбрать первую точку на окружности, удерживая кнопку мыши выбрать вторую точку на окружности, а затем указать центр окружности (дуга прорисовывается против часовой стрелки).

Place Text – ввод текста. Выбрать команду, указать место расположения текста, ввести текст (рис.1.5.). Эта команда используется на данном этапе для ввода функционального значения символа микросхемы (1, &, RG и т.д.).

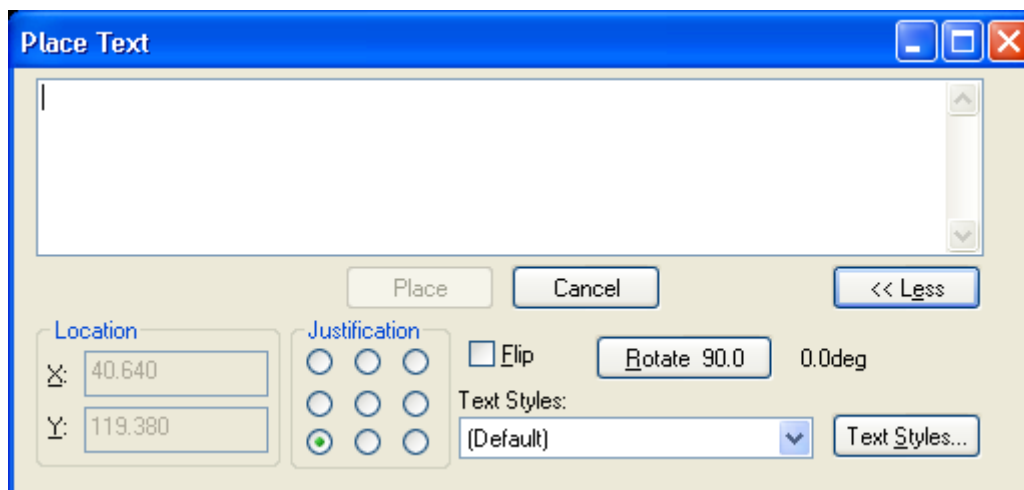


Рис.1.5. Редактирование текста

- 5) Ввести необходимые атрибуты командой Place Attribute (рис.1.6.):
 - а) выбрать категорию (Attribute Category) Component и наименование (Name) Type, ввести значение атрибута в окне Value, разместить в рабочем поле под символом;
 - б) выбрать категорию Component, наименование RefDes (позиционное обозначение) и нажать «ОК» без ввода значения атрибута, разместить в рабочем поле над символом.
 Значения позиционных обозначений будут проставляться при формировании принципиальной электрической схемы.
- 6) Задать точку привязки командой Place Ref Point – **абсолютно точно** отметить левый верхний вывод (при необходимости изменяя шаг). Точка привязки необходима для формирования принципиальной электрической схемы.
- 7) Проверка: кнопка Validate Symbol на панели системных команд. При наличии ошибок необходимо их исправить. Если ошибок нет, то появится сообщение, показанное на рис.1.7.
- 8) Сохранение файла: созданный символ РЭК сохраняется в виде файла.sym с помощью команды Symbol/Save To File.

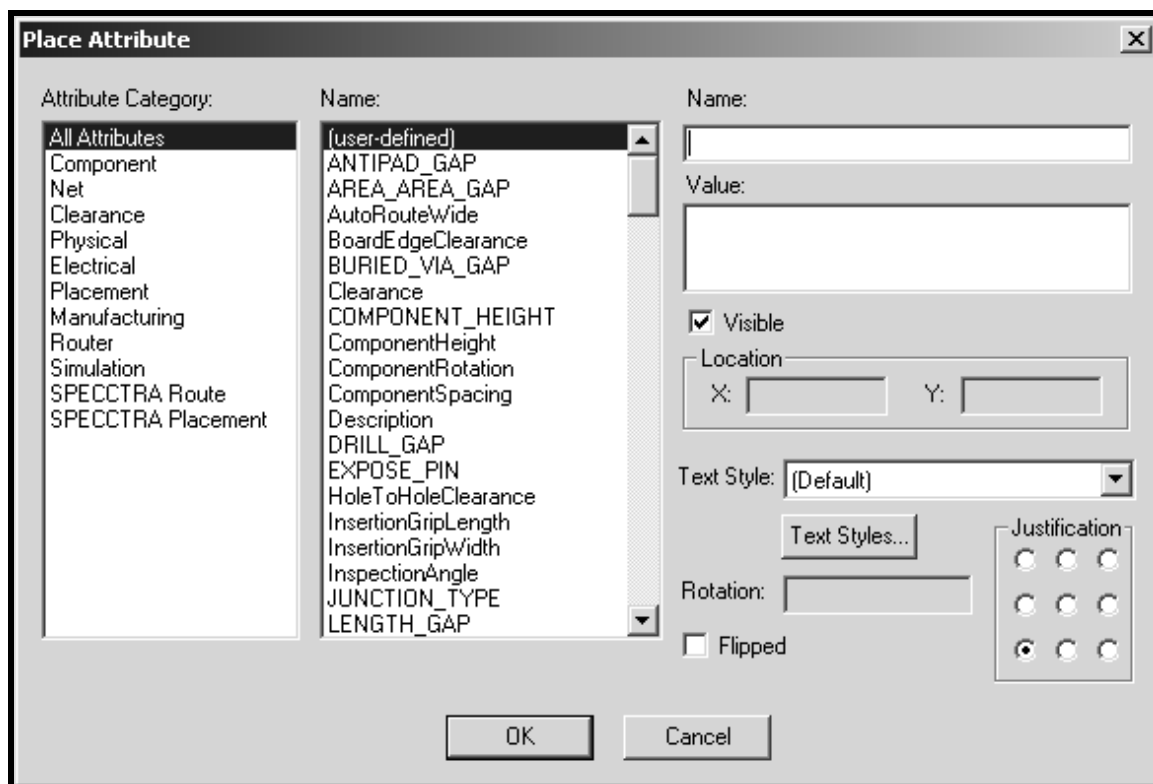


Рис.1.6. Параметры атрибутов в Symbol Editor



Рис.1.7. Интерфейс сообщения Information

Создание символа компонента с помощью мастера создания Symbol Wizard расположенного на панели системных команд (этот мастер автоматизирует процесс создания символического изображения компонента и применяется при создании МС).

- Создать новый файл. Выполнить пункты 1-3 (см. выше).
- Нажать кнопку Symbol Wizard – откроется окно, показанное на рис.1.8., задать свойства и параметры символа:
 - Ширина контура символа: Symbol Width;
 - Шаг между выводами: Pin Spacing;
 - Количество выводов слева: Number Pins Left;
 - Количество выводов справа: Number Pins Right;
 - Отображение графики символа: Symbol Outline;
 - Толщина линии контура символа: Line Width;

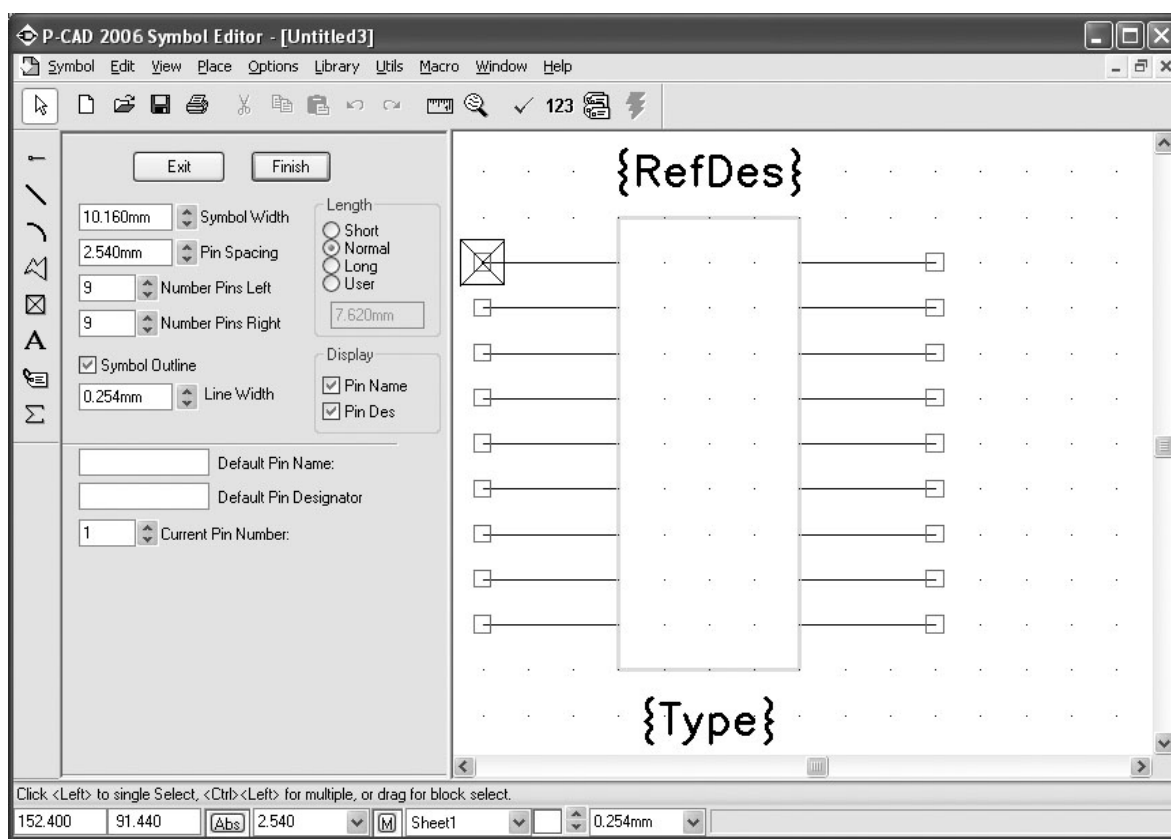


Рис.1.8. Интерфейс команды Symbol Wizard

- Длина вывода: Length – User (5mm);
- С помощью опции Display задается видимость имени (Pin name) и номера вывода (Pin Des);
- Перебирая выводы в пункте Current Pin Number (номера контактов по порядку) необходимо задать для каждого вывода имя (Default Pin Name) и номер (Default Pin Designator), после ввода имени или номера необходимо нажимать клавишу «Enter»;
- Создать символ нажатием кнопки Finish.
- При необходимости доработать изображение символа с помощью команд размещения.
- Задать тип компонента: выделить надпись {Type} под символом элемента, нажать правую кнопку мыши, выбрать Properties и в поле Value ввести тип.
- Выполнить пункты 7,8 (см. выше).

Контрольные вопросы.

1. Для чего предназначена система P-CAD, какие основные подпрограммы она включает?
2. Для чего создается символ РЭК?

3. Что входит в состав символьного изображения РЭК, входящего в библиотеку P-CAD-2006?
4. Какие требования необходимо выполнять при создании символа РЭК?
5. Что такое вентиль МС?
6. Какой флажок нужно включить, чтобы на принципиальной электрической схеме отображались имена выводов РЭК?
7. В какой подпрограмме создается символьное изображение РЭК?
8. Какие команды используются при ручном создании символа?

Дополнительная лабораторная работа №2. Конструкторско-технологический образ радиоэлектронного компонента в PCAD

Цель работы: Создание конструкторско-технологического образа радиоэлектронного компонента как библиотечного элемента принципиальной электрической схемы.

Задание на лабораторную работу:

1. Ознакомиться с чертежом РЭК.
2. Определить вариант установки РЭК на печатной плате.
3. Вычертить РЭК.
4. Вести тип РЭК, атрибуты, точку привязки.
5. Сохранить РЭК как библиотечный элемент (файл .pat).
6. Подготовить отчет.

Конструкторско-технологический образ создается на основании чертежа РЭК. Конструкторско-технологический образ представляет собой посадочное место (набор контактных площадок) и конструктив корпуса (вид сверху) компонента. Конструктив корпуса изображается упрощенно по габаритным размерам. Диаметр отверстия и контактной площадки (КП) для штыревого вывода выбирается из таблицы 2.1. (все размеры в таблице приведены в миллиметрах).

Для возможности пайки РЭК поверхностного монтажа размеры планарной КП под компонент увеличивают относительно максимальных размеров металлизированной контактной поверхности по длине на 0,3 мм в обе стороны, по ширине – на 0,1 мм, тоже в обе стороны (если есть возможность, чтобы зазор между КП был не менее 0,2 мм).

При создании конструкторско-технологического образа РЭК можно использовать библиотеки P-CAD-2006: Pcdmain.lib, Pcbconn.lib, Pcbstmt.lib. В одной из указанных библиотек надо выбрать подходящий корпус и доработать его в соответствии с принятым в России стандартом (например, ОСТ 4.ГО.010.030).

Таблица 2.1.

Диаметры отверстий и КП для штыревых выводов

Диаметр вывода, не более	Номинальный диаметр металлизированного отверстия	Минимальный диаметр КП
0,4	0,6	1,1
0,5	0,8	1,3
0,7	1,0	1,5
0,8	1,3	1,8
1,0	1,5	2,0
1,2	1,8	2,3
1,5	2,0	2,5

Для создания конструкторско-технологического образа РЭК необходимо загрузить графический редактор Pattern Editor (рис.2.1.) и выполнить следующие действия:

- 1) Установить метрическую систему единиц:
Options/Configure – Units: mm.

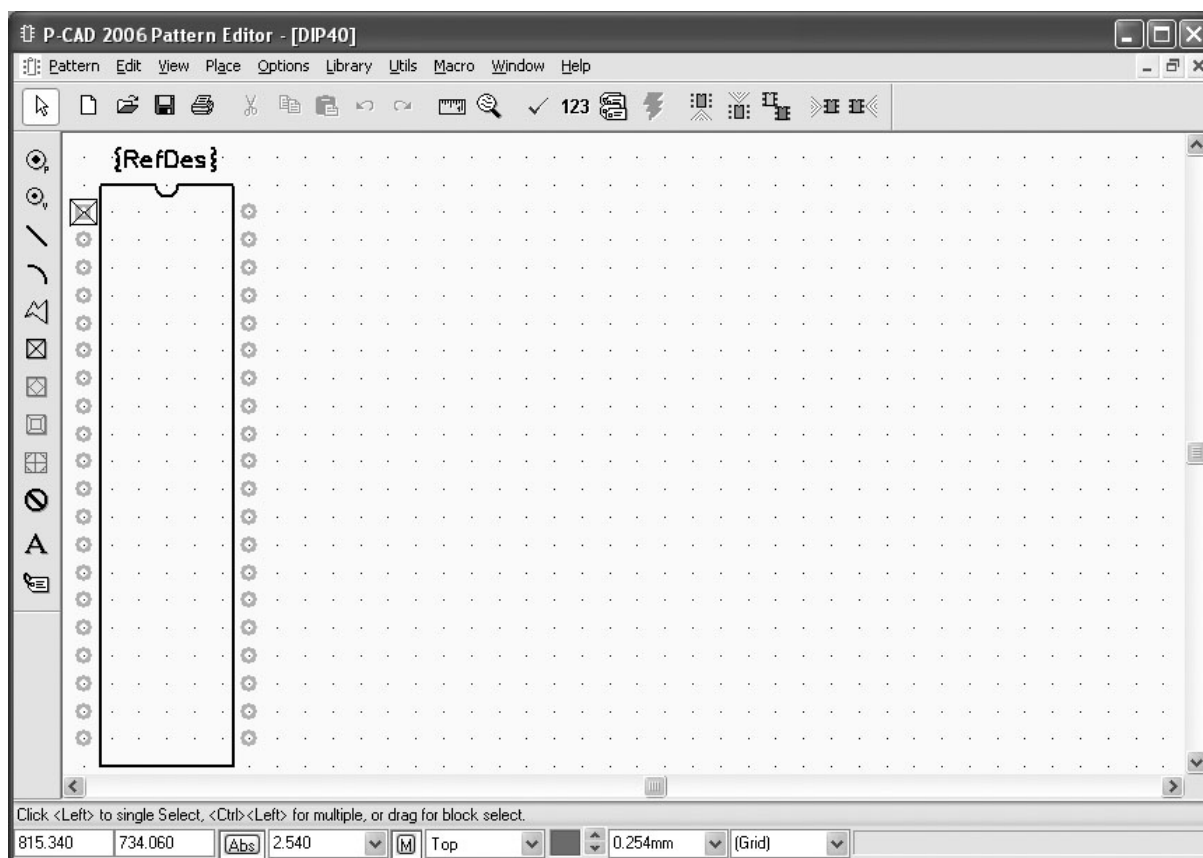


Рис.2.1. Интерфейс графического редактора Pattern Editor с файлом посадочного места РЭК – DIP40.pat на экране

- 2) Установить шаг координатной сетки – равный расстоянию между выводами.
- 3) Установить привязку к сетке View/Snap to Grid. Приблизить изображение на столько, чтобы было явно видно перемещение курсора по сетке.
- 4) Ввод типов КП.
Выбрать команду Options/Pad Styles (рис.2.2.).

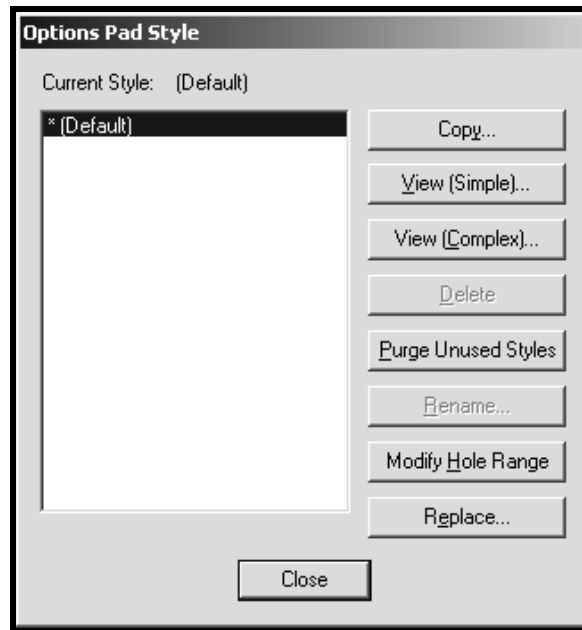


Рис.2.2. Создание типов контактных площадок

Нажать кнопку «Сору», ввести имя КП, установить курсор на новое имя КП, нажать кнопку «Modify (Simple)» и задать свойства КП (рис.2.3.):

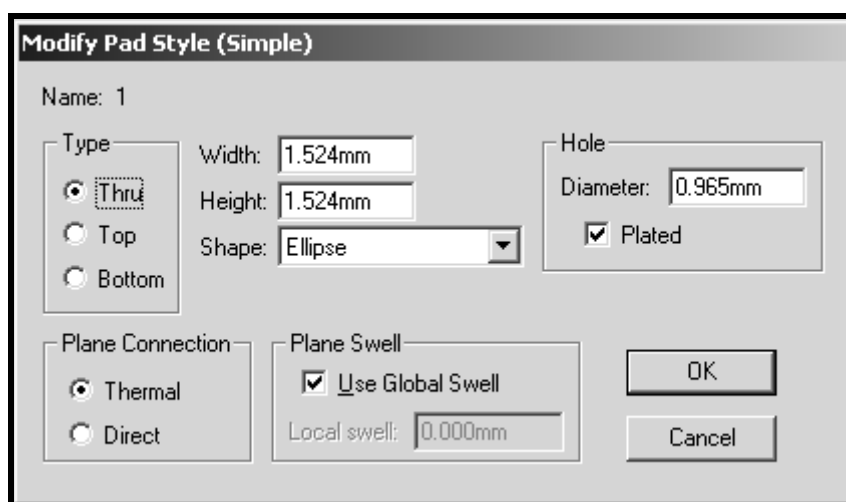


Рис.2.3. Редактирование параметров КП

Type:

- Thru - для штыревого вывода
- Top - для планарной КП с верхней стороны платы
- Bottom - для планарной КП с нижней стороны платы

Shape (форма КП):

- Ellipse - круглая или эллиптическая
- Rectangle - квадратная или прямоугольная
- Width - ширина (координата по X)
- Height - высота (координата по Y)
- Hole - диаметр отверстия для штыревого вывода
- Plated - металлизация отверстия

5) Создание посадочных мест и корпуса РЭК.

а) Сделать слой Top активным, выбрать команду Place Pad (рис.2.4.) на панели инструментов размещения, задать стартовый номер Starting Pad Number и инкремент (шаг увеличения номеров) Increment Pad Number, ввести необходимое количество КП.

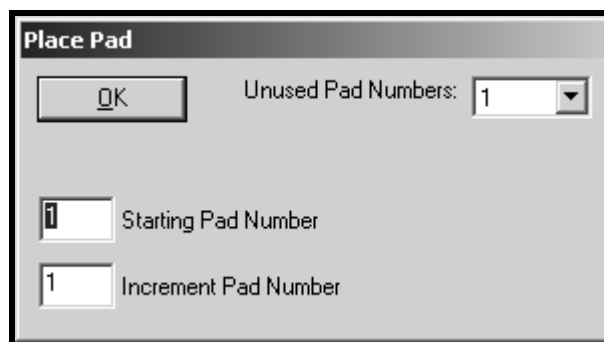


Рис.2.4. Параметры размещения КП

б) Выбрать слой Top Silk, командами Place Line и Place Arc чертить корпус РЭК, толщина линий 0,1 мм (установить в строке состояний перед вводом объектов). Для МС необходимо обозначить ключ около первой ножки (для оформления сборочного чертежа), ключ изображается в виде скоса, окружности и т.п. в слое Top Silk, размещается ключ внутри корпуса.

6) Выбрать слой Top Silk;

Ввести необходимые атрибуты командой Place Attribute (рис.2.5.):

а) выбрать категорию Component и наименование Type, ввести значение атрибута в поле Value, разместить в рабочем поле под корпусом компонента;

б) выбрать категорию Component, имя RefDes и нажать «OK» без ввода значения атрибута, разместить в рабочем поле над корпусом компонента, далее (в топологии ПП) в этом месте будет располагаться позиционное обозначение компонента; рекомендуемый шрифт: Font – Quality, Height – 1мм, Thickness – 0,1мм (без галочки Allow True Type).

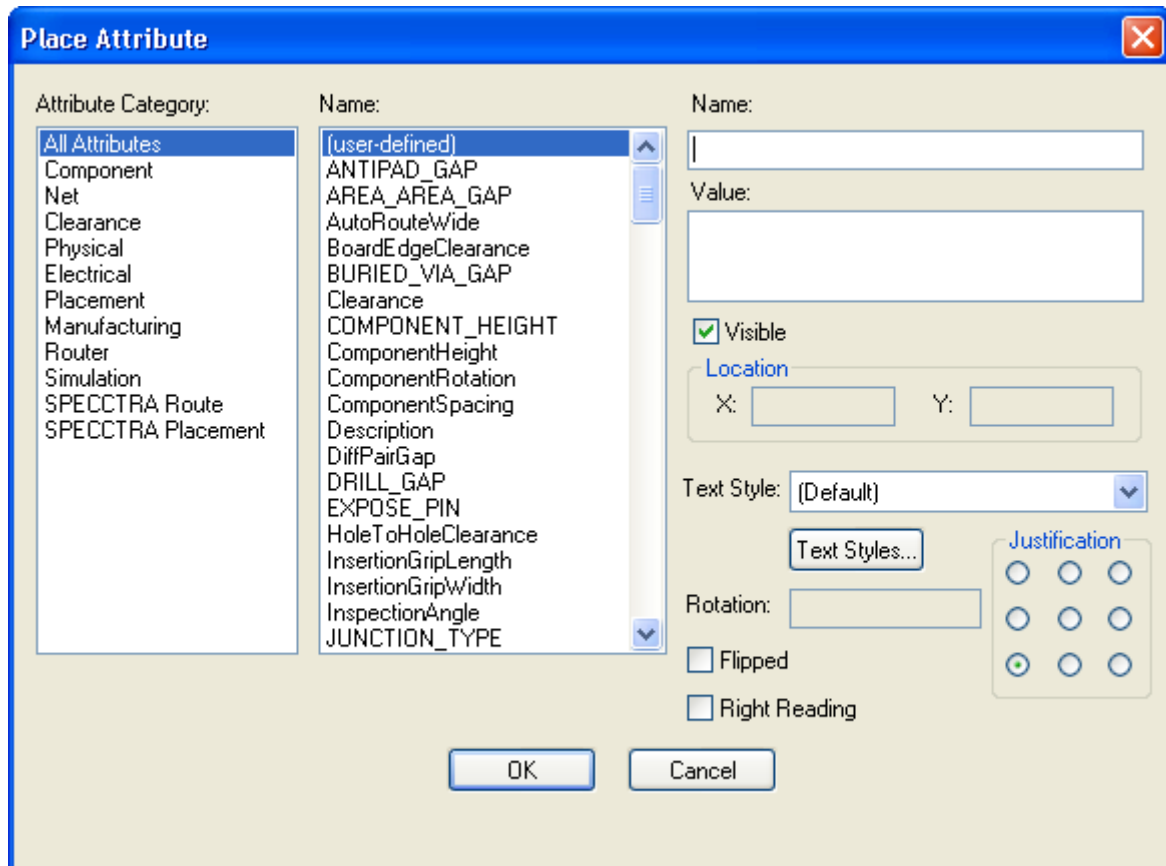


Рис.2.5. Параметры атрибутов в Pattern Editor

- 7) Задать точку привязки командой Place Ref Point – отметить первый вывод. Точка привязки необходима для формирования топологии ПП.
- 8) Проверка: кнопка Validate Pattern на панели системных команд.
- 9) Сохранение файла: Pattern/Save To File.

Создание конструкторско-технологического образа компонента
с помощью Pattern Wizard (используется при создании
конструкторско-технологического образа МС).

- Создать новый файл.
- Выполнить пункты 1-4.
- Нажать кнопку Pattern Wizard – откроется окно, показанное на рис.2.6., задать свойства и параметры посадочных мест и корпуса:
 - Тип корпуса – Pattern Type:
 - DIP с двухрядным расположением выводов (в т.ч. и планарных)
 - QUAD прямоугольной формы с расположением выводов по периметру
 - ARRAY «массив выводов».
 - Число выводов по вертикали (для типа DIP здесь указывается полное количество выводов) – Number Of Pads Down;

- Число выводов по горизонтали – Number Of Pads Across (для DIP не указывается);
- Расстояние между центрами КП – Pad To Pad Spacing (On Center);
- Габаритные размеры посадочного места по горизонтали и вертикали – Pattern Width и Pattern Height (для типа DIP Pattern Height не задается, а в Pattern Width указывается расстояние между центрами рядов КП);
- Положение первого (ключевого) вывода – Pad 1 Position; обычно ключевой вывод – первый;
- Тип КП – Pad Style:

первого вывода	Pin 1
остальных выводов	Over
сверху вниз	Top & Bottom
слева направо	Left & Right
Rotate – разворот КП на 90°	

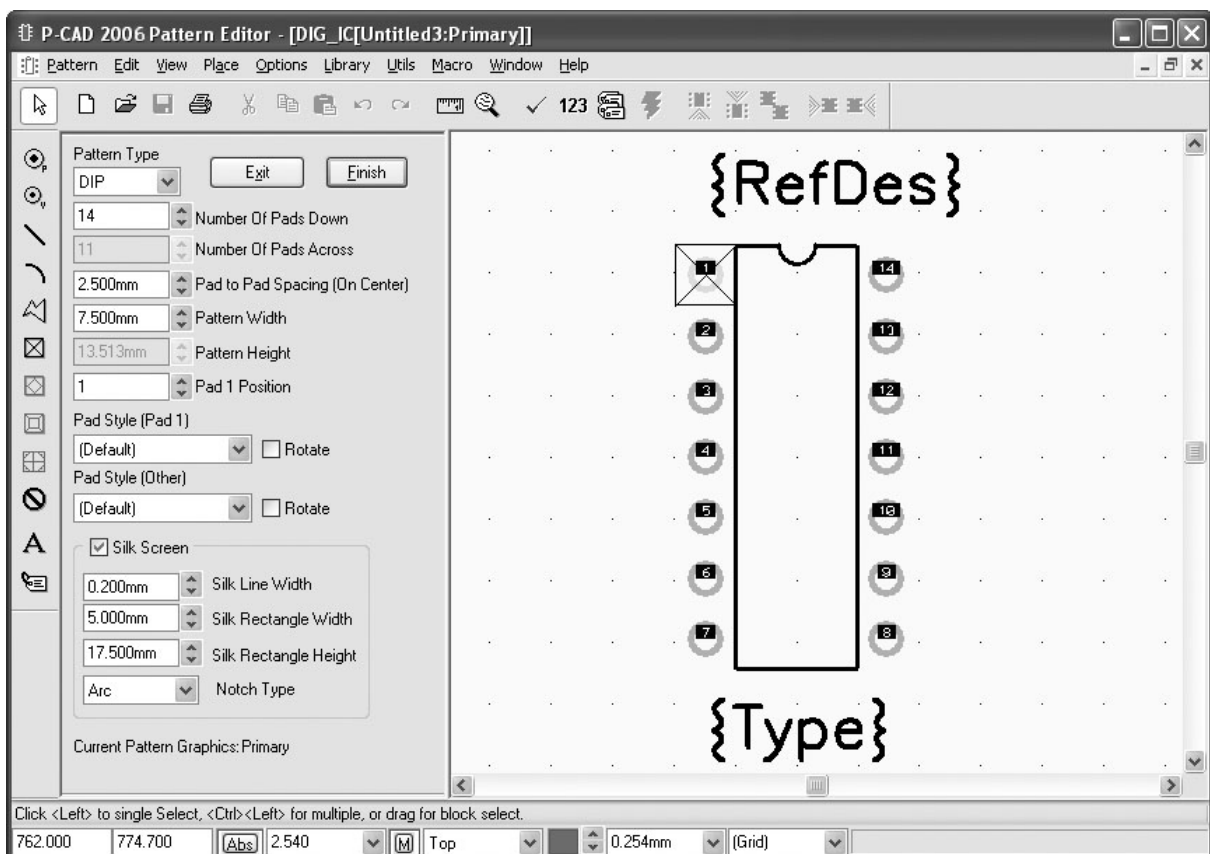


Рис.2.6. Интерфейс мастера создания посадочного места РЭК
Pattern Wizard

- Графика корпуса задается группой параметров Silk Screen (можно отключить флажок и начертить корпус вручную);
- Толщина линии – Silk Line Width;

- Параметры Silk Rectangle Width и Silk Rectangle Height определяют ширину и высоту прямоугольника, изображающего корпус;
- В списке Notch Type выбрать тип изображения ключа;
- Создать образ нажатием кнопки Finish.
- Точка привязки автоматически устанавливается в центр первой КП;
- При необходимости доработать изображение с помощью команд Place Line и Place Arc;
- Ввести тип РЭК (в поле Value) в свойствах {Type};
- Выполнить пункты 8,9 (см. выше).

Контрольные вопросы.

1. Что представляет собой конструкторско-технологический образ?
2. С какой целью создается конструкторско-технологический образ РЭК?
3. Какие бывают контактные площадки, в чем их различия?
4. В каком программном модуле создается конструкторско-технологический образ РЭК?
5. Что такое слои в P-CAD и для чего они предназначены?
6. В каких слоях создается конструкторско-технологический образ?

Дополнительная лабораторная работа №3. Библиотека РЭК в САПР P-CAD

Цель работы: Формирование библиотеки радиоэлектронных компонентов в системе P-CAD.

Задание на лабораторную работу:

- 1.Для каждого РЭК выбрать соответствующую информацию о символе и типовом корпусе.
- 2.Ознакомиться с назначением РЭК.
- 3.Вести упаковочную информацию (заполнить таблицы Component Informations и Pins View).
- 4.Сохраним описание РЭК как библиотечный компонент (в файл .lib).
- 5.Подготовить отчет.

Для создания компонентов и ведения библиотек предназначена программа Library Executive, интерфейс которой представлен на рис.3.1.

Для создания библиотеки необходимо загрузить программу Library Executive и выполнить следующие действия:

- 1) Создать новую библиотеку (новый файл с расширением .lib) в своей папке с помощью команды Library/New (рис.3.2). В открывшемся окне надо указать путь к новой библиотеке и ввести имя.

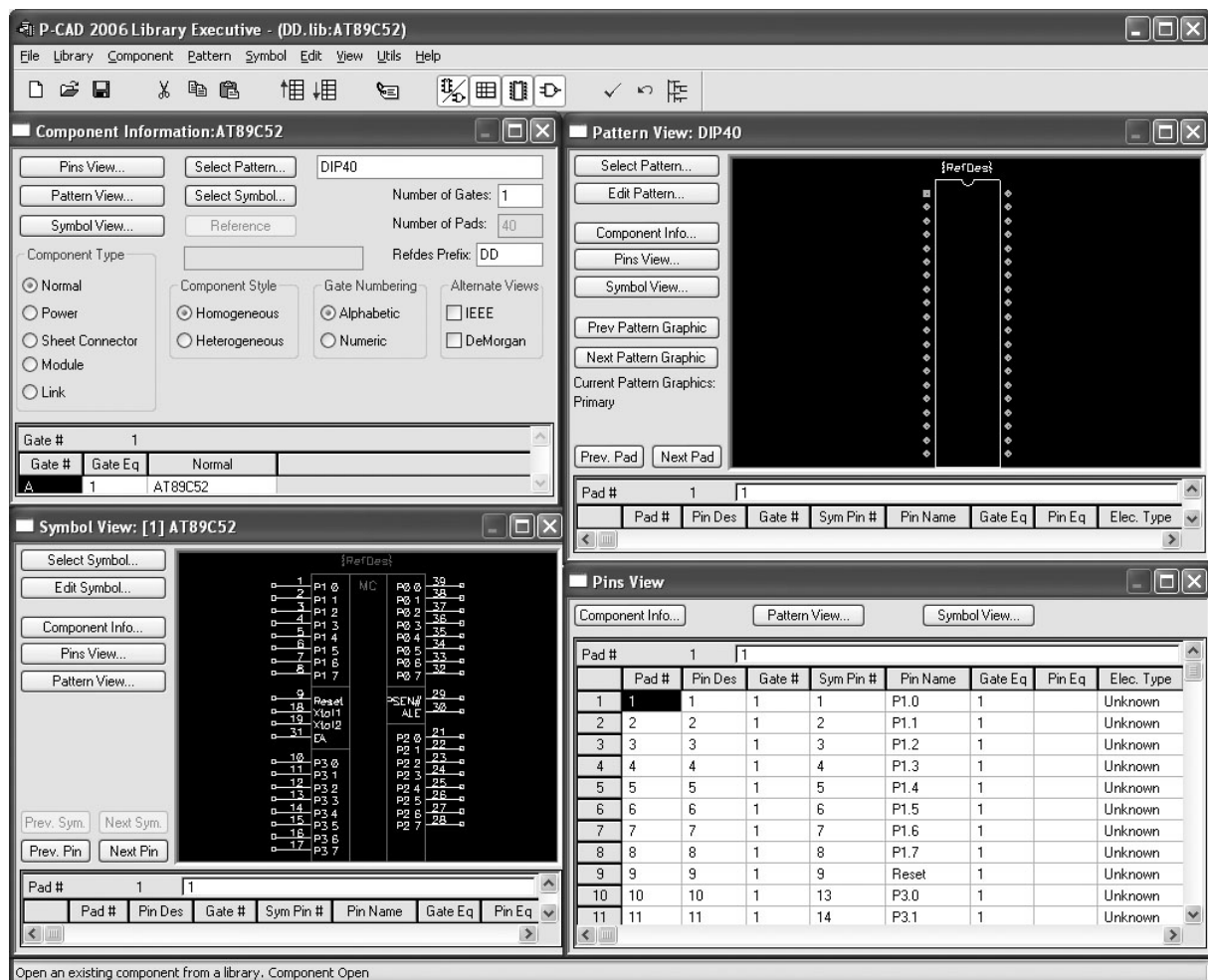


Рис.3.1. Интерфейс программы Library Executive с микросхемой AT89C52

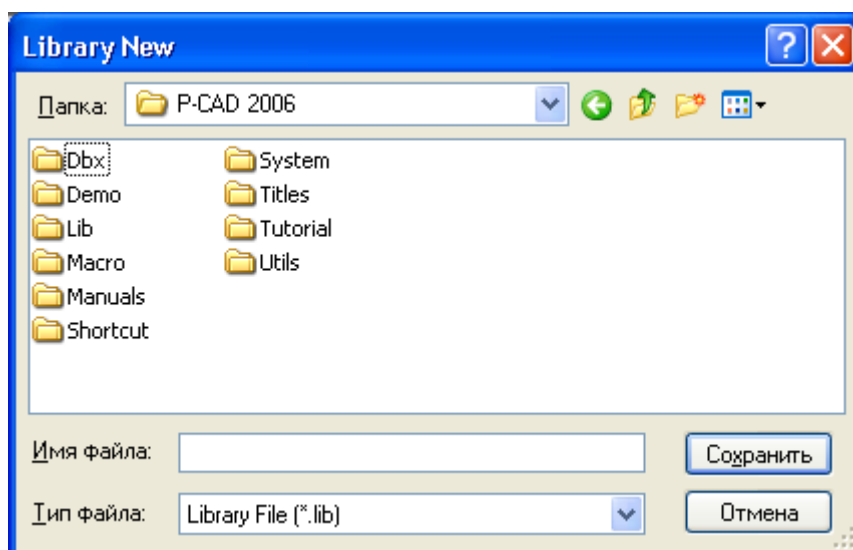


Рис.3.2. Создание новой библиотеки

2) Ввести все символы в библиотеку:

С помощью команды Symbol/Open открыть файл с расширением .sym.

Выбрав команду Symbol/Save (рис.3.3.) сохранить символ в свою библиотеку, указав путь (при сохранении флажок Create Component должен быть отключен) и ввести наименование компонента в поле Symbol.

Открыть следующий файл .sym и тоже сохранить его в библиотеку и т.д.

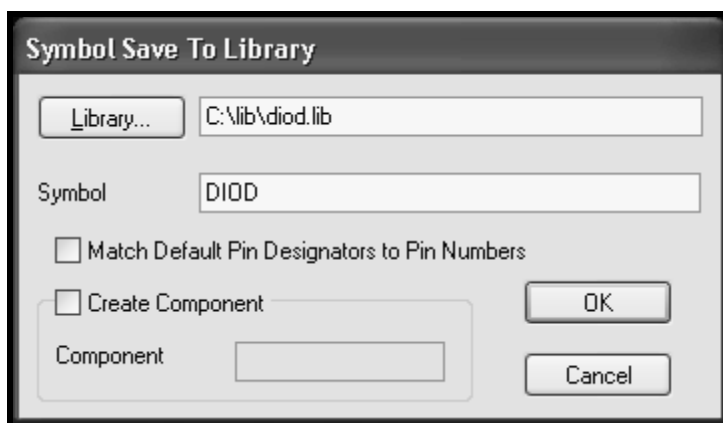


Рис.3.3. Сохранение символа в библиотеке

3) Ввести в библиотеку конструкторско-технологические образы (КТО) РЭК:

С помощью команды Pattern/Open открыть файл с расширением .pat.

Выбрав команду Pattern/Save (рис.3.4.) сохранить конструкторско-технологический образ в свою библиотеку (при сохранении флажок Create Component должен быть отключен) и ввести наименование компонента в поле Pattern.

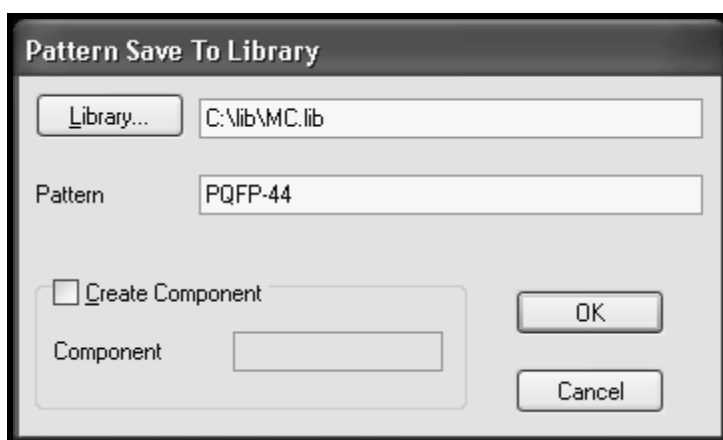


Рис.3.4. Сохранение КТО в библиотеке

Открыть следующий файл .pat и тоже сохранить его в библиотеку и т.д.

4) Выбрать команду Component/New и открыть свою библиотеку.

***НИЖЕОПИСАННУЮ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ
(ПУНКТЫ 5,6) НАРУШАТЬ НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ!***

5) Установить параметры в окне Component Information (рис.3.5.) в соответствии с типом РЭК:

- Number of Gates – количество секций (вентилей)
- Number of Pads – автоматическое отображение числа выводов РЭК при выбранном типе корпуса
- В поле Refdes Prefix заносится информация о буквенном обозначении РЭК в соответствии с ГОСТ 2.710 (см. главу IV)
- Component Type – тип компонента, для обычного РЭК – Normal, а для компонента питания (значок земли, корпуса) – Power
- Component Style – стиль компонента
 - Homogeneous однородный
 - Heterogeneous неоднородный (включающий различные секции в один корпус)
- Gate Numbering – способ именования логических секций или вентилей (не имеет принципиального значения)
 - Alphabetic буквенный
 - Numeric числовой (рекомендуется)

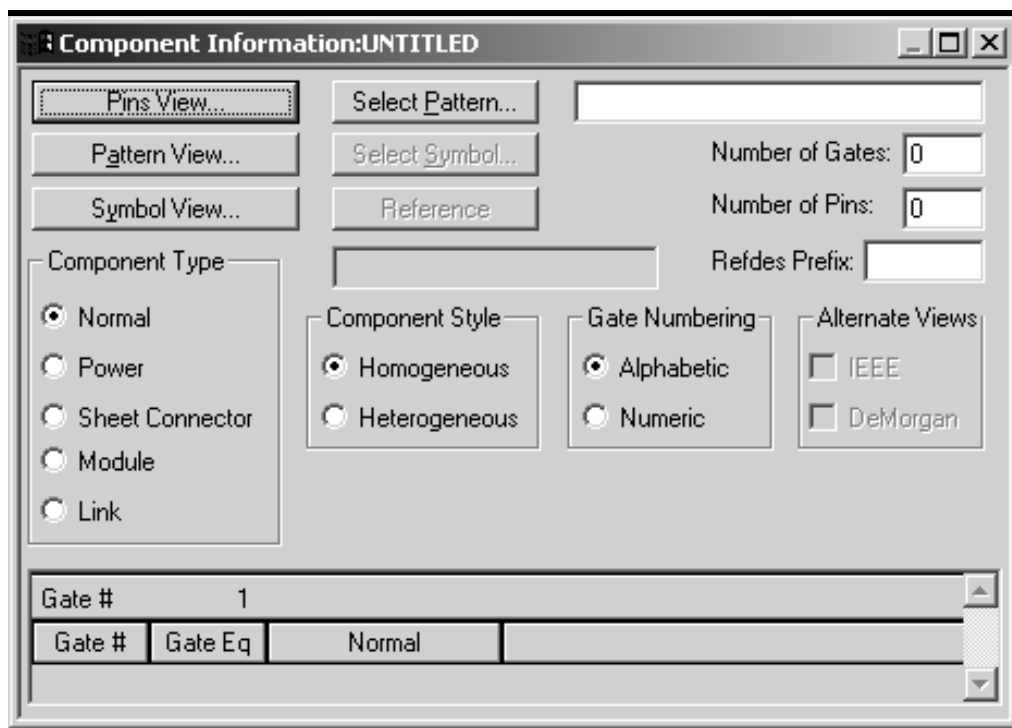


Рис.3.5. Основная информация о создаваемом компоненте

- В нижней части окна Component Information отображается таблица с именами (в соответствии с установкой Gate Numbering)

логических секций (Gate #), кодами логической эквивалентности секций (Gate Eq) и именами символов (Normal), соответствующими символьному изображению данной секции. Здесь необходимо установить эквивалентность в поле редактирования посредством установки курсора в столбец Gate Eq.

Эквивалентность – это электрическая взаимозаменяемость. Эквивалентность является поцифровой, т.е. если секции «А» и «В» с эквивалентностью «1» эквиваленты между собой, а секции «С» и «D» с эквивалентностью «2» – между собой, то секции «А» (или «В») и «С» (или «D») не эквивалентны между собой. Уникальной (невзаимозаменяемой) секции присваивается эквивалентность отличная от других. Однородные РЭК с несколькими логическими секциями имеют код логической эквивалентности всех секций «1» (например, вентили МС), РЭК с одной секцией имеет любую эквивалентность кроме «0».

Если стиль компонента – однородный, то эквивалентность автоматически будет одинаковой для всех секций компонента.

- Затем надо нажать кнопку Select Pattern и выбрать конструкторско-технологический образ РЭК. В правом верхнем поле окна Component Information автоматически выводится наименование конструкторско-технологического образа.
- После этого надо нажать кнопку Select Symbol и выбрать символ РЭК.

С помощью кнопок Pattern View и Symbol View можно отредактировать файлы .sym и .pat (при таком редактировании автоматически устанавливается дюймовый шаг координатной сетки, который необходимо изменить миллиметровый).

б) Посредством кнопки Pins View открыть таблицу выводов РЭК и заполнить ее (пример см. в приложении 1).

Содержимое выбранной ячейки отражается в служебной строке, в верхней части таблицы, где возможно редактирование (подобно электронной таблице Microsoft Excel).

В первую очередь надо заполнить последние три столбца: Gate #, Gate Eq, Pin Eq, Elec. Type. В случае если имена выводов не должны отображаться в принципиальной электрической схеме, то столбец Pin Name необходимо очистить. Если в МС имеются питающие выводы (земля, питание), то в столбце Pin Name необходимо ввести имена цепей (GND, +5V и т.д.). Данных операций достаточно для заполнения таблицы выводов несложных РЭК, поэтому можно перейти к п.7.

Описание таблицы выводов:

Pad #	номера КП (по порядку)

PinDes	номера выводов корпуса (соответствуют номерам выводов: Default Pin Des в файле .sym и Default Pin Designator в файле .pat)
Gate #	номера секций (по порядку, в соответствии с Gate # в окне Component Information), соответствуют посекционно Gate # в окне Component Information, если способ именования логических секций – числовой. Примечание: номер секции не указывается, если вывод никогда не будет задействован в принципиальной электрической схеме (такой вариант возможен в операционных усилителях, в ПЛИС)
Sym Pin #	номера выводов символа, которые соответствуют Pin Number в символе (в случае ошибки при проверке Component Validate, связанной с номерами выводов символа, надо удалить в данном столбце все значения, при этом номера в символе будут истинными и обозначаться красным цветом, затем ввести номера в таблицу в соответствии с символьным изображением, при правильном вводе номера в символе обозначаться белым цветом)
Pin Name	имена выводов, а также имена питающих цепей (если в столбце Gate # присутствует запись PWR)
Gate Eq	логическая эквивалентность секций, должна совпадать (посекционно) с Gate Eq в окне Component Information
Pin Eq	логическая эквивалентность выводов (внутри секции)
Elec. Type	электрический тип выводов (Unknown: нетиповой, Passive: пассивный, Input: входной, Output: выходной, Bidirectional: двунаправленный, Power: питание).
Логическая эквивалентность выводов задается аналогично эквивалентности секций, т.е. взаимозаменяемые выводы являются эквивалентными (например, входы в логических элементах И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ, выводы программируемых МС и др.).	

Для заполнения столбца Elec. Type необходимо:

- выделить одну из ячеек;
- нажать на кнопку в правой части служебной строки (с широкой стрелкой вниз);
- из выпавшего списка выбрать запись и щёлкнуть по ней мышкой, затем нажать Enter. Этот текст появится в ячейке столбца Elec. Type, а символьная запись (например, для Power – PWR) автоматически внесется в столбец Gate # (если ячейка не занята).

Обычно используют следующие типы выводов: входной, выходной, питающий, пассивный. Если выводы в символе расположены слева, они являются входными, если справа, то выходными.

Под питанием понимают все питающие цепи: «землю» (GND), +5В, -5В, +60В, -60В и т.д.

7) После заполнения таблицы выводов выполняется команда проверки Component Validate, при наличии ошибок может возникнуть необходимость редактирования (таблицы выводов, символьного изображения, конструкторско-технологического образа, полей в окне Component Information).

8) Затем компонент необходимо сохранить в библиотеке: Component/Save. Аналогичным образом необходимо описать в библиотеке все РЭК (начиная с п.4).

Контрольные вопросы.

1. В какой подпрограмме создается библиотека?
2. Какие бывают стили РЭК, в чем их отличие?
3. Что такое эквивалентность?
4. Что входит в состав библиотечного компонента?
5. С каким расширением сохраняются файлы библиотек, символьных изображений и конструкторско-технологических образов?
6. После описания РЭК в библиотеке, нужны ли еще файлы .sym и .pat?

Дополнительная лабораторная работа №4. Разработка схемы электрической принципиальной в САПР РСAD

Цель работы: Оформить принципиальную электрическую схему в графическом редакторе Schematic и сформировать список компонентов цепей (связей), используемый в топологии печатной платы.

Задание на лабораторную работу:

1. Р азместить и проименовать символы РЭК на рабочем поле.
2. В вести электрические связи и именовать цепи и шины.
3. З адать имена цепей входящих в жгуты (шины).
4. В вести цепи питания (+5V, gnd и т.д.).
5. С охранить принципиальную электрическую схему в виде файла с расширением .sch.

При оформлении принципиальной электрической схемы необходимо стремиться к минимальной длине соединений и к минимальному количеству изломов. Принципиальная электрическая схема оформляется в соответствии с ГОСТ 2.701 и ГОСТ 2.702 (см. раздел IV).

Рекомендуемые параметры шрифтов:

- Позиционные обозначения: Font – Quality, Height – 2мм, Thickness – 0,2мм, без галочки Allow True Type.

- Атрибуты объектов: Font – Quality, Height – 2,5мм, Thickness – 0,25мм, без галочки Allow True Type.
- Наименование портов: Font – Quality, Height – 1,5мм, Thickness – 0,1мм, без галочки Allow True Type.

Для создания принципиальной электрической схемы необходимо загрузить графический редактор Schematic и выполнить следующие действия:

- 1) Установить метрическую систему единиц:
Options/Configure – Units: mm.
- 2) Установить шаг координатной сетки: 2,5.
- 3) Установить привязку к сетке View/Snap to Grid.
- 4) Подключить библиотеку с помощью команды Library/Setup (рис.4.1.). Нажать кнопку Add и открыть свою библиотеку, затем нажать кнопку OK.

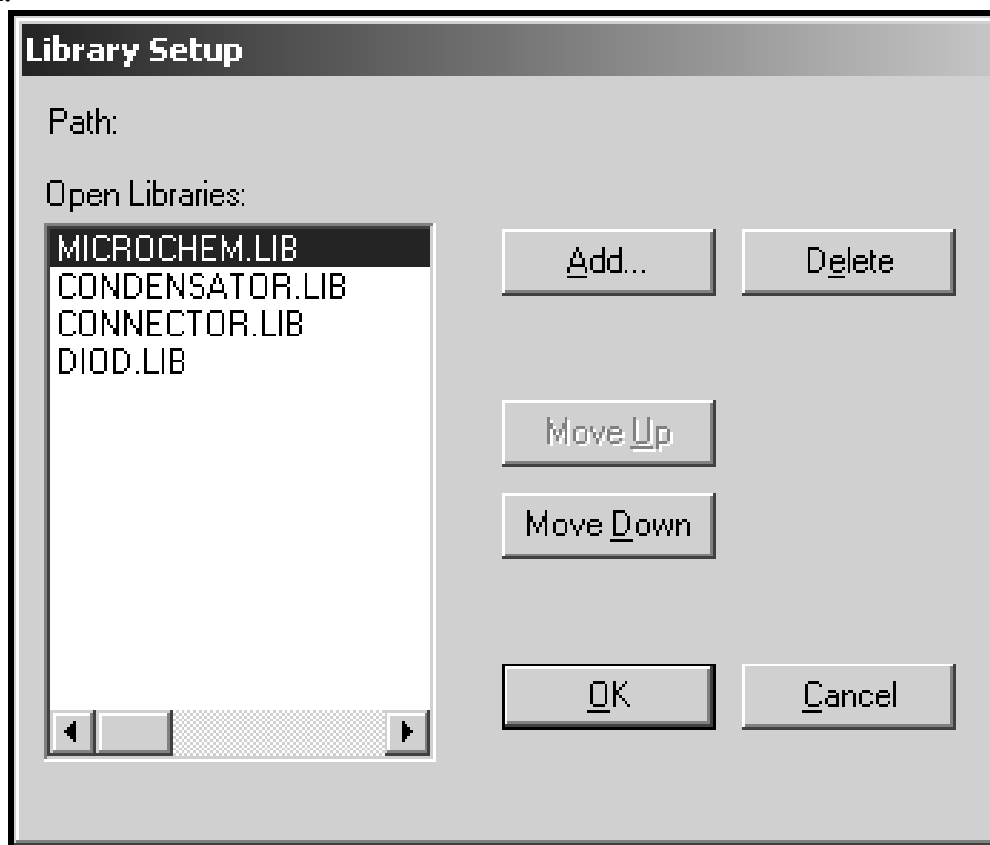


Рис.4.1. Подключение библиотек

- 5) Разместить символы с помощью команды Place Part (рис.4.2.), выбрав в своей библиотеке необходимый символ. При этом необходимо соблюдать нумерацию позиционных обозначений РЭК: сверху вниз и слева направо.

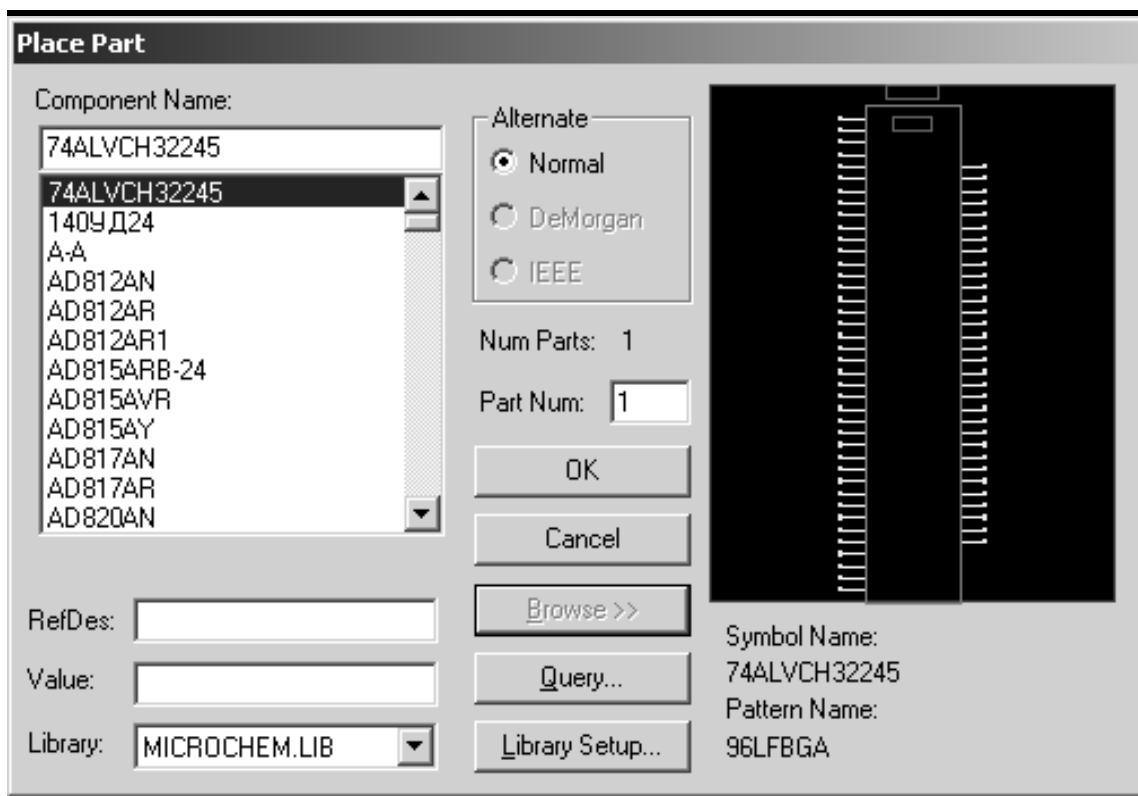


Рис.4.2. Размещение символов на ПЭС

- 6) Ввести электрические цепи. Командой Place Wire вводятся проводники, а командой Place Bus – жгуты, шины. Толщина соединений 0,2 мм, ее можно установить с помощью команды Options/Current Wire (User). Шины автоматически изображаются линией толщиной 0,76. При подсоединении проводника к шине происходит автоматическое подключение к шине, а при ведении шины вдоль проводников соединение произойдет только после именованя цепей. При подключении проводника к шине автоматически добавляется излом под углом в 45°, стиль которого определяется в окне конфигурации параметров дисплея Options/Display. Редактирование проводника – введение дополнительной точки излома осуществляется с помощью команды Rewire Manual на системной панели («взяв» мышью цепь разместить точку излома в нужном месте, можно ввести подряд несколько точек излома, для отмены нажать Esc); переместить или удалить точку изгиба можно следующим образом: выделить проводник, «взять» мышью точку излома и подвинуть ее на другое место, либо к другой точке излома. Недействующие выводы РЭК и недоведенные связи обозначаются желтыми квадратиками. Необходимо проверить, чтобы в местах соединения (двух или более связей, проводника и контакта РЭК) не было желтых квадратиков. При необходимости изменить шаг (в случае непопадания в точку соединения).
- 7) Имена цепей входящих в жгут задаются командой Place Port (рис.4.3).

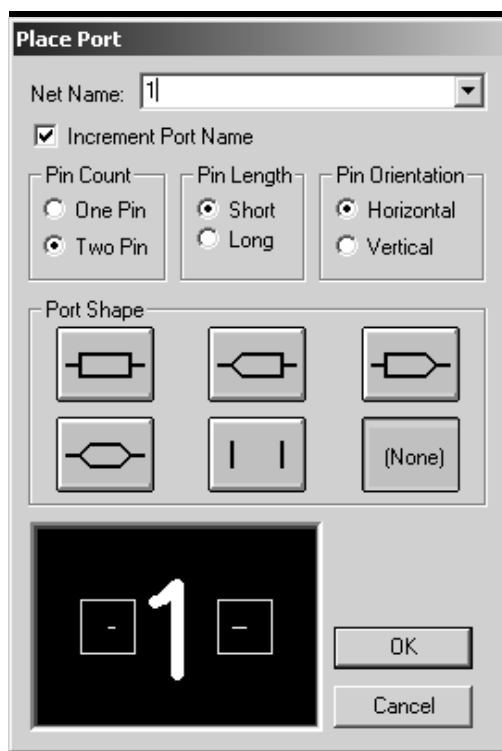


Рис.4.3. Параметры порта

Существует несколько вариантов выполнения именования порта, однако требованиям ГОСТ удовлетворяет только один: Pin Count – Two Pin, Pin Length – Short, Pin Orientation – Vertical или Horizontal (в зависимости от расположения на схеме), Port Shape – (None), в графе Net Name задается имя цепи, флажком Increment Net Name включается автоматическое увеличение номера вводимой цепи на единицу.

- 8) Для обозначения цепи питания «GND» необходимо создать компонент библиотеки типа Power (см. приложение 2). Для обозначения других цепей питания используется порт с параметрами: One Pin, Short, Horizontal (или Vertical), Port Shape – (None).
- 9) Последовательная нумерация позиционных обозначений выполняется с помощью команды Utils/Renumber (рис.4.4.), где необходимо установить следующие параметры: Type – RefDes, Direction – Left to Right, RefDes – Auto Group Parts, Starting Number – 1, Increment Value – 1. Далее нужно разместить позиционные обозначения справа или над РЭК. Выделение позиционного обозначения возможно при нажатой клавише Shift.
- 10) Для всех РЭК надо вывести номера выводов подключенных к питанию (в виде таблицы), для этого используется команда Place Table на панели документов (при необходимости включить видимость панели документов – DocTool Toolbar). В окне Place Table (рис.4.5.) указать: Table Type – Power Table, в зоне Pins to Include отметить Hidden pins only, в зоне Component to Include выбрать All Components, нажать OK.

Затем расположить таблицу на свободном месте (при этом может возникнуть необходимость отдалить изображение).

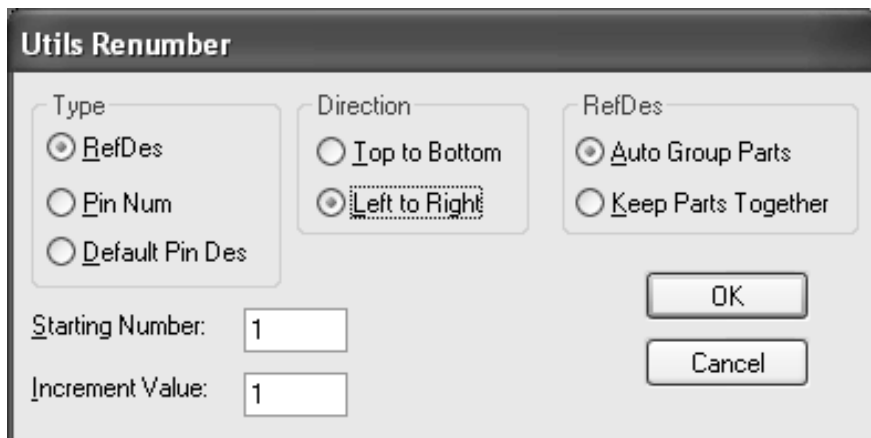


Рис.4.4. Переименование позиционных обозначений

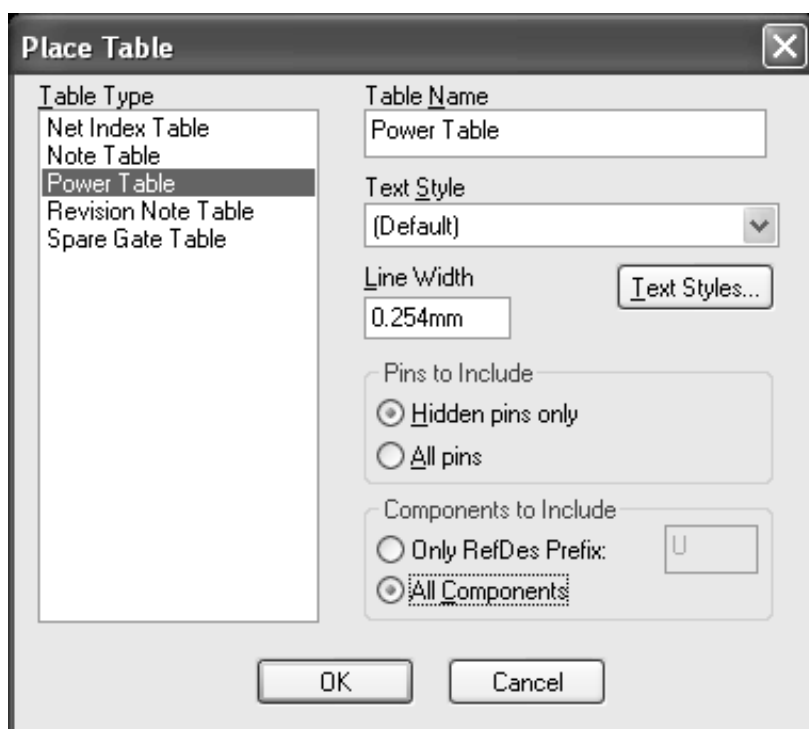


Рис.4.5. Размещение таблицы выводов питания

- 11) Проверка схемы выполняется с помощью команды Utils/Erc. Необходимо установить параметры в соответствии с рис.4.6. После проверки надо выбрать команду Utils/Find Errors, и, перебирая поочередно ошибки в поле Error Number и нажимая кнопку «Jump To» (при этом курсор перемещается на конкретное местоположение ошибки), исправить все ошибки. После исправлений проверку осуществить заново. Если установить галочку View Report, то после проверки появится отчет.

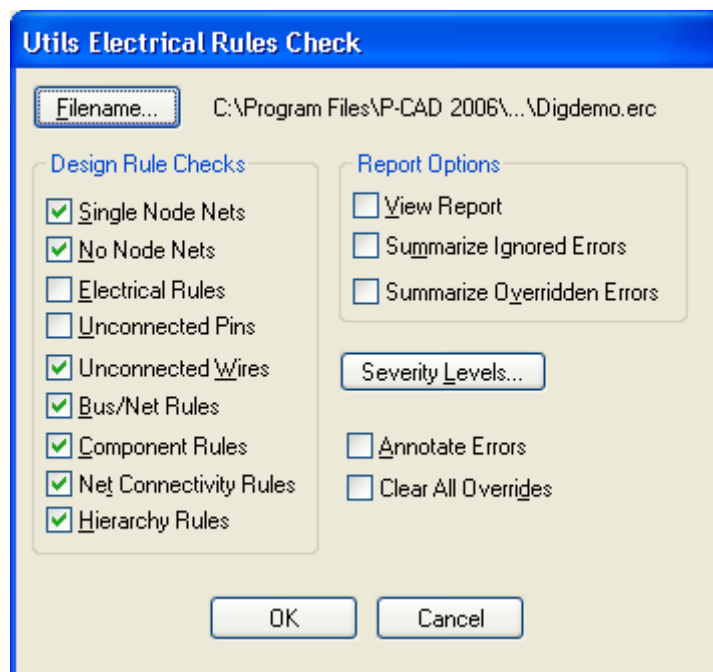


Рис.4.6. Проверка ERC

- 12) Генерация списка соединений для возможности дальнейшего проектирования осуществляется с помощью команды Utils/Generate Netlist (рис.4.7.). Кнопка Netlist Filename позволяет задать имя файла списка цепей. Формат списка цепей (Netlist Format) необходимо задать – P-CAD ASCII. Флажок Include Library Information рекомендуется установить, для того чтобы в файл была включена информация для менеджера библиотек.

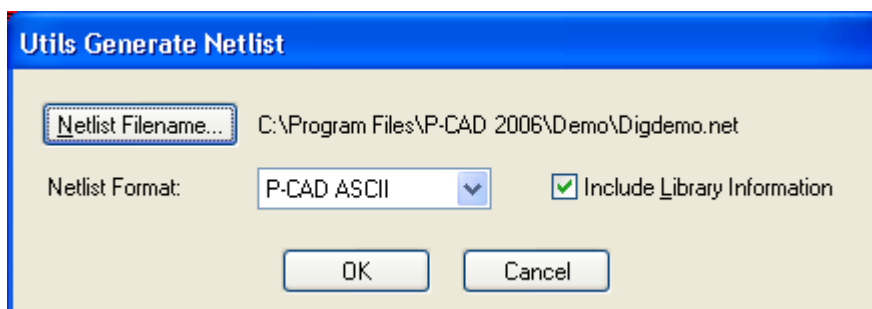


Рис.4.7. Генерация списка соединений

- 13) Сохранить файл.

Контрольные вопросы.

1. Какие данные необходимы для оформления схемы?
2. Для чего на схеме используются шины, могут ли они пересекаться?
3. В какой подпрограмме создается принципиальная электрическая схема?
4. Какие команды используются при оформлении схемы?
5. На чем основывается выбор шага координатной сетки при оформлении схемы?

Дополнительная лабораторная работа №5. Конструирование печатных плат в САПР PCAD

Цель работы: 1. Разработать начальную топологию печатной платы.
2. Окончательно проработать топологию печатной платы – растрассировать проводники.

Задание на лабораторную работу:

1. **Создание конструктива ПП, упаковка данных и размещение РЭК на печатной плате.**
 - 1.1 Создать конструктив печатной платы.
 - 1.2 Упаковать РЭК на ПП с подключенными соединителями (связями).
 - 1.3 Разместить РЭК на печатной плате.
 - 1.4 Оптимизировать связи между РЭК.
 - 1.5 Сохранить начальную топологию ПП как файл с расширением *.pcb (проект.pcb).
2. **Трассировка соединений**
 - 2.1 Вручную растрассировать проводники питания шириной 1 мм (с учетом ориентации проводников).
 - 2.2. Автоматически развести остальные проводники в системе SPECCTRA.
 - 2.3 Проверить топологию на DRC-ошибки.

5.1. Создание конструктива ПП, упаковка данных и размещение РЭК на печатной плате.

