

## Методика применения пакета Altium Designer

# 01, март 2019

Леонидов В. В. \*, Романов А. С. \*\*

УДК: 681.324

<sup>1</sup>МГТУ им. Н.Э. Баумана (НИУ), Москва, Россия

\*[leonidov.vladimir@gmail.com](mailto:leonidov.vladimir@gmail.com)

\*\*[omanov20101@yandex.ru](mailto:omanov20101@yandex.ru)

*Аннотация: В данной статье рассматривается методика проектирования изделий электронной техники с использованием пакета Altium Designer. Основное внимание уделено особенностям автоматизированного проектирования печатных плат. Цель работы – разработка методики проектирования печатных плат для высоконадежных электронных устройств. Кратко проанализированы особенности программного пакета Altium Designer с возможностью разработок технической документации в соответствии с ЕСКД.*

*В результате работы предложена методика работы в САПР Altium Designer.*

*Ключевые слова: САПР, ALTIUM DESIGNER, проектирование печатных плат, автоматизированное проектирование, печатные платы, электронная аппаратура*

## Technique of application of an Altium Designer package

Leonidov V. V. \*, Romanov A. S. \*\*

Russia, Moscow, MSTU of N.E. Bauman (NIU)

\*[leonidov.vladimir@gmail.com](mailto:leonidov.vladimir@gmail.com)

\*\*[omanov20101@yandex.ru](mailto:omanov20101@yandex.ru)

*Abstract: In this article the technique of design of products of the electronic equipment with use of an Altium Designer package is considered. The main attention is paid to features of the automated design of printed circuit boards. The work purpose – development of a technique of design of printed circuit boards for highly reliable electronic devices. In features of the Altium Designer software package with a possibility of developments of technical documentation according to ESKD are Briefly analysed. As a result of work the work technique in Altium Designer CAD is offered.*

*Keywords: CAD, ALTIUM DESIGNER, design of printed circuit boards, the automated design, printed circuit boards, the electronic equipment*

## Введение

Разработка и проектирование современных электронных устройств предъявляет повышенные требования по времени вывода новых устройств на рынок. Это определяет широкое применение в проектировании различных средств автоматизации. Одним из основных элементов современной электроники являются коммутационные структуры [1]. На сегодняшний день существует множество САПР для проектирования коммутационных структур и в частности печатных плат (ПП), такие как Altium Designer, gEDA, Sprint Layout, DipTrace, P-CAD и другие [2, 3]. В рамках данной работы рассмотрены особенности пакета Altium Designer при проектировании печатных плат с высокоплотной компоновкой.

Объектом исследования является процесс проектирования ПП в САПР Altium Designer. Данный пакет представляет собой пакет сквозного автоматизированного проектирования и разработки ПП, позволяющая создавать проекты электронных ячеек начиная с электрических принципиальных схем, заканчивая моделями печатных плат в трехмерном виде, с последующей передачей информации в механические САПР [1-3].

Не смотря на долгую историю развития и наличие отработанных методик по применению пакета Altium Designer в ряде случаев необходимо учитывать при проектировании отдельные особенности [3-13]. Цель работы – разработка методики проектирования высокоплотных ПП в САПР Altium Designer.

### 1. Анализ общих возможностей пакета ALTIUM DESIGNER

#### 1.1. Анализ функциональных возможностей пакета Altium Designer

В состав программной пакета Altium Designer входят инструменты разработки и редактирования электронных схем, печатных плат и конструкторских документов. Altium Designer имеет шесть основных модулей:

- редактор библиотек условно графических обозначений (Schematic Library);
- редактор библиотек посадочных мест (PCB Library);
- редактор электрических принципиальных схем (Schematic);
- редактор печатных плат (PCB);
- редактор графических документов (Draftsman);
- генератор отчетов (Output Job File).

Редактор схем позволяет создавать схемы любой сложности и проводить цифроаналоговое моделирование. В готовых библиотеках Altium Designer содержатся множество компонентов, имеющие готовые модели посадочных мест, электрические параметры моделей для моделирования и 3D моделей радиоэлементов [13]. Редактор схем позволяет создавать отдельную библиотеку УГО применяемой как в текущем проекте, так и в последующих. Применение шаблонов позволяет выбирать форматы документов, а возможность редактировать и создавать свои шаблоны дает возможность выполнять документацию согласно ЕСКД.

Редактор печатных плат содержит средства интерактивного размещения компонентов и трассировки проводников. Совместно с настраиваемыми правилами проектирования ПП позволяют упростить процесс проектирования ПП. Система мониторинга правил проектирования в реальном времени сообщает о нарушениях и ошибках при трассировке на ранних этапах разработки, что позволяет избежать расходы на устранение ошибок. В состав редактора ПП входит библиотека посадочных мест. Посадочные места легко привязываются к элементам из библиотеки УГО.

Редактор графических документов дает возможность создавать чертежи ПП, сборочные чертежи, структурные и функциональные схемы с оформлением по ЕСКД. Вся необходимая информация автоматически поступает из ранее разработанных принципиальной схемы и ПП, что упрощает и ускоряет процесс выпуска КД с учетом требований по высокоплотной компоновке [14-17].

Генератор отчетов выполняет множество полезных операций: печать КД, генерация Gerber файлов для производства ПП, экспорт модели ПП в механические САПР, формирование отчетов о моделировании и многое другое.

## 1.2. Основные этапы по работе с Altium Designer

После успешной установки и запуска Altium Designer открывается основное окно программы, приведенный на рисунке 1.

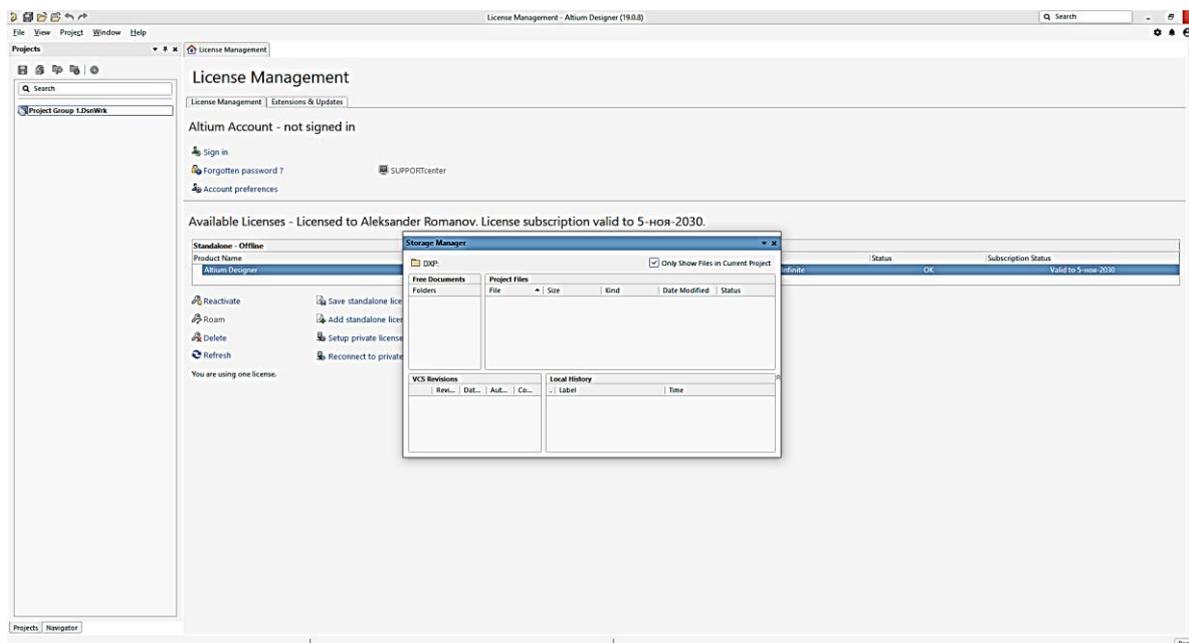


Рис. 1. Окно при первом запуске

Рассмотрим интерфейс программы. В левом верхнем углу программы на панели заголовка располагаются быстрые команды (1) (см. рисунок 1.2):

- контекстное меню окна со значком программы;
- сохранить все документы (Save All Documents);
- открыть любой документ (Open Any Existing Document);
- открыть проект (Open Project);

- отменить (Undo);
- отменить отмененное (Redo).

Далее панель меню (2) со стандартным набором команд. В зависимости от текущих открытых документов, отображаемые на панели вкладок (4), панель меню может содержать дополнительные выпадающие меню и разделы в указанных на рисунке 2 и панель инструментов, применяемые для редактирования соответствующих документов. Ниже расположена информационная панель (3). И еще в правой части программы (7) (см. рисунок 2).

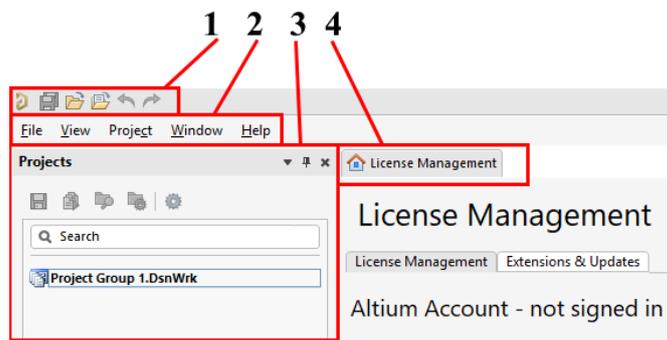


Рис. 2. Элементы интерфейса

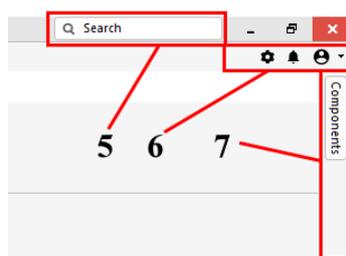


Рис. 3. Элементы интерфейса

На панели меню (рисунок 3) располагается строка поиска (5), а на панели меню (6) кнопки настройки (Setup system preferences), уведомлений (Notifications) и информация о текущем пользователе (Current user information).

По центру экрана открыта информационная панель менеджера документов (Storage Manager). Здесь будут отображаться все созданные документы. Она нам неинтересна, поэтому закрываем ее, нажав на крестик в панели заголовка. При необходимости, панель можно найти, нажав кнопку Panels в правой нижней части окна (рисунок 4), как и другие панели.

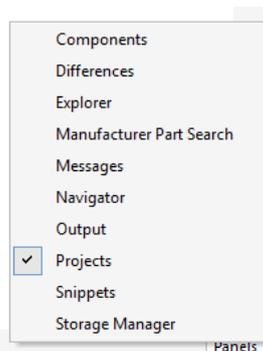


Рис. 4. Информационные панели

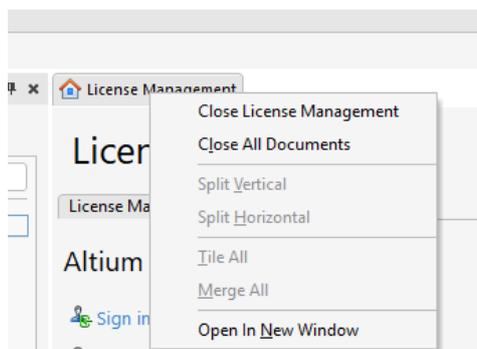


Рис. 5. Контекстное меню вкладок

В рабочей области сейчас открыт один документ – License Management. Здесь можно посмотреть информацию о состоянии лицензий, аккаунте пользователя, а также информацию о расширениях и обновлениях компонентов. Чтобы закрыть данный документ, нажмите правой кнопкой мышки на вкладку и выберите Close License Management (рисунок 5).

### 1.3. Управление панелями

Все панели в Altium Designer можно сделать в трех состояниях:

- закрепленная и постоянно видимая на экране (рисунок 2. Панель Projects). В этом случае панель отнимает часть рабочей зоны;
- закрепленная плавающая - открывается при нажатии и закрывается при отводе курсора мышки (рисунок 3. Панель Components). Не отнимает рабочую зону, при вызове отображается поверх открытых документов;
- в отдельном окне (рисунок 5. Панель Storage Manager). Не отнимает рабочую зону, всегда видна поверх открытых документов.

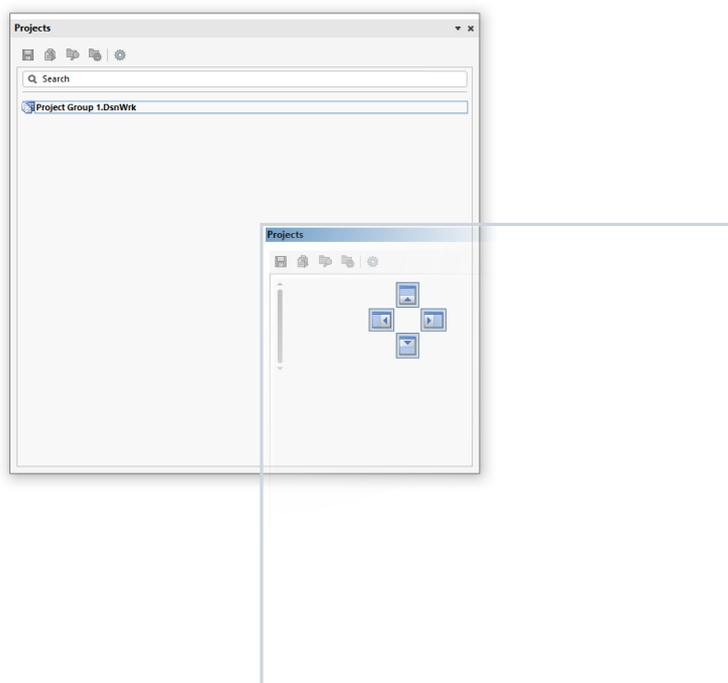


Рис. 6. Перемещение панелей

Чтобы открепить панель Projects, нажмите левую кнопку мышки на заголовке панели и переместите курсор. Теперь панель в состоянии отдельного окна. При передвижении панели по экрану, появятся стрелки (рисунок 6).

Наведя на стрелку, панель закрепится в соответствующей части окна программы.

У закрепленной панели появятся три кнопки: треугольник вниз – посмотреть все панели, расположенные в данной области окна, кнопка в виде кнопки – сделать панель постоянно видимой (кнопка в вертикальном положении) или плавающей (кнопка в горизонтальном положении), крестик – зарыть панель (рисунок 7).

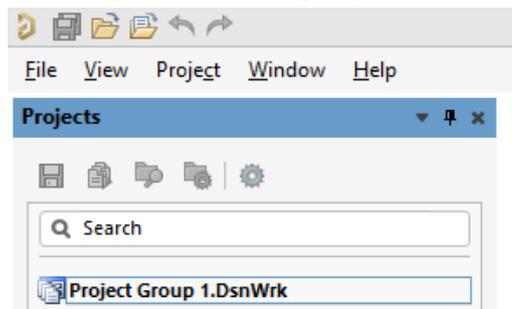


Рис. 7. Закрепленная панель

На панелях в отдельных окнах отображаются две кнопки: треугольник вниз и крестик, выполняющие те же функции.

#### 1.4. Настройки среды

Чтобы попасть в настройки программы Altium Designer, необходимо и достаточно нажать на кнопку Setup system preferences в виде шестеренки. Проанализируем типовые настройки:

##### 1. System-General-Startup

- Reopen Last Workspace – открывает и размещает все элементы интерфейса на те места, где они располагались перед закрытием программы;
- Show startup screen – показывает экран загрузки при запуске программы (рисунок 1).

##### 2. System-General-General

- Monitor clipboard content within this application only – несовместимые данные, скопированные в буфер обмена, не будут вставлены в программное обеспечение;
- Use Left/Right Selection – при выделении области слева направо выделяются только объекты, полностью попавшие в область выделения, и справа налево – все объекты, которых коснулась область выделения.

##### 3. System-General-Localization

- Use localized resource – локализованные ресурсы для программного обеспечения. Элементы будут переведены в соответствии с языком, установленным на компьютере, на котором установлено программное обеспечение.

##### 4. System-View-Desktop

- Restore open documents – позволяет открывать документы в рабочей области, когда программное обеспечение запускается в соответствии с их состоянием в предыдущем сеансе. Если отключено, то запускает пустую рабочую область.

#### 5. System-View-UI Theme

- Current – выбор темы пользовательского интерфейса: Altium Dark Grey (темная) и Altium Light Grey (светлая).

#### 6. Data Management-File-based Libraries

- File-based Libraries – позволяет установить дополнительные библиотеки.

#### 7. Schematic-General-Units

- Units – выбор системы величин по умолчанию в редакторе схем.

#### 8. Schematic-Compiler-Auto-Junctions

- Display On Wires – при разветвлении проводника на два и более автоматически устанавливает точку на месте соединения. (рекомендуемый size: medium)

#### 9. Schematic-Grid

- Grid Options – определяет, как представлять сетку (в виде линии или точки) и цвет отображения;

- Metric Grid Presets – значения шага сетки (по умолчанию 1мм; 2,5мм и 5 мм). Можно добавить свои значения.

#### 10. Schematic-Defaults

- Defaults Primitives – задает параметры элементов по умолчанию.

#### 11. PCB Editor-General-Editing Options

- Online DRC – проверка правил разводки в режиме реального времени.

Чтобы не настраивать Altium каждый раз после смены персонального компьютера, можно экспортировать настройки. Для этого в окне настроек в нижнем левом углу нажмите на кнопку «Save...» (рисунок 8). Далее вам предложат выбрать место сохранения и имя файла настроек.

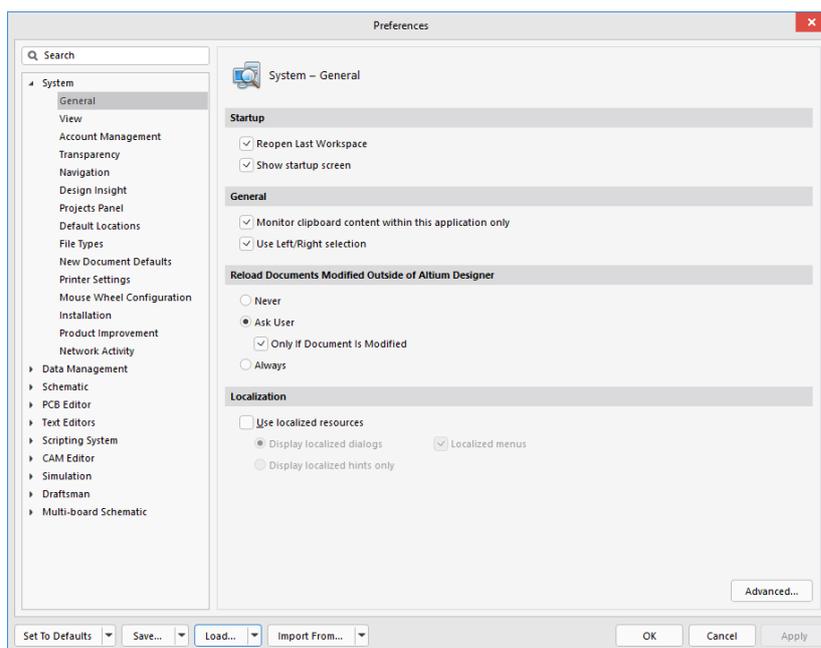


Рис. 8. Окно настроек программы

Для импорта настроек необходимо нажать на кнопку «Load...». Далее выберете файл настроек.

