

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
к рабочей программе

**МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
«РОСТОВСКИЙ-НА-ДОНУ КОЛЛЕДЖ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ,
ИНФОРМАЦИОННЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
(ГБПОУ РО «РКРИПТ»)**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

по профессиональному модулю

**ПМ.02 ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ
УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ**

для специальности

11.02.17 Разработка электронных устройств и систем

Квалификация выпускника:
техник

Составитель:
Чернова О.А.,
преподаватель перв. квалиф. кат.
ГБПОУ РО «РКРИПТ»

2024, г. Ростов-на-Дону

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Практическая работа 1.

2. Практическая работа 2.

3. Практическая работа 3.

4. Практическая работа 4.

5. Практическая работа 5.

6. Практическая работа 6.

7. Практическая работа 7.

8. Практическая работа 8.

9. Практическая работа 9.

10. Практическая работа 10.

11. Практическая работа 11

12. Практическая работа 12.

Список используемой литературы

Приложения

...

Введение¹

Практические занятия по профессиональному модулю **ПМ.02 Выполнение проектирования электронных устройств и систем** составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки и направлены на подтверждение теоретических положений и формирование практических умений и практического опыта.

Лабораторные и практические занятия относятся к основным видам учебных занятий.

Выполнение студентами лабораторных и практических работ направлено:

- на обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;
- формирование умений применять полученные знания на практике;
- реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развитие интеллектуальных умений (аналитических, проектировочных, конструкторских и др.) у будущих специалистов;
- выработку при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование практических умений – профессиональных (выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных (решать задачи по математике, физике, химии, информатике и др.), необходимых в последующей учебной деятельности.

Содержанием лабораторных работ по дисциплине /профессиональному модулю являются экспериментальная проверка формул, методик расчета, установление и подтверждение закономерностей, ознакомление с методиками проведения экспериментов, установление свойств веществ, их качественных и количественных характеристик, наблюдение развития явлений, процессов и др. В ходе выполнения заданий у студентов формируются практические умения и навыки обращения с различными приборами, установками, лабораторным оборудованием, аппаратурой, которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Содержанием практических занятий по дисциплине /профессиональному модулю являются решение разного рода задач, в том числе профессиональных (анализ производственных ситуаций, решение ситуационных производственных задач, выполнение профессиональных функций в деловых играх и т.п.), выполнение вычислений, расчетов, чертежей, работа с измерительными

¹ Информация во введении обобщенная и может быть откорректирована преподавателем

приборами, оборудованием, аппаратурой, работа с нормативными документами, инструктивными материалами, справочниками, составление проектной, плановой и другой технической и специальной документации и другое.

Содержание практических, лабораторных занятий охватывают весь круг профессиональных умений, на подготовку к которым ориентирована данная дисциплина/профессиональный модуль, которые в дальнейшем закрепляются и совершенствуются в процессе курсового проектирования, практикой по профилю специальности и преддипломной практикой.

Лабораторные занятия проводятся в специально оборудованных учебных лабораториях. Практическое занятие должно проводиться в учебных кабинетах или специально оборудованных помещениях (площадках). Продолжительность занятия – не менее 2-х академических часов. Необходимыми структурными элементами занятия, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения работы.

Все студенты, связанные с работой в лаборатории, обязаны пройти инструктаж по безопасному выполнению работ, о чем расписываются в журнале инструктажа по технике безопасности.

Выполнению лабораторных и практических работ предшествует проверка знаний студентов, их теоретической готовности к выполнению задания.

Лабораторные и практические работы студенты выполняют под руководством преподавателя. При проведении лабораторных и практических занятий учебная группа может делиться на подгруппы численностью не менее 8 человек. Объем заданий для лабораторных и практических занятий спланирован с расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть выполнены качественно большинством студентов.

Формы организации работы обучающихся на лабораторных работах и практических занятиях: фронтальная, групповая и индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу. При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2 - 5 человек. При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Отчет по практической и лабораторной работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по практической, лабораторной работе. Защита отчета проходит в форме доклада обучающегося по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Оценки за выполнение лабораторных работ и практических занятий могут выставляться по пятибалльной системе или в форме зачета и учитываться как показатели текущей успеваемости студентов.

Критерии оценки лабораторных, практических работ.

Оценка «5» ставится, если учащийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасности труда; в отчете пра-

вильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

Оценка «4» ставится, если выполнены требования к оценке «5» , но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта.

Оценка «3» ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, позволяет получить правильные результаты и выводы: если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

Оценка «2» ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов: если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

Практическое занятие № 1

Выбор элементной базы элементов электрической принципиальной схемы

1. **Цель работы** Приобрести практический опыт работы с документацией к печатному узлу радиоаппаратуры.
2. **Время выполнения работы – 2 часа**
3. **Используемое оборудование и программное обеспечение**
 - 3.1 Электрическая принципиальная схема устройства, выданная преподавателем.
 - 3.2 Сборочный чертеж печатного узла РЭА.
 - 3.3 Спецификация.
 - 3.4 Печатный узел РЭА.
 - 3.5. Персональный компьютер

4. Краткие теоретические сведения

Схема электрическая принципиальная определяет полный состав элементов и связи между ними и дает детальное представление о принципах работы изделия. На принципиальной схеме изображают все электрические элементы и устройства, необходимые для осуществления в изделии заданных электрических процессов, все связи между ними, а также электрические элементы (разъемы, платы, зажимы и т. п.), которыми заканчиваются входные и выходные цепи.

Принципиальные схемы служат основанием для разработки других конструкторских документов. Их используют для изучения принципов работы изделия, при наладке, контроле и ремонте изделий. Электрическая принципиальная схема должна содержать перечень элементов, в который записывают все элементы, изображенные на схеме (перечень может быть оформлен в виде отдельного документа). Такая схема имеет шифр ЭЗ.

Чертеж детали и сборочный чертеж (СБ). Чертеж должен содержать изображение изделия и другие данные, необходимые для изготовления (сборки — для СБ) и контроля.

Количество проекций, видов, разрезов и сечений на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для того, чтобы иметь полное представление о форме детали (для чертежа детали) и о взаимной связи соединяемых частей (для сборочного чертежа). Чертежи деталей должны содержать сведения о форме, размерах, предельных отклонениях, чистоте поверхности, покрытии, материале и его свойствах после обработки (например, твердость после закалки). Количество сборочных чертежей должно быть минимальным, но достаточным для проведения по ним рационального процесса сборки и контроля изделия. Рабочие чертежи следует разрабатывать так, чтобы при их использовании требовался минимум дополнительных документов. Рабочие чертежи должны содержать минимум ссылок на другие документы.

Допускается давать в чертежах ссылки на стандарты, технические усло-

вия и другие документы, если они полностью и однозначно определяют соответствующие требования. На рабочих чертежах не допускается давать технологические указания, за исключением случаев, когда существует единственный способ изготовления или контроля, который может гарантировать требуемое качество изделия. Изделие должно быть показано на чертеже с теми размерами и допусками, какие оно будет иметь после изготовления. Для изделий с покрытиями размеры и чистоту поверхности на чертежах показывают без учета покрытия. Но если оно влияет на сопряжение изделий (размеры и чистоту поверхности необходимо выдерживать с учетом покрытия), то соответствующие размеры и обозначения шероховатости отмечают знаком «*» и на поле чертежа в технических требованиях делают запись «Размеры и шероховатость поверхности после покрытия».

В одной из граф основной надписи чертежа детали помещают данные, характеризующие материал, из которого она должна быть изготовлена. Эти данные включают в себя наименование материала, марку, качественную характеристику (если она существует), номер стандарта или технических условий, по которым выпускается материал. Если деталь будет изготовлена из материала определенного сортамента, то в этой же графе должны содержаться наименование сортамента, его размерная и качественная характеристики (если они существуют), номер стандарта или технических условий, устанавливающих сортмент. Например, сталь 20 ГОСТ 1050—74, круг 56 ГОСТ 2590—71.

Рабочие чертежи разрабатывают на каждую деталь. Допускается не делать чертеж на детали, изготовленные из сортового материала резкой под прямым углом и из листового материала резкой по периметру прямоугольника или окружности без последующей обработки, на несложные деревянные конструкции и на изделия индивидуального производства, размеры и форма которых определяются по месту расположения детали. В этом случае в сборочных чертежах и их спецификациях указывают данные, необходимые для изготовления и контроля таких деталей. Если сборочная единица должна изготавливаться наплавкой на детали металла или сплава, опрессовкой их пластмассой, резиной и т. п., то на наплавляемый материал, на резину или пластмассу отдельные чертежи не выпускают. В этом случае на сборочном чертеже показывают все необходимые размеры, допустимые отклонения и шероховатость поверхности. Сборочный чертеж должен содержать размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые не обеспечиваются сопряжением поверхностей соединяемых изделий и должны быть выполнены или проконтролированы по этому чертежу, указания о характере сопряжения или способе соединения неразъемных соединений, а также номера позиций всех составных частей, совпадающие с номерами позиций в спецификации этого сборочного чертежа.

На сборочном чертеже должны быть указаны габаритные размеры. Кроме того, следует указывать установочные и присоединительные размеры, к числу которых относятся координаты и размеры крепежных отверстий или элементов крепления, координаты и размеры элементов конструкции, которые служат для сопряжения по другому сборочному чертежу.

Сборочные чертежи разрешается выполнять упрощенно. На контурных очертаниях предметов допускается не изображать мелкие выступы и впадины,

зазоры между стержнем и отверстием, фаски, скругления, проточки, выступы, накатки, если все эти упрощения не затрудняют пользование чертежом в процессе изготовления и контроля изделия.

Габаритный чертеж (ГЧ). Габаритный чертеж используется организацией, проектирующей размещение изделия на объекте, где оно будет эксплуатироваться. На габаритном чертеже изделие изображают так, чтобы были видны крайние положения перемещающихся частей. Изображение изделия показывают с максимальными упрощениями. Допускается не показывать элементы, незначительно выступающие за основной контур.

Количество видов на габаритном чертеже должно быть минимальным, но достаточным для того, чтобы дать исчерпывающее представление о внешних очертаниях предмета, о расположении элементов связи изделия с другими изделиями и об элементах настройки и управления; (шкалы, ручки и т. д.). На габаритном чертеже проставляют габаритные, установочные и присоединительные размеры. Установочные и присоединительные размеры, определяющие связь изделия с другими изделиями, должны иметь предельные отклонения. Габаритные чертежи не предназначены для изготовления по ним изделия и не должны содержать соответствующих данных.

Спецификация. Это документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта. Спецификации составляют на все перечисленные изделия и выполняют на отдельных листах, за исключением случая, когда для сборочной единицы чертеж и спецификацию можно разместить на формате 11.

В общем случае спецификация состоит из разделов, расположенных в такой последовательности: документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материалы, комплекты. В зависимости от состава изделия те или иные разделы могут отсутствовать.

. В раздел «Документация» вносят основной комплект конструкторских документов изделия (за исключением его спецификации), а также документацию на детали, кроме их чертежей (если такая имеется). В разделы «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали» вносят соответствующие составные части, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. При этом «Комплексы» и «Сборочные единицы» записывают за обозначением спецификации, а входящие в них составные части по отдельности не вписывают.

Спецификацию составляют на специальных формах, предусмотренных ГОСТом.

5. Порядок выполнения работы

5.1 Ознакомиться с документацией заданного печатного узла.

5.2 По заданию преподавателя найти необходимые элементы на печатном узле по электрической принципиальной схеме.

5.3 Найти заданные элементы с печатного узла на принципиальной схеме.

5.4 Записать параметры найденных элементов.

5.5 Записать алгоритм выполненных действий.

5.6 Составить вывод.

5.7 Ответить на контрольные вопросы.

6. Содержание отчета

- 6.1. Наименование работы.
- 6.2. Цель работы.
- 6.3. Алгоритм выполненных действий.
- 6.4. Выводы.
- 6.5. Ответы на контрольные вопросы.

7 Контрольные вопросы

- 7.1 Что такое сборочный чертеж? К какой документации относится?
- 7.2 Какой документ составляется к сборочному чертежу? Дайте его определение.
- 7.3 Что такое электрическая принципиальная схема?
- 7.4 Что такое печатный узел?

8. Литература и средства обучения:

1. Конструирование блоков радиоэлектронных средств: учебное пособие для СПО / Д. Ю. Муромцев, О. А. Белоусов, И. В. Тюрин, Р. Ю. Курносов. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 288 с. – ISBN 978-5-8114-6501-9.
2. Пасынков, В. В. Полупроводниковые приборы: учебное пособие для СПО/ В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 480 с. – ISBN 978-5-8114-6762-4.
3. Юрков, Н. К. Технология производства электронных средств: учебное пособие для СПО / Н. К. Юрков. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 476 с. – ISBN 978-5-8114-7016-7.
4. ГОСТ 2.701-2008 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
5. ГОСТ 29137-91 «Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы».
6. ГОСТ 2.106-96 Спецификация

Практическое занятие № 2

Расчет габаритных размеров печатной платы электронного устройства

1. Цель работы Приобрести практические навыки расчета конструктивно-технологических параметров элементов печатного монтажа.

2. 2. Время выполнения работы – 2 часа

3. Используемое оборудование и программное обеспечение

3.1 Справочники по радиокомпонентам.

3.2 Методические указания по выполнению практического занятия.

3.3 ГОСТы ЕСКД.

3.4 Компоновка ПУ.

3.5. Персональный компьютер

4. Краткие теоретические сведения

Применение печатного монтажа позволяет:

- уменьшить габариты, массу, увеличить плотность монтажа;
- повысить надежность за счет уменьшения общего числа паяных соединений;
- обеспечить высокую идентичность электрических и конструктивных параметров от образца к образцу;
- сократить монтажные ошибки;
- автоматизировать и механизировать производство изготовления, сборки, монтажа, контроля и регулировки;
- получить высокую производительность и низкую себестоимость в условиях серийного производства.

При этом возникает трудность в ремонте, а при отработке конструкции невозможность внесения изменений без корректировки документации и оснастки.

2.1 Конструктивно - технологические параметры элементов печатного монтажа

По типу печатные платы делятся на односторонние (ОПП), двухсторонние (ДПП) и многослойные (МПП). Мы будем рассчитывать только ОПП и ДПП.

ОПП обеспечивают большую точность выполнения проводящего рисунка и совмещение его с отверстиями. Они наиболее просты по конструкции, имеют низкую стоимость. Компоненты устанавливаются на стороне, свободной от монтажа и могут корпусом касаться платы, обеспечивая этим надежность. Но трассировочные возможности ОПП - низкие, т.к. все проводники не могут быть выполнены без пересечений при высокой плотности монтажа. Используются ОПП в основном в бытовой радиоаппаратуре.

ДПП с металлизированными переходными и монтажными отверстиями характеризуются высокими коммутационными способностями, т.к. проводники располагаются с обеих сторон платы. Это позволяет повысить плотность мон-

тажа, прочность сцепления выводов с проводящим рисунком ПП; допускает монтаж ЭРИ на поверхность. Такие платы имеют повышенную стоимость по сравнению с ОПП. ДПП широко применяются в производстве радиоэлектронных устройств.

Точность изготовления ПП зависит от технологических характеристик.

По точности выполнения ПП в соответствии с ГОСТ 23751-86 делятся на 5 классов. Платы 1 и 2 классов точности выпускаются на рядовом оборудовании с невысокими конструктивными параметрами и предназначены для надежных недорогих устройств с малой плотностью монтажа. ПП 3^{го} класса - наиболее распространены, т.к. обеспечивают достаточно высокую плотность трассировки и монтажа, для их изготовления требуется рядовое специализированное оборудование. ПП 4 и 5 классов точности требуют высокоточного и уникального высокоточного оборудования, дорогих специальных материалов, безусадочной фотопленки для фотошаблонов и специальных производственных помещений: «чистых комнат» с термостатированием.

Класс точности определяется элементной базой и плотностью монтажа. Плотность монтажа определяется шагом координатной сетки: чем меньше шаг, тем выше плотность монтажа. Для ПП 1 и 2 класса - используют дискретные элементы и шаг КС равен 2,5 мм; для ПП 3 класса - микросхемы, микросборки со штыревыми и планарными выводами, так же компоненты поверхностного монтажа, шаг КС равен 2,5 мм или 1,25 мм.

Методы изготовления ПП имеют 2 направления их получения:

- субтрактивный (удаление)
- аддитивный (прибавление)

Современные методы сочетают эти два направления.

2.2 Расчет элементов проводящего рисунка ПП

Таблица 1 Наименьшее номинальное значения основных размеров элементов конструкции

Условное Обозначение	Номинальное значение основных размеров для классов точности				
	1	2	3	4	5
t(мм) ширина проводника	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
S (мм) расстояние между проводниками, контактными площадками, между проводником и контактной площадкой	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
b (мм) гарантийный пояс	0,30	0,20	0,10	0,05	0,025

2.2.1 Определение расстояния Q до элементов проводящего рисунка

а) от края платы - не меньше толщина ПП с учетом допуска на размеры сторон

Учитывая, что печатные проводники должны располагаться строго по координатной сетке вертикально, горизонтально, либо под углом 45 и КС является осью симметрии проводника, расстояние от края платы до проводника или

КП - не менее 2 мм

б) от края неметаллизированного отверстия рассчитывается по формуле:

$$Q = q + K + \frac{\sqrt{T_D^2 + T_d^2 + \Delta t_{во}^2}}{2}, \quad (2.1)$$

где q – ширина ореола, скола по ГОСТ 23752-79

q = 1,2 мм для 1,2 класса точности } для печатных плат толщиной
 q = 0,5 мм для 3,4 класса точности } 1,5 – 2,0 мм

K - наименьшее расстояние от ореола, скола до соседнего элемента проводящего рисунка

K = 0,3 мм - для 1,2 кл. точности

K = 0,15 мм - для 3,4 кл. точности

T_D - позиционный допуск расположения центров ПП (мм) (см.таблица 2);

T_d - позиционный допуск расположения осей отверстий (см. таблица 3);

Δt_{во} - верхнее предельное отклонение размеров элементов конструкции (ширины печатного проводника) (см. таблица 4)

Таблица 2 Значения позиционных допусков расположения центров контактных площадок T_D

Вид изделия	Размер по (большей стороне) ПП в мм	Значение T _D в мм для класса точности		
		1	2	3
Опп,дпп	До 180вкл	0,35	0,25	0,15
	Св. 180 до 360	0,40	0,30	0,20

Таблица 3 Значение позиционных допусков расположения осей отверстий T_d

Размер (по большей стороне) ПП в мм	Значение позиционного допуска расположения осей T _d мм для классов точности		
	1	2	3
До 180 вкл.	0,20	0,15	0,08
Св. 180 до 360	0,25	0,20	0,10

Таблица 4 Предельные отклонения ширины печатного проводника контактной площадки Δt для узкого места:

Наличие металлического покрытия	Предельное отклонение элементов конструкции Δt мм для кл. точности		
	1	2	

Без покрытия	$\pm 0,15$	+ 0,10	+ 0,05
С покрытием	+ 0,25 -0,20	+ 0,15 -0,10	$\pm 0,10$

Таблица 5 Предельные отклонения диаметров монтажных и переходных отверстий Δd в мм:

Диаметр отверстия d в мм	Наличие металлизации	Предельное отклонение диаметра Δd в мм для класса точности		
		1	2	3
до 1,0 вкл.	нет	+ 0,10	+ 0,10	+ 0,05
	есть	+0,05 -0,15	+ 0,05 -0,15	+ 0 -0,10
св. 1,0	нет	+ 0,15	+ 0,15	$\pm 0,10$
	есть	+ 0,10 -0,20	+ 0,10 -0,20	+ 0,05 - 0,15

2.2.2 Определение диаметров монтажных и переходных отверстий

Диаметр монтажного отверстия рассчитывается по формуле:

$$d = d_3 + r + |\Delta d_{\text{но}}|, \quad (2.2)$$

где d_3 - максимальное значение диаметра вывода ЭРИ (для прямоугольного вывода за диаметр берется диагональ его сечения) в мм

$\Delta d_{\text{но}}$ - нижнее предельное отклонение диаметра отверстия в мм см. таблицу 5

r - разность между минимальным значением диаметра отверстия и максимальным значением диаметра вывода устанавливаемого ЭРИ

r - выбирают от 0,1 до 0,4 мм при ручной установке и 0,4 до 0,5 мм - при автоматической.

