

Владимирский государственный университет

Н. И. КРАМАРЕНКО

ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Лабораторный практикум

Владимир 2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Н. И. КРАМАРЕНКО

ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Лабораторный практикум

Электронное издание



Владимир 2025

ISBN 978-5-9984-2002-3

© ВлГУ, 2025

УДК 621.396.6
ББК 32.85

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор
зав. кафедрой электроники, приборостроения и биотехнических систем
Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
К. В. Татмышевский

Кандидат технических наук, доцент
руководитель проектов АО «Кобра»
С. И. Кучин

Издается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

Крамаренко, Н. И. Основы конструирования электронных средств [Электронный ресурс] : лаб. практикум / Н. И. Крамаренко ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2025. – 92 с. – ISBN 978-5-9984-2002-3. – Электрон. дан. (4,51 Мб). – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: Intel от 1,3 ГГц ; Windows XP/7/8/10 ; Adobe Reader ; дисковод CD-ROM. – Загл. с титул. экрана.

Содержит методическое описание и примеры выполнения лабораторных работ. Рассматривает процесс создания библиотек компонентов, проектирование электрических схем, трассировку печатных плат, оформление чертежей.

Предназначено для студентов вузов направлений подготовки 11.03.01 «Радиотехника», 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и 11.02.17 «Разработка электронных устройств и систем» всех форм обучения.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Табл. 3. Библиогр.: 5 назв.

ISBN 978-5-9984-2002-3

© ВлГУ, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Конструкторская документация	6
Схемы.....	7
Чертежи.....	9
Лабораторная работа № 1. ЗНАКОМСТВО СО СРЕДОЙ ALTIUM DESIGNER. ПЕРВИЧНАЯ НАСТРОЙКА И СОЗДАНИЕ ПРОЕКТА.....	11
Лабораторная работа № 2. СОЗДАНИЕ БИБЛИОТЕК УГО	20
Лабораторная работа № 3. СОЗДАНИЕ БИБЛИОТЕК ПОСАДОЧНЫХ МЕСТ	28
Лабораторная работа № 4. РАЗРАБОТКА РАМКИ ЛИСТА А3 СОГЛАСНО ТРЕБОВАНИЯМ ГОСТа.....	47
Лабораторная работа № 5. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ	57
Лабораторная работа № 6. ТРАССИРОВКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ....	64
Лабораторная работа № 7. ВЫПОЛНЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ.....	77
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	90
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	91

ВВЕДЕНИЕ

Современная радиоэлектронная отрасль характеризуется крайне широкой номенклатурой изделий. Вместе с тем в связи с ориентацией современного производства на микроминиатюризацию растет сложность конструкции плат. В этих условиях стремительно развивающейся промышленности и постоянно увеличивающейся сложности электронных устройств требования к инженерной подготовке специалистов становятся все более высокими. Современные изделия требуют приложения значительных усилий на этапах разработки, проектирования и производства, и роль эффективного проектирования возрастает с каждым годом.

Проектирование – это основа создания любого технического изделия, и в сфере электронной промышленности эта стадия производства играет особо важную роль. Грамотно проведенное проектирование позволяет не только повысить функциональные и эксплуатационные характеристики устройства, но и снизить затраты на его производство, сократить сроки разработки и минимизировать вероятность сбоев и неисправностей в процессе эксплуатации.

Ошибки на стадии проектирования могут привести к значительным затратам при производстве и эксплуатации устройства. Устранение дефектов на поздних стадиях может требовать времени и средств, превышающих изначальный бюджет. Использование современных инструментов для автоматизированного проектирования позволяет минимизировать риски, связанные с человеческими ошибками, а также упростить и ускорить процесс создания качественной документации. Благодаря этому инженер может своевременно выявить и устранить потенциальные проблемы, избежать дорогостоящих исправлений и сократить время вывода изделия на рынок.

Компьютерное проектирование также облегчает командную работу, так как позволяет нескольким людям одновременно работать над проектом, делая процесс более гибким и адаптивным к изменениям и корректировкам. Например, использование Altium Designer позволяет не только проектировать электронные схемы и платы, но и интегрировать результаты работы с другими системами автоматизированного проектирования. Это обеспечивает непрерывность работы на всех этапах, начиная от создания схем и заканчивая производством.

Для осуществления вышеназванных процессов применяют специальные пакеты прикладных программ – системы автоматизированного проектирования. Одна из таких систем – Altium Designer, работа с которой рассматривается в данном лабораторном практикуме. Этот инструмент предоставляет инженеру широкие возможности для автоматизированного проектирования – от создания схемы до разработки и подготовки документации для производства печатных плат. Программное обеспечение позволяет реализовать комплексный подход к проектированию, объединяя этапы разработки в единую систему, что повышает точность и скорость работы, минимизирует риск ошибок и обеспечивает высокое качество готового изделия.

Лабораторный практикум направлен на знакомство студентов с основами работы в Altium Designer. В ходе выполнения лабораторных работ будут рассмотрены такие этапы, как создание проекта, разработка библиотек условных графических обозначений (УГО) и посадочных мест, оформление электрических схем, трассировка печатной платы, а также подготовка необходимой проектной документации. Освоение этих навыков – важный этап в становлении компетентного специалиста, способного применять компьютерное проектирование для создания высокотехнологичных изделий, соответствующих современным стандартам.

Конструкторская документация

Конструкторская документация – это совокупность взаимосвязанных документов, которые содержат полную информацию, необходимую для изготовления, контроля, эксплуатации, ремонта и утилизации изделия.

Согласно ГОСТ 2.102-2013 выделяют следующие виды конструкторских документов:

– графические документы:

- чертеж детали;
- сборочный чертеж (СБ);
- чертеж общего вида (ВО);
- теоретический чертеж (ТЧ);
- габаритный чертеж (ГЧ);
- электромонтажный чертеж (МЭ);
- монтажный чертеж (МЧ);
- упаковочный чертеж (УЧ);
- схема (по ГОСТ 2.701);
- электронная модель детали;
- электронная модель сборочной единицы (ЭСБ);
- электронная структура изделия;

– текстовые документы:

- перечень элементов (ПЭ)
- пояснительная записка (ПЗ);
- таблица (ТБ);
- расчет (РР);
- инструкция (И);
- технические условия (ТУ);
- программа и методика испытаний (ПМ);
- эксплуатационные документы (по ГОСТ 2.601);
- ремонтные документы (по ГОСТ 2.602);
- спецификация;
- ведомость спецификаций (ВС);
- ведомость ссылочных документов (ВД);
- ведомость покупных изделий (ВП);
- ведомость разрешения применения покупных изделий (ВИ);

- ведомость держателей подлинников (ДП);
- ведомость технического предложения (ТП);
- ведомость эскизного проекта (ЭП);
- ведомость технического проекта (ТП);
- ведомость электронных документов (ВДЭ).

Схемы

Среди всего многообразия конструкторских документов особое внимание при проектировании электронных устройств следует уделить схемам, а именно электрическим.

По виду элементов различают следующие схемы:

- электрические (Э);
- гидравлические (Г);
- пневматические (П);
- газовые (Х);
- кинематические (К);
- вакуумные (В);
- оптические (Л);
- энергетические (Р);
- схемы деления (Е).

Электрическая схема – это документ, показывающий электрическую взаимосвязь между компонентами и узлами изделия. Она представляет устройство в виде условных графических обозначений компонентов или составных частей изделия, соединенных между собой линиями, обозначающими электрические соединения. Электрические схемы – основной инструмент для описания структуры и работы электронных систем.

Существует несколько видов электрических схем, которые отличаются по уровню детализации и назначению.

Схема структурная электрическая (Э1) – конструкторский документ, отображающий основные структурные единицы изделия, их назначение и взаимосвязи, предназначенный для ознакомления с общими принципами построения и функционирования изделия. Структурные единицы выполняют в виде прямоугольников и УГО, их наименование вписывают внутри прямоугольников или оформляют в виде

таблицы. Графическое построение схемы должно давать наглядное представление о последовательности взаимодействия составных частей изделия и прохождения основных потоков информации.

Схема электрическая функциональная (Э2) отображает основные функциональные преобразования сигнала в одной из составных частей изделия. Схема предназначена для ознакомления с конкретными видами функционального преобразования сигнала (спектр сигнала) тракта, необходимыми с учетом вида и параметров этого сигнала. Устройства и узлы схемы, выполняющие функциональные преобразования сигнала типа фильтрации, усиления, генерации, детектирования, изображают в виде УГО.

Схема электрическая принципиальная (Э3) отображает определяющий для каждого функционального узла или устройства полный состав ЭРК и связи между ними, а для функциональной системы (комплекса) – состав узлов и устройств и связи между ними. Схема Э3 дает полное представление о функционировании изделия, режимах его работы, является исходным документом для разработки конструкции изделия.

Схема соединений (Э4) показывает соединения составных частей изделия и определяет провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются соединения, а также места их присоединений и ввода.

Схема подключения (Э5) показывает изделие, его входные и выходные элементы (например, соединители) и подводимые к ним концы кабелей внешнего монтажа с данными о подключении изделия. К данным о подключении изделия относят характеристики внешних цепей.

Схема общая (Э6) определяет составные части комплекса и их соединения между собой. На схеме общей изображают устройства и элементы, входящие в комплекс, а также провода, жгуты, кабели.

Схема расположения (Э7) определяет относительное расположение составных частей изделия, а при необходимости также жгутов, проводов, кабелей и т. п.

Схема объединенная (Э0) позволяет объединять в одном конструкторском документе схемы разных типов.

Чертежи

Сборочный чертеж – это документ, содержащий изображение сборочной единицы или изделия и другие данные, необходимые для ее сборки и контроля.

Сборочный чертеж должен содержать:

- изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу;
- сведения, обеспечивающие возможность сборки и контроля сборочной единицы;
- размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть проконтролированы или выполнены по сборочному чертежу;
- указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается при сборке (подбор деталей, их пригонка и т. д.);
- указания о способе выполнения неразъемных соединений (сварных, паяных и др.);
- номера позиций составных частей, входящих в изделие;
- основные характеристики изделия;
- габаритные размеры, определяющие предельные внешние или внутренние очертания изделия;
- установочные размеры, по которым изделие устанавливается на месте монтажа;
- присоединительные размеры, по которым изделие присоединяется к другим изделиям;
- необходимые справочные размеры и т. п.

При изображении изделия на сборочном чертеже помимо видов могут применять разрезы и сечения, поясняющие форму и расположение деталей, входящих в изделие. На сборочном чертеже, как правило, изображения располагают в проекционной связи, что облегчает чтение чертежа. Отдельные изображения могут размещаться на свободном месте поля чертежа.

В комплект сборочного чертежа обязательно входит **спецификация** – текстовый документ, определяющий состав сборочной единицы (изделия) и необходимый для ее изготовления, комплектования конструкторских документов и планирования запуска в производство. Спецификацию выполняют на отдельных листах формата А4. В спецификацию вносят перечень составных частей, входящих в специфицируемое изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к этому изделию.

Топологический чертеж печатной платы – это детальное графическое представление, на котором показано расположение всех электрических соединений на печатной плате. Топологический чертеж включает в себя информацию о проводящих слоях печатной платы, порядке их следования, масочном защитном покрытии печатной платы, маркировочном слое, технических требованиях.

Топологический чертеж создают на основе принципиальной схемы, но он отличается от последней тем, что ориентирован на физическое расположение элементов и соединений, а не на объяснение работы устройства.

При выполнении чертежа трассировки многослойной печатной платы изображения каждого слоя размещают отдельным видом на чертеже с указанием порядкового номера/наименования слоя.

Лабораторная работа № 1

ЗНАКОМСТВО СО СРЕДОЙ ALTIUM DESIGNER.

ПЕРВИЧНАЯ НАСТРОЙКА И СОЗДАНИЕ ПРОЕКТА

Цель работы: знакомство со средой Altium Designer, изучение структуры проекта.

Задание на лабораторную работу: ознакомившись с теорией, изучить рабочее пространство программы и произвести ее первичную настройку; изучить структуру проекта в Altium Designer, создать индивидуальный файл проекта.

Краткие теоретические сведения

Altium Designer – программное обеспечение для проектирования электронных устройств. Его используют инженеры-электронщики для создания электрических схем, разработки печатных плат и подготовки производственных файлов.

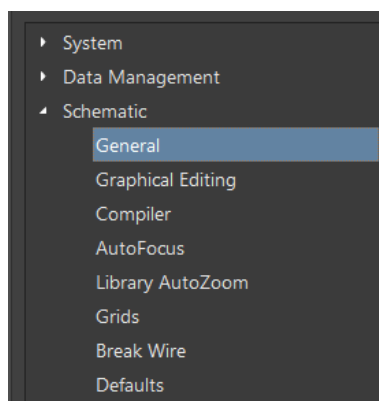
Altium Designer позволяет:

- разрабатывать электрические схемы, полностью прорабатывая все электрические связи между компонентами;
- проектировать печатные платы разной сложности, размещая компоненты на ее поверхности и во внутренних слоях, а также проводя трассировку проводников;
- просматривать 3D-визуализацию разрабатываемой платы для более наглядного представления и большей точности проектирования;
- управлять библиотеками условных графических обозначений и посадочных мест компонентов, создавая собственные или используя готовые;
- производить симуляцию работы электрических схем;
- подготавливать комплект выходной документации, необходимый для производства печатной платы.

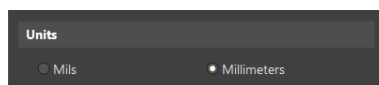
Один из недостатков среды Altium Designer – ориентация на западного пользователя, из-за чего по умолчанию система работает в английской системе мер. Соответственно, после установки для комфортной работы с программой необходимо произвести ее первичную настройку.

Первичная настройка Altium Designer

1. Перейдите в настройки, щелкнув на кнопку , находящуюся в правом верхнем углу окна программы. В открывшемся окне выберите пункт *Schematic* для перехода в раздел, отвечающий за все документы схем и библиотек УГО. В данном пункте откройте подпункт *General* для редактирования основных настроек данного раздела.

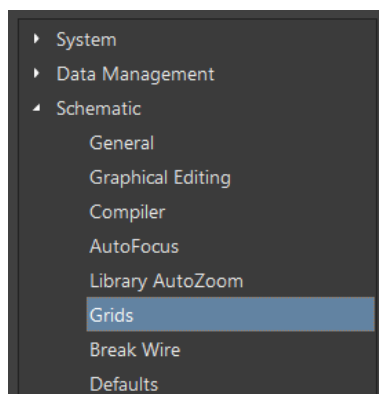


2. В графе *Units* переключите единицы измерения с миллов на миллиметры (параметр *Millimeters*).

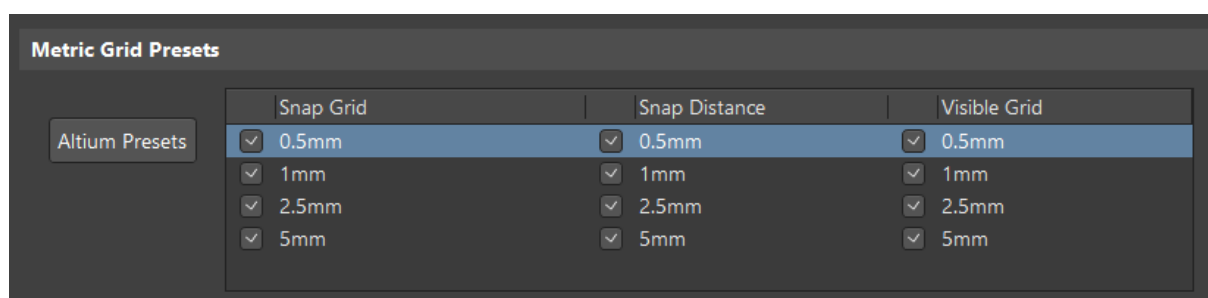


3. На этом же этапе рекомендуется настроить отображаемую для документов данного вида сетку. Сетка расчерчивает рабочую область программы и определяет минимальное расстояние, на которое можно будет переместить выбранный компонент. Таким образом, при активной сетке 5 мм в случае незначительного движения курсора компонент не будет перемещен, а в случае более длинного перемещения мыши компонент переместится на длину, кратную 5 мм. Использование сетки позволяет точно устанавливать компоненты.

Для настройки сетки перейдите в подраздел *Grids*.

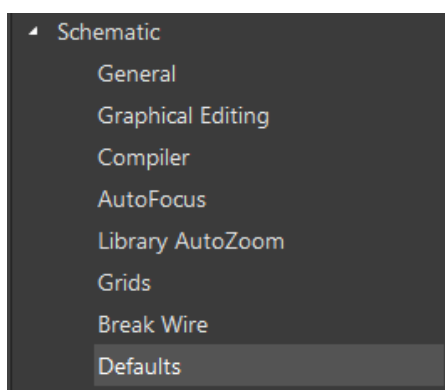


4. По умолчанию выставлена линейная сетка, при желании ее можно заменить на точечную (*Grid Options > Dot Grid*). Также данный подраздел позволяет изменить цвет сетки, но основная его возможность – предустановка размеров сетки. По умолчанию сетка привязки (*Snap Grid*), расстояние привязки (*Snap Distance*) и видимая сетка (*Visible Grid*) отличаются друг от друга, что может вызвать неудобства при использовании. Поэтому все три расстояния в одной строке в таблице сделайте равными. Также следует ввести дополнительную сетку 0,5 мм. Для этого переместите курсор в рабочее поле метрических сеток и щелкните правой кнопкой мыши, в открывшемся окне выберите пункты *Add Grid Setting > 0.5 mm*.

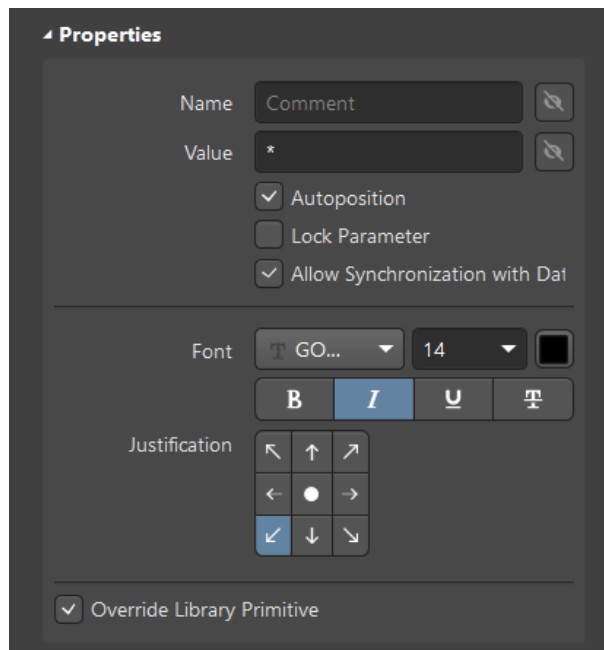


5. Помимо установки метрической системы при первом запуске необходимо задать шрифты по умолчанию. В соответствии с российскими стандартами для электрических схем и чертежей применяют *GOST Type B* наклонный.

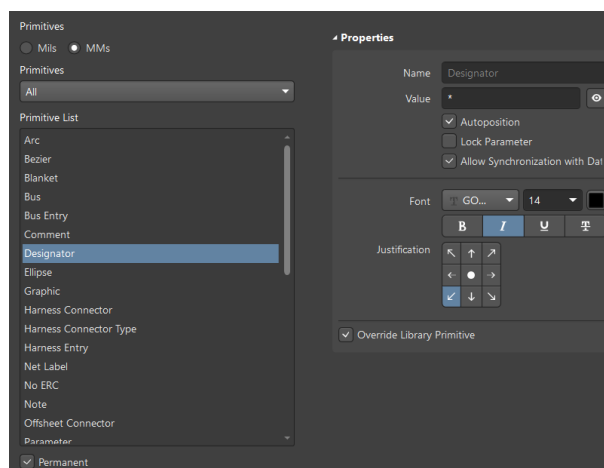
Для настройки перейдите в подпункт *Defaults*.



6. Первым необходимо изменить параметр *Comment*. Переключите единицы измерения на миллиметры, шрифт (*Font*) измените на *GOST Type B*, нажмите кнопку курсива **B** **I** **U** **T**. Переведите оба символа глаза в закрытое положение  и поставьте галочку в строке *Override Library Primitive*. В итоге данный пункт должен выглядеть как на рисунке ниже.

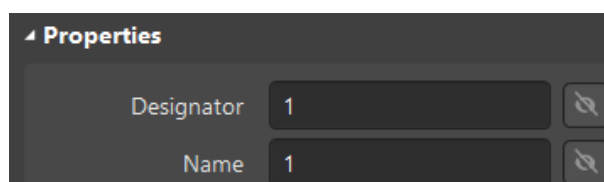


7. Примените аналогичные настройки к пункту *Designator*, за исключением значка глаза напротив пункта *Value*.

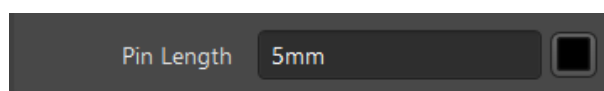


8. Перейдите к пункту *Pin* и переключите единицы измерения на миллиметры.

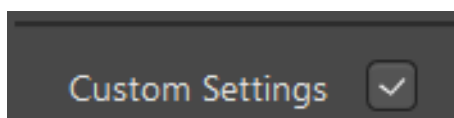
9. Установите параметры *Designator* и *Comment* равными единице.



10. Параметр *Pin Length* равен 5 мм.

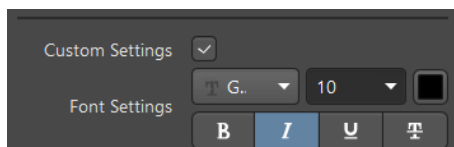


11. Ниже находится пункт *Font Settings*, включающий в себя подпункты *Designator* и *Name*. Установите идентичные значения в этих двух подпунктах. Поставьте галочку около опции *Custom Settings*.



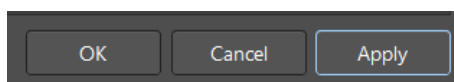
12. В пункте *Font Settings* выберите шрифт *Gost Type B*, 10 кегль.

13. Нажмите кнопку, отвечающую за наклон текста.



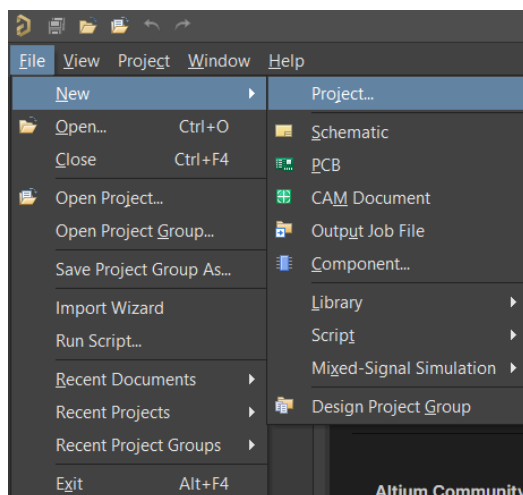
14. Повторите настройки для параметра *Name*.

15. По завершении настройки нажмите *Apply* в правом нижнем углу окна настроек, после чего можете закрыть окно, выбранные параметры сохранятся при перезапуске программы.

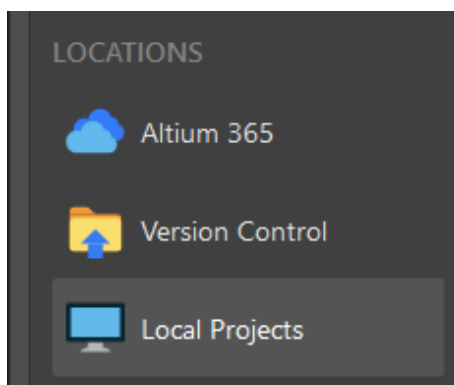


Ход работы

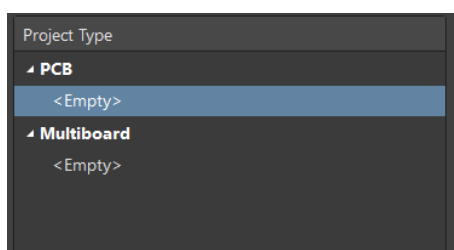
1. Изучите теоретические сведения.
2. Запустите программу *Altium Designer*.
3. Произведите первичную настройку программы по алгоритму, описанному в теоретическом разделе.
4. Любая разработка в *Altium Designer* должна начинаться с создания проекта. Проект – связующее звено между всеми используемыми документами. Для создания проекта нажмите *File > New > Project*.



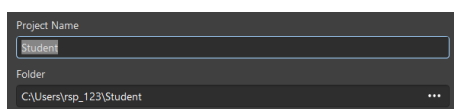
5. В открывшемся окне необходимо выбрать путь, по которому будет храниться проект. Для сохранения в памяти компьютера выберите пункт *Local Projects*.



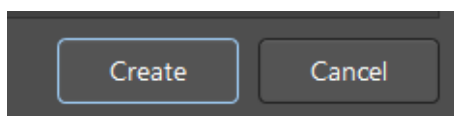
6. В пункте *Project Type* необходимо выбрать шаблон печатной платы. Выберите параметр *Empty*, если шаблоны не установлены, и *Default*, если в программе предустановлены шаблоны.



7. В пункте *Project Name* необходимо присвоить проекту имя. Для удобной навигации назовите проект своей фамилией. В пункте *Folder* нужно задать путь сохранения файла. Для перехода к проводнику нажмите клавишу **...**. Программа Altium Designer может работать с кириллицей как в названии проектов, так и в папках пути, однако во избежание возможных проблем рекомендуется использовать латиницу.

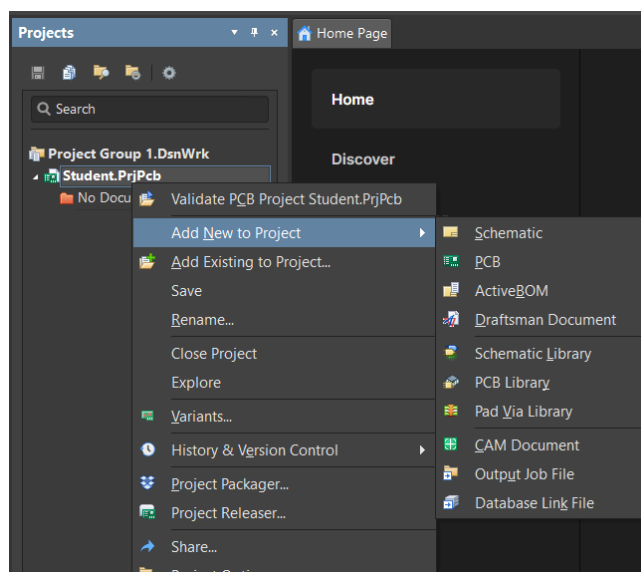


Когда все параметры будут выставлены, нажмите клавишу *Create*.



8. Теперь в рабочей области программы слева в окне *Projects* появился созданный проект. Надпись *No Documents Added* рядом с ним говорит о том, что файл проекта не содержит никаких документов. Их

добавление осуществляется щелчком правой кнопкой мыши по имени проекта. В открывшемся окне нажмите *Add New to Project*, что позволит выбрать тип файла, который необходимо добавить к проекту.