## 1.5. Создание проекта

Для создания нового проекта в панели меню выбрать File/New/Project, далее появится окно создания проекта (рисунок 9).

В выше указанном окне выбираем куда сохранить проект:

- Altium 365 – в облачное хранилище от Altium Limited;
- Version Control – на текущем компьютере на основе ранее созданных версий командных разработок;
- Local Projects – на текущем компьютере

Выбираем Local Projects. В разделе Project Type выбираем <Default>, поскольку готовые шаблоны нам не подходят.

В Project Name вводим имя проекта, как правило вводится десятичный номер разработки и указываем путь в Folder, где будет сохранен проект. Altium автоматически создает подпапку с именем проекта.

В данном примере файл проекта будет сохранен по адресу «D:\ИУ4.11.03.03.15.71.19.001». Если все прошло успешно, то в папке окажется один файл проекта с расширением PrjPcb. В нашем случае «ИУ4.11.03.03.15.71.19.001.PrjPcb».

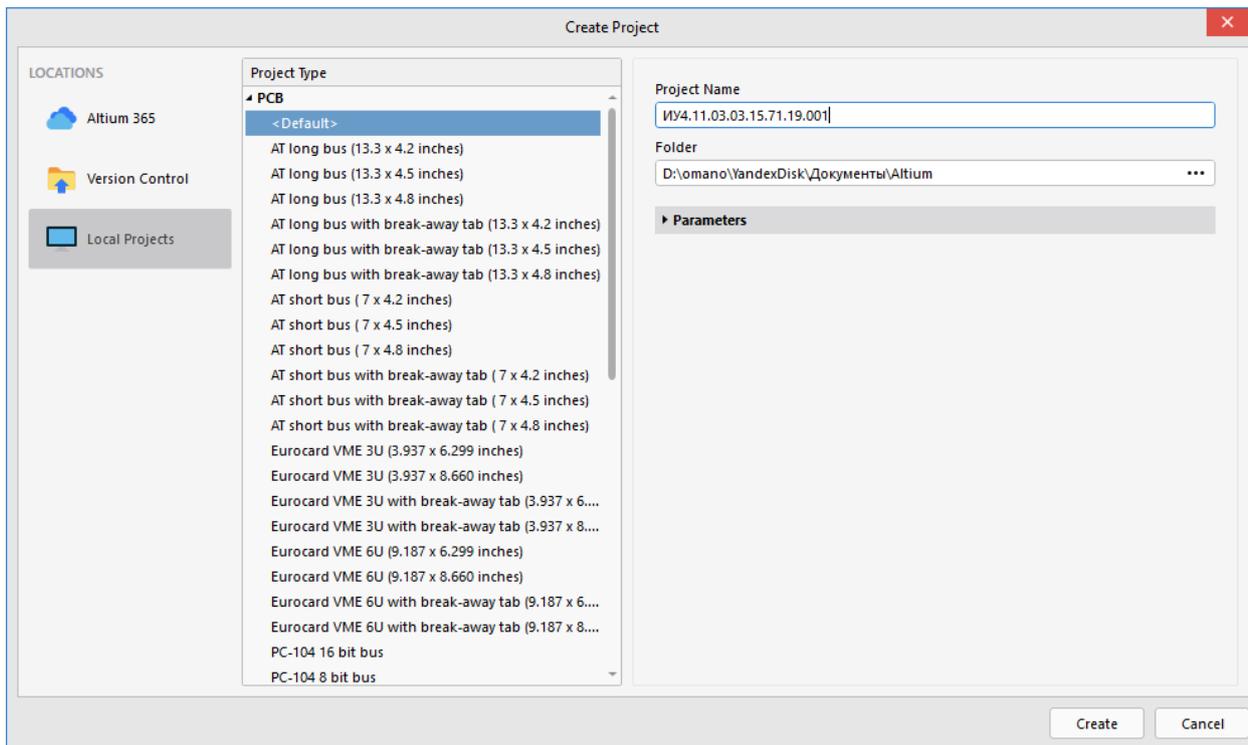


Рис.9. Окно создания проекта

В окне программы на панели проектов появится пустое дерево проектов, как на рисунке 10.

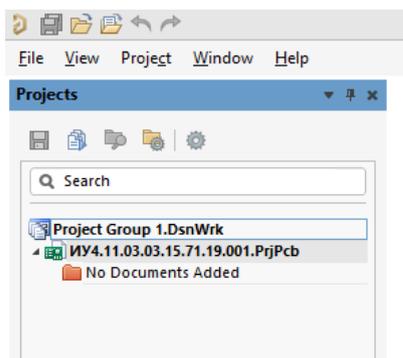


Рис. 10. Дерево проектов

No Documents Added означает что в проекте не добавлено документов.

После первого запуска изучили интерфейс программы. Научились работать с панелями, настроили программный продукт и создали свой первый проект.

## 2. Создание библиотеки УГО элементов

### 2.1. Добавление файла библиотеки в проект

Для создания библиотеки элементов нажимаем правой кнопкой мышки на имя проекта в панели проектов. Выбираем Add New to Project/Schematic Library как показано на рисунке 11

При успешном выполнении операции перед нами откроется окно редактора компонентов (рисунок 12).

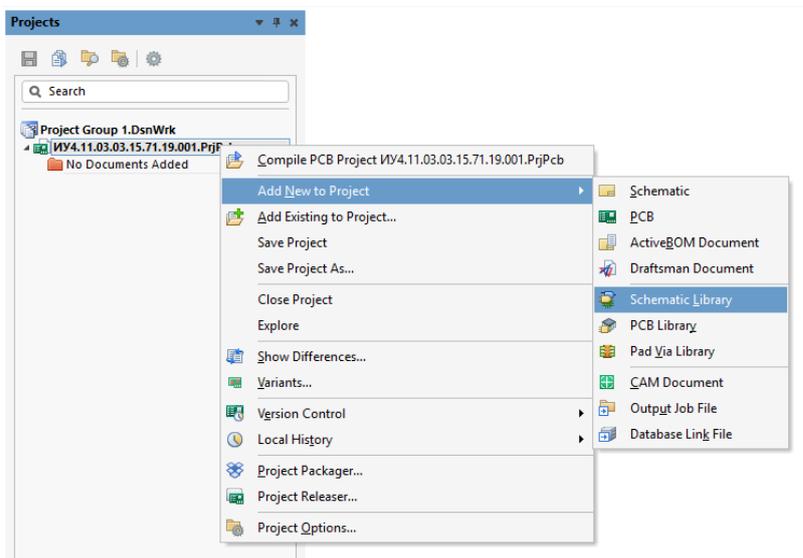


Рис. 11. Создание библиотеки элементов

Из панелей нам понадобятся SCH Library и Properties. Размещаем их на свое усмотрение. После создания библиотеки элементов нужно ее сохранить, выбрав значок  в панели Projects или в разделе быстрых команд. Так же можно сохранить нажав правой кнопкой мышки на файл библиотеки и выбрать в контекстном меню Save. Далее нужно выбрать место сохранения и имя файла.

## 2.2. Начальные настройки редактора библиотеки УГО элементов

Для настройки редактора нужно выбрать Tools/Document Options, и откроется панель Properties как на рисунке 13.

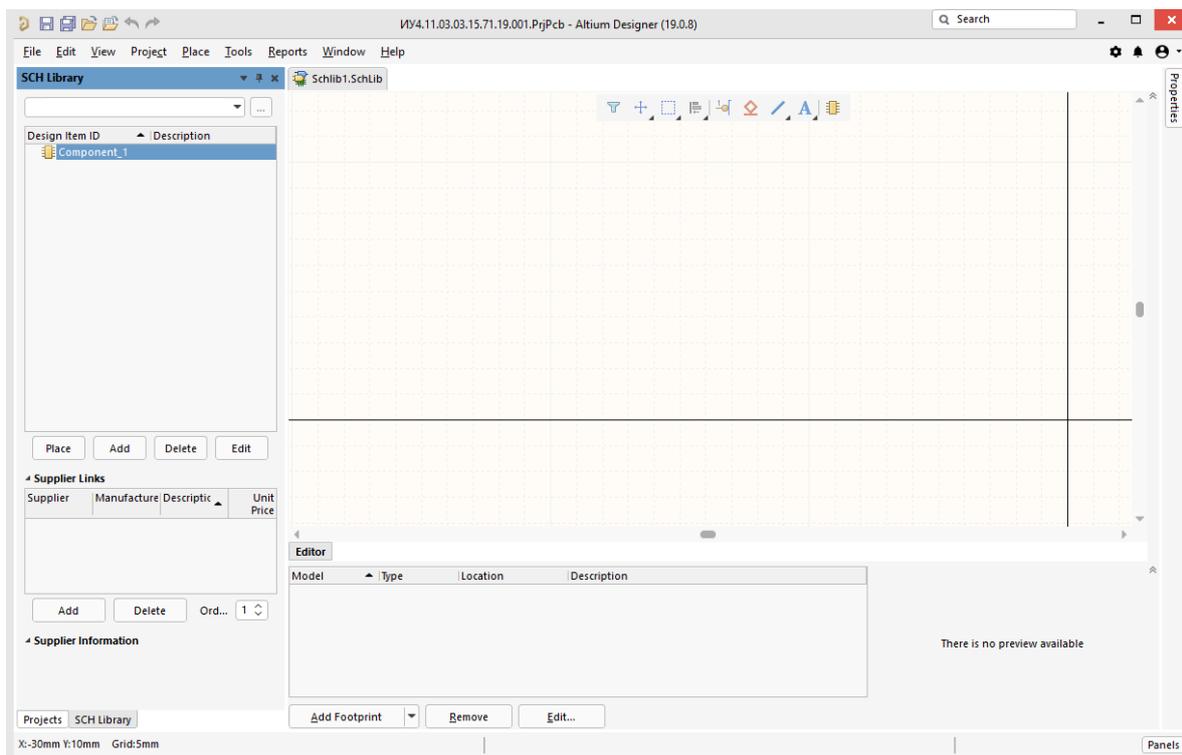


Рис. 12. Интерфейс Schematic Library

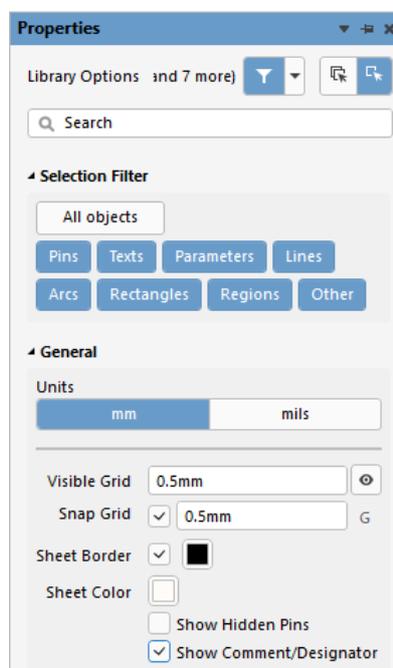


Рис. 13. Настройки редактора библиотеки

В разделе General Units выбрать размерность сетки: mm – миллиметры, mils – мил (одна тысячная доля дюйма).

Полезно будет установить галочку в Show Comment/Designator.

### 2.3. Создание УГО

В панели SCH Library (рисунок 14) при создании библиотеки автоматически создается компонент Component\_1. В нем нарисуем первый компонент.

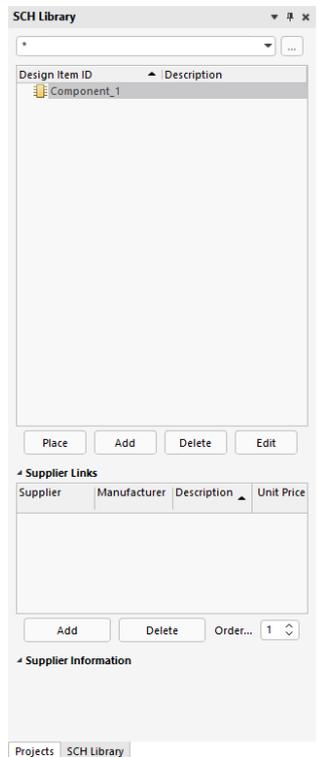


Рис. 14. Панель SCH Library

Для создания УГО по ЕСКД в рабочем поле удобно использовать сетку с шагом 2,5 мм. Шаг сетки задается нажатием клавиши G. При необходимости шаг сетки можно сделать 0,5 мм.

Начнем с резистора.

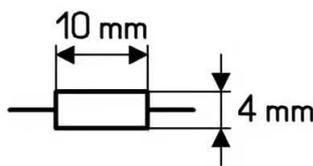


Рис. 15. УГО резистора по ГОСТ

Нажатием клавиши P появляется окно выбора инструментов (рисунок 15). Выбираем Pin, появится элемент как на рисунке 17. Цифра 1 над линией Pin – порядковый номер вывода, сбоку – имя вывода. Нажимая клавишу Space (пробел) можно поворачивать элемент.

У Pin есть «электрическая точка», обозначенная четырьмя белыми точками на конце линии под цифрой порядкового номера, к которой присоединяется проводник при создании схемы электрической принципиальной. Для резистора эти точки должны быть снаружи.

Нажимаем клавишу Tab. Откроется панель Properties для Pin (рисунок 16).

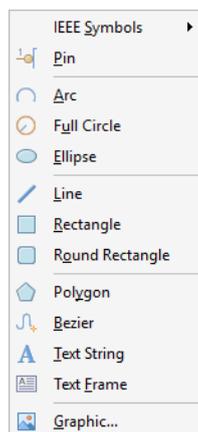


Рис. 16. Выбор инструментов

В поле Designator указывается порядковый номер вывода элемента, Name – имя вывода. Для получения инверсионного обозначения вывода RESET необходимо после каждой буквы поставить «\», т.е. записать «R\E\S\E\T\». Поскольку для резистора не нужно показывать на схеме номер и имя вывода, нажимаем на кнопку справа от полей.

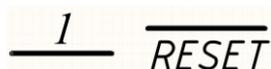


Рис. 17. Вывод (Pin)

Electrical Type указывает тип вывода. Для всех компонентов рекомендуется указывать Passive.

Description – текстовое описание функции вывода.

Параметр Pin Package Length используется при проектировании сверхвысокочастотных системах (более 500 МГц).

Pin Length – длина линии вывода. Рекомендуется устанавливать равным шагу сетки, в нашем случае 2,5 мм.

Раздел Symbols указывает полярность и направление передачи сигналов. Остается без изменений.

Применяем изменения нажав Enter или мышкой на две полоски в центре окна, и размещаем два вывода. Altium автоматически поменяет Designator у второго вывода.

Далее нажимаем P и выбираем Line. Нажимаем Tab и переходим к свойствам линии Polyline, приведенные на рисунке 18.

Line – ширина линии:

- Smallest – шириной 0,127 мм;
- Small – шириной 0,254 мм;
- Medium – шириной 0,508 мм;
- Large – шириной 1,016 мм;

Применяем свойства и рисуем прямоугольник 4x10 мм согласно стандартам ЕСКД.

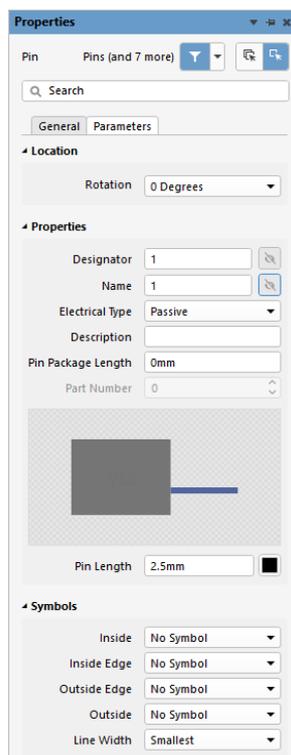


Рис. 18. Параметры Pin

Должно получиться как на рисунке 19. Пояснение: Две тонкие линии – оси координат. «Электрическая точка» первого вывода расположена в точке (0;0) – место пересечения осей абсцисс и ординат. «Электрическая точка» второго вывода лежит в 15 мм от первой на оси абсцисс. Две звездочки – Designator и Comment компонента. Далее мы их зададим.

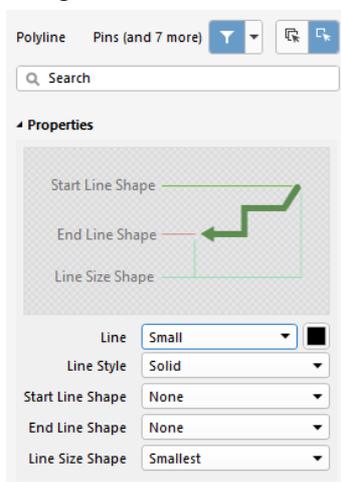


Рис. 19. Свойства Polyline



Рис. 20. УГО резистора

Два раз щелкаем левой кнопкой мышки на компонент. Откроется панель Properties.

Вкладка General.

В поле Design Item ID вводим названия компонента – Resistor.

В поле Designator – позиционное обозначение обязательно с вопросительным знаком: «R?». Восклицательный знак заменится цифрой при автоматической нумерации компонентов на принципиальной схеме.

В атрибуте Comment пишем «=Value». В дальнейшем у компонента в атрибуте Comment будет отображаться значение атрибута Value. В зависимости от компонента, атрибут Comment можно сделать невидимым.