Число типоразмеров любых отверстий на ПП следует ограничивать - это ограничение выбираем за счет r .

Рекомендуется применять не более трех типоразмеров монтажных и переходных отверстий в целях повышения технологичности изделия.

Диаметр переходного отверстия d_0 увязывать с толщиной платы h таким образом, чтобы — было не менее $1:3 \approx 0,33$

$$d_0 \geq h \cdot 0.33$$

В одно монтажное отверстие устанавливается вывод только одного ЭРИ. Центры отверстий размещать в узлах КС. Центры монтажных отверстий под неформуемые выводы многовыводных ЭРИ, межцентровые расстояния которых не кратны шагу КС, следует располагать так, чтобы в узле КС находился центр хотя бы одного из монтажных отверстий, а центры остальных - в соответствии с требованиями конструкции с указанием необходимых размеров.

2.2.3 Определение диаметров контактных площадок для монтажных и переходных отверстий

Контактные площадки (КП) являются частью проводящего рисунка. Они соединяются с металлизированными отверстиями в ДПП и неметаллизированными в ОПП.

Наименьшее номинальное значение диаметра контактной площадкой D в мм под выбранное отверстие рассчитывается по формуле:

$$D = (d + \Delta d_{\text{во}}) + 2b + \Delta t_{\text{во}} + 2\Delta d_{\text{тр}} + \sqrt{T_d^2 + T_p^2 + \Delta t_{\text{но}}^2}; \quad (2.3)$$

где $\Delta d_{\text{во}}$ - верхнее предельное отклонение диаметра отверстия

b - гарантийный поясок (см. таблицу 1);

$\Delta d_{\text{тр}}$ - величина подтравливания диэлектрика в отверстии;

$\Delta d_{\text{тр}} = 0$ для ОПП и ДПП

$\Delta t_{\text{во}}$ - верхнее предельное отклонение размеров элементов конструкции (диаметра КП) см. таблицу 4

$\Delta t_{\text{но}}$ - нижнее предельное отклонение размеров элементов конструкции (диаметра КП) см. таблицу 4.

Расчетное значение округляется в большую сторону и сравнивается со значением Приложение А Таблицы 1

Если в плате нет узких мест, диаметры контактных площадок выбираются из Таблицы 1 Приложение А соответствующие более низкому классу.

2.2.4 Определение размеров печатных проводников и их расположение

Печатные проводники выполняются постоянно возможно большей ширины на всем протяжении; располагаются равномерно на возможно большем расстоянии от соседних элементов проводящего рисунка при этом ведутся они по координатной сетке, количество перегибов должно быть минимальным; проводники вести кратчайшим путем.

В узком месте печатные проводники выполняются наименьшей номинальной ширины на возможно меньшей длине.

Наименьшее номинальное значение ширины печатного проводника устанавливают в зависимости от класса точности по таблице 1

Если узких мест нет, то ширину проводника определяют по формуле 4, используя данные таблицы 1 соответствующие более низкому классу.

Цепи питания и корпусные вести широкими проводниками, по возможности 2,5 мм, штрихуя расстояние между координатной сеткой, т.е. обозначая широкий проводник. Наименьшее номинальное значение ширины печатного проводника t в мм рассчитываем по формуле:

$$t = t_{\text{min}} + |\Delta t_{\text{но}}|, \quad (2.4)$$

t_{min} – минимальная ширина печатного проводника (таблица 1)

Значение ширины печатного проводника записывают в технические требования чертежа печатной платы.

Если узких мест нет, то ширину проводника определяют по формуле 2.4, используя данные таблицы 1 соответствующие более низкому классу.

2.2.5 Определение расстояния между элементами проводящего рисунка

Наименьшее номинальное расстояние между соседними элементами проводящего рисунка S в мм определяем по формуле:

$$S = S_{\min} + \Delta t_{\text{во}} + \frac{T_1}{2}; \quad (2.5)$$

где S_{\min} - минимально допустимое расстояние между соседними элементами проводящего рисунка, выбираемое из расчета обеспечения электрической прочности изоляции.

$\Delta t_{\text{во}}$ - верхнее предельное отклонение размеров элементов конструкции см. таблицу 4

T_1 - значение позиционного допуска расположения печатного проводника в мм, согласно таблице 7:

Таблица 7 Значения позиционных допусков расположения печатного проводника

Вид изделия	Значение позиционного допуска расположения печатного проводника T_1 , мм, для класса точности				
	1	2	3	4	5
ОПП; ДПП; ГПК; МПП (наружный слой)	0,2	0,10	0,05	0,03	0,02
МПП (внутренний слой)	0,3	0,15	0,10	0,08	0,05

$T_1 = 0,2$ для 1 кл. точности; $T_1 = 0,10$ для 2 кл. точности; $T_1 = 0,05$ для 3 кл. точности.

Если узких мест нет, то номинальное расстояние устанавливают в соответствии с Таблицей 1 по более низкому классу.

Проверку параметра S - расстояние между двумя контактными площадками произвести по Таблице 2 Приложение А

Наименьшее номинальное расстояние L в мм между центрами двух отверстий с контактными площадками диаметрами D_1 и D_2 для прокладки n -го числа печатных проводников рассчитывается по формуле:

$$L = \frac{D_1 + D_2}{2} + t \cdot n + S(n + 1) + T_1; \quad (2.6)$$

где n - число проводников.

5 Порядок выполнения работы

5.1 Определить к какому типу и классу относится печатная плата, выданная преподавателем и какой метод изготовления лежит в основе её получения, чтобы рассчитать оптимальные конструктивно-технологические параметры: ширину печатных проводников, расстояния между элементами проводящего рисунка, величину контактных площадок.

5.2 Определить диаметры выводов радиокомпонентов по справочнику (d_3).

5.3 Рассчитать расстояние от края неметаллизированного отверстия до элементов проводящего рисунка (Q).

5.4 Рассчитать номинальный диаметр монтажных металлизированных и неметаллизированных отверстий (d).

5.5 Рассчитать диаметр контактной площадки под монтажное отверстие (D).

5.6 Результаты значений параметров проводящего рисунка свести в таблицу

Условное обозначение	Диаметр отверстия в мм	Наличие металлизации	Диаметр контактной площадки в мм	Количество отверстий
⊕				
⊕				
⊕				

5.7 Рассчитать наименьшее номинальное значение ширины печатного проводника (t).

5.8 Рассчитать наименьшее номинальное расстояние между соседними элементами проводящего рисунка (S).

5.9 Рассчитать наименьшее номинальное расстояние между центрами двух отверстий ($L_{ном}$).

5.10 Сравнить рассчитанное значение L с L_3 , где L_3 - заданное значение - расстояние между центрами монтажных отверстий с контактными площадками D_1 и D_2 . При $L < L_3$, прокладка n-го количества проводников возможна. При $n = 1$, значение L сравниваем со значением таблицы Приложения А.

5.11 Результаты значений параметров проводящего рисунка сводим в таблицу

Параметры элементов	Размеры в мм	Размеры в узком месте в мм
Ширина проводников		
Расстояние между проводниками, контактными площадками, проводником и контактной площадкой		

5.12 Составить вывод.

5.13 Ответить на контрольные вопросы.

6 Содержание отчета:

6.1 Наименование работы.

6.2 Цель работы.

6.3 Произведенные расчеты.

6.4 Выводы.

6.5 Ответы на контрольные вопросы

7. Контрольные вопросы

7.1 Какие виды монтажа радиоэлементов вам известны, назовите их.

7.2 Как подразделяются по типу печатные платы?

7.3 Чем определяется класс точности печатной платы?

7.4 На каком минимальном расстоянии от края ПП можно вести печатные проводники?

7.5 Как определяется ширина печатных проводников?

7.6 Назовите допустимое количество типоразмеров монтажных и переходных отверстий на одной печатной плате.

8 Список литературы

1. Конструирование блоков радиоэлектронных средств: учебное пособие для СПО / Д. Ю. Муромцев, О. А. Белоусов, И. В. Тюрин, Р. Ю. Курносов. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 288 с. – ISBN 978-5-8114-6501-9.

2. Пасынков, В. В. Полупроводниковые приборы: учебное пособие для СПО/ В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 480 с. – ISBN 978-5-8114-6762-4.

3. Юрков, Н. К. Технология производства электронных средств: учебное пособие для СПО / Н. К. Юрков. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 476 с. – ISBN 978-5-8114-7016-7.

4. РД 50-708-91 «Инструкция платы печатные. Требования к конструированию».

Практическое занятие № 3

Создание и редактирование схем в программе Delta Design

1. Цель занятия:

Получить практические навыки создания и редактирования электрических и электронных схем с помощью программы **Delta Design**

2. Время выполнения работы – 2 часа

3. Оборудование и программное обеспечение

1 Персональный компьютер

2 Программа **Delta Design**

4. Краткие теоретические сведения

В Delta Design проектирование электронных устройств основывается на радиоэлектронных компонентах. Вся необходимая информация о компонентах хранится в базе данных. Разработчик выбирает нужные данные (компоненты) из базы, используя их для проектирования электрической схемы и печатной платы.

Общая база данных радиоэлектронных компонентов разделяется на отдельные библиотеки. Библиотеки предназначены для работы с отдельными группами компонентов, хранящихся в общей базе.

Каждая библиотека является функционально завершенным хранилищем данных о компонентах, иными словами, если компонент занесен в библиотеку, то в библиотеке должны содержаться все данные, необходимые для использования данного компонента.

Разработка электрических схем выполняется с использованием библиотек УГО электронных компонентов, форматов и штампов чертежных документов, шрифтов и пр., подготовленных и аттестованных на соответствие требованиям ГОСТ.

Средства разработки электрических схем обеспечивают:

Соответствие требованиям ГОСТ, предъявляемым к оформлению документов электрических схем, а именно:

соблюдение минимальных расстояний на чертежах ЭЗ между условными графическими обозначениями электронных компонентов и линиями электрической связи, требований по вычерчиванию линий электрической связи, установки обозначений соединителей и т.д.

Принципы построения электрических схем.

В среде Delta Design принципиальная схема или принципиальная электрическая схема (ЭЗ) – это графическое изображение (модель), служащее для передачи с помощью условных графических и буквенно-цифровых обозначений (пиктограмм) состава элементов электрического устройства и связей между ними. Электрическая схема является важным звеном проекта печатной платы, т.к. работа над проектом во многом определяется разработкой электрической схемы.

Принципиальная схема, в отличие от разводки печатной платы, не показывает взаимного (физического) расположения элементов, а лишь указывает на то, какие выводы реальных элементов (например, микросхем) с какими соеди-

няются. При разработке электрической схемы составляется перечень радиодеталей, входящих в плату и последовательность соединения радиодеталей цепями (список соединений).

Процесс создания электрической схемы в среде Delta Design совмещен с подготовкой документации. Схемы сразу строятся на отдельных листах, с заданным размером и выбранным штампом. Большие схемы могут быть созданы с использованием нескольких листов. Каждый лист схемы может иметь свой формат и штамп.

Выбор готового штампа листа.

В функциональной панели «Стандарты» содержатся унифицированные штампы, созданные в соответствии со следующими стандартами:

- ГОСТ (ГОСТ 2.701-84);
- ANSI;
- Параметры оформления, заданные проектировщиком.

При создании проекта, лист схемы по умолчанию оформляется по стандарту ГОСТ 2.701-84 (формат А3). Если для электрической схемы создается новый лист, то в момент создания проектировщик задает настройки оформления листа. Настройки оформления листа могут быть изменены в процессе проектирования.

Смена штампа листа электрической схемы осуществляются в окне «Формат и штамп», см. Рис. 1. Данное окно отображается при создании нового листа схемы

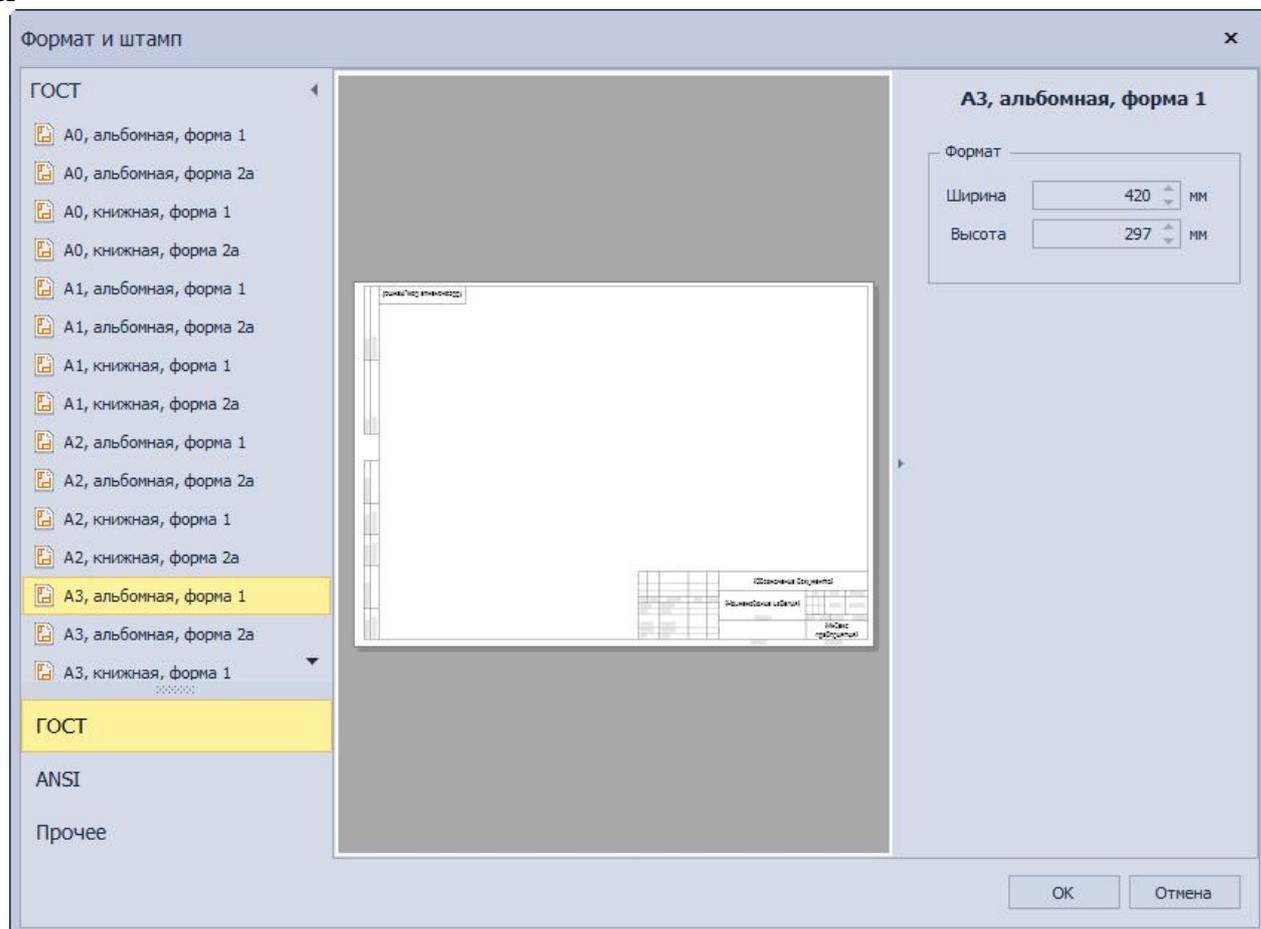


Рис. 1 Выбор формата для листа в окне «Формат и штамп»

В левой части окна список разделен на соответствующие группы. В группах расположен перечень форматов и штампов согласно ГОСТ, а так же ANSI.

В Delta Design на схеме основными объектами являются радиодетали, а не компоненты в целом. Радиодеталь – это конкретная физическая реализация компонента, которая обладает заданными характеристиками (посадочным местом (корпусом), рабочим напряжением, номиналом и т.п.

Радиодетали на схеме представлены в виде УГО

Радиодетали размещаются на схеме по одной, возможность располагать на схеме несколько радиодеталей одновременно отсутствует.

Радиодетали могут быть размещены на схеме из библиотеки и функциональной панели «Менеджер проекта».

Размещение радиодеталей с помощью контекстного меню работает следующим образом:

1. Выбрать нужный элемент в библиотеке и вызвать контекстное меню.
2. В отобразившемся контекстном меню необходимо выбрать пункт «Разместить на схеме».
3. Переместить курсор на рабочее пространство схемы и выбрать место для размещения радиодетали. При этом на схеме будет отображаться предполагаемый вид УГО радиодетали.
4. Нажать кнопку мыши для размещения радиодетали.