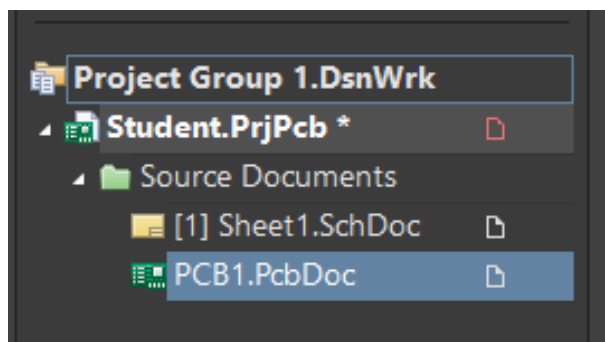
9. Добавьте к проекту файл типа *Schematic*, что создаст лист электрической схемы. Файлы данного типа имеют расширение *.SchDoc.

10. Добавьте файл типа *PCB*, представляющий собой лист печатной платы. Файлы данного типа имеют расширение *.PcbDoc.

11. В рамках данного проекта на текущем этапе добавленных документов достаточно. Однако для дальнейшей работы ознакомьтесь с назначением других видов документов:

- *ActiveBOM* – перечень элементов, имеет расширение *.BomDoc;
- *Draftsman Document* – документ, хранящий чертежи, имеющий расширение *.PCBDwf;
- *Schematic Library* – библиотека УГО, имеющая расширение *.SchLib. Данный документ содержит условные графические обозначения компонентов, которые могут быть использованы при разработке электрических принципиальных схем;
- *PCB Library* – библиотека посадочных мест компонентов, которые могут быть использованы при проектировании печатной платы, имеет расширение *.PcbLib.

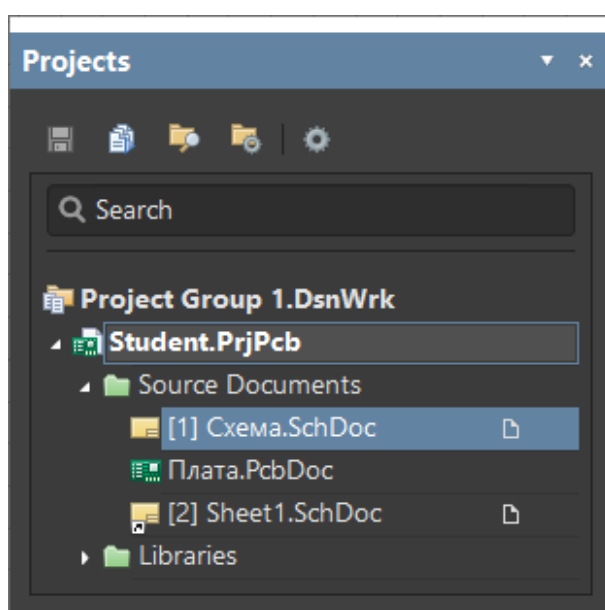
12. Созданные документы теперь отображаются под файлом проекта. При этом рядом с ним горит красный индикатор, что свидетельствует о том, что в проекте есть несохраненные изменения, в данном случае не было сохранено добавление файлов.



Сохранить проект можно, нажав по нему правой кнопкой мыши и выбрав в соответствующем всплывающем окне пункт *Save* либо же воспользовавшись горячей клавишей *Ctrl + S*.

При попытке сохранения появится окно, в котором необходимо задать путь сохранения каждого из двух добавленных файлов. По умолчанию будет выбрана папка, в которую сохранен проект, следовательно, редактировать расположение не нужно. При желании для удобства навигации файлы можно назвать «схема» и «плата».

При добавлении файлов к проекту можно допустить распространенную ошибку, когда эти файлы сохраняются где-то помимо директории проекта. Обнаружение указанной ошибки программой Altium Designer обозначается синей стрелкой рядом с некорректно сохраненным документом. В качестве примера ниже приведен рисунок, на котором ошибка обнаружилась при сохранении документа Sheet1.SchDoc. При возникновении данной ошибки перед продолжением работы следует корректно сохранить все необходимые файлы проекта.



13. Оформите отчет.
14. Защитите работу.

Требования к оформлению отчетов

Все отчеты должны быть оформлены в соответствии с требованиями, предъявляемыми к оформлению лабораторных работ в ВлГУ. Отчет должен содержать титульный лист, цель работы, при наличии – данные индивидуального задания, результаты работы с комментариями, выводы по проделанной работе.

Титульный лист должен содержать название министерства, полное название учебного заведения, структурного подразделения учебного заведения, название дисциплины, номер и тему лабораторной работы, должность и Ф.И.О. студента и преподавателя, город и год выполнения работы.

Весь отчет необходимо оформить шрифтом Times New Roman, 14 кеглем. Межстрочный интервал выставить равным 1,5 пунктам.

Отчеты, не соответствующие данным требованиям, приняты для защиты не будут.

Контрольные вопросы

1. Для чего используется среда Altium Designer?
2. К чему приведет попытка работы с отдельными документами, не объединенными в проект?
3. Какие файлы имеют расширение *.SchDoc?
4. Какие файлы имеют расширение *.PcbDoc?
5. Какие файлы имеют расширение *.SchLib?
6. Какие файлы имеют расширение *.PcbLib?
7. О чем свидетельствует индикатор рядом с именем документа?



Лабораторная работа № 2

СОЗДАНИЕ БИБЛИОТЕК УГО

Цель работы: ознакомление со способами организации библиотек в Altium Designer, создание собственной библиотеки УГО.

Задание на лабораторную работу: создать библиотеку, содержащую УГО резистора, конденсатора, дросселя, диода, транзистора.

Краткие теоретические сведения

Работа с Altium Designer невозможна без библиотек. **Библиотека** представляет собой документ, в котором хранятся компоненты (их условные графические обозначения, посадочные места, 3D-модели, Spice-модели для моделирования работы схем).

Существует несколько способов ведения библиотек.

1. Библиотеки, привязанные к проекту. В данном случае для каждого разрабатываемого проекта создают собственные библиотеки. Данный способ применим, когда всю разработку ведет один пользователь с применением уникальных компонентов, которые не будут использованы в других проектах.

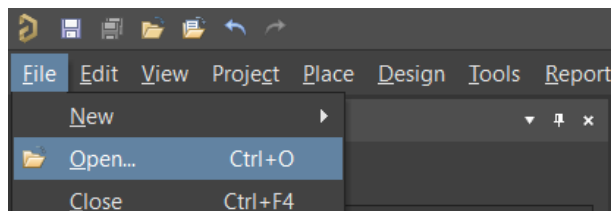
2. Интегрированные библиотеки – представляют собой файлы, в которых хранятся объединенные УГО, посадочные места и модели. При таком способе организации интегрированная библиотека устанавливается в Altium Designer, что позволяет использовать входящие в нее компоненты в различных проектах.

3. Управляемые библиотеки – хранятся на сервере Altium 365 и оттуда же управляются. Они обеспечивают централизованное хранение компонентов и управление ими, что особенно полезно для командных проектов и крупных компаний. Управляемые библиотеки обеспечивают контроль версий и доступ к компонентам из любого рабочего места.

4. Библиотеки баз данных – подключаются к внешним базам данных, например Microsoft Access.

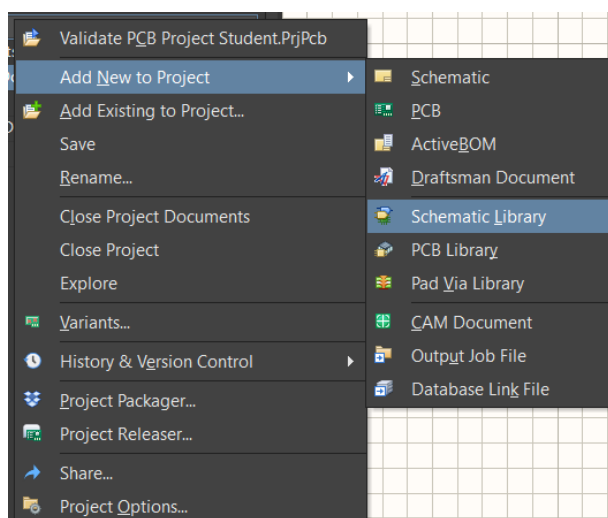
Ход работы

1. Изучите теоретические сведения.
2. Запустите программу *Altium Designer*.
3. Откройте ранее созданный проект. Для этого нажмите *File > Open*.

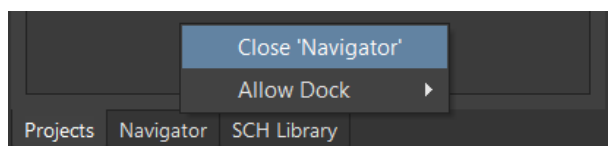


Во всплывающем окне выберите файл проекта с расширением *.PrjPcb.

4. Создайте в файле проекта библиотеку условных графических обозначений (*Add New to Project > Schematic Library*).



5. Вы автоматически будете перемещены в редактор библиотеки, который перекроет собой панель проектов. Переключаться между панелями можно, используя кнопки в нижней левой части экрана. Для того чтобы упростить этот процесс, скройте две ненужные в данный момент кнопки *Navigator* и *SCHLIB*. Для этого нажмите по ним правой кнопкой мыши и выберите пункт *Close 'Navigator'* и *Close 'SCHLIB'* соответственно.



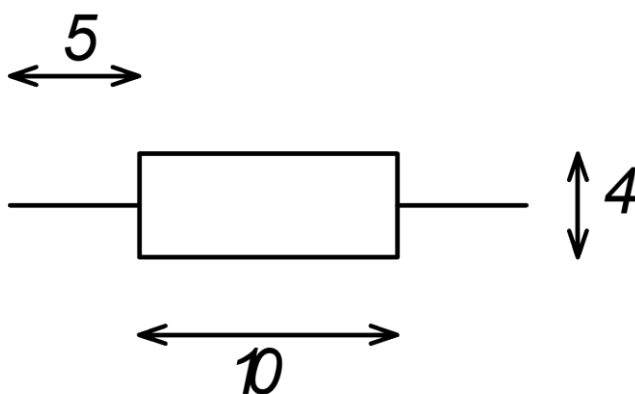
6. Нажмите на кнопку *Projects* в той же области, чтобы вернуться обратно на панель проектов.

7. Горящий красный флажок рядом с названием проекта свидетельствует о необходимости сохранения библиотеки. Выполните сохранение.

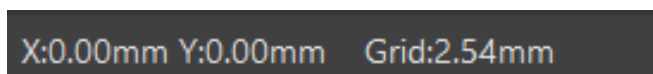


8. После того как библиотека будет сохранена, можно приступить к созданию компонентов. Вернитесь к редактору библиотек, нажав кнопку *SCH Library* в нижнем левом углу.

9. Библиотека содержит множество компонентов. Все из них приведены в панели библиотеки. При создании новой библиотеки в ней будет по умолчанию создан один компонент с названием *Component_1*. Создайте на его месте условное графическое обозначение резистора.



10. В нижней левой части экрана редактора библиотек УГО показаны три числовых значения.



Первые два – координаты курсора мыши. Третье – текущий размер сетки. Размер сетки будет последовательно переключаться между ранее заданными значениями при нажатии на клавишу *G* на клавиатуре. Установите значение сетки равным 5 мм.

11. При создании УГО компонента ему необходимо добавить выводы, которые в англоязычной версии программы называются *pin*. На панели инструментов в верхней части экрана нажмите на кнопку  *Place Pin*.

12. При нажатии на кнопку на экране появится нужный нам элемент. Но перед его размещением необходимо задать некоторые его параметры. Нажатие на клавишу *Tab* клавиатуры откроет панель параметров (*Properties*) в правой части экрана.

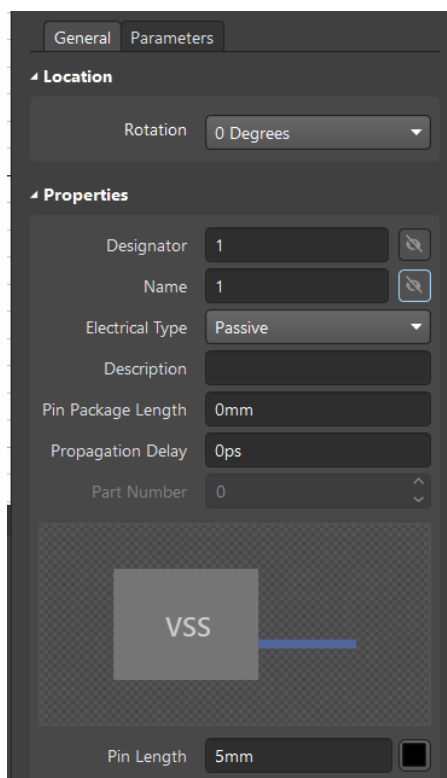
13. В пункте *Designator* проставьте нумерацию выводов, ей стоит уделить особое внимание, так как в будущем это будет важным этапом при объединении УГО и посадочного места компонента. Начинать нумерацию следует с единицы.

14. В пункте *Comment* оставьте описание выводов. Например, их назначение у микросхемы и анод или катод у диода. Поскольку у резистора есть всего два вывода с одинаковыми свойствами, в описании следует продублировать значение параметра *Designator* (1).

15. Как можно заметить, введенные значения параметров *Designator* и *Comment* отображаются рядом с выводом в рабочей области. Скройте их, нажав на клавишу  рядом с соответствующим параметром.

16. В пункте *Pin Length* выставите длину вывода. Данное значение не регламентируется ГОСТом. Но для удобства примем значение 5 мм за стандартную длину вывода всех компонентов.

17. Настроенное окно параметров вывода должно выглядеть следующим образом.



18. Когда все параметры вывода будут выставлены, нажмите клавишу *Esc* на клавиатуре, что снимет с паузы размещение вывода.

19. При размещении вывода в рабочей области обратите внимание на некоторые моменты. Во-первых, сам вывод выглядит несимметрично: один из его концов имеет полупрозрачный символ, который обозначает точку электрической привязки (к этой точке в дальнейшем будут подключаться электрические соединения), следовательно, этот конец вывода должен быть направлен от компонента. Поворот любого объекта на 90 градусов в Altium Designer можно осуществить нажатием на клавишу *Space* клавиатуры. Также возможно инвертировать объект по горизонтальной оси нажатием на клавишу *X* или по вертикальной оси нажатием на клавишу *Y*.

20. Во-вторых, рабочее поле представляет собой прямоугольную систему координат, и любое дальнейшее размещение созданного компонента будет происходить относительно нулевых координат этой системы, следовательно, элементы компонента необходимо размещать от начала координат.

21. Убедившись, что вывод правильно ориентирован, установите его нажатием на левую кнопку мыши.

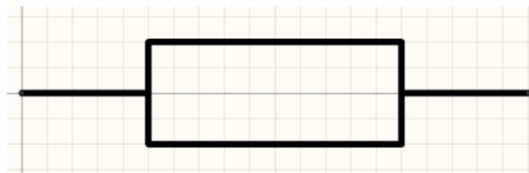
22. При этом в рабочей области появится следующий вывод с такими же параметрами, как у первого, автоматически пронумерованный следующим порядковым номером. Второй вывод также необходимо правильно сориентировать и расположить его на расстоянии двух клеток при активной сетке 5 мм от первого вывода.

23. Третий вывод для УГО резистора не нужен, поэтому отмените его автоматическое размещение нажатием на правую кнопку мыши.

24. Когда выводы размещены, их параметры все еще можно редактировать. Для этого дважды кликните левой кнопкой мыши по соответствующему компоненту. Перейдите таким образом к параметрам второго созданного вывода и убедитесь в том, что автоматически выставленные параметры *Designator* и *Comment* приняли нужные значения.

25. Теперь необходимо начертить основную часть УГО резистора. Согласно ГОСТу, это прямоугольник с размерами 10 мм по горизонтали и 4 мм по вертикали. Для построения воспользуйтесь кнопкой  на панели инструментов. При нажатии на нее в рабочей области появится возможность начертить нужный объект. Предварительно установите размер сетки равным 1 мм.

26. Находясь в рабочей области программы, можно изменять ее масштаб. Для этого нажмите и удерживайте кнопку колесика мыши и перемещайте саму мышь вперед или назад. Таким образом, созданный резистор должен иметь следующий вид.



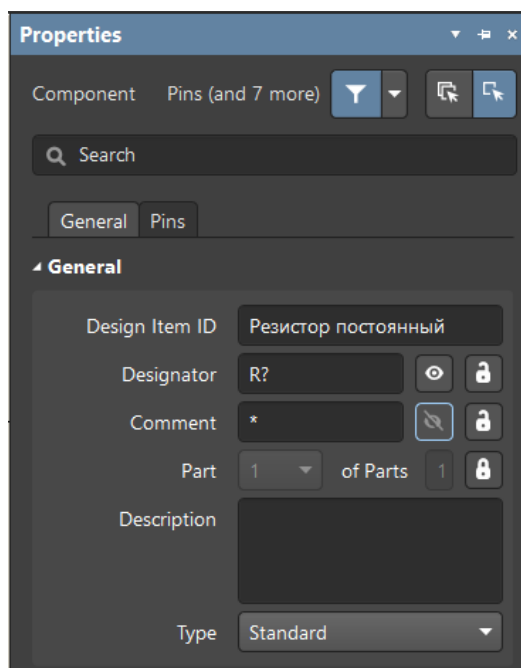
27. Теперь необходимо ввести некоторые параметры созданного компонента. Для этого, когда мышь находится в свободном поле, откройте панель *Properties* в правой части экрана.

28. Параметр *Design Item ID* – это имя компонента, под которым последний будет храниться в библиотеке. Назовем его «Резистор постоянный».

29. В пункте *Designator* введите позиционное обозначение элемента. В случае резистора – R. Причем после буквы R следует поставить знак вопроса, чтобы в дальнейшем для компонентов можно было выполнить автонумерацию.

30. В пункте *Comment* указывают дополнительную информацию о компоненте. В нашем случае она не нужна, поэтому скройте этот пункт нажатием на кнопку .

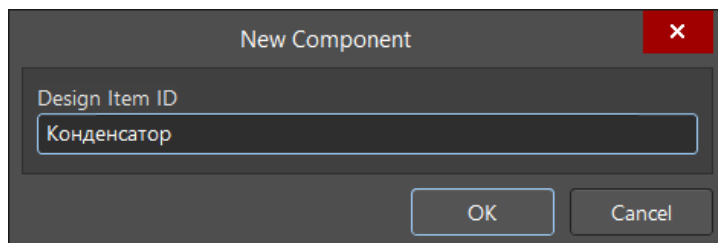
31. Таким образом, панель *Properties* данного резистора должна выглядеть следующим образом.



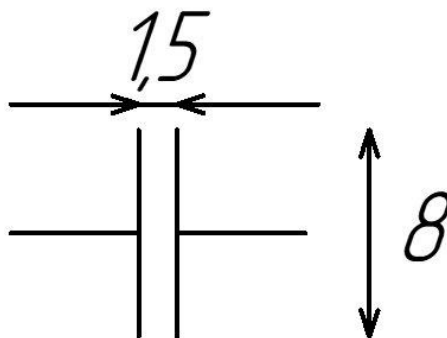
32. Когда первый компонент создан, можно перейти к следующему. Для этого, находясь в панели *SCH Library*, нажмите кнопку *Add* (добавить), чтобы создать новый компонент в данной библиотеке.



33. В открывшемся окне задайте имя компонента.

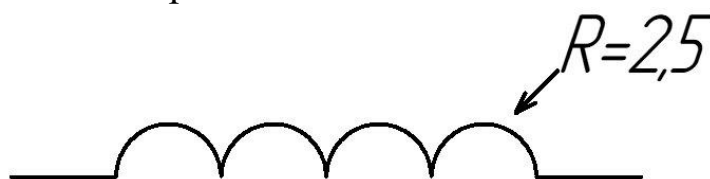


34. По алгоритму, представленному выше, создайте условное графическое обозначение постоянного конденсатора.



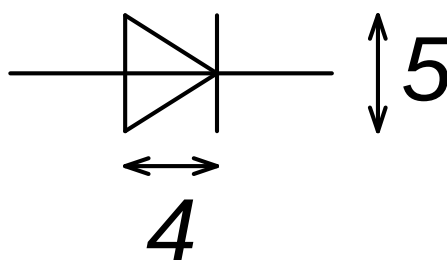
Буквенный код конденсатора на схеме – С.

35. По алгоритму, представленному выше, создайте условное графическое обозначение дросселя.



Буквенный код дросселя на схеме – L.

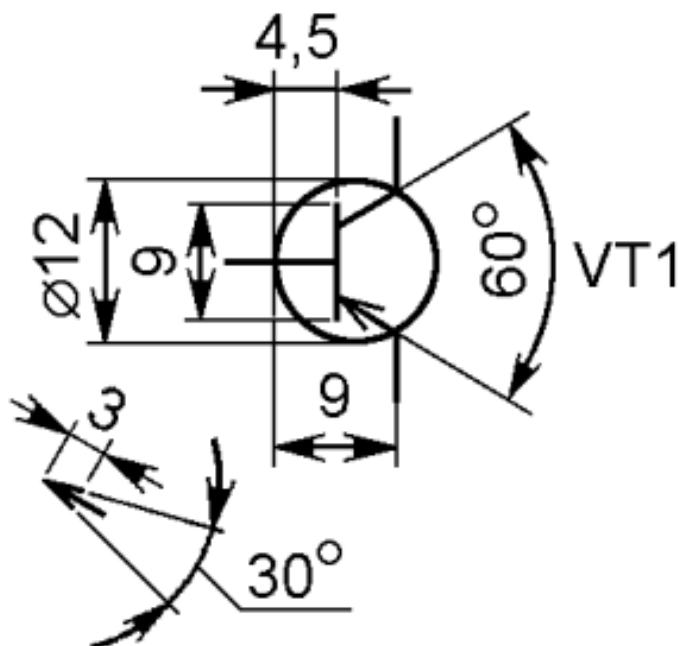
36. По алгоритму, представленному выше, создайте условное графическое обозначение выпрямительного диода.



36.1. Буквенный код полупроводникового диода на схеме – VD.

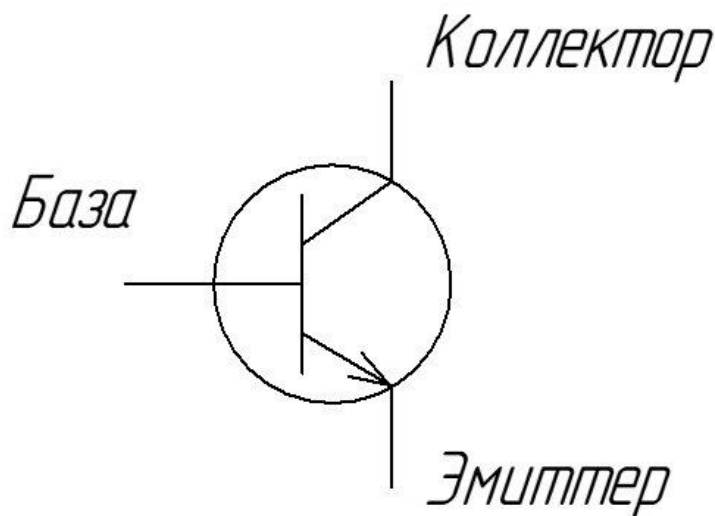
36.2. В отличие от ранее рассматриваемых неполярных компонентов, диод обладает полярностью, т. е. его выводы не одинаковые. Поэтому первый вывод в пункте *Designator* необходимо обозначить буквой А (анод), а второй – буквой К (катод).

37. По алгоритму, представленному выше, создайте условное графическое обозначение биполярного PNP-транзистора.



37.1. Буквенный код транзистора – VT.

37.2. Как и в случае с диодом, каждый из выводов транзистора уникален, следовательно, при размещении выводов в пункте *Designator* необходимо обозначить их буквами Б, К и Э (база, коллектор и эмиттер).



38. Выполните сохранение созданной библиотеки.
39. Оформите отчет.
40. Защитите работу.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют способы ведения библиотек?
2. В чем преимущества интегрированной библиотеки перед библиотекой проекта?
3. Что такое точка электрической привязки?
4. Почему точка электрической привязки не может быть направлена к компоненту?
5. Что такое УГО?

Лабораторная работа № 3 СОЗДАНИЕ БИБЛИОТЕК ПОСАДОЧНЫХ МЕСТ

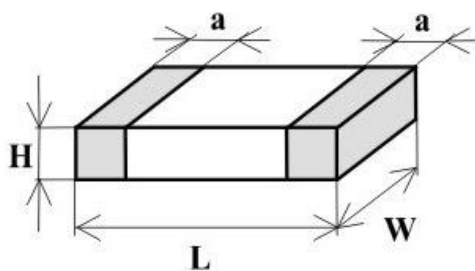
Цель работы: изучение возможностей редактора библиотек посадочных мест.

Задание на лабораторную работу: создать библиотеку посадочных мест компонентов согласно индивидуальному варианту (табл. 1) и объединить их с УГО компонентов, представив результат в виде интегрированной библиотеки.

Таблица 1

Индивидуальные варианты

Вариант	Типоразмер резистора, дюйм	Типоразмер конденсатора, дюйм
1	0402	0603
2	0603	0805
3	0805	1206
4	1206	1812
5	1812	0402



Размеры резисторов и конденсаторов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Размеры резисторов и конденсаторов

Типоразмер, дюйм	Типоразмер, мм	L , мм	H , мм	W , мм	a , мм
0402	1005	1.0	0.35	0.5	0.2
0603	1608	1.6	0.45	0.8	0.3
0805	2012	2.0	0.50	1.2	0.4
1206	3216	3.2	0.55	1.5	0.5
1812	4532	4.5	0.55	3.2	0.6

Краткие теоретические сведения

Библиотеки посадочных мест позволяют создать модели компонентов для трассировки печатных плат. Документы типа PCB, к которым относятся посадочные места (*footprint*), могут содержать множество слоев, каждому из которых соответствует свой собственный цвет.

1. *Top Layer* (красный) – медный проводящий слой на поверхности платы. Этим слоем оформляют места, на которые припаивают компоненты платы, а также контактные дорожки.

2. *Top Solder* (фиолетовый) – вскрытие в паяльной маске. Большинство печатных плат покрывают паяльной маской, которая защищает поверхность платы от попадания припоя. Для возможности пайки на поверхности платы необходимо оставить места, не покрытые паяльной маской. Именно за эти открытые места и отвечает слой *Top Solder*.

3. *Top Overlay* (желтый) – шелкография на поверхности платы. Этот слой не проводит электрический ток и служит визуальной подсказкой для монтажника; с помощью шелкографии обозначают позиционный номер компонента, его контур, полярность выводов (при наличии).

4. *Top Paste* (темно-серый) – слой, используемый для нанесения паяльной пасты на верхний слой платы для компонентов SMT.

Слово *Top* на некоторых слоях означает их нахождение на поверхности платы. Вместо него может стоять слово *Bottom*, означающее нахождение слоя на нижней стороне платы.

Так, например, *Bottom Layer* (синий) – медный проводящий слой на нижней стороне платы.

5. *Mechanical 1 – Mechanical 16* – конструктивные слои, которыми обозначают контур платы/компонента, вырезы в нем и прочие конструктивные особенности.

6. *Keep-Out Layer* (полупрозрачный розовый) – слой, определяющий области, где нельзя размещать компоненты и трассировку.