Для разработки топологии необходимо загрузить графический редактор PCB и выполнить следующие действия:

- 1) Установить метрическую систему единиц: Options/Configure – Units: mm.
- 2) Установить шаг координатной сетки: 2,5.
- 3) Установить привязку к сетке View/Snap to Grid.
- 4) Подключить библиотеки с помощью команды Library/Setup.
- 5) Загрузить список РЭК и электрических связей в топологию командой Utils/Load Netlist (рис.5.1.). В окне команды Load Netlist необходимо выбрать свой файл списка соединений, установив формат P-CAD ASCII. Все флажки рекомендуется отключить. Все РЭК размещаются над конструктивом ПП, и если конструктив находится вверху рабочего

пространства, то появится сообщение об ошибке. В этом случае нужно либо сместить конструктив вниз, либо увеличить размер рабочего пространства (Workspace Size) с помощью команды Options/Configure.

- 6) Установить шаг координатной сетки: 10 (если размер ПП кратный 10).
- 7) Начертить контур ПП толщиной 0,2 мм в слое Board с помощью команды Place Board Outline. При отсутствии требований размер ПП выбирается необходимым и достаточным для размещения всех компонентов и проводников (с учетом зазоров). Размер ПП можно рассчитать, используя стандартные методики расчета.
- 8) Размещение компонентов на плате. Существует возможность автоматического размещения РЭК (например, в программе SPECCTRA), но оно абсолютно непригодно для оптимального проектирования ПП. Автоматическое размещение на практике может использоваться для анализа возможности трассировки РЭК на ПП определенного размера. Для изготовления ПП (особенно при серийном производстве) размещение РЭК производят вручную. При выполнении Практических работ рекомендуется размещать компоненты в верхнем слое платы. Задача размещения РЭК на ПП заключается в том, чтобы будущие печатные проводники были наиболее короткими (для лучшего прохождения сигнала), и количество ПО было минимальным. Для этого компоненты с общими связями располагают рядом,



Рис.5.1. Загрузка списка соединений в топологию

с учетом количества общих связей. При размещении нужно располагать РЭК так, чтобы оставалось место для проводников, но не было впоследствии пустого места на ПП (т.е. необходимо экономить место на плате). Сначала размещают крупные элементы (МС, трансформаторы, разъемы и др.), а затем мелкие (конденсаторы, резисторы и др.). Размещение РЭК определяет результаты трассировки, поэтому рекомендуется тщательно изучить связи и в соответствии с этим сделать оптимальное размещение. При размещении удобно выделять, подсвечивать, раскрашивать связи, это возможно посредством команды Edit/Nets (рис.5.2.), где сначала надо выделить связи, затем произвести какое-либо действие над ними. Описание кнопок в окне Edit/Nets: Show Conns -показать, Hide Conns -скрыть, Highlight -подсветка, Unhighlight -убрать подсветку, Select -выделить; Set All Nets -выбрать все (связи из списка), Clear All Nets -снять выделение (связей в списке), выбор отдельных связей производится непосредственно в списке (стандартно для Windows). P-CAD-2006 позволяет задавать индивидуальный цвет для каждой цепи. При этом такие элементы как контактные площадки, переходные отверстия и участки металлизации, подсоединенные к этой цепи, приобретут цвет, указанный для цепи. При необходимости, всегда можно перейти на «общий» цвет, указанный в настройках отображения.

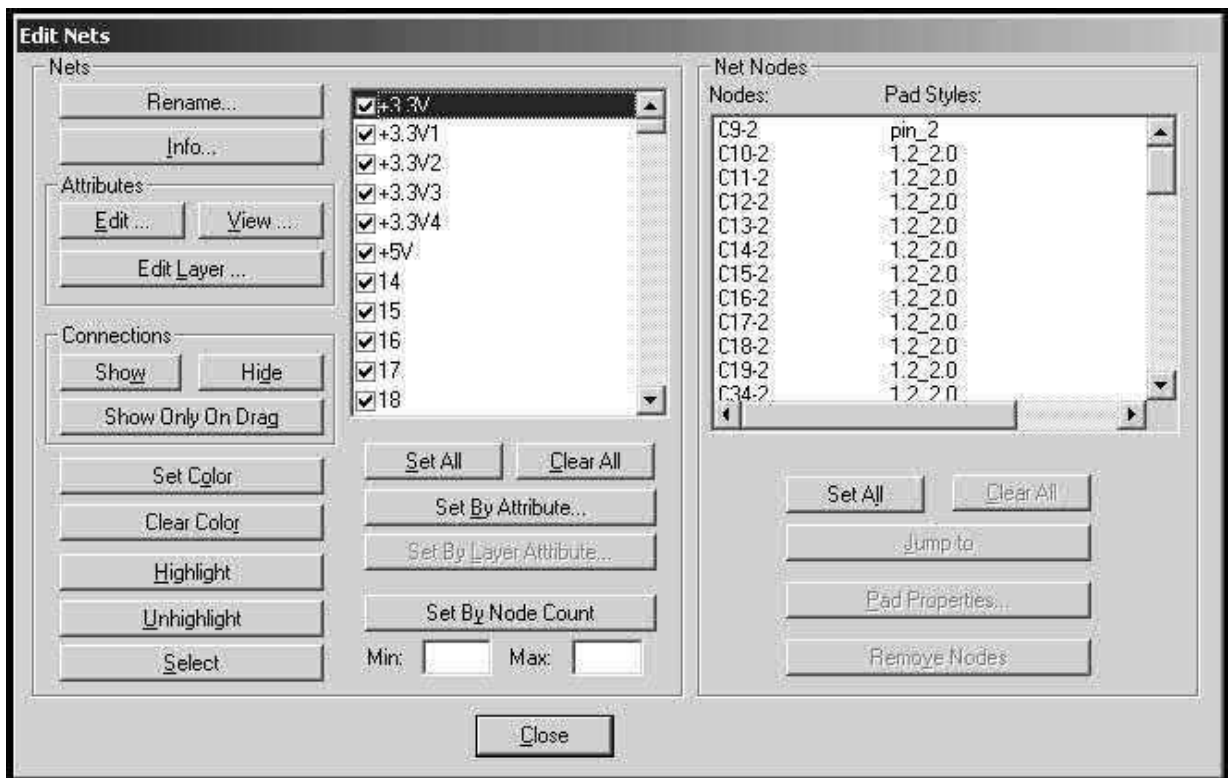


Рис.5.2 Параметры электрических связей

Фильтрующие емкости (по питанию) необходимо устанавливать как можно ближе к микросхемам, при этом длины цепей идущие от выводов

МС к конденсатору должны быть минимальны. Для размещения РЭК используют следующие действия: перетаскивание с помощью мыши, разворот объекта (клавиша «R»), перенос компонента на другую сторону платы (клавиша «F»). Рекомендуемые зазоры: между элементами – 1,25 мм, от края платы – 5мм.

- 9) После предварительного размещения надо сохранить файл в формате данных ASCII.
- 10) Оптимизация электрических связей. Данная операция проводится перед началом трассировки соединений с целью минимизации общей длины физических связей между РЭК и минимизации плотности связей. Предварительно необходимо нажать кнопку Record ECOs на панели инструментов и включить видимость всех связей посредством команды Edit/Nets. Выбрать команду Utils/Optimize Nets и установить параметры как показано на рис.5.3.

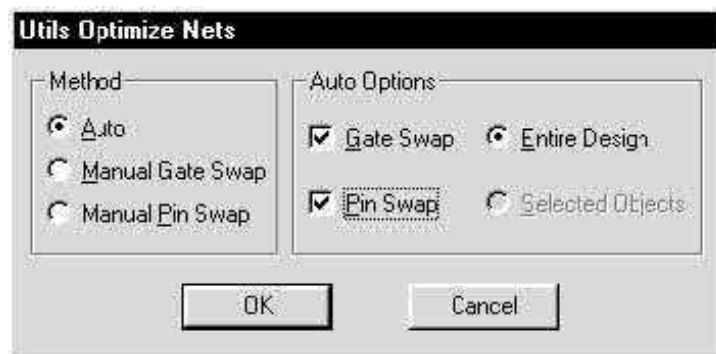


Рис.5.3. Параметры оптимизации электрических связей

После нажатия кнопки ОК появится сообщение о том, что данная операция необратима, и запрос о продолжении; после утвердительного ответа начнется процесс минимизации. Когда программа выполнит работу (появится надпись «Net Optimize Complite») необходимо зафиксировать для отчета (курсового проекта) следующие данные расположенные в зоне Cumulative Status: число переставленных вентилях - Numbers of gates Swapped, число переставленных выводов -Numbers of pins Swapped, общая длина цепей до оптимизации - All net total length before, общая длина цепей после оптимизации - All net total length after, относительное изменение общей длины цепей после оптимизации - All net total length changed. Затем закрыть окно с результатами. Далее сохранить файл под другим (!) именем; в конце сохранения откроется окно, в котором с помощью кнопки «ECO Filename» надо задать имя файла изменений (с расширением .eco) и нажать кнопку «Append ECOs to File». Теперь необходимо внести изменения в схему. Для этого надо открыть схему. Выбрать команду Utils/Import ECOs, выбрать файл изменений с помощью кнопки «ECO Filename» и нажать кнопку ОК. Изменения вносятся в схему только при

полном соответствии sch-файла pcb-файлу до изменений (по типам РЭК и связям).

*При возникновении ошибок надо проверить pcb-файл (начальный файл, безоптимизации связей) на соответствие со схемой, используя команду `Utils/Compare Netlist`. В окне `Netlist Compare` посредством кнопки `NetlistFilename` указать путь к файлу списка цепей (с расширением `.net`), а в зоне `Attributes` выделить категории `Component` и `Net` и, нажав кнопку `>>` переместить их в окно `Compare`. При наличии ошибок, выводится сообщение об ошибке и предлагается их просмотр, нажатие кнопки «Да» выводит отчет об ошибках, которые необходимо исправить. После исправления ошибок надо сделать проверку снова. Сообщение «*Nets are identical*» говорит о соответствии списка в файлах `.pcb` и `.sch`. После этого надо провести оптимизацию заново.*

При корректном внесении изменений в схему появится сообщение: `Importing ECO file completes successfully`. После внесения изменений надо сохранить файл `.sch` (рекомендуется с новым именем). Как правило, на данном этапе файл `.sch` приходится редактировать, т.к. после внесения изменений на схеме появляется множество портов, которые затрудняют чтение схемы, а также надписи и порты могут быть наложены друг на друга. Необходимо придать схеме удобочитаемый вид.

5.2. Трассировка соединений.

Трассировка электрических связей подразумевает создание наглядного изображения будущих печатных проводников. При проведении связей нельзя пересекать проводники в одном слое и «чуждые» (не подключенные к данной цепи) переходные отверстия (ПО) и КП. Задача трассировки: провести наиболее короткие проводники с минимальным количеством ПО. Трассировку цепей питания производят вручную, для разводки остальных проводников используют программу автотрассировки (после того, как проведены проводники питания). При трассировке необходимо соблюдать ориентацию проводников в различных слоях. Чтобы не корректировать параметры автотрассировщика рекомендуется использовать следующую ориентацию: проводники в верхнем слое (Top) платы направлены горизонтально, в нижнем (Bottom) – вертикально.

Рассмотрим на примере эффект соблюдения ориентации. В примерах сплошной линией обозначены проводники в нижнем слое, пунктирной – в верхнем, не закрашенные кружки – отверстия под ножки штыревого РЭК, закрашенные кружки – ПО. При трассировке проводников для соединения шести штыревых МС в три этапа (1 этап – попарное соединение D2 и D5, 2 этап – D3 и D4, 3 этап – D1 и D6) возможный результат представлен на рис.5.4. В

данном случае трассировка осуществлялась без соблюдения ориентации. В результате образовалось шесть ПО.

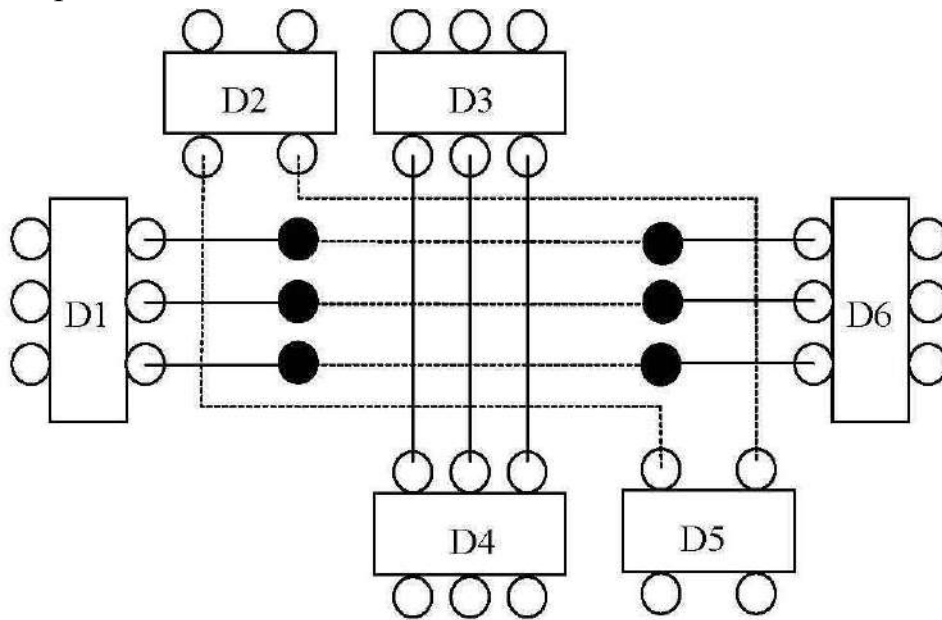


Рис. 5.4 Пример трассировки без соблюдения ориентации проводников

При соблюдении ориентации проводников вариант трассировки может выглядеть так, как показано на рис.5.5.

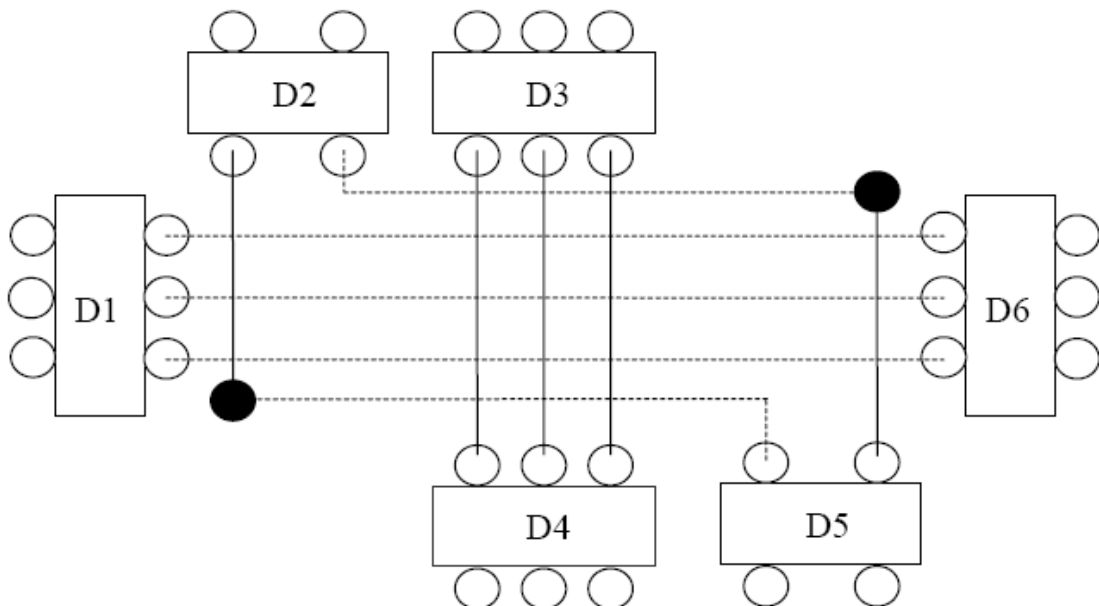


Рис. 5.5 Пример трассировки без соблюдения ориентации проводников

В результате соблюдения ориентации количество ПО уменьшилось на 4. Это позволяет более свободно прокладывать другие проводники, уменьшать количество операций при изготовлении платы и экономить материалы на металлизацию отверстий.

Ориентация проводников при подходе к планарным КП иная: все проводники идущие параллельно ряду КП проводятся с противоположной

стороны установки данного компонента, для того чтобы оставалось место для выхода проводников с КП. Пример подхода к РЭК поверхностного монтажа представлен на рис.5.6.

Необходимо понимать, что из-за маленького кусочка проводника не стоит увеличивать количество ПО ради соблюдения строгой ориентации. Но на начальном этапе (при ручной разводке питания) лучше пусть будет больше ПО (которые можно будет убрать при заключительном редактировании), чем возникновение трудностей при автотрассировке, которые могут привести к плохому результату работы автотрассировщика и трудоемкости ручной «доработки».

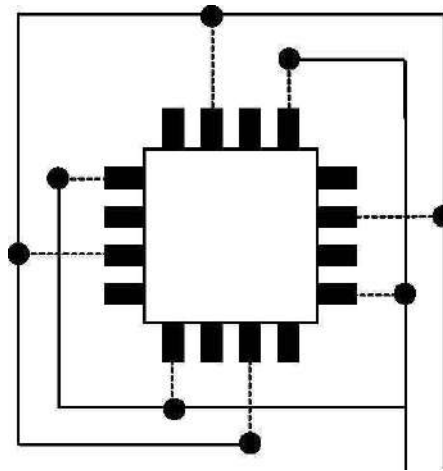


Рис.5.6. Пример трассировки проводников при подходе к планарным КП

Технологические параметры ПП: Ширина всех проводников, за исключением проводников питания – 0,3мм. Ширина проводников питания – 1мм, исключая подходы к КП РЭК, ширина которых менее 1мм (в этом случае ширина проводника определяется шириной КП). Минимальный зазор между объектами (КП, проводниками, ПО) – 0,2 мм, зазор между каким-либо из этих объектов и краем ПП – 3мм.

Перед трассировкой необходимо ввести классы цепей. Для этого в меню Options выбирается команда Net Classes, затем в поле Class Name надо ввести имя класса цепей (например, power) и нажать кнопку Add. Далее в зоне «Unassigned Nets» отмечаются все питающие цепи и посредством кнопки ←Add переносятся в зону «Nets in this Class» (тем самым формируя класс цепей «power»).

Для трассировки необходимо запустить систему SPECCTRA; при работе системы SPECCTRA работа в P-CAD невозможна; для запуска системы SPECCTRA в P-CAD должны быть закрыты все файлы, кроме рабочего. Запуск SPECCTRA производится командой Route/Autorouters. В открывшемся окне необходимо указать программу автотрассировки – Autorouter: SPECCTRA, после этого нажать кнопку «Start». Не обращая внимания на предупреждения продолжать работу – нажимать кнопку «Да». После запуска SPECCTRA

закрыть окно с предупреждениями. Для трассировки в программе SPECCTRA должна быть нажата кнопка «Route Mode», которая находится слева на инструментальной панели.

Примечание. При первом запуске SPECCTRA в окне Route Autorouters надо нажать кнопку «Command Line» и в открывшемся окне снять флажок «Quitwhen done».

5.2.1. Ручная трассировка цепей питания в системе SPECCTRA.

Сначала необходимо задать ширину проводников и минимальные зазоры для класса питающих цепей. Для этого в меню Rules надо выбрать команду Class, подкоманду Clearance. В поле Wire Width установить значение 1, а в поле All – 0.2, затем нажать кнопку Apply, а потом OK.

Далее необходимо развести (проложить) цепи питания. Для этого используют набор команд для интерактивной трассировки располагающийся на панели инструментов Tools: Edit Route – создание и редактирование проводников; Move – перемещение проводников; Delete Segment – удаление сегмента проводника и другие команды.

Приближение изображения в окне осуществляется выделением необходимой области: отметить нижний угол воображаемого прямоугольника и, удерживая среднюю кнопку мыши, переместить мышь в верхний противоположный угол прямоугольника; а отдаление изображения производится посредством перемещения мыши при нажатой средней кнопке в направлении сверху вниз. В меню View/Zoom команды In и Out также предназначены для приближения и отдаления изображения. Для этих (и других) команд можно назначить горячие клавиши в меню Define/Keys. Посредством нажатия на «+» (в левом столбце) добавляется новая строка. В поле Key необходимо ввести горячую клавишу. Для примера можно нажать клавишу «+», при этом в поле Key появится «+», а в поле Modifier появится надпись None. Затем ввести команду в поле «This key's definition» – zoom in. Таким образом назначается горячая клавиша «+» для приближения изображения. Аналогично назначается горячая клавиша «-» для команды zoom out.

Проводник начинают вести от любой КП (в данном случае с той, которая подключена к gnd или +5v), и заканчивают на другой КП, подключенной к этой же цепи. При этом можно выделить цепь с помощью команды Select/Nets/By list, где выбирается необходимая связь (например, gnd) и нажимается кнопка «OK». Выбрав команду «Edit Route» надо щелкнуть левой кнопкой мыши по КП и указывать с помощью мыши направление проводника, в точках излома тоже щелкать левой кнопкой мыши, а для завершения отметить щелчком конечную КП (подключенную к той же цепи, что и первая КП). Для перехода с одного слоя на другой необходимо дважды щелкнуть на проводнике в одной точке (либо нажать правую кнопку мыши и выбрав «Add Via» выбрать другой

слой).

При создании проводников нажатие правой кнопки мыши позволяет: довести автоматически проводник (с помощью команды «Finish Route»), отменить действие (Undo), изменить ширину проводника (Use Width), отменить создание проводника (Cancel). По окончании разводки цепей питания необходимо проверить, все ли КП подключенные к цепям питания соединены между собой проводниками. Для этого надо выбрать команду «Select Net» расположенную на панели инструментов Tools, отметить цепь и приближая отдельные фрагменты просмотреть всю плату на соединения (если таким образом не удастся найти разрыв проводников, то места разрыва определяют в системе P-CAD с помощью команды DRC – см. п.4). На данном этапе рекомендуется сохранить файл. Для этого необходимо выйти из системы SPECCTRA, сохраняя файл (Save and Quit), в результате файл откроется в P-CAD с новым именем (автоматически к начальному имени файла прибавляется буква R). Далее надо сохранить файл в системе P-CAD (в формате данных ASCII).

5.2.2. Автоматическая трассировка.

Запустить систему SPECCTRA. Для того чтобы программа автоматической трассировки не изменяла разводку цепей питания, их (цепи) необходимо зафиксировать. Выбрать команду Edit/[Un]Fix Nets By Class List. В поле Classes выделить класс power, в зоне Action отметить Fix. Нажать OK. Далее надо задать параметры автотрассировки. В меню Rules выбрать команду PCB, подкоманду Clearance. В поле «Wire Width» установить значение 0.3, а в поле All – 0.2, затем нажать кнопку Apply, а потом OK. Выбрать команду Autoroute/Route. В зоне Smart установить минимальный шаг сетки для проводников и ПО: Minimum Via Grid – 0.01, Minimum Wire Grid – 0.01. Все остальные флажки снять. В зоне Basic задать количество проходов трассировки: Passes – 10, затем нажать кнопку OK. После окончания работы автотрассировщика (слева внизу загорится зеленая кнопка «Idle») справа внизу в строке параметров будут отражены результаты работы: количество неразведенных связей (Unconnects), количество конфликтов (Conflicts), процент автотрассировки (Completion). Эти данные зафиксируются в файле monitor.sts, который будет расположен в той же директории, что и проектный файл.

В заключении с помощью команд интерактивной трассировки, необходимо довести неразведенные связи, устранить конфликты (которые выделены желтым цветом) и подредактировать созданные в процессе трассировки проводники (убрать лишние ПО и, по возможности, уменьшить длины проводников). Затем выйти из системы, сохраняя файл (Save and Quit), и сохранить файл в P-CAD (в формате данных ASCII).

5.2.3. Расстановка позиционных обозначений.

Выделение позиционного обозначения производится при нажатой клавише Shift. Располагают обозначения внутри РЭК, либо справа (шрифт: Font – Quality, Height – 2мм, Thickness – 0,2мм, без галочки Allow True Type).

5.2.4. Проверка на DRC-ошибки.

Для проверки технологических параметров необходимо выбрать команду Utils/DRC, и задать DRC-параметры, как показано на рис.5.7. А также задать правила проверки посредством нажатия кнопки «Design Rules». Во вкладке Design с помощью кнопки Properties изменить свойства: Silkscreen Clearance – 1.25mm; Hole To Hole Clearance – 0.2mm; Board Edge Clearance – 3mm. Во вкладке Layer: во всех полях (Pad to Pad, Pad to Line, Line to Line, Pad to Via, Line to Via, Via to Via) установить зазоры 0.2mm, затем нажать кнопку Update. Установить зазоры для обоих слоев (Top и Bottom). Закрыть окно «Options Design Rules» и в исходном окне «Utils Design Rule Check» нажать кнопку OK. В окне «Netlist Compare» посредством кнопки «Netlist Filename» указать путь к файлу списка цепей (с расширением net), а в области Attributes выделить категории «Component» и «Net» и, нажав кнопку >>, переместить их в область Compare.

После окончания проверки необходимо открыть окно ошибок посредством команды Utils/Find Errors. Посредством нажатия кнопки «Jump To» курсор перемещается на конкретное местоположение ошибки. Необходимо исправить все ошибки, выбирая их поочередно в поле «Error Number». Ошибки могут быть следующего рода: несоответствие со схемой (электрические соединения), узкие места (зазоры меньше установленных), неразведенные связи. Все ошибки отмечены специальными маркерами, которые исчезнут только после исправления и повторной проверки. Для удобства исправления некоторых ошибок удобно открыть в текстовом редакторе файл отчета report.drc (который расположен в рабочей директории). Если имеется много ошибок, для исправления которых понадобится трудоемкое редактирование проводников, то удобнее будет загрузить систему SPECCTRA, и редактировать там. А если немного, то исправить их (ошибки) можно непосредственно в P-CAD используя набор команд для интерактивной трассировки. При редактировании в P-CAD рекомендуется включить проверку «Online DRC» посредством команды Options/Configure, где необходимо задать параметры и свойства подобно обычной проверке DRC, описанной выше. Шаг координатной сетки рекомендуется выбрать 0,25мм. Для доведения связей необходимо включить панель «Route Toolbar» (если она не включена). Для обычной трассировки используются две команды: «Route Manual» – ручная трассировка и «Route Interactive» – интерактивная трассировка с использованием

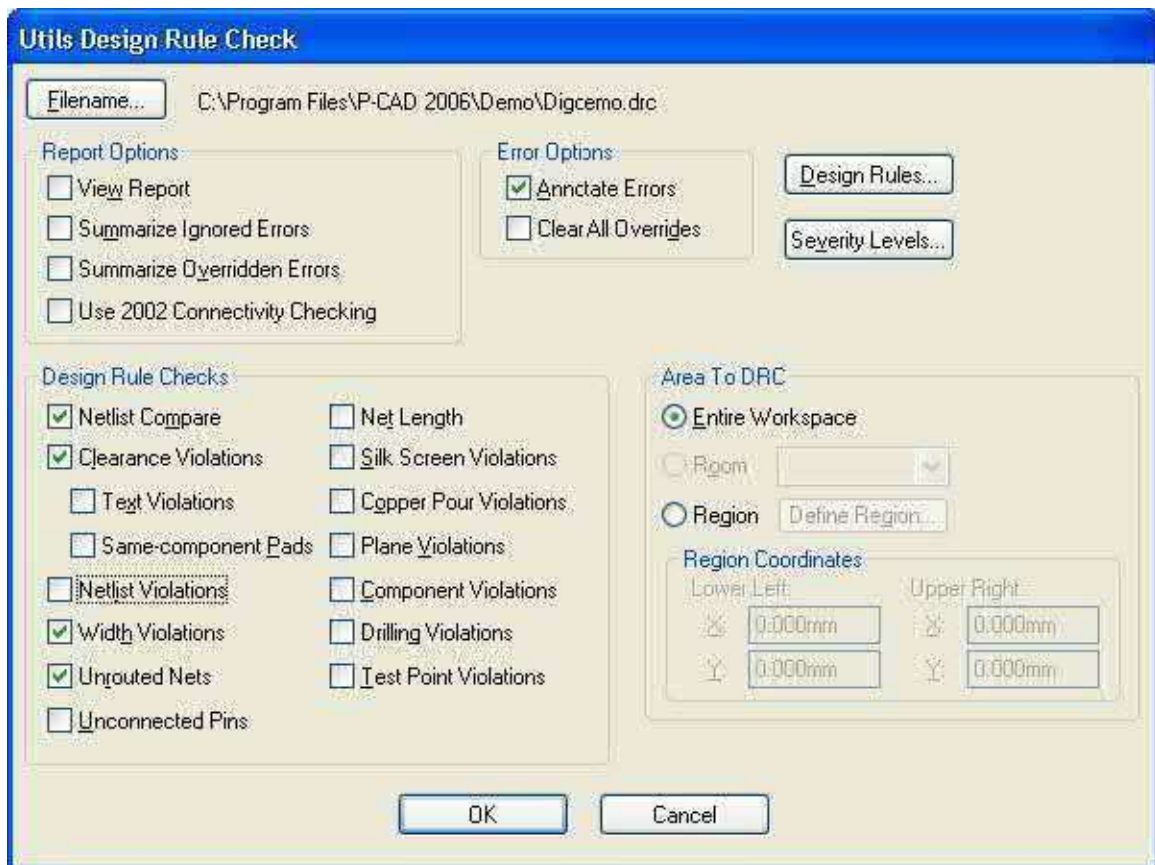


Рис.5.7. Проверка на DRC

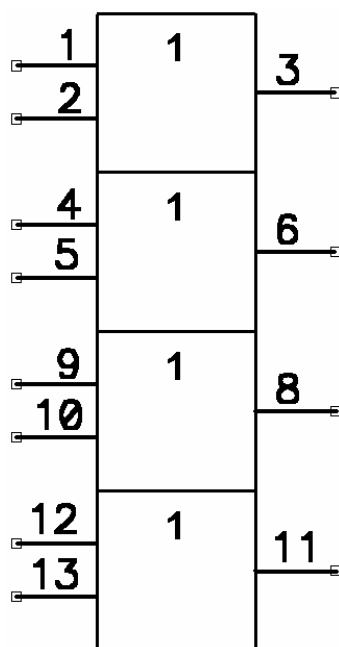
автоматического огибания препятствий и автоматическим завершением трассы. Добавление точек изгиба производится с помощью этих же команд. Проводить проводники можно только при активации какого-либо сигнального слоя (в строке состояний). При переходе на другую сторону платы необходимо при проведении связи переключить слой (Top или Bottom), ПО при этом появляются автоматически. Переместить или удалить точку изгиба можно следующим образом: выделить проводник, «взять» мышкой точку излома и подвинуть ее на определенное место, либо к другой точке излома. После исправления ошибок необходимо снова проверить ПП на DRC. По окончании работы сохранить файл.

Контрольные вопросы.

1. Что включает топология ПП?
2. В какой подпрограмме разрабатывается топология?
3. Для чего необходим список соединений?
4. Какие команды используются для размещения РЭК?
5. Для чего нужна оптимизация электрических связей?
6. Что такое ориентация проводников?
7. Для чего предназначена система SPECCTRA?
8. Как запустить систему SPECCTRA?
9. Какие ошибки бывают при трассировке проводников?
10. Какая информация необходима для изготовления ПП?
11. С каким расширением сохраняется конечный файл топологии ПП?

Приложение 1. Пример таблицы выводов (PINS VIEW) для МС КР1533ЛЛ1

Вид МС КР1533ЛЛ1:



Выводы 7 и 14 подключаются к «земле» и «+5В» соответственно.

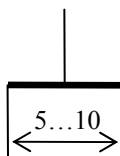
Таблица выводов:

Pins View								
Component Info...								
Pattern View... Symbol View...								
Elec. Type	15	Unknown						
	Pad #	Pin Des	Gate #	Sym Pin #	Pin Name	Gate Eq	Pin Eq	Elec. Type
1	1	1	1	1		1	1	Input
2	2	2	1	2		1	1	Input
3	3	3	1	3		1		Output
4	4	4	2	1		1	1	Input
5	5	5	2	2		1	1	Input
6	6	6	2	3		1		Output
7	7	7	PWR		GND			Power
8	8	8	3	3		1		Output
9	9	9	3	1		1	1	Input
10	10	10	3	2		1	1	Input
11	11	11	4	3		1		Output
12	12	12	4	1		1	1	Input
13	13	13	4	2		1	1	Input
14	14	14	PWR		+5V			Power

Приложение 2. Создание таблицы библиотечно-компонента типа «POWER»

Цепь «земли» изображается на принципиальной электрической схеме посредством знака «заземление».

УГО заземления (корпуса) по ГОСТ 2.721-74:



Знак «корпус» является библиотечным компонентом и создается подобно другим библиотечным компонентам с рядом отличий. При создании библиотечного компонента «корпус» создается символьное изображение и описывается в библиотеке, а конструкторско-технологический образ отсутствует, т.к. «корпус» является составляющей принципиальной электрической схемы, но не является объектом топологии печатной платы. При создании символа «корпус» необходимо использовать команду Place Pin – этот вывод описывается в последствии в библиотеке. При вводе атрибутов данного символьного изображения в окне Attribute Properties необходимо снять флажок Visible, т.к. на схеме у «корпуса» не должны быть отражены тип компонента и его позиционное обозначение. При описании в библиотеке компонента «корпус» в поле Refdes Prefix принято указывать PWR, хотя это не принципиально, поскольку позиционное обозначение такого компонента не должно быть изображено на схеме. Тип компонента (Component Type) – Power. В таблице выводов указывается электрический тип вывода (Elec. Type) – Power, и задается имя питающей цепи в столбце Pin Name – например: gnd. В отличие от описания питающих выводов микросхем, при описании компонента «корпус» в библиотеке в столбце Gate # указывают номер секции – 1, а в столбце Gate Eq должна быть указана эквивалентность!

Приложение 3. Синхронизация схемы электрической принципиальной и платы печатной

В том случае, если в процессе работы над проектом были внесены некоторые изменения в схему электрическую принципиальную, а в уже разработанной плате они не учтены, необходимо выверить различия в новой схеме и уже готовой плате. Для переноса изменений в схеме на плату необходимо выполнить команды **Проект (D) / Update PCB Document** (название проекта) (если в структуре проекта содержится несколько файлов плат, выбрать нужный) (рис.П.3.1).

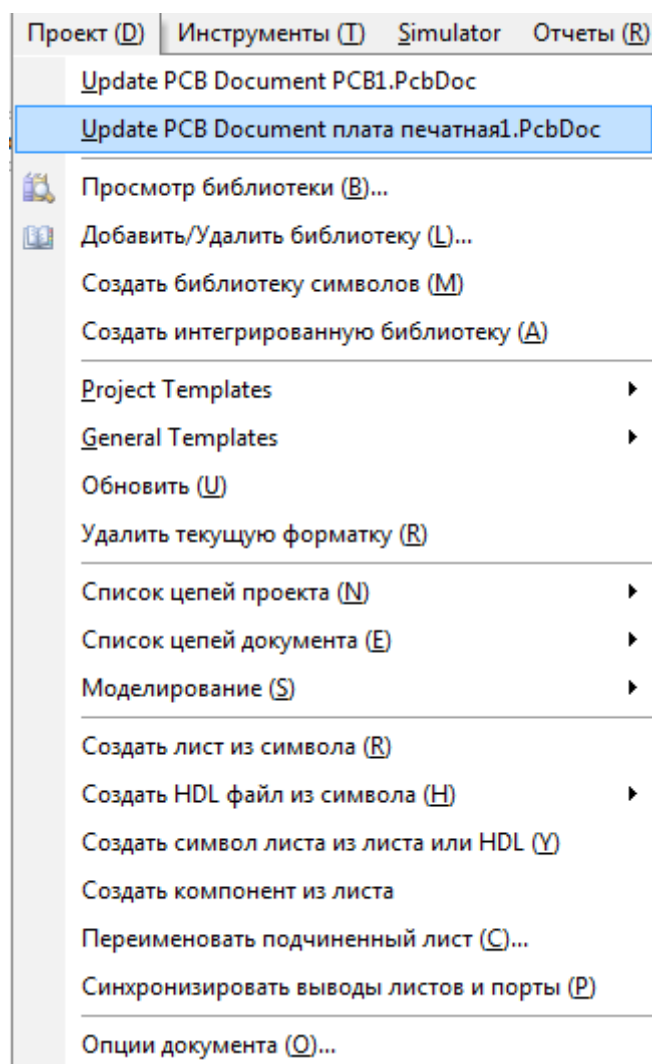


Рис. П.3.1

Появится окно, в котором представлен список отличий между схемой и платой (рис. П.3.2).

Перечень изменений				
Описание изменения				Статус
Включить	Действие	Обновляемый объект	Обновляемый документ	Проверено
☐	Add Rooms(1)			
☒	Add	Room Схема электрическая принципиальная To	плата печатная1.PcbDoc	

Рис. П.3.2

Перечень объектов, наличие которых сверяется в схеме и плате, задается командами **Проект – Опции проекта (Comparator)** (рис.П.3.3)

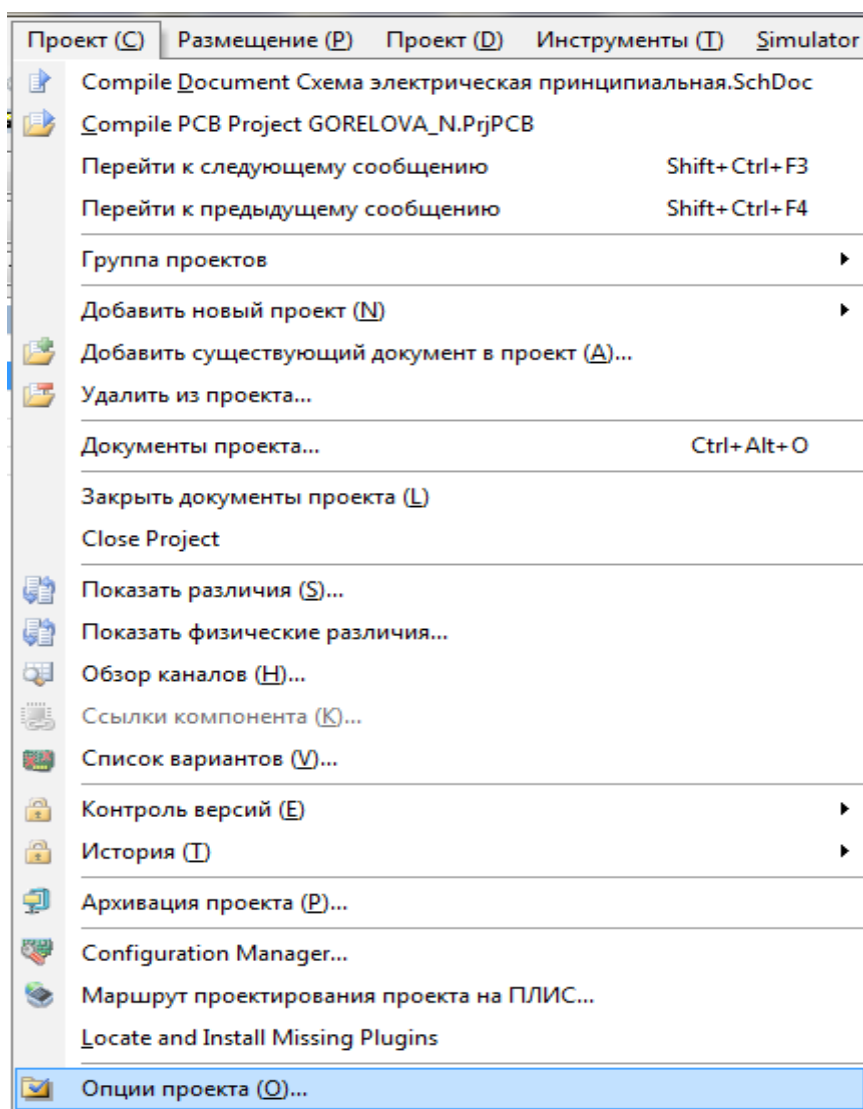


Рис. П.3.3

В окне ECO можно выполнить два действия: отличия найти или отличия игнорировать. Выполнением команды **Генерировать отличие** проверяется возможность внесения изменений, где главной проблемой может быть отсутствие посадочного места. При наличии ошибки в столбце **Статус окна ECO**, следует нажать (рис. П.3.4). **Заккрыть** и выполнить отладку платы.

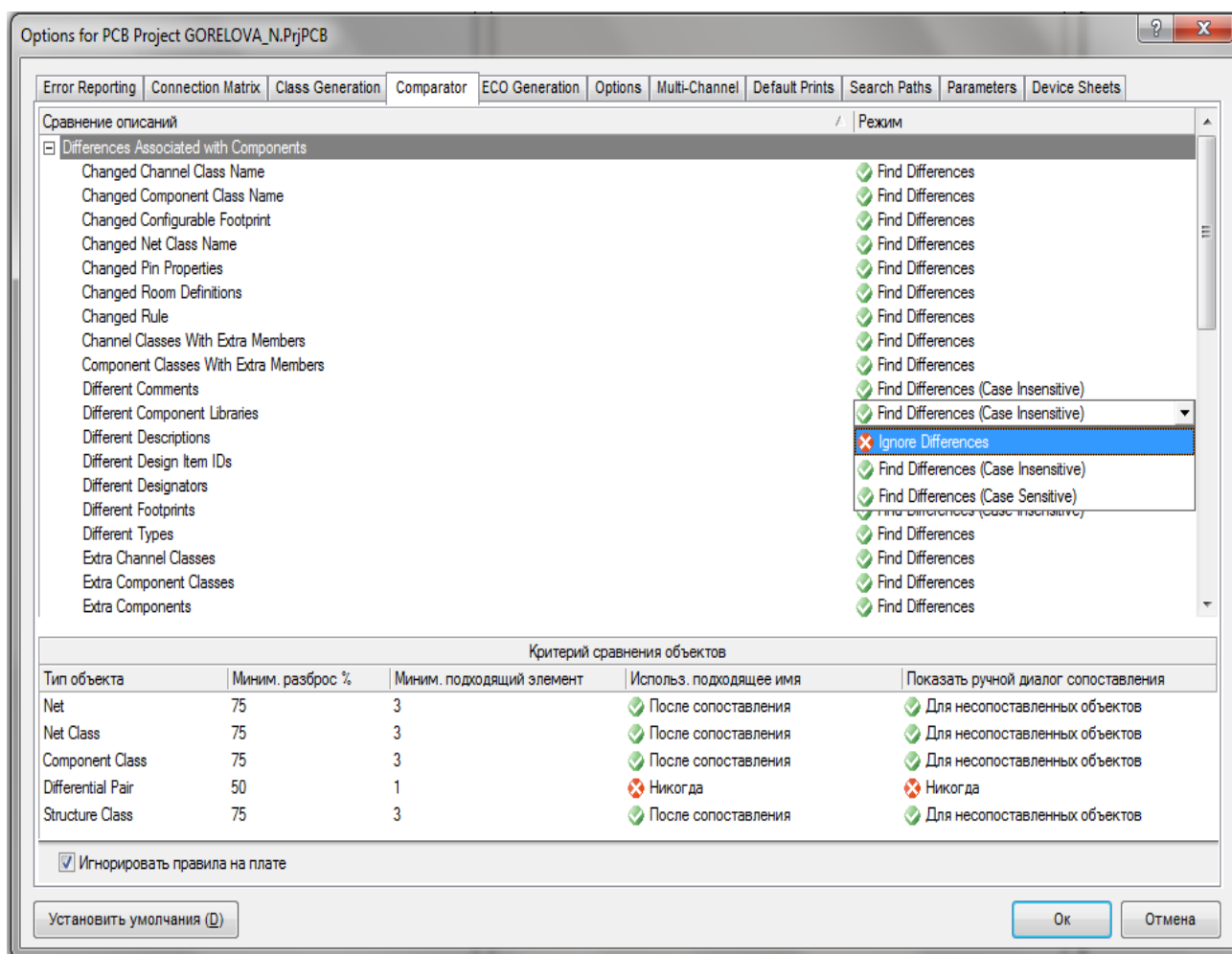


Рис. П.3.4

При последующих изменениях в схеме на плату необходимо будет постоянно вносить изменения командой **Проект (Design) / Update PCB Document**. При этом изменения не будут касаться размещения компонентов, металлизации и других элементов, отсутствующих на схеме.

Приложение 4. Создание дифференциальных пар

Дифференциальные меж соединения являются предпочтительным методом передачи сигналов при значительном увеличении скорости передачи. Структура ПЛИС идеально подходит для высокочастотных проектов и для этого разработчики ПЛИС включают возможности дифференциальной передачи сигналов (LVDS – метод), начиная с дешевых устройств и заканчивая высококачественными приборами с множеством вентилях и с более чем 1500 внешних выводов.

Передача дифференциальных сигналов, является такой системой, когда сигнал передается в одном направлении двумя связанными проводниками, один из которых передаст прямой сигнал, а второй передает такой же, но инвертированный. Принцип дифференциальной пары был разработан для реализации устройств, где нет возможности соединения аналоговой «Земли» и цифровой. Дифференциальная передача сигналов является по своей природе невосприимчивой к обычному режиму электрического шума, в большинстве обычной интерференции, появляющейся в электронном изделии. Другим важным преимуществом дифференциальной пары является минимизация электромагнитной интерференции, излучаемой сигнальной парой.

Трассировка дифференциальной пары является методом проектирования, используемым при создании сбалансированной передающей системы для реализации передачи дифференциальных сигналов на печатной плате.

П.4.1. Задание дифференциальных пар на схеме

Пары можно задавать на схеме с помощью указателя **Differential Pair** (командами **Place / Directive**). Пара цепей должна иметь имя с суффиксами **_N** и **_P**. Определения дифференциальных пар, затем передаются в плату в процессе синхронизации. Размещение директив на схеме для задания дифференциальных пар даны на рис. П.4.1.

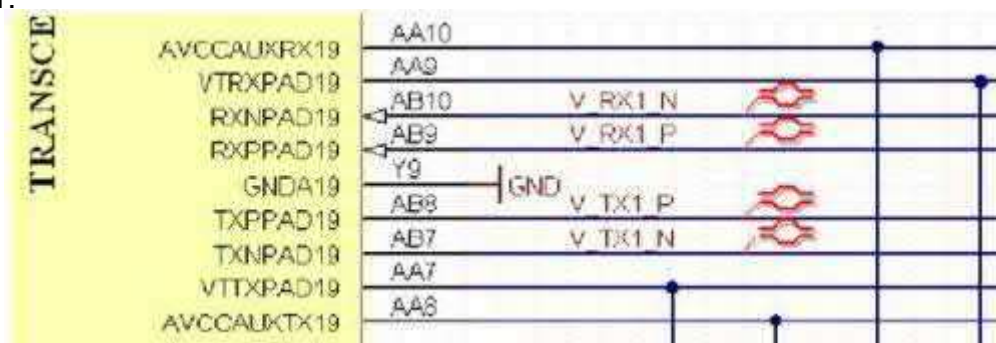


Рис. П.4.1

П.4.2. Задание дифференциальных пар на плате

В некоторых особых случаях, когда дифференциальные пары (ДП) невозможно задать на схеме, объекты ДП могут быть заданы в редакторе плат. Для создания ДП в редакторе плат и определения двух цепей необходимо либо указать эти цепи в графическом их представлении с помощью команд **Place / Differential Pair**, либо щелкнуть кнопку **Create From Nets** на панели редактора плат, установив новый режим **Differential Pair Editor**.

П.4.3. Просмотр и управление парами

ДП можно просматривать и управлять ими через панель PCB, установив режим **Differential Pair Editor**. Рис. П.2.2 показывает пары, которые принадлежат классу AN Differential Pairs (все ДП). Пара D_V_TX1 подсвечена, цепями этой пары являются V_TX1N и V_TX1P. Значки – и +, расположенные рядом с каждым порядковым номером в имени цепи, являются системными указателями, отображающими положительное или отрицательное значение номера пары.

П.4.4. Необходимые конструкторские установки

Имеется три правила проектирования, которые необходимы для трассировки дифференциальных пар:

- Ширина трассы (**Routing Width**) – задаст ширину трасс, которые требуются для обеих цепей в паре. Установите границы этого правила для указанных объектов, которые являются элементами ДП.
- Зазор между проводниками в ДП (**Differential Pairs routing**) – задаст расстояние между цепями в паре, допустимый зазор, и общую длину непарности (пара считается непарной, когда зазор между цепями больше установленного максимума (**Max Gap**)). Установите ограничения этого правила для указанных объектов, которые являются ДП.
- Подгонка длины цепи (**Match Net Length**) – задаст величину разницы в длинах трасс для двух цепей в паре. Отметим, что это правило также используют для настройки образа трасс при выдаче команды на прогон **Equalize Net Length** (выравнивать длины цепей).

Дифференциальные пары можно просматривать и управлять ими через панель PCB, выбрав Differential Pair Editor (рис. П.4.2).



Рис. П.4.2.

П.4.5. Установка области действия правил проектирования

Область действия правил проектирования определяет набор объектов, к которым необходимо применить правила. Так как ДП является объектом, можно использовать запросы, подобные запросам в следующих примерах, для назначенных ДП:

- **InDifferentialPairClass**('All Differential Pairs') – все дифференциальные пары.
- **InDifferentialPair**('D_V_TX1') – под названием D V XT1.
- **InAnyDifferentialPair** – любые объекты в ДП.

• **IsDifferentialPair And** (Name Like 'D*')) – все объекты ДП, имена которых начинаются с буквы D.

П.4.6. Использование мастера ДП для задания правил

Щелчком ЛК по кнопке **Rule Wizard** в панели PCB (при выбранной опции **Differential Pair Editor**) открывает мастер создания правила проектирования для ДП (рис.П.2.3). Область действия правила при создании мастером будет зависеть от выбора, сделанного при обращении к кнопке **Rule Wizard** – если была выбрана одна пара, то правила будут применены к этой паре и ее цепи, но если был выбран класс ДП, тогда правила будут применены ко всем цепям и парам этого класса. Мастер задания правил для ДП (рис.П.4.3).

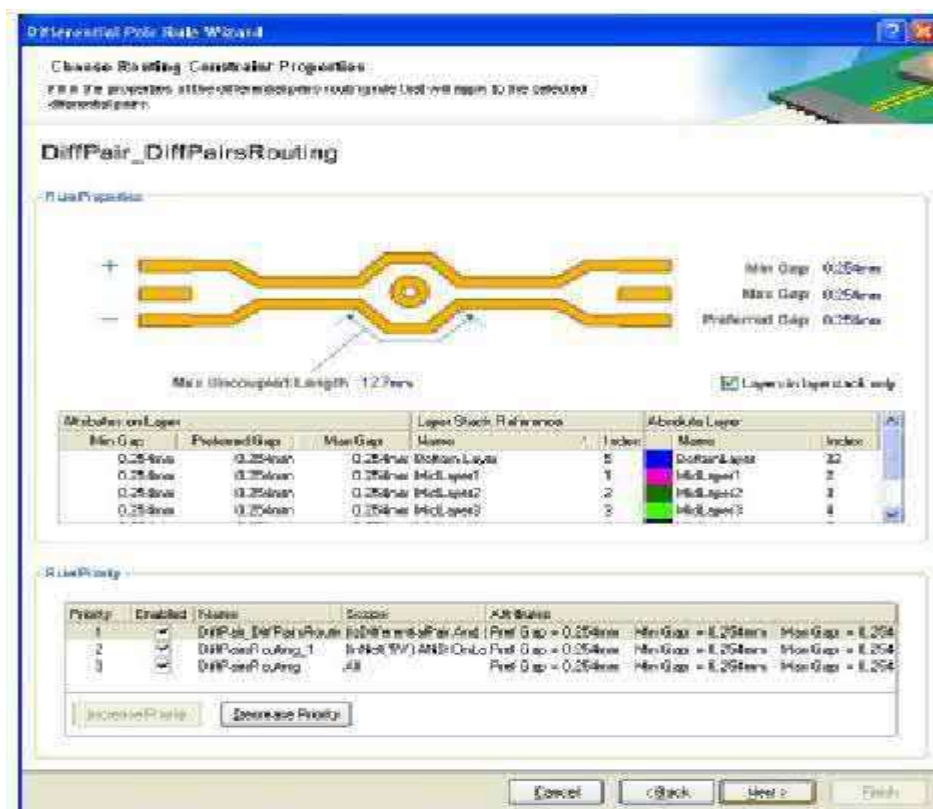


Рис. П.4.3.

П.4.7. Трассировка дифференциальных пар

ДП трассируется как пара, т. е. трассируются две цепи одновременно. Для трассировки ДП выполните команды **Place / Differential Pair Routing**. При этом появится предупреждение о выборе одной из цепей в паре, после чего необходимо щелкнуть в любом месте для запуска трассировки. Обе пары в ДП трассируются одновременно, нажмите клавишу тильда «~» для просмотра горячих клавиш.

Рисунок П.4.4 показывает трассы ДП. Чтобы легче рассмотреть линии связи для пары, нажать на паре в редакторе ДП. Это приведет к маскированию всех других цепей в проекте.

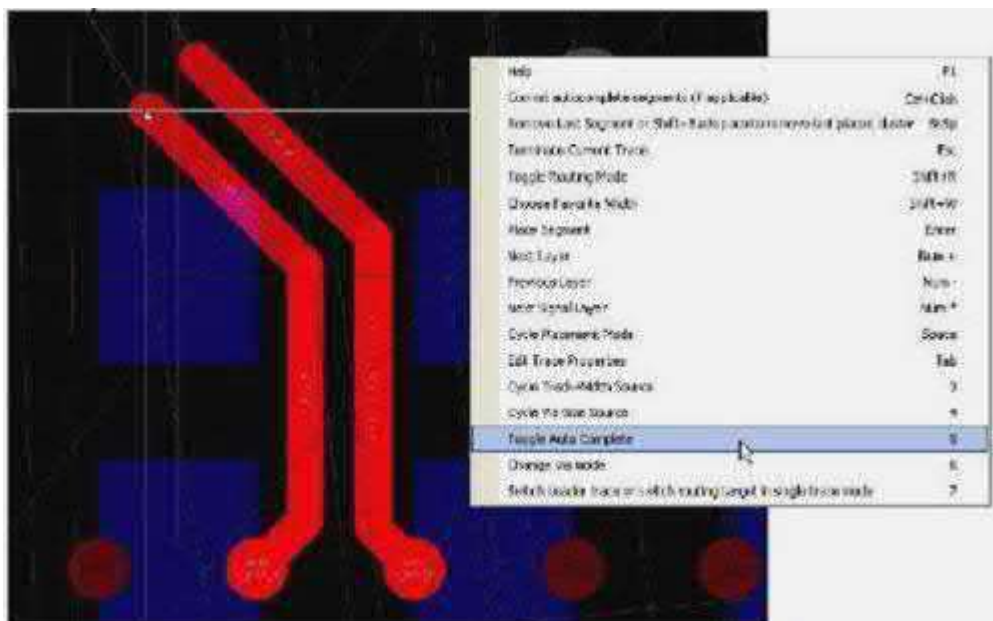


Рис. П.4.4

Приложение 5. Крепежные отверстия и зоны запрета для трассировки

Последние действия на подготовительном этапе разработки ПП – это установка крепежных отверстий и формирование зон запрета для металлизации.

Крепежные отверстия устанавливаются командами **Размещение / Контактная площадка** как обычные контактные площадки. После запуска команды размещения отверстий следует нажать **Tab** и в свойствах указать нулевые значения в параметрах формы контактной площадки (Размеры и форма) и при необходимости отключить металлизацию внутри отверстия (рис. П.5. 1). Стоит отметить, что при формировании контура платы посредством импорта модели платы в формате **STEP** были автоматически созданы отверстия, в свойствах которых включена металлизация и сформирован поясок металлизации, равный диаметру отверстия.

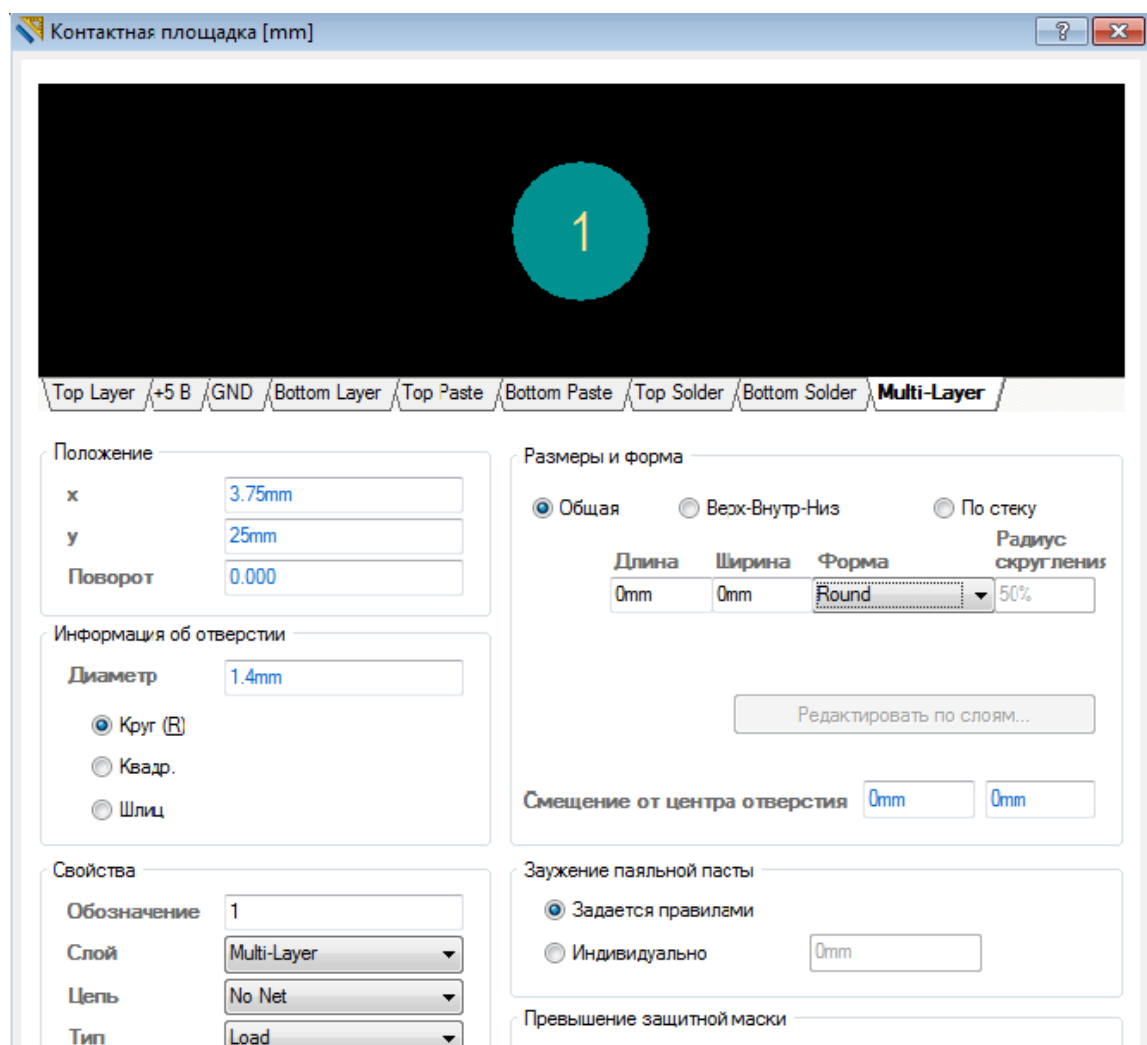


Рис. П.5. 1

Для расположения зон запрета для металлизации используются команды **Размещение / Зона запрета**, в которых имеются инструменты по формированию ли

ний запрета и полигонов запрета. Исторически сложилось так, что зоны запрета в виде линий (а также дуг) не воспринимаются автотрассировщиками **Spectra** и **Situs**, поэтому рекомендуется их выполнять только с помощью команд **Размещение / Зона запрета / Сплошная область**. Кроме того, что зоны запрета необходимо использовать только в виде полигона, нужно следить и за слоем, на котором выполнена графика, относящаяся к зоне запрета. При размещении зоны запрета, действующей на все сигнальные слои платы, необходимо в окне **Layer** (Слои) выбрать **Keep-Out layer**, в противном случае в этом окне нужно выбрать конкретный слой, на который оказывает действие данная зона запрета. Так же зону запрета можно создать для определенной цепи, которая указывается в окне **Net** свойств полигона (рис. П.5.2).

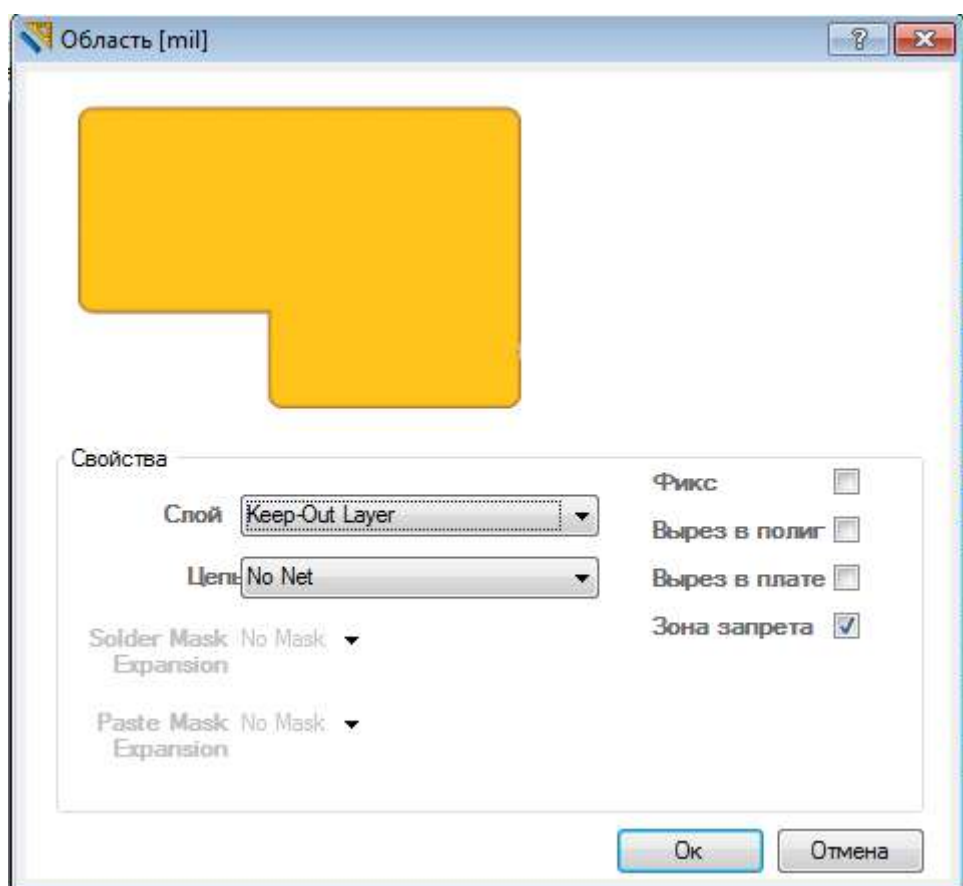
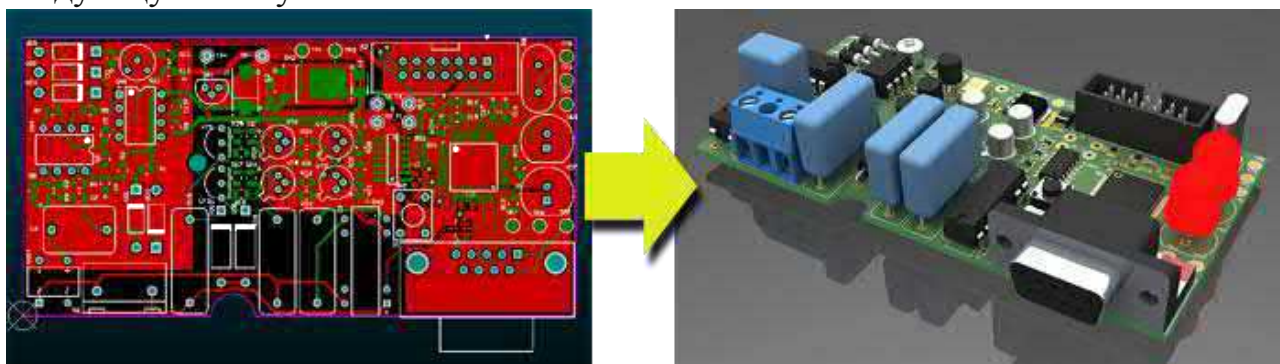


Рис. П.5. 2

Приложение 6. Использование CircuitWorks для передачи проектов из PCAD и AltiumDesigner

Существует два варианта использования **CircuitWorks** (CW): использование встроенного в SolidWorks (SW), либо внешнего. Предпочтительней использование внешнего CW. Отличие в формате базы данных для программы. Внешний CW использует формат Microsoft Access (*.mdb), его можно править без участия CW. Например, добавление компонентов производится просто добавлением строк. Имя файла фиксировано: cwrksdb9.mdb. База организована примерно по тому же принципу, что и *.mdb библиотека компонентов для Altium Designer (AD). Встроенный в SolidWorks (SW) модуль использует формат *.db, который можно редактировать только посредством графической оболочки CircuitWorks, что не очень удобно.

Попробуем перевести плату из Altium Designer (или PCAD) в SolidWorks следующую плату:



На плате присутствуют как SMT, так и выводные компоненты, для пайки в отверстия. Несколько компонентов на нижней стороне

При работе будут использованы следующие программы:

Altium Designer Winter 09

PCAD 2006

CircuitWorks 9 SP1

SolidWorks 2009 с установленными приложениями:

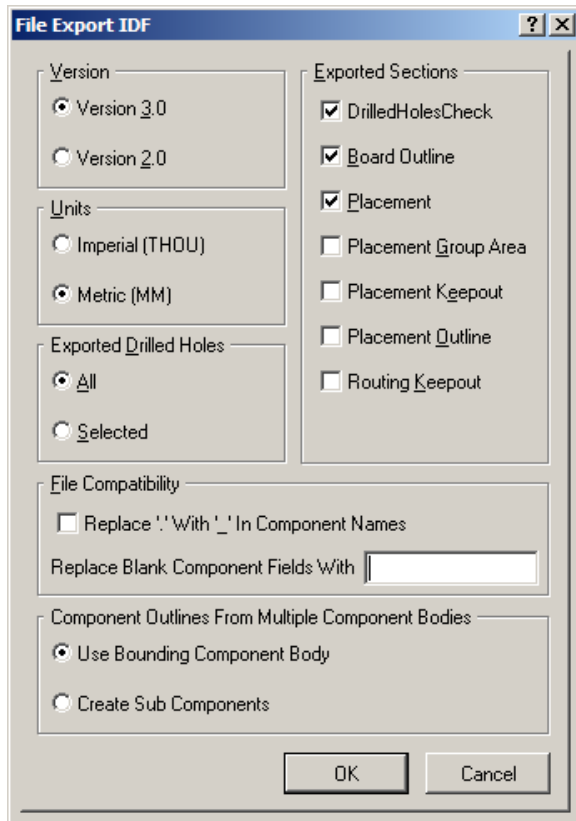
PhotoWorks

PhotoView 360

MS Paint.

П6.1. Генерация .brd файла

Сгенерируем **.brd** файл из Altium Designer. Для этого выполним **File/Save Copy As...** Выбираем тип файла «**Export SDRC-IDF Brd Files (*.brd)**». Появляется окно



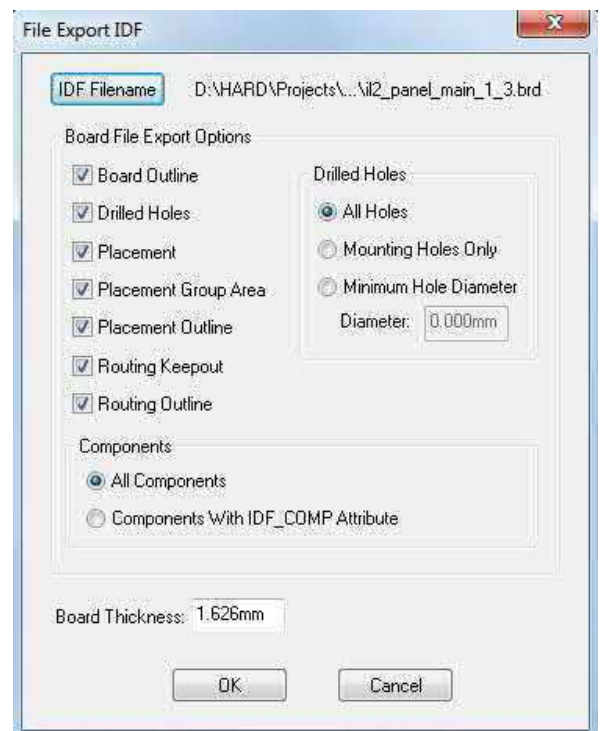
Выставляем опции в соответствии с рисунком. Выбираем версию файла 3.0, выбираем единицы измерения миллиметры. Если не хотим экспортировать отверстия, то **Exported Drilled Holes** ставим в положение **Selected**, при этом на плате ничего не должно быть выбрано. Если хотим экспортировать все отверстия, то ставим **All** и справа в секции **Exported Sections** выбираем галочку **DrilledHolesCheck**. Выбираем экспорт контура платы (**Board Outline**) и положения компонентов (**Placement**), остальные галочки можно снять.