Схематический механизм размещения с помощью контекстного меню показан на Рис.2

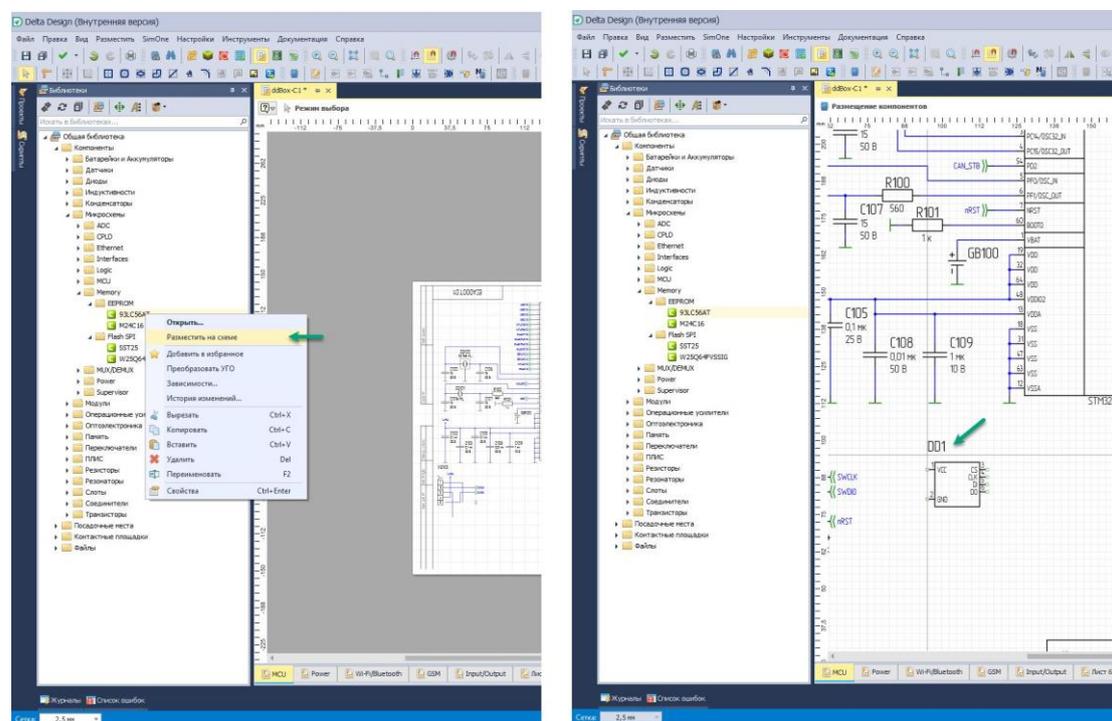


Рис. 2 Размещение радиодеталей на схеме

При размещении радиодетали на схеме в функциональной панели «Свойства» отображаются значения атрибутов радиодетали и сведения о компоненте, в состав которого входит размещаемая радиодеталь.

В программе Delta Design, цепи - это имеющие одинаковое имя проводники, ограниченные выводами и точками соединений, объединяющие УГО радио-деталей на схеме. Принадлежность проводника к той или иной цепи определяется именем, которое ему задается.

Размещение цепей на схеме осуществляется с помощью инструмента «Разместить проводник», который обозначается кнопкой. Инструмент доступен на панели инструментов «Схема» и в контекстном меню рабочей области листа. После того, как инструмент «Разместить проводник» выбран, курсор в рабочей области изменит свой вид, см. Рис. 3. Текущее положение курсора дополнительно отмечается вертикальной и горизонтальной линиями, образующими крест. Текущие координаты курсора указываются в правом нижнем углу окна программы.

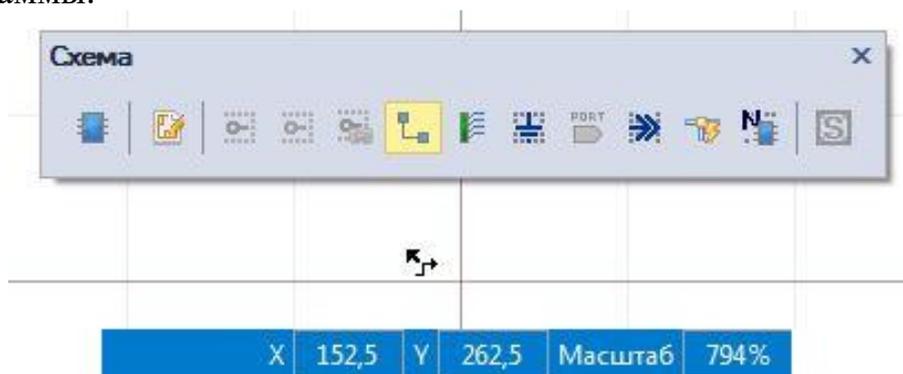


Рис. 3 Вид курсора при использовании инструмента «Разместить проводник»

Цепи в правильно построенной электрической схеме, должны быть подключены к выводам УГО радиодеталей, поэтому в программе Delta Design, для первичного размещения цепи доступны только выводы радиодеталей или уже размещенные цепи (или шины).

В Delta Design, на электрических схемах доступен специальный объект – шина.

Размещение шин на схеме осуществляется с помощью инструмента «Разместить шину», который обозначается кнопкой. Инструмент доступен на панели инструментов «Схема» и в контекстном меню рабочей области листа схемы.

Один и тот же компонент на схеме может быть представлен в нескольких вариациях. Разные вариации компонента могут быть представлены различными радиодетальями, поэтому настройка свойств на схеме привязана к конкретному УГО конкретной радиодетали.

Свойства радиодетали, размещенной на схеме, отображаются и редактируются с помощью панели «Свойства». На панели отображаются свойства выбранной радиодетали.

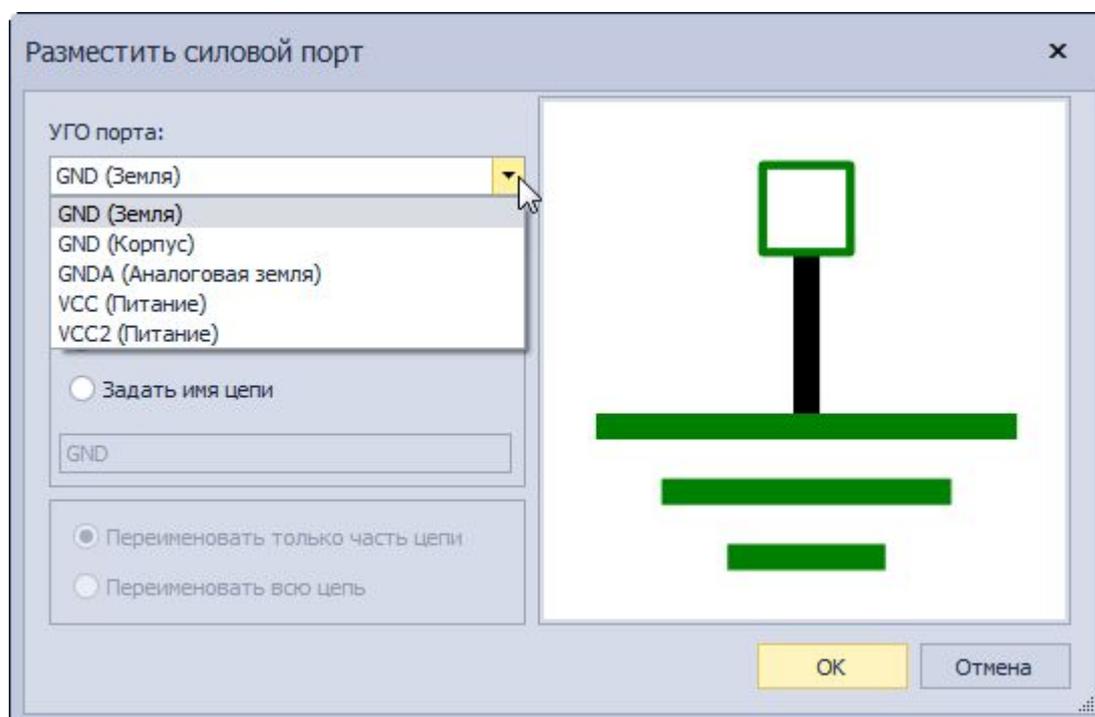
Свойства цепи на схеме отображаются и редактируются с помощью панели «Свойства». На панели отображаются свойства выбранного проводника.

В момент размещения цепи на схеме для нее создается имя. Имена цепей задаются автоматически, по шаблону «NET000N», где «000N» номер цепи.

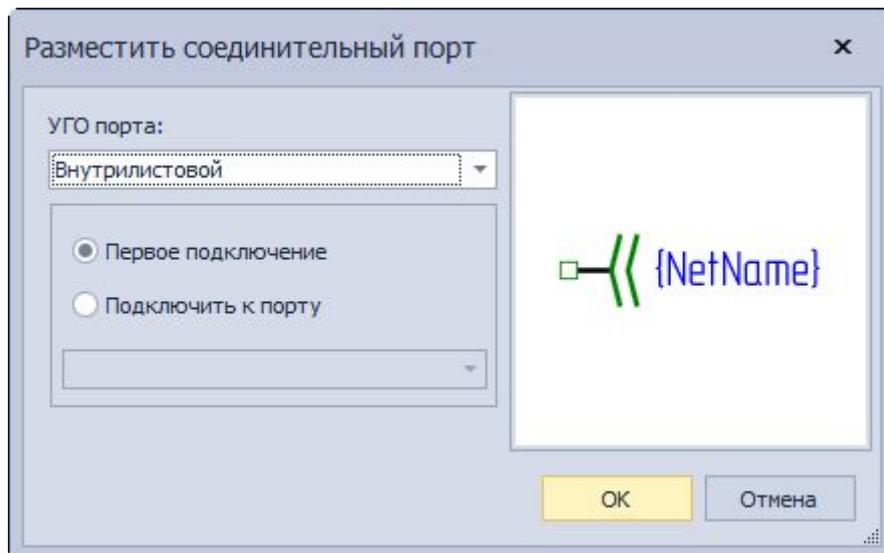
Настроить шаблон имени цепи возможно из окна «Панель управления». Имя цепи может быть изменено. Изменение имени цепи осуществляется в окне «Переименование цепи».

Свободное окончание незавершенной цепи может заканчиваться портом. Соединительные порты используются для создания логических соединений вместо непосредственного построения соединительных линий. Такие порты используются в тех случаях, когда проведение соединительных линий либо принципиально невозможно (в случаях соединений между компонентами, расположенными на разных листах ЭЗ), либо перегружает чертеж электрической схемы.

Силовые порты используются для подключения выводов компонентов схемы к цепям земли и питания. При выборе размещения порта питания из контекстного меню цепи схемы на экран будет выведено окно «Разместить силовой порт»



При выборе размещения соединительного порта из контекстного меню цепи, на экран будет выведено окно «Разместить соединительный порт»



Задание:

Ознакомьтесь с интерфейсом программы **Delta Design** создать электрические и электронные схемы по заданным образцам.

5. Порядок выполнения работы:

- 5.1. Включите компьютер, убедитесь в наличии на рабочем столе программы Delta Design.
- 5.2. Запустите программу Delta Design.
- 5.3. Ознакомьтесь с интерфейсом программы Delta Design.
- 5.4. Выберите компоненты для схемы на рис. 1 (Приложение А)
- 5.5. Разместите компоненты схемы в удобном порядке
- 5.6. После размещения компонентов соедините их между собой
- 5.7. Произведите разметку узлов схемы
- 5.8. Повторите все действия п.п. 5.4 -5.7 для схем, представленных на рис. 2-9 (Приложение А).
- 5.9. Сохранить на диске папки с созданными схемами
- 5.10. Подготовить ответы на контрольные вопросы

6. Контрольные вопросы

- 6.1. Что подразумевается под компонентами в программе Delta Design?
- 6.2. Что подразумевается под радиодеталью в программе Delta Design ?
- 6.3. Чем могут отличаться независимые источники переменного напряжения?
- 6.4. Каким образом на схеме отображаются названия узлов?
- 6.5. Как поменять название узла?
- 6.6. Каким образом на схеме можно отличить друг от друга реальные и виртуальные компоненты?
- 6.7. Каким образом осуществляется перемещение компонентов?
- 6.8. Каким образом осуществляется подключение компонентов?
- 6.9. Для чего необходимо обязательно заземлять схемы?
- 6.12. Для чего применяются трехмерные компоненты?

7. Содержание отчета:

7.1. Сохранить на диске папку с созданными схемами

8 Литература и средства обучения:

Основные источники:

1. Конструирование блоков радиоэлектронных средств: учебное пособие для СПО / Д. Ю. Муромцев, О. А. Белоусов, И. В. Тюрин, Р. Ю. Курносов. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 288 с. – ISBN 978-5-8114-6501-9.
2. Пасынков, В. В. Полупроводниковые приборы: учебное пособие для СПО/ В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 480 с. – ISBN 978-5-8114-6762-4.
3. Юрков, Н. К. Технология производства электронных средств: учебное пособие для СПО / Н. К. Юрков. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 476 с. – ISBN 978-5-8114-7016-7.

Дополнительные источники

Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств (Пер. с англ.) / Пер. с англ. Осипов А.И. – М.; Издательский дом ДМК – пресс, 2006. – 488 с; ил.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