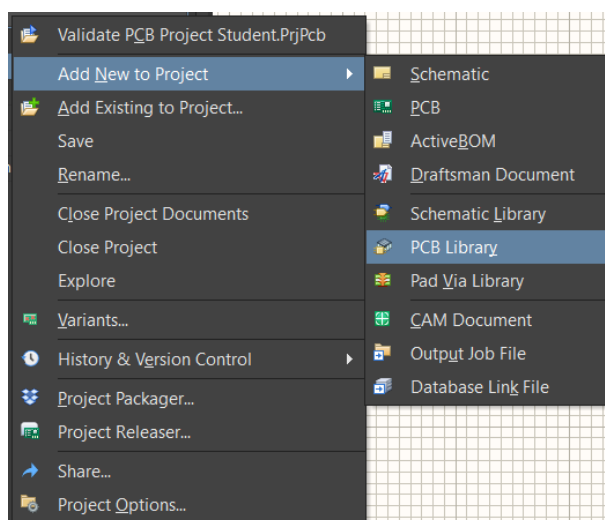
7. *Drill Drawing Layer* – слой, содержащий информацию о расположении отверстий.

8. *Drill Guide Layer* – слой, помогающий при создании чертежей для сверловки.

9. *Multi-Layer* (светло-серый) – слой, охватывающий все слои платы.

Ход работы

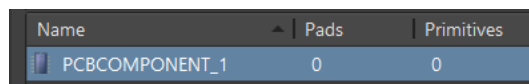
1. Изучите теоретические сведения.
2. Запустите программу *Altium Designer*.
3. Откройте ранее созданный проект.
4. Создайте в файле проекта библиотеку условных графических обозначений (*Add New to Project > PCB Library*), после чего сохраните документ и файл проекта.



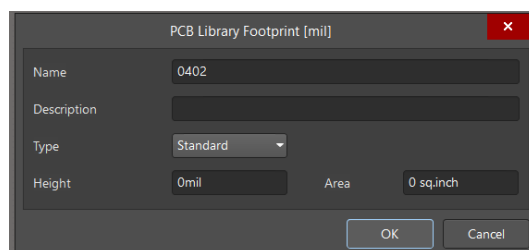
5. Как и в случае работы с библиотекой УГО, переключаться между библиотекой и проектом можно с помощью кнопок в нижней левой части экрана, откуда снова будет целесообразно убрать неиспользуемые окна.



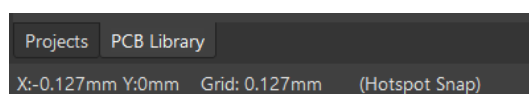
6. На панели *PCB Library* отображаются все посадочные места данной библиотеки. По умолчанию в ней создается один компонент с названием *PCBCOMPONENT_1*. Измените его, дважды нажав левой кнопкой мыши на этот компонент.



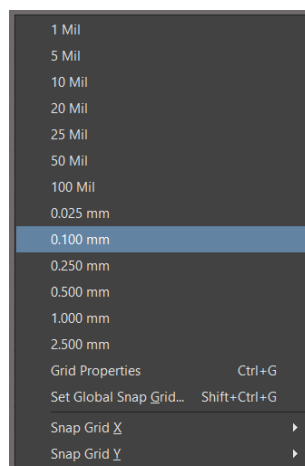
7. В открывшемся окне введите типоразмер резистора согласно варианту, после чего нажмите кнопку *OK*.



8. Далее необходимо перевести рабочее пространство в метрическую систему. Для этого нажмите клавишу *Q* клавиатуры. После этого координаты курсора и сетка в нижнем левом углу будут отображаться в миллиметрах.



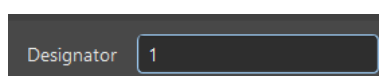
9. Далее необходимо настроить сетку. Ее настройка при работе с документами типа *PCB*, как и при работе с документами типа *Schematic*, осуществляется нажатием на клавишу *G* клавиатуры. Однако в данном случае сетка не переключается последовательно, вместо этого появляется всплывающее окно, предлагающее установить шаг сетки. Его необходимо выбрать, опираясь на размеры разрабатываемого посадочного места. Шаг сетки может быть изменен в любой момент.



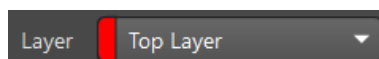
10. Создание посадочного места следует начинать с размещения контактных площадок. Для этого на панели инструментов нажмите на кнопку  *Place Pad*.

11. Перед непосредственным размещением контактной площадки необходимо задать ее параметры, для этого нажмите клавишу *Tab* клавиатуры.

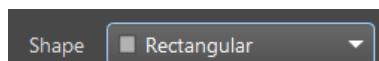
12. В открывшемся окне параметров *Properties* в пункте *Designator* обозначьте контактную площадку. Для корректного объединения создаваемого посадочного места с ранее созданным УГО необходимо, чтобы пункты *Designator* контактных площадок и выводов УГО совпадали, т. е. первая контактная площадка обозначается цифрой 1.



13. Выберите слой, на котором будет располагаться контактная площадка. Поскольку создается посадочное место для поверхностного монтажа, в пункте *Layer* выберите *Top Layer* для размещения контактной площадки на верхней стороне платы.



14. Далее необходимо задать форму контактной площадки. Для этого в пункте *Shape* выберите опцию *Rectangular*.



15. Теперь следует задать размеры контактной площадки резистора согласно варианту. Для этого в пункте (*X/Y*), находящемся под пунктом *Shape*, введите значения *a* и *W* согласно варианту. Обратите внимание на то, что при вводе размеров в *Altium Designer* необязательно указывать единицы измерения, а также «0» при вводе числа, не превышающего единицы. Таким образом, при вводе «.2» программа автоматически преобразует результат в «0.2 mm».

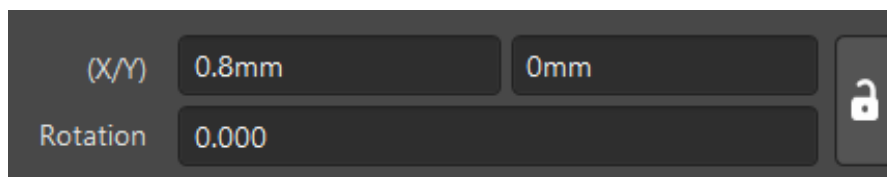
16. После того как все параметры введены, выйдите из активной паузы нажатием на клавишу *Enter* клавиатуры.

17. Затем разместите контактную площадку в начале координат, обозначенном белым кругом .

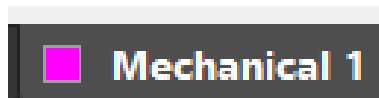
При необходимости изменить масштаб рабочего пространства нажмите и удерживайте кнопку колесика мыши, при этом двигая саму мышь вперед или назад.

18. После размещения первой контактной площадки программа автоматически будет готова к размещению второй с аналогичными размерами. Разместите ее на необходимом расстоянии от первой в соответствии с размерами компонента по варианту.

При размещении первой контактной площадки на координатах (0; 0) координаты второй площадки могут быть высчитаны как разность параметров L и a ($L - a$). В состоянии активной паузы координаты контактной площадки могут быть заданы в пункте (X/Y).

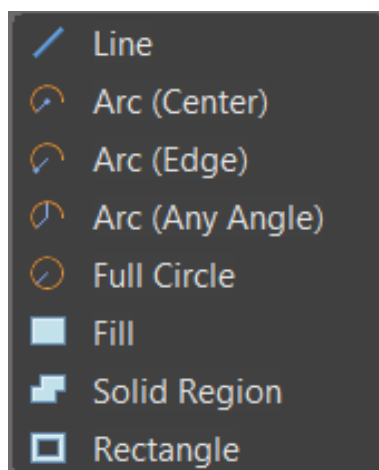


19. После размещения контактных площадок обозначьте контур компонента. Для этого на нижней панели выберите слой *Mechanical 1*.

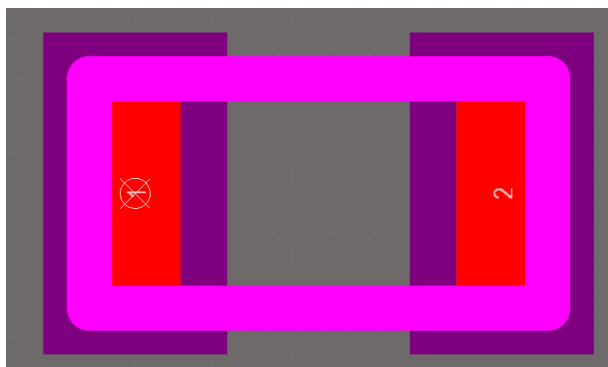


20. На панели инструментов верхней части экрана наведите курсор на инструмент *Place Line*  и нажмите на него правой кнопкой мыши.

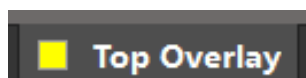
21. В открывшемся окне выберите пункт *Rectangle*.



22. В рабочей области появится возможность разместить прямоугольник на слое *Mechanical 1*. Наведите курсор на левый верхний угол первой контактной площадки (красная область), щелкните левой кнопкой мыши, затем переместите мышь в правый нижний угол второй контактной площадки. Перед тем как непосредственно разместить контур компонента, нажмите на клавишу *Tab* клавиатуры и установите толщину контура *Track Width* пропорционально размерам создаваемого компонента.

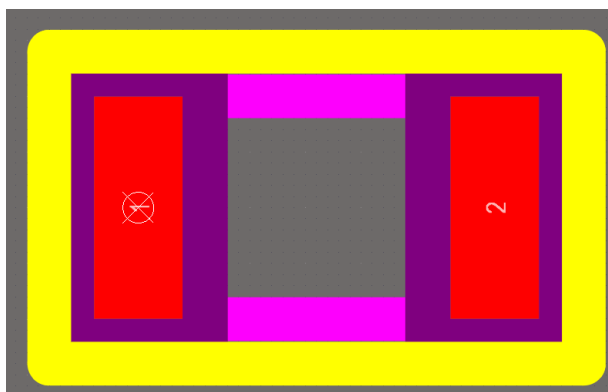


23. Теперь необходимо создать шелкографию компонента. Для этого перейдите на слой *Top Overlay*.



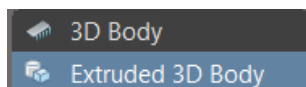
24. На панели инструментов выберите инструмент *Place Rectangle* .

25. По аналогии с контуром резистора начертите прямоугольник, вершины которого лежат на крайних точках контактных площадок.



26. Для трассировки печатной платы достаточно создать компонент такого вида, однако для составления чертежей необходимо определить размеры компонента в пространстве. Возможности *Altium Designer* в этом направлении ограничены, однако для создания модели простого резистора их достаточно. Для создания тела компонента щелкните правой кнопкой мыши по инструменту *3D Body*  на панели инструментов.

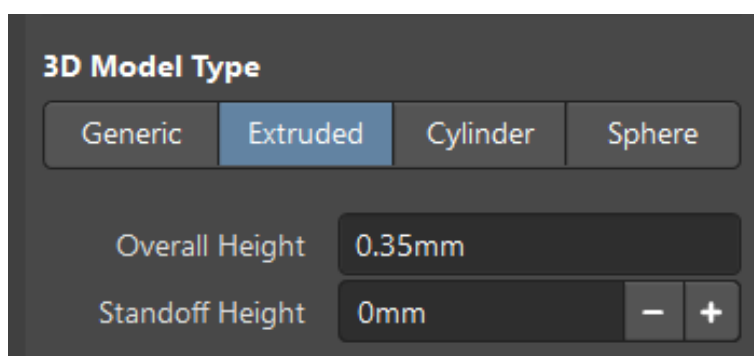
27. В открывшемся окне выберите *Extruded 3D Body*.



28. В рабочей области последовательно начертите прямоугольник с вершинами, совпадающими с контуром компонента.

29. После установки четвертой вершины перейдите в режим активной паузы нажатием на клавишу *Tab*.

30. В открывшемся меню необходимо обратить внимание на два пункта: *Overall Height* и *Standoff Height*. Первый отвечает за общую высоту компонента; второй – за то, насколько компонент будет поднят относительно нулевых координат. Поскольку создаваемый компонент предназначен для поверхностного монтажа, он не будет приподнят над поверхностью, следовательно, параметр *Standoff Height* будет равен нулю. Общая же высота компонента указана в индивидуальном варианте, следовательно, параметр *Overall Height* принимается равным параметру *H*.

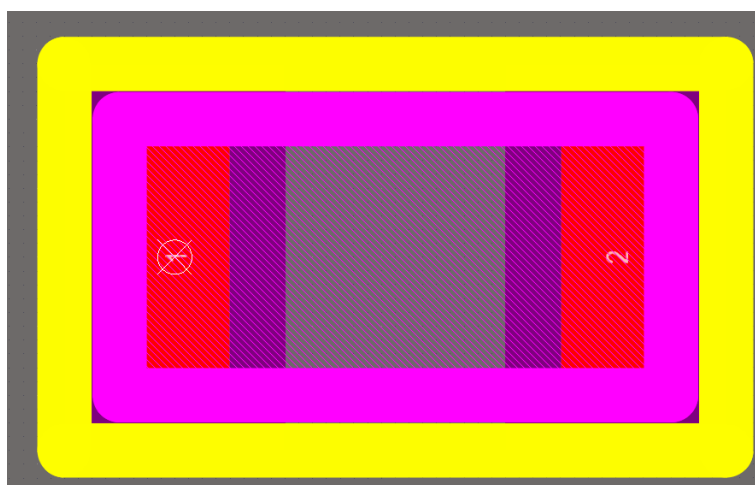


31. Нажатием на клавишу *Enter* выйдите из состояния активной паузы.

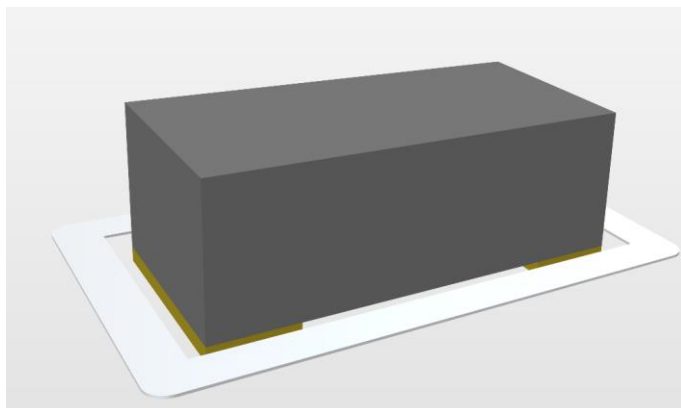
32. Правой кнопкой мыши отмените установку пятой вершины модели компонента.

33. Снова одним нажатием на правую кнопку мыши отмените установку еще одной модели компонента.

34. Созданный компонент должен выглядеть следующим образом.



34.1. Нажатием на клавишу «3» клавиатуры вы можете перейти в 3D-режим.



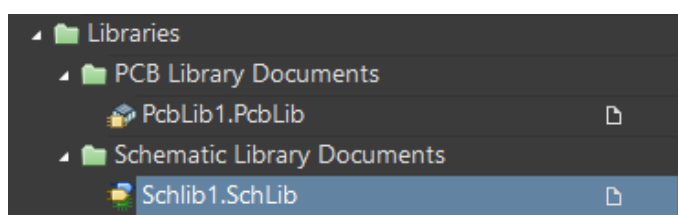
34.2. Находясь в 3D-режиме (и любом другом режиме), вы можете перемещаться по рабочему пространству с зажатой правой кнопкой мыши.

34.3. Находясь в 3D-режиме, вы можете вращать рабочую область, одновременно зажав клавишу *Shift* клавиатуры и правую кнопку мыши.

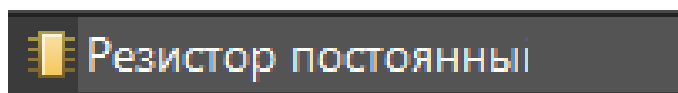
34.4. Для возврата к двумерному отображению компонента нажмите клавишу «2» клавиатуры.

35. Когда компонент будет полностью готов, сохраните библиотеку.

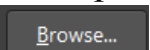
36. После сохранения привяжите созданное посадочное место резистора к его УГО. Для этого откройте библиотеку УГО (файл с расширением *.SchLib).



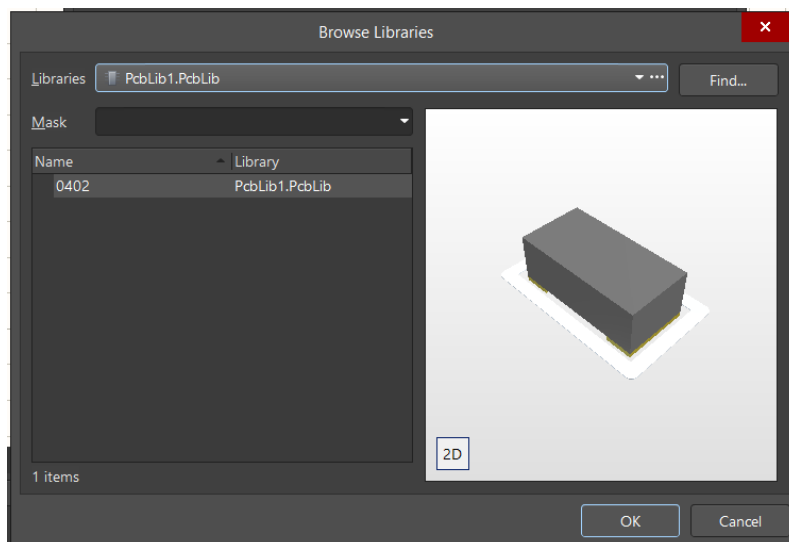
37. В библиотеке перейдите к УГО резистора.



38. В нижней области экрана нажмите на кнопку *Add Footprint*.

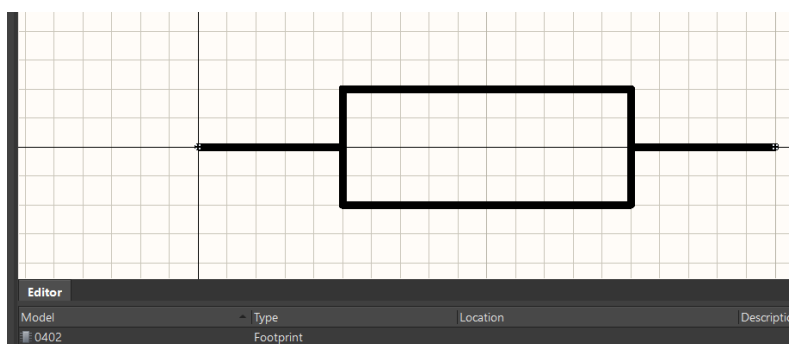
39. В открывшемся окне нажмите на кнопку *Browse* .

40. На экране появится библиотека посадочных мест. Выберите единственное созданное посадочное место 0402 и нажмите кнопку *OK*.



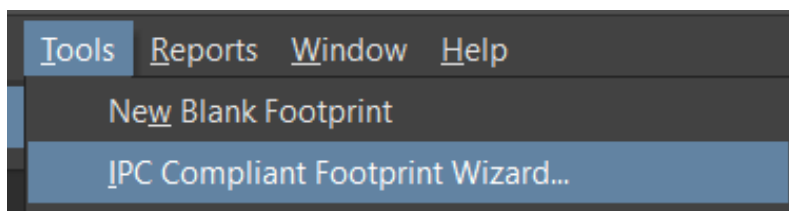
41. В следующем меню также нажмите *OK*.

42. Теперь к данному УГО привязано посадочное место типоразмера, что показано в нижней части экрана.

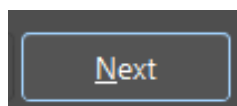


43. Перейдем к созданию посадочного места конденсатора. Откройте панель *PCB Library*.

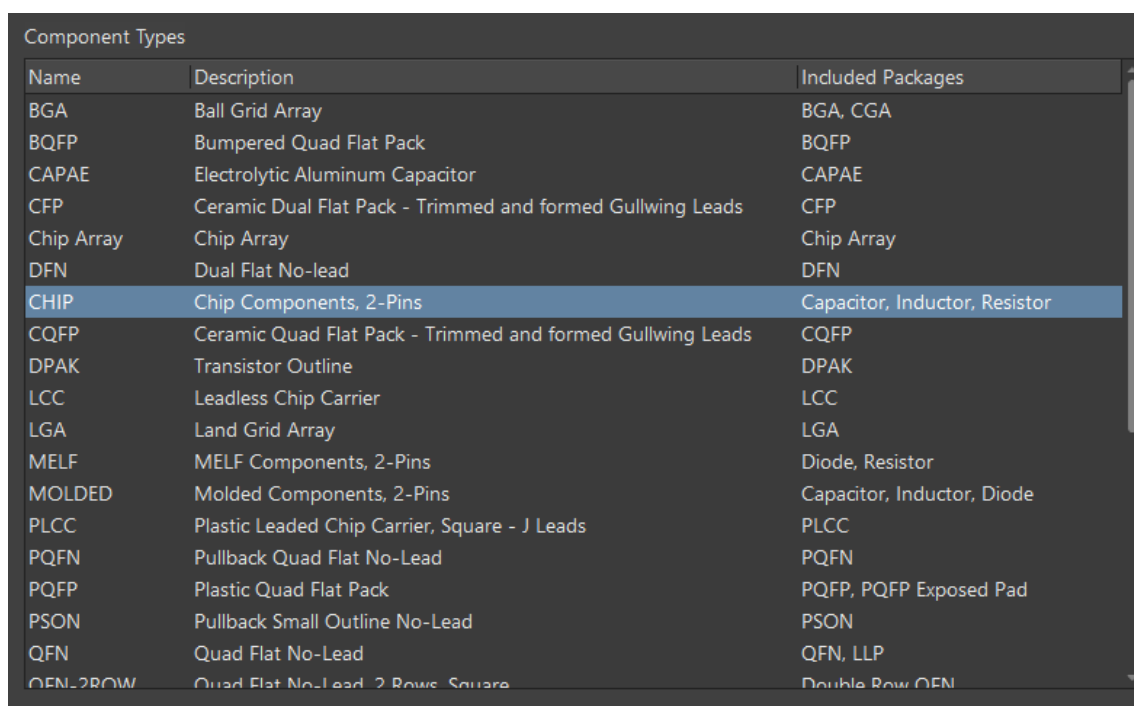
Altium Designer обладает собственным редактором посадочных мест, который может построить модель компонента по заданным параметрам. Воспользуемся данным функционалом при создании модели конденсатора. Для этого в верхней области экрана откройте *Tools > IPC Compliant Footprint Wizard*.



44. В приветственном окне нажмите кнопку *Next*.

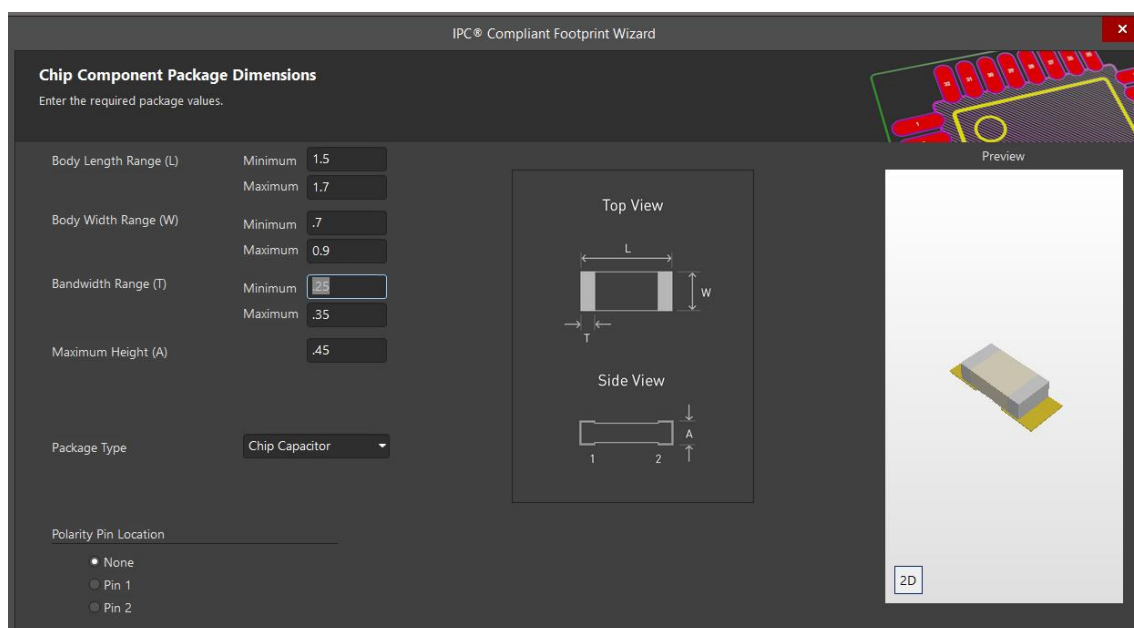


45. В окне выбора типа создаваемого компонента выберите опцию *Chip*, включающую в себя двухвыводные пассивные компоненты для поверхностного монтажа.

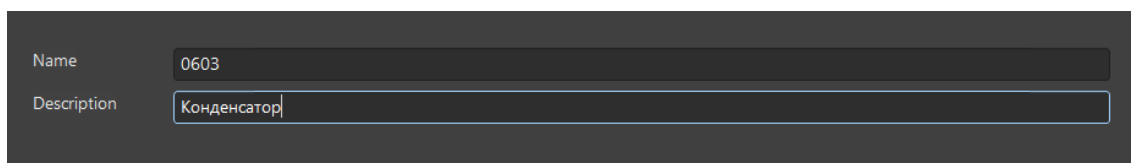


46. В открывшемся окне введите параметры согласно варианту. Параметры в программе задают с учетом погрешности. Для параметров L , H и W примите погрешность равной ± 0.1 мм, для параметра a ± 0.05 мм.

Вводимые параметры для типоразмера 0603 приведены на рисунке.

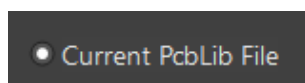


47. Продолжайте нажимать кнопку *Next* до тех пор, пока перед вами не появится окно, в котором необходимо задать имя компонента. В качестве имени используйте типоразмер конденсатора по варианту.



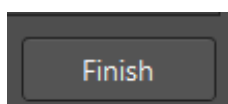
Name	0603
Description	Конденсатор

48. В следующем окне выберите место, куда будет сохранен документ. Для того чтобы сохранить модель конденсатора в создаваемой библиотеке, установите галочку в пункте *Current PcbLib File*.



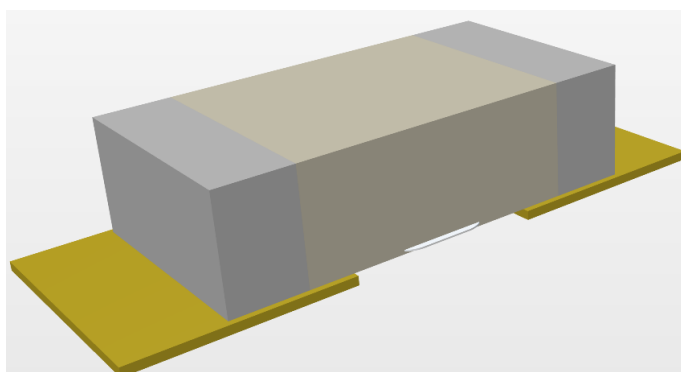
☒ Current PcbLib File

49. Затем снова нажмите кнопку *Next*. И в заключительном окне нажмите кнопку *Finish*.