После экспорта получаем два

файла:

- **.brd** файл с контуром печатной платы и расположением компонентов;
- **.pro** файл с описанием компонентов. Каждое посадочное место описано координатами контура компонента и высотой.

Приблизительно аналогично выглядит окно экспорта из PCAD



П6.2. Запуск CircuitWorks и настройка

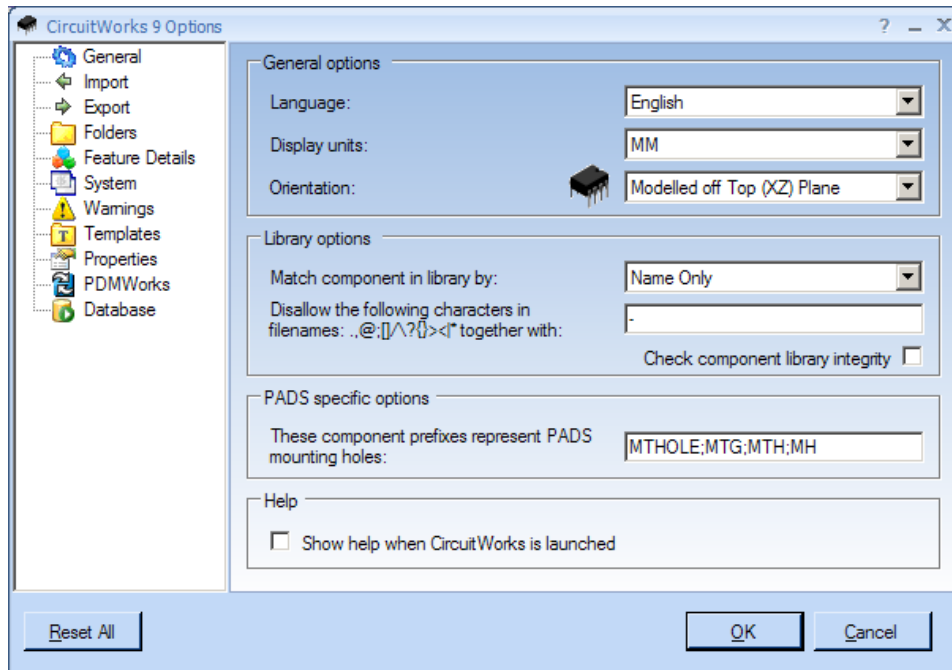
Запускаем CW, выполняем

Tools/Options Опишем некоторые опции программы:

Вкладка **General**

General options

Orientation – ориентация платы в пространстве. По умолчанию предполагается рассматривать плату как прибитую к стене. Наиболее логично плату ориентировать горизонтально, как размещенную на столе, поэтому выбираем **Modelled off (XZ) Plane**.



Library Options

Match component in library by – определяет каким образом будет происходить поиск компонентов в библиотеке. Есть несколько вариантов:

Name Only – только по наименованию посадочного места (Footprint).

Name and Number – по имени посадочного места и наименованию компонента (Partnumber)

Number Only – только по PartNumber

Name and Height – по наименованию посадочного места и высоте.

2-ой и 3-ий вариант предполагают передачу в SolidWorks (SW) не только имен посадочных мест, но и наименований компонентов. Наименования компонентов будут считываться в Altium Designer с полей Comment. Если в Comment будут прописаны Partnumber, то в SW каждый библиотечный компонент должен быть назван соответствующим образом. В пассиве в полях comment обычно прописаны номиналы. Эти номиналы передадутся в SW. Соответственно, в SW получим плату с иерархией, подобной AD. Размер библиотеки SW в этом случае должен быть в сотни раз больше, чем при использовании только имен посадочных мест, т.к. на каждый partnumber компонента потребуется отдельный библиотечный файл SW. Поэтому используем первый вариант, **Name Only**.

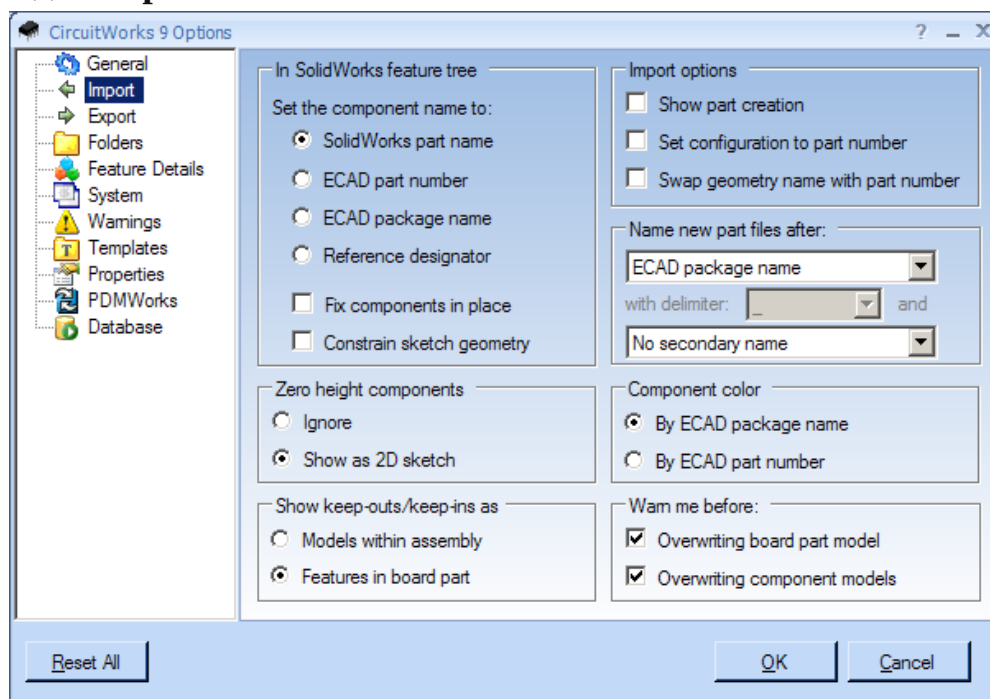
Если в наименовании посадочных мест используются недопустимые для SolidWorks символы, то они заменятся на “–”.

Check component library integrity – При открытии библиотеки из оболочки CW, автоматически проверяется наличие компонентов SolidWorks (*.sldprt) по указанным в библиотеке путям. Если компоненты не находятся, то ссылка на данный компонент из библиотеки удаляется. Такое может произойти, если пользователь решил переместить или переименовать папку. CW теряет путь и безвозвратно удаляет все ссылки на файлы переименованной папки.

Поэтому, если у Вас уже есть собственная база данных в формате **.mdb**, то эта галочка должна быть всегда снята. Снимать во время работы обязательно!

Галочку отображения помощи при каждом старте снимаем.

Вкладка **Import**



Вкладка **Import** предназначена для описания автоматического процесса создания компонента в SolidWorks. Создастся компонент на основании данных, полученных из файла с описаниями компонентов (*.pro). Обычно это прямоугольник, выдавленный на высоту, указанную в компоненте на плате (Component Height). Такой способ применим, если нет собственных моделей SolidWorks и необходимо быстро оценить распределение высот по плате, а система проектирования плат этого сделать не позволяет.

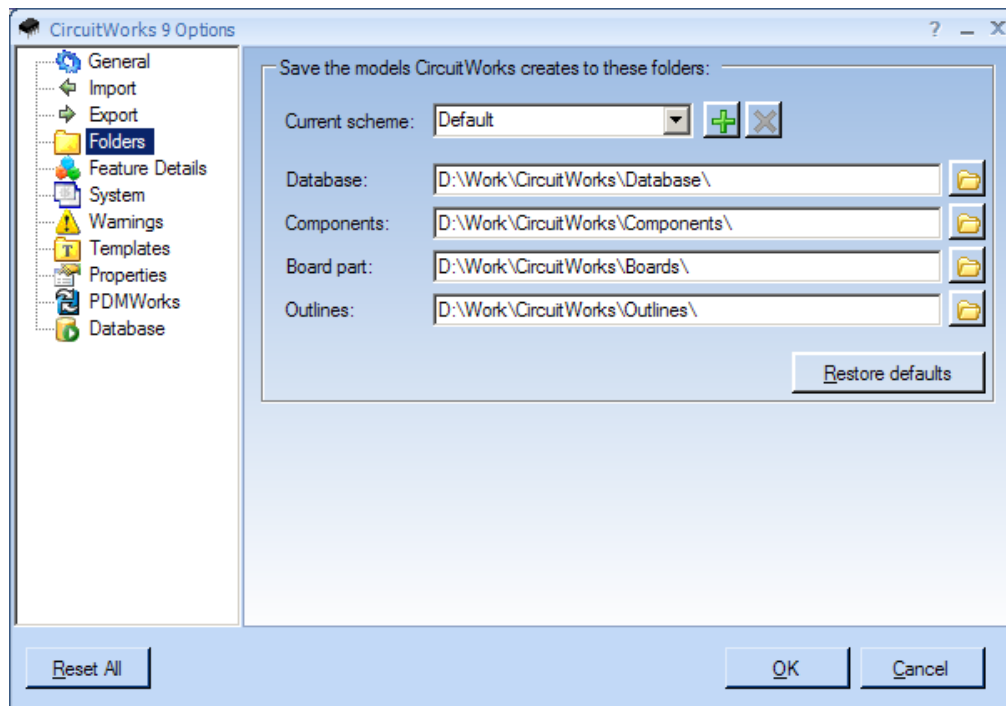
Можно поменять способ именования компонентов, раздел **Name new part files after**. Выбираем **ECAD package name**, без дополнительного имени. Причина та же. Если сделать дополнительно **ECAD partnumber**, то на каждый номинал резистора-конденсатора создастся отдельный компонент, и называться будут они соответственно. Например, **0805R_10K.SLDPRT**, **0805R_22K.SLDPRT**, и т.д... В первом же случае все компоненты одного типоразмера получат одно наименование.

Не будем описывать остальные опции, т.к. рассчитываем использовать собственные модели, без автоматической генерации.

Следующая вкладка **Export** предназначена для записи изменений, произведенных в CircuitWorks, в файл .idf (.brd).

Вкладка **Folders**

Описание путей. По умолчанию создается папка CircuitWorks в паке Мои документы. В ней создаются подпапки для работы CW, можно создать свои. Можно использовать несколько вариантов расположения папок, но добавить их



нельзя, кнопка + работает некорректно. Но можно добавить вручную, открыв Блокнотом файл **C:\Documents and Settings\User\Application Data\CircuitWorks\CW9Options.xml** и добавить нужные пути.

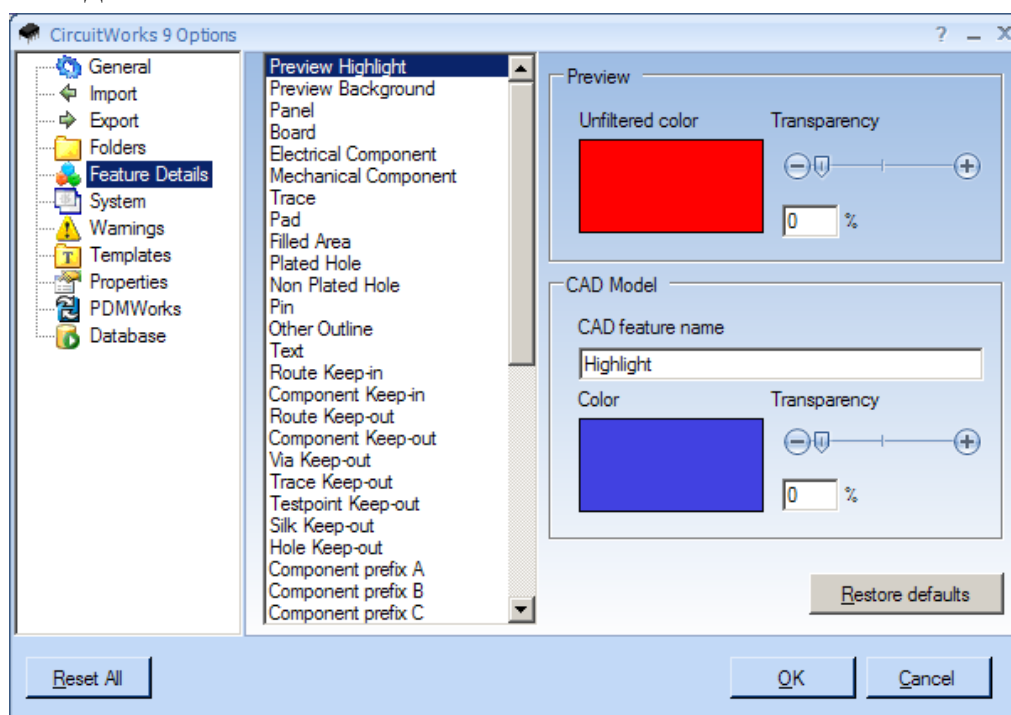
Database – путь до файла базы данных **cwrksdb9.mdb**;

Components – папка, куда будут складываться автоматически созданные компоненты. К собственным созданным компонентам не относится, т.к. пути до собственных компонентов будут находиться в файле **cwrksdb9.mdb**;

Board Part – папка, куда будет сохраняться модель самой печатной платы;

Outlines – папка для остальных элементов ПП (keep-outs, rooms и т.д...)

Вкладка Feature Details



Определяет цвета для отображения элементов в окне CircuitWorks и цвета для элементов модели, построенной в SolidWorks. Можно определить цвет печатной платы в SW, цвета отверстий, а также задать цвета автоматически созданных компонентов.

Остальные вкладки можно оставить без изменений.

П6.3. Структура файлов IDF (.brd и .pro)

Для предупреждения всевозможных ошибок при открытии IDF файлов в CircuitWorks необходимо описать их структуру.

Файл описания компонентов .pro

Откроем файл Блокнотом:

<pre>.HEADER LIBRARY_FILE 3.0 "Protel DXP" 2012.01.25.12:36:08 1 .END_HEADER .ELECTRICAL TC7343-2917 MM 3.0999938 0 -2.09999579999999 -2.29999540000003 0.0 0 -3.79999239999999 -2.29999540000003 0.0 0 -3.79999239999999 2.30002079999999 0.0 0 -2.09999579999999 2.30002079999999 0.0 0 3.8000178 2.30002079999999 0.0 0 3.8000178 -2.29999540000003 0.0 0 -2.09999579999999 -2.29999540000003 0.0 .END_ELECTRICAL</pre>	Начало заголовка файла Заголовок файла Конец заголовка файла Начало описания компонента Заголовок компонента Габариты компонента Конец описания компонента

Все разделы IDF файлов имеют общий единый принцип построения:

.SECTION – начало раздела

.END_SECTION – конец раздела.

Заголовок файла не влияет на построение модели, только информация о версии файла, источнике и времени создания.

Описание компонента состоит из двух разделов: Заголовка и координат габаритов компонента. Для безошибочного открытия файла в CircuitWorks строка с заголовком компонента должна иметь следующую структуру:

PackageName	пробел	Partnumber	пробел	Ед. измерения	пробел	Высота

PackageName – имя посадочного места, Footprint Name в AD, Pattern в PCAD;

Partnumber – В случае с Altium Designer, сюда записывается значение из поля Comment. При экспорте из PCAD в это поле записывается Type. Если для определения библиотечного компонента используем только наименования Footprint (Опция **Name Only** на вкладке **General** в настройках), то это значение не важно, но оно обязано присутствовать, т.к. при отсутствии какого-либо из значений произойдет ошибка открытия файла.

В случае если PackageName или Partnumber имеют значение с пробелами, тогда они заключаются в кавычки.

В нашем файле видно, что в первом же компоненте значение partnumber отсутствует, после PackageName следуют два подряд пробела, поэтому

заполним это поле самостоятельно, например, «00»:

TC7343-2917 00 MM 3.0999938

Далее следуют единицы измерения миллиметры или милы (обозначаются как **THOU**, thousandths of an inch). После единиц измерения высота, переданная из поля Component Height.

Габариты компонентов описываются координатами точек, по ним строятся линии. Координата каждой точки имеет 4 поля:

Loop Label – целое число, обозначающее тип контура: 0 – внешний контур, n – вырез и его порядковый номер;

X и Y координаты точек;

Include Angle – дробное число, отображает способ соединения точки с предыдущей. Если 0 – линия; при отличии от 0 – дуга, число обозначает угол; 360 – окружность.

Координаты построения компонентов задаются относительно точки привязки компонента.

Большое количество девяток или нулей в дробной части координат – следствие получения файла из Altium Designer в миллиметрах. Дело в том, что AD все файлы хранит в дюймах независимо от единиц, которые он отображает на момент проектирования или экспорта. При экспорте происходит перевод дюймов в миллиметры без округления. При экспорте из PCAD миллиметры переведутся как миллиметры без лишних девяток или нулей.

Файл печатной платы .brd

Структура файла такая же, как и **.pro**. Строка начала раздела, описание раздела, строка окончания раздела. Откроем файл **.pro** Блокнотом:

```
.HEADER
BOARD_FILE 3.0 "Protel DXP" 2012.01.25.14:32:14 1
MyPcbData MM
.END_HEADER
.BOARD_OUTLINE UNOWNED
1.499997
0 360.0800012 216.0799844 0.0
0 394.079984 216.0799844 0.0
0 402.0800188 216.0799844 -180.0
0 460.0800044 216.0799844 0.0
0 460.0800044 266.079986 0.0
0 360.0800012 266.079986 0.0
0 360.0800012 216.0799844 0.0
.END_BOARD_OUTLINE
.DRILLED_HOLES
3.1999936 391.705 243.58 NPTH BOARD OTHER UNOWNED
0.7999984 403.4050098 262.8300052 PTH TP- PIN ECAD
....
.END_DRILLED_HOLES
.PLACEMENT
TC7343-2917 C1
400.3300096 256.729992 0.0 90.0 TOP PLACED
CAPC2012M C2
404.8799878 256.3550118 0.0 90.0 TOP PLACED
....
.END_PLACEMENT
```

Начало заголовка файла
Заголовок файла
Имя файла и единицы измерения
Конец заголовка файла
Начало описания контура ПП
Толщина ПП

Габариты печатной платы

Конец описания контура ПП
Начало раздела описания отверстий
Описание отверстий

Конец раздела описания отверстий
Начало раздела компонентов
Описание компонента
Положение компонента

Конец раздела компонентов

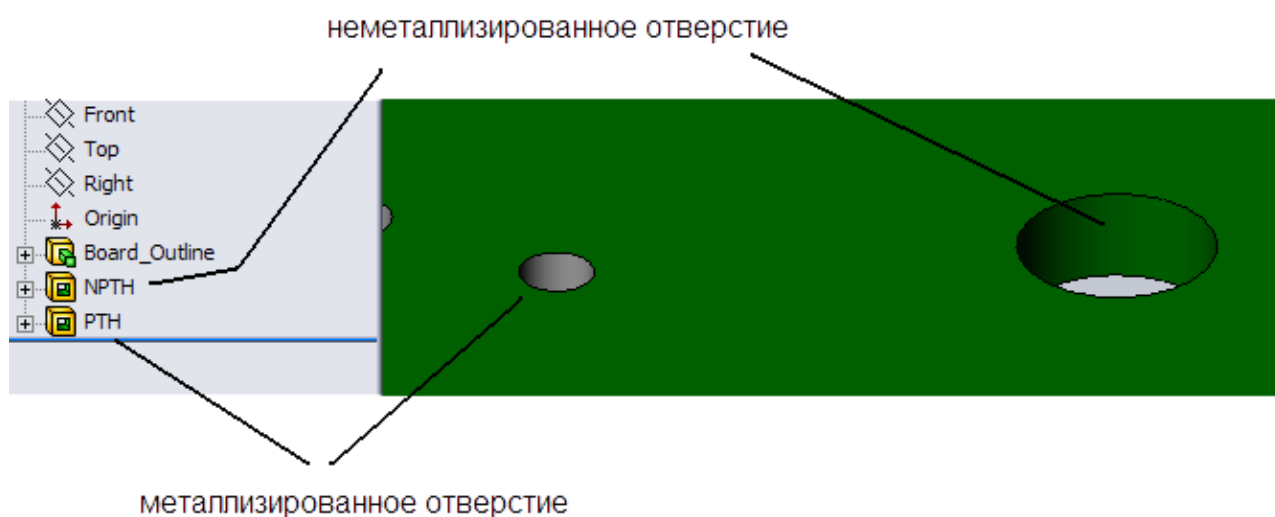
Координаты контура печатной платы имеют такую же структуру, как и контур компонента в файле описаний **.pro**, за тем исключением, что все координаты в файле **.brd** абсолютные. Даже если пользователь в Altium Designer или PCAD задал собственную точку отсчета, при экспорте все объекты будут расположены в абсолютных координатах.

Раздел описания отверстий.

Каждое отверстие описывается одной строкой с параметрами, следующими через пробел:

- Диаметр отверстия
- Координаты X, Y
- Тип металлизации отверстия (Plated). **PTH** –

металлизированное, **NPTH** - неметаллизированное. На модели печатной платы эти отверстия создадутся как отдельные элементы, и будут отличаться тем, что металлизированное отверстие будет разукрашено цветом, отличным от цвета ПП.



Цвет металлизированного отверстия и наименования элементов для отверстий можно задать в настройках, вкладка **Feature Details**, элементы **Plated Hole** и **Non Plated Hole**;

- Объект, с которым ассоциировано отверстие. **BOARD** – элемент ПП, **PIN** – элемент компонента (отверстие для вывода), **VIA** – переходное отверстие. Если отверстие ассоциировано как элемент компонента, то перед **PIN** идет обозначение компонента, к которому оно принадлежит, например, **R12 PIN**;

- Последний параметр обозначает принадлежность отверстия системе, в которой оно было создано, **Mechanical**, **Electrical** или **UNOWNED**

Раздел описания компонентов.

Заголовок компонента должен иметь следующую структуру

PackageName	пробел	Partnumber	пробел	RefDes

PackageName и **Partnumber** те же, что и в файле описания компонентов, **RefDes** - позиционное обозначение компонента. При экспорте из Altium Designer может возникнуть ситуация, когда отсутствует **Partnumber**:

TC7343-2917 C1

Эта ситуация не приведет к ошибке при открытии файла. CircuitWorks считает **Partnumber** из поля **RefDes**, наименование же компонента при этом останется пустым, что не фатально, но желательно избегать таких ситуаций и добавить в строку заголовка **partnumber**:

TC7343-2917 00 C1

Положение компонента имеет следующую структуру

X	пробел	Y	пробел	Offset	пробел	Rotation	пробел	Side	пробел	Place

X, Y – координаты;

Offset – смещение компонента относительно ПП, координата Z;

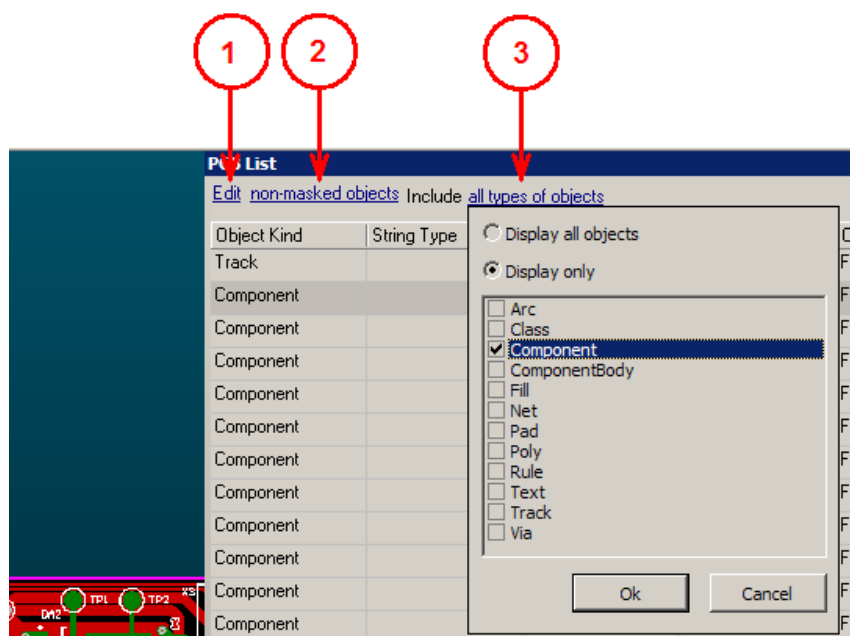
Rotation – поворот в градусах;

Side – сторона размещения TOP или BOTTOM

Placement status – статус размещения, для экспортируемых компонентов всегда будет PLACED.

П6.4. Корректировка файлов IDF

Как описано выше, большинство ошибок при открытии будет связано с незаполненной графой Comment в Altium Designer. Если таких компонентов оказалось немного, то исправить ошибку можно прямо в файлах IDF, открыв их блокнотом. Забиваем между двух подряд идущих пробелов любое значение, например, «00».



непосредственно в Altium Designer до экспорта, отследив через панель **PCB List** наличие Comment для каждого компонента. Для этого необходимо вызвать панель **PCB List** и выставить следующие опции:

Отсортировать по Comments, выделить ячейки с пустыми комментариями,

нажать **F2** и записать свое значение, нажать **Enter**, все поля Comments заполнятся новым значением.

Заметим, что при экспорте из PCAD такой ошибки не будет, т.к. в это поле запишется строка Type, а она присутствует всегда.

В файле ПП (.brd) желательно откорректировать координаты и толщину платы. Удалить значения после запятой, возникшие в процессе перевода из дюймов в миллиметры:

```
.BOARD_OUTLINE UNOWNED
1.5
0 360.0 216.0 0.0
0 394.0 216.0 0.0
0 402.0 216.0 -180.0
0 460.0 216.0 0.0
0 460.0 266.0 0.0
0 360.0 266.0 0.0
0 360.0 216.0 0.0
.END_BOARD_OUTLINE
```

Сразу можно отфильтровать отверстия. Они идут по порядку: сначала монтажные (**NPTH**), затем металлизированные (**PTH**), последними переходные отверстия (**VIA**). Если нужно удалить переходные отверстия, но оставить металлизированные, то это необходимо произвести на этом этапе. Дальше в CW или SW отделить отверстия выводных компонентов от переходных будет очень сложно, они будут идти одним элементом.

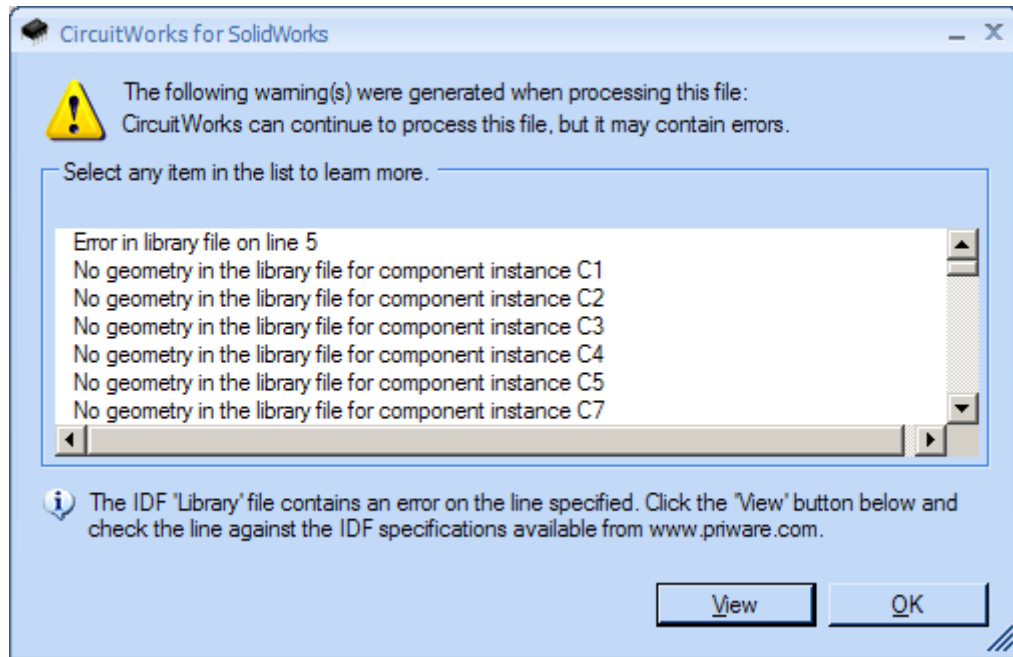
При экспорте из Altium Designer возможна ситуация, когда координата **Z (Offset)** не равна нулю.

```
TO-18 2N2222A VT3
416.7549958 240.0800126 0.499999 180.0 TOP PLACED
```

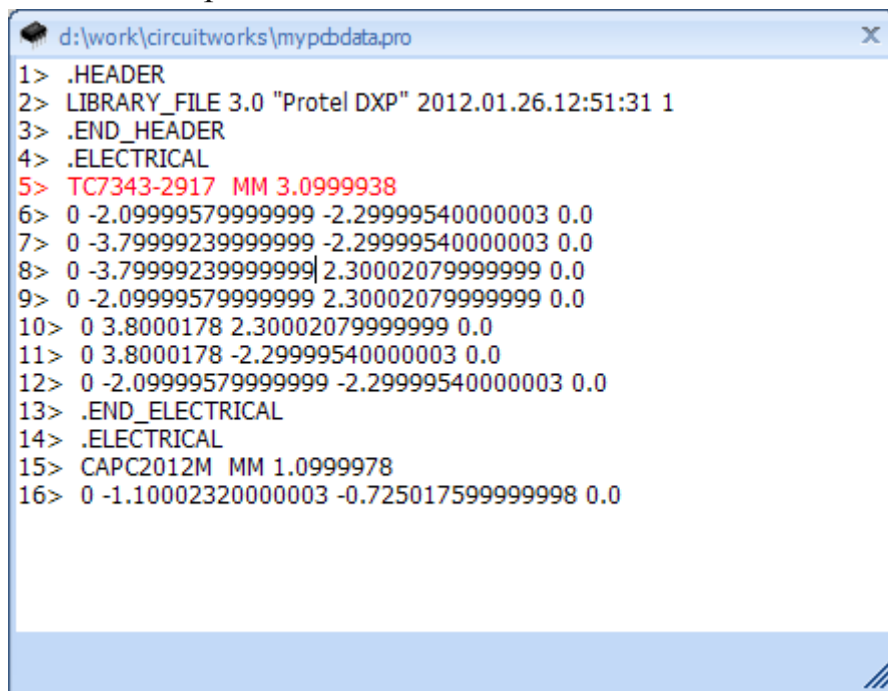
Это происходит, когда компоненту назначен 3D body и его начальная точка (**Stand off Height**) отличается от нуля. Также подобное может произойти, если компонент имеет 3D body, проходящее сквозь плату (специальные соединители, кнопки и т.д.). Поэтому, если координаты модели в базе SolidWorks отсчитываются от нуля, необходимо и здесь выставить «0». При экспорте из PCAD такое возможно у компонентов, расположенных на нижней стороне платы.

П6.5. Открытие файла .brd

В случае если не все ошибки устранены, может отобразиться окно предупреждения. Обычно ошибки касаются файла описания компонентов (.pro):



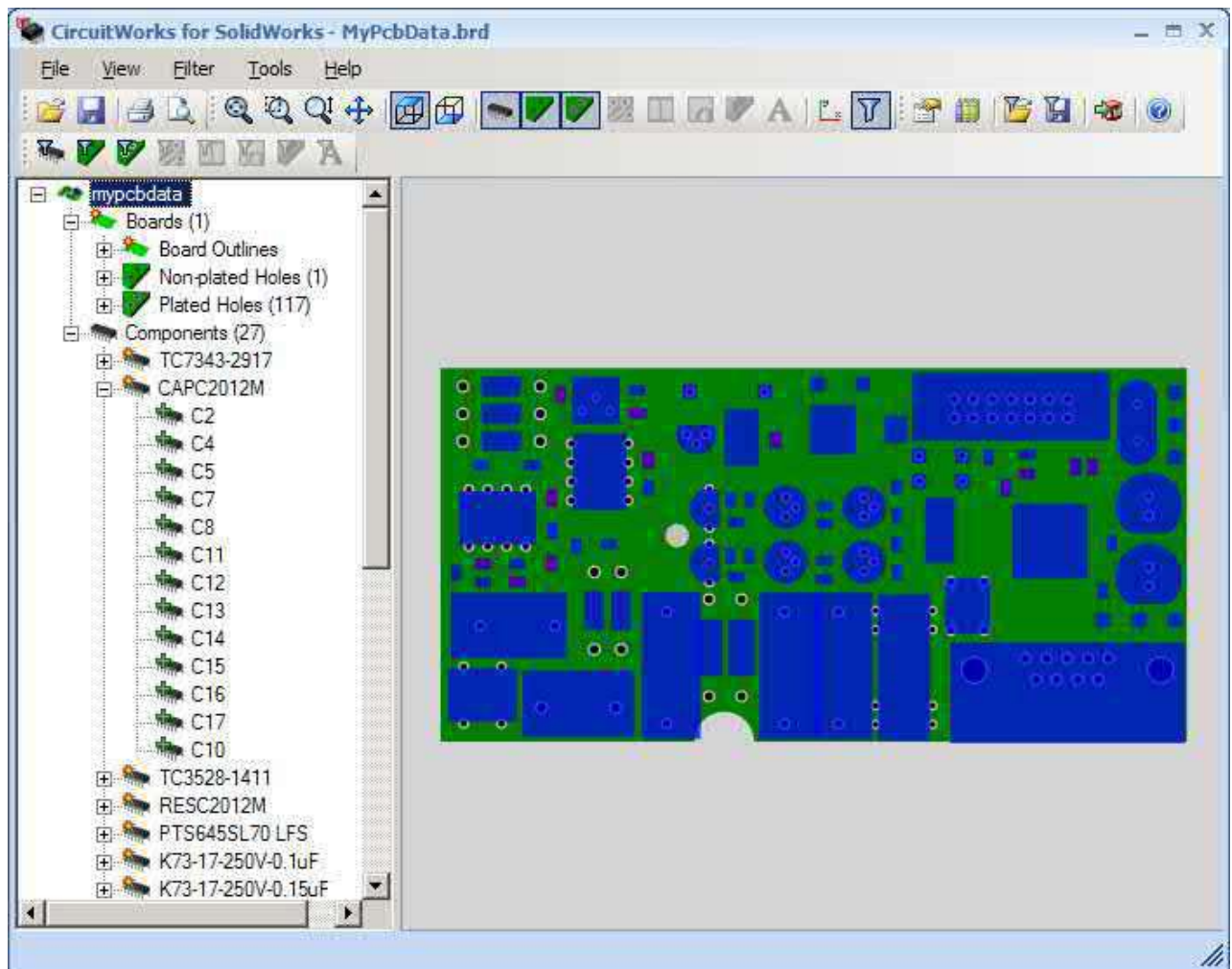
Для просмотра ошибки необходимо выделить строку с текстом «Error in library...» и нажать кнопку **View**. Отобразится строка с ошибкой. Строка будет выделена и подсвечена красным:



Ищем эту строку в файле .pro и исправляем. Также отображается номер строки с ошибкой, для перехода на нужную строку в Блокноте **Ctrl+G**.

Если все файлы корректны, на экране CircuitWorks получаем печатную плату с прорисованными отверстиями и габаритами компонентов:

Слева дерево печатной платы. В нем последовательно идут: Контур печатной платы, монтажные неметаллизированные отверстия, металлизированные отверстия, компоненты. Каждый элемент дерева имеет определенные свойства, их можно посмотреть по правой клавише, отредактировать или отфильтровать. Компоненты объединены в группы с одинаковым footprint. У группы и каждого отдельно взятого компонента также



присутствуют свойства, которые можно редактировать. Компоненты подсвечиваются на плате при их выделении в дереве.

Значки у компонентов могут следующих типов

	Компонент найден в библиотеке, есть описание в файле cwrksdb9.mdb
	Компонент не найден в файле cwrksdb9.mdb и будет создан автоматически
	Компонент отфильтрован.
	Могут возникнуть ошибки при автоматическом построении.

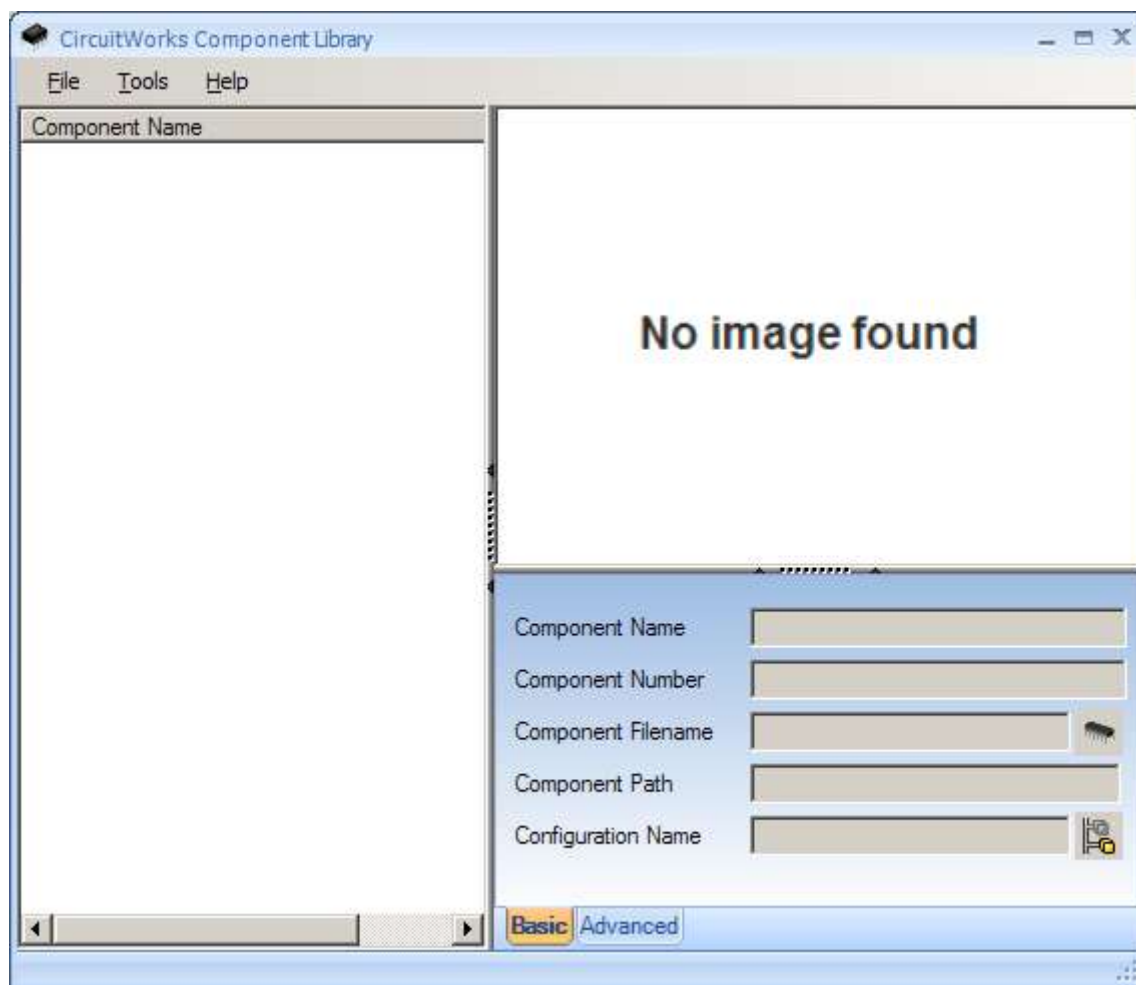
В последнем случае наиболее распространенная ошибка – отсутствие значение Height. Если компоненты будут создаваться автоматически, необходимо это значение ввести через свойства компонента.

П6.6. Создание библиотеки компонентов

Создадим шаблон базы данных с помощью CircuitWorks. Для этого необходимо закрыть программу и очистить папку местоположения базы данных, указанной на вкладке Folders в настройках, у нас это: **D:\Work\CircuitWorks\Database**. Если собственной базы моделей SolidWorks еще нет, то создадим папку **D:\Work\CircuitWorks\Models**. В нее поместим модели **.SLDPRT**, которые удалось загрузить с сайтов или будем создавать в процессе. После этого снова запускаем CircuitWorks. При запуске CW в папке **D:\Work\CircuitWorks\Database** создастся файл шаблон для базы

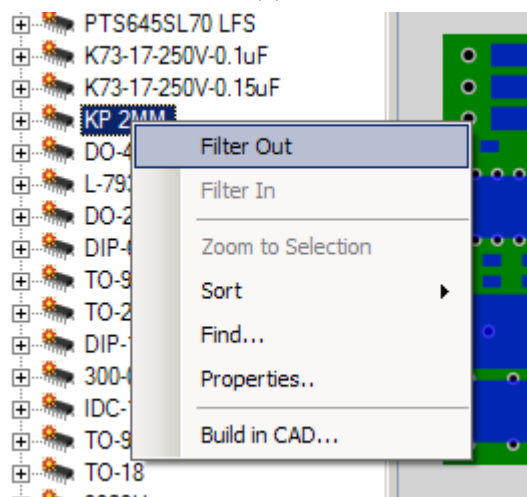
данных **cwrksdb9.mdb**. Добавление в базу можно производить как средствами CW, так и вручную в Access. Рассмотрим вариант добавления компонентов средствами CircuitWorks. Выполним **Tools/Component Library**.

Окно библиотеки:



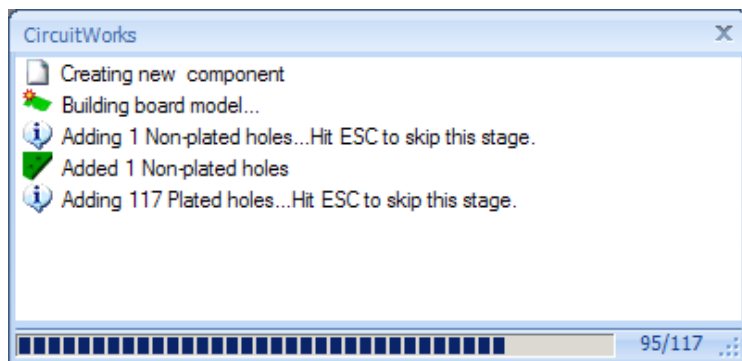
Библиотека должна быть пуста. Слева наименования компонентов, справа их отображение и описания. Описание состоит из 2-х разделов основного (Basic) и дополнительного (Advanced). Сортировка и выбор компонента будут осуществляться по одному параметру: Component Name (для нас это Footprint Name). Закроем окно библиотеки

Для понимания структуры базы данных автоматически создадим компоненты и добавим их на плату с помощью CircuitWorks. Необходимо



открыть файл **.brd**, при этом все компоненты должны быть отмечены звездочкой без восклицательного знака ( RESC2012M).

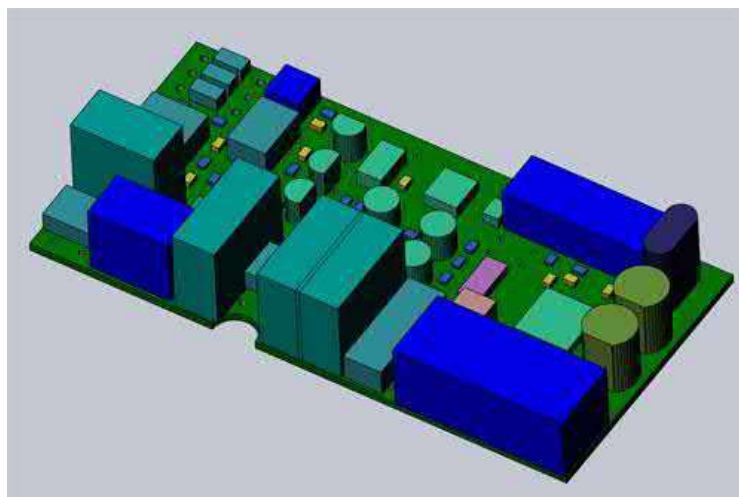
Экспортировать тестовые точки нет необходимости, поэтому их необходимо отфильтровать (либо удалить непосредственно в файле **.brd**). Убираем «KP 2MM» и «KP 2MM 0.8MM»:



Файл загрузился без ошибок, ненужные компоненты отфильтрованы, нужные отмечены звездочкой, запускаем SolidWorks. После загрузки SolidWorks переходим в окно CircuitWorks и выполняем **Tools/Build As**

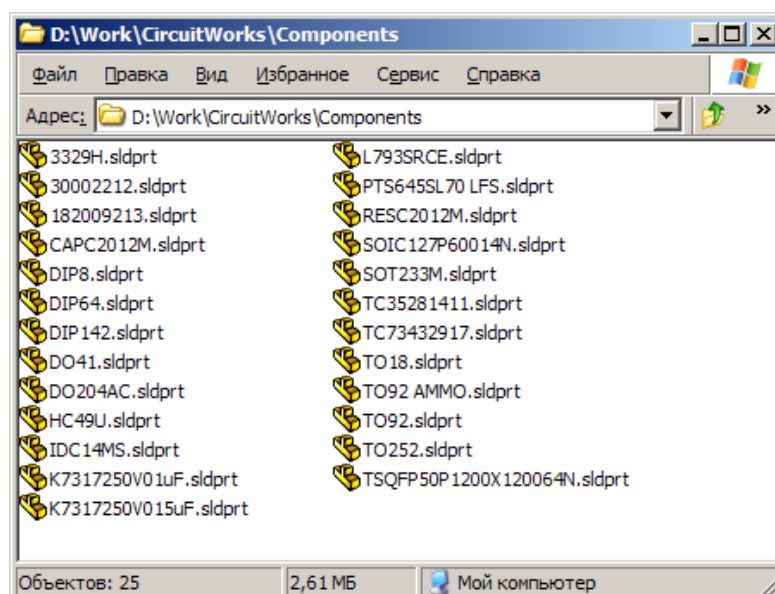
SolidWorks Assembly. Появится сообщение, что CircuitWorks не видит проблем для построения, нажать **Build**. Начнется процесс создания печатной платы и каждого компонента. Одновременно компоненты будут записаны в базу данных.

По окончании процесса появится сообщение, что все завершено. Нажать **ESC** для закрытия окна. Получаем печатную плату с автоматически созданными компонентами:

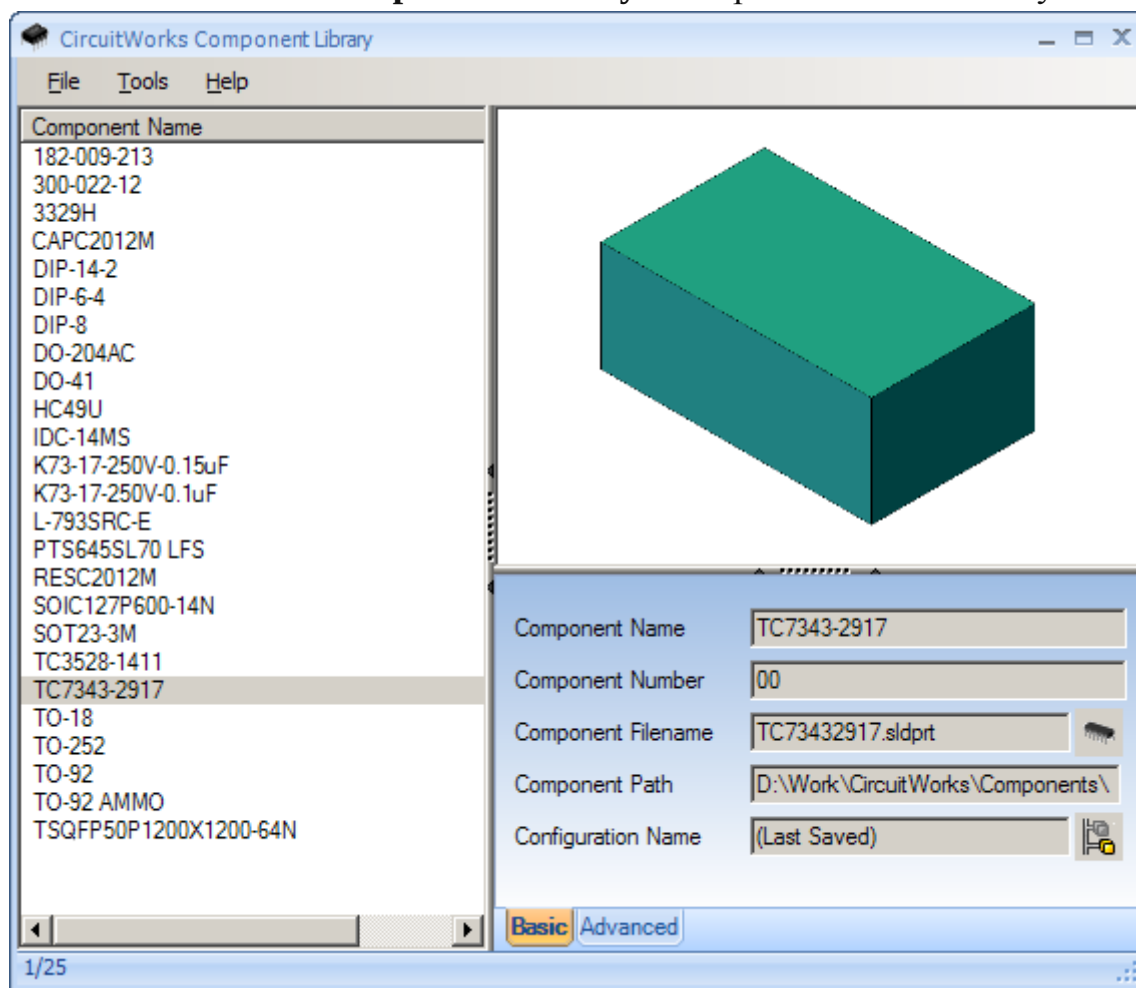


Закроем файл без сохранения.

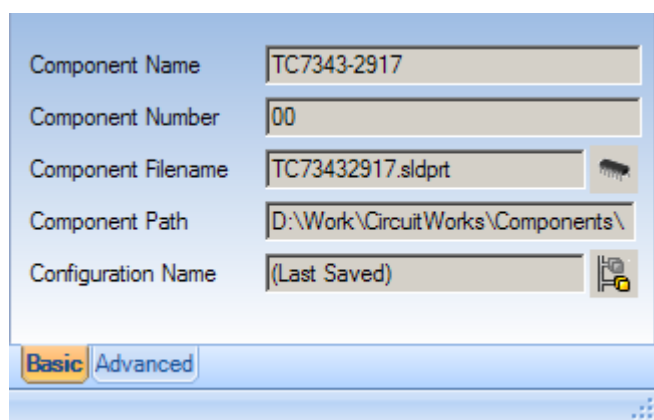
В папке **D:\Work\CircuitWorks\Database** сложились автоматически созданные компоненты:



Перейдем в CircuitWorks. Если перезагрузить файл (**File/Open**), то можно увидеть, что звездочки у компонентов исчезли, т.к. на них появились описания в базе. Выполним **Tools/Component Library**. Теперь библиотека не пустая:



Вкладка **Basic**:



Component Name – Footprint Name, Pattern;

Component Number – Comment (или Type в PCAD);

Component Filename – имя файла модели SolidWorks;

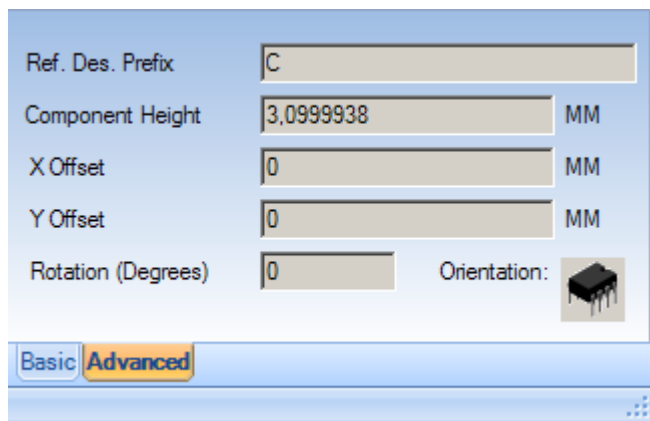
Component Path – путь до файла;

Configuration Name –

конфигурация внутри файла

SolidWorks. Файлы SW могут хранить несколько конфигураций одной детали. Например, чип резисторы всех типоразмеров от 0201 до NNNN можно хранить в одном файле, меняя конфигурацию при установке.

Вкладка **Advanced**:



Ref. Des. Prefix – Приставка обозначения компонента. В нашем случае неважно, необходимо при автоматическом построении для цветового деления компонентов. Может пригодиться для применения фильтров, вписываем то же значение, что и в редакторе ПП;

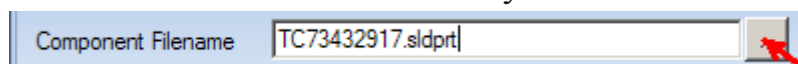
Component Height – Высота. В нашем случае, при использовании базы данных неважно, несет только информативный характер, но может быть использована для фильтрации на плате по высоте;

X Offset, Y Offset – смещение начальной точки модели SW относительно начальной точки посадочного места в библиотеке PCB;

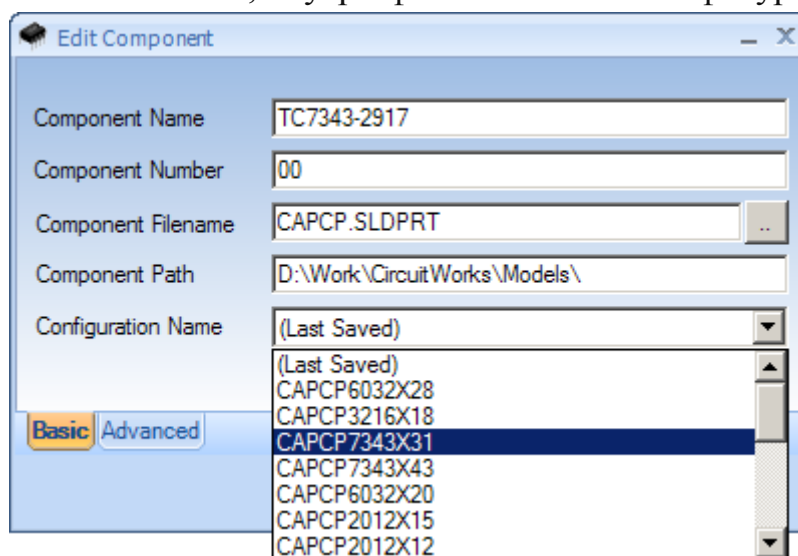
Rotation – Поворот модели SW относительно посадочного места;

Orientation – вид модели при построении.

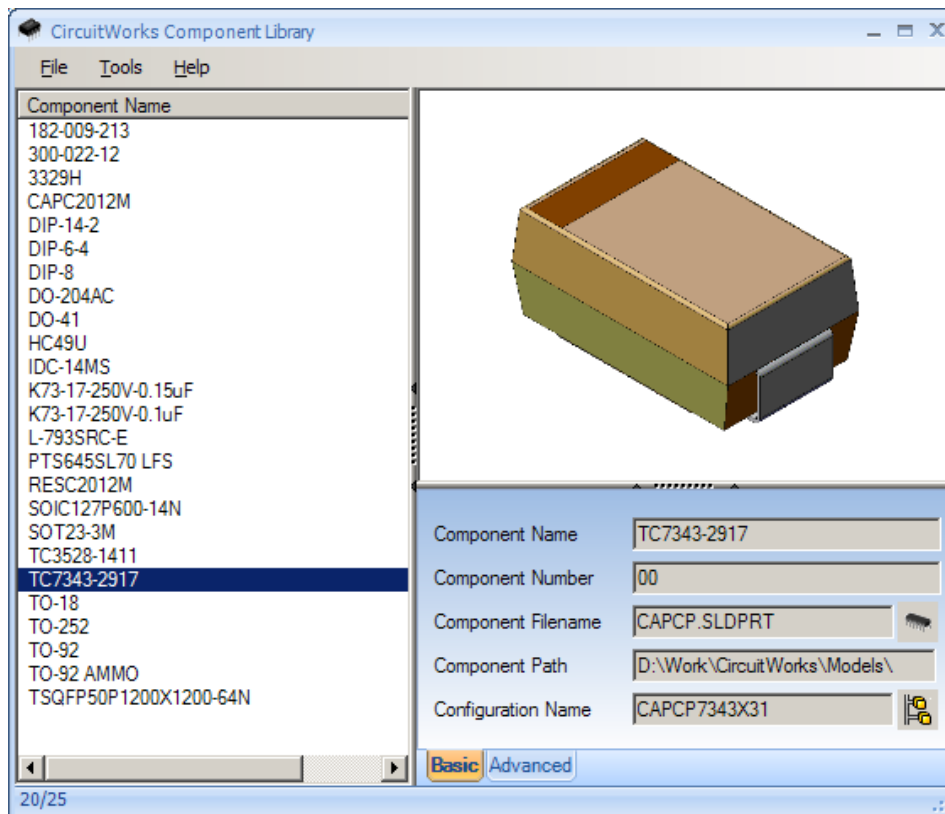
Эти описания только отображают значения, редактирование доступно только по команде **File/Edit Component**. Попробуем вместо автоматически созданной модели поставить модель, созданную в SolidWorks заранее. Для этого в окне библиотеки выберем компонент TC7343-2917, выполним команду **File/Edit Component**, в появившемся окне на вкладке **Basic** в конце строки **Component Filename** нажимаем кнопку **Browse**:



И выберем компонент из библиотеки SolidWorks. Наше название компонента: **CAPCP.SLDPRT**, внутри файла имеются конфигурации:



Выбираем конфигурацию **CAPCP7343X31**. Вместо автоматически созданной модели теперь назначена модель созданная в SolidWorks:



Теперь нужно все автоматически созданные компоненты заменить подобным образом. Можно повторить операцию для остальных компонентов средствами CW. Можно сделать непосредственно в базе данных. Замену большого количества компонентов удобнее производить в файле базы данных **cwrksdb9.mdb** посредством Microsoft Access

Закроем окно библиотеки.

Откроем файл базы данных **cwrksdb9.mdb**:

Microsoft Access - [Components : таблица]

ID	Name	PartNumber	Location	Part	Configuration	Height
1	TC7343-2917	00	D:\Work\CircuitWorks\Models\	CAPCP.SLDPRT	CAPCP7343X31	0,0030
2	CAPC2012M	00	[Relative]	CAPC2012M.sldprt		0,0010
3	TC3528-1411	00	[Relative]	TC35281411.sldprt		0,0020
4	RESC2012M	00	[Relative]	RESC2012M.sldprt		0,0006
5	PTS645SL70 LFS	PTS645SL70	[Relative]	PTS645SL70 LFS.sldprt		0,0059
6	K73-17-250V-0.1uF	250Vx0.1uF	[Relative]	K7317250V01uF.sldprt		0,0179
7	K73-17-250V-0.15uF	250Vx0.15uF	[Relative]	K7317250V015uF.sldprt		0,0159
8	DO-41	1N4001	[Relative]	DO41.sldprt		0,0027
9	L-793SRC-E	L793SRC-E	[Relative]	L793SRCE.sldprt		0,0110
10	DO-204AC	P6KE30CA	[Relative]	DO204AC.sldprt		0,0035
11	DIP-6-4	DB107S	[Relative]	DIP64.sldprt		0,0034
12	TO-92	L78L05ABZ	[Relative]	TO92.sldprt		0,0059
13	TO-252	LM1117DT-3	[Relative]	TO252.sldprt		0,0023
14	DIP-14-2	TRR-2A-05-D	[Relative]	DIP142.sldprt		0,0049
15	182-009-213	182-009-213	[Relative]	182-009-213.sldprt		0,0100

Запись: 26 из 26

Режим таблицы

По наименованию столбцов можно определить их назначение

ID – номер компонента в базе, счетчик, инкрементируется самостоятельно, редактировать не нужно;

Name – Component Name, Footprint, Pattern;

Partnumber – Comment или Type;

Location – путь до модели;

Part – наименования файла модели;

Configuration – номер конфигурации;

Height – высота в метрах(!);

Orientation – Ориентация в пространстве, если плата будет вертикальная, Orientation=1, в нашем случае плату располагаем горизонтально, Orientation=2;

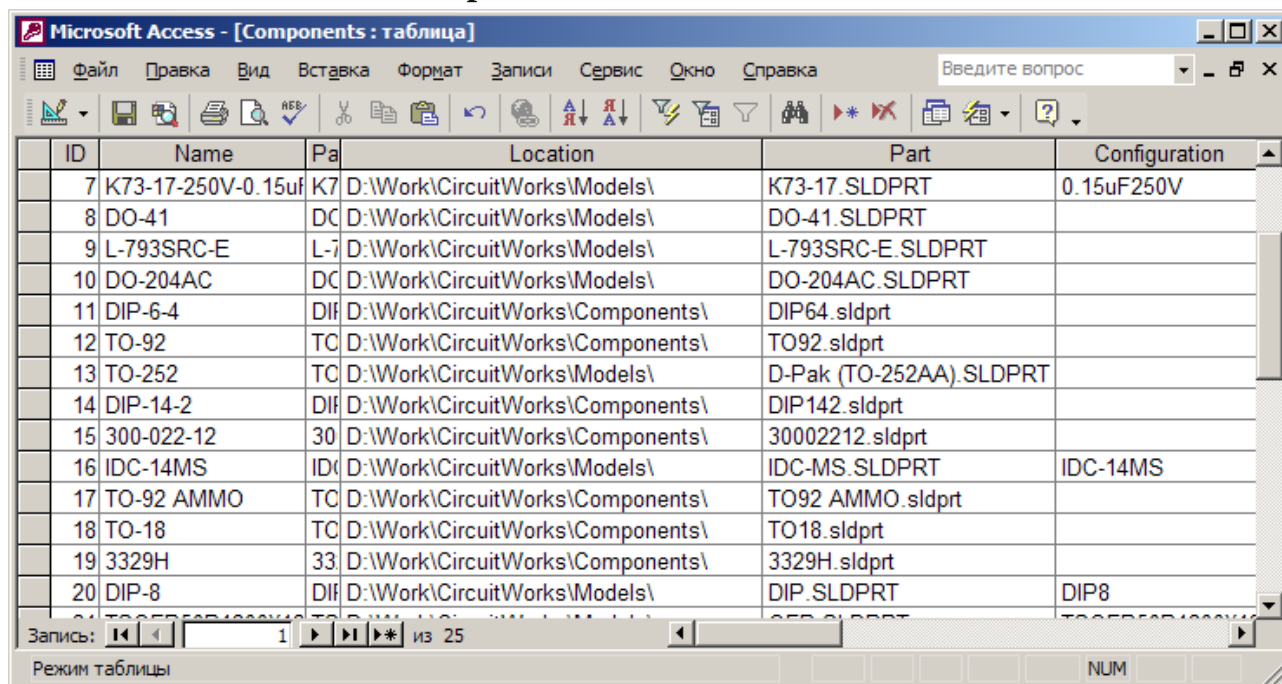
RefDesSeed – RefDes, значения не имеет;

ComponentType – для компонентов на плате всегда значение 3;

CADSystem – всегда 0, ни на что не влияет;

X Offset, Y Offset, Rotation – смещение и поворот модели относительно посадочного места.

В первой строке видим откорректированный компонент, остальные необходимо отредактировать. Для компонентов, на которые уже существуют 3D модели, забиваем новые пути вместо **[Relative]**. В нашем случае это **D:\Work\CircuitWorks\Models**. Для компонентов, на которые еще нет моделей SolidWorks, пока используем автоматически созданные. Вместо **[Relative]** в Location запишем тот путь, куда они создавались **D:\Work\CircuitWorks\Components**.



Microsoft Access - [Components : таблица]

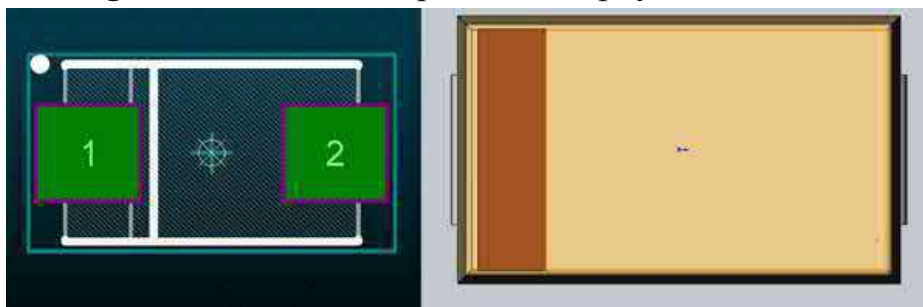
ID	Name	Part	Location	Configuration
7	K73-17-250V-0.15uF	K73-17.SLDPRT	D:\Work\CircuitWorks\Models\	0.15uF250V
8	DO-41	DO-41.SLDPRT	D:\Work\CircuitWorks\Models\	
9	L-793SRC-E	L-793SRC-E.SLDPRT	D:\Work\CircuitWorks\Models\	
10	DO-204AC	DO-204AC.SLDPRT	D:\Work\CircuitWorks\Models\	
11	DIP-64	DIP64.sldprt	D:\Work\CircuitWorks\Components\	
12	TO-92	TO92.sldprt	D:\Work\CircuitWorks\Components\	
13	TO-252	D-Pak (TO-252AA).SLDPRT	D:\Work\CircuitWorks\Models\	
14	DIP-14-2	DIP142.sldprt	D:\Work\CircuitWorks\Components\	
15	300-022-12	30002212.sldprt	D:\Work\CircuitWorks\Components\	
16	IDC-14MS	IDC-MS.SLDPRT	D:\Work\CircuitWorks\Models\	IDC-14MS
17	TO-92 AMMO	TO92 AMMO.sldprt	D:\Work\CircuitWorks\Components\	
18	TO-18	TO18.sldprt	D:\Work\CircuitWorks\Components\	
19	3329H	3329H.sldprt	D:\Work\CircuitWorks\Components\	
20	DIP-8	DIP.SLDPRT	D:\Work\CircuitWorks\Models\	DIP8

Запись: 1 из 25

Режим таблицы

При подмене компонентов необходимо убедиться, что все компоненты ориентированы одинаково при создании в библиотеке Altium Designer и Solidworks.

Altium Designer и SolidWorks при виде сверху, кнопка



Если ориентация компонента с моделью не совпадает, в нашем случае это SOT-23:

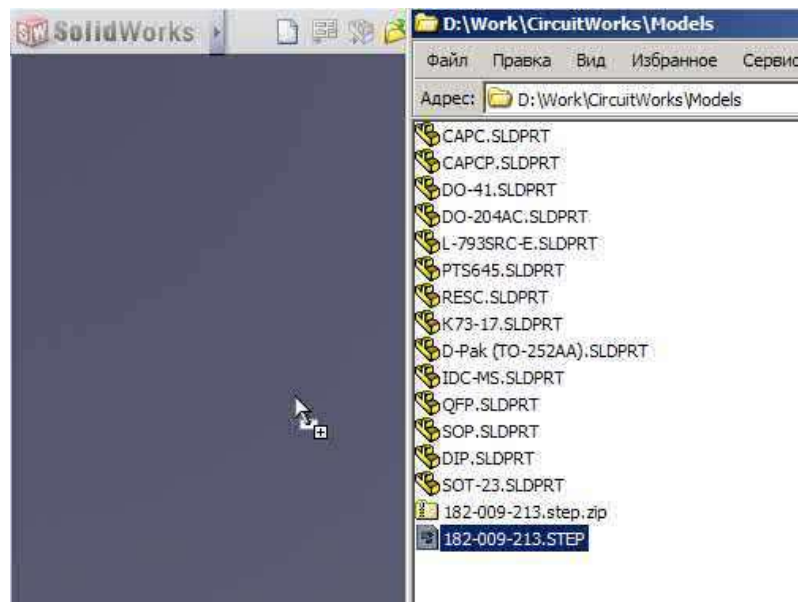


Необходимо ввести корректировку в поле **Rotation** в базе данных напротив SOT23-3M. **Rotation** – угол, на который нужно повернуть модель SW до положения компонента из PCB. Вводим **270**.