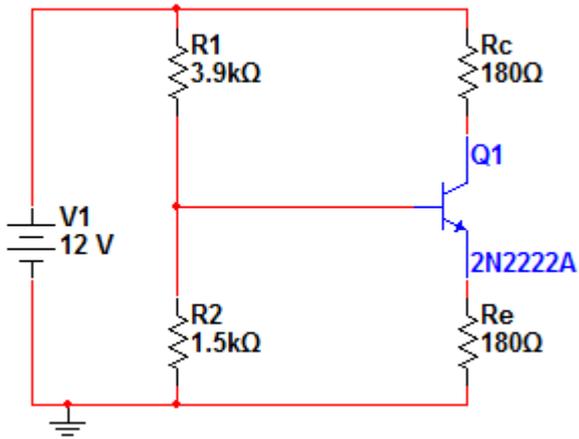


Рис .1

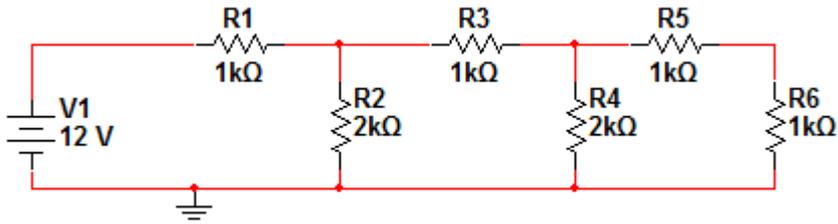


Рис .2

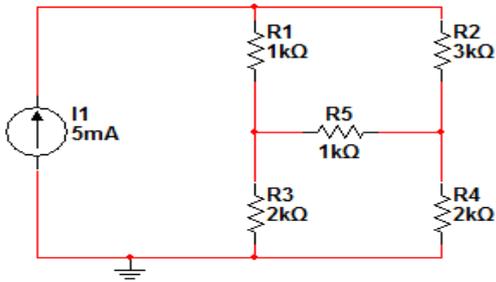


Рис .3

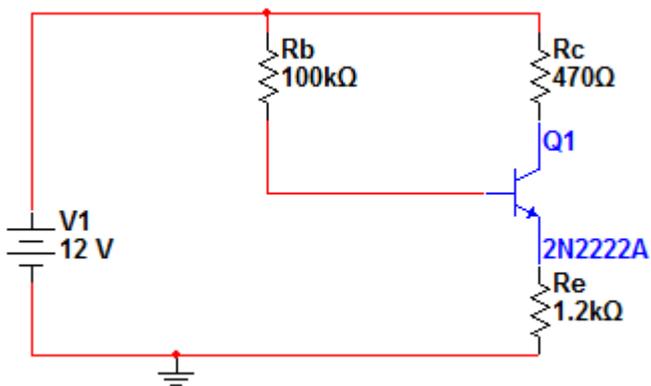


Рис .4

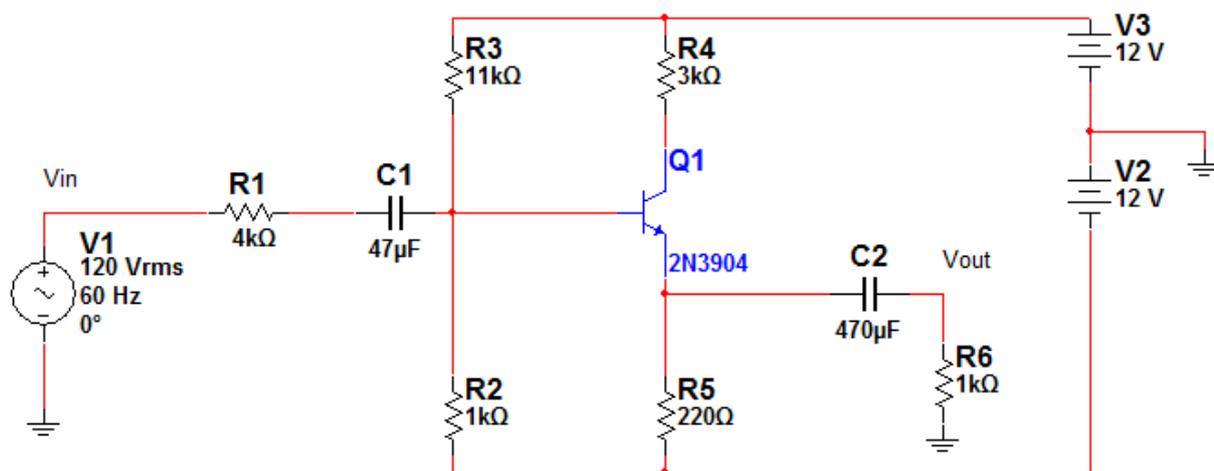


Рис .5

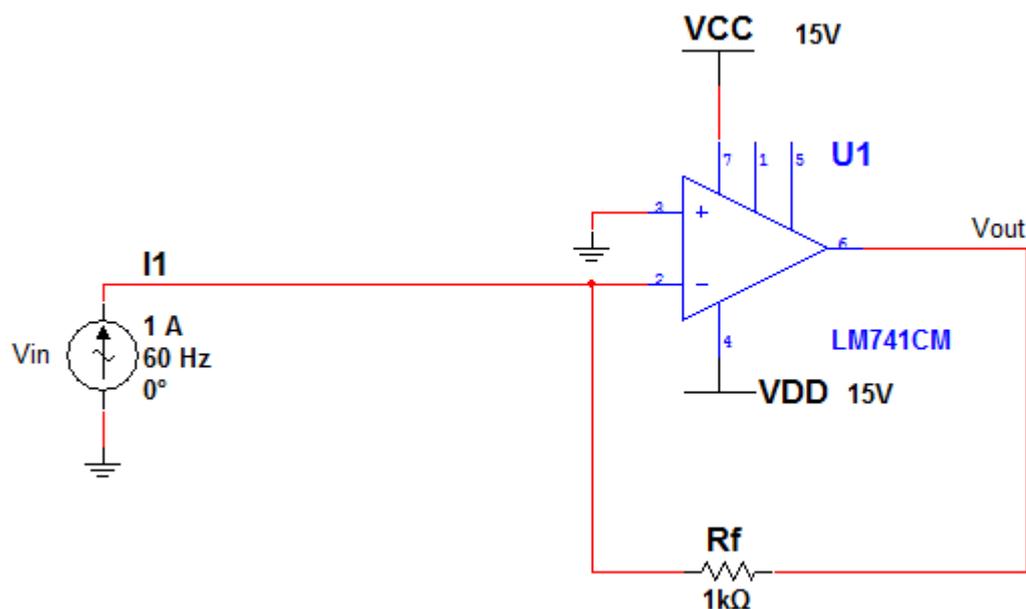


Рис .6

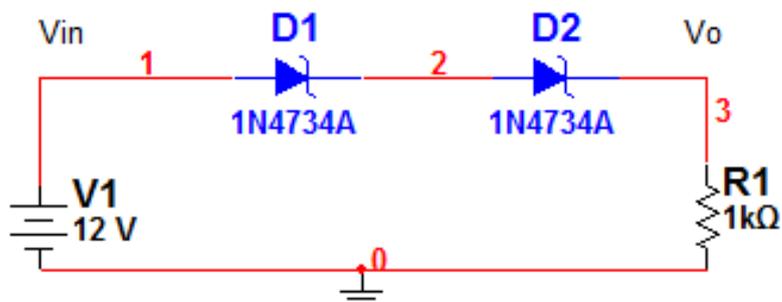


Рис .7

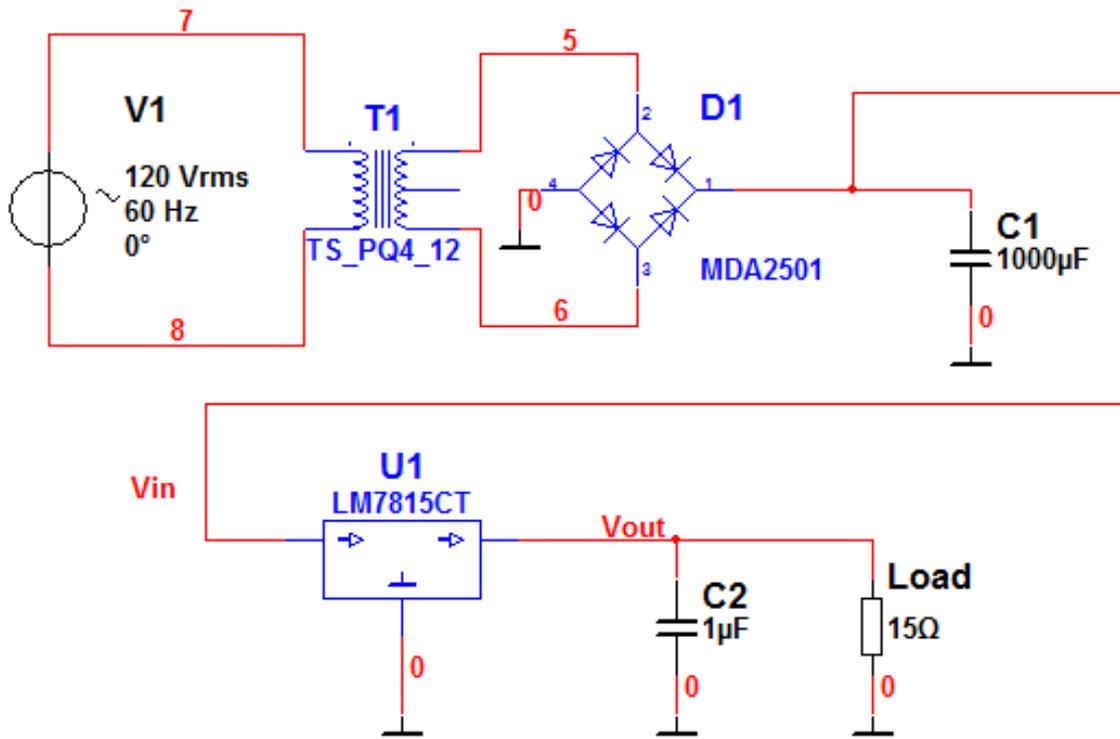


Рис. 8

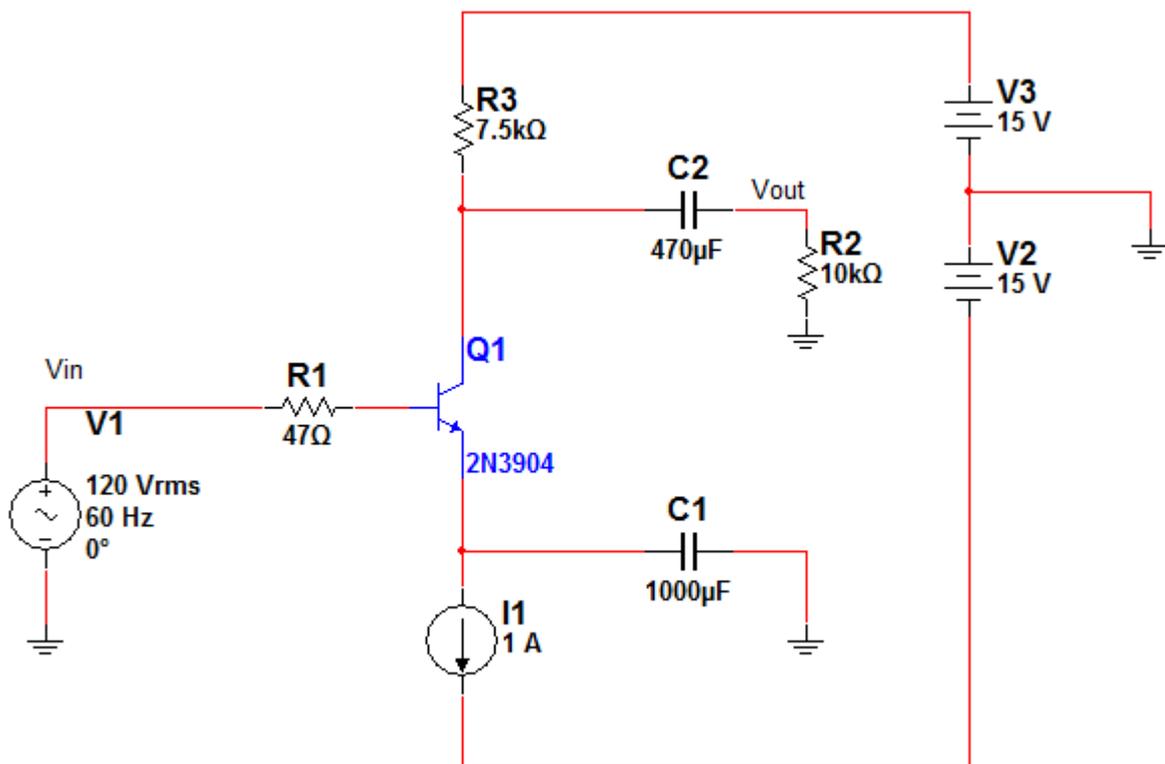


Рис. 9

Практическое занятие № 4

Оформление чертежа схемы электрической принципиальной и составление перечня элементов в соответствии с ЕСКД в программе Delta Design

1 Цель работы:

научиться оформлять чертеж схемы электрической принципиальной цифрового устройства и составлять перечень элементов

1. Время выполнения работы -2 часа

3. Используемое оборудование и программное обеспечение

1 Персональный компьютер

2 Программа **Delta Design**

3 Справочники по радиокомпонентам.

4. ГОСТы ЕСКД.

4. Краткие теоретические сведения

3.1 ЕСКД (единая система конструкторской документации) — комплекс стандартов, устанавливающих взаимосвязанные нормы и правила по разработке, оформлению и обращению конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой на всех стадиях жизненного цикла изделия (при проектировании, изготовлении, эксплуатации, ремонте и др.).

Основное назначение стандартов ЕСКД состоит в установлении единых оптимальных правил выполнения, оформления и обращения конструкторской документации, которые обеспечивают:

1) применение современных методов и средств при проектировании изделий;

2) возможность взаимообмена конструкторской документацией без ее переоформления;

3) оптимальную комплектность конструкторской документации;

4) механизацию и автоматизацию обработки конструкторских документов и содержащейся в них информации;

5) высокое качество изделий;

6) наличие в конструкторской документации требований, обеспечивающих безопасность использования изделий для жизни и здоровья потребителей, окружающей среды, а также предотвращение причинения вреда имуществу;

7) возможность расширения унификации и стандартизации при проектировании изделий;

8) возможность проведения сертификации изделий;

9) сокращение сроков и снижение трудоемкости подготовки производства;

10) правильную эксплуатацию изделий;

11) оперативную подготовку документации для быстрой переналадки действующего производства;

12) упрощение форм конструкторских документов и графических изоб-

ражений;

13) возможность создания единой информационной базы автоматизированных систем (САПР, АСУП и др.);

14) гармонизацию с соответствующими международными стандартами.

3.2 Виды конструкторской документации.

К конструкторским документам относят графические и текстовые документы, которые содержат данные, необходимые для разработки или изготовления, контроля, эксплуатации и ремонта изделий.

Конструкторские документы разделяют на проектные и рабочие. Проектные документы содержат данные, необходимые для разработки изделия (техническое предложение, эскизный и технический проекты).

В состав рабочей документации могут входить следующие виды конструкторских документов, которым присвоены соответствующие шифры (указаны в скобках): а) чертеж детали (шифра не имеет); б) сборочный чертеж (СБ); в) габаритный чертеж (ГЧ); г) монтажный чертеж (МЧ); д) схемы (шифр зависит от вида и типа схемы); е) спецификация (шифра не имеет); ж) ведомость спецификаций (ВС); з) ведомость покупных изделий (ВП); и) технические условия (ТУ); к) эксплуатационные документы (шифр зависит от вида документа); л) ремонтные документы; м) ряд других документов.

3.3 Виды и типы схем.

Схема - это документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

Виды схем в зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия (установки), и их коды представлены в таблице 1.

Таблица 1

Вид схемы	Определение	Код вида
Схема электрическая	Документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия, действующие при помощи электрической энергии, и их взаимосвязи	Э
Схема гидравлическая	Документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия, использующие жидкость, и их взаимосвязи	Г
Схема пневматическая	Документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия, использующие воздух, и их взаимосвязи	П
Схема газовая (кроме пневматической схемы)	Документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия, действующие с использованием газа, и их взаимосвязи	Х
Схема кинемати-	Документ, содержащий в виде условных изображе-	К

ческая	ний или обозначений механические составные части и их взаимосвязи	
Схема вакуумная	Документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия, действующие при помощи вакуума либо создающие вакуум, и их взаимосвязи	В
Схема оптическая	Документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений оптические составные части изделия по ходу светового луча	Л
Схема энергетическая	Документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части энергетических установок и их взаимосвязи	Р
Схема деления	Документ, содержащий в виде условных обозначений состав изделия, входимость составных частей, их назначение и взаимосвязи	Е
Схема комбинированная	Документ, содержащий элементы и взаимосвязи различных видов схем одного типа	С

Виды схем в зависимости от основного назначения подразделяются на типы. Типы схем и их коды представлены в таблице 2

Таблица 2

Тип схемы	Определение	Код типа
Схема структурная	Документ, определяющий основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи	1
Схема функциональная	Документ, разъясняющий процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия (установки) или изделия (установки) в целом	2
Схема принципиальная (полная)	Документ, определяющий полный состав элементов и взаимосвязи между ними и, как правило, дающий полное (детальное) представления принципах работы изделия (установки)	3
Схема соединений (монтажная)	Документ, показывающий соединения составных частей изделия (установки) и определяющий провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т.п.)	4
Схема подключения	Документ, показывающий внешние подключения изделия	5
Схема общая	Документ, определяющий составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации	6
Схема расположения	Документ, определяющий относительное расположение составных частей изделия (установки), а при необходимости,	7

	также жгутов (проводов, кабелей), трубопроводов, световодов и т.п.	
Схема объединенная	Документ, содержащий элементы различных типов схем одного вида	0
Примечание - Наименования типов схем, указанные в скобках, устанавливают для электрических схем энергетических сооружений.		

Код схемы должен состоять из буквенной части, определяющей вид схемы (см. таблицу 1), и цифровой части, определяющей тип схемы (см. таблицу 2): например, схема электрическая принципиальная - Э3; схема гидравлическая соединений - Г4; схема деления структурная - Е1; схема электрогидравлическая принципиальная - С3; схема электрогидропневмокинематическая принципиальная - С3; схема электрическая соединений и подключения - Э0; схема гидравлическая структурная, принципиальная и соединений - ГО.

3.4 Перечень элементов

Перечень элементов помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа. Для электронных документов перечень элементов выполняют только в виде самостоятельного документа. В случае разработки электронной структуры изделия по ГОСТ 2.053 перечень элементов рекомендуется получать из нее в виде отчета, оформленного в соответствии с требованиями настоящего стандарта. Перечень элементов оформляют в виде таблицы (см. рисунок 1), заполняемой сверху вниз.

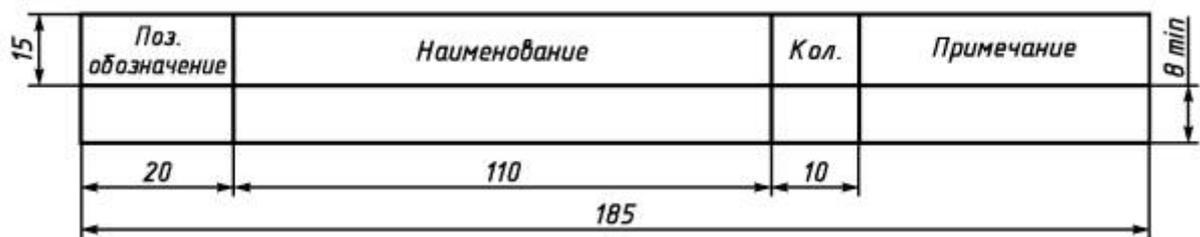


Рисунок 1 - Перечень элементов

В графах таблицы указывают следующие данные:

- в графе «Поз. обозначение» - позиционные обозначения элементов, устройств и функциональных групп;

- в графе «Наименование» - для элемента (устройства) - наименование в соответствии с документом, на основании которого этот элемент (устройство) применен, и обозначение этого документа (основной конструкторский документ, межгосударственный стандарт, стандарт Российской Федерации, стандарт организации, технические условия); - для функциональной группы - наименование;

- в графе «Примечание» - рекомендуется указывать технические данные элемента (устройства), не содержащиеся в его наименовании.

При выпуске перечня элементов в виде самостоятельного документа его код должен состоять из буквы «П» и кода схемы, к которой выпускают перечень, например код перечня элементов к электрической принципиальной схеме - ПЭ3. При этом в основной надписи (графа 1) указывают наименование изде-

лия, а также наименование документа «Перечень элементов».

Перечень элементов в виде самостоятельного документа выполняют на формате А4.

5. Задание:

5.1. Оформить чертеж схемы электрической принципиальной цифрового устройства и составить перечень элементов в программе . Схемы должны быть выполнены в Российском ЕСКД .

6 Порядок выполнения работы

6.1 Изучить электрическую принципиальную схему устройства в соответствии с вариантом задания преподавателя (приложение А).

6.2 Оформить электрическую принципиальную схему устройства в соответствии с требованиями ЕСКД в программе **Delta Design**

6.3 Составить перечень элементов к электрической принципиальной схеме устройства в соответствии с требованиями ЕСКД в программе **Delta Design**

6.4 Составить вывод.

6.5 Ответить на контрольные вопросы

7 Содержание отчета:

7.1 Папка на рабочем столе ПК с выполненными заданиями

7.2. Распечатки схемы и перечня элементов в формате А4

7.3 Выводы.

7.4 Ответы на контрольные вопросы

8 Контрольные вопросы

8.1 Найти отличия в условном графическом обозначении элементов заданной схемы от условного графического обозначения в соответствии с ЕСКД.

8.2 Что такое схема электрическая принципиальная? Правила оформления в соответствии с требованиями ЕСКД.

8.3 Что такое перечень элементов? Правила оформления в соответствии с требованиями ЕСКД.

9. Литература и средства обучения:

1. Конструирование блоков радиоэлектронных средств: учебное пособие для СПО / Д. Ю. Муромцев, О. А. Белоусов, И. В. Тюрин, Р. Ю. Курно-сов. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 288 с. – ISBN 978-5-8114-6501-9.

2. Пасынков, В. В. Полупроводниковые приборы: учебное пособие для СПО/ В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 480 с. – ISBN 978-5-8114-6762-4.

3. Юрков, Н. К. Технология производства электронных средств: учебное пособие для СПО / Н. К. Юрков. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 476 с. – ISBN 978-5-8114-7016-7.9.2. ГОСТ 2.721—74

9.3. ГОСТ 2.702—75

9.4 ГОСТ 2.001-93 ЕСКД. Общие положения.

9.5 ГОСТ 2.701-2008 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.

9.6 ГОСТ 2.708—81 Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники.

Приложение 1.