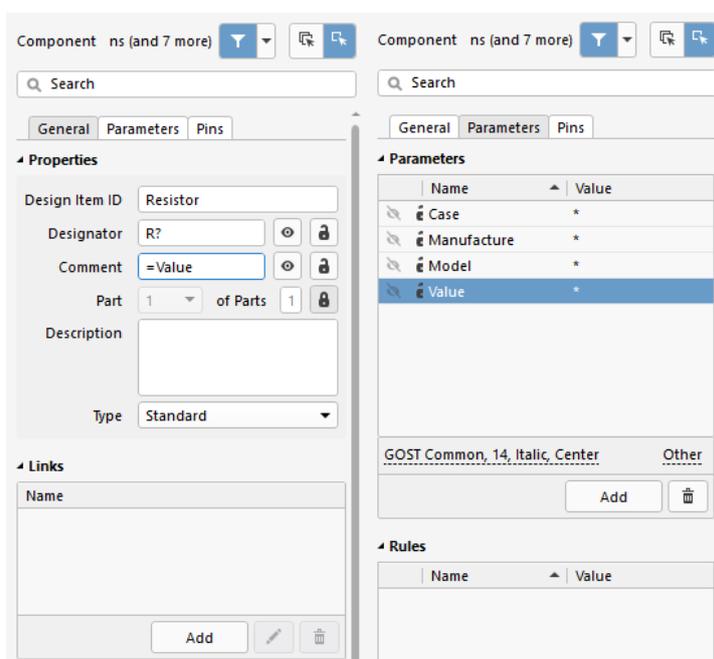


Рис. 21. Параметры компонента

В вкладке Parameters панели Properties добавляем пользовательские атрибуты: Value – номинал компонента, Model – модель, Manufacture – производитель и Case – корпус и др. по своему усмотрению. Эти значения будем заполнять на принципиальной схеме.

Все настройки приведены на рисунке 21.

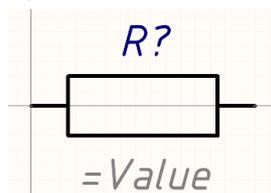


Рис. 22. Итоговый результат УГО резистора

Далее представлены последовательность рисования УГО некоторых радиоэлементов (рис. 23-27). Для наглядности все примитивы показаны разными цветами:

- синим – окружности и дуги;
- черным – линии;
- зеленым – текст;
- красным – выводы, с черным текстом, если есть.

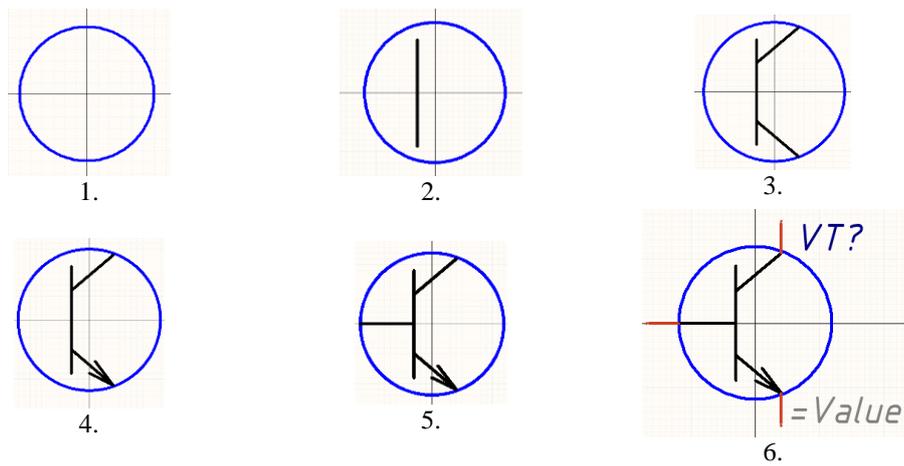


Рис. 23. УГО биполярного транзистора

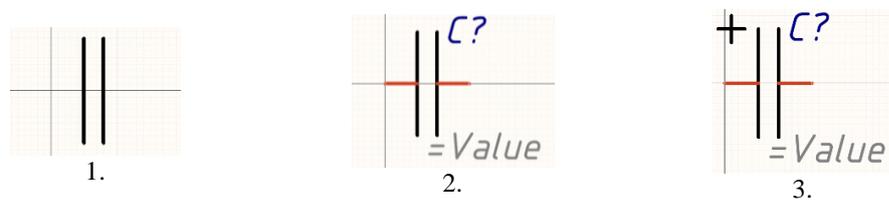


Рис. 24. УГО конденсатора

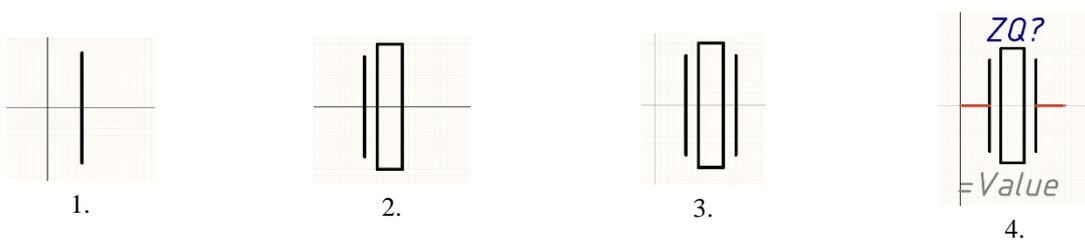


Рис. 25. УГО кварцевого фильтра

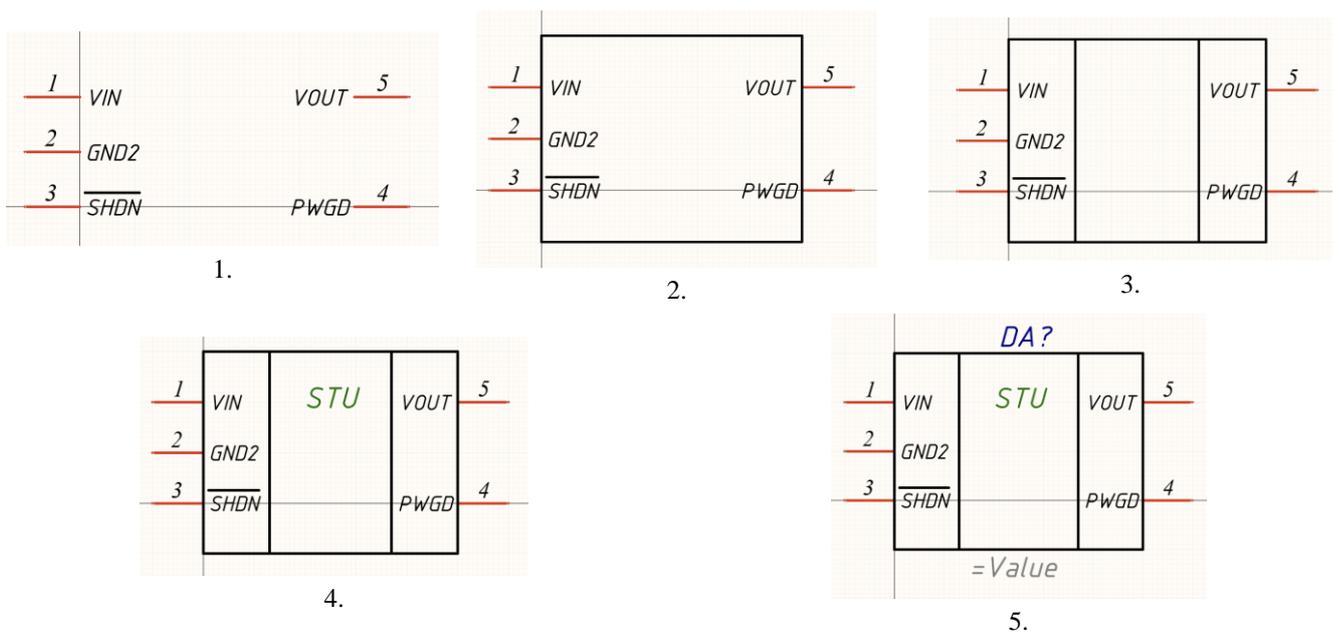


Рис. 26. УГО аналоговой микросхемы

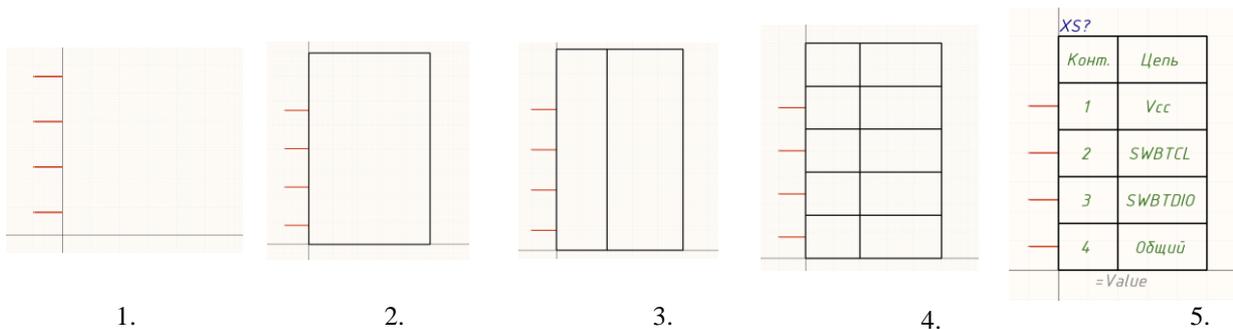


Рис. 27. УГО разъема

В разделе проанализированы принципы создания с помощью инструмента редактор схем библиотеки УГО, включающая УГО для резисторов, транзисторов, конденсаторов неполярных и полярных, кварцевых фильтров, резонаторов, интегральных микросхем и входных/выходных разъемов коммутации.

### 3. Создание библиотеки посадочных мест

#### 3.1. Добавление файла библиотеки в проект

Для создания библиотеки посадочных мест нажимаем правой кнопкой мышки на имя проекта в панели проектов. Выбираем Add New to Project/PCB Library как показано на рисунке 28.

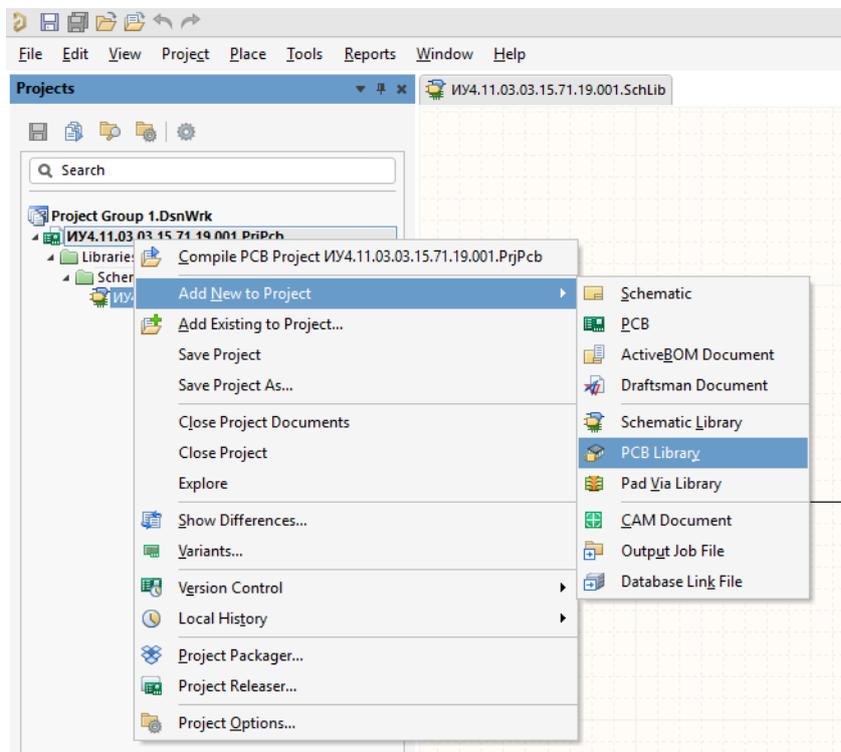


Рис. 28. Создание библиотеки посадочных мест

При успешном выполнении операции перед нами откроется окно редактора компонентов посадочных мест (рисунок 29).

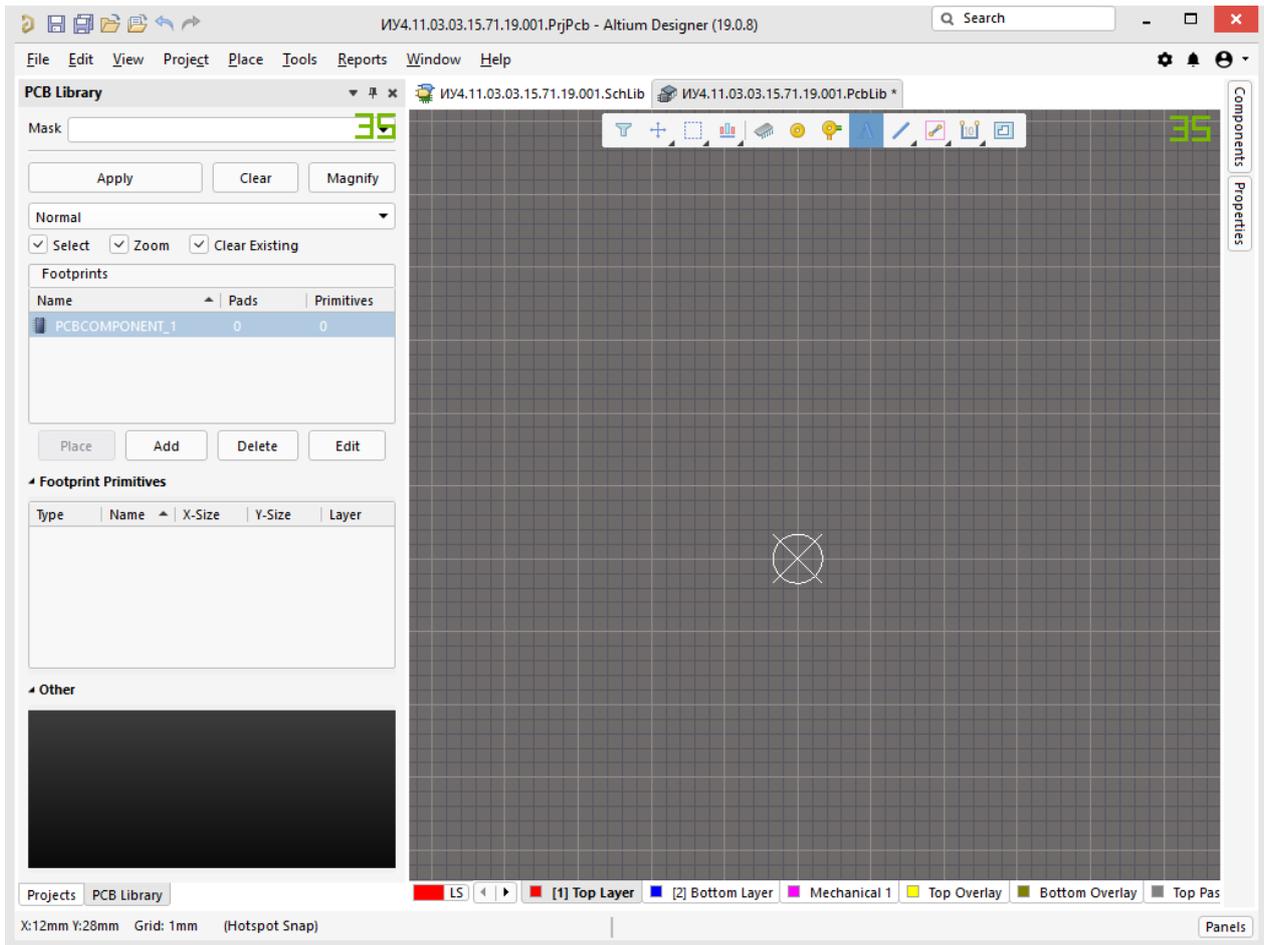


Рис. 29. Интерфейс редактора

Из панелей нам понадобятся PCB Library и Properties. Размещаем их на свое усмотрение. После создания библиотеки элементов нужно ее сохранить, выбрав значок  в панели Projects или в разделе быстрых команд. Так же можно сохранить нажав правой кнопкой мышки на файл библиотеки и выбрать в контекстном меню Save. Далее нужно выбрать место сохранения и имя файла. В центре окружность с крестиком показывает начало координат.

### 3.2. Начальные настройки редактора библиотеки посадочных мест

Для настройки редактора щелкните на рабочее поле редактора и вызовите панель Properties (рисунок 30).

В разделе Snap Options можно включить привязки к сетке редактора (Grids), направляющим (Guides) и осям (Axes).

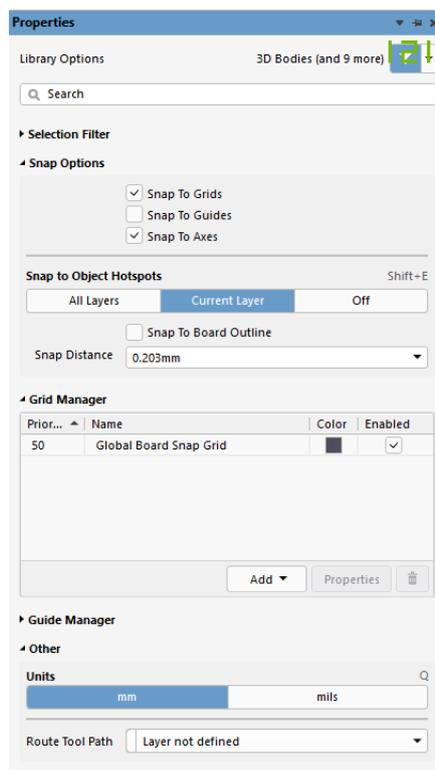


Рис. 30. Настройки редактора

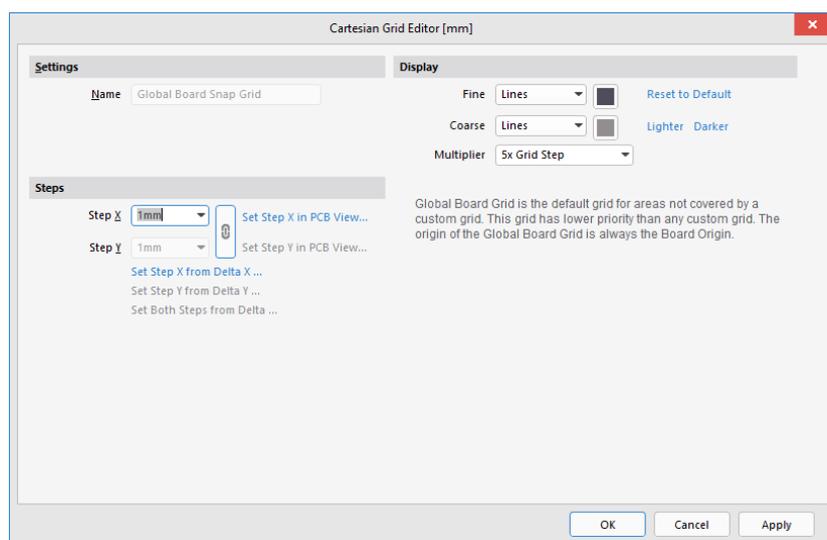


Рис. 31. Настройка сетки редактора

В разделе Grid Manager настраивается сетка редактора (рисунок 31). В Steps задается текущий шаг сетки. В Display задается цвет сетки, тип (линии, точки или выкл.) и кратность цветовой схемы.