Таким образом, в разрабатываемой библиотеке появится еще один компонент.

Name	Pads	Primitives
0402	2	11
0603	2	17



50. Выполните сохранение библиотеки и привяжите созданное посадочное место к УГО конденсатора в библиотеке *SchLib*.

51. Перейдем к созданию модели дросселя для выводного монтажа. Находясь в библиотеке посадочных мест, нажмите кнопку *Add* для создания нового компонента.



52. В списке компонентов появится новая строка.

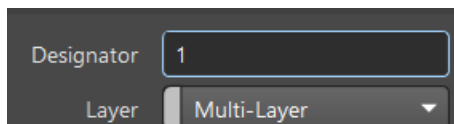
Name	Pads	Primitives
0402	2	11
0603	2	17
PCBCOMPONENT_1	0	0

Дважды щелкните по ней левой кнопкой мыши и в появившемся окне введите название компонента «Дроссель».

53. Создание посадочного места снова следует начинать с размещения контактных площадок (инструмент *Place Pad* .

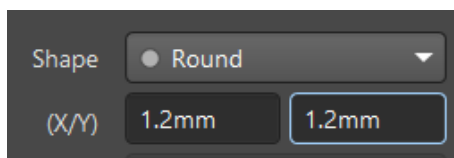
54. Перейдя в режим активной паузы (*Tab*), настройте параметры контактной площадки. В графе *Designator* установите значение 1.

55. Так как создается компонент для монтажа в отверстия, выберите слой *Multi-Layer*.

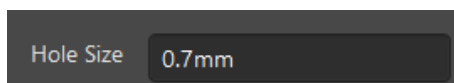


56. Введите параметры отверстия. Первой необходимо задать круглую форму (*Shape > Round*).

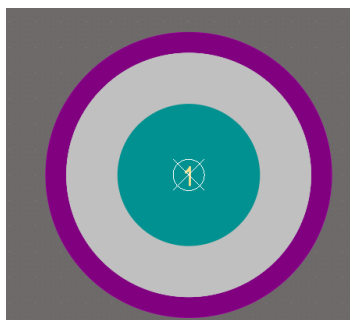
57. Введите размеры области, покрытой медью, для этого в пункте (*X/Y*), расположенном сразу после пункта *Shape*, введите значения 1.2 и 1.2.



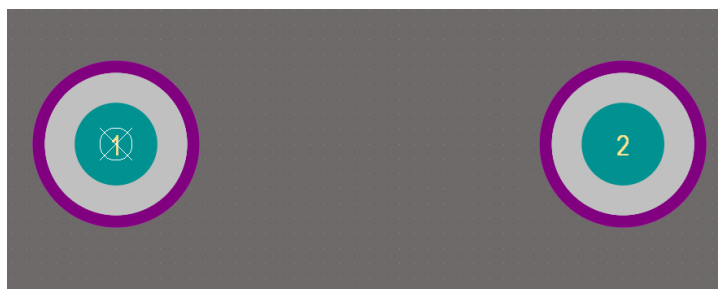
58. Далее необходимо установить диаметр отверстия. Для этого в строке *Hole Size* введите значение 0.7.



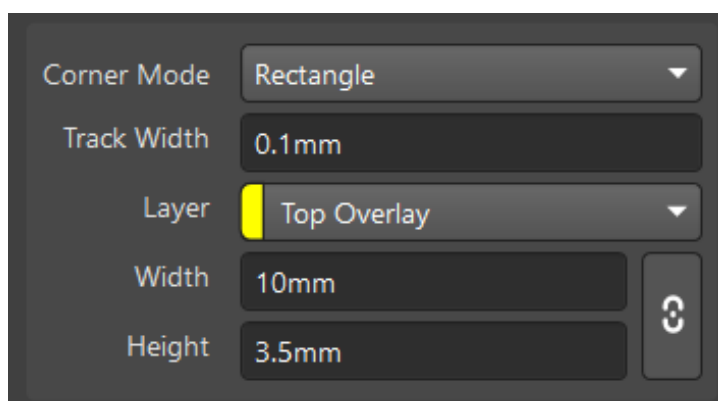
59. После ввода всех параметров выйдите из режима активной паузы (*Enter*) и установите контактную площадку в начале координат.



60. Вторую контактную площадку установите в точке с координатами (8.5; 0).



61. Начертите слой шелкографии вокруг компонента. Для этого, перейдя на слой *Top Overlay*, начертите прямоугольник с размерами, представленными на рисунке.

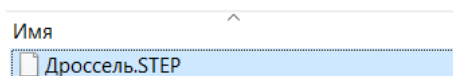


62. Разместите слой шелкографии вокруг компонента.



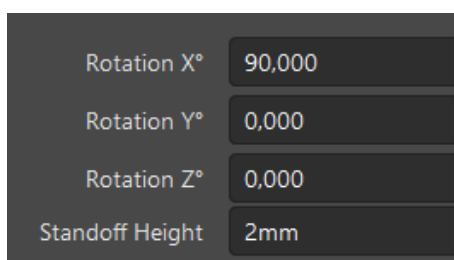
63. Как и в случае с УГО резистора, этих действий будет достаточно для того, чтобы созданное посадочное место могло использоваться при трассировке печатной платы. Однако для качественного исполнения чертежей необходимо создать трехмерную модель компонента. Функционала Altium Designer недостаточно для создания сложной объемной модели, однако программа умеет работать с файлами типа *.step, которые хранят в себе всю информацию о внешнем виде объекта. Для продолжения работы получите у преподавателя step-файл дросселя. Сохраните файл в директории проекта.

64. Для открытия step-файла дросселя воспользуйтесь инструментом *Place 3D-Body* . Во всплывающем окне укажите путь к step-файлу, а затем выберите его.



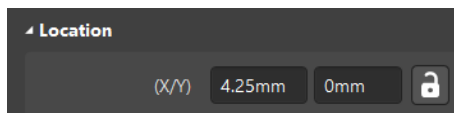
65. Перейдите в режим активной паузы. Для правильной ориентации модели поверните ее на 90 градусов по оси X. Для этого в пункте *Rotation X°* установите значение 90.

66. Затем задайте высоту подъема компонента 2 мм. Для этого в пункте *Standoff Height* введите «2».

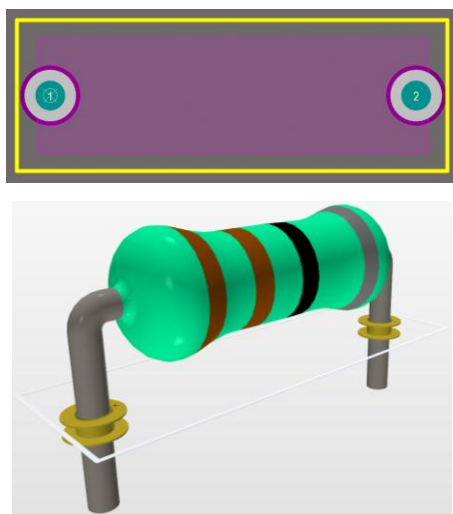


67. Разместите компонент в рабочей области.

68. После его размещения появится возможность задать точные координаты модели. Для этого дважды щелкните по ней левой кнопкой мыши, чтобы снова перейти к окну параметров (*Properties*). В пункте *Location* введите координаты (4.25; 0).



69. В результате будет создано посадочное место, включающее в себя трехмерную модель дросселя.

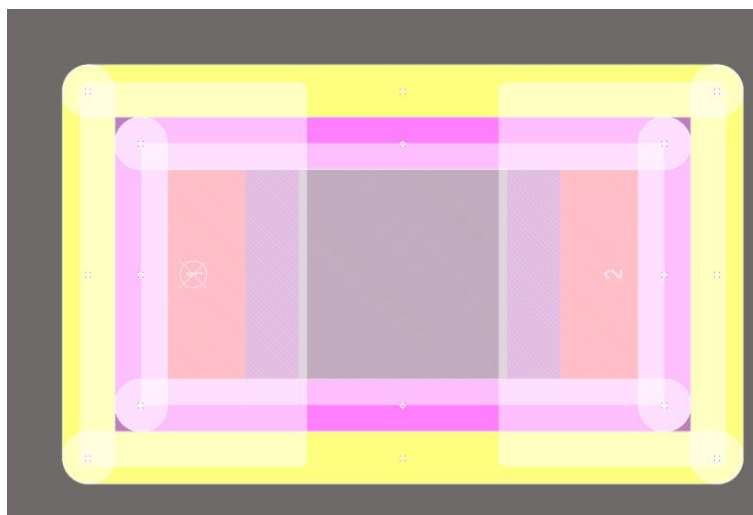


70. Сохраните библиотеку и выполните привязку посадочного места к УГО.

71. Перейдем к созданию посадочного места диода. Для этого создайте новый компонент в библиотеке и переименуйте его.

Name	Pads	Primitives
0402	2	11
0603	2	17
ДИОД	0	0
ДРОССЕЛЬ	2	7

72. Для упрощения задачи возьмем за основу созданное посадочное место резистора. Для этого откройте названное посадочное место. Находясь в рабочей области, нажмите комбинацию клавиш *Ctrl + A* для выделения всех объектов рабочей области.

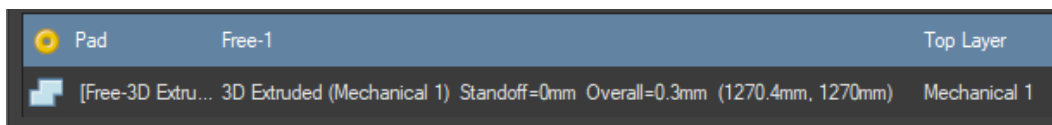


73. Затем нажмите комбинацию клавиш *Ctrl + C* для копирования выделенных объектов. Далее выполните щелчок левой кнопкой мыши по одному из выделенных объектов.

74. После того как компонент был скопирован в буфер обмена, вернитесь к последнему созданному компоненту (диоду). Находясь в рабочей области, нажмите комбинацию клавиш *Ctrl + V* для размещения компонента.

75. Для того чтобы данную модель можно было использовать как диод, необходимо внести некоторые изменения, главным из которых будет переименование контактных площадок. У диода необходимо соблюдать полярность. Для этого наведите мышь на первую контактную площадку и произведите двойной щелчок. В появившемся окне необходимо

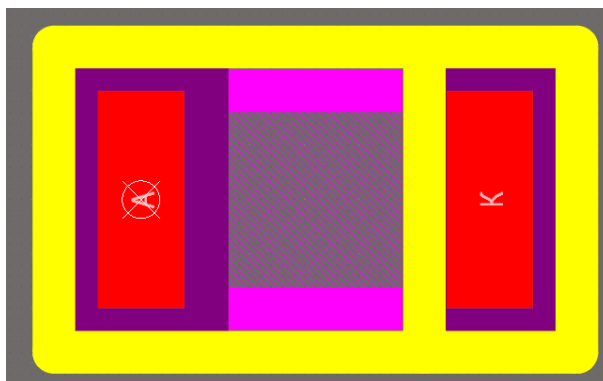
уточнить, параметры какого компонента требуется открыть. Выберите контактную площадку *Pad*.



76. В панели *Properties* в пункте *Designator* замените значение 1 на А (анод).

77. Аналогично переименуйте вторую контактную площадку на К (катод).

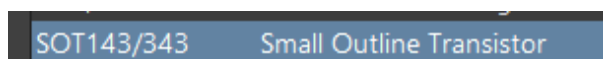
78. Далее необходимо визуально обозначить полярность контактных площадок. Общепринятое обозначение для диодов – вертикальная черта в области катода. Начертите ее, перейдя на слой *Top Overlay* и воспользовавшись инструментом *Place Line*.



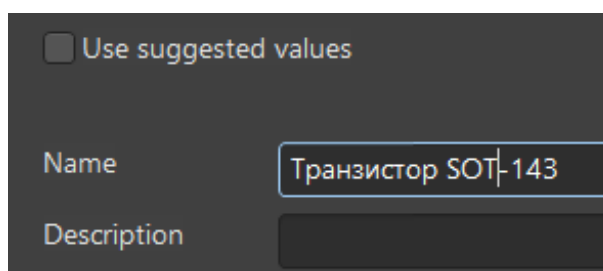
79. Сохраните библиотеку и выполните привязку посадочного места к УГО.

80. Создайте посадочное место транзистора с помощью встроенного редактора. Для этого перейдите на панель *PCB Library*. Воспользуйтесь редактором *Tools > IPC Compliant Footprint Wizard*.

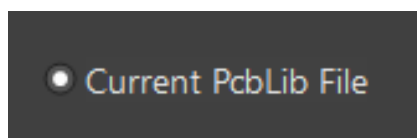
81. Выберите транзистор типа *SOT143*.



82. Оставив все параметры по умолчанию, дойдите до этапа ввода имени. Переименуйте компонент в «Транзистор SOT-143».



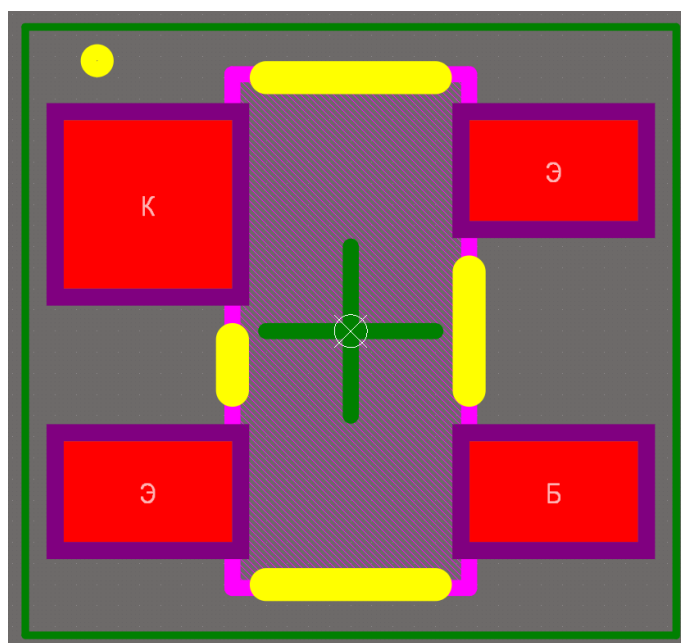
83. Следующим шагом выберите опцию сохранения – в текущую библиотеку.



84. Перейдите к заключительному шагу нажатием на кнопку *Next*.

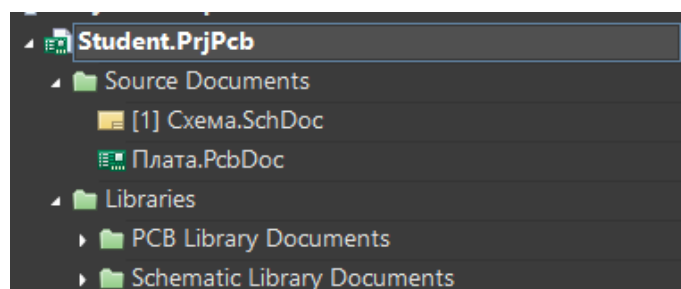
85. Завершите работу с редактором посадочных мест.

86. Посадочное место транзистора создано, однако для его корректной привязки к УГО необходимо изменить названия контактных площадок. Переименуйте контактные площадки в соответствии с рисунком.

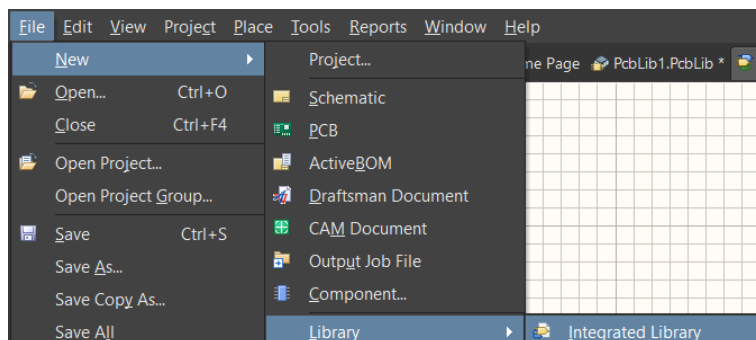


87. Сохраните библиотеку, выполните привязку посадочного места к УГО.

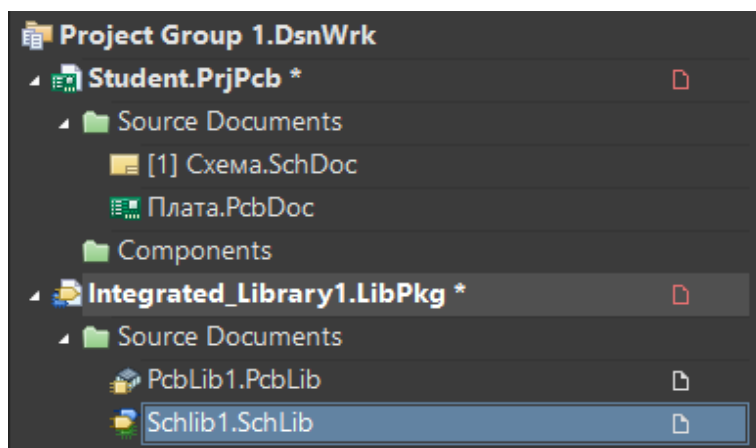
88. На данном этапе было создано две библиотеки, компоненты которых можно использовать лишь в пределах одного разрабатываемого проекта. Об этом свидетельствует отображение библиотек в дереве проекта.



89. Для того чтобы сделать данную библиотеку более универсальной, необходимо преобразовать ее в интегрированную библиотеку. Для этого создайте файл интегрированной библиотеки (*File > New > Library > Integrated Library*).

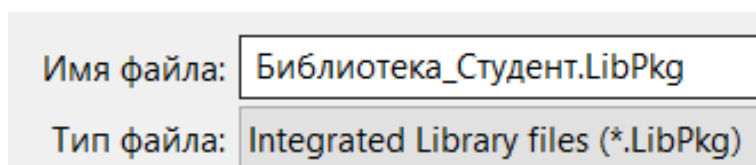


90. Затем перетащите оба файла библиотек из дерева проекта в дерево интегрированной библиотеки.

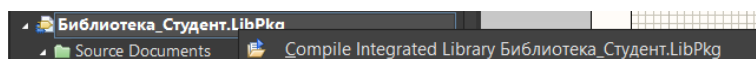


91. Сохраните файл проекта.

92. Сохраните файл библиотеки в вашу директорию на компьютере, назвав ее своей фамилией.



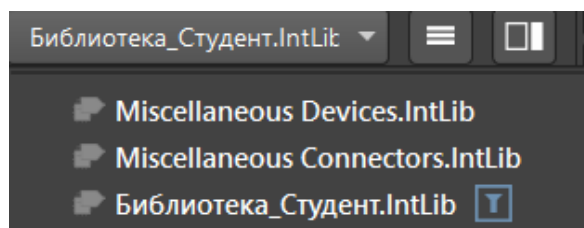
93. Кликните правой кнопкой мыши по файлу интегрированной библиотеки и выберите опцию *Compiled Integrated Library*.



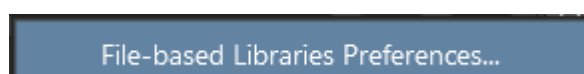
93.1. Для проверки правильности выполненных действий перейдите к файлу схемы в составе проекта.

93.2. На панели инструментов выберите *Place Part* .

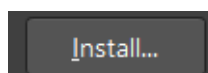
93.3. В открывшемся окне разверните окно библиотек. В предложенном списке должна отображаться созданная библиотека.



93.4. В случае отсутствия библиотеки в списке или при необходимости установки новой интегрированной библиотеки, находясь в меню компонентов, необходимо нажать кнопку . А в открывшемся окне выбрать опцию *File-based Libraries Preferences*.



93.5. В открывшемся окне нажатие на кнопку *Install* даст возможность указать путь к библиотеке, которую необходимо установить. Выбор соответствующего файла даст возможность использовать компоненты из данной библиотеке при работе над любым проектом.



94. Оформите отчет.

95. Защитите работу.

Контрольные вопросы

1. Что означают цифры типоразмера 0402?
2. Для чего используют слой Top Layer?
3. Для чего используют слой Top Overlay?
4. Для чего используют слой Bottom Layer?

Лабораторная работа № 4 РАЗРАБОТКА РАМКИ ЛИСТА А3 СОГЛАСНО ТРЕБОВАНИЯМ ГОСТа

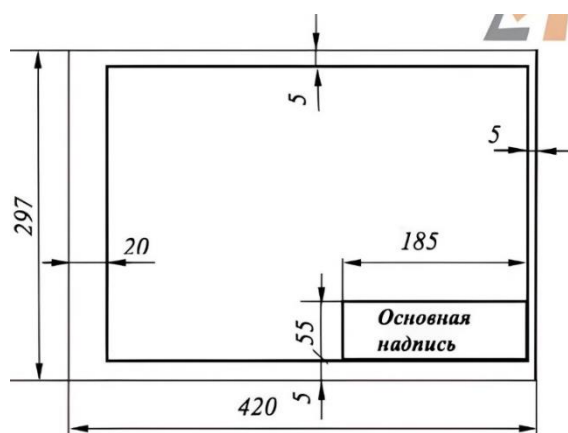
Цель работы: получение навыков работы с документами формата *.SchDoc в Altium Designer.

Задание на лабораторную работу: начертить рамку листа формата А3, выполненную по требованиям ГОСТа.

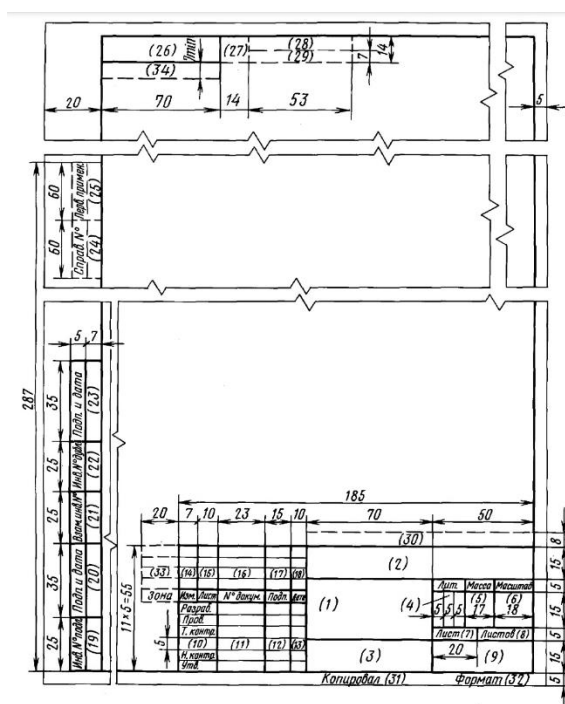
Краткие теоретические сведения

Конструкторские документы необходимо выполнять в соответствии с перечнем четких требований. Одно из таких – выполнение электрических схем на листах, обрамленных в рамку, содержащую основную надпись и дополнительные графы. Требования к рамке представлены в ГОСТ 2.104-2006.

Для листов, размер которых превышает формат А4, рамка оформляется в зависимости от размеров листа, основная надпись при этом имеет фиксированные размеры. Для листа формата А3 рамка и основная надпись примут следующие размеры.

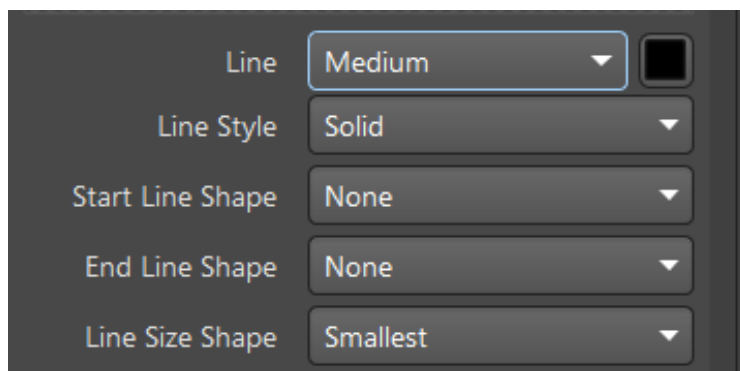


Основную надпись следует расчертить и заполнить следующим образом.

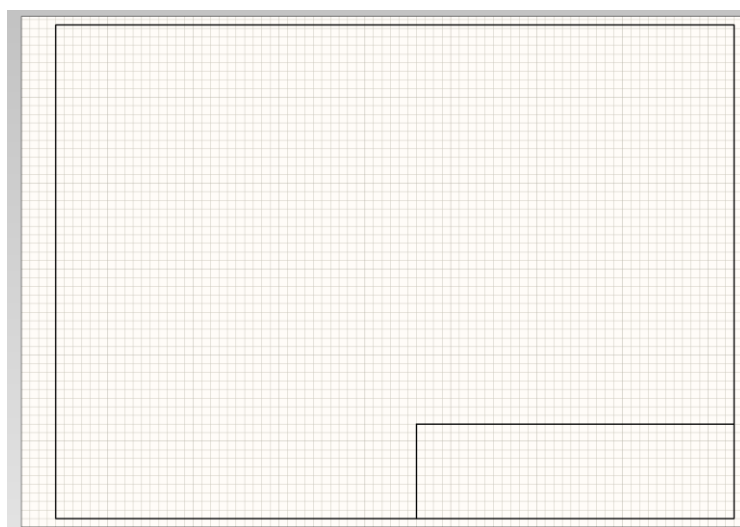


Ход работы

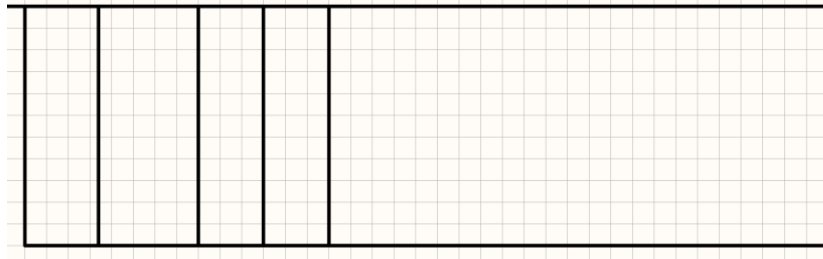
1. Изучите теоретические сведения.
2. Запустите программу *Altium Designer*.
3. Получите у преподавателя файл, необходимый для работы. Сохраните данный файл в директорию ранее созданного проекта.
4. Откройте файл средствами Altium Designer (*File > Open*).
5. В открывшемся рабочем пространстве, представляющем собой лист формата А3, начертите рамку. Для этого воспользуйтесь инструментом *Place Line* на панели инструментов .
6. Перед размещением рамки перейдите в режим активной паузы (*Tab*) и установите среднюю толщину линии (*Medium*) в пункте *Line*.