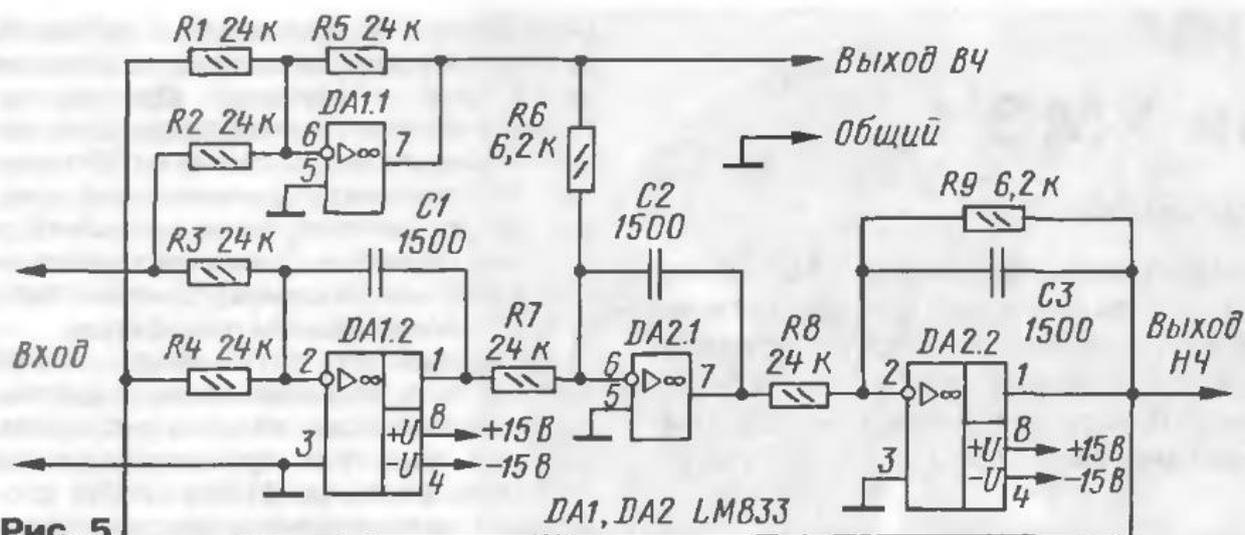
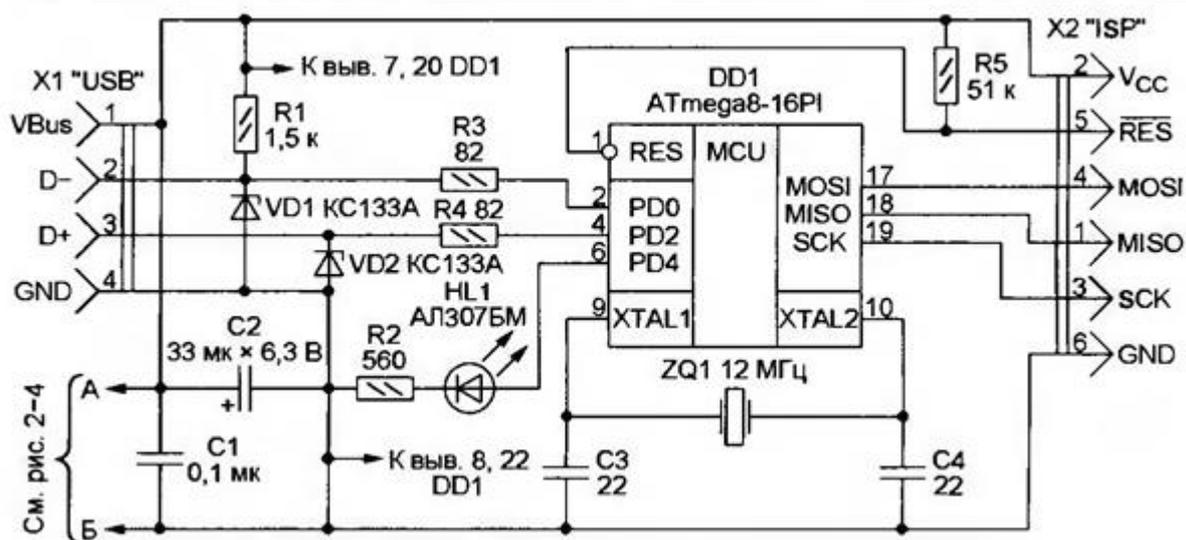
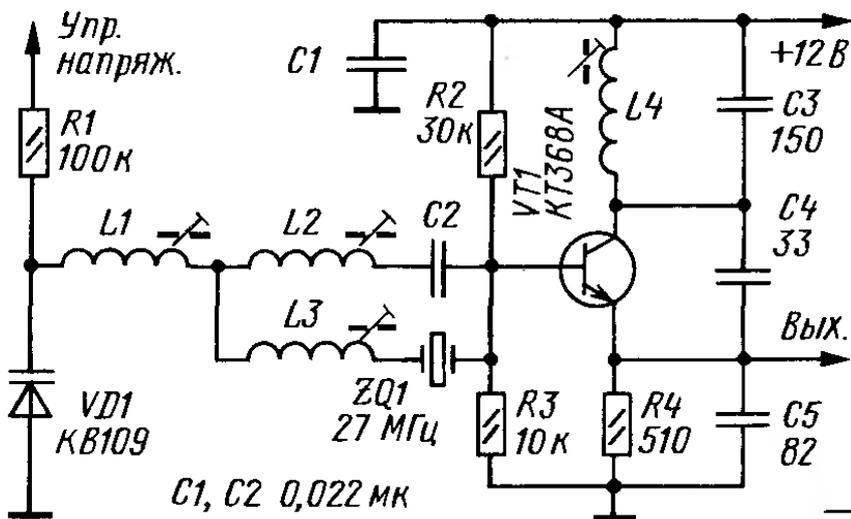
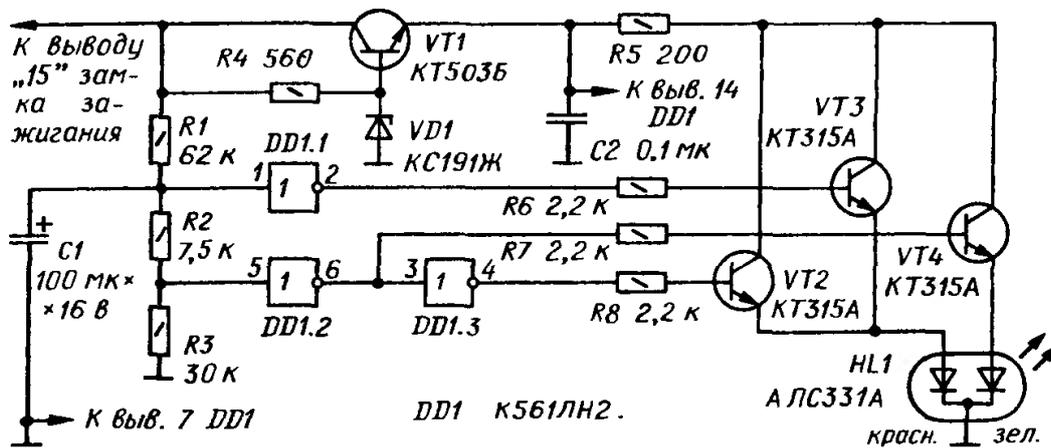
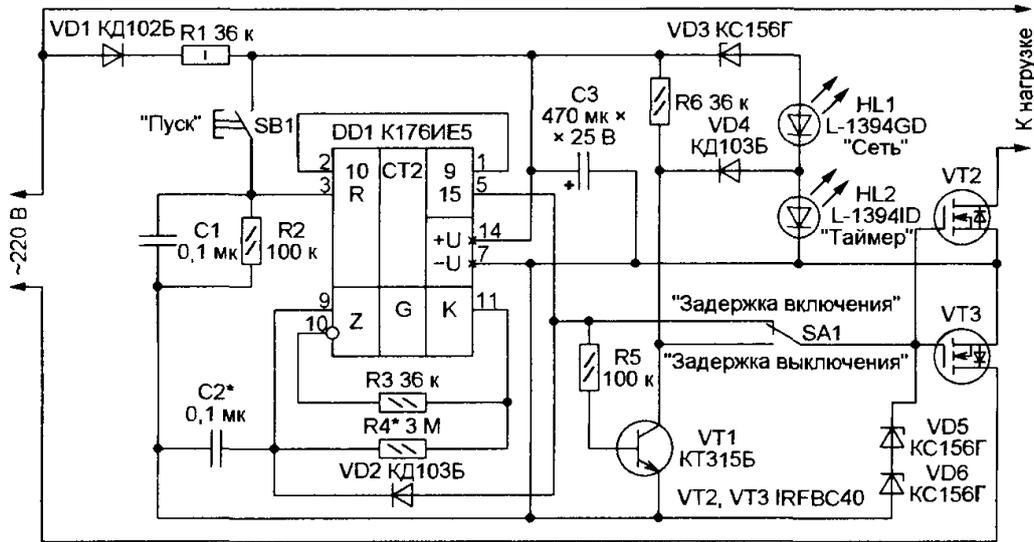


Рис. 5



См. рис. 2-4



Практическое занятие № 5

Создание компонента в программе Delta Design

1 Цель работы:

Научиться создавать **компоненты в программе Delta Design** и формировать собственную элементную базу

2. Время выполнения работы – 2 часа

3. Используемое оборудование и программное обеспечение

1 Персональный компьютер

2 Программа **Delta Design**

4. Краткие теоретические сведения

4.1. Структура компонента

Каждый компонент должен содержать в себе набор данных, которые необходимы для его использования в разработке. К этим данным относятся:

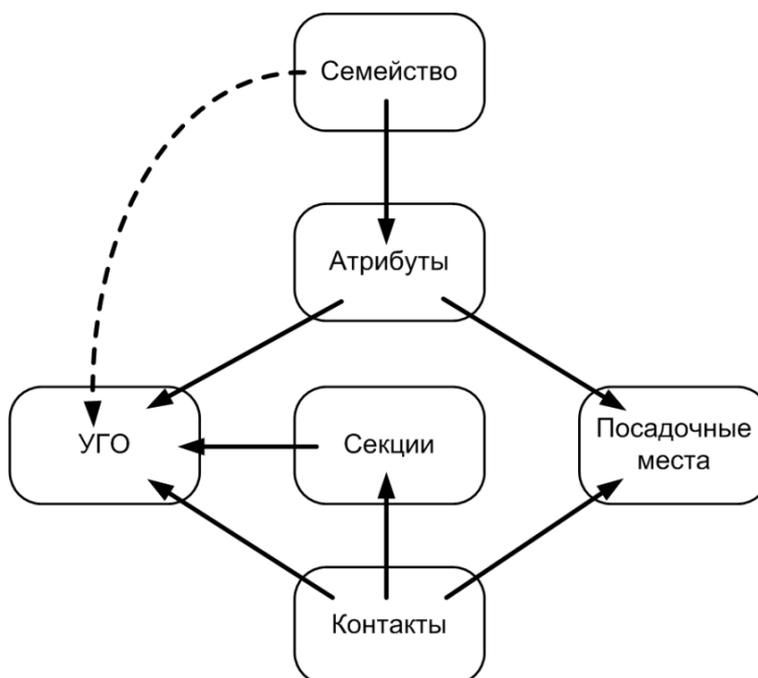


Рис. 1 Схема структуры компонента

Ключевым моментом в создании компонента является сопоставление различных типов данных: УГО, посадочных мест, атрибутов и контактов компонента.

4.2. Компоненты создаются в дереве библиотек. Для того чтобы создать компонент, необходимо выполнить следующие действия:

1. Перейти в дерево библиотек на панели навигации.

2. Выбрать нужную библиотеку.

3. Перейти на узел «Компоненты».

4. Выбрать папку, в которой должен быть создан компонент.

5. Вызвать контекстное меню для выбранной папки и активизировать См.
Рис. 2

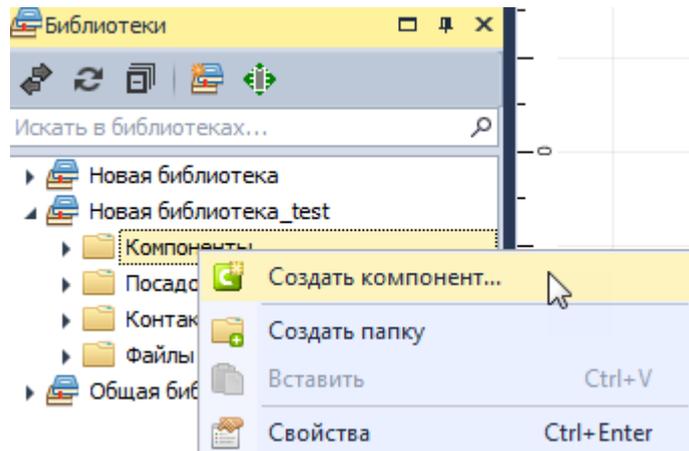


Рис. 2. Создание компонента

4.2.1 Или с помощью главного меню:

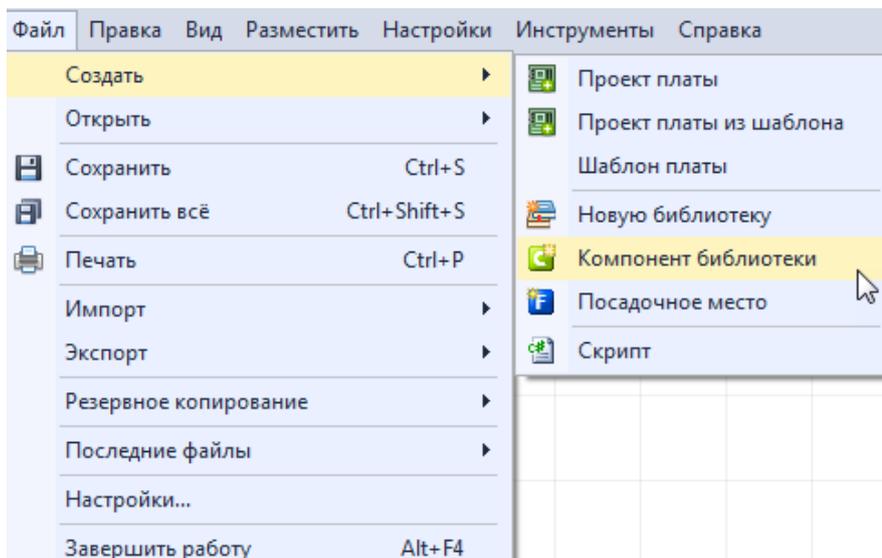


Рис. 3 Запуск создания компонента с помощью главного меню

4.2.2. Выбрать библиотеку, в которой будет создаваться компонент

4.2.3. Выбрать папку, в которой будет сохранен компонент

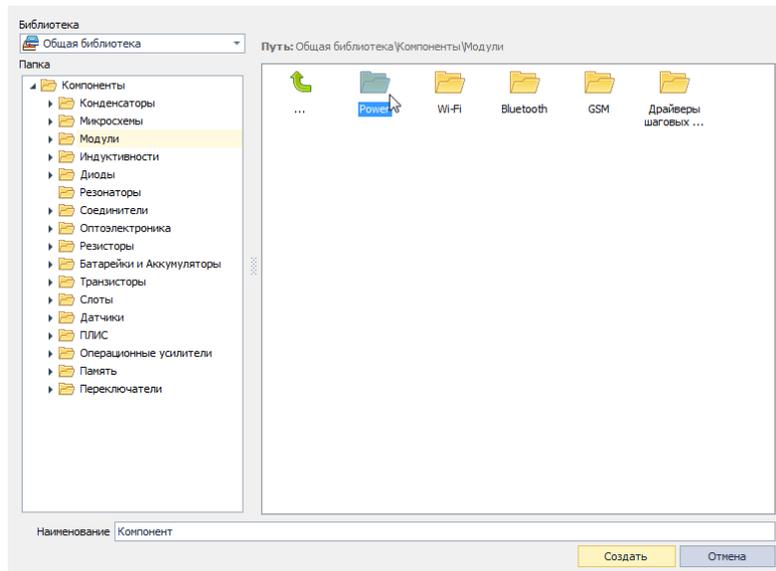


Рис. 4 Выбор папки

4.2.4. Ввести имя создаваемого компонента в поле «Наименование»,

4.2.5. Нажать на кнопку «Создать».в рабочей области будет открыт редактор компонентов.

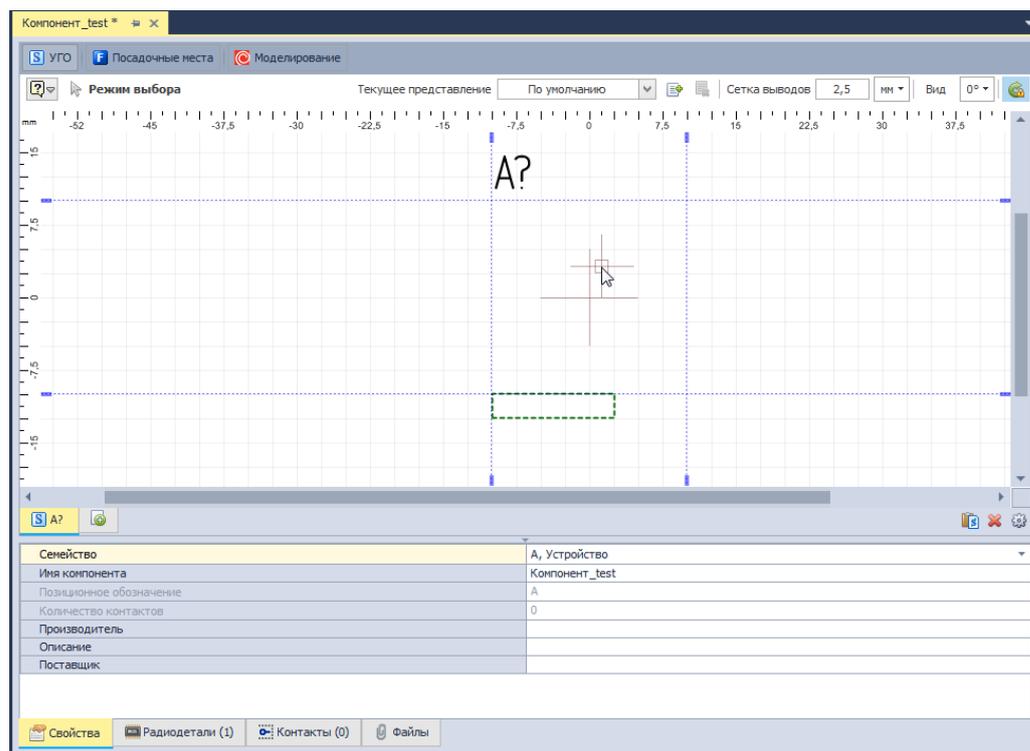


Рис. 5 «Стартовое» окно редактора компонентов

4.3. Редактор компонентов

В редакторе компонентов расположены несколько вкладок, которые позволяют переключаться между различными типами данных

1. УГО – вкладка для работы с УГО;

2. Посадочные места – вкладка для работы с посадочными местами;
3. Сопоставление – вкладка для сопоставления контактов УГО и контактных площадок посадочных мест;
4. Моделирование - вкладка для работы со SPICE-моделями;
5. Свойства – вкладка с общими свойствами компонента;
6. Радиодетали – вкладка для работы с радиодеталями компонента;
7. Контакты – вкладка для работы с контактами компонента;
8. Файлы – вкладка для работы с дополнительными документами, включенными в состав компонента.

4.4 Работа с УГО из Стандартов

Что бы использовать типовое УГО из Стандартов, в нижней левой части окна на вкладке (секции компонента), обозначенной значком, необходимо вызвать контекстное меню, см.