### 3.3. Создание посадочных мест

Весь процесс создания посадочных мест можно разделить на два этапа:

- размещение контактных площадок;
- разработка графических изображений компонента.

Существует два способа создания посадочных мест: полуавтоматический и ручной.

Разберем ручной способ.

В панели инструментов быстрого доступа можно найти:

1. Вставить 3D модель компонента (Place 3D Body);
2. Вставить контактную площадку (Place Pad);
3. Вставить переходное отверстие (Place Via);
4. Вставить текст (Place String);
5. Графические примитивы (линия, эллипс, дуга, полигон) (Place Line);
6. Вставить область выреза (Place Cutout Region).

Выбираем вставить контактную площадку, нажимаем Tab и настраиваем площадку.

Pad Template – выбрать готовые заготовки.

Location – координаты местоположения.

Properties – номер вывода компонента, расположение в слоях;

Hole Information – параметры отверстия;

Size and Shape – параметры контактной площадки.



Рис. 32. Панель быстрого доступа.

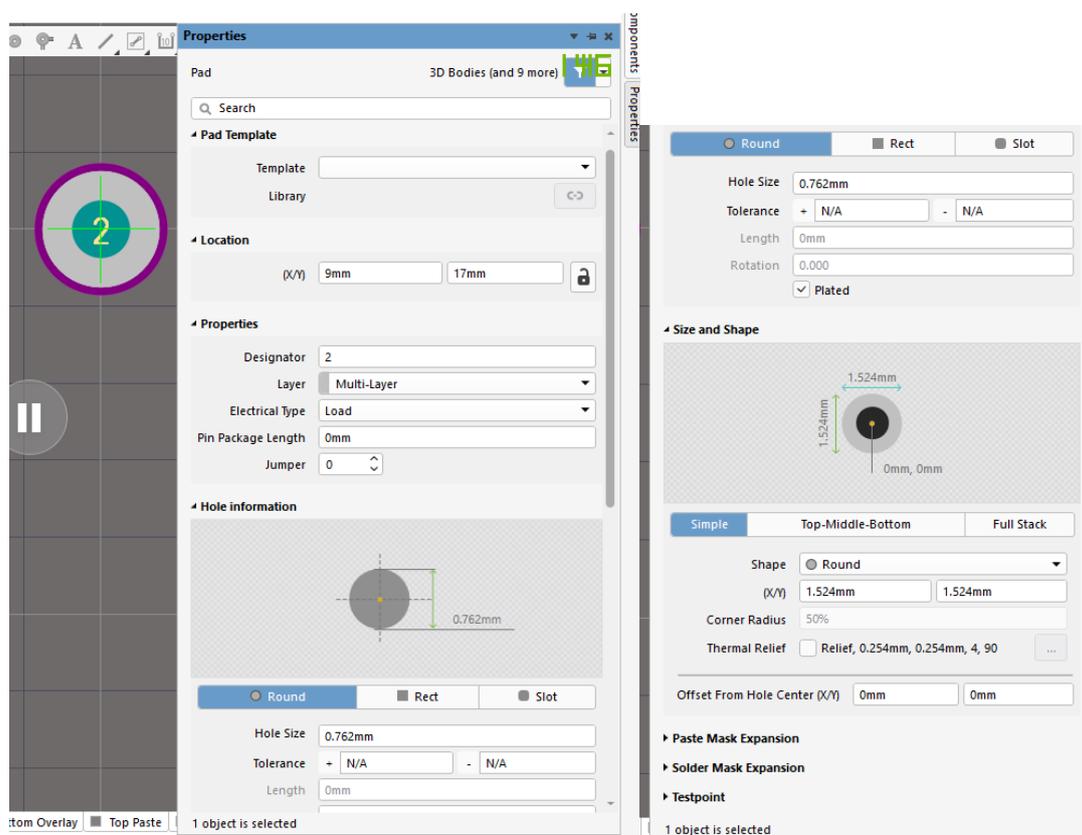


Рис. 33. Настройки посадочного места

По завершении настройки нажимаем Enter и устанавливаем в рабочем поле две площадки в нужные места.

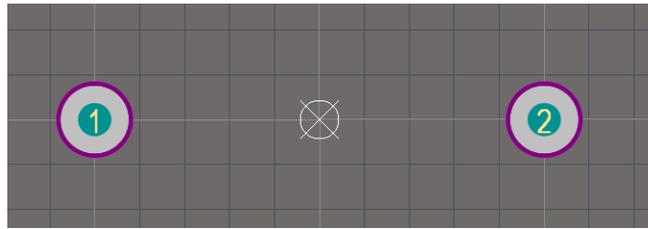


Рис. 34. Установленные две контактные площадки

Далее, при необходимости, нарисуем изображение для шелкографии. На панели слоев выбираем Top Overlay. С помощью инструмента линия нарисуем контур резистора.

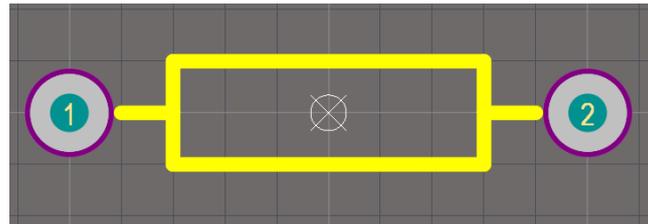


Рис. 35. Посадочное место резистора

Теперь добавим 3D модель резистора. Для этого потребуется готовая модель, которую можно сделать в любом редакторе 3D объектов, или скачать из интернета. В панели инструментов быстрого доступа выбираем вставить 3D модель компонента и нажимаем Tab.

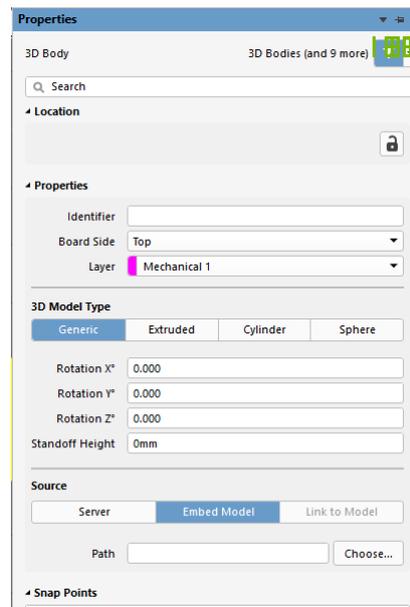
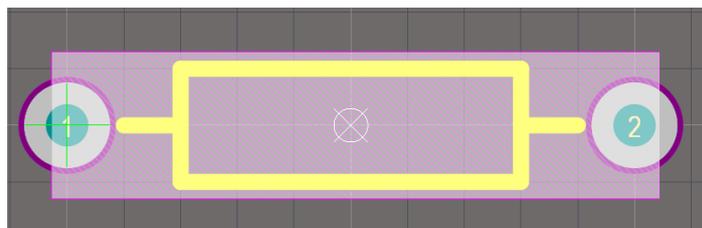


Рис. 36. Параметры 3D модели

3D объекты следует размещать на слое (Layer) Mechanical 13. В разделе 3D Model Type выбираем Generic и в Source нажимаем кнопку Choose... и выбираем файл 3D модели. Altium поддерживает следующие форматы:

- \*.stp; \*.step – Step файлы;
- \*.sldprt – файл Solidworks Part;
- \*.x\_t; \*.x\_b – файлы Parasolid.

Габариты 3D модели показываются заштрихованным прямоугольником.



**Рис. 37.** Посадочное место с 3D моделью

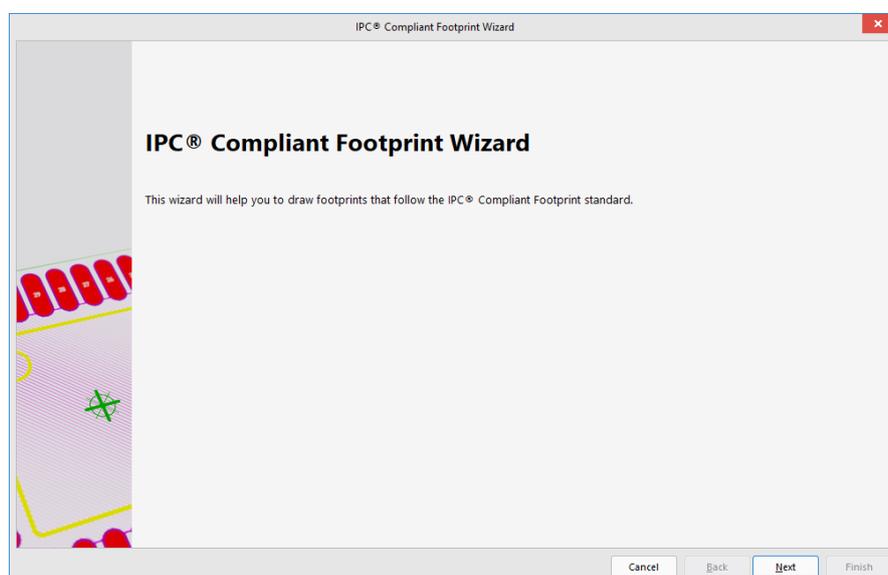
С помощью клавиши «3» на основной клавиатуре включается режим просмотра в 3D. Клавиша «2» возвращает обратно в редактор.



**Рис. 38.** 3D вид компонента

Теперь рассмотрим, как создать посадочное место в полуавтоматическом режиме.

В панели PCB Library создадим второе посадочное место. Далее в панели меню выбираем Tools/IPC Complaint Footprint Wizard. В открывшемся окне (рисунок 39) жмем далее (Next).



**Рис. 39.** IPC Complaint Footprint Wizard

Выбираем тип корпуса (рисунок 40), в нашем случае SOT23 и жмем далее (Next).

Вводим нужные значения в соответствующие поля. Размеры отображены на рисунке внутри окна (рисунок 41). Выставляем нужное количество выводов в Package Type. Жмем далее (Next).

На следующем этапе вводим параметры выводов компонента (Рисунок 42). Жмем далее (Next).

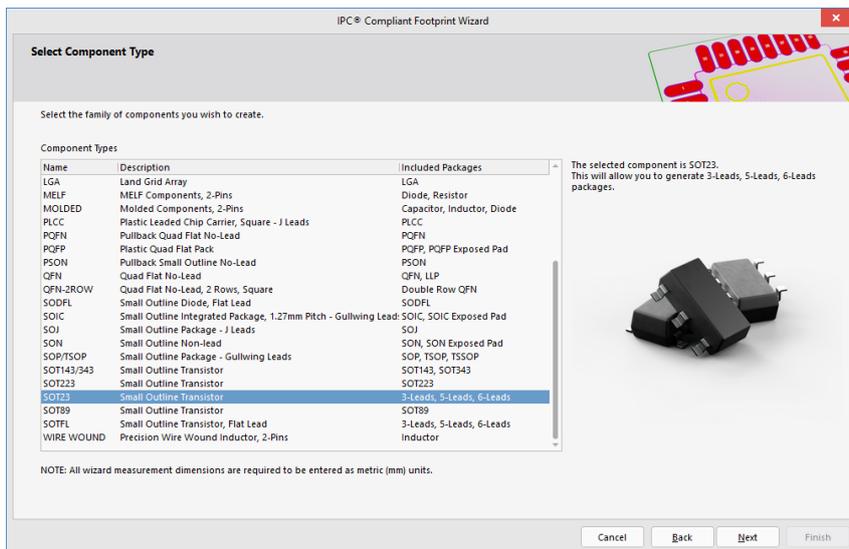


Рис. 40. Выбор корпуса

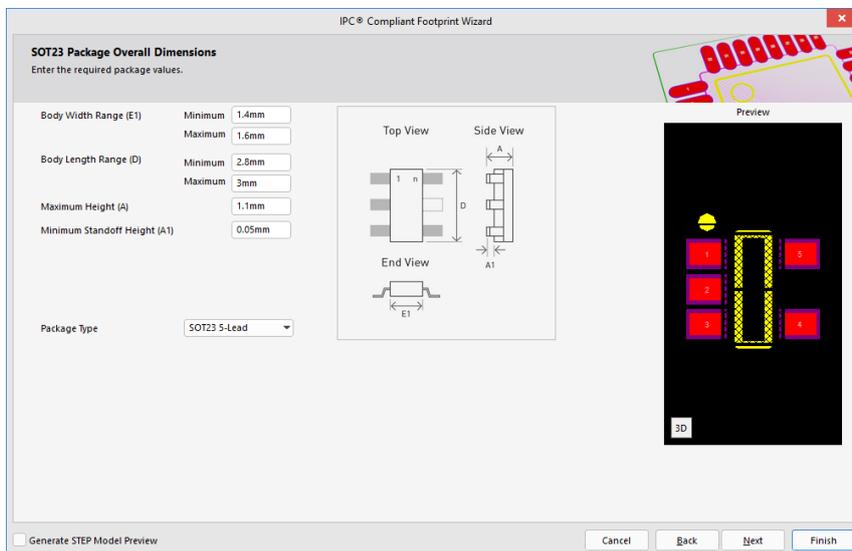


Рис. 41. Параметры размеров корпуса

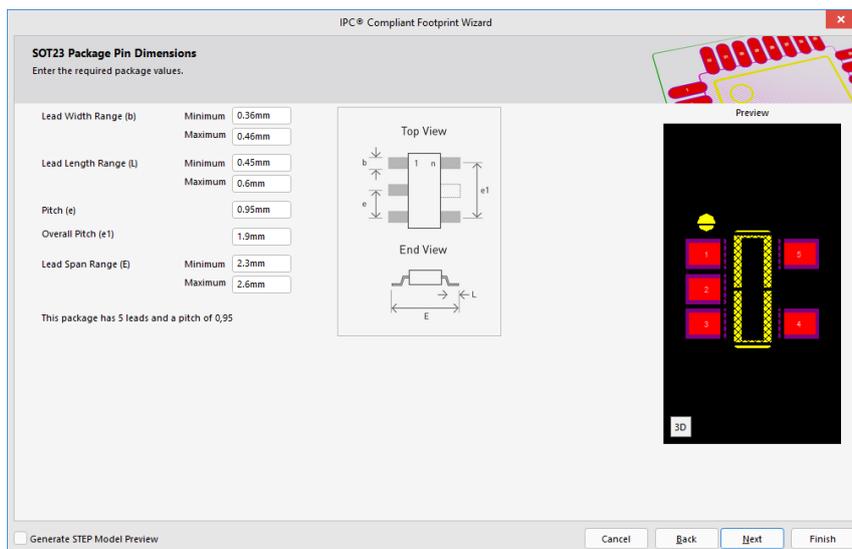


Рис. 42. Параметры выводов

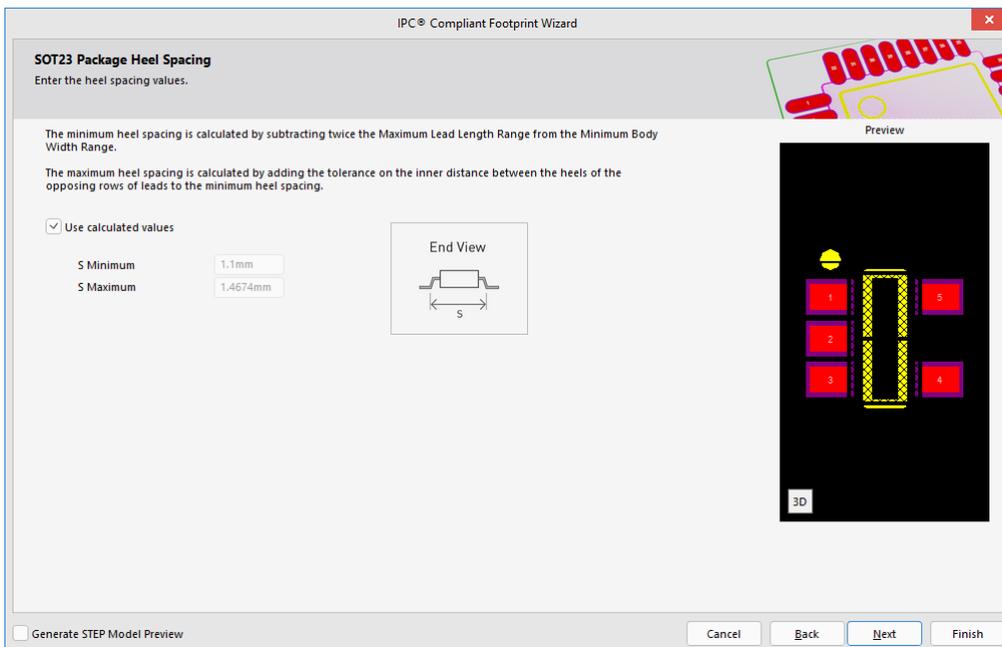


Рис. 43. Параметры расстояния между контактными площадок

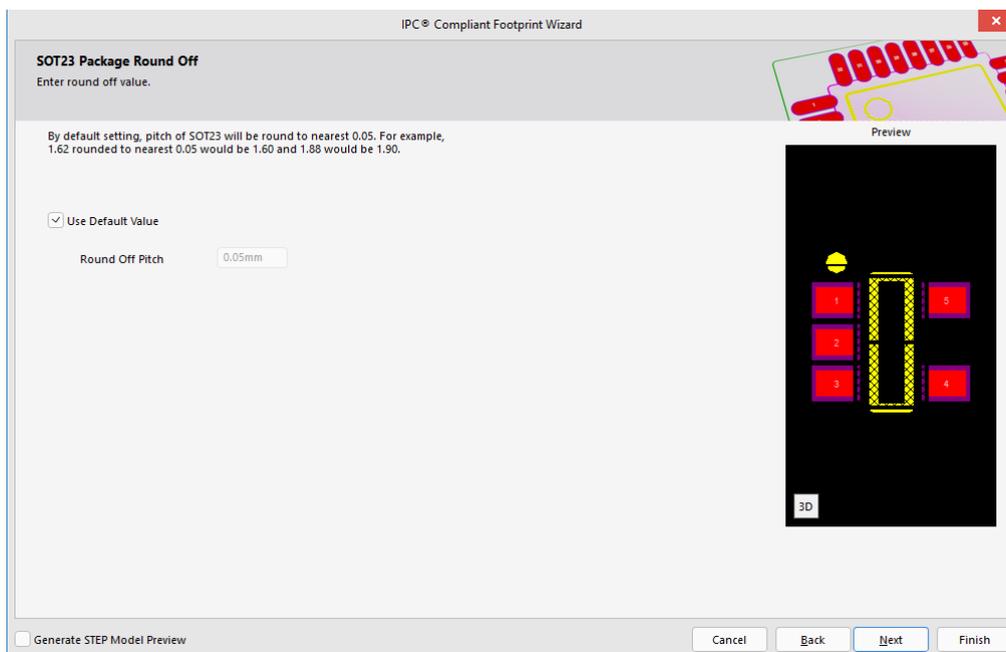


Рис. 44. Настройка указателя первого вывода

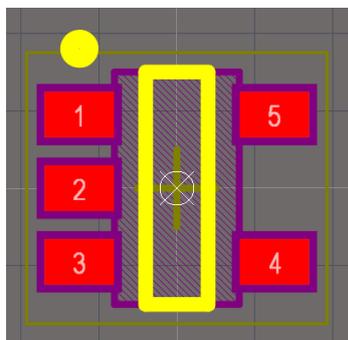


Рис. 45. Посадочное место, сгенерированное программой

На последующих этапах Altium рассчитывает оставшиеся параметры автоматически. При необходимости можно ввести свои. По завершении конфигурации IPC Complaint Footprint Wizard в рабочем поле появится посадочная модель.