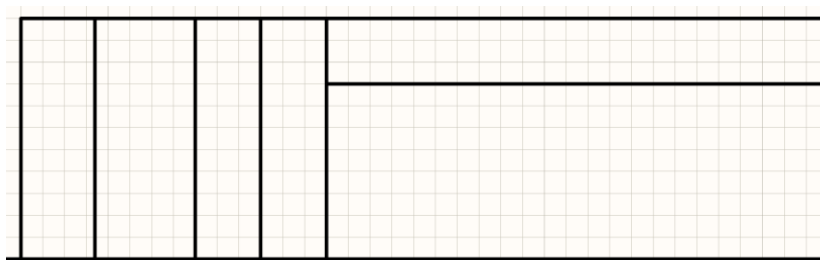
7. Выйдите из режима активной паузы и разместите первую вершину в точке с координатами (20; 5), затем в точках (415; 5), (415; 292) и (20; 292).
8. Аналогичным образом начертите рамку основной надписи, используя инструмент *Line* с вершинами в точках (230; 5), (230; 60) и (415; 60). Таким образом, разметка листа примет следующий вид.



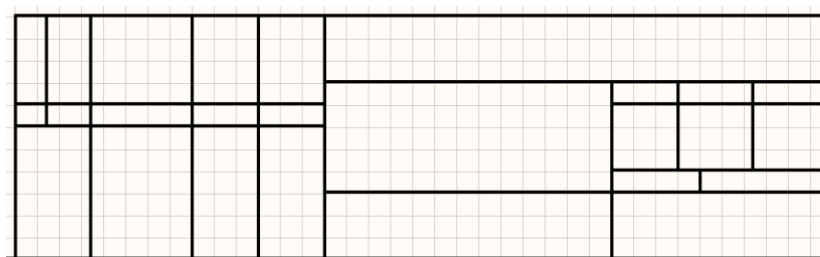
9. Теперь необходимо начертить поля основной надписи. Не изменяя толщину линий, начертите четыре вертикальные черты на расстоянии 17, 40, 55 и 60 мм от левой границы основной надписи.



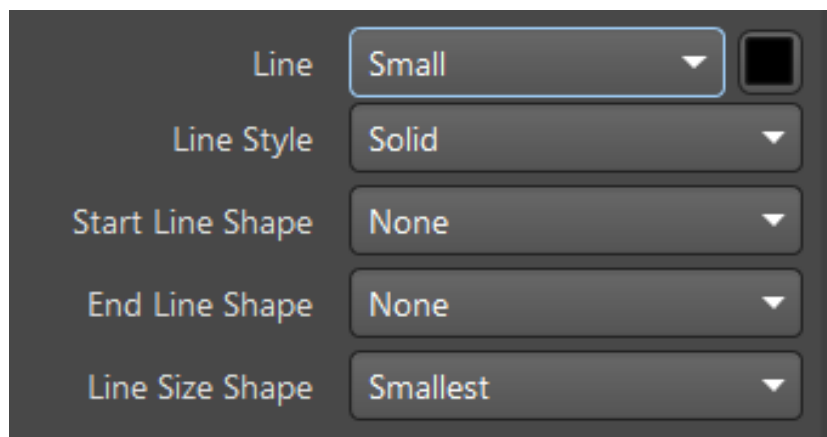
10. Начертите горизонтальную черту на расстоянии 15 мм от верхней границы основной надписи.



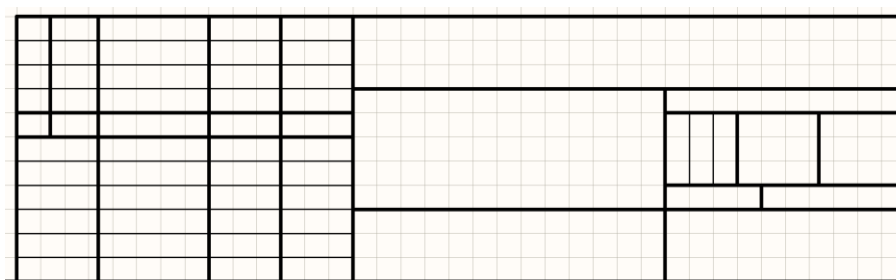
11. Используя размеры, приведенные в теоретических сведениях, разместите все линии основной надписи данной толщины.



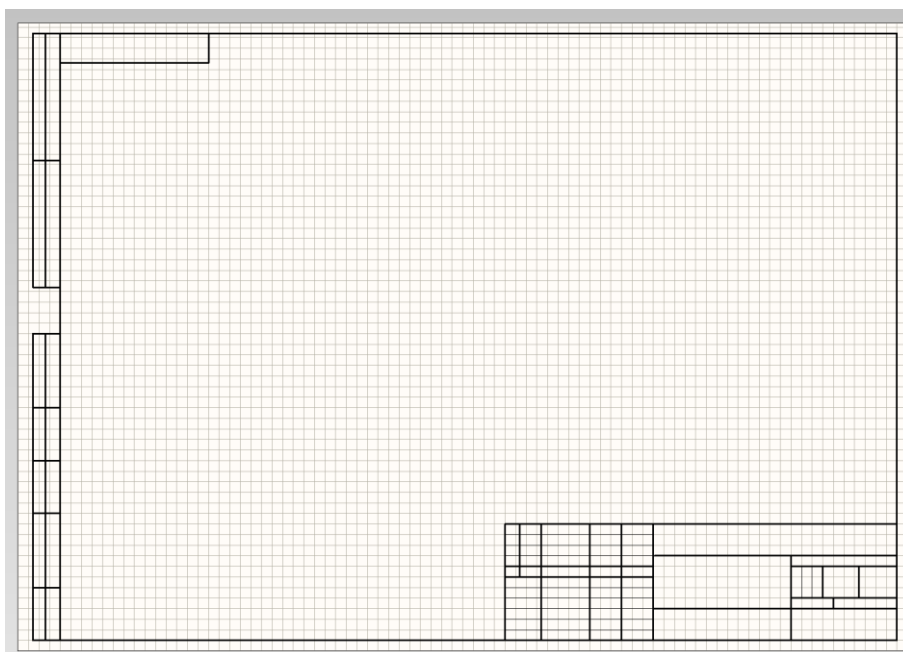
12. Начертите оставшиеся линии основной надписи, используя линии малой толщины.



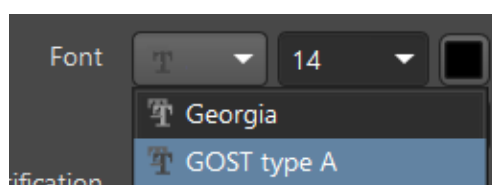
13. Таким образом, рамка основной надписи со всеми полями окажется начерчена.



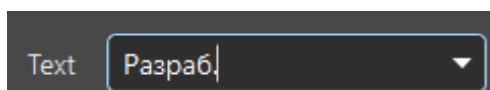
14. Используя средний размер линий, начертите дополнительные графы, расположенные в левой области листа, с размерами, указанными в теоретической части.



15. Далее добавьте текст в основную надпись и дополнительные графы. Для этого воспользуйтесь инструментом *Place Text String* . Перейдя в режим активной паузы, установите шрифт *Gost Type A*, 18 кегль, черный цвет.



16. В поле *Text* введите «Разраб.»



17. Разместите надпись в соответствующей ячейке.

[illegible]

17.1. На данном этапе следует обратить внимание на то, что размещенная надпись имеет начертание, не соответствующее шрифту *Gost Type A*. Это особенность работы Altium Designer с нестандартными шрифтами, и при сохранении документа в формате PDF текст начнет отображаться корректно. Для предпросмотра того, как будет выглядеть текст при корректном отображении шрифта, можно выполнить ряд действий.

17.2. Нажмите на уже размещенный текст левой кнопкой мыши.

Разраб.

17.3. Нажмите комбинацию *Ctrl* + *C* на клавиатуре, чтобы скопировать текстовое поле.

17.4. Нажмите комбинацию *Ctrl* + *V* на клавиатуре, чтобы вставить скопированный текст. При выполнении данных действий появляется возможность увидеть корректное начертание и размер текстового поля, что может быть полезно при размещении надписей, которые в искаженном виде превышают соответствующую рамку.

Разраб.
Разраб.

18. Добавьте оставшиеся текстовые поля основной надписи.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			Лит.	Масса	Масштаб	
Разраб.										
Пров.										
							Лист	Листов		
Н. контр.										
Уте.										
							Копировал			
							Формат А3			

19. Добавьте надписи дополнительных граф.

The image shows a technical drawing template with a grid. On the left side, there are several vertical fields for labels: "Перед. привнес.", "Стрелка №", "Подп. дата", "Угол №", "Взам. или", "Подп. и дата", "Подп. №", "Подп. дата", "Подп. №", "Подп. дата". In the bottom right corner, there is a table with the following structure:

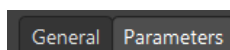
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.							
Прое.							
Н. контр.							
Уте.							

Below the table, there are labels "Копировал" and "Формат А3".

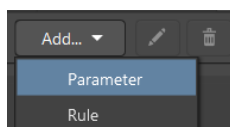
20. Оставшиеся ячейки заполняют на этапе разработки документа (схемы или чертежа), поэтому необходимо предусмотреть возможность редактирования данных полей. Для этого откройте параметры создаваемой рамки, нажав кнопку *Properties* в правой части экрана.



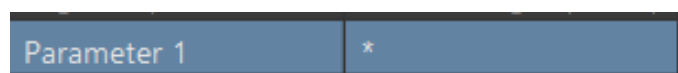
21. Далее перейдите на вкладку *Parameters*.



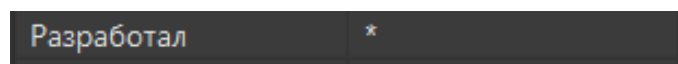
22. На экране отобразится перечень параметров, которые можно использовать для заполнения оставшихся полей, однако для удобства в данный список будут добавлены параметры на русском языке. В нижней части списка нажмите кнопку *Add* и в появившемся окне выберите опцию *Parameter*.



23. В списке появится новый параметр.



24. Нажатие левой кнопкой мыши по параметру даст возможность отредактировать его название. Переименуйте параметр на «Разработал».



25. Аналогичным образом добавьте параметры «Проверил», «Нормоконтроль», «Утвердил», «Децимальный номер», «Название», «Подпись 1», «Подпись 2», «Лист», «Всего листов».

Разработал	*
Проверил	*
Нормоконтроль	*
Утвердил	*
Децимальный номер	*
Название	*
Подпись 1	*
Подпись 2	*
Лист	*
Всего листов	*

26. Затем следует разместить данные параметры в соответствующих полях. Для этого выберите инструмент *Place Text String* . Задайте такие же параметры шрифта, как на предыдущих шагах.

27. В поле «Текст» следует написать «=Разработал», после чего разместить текст в соответствующей ячейке.

Разраб.	*		
Пров.			
Н. контр.			
Утв.			

28. Аналогичным образом разместите поля с параметрами «Проверил», «Нормоконтроль», «Утвердил», «Лист» и «Всего листов».

[illegible]

29. Остальные параметры разместите как на рисунке, в следующем порядке: «Децимальный номер», «Название», «Подпись 1», «Подпись 2». Причем для первых двух параметров при размещении необходимо изменить кегль на 28 и 24 соответственно, а выравнивание сделать по центру для всех четырех параметров.

[illegible]

30. Добавьте последний параметр «Децимальный номер», выставив координаты, градус поворота, шрифт, кегль и выравнивание в соответствии с рисунком.

Location

(X/Y)

55.5mm

286mm

Rotation

180 Degrees

Properties

Text

=Децимальный номер

URL

Font

T

24

B

I

U

T

Justification

↶

↷

↶

●

↷

↵

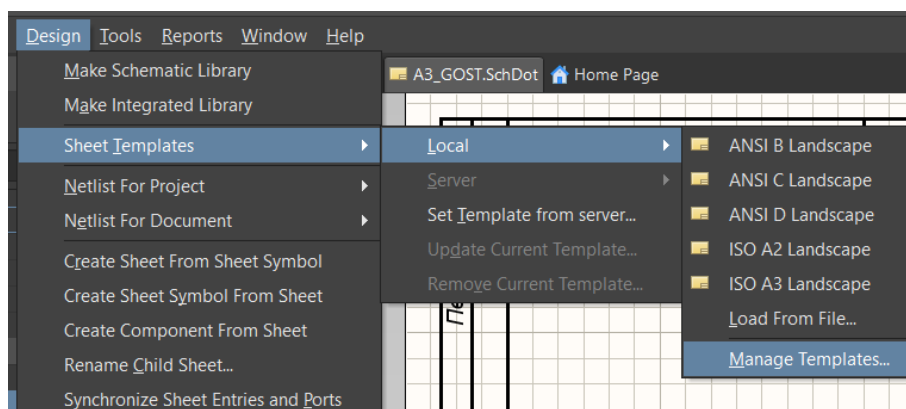
⬇

↵

31. Выполните сохранение созданной рамки.

A3_GOST.SchDot

32. Выполните установку созданной рамки. Для этого нажмите *Design > Sheet Templates > Local > Manage Templates*.

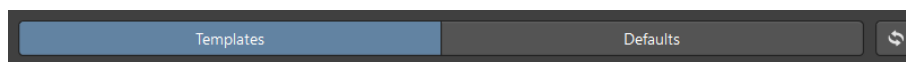


33. Откройте папку, в которой хранятся рамки, нажатием на кнопку .

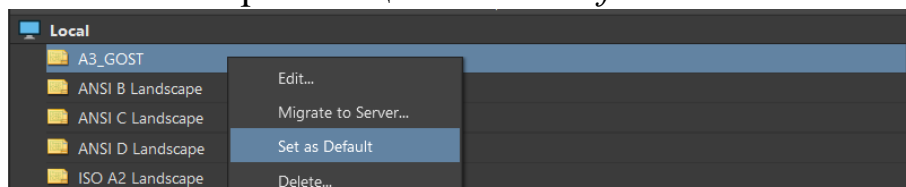


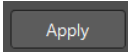
34. Поместите в открывшуюся папку созданную на предыдущих шагах рамку и закройте проводник.

35. Обновите список нажатием на кнопку .



36. В списке появится добавленная рамка. Нажмите на нее правой кнопкой мыши и выберите опцию *Set as Default*.



37. Нажмите кнопку *Apply* .

38. Оформите отчет.

39. Защитите работу.

Контрольные вопросы

1. Как изменится рамка листа при работе с форматом A2?
2. Почему все надписи в итоговом документе выполнены не по ГОСТу?
3. Для каких видов документов может применяться созданная рамка?

Лабораторная работа № 5

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ

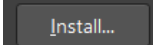
Цель работы: изучение алгоритма работы по созданию электрических принципиальных схем в Altium Designer.

Задание на лабораторную работу: по методическому примеру разработать электрическую принципиальную схему генератора, управляемого напряжением, выполненную в соответствии с требованиями ГОСТа.

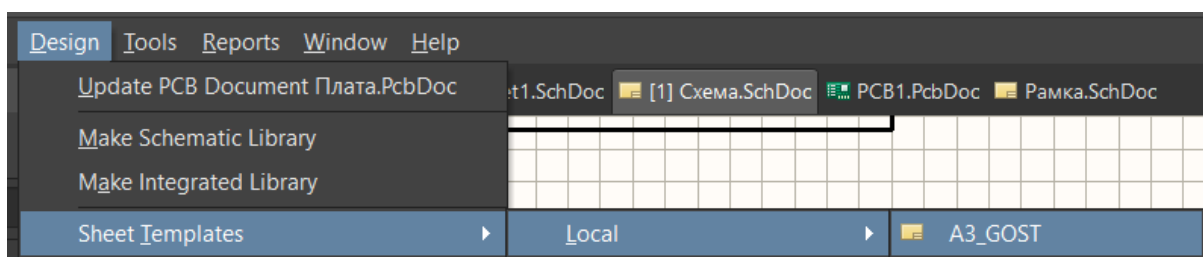
Ход работы

1. Откройте программу *Altium Designer*.
2. Откройте ранее созданный проект.
3. Получите у преподавателя библиотеки, необходимые для работы, в формате сжатой папки.
4. Распакуйте содержимое папки.
5. Установите интегрированные библиотеки.
 - 5.1. Откройте файл схемы.
 - 5.2. На панели инструментов выберите *Place Part* .
 - 5.3. Нажмите кнопку . В открывшемся окне выберите опцию *File-based Libraries Preferences*.



- 5.4. Нажмите на кнопку *Install* . Выберите все имеющиеся библиотеки и нажмите «Открыть».

6. Библиотеки установлены, и компоненты в их составе могут быть использованы при работе. Однако до размещения компонентов необходимо настроить рамку листа. Для этого, находясь в рабочем пространстве схемы, нажмите *Design > Sheet Templates > Local > A3_GOST*.



7. В открывшемся окне установите галочку, которая добавит в документ параметры рамки, созданные в предыдущей лабораторной работе.

☒ Add new parameters that exist in the template only

8. Нажмите *ОК*.

9. Заполните пустые поля рамки. Для этого перейдите во вкладку *Properties*, выберите пункт *Parameters*.

10. Введите нужные параметры.

10.1. Свои фамилию и инициалы – в пункте «Разработал».

10.2. Фамилию и инициалы преподавателя – в пунктах «Проверил», «Нормоконтроль», «Утвердил».

10.3. Децимальный номер при выполнении учебных работ записывается по образцу «ВлГУ.11.02.17.РЭсп-123.01.0.00 ЭЗ». Первый идентификатор – образовательная организация, второй – код специальности обучающегося, третий – учебная группа, четвертый – двузначный порядковый номер обучающегося по списку, пятый – код вида работ (0), шестой – двузначный номер документа (00), седьмой – вид документа (в данном случае ЭЗ – схема электрическая принципиальная).

10.4. Название схемы – ГУН (генератор, управляемый напряжением).

10.5. Подписи – «Схема электрическая принципиальная».

10.6. Номер листа и их общее количество – 1.

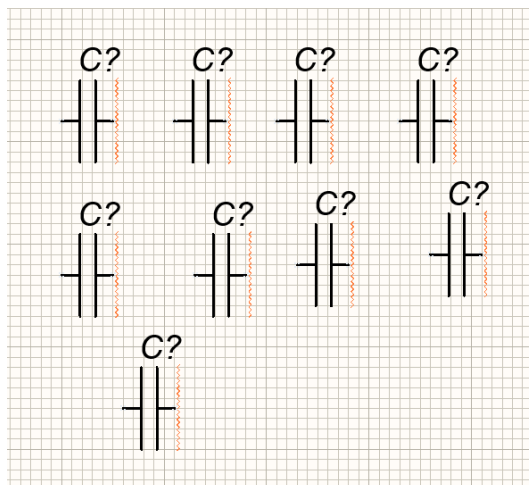
Разработал	Иванов А.А.
Проверил	Крамаренко Н.И.
Нормоконтроль	Крамаренко Н.И.
Утвердил	Крамаренко Н.И.
Децимальный номер	ВлГУ.11.02.17.РЭсп-...
Название	ГУН
Подпись 1	Схема электрическая
Подпись 2	принципиальная
Лист	1
Всего листов	1

11. Таким образом, основная надпись примет следующий вид.

					ВлГУ.11.02.17.РЭсп-123.01.0.00 ЭЗ				
					ГУН Схема электрическая принципиальная		Лист	Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ док-м	Подп	Дата					
Разраб	Иванов А.А.								
Пров	Крамаренко Н.И.								
							Лист	1	Листов
Н. контр	Крамаренко Н.И.								
Утв	Крамаренко Н.И.								

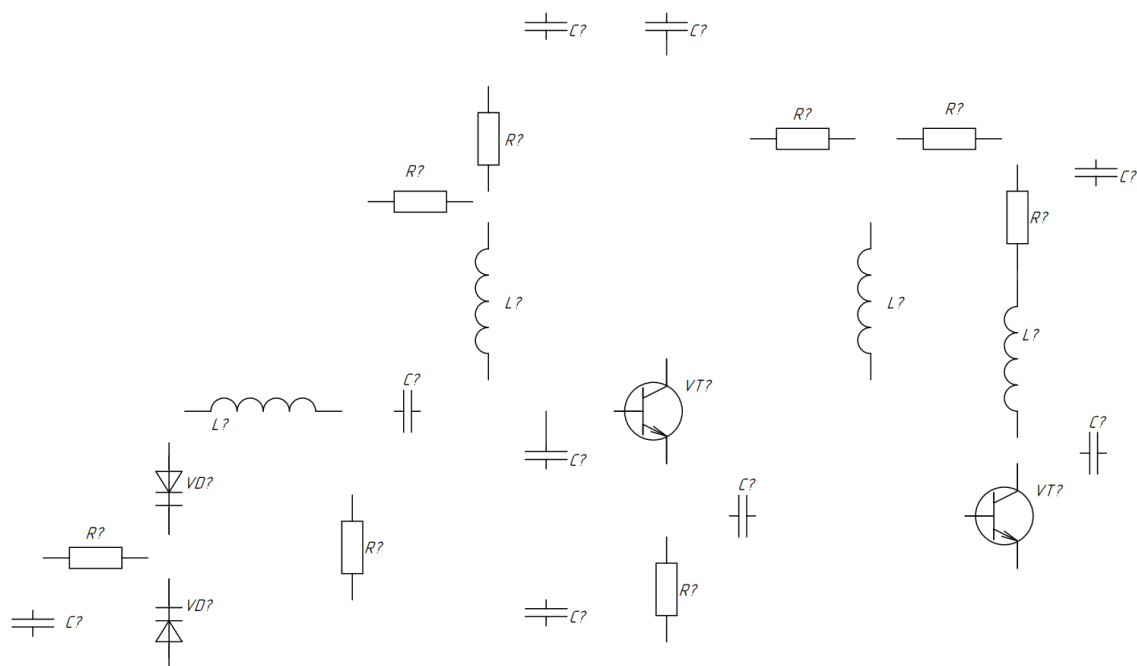
Копировал Формат А3

12. Теперь можно перейти к непосредственному размещению символов компонентов. Для этого нажмите на инструмент *Place Part*. Выберите библиотеку «3_Конденсаторы». В открывшемся списке выберите элемент 0402 и разместите девять конденсаторов в рабочей области. На данном этапе расположение элементов не имеет значения.

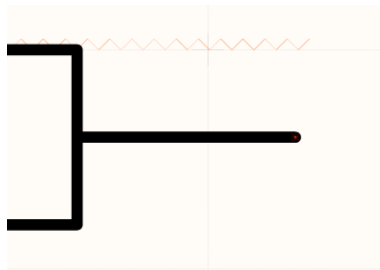


13. Аналогичным образом разместите восемь резисторов типоразмера 0402, четыре дросселя типоразмера 0603, два транзистора типа BFR93A, два варикапа BB181, 115 (библиотека – полупроводниковые приборы).

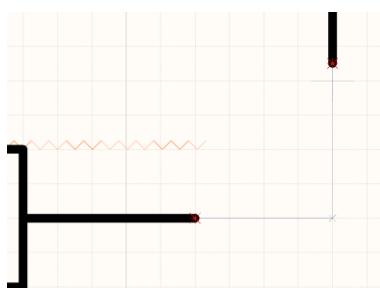
14. Разместив все символы-компоненты в рабочей области, расположите их как на рисунке. Для поворота компонентов используйте клавишу «Пробел».



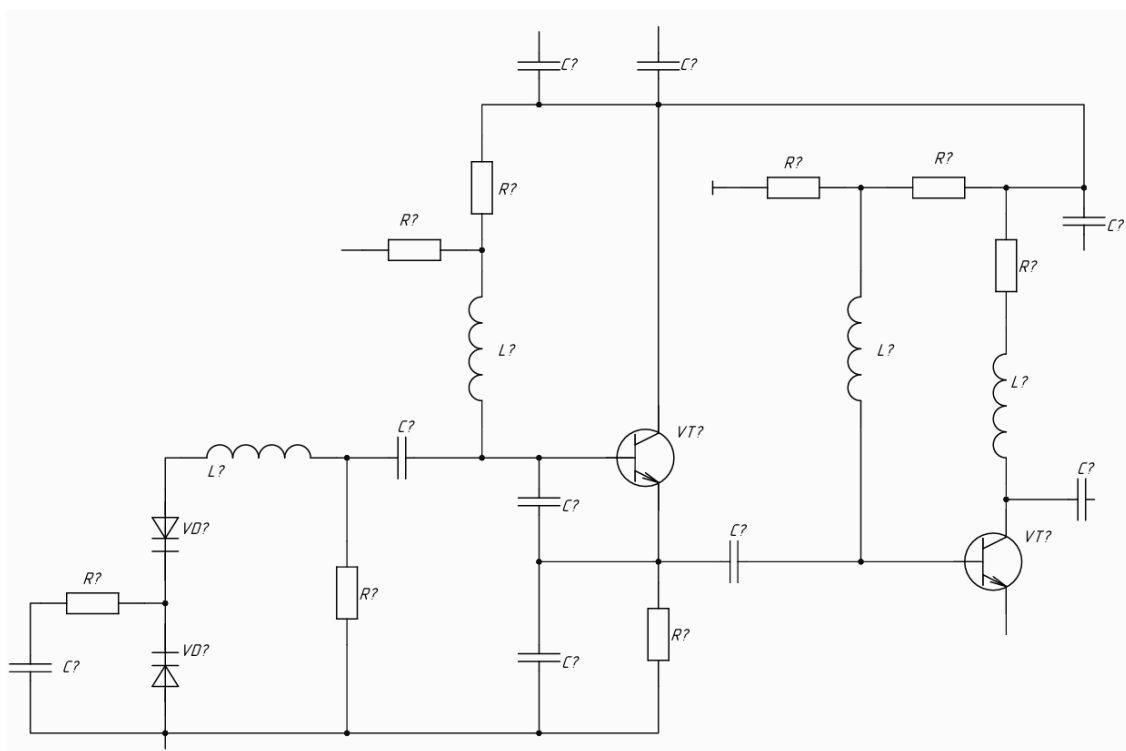
15. Далее необходимо соединить компоненты. Для этого воспользуйтесь инструментом *Place Wire* . Наведите курсор на точку электрической привязки символа компонента. Нажмите левую кнопку мыши.



16. Проведите соединение до точки электрической привязки другого компонента. Нажмите левую кнопку мыши.

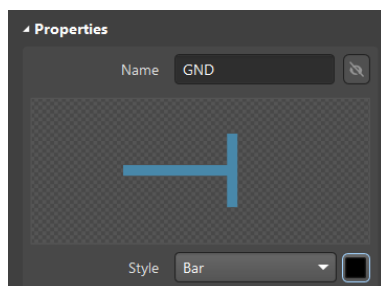


17. Аналогичным образом выполните соединение всех компонентов как на рисунке. Для изменения угла соединения используйте клавишу «Пробел».

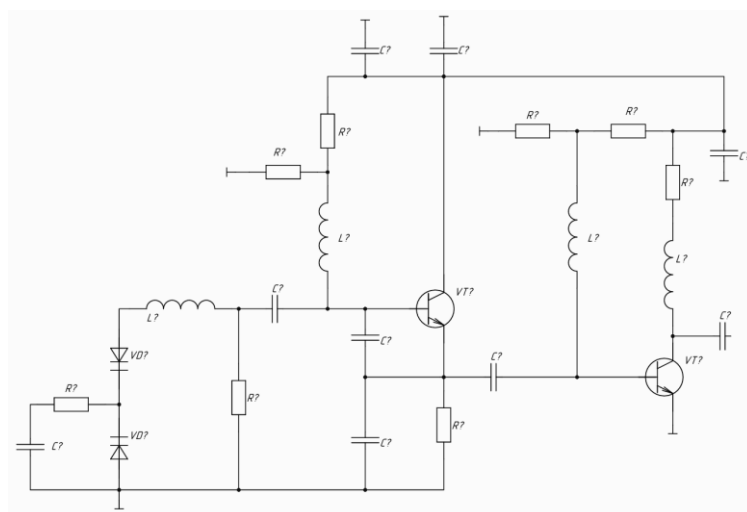


18. Далее на схему необходимо добавить общий провод. Для этого воспользуйтесь инструментом *Place GND Power Port* .