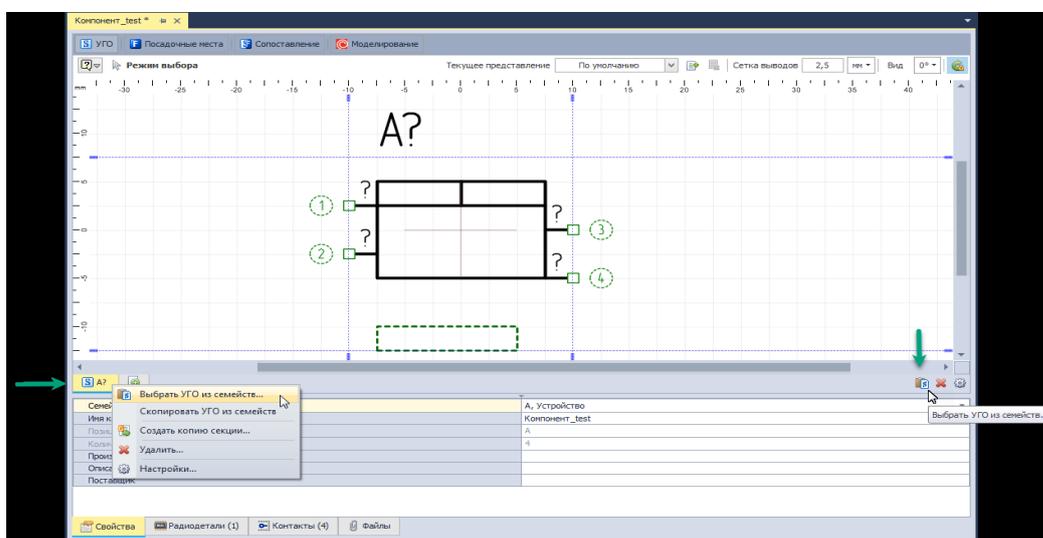


Рис.6 Кнопки для работы с УГО из Стандартов

При выборе пункта «Выбрать УГО из семейств...», обозначенного значком , на экране появиться окно для выбора УГО, см. Рис.7.

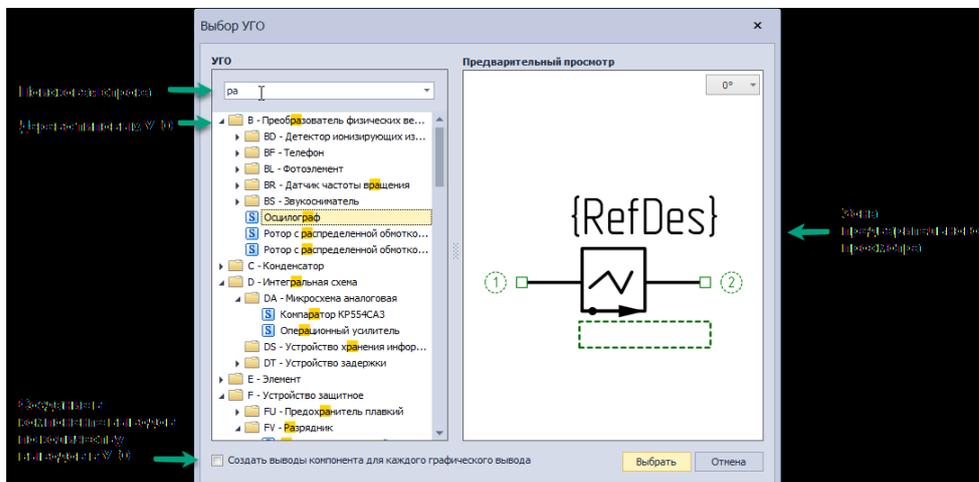


Рис. 9 Окно «Выбор УГО»

В левой части окна отображается область с деревом типовых УГО доступных в Стандартах. Над ним расположена строка поиска. В правой части окна расположена область предварительного просмотра.

Для того, чтобы создать в компоненте контакты по количеству выводов УГО необходимо отметить флагом поле «Создать выводы компонента для каждого графического вывода», расположенное в нижней части окна. В этом случае новые контакты будут создаваться даже если какие-либо контакты для компонента уже были созданы.

После выбора УГО из списка (в правой части окна) необходимо нажать кнопку «Выбрать», расположенную, расположенную в левом нижнем углу окна. После этого произойдет изменение УГО.

4.5. Посадочные места

Для работы с посадочными местами компонента необходимо перейти во вкладку «Посадочные места», расположенную в верхней части окна редактора, см. Рис. 10.

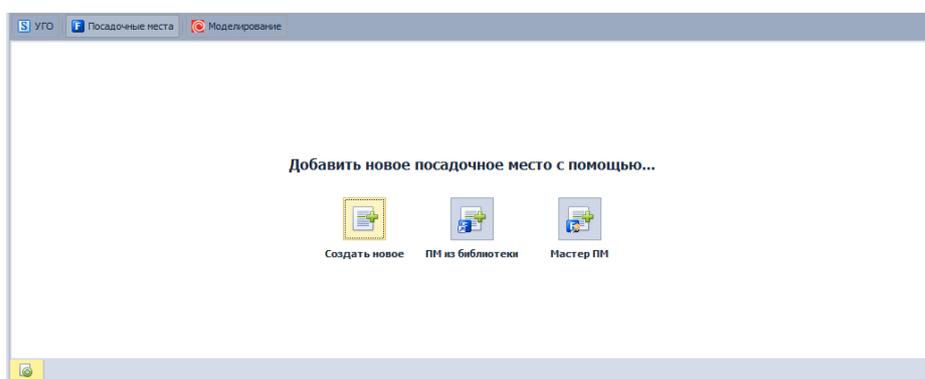


Рис. 10 Изначальный вид вкладки «Посадочные места»

На вкладке «Посадочные места» будут предложены следующие способы создания посадочного места:

- Создать новое;
- ПМ из библиотеки;
- Мастер ПМ.

При выборе пункта «ПМ из библиотеки» к компоненту прикрепляется уже готовое посадочное место из текущей библиотеки. Для использования готового посадочного места:

1. Перейдите на вкладку «Посадочные места».
2. Выберите пункт «Использовать посадочное место» в контекстном меню, вызываемом на кнопке «Создание/Использование посадочных мест»
- 3.. Выберите необходимое посадочное место из списка, представленного в отобразившемся на экране окне «Использовать посадочное место», см. Рис. 11.

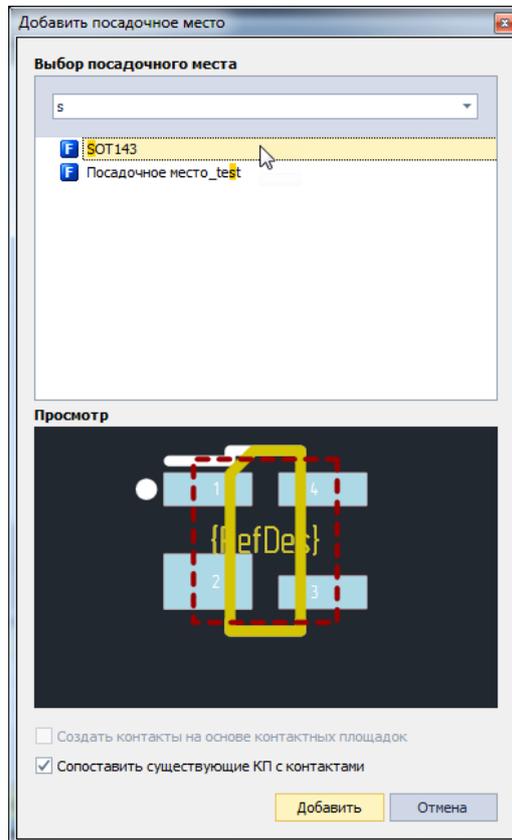


Рис. 11 Окно «Использовать посадочное место»

4. Подтвердите использование посадочного места, нажав, кнопку «Добавить».

4. 6. Контакты

4.6.1. Контакты – это описание электрических подключений компонента. Они описывают сигналы, которые передаются выводами компонента и служат для сопоставления контактных площадок, входящих в состав посадочных мест и выводов, входящих в состав УГО компонента.

4.6.2. Работа с контактами осуществляется с помощью закладки «Контакты», расположенной в нижней части редактора компонентов, см.

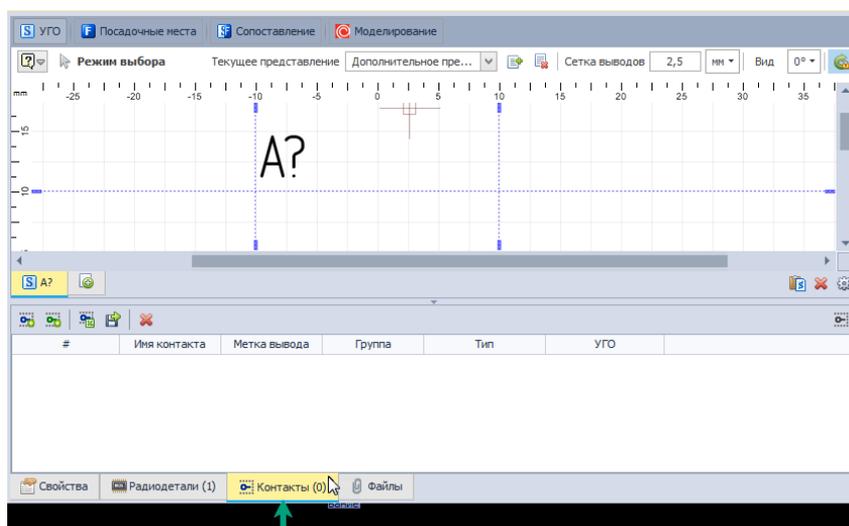


Рис. 12 Вкладка «Контакты»

Каждый контакт компонента представляется в виде строки таблицы. Состав колонок таблицы зависит от активной вкладки («УГО», «Посадочное место» и др. в верхней части окна редактора). Тем не менее, существует ряд колонок, которые всегда отображаются в таблице контактов. К их числу относятся:

- Номер контакта в таблице, колонка «#»;
- Имя контакта – текстовое обозначение контакта, колонка «Имя контакта»;
- Текстовое обозначение контакта/вывода на УГО, колонка «Метка вывода»;
- Поле для указания эквивалентности контактов, колонка «Группа», раздел Группы контактов;
- Указание типа сигналов, передаваемых через данный контакт, колонка «Тип», раздел Типы контактов.

При активной вкладке «УГО» в таблице контактов дополнительно отображается колонка «УГО», в которой указывается соответствие выводов УГО и контактов компонента, см. Рис. 13.

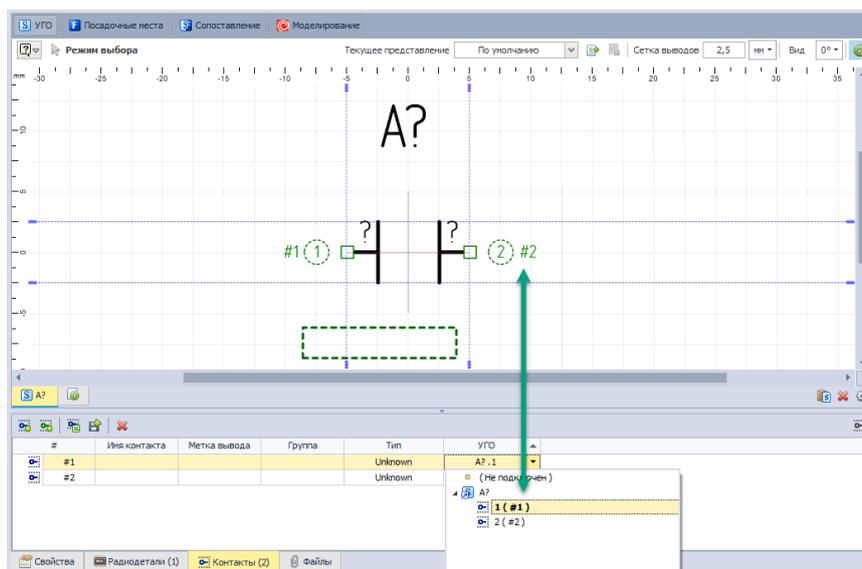


Рис. 13 Колонки «УГО»

При активной вкладке «Посадочное место» в таблице контактов дополнительно отображается колонка «Посадочное место», в которой указывается соответствие контактных площадок посадочного места и контактов компонента, см. Рис. 14.

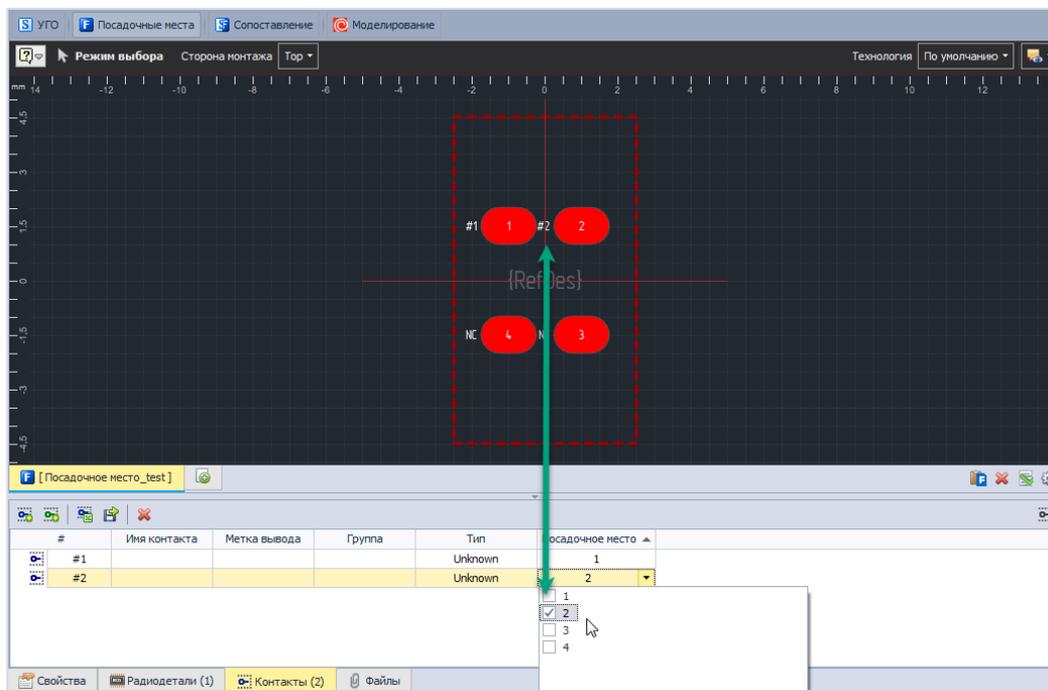


Рис. 14 Колонка «Посадочное место»

4.7. Сопоставление

Сопоставление УГО, посадочных мест и контактов компонента обеспечивает взаимосвязь электрической схемы и платы. Сопоставление определяет пары вывод УГО – контактная площадка. При построении схемы цепи соединяют выводы компонентов. При проектировании платы треки соединяют контактные площадки. Сопоставление между выводами и контактными площадками позволяет проводить треки на плате в полном соответствии с цепями электрической схемы.

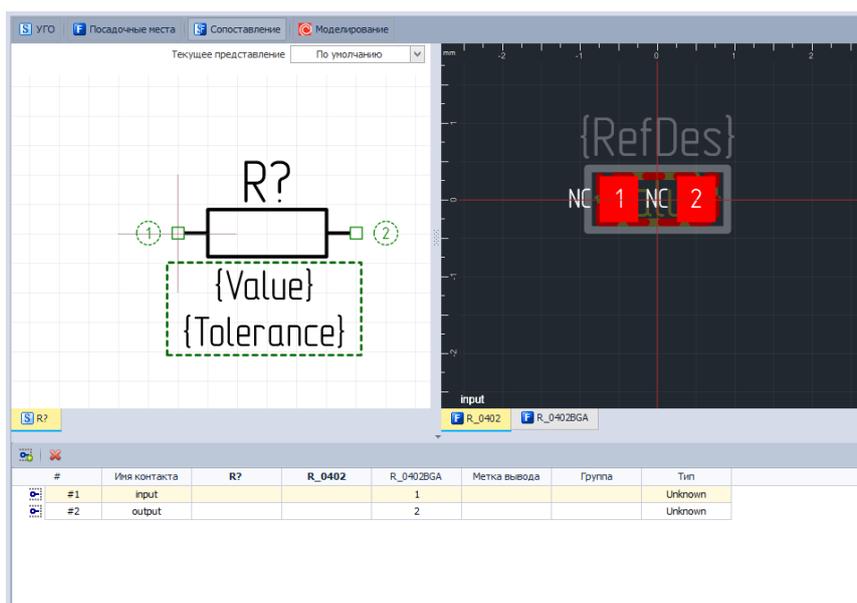


Рис.15 Вкладка «Сопоставление»

4.8. Моделирование

4.8.1 SPICE-модель

Для создания SPICE-модели:

1. В редакторе компонента перейдите во вкладку «Моделирование», обозначенную кнопкой  Моделирование ,
2. В открывшемся окне нажмите «Добавить модель», см. Рис. 16.