### 3.4. Связь посадочных мест с библиотекой УГО

Возвращаемся в редактор библиотеки УГО.

Выбираем нужный компонент и в нижней части редактора нажимаем кнопку Add Footprint. В открывшемся окне нажимаем кнопку Browse... (рисунок 46).

Выбираем нужную библиотеку напротив Libraries и посадочное место.

При необходимости можно добавить несколько посадочных.

При выделении контакта в окне редактора УГО, например, второго (рисунок 47) автоматически выделяется контактная площадка посадочного места в окне предпросмотра посадочных мест. Это очень удобно при проверке выводов.

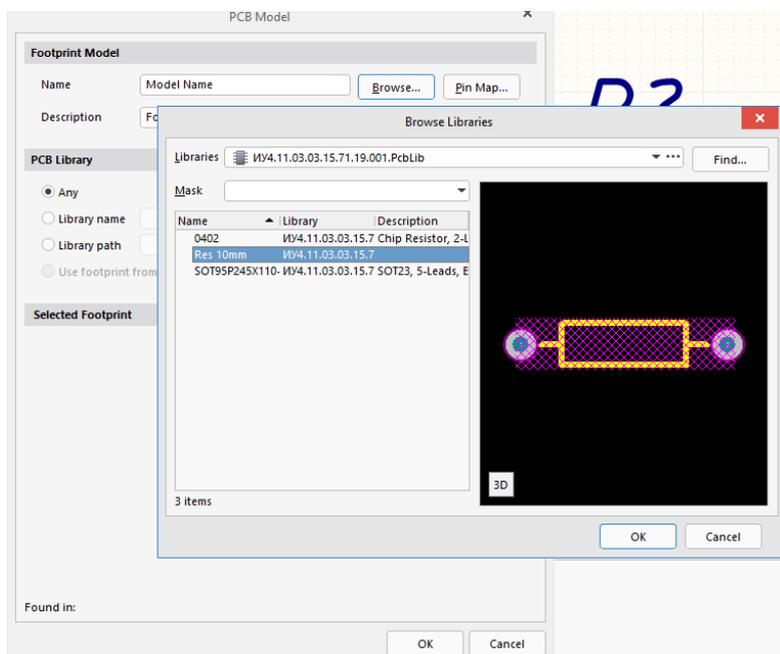


Рис. 46. Подключение посадочного места

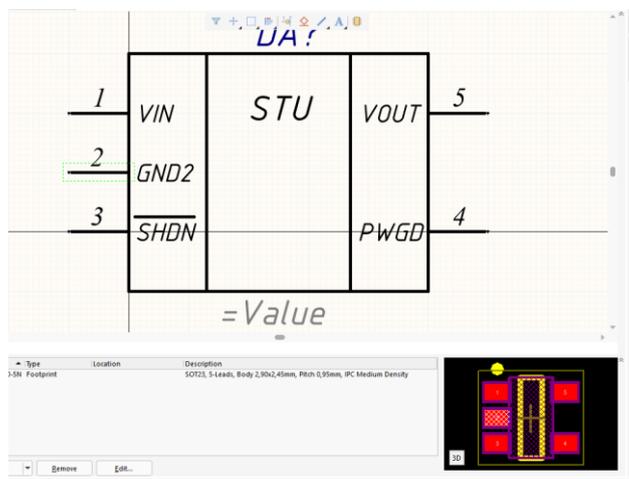


Рис. 47. Проверка выводов

В ходе работы был получен опыт работы с инструментом редактор ПП при создании библиотеки посадочных мест. Получен навык создания посадочных мест для компонентов и их последующей привязкой к элементам УГО.

## 4. Создание схемы электрической принципиальной

### 4.1. Добавление файла Schematic в проект

Для создания файла Schematic нажимаем правой кнопкой мышки на имя проекта в панели проектов. Выбираем Add New to Project/Schematic как показано на рисунке 48.

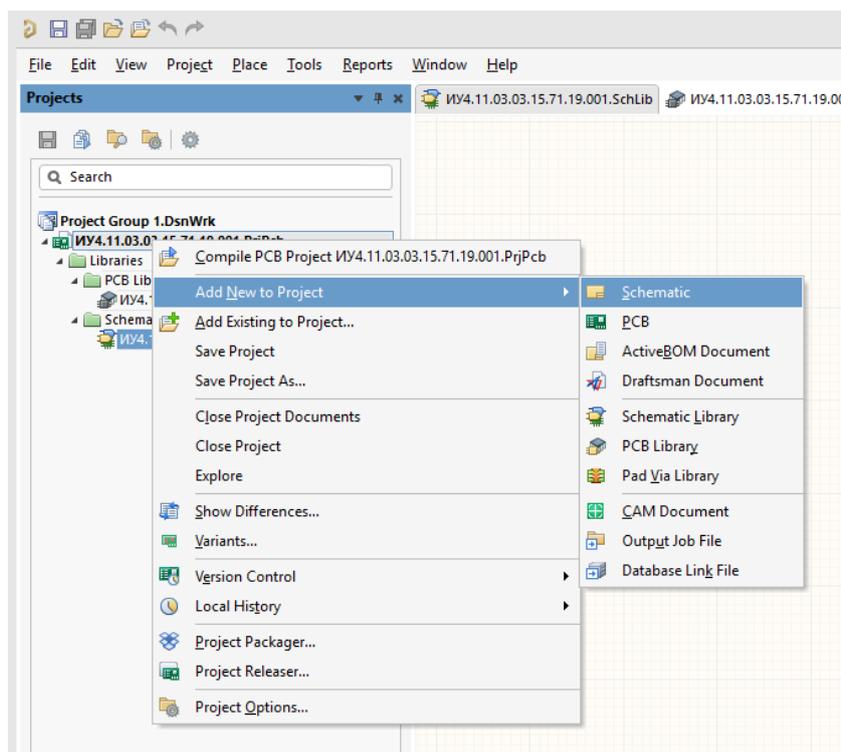


Рис. 48. Создание файла схемы ЭЗ

### 4.2. Создание шаблона Schematic

Добавляем в проект файл Schematic. Правой кнопкой мышки щелкаем на файл и выбираем сохранить как (Save As...). Тип файла выбираем «Advances Schematic template (\*.SchDot)».

Вначале следует выставить метрические единицы измерения. Для этого в панели Properties в разделе Units устанавливаем mm. В разделе Page Options выбираем Custom и выставляем ширину (Width) и высоту (Height) листа согласно требуемому формату (ГОСТ 2.301-68). Снимаем галочки напротив Title Block и Show Zones. На рисунке 49 приведен пример настройки листа под формат А3.

Далее из панели примитивов (рисунок 50) выбираем линию и рисуем рамку и основную надпись по ГОСТ 2.104-2006. Поворот примитивов осуществляется по надатии пробела. Должно получиться как на рисунке 51. Сохраняем.

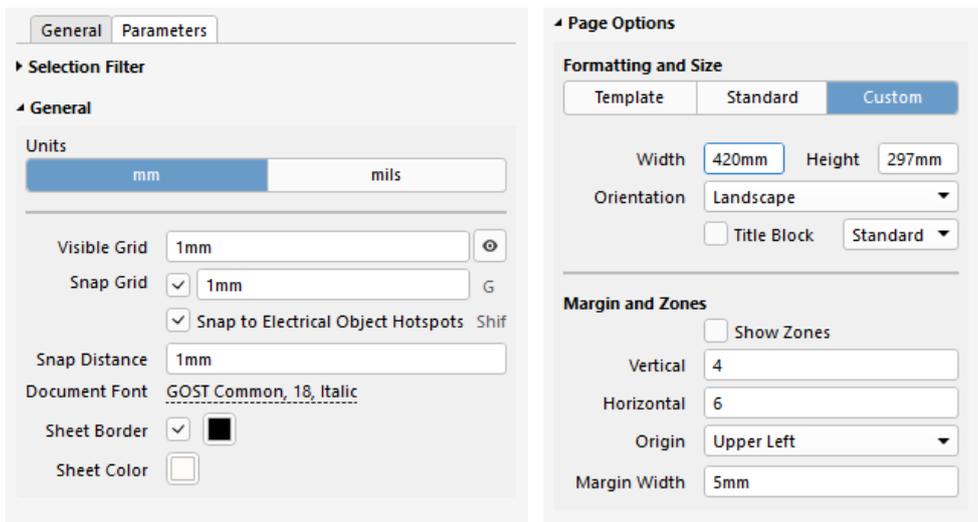


Рис. 49. Настройки Schematic



Рис. 50. Панель примитивов

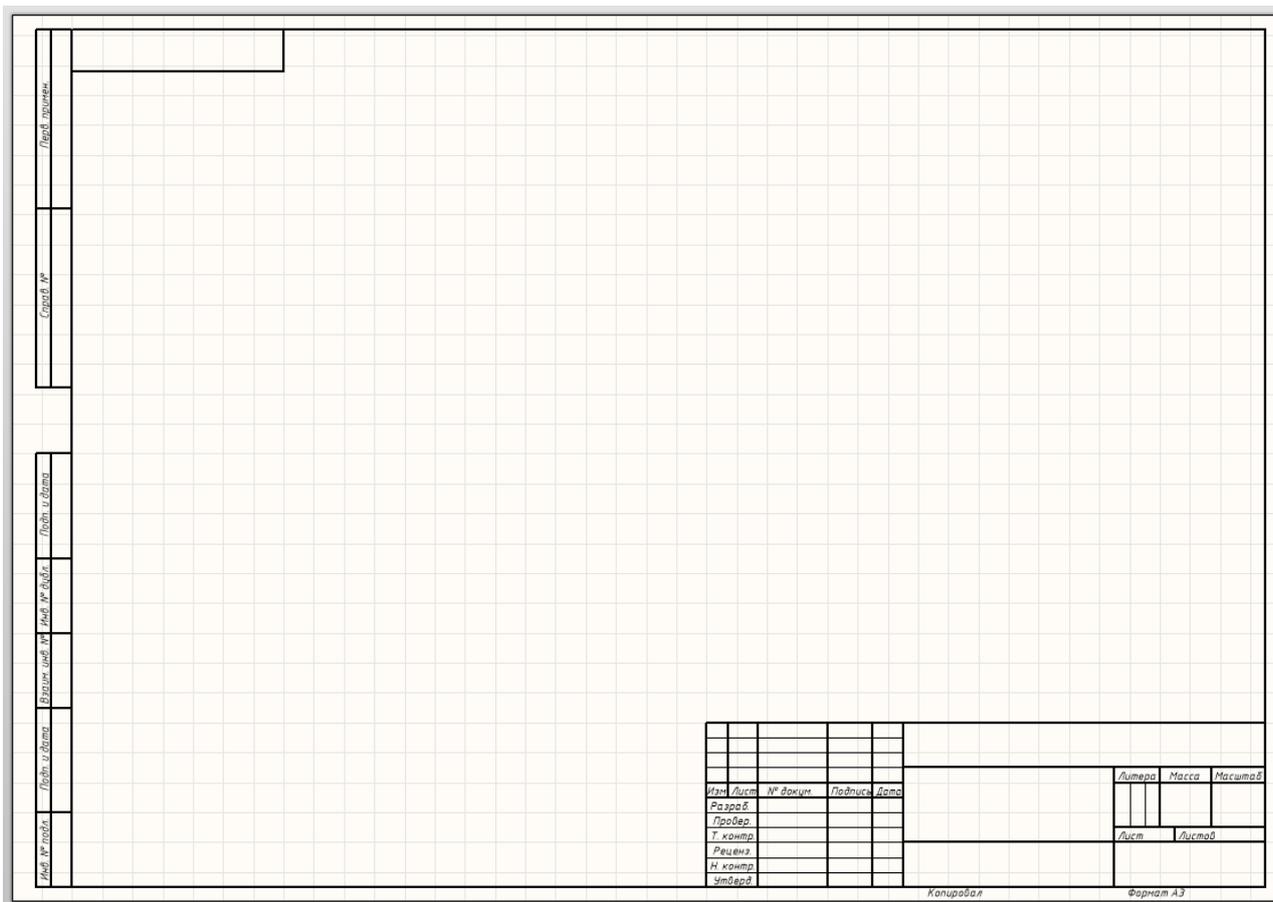


Рис. 51. Шаблон Schematic

### 4.3. Создание схемы в Schematic

Добавив файл в схематик в панели меню выбираем Design/Templates/Project Templates/Choose a File... и выбираем требуемый шаблон.

Переключение шага сетки происходит по кнопке G (По умолчанию).

В панели Components выбираем библиотеку УГО (\*.SchLib) (рисунок 52)

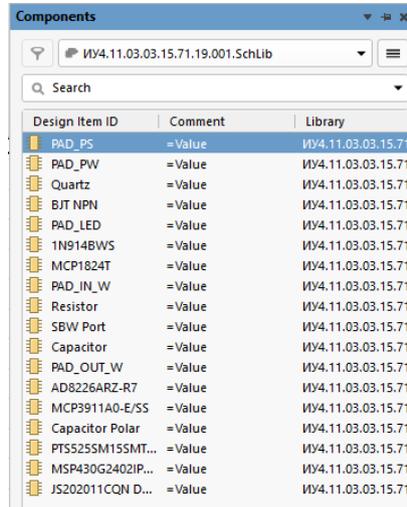


Рис. 52. Компоненты из библиотеки

Выделяем компонент и перетаскиваем на лист.

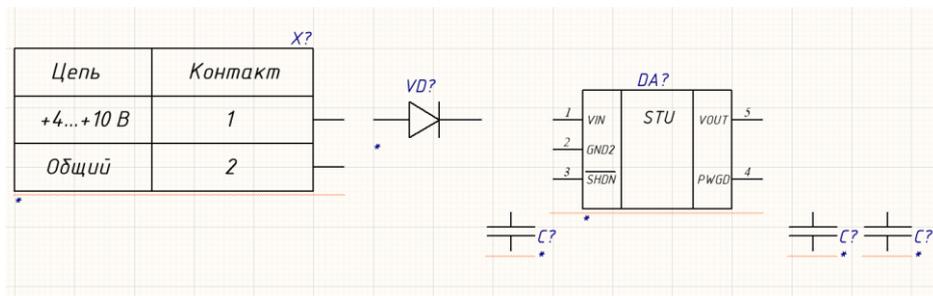


Рис. 53. Компоненты на листе

С помощью примитива проводника (Wire) на панели примитивов соединяем выводы нужных компонентов. Цвет проводника настраивается при нажатии Tab, когда выбран проводник.

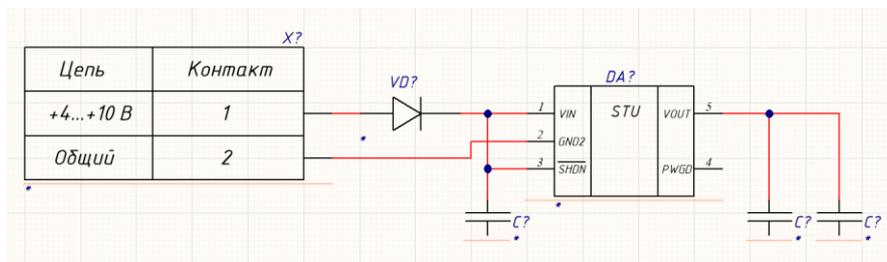


Рис. 54. Соединение компонентов

При необходимости можно размещать порты питания и земли. В панели примитивов выбираем GND Power Port, нажимаем Tab.

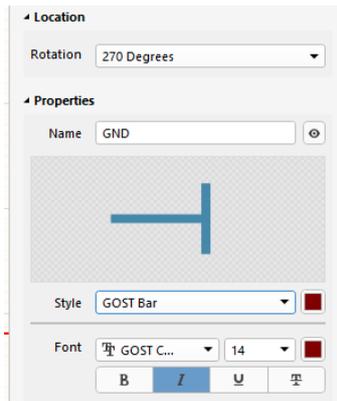


Рис. 55. Настройки порта

В поле Name вводится название цепи, например, GND, VCC и т.д.

В поле Style выбирается стиль порта. Для питания GOST Arrow, и для земли, в зависимости от схемы – GOST Bar, GOST Power Ground и GOST Earth.

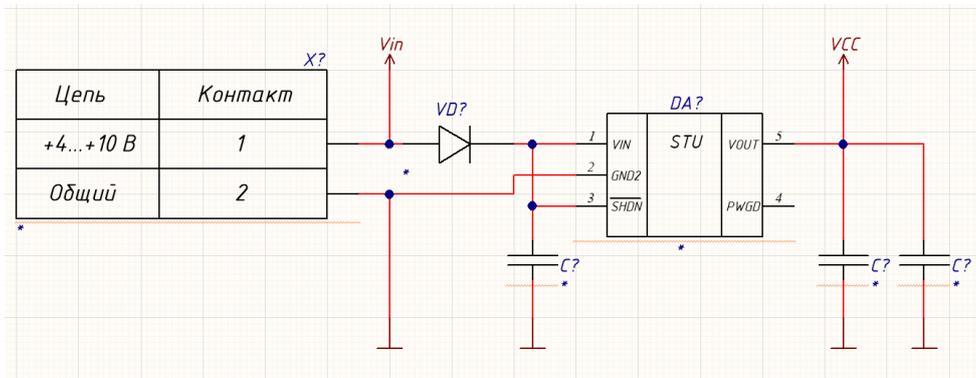


Рис. 56. Использование портов

По завершении расстановки и соединений всех компонентов нужно настроить параметры элементов.

Во вкладке General в поле Footprint можно выбрать посадочное место

У резисторов в вкладке Parameters в атрибуте Value вводим его номинал, в Case – корпус, в данном случае типоразмер 0402.