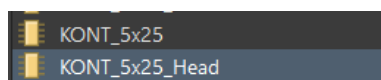
19. Перед размещением элемента на схеме перейдите в режим активной паузы, скройте отображение подписи и измените параметр *Style* на *Bar*.



20. Разместите семь таких символов и соедините их со схемой.



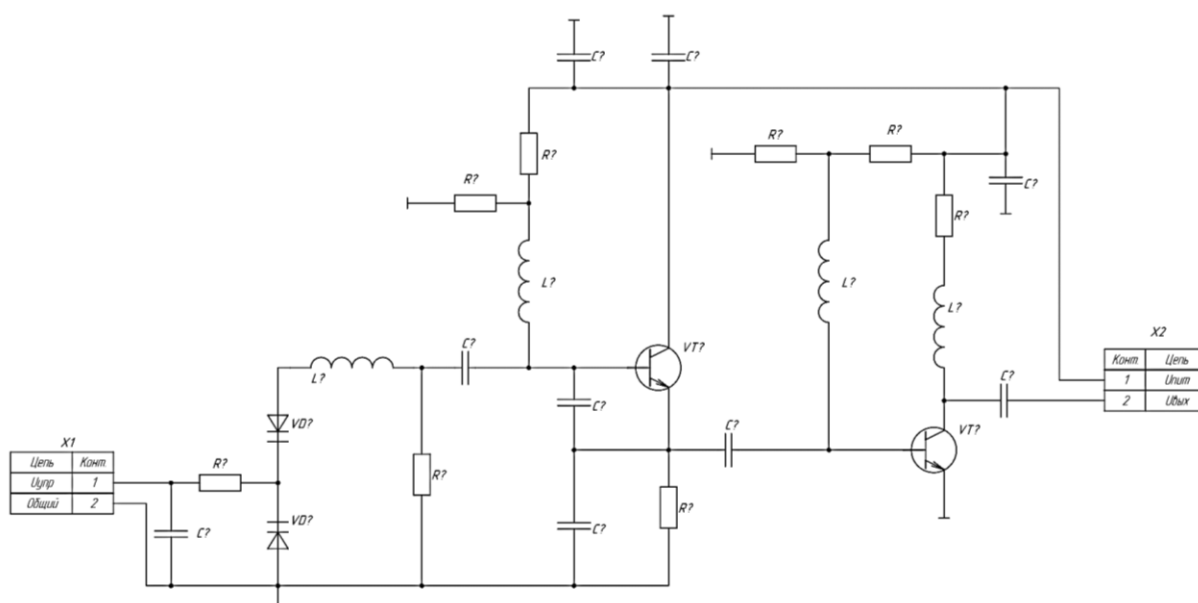
21. Далее на схему необходимо добавить таблицу соединений. Для этого разместите компоненты *KONT_5x25_Head* и *KONT_5x25*, находящиеся в библиотеке «Соединители».



22. Разместите в рабочей области программы таблицу следующего вида.

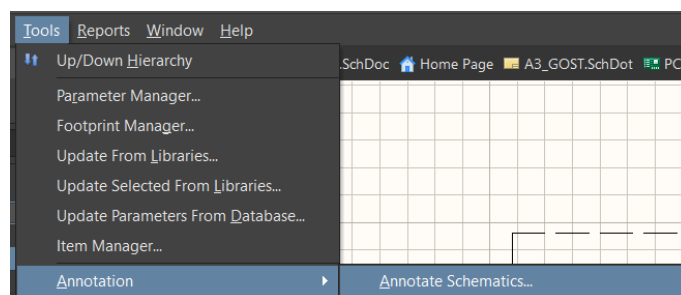
X?	
Цепь	Конт.
Имя	Text
Имя	Text

23. Пронумеруйте контакты таблицы соединений и обозначьте их «Uупр» и «Общий». Затем соедините таблицу со схемой в соответствии с рисунком.

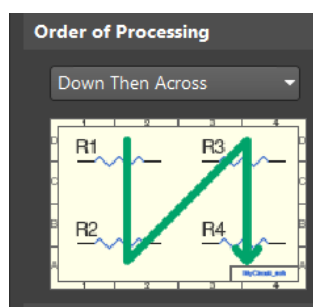


24. Добавьте на схему еще одну таблицу соединений с цепями Uпит и Uвых.

25. После того как все компоненты будут размещены, необходимо выполнить их нумерацию. Для этого перейдите во вкладку *Tools > Annotation > Annotate Schematics*.



26. В открывшемся окне необходимо выбрать порядок нумерации. Для этого в пункте *Order of Processing* выберите опцию *Down Then Across*.



27. Нажмите на кнопку *Update Changes List*.

Update Changes List

28. Нажмите на кнопку *Accept Changes (Create ECO)*.

Accept Changes (Create ECO)

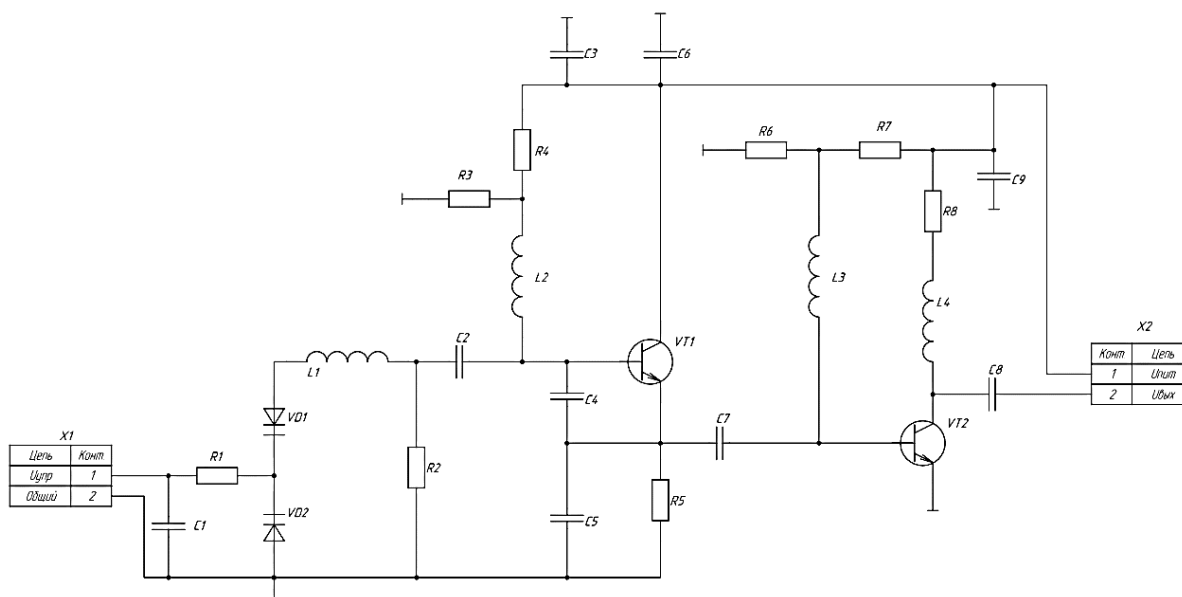
29. В появившемся окне сначала выполните проверку вносимых изменений (кнопка *Validate Changes*).

Validate Changes

30. После проверки нажмите кнопку *Execute Changes*.

Execute Changes

31. Таким образом, все компоненты схемы будут пронумерованы.



32. Для сохранения схемы в формате PDF воспользуйтесь комбинацией клавиш *Ctrl + P* клавиатуры. В открывшемся окне выберите опцию *Microsoft Print to PDF*.

Printer

Microsoft Print to PDF

33. Нажмите *Print* и выберите путь, по которому будет сохранен итоговый файл.

Print

34. Оформите отчет.

35. Защитите работу.

Контрольные вопросы

1. За что отвечает каждый из идентификаторов десятичного номера?
2. Для чего предназначено поле «Нормоконтроль» в основной надписи?
3. Можно ли вместо автоматической нумерации компонентов выполнить ручную?
4. Что такое ЕСКД?
5. Для чего в схеме нужна таблица соединений?

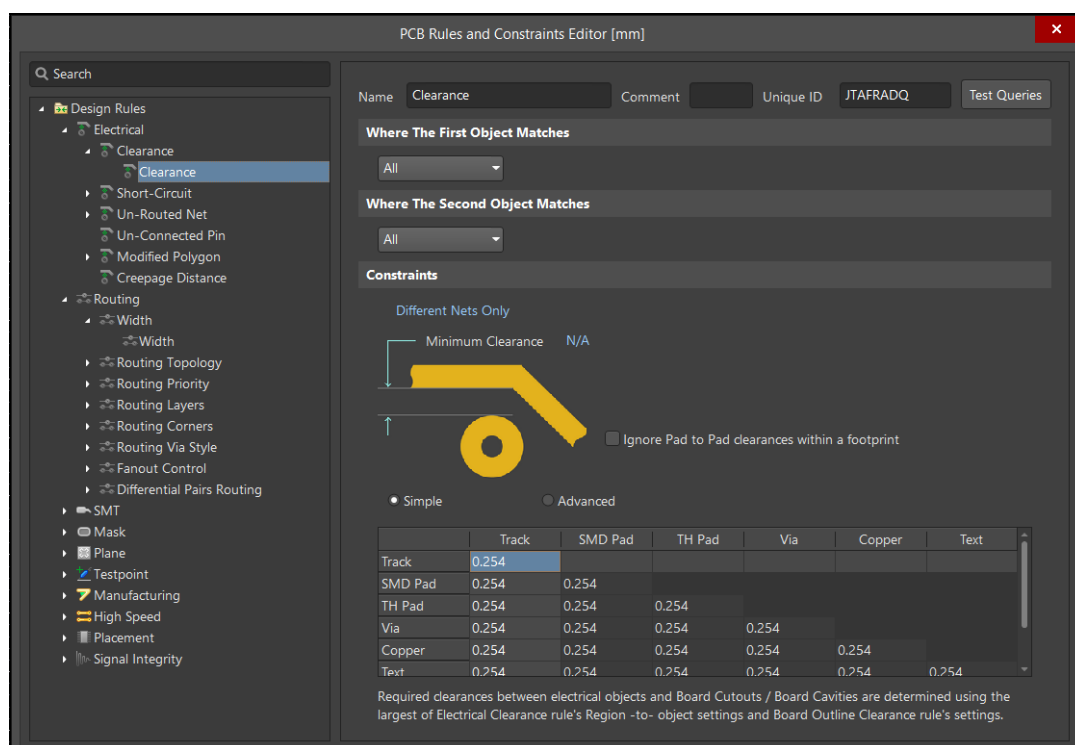
Лабораторная работа № 6 ТРАССИРОВКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Цель работы: изучение алгоритмов работы с редактором печатных плат в Altium Designer.

Задание на лабораторную работу: по методическому примеру разработайте печатную плату.

Краткие теоретические сведения

Создание печатной платы в Altium Designer необходимо начинать с настройки правил. **Правила** (*Design Rules*) – это набор условий и ограничений, которые определяют, как должна быть спроектирована печатная плата в соответствии с различными техническими и технологическими требованиями. Правила определяют минимальные зазоры между проводниками и компонентами, минимальную и максимальную ширину дорожек, размеры переходных отверстий и пр. Каждое из правил можно настроить вручную. Например, на экране показано окно правил, в левой части которого приведен полный список имеющихся правил, а в правой – настройка минимального расстояния между объектами разных типов.



Помимо ручной последовательной настройки каждого правила существует возможность импортировать заранее сохраненный набор правил.

Следующий важный шаг при создании печатной платы — настройка стека слоев, из которых состоит печатная плата. На данном этапе определяются тип диэлектрика и его толщина, число слоев печатной платы и пр.

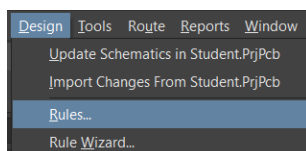
Трассировка печатной платы — это процесс создания электрических соединений между компонентами на печатной плате с помощью проводящих дорожек. Основная цель трассировки — обеспечение электрического соединения между компонентами, однако с ростом сложности разрабатываемого устройства необходимо учитывать дополнительные аспекты, например нагрев компонентов и паразитные параметры проводящих дорожек. Особо жесткие требования предъявляют к трассировке аппаратуры, работающей в СВЧ-диапазоне.

В простейшем случае соединение компонентов происходит на поверхности печатной платы. При этом печатные дорожки не должны пересекаться между собой. Поэтому зачастую прибегают к двусторонней структуре печатной платы, когда одна часть соединений осуществляется на одной стороне платы, а другая — на обратной. При этом электрическое соединение между слоями обеспечивается сквозными металлизированными отверстиями.

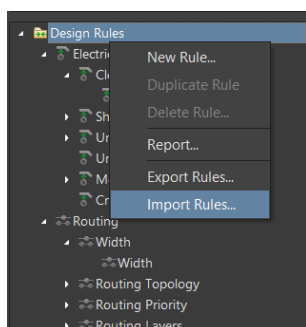
При размещении питания (VCC) и земли (GND) на печатных платах во многих случаях используют полигоны, представляющие собой большую, сплошную область проводящего материала, которая покрывает значительную часть платы и обеспечивает легкое соединение с общими сетями.

Ход работы

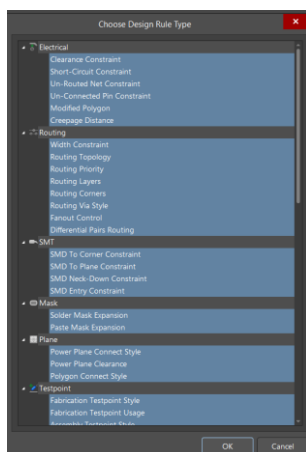
1. Откройте программу *Altium Designer*.
2. Откройте ранее созданный проект.
3. Получите у преподавателя файл с правилами проектирования, необходимый для работы.
4. Для перехода к настройкам правил проектирования печатной платы нажмите *Design > Rules*.



5. В открывшемся окне нажмите правой кнопкой мыши на любое из правил в списке и выберите опцию *Import Rules*.

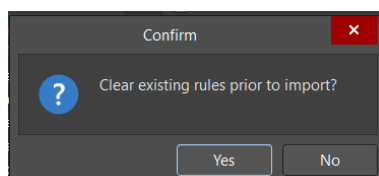


6. В появившемся окне сначала нажмите комбинацию клавиш *Ctrl + A* для выделения всех правил в списке, а затем — кнопку *OK*.



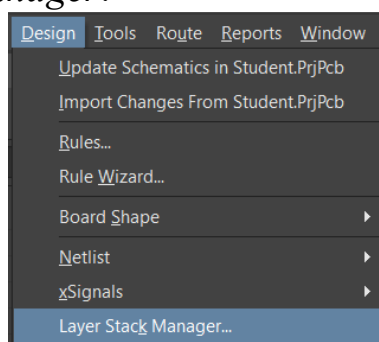
7. В открывшемся проводнике укажите путь к файлу с правилами и откройте его.

8. В открывшемся окне подтвердите замену существующих правил по умолчанию на импортируемые. Для этого нажмите на кнопку *Yes*.



9. Затем нажмите кнопку *Apply* и закройте окно правил.

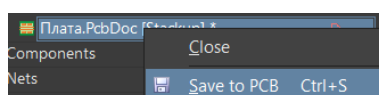
10. Произведите настройку стека слоев. Для этого нажмите *Design > Layer Stack Manager*.



11. По умолчанию плата состоит из двух поверхностных слоев, количество которых может быть увеличено, однако для разрабатываемой печатной платы двух слоев достаточно. Единственным вносимым изменением станет установка толщины диэлектрика – 1,5 мм.

#	Name	Material	Type	Weight	Thickness	Dk
	Top Overlay		Overlay			
	Top Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.01016mm	3.5
1	Top Layer		Signal	1oz	0.03556mm	
	Dielectric 1	FR-4	Dielectric		1.5mm	4.8
2	Bottom Layer		Signal	1oz	0.03556mm	
	Bottom Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.01016mm	3.5
	Bottom Overlay		Overlay			

12. После установки толщины диэлектрика сохраните структуру слоев в дереве проекта, нажав по нему правой кнопкой мыши и выбрав пункт *Save to PCB*.

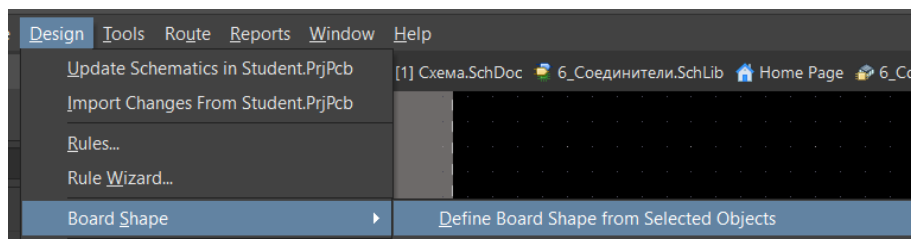


13. После выполнения подготовительных действий можно перейти к созданию печатной платы. Сначала необходимо задать контур платы. Для этого перейдите к слою *Mechanical 1*.

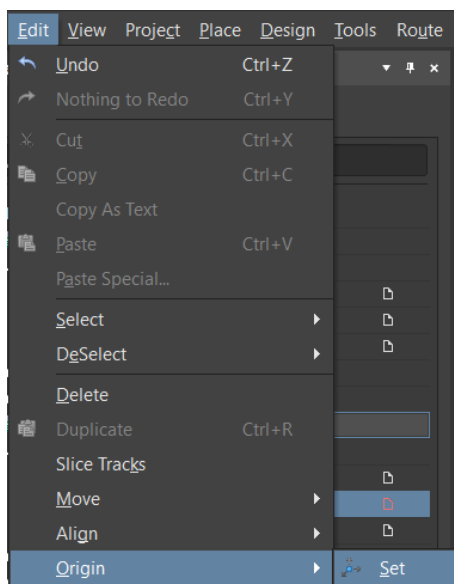


14. Используя инструмент *Place Line* , начертите в рабочей области прямоугольник размером 15×15 мм.

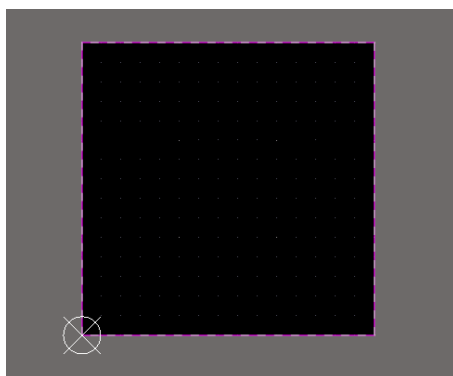
15. Далее необходимо ограничить размеры рабочей области до размеров платы. Для этого выделите контур платы и нажмите *Design > Board Shape > Define Board Shape from Selected Object*.



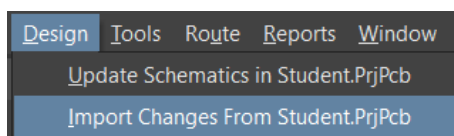
16. После этого необходимо передвинуть начало координат в левый нижний угол платы. Для этого нажмите *Edit > Origin > Set*. Наведите курсор на обозначенное место и нажмите левую кнопку мыши.

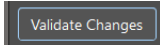
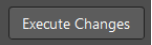


17. После выполнения предыдущих шагов рабочее пространство должно выглядеть следующим образом.

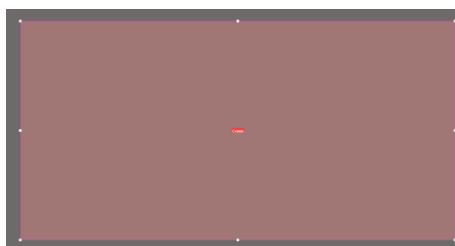


18. Для переноса компонентов со схемы электрической принципиальной на печатную плату нажмите на *Design > Import Changes From **

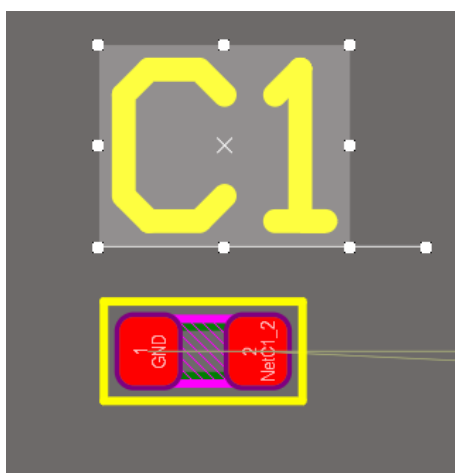


19. В открывшемся окне выполните проверку вносимых изменений (кнопка *Validate Changes* ). Если ошибок не обнаружено, то изменения можно применить (кнопка *Execute Changes* ).

20. В рабочей области появились все компоненты со схемы и компонента. Для дальнейшей работы комната не понадобится, поэтому ее можно удалить, сначала нажав по ней левой кнопкой мыши, а затем нажав клавишу *Del* клавиатуры.



21. Перед непосредственным размещением компонентов на плате будет целесообразно уменьшить размер шелкографии в условиях работы с платой малых размеров. Для этого нажмите на обозначение любого компонента.



22. Нажмите на выбранный объект правой кнопкой мыши и выберите команду *Find Similar Object*, которая поможет выделить объекты данного типа.

23. В открывшемся окне нажмите на кнопку *OK*. Таким образом, все подписи компонентов окажутся выделены.

24. Перейдите во вкладку *Properties*. В ней настройте высоту текста (*Text Height*) 0.2 мм и ширину текста (*Text Width*) 0.05 мм.

25. Затем необходимо разместить компоненты на поверхности печатной платы. Для облегчения этого процесса серыми линиями показаны соединения между контактными площадками компонентов. Расположите компоненты как на рисунке, при необходимости пользуясь табл. 3.

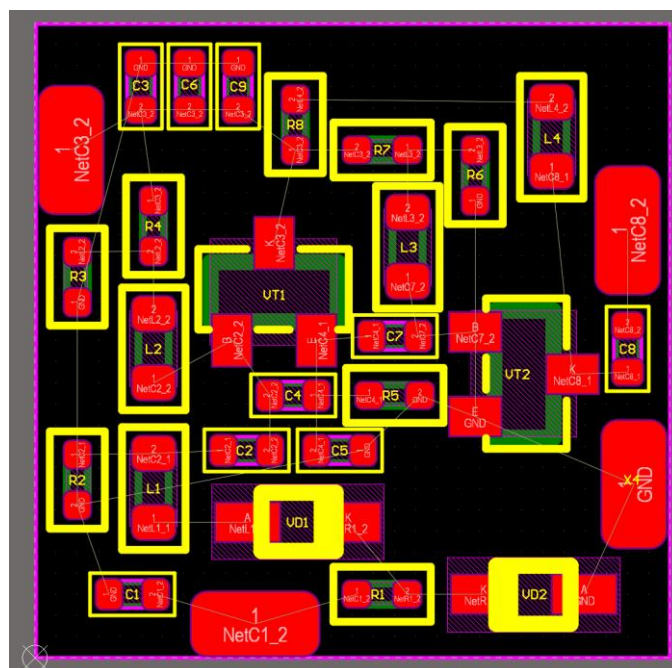
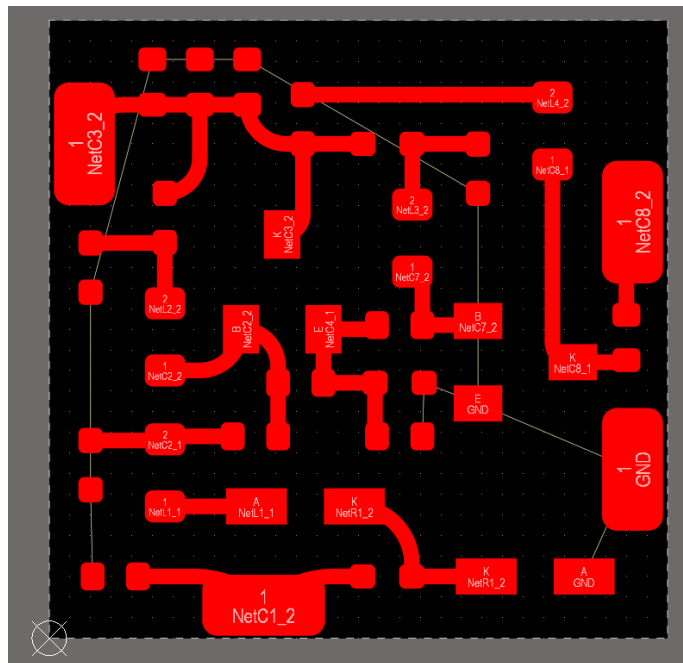


Таблица 3

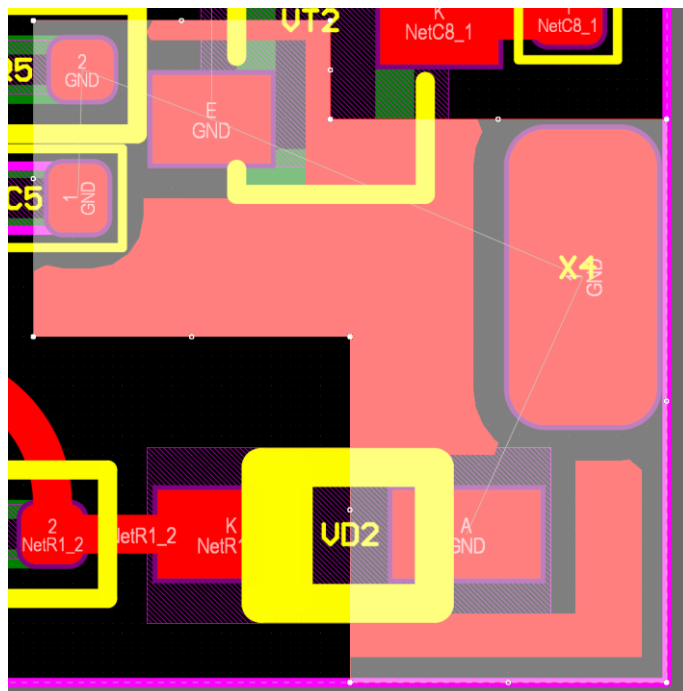
Координаты компонентов на поверхности печатной платы

Компонент	Координата X	Координата Y	Компонент	Координата X	Координата Y
C1	1.60	1.50	R1	7.60	1.50
C2	5.00	4.90	R2	1.00	4.80
C3	2.50	13.50	R3	1.00	8.40
C4	6.10	6.20	R4	2.80	10.80
C5	8.50	4.90	R5	7.90	6.20
C6	3.65	13.50	R6	10.40	10.80
C7	8.50	7.60	R7	8.80	12.00
C8	14.00	7.30	R8	6.15	12.00
C9	4.80	13.50	VD1	7.40	3.20
L1	2.80	3.20	VD2	10.60	1.50
L2	2.80	6.50	VT1	6.65	7.50
L3	8.80	8.90	VT2	10.40	5.70
L4	12.20	11.50	—	—	—

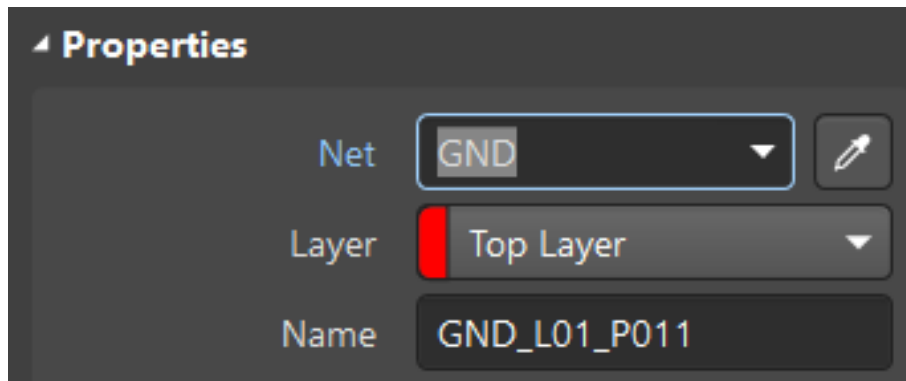
26. После размещения компонентов на плате необходимо соединить их, используя инструмент *Interactively Route Connections* . Соедините центры контактных площадок, избегая прямых углов. Для изменения типа углового соединения используйте клавиши *Shift + Space*.