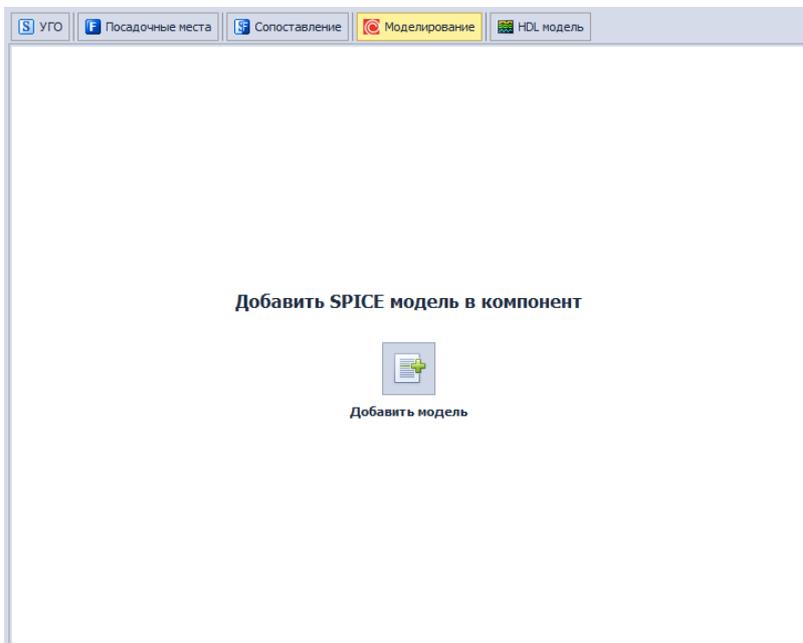


Рис. 16 Добавление Spice-модели

3. Выберите из списка Тип модели, Рис.17 :

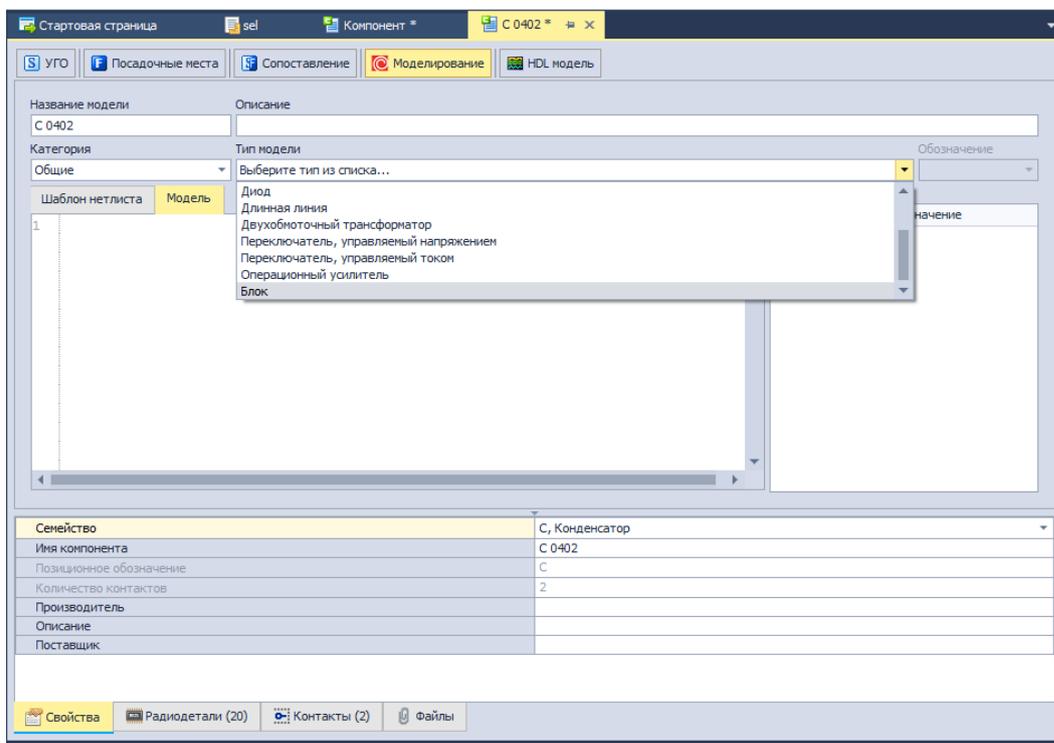


Рис. 17 Выбор типа модели

4. Введите нетлист (список соединений) модели в текстовом окне вкладки «Модель», см. Рис. 18

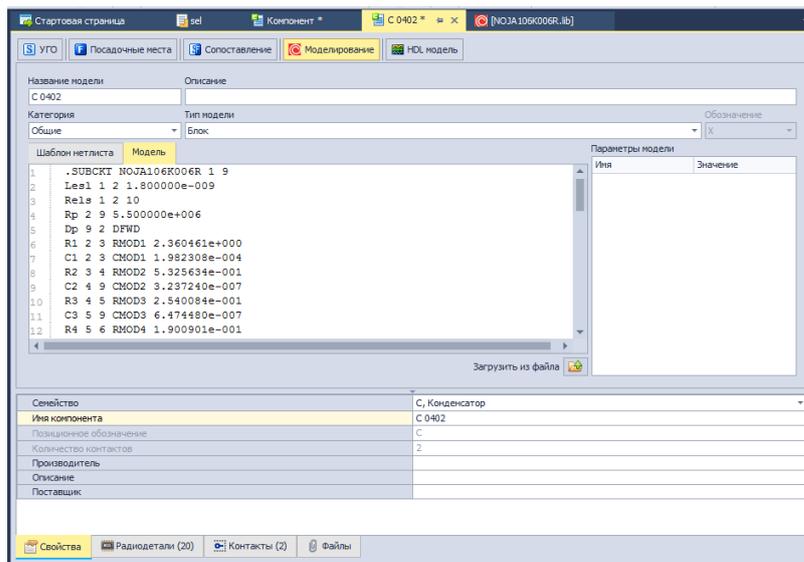


Рис. 18 Ввод списка соединений модели в текстовом окне вкладки «Модель»

5. Перейдите на вкладку «Шаблон нетлиста» и удостоверьтесь, что программа корректно «прочитала» модель и сгенерировала шаблон.

6. Перейдите на вкладку «Контакты» и сопоставьте контакты УГО с выводами SPICE-модели.

7. Выполните проверку компонента, см. Рис. 19:

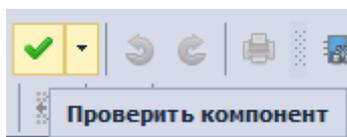


Рис. 19 Запуск проверки компонента

4.8. Свойства

4.8.1. Компоненты обладают общими свойствами, которые указывают основную информацию о компоненте и определяют его тип. Общие свойства компонента доступны на закладке «Свойства» в нижней части редактора компонентов. К общим свойствам компонента относятся:

- Наименование;
- Позиционное обозначение;
- Количество контактов;
- Производитель;
- Описание;
- Поставщик.

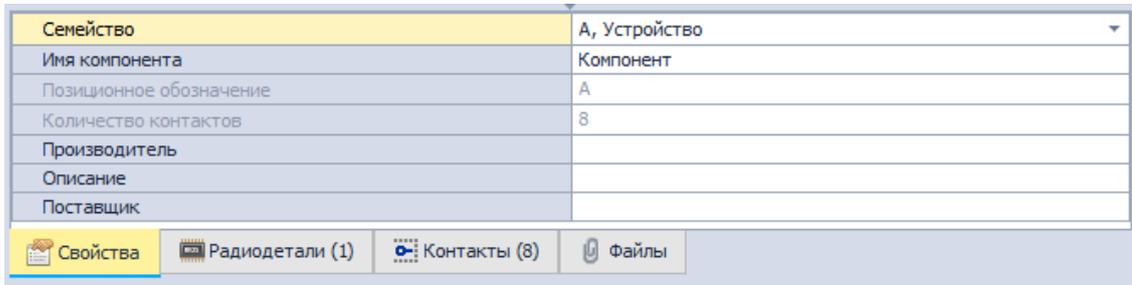


Рис. 20 Вкладка «Свойства»

4.8.1. Наименование

Имя компонента предназначено для однозначной идентификации компонента в пределах библиотеки компонентов, поэтому оно уникально. В поле «Имя компонента», отображается имя компонента, которое было введено при создании компонента.

Пункты- Описание Производитель; Поставщик. - не обязательны для заполнения

4.9. Проверка компонента

Для проверки правильности описания компонента в программе Delta Design предусмотрена функция проверки. Проверка компонента может быть выполнена для всех компонентов библиотеки как созданных в программе Delta Design, так и импортированных из внешних источников. Список проверяемых параметров приведен в Приложении.

Проверка компонента запускается по нажатию кнопки - «Проверить», которая расположена на панели инструментов «Общие», см. Рис. 21.

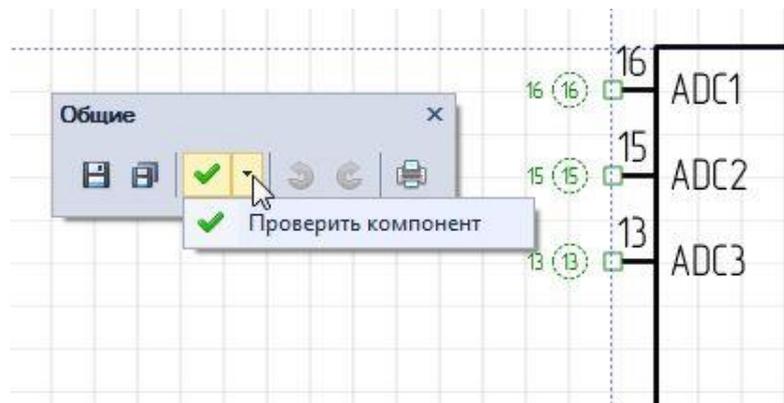


Рис. 21 Запуск проверки компонента

Если при проверке компонента не было обнаружено ошибок, то на экран будет выведено соответствующее сообщение, см. Рис. 22.

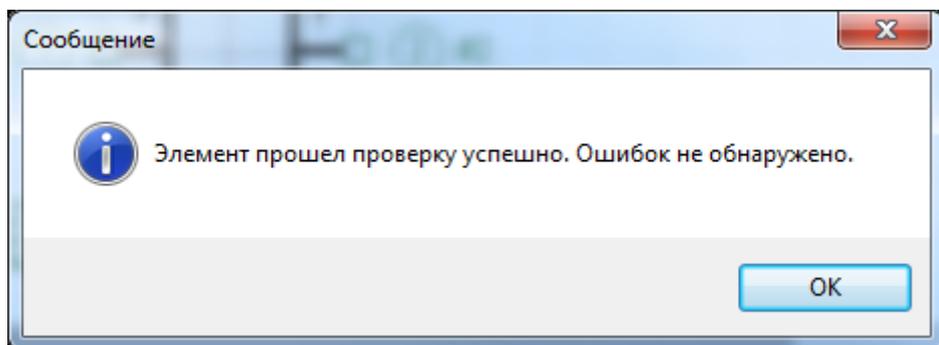


Рис. 22 Сообщение об отсутствии ошибок.

5. Задание:

1. Создать резисторы с различной мощностью в соответствии с номером варианта по заданию преподавателя

Тип	Размеры, (мм)				мах. рабочее напряжение
	H	D	L	d	
C1-4-0,062 Вт	3,2	1,5	28	0,48	200
C1-4-0,125 Вт mini	3,2	1,5	28	0,48	250
C1-4-0,125 Вт	6,0	2,3	28	0,60	250
C1-4-0,25 Вт mini	3,2	1,5	28	0,48	250
C1-4-0,25 Вт	6,0	2,3	28	0,60	250
C1-4-0,5 Вт	9,0	3,2	28	0,60	350
C1-4-1 Вт	11,0	4,5	35	0,80	500
C1-4-2 Вт	15,0	5,0	35	0,80	500

2. Создать корпус микросхемы по заданию преподавателя из приложения 1.

6. Порядок выполнения работы:

- 6.1. Открыть программу **Delta Design**.
- 6.2. Вызвать из панели инструментов Создатель корпуса компонента.
- 6.3. Создать резистор в соответствии с примером.
- 6.4. Создать микросхему по выбору преподавателя.

7. Содержание отчета:

1 Папка на рабочем столе ПК с выполненными заданиями

8. Литература и средства обучения:

Основные источники:

1. Конструирование блоков радиоэлектронных средств: учебное пособие для СПО / Д. Ю. Муромцев, О. А. Белоусов, И. В. Тюрин, Р. Ю. Курносов. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 288 с. – ISBN 978-5-8114-6501-9.
2. Пасынков, В. В. Полупроводниковые приборы: учебное пособие для СПО/ В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 480 с. – ISBN 978-5-8114-6762-4.
3. Юрков, Н. К. Технология производства электронных средств: учебное пособие для СПО / Н. К. Юрков. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 476 с. – ISBN 978-5-8114-7016-7.

Дополнительные источники

Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств (Пер. с англ.) / Пер. с англ. Осипов А.И. – М.; Издательский дом ДМК – пресс, 2006. – 488 с; ил.

Практическое занятие № 6

Проектирование плат в редакторе печатных плат RightPCB™ программы Delta Design

1. Цель занятия:

Получить практические навыки создания и проектирования печатной платы в программе **Delta Design**

2. Время выполнения работы – 2 часа

3. Оборудование и программное обеспечение

1 Персональный компьютер

2 Программа **Delta Design**

4. Краткие теоретические сведения

Систем Delta Design обеспечивает автоматизированное проектирование конструкций однослойных, двухслойных и многослойных печатных плат, с двусторонней установкой электронных компонентов с планарными и штыревыми выводами.

Структура слоев печатной платы изначально формируется при создании проекта на основе заданного шаблона слоев. Впоследствии, состав слоев может быть изменен на любом этапе проектирования платы.

Основная часть работ по проектированию платы выполняется в редакторе печатных плат RightPCB™. Редактор позволяет в интерактивном режиме размещать компоненты, формировать и проверять корректность проводящего рисунка печатной платы на соответствие установленным правилам проектирования, учитывая регионы изменения правил

5. Порядок выполнения работы

Перед началом работы в редакторе необходимо выполнить настройки

1. Общие Окно редактора плат имеет вкладку «Общие» для установки общих настроек по редактированию плат

2. Трассировка

Окно редактора плат имеет вкладку «Трассировка» для установки настроек по прокладке трексов на плате

3 Слои печатной платы

Для настройки слоев печатной платы в системе Delta Design

предусмотрен специализированный Редактор слоев платы, который

вызывается из дерева проекта с помощью контекстного меню узла «Плата»

Работа со слоями печатной платы выполняется в отдельном окне, общий вид которого представлен на Рис 1

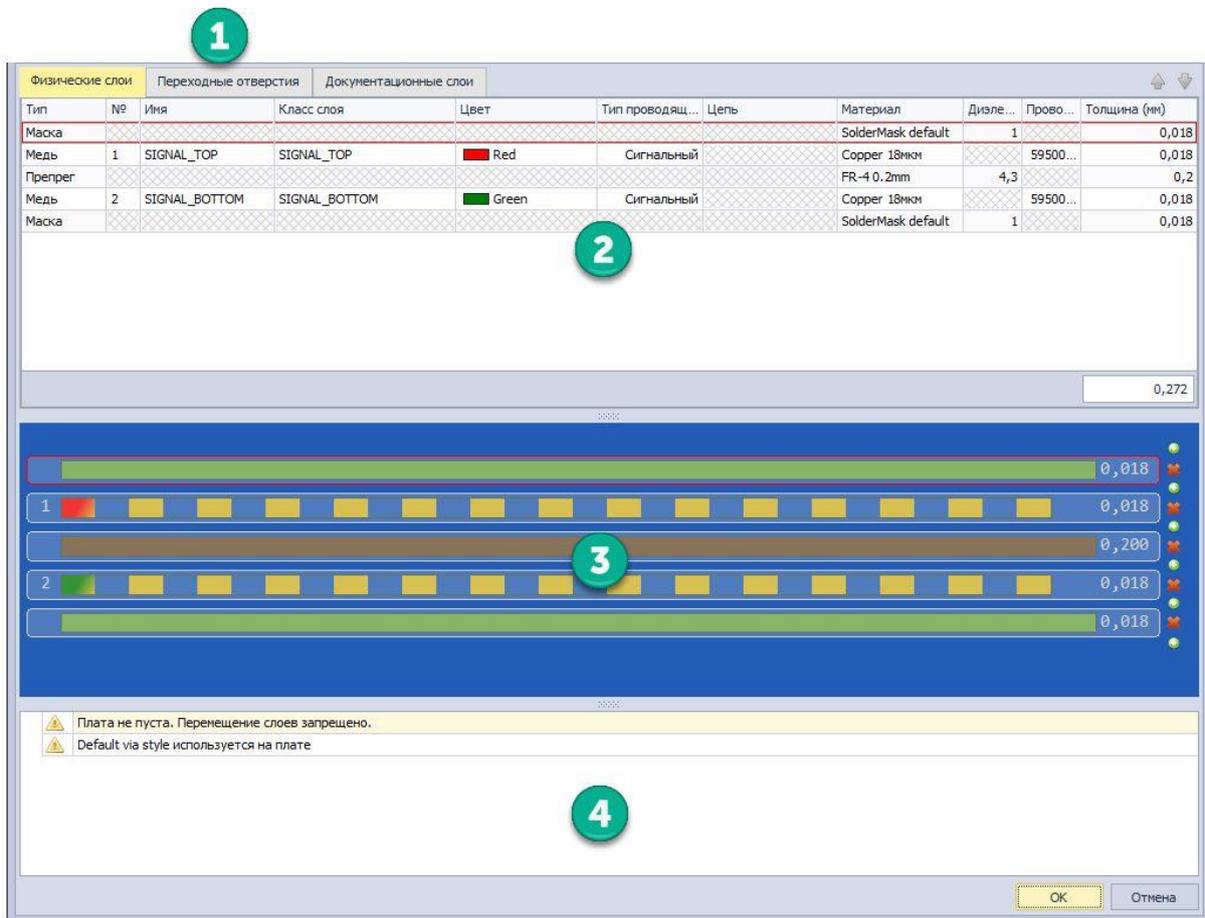


Рис 1

Цифрами на рисунке цифрами обозначены следующие элементы окна редактора:

1 - Вкладки – переключение типов данных в рабочей области.

2 - Таблица свойств – отображение детальной информации о слоях и межслойных переходах.

3 - Интерактивная схема структуры слоев – создание слоев печатной платы

и межслойных переходов.

4 - Информационная область – вывод информационных сообщений о работе редактора слоев.

К доступным слоям и группам относятся:

- Медь – проводящий слой, обычно представлен в виде металла (фольги);
- Препрег – диэлектрический слой;
- Медь+Препрег – пара слоев: проводящий и диэлектрический;

Основа – единая группа из трех слоев: проводящий, диэлектрический и проводящий (выполнена в виде единого комбинированного материала);

- RCC – цельная группа из двух слоев: диэлектрического и проводящего.

RCC – это комбинированный материал (проводящая фольга, нанесенная на полимерно-эпоксидную подложку);

- Маска – защитная паяльная маска.

Определение переходных отверстий

Определения типов переходных отверстий, выполняется на вкладке «Переходные отверстия» редактора слоев платы. В верхней части рабочей области расположена таблица редактирования свойств переходных отверстий, в нижней части их интерактивное схематическое изображение, см. Рис. 2.



Рис. 2.

Работа с печатными платами осуществляется с помощью редактора печатных плат RightPCB™, вызов которого возможен из узла «Документы» -> пункт «Плата», входящего в состав проекта. Редактор вызывается как с помощью пункта «Открыть...» контекстного меню, либо с помощью двойного нажатия по пункту «Плата».

Общий вид окна редактора показан на Рис. 3. Рабочее поле редактора связано с системой координат.

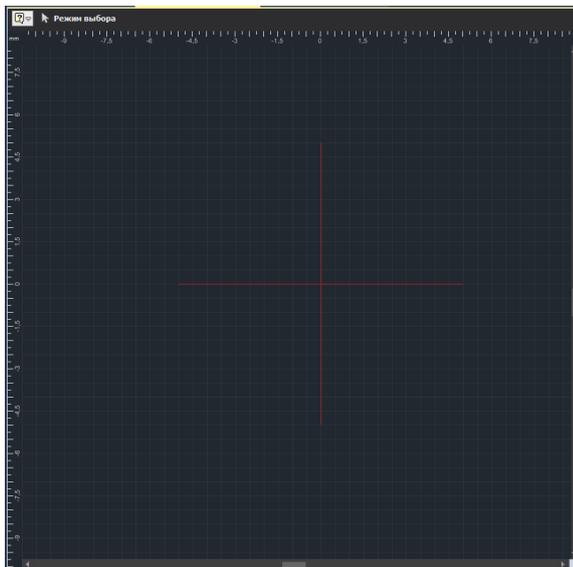


Рис. 3.