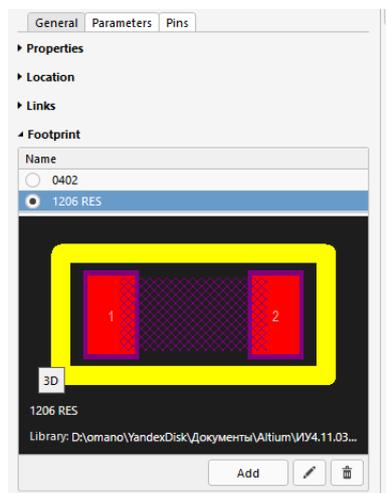


Рис. 57. Настройка компонентов

У микросхем в поле Value вводится модель.

Далее нужно придать компонентам уникальные имена. В панели меню выбираем Tools/Annotation/Annotate Schematics Quietly... Появится окно подтверждения, нажимаем Yes. Программа сама присвоила позиционные обозначения, заменив «?» цифрой.

Чтобы сбросить автоматически установленные номера Tools/Annotation/Reset Schematics designators...

Если в схеме присутствуют компоненты, некоторые выводы, которые не коммутируются в схеме, на них нужно поставить примитив Generic No ERC. Его можно найти в панели примитивов.

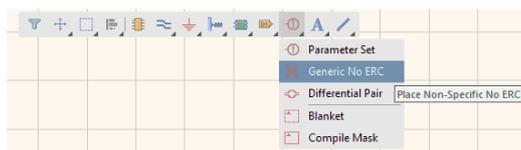


Рис. 58. Примитив Generic No ERC

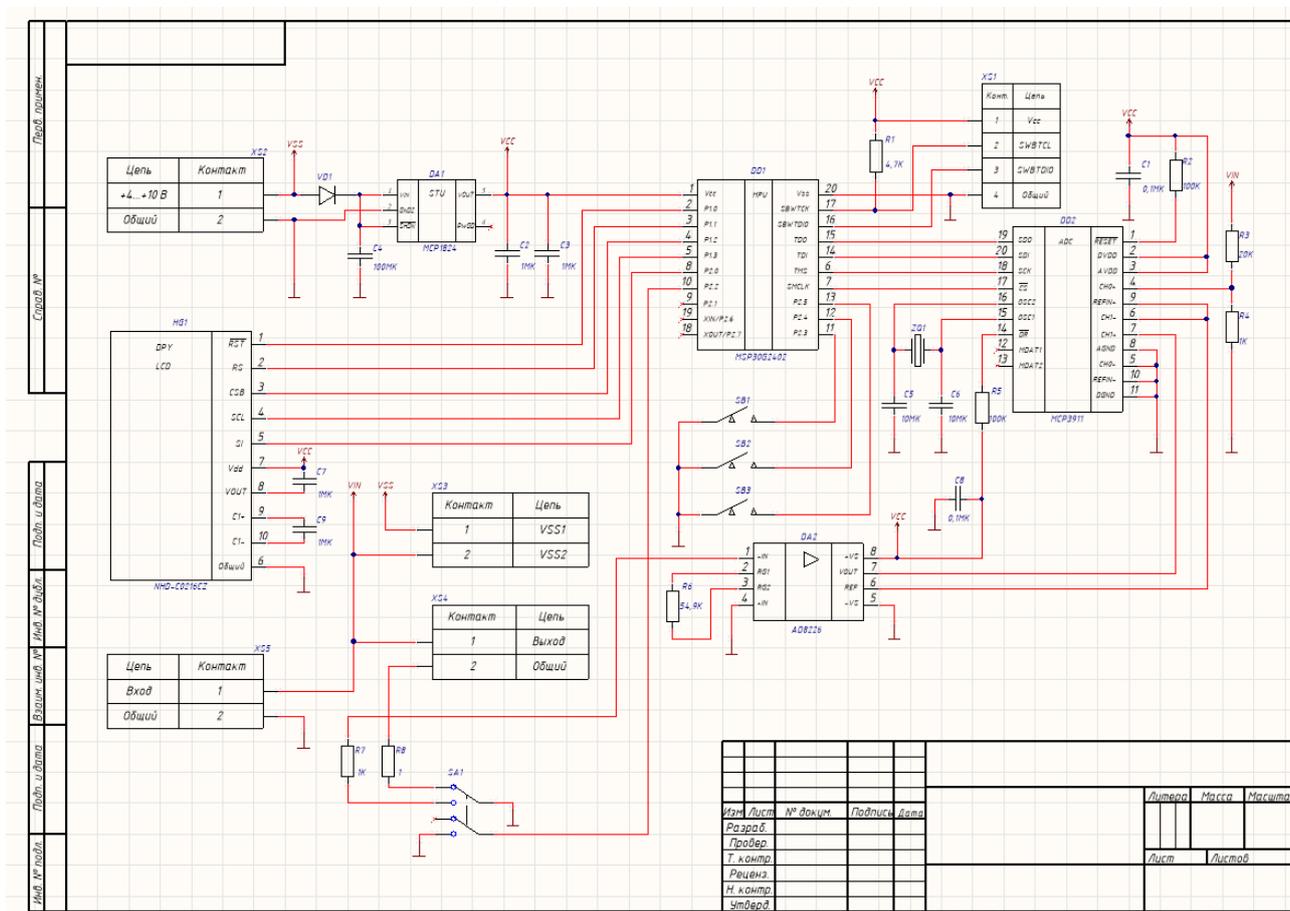


Рис. 59. Пример схемы ЭЗ

Осталось заполнить основную надпись с помощью нескольких примитивов Text String.

При необходимости обновить компоненты на схеме из библиотеки достаточно выбрать в панели меню Tools/Update From Library. Откроется окно, как показано на рисунке

60. В Schematics Sheets выбирается файл Schematic, в котором нужно обновить компоненты. В Settings используются дополнительные настройки. В Component Types выбираются какие компоненты нужно обновить.

После выбора настроек можно сразу нажать Finish, или при необходимости перейти к следующему шагу (Next) и указать какие действия применить к какому компоненту. После нажатия кнопки Finish появится окно Engineering Change Order, в котором нужно последовательно нажать кнопки Validate Changes – проверяет возможность изменения компонента и Execute Changes – применить изменения.

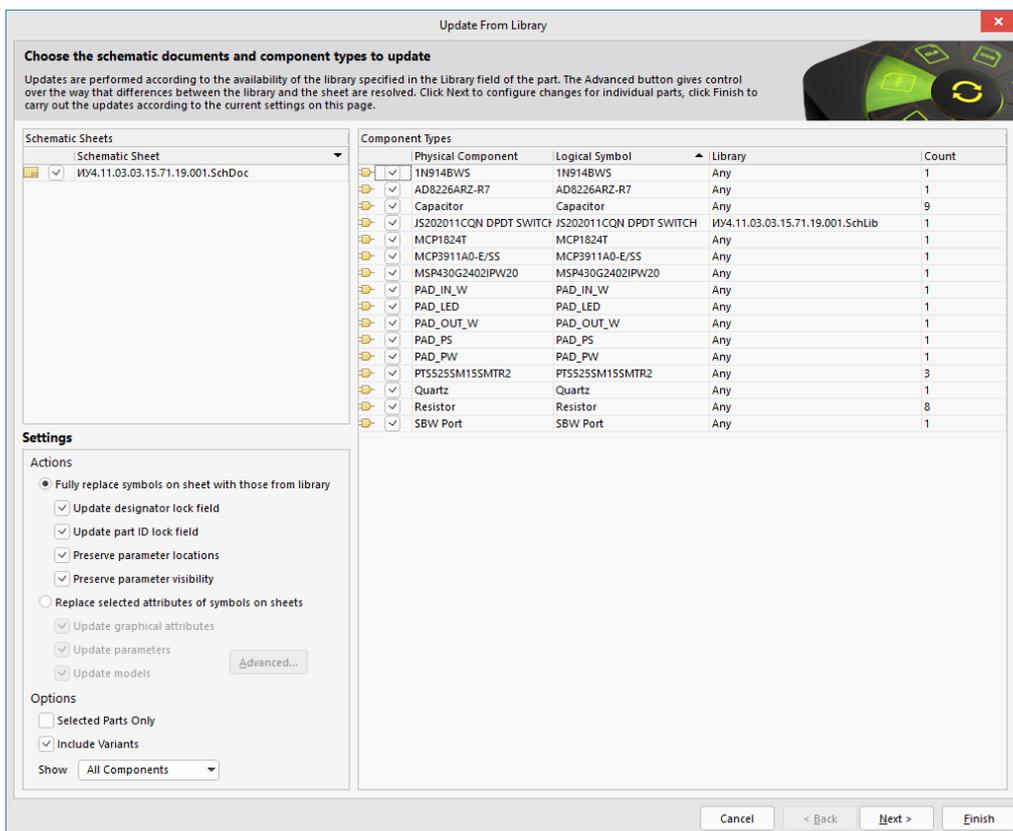


Рис. 60. Обновление компонентов из библиотеки

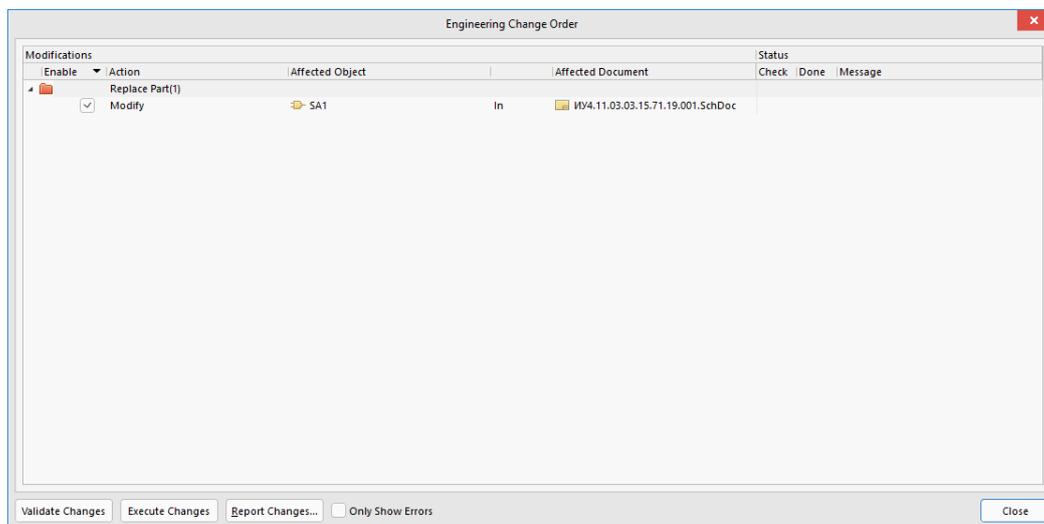


Рис. 61. Проверка и применение изменений

В панели Projects можно найти список всех компонентов и цепей.

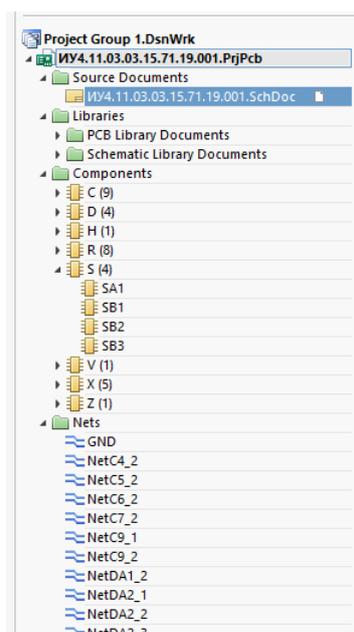


Рис. 62. Список компонентов и цепей

В рамках раздела проанализированы принципы работы с инструментом редактор схем. Получен навык создания шаблонов Schematics и разработки схемы электрической принципиальной. Описана методика разработки схемы электрической принципиальной.

## 5. Разработка печатной платы

### 5.1. Добавление файла ПП в проект

Для создания файла ПП нажимаем правой кнопкой мышки на имя проекта в панели проектов. Выбираем Add New to Project/PCB как показано на рисунке 63.

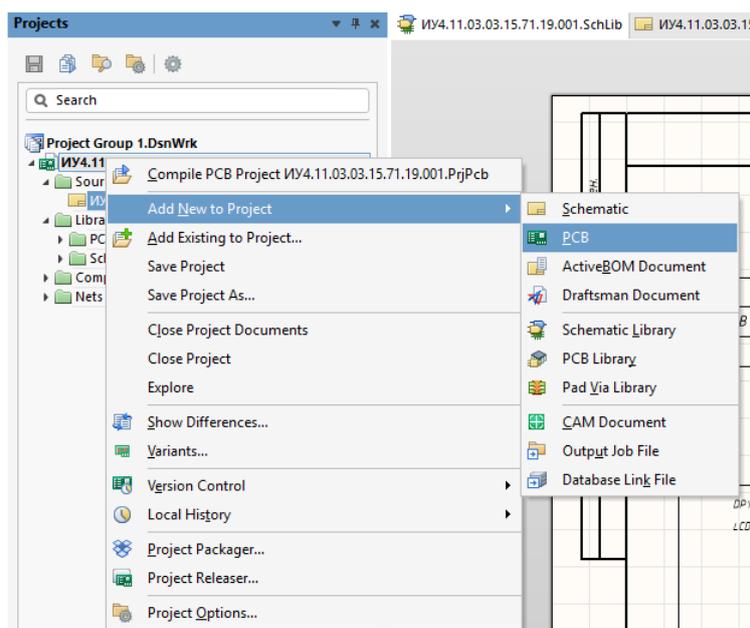


Рис. 63. Добавление файла ПП

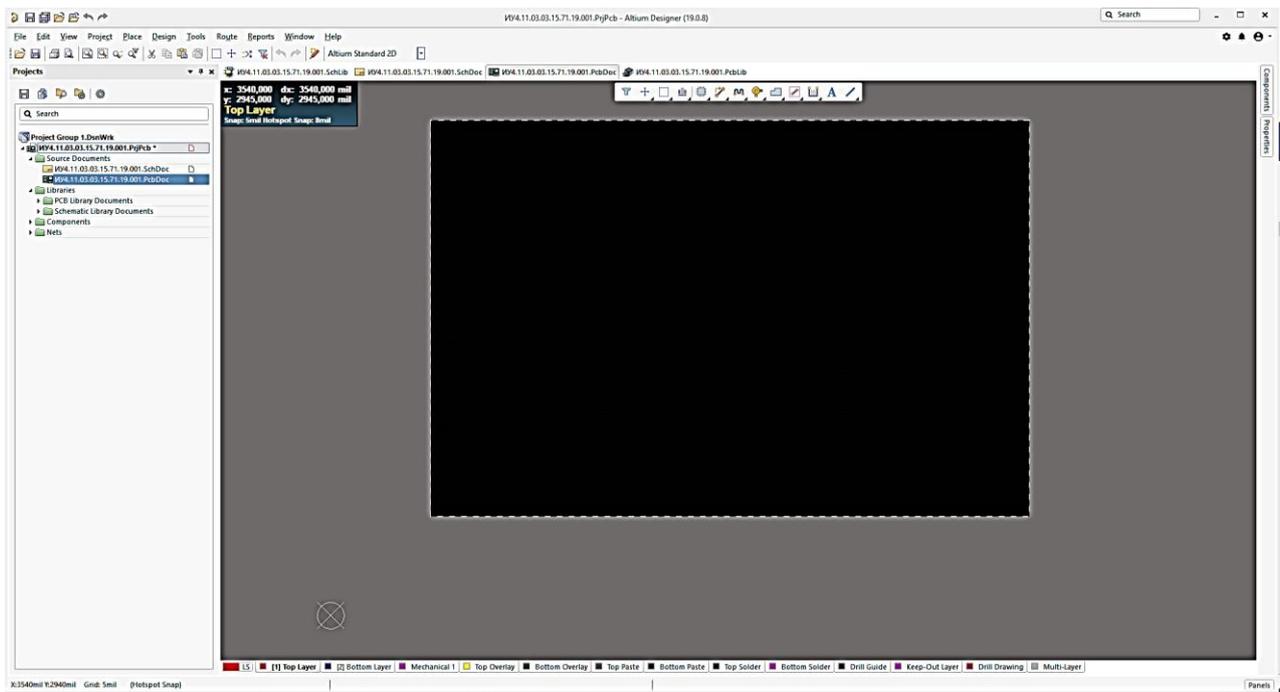


Рис. 64. Окно редактора ПП

Незабываем сохранить файл. Перед нами откроется окно редактора ПП.

## 5.2. Настройки редактора ПП

В панели Properties в разделе Units выбираем систему измерений. В разделе Grid Manager настраиваем сетку.

Теперь настроим правила проектирования ПП. Нажимаем на панели меню Design/Rules... Откроется окно установки правил проектирования PCB Rules and Constraints Editor.

Пробежимся по некоторым разделам:

- Electrical/Clearance – определяет минимально допустимый зазор между любыми двумя металлизированными объектами, в том числе проводниками. Определяется классом точности ПП;

- Electrical/Short-Circuit – проверяет наличие короткого замыкания различных цепей;

- Routing/Width – задает минимальную, рекомендуемую и максимальную ширину проводников и дуг на медном слое;

- Mask/SoldermaskExpansion – задает расстояние наложения паяльной маски на контактную площадку;

- Manufacturing/HoleSize – задает минимальный и максимальный допустимые диаметры отверстий

- Manufacturing/HoleToHoleClearance – задает минимальное расстояние между отверстиями.

- Manufacturing/SilkToSilkClearance – задает минимальное расстояние между двумя рисунками шелкографии.