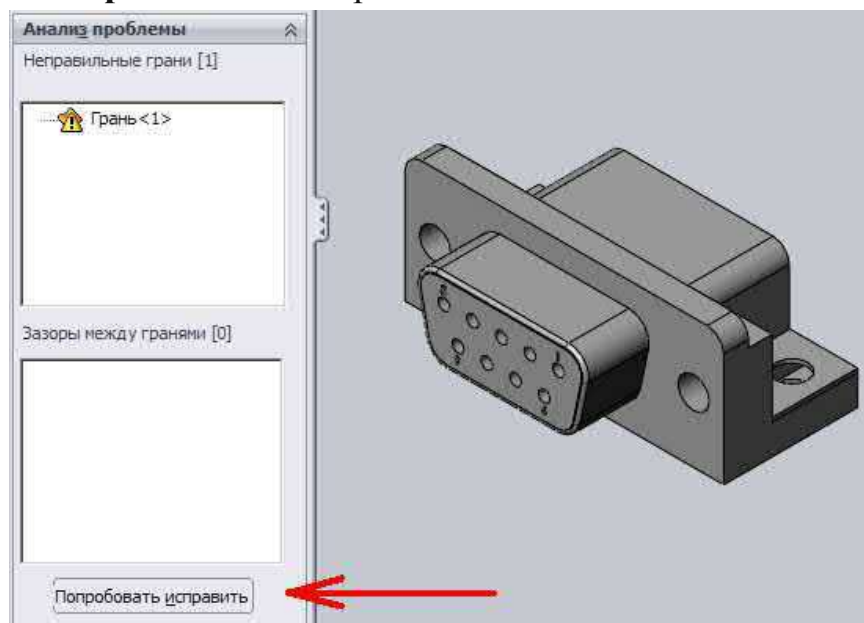
Если SW моделей нет, можно их поискать у производителей. Особенно это касается производителей соединителей. Если сайт производителя неизвестен, можно попытаться найти компонент на сайтах поставщиков www.digikey.com, www.mouser.com и др. Загрузим модель компонента **182-009-213, CONN DB9 FEMALE .318" R/A**. При поиске на www.digikey.com находим компонент, по ссылке Manufacture Link заходим на сайт производителя www.norcomp.net. На сайте можно загрузить **STEP** или **IGS** формат. Для импорта в SolidWorks разницы нет.

Position		METAL SHELL	Data Sheet	3D Models
9	MALE	182-009-113Ryy1		
	FEMALE	182-009-213Ryy1		

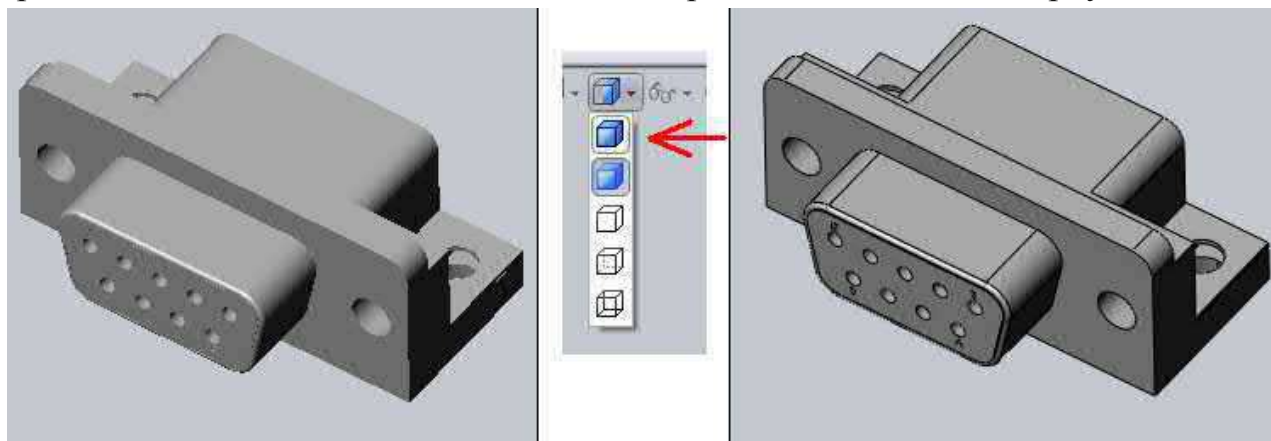
Жмем на **STEP**, сохраняем файл на диске. Это архив ZIP. Распаковываем архив, файл **STEP** перетаскиваем в окно SolidWorks:



Произойдет импорт детали. В случае если SolidWorks предложит проверить геометрию, нажать **ОК**. В панели справа появятся неправильные грани. Нажать **Исправить** для исправления.



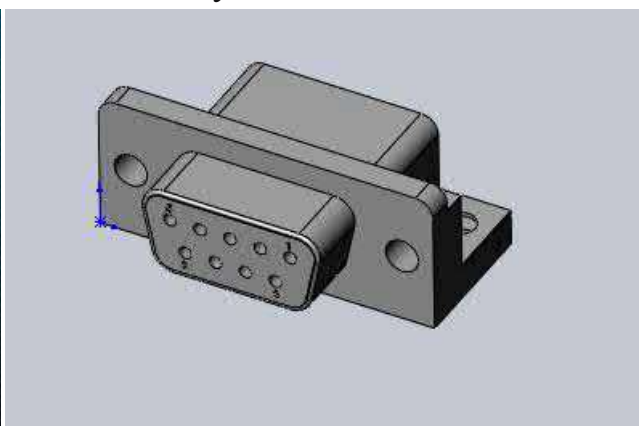
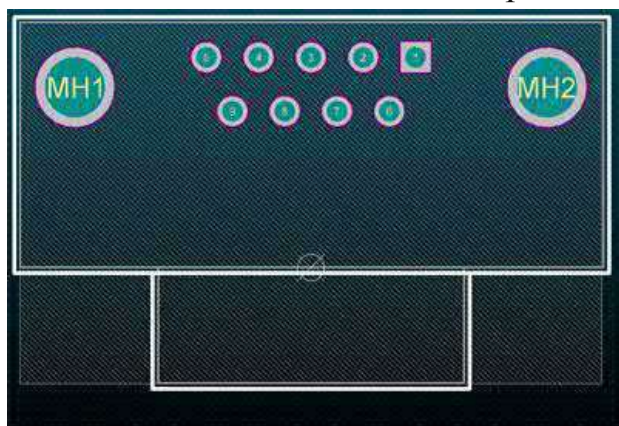
Если после импорта модель отображается с непрорисованными кромками, необходимо сменить стиль отображения на панели сверху



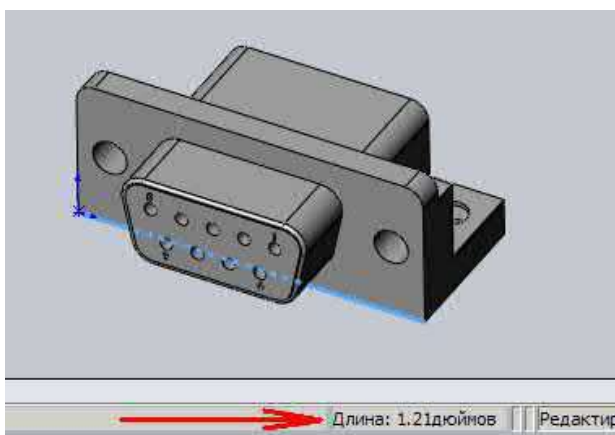


Теперь необходимо проверить и совместить начальную точку модели с начальной точкой построения компонента в Altium Designer. Для этого в SolidWorks нужно отобразить положение начальной точки:

Сравним положение нуля в AD и SW:



Точки находятся на одной кромке, но в РСВ она посередине – Component Name, Footprint, /span Pattern; , а создатели модели поместили ее на краю.



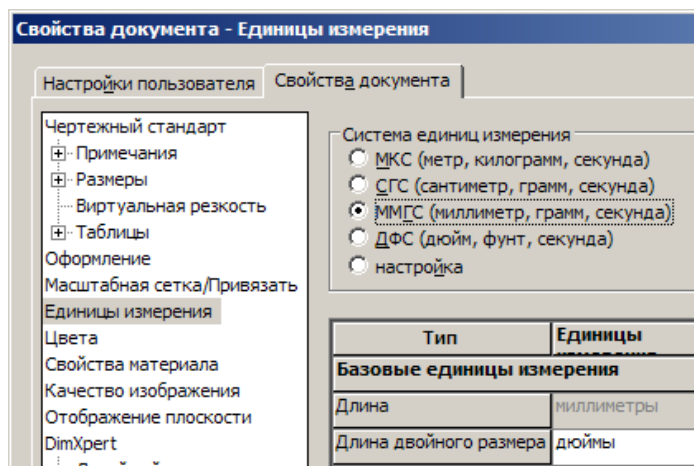
Переместим компонент так, чтобы начальная точка была так же, посередине. Для этого сначала необходимо измерить длину кромки, чтобы знать насколько смещать. Выделим нижнюю кромку, снизу в строке состояния отобразится ее длина:

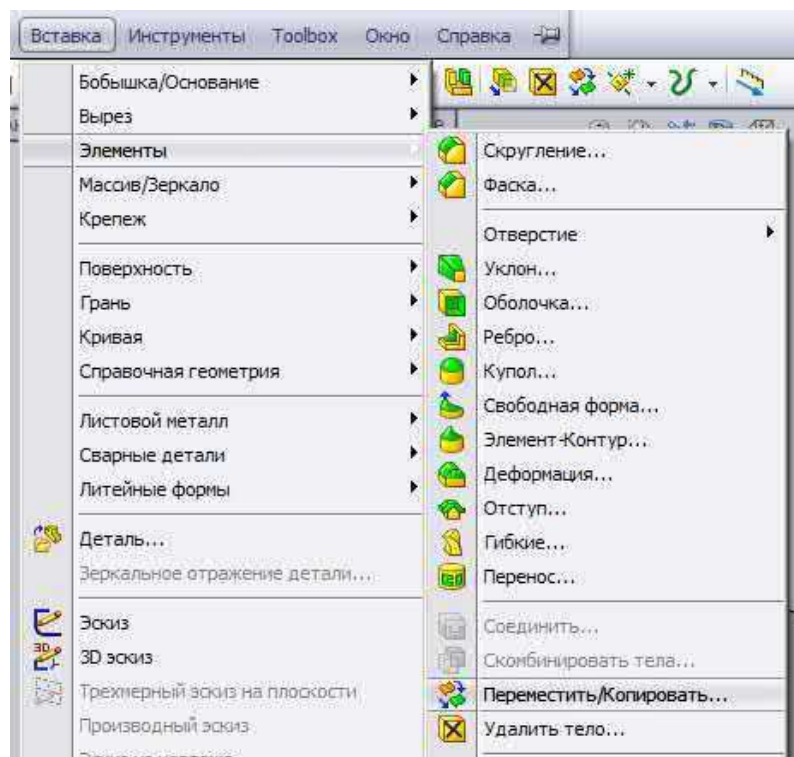
Можно измерения все делать в дюймах, можно перевести документ в миллиметры. Для этого

выполнить **Инструменты/Параметры**, перейти на вкладку **Свойства документа**, из списка слева выбрать **Единицы измерения** и указать **ММГС** (миллиметры, грамм, секунда)

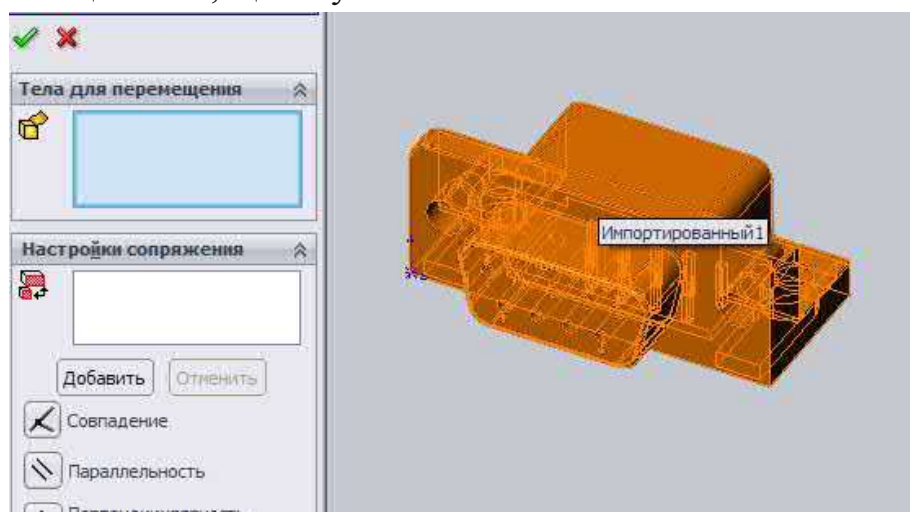
Теперь при выборе кромку размер отобразится в миллиметрах 30.81 мм

Для перемещения тела необходимо выполнить **Вставка\Элементы\Переместить-Копировать**

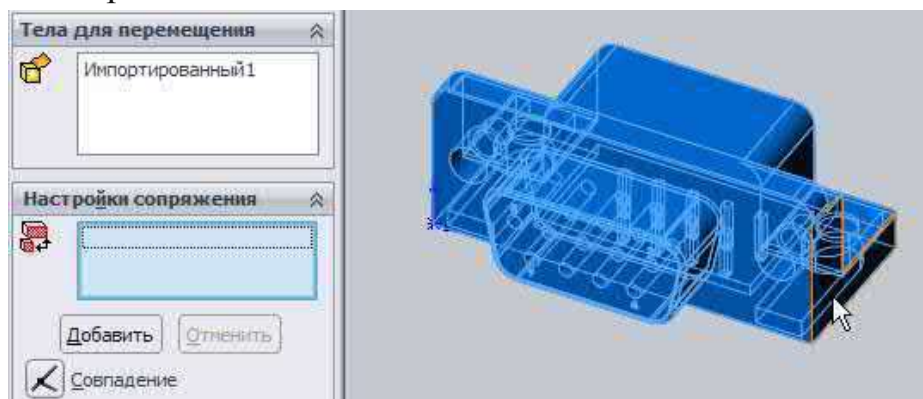




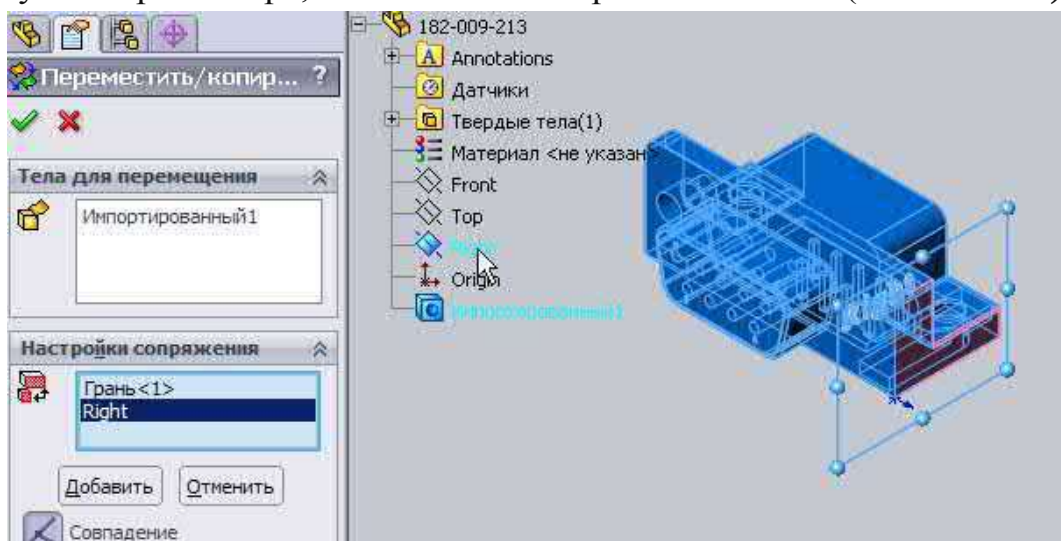
Слева появится панель настройки смещения. Фокус текущего окна в SW подсвечивается голубым. В нашем случае это **Тела для перемещения**. Выбираем тело целиком, щелкнув на любой его точке.



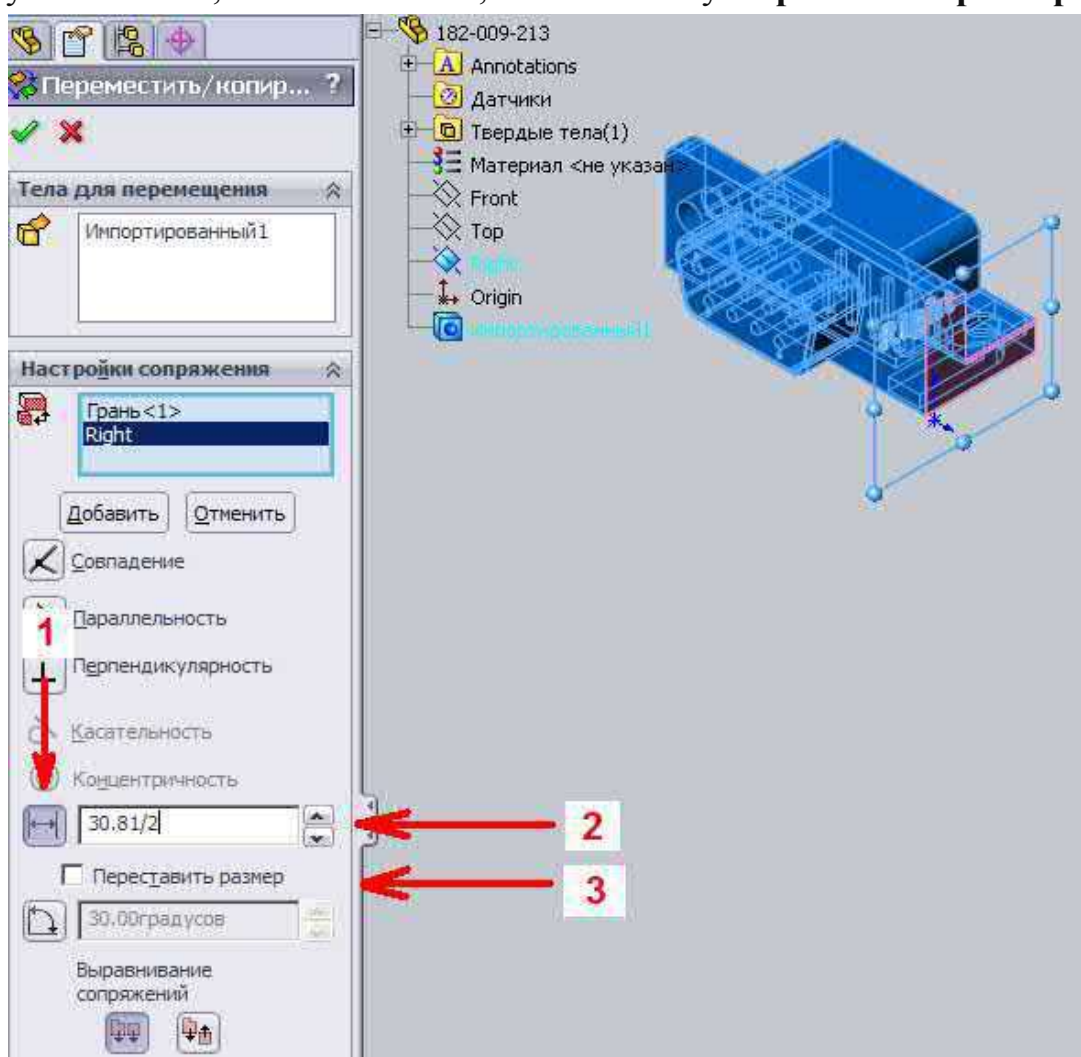
В списке **Тела для перемещения** должно поместиться **Импортированный 1**. Фокус переместится на окно **Настройки сопряжения** для указания как начальная точка будет сопрягаться с телом. Выберем ближнюю к нам грань:



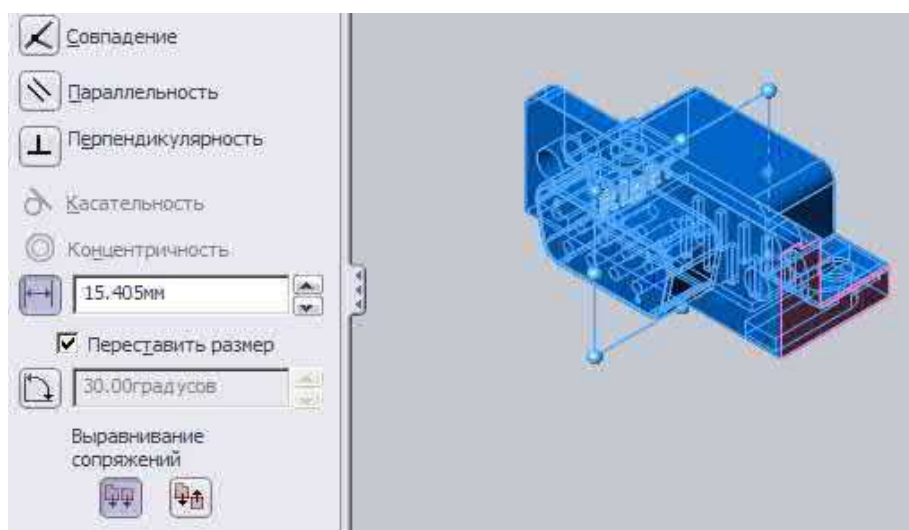
Начальная точка должна пересекаться с плоскостью **Right**, поэтому вторым элементом выбираем эту плоскость. Если дерево конструирования не развернулось при выборе, нажмите «+» напротив названия (182-009-213):



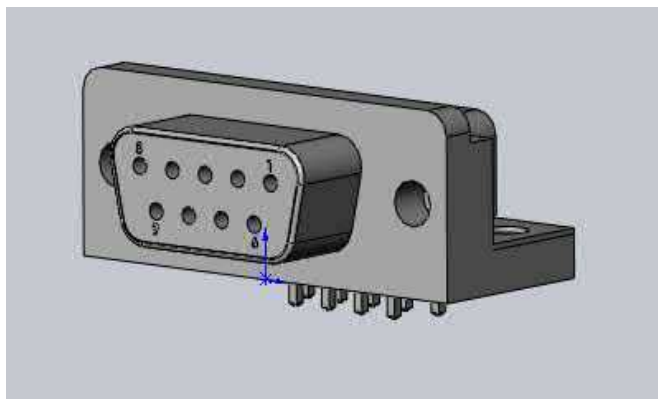
Автоматически накладывается сопряжение **Совпадение**, но нам нужно смещение, поэтому ниже выбираем **Расстояние**, вводим **15.405**, половину от 30.81. Значение не обязательно считать на калькуляторе, можно это доверить самому SolidWorks, забив «30.81/2», жмем галочку **Переставить размер**



Смотрим, правильно ли сместилась модель, если нет, то галочкой **Переставить размер** и кнопками **Выравнивание сопряжений** устанавливаем в нужное положение.



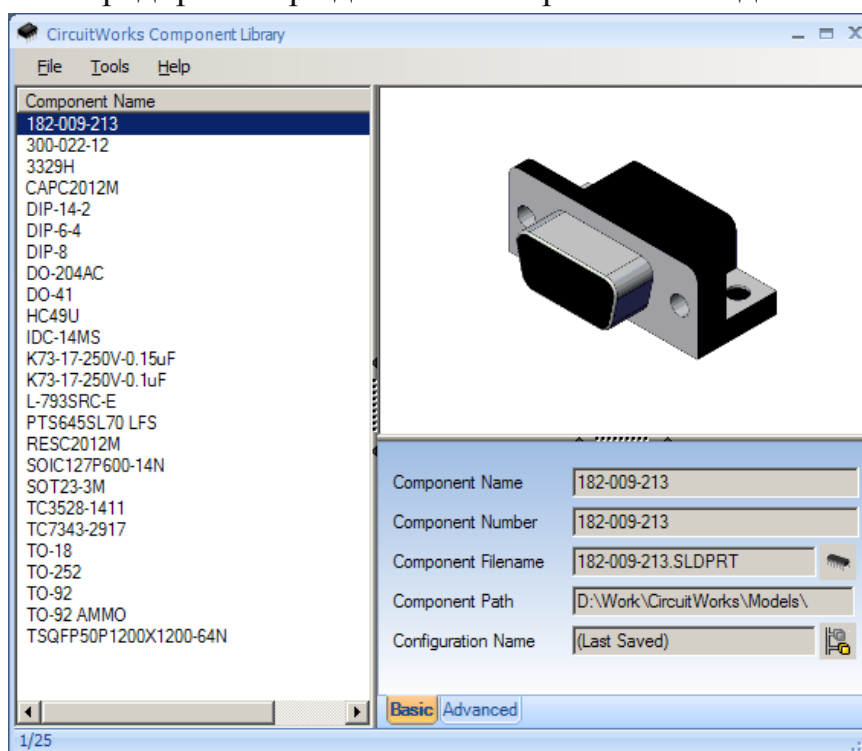
Нажимаем **ОК**, сверху слева. Исходная точка должна расположиться на нужном месте:



Модель готова для использования. При желании ее можно раскрасить.

Сохраняем модель в **D:\Work\CircuitWorks\Models**. Подключаем все модели через меню библиотеки CircuitWorks или посредством Access. При правильном подключении в менеджере

библиотек в окне предпросмотра должны отображаться модели SW:



П6. 7. Редактирование детали печатной платы

Select PCB View Configuration

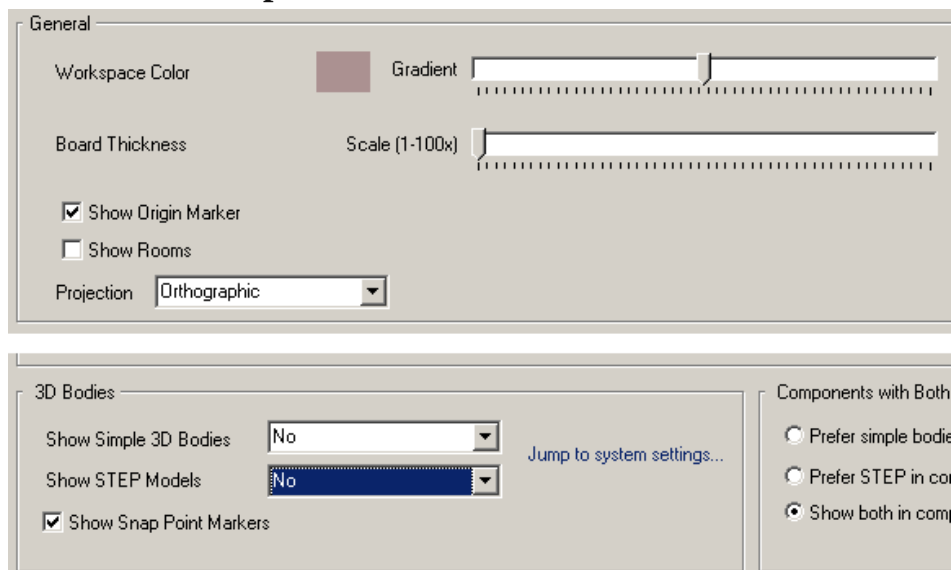
Name	Kind
Altium Standard 2D	2D simple
Altium 3D Black	3D
Altium 3D Blue	3D
Altium 3D Brown	3D
Altium 3D Color By Layer	3D
Altium 3D Dk Green	3D
Altium 3D Lt Green	3D
Altium 3D Red	3D
Altium 3D White	3D

Для контроля расположения компонентов желательно перевести проводники на модель печатной платы в SolidWorks. Самый легкий способ реализации перевести с помощью рисунка.

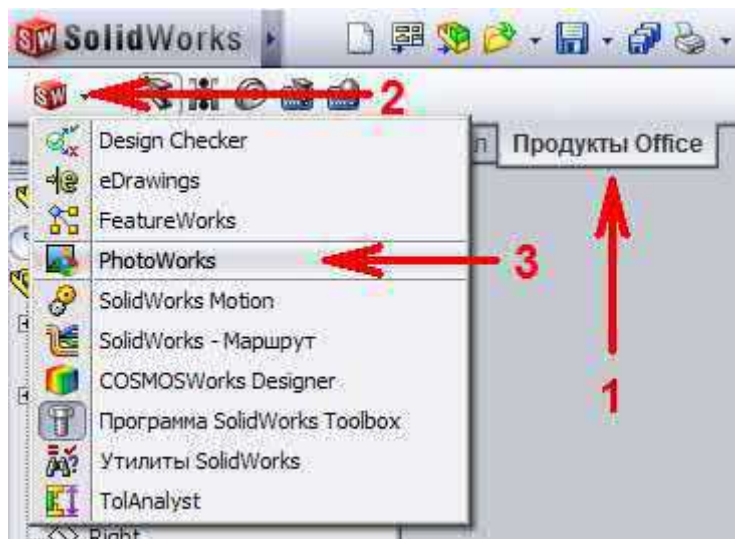
Перейдем в Altium Designer, откроем плату, если закрыли. Необходимо перейти в режим 3D, для этого жмем **3**. Увидим плату в 3D с натуральными цветами. Нажмем клавишу **L**. Зайдем в настройки 3D отображения. Слева выберем конфигурацию

отображения **Altium 3D Dk Green**:

Справа в разделе **General** необходимо выставить **Projection** в значение **Orthographic**, галочку **Show Rooms** снять. Ниже, в разделе **3D Bodies** значения **Show Simple 3D Bodies** и **Show STEP Models** выставляем в **No**



Нажать **ОК**, отображаться будет печатная плата без компонентов. Для ортогонального просмотра нажмите **0**. Для просмотра всей платы выполните **View/Fit Board** (клавиши **V-F**) Для копирования рисунка печатной платы, не выбирая ничего, нажмите **Ctrl+C**. Появится запрос о разрешении скриншота, выберите **300 dpi**, нажмите **ОК**, изображение скопируется в буфер обмена. Теперь нужно вставить изображение из буфера в любом редакторе. Можно использовать MS Paint. Вставляем рисунок, обрезаем по границе печатной платы и сохраняем в **.PNG**. Теперь сделаем то же самое с обратной стороной ПП. Для этого в Altium Designer выполним **View/Flip Board** (клавиши **V-B**), если плата сместилась, нажмите **V-F**. Копируем, сохраняем в **.PNG**.

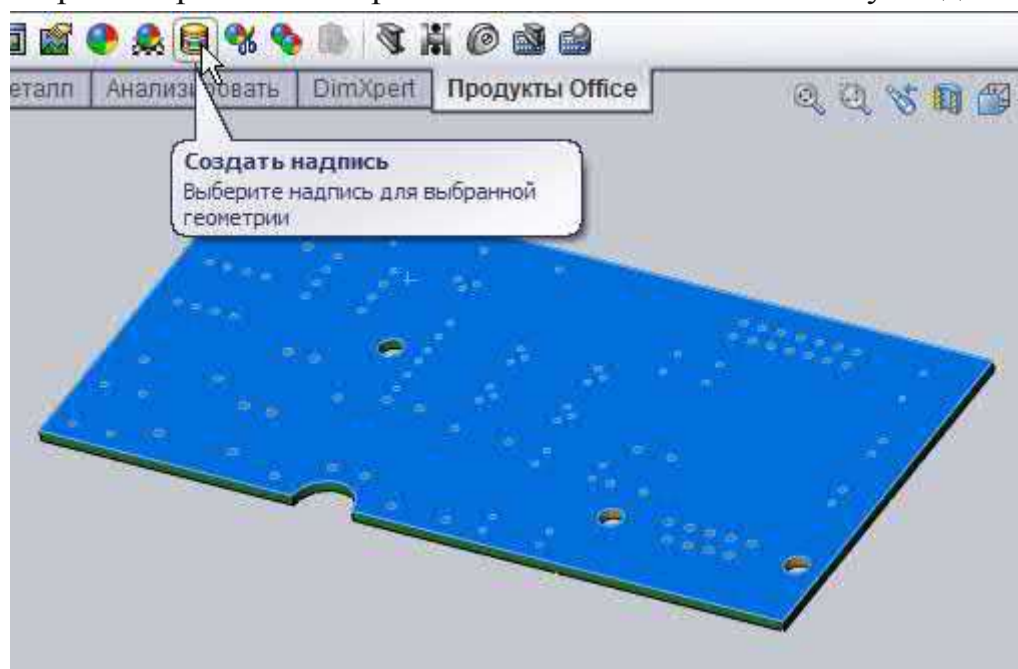


Переходим в SolidWorks. При первой генерации модели в папке **D:\Work\CircuitWorks\Boards** должна создаваться модель (деталь **.SLDPRT**) печатной платы. Откроем ее в SW. Натягивание картинок на модель в SolidWorks отличается от версии к версии. Здесь приводится вариант для SW2009. Необходимо, включить приложение **PhotoWorks**. Для

этого выберите в панели сверху **Продукты Office/Команды office/PhotoWorks**

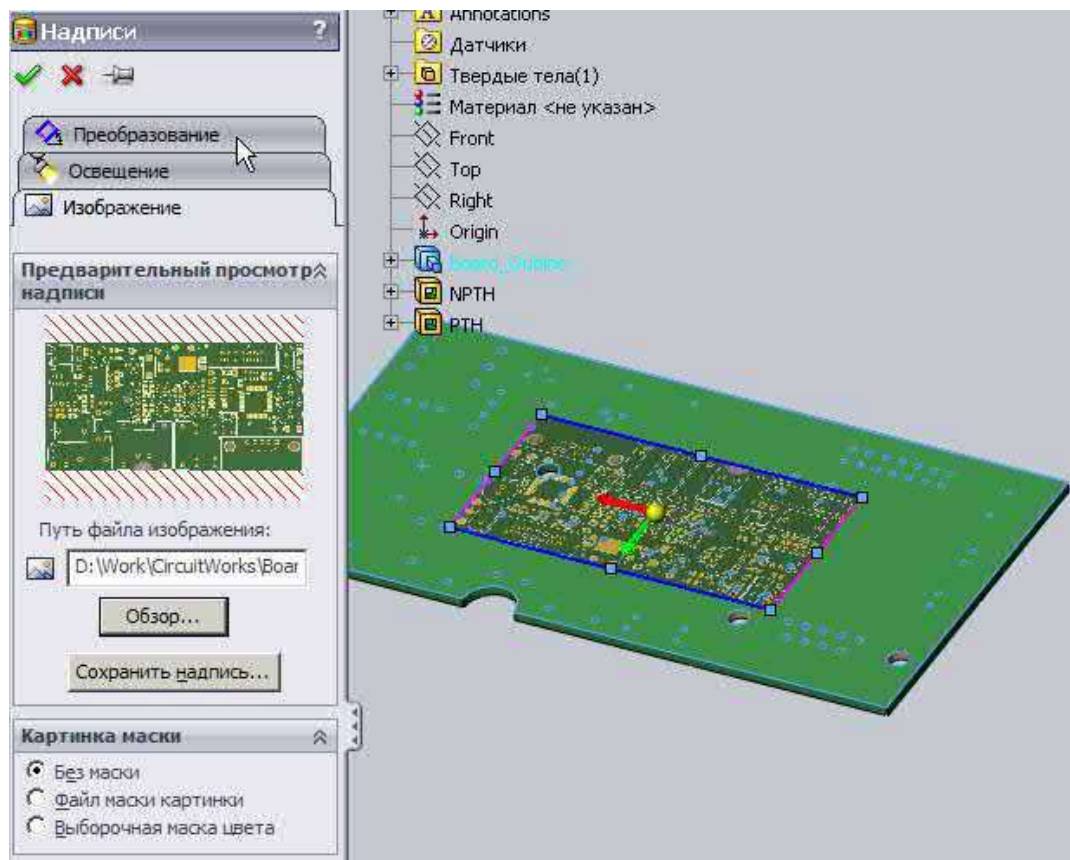
В случае, если пункта PhotoWorks нет, необходимо установить приложение дополнительно. Если все установлено, то на этой же панели появятся кнопки PhotoWorks.

Выбираем верхнюю поверхность ПП и нажимаем кнопку **Надпись**

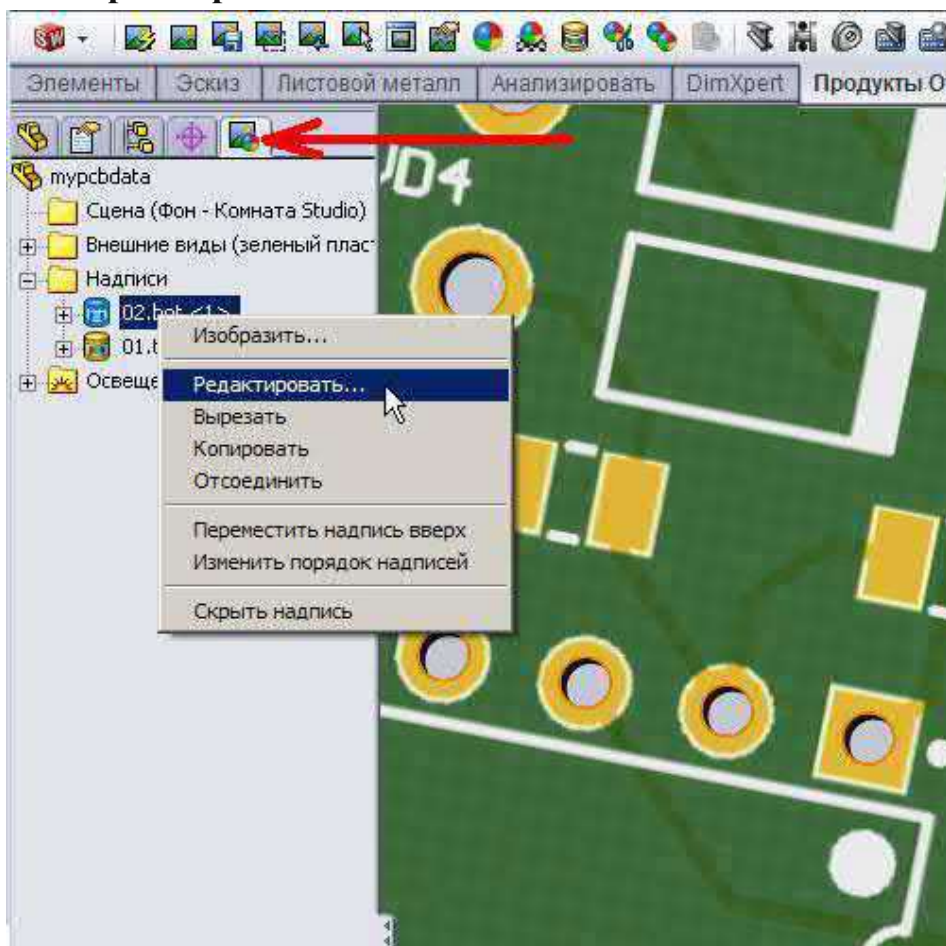


Слева откроется панель, слева появится приглашения для выбора файла картинки. Нажмите **Обзор**, выберите файл изображения верхней стороны ПП. Появится предварительный просмотр, как рисунок расположится на модели.

Для правильного расположения рисунка перейдите на закладку **Преобразование**. Обычно помогает выставление галочек **По ширине** и **По высоте**, если недостаточно, то нужно вручную указать размер картинки, и, при необходимости, повернуть на **180°**.

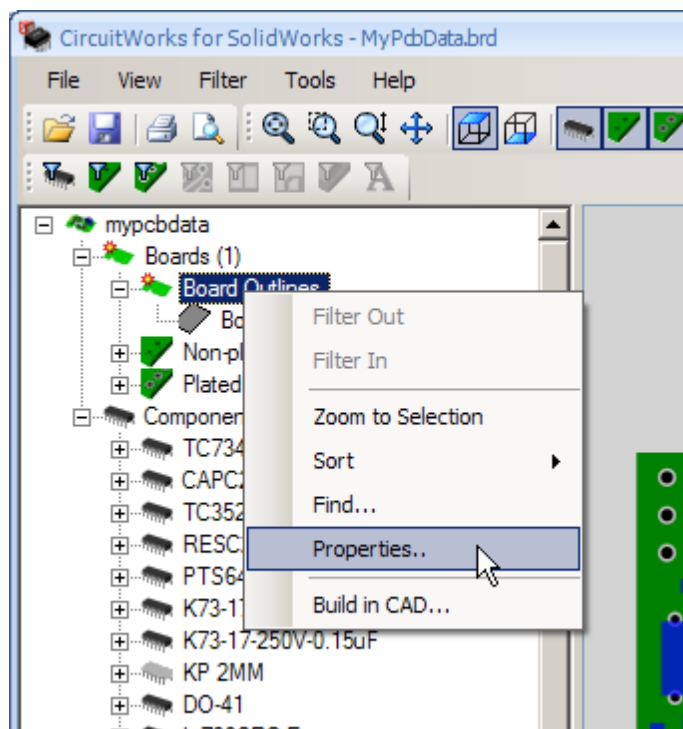


При правильном расположении рисунка жмем ОК, повторяем операции для нижнего слоя ПП. По отверстиям контролируем положение рисунка. Если необходимо откорректировать положение рисунка, то это можно сделать на панели **Менеджер изображения**



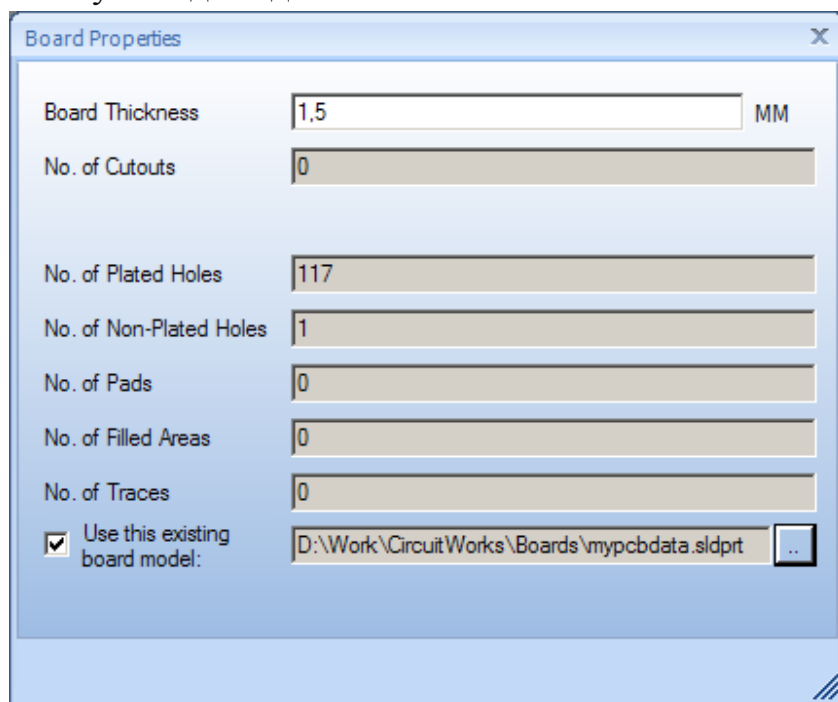
Приложение PhotoWorks можно отключить. Изображение останется. Сохраните файл.

П6.8.Создание модели



Теперь, когда все компоненты готовы, можно создавать модель печатной платы. Запустите CircuitWorks, откройте файл **.brd**. Все компоненты отображаются без звездочек, обозначая, что они все присутствуют в базе. Компоненты высотой 0 мм (тестовые площадки) отфильтруйте. CircuitWorks будет пытаться заново построить деталь печатной платы. Укажите, что плата готова и нужно взять модель детали ПП из файла. Нажмите **Properties**

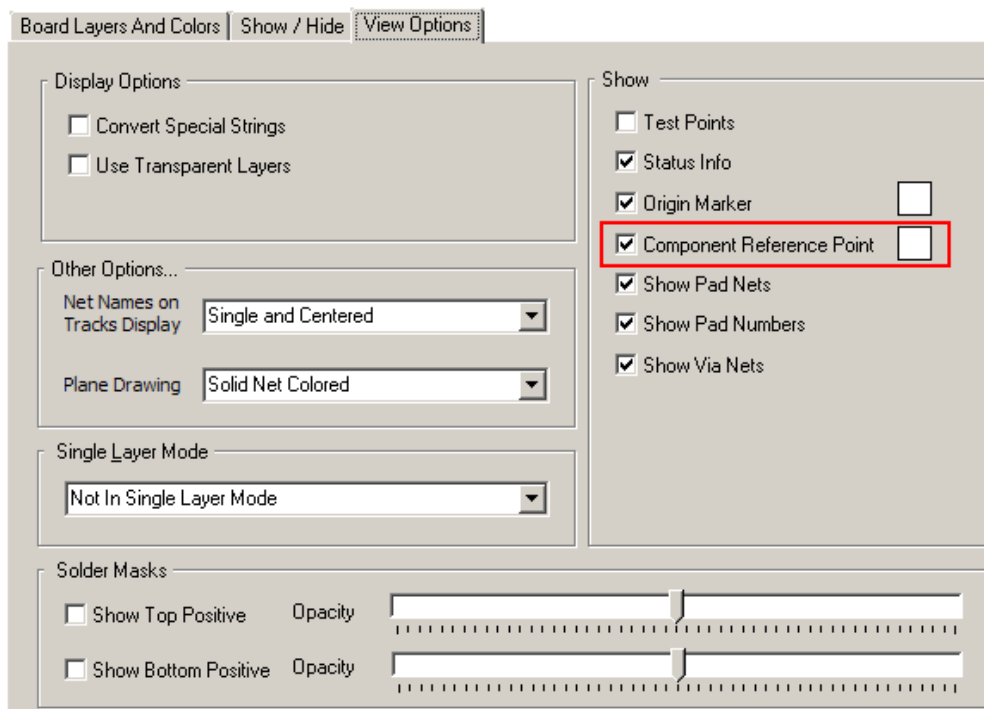
В появившемся окне в нижней строке установите галочку **Use this existing board model** и выберите готовую модель детали ПП.



Закройте окно. Запустите построение платы **Tools/Build as SolidWorks Assembly**. Построится модель ПП с новыми компонентами.

Необходимо проконтролировать положение компонентов по рисунку ПП и отверстия. В случае, если некоторые компоненты оказались смещены или неверно повернуты, необходимо

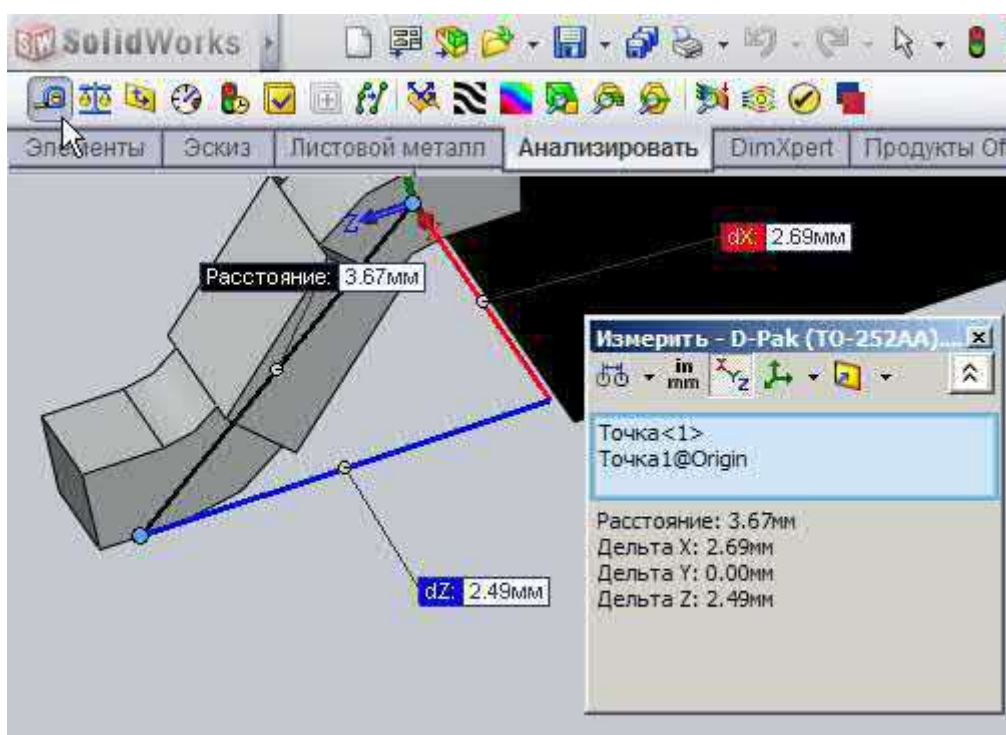
проконтролировать смещения в файле базы данных. Для визуального контроля начальных точек в Altium Designer на поле печатной платы в режиме 2D нажмите **L**, перейдите на вкладку **View Options**, там установите галочку **Component Reference Point**



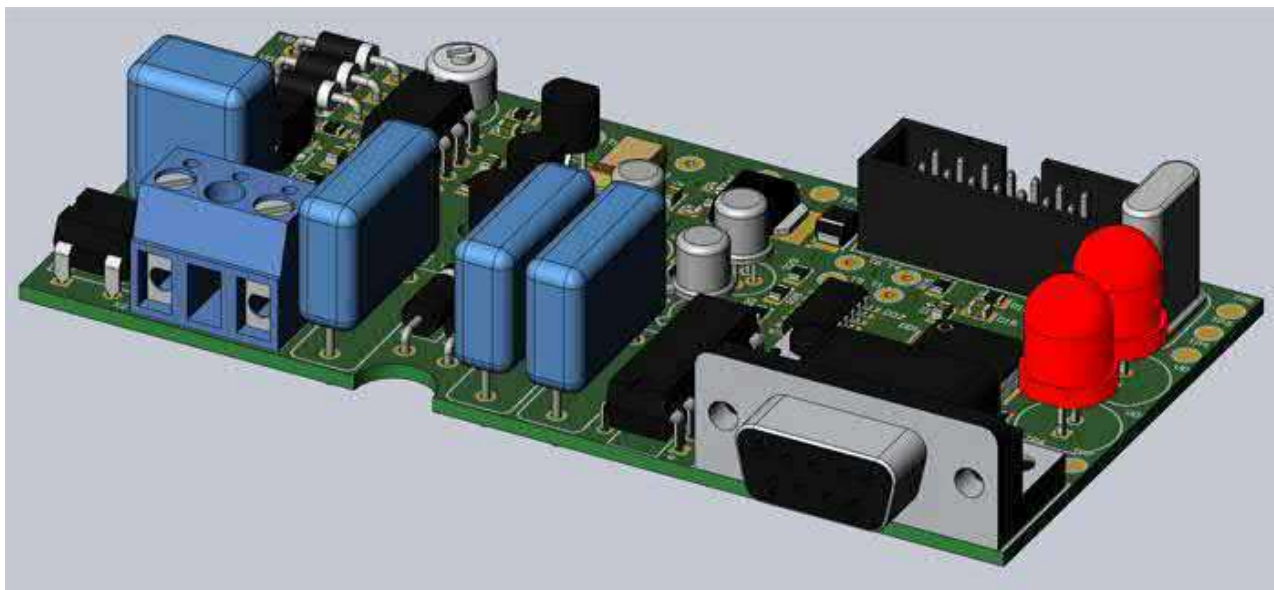
В SolidWorks отображение начальной точки во всплывающем меню на сборке



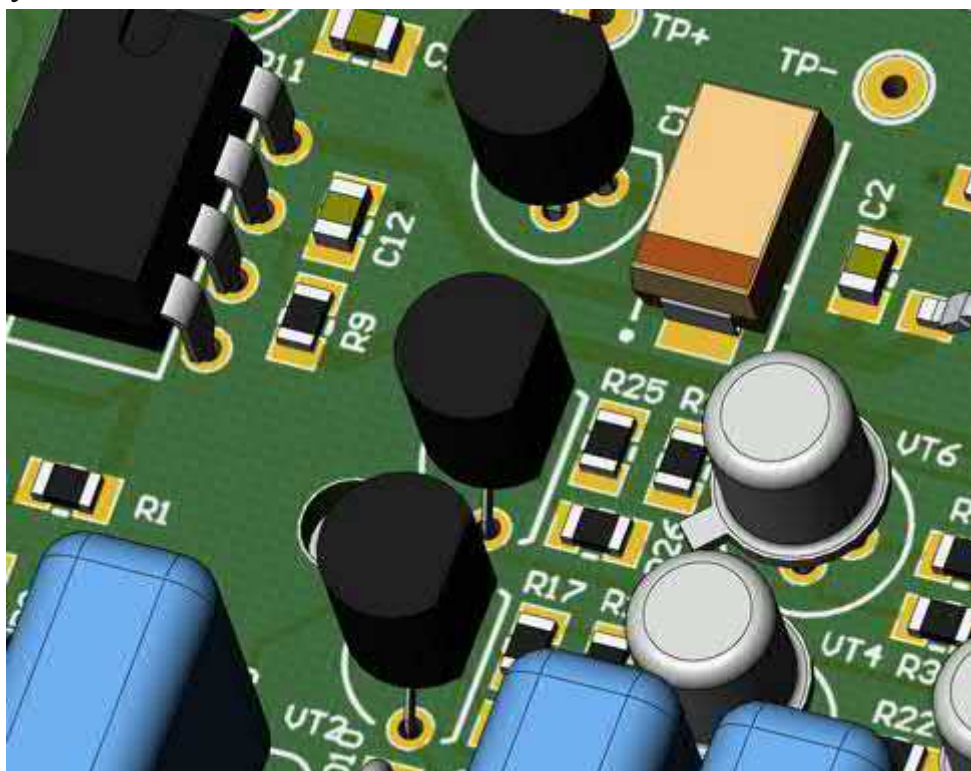
Теперь, в случае ошибки, можно визуально определить, у каких компонентов смещена начальная точка. В SolidWorks измерение расстояний происходит автоматически при выборе линии или двух точек, результат отображается в строке состояния. Если этого не происходит (сложная поверхность, неявная точка) то поможет команда **Инструменты/Измерить**



Если есть ошибки установки компонентов, то необходимо откорректировать библиотеку CircuitWorks и запустить заново построение в SW. Не забыв указать, что деталь ПП уже есть. При правильных моделях и корректных ссылках на них в базе CircuitWorks должны получить правильную модель:

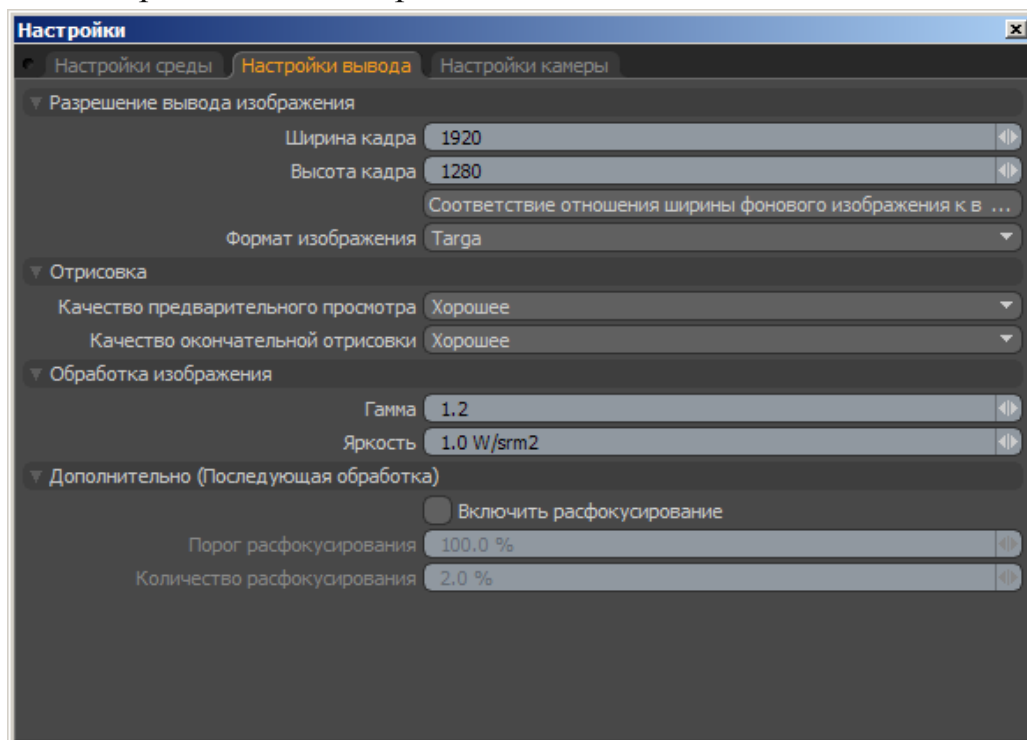


Контролируем положение выводных компонентов по отверстиям, SMD по рисунку



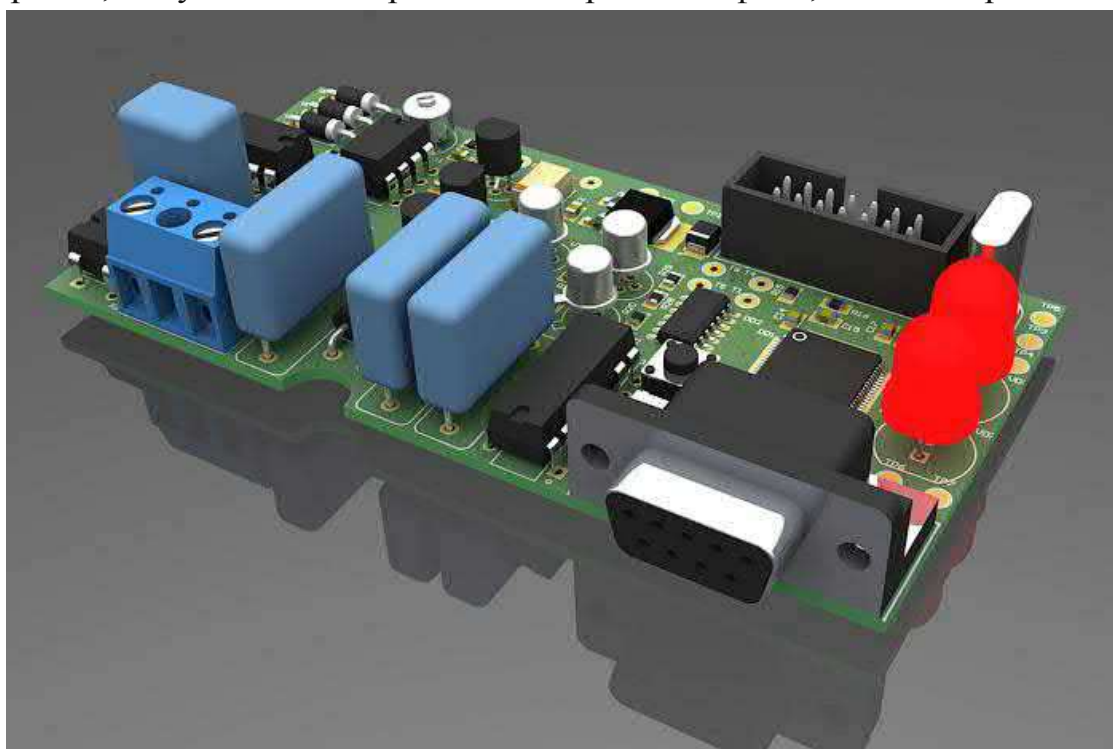
Если все хорошо, можно создать фотореалистичное изображение в SolidWorks приложении **PhotoView 360**. Сохраните сборку на диске, запустите PhotoView. Сверху в панели можно выбрать среды для отрисовок, можно выбрать любой понравившийся фон. В панели настроек на закладке **Настройка вывода** выставляем размер финального изображения, подгоняем яркость и

контраст изображения, изменения настроек будут сразу же применяться на финальном изображении без закрытия окна.



На закладке **Настройка камеры** можно попробовать изменить настройку фокальной длины. При уменьшении значения, будет накладываться большая перспектива.

Закройте окно настроек. Нажмите **Отрисовка**, откроется окно рендеринга, полученное изображение сохраните в файл, кнопка справа сверху.



ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ
по направлению подготовки
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
профиль
Интеллектуальные программируемые системы и устройства

Составитель: Дюдюн Дмитрий Евгеньевич

Редактор: _____

Формат _____	Подписано в печать _____	Уч.-изд. л. – ____.
Бумага _____	Усл. п. л. – ____	Заказ _____
Печать _____	Тираж ____ экз.	

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»
г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1

Издательство Северо-Кавказского федерального университета
Отпечатано в типографии СКФУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

к выполнению расчетно-графической работы

по дисциплине

«СОВРЕМЕННЫЕ САПР ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЯ РЭА»

для студентов направления подготовки

11.03.04 «Электроника и микроэлектроника»

Направленность (профиль)

«Интеллектуальные программируемые системы и устройства»

**Ставрополь
2026**

УДК
ББК

Дюдюн Д.Е. Современные САПР для проектирования и конструирования РЭА: Методические указания к расчетно-графической работе. — Ставрополь: Изд-во СКФУ, 202_. — ____ с.

Настоящие методические указания к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Современные САПР для проектирования и конструирования РЭА» предназначены для студентов направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, профиль подготовки Интеллектуальные программируемые системы и устройства. В методических указаниях приведены разделы теоретического материала, необходимые для изучения дисциплины, а также задания для расчетно-графической работы. Приведён список основной литературы. В приложении представлен список дополнительной литературы, позволяющий студентам более глубоко познакомиться с изучаемым предметом.

Методические указания к расчетно-графической работе составлены в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, рабочими учебными планами и программами дисциплины «Современные САПР для проектирования и конструирования РЭА».

УДК
ББК

Содержание

1. Задание к работе	5
2. Варианты заданий	7
Вариант 1.Блокиратор нелегального подключения к линии	7
Вариант 2.Генератор сигналов треугольной формы 1 ГЦ - 1 МГц на микросхеме СА3080	8
Вариант 3.Регулятор громкости , баланса и тембра на TDA1524A.	9
Вариант 4.Функциональный генератор со встроенным счетчиком	10
Вариант 5.Индикатор выходного сигнала на КА2281.	11
Вариант 6.Измеритель емкости с автоматическим выбором предела измерения	12
Вариант 7.Частотомер на ИМС 4093	14
Вариант 8.Регулятор яркости светильника .	16
Вариант 9.Электронные часы на ИС K176 ИЕ13.	17
Вариант 10.Измеритель уровня громкости звука на ИМС NE614	19
Вариант 11.Ультразвуковой детектор движения на ИМС LM324	21
Вариант 12.Устройство записи /воспроизведения звука на ИМС ISD1020A	22
Вариант 13.Устройство охранной сигнализации на ИМС 555	23
Вариант 14.Электронный замок на ИМС 4022	24
Вариант 15.Цифровой индикатор влажности на ИМС ICL7106CPL	26
Вариант 16.Цифровой вольтметр на ИМС ICL7129ACPL	27
Вариант 17.Цифровой барометр на ИМС ICL7100CPL	28
Вариант 18.Акселерометр на ИМС ADXL50	29
Вариант 19.Инфракрасный детектор температуры тела на ИМС 555	30
3. Пример выполнения задания	31
4. Оформление пояснительной записки .	62
Приложение 1.Пример оформления титульного листа	65
Приложение 2Примеры библиографического оформления основных видов печатных изданий	66
Список основной литературы .	67
Список дополнительной литературы .	68

1. Задание к работе

Вариант задания к расчетно-графической работе выдается преподавателем или выбирается на основании номера зачетной книжки следующим образом: цифры номера зачетной книжки складываются до образования двузначного числа (меньшего 20), что соответствует номеру варианта таблицы 1 (номеру варианта принципиальной схемы). Нули игнорируются. К примеру, если номер зачетной книжки 0600245, то номер варианта 17, из таблицы 1 выбирается строка 17 (принципиальная схема №17); если номер зачетной книжки 0670700, то вариант – 1, из таблицы 1 выбирается строка 1 (принципиальная схема №1).

Таблица 1 - Варианты задания расчетно-графической работы

№ варианта	Принципиальная схема приведена на рисунке ... в Приложении 1
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19

В рамках выполнения расчетно-графической работы должна быть создана принципиальная схема в системе Altium Designer (электронная схема выбирается в соответствии с вариантом задания), выполнена автоматическая трассировка соответствующей печатной платы, а также разработан корпус прибора.

Разработка печатной платы должна быть выполнена в системе Altium Designer (либо в ПО, аналогичном по техническим характеристикам). Отчет по первой части расчетно-графической работы должен включать краткое описание основных принципов разработки печатных плат в используемом САПР, выбор

метода производства, описание ограничений, накладываемых на печатную плату и их обоснование (количество слоев разводки, ширина дорожки, расстояние между дорожками, диаметры контактных площадок, шаг сетки и т.д.) – не более 15 страниц.

Разработка корпуса должна быть выполнена в системе SolidWorks 10.0 или более новой. В рамках разработки корпуса разрабатывается его конструкция, выбирается материал, проводится анализ прочностных характеристик разработанной конструкции (или тепловых режимов работы печатной платы устройства). При создании сборочного чертежа создается трехмерная модель разработанной печатной платы.

Отчет по второй части расчетно-графической работы должен содержать выбранные параметры и размеры корпуса, а также обоснование выбора, протоколы проведения прочностного моделирования (допускается в виде экранных копий) – не более 10 страниц.

На чертежах должны быть размещены:

1. Сторона пайки, сторона монтажа (для односторонней печатной платы отсутствует), схема расположения элементов, таблица отверстий и контактных площадок, необходимые технические пояснения и перечень элементов (перечень элементов может быть оформлен на отдельном листе формата А4 и входить в расчетно-графическую в качестве приложения).

2. Чертеж корпуса устройства в трех проекциях с указанием размеров, а также сборочный чертеж устройства в аксонометрической проекции.

3. Полученные изображения напряжений и деформаций корпуса (или, в случае исследования тепловых режимов работы печатной платы устройства, тепловая карта печатной платы и устройства в целом).

Расчетно-графическая работа должен содержать выводы по работе.

Расчетно-графическая работа оформляется в виде пояснительной записки и приложений общим объемом от 20 до 25 листов формата А4. Чертежи, схемы электрические принципиальные и рисунки выполняются с соблюдением требований соответствующих государственных стандартов, ЕСПД, ЕСКД, ЕСТД. Пояснительная записка к расчетно-графической работе и чертежи должны быть оформлены с соблюдением требований ГОСТ и норм ЕСКД.

2. Варианты заданий

Вариант 1.

Блокиратор нелегального подключения к линии

О необходимости установки такого устройства приходится задумываться в случае получения счета с АТС за междугородные разговоры, которых Вы не вели. Ведь телефонные линии не защищены от несанкционированного подключения и появились мошенники, этим пользующиеся. В продаже уже появились блокираторы промышленного изготовления, но пока они неоправданно дорогие. Использование современной элементной базы позволяет сделать блокиратор довольно простым и миниатюрным.

Предлагаемое устройство размещается внутри ТА и позволяет заблокировать любые "пиратские" разговоры по данной линии с любого другого телефона. При этом подразумевается, что к линии не требуется подключать другие параллельные телефоны, - все остальные ТА будут считаться "пиратскими".

Для питания устройства, в отличие от опубликованных аналогов, не требуется дополнительный источник - оно берется от ТЛ. В дежурном режиме устройство потребляет микроамперы, что допустимо и не нарушает режимов в линии.