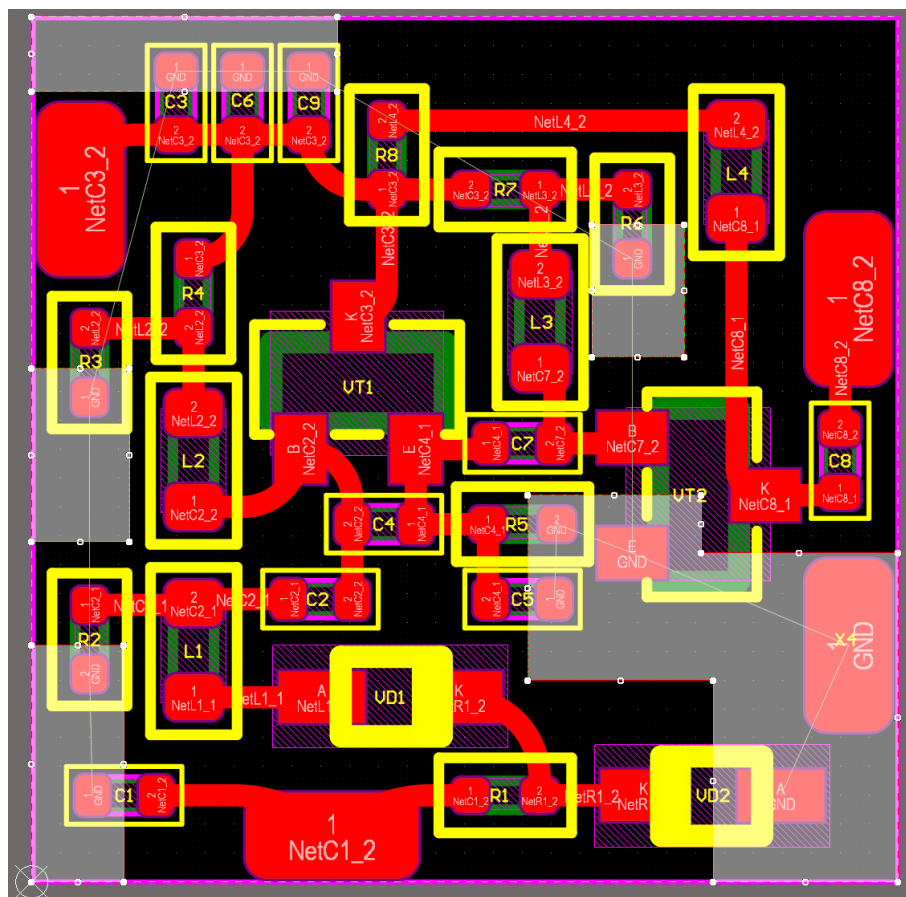
27. Для проведения сети *GND* воспользуемся полигонами. Для этого выберите инструмент *Polygon Pour* . Начертите область, охватывающую контактные площадки сети *GND*.



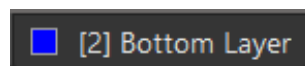
28. Перейдите в параметры полигона (вкладка *Properties*) и выберите соответствующую сеть.



29. Аналогичным образом разместите на поверхности платы еще четыре полигона.

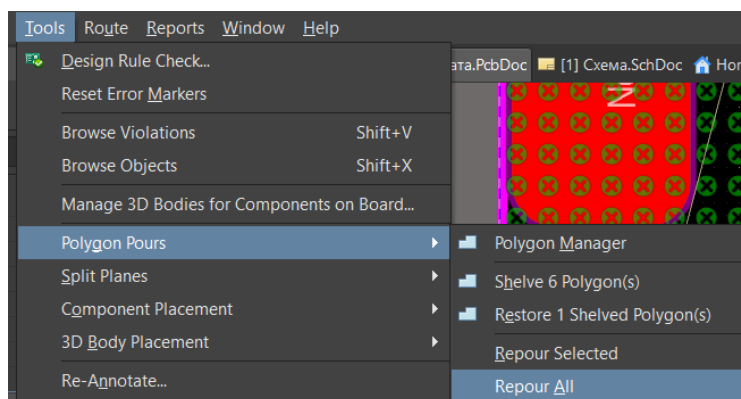


30. Для обеспечения электрической связи между полигонами необходимо использовать обратную сторону печатной платы. Для этого переключитесь на слой *Bottom Layer*.

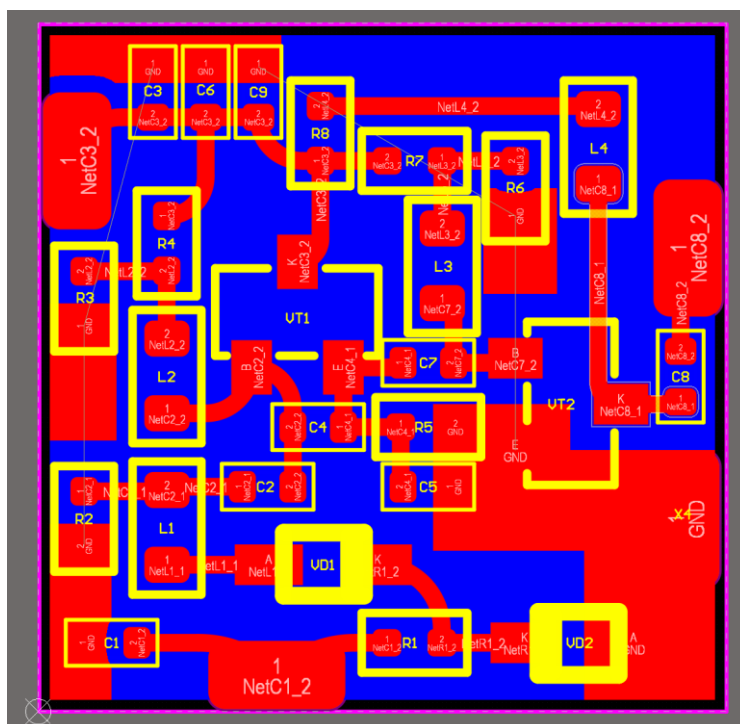


31. Находясь на нижнем слое, начертите полигон по всей поверхности печатной платы и также подключите его к сети *GND*.

32. Когда все полигоны начерчены, их необходимо залить. Для этого нажмите *Tools > Polygon Pours > Repour All*.

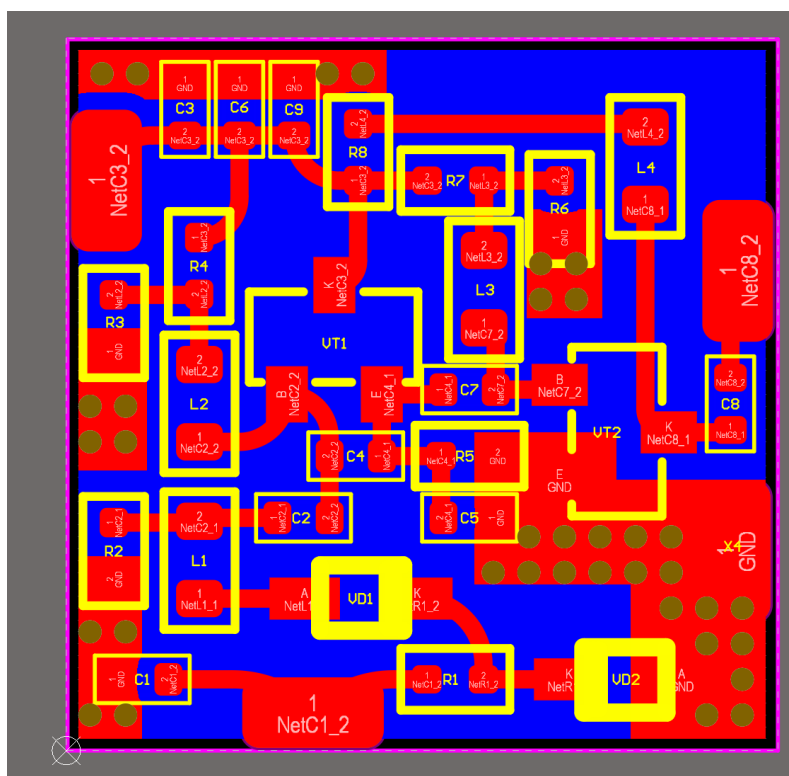


33. После выполнения описанных действий значительная часть платы оказывается покрыта сплошными медными слоями, однако полупрозрачные линии указывают на то, что соединения между этими областями все еще нет.

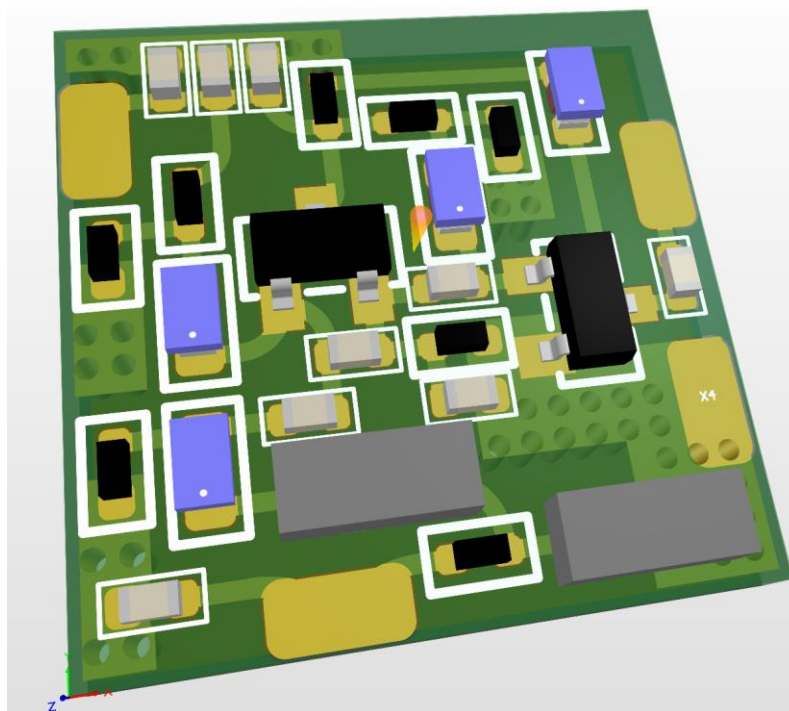


34. Для обеспечения проводимости полигоны на верхнем и нижнем слоях необходимо соединить с помощью сквозных металлизированных отверстий. Для этого воспользуйтесь инструментом *Place Via* . Перед размещением отверстия перейдите в режим активной паузы и выберите сеть *GND* для отверстия.

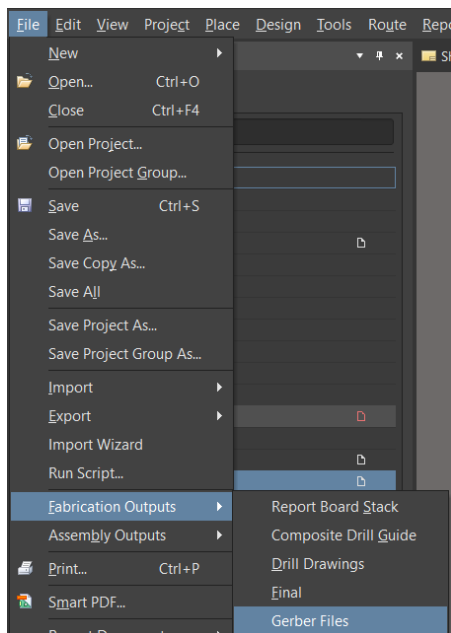
35. Разместите переходные отверстия на поверхности платы в областях полигонов.



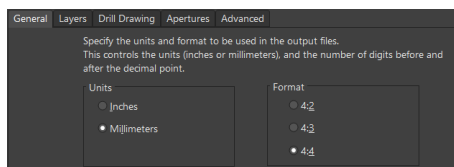
36. Печатная плата полностью готова. Как и при создании посадочных мест, нажатием на клавишу «3» клавиатуры можно перейти к трехмерному отображению печатной платы.



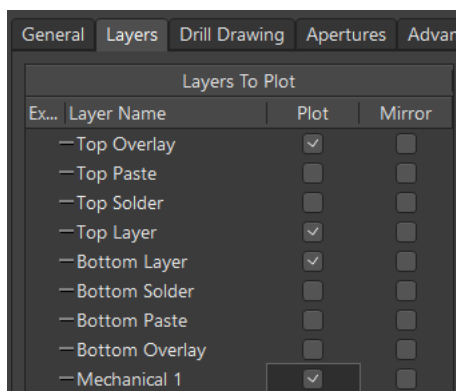
37. Для изготовления платы необходимо подготовить комплект документов, называемый гербер-файлами. **Гербер-файлы** – это файлы, содержащие информацию о слоях печатной платы, выполненные в универсальном формате для работы с любым оборудованием. Для генерации этих файлов нажмите *File > Fabrication Outputs > Gerber Files*.



38. В окне *General* установите миллиметры в качестве единицы измерения.



39. В окне *Layers* необходимо указать слои, информацию о которых будут содержать гербер-файлы. Выберите четыре файла: *Top Layer*, *Bottom Layer*, *Top Overlay*, *Mechanical 1*.

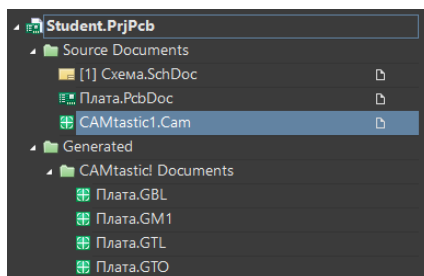


40. После этого нажмите кнопку *OK*.

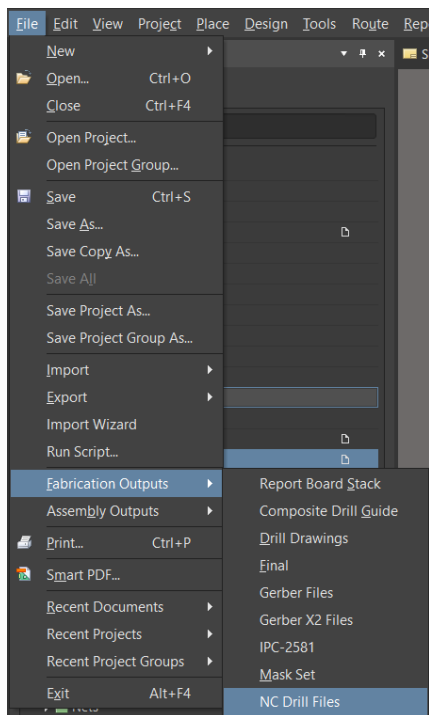
41. В дереве проекта появится файл формата *.Cam, который необходимо сохранить в папке проекта.



42. В дереве проекта также появится папка *Generated*, хранящая гербер-файлы каждого из слоев платы.



43. Также для производства необходимо отдельно подготовить файл сверловки, содержащий в себе информацию о размерах и расположении отверстий. Для этого нажмите *File > Fabrication Outputs > NC Drill Files*.



44. В открывшемся окне переведите единицы измерения с миллов на миллиметры и нажмите *ОК*.

45. В результате дерево проектов пополнится еще одним файлом формата *.Cam. Сохраните его.

46. Оформите отчет.

47. Защитите работу.

Контрольные вопросы

1. Что такое полигон?
2. Что такое гербер-файлы?
3. Для чего используют сквозные металлизированные отверстия?
4. Что устанавливают правила проектирования печатной платы?

Лабораторная работа № 7 ВЫПОЛНЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Цель работы: изучение алгоритмов работы с редактором чертежей в Altium Designer.

Задание на лабораторную работу: по методическому примеру разработать сборочный чертеж и чертеж печатной платы генератора, управляемого напряжением.

Краткие теоретические сведения

Сборочный чертеж печатной платы – это технологический документ, используемый для того, чтобы показать, как должна быть собрана печатная плата с установленными на ней электронными компонентами. Этот чертеж – важная часть проектной документации, служащая руководством для сборщиков и тестировщиков.

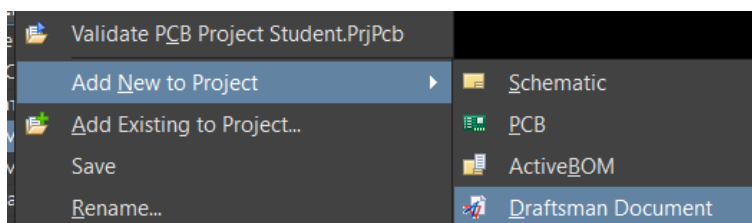
Сборочный чертеж показывает, где и как должны быть установлены все компоненты на печатной плате, включая ориентацию и полярность. Также чертеж содержит обозначения компонентов, связывающие их с компонентами в спецификации.

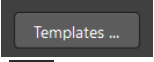
Чертеж печатной платы – это технологический документ, который представляет собой детализированное изображение конструкции печатной платы, показывающее расположение всех проводников, контактных площадок, отверстий и других элементов, необходимых для ее производства. Этот чертеж используют для изготовления печатной платы.

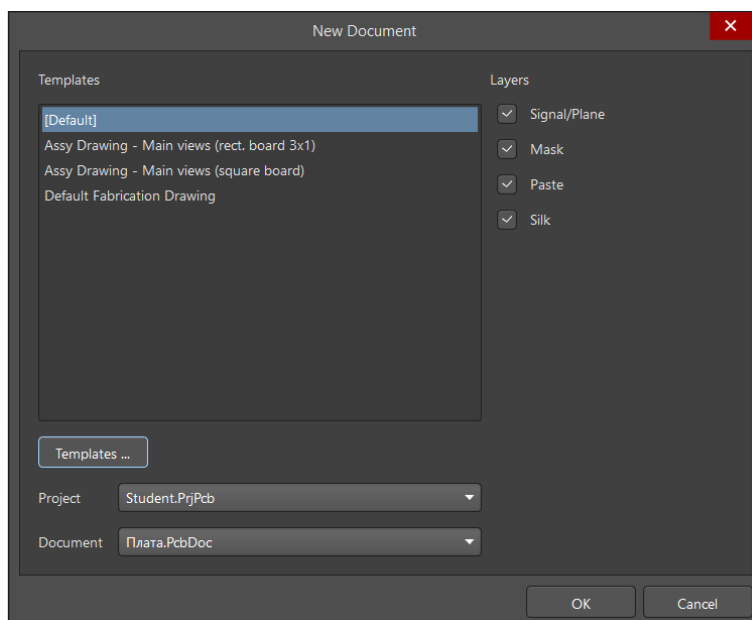
Чертеж печатной платы отображает физическую конфигурацию платы, включая ее размеры, форму, слои, показывает расположение всех переходных отверстий.

Ход работы

1. Откройте программу *Altium Designer*.
2. Откройте ранее созданный проект.
3. Получите у преподавателя файл с рамкой для чертежей.
4. Добавьте к проекту новый файл формата чертежа (*Add New to Project > Draftsman Document*).

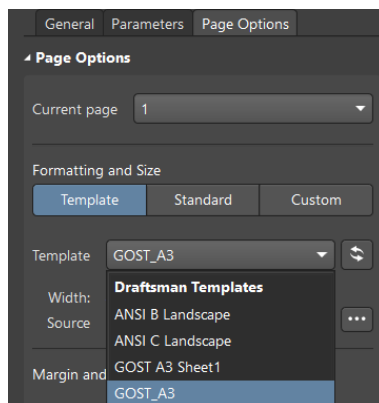


5. В открывшемся окне нажмите кнопку *Templates* .
6. В окне шаблонов с рамками нажмите на кнопку , чтобы перейти в директорию, в которой хранятся соответствующие файлы.
7. Скопируйте в открывшуюся папку рамку *GOST_A3.DwsDot*.
8. Закройте список с шаблонами.
9. В окне создания нового документа убедитесь, что в пункте *Project* указан верный проект, а пункт *Document* оказался связан с ранее разработанной печатной платой. После этого, не изменяя прочие параметры, нажмите *OK*.



10. Сохраните документ в директории проекта, назвав его «Сборочный чертеж».

11. Примените к документу ранее сохраненную рамку. Для этого перейдите во вкладку *Properties*. Выберите пункт *Page Options*. Выберите способ, которым будет задаваться рамка, – *Template*. В появившемся списке выберите *A3_GOST*.

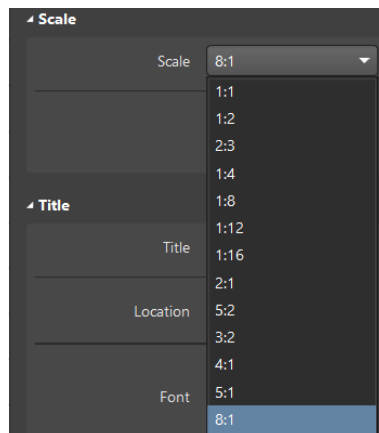


12. Заполните основную надпись.

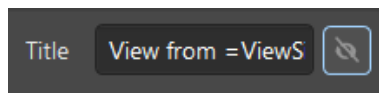
13. Разместите проекцию платы, используя инструмент *Insert Board Assembly View* .

14. Перейдите к параметрам размещенного объекта, дважды нажав по нему левой кнопкой мыши.

15. Установите подходящий масштаб (8:1).

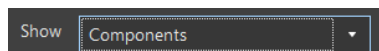


16. Скройте отображение подписи, нажав на значок глаза.

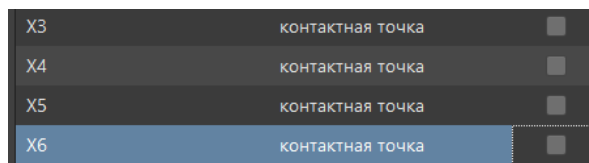


17. Скройте контактные площадки, перейдя к списку компонентов нажатием на кнопку .

18. Выберите отображение всех компонентов.

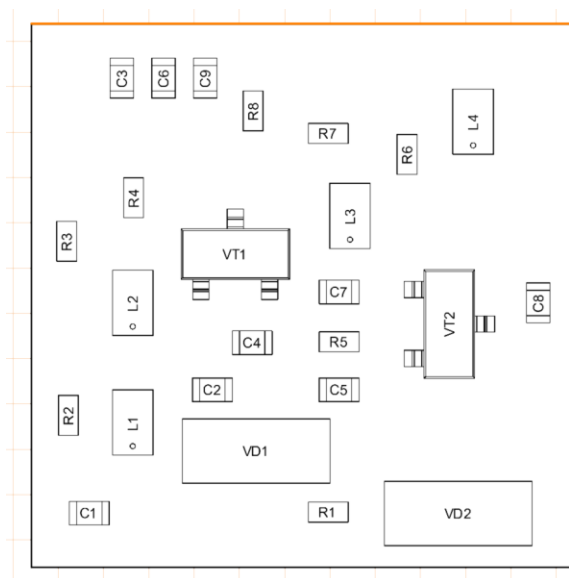


19. Снимите галочки отображения со всех контактных точек.

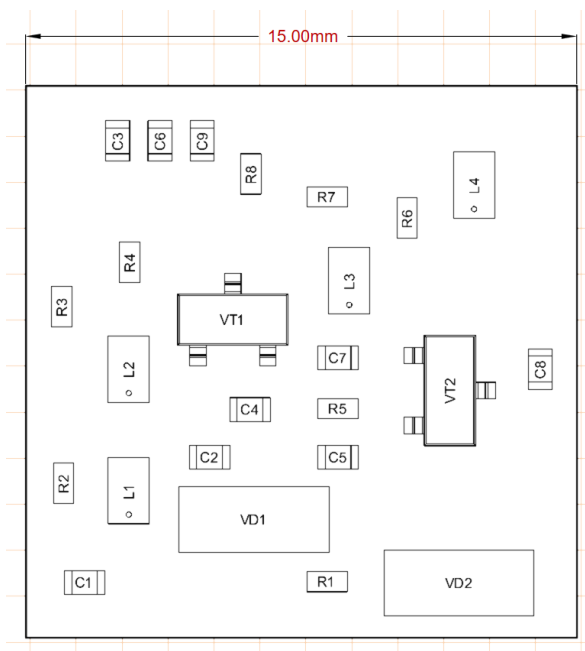


20. Укажите размеры платы, используя инструмент *Insert New Linear Dimension* .

21. С помощью данного инструмента выделите нужную сторону платы и нажмите по ней левой кнопкой мыши.

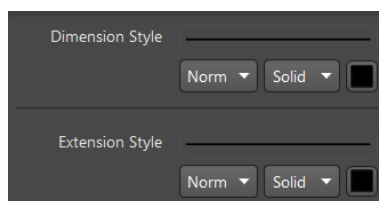


22. Разместите стрелку с размерами на расстоянии не менее 10 мм от платы.

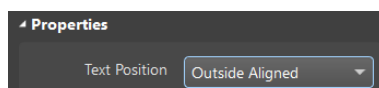


23. Перейдите к параметрам этой стрелки.

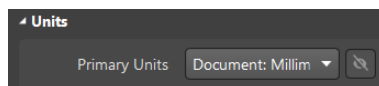
24. Измените цвет линий на черный.



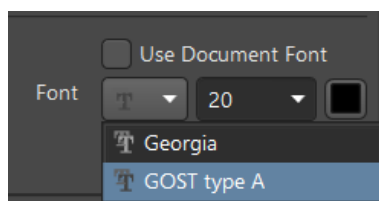
25. Измените формат текста таким образом, чтобы он был над стрелкой, а не внутри нее.



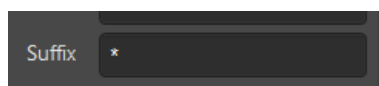
26. Скройте отображение единиц измерения.