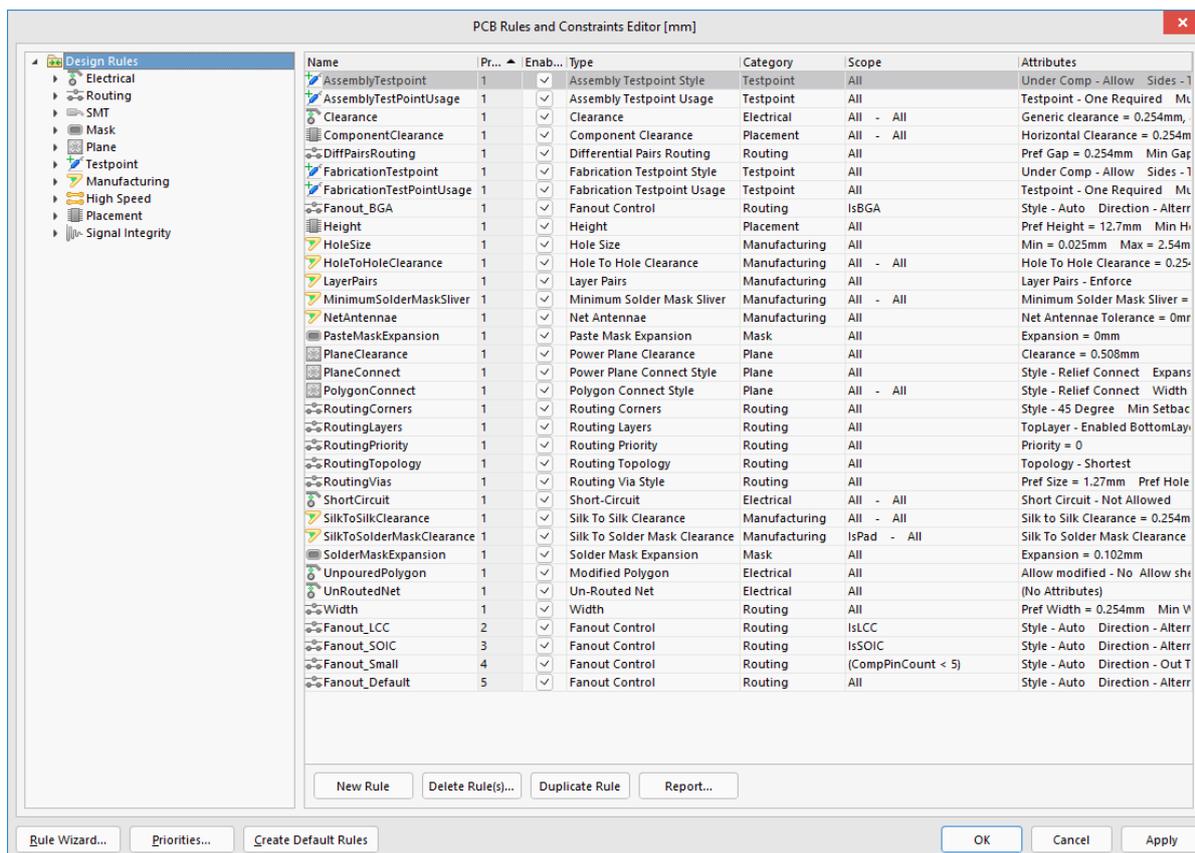


Рис. 65. Окно установки правил проектирования

-Placement/ComponentClearance – задает минимальные зазоры между двумя компонентами.

-Placement/Height – задает максимальную высоту компонентов.

Теперь становим начало координат. В панели меню выбираем Edit/Origin/Set и нажимая левой кнопкой мышки на рабочем полу устанавливаем начало координат.

Далее нажав на кнопку «L» откроется панель конфигурации слоев. Как и во многих аналогичных САПР в редакторе плат работа ведется по слоям:

- Signal and Plane Layers – Сигнальные слои, предназначенные для формирования рисунка топологии ПП и экранные слои, предназначенные для проводников в виде полигонов (Земли и питания);

- Component Layer Pairs – слои, используемые в производстве ПП. Top Overlay и Bottom Overlay – верхний и нижний слои шелкографии. Top Solder и Bottom Solder – слои защитных паяльных масок на верхней и нижней стороне ПП. Top Paste и Bottom Paste – слои трафаретов для нанесения припойной пасты на верхнюю и нижнюю стороны платы.

- Mechanical Layer – слои общего назначения. Доступно 32 слоя.

- Over Layers – дополнительные слои, информация которых может быть использована при производстве.

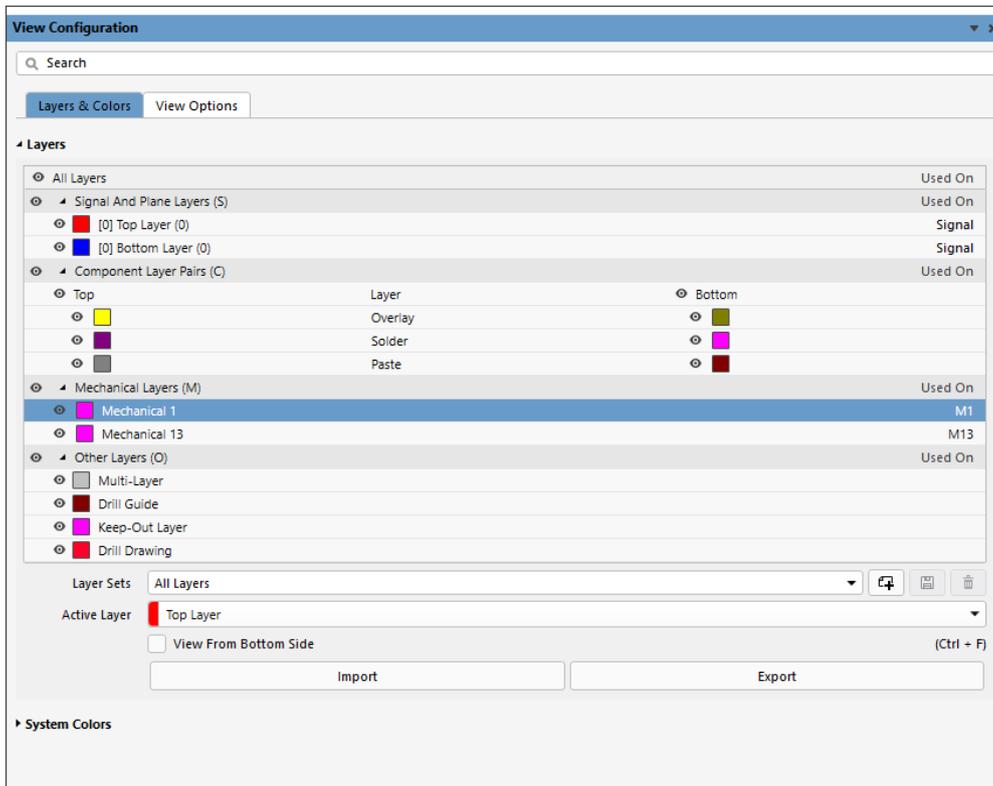


Рис. 66. Панель настройки слоев

Чтобы изменить количество слоев ПП, нужно в панели меню выбрать Design/Layer Stack Manager... Откроется окно настройки слоев (рисунок 67)

#	Name	Material	Type	Thickness	Weight	Dk	Df
	Top Overlay		Overlay				
	Top Solder	Solder Resist	Solder Mask	0,01mm		3,5	
1	Top Layer		Signal	0,036mm	1oz		
	Dielectric 1	FR-4	Dielectric	0,32mm		4,8	
2	Bottom Layer		Signal	0,036mm	1oz		
	Bottom Solder	Solder Resist	Solder Mask	0,01mm		3,5	
	Bottom Overlay		Overlay				

Рис. 67. Окно настройки слоев

Для добавления слоев щелкните правой кнопкой мышки на слой текстолита FR-4, в Insert layer below выберите Signal для создания сигнальных слоев или Plane для создания полигонов.

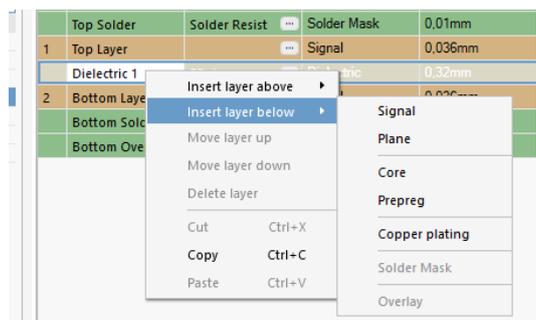


Рис. 68. Добавление слоев

Программа автоматически добавит слой препрега между двумя сигнальными слоями.

#	Name	Material	Type	Thickness	Weight	Dk	Df
	Top Overlay		Overlay				
	Top Solder	Solder Resist	Solder Mask	0,01mm		3,5	
1	Top Layer		Signal	0,036mm	1oz		
	Dielectric 2	PP-006	Prepreg	0,071mm		4,1	0,02
2	Layer 1	CF-004	Signal	0,035mm	1oz		
	Dielectric 1	FR-4	Dielectric	0,32mm		4,8	
3	Layer 2	CF-004	Signal	0,035mm	1oz		
	Dielectric 3	PP-006	Prepreg	0,071mm		4,1	0,02
4	Bottom Layer		Signal	0,036mm	1oz		
	Bottom Solder	Solder Resist	Solder Mask	0,01mm		3,5	
	Bottom Overlay		Overlay				

Рис. 69. Результат добавления слоев

Так же можно выбрать заранее готовый вариант Tools/Presets и выбрать один из предлагаемых вариантов ПП.

### 5.3. Разработка ПП

Создадим очертания будущей платы. С помощью примитива линия нарисуем контур ПП на слое Mechanical 1.



Рис. 70. Контур ПП

Аналогично, можно задать контур платы с помощью примитива дуга (Arc).

Далее выделим весь контур и выберем Design/Board Shape/Define from selected objects. Плата обрежется по выделенному контуру.



а)



б)

Рис. 71. ПП а) в режиме редактирования, б) в 3D виде

Для переключения режима просмотра в 3D нужно нажать кнопку «3», и вернуться обратно «2».

Далее встает задача о переносе созданной в Schematics схемы на плату. Для этого в панели меню выбираем Design/Import Changes From «Имя проекта».

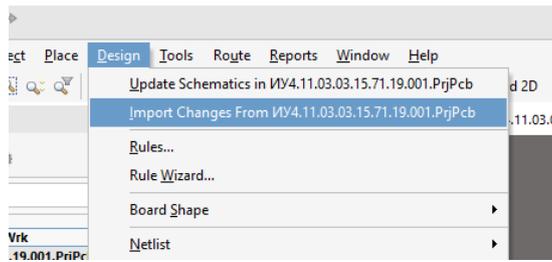


Рис. 72. Импорт схемы

После этого откроется окно Engineering Change Order, в котором представлен полный список всех элементов и цепей нашего проекта.

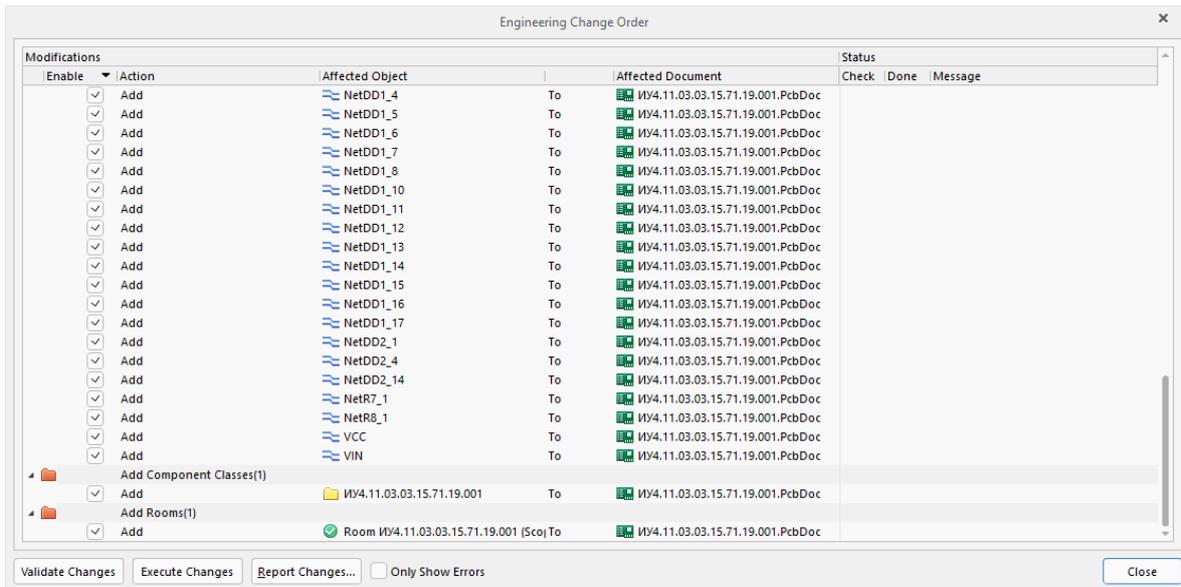


Рис. 73. Окно Engineering Change Order

Для завершения переноса нажимаем Validate Changes и Execute Changes и закрываем окно.

В результате появится комната, наполненная компонентами. Комнату можно отодвинуть так, чтобы не мешала размещению компонентов. Зелеными линиями показаны линии связи. По ним удобно ориентироваться при соединении проводниками выводов компонентов.

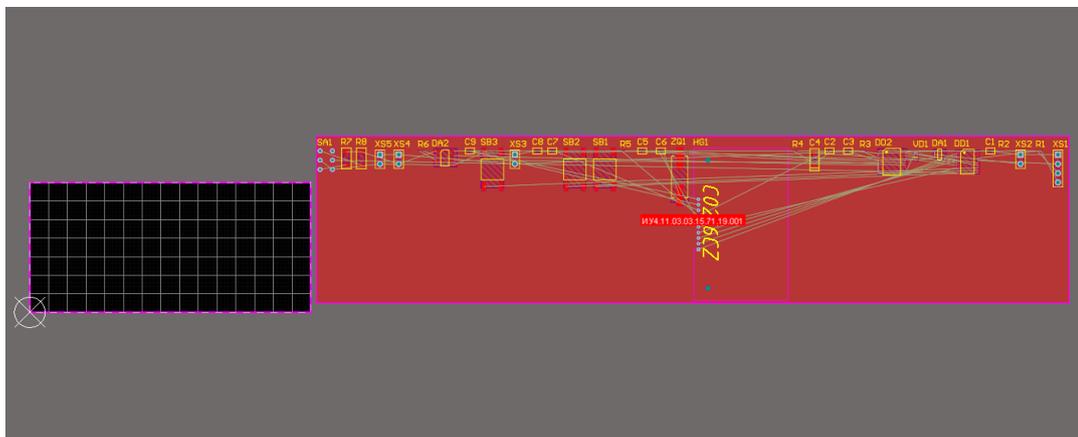


Рис. 74. Комната с компонентами

Далее поочередно переносим компоненты на плату. Для переноса элемента на другой слой используется сочетание клавиш «Shift + L», для поворота – пробел. «Shift + S» переключает режим представления слоев.

Задача размещения элементов на плате бывает трудной, поскольку необходимо учесть не только схемотехническое решение и конструктивные особенности, но и минимизировать длину проводников. Перед тем, как разводить плату, сначала нужно расставить элементы, связанные с эргономикой устройства (кнопки, дисплеи, разъемы и т.д.). Затем, ориентируясь по линиям связи расставлять остальные компоненты. Пример расстановки элементов на плате приведен на рисунке 75.

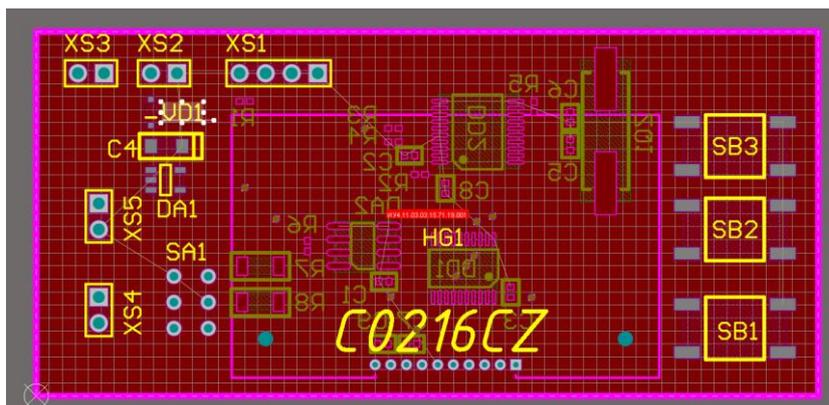


Рис. 75. Плата с размещенными компонентами

С помощью сочетания клавиш «Ctrl + W» включается режим размещения проводника. Во время проведения проводника доступны 7 режимов трассировки:

- Ignore Obstacle – игнорирование препятствий, не соблюдаются правила трассировки;
- Push Obstacle – все встречающиеся элементы топологии расталкиваются с учетом правил трассировки;
- Walkaround Obstacle – огибание препятствий с учетом правил;
- HugNPush Obstacle – огибает препятствия и расталкивает при отсутствии возможности огибания препятствия;
- StopAtFirst Obstacle – прекращает дальнейшую трассировку проводника при столкновении с препятствием;
- AutoRoute Current Layer и AutoRoute Multilayer – режим при котором программа сама выбирает режим трассировки из первых пяти.

В режиме размещения проводника выберите начальную контактную площадку и нажмите сочетание клавиш «Shift + R». В информационном окне отображаются текущие координаты под курсором мышки, смещение от начала трассировки, слой, режим трассировки и параметры проводника.



Рис. 76. Информационное окно

Менять толщину (минимальная, рекомендуемая и максимальная) можно используя клавишу «3». Менять зазор между проводниками с помощью клавиш «<» и «>».

Также имеется инструмент, позволяющий размещать дифференциальные пары с учетом их особенностей и требований. С помощью примитива Polygon Plane можно размещать полигоны на плате. При добавлении полигона и указания к какой цепи подключиться, программа автоматически вырезает полигон на проводниках и создает соединения с контактными площадками той же цепи. Примитив Cutout Region вырезает из полигона указанный кусок 3.

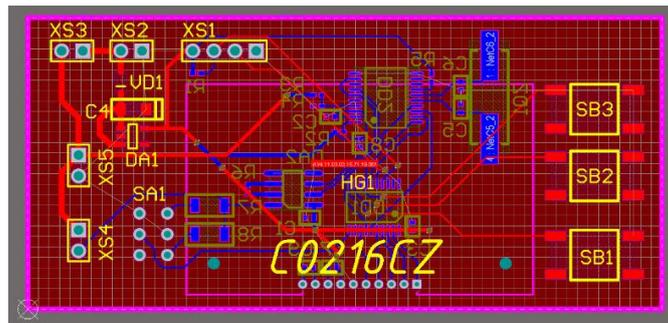


Рис. 77. Разведенная плата без полигона

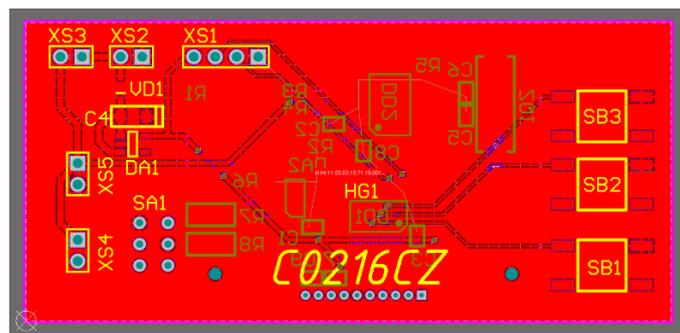


Рис. 78. Разведенная плата с полигоном

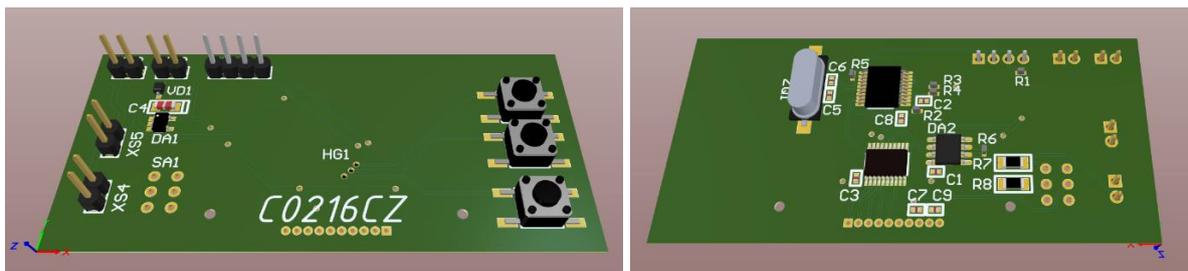


Рис. 79. 3D вид спроектированной платы

В рамках раздела проанализированы принципы работы с инструментом редактор печатных плат. Получен навык трассировки печатных плат.