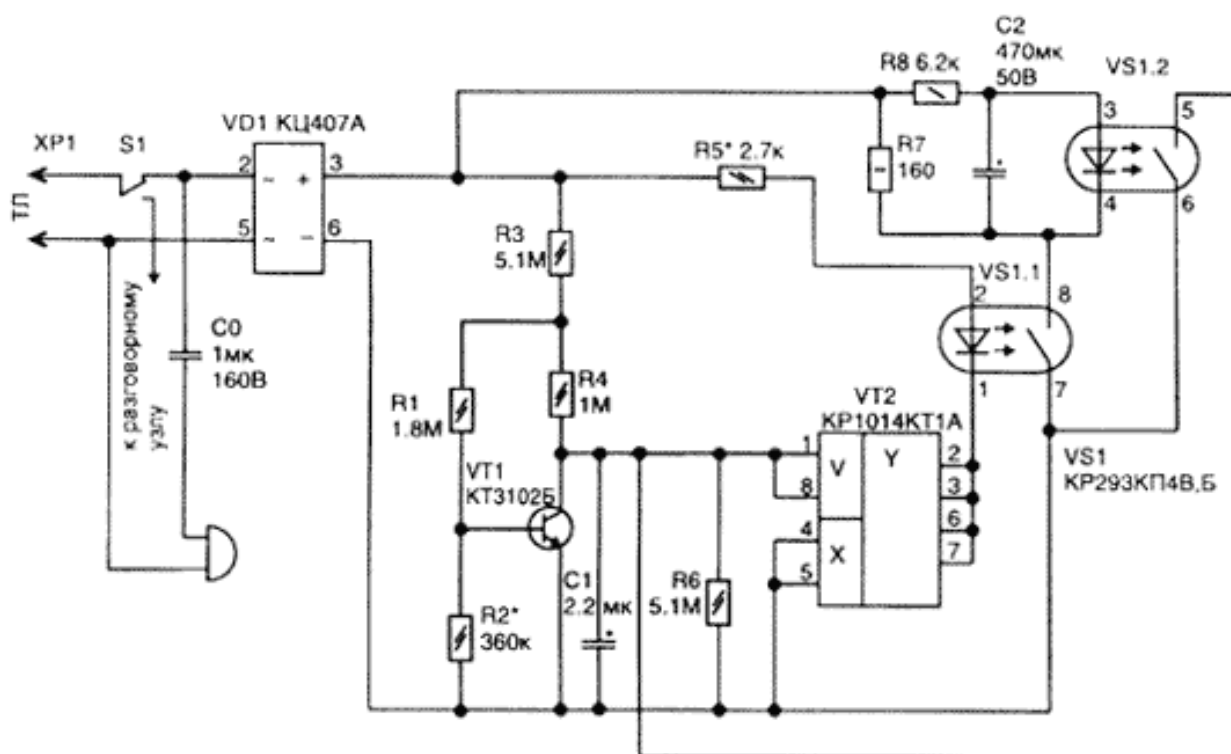


Рис. 1.1. Электрическая схема блокиратора

В основе работы схемы, Рис. 1.1, используется пороговое устройство на транзисторе VT1, который контролирует уровень напряжения в ТЛ. Как известно, при поднятии трубки с аппарата, напряжение в линии падает с 60 до 5...15 В (зависит от сопротивления цепей ТА). Режим работы VT1 настраивается резистором R2 так, чтобы он при напряжении ниже +18 В запирался. При этом транзистор VT2 током через резисторы R3-R4 откроется, что приведет к срабатыванию оптоэлектронного ключа VS1.1. Резистор R7 закоротит ТЛ, что вос-

препятствует импульсному набору номера на время заряда C2. Как только C2 зарядится - сработает ключ VS1.2 и разрядит C1. Этот процесс периодически повторяется, что исключает фиксацию схемы в режиме закорачивания линии после однократного срабатывания блокировки. Конденсатор C1 обеспечивает нечувствительность схемы к сигналу вызова в линии.

Устройство подключается параллельно звонку (или схеме звукового анализатора) до разделительного конденсатора так, чтобы при поднятии трубки оно отключалось контактами, связанными с положением трубки (S1). В этом случае не потребуется отключать устройство от линии при использовании собственного ТА, что удобно при эксплуатации.

Схема не критична к выбору типов резисторов и конденсаторов. Вместо диодного моста VD1 можно использовать один диод, но в этом случае при подключении устройства к ТЛ потребуется соблюдать необходимую для работы полярность.

Вариант 2.

Генератор сигналов треугольной формы 1 Гц - 1 МГц на микросхеме CA3080

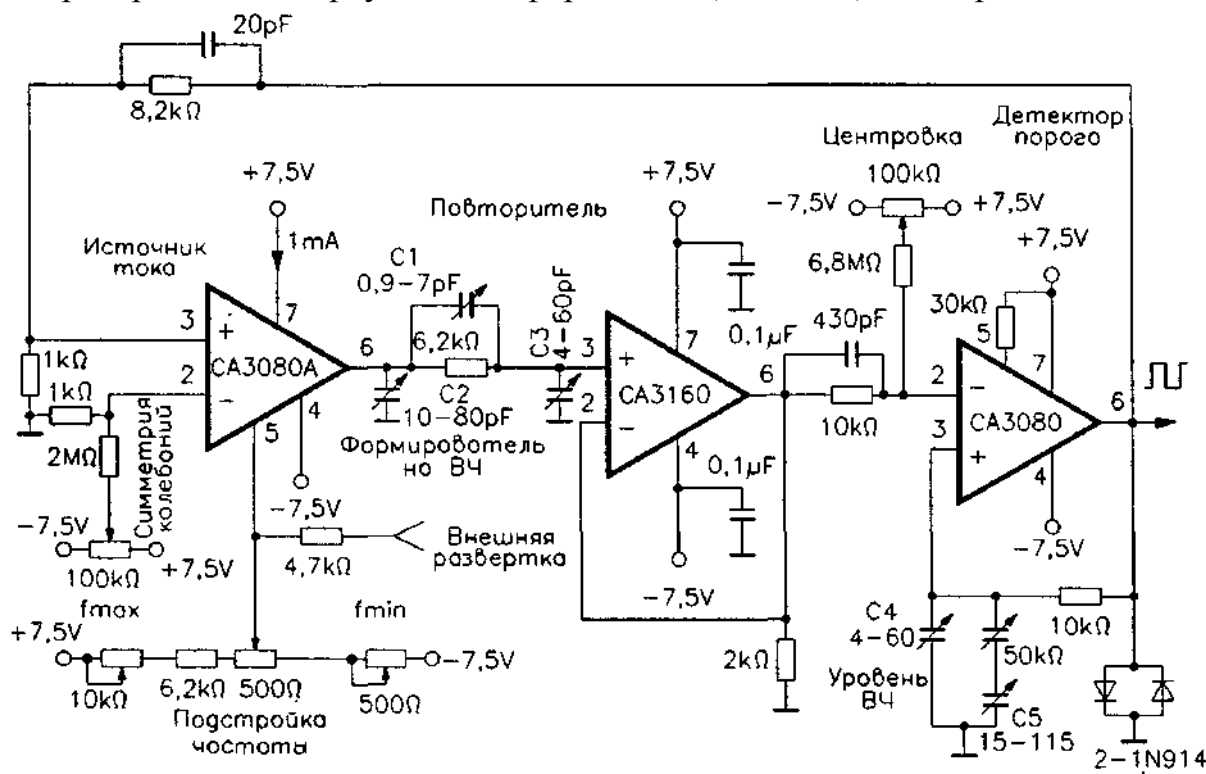


Рис. 1.2 Принципиальная схема генератора сигналов треугольной формы

Потенциометр сопротивлением 500 Ом перекрывает диапазон частот от 1 Гц до 1 МГц за один оборот. На повышенных частотах форму колебаний можно улучшить, подстроив конденсаторы C1 и C3. Регулируемые элементы детектора порога на повышенных частотах влияют на амплитуду колебаний.

Вариант 3.

Регулятор громкости, баланса и тембра на TDA1524A.

Данная схема реализована на интегральной микросхеме фирмы Philips TDA1524A (A1524A - аналог фирмы RFT). Микросхема представляет собой двухканальный (стереофонический) регулятор громкости, баланса и тембра низких и высоких частот. Также есть loudnes (частотная компенсация).

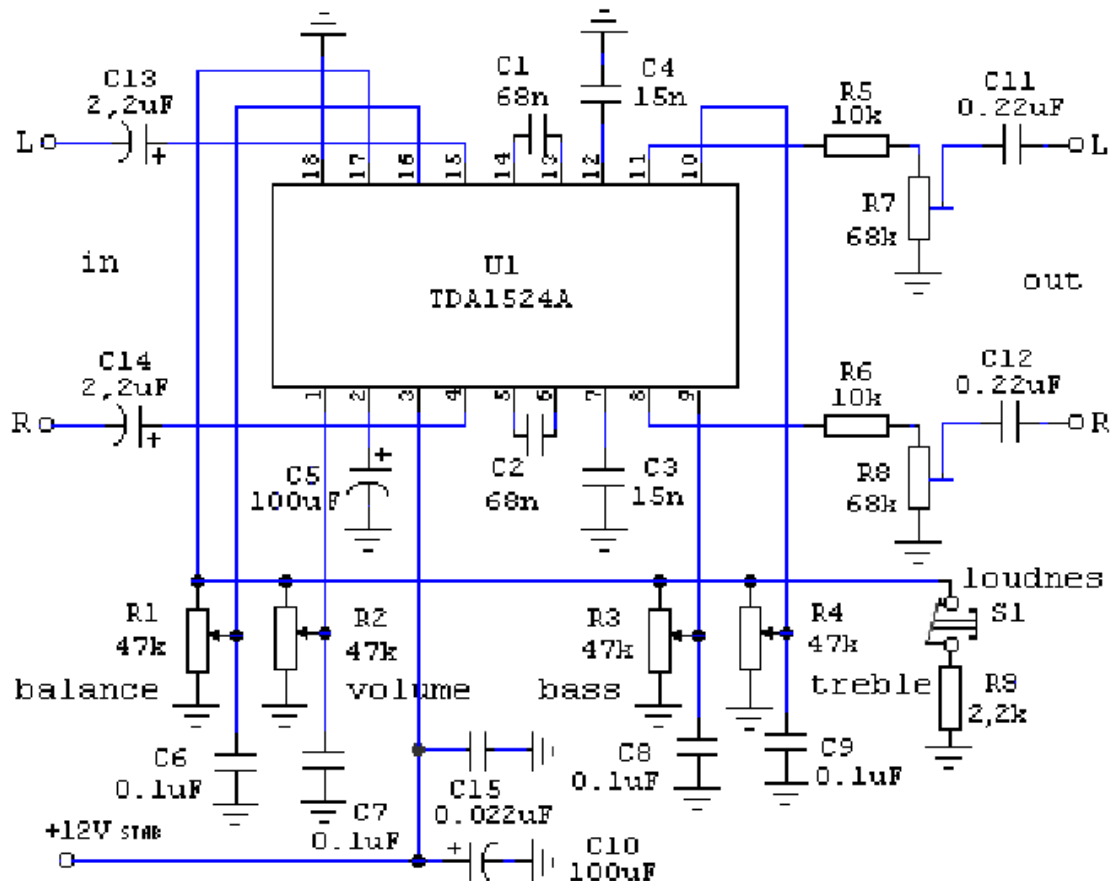


Рис. 1.3 Регулятор громкости, баланса и тембра на TDA1524A.

Переменные резисторы можно использовать любые, т.к. регулировка громкости, баланса и тембра в данной микросхеме осуществляется электронным способом. Подстрочными резисторами R7 и R8 регулируется усиление выходного сигнала, кнопка S1, включающая частотную компенсацию регулятора громкости (на схеме выключена), должна быть с фиксацией.

Вариант 4. Функциональный генератор со встроенным счетчиком

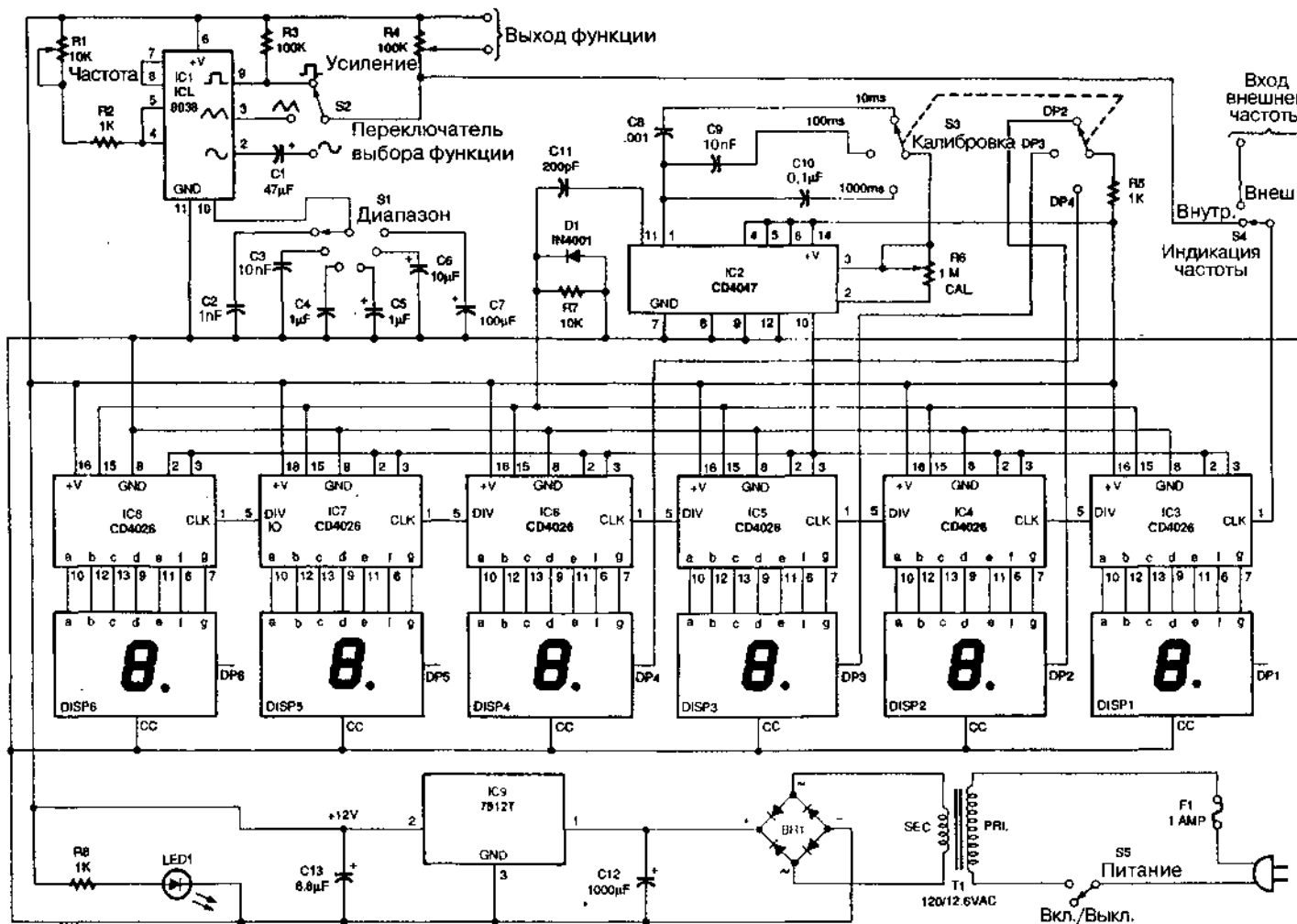


Рис. 1.4. Принципиальная схема функционального генератора

Вариант 5.

Индикатор выходного сигнала на КА2281.

В основе устройства - интегральная микросхема фирмы Samsung KA2281 (двухканальный пятиразрядный усилитель индикации с логарифмической шкалой). Отличается данное включение микросхемы от типового, только введением дополнительных светодиодов D11 и D12, которые загораются сразу при включении устройства и индицируют готовность к работе.

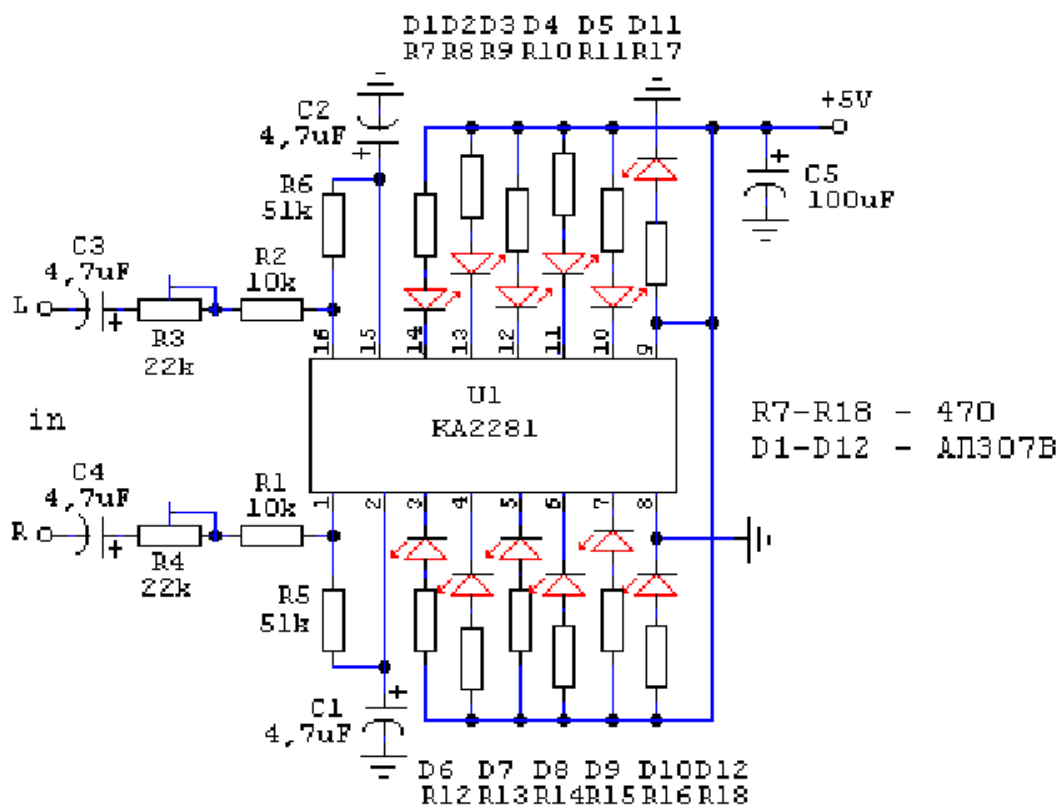


Рис. 1.5. Принципиальная схема индикатора выходного сигнала на КА2281

Чувствительность индикатора регулируется резисторами R3 и R4 для каждого стереоканала отдельно, а конденсаторами C1 и C2 подстраивается скорость гашения светодиодов.

Зажигание светодиодов начинается с право налево (см. схему) для обоих стереоканалов. Для индикации пика сигнала поставьте светодиоды D1 и D6 красного свечения (на схеме все светодиоды АЛ307В - зеленого свечения). Подключается индикатор к линейному выходу магнитофона или какого-то другого подобного устройства.

Вариант 6.

Измеритель емкости с автоматическим выбором предела измерения

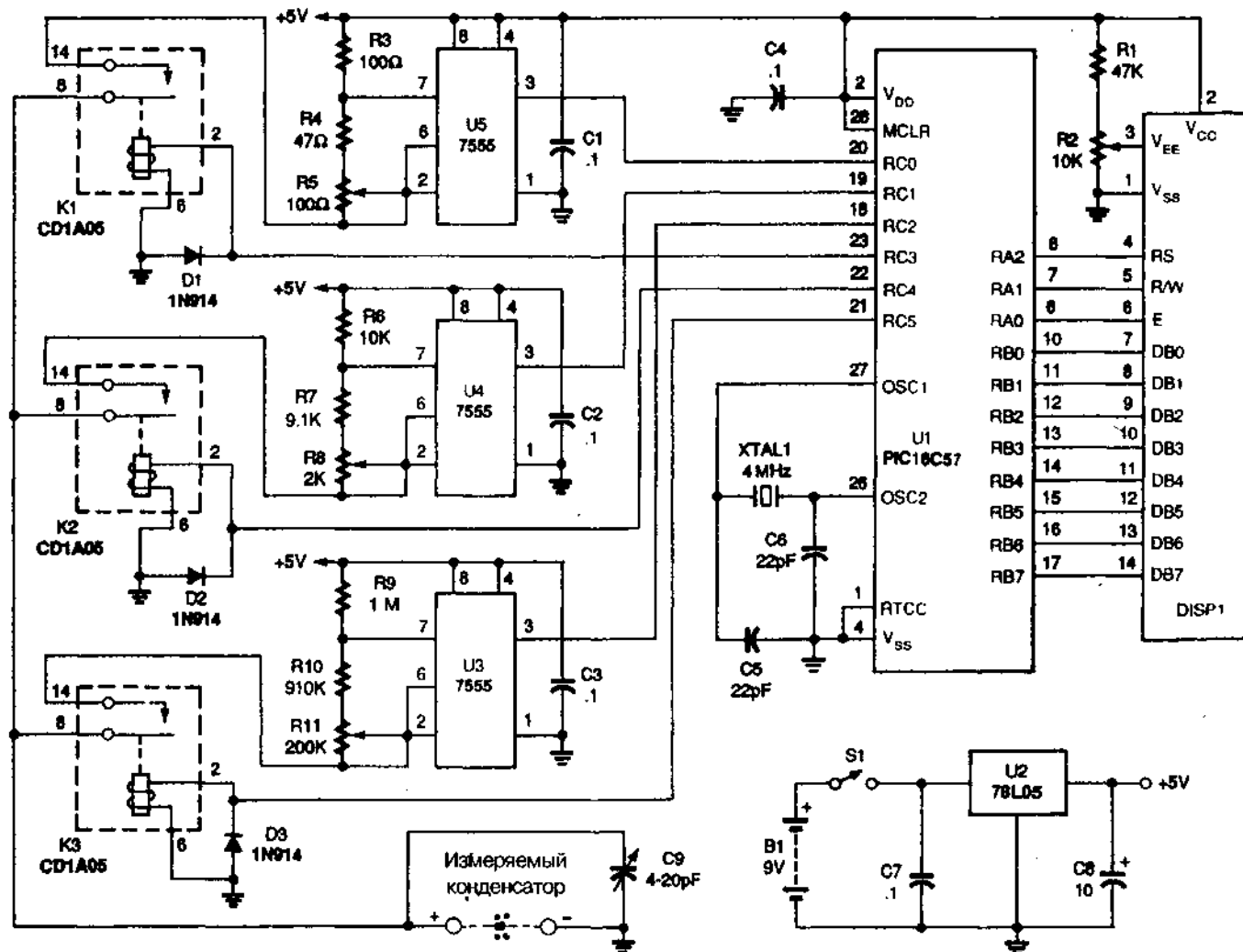


Рис. 1.6. Принципиальная схема измерителя емкости с автоматическим выбором предела измерения

На рисунке показана схема измерителя емкости. При замыкании выключателя S1 напряжение питания 9 В от батареи В1 поступает на источник с выходным напряжением 5 В, предназначенным для питания остальной части схемы. Этот источник представляет собой стабилизатор напряжения U2 типа 78L05 и конденсаторы С7 и С8. В связи с малым потреблением тока батарея питания с напряжением 9 В способна обеспечить функционирование устройства в течение почти 40,5 ч. Основным элементом схемы является микросхема U1 типа PIC16C57, во внутренней памяти которой записывается программа работы измерителя. Схема использует один из трех КМОП таймеров типа 7555 (U3, U4 и U5) для генерирования последовательности импульсов. Микроконтроллер U1 включает одно из реле для подсоединения конденсатора к соответствующему таймеру. Схемы таймеров отличаются значениями применяемых сопротивлений во времязадающих цепях. Однако во всех этих схемах оба сопротивления времязадающей цепи примерно равны, а нижнее образовано последовательным соединением постоянного резистора и подстроечного потенциометра. Такая регулируемая комбинация резисторов предназначена для калибровки прибора. Схема с высокими значениями сопротивлений (1 МОм) является основной и используется для измерения конденсаторов малой емкости; схема со средними значениями сопротивлений (10 кОм) - для конденсаторов средней емкости; низкоомная схема (100 Ом) - для конденсаторов большой емкости. При подключении измеряемого конденсатора к измерителю емкости (через соответствующий таймер) микроконтроллер определяет частоту колебаний. Кварцевый резонатор XTAL1 с номинальной частотой 4 МГц стабилизирует внутреннюю тактовую частоту микроконтроллера (1 МГц). Поэтому микроконтроллер может определить число импульсов, поступивших от соответствующей схемы таймера в течение известного промежутка времени. Затем он пересчитывает полученное значение частоты в емкость, пользуясь 32-разрядной арифметикой с плавающей запятой, и выводит результат на 16-разрядный жидкокристаллический индикатор (DISP1) в единицах емкости и с десятичной точкой в соответствующей позиции. Конденсатор С9 подключен параллельно измеряемому конденсатору для облегчения окончательной калибровки прибора и повышения стабильности. Диоды D1, D2 и D3 предназначены для защиты микропроцессора от обратных выбросов напряжения на катушках реле. Прежде чем использовать микропроцессор типа PIC (программируемый контроллер интерфейса) в измерителе, его следует запрограммировать. При наличии необходимого для этого оборудования соответствующее программное обеспечение можно получить на узле Gernsback BBS (516-293-2238).

Вариант 7. Частотомер на ИМС 4093

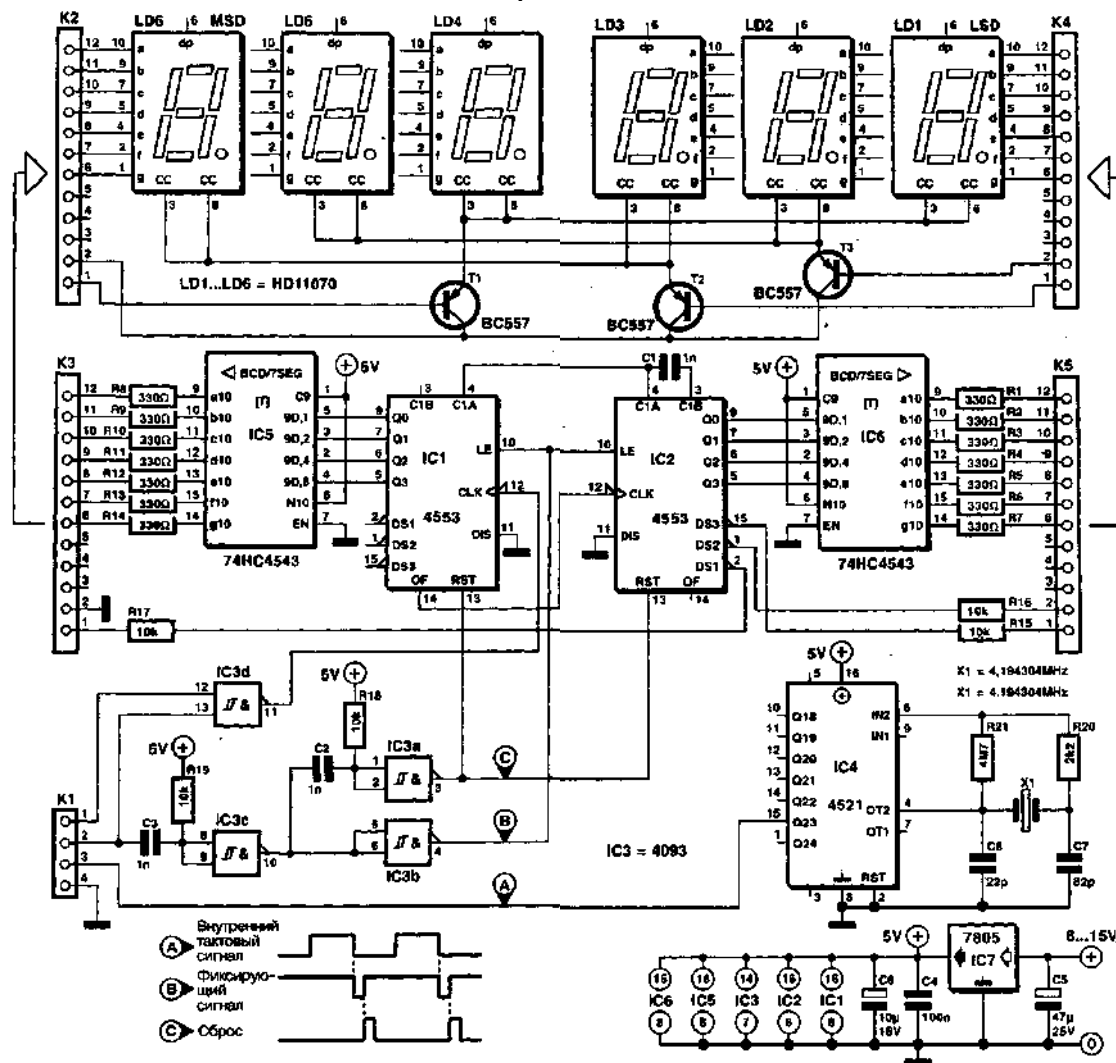


Рис. 1.7 Принципиальная схема частотомера на ИМС 4093

В частотомере используются счетчики с мультиплексированным выходом, буферной памятью и с входом начальной установки. Мультиплексированный выходной сигнал после преобразования двоично-десятичного кода в код для 7-сегментного индикатора подается на шесть светодиодных индикаторов. Необходимый тактовый сигнал частотой 4,194304 МГц вырабатывается кварцевым генератором, а последовательный счетчик делит эту частоту на 2^m . В результате получается стабильный сигнал частотой 0.5 Гц. Время, в течение которого тактовый сигнал имеет высокое значение (и могут производиться измерения), составляет точно 1 с. Благодаря такой настройке новое измеренное значение выводится на индикатор через каждые 2 с. При использовании прибора для измерения частоты внутренний тактовый сигнал, имеющийся на выводе 3 соединителя K1, передается на вывод 2 соединителя K1. Тогда логический элемент IC3d будет работать в качестве ключа; всякий раз при высоком уровне тактового сигнала тестируемый сигнал с вывода 1 соединителя K1 будет проходить на счетный вход микросхемы IC1. Эта микросхема соединена последовательно с микросхемой IC2 и образует счетчик для шести десятичных цифр. По окончании интервала измерения на выходе логического элемента IC3c с помощью резистора R19 и конденсатора C3 генерируется фиксирующий импульс. Этот импульс инвертируется вентилем IC3b и подается на вход LE микросхем IC1 и IC2; по его команде текущее состояние счетчика запоминается в буферной памяти. По окончании фиксирующего импульса схема R18, C2 и IC3a генерирует импульс начальной установки RST, который сбрасывает счетчик в исходное состояние. При указанных на схеме параметрах элементов счетчик может работать с сигналами на частотах от 1 Гц до 1 МГц. Для сигналов более высоких частот необходимо соответственно изменить время измерения. Однако имеются ограничения: при напряжении питания 5 В микросхему 4553 можно использовать на частотах до 1,5 МГц; при 7 В - до 5 МГц, а при 15 В - до 7 МГц. Для более высоких частот необходимо применить предварительный делитель частоты. Ток потребления схемы (в представленном виде) не превышает 50 мА, что делает возможным питание от батарей.

Вариант 8.

Регулятор яркости светильника.

В предлагаемом устройстве используется так называемый фазоимпульсный способ регулирования среднего тока через нагрузку. Он изменяется благодаря тому, что нагрузка-светильник подключается к сети не непосредственно, а электронным ключом через некоторое время после появления очередной полуволны сетевого напряжения. Изменяя это время, потребляемую нагрузкой от сети мощность можно регулировать практически от нуля до максимума. Для лампы светильника это означает изменение яркости ее свечения.

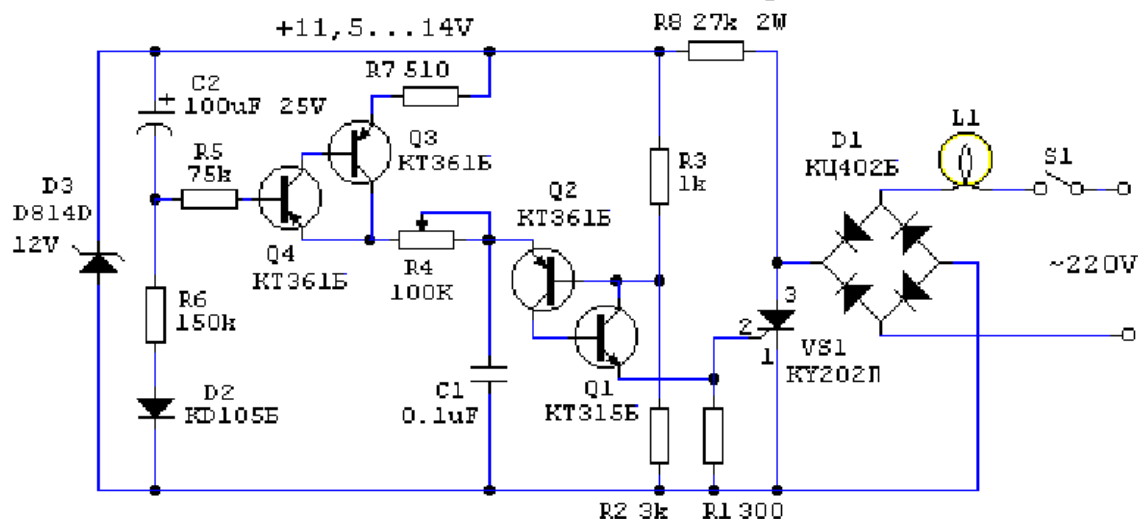
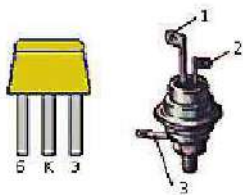


Рис. 1.8. Принципиальная схема регулятора яркости светильника

При замыкании контактов выключателя S1 лампа L1 включается не сразу, а плавно в зависимости от емкости конденсатор C2. Это увеличивает срок службы самой лампы, т.к. известно, что лампы обычно сгорают при включении - резком подключении напряжения.



Лампа L1 (220V 100W) собственно и является светильником. Все резисторы на 0,25W, кроме R8 - 2W. При монтаже расположить этот резистор в 2mm над поверхностью платы, чтобы не нагревались остальные детали. Конденсатор C1 пленочный, триистор КУ202Л можно заменить на КУ202К, КУ202М, КУ202Н.

Вариант 9.

Электронные часы на ИС К176ИЕ13.

Данные часы собраны на хорошо известном комплекте микросхем - К176ИЕ18 (двоичный счетчик для часов с генератором сигнала звонка), К176ИЕ13 (счетчик для часов с будильником) и К176ИД2 (преобразователь двоичного кода в семисегментный).

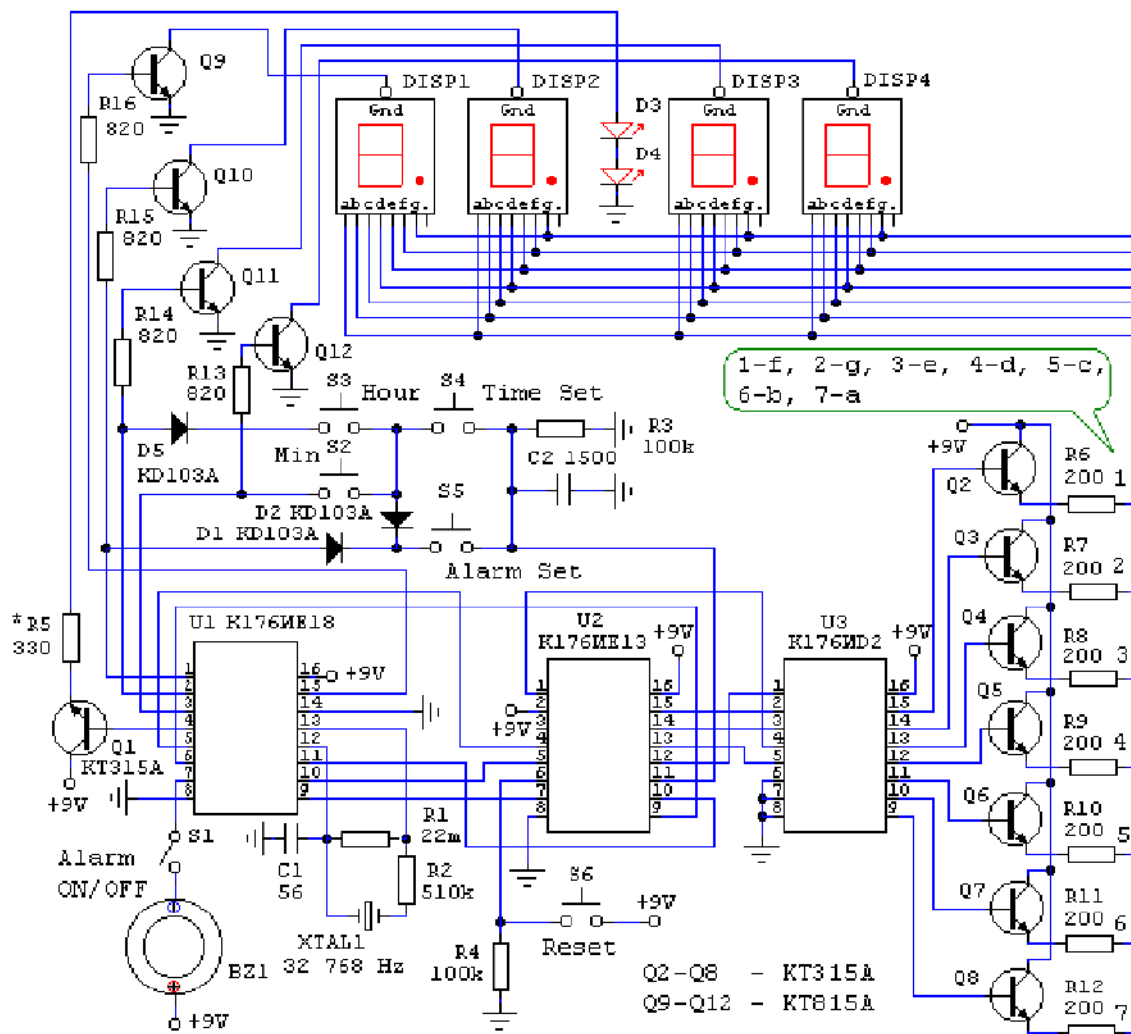
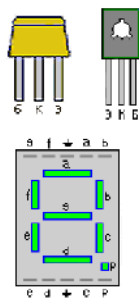


Рис.1.9. Принципиальная схема электронных часов на ИМС К176 ИЕ13

При включении питания в счетчик часов, минут и в регистр памяти будильника микросхемы U2 автоматически записываются нули. Для установки времени следует нажать кнопку S4 (Time Set) и придерживая ее нажать кнопку S3 (Hour) - для установки часов или S2 (Min) - для установки минут. При этом показания соответствующих индикаторов начнут изменяться с частотой 2 Гц от 00 до 59 и далее снова 00. В момент перехода от 59 к 00 показания счетчика часов увеличатся на единицу. Установка времени будильника происходит так же, только придерживать нужно кнопку S5 (Alarm Set). После установки времени срабатывания будильника нужно нажать кнопку S1 для включения будильника (контакты замкнуты). Кнопка S6 (Reset) служит для

принудительного сброса индикаторов минут в 00 при настройке. Светодиоды D3 и D4 играют роль разделительных точек, мигающих с частотой 1 Hz. Цифровые индикаторы на схеме расположены в правильном порядке, т.е. сначала идут индикаторы часов, две разделительные точки (светодиоды D3 и D4) и индикаторы минут.



В часах использовались резисторы R6-R12 и R14-R16 мощностью 0,25Вт остальные - 0,125Вт. Кварцевый резонатор XTAL1 на частоту 32 768Гц - обычный часовой (лучше "совковый" в виде лодочки, импортный желательно не ставить, т.к. они не очень точные). Транзисторы KT315A можно заменить на любые маломощные кремниевые соответствующей структуры, KT815A - на транзисторы средней мощности со статическим коэффициентом передачи тока базы не менее 40, диоды - любые кремниевые маломощные. Пищалка BZ1 динамическая, без встроенного генератора, сопротивление обмотки 45 Ом. Кнопка S1, естественно, с фиксацией.

Индикаторы использованы TOS-5163AG зеленого свечения, можно применить любые другие индикаторы с общим катодом, не уменьшая при этом сопротивление резисторов R6-R12.

Измеритель уровня громкости звука на ИМС NE614

Рис.1.10. Принципиальная схема измерителя уровня громкости звука на ИМС NE614

Выходное напряжение RSSI представляет собой функцию уровня звукового давления на входе. Конденсатор СЮ предназначен для фильтрации высокочастотных составляющих. Номинальный наклон кривой RSSI равен $0,084 V_{cc}/10$ дБ. На основе операционного усилителя U2-b собрана схема масштабирования с коэффициентом 1,2. Умножение наклона кривой RSSI на

коэффициент даст наклон $0,1 V_{cc}/10$ дБ. В устройстве используется 10-ступенчатый светодиодный индикатор DISP1, позволяющий показывать уровень звука от 30 до 120 дБ (А) с приращениями по 10 дБ. Для управления этим индикатором используется микросхема U5 типа LM3914, драйвер линейного индикатора. Внутренний стабилизатор микросхемы U5 обеспечивает постоянное напряжение между выводами 7 и 8, равное 1,25 В, поэтому на цепочке R15, R16 и D1 напряжение составит -4,5 В. Результирующее напряжение на эмиттере транзистора Q2 равно -5 В. Оно применяется для питания микросхем U1 и U3 и цепочки внутреннего делителя напряжения микросхемы U5 на выводе 6. Каждый сегмент индикатора соответствует увеличению сигнала на 10 дБ независимо от точного значения амплитуды напряжения V_{cc} . Наклоны характеристик драйвера индикатора и сигнала RSSI имеют одинаковое значение, но могут различаться по смещению. Поэтому микросхема U4 (LM334) используется в качестве источника постоянного тока величиной 10 мкА, протекающего через сопротивление R17, чтобы создать фиксированное напряжение смещения (в точке наивысшего потенциала суммарного напряжения RSSI) на выходе микросхемы U2-а. Различия чувствительности микрофона можно компенсировать регулировкой сопротивления потенциометра R17 так, что показания индикатора будут соответствовать значениям от 30 до 120 дБ (А). Правильность показаний индикатора гарантируется также микросхемой таймера U3 типа ICM7555, которая включена как самовозбуждающийся генератор прямоугольных импульсов. Результирующий сигнал таймера частотой 1 кГц по размаху почти равен размеру одной ступени для индикатора DISP1.

Вариант 11.

Ультразвуковой детектор движения на ИМС LM324

Приемная часть схемы состоит из четырех связанных по переменному току каскадов, каждый из которых построен на основе одного элемента микросхемы IC1 - счетверенного ОУ типа LM324. На входе третьего каскада IC1-е (дифференциального усилителя) стоят два диода, D2 и D3, которые выпрямляют как положительные, так и отрицательные импульсы. Если движения вблизи устройства нет, напряжение на выходе 7 элемента IC1-b составляет половину от величины напряжения питания, и ни диод D2, ни D3 не пропускают сигнал. Поэтому на выходе 8 элемента IC1-с устанавливается низкий уровень. При возрастании напряжения выше значения 0,7 В диод D3 отпирается, что приводит к установлению на выходе 8 элемента IC1-е высокого уровня. Если напряжение падает ниже значения -0,7 В, то отпирается диод D2, в результате чего также устанавливается высокий уровень на выходе 8. Четвертый каскад, построенный на элементе IC1-d, используется в качестве ждущего мультивибратора. Этот каскад преобразует любой сигнал, проходящий через фильтр, в импульс с напряжением, достаточным для отпирания транзистора Q1. При отпирании транзистора Q1 светодиод LED1 загорается, а выходной сигнал схемы запускает внешнее реле или какой-нибудь другой прибор, подключенный к этой схеме.

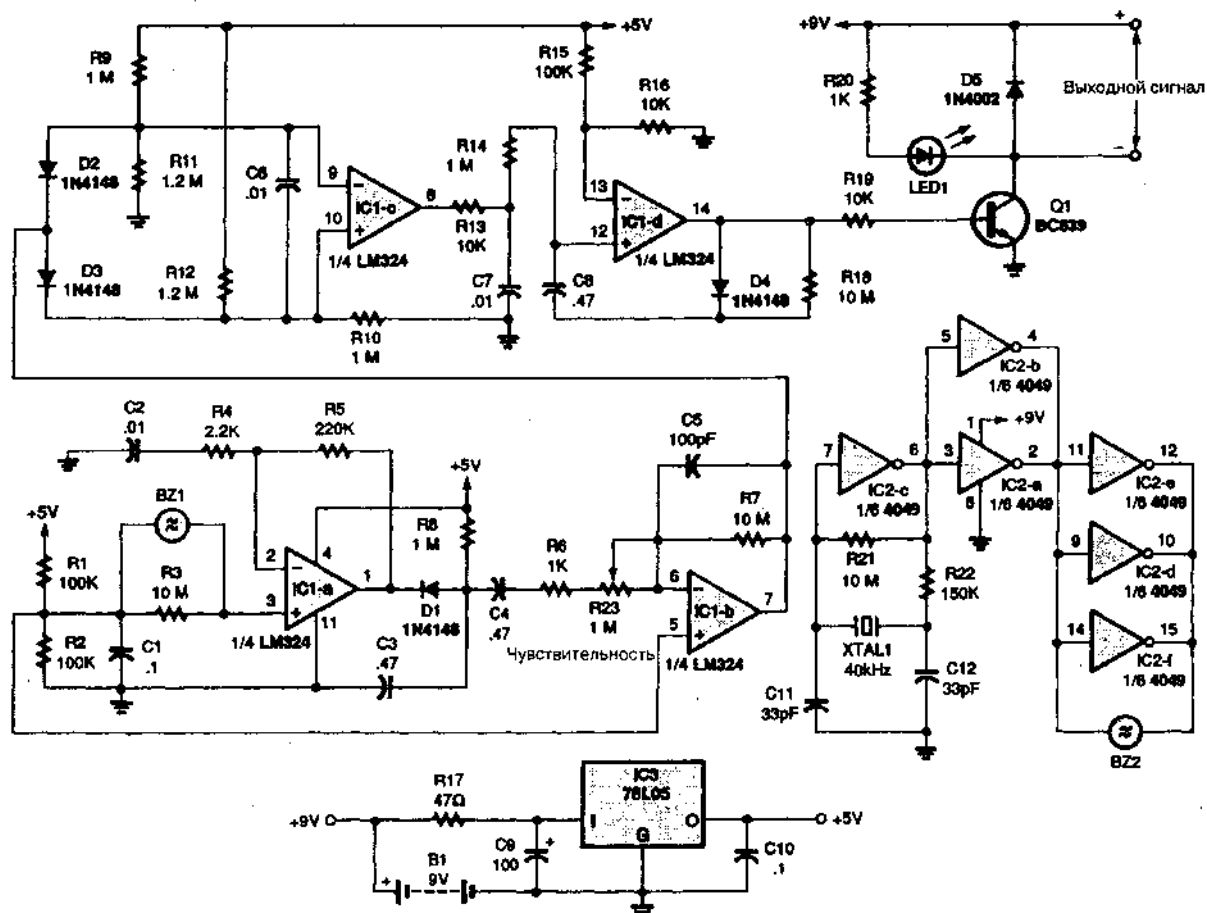


Рис. 1.11. Принципиальная схема ультразвукового детектора движения на ИМС LM324

Вариант 12.

Устройство записи/воспроизведения звука на ИМС ISD1020A

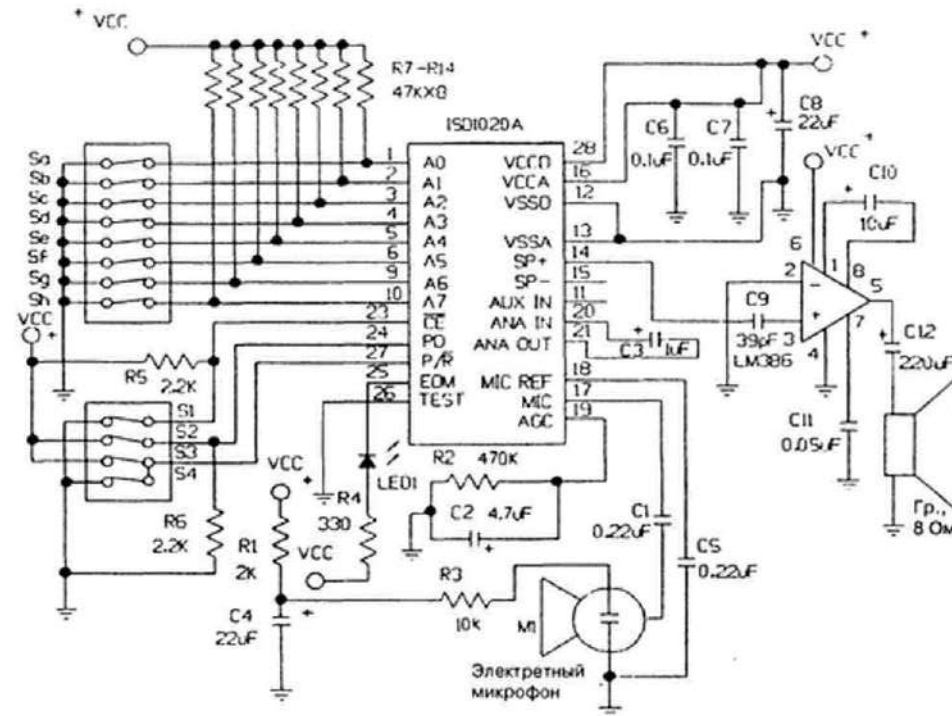


Рис. 1.12. Принципиальная схема устройства записи/воспроизведения звука на ИМС ISD1020А

На рисунке представлена схема устройства записи/воспроизведения с дополнительным НЧ усилителем мощности. Для выбора функций ДОСТУП К СХЕМЕ, ОТКЛЮЧЕНИЕ, ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ и ЗАПИСЬ используется четырех-секционный переключатель DIP-типа. Светодиод LED остается выключенным во время записи или воспроизведения и включается после окончания сообщения.

Вариант 13.

Устройство охранной сигнализации на ИМС 555

В этой системе сигнализации можно использовать и нормально замкнутые (S5 - S8), и нормально разомкнутые (S9 - S11) контактные пары или их комбинацию. При включении питания триггеры IC1-b и IC1-e устанавливаются в рабочее состояние. Выключатель S1 используется для выключения схемы. Микросхема IC1-d и соответствующие элементы управляют ключом на транзисторе Q1, который включает таймер на микросхеме IC2. Данная микросхема генерирует импульс, длительность которого определяется резистором R3 и конденсатором C5. Этот импульс включает реле сигнализации RY1. Кнопкой S2 можно включить режим непрерывного сигнала тревоги. Кнопка S12 - так называемая кнопка ПАНИКА, немедленно включающая сигнализацию. В качестве средства оповещения могут быть использованы не только встроенный зуммер (BZ1), но и внешняя сирена.

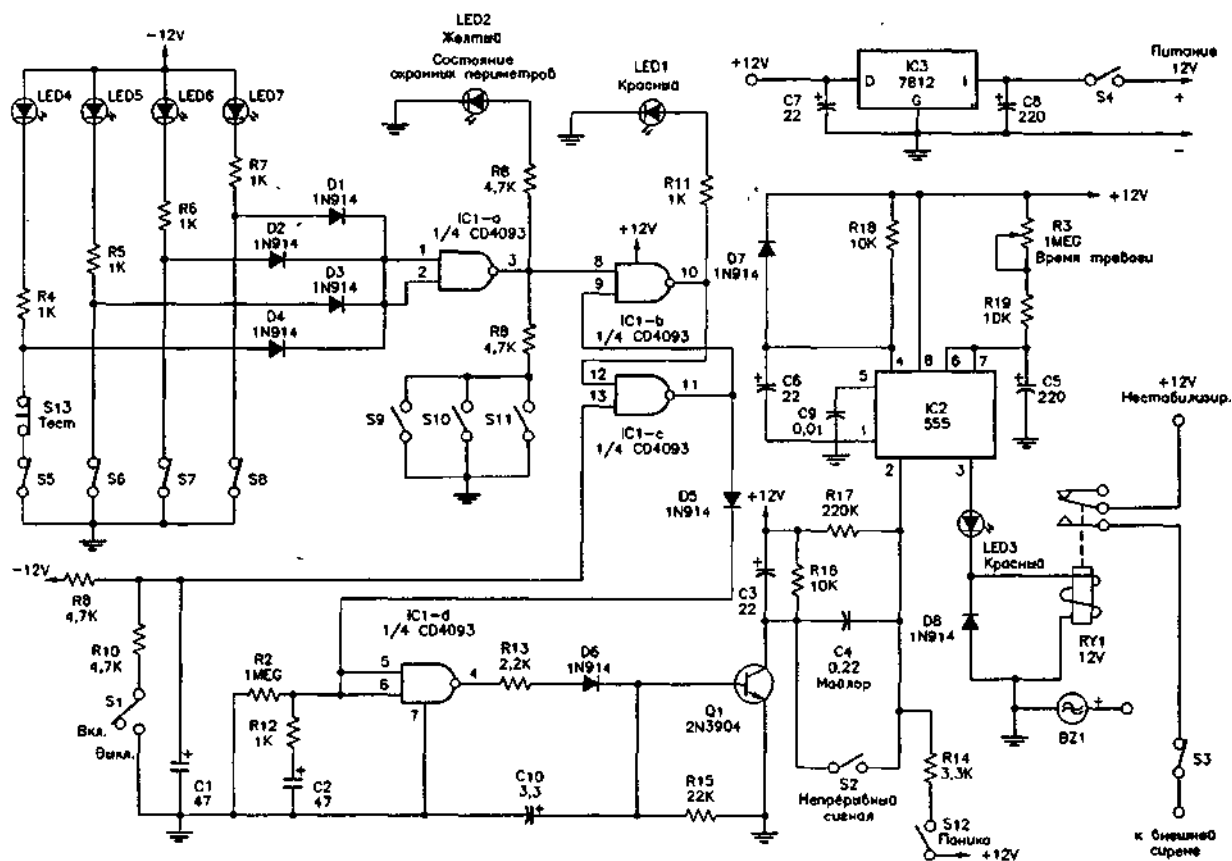


Рис.1.13 Принципиальная схема устройства охранной сигнализации на ИМС 555

Вариант 14.

Электронный замок на ИМС 4022

Восьмеричный счетчик (4022) является базовой микросхемой электронного замка, показанного на Рис. 1.14. При первоначальной подаче напряжения питания конденсатор C2 заряжается через резистор R5, и уровень сигнала переустановки счетчика поддерживается высоким. На выходе Q₀ уровень сигнала изменяется на высокий, тогда как на других выходах сохраняются сигналы низкого уровня. При подобном подсоединении нажатие клавиши S4 приводит к переключению транзистора BS170 с помощью RC-цепи (R2/C1), в результате чего на микросхему U1 поступает синхронизирующий импульс. Одновременно конденсатор C2 разряжается через резистор R4 и диод D1, на входе счетчика снимается сигнал переустановки и он переводится в режим счета.

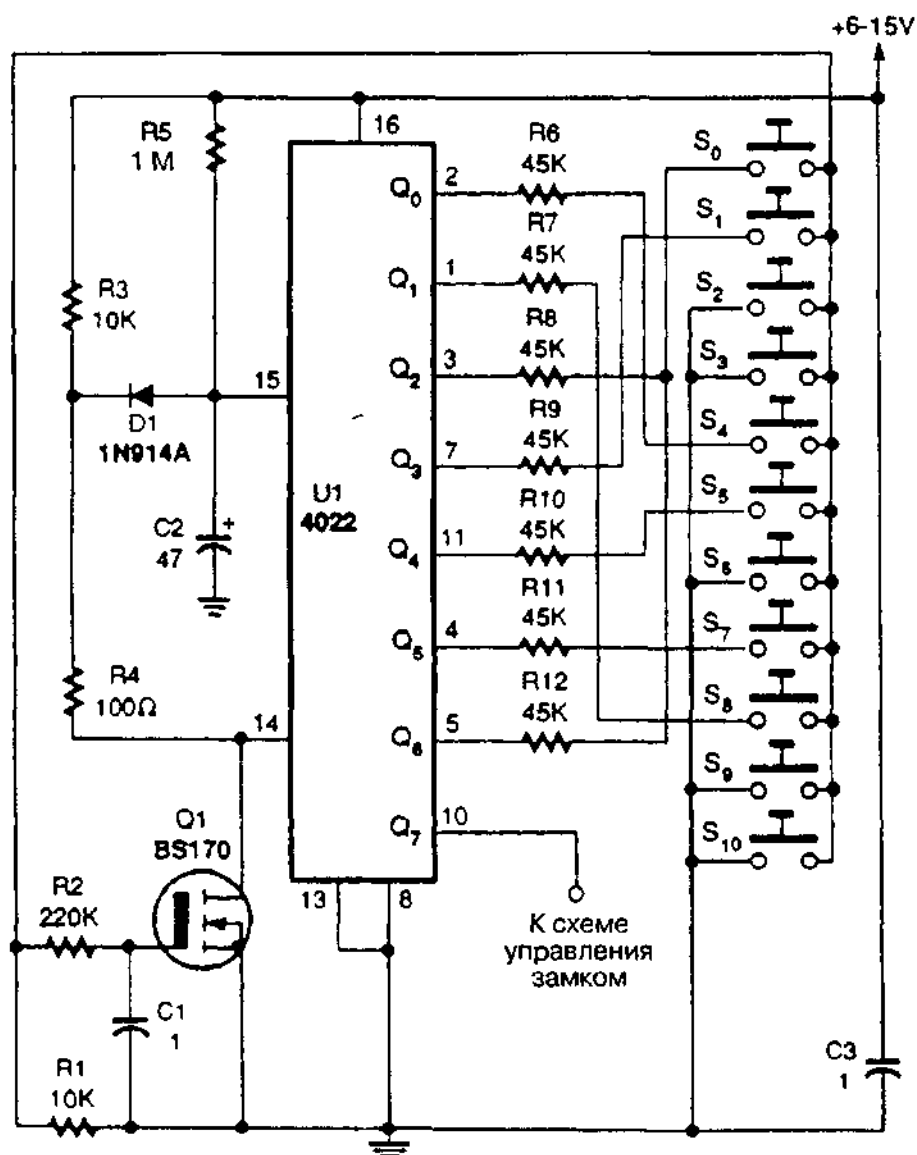


Рис. 1.14. Принципиальная схема электронного замка на ИМС 4022

Время, необходимое для заряда конденсатора С2 через резистор R5 (для переустановки счетчика), соответствует максимальному интервалу до нажатия очередной клавиши. Вышеупомянутый цикл повторяется только при своевременном нажатии клавиши S8 (связанной с выходом ОД. После нажатия всех клавиш в заданной последовательности уровень выходного сигнала Q₇ становится высоким примерно на 4 с, что требуется при управлении реле для автоматического открывания дверного замка. Оператор может изменять код с помощью указанных переключателей (для представленного на Рис. 1.14 варианта замка код выглядит так: 4-8-0-1-5-7-0). Восьмеричный счетчик 4022 можно заменить десятичным счетчиком 4017, что позволит добавить еще две цифры к имеющейся кодовой комбинации.

Вариант 15.

Цифровой индикатор влажности на ИМС ICL7106CPL

В схеме цифрового индикатора относительной влажности на выходе датчика SEN1 формируется постоянное напряжение, имеющее линейную зависимость от величины относительной влажности. Этот сигнал через резисторы R1 и R2 поступает на аналого-цифровой преобразователь, выполненный на микросхеме U2. Настройка нуля осуществляется потенциометром R4, а потенциометр R7 используется с целью калибровки жидкокристаллического дисплея для считывания показаний в цифровом виде (в диапазоне от 0 до 100%).

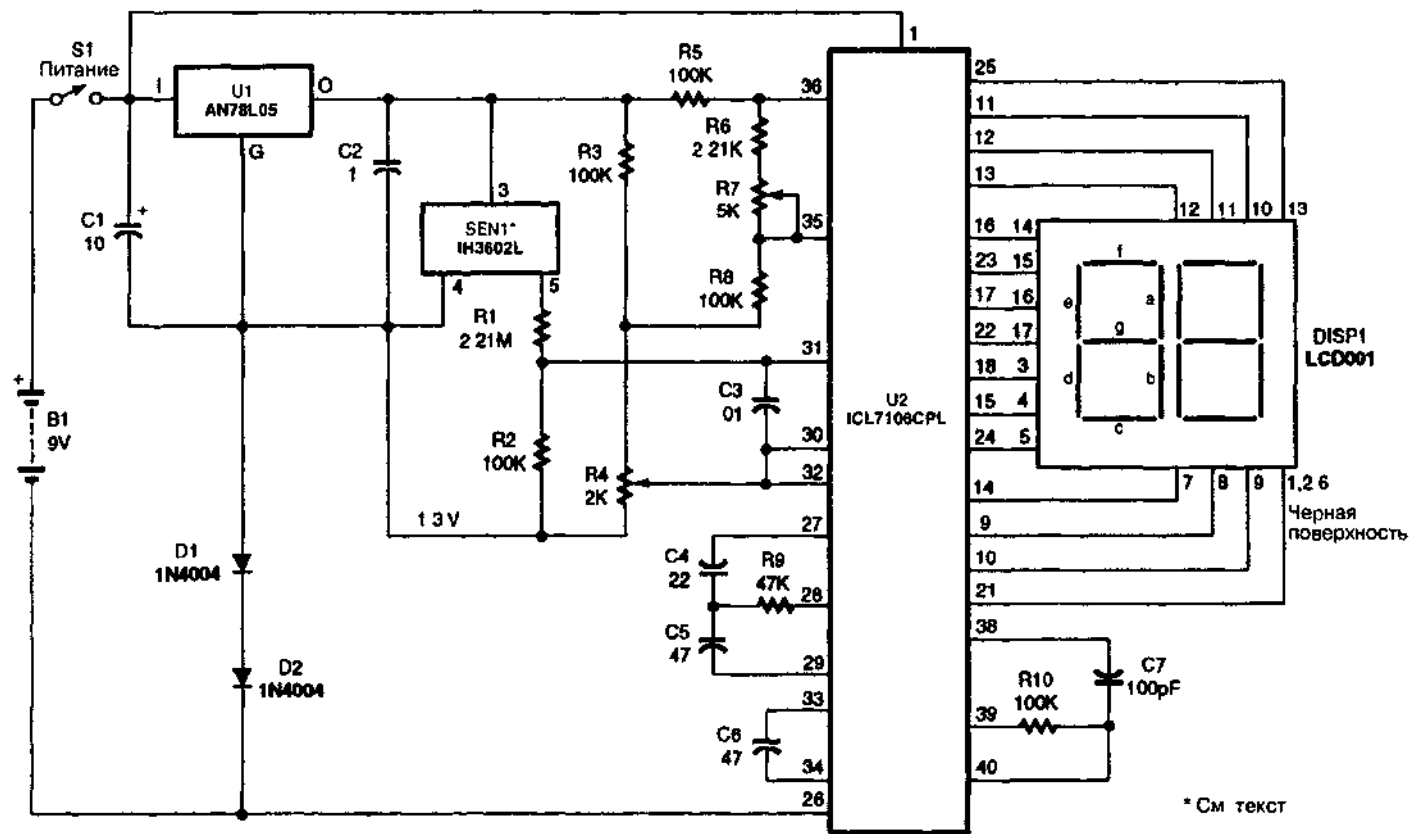


Рис. 1.15 Принципиальная схема цифрового индикатора влажности на ИМС ICL7106CPL

Цифровой вольтметр на ИМС ICL7129АСРL

Рис. 1.16 Принципиальная схема цифрового вольтметра на ИМС ICL7129ACPL

Вариант 17.

Цифровой барометр на ИМС ICL7100CPL

В схеме измерителя давления выходной сигнал датчика SENS1 передается на усилитель U2 и далее на аналого-цифровой преобразователь с четырехразрядным дисплеем. Выходной сигнал АЦП калибруется для указания барометрического давления (например, в миллиметрах ртутного столба).

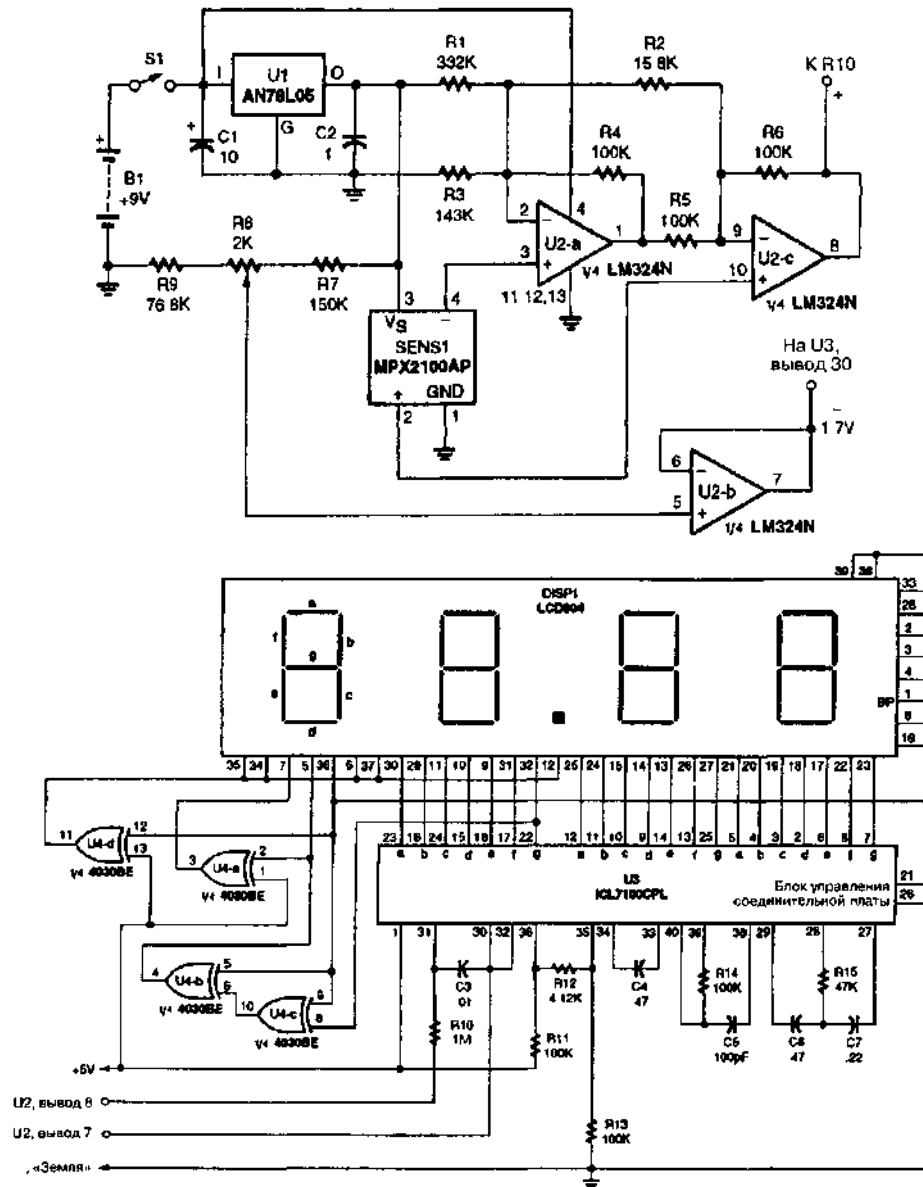


Рис. 1.17. Принципиальная схема цифрового барометра на ИМС ICL7100CPL

Вариант 18.

Акселерометр на ИМС ADXL50

В схеме акселерометра (измерителя ускорения), показанной на Рис. 1.18, микросхема U2 (ADXL50) подает сигнал на аналогово-цифровой преобразователь, выполненный на микросхеме U3, которая управляет жидкокристаллическим дисплеем DISP1 (три с половиной разряда). Поскольку модуль индицирует любые числа от -19,99 до +19,99, схема позволяет измерять ускорение g в том же диапазоне значений. Центральным элементом устройства является микросхема ADXL50 - акселерометр. Диапазон измерения для нее задается в пределах $\pm 20g$ с целью использования всей шкалы жидкокристаллического дисплея DISP1 (19,99). Коэффициент преобразования схемы определяется значениями сопротивлений резисторов R4, R5 и R6, а потенциометр R2 и резистор R3 обеспечивают ручную настройку нуля вывода 9 микросхемы U2 (например, на уровне половины напряжения питания 2,5 В). Выходное напряжение изменяется линейно, а коэффициент масштабирования обычно задается на уровне 0,1 В/г.

Для получения хороших показателей схемы при небольших величинах ускорения g полоса частот усилителя с помощью конденсатора C_6 ограничивается частотой 30 Гц. Блок индикации состоит из микросхем DISP1 (цифрового дисплея) и U3, причем последняя содержит аналого-цифровой преобразователь, генератор импульсов, резисторы, схемы хранения данных, схему 7-сегментного декодирования (на три с половиной разряда) и вспомогательный генератор.

Дифференциальный аналоговый входной сигнал подается на выводы 30 и 31 микросхемы U3. На вывод 31 (положительный вход) поступает сигнал с вывода 9 микросхемы U2 через буферный резистор R8, а на вывод 30 (отрицательный вход) - сигнал напряжения смещения 2,5 В, который формируется делителем напряжения, состоящим из резисторов R9 и R10.