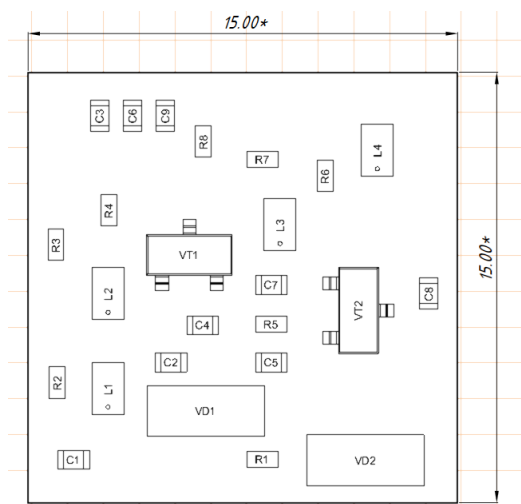
27. Измените шрифт на наклонный *GOST type A*.



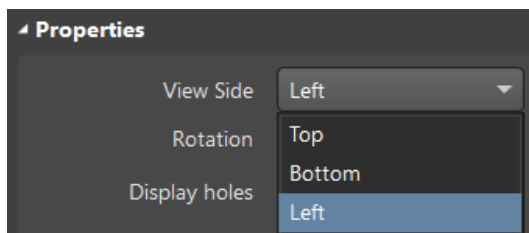
28. Поскольку на сборочном чертеже размеры платы приводятся для справок, после них необходим суффикс *.



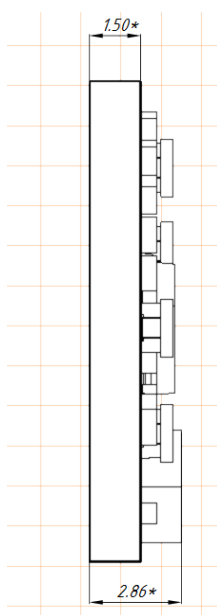
29. Аналогичным образом добавьте на чертеж размеры боковой стороны платы.



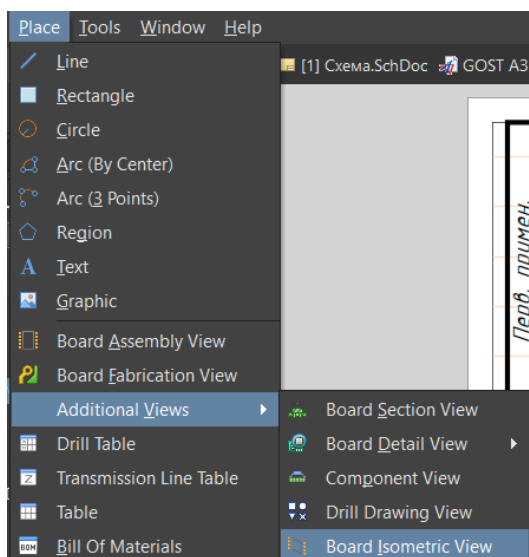
30. Далее необходимо разместить проекцию платы с видом слева. Повторите пункты 13 – 16. Выберите, в каких координатах построить проекцию.



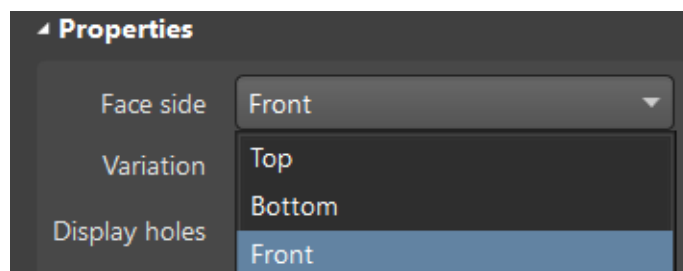
31. Добавьте на чертеж толщину платы и расстояние от левого края до самого высокого компонента.



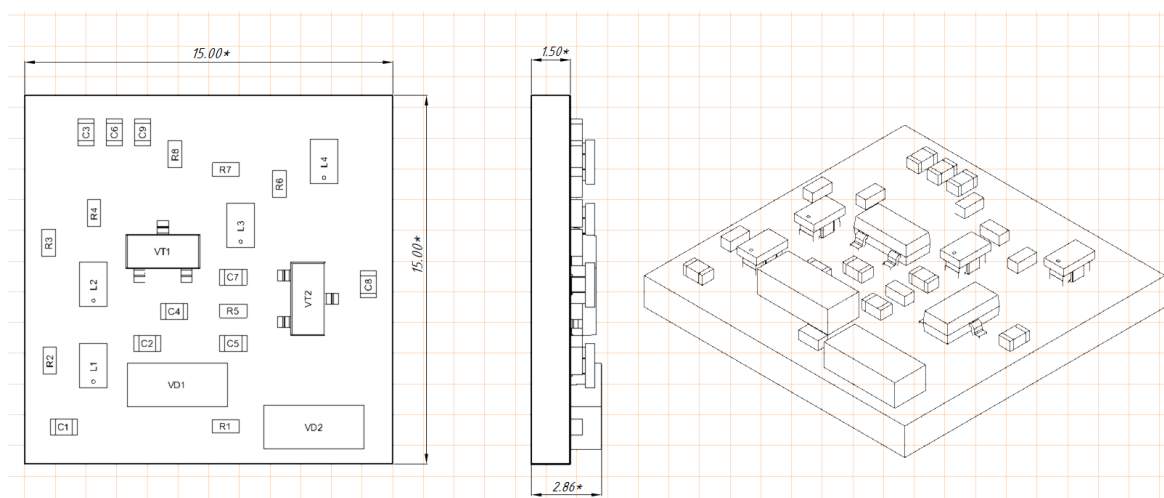
32. Разместите на чертеже изометрический вид платы. Для этого нажмите *Place > Additional Views > Board Isometric View*.



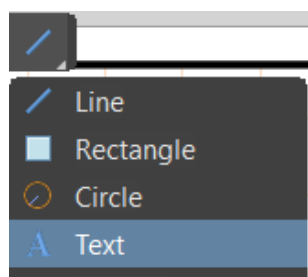
33. Скройте подпись проекции, установите масштаб и сориентируйте ее как на рисунке.



34. Расположите все проекции на одной линии.



35. Помимо изображений сборочный чертеж должен содержать текстовую информацию, расположенную сверху над основной надписью. Для размещения текстовой информации воспользуйтесь инструментом *Place Text*.



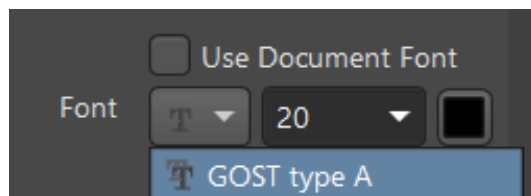
36. В тексте необходимо отразить справочный характер размеров, способ установки компонентов на плату, используемый припой.

1. *Размеры для справок.
2. Конденсаторы C1-C9, резисторы R1-R7, дроссели L1-L4, диоды VD1, VD2 устанавливаются по варианту установки 070.
Транзисторы VT1, VT2 устанавливаются по варианту установки 270.
3. Контактные площадки и выводы элементов паять ПОС-61 ГОСТ 21931-76.

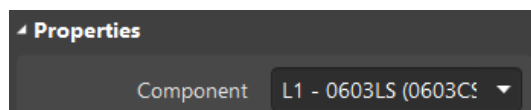
37. Каждый из вариантов установки необходимо показать на чертеже. Для этого воспользуйтесь инструментом *Insert Component View* .

38. В качестве подписи укажите «Установка C1-C9, R1-R7, L1-L4, VD1, VD2».

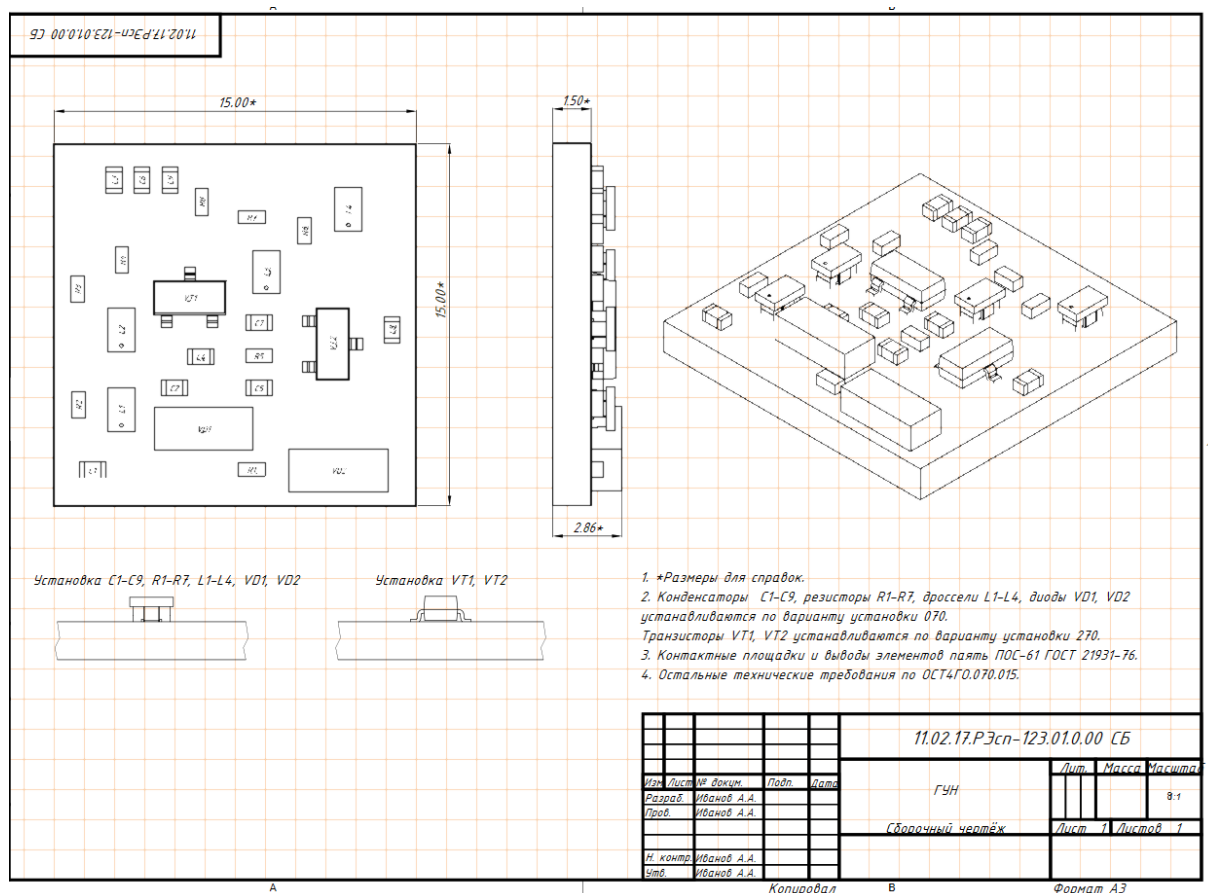
39. Измените шрифт подписи.



40. В качестве отображаемого компонента выберите любой из дросселей.



41. Аналогичным образом разместите вариант установки для транзисторов.



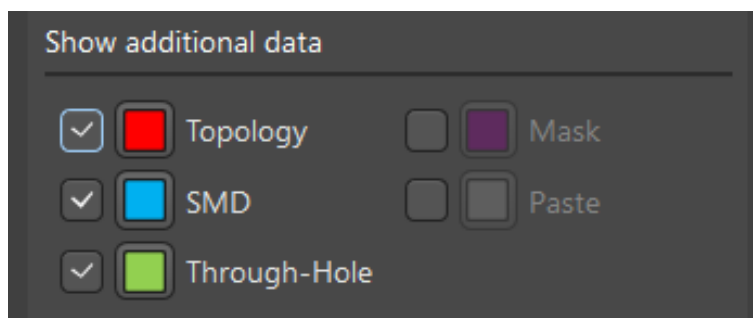
42. Создайте чертеж печатной платы. Для этого добавьте в дерево проекта новый файл формата *Draftsman Document*.

43. Сохраните документ.

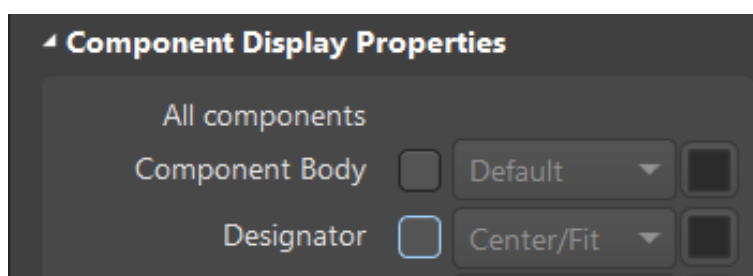
44. Аналогично пунктам 11 и 12 примените к документу рамку и заполните ее.

45. Разместите проекцию платы, скройте ее подпись и установите масштаб 5:1.

46. Добавьте отображение топологии на проекции платы.

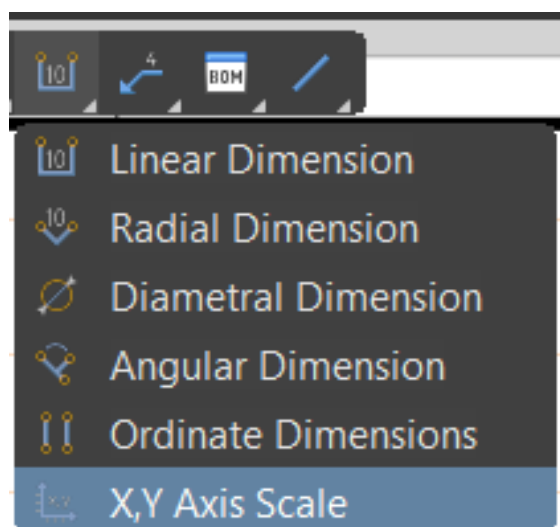


47. Скройте отображение компонентов.

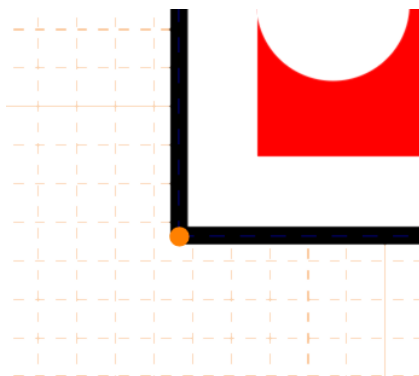


48. Разместите на чертеже размеры платы аналогично пунктам 20 – 28.

49. Далее к проекции платы необходимо добавить координатную сетку. Для этого воспользуйтесь инструментом *X, Y Axis Scale*.



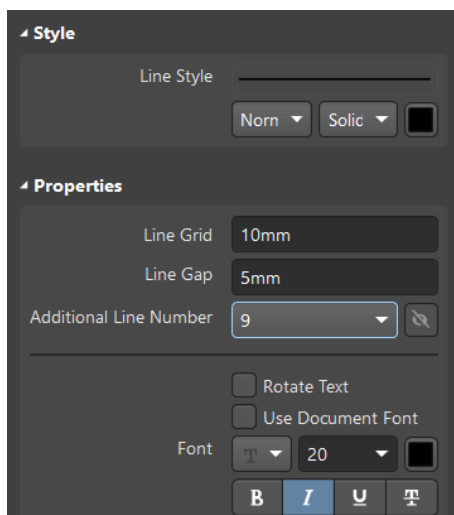
50. Разместите начало отсчета в левом нижнем углу платы.



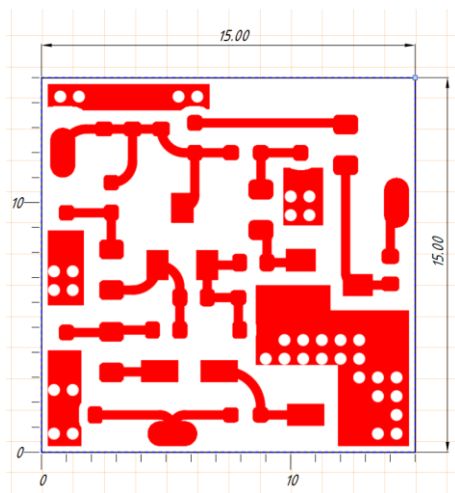
51. Доведите линейку до противоположного края платы.



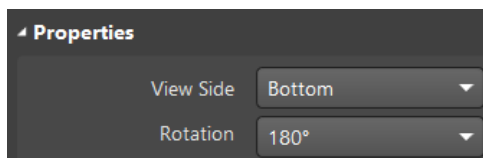
52. Перейдите в параметры линейки. Измените ее цвет, шрифт, а также установите девять дополнительных значений.



53. Добавьте линейку к левой стороне платы.

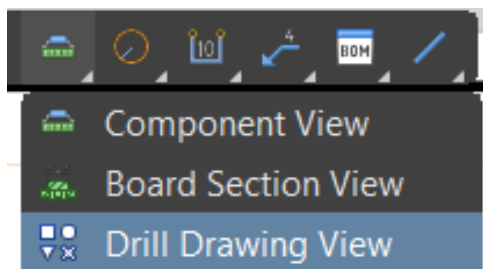


54. Поскольку трассировка платы производилась с двух сторон, на чертеже необходимо также показать обратную сторону платы. Для этого повторите пункты 44 – 52, изменив отображаемую сторону и повернув плату.



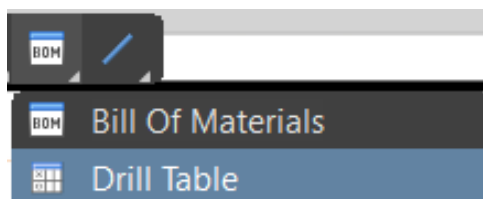
55. Добавьте проекцию платы слева без отображения компонентов, укажите толщину платы.

56. Также дополнительно на чертеже необходимо показать все отверстия. Для этого воспользуйтесь инструментом *Drill Drawing View*.

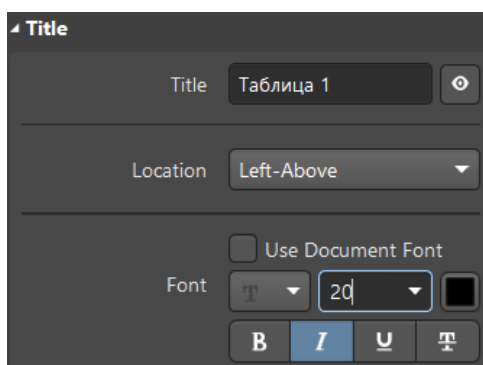


57. Разместите рисунок сверловки, отмасштабируйте его и скройте подпись.

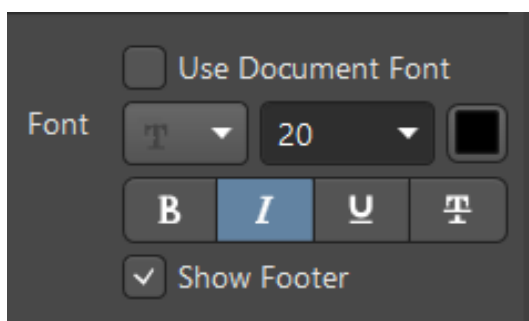
58. Также к рисунку сверловки необходимо добавить таблицу, поясняющую символы отверстий. Для этого воспользуйтесь инструментом *Drill Table*.



59. Измените подпись к таблице на «Таблица 1», а также измените шрифт на *Gost Type A*.

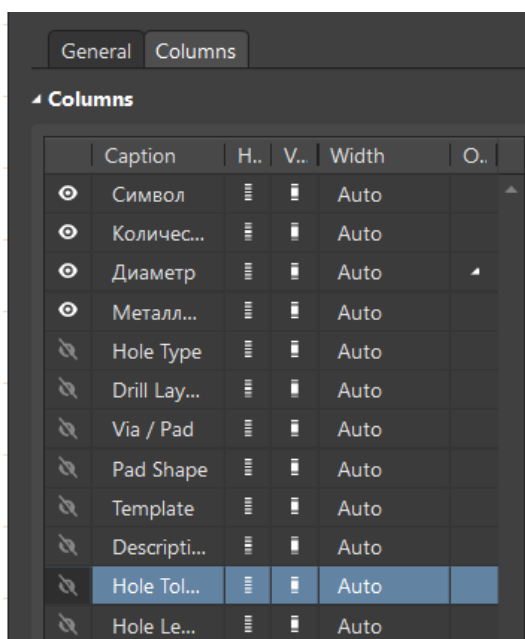


60. Также измените шрифт основного текста в таблице.



61. Скройте отображение единиц измерения.

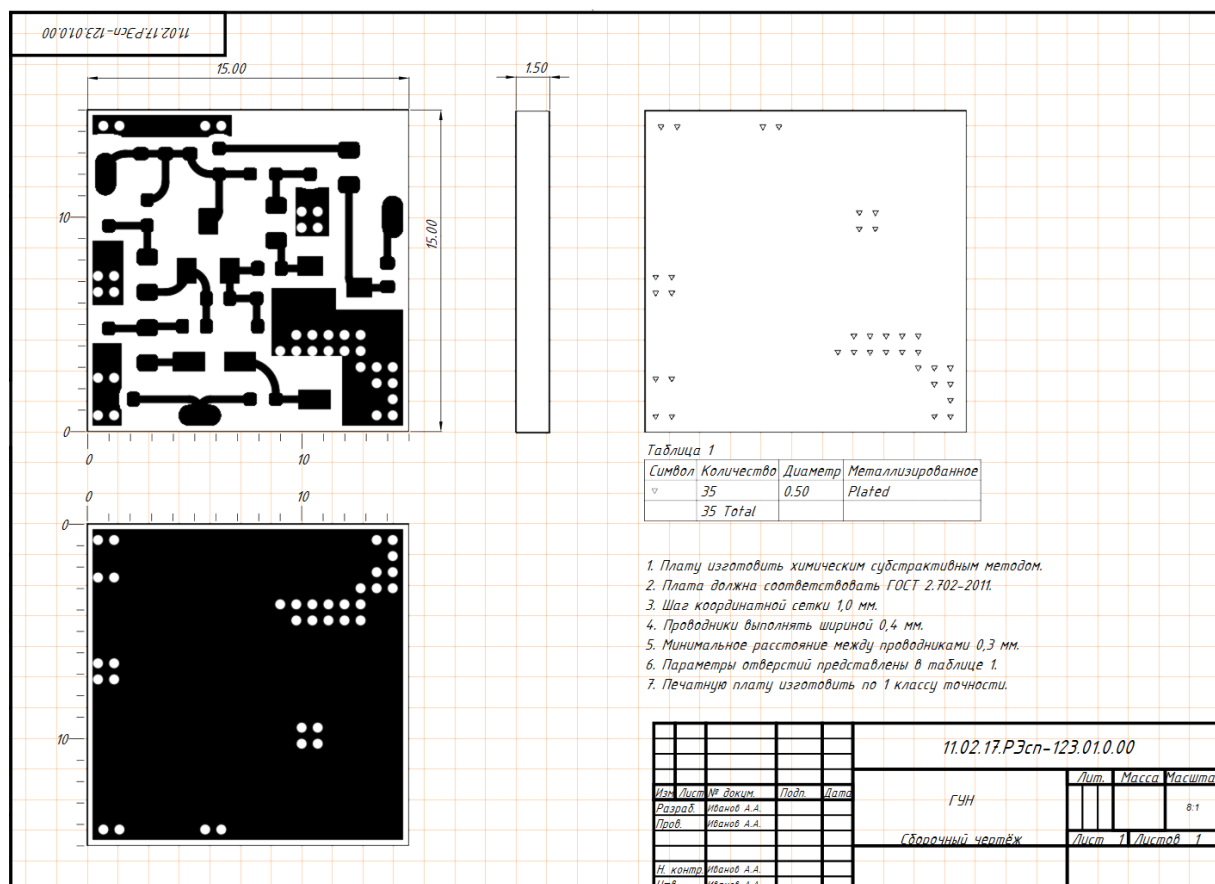
62. В пункте *Columns* измените текст отображаемых столбцов на русский.



63. Последним шагом на чертеж печатной платы необходимо добавить текстовую информацию, указывающую способ изготовления печатной платы, шаг координатной сетки, ширину проводников и расстояние между ними, а также дающую ссылку на таблицу отверстий и указывающую класс точности.

1. Плату изготовить химическим субстративным методом.
2. Плата должна соответствовать ГОСТ 2.702-2011.
3. Шаг координатной сетки 1,0 мм.
4. Проводники выполнять шириной 0,4 мм.
5. Минимальное расстояние между проводниками 0,3 мм.
6. Параметры отверстий представлены в таблице 1.
7. Печатную плату изготовить по 1 классу точности.

64. Таким образом, чертеж печатной платы может считаться законченным.



65. Сохраните оба чертежа в формате PDF.

66. Оформите отчет.

67. Защитите работу.

Контрольные вопросы

1. Для чего используют сборочные чертежи?
2. Для чего используют чертежи печатных плат?
3. Какая текстовая информация должна быть отражена на сборочном чертеже?
4. Какая текстовая информация должна быть отражена на чертеже печатной платы?
5. Что такое вариант установки компонента?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В лабораторном практикуме рассмотрен полный типовой процесс проектирования радиоэлектронного изделия. Описаны различные пути создания и интеграции библиотек компонентов. Рассмотрена работа с редактором схем, в том числе оформление основной надписи согласно требованиям ГОСТа. Описан процесс проектирования простой двухсторонней низкочастотной печатной платы. Рассмотрены способы подготовки и экспорта выходной документации, в том числе и чертежей.

Курс лабораторного практикума позволяет познакомиться с САПР Altium Designer, получить понимание структуры проекта и важности связей между его отдельными документами, а также приобрести навыки разработки библиотек УГО и посадочных мест, схемотехнического проектирования, трассировки печатных плат.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 2.743-1991 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 65 с.

2. Документация Altium Designer [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.altium.com/ru/documentation/altium-designer> (дата обращения: 28.08.2024).

3. Приходько, Д. В. Учебно-методическое пособие по работе с библиотеками в Altium Designer : учеб. пособие / Д. В. Приходько, А. А. Айрапетян ; Моск. ин-т электрон. техники. – М. : Издат.-полиграф. комплекс МИЭТа, 2022. – 180 с. – ISBN 978-5-7256-0985-1.

4. Лопаткин, А. Проектирование печатных плат в Altium Designer / А. Лопаткин. – М. : ДМК Пресс, 2016. – 400 с. – ISBN 978-5-97060-337-6.

5. Ванин, Д. А. Разработка баз данных принципиальных электрических схем и макетов печатных плат с использованием программного обеспечения Altium Designer : учеб. пособие / Д. А. Ванин, Д. А. Сидоренко. – М. : Изд-во РУТ (МИИТ), 2021. – 165 с.

Учебное электронное издание

КРАМАРЕНКО Никита Игоревич

ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Лабораторный практикум

Редактор Е. А. Платонова

Технический редактор Ш. Ш. Амирсейидов

Компьютерная верстка Л. В. Макаровой

Корректор Н. В. Пустовойтова

Выпускающий редактор А. А. Амирсейидова

Системные требования: Intel от 1,3 ГГц; Windows XP/7/8/10; Adobe Reader;
дисковод CD-ROM.

Тираж 9 экз.

Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
Изд-во ВлГУ
rio.vlgu@yandex.ru

Институт информационных технологий и электроники
кафедра радиотехники и радиосистем
nikitakramarenko889@gmail.com