## 6. Работа с OUTPUT JOB FILE

### 6.1. Добавление генератора отчетов

Для создания файла генератора отчетов нажимаем правой кнопкой мышки на имя проекта в панели проектов. Выбираем Add New to Project/Output Job File как показано на рисунке 80.

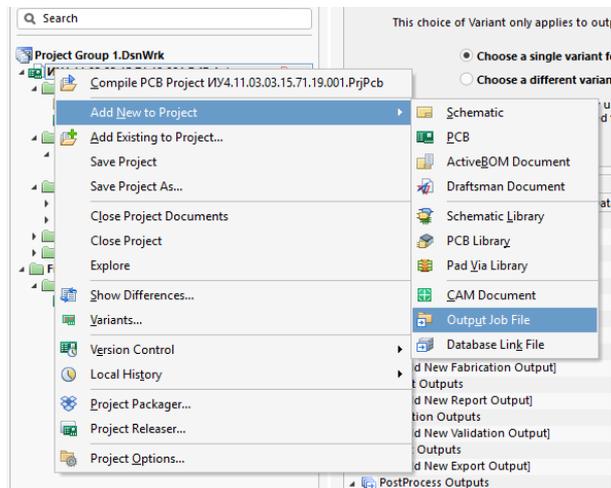


Рис. 80. Добавление генератора отчетов

Окно генератора выходных файлов представлено на рисунке 81.

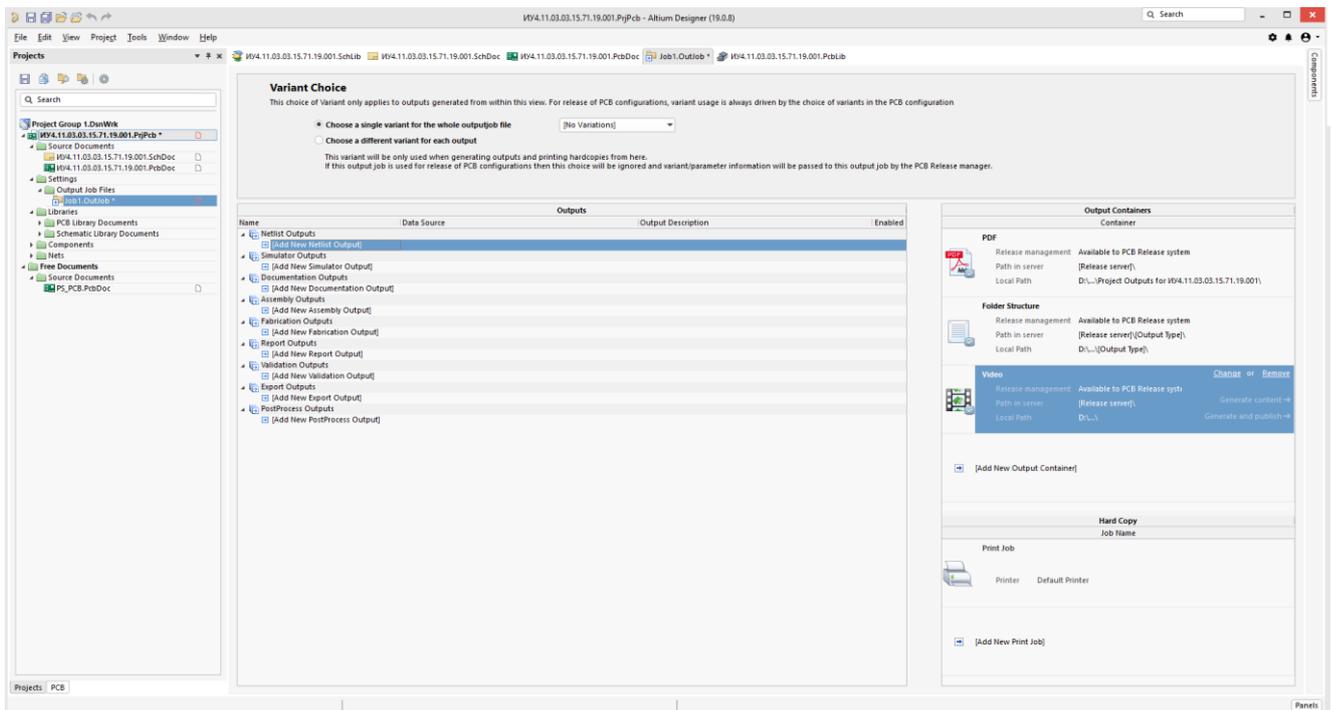


Рис. 81. Окно Output Job File

### 6.2. Вывод GERBER файлов

Для вывода Gerber файлов нажимаем на Add New Fabrication Output/Gerber Files/«Имя файла ПП».

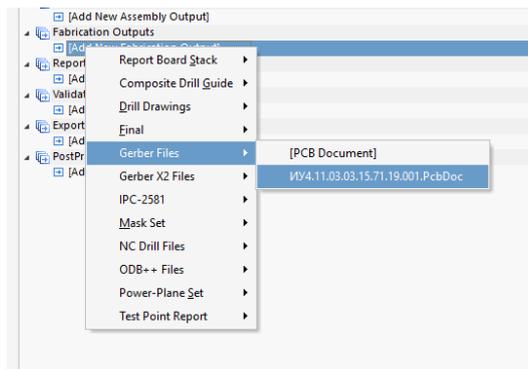


Рис. 82. Вывод Gerber файлов

Далее нажав правой кнопкой мышки и выбрав Configure... устанавливаем параметры, согласно рисункам 83 и 84.

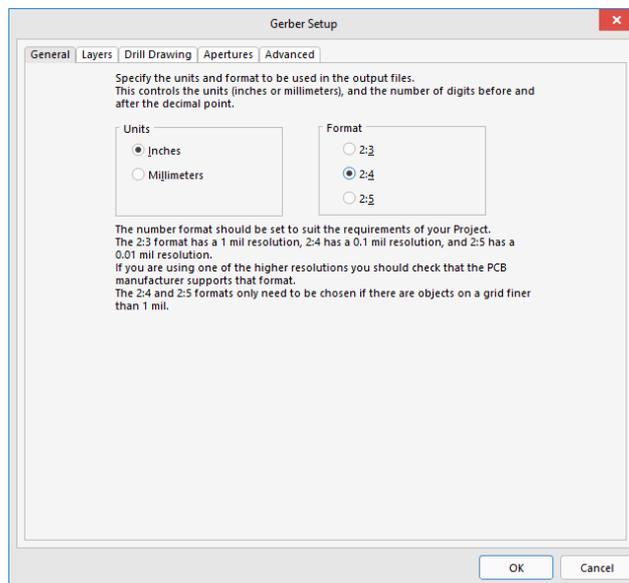


Рис. 83. Настройки Gerber файлов (General)

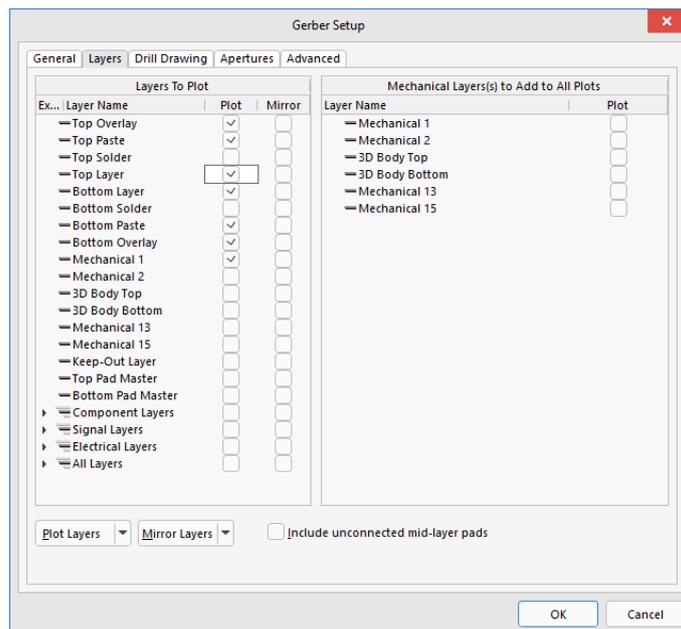


Рис. 84. Настройки Gerber файлов (Layers)

Для вывода NC Drill файлов нажимаем на Add New Fabrication Output/NC Drill Files/«Имя файла ПП».

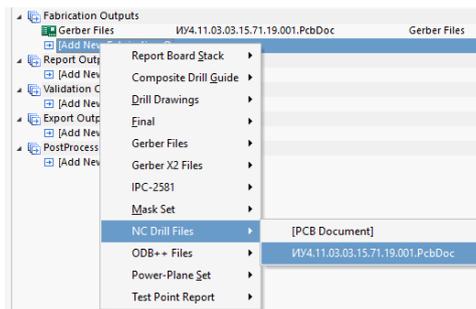


Рис. 85. Вывод NC Drill

И настраиваем согласно рисунку 86.

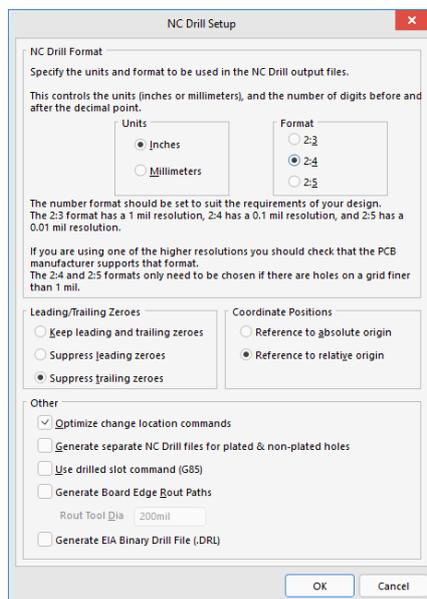


Рис. 86. Настройка NC Drill

Далее в Output Containers добавляем New Folder Structure.

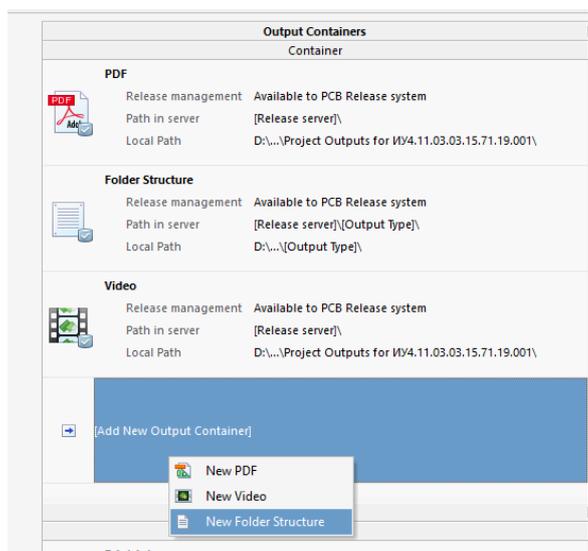


Рис. 87. Добавление папки для Gerber файлов и NC Drill

Нажимаем по окружности, находящийся в колонке Enabled.

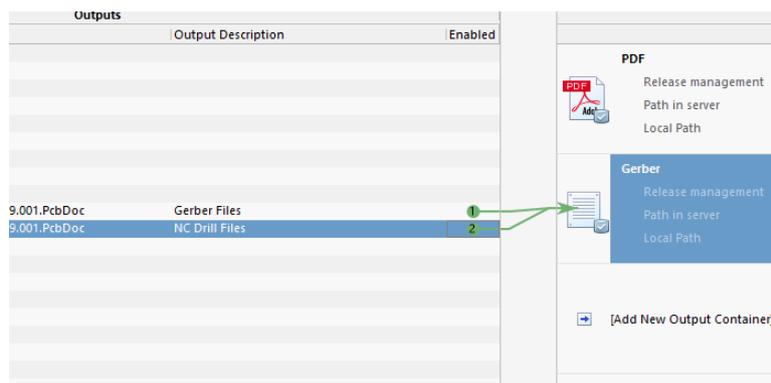


Рис. 88. Экспорт Gerber и NC Drill файлов

Нажимаем Generate content. В папке с проектом создадутся папки с соответствующими названиями.

В зависимости от компании производителя ПП вышеуказанные настройки могут не соответствовать требованиям. Необходимо заранее узнать требования к Gerber и NC Drill файлам.

## Заключение

Результатом проведения исследования является разработка методики работы в программном пакете Altium Designer. В рамках данной работы проанализирован функциональный набор возможностей САПР Altium Designer, даны рекомендации по типовым настройкам для дальнейшего использования. Кратко проанализированы функции интерфейса и управление его элементами.

Проанализированы основные шаги методики. С помощью редактора схем, пошагово созданы УГО на некоторые компоненты, объединив их в одну библиотеку УГО. Далее использованы компоненты при разработке схемы электрической принципиальной. Сформирован шаблон листа Schematic по стандарту ЕСКД.

Инструментом редактор плат создан для каждого компонента свое посадочное место и связали с компонентами из библиотеки УГО. Из ранее созданной схемы экспортированы компоненты и их связи в редактор ПП. Проанализированы особенности синтеза формы печатной платы, размещения компонентов на плате и проведения ее трассировки. В итоге получен 3D макет ПП. С помощью генератора отчетов экспортируются Gerber для производства ПП на заводе и дальнейшей технологической подготовки производства [17-20].

## Список литературы

1. Гриднев В.Н., Гриднева Г.Н. Проектирование коммутационных структур электронных средств - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. 344 с.
2. Altium NEXUS Documentation: [Электронный ресурс] URL: <https://www.altium.com/documentation/2.0/display/NEXUS/Altium+NEXUS+Documentation> (Дата обращения: 19.01.2019).

3. Мактас М. Я., Бекмухаметов И. М. Проектирование печатных плат в САПР Altium Designer: В 2 ч. Ч. 1. — Ульяновск: УлГТУ, 2014. — 56 с.
4. Гриднев В.Н., Емельянов Е.И., Власов А.И., Карпунин А.А. Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER: Управление проектом // Датчики и системы. 2016. № 6 (204). С. 46-52.
5. Гриднев В.Н., Емельянов Е.И., Власов А.И., Леонидов В.В. Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER // Датчики и системы. 2016. № 5 (203). С. 28-36.
6. Гриднев В.Н., Григорьев П.В., Емельянов Е.И., Камышная Э.Н. Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER. Разработка библиотеки посадочных мест // Датчики и системы. 2016. № 7 (205). С. 33-41.
7. Арабов Д.И., Гриднев В.Н., Емельянов Е.И., Леонидов В.В. Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER. Разработка библиотеки компонентов // Датчики и системы. 2016. № 8-9 (206). С. 42-51.
8. Власов А.И., Гриднев В.Н., Жалнин В.П., Емельянов Е.И. Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER. Схемотехническое проектирование // Датчики и системы. 2016. № 10 (207). С. 37-45.
9. Камышная Э.Н., Маркелов В.В., Соловьев В.А. Формальное представление электрических принципиальных схем для решения задач автоматизированного проектирования электронной аппаратуры - Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. 44 с.
10. Камышная Э.Н., Маркелов В.В., Соловьев В.А. Программное обеспечение конструкторских расчетов РЭС и ЭВС - Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2000. Том 4. Расчет надежности. 32 с.
11. Власов А.И., Гриднев В.Н., Жалнин В.П., Емельянов Е.И. Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER. Топологическое проектирование // Датчики и системы. 2016. № 11 (208). С. 28-39.
12. Власов А.И., Гриднев В.Н., Жалнин В.П., Емельянов Е.И. Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER. Синтез проекта коммутационной структуры // Датчики и системы. 2016. № 12 (209). С. 34-45.
13. Гончаренко А.М., Курносенко А.Е., Костиков В.Г., Лавров А.В., Соловьев В.А. Сквозное проектирование сборок на печатных платах с применением систем ALTIUM DESIGNER и SOLID WORKS // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2015. № 12. С. 62-71.

14. Гриднев В.Н., Миронова Ж.А., Шахнов В.А. Обеспечение качества компоновки монтажных контактных площадок высокоплотной коммутационной платы // Надежность и качество сложных систем. 2014. № 4 (8). С. 19-25.
15. Миронова Ж.А., Шахнов В.А., Гриднев В.Н. Высокоплотная компоновка проводящего рисунка многослойных коммутационных плат // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Приборостроение. 2014. № 6 (99). С. 61-70.
16. Гриднев В.Н., Кондаков Н.А., Трошина Д.П., Фатхутдинов Т.М. Анализ проектирования многослойных печатных плат // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2018. Т. 2. С. 139-142.
17. Гриднев В.Н., Жалнин В.П., Козлова А.Ю. Комплексная методика автоматизированного технологического проектирования в среде САМ350 // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2017. № 2 (166). С. 55-66.
18. Власов А.И., Гриднев В.Н., Милешин С.А., Козлова А.Ю. Маршрут технологической подготовки производства печатных плат в среде САМ350 // Технологии инженерных и информационных систем. 2017. № 1. С. 14-45.
19. Аминев Д.А., Захаров Е.Р., Семенякина В.О., Бортник Б.Ю. Особенности применения технологии обратного высверливания при создании печатных плат // Технологии инженерных и информационных систем. 2018. № 4. С. 27-35.
20. Зимин Д.В., Гриднев В.Н. Обеспечение качества проектирования многослойных печатных плат при конструировании ВЧ-устройств // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2017. Т. 2. С. 183-186.