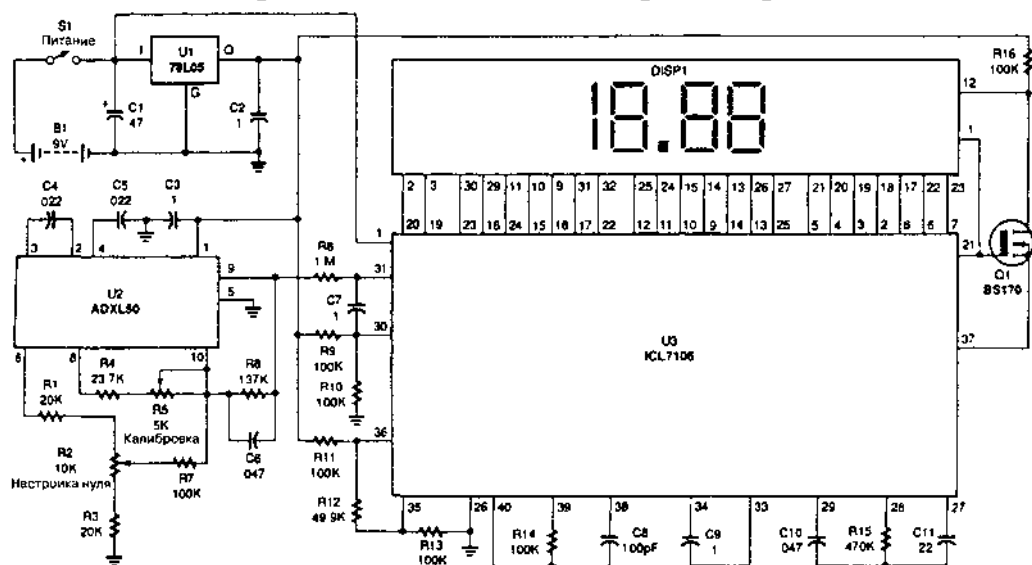


Рис. 1.18. Принципиальная схема акселерометра на ИМС ADXL50

Вариант 19.

Инфракрасный детектор температуры тела на ИМС 555

Схема, показанная на Рис. 1.19, использует теплоэлектрический детектор для регистрации ИК излучения в диапазоне длин волн от 6 до 14 мкм. Подобный детектор может также применяться в системах охраны и при проведении различных экспериментов. Элемент PYR1 представлен теплоэлектрическим детектором ИК диапазона. Детектор необходимо устанавливать в корпусе со специальной инфракрасной линзой, позволяющей фокусировать ИК излучение в апертуре.

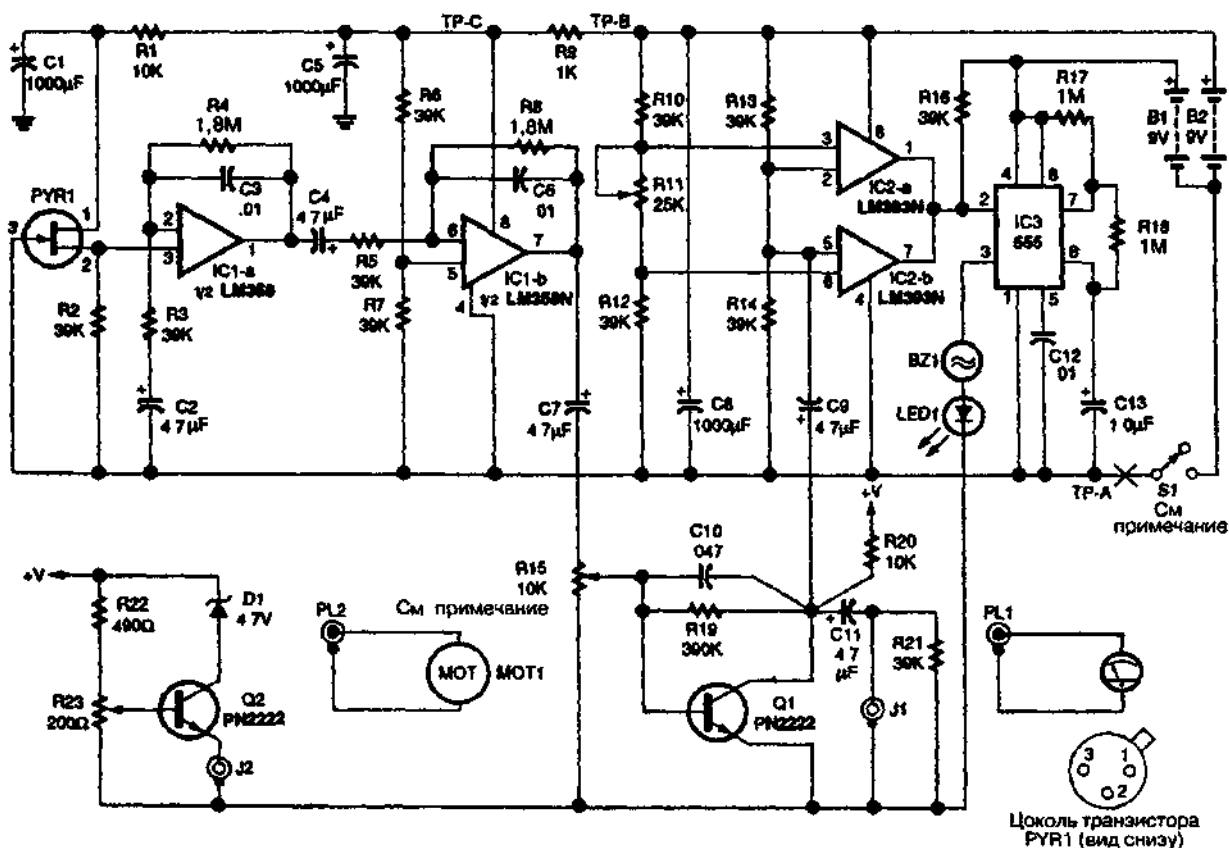


Рис. 1.19. Принципиальная схема инфракрасного детектора температуры тела на ИМС 555

Примечание: Переключатель S1 и потенциометр R15 размещаются в одном корпусе

3. Пример выполнения задания

Содержание

Введение	
1 Создание элементов (УГО и посадочных мест) в САПР Altium Designer	
2 Создание принципиальной схемы в САПР <i>Altium Designer</i>	
3 Разводка печатной платы в САПР <i>AltiumDesigner</i>	
4. Перенос разведенной печатной платы в САПР SolidWorks.....	
5 Разработка моделей элементов печатной платы в САПР <i>SolidWorks</i>	
6 Разработка корпуса прибора в САПР <i>SolidWorks</i>	
7. Анализ разработанного прибора в САПР SolidWorks	
Заключение.....	
Список использованной литературы	

Введение

В настоящее время в деятельность проектных организаций быстро проникает компьютеризация, поднимающая проектную работу на качественно новый уровень, при котором резко повышаются темпы и качество проектирования, более обоснованно решаются многие сложные инженерные задачи, которые раньше рассматривались лишь упрощенно. Во многом это происходит благодаря использованию эффективных специализированных программ, которые могут быть как самостоятельными, так и в виде приложений к общетехническим программам. Деятельность по созданию программных продуктов и технических средств для автоматизации проектных работ имеет общее название – САПР.

Системы автоматизированного проектирования (САПР) дают возможность на основе новейших достижений фундаментальных наук отрабатывать и совершенствовать методологию проектирования, стимулировать развитие математической теории проектирования сложных систем и объектов.

В данной работе разработка регулятора яркости светильника осуществляется в соответствии с методическими указаниями по дисциплине "Современные САПР для проектирования конструирования РЭА" [1] и с использованием таких САПР как *Altium Designer* и *Solidworks*.

1 Создание элементов (УГО и посадочных мест) в САПР Altium Designer

В начале разработки необходимо создать условное графическое обозначение (УГО) компонентов, руководствуясь ГОСТами ЕСКД, регламентирующими обозначения условные графические в схемах [2-9].

Создадим УГО стабилитрона VD1, диода VD2, тиристора VD3, полярного конденсатора C1, конденсатора C2, резисторов R1...R8, транзисторов PNP VT1...VT3, транзистора NPN VT4.

Выполненные УГО компонентов представлены на рисунке 1.

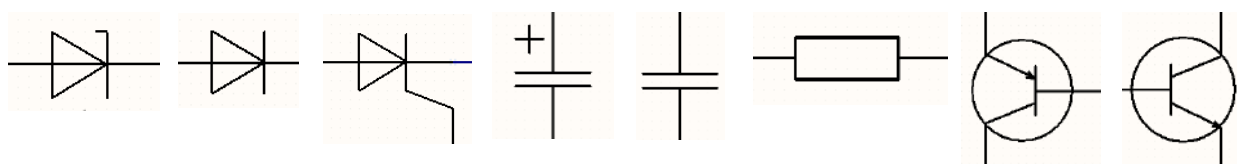


Рисунок 1 – УГО стабилитрона VD1, диода VD2, тиристора VD3, полярного конденсатора C1, конденсатора C2, резисторов R1...R8, транзисторов PNP VT1...VT3, транзистора NPN VT4 соответственно

УГО диодного моста VD4 представлено на рисунке 2.

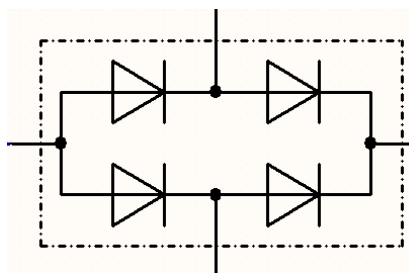


Рисунок 2 – УГО диодного моста VD4

Выполним также УГО разъемов для питания схемы (см. рисунок 3).

	Комп.	Цепь
1	1	~220V
2	2	~220V

Рисунок 3 – УГО разъемов для питания схемы

При создании библиотеки посадочных мест руководствуем рекомендациями производителя. Для создания компонентов используем инструмент *Tools->IPC Compliant footprint Wizard* (см. рисунок 4).

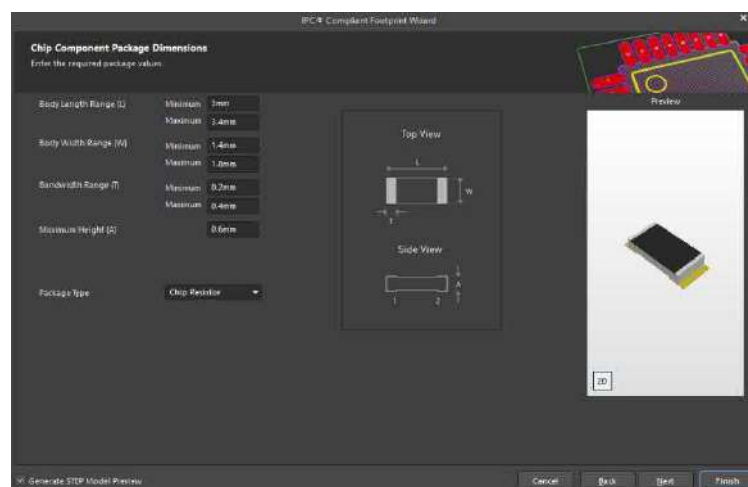


Рисунок 4– Окно *IPC Compliant footprint Wizard*

В качестве используемых компонентов представлены: потенциометр, стабилитрон Д814Д, диодный мост КЦ402Б, диффузионный кремниевый диод КД105Д, NPN-транзистор КТ315, тиристор КУ202Л, резисторы.

Для удобства монтажа следует логически отделить и подписать контактные группы/контакты в слое *TOP OVERLAY* (слой верхней шелкографии). Все выполняемые линии в этом слое соответствуют толщине 0,25 мм. Представленные посадочные места для компонентов представлены на рисунке 5, 6.

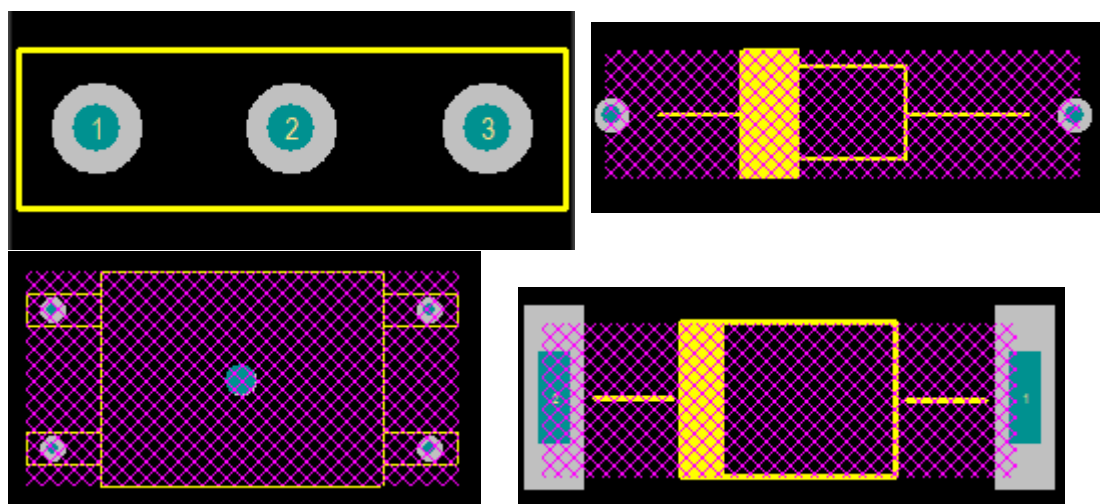


Рисунок 5 – Изображения посадочных мест для индикатора потенциометра, стабилитрона Д814Д, диодного моста КЦ402Б, диффузионного кремниевого диода КД105Д

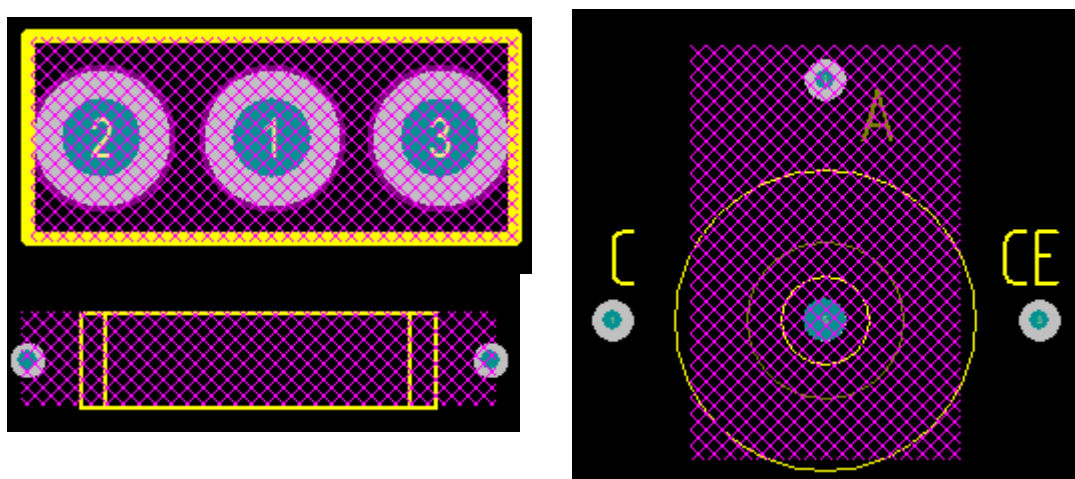


Рисунок 6 – Изображения посадочных мест для NPN-транзистора КТ315, тиристора КУ202Л, резистора

Настройки параметров отверстий выполняются посредством панели *Properties*, представленной на рисунке 7.



Рисунок 7 – Панель *Properties*

При создании посадочного места необходимо руководствоваться следующими соображениями:

- контактные площадки должны по возможности располагаться в узлах выбранной координатной сетки. Если это невозможно, то в узле координатной сетки должен располагаться первый контакт.

- очертания корпуса ЭРЭ и его позиционное обозначения должны располагаться в слое Top Silk.

Размеры контактных площадок и диаметры монтажных отверстий рассчитываются согласно требованиям ГОСТ Р 53429-2009 «Платы печатные. Основные параметры конструкции». На данном этапе также необходимо определиться с технологией изготовления платы, а также используемыми материалами.

Диаметры отверстий должны выбираться из ряда 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5 и т. д.

Расчёт размеров диаметра площадок:

$$D = (d + \Delta d_{s.o}) + 2b + \Delta t_{s.o} + 2\Delta d_{mp} + (T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{n.o}^2)^{1/2}$$

где D – наименьший номинальный размер контактной площадки, мм;

d – диаметр отверстия, мм;

$\Delta d_{в.о}$ – верхнее предельное отклонение диаметра отверстия, мм;

$\Delta d_{тр}$ – значение подтравливания диэлектрика в отверстии, равное 0,03 мм для МПП и нуля для ОПП и ДПП;

b – гарантийный поясок контактной площадки, мм;

$\Delta t_{в.о}$ – верхнее предельное отклонение диаметра контактной площадки, мм;

$\Delta t_{н.о}$ – нижнее предельное отклонение диаметра контактной площадки, мм;

T_D – позиционный допуск расположения контактной площадки, мм;

T_d – позиционный допуск расположения отверстия, мм.

Здесь и далее принято, что проектирование производится для оборудования соответствующего третьему классу точности, как наиболее распространённому. Для данного оборудования предельное отклонение диаметра отверстия с металлизацией для отверстий от 0,3 мм до 1,0 мм включительно составляет $\pm 0,05$ мм, свыше 1,0 мм - $\pm 0,10$ мм. Гарантийный поясок – 0,1 мм. Отклонение диаметров контактных площадок - $\pm 0,05$ мм. Позиционный допуск на расположение осей отверстий для третьего класса точности – 0,08 мм, а позиционный допуск на расположение контактных площадок – 0,15.

Расчёт по приведённым данным даёт следующие результаты:

Расчетный диаметр монтажного отверстия	Принятый диаметр контактной площадки
0,6	1,1
0,7	1,2
0,8	1,3
0,9	1,4
1,0	1,5
1,1	1,6
1,3	1,8
1,5	1,2

Далее размещаем необходимые монтажные отверстия с помощью инструмента **Place Pad**, рисуем контур корпуса ЭРЭ, при необходимости проводим перенумерацию отверстий. Все необходимые геометрические размеры берутся из технической документации на ЭРЭ.

После создания всех посадочных мест необходимо выполнить «привязывание» посадочных мест и УГО элементов через *Model->Add Footprint...*, где в соответствующем списке необходимо выбрать соответствующее изображение посадочного места. Также необходимо провести компиляцию полученной библиотеки целью выявления допущенных ошибок через команду *Project->Compile PCB project #*. Все выявленные ошибки и предупреждения будут выведены на панель *Messages*.

2 Создание принципиальной схемы в САПР *Altium Designer*

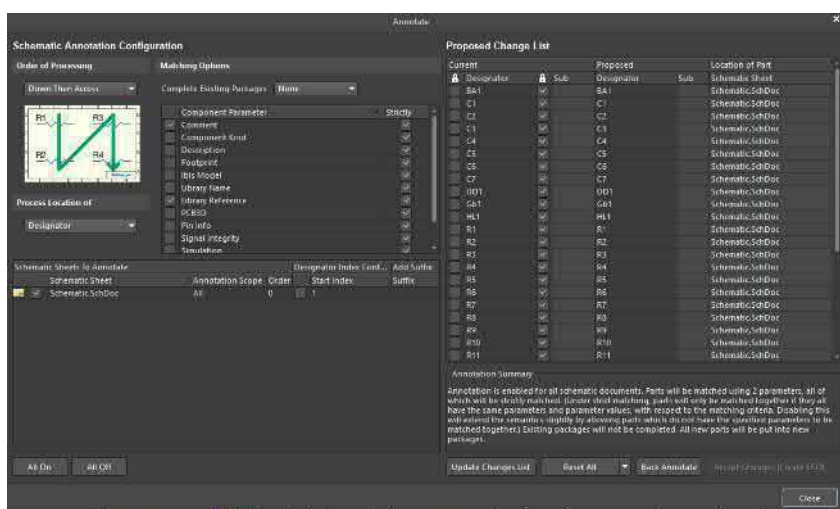
После создания и проверки созданных библиотеки компонентов можно приступить к созданию схемы электрической принципиальной разрабатываемого устройства.

Все разработанные устройства располагаются в панели *Components*.

После размещения компонентов необходимо выполнить подключение выводов компонентов. Все доступные команды размещения можно получить из меню *Place*. В качестве силового порта используем *Place Bar*, в параметрах которого выбираем УГО соответствующее российским стандартам и присваиваем соответствующие имена для данной цепи (*VCC* и *GND*).

Для повышения читаемости схемы электрической принципиальной размещаем порты - элементы связывающие цепи (команда *Place Port*). Для предотвращения появления ошибки об неиспользуемых выводах используем директивы *Place->Directives->Generic No ERC*.

После размещения всех компонентов наносим позиционные обозначения, с помощью инструмента *Annotation* (*Tools->Annotations->Annotations Schematics*). Окно данного инструмента приведено на рисунке 8.



3 Разводка печатной платы в САПР *AltiumDesigner*

После создания схемы электрической принципиальной приступаем к разработке печатной платы. С помощью инструмента *Layers Stack Manager* настраиваем параметры самой печатной платы (необходимые слои, стеклотекстолит, толщины), см. рисунок 9.

Внесение изменений осуществляется через *Design -> Import Changes From #* и последующим подтверждением внесения изменений.

Name	Material	Type	Weight	Thickness	DR	DF
Top Overlay		Overlay				
Top Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.01mm	3.5	
Top Layer		Signal	Top	0.036mm		
Dielectric 1	FR-4	Dielectric		0.3mm	4.8	
Bottom Layer		Signal	Bot	0.036mm		
Bottom Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.01mm	3.5	
Bottom Overlay		Overlay				

Рисунок 9 – *Layers Stack Manager*

В качестве основозадающей формы выбираем вытянутый прямоугольник. После предварительного расположения компонентов, настроим правила. В частности, ширина трасс – 0,5 мм, зазоры между медью и трассой – 0,5 мм, минимальные зазоры между выводами компонентов – 0,1 мм.

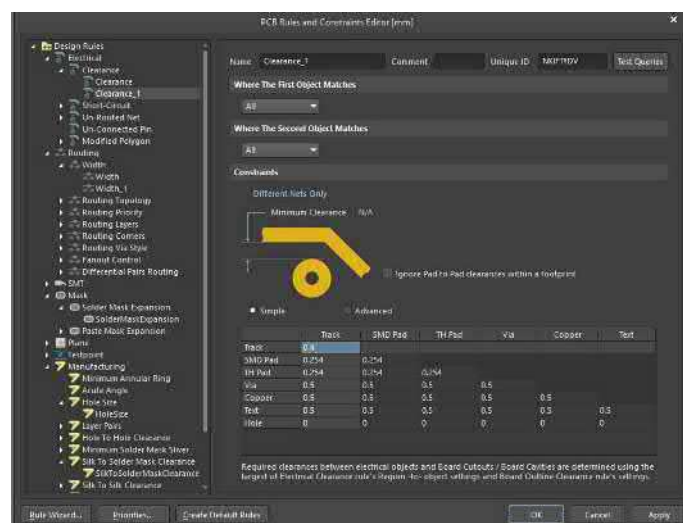


Рисунок 10 – *PCB Rules and Constraints Editor*

Настройка осуществляется через *Design -> Rules...*, представленного на рисунке 10. Воспользуемся автотрассировкой через меню *Route -> Auto Route*

-> *All...*, используем стандартные методы трассировки платы. После трассировки будут выведены сведения в окне *Messages*, содержащие результаты автотрассировки. После чего проходим проверку разработанной печатной платы через *Tools -> Design Rule Check...-> Run Design Rule Check*.

Также необходимо предусмотреть крепеж для печатной платы – 4 отверстия диаметром по 3 мм по краям платы, для крепежа с помощью винтов М3. Для увеличения помехозащищенности создадим 2 полигона, логически соединенные с общим проводом, на стороне *Top* и *Bottom*.

Для дополнительной визуализации используемых коннекторов используем дополнительные надписи на слое *Top Overlay*, добиваемся повышения поиска позиционных обозначений *SMD*-компонентов с помощью специальных линий.

Разработанная печатная плата прибора приведена в графическом материале к данной расчетно-графической работе.

4. Перенос разведенной печатной платы в САПР *SolidWorks*

После разработки и проверки выполненной печатной платы необходимо начать моделирование 3D-модели конечного устройства.

Существует несколько вариантов импорта платы с САПР *SolidWorks*: через формат *.dxf* осуществляется импорт только рисунка печатной платы (необходимые слои возможно выбрать при настройке экспорта из *Altium Designer*); через формат *.step* осуществляется импорт уже готовой сборки (при отсутствии 3D-моделей компонентов – только печатной платы).

Для удобства выбираем второй вариант. Изображение импортированной печатной платы с элементами в формате *.step* приведено на рисунке 11.

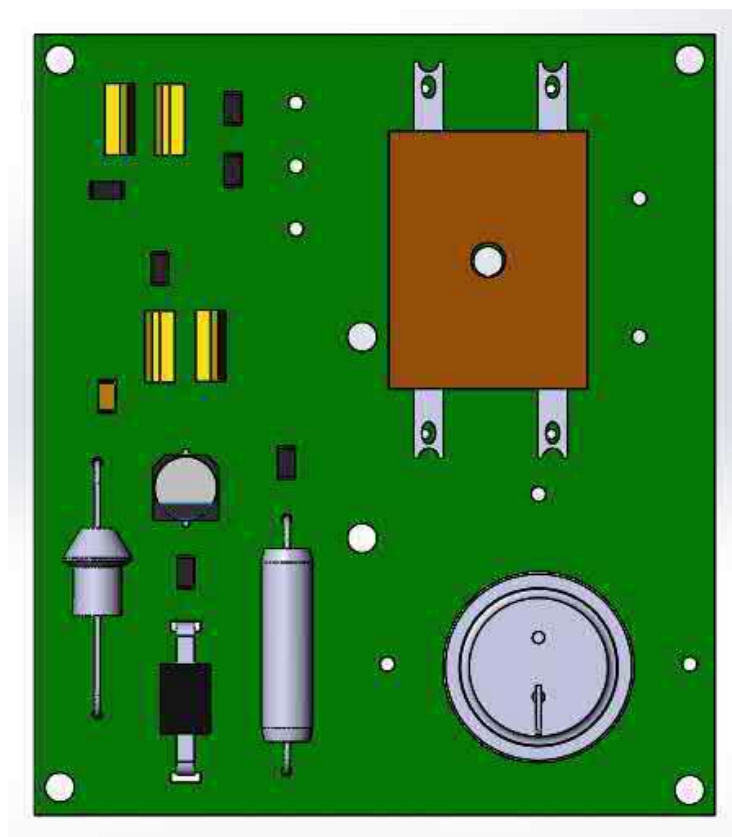


Рисунок 11 – Импортированная печатная плата

5. Разработка моделей элементов печатной платы в САПР SolidWorks

В начале сеанса работы с SolidWorks рекомендуется проверить настройку внешнего вида окна программы, а при необходимости включить необходимые для работы панели инструментов.

После передачи печатной платы из CircuitWorks в SolidWorks была создана модель печатной платы и библиотека компонентов, если она не была создана при моделировании других плат. Отсутствующие компоненты в библиотеке будут представлены пустыми файлами, в которых необходимо создать модели ЭРЭ.

Для этого нужно перейти во вкладку панели инструментов **CircuitWorks** и выполнив команду *Библиотека компонентов* открыть Библиотеку компонентов (Рисунок 12).

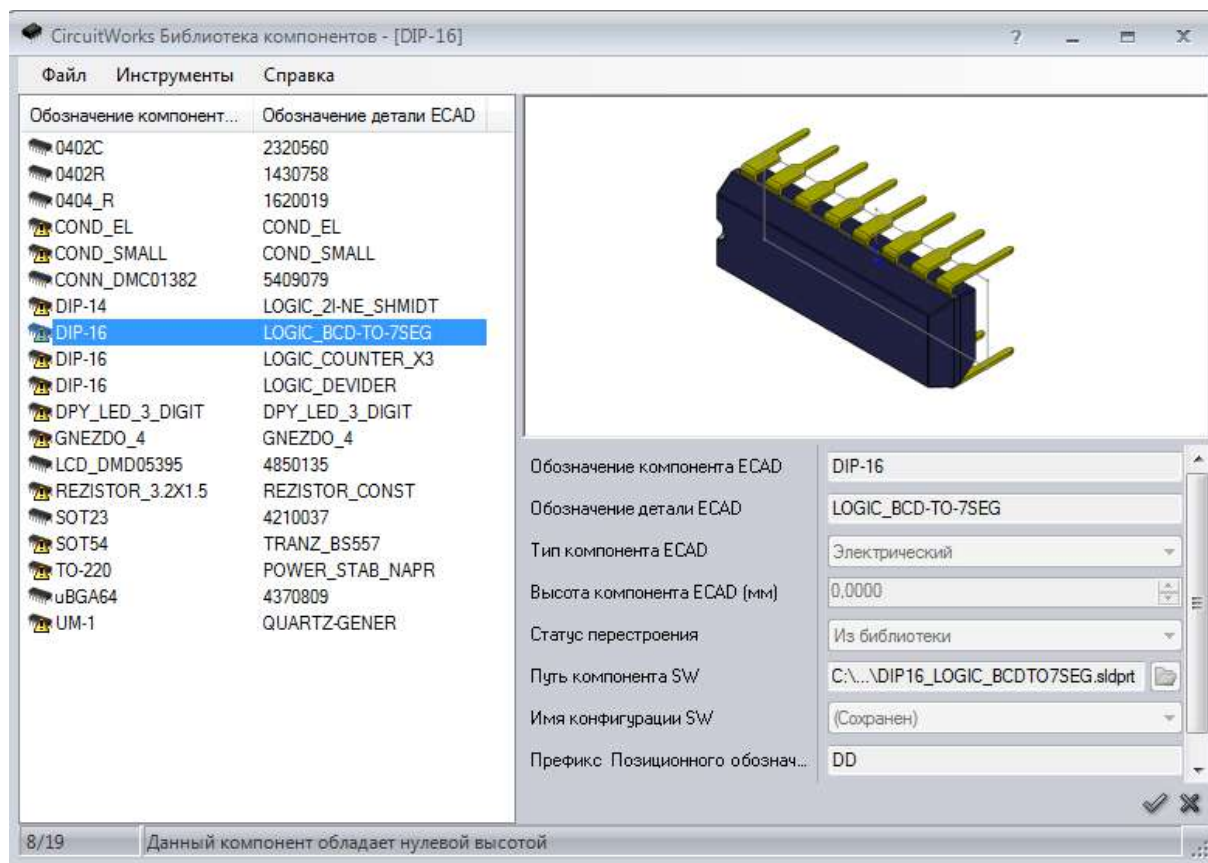


Рисунок 12

С помощью контекстного меню можно открыть файл отсутствующего компонента и приступить к его созданию.

При создании моделей компонентов необходимо учитывать размеры корпусов, приведённые в технической документации, и стандарты распространяющиеся на монтаж и формовку компонентов: ГОСТ 23592-96 «Монтаж электрический радиоэлектронной аппаратуры и приборов. Общие требования к объёмному монтажу изделий электронной техники и электротехнических» и ГОСТ 29137-91 «Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы». Эти стандарты определяют радиус изгиба выводов, а также расстояние от изгиба до компонентов, с целью предотвращения механического повреждения ЭРЭ. Также, в стандартах определяется расстояние от низа корпуса компонента до платы и расстояние между компонентами.

Типовой процесс создания модели корпуса компонента рассмотрим на примере моделирования ЭРЭ заключенного в корпус DIP-16.

В исходном состоянии имеется эскиз внешнего контура корпуса (Рисунок 13).

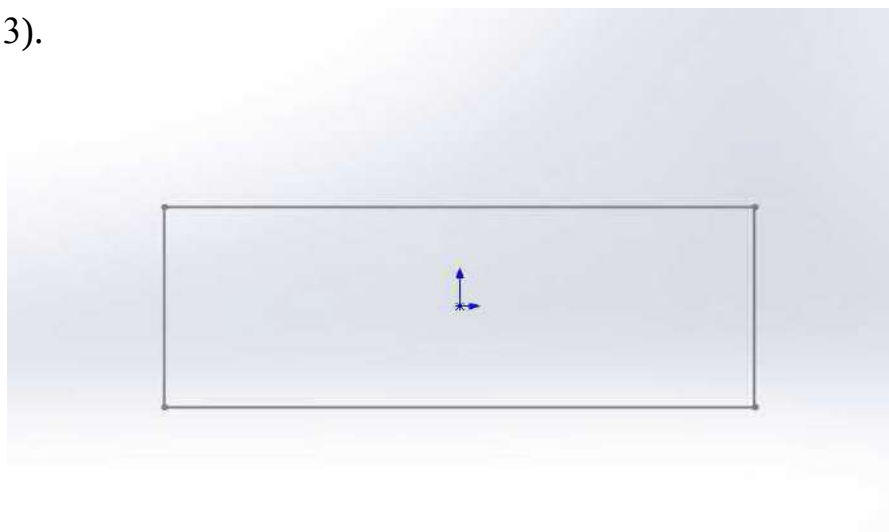


Рисунок 13

Для упрощения и ускорения процесса будем пользоваться последовательной детализацией объекта, создавая вначале грубые приближения, и постепенно приближая их к реальным объектам.

1. Создадим параллелепипед обозначающий корпус на высоте 0,51 мм от плоскости платы. Взято именно такое расстояние, исходя из наличия ограничений на выводах компонента. Создадим вспомогательную плоскость с

помощью инструмента **Справочная геометрия. Плоскость** параллельную плоскости платы. В качестве первой ссылки укажем плоскость, в которой лежит плата (в данном примере плоскость *Спереди*), введём расстояние смещения 0,51 мм и завершим создание плоскости нажатием галочки вверху панели настроек создаваемого объекта (в дальнейшем это действие будет опущено).

Нарисуем эскиз, повторяющий внешний контур. Перейдём на вкладку панели инструментов **Эскиз**, воспользуемся инструментом **Эскиз** и в качестве плоскости эскиза выберем созданную ранее вспомогательную плоскость. С помощью инструмента **Линия** повторим эскиз внешних очертаний корпуса. При включенной объектной привязке наведём курсор на точки просвечивающегося исходного эскиза и повторим внешний контур (Рисунок 14).

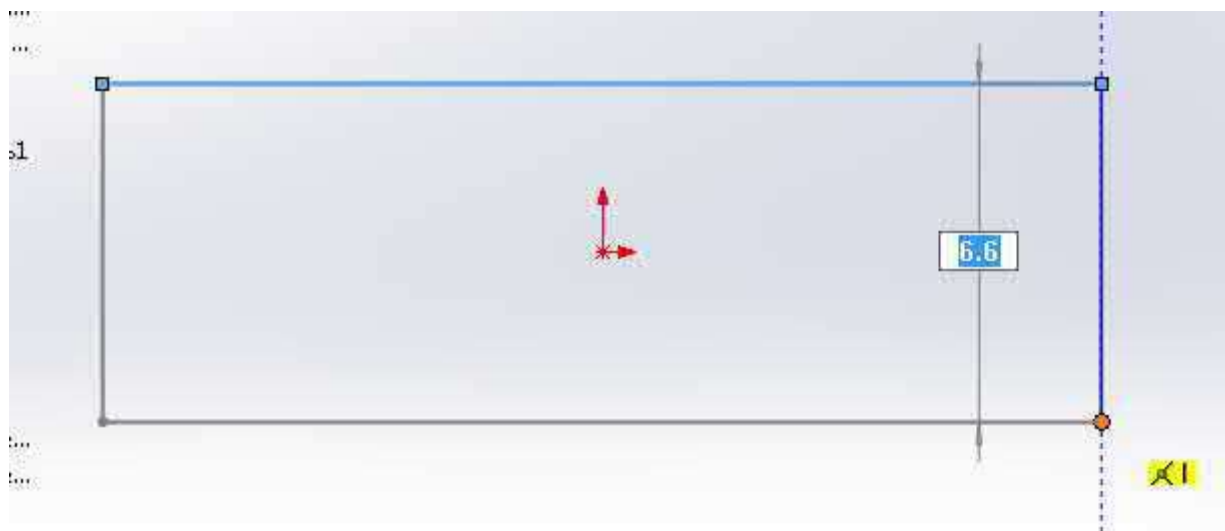


Рисунок 14

По окончании, выйдем из эскиза и построим на его основе параллелепипед с помощью инструмента **Элементы.Вытянутая бобышка/основание**.

2. Смоделируем ножки выводов компонента. Для этого воспользуемся инструментом **Элементы.Бобышка/основание по траектории**. Предварительно необходимо нарисовать эскиз профиля и траектории. Откроем эскиз на боковой поверхности корпуса и нарисуем профиль ближайшей к центру ножки с соблюдением геометрических соотношений, но без соблюдения точных размеров. Зададим точные расстояния и размеры с помощью инструмента **Эскиз.Автоматическое нанесение размеров** (Рисунок 15).

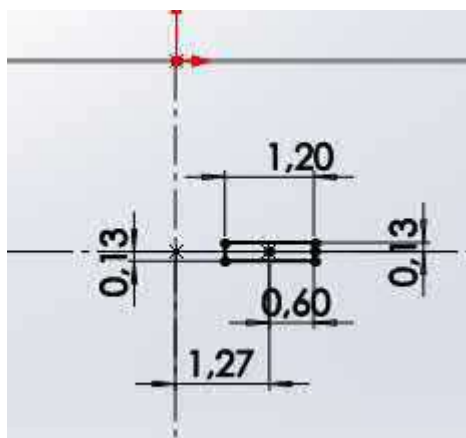


Рисунок 15

Аналогично нарисуем профиль крайней ножки. Он рисуется отдельно, так как крайние ножки отличаются от остальных.

В плоскости, проходящей поперёк компонента нарисуем траекторию ножек (Рисунок 16).

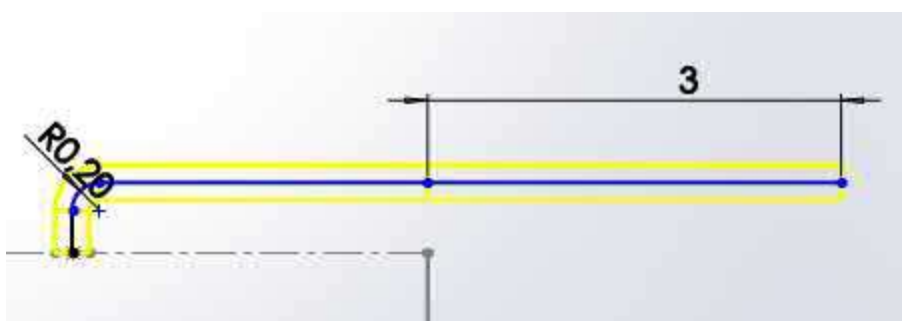


Рисунок 16

С помощью упомянутого ранее инструмента **Элементы Бобышка/основание по траектории** создадим объёмную модель вывода.

Для придания реалистичности необходимо заострить концы выводов. Для этого нарисуем на их широкой части ближайшей к центру ножки эскиз того, что необходимо удалить, и воспользуемся инструментом **Элементы.Вытянутый вырез** (Рисунок 17).

Аналогично заострим крайний вывод (Рисунок 18).

После создания необходимых образцов можно размножить их с помощью команд **Элемент.Линейный массив** и **Элемент.Зеркальное отражение**.

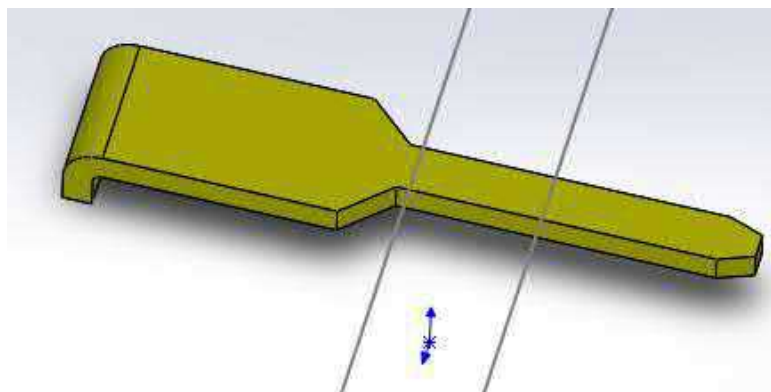


Рисунок 17

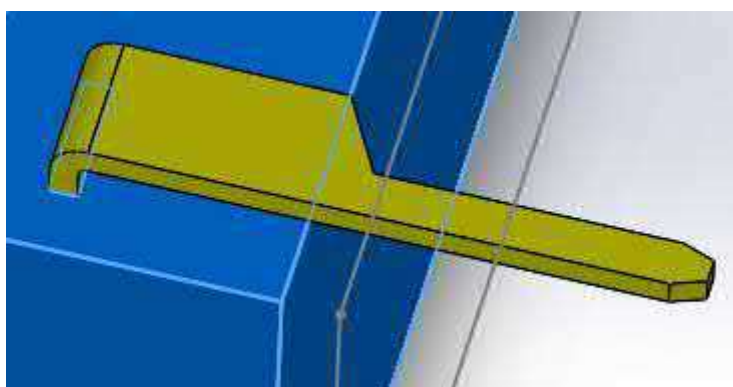
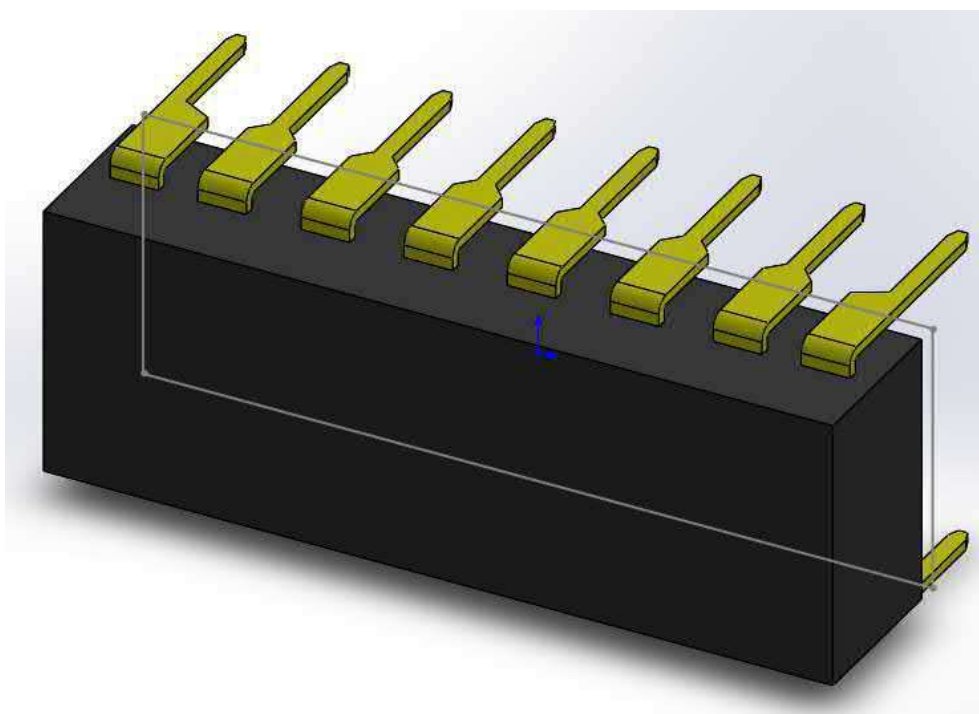


Рисунок 18

В итоге получаем модель, изображённую на Рисунке 19.



Рисуно 19

3. Детализируем модель корпуса. Создадим срезы на торцах корпуса.

Для этого откроем эскиз на боковой длинной грани параллелепипеда и сделаем эскиз для среза (Рисунок 20).

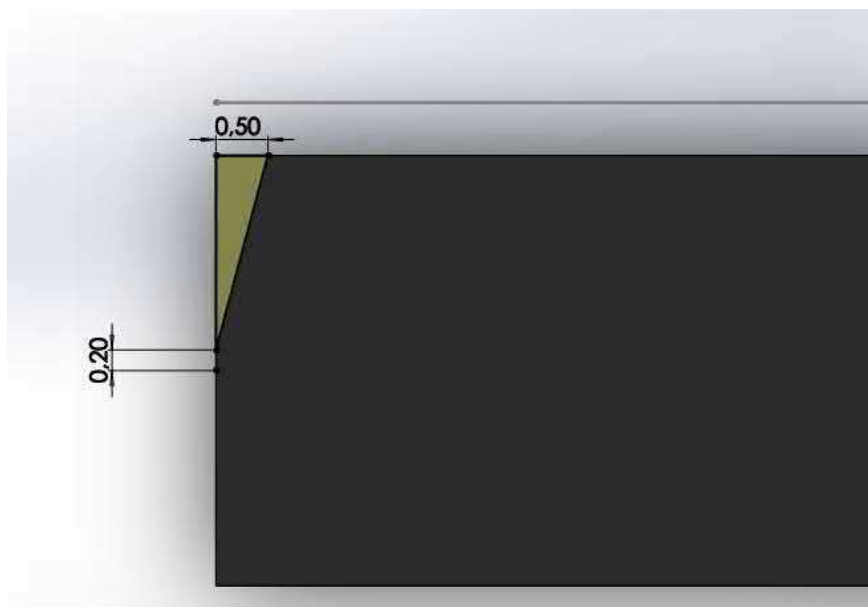


Рис.унок 20

С помощью инструментов зеркального отображения и линейного массива сделаем такие же срезы на других сторонах. В итоге получаем модель, изображённую на Рисунок 21.

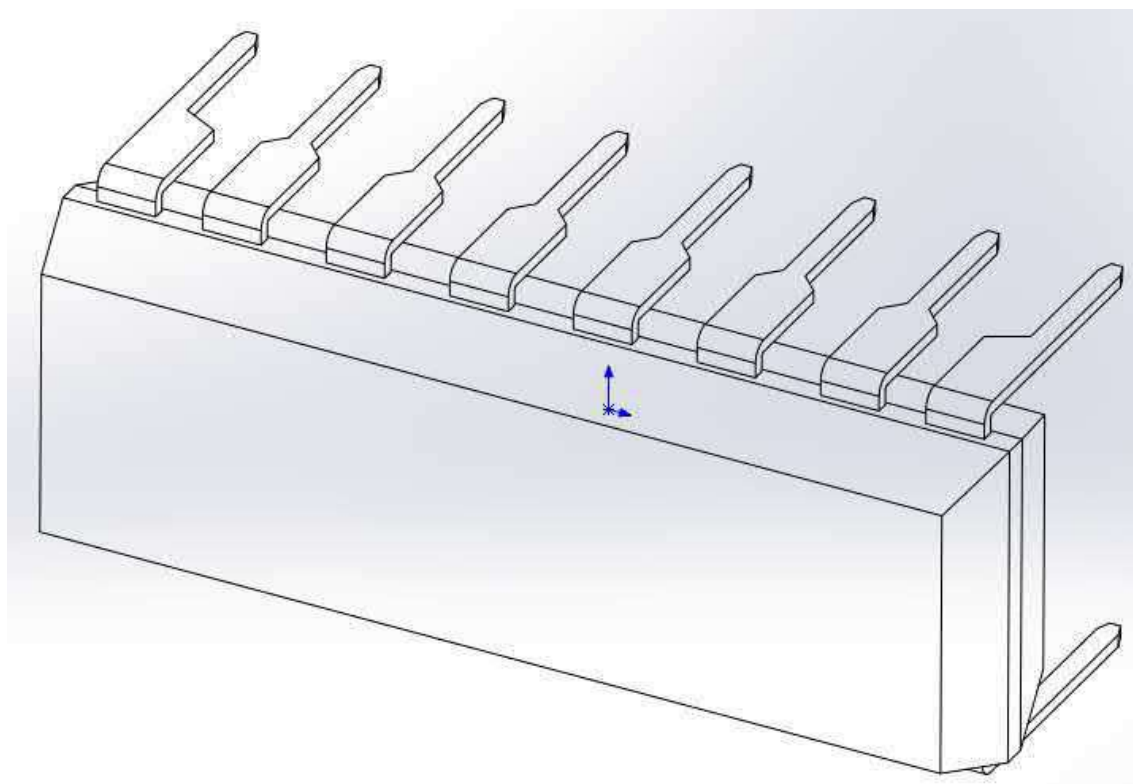


Рисунок 21

4. Последний элемент – ключ. Сделаем его следующим образом – нарисуем эскиз на верхней грани корпуса и вырежем на необходимую глубину с помощью инструмента **Элементы.Вытянутый вырез**.

5. Для большей детализации скруглим все грани с помощью инструмента **Элементы.Скругление**.

Готовый корпус изображен на Рисунок 22.

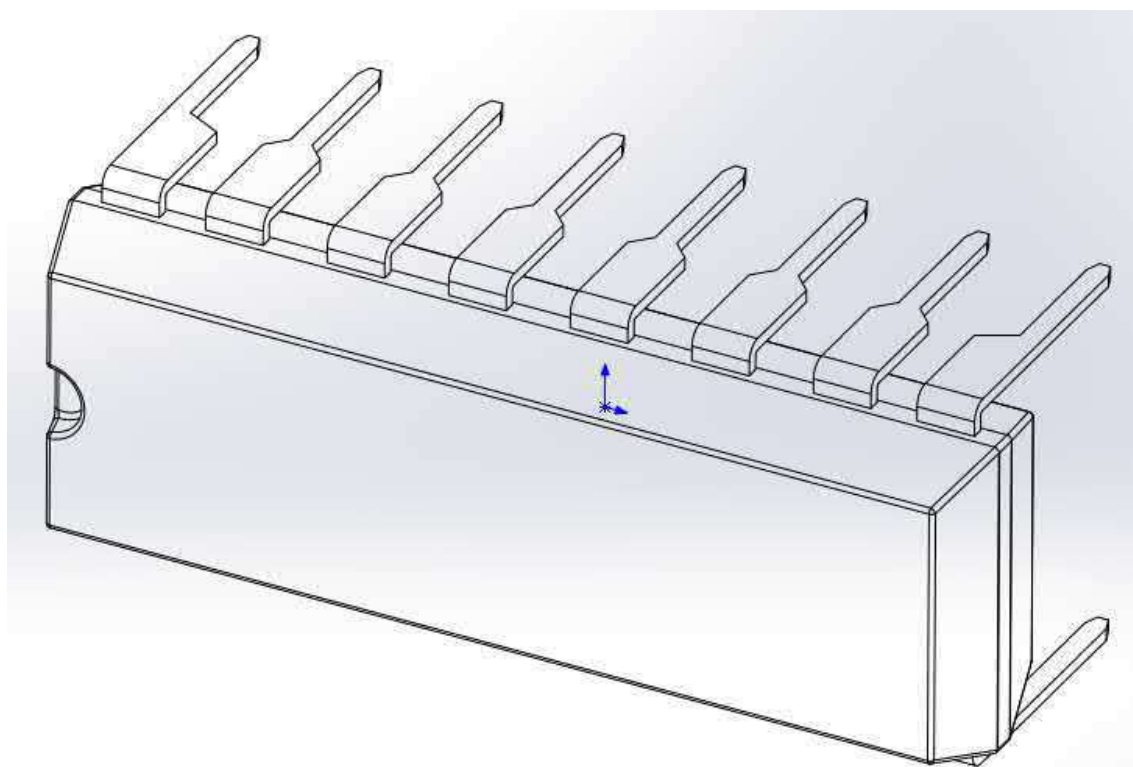


Рисунок 22

Аналогично создаются модели других компонентов.

Для точного определения массогабаритных параметров печатной платы с установленными на нее компонентами необходимы все модули, включенные в данную работу. 3D модели компонентов платы представлены на рисунке 23.

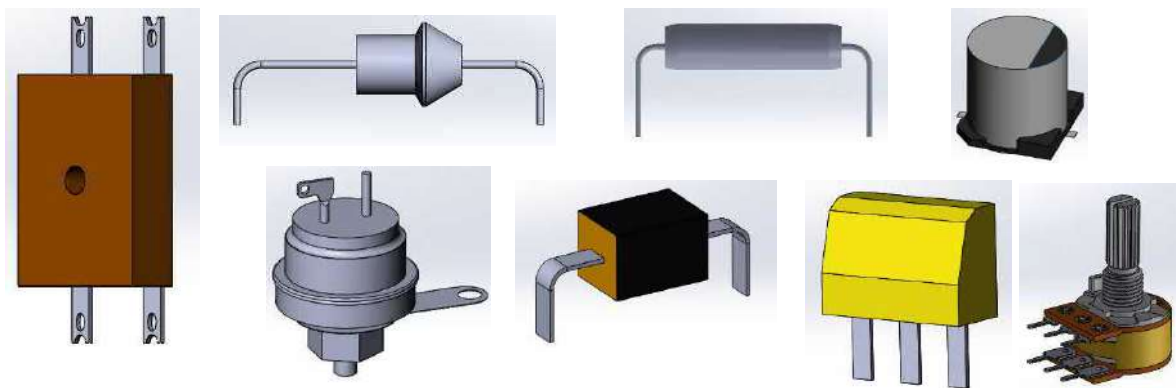


Рисунок 23 Модели компонентов

6 Разработка корпуса прибора в САПР *SolidWorks*

При разработке корпуса прибора для удобства монтажа разобьем его на две составляющие: сам корпус и крышку.

Выявим для себя следующие требования к корпусу регулятора яркости светильника: эргономичность и практичность.

Опираясь на вышеуказанные требования, размер корпуса сделаем с минимальными допустимыми параметрами. Габаритные размеры корпуса будут задавать габариты самой печатной платы с учетом необходимых зазоров между корпусом и платой. Стенки прибора будут выполнены из пластика толщиной 1,5 мм, что обеспечит достаточный запас прочности получаемого прибора.

При разработке корпуса будем использовать эскиз печатной платы для точного позиционирования крепежных стоек. Плата устанавливается в корпус внатяг, после чего она закрепляется на нем посредством винтов М3.

Крышка корпуса крепится к самому корпусу с помощью саморезов 2,5x8, под которые предусмотрены отверстия в корпусе прибора. Также в корпусе предусмотрены отверстия под выходные провода, а на крышке – выступы для крепления прибора, например, к стене.

По углам корпуса выполнены скругления для лучшей эргономичности.

3D модель корпуса приведена на рисунке 24, а 3D модель крышки корпуса приведена на рисунке 25.

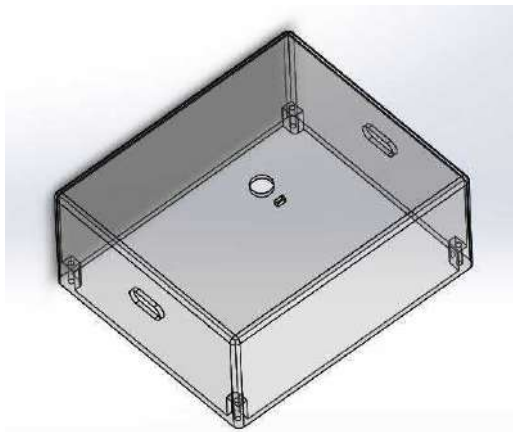


Рисунок 24 – Корпус прибора

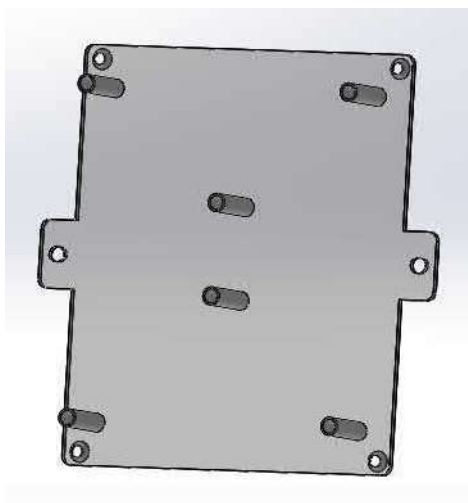


Рисунок 25 – Крышка прибора

Разработанный корпус прибора приведен на рисунке 26, а также в графическом материале к данной расчетно-графической работе.

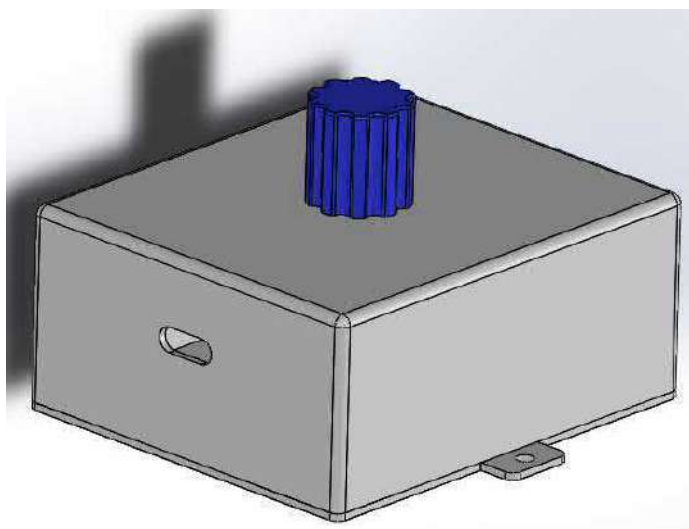


Рисунок 26 – Корпус прибора в сборе

7. Анализ разработанного прибора в САПР *SolidWorks*

После создания корпуса необходимо провести анализ на прочность. Воспользуемся компонентом *SolidWorks Simulation*.

Для выявления прочностных характеристик необходимо провести статический анализ. Программа *SolidWorks* не позволяет проводить подобные анализы для сборок, поэтому, сделаем серию испытаний для каждой из частей

корпуса. Для проведения статического анализа выберем материал (в нашем случае ABS пластик), укажем силу (100 Н) и направление силы (к центру корпуса), создадим сетку тела. Тем самым мы имитируем падение корпуса.

Пример исследования представлен на рисунке 27.

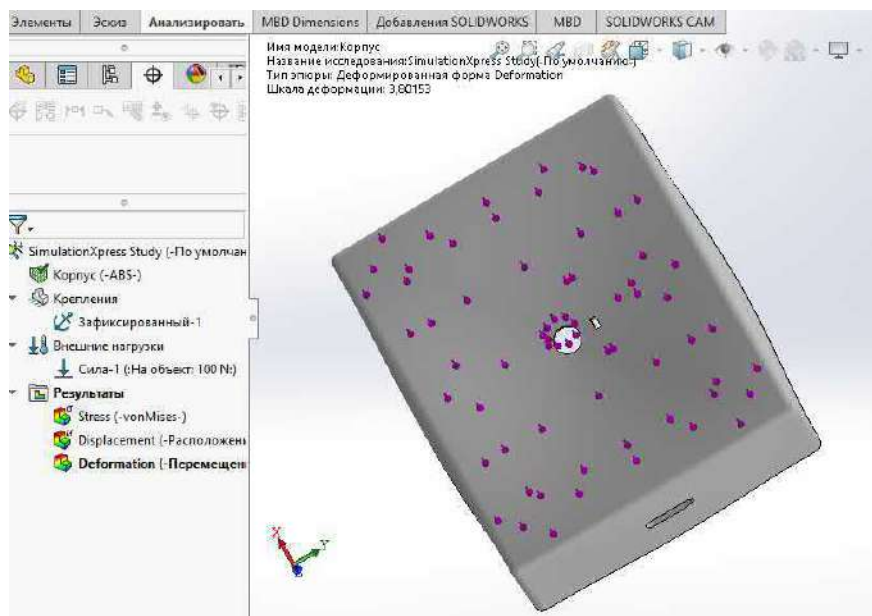


Рисунок 27 – Работа с надстройкой *SolidWorks Simulation*

Результаты исследования приведены на рисунке 29, 29.

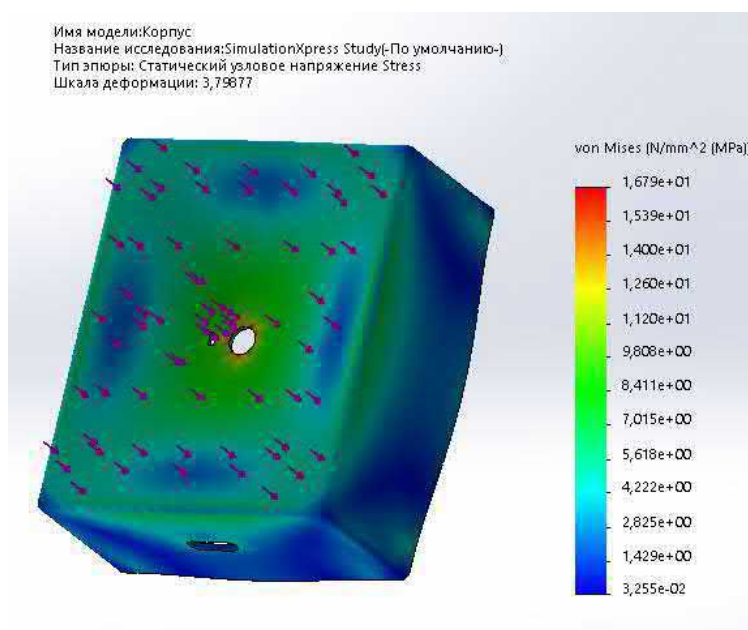


Рисунок 28 – Результаты проведения статического анализа

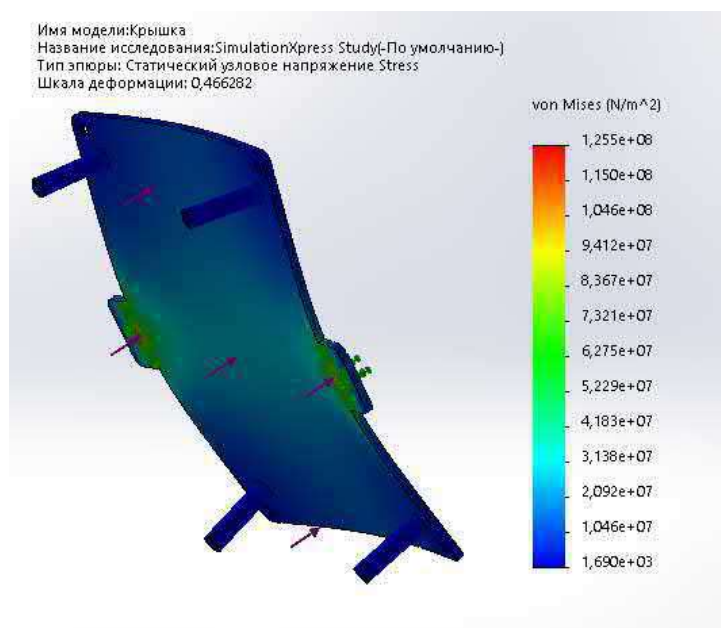


Рисунок 29 – Результаты проведения статического анализа

Проведем серию анализов для разных граней. Результаты приведены в графическом материале к данной расчетно-графической работе.

Полученные характеристики удовлетворяют предъявляемым требованиям.

Заключение

В ходе выполнения расчетно-графической работе в САПР *Altium Designer* была построена принципиальная схема регулятора яркости светильника и разработаны печатные платы устройства. В САПР *SolidWorks* созданы 3D-модели печатной платы и всех компонентов устройства, а также разработан его корпус. Выбран материал корпуса и проведен анализ его прочностных характеристик.

Все основные результаты работы представлены в графической части работы.

Список использованной литературы

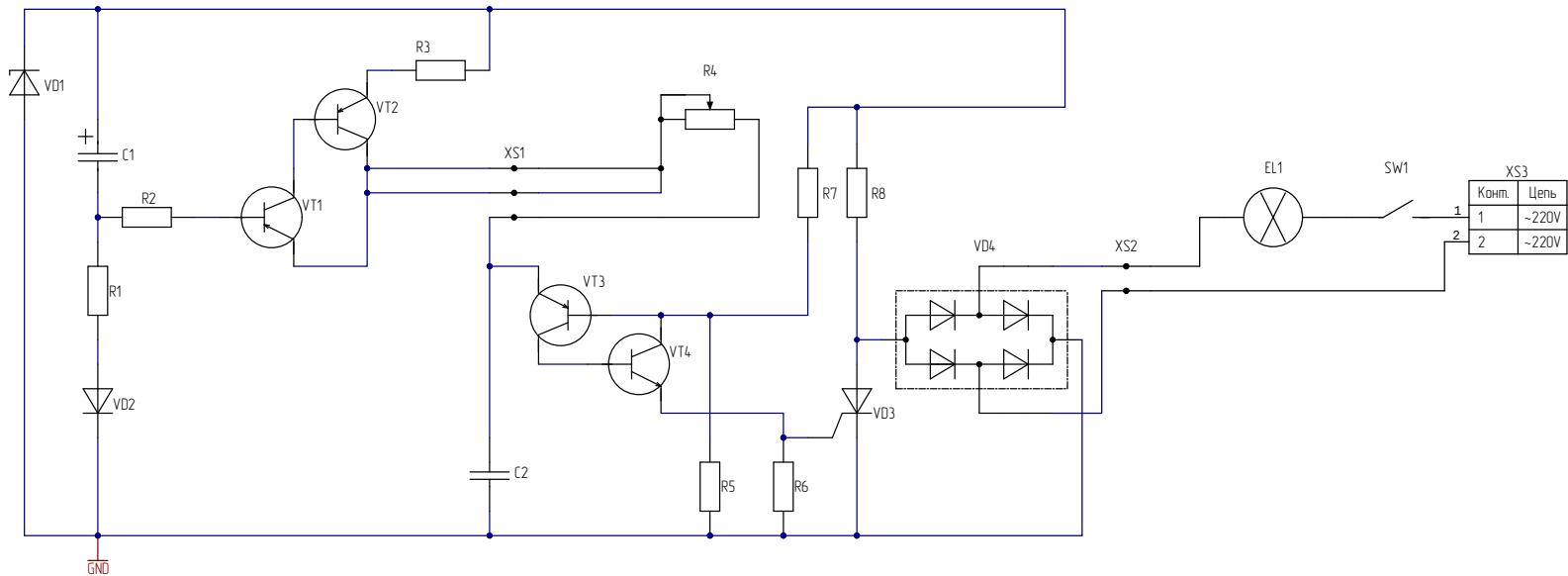
1. Дюдюн Д.Е. Современные САПР для проектирования и конструирования РЭА: Методические указания к расчетно-графической работе. – Ставрополь: СКФУ, электронная версия
2. ГОСТ 2.303- 68. Единая система конструкторской документации. Линии. – Москва: ИПК Изд-во стандартов, 1971. – 5 с.
3. ГОСТ 2.721-74. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения. – Москва: ИПК Изд-во стандартов, 1975. – 34 с.
4. ГОСТ 2.728-74. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы. – Москва: ИПК Изд-во стандартов, 1975. – 13 с.
5. ГОСТ 2.743-91. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники. – Москва: ИПК Изд-во стандартов, 1993. – 45 с.
6. ГОСТ 2.755-87 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения. – Москва: ИПК Изд-во стандартов, 1988. – 13 с.
7. ГОСТ 2.764-86. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Интегральные оптоэлектронные элементы индикации. – Москва: ИПК Изд-во стандартов, 1987. – 6 с.
8. ГОСТ 2.730-73. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые. – Москва: ИПК Изд-во стандартов, 1974. – 12 с.
9. ГОСТ Р 53429-2009. Платы печатные. Основные параметры конструкции. – Москва: Стандартинформ, 2010. – 22 с.

Зона	Поз. обозна- чение	Наименование	Кол.	Примечание	
		Резисторы			
	R1	Резистор С2-23-0,25-300 Ом ± 5%	1		
	R2	Резистор С2-23-0,25-3 кОм ± 5%	1		
	R3	Резистор С2-23-0,25-1 кОм ± 5%	1		
	R4	Резистор С2-23-0,25-100 Ом ± 5%	1		
	R5	Резистор С2-23-0,25-75 кОм ± 5%	1		
	R6	Резистор С2-23-0,25-150 кОм ± 5%	1		
	R7	Резистор С2-23-0,25-510 Ом ± 5%	1		
	R8	Резистор С2-23-2-27 кОм ± 5%	1		
		Транзисторы			
	VT1..VT3	Транзистор PNP KT315Б	3		
	VT4	Транзистор NPN KT361Б	1		
		Конденсаторы			
	C1	Полярный конденсатор 0,1 мкф	1		
	C2	Конденсатор 100 мкФ	1		
	VD1	Стабилитрон Д814Д	1		
	VD2	Диод КД105Д	1		
	VD3	Тиристор КУ202	1		
	VD4	Диодный мост КЦ402Б	1		
	S1	Переключатель	1		
			РГР-ССАПРПКРЭА-11.03.04-№3ач.Кн.-год		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Иванов И.И.			
Пров.		Дюдюн Д.Е.			
Н. контр.		Лапин А.А.			
Утв.					
Регулятор яркости светильника Перечень элементов			Лит.	Лист	Листов
				26	2

[illegible]

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Перв. примен.

РГР-ССАПРПКРЗА-11.03.04-№3а4.Кн.-20б



						РГР-ССАПРПКРЗА-11.03.04-№3а4.Кн.-20б	Лит	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		Регулятор яркости светильника	КП		
Разраб.	Иванов И.И.					Схема электрическая принципиальная	Лист 1	Листов 4	
Проб.	Дюбан Д.Е.								
Т.контр.									
Н.контр.	Лапин А.А.								
Утв.									

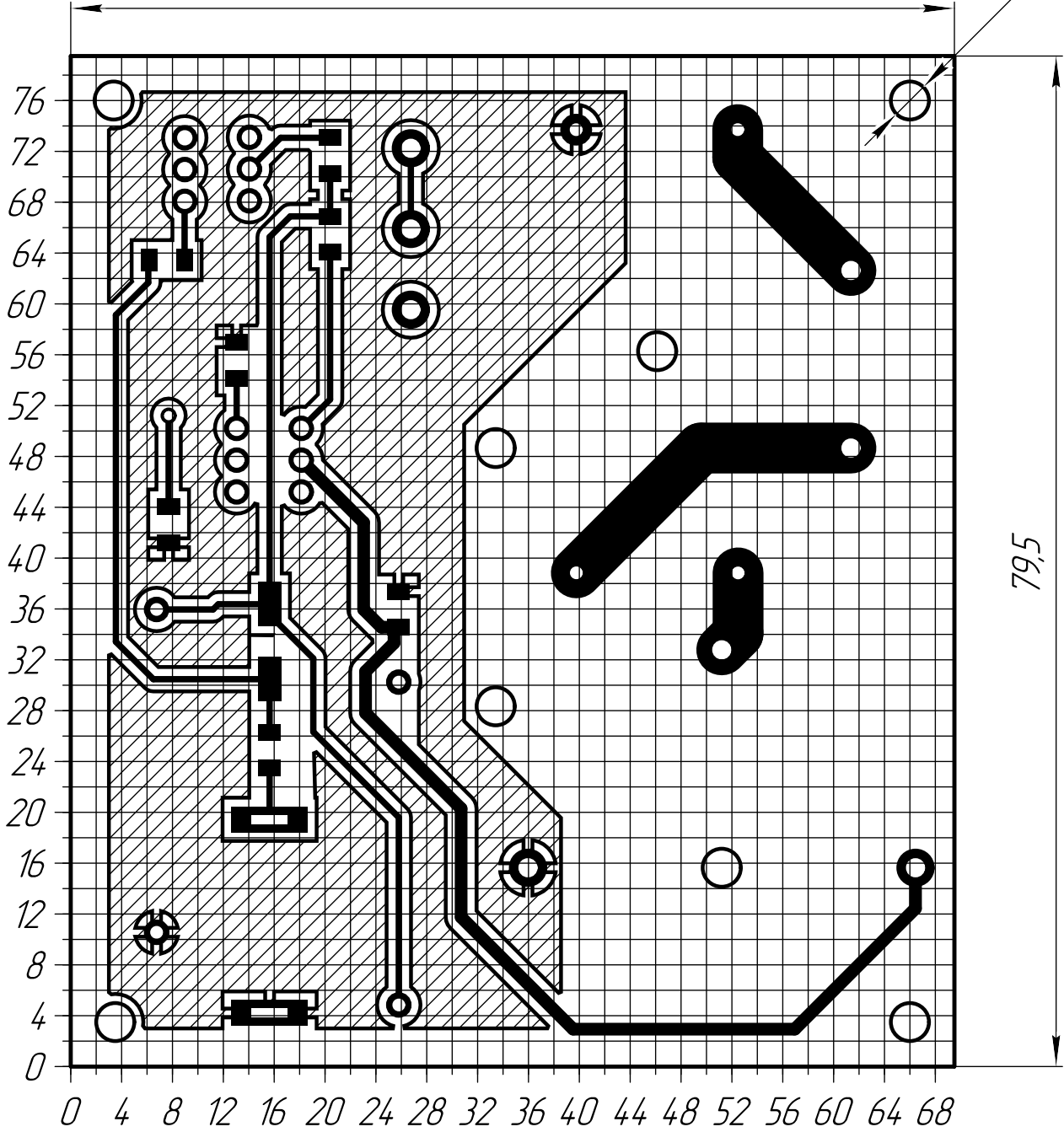
Копировал:

Формат А3

Страна монтажа

69,5

4 отв. Ø3



Расположение отверстий

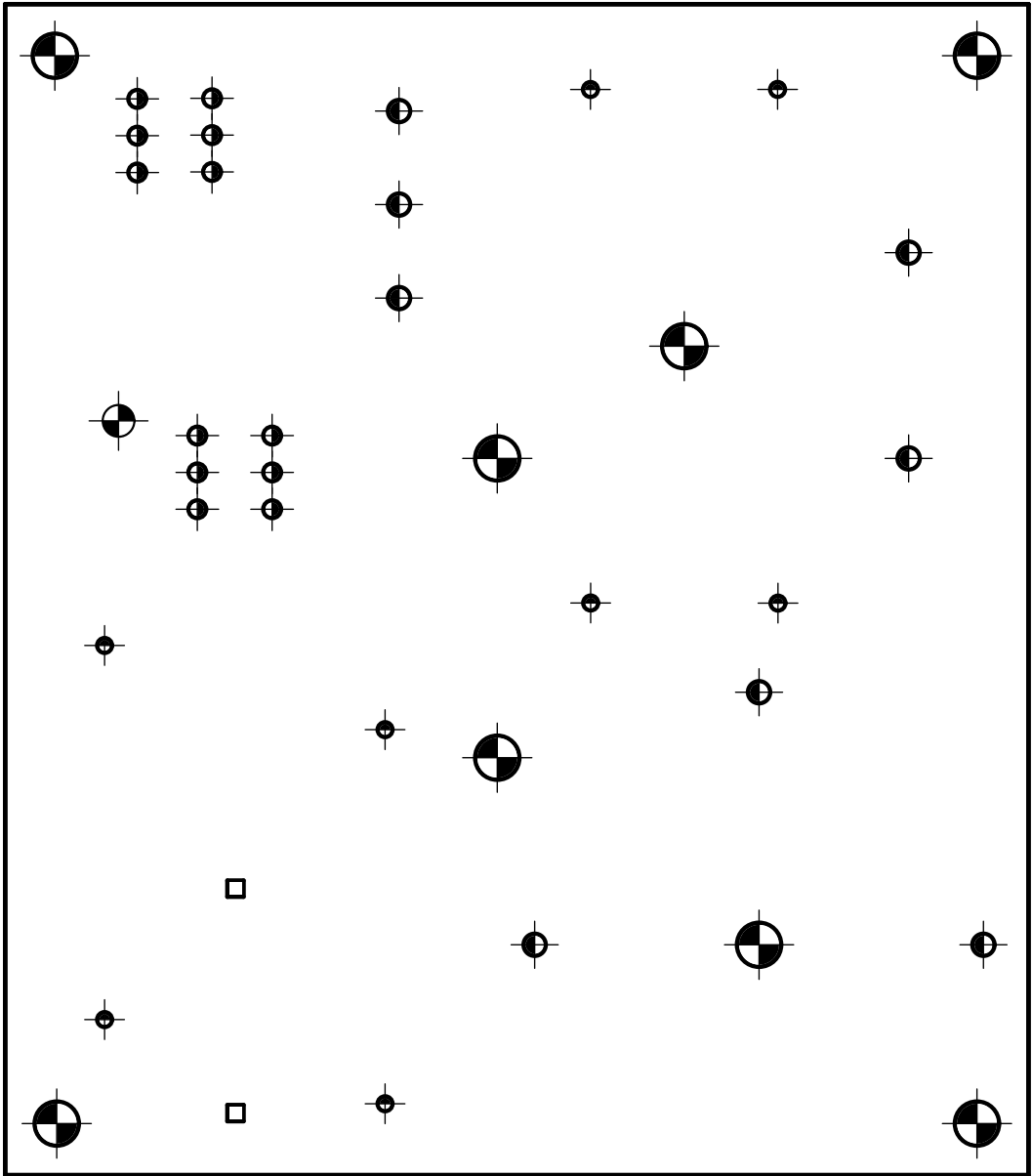
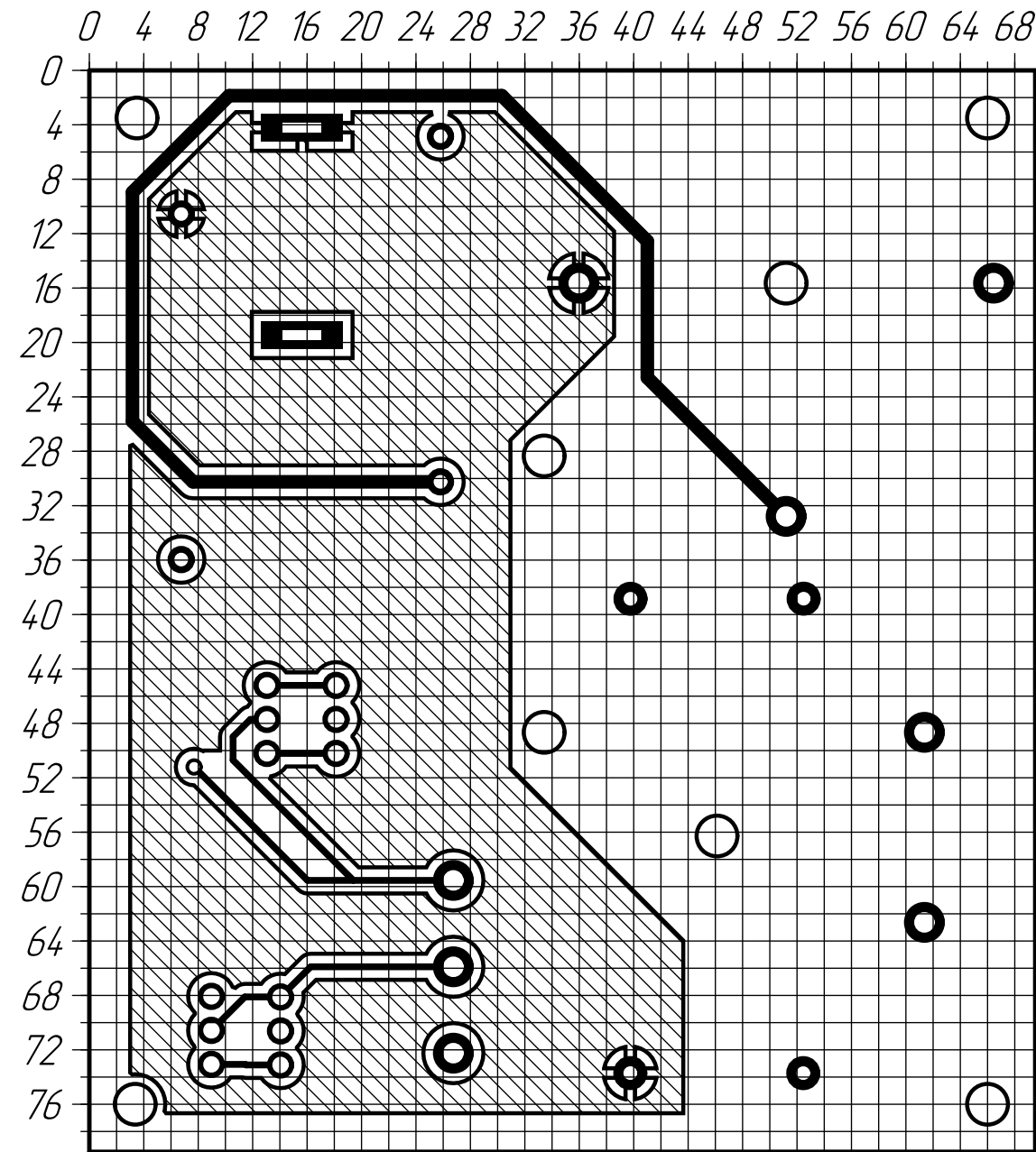


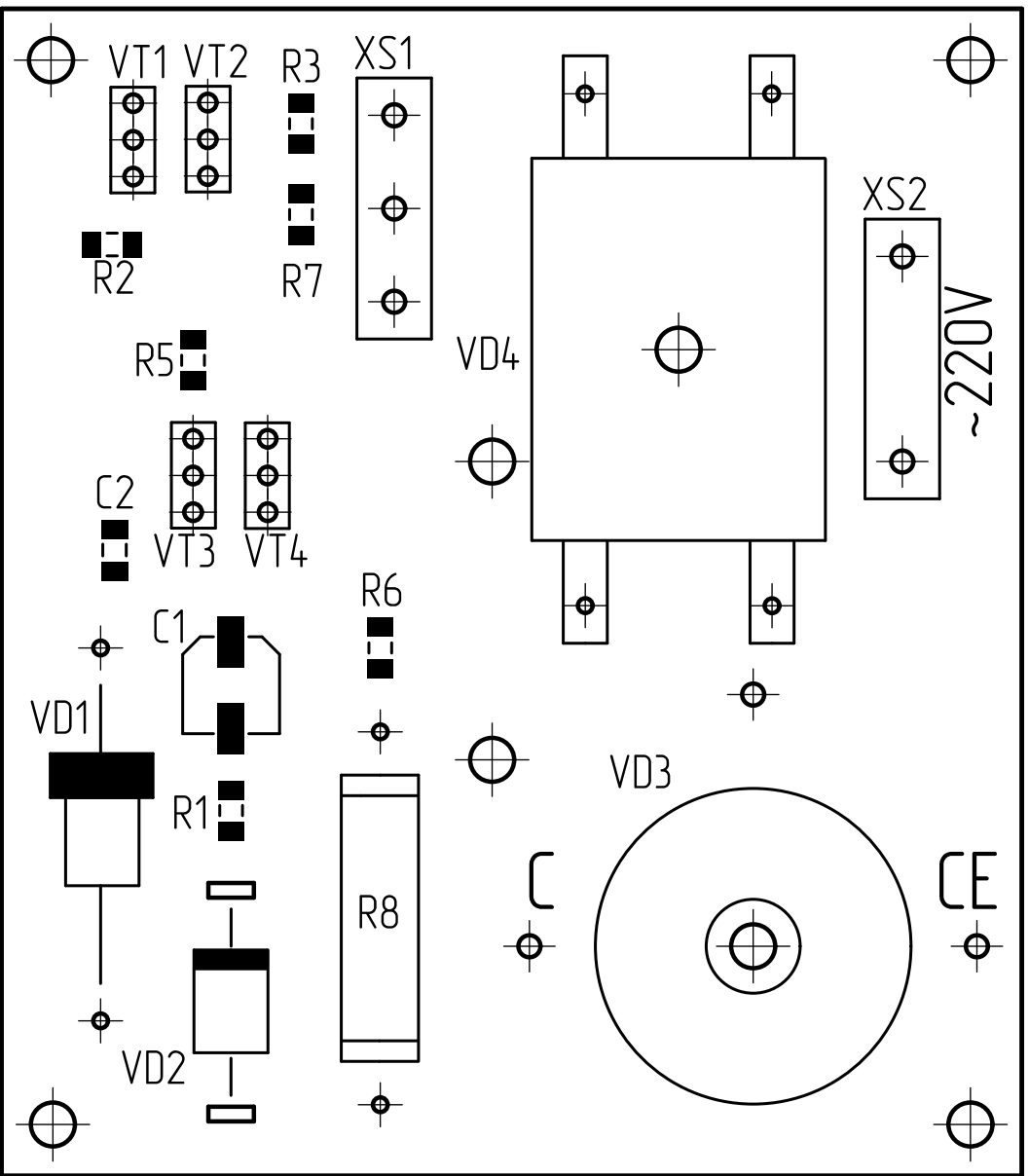
Таблица 1-обозначение диаметров отверстий

Условное обозначение	Вид контактной площадки	Диаметр отв., мм	Диаметр конт. площадки, мм	Наличие металлизации	Кол. отв.
⊕	⊕	0,71	1,3	Да	1
⊕	⊕	1	2,0	Да	8
⊕	⊕	1,2	2,0	Да	12
⊕	⊕	1,5	3,0	Да	8
⊕	⊕	3	-	Нет	8
□	□	3,0x1,0	6,0x2,0	Да	2

Страна пайки



Страна установки компонентов

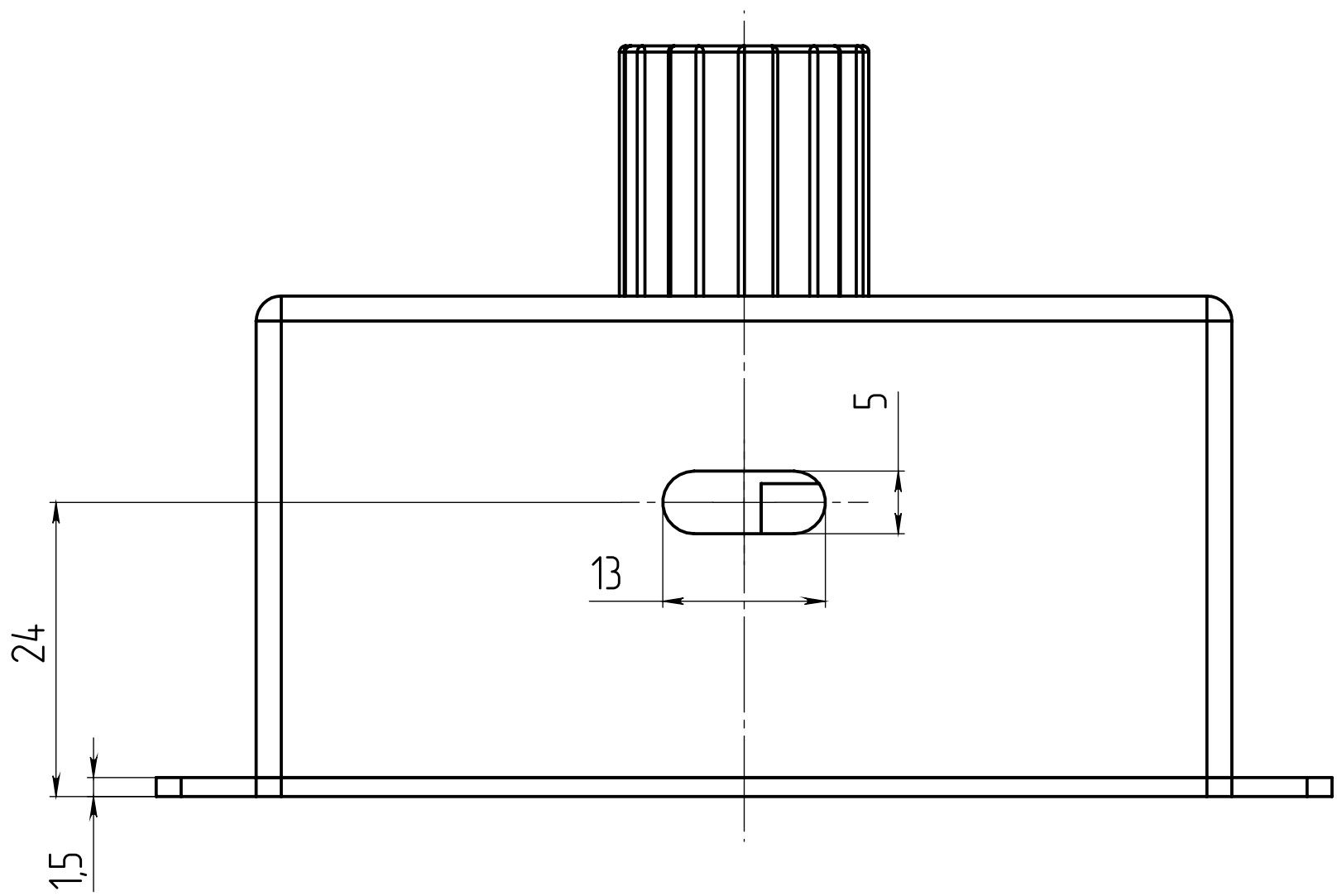
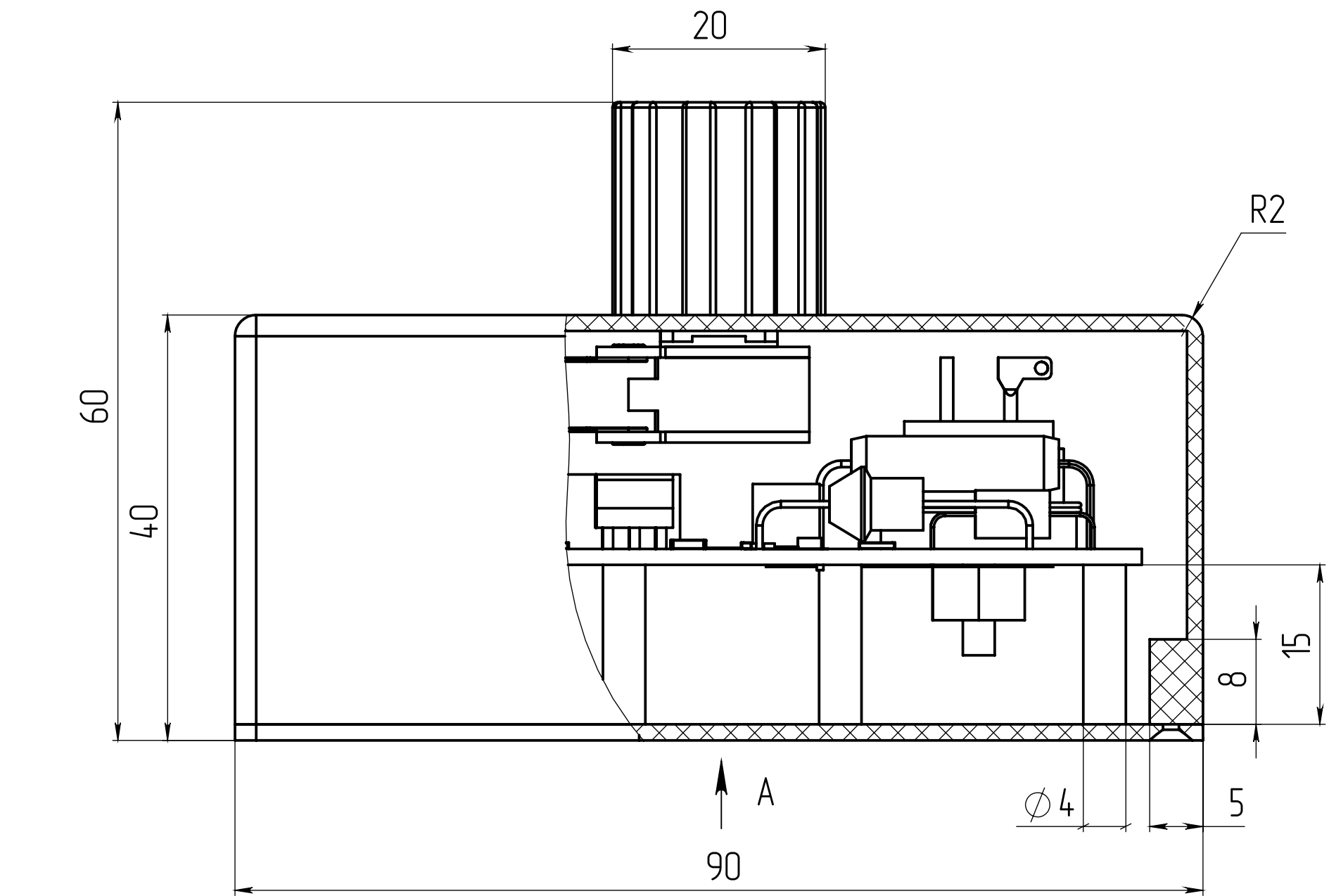


- * Размер для справок.
- Неуказанные предельные отклонения должны соответствовать ГОСТ 2371-26.
- Класс точности 3 по ГОСТ Р 53429-2009.
- Печатная плата должна соответствовать ГОСТ Р 53429-2009, группе жесткости 3 при верхнем значении температуры окружающей среды (85±2) °C.
- Шаг координатной сетки 1,25 мм. Линии сетки нанесены через одну.
- Конфигурацию печатных проводников выдерживать по координатной сетке с отклонениями от чертежа ±1,5 мм.
- Места, обведенные штрихпунктирной линией, печатными проводниками и контактными площадками не занимать.
- Ширина печатных проводников не менее (0,25±0,05) мм.
- Расстояние между печатными проводниками и полигонами не менее 0,7 мм.
- Допускается полное или частичное заполнение припоем переходных отверстий, их диаметры контролю не подлежат.
- Покрывание проводящего рисунка платы Хим. Мм.
- Покрывание контактных площадок и металлизированных отверстий Хим. Мм. Гар. ПОС-63, ГОСТ 21930-76.

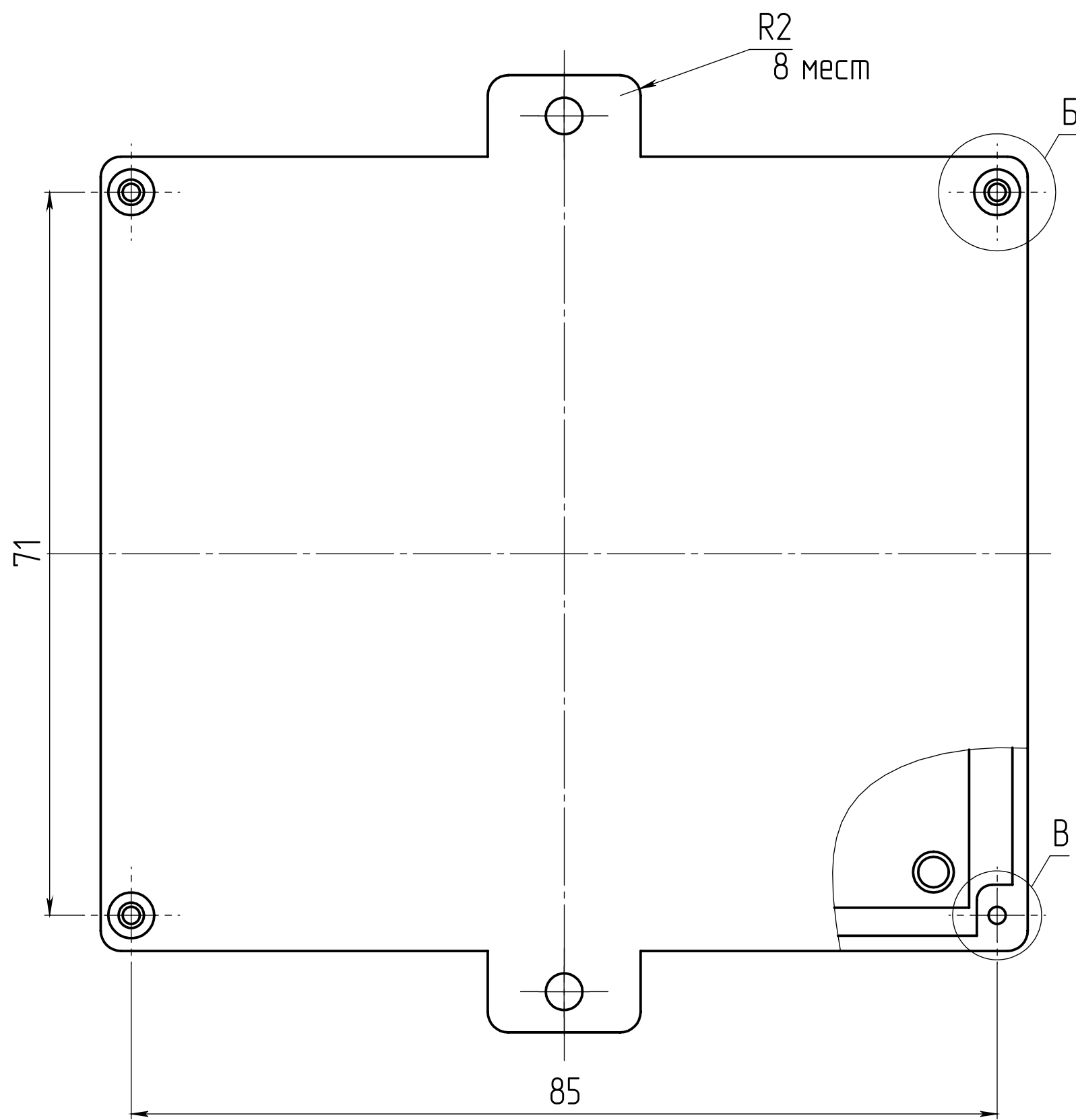
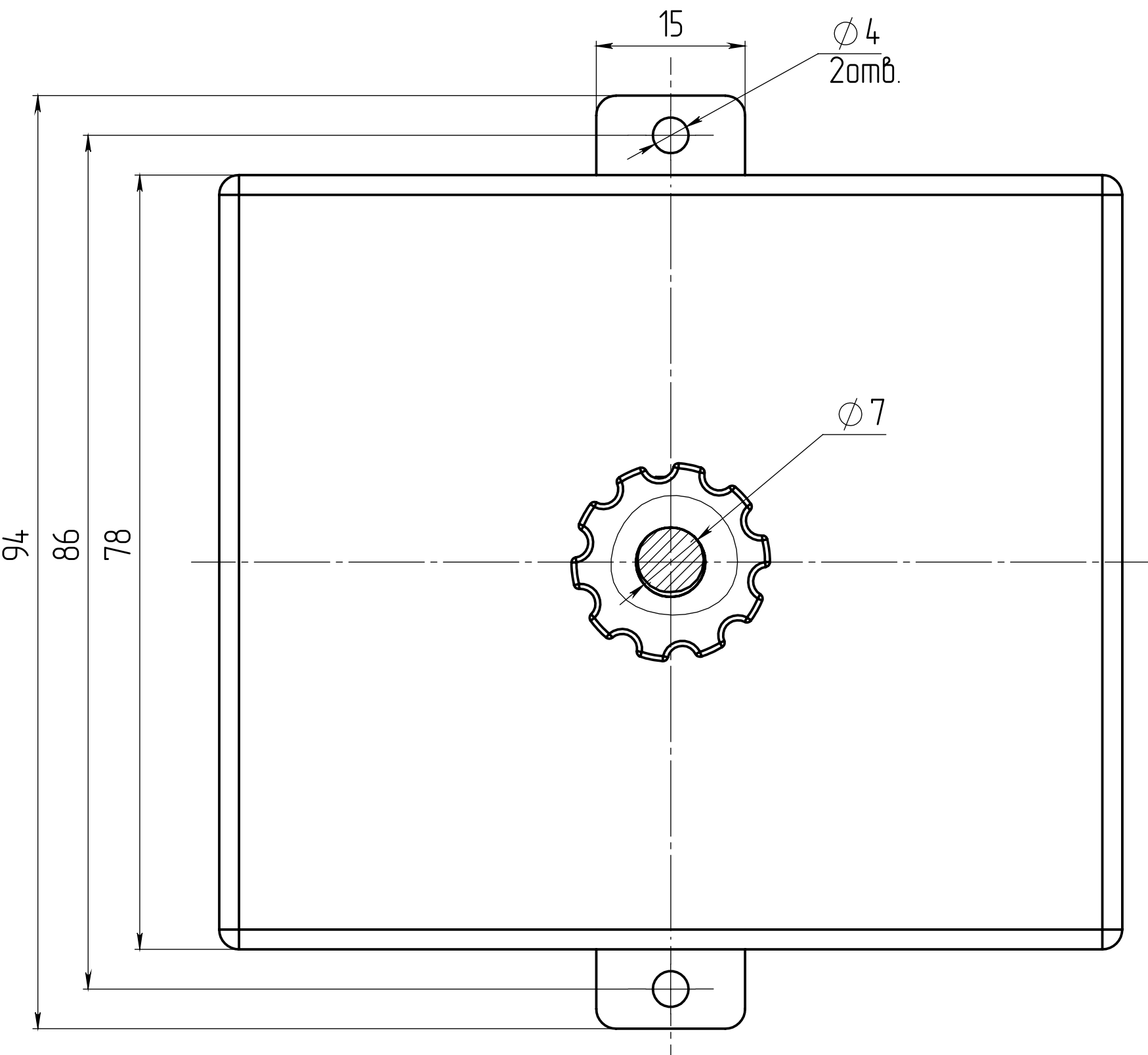
РГР-ССАПРПКРЗА-11.03.04-№3зач.Кн.-20д				Регулятор яркости светильника		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса
Разраб.	Иванов И.И.				КП	1:1
Пров.	Дюдяев Д.Е.				Лист 2	
Т.контр.					Листов 4	
Н.контр.	Лапин А.А.				СКФУ группа	
Утв.						

Сборочный чертеж

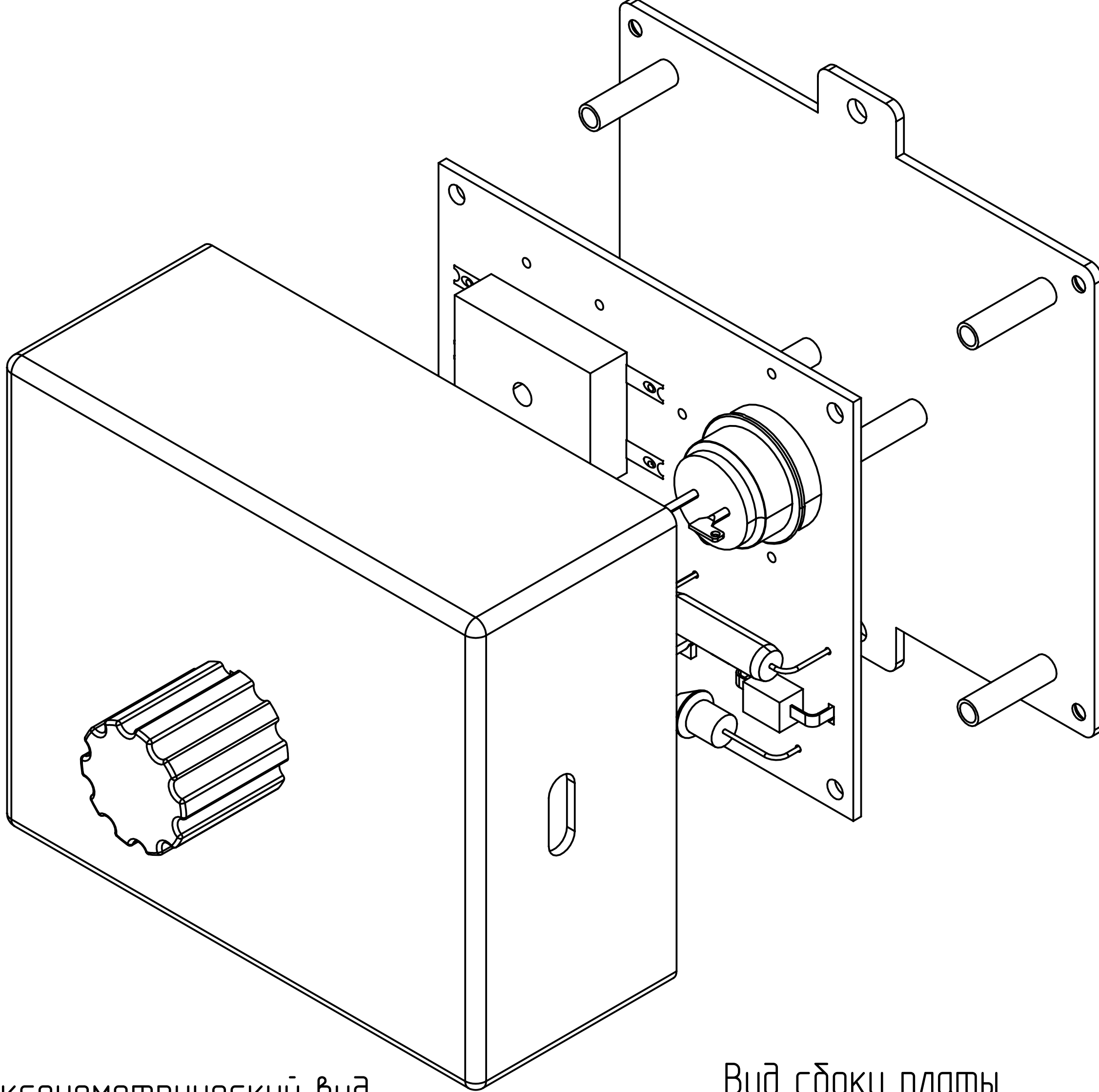
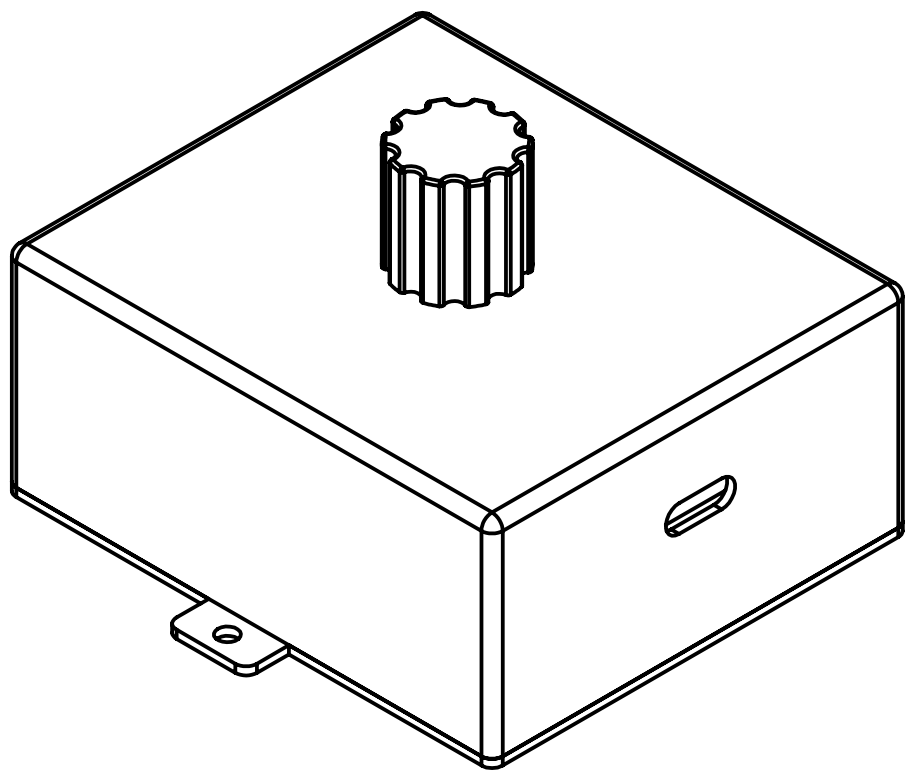
Разнесенный вид



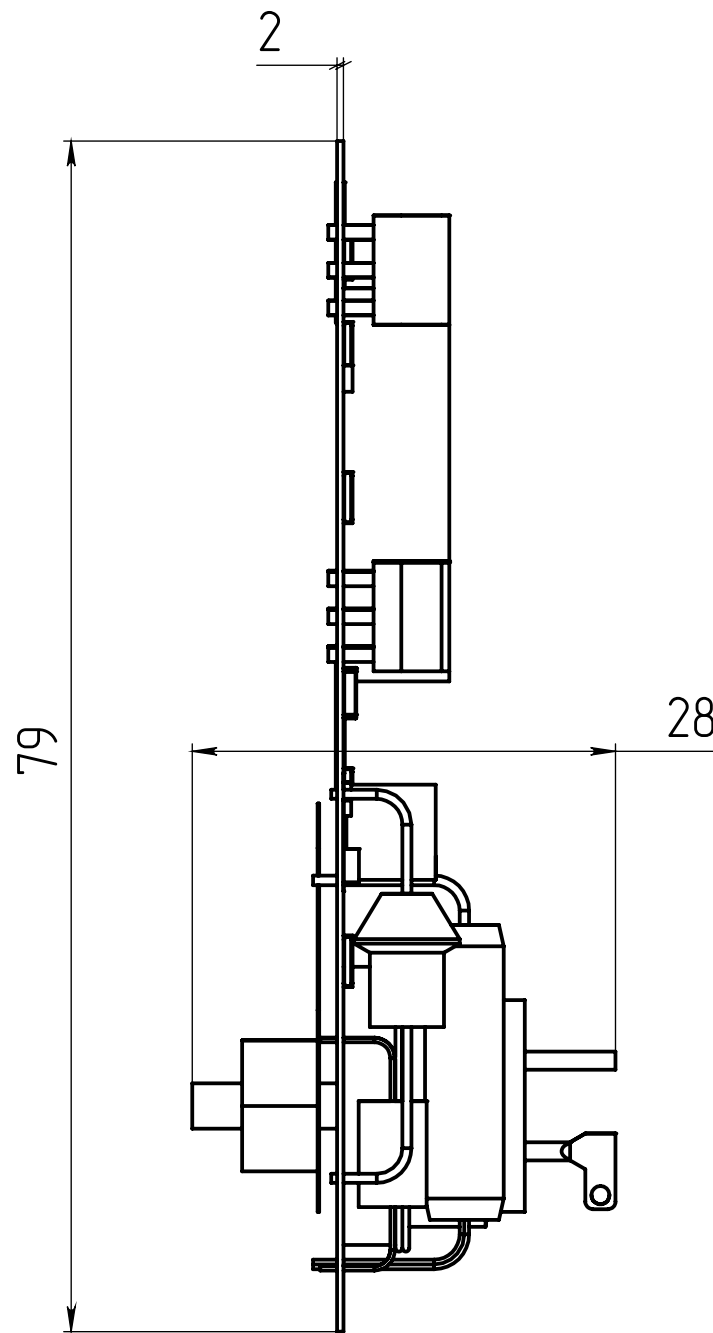
ВИД А



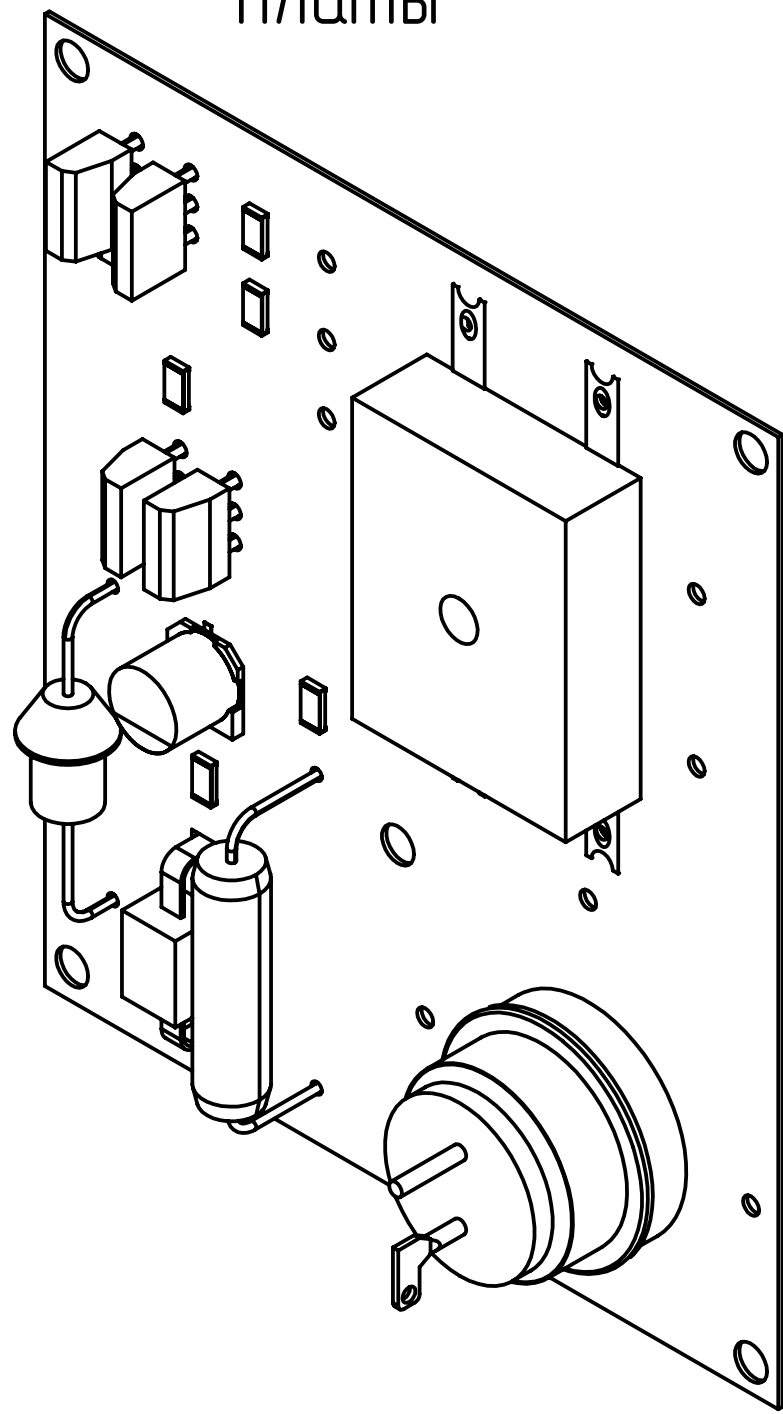
АксонOMETрический вид корпуса (1:1)



Вид сбоку платы



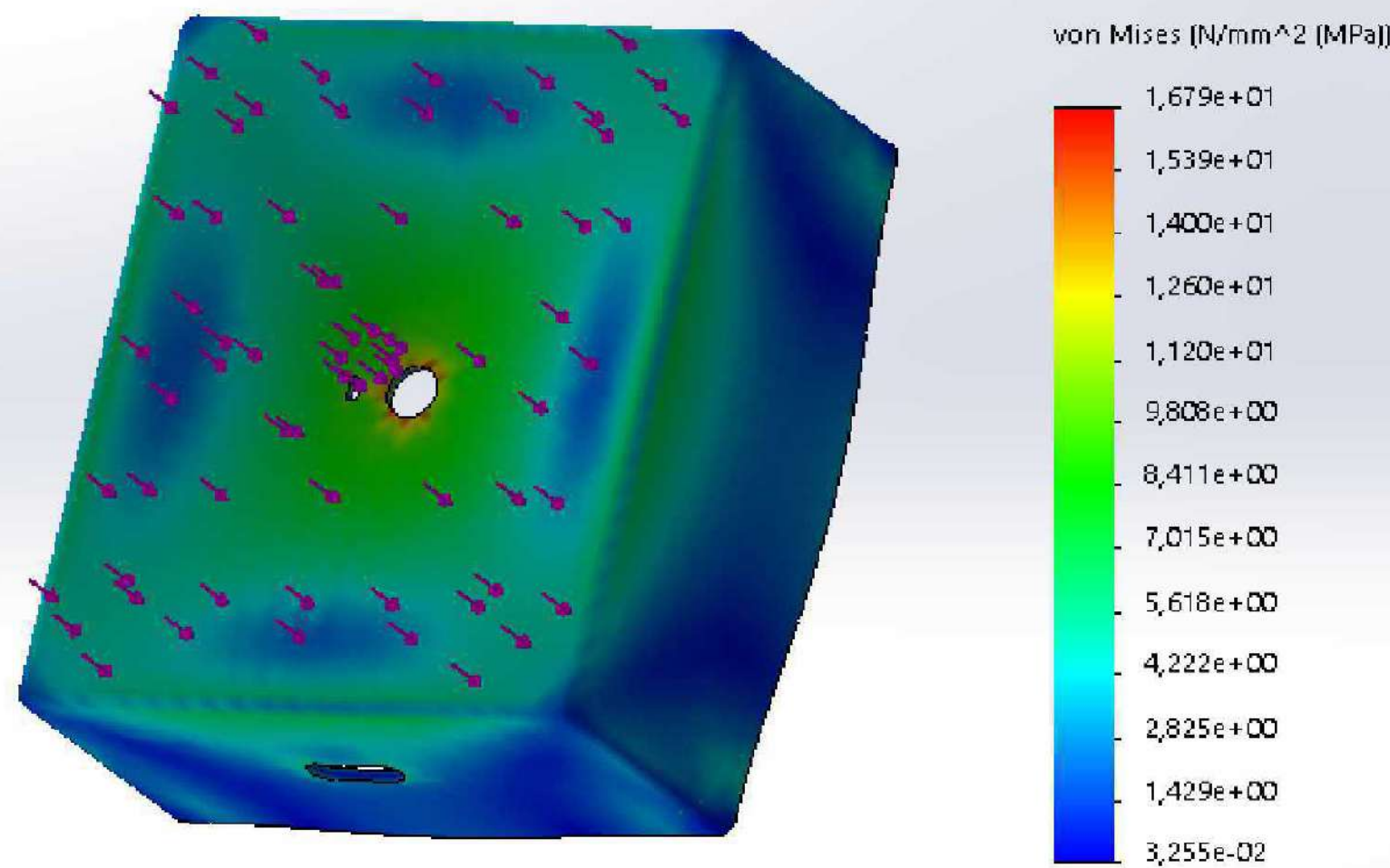
АксонOMETрический вид платы



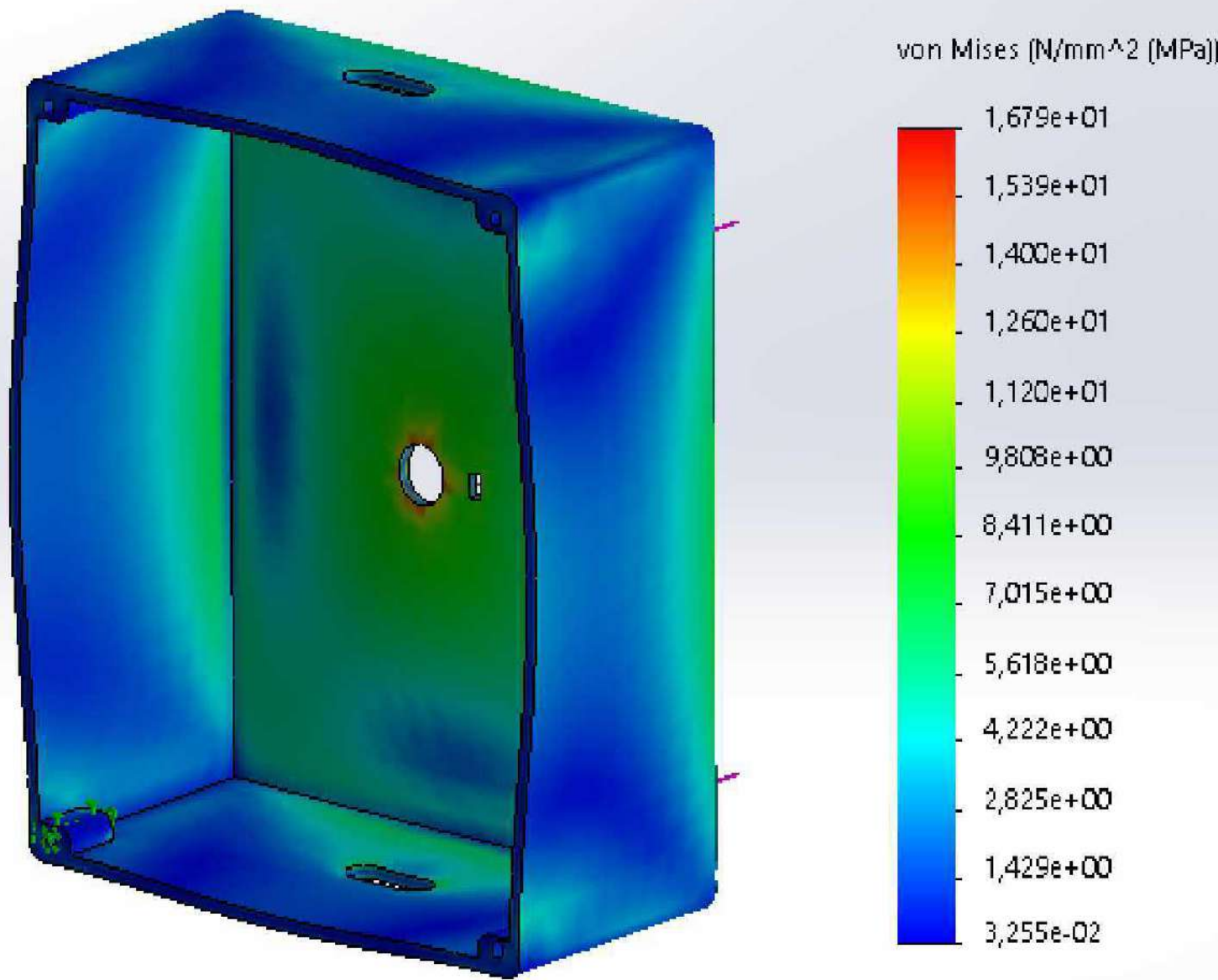
Выполнить сборку прибора в следующей последовательности:
1. Позиционировать плату на стойки крышки корпуса и закрепить винтами М3.
2. Позиционировать крышку на корпусе по отверстиям в деталях и закрепить посредством саморезов 2,5х8.

РГР-ССАПРПКРЗА-11.03.04-№3ач.Кн.-заб				Регулятор яркости светильника Корпус				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Иванов И.И.	Дядков Д.Е.	Лопин А.А.	21		
Разраб.	Иванов И.И.	Дядков Д.Е.	Лопин А.А.							
Проб.	Дядков Д.Е.	Лопин А.А.								
Т. контр.										
Н. контр.	Лопин А.А.									
Утв.										

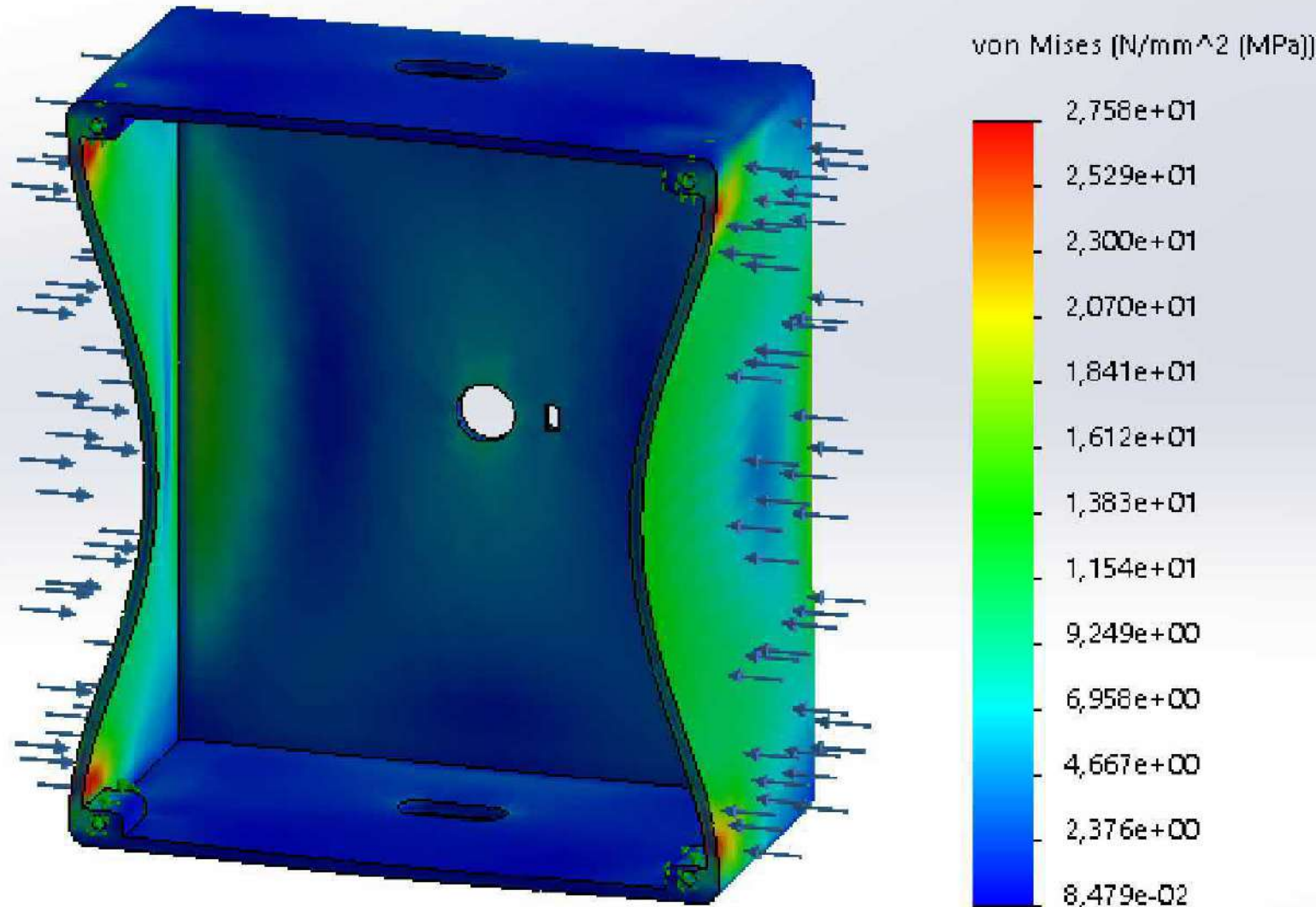
Имя модели: Корпус
Название исследования: SimulationXpress Study (По умолчанию)
Тип элюры: Статический узловое напряжение Stress
Шкала деформации: 3,79677



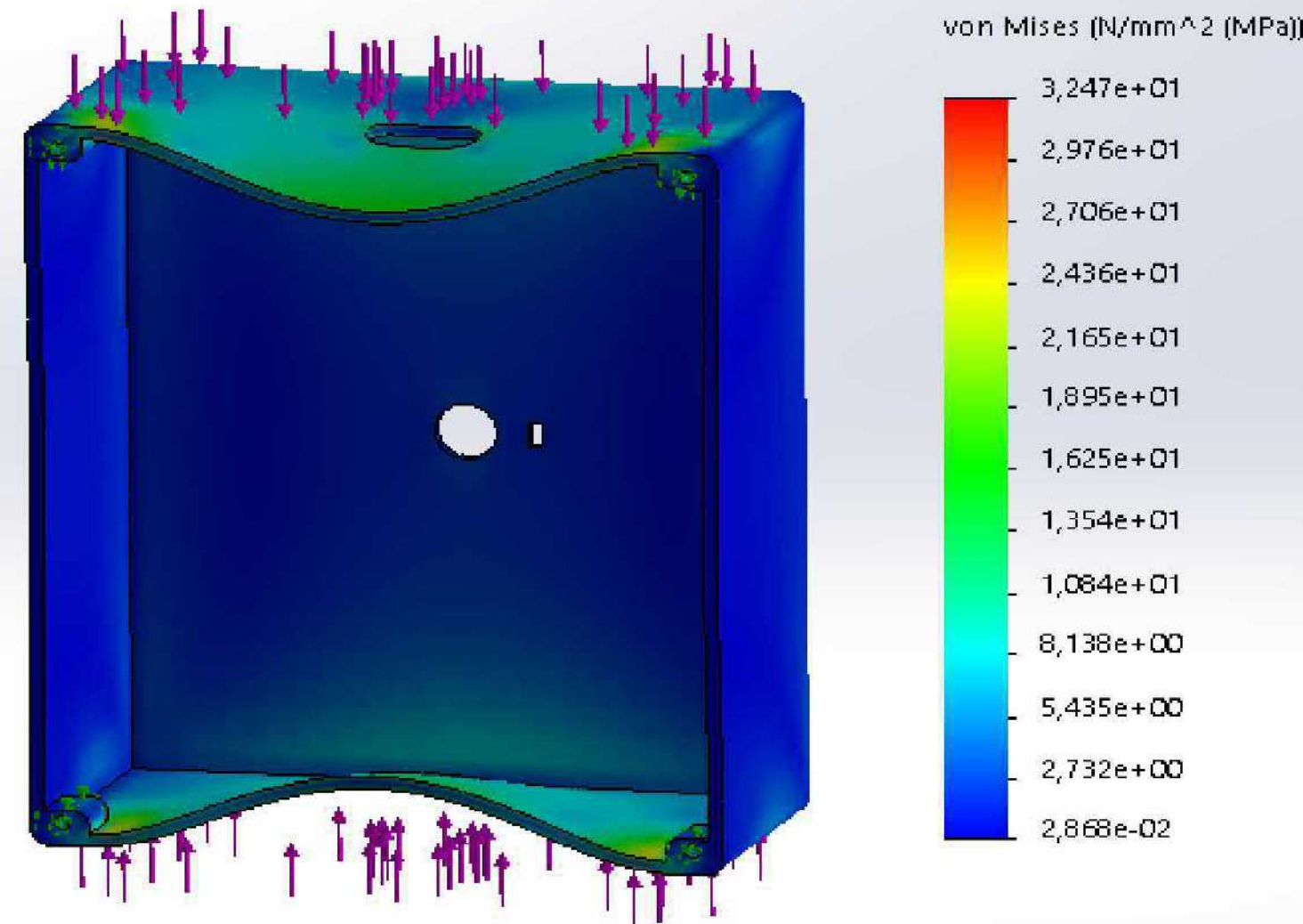
Имя модели: Корпус
Название исследования: SimulationXpress Study (По умолчанию)
Тип элюры: Статический узловое напряжение Stress
Шкала деформации: 3,79877



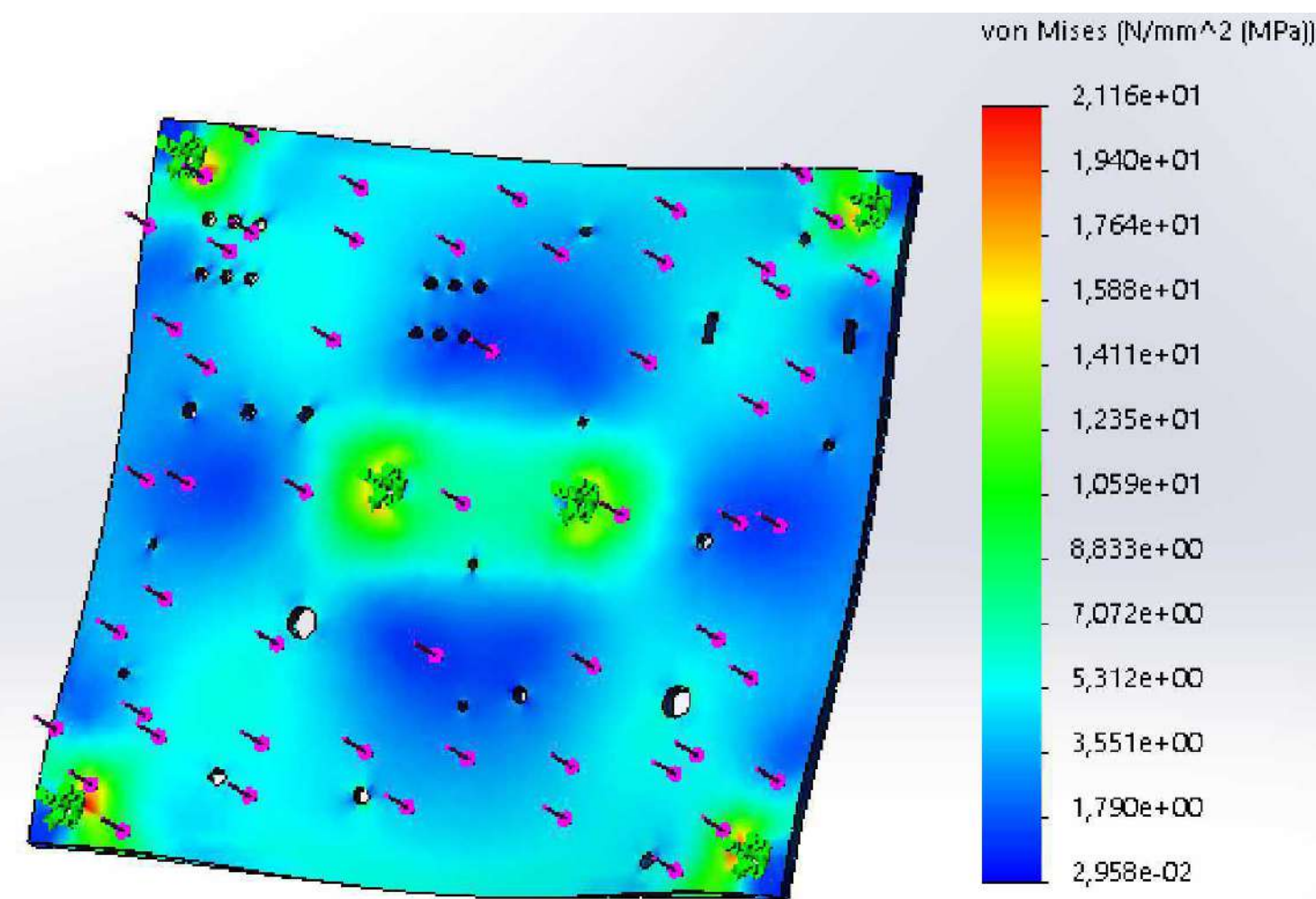
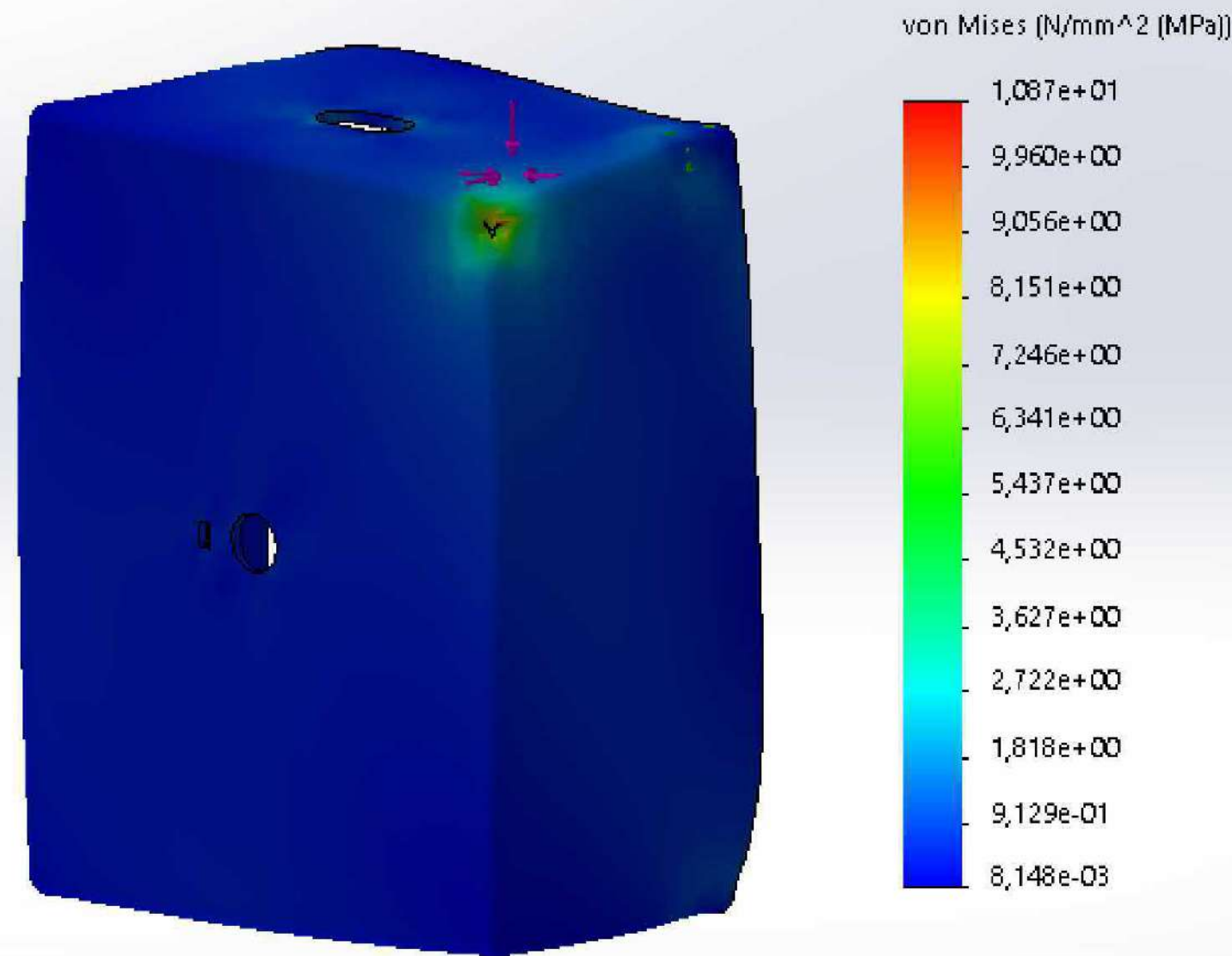
Имя модели: Корпус
Название исследования: SimulationXpress Study (По умолчанию)
Тип элюры: Статический узловое напряжение Stress
Шкала деформации: 1,96147



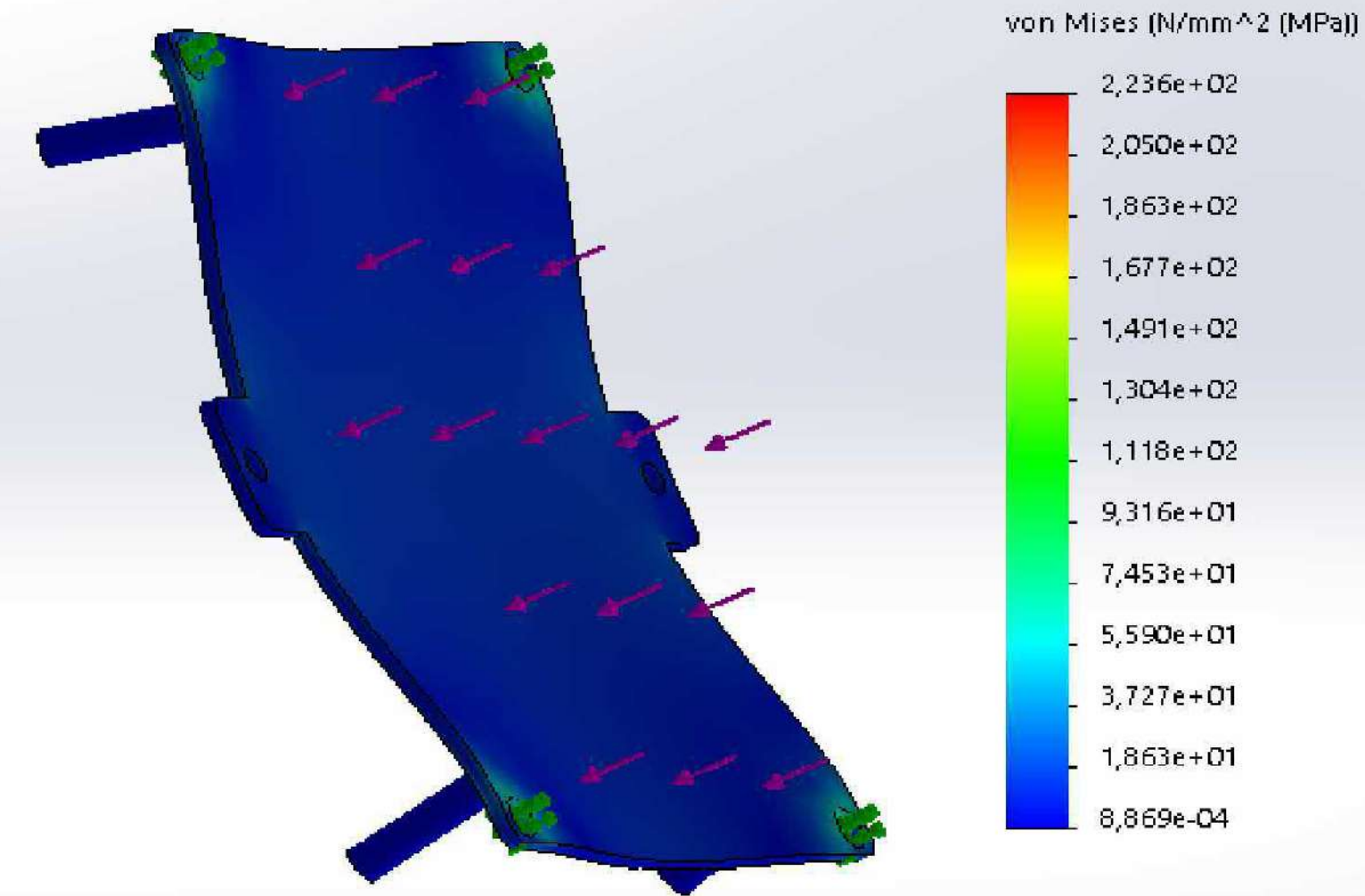
Имя модели: Корпус
Название исследования: SimulationXpress Study (По умолчанию)
Тип элюры: Статический узловое напряжение Stress
Шкала деформации: 2,96591



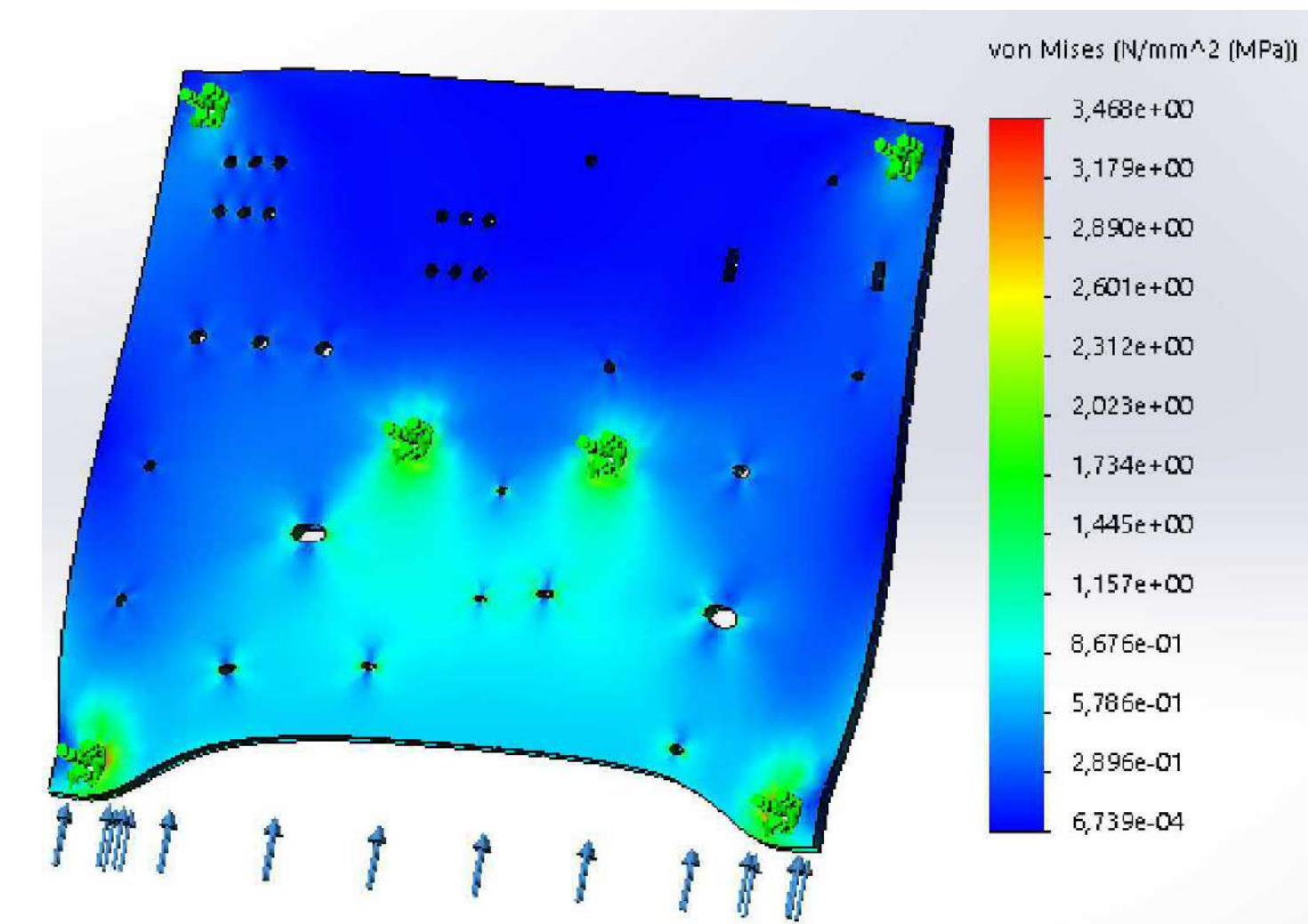
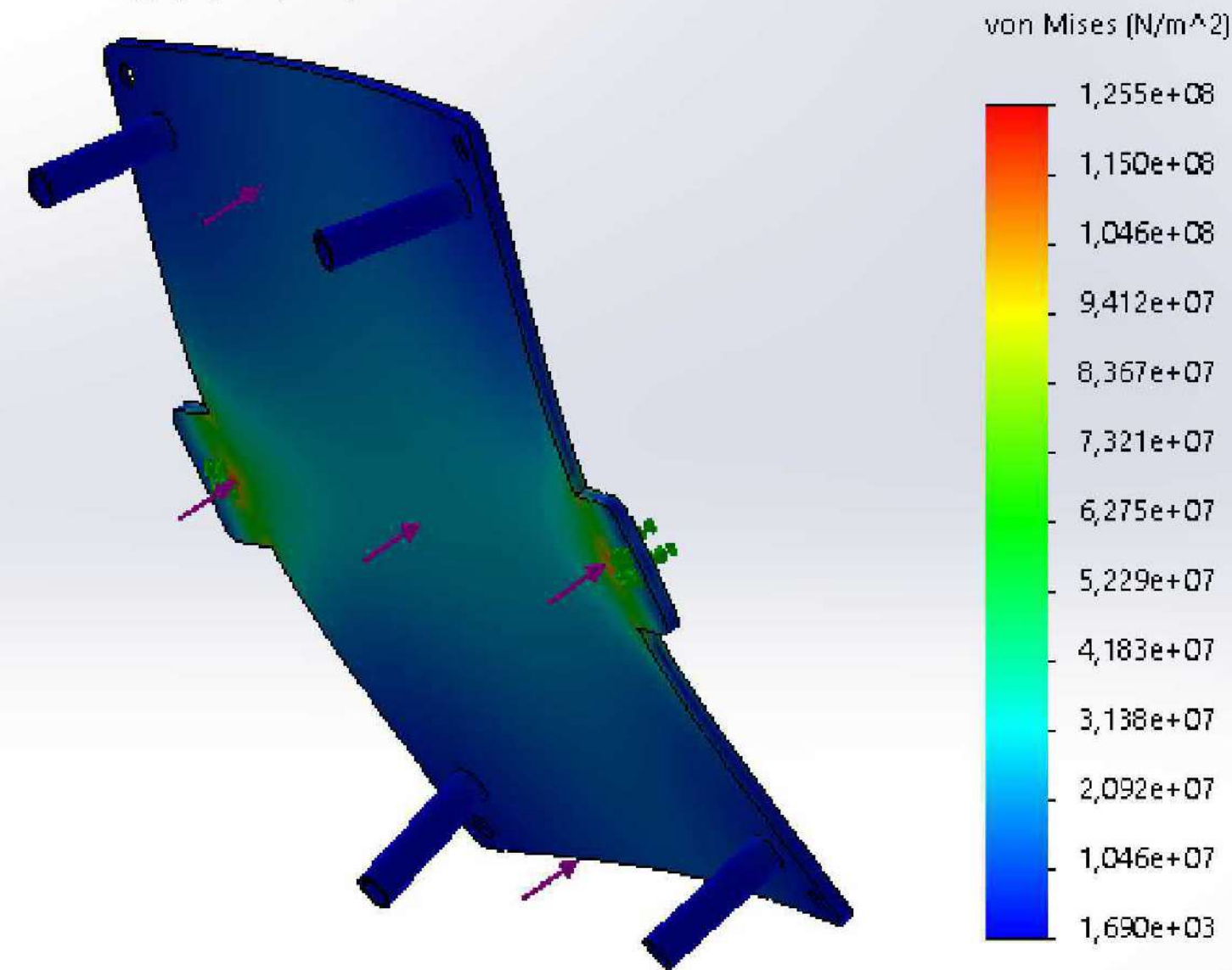
Имя модели: Корпус
Название исследования: SimulationXpress Study (По умолчанию)
Тип элюры: Статический узловое напряжение Stress
Шкала деформации: 194,167



Имя модели: Крышка
Название исследования: SimulationXpress Study (По умолчанию)
Тип элюры: Статический узловое напряжение Stress
Шкала деформации: 1,13786



Имя модели: Крышка
Название исследования: SimulationXpress Study (По умолчанию)
Тип элюры: Статический узловое напряжение Stress
Шкала деформации: 0,466282



1. При анализе прочности к различным частям корпуса прикладывается сила величиной 100 Н.
2. На диаграммах изображено распределение механического напряжения по поверхности корпуса, а также направление механической деформации.
3. При всех видах нагрузки корпус имеет достаточный запас прочности.

РГР-ССАПРКРЗА-11.03.04-№304Кн.-208				Регулятор яркости светильника			Лист 4	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Прочностный анализ			Лист 4	Лист 4
Разраб.	Иванов И.И.	Добан Д.Е.			СКФУ группа				
Проб.									
Т. контр.									
Н. контр.	Лопин А.А.								
Упр.									

4. Оформление пояснительной записки.

Пояснительная записка оформляется на стандартной белой бумаге формата А4 (210×297 мм), текст размещается на одной стороне каждого листа. Объём пояснительной записки должен быть равен, примерно, 10-15 страницам (1 – 1,25 печатных листа).

Пояснительная записка обязательно должна быть сброшюрована, допускается использование специальной папки.

Текст должен иметь следующие параметры:

- поля: нижнее и верхнее до нумерации стр. – 20 мм, левое – 30 мм, правое – 10 мм;
- межстрочное расстояние – полуторное (т. е. на одной странице должно быть не более 29 строк и 60 ± 2 знака в одной строке, учитывая пробелы);
- переплет 0 см;
- ориентация – книжная;
- шрифт – Times New Roman;
- размер шрифта – 14 пунктов;
- красная строка – 1,25 см;
- текст и другие отпечатанные элементы должны быть чёрными, контуры букв и знаков – чёткими, без ореола и затенения;
- название глав и параграфов выделяются полужирным шрифтом;
- формулы выравниваются по центру, их нумерация по правому краю в круглых скобках;
- рисунки нумеруются снизу (Рисунок 1 – Название), таблицы – сверху (таблица 1 – Название);
- страницы нумеруются в правом нижнем углу листа; начинается нумерация со страницы «Введение», на которой ставится цифра «3»; далее нумеруются все страницы, включая приложение.

Между названием главы и названием параграфа этой главы ставится пробел равный двум интервалам, а название параграфа не должно отделяться от текста этого параграфа пробелом. Названия параграфов отделяются от текста предыдущего параграфа пробелом, равным двум интервалам. Каждая глава, а также введение, выводы, приложения и список использованной литературы начинаются с новой страницы. Слово «Глава» не пишется. Главы имеют порядковые номера в пределах всей работы, обозначаемые арабскими цифрами (например: 1, 2, 3), после которых ставится точка. Слово «параграф» или значок параграфа в названии не ставятся. Параграфы имеют порядковые номера в пределах глав, обозначаемые арабскими цифрами (например: 1.1 и 1.2). Заголовки глав и параграфов в тексте работы должны располагаться по центру, точку в конце названия главы и параграфа не ставят. Не допускается переносить часть слов в заголовке.

Графический материал выполняется на листах формата не ниже А3 (принципиальная схема) и А4(нескольких склеенных листах формата А4 при необходимости).

При оформлении пояснительной записки необходимо соблюдать требования действующих ГОСТов и ЕСКД.

Список использованной литературы должен быть выполнен в соответствии с ГОСТ 7.32.2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления» и правилами библиографического описания документов ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание».

Рекомендуется представлять единый список литературы к работе в целом. Список обязательно должен быть пронумерован. Каждый источник упоминается в списке один раз, вне зависимости от того, как часто на него делается ссылка в тексте работы.

Литература на иностранных языках ставится в конце списка после литературы на русском языке, образуя дополнительный алфавитный ряд.

Для каждого документа предусмотрены следующие элементы библиографической характеристики: фамилия автора, инициалы; название; подзаголовочные сведения (учебник, учебное пособие, словарь и т. д.); выходные сведения (место издания, издательство, год издания); количественная характеристика (общее количество страниц в книге) или конкретные страницы из журналов.

Приложение 1. Пример оформления титульного листа

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ
КАФЕДРА ИНФОКОММУНИКАЦИЙ

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

по дисциплине

«Современные САПР для проектирования и конструирования РЭА»

на тему:

« »

Выполнил:

студент ____ курса группы _____
направления _____
_____ формы обучения

(подпись)

Руководитель работы:

(ФИО, должность, кафедра)

Работа допущена к защите _____
(подпись руководителя) (дата)

Работа выполнена и
защищена с оценкой _____ Дата защиты _____

Ставрополь, 20____

Приложение 2

Примеры библиографического оформления основных видов печатных изданий

Книги с одним автором

Атаманчук, Г. В. Сущность государственной службы: История, теория, закон, практика / Г. В. Атаманчук. – М. : РАГС, 2003. – 268 с.

Книги с двумя авторами

Ершов, А. Д. Информационное управление в таможенной системе / А. Д. Ершов, П. С. Конопаева. – СПб. : Знание, 2002. – 232 с.

Книги трех авторов

Кибанов, А. Я. Управление персоналом: регламентация труда: учеб. пособие для вузов / А. Я. Кибанов, Г. А. Мамед-Заде, Т. А. Родкина. – М. : Экзамен, 2000. – 575 с.

Книги четырех и более авторов

Управленческая деятельность: структура, функции, навыки персонала / К. Д. Скрипник [и др.]. – М. : Приор, 1999. – 189 с.

Книги, описанные под заглавием

Управление персоналом: учеб. пособие / С. И. Самыгин [и др.]; под ред. С. И. Самыгина. – Ростов-н/Д. : Феникс, 2001. – 511 с.

Словари и энциклопедии

Социальная философия : словарь / под общ. ред. В. Е. Кемерова, Т. Х. Керимова. – М. : Академический Проект, 2003. – 588 с.

Экономическая энциклопедия / Е. И. Александрова [и др.]. – М. : Экономика, 1999. – 1055 с.

Статьи из сборников

Веснин, В. Р. Конфликты в системе управления персоналом / В. Р. Веснин // Практический менеджмент персонала. – М. : Юрист, 1998. – С. 395 – 414.

Проблемы регионального реформирования // Экономические реформы / под ред. А. Е. Когут. – СПб. : Наука, 1993. – С. 79 – 82.

Статьи из газет и журналов

Арсланов, Г. Реформы в Китае: Смена поколений / Г. Арсланов // Азия и Африка сегодня. – 2002. – № 4. – С. 2 – 6.

Козырев, Г. И. Конфликты в организации / Г. И. Козырев // Социально-гуманитарные знания. – 2001. – № 2. – С. 136 – 150.

Список основной литературы.

1. Проектирование РЭС: CAD/CAM/CAE/PDM / В.В. Сускин, В.Ф. Шевченко, В.В. Коваленко, Н.Ю. Кулавина, Е.Н. Соколова. - 2-е изд., испр. - Москва : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. - 436 с. : схем., табл., ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр. в кн
2. Яцук, А. Н. Система автоматизированного проектирования Altium Designer. Практикум Электронный ресурс : Учебное пособие / А. Н. Яцук, Ю. С. Сычёва. - Система автоматизированного проектирования Altium Designer. Практикум, 2024-05-24. - Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2018. - 144 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-985-503-781-2

Список дополнительной литературы.

1. SolidWorks : компьютерное моделирование в инженерной практике / [А. А. Алямовский, Е. В. Одинцов, Н. Б. Пономарев и др.]. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2006. - 800 с. : ил., портр. ; 24. - Библиогр.: с. 793-794. - Указ.: с. 795-799. - ISBN 5-94157-558-0
2. Алямовский, А. А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation / А. А. Алямовский. - 3-е издание. - Москва : ДМК-Пресс, 2013. - 464 с. : табл., рис., схемы, фот. - (Проектирование) (Для Windows XP/Vista). - ISBN 978-5-94074-948-6
3. Дударева, Н. Ю. SolidWorks : оформление проектной документации / Наталья Дударева, Сергей Загайко. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2009. - 368 с. : ил. ; 24. - Библиогр.: с. 353. - Предм. указ.: с. 367-368. - ISBN 978-5-9775-0390-7
4. Соллогуб, А. В. SolidWorks 2007 : технология трехмерного моделирования / Анатолий Соллогуб, Зайтуна Сабирова. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2007. - 333 с. : ил. ; 24. - (Мастер). - Предм. указ.: с. 331-333. - ISBN 5-9775-0013-0
5. Уваров, А. С. PCAD 2002 и SPECCTRA. Разработка печатных плат : практическое пособие / А.С. Уваров. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2008. - 544 с. - (Системы проектирования). - <http://biblioclub.ru/>. - ISBN 5-98003-193-6
6. Уваров, А.С. Программа P-CAD : Электронное моделирование / А.С. Уваров. - Москва : Диалог-МИФИ, 2008. - 188 с. - ISBN 978-5-86404-220-5

СОВРЕМЕННЫЕ САПР ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И
КОНСТРУИРОВАНИЯ РЭА
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

по направлению подготовки

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
профиль
Интеллектуальные программируемые системы и устройства

Составитель: Дюдюн Дмитрий Евгеньевич

Редактор: _____

Подписано в печать _____			
Формат _____	Усл. п. л. – _____	Уч.-изд. л. – _____.	
Бумага _____.	Печать _____.	Заказ _____	Тираж _____ экз.
ГОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет»			
г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1			

Издательство Северо-Кавказского федерального университета
Отпечатано в типографии СКФУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по организации и проведению самостоятельной работы

по дисциплине

«СОВРЕМЕННЫЕ САПР ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЯ РЭА»

для студентов направления подготовки

11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Направленность (профиль)

«Интеллектуальные программируемые системы и устройства»

Ставрополь
2026

УДК
ББК

Дюдюн Д.Е. Современные САПР для проектирования и конструирования РЭА: методические указания для студентов по организации самостоятельной работы. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 202_. – _ с.

Настоящие методические рекомендации предназначены для организации самостоятельной работы по дисциплине «Современные САПР для проектирования и конструирования РЭА» для студентов очной формы обучения направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, профиль Интеллектуальные программируемые системы и устройства. В методических рекомендациях приведён план график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, представлены вопросы для обсуждения, а также задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями и список основной литературы, рекомендуемой для самостоятельной работы. Представленный список дополнительной литературы, позволяющий студентам более глубоко познакомиться с изучаемым предметом.

Методические рекомендации к самостоятельной работе студентов составлены в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, профиль Интеллектуальные программируемые системы и устройства, рабочими учебными планами и программами дисциплины «Современные САПР для проектирования и конструирования РЭА».

УДК
ББК

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «СОВРЕМЕННЫЕ САПР ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЯ РЭА»	5
1.1 Цель и задачи самостоятельной работы студентов	5
1.2 Тематика выполнения СРС, указания по форме контроля	9
2 ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ СРС	11
3 КОНТРОЛЬНЫЕ ТОЧКИ И ВИДЫ ОТЧЕТНОСТИ ПО НИМ.....	11
4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА.....	12
4.1 Работа с литературой	13
4.2 Критерии оценки для проверки уровня обученности в рамках текущего контроля	20
5 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ.....	22
5.1 Цель, задачи и реализуемые компетенции	22
5.2 Тематика расчетно-графической работы по дисциплине	23
5.3 Структура РГР	25
5.4 Общие требования к написанию и оформлению РГР	27
5.5 Последовательность выполнения задания.....	29
5.6 Критерии оценивания РГР.....	29
5.7 Порядок защиты расчетно-графической работы	31
5.8 Список рекомендуемой литературы.....	31
6 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	33
6.1 Основная литература.....	33
6.2. Дополнительная литература:.....	33

Введение

Современные стандарты подготовки специалистов предусматривают значительный объем внеаудиторной работы. Освоение программы курса предполагает получение как теоретических знаний по проблемам использования САПР для конструирования РЭА, так и формирование навыков практической работы. Поэтому самостоятельная работа в рамках курса ориентирована как на теоретический, так и на практический аспект.

Самостоятельная работа студентов – это выполнение теоретических и практических заданий студентами по усвоению изучаемой дисциплины «Современные САПР для проектирования и конструирования РЭА».

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «СОВРЕМЕННЫЕ САПР ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЯ РЭА»

1.1 Цель и задачи самостоятельной работы студентов

Целью самостоятельной работы является закрепление и углубление знаний, полученных студентами на лекциях, подготовке к текущим лабораторным и практическим занятиям, промежуточным формам контроля знаний и к итоговому контролю.

Дидактические цели самостоятельных занятий:

- формирование профессиональных умений;
- формирование умений и навыков самостоятельного умственного труда;
- мотивирование регулярной целенаправленной работы по освоению специальности;
- развитие самостоятельности мышления;
- формирование убежденности, волевых черт характера, способности к самоорганизации;
- овладение технологическим учебным инструментом.

Задача самостоятельной работы студентов – систематическое изучение дисциплин в течение семестра, закрепление и углубление полученных знаний и навыков, подготовка к предстоящим занятиям, а также формирование культуры умственного труда и самостоятельности в поиске и приобретении новых знаний и умений, и, в том числе, формирование компетенций.

Основная тенденция инноваций в области образования определяется как переход от «научения к изучению»

Именно систематическое изучение учебной дисциплины позволяет студенту достигнуть уровня требований федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) к профессиональной подготовленности, которые сформулированы следующим образом: знать, уметь, владеть.

В современной науке существует несколько классификаций самостоятельной работы студентов. Один из вариантов такой классификации представлен в табл. 1.

Таблица 1.

Виды самостоятельной работы студентов

Виды	Содержание
Репродуктивная	Повторение учебного материала, самостоятельный просмотр, прочтение, конспектирование учебной литературы; прослушивание, запоминание, заучивание и пересказ магнитофонных записей лекций, Интернет-ресурсы и др.
Познавательно-поисковая	Написание курсовых, контрольных работ и рефератов. Разработка сообщений, эссе, докладов, докладов с презентациями. Подготовка выступлений на практических и семинарских занятиях, проработка литературы по дисциплинарным проблемам, и др.
Творческая	Подготовка дипломной работы (дипломного проекта), научных статей, рефератов, участие в научно-исследовательской работе, в студенческих и научно-практических конференциях.

Студенты в ходе выполнения самостоятельной работы должны руководствоваться ориентировочной основой деятельности на каждом этапе:

- 1 этап – определить цели самостоятельной работы;
- 2 этап – конкретизировать познавательные (практические или проблемные) задачи;
- 3 этап – оценить собственную готовность к самостоятельной работе по решению познавательных задач;
- 4 этап – выбрать оптимальный способ действий (технологии, методы и средства), ведущий к достижению поставленной цели через решение конкретных задач;
- 5 этап – спланировать (самостоятельно или с помощью преподавателя) программу самостоятельной работы;
- 6 этап – реализовать программу самостоятельной работы.

Планирование и контроль преподавателем самостоятельной работы студентов необходим для успешного ее выполнения. Преподаватель заранее планирует систему самостоятельной работы, учитывает все ее цели, формы, отбирает учебную

и научную информацию и методические средства коммуникаций, продумывает свое участие и роль студента в этом процессе.

Вопросы для самостоятельной работы студентов, указанные в рабочей программе дисциплины, предлагаются преподавателями в начале изучения дисциплины. Студенты имеют право выбирать дополнительно интересующие их темы для самостоятельной работы.

Содержание деятельности преподавателя и студента при выполнении самостоятельной работы представлено в табл. 2.

Таблица 2.

Содержание деятельности при выполнении самостоятельной работы

Основные характеристики	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
Цель выполнения СР	• объяснить смысл и цель самостоятельной работы; • дать подробный инструктаж о требованиях, предъявляемых к самостоятельной работе и методах ее выполнения; • продемонстрировать образец самостоятельной работы	• понять и принять цель самостоятельной работы как лично значимую; • познакомиться с требованиями и образцами самостоятельной работы
Мотивация	• раскрыть теоретическую и практическую значимость выполнения самостоятельной работы, • сформировать познавательную потребность студента и готовность к выполнению самостоятельной работы; • мотивировать студента на достижение цели	• сформировать у себя познавательную потребность в выполнении самостоятельной работы; • сформировать целевую установку и принять решение о выполнении самостоятельной работы
Управление	• осуществлять управление через воздействие на каждом этапе процесса выполнения самостоятельной работы; • дать оптимальные технологии выполнения самостоятельной работы	самому осуществлять управление самостоятельной работой (проектировать, планировать, рационально распределять время и т.д.) на основе предложенных технологий

Основные характеристики	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
Контроль и коррекция выполнения	• осуществлять входной контроль, предполагающий выявление начального уровня готовности студента к выполнению самостоятельной работы; • намечать дальнейшие пути выполнения самостоятельной работы; • осуществлять итоговый контроль конечного результата выполнения самостоятельной работы	• осуществлять текущий и итоговый операционный самоконтроль за ходом выполнения самостоятельной работы; • самоанализ и исправление допущенных ошибок и внесение корректив в работу; • ведение поиска оптимальных способов выполнения самостоятельной работы; • осуществлять рефлексию к собственной деятельности
Оценка	• давать оценку самостоятельной работе на основе сличения результата с образцом; • давать методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы выявлять затруднения и типичные ошибки; подчеркивать положительные и отрицательные стороны; • устанавливать уровень и определять уровень продвижения студента и тем самым сформировать у него мотивацию достижения успеха в учебной деятельности	дать оценку собственной работе, своим познавательным возможностям и способностям сопоставляя достигнутый результат с целью самостоятельной работы

Самостоятельная работа включает те разделы курса, которые не получили достаточного освещения на лекциях по причине ограниченности лекционного времени и большого объема изучаемого материала.

Методическое обеспечение самостоятельной работы состоит из:

- 1) Определения учебных вопросов, которые студенты должны изучить самостоятельно;
- 2) Подбора необходимой учебной литературы, обязательной для проработки и изучения;
- 3) Поиска дополнительной научной литературы, к которой студенты могут обращаться по желанию, если у них возникает интерес в данной теме;
- 4) Определения контрольных вопросов, позволяющих студентам самостоятельно проверить качество полученных знаний;

5) Организации консультаций преподавателя со студентами для разъяснения вопросов, вызвавших у обучающихся затруднения при самостоятельном освоении учебного материала.

1.2 Тематика выполнения СРС, указания по форме контроля

Тематика СРС соответствует рабочей программе дисциплины «Современные САПР для проектирования и конструирования РЭА» по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», профиль «Интеллектуальные программируемые системы и устройства». Темы разделов дисциплины и виды самостоятельной работы приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Темы разделов дисциплины и виды самостоятельной работы

№	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание; вид самостоятельной работы	Форма контроля	Зачетные единицы (часы)
5 семестр			
	Подготовка к лекционным занятиям	Выборочный опрос	0,10 (2,7)
	Подготовка к лабораторным занятиям	Выборочный опрос	0,2 (5,4)
	Самостоятельное изучение тем дисциплины		0,133 (3,600)
	Самостоятельное изучение темы «Введение в автоматизированное проектирование»	Выборочный опрос	0,015 (0,400)
	Самостоятельное изучение темы «Использование Altium Designer для проектирования радиоэлектронной аппаратуры»	Выборочный опрос	0,074 (2,000)
	Самостоятельное изучение темы «Использование САПР 3D моделирования в конструировании РЭА»	Выборочный опрос	0,044 (1,200)
	Самостоятельное дополнительное изучение отдельных тем дисциплины		0,444 (6,300)
	Самостоятельное дополнительное изучение темы «Алгоритмизация задач конструкторского проектирования.»	Выборочный опрос	0,013 (0,351)
	Самостоятельное дополнительное изучение темы «Алгоритмы размещения конструктивных модулей».	Выборочный опрос	0,013 (0,351)
	Самостоятельное дополнительное изучение темы «Алгоритмы и модели трассировки соединений в РЭА. Алгоритмы Краскала и Прима».	Выборочный опрос	0,013 (0,351)

№	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание; вид самостоятельной работы	Форма контроля	Зачетные единицы (часы)
	Самостоятельное дополнительное изучение темы «САПР PCAD».	Выборочный опрос	0,039 (1,050)
	Самостоятельное дополнительное изучение темы «Алгоритмы и модели трассировки печатных соединений в РЭА. Волновые и эвристические алгоритмы».	Выборочный опрос	0,013 (0,351)
	Самостоятельное дополнительное изучение темы «Использование SPECCTRA для трассировки печатных соединений. Атрибуты трассировки».	Выборочный опрос	0,013 (0,351)
	Самостоятельное дополнительное изучение темы «Документирование проекта PCAD с помощью Document Toolbox».	Выборочный опрос	0,013 (0,351)
	Самостоятельное дополнительное изучение темы «Функции схемотехнического Spice и XSpice моделирования в Altium Designer».	Выборочный опрос	0,013 (0,351)
	Самостоятельное дополнительное изучение темы «Моделирование паразитных эффектов в печатном монтаже средствами Altium Designer. Анализ целостности сигнала(Signal Integrity)».	Выборочный опрос	0,013 (0,351)
	Самостоятельное дополнительное изучение темы «Взаимодействие Altium Designer и SolidWorks. Особенности передачи проекта Altium Designer в SolidWorks.».	Выборочный опрос	0,013 (0,351)
	Самостоятельное дополнительное изучение темы «Проектирование РЭА с использованием ПЛИС в Altium Designer».	Выборочный опрос	0,039 (1,050)
	Самостоятельное дополнительное изучение темы «Прочностное моделирование в SolidWorks».	Выборочный опрос	0,013 (0,351)
	Самостоятельное дополнительное изучение темы «Моделирование тепловых режимов РЭА в SolidWorks».	Выборочный опрос	0,023 (0,698)
	Выполнение расчетно-графической работы на тему «Конструирование радиоэлектронной аппаратуры»	Защита РГР	0,500 (13,5)
	Итого за 5 семестр		1,167 (31,500)
	Подготовка к экзамену	Опрос в рамках экзамена	1,333 (36,00)
	Итого		2,500 (67,500)

2 ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ СРС

Подготовка к лекциям и практическим занятиям осуществляется непосредственно перед каждым занятием. План-график выполнения самостоятельной работы приведен в таблице 4.

Таблица 4 - План-график выполнения самостоятельной работы

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Объем часов
5 семестр				
ПК-3 (ИД-1 _{ПК-3} ; ИД-2 _{ПК-3} ; ИД-3 _{ПК-3}) ПК-4 (ИД-1 _{ПК-4} ; ИД-2 _{ПК-4} ; ИД-3 _{ПК-4})	Подготовка к лекционным занятиям	конспект	Собеседование	2,7
ПК-3 (ИД-1 _{ПК-3} ; ИД-2 _{ПК-3} ; ИД-3 _{ПК-3}) ПК-4 (ИД-1 _{ПК-4} ; ИД-2 _{ПК-4} ; ИД-3 _{ПК-4})	Подготовка к лабораторным занятиям	отчет	Собеседование	5,4
ПК-3 (ИД-1 _{ПК-3} ; ИД-2 _{ПК-3} ; ИД-3 _{ПК-3}) ПК-4 (ИД-1 _{ПК-4} ; ИД-2 _{ПК-4} ; ИД-3 _{ПК-4})	Самостоятельное изучение источников и литературы по разделам №№1-3	конспект	Собеседование	3,6
ПК-3 (ИД-1 _{ПК-3} ; ИД-2 _{ПК-3} ; ИД-3 _{ПК-3}) ПК-4 (ИД-1 _{ПК-4} ; ИД-2 _{ПК-4} ; ИД-3 _{ПК-4})	Самостоятельное изучение источников и литературы по дополнительным разделам	конспект	Собеседование	6,3
ПК-3 (ИД-1 _{ПК-3} ; ИД-2 _{ПК-3} ; ИД-3 _{ПК-3}) ПК-4 (ИД-1 _{ПК-4} ; ИД-2 _{ПК-4} ; ИД-3 _{ПК-4})	Выполнение РГР	Расчет-графическая работа	Собеседование в рамках защиты РГР	13,5
Итого за 5 семестр				31,5
ПК-3 (ИД-1 _{ПК-3} ; ИД-2 _{ПК-3} ; ИД-3 _{ПК-3}) ПК-4 (ИД-1 _{ПК-4} ; ИД-2 _{ПК-4} ; ИД-3 _{ПК-4})	Подготовка к экзамену	конспект	Экзамен	36,0
Всего				67,5

3 КОНТРОЛЬНЫЕ ТОЧКИ И ВИДЫ ОТЧЕТНОСТИ ПО НИМ

Контроль знаний студентов включает формы текущего и итогового контроля.

Текущий контроль осуществляется в процессе изучения курса и включает в себя оценку работы студентов на практических занятиях. Рейтинговая оценка знаний студентов в рамках текущего контроля приведена в таблице 5.

Таблица 5 – Рейтинговая оценка знаний студентов.

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения, неделя	Количество баллов
5 семестр			
1.	Зачетное занятие по лаб. работам № 1–4. Собеседование по результатам самостоятельного изучения литературы Собеседование по результатам дополнительного самостоятельного изучения отдельных тем дисциплины	4	11
2.	Зачетное занятие по лаб. работам № 5–6 Собеседование по результатам самостоятельного изучения литературы	8	11
3.	Зачетное занятие по лаб. работам № 7–9. Собеседование по результатам самостоятельного изучения литературы Собеседование по результатам дополнительного самостоятельного изучения отдельных тем дисциплины	12	11
4.	Зачетное занятие по лаб. работам № 10–13. Собеседование по результатам самостоятельного изучения литературы Собеседование по результатам дополнительного самостоятельного изучения отдельных тем дисциплины	16	11
5.	Зачетное занятие по расчетно-графической работе.	18	11
	Итого за 5 семестр		55

4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Опрос по темам, изученным самостоятельно, может проходить в интерактивной форме в виде дискуссий или презентаций.

Выполнение заданий ведется в тетрадях для СРС или в электронном виде. Второй вид может быть использован для конспектирования.

Подготовка к практическим занятиям представляет собой внеаудиторную самостоятельную работу студентов и заключается в чтении:

- конспекта соответствующей лекции (если она читалась по данной теме);
- соответствующего раздела учебника и первоисточников (основная и дополнительная литература, интернет-ресурсы).

4.1 Работа с литературой

Важной составляющей самостоятельной внеаудиторной подготовки является работа с литературой ко всем видам занятий: семинарским, практическим, при подготовке к зачетам, экзаменам, тестированию, участию в научных конференциях.

Умение работать с литературой означает научиться осмысленно пользоваться источниками. Прежде чем приступить к освоению научной литературы, рекомендуется чтение учебников и учебных пособий.

Существует несколько методов работы с литературой.

Один из них – самый известный – метод повторения: прочитанный текст можно заучить наизусть. Простое повторение воздействует на память механически и поверхностно. Полученные таким путем сведения легко забываются.

Наиболее эффективный метод – метод кодирования: прочитанный текст нужно подвергнуть большей, чем простое заучивание, обработке. Чтобы основательно обработать информацию и закодировать ее для хранения, важно произвести целый ряд мыслительных операций: прокомментировать новые данные; оценить их значение; поставить вопросы; сопоставить полученные сведения с ранее известными.

Для улучшения обработки информации очень важно устанавливать осмысленные связи, структурировать новые сведения.

Изучение научной, учебной и иной литературы требует ведения рабочих записей.

Форма записей может быть весьма разнообразной: простой или развернутый план, тезисы, цитаты, конспект.

План – первооснова, каркас какой-либо письменной работы, определяющие последовательность изложения материала.

План является наиболее краткой и потому самой доступной и распространенной формой записей содержания исходного источника информации. По существу, это перечень основных вопросов, рассматриваемых в источнике. План может быть простым и развернутым. Их отличие состоит в степени детализации содержания и, соответственно, в объеме.

Преимущество плана состоит в следующем.

Во-первых, план позволяет наилучшим образом уяснить логику мысли автора, упрощает понимание главных моментов произведения.

Во-вторых, план позволяет быстро и глубоко проникнуть в сущность построения произведения и, следовательно, гораздо легче ориентироваться в его содержании.

В-третьих, план позволяет – при последующем возвращении к нему – быстрее обычного вспомнить прочитанное.

В-четвертых, с помощью плана гораздо удобнее отыскивать в источнике нужные места, факты, цитаты и т. д.

Выписки – небольшие фрагменты текста (неполные и полные предложения, отдельные абзацы, а также дословные и близкие к дословным записи об излагаемых в нем фактах), содержащие в себе квинтэссенцию содержания прочитанного.

Выписки представляют собой более сложную форму записей содержания исходного источника информации. По сути, выписки – не что иное, как цитаты, заимствованные из текста. Выписки позволяют в концентрированной форме и с максимальной точностью воспроизвести в произвольном (чаще последовательном) порядке наиболее важные мысли автора, статистические и даталогические сведения. В отдельных случаях — когда это оправданно с точки зрения продолжения работы над текстом – вполне допустимо заменять цитирование изложением, близким к дословному.

Тезисы – сжатое изложение содержания изученного материала в утвердительной (реже опровергающей) форме.

Отличие тезисов от обычных выписок состоит в следующем. *Во-первых*, тезисам присуща значительно более высокая степень концентрации материала. *Во-вторых*, в тезисах отмечается преобладание выводов над общими рассуждениями. *В-третьих*, чаще всего тезисы записываются близко к оригинальному тексту, т. е. без использования прямого цитирования.

Исходя из сказанного, нетрудно выявить основное преимущество тезисов: они незаменимы для подготовки глубокой и всесторонней аргументации письменной работы любой сложности, а также для подготовки выступлений на защите, докладов и пр.

Аннотация – краткое изложение основного содержания исходного источника информации, дающее о нем обобщенное представление. К написанию аннотаций прибегают в тех случаях, когда подлинная ценность и пригодность исходного источника информации исполнителю письменной работы окончательно неясна, но в то же время о нем необходимо оставить краткую запись с обобщающей характеристикой. Для указанной цели и используется аннотация.

Характерной особенностью аннотации наряду с краткостью и обобщенностью ее содержания является и то, что пишется аннотация всегда после того, как (хотя бы в предварительном порядке) завершено ознакомление с содержанием исходного источника информации. Кроме того, пишется аннотация почти исключительно своими словами и лишь в крайне редких случаях содержит в себе небольшие выдержки оригинального текста.

Резюме – краткая оценка изученного содержания исходного источника информации, полученная, прежде всего, на основе содержащихся в нем выводов. Резюме весьма сходно по своей сути с аннотацией. Однако, в отличие от последней, текст резюме концентрирует в себе данные не из основного содержания исходного источника информации, а из его заключительной части, прежде всего выводов. Но, как и в случае с аннотацией, резюме излагается своими словами – выдержки из оригинального текста в нем практически не встречаются.

Конспект – сложная запись содержания исходного текста, включающая в себя заимствования (цитаты) наиболее примечательных мест в сочетании с планом источника, а также сжатый анализ записанного материала и выводы по нему.

Для работы над конспектом следует:

- определить структуру конспектируемого материала, чему в значительной мере способствует письменное ведение плана по ходу изучения оригинального текста;
- в соответствии со структурой конспекта произвести отбор и последующую запись наиболее существенного содержания оригинального текста — в форме цитат или в изложении, близком к оригиналу;
- выполнить анализ записей и на его основе — дополнение записей собственными замечаниями, соображениями, "фактурой", заимствованной из других источников и т. п. (располагать все это следует на полях тетради для записей или на отдельных листах-вкладках);
- завершить формулирование и запись выводов по каждой из частей оригинального текста, а также общих выводов.

Систематизация изученных источников позволяет повысить эффективность их анализа и обобщения. Итогом этой работы должна стать логически выстроенная система сведений по существу исследуемого вопроса.

Необходимо из всего материала выделить существующие точки зрения на проблему, проанализировать их, сравнить, дать им оценку.

Обзор — краткое точное изложение сущности какого-либо вопроса, темы на основе одной или нескольких книг, монографий или других первоисточников. Обзор должен содержать основные фактические сведения и выводы по рассматриваемому вопросу.

Обзор выполняет следующие функции:

- информативная;
- поисковая;
- справочная;
- сигнальная;
- индикативная;
- коммуникативная.

Степень выполнения этих функций зависит от содержательных и формальных качеств обзора, а также от того, кто и для каких целей их использует. Язык

обзора должен отличаться ясностью, точностью, краткостью и простотой. Содержание следует излагать объективно от имени автора.

При оценке обзора учитывается не только качество реферирования прочитанной литературы, но и аргументированное изложение собственных мыслей студента по рассматриваемому вопросу. Результат работы студента оценивается преподавателем по бальной системе. Также допускается оценивать работы, удовлетворяющие или не удовлетворяющие предъявляемым требованиям, «зачтено» или «не зачтено» соответственно.

Письменный обзор должен содержать следующие структурные элементы: титульный лист, заполненный по единой форме; оглавление с указанием всех разделов обзора и номерами страниц; введение объемом не более 1,5-2 печатные страницы; основная часть, которая содержит одну или несколько глав, состоящих из 2-3 параграфов (пунктов, разделов); заключение, которое содержит главные выводы основной части, и в котором отмечается выполнение задач и достижение цели, сформулированных во введении; приложения, включающие график и таблицы (если таковые имеются); библиографическое описание использованных источников оформленных по ГОСТ 7.82–2001, ГОСТ 7.1-2003. В тексте обзора обязательны ссылки на первоисточники.

Печатный вариант работы выполняется на белой бумаге формата А4 (210x297 мм). Текст работы излагается на одной стороне листа. Все линии, цифры, буквы и знаки работы должны быть черного цвета.

Текст обзора, рисунки, формулы, таблицы, а также номера страниц не должны выходить за пределы двухсантиметровой рамки листа А4. Номера страниц должны быть проставлены внизу по центру. При использовании текстового редактора Word, для выполнения этих условий необходимы следующие настройки:

- размер бумаги А4;
- поля слева, сверху, справа по 2 см, нижнее поле 2,5 см, расстояние от нижнего края страницы до нижнего колонтитула 2 см;
- номер страницы – внизу по центру.

Основной текст обзора быть должен быть набран шрифтом Times New Roman, размер 14 пт, начертание обычное, через полуторный интервал,

выравнивание по ширине страницы. Для оформления таблиц и подписей к рисункам допускается Times New Roman, размер 12 пт.

Название каждой главы начинается с новой страницы, объем главы не может быть меньше 5 страниц. Заголовки и подзаголовки должны быть выделены и отличаться от основного текста (шрифтом, жирностью, курсивом и пр.). Подзаголовки следует отделять от основного текста сверху двумя строками, снизу – одной. В тексте должны отсутствовать сокращения, кроме общепринятых ГОСТ 7.88–2003, общепринятые или необходимые сокращения при первоначальном употреблении должны быть расшифрованы. Каждый рисунок, график или таблица в письменном обзоре должны быть пронумерованы и иметь заголовок или подпись. При наличии в обзоре ссылок на использованные научные или нормативные источники, ссылки должны быть оформлены в соответствии с установленной формой по ГОСТ 7.32–2001.

Письменный обзор должен быть переплетен в обложку или помещен в папку–скоросшиватель (картонную или пластиковую).

Письменный обзор должен быть предоставлен в установленный преподавателем срок. В случае несвоевременного представления работы, Письменный обзор не проверяется преподавателем и не зачитывается как выполненный.

В процессе работы над обзором можно выделить 4 этапа:

- вводный – выбор темы, работа над планом и введением;
- основной – работа над содержанием и заключением обзора;
- заключительный – оформление обзора;
- защита обзора (на практическом занятии, экзамене, студенческой конференции и т.д.)

Работа над обзором начинается с выбора темы исследования. Заинтересованность автора в проблеме определяет качество проводимого исследования и соответственно успешность его защиты. Выбирая круг вопросов своей работы, не стоит спешить воспользоваться списком тем, предложенным преподавателем. Надо попытаться сформулировать проблему своего исследования самостоятельно. При

определении темы обзора нужно учитывать и его информационную обеспеченность. С этой целью, во-первых, можно обратиться к библиотечным каталогам, а во-вторых, проконсультироваться с преподавателем и библиотекарем.

Выбрав тему обзора и изучив литературу, необходимо сформулировать цель работы и составить план обзора. Возможно, формулировка цели в ходе работы будет меняться, но изначально следует ее обозначить, чтобы ориентироваться на нее в ходе исследования. Определяясь с целью дальнейшей работы, параллельно надо думать над составлением плана: необходимо четко соотносить цель и план работы.

План – это точный и краткий перечень положений в том порядке, как они будут расположены в обзоре, этапы раскрытия темы. Существует два основных типа плана: простой и сложный (развернутый). В простом плане содержание обзора делится на параграфы, а в сложном на главы и параграфы. При работе над планом обзора необходимо помнить, что формулировка пунктов плана не должна повторять формулировку темы.

При работе над введением необходимо опираться на навыки, приобретенные при написании изложений и сочинений. В объеме обзора введение, как правило, составляет 1-2 машинописные страницы. Введение обычно содержит вступление, обоснование актуальности выбранной темы, формулировку цели и задач обзора, краткий обзор литературы и источников по проблеме, историю вопроса и вывод. Содержание обзора должно соответствовать теме, полно ее раскрывать. Все рассуждения нужно аргументировать. Обзор показывает объективное отношение автора к излагаемому материалу. Следует стремиться к тому, чтобы изложение было ясным, простым и точным.

Заключение – самостоятельная часть обзора. Оно не должно быть переложением содержания работы. Заключение должно содержать основные выводы в сжатой форме, а также оценку полноты и глубины решения тех вопросов, которые вставали в процессе изучения темы.

Объем заключения не должен превышать 2 печатных страниц.

Типичными ошибками, допускаемыми студентами при подготовке обзора, являются:

- недостаточное обоснование актуальности, практической и теоретической значимости полученных результатов, поверхностный анализ используемого материала;
- неглубокие критические оценки и рекомендации по решению исследуемой проблемы;
- поверхностные выводы и предложения;
- нарушение требований к оформлению письменного обзора;
- использование информации без ссылок на источник.

4.2 Критерии оценки для проверки уровня обученности в рамках текущего контроля

Оценка «отлично» выставляется студенту, если студент показал глубокое, прочное и аргументированное освоение программного учебного материала, при этом поставленный вопрос раскрыт последовательно, четко и логически стройно, в полном исчерпывающем объеме, основные категории, понятия и термины учебного курса формулировались правильно, не допущено при ответе ошибок

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент показал твердое знание программного учебного материала, при этом поставленный вопрос раскрыт грамотно и по существу, в достаточно полном объеме, основные категории, понятия и термины учебного курса формулировались правильно, допущены при ответе отдельные неточности или одна ошибка

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент показал знание только основной части учебного материала без его частных деталей, при этом поставленный вопрос раскрыт с нарушением логической последовательности, не в полном объеме; были допущены неточные формулировки основных категорий, понятий и терминов учебного курса, а также ошибки (не более двух) или ряд незначительных неточностей, не исказивших существенно суть ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки

(более двух), существенно искажившие его суть. Оценка неудовлетворительно выставляется также, если отсутствует ответ на вопрос, либо студент отказался его сдавать.

По результатам опроса в рамках текущего контроля выставляется рейтинговый балл по каждому рейтинговому мероприятию. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом (Таблица 6):

Таблица 6 - Расчет рейтинговых баллов по результатам текущего контроля

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

Конкретное значение рейтингового балла определяется распределением рейтинговых баллов по контрольным мероприятиям.

5 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Расчетно-графическая работа по дисциплине «Современные САПР для проектирования и конструирования РЭА» выполняется студентами направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, профиль Интеллектуальные программируемые системы и устройства, в рамках изучения соответствующей дисциплины и является квалификационной работой студентов. Тематика расчетно-графической работы подобрана таким образом, чтобы применить уже известные приемы конструирования и моделирования радиоэлектронной аппаратуры, разработки конструкции и проведения анализа получившегося прибора по варианту задания.

Работа над расчетно-графической работой способствует систематизации, углублению знаний, полученных при изучении дисциплины «Современные САПР для проектирования и конструирования РЭА», повышению уровня профессиональной (теоретической и практической) подготовки студентов. Разработка конструкции конкретного прибора и ее анализ в рамках расчетно-графической работы способствует более глубокому проникновению в суть изучаемой проблемы, формирует навыки исследовательской деятельности студентов, развивает интерес и навыки самостоятельной работы с научной и справочной литературой.

5.1 Цель, задачи и реализуемые компетенции

Выполнение расчетно-графической работы имеет целью расширение знаний студентов, обучение методам теоретического анализа явлений и закономерностей науки, отработку навыков самостоятельного применения теоретических знаний к комплексному решению профессиональных задач, использования справочной литературы, методов математической обработки экспериментальных данных, компьютерных технологий.

В процессе выполнения расчетно-графической работы студентом должны решаться следующие задачи:

- приобретение новых теоретических знаний и практических навыков в соответствии с темой работы и заданием руководителя;
- умение систематизировать, обобщать и логично излагать концепции, альтернативные точки зрения по исследуемой проблеме;
- развитие учебно-исследовательских и методических навыков, необходимых для системного анализа изучаемой проблемы;
- совершенствование профессиональной подготовки.

Место дисциплины в структуре ООП, компетенции, формируемые в результате изучения дисциплины, установленные ФГОС ВПО и отраженные в программе дисциплины, представлены в таблице.

Направление подготовки	11.03.04
Место дисциплины в структуре ООП	Дисциплина «Современные САПР для проектирования и конструирования РЭА» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 Дисциплины (модули). Изучается в 5 семестре
Формируемые компетенции	ПК-3 (ИД-1 _{ПК-3} ; ИД-2 _{ПК-3} ; ИД-3 _{ПК-3}) ПК-4 (ИД-1 _{ПК-4} ; ИД-2 _{ПК-4} ; ИД-3 _{ПК-4})

5.2 Тематика расчетно-графической работы по дисциплине

Расчетно-графическая работа выполняется по теме: «Использование САПР электроники и твердотельного моделирования для конструирования РЭА».

Расчетно-графическая работа предусматривает углубленное изучение вопросов проектирования и моделирования элементов и узлов конструкций радиоэлектронной аппаратуры.

Каждый студент получает для разработки принципиальную схему реального радиоэлектронного устройства. В рамках выполнения расчетно-графической работы должна быть создана принципиальная схема в системе AltiumDesigner (электронная схема выбирается в соответствии с вариантом задания), выполнена автоматическая трассировка соответствующей печатной платы, разработан корпус прибора.

Разработка печатной платы должна быть выполнена в системе AltiumDesigner, либо в ПО, аналогичном по техническим характеристикам. Отчет по первой части расчетно-графической работы должен включать краткое описание основных принципов разработки печатных плат в системе AltiumDesigner, выбор метода производства, описание ограничений, накладываемых на печатную плату и их обоснование (количество слоев разводки, ширина дорожки, расстояние между дорожками, диаметры контактных площадок, шаг сетки и т.д.) – не более 15 страниц.

Разработка корпуса должна быть выполнена в системе SolidWorks 10.0 или более новой. В рамках разработки корпуса разрабатывается его конструкция, выбирается материал, проводится анализ прочностных характеристик разработанной конструкции (или тепловых режимов работы печатной платы устройства). При создании сборочного чертежа создается трехмерная модель разработанной печатной платы.

Отчет по второй части расчетно-графической работы должен содержать выбранные параметры и размеры корпуса, а также обоснование выбора, протоколы проведения моделирования (допускается в виде экранных копий) – не более 15 страниц.

На чертежах должны быть размещены:

1. Сторона пайки, сторона монтажа (для односторонней печатной платы отсутствует), схема расположения элементов, таблица отверстий и контактных площадок, необходимые технические пояснения и перечень элементов (перечень элементов может быть оформлен на отдельном листе формата А4 и входить в расчетно-графическую работу в качестве приложения).

2. Чертеж корпуса устройства в трех проекциях с указанием размеров, а также сборочный чертеж устройства в аксонометрической проекции.

3. Полученные изображения напряжений и деформаций корпуса (или, в случае исследования тепловых режимов работы печатной платы устройства, тепловая карта печатной платы и устройства в целом).

Расчетно-графическая работа должна содержать выводы по работе.

Расчетно-графическая работа оформляется в виде пояснительной записки и приложений общим объемом от 20 до 35 листов формата А4. Чертежи, схемы электрические принципиальные и рисунки выполняются с соблюдением требований соответствующих государственных стандартов, ЕСПД, ЕСКД, ЕСТД.

5.3 Структура РГР

Содержание расчетно-графической работы должно иметь четкую структуру. Расчетно-графическая работа состоит из пояснительной записки, графического материала и программной части.

Пояснительная записка состоит из следующих структурных элементов:

1. Титульный лист.
2. Задание на расчетно-графическая работа.
3. Содержание.
4. Основной раздел, включающий:
 - введение;
 - теоретическая часть;
 - практическая часть;
 - заключение.
5. Список использованной литературы.
6. Приложение.

Титульный лист оформляется в соответствии с требованиями к оформлению расчетно-графической работы.

Задание является следующей страницей расчетно-графической работы и включает сведения об авторе, тему расчетно-графической работы, перечень основных вопросов, подлежащих рассмотрению, исходные данные к практической части работы, список необходимой литературы, дату выдачи задания и срок сдачи студентом законченной работы.

Содержание отражает в строгой последовательности расположение всех составных частей работы. По каждому из разделов отмечаются номера страниц, соответствующие началу конкретного элемента расчетно-графической работы.

Основной раздел представляет собой перечень вопросов, раскрывающих тему расчетно-графической работы.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы исследования; отражаются объект, предмет задачи, цели, методы, новизна, теоретическая и практическая значимость разработки.

В теоретической части рассматриваются теоретические аспекты, связанные со всеми этапами конструирования радиоэлектронной аппаратуры, начиная с разработки принципиальной схемы и заканчивая моделированием разработанной конструкции прибора. Представленный материал должен быть логически связан с целью разработки.

В практической части рассматриваются вопросы создания УГО и посадочных мест компонентов схемы, создание на их основе библиотеки компонентов, построения принципиальной схемы, ее упаковки, размещения компонентов, выбора параметров печатной платы и метода ее производства, выбора параметров проводящего рисунка полученной печатной платы и его разработки, передачи печатной платы в САПР SolidWorks, создания моделей компонентов печатной платы и платы в целом, разработки корпуса устройства, методики прочностного (теплового) моделирования полученного устройства. Исходные данные и принципиальная схема указываются в задании к расчетно-графической работе.

Заключение содержит выводы по результатам конструирования и моделирования.

Список использованной литературы включает список литературы, методических указаний и других материалов, использованных при выполнении расчетно-графической работы.

Приложение приводится по необходимости. В приложение следует включать вспомогательный материал, необходимый, по мнению автора, для лучшего пони-

мания методов решения проблемы, который, однако, загромождает текст основного раздела. Например, требования ГОСТ, используемые в теоретической и практической части расчетно-графической работы и т. п.

Графический материал должен содержать необходимую информацию для защиты расчетно-графической работы: чертежи принципиальной схемы, печатной платы, корпуса и результаты моделирования полученного устройства..

Расчетно-графическая работа выполняется в единой стилевой манере научным языком, в ней не должны допускаться грамматические, пунктуационные, стилистические ошибки и опечатки.

5.4 Общие требования к написанию и оформлению РГР

Расчетно-графическая работа оформляется на стандартной белой бумаге формата А4 (210×297 мм), текст размещается на одной стороне каждого листа. Объём пояснительной записки должен быть равен, примерно, 10-15 страницам (1 – 1,25 печатных листа).

Пояснительная записка к расчетно-графической работе обязательно должна быть сброшюрована, допускается использование специальной папки.

Текст должен иметь следующие параметры:

- поля: нижнее и верхнее до нумерации стр. – 20 мм, левое – 30 мм, правое – 10 мм;
- межстрочное расстояние – полуторное (т. е. на одной странице должно быть не более 29 строк и 60 ± 2 знака в одной строке, учитывая пробелы);
- переплет 0 см;
- ориентация – книжная;
- шрифт – Times New Roman;
- размер шрифта – 14 пунктов;
- красная строка – 1,25 см;
- текст и другие отпечатанные элементы должны быть чёрными, контуры букв и знаков – чёткими, без ореола и затенения;
- название глав и параграфов выделяются полужирным шрифтом;

- формулы выравниваются по центру, их нумерация по правому краю в круглых скобках;
- рисунки нумеруются снизу (Рисунок 1 – Название), таблицы – сверху (таблица 1 – Название);
- страницы нумеруются в правом нижнем углу листа; начинается нумерация со страницы «Введение», на которой ставится цифра «3»; далее нумеруются все страницы, включая приложение.

Между названием главы и названием параграфа этой главы ставится пробел равный двум интервалам, а название параграфа не должно отделяться от текста этого параграфа пробелом. Названия параграфов отделяются от текста предыдущего параграфа пробелом, равным двум интервалам. Каждая глава, а также введение, выводы, приложения и список использованной литературы начинаются с новой страницы. Слово «Глава» не пишется. Главы имеют порядковые номера в пределах всей работы, обозначаемые арабскими цифрами (например : 1, 2, 3), после которых ставится точка. Слово «параграф» или значок параграфа в названии не ставятся. Параграфы имеют порядковые номера в пределах глав, обозначаемые арабскими цифрами (например: 1.1 и 1.2). Заголовки глав и параграфов в тексте работы должны располагаться по центру, точку в конце названия главы и параграфа не ставят. Не допускается переносить часть слов в заголовке.

Графический материал выполняется на листах формата А1.

При оформлении расчетно-графической работы необходимо соблюдать требования действующих ГОСТов и ЕСКД.

Список использованной литературы должен быть выполнен в соответствии с ГОСТ 7.32.2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления» и правилами библиографического описания документов ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание».

Рекомендуется представлять единый список литературы к расчетно-графической работе в целом. Список обязательно должен быть пронумерован. Каждый источник упоминается в списке один раз, вне зависимости от того, как часто на него делается ссылка в тексте работы.

Литература на иностранных языках ставится в конце списка после литературы на русском языке, образуя дополнительный алфавитный ряд.

Для каждого документа предусмотрены следующие элементы библиографической характеристики: фамилия автора, инициалы; название; подзаголовочные сведения (учебник, учебное пособие, словарь и т. д.); выходные сведения (место издания, издательство, год издания); количественная характеристика (общее количество страниц в книге) или конкретные страницы из журналов.

5.5 Последовательность выполнения задания

Выполнение расчетно-графической работы предусматривает следующие этапы:

1. Получение задания по расчетно-графической работе.
2. Анализ учебной и справочной литературы по теме расчетно-графической работы, обобщение имеющихся результатов.
3. Решение поставленной задачи с помощью средств вычислительной техники.
4. Обобщение полученных результатов, оформление расчетно-графической работы.
5. Согласование с преподавателем чернового варианта расчетно-графической работы.
6. Оформление графической части работы.
7. Защита расчетно-графической работы.

5.6 Критерии оценивания РГР

Критериями оценки расчетно-графической работы являются:

- качество содержания работы (достижение сформулированной цели и решение задач разработки, полнота раскрытия темы, системность подхода, отражение знаний литературы и различных точек зрения по теме, аргументированное обоснование выводов и предложений);
- соблюдение графика выполнения расчетно-графической работы;
- соответствие содержания полученной теме;

- соответствие содержания глав и параграфов их названию;
- логика, грамотность и стиль изложения;
- внешний вид работы и его оформление, аккуратность;
- соблюдение заданного объема работы;
- наличие хорошо структурированного плана, раскрывающего содержание

темы расчетно-графической работы;

- качество оформления рисунков, схем, таблиц;
- правильность оформления списка использованной литературы;
- достаточность и новизна изученной литературы;

Расчетно-графическая работа, не отвечающий данным критериям, не допускается до защиты.

Оценка **«отлично»** выставляется при выполнении расчетно-графической работы в полном объеме; работа отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, оформлен с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач, сформулированных в задании; на все вопросы дает правильные и обоснованные ответы, убедительно защищает свою точку зрения.

Оценка **«хорошо»** выставляется при выполнении расчетно-графической работы в полном объеме; работа отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, оформлен с соблюдением установленных правил; студент твердо владеет теоретическим материалом, может применять его самостоятельно или по указанию преподавателя; на большинство вопросов даны правильные ответы, защищает свою точку зрения достаточно обосновано.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется при выполнении расчетно-графической работы в основном правильно, но без достаточно глубокой проработки некоторых разделов; студент усвоил только основные разделы теоретического материала и по указанию преподавателя (без инициативы и самостоятельности) применяет его практически; на вопросы отвечает неуверенно или допускает ошибки, неуверенно защищает свою точку зрения.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, когда студент не может защитить свои решения, допускает грубые фактические ошибки при ответах на поставленные вопросы или не отвечает на них.

5.7 Порядок защиты расчетно-графической работы

Защита расчетно-графической работы проводится в соответствии с Положением о выполнении расчетно-графических работ в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет».

Защита расчетно-графической работы проводится не позднее, чем за две недели до начала зачётно-экзаменационной сессии по расписанию, установленном преподавателем (руководителем работы). К защите допускаются студенты, полностью выполнившие задание и представившие его в форме согласно требованиям настоящих методических указаний.

Защита расчетно-графической работы является обязательной формой проверки выполнения работы. Защита производится при непосредственном участии руководителя, в присутствии студентов. Результаты наиболее интересных работ могут быть доложены на научных конференциях.

Защита состоит в коротком докладе студента по выполненной работе и в ответах на вопросы присутствующих на защите. При защите РГР студент должен продемонстрировать не только знания теоретических аспектов рассматриваемых вопросов, но и прокомментировать полученные результаты.

Результаты защиты расчетно-графической работы оцениваются дифференцированной отметкой по пятибалльной системе.

5.8 Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Алямовский, А. А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation / А. А. Алямовский. – 3-е издание. – Москва : ДМК-Пресс, 2013. – 464 с. : табл., рис., схемы, фот. – (Проектирование) (Для Windows XP/Vista). – ISBN 978-5-94074-948-6

2. Сускин В. В., Шевченко В. Ф., Коваленко В. В., Кулавина Н. Ю, Соколина Е. Н. Проектирование РЭС: CAD/CAM/CAE/PDM - М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016, 436 с. [Электронный ресурс]

Дополнительная литература

1. Алямовский А.А. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике. / Алямовский А.А. и др. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006.- 800 с.: ил.
2. Дударева, Н. Ю. SolidWorks : оформление проектной документации / Наталья Дударева, Сергей Загайко. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2009. – 368 с. : ил. ; 24. – Библиогр.: с. 353. – Предм. указ.: с. 367-368. – ISBN 978-5-9775-0390-7
3. Уваров А. С. Программа P-CAD. Электронное моделирование. – М.: Издательство «Диалог-МИФИ», 2008. – 188 с. ISBN 978-5-86404-220-5 [Электронный ресурс]
4. Бибило П.Н. Основы языка VHDL — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2007.— 200 с. [Электронный ресурс]

6 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

6.1 Основная литература

1. Алямовский, А. А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation / А. А. Алямовский. – 3-е издание. – Москва : ДМК-Пресс, 2013. – 464 с. : табл., рис., схемы, фот. – (Проектирование) (Для Windows XP/Vista). – ISBN 978-5-94074-948-6
2. Сускин В. В., Шевченко В. Ф., Коваленко В. В., Кулавина Н. Ю, Соколова Е. Н. Проектирование РЭС: CAD/CAM/CAE/PDM - М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016, 436 с. [Электронный ресурс]

6.2. Дополнительная литература:

1. Алямовский А.А. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике. / Алямовский А.А. и др. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006.- 800 с.: ил.
2. Дударева, Н. Ю. SolidWorks : оформление проектной документации / Наталья Дударева, Сергей Загайко. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2009. – 368 с. : ил. ; 24. – Библиогр.: с. 353. – Предм. указ.: с. 367-368. – ISBN 978-5-9775-0390-7
3. Уваров А. С. Программа P-CAD. Электронное моделирование. – М.: Издательство «Диалог-МИФИ», 2008. – 188 с. ISBN 978-5-86404-220-5 [Электронный ресурс]
4. Бибило П.Н. Основы языка VHDL — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2007.— 200 с. [Электронный ресурс]

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ
ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
СОВРЕМЕННЫЕ САПР ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЯ РЭА

по направлению подготовки

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
Направленность (профиль)
Интеллектуальные программируемые системы и устройства,

Составитель: Дюдюн Дмитрий Евгеньевич

Редактор: _____

Подписано в печать _____
Формат _____ Усл. п. л. – _____ Уч.-изд. л. – _____.
Бумага _____. Печать _____. Заказ Тираж ____ экз.
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»
г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1

Издательство Северо-Кавказского федерального университета
Отпечатано в типографии СКФУ