Информация о печатной плате отображается в редакторе RightPCB™ на различных слоях, Отображение слоев настраивается с помощью функциональной панели «Слой»,

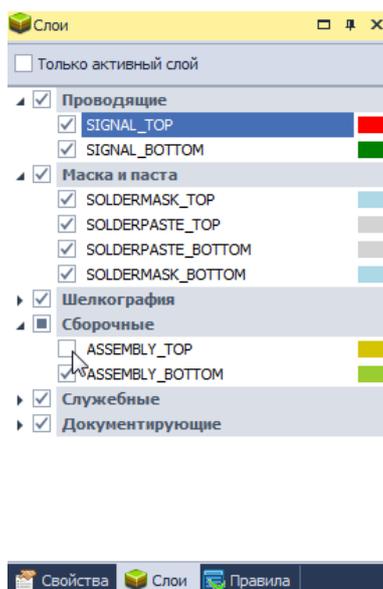


Рис. 4.

Редактор печатных плат позволяет выстроить работу с группами слоев так, что информация по определенным (требуемым) слоям будет отображаться в текущий момент, в то время как информация по другим слоям будет скрыта.

Слой, с которым осуществляется работа в данный момент, называется активным слоем. Инструменты редактора, как правило, взаимодействуют только с теми объектами, которые расположены на активном слое.

1. Создание границ платы

Границы платы задаются на слое «BOARD_OUTLINE» с помощью инструментов графического редактора.

Чтобы задать границы платы необходимо:

1.1 Выбрать в редакторе плат «BOARD_OUTLINE» в качестве активного слоя

1.2. Построить замкнутый контур платы, используя инструменты графического редактора

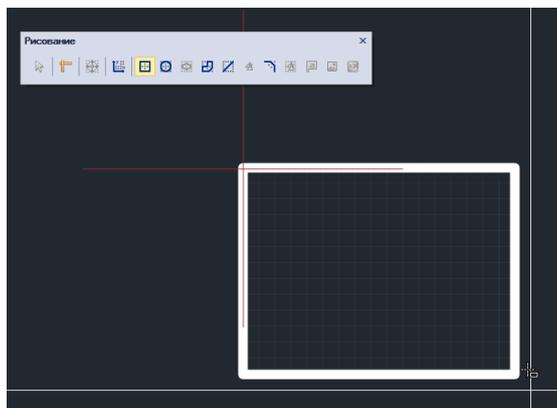


Рис. 5.

Размещение объектов на плате

К объектам, которые размещаются в редакторе и непосредственно присутствуют на плате, относятся:

- Посадочные места компонентов (сокращенно компоненты);
- Треки (печатные проводники);
- Области металлизации;
- Переходные и монтажные отверстия, реперные точки;
- Элементы шелкографии;
- Паяльная маска (в редакторе отображаются вырезы в маске)

2. Размещение компонентов

2.1. Компоненты (радиодетали) размещаются на внешних слоях печатной платы в виде своих посадочных мест. Размещать компоненты можно в пределах границ платы, если они уже созданы, либо в любой точке, если границ еще нет.

Группа компонентов для размещения может быть выбрана непосредственно на электрической схеме. Для этого на схеме с помощью инструмента «Выбрать» нужно отметить необходимые компоненты, вызвать контекстное меню и выполнить команду группового размещения «Разместить в области на плате», см. Рис. 6

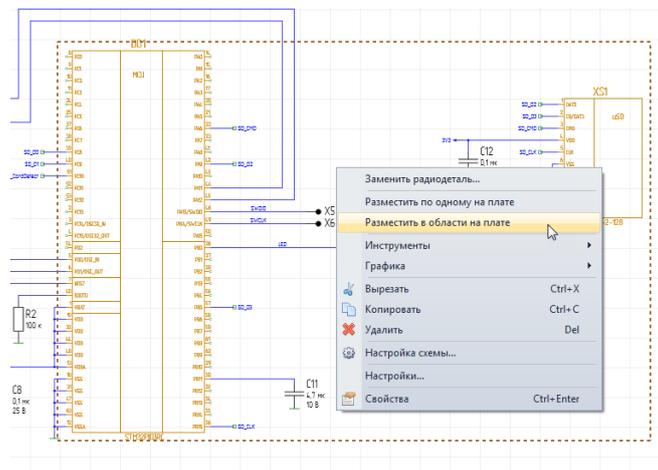


Рис. 6.

2.2. В процессе размещения компонентов их посадочные места могут быть перенесены на другую сторону платы и/или повернуты. Для этого необходимо вызвать контекстное меню и выбрать один из пунктов «Перенести на другую сторону» («Повернуть против часовой стрелки», «Повернуть по часовой стрелке»),

2.3. При размещении компонентов рекомендуется включить для отображения в редакторе слой «NETLINES» (линии соединения), для примерной оценки длины будущих соединений между контактными площадками посадочных мест различных компонентов.

3. Размещение регионов

3.1. Регионы – это выделенные зоны на плате, которые позволяют локально изменять правила проектирования и/или запрещать размещение объектов.

3.2 Регионы размещаются на плате с помощью инструмента «Разместить регион», который обозначается кнопкой, расположенной на панели инструментов «Плата». Выбрать слой, на котором будет размещен регион. Это делается с помощью пункта «Слой» в панели «Свойства».

4. Размещение переходных отверстий

4.1 Типы переходных отверстий (далее - ПО), используемых в проекте, задаются в редакторе слоев.

4.1. Во время размещения трека (печатного проводника) редактор позволяет перейти на другой слой платы с автоматической установкой ПО. Чтобы разместить на плате переходное отверстие, необходимо:

а. Вызвать инструмент «Разместить переходное отверстие», который обозначается значком на панели инструментов «Плата», также инструмент доступен в разделе «Разместить» главного меню и в пункте «Инструменты» в контекстном меню

б. . Выбрать стиль ПО в панели «Свойства» (панель «Свойства» -> раздел «Общие» -> пункт «Стиль VIA»),

в. Перевести курсор в нужную точку рабочей области редактора и нажать левую кнопку мыши. Переходное отверстие будет размещено в указанной точке

г. Для того чтобы ПО можно было размещать непосредственно на КП (контактной площадке), необходимо включить это разрешение в Правилах трассировки.

5. Размещение монтажных отверстий

5.1. Чтобы разместить монтажное отверстие, необходимо:

Вызвать инструмент «Разместить монтажное отверстие», который обозначается значком на панели инструментов «Плата», а также доступен в пункте «Инструменты» в контекстном меню и в разделе «Разместить» главного меню. Выбрать тип монтажного отверстия в окне «Выбор контактной площадки» и нажать кнопку «Выбор». В окне отображаются монтажные отверстия, созданные во всех доступных библиотеках. Перевести курсор в нужную точку рабочей области редактора и нажать левую кнопку мыши. Монтажное отверстие будет размещено.

6. Размещение реперных точек

6.1. Реперная точка – это открытая, контактная площадка, у которой отсутствует подключение к какой-либо цепи. Реперные точки служат для позиционирования оборудования автоматизированных линий производства печатных плат.

6.2. Чтобы разместить реперную точку, необходимо:

Чтобы разместить реперную точку, необходимо:

Вызвать инструмент «Разместить реперную точку», который обозначается значком  на панели инструментов «Плата», а также доступен в пункте «Инструменты» в контекстном меню и в разделе «Разместить» главного меню.

Выбрать тип реперной точки в окне «Выбор контактной площадки» и нажать кнопку «Выбор».

7. Трассировка платы.

7.1. Процесс проектирования электронных устройств в системе Delta Design основан на создании списка соединений (нетлиста) – списка, который указывает последовательность соединения контактов компонентов электрическими цепями. Нетлист формируется автоматически в процессе создания электрической схемы проектируемого устройства.

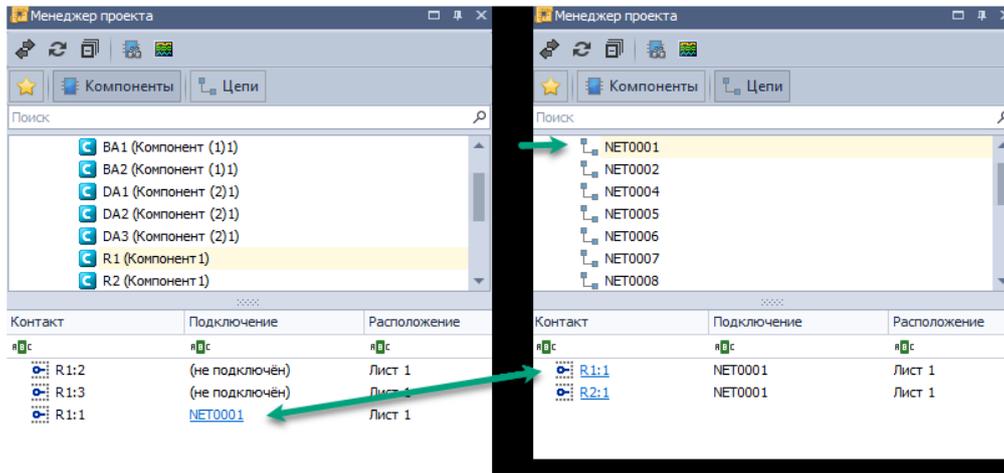


Рис.7 Список соединений (нетлист) в системе Delta Desig

7.2. Построения проводящего рисунка печатной платы осуществляется в строгом соответствии со списком соединений, который был сформирован на этапе проектирования электрической схемы. В общем случае система не позволяет проложить треки таким образом, чтобы это противоречило нетлисту.

7.3. Контактные площадки, между которыми необходимо проложить треки, связаны между собой линиями соединения, которые показаны темно-оранжевым цветом на Рис. 8

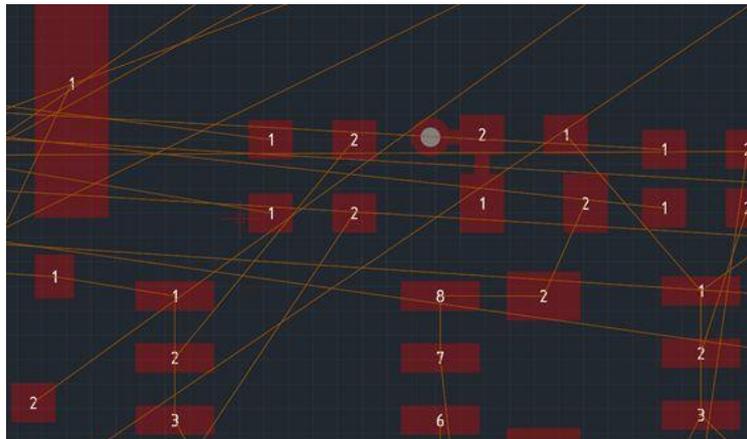


Рис. 8 Линии соединения

7.4. Конструктор может предопределять различные параметры трека с помощью Редактора правил. При разработке печатных плат разработчик может задавать для параметров треков любые значения.

В системе Delta Design используются следующие предопределяемые параметры треков:

ширина трека номинальная (W_{nv}) – типовая ширина печатного проводника, используемая для размещения трассы. При первом старте размещения конкретного проводника система будет предлагать использовать данное значение.

ширина трека минимальная (W_m) – типовое нижнее ограничение ширины проводника. Данный параметр указывает минимальную ширину проводника, которая может быть использована без дополнительных проверок параметр

заужения: минимальная ширина трека в зауженном режиме (W_n) – минимальное значение, которое может принимать ширина трека для преодоления какого-либо препятствия. Длина участков трека с использованием данного значения ширины ограничена.

параметр заужения: общая длина зауженных участков у данной цепи ($\Sigma(L_n)$) и максимальная длина единичного зауженного участка (L_n).

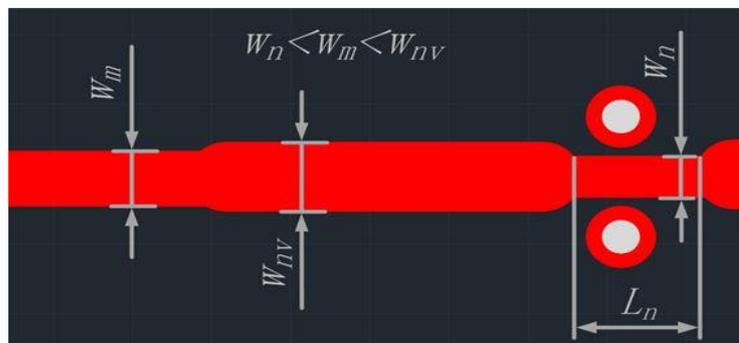


Рис. 9.

7.5. Размещение треков

Размещение треков (печатных проводников) на проектируемой плате осуществляется с помощью инструмента «Разместить трек», который отмечен значком  на панели инструментов «Плата», доступен из раздела «Разместить» главного меню, либо в пункте «Инструменты» контекстном меню.

После того, как инструмент «Разместить трек» выбран, курсор в рабочей области изменит свой вид. Текущее положение курсора дополнительно отмечается вертикальной и горизонтальной линиями, образующими крест.

Выбрав точку для начала размещения трека, нажмите левую кнопку мыши - размещение трека начнется с указанной точки. Далее, отключится отображение всех линий соединения, кроме той, что показывает место окончания трека. Кроме того, место окончания трека (контактная площадка) и сама линия связи будут дополнительно подсвечены.

В самом простом случае для размещения трека необходимо навести курсор на контактную площадку, к которой должен быть подключен начатый трек и нажать левую кнопку мыши, затем навести курсор на контактную площадку, к которой он должен быть подведен и снова нажать левую кнопку мыши – трек будет проложен, см. Рис. 10.

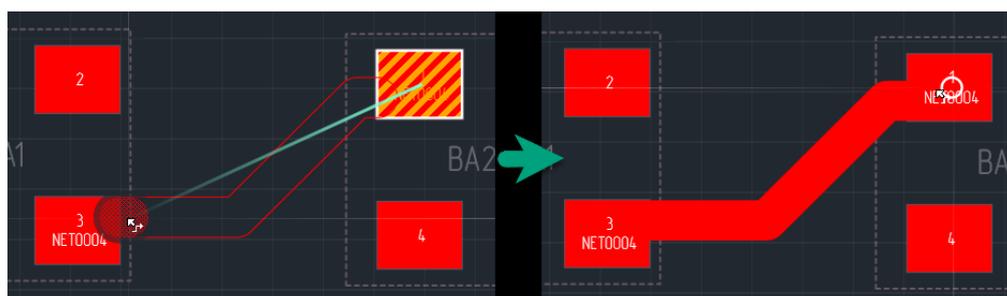


Рис. 10 Размещение трека

Для того чтобы осуществить переход на другой слой, необходимо:

1. Начать либо продолжить размещение трека.
2. Вызвать с помощью контекстного меню команду «На слой выше» или «На слой ниже», в зависимости от взаимного расположения слоев, между которыми требуется осуществить переход.

Выбрать точку, в которой необходимо разместить переход, Автотрассировщик продолжает трек с последнего зафиксированного участка до перехода. На экране будет отображен возможный вид трека

8. Проверка правил проектирования

8.1. Эффективное проектирование печатной платы невозможно без проверок соответствия между проводящим рисунком и заданными правилами проектирования.

В системе Delta Design каждый разработчик может сформировать собственный набор правил, выполнение которых будет контролироваться в процессе проектирования

8.2. Для того чтобы выполнить общую проверку платы, необходимо на панели инструментов «Общие» нажать значок , по умолчанию данный инструмент вызывает запуск общей проверки платы.

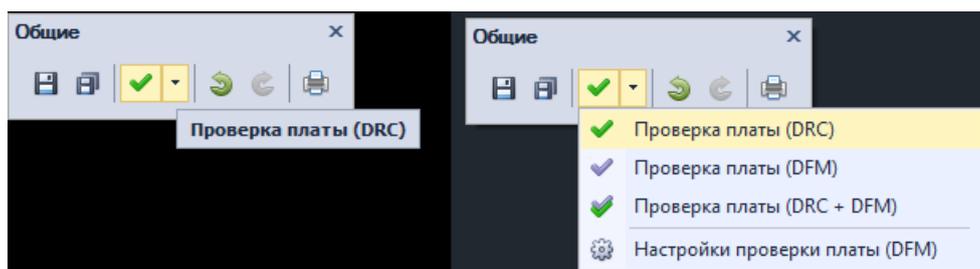


Рис. 11 Запуск DRC-проверки платы

При обнаружении нарушений правил проектирования, они будут отображены с пояснениями в панели «Список ошибок».

9. 3D модель платы

9.1 В системе Delta Design реализована возможность просмотра платы с размещенными компонентами в виде 3D модели.

3D модель платы вызывается в панели «Проекты» -> пункт «Документы» -> вызов контекстного меню на узле «Плата» -> пункт «Открыть 3D модель», см.

5. Задание:

1. Выполнить трассировку и создать топологию платы схем, представленных ниже.

7. Содержание отчета:

1 Папка на рабочем столе ПК с выполненными заданиями

Практическое занятие № 7

Проектирование плат в режиме автотрассировщика TopoR программы Delta Design

1. Цель занятия:

Получить практические навыки создания и проектирования печатной платы в программе **Delta Design**

2. Время выполнения работы – 2 часа

3. Оборудование и программное обеспечение

1 Персональный компьютер

2 Программа **Delta Design**

4. Краткие теоретические сведения

Систем Delta Design обеспечивает автоматизированное проектирование конструкций однослойных, двухслойных и многослойных печатных плат, с двусторонней установкой электронных компонентов с планарными и штыревыми выводами.

Структура слоев печатной платы изначально формируется при создании проекта на основе заданного шаблона слоев. Впоследствии, состав слоев может быть изменен на любом этапе проектирования платы.

Основная часть работ по проектированию платы выполняется в редакторе печатных плат RightPCB™. Редактор позволяет в интерактивном режиме размещать компоненты, формировать и проверять корректность проводящего рисунка печатной платы на соответствие установленным правилам проектирования, учитывая регионы изменения правил.

4. Порядок выполнения работы

Перед началом работы в редакторе необходимо выполнить настройки

1. Общие

Окно редактора плат имеет вкладку «Общие» для установки общих настроек по редактированию плат

2. Трассировка

Окно редактора плат имеет вкладку «Трассировка» для установки настроек по прокладке трексов на плате

3 Слои печатной платы

Для настройки слоев печатной платы в системе Delta Design предусмотрен специализированный Редактор слоев платы, который вызывается из дерева проекта с помощью контекстного меню узла «Плата» Работа со слоями печатной платы выполняется в отдельном окне, общий вид которого представлен на Рис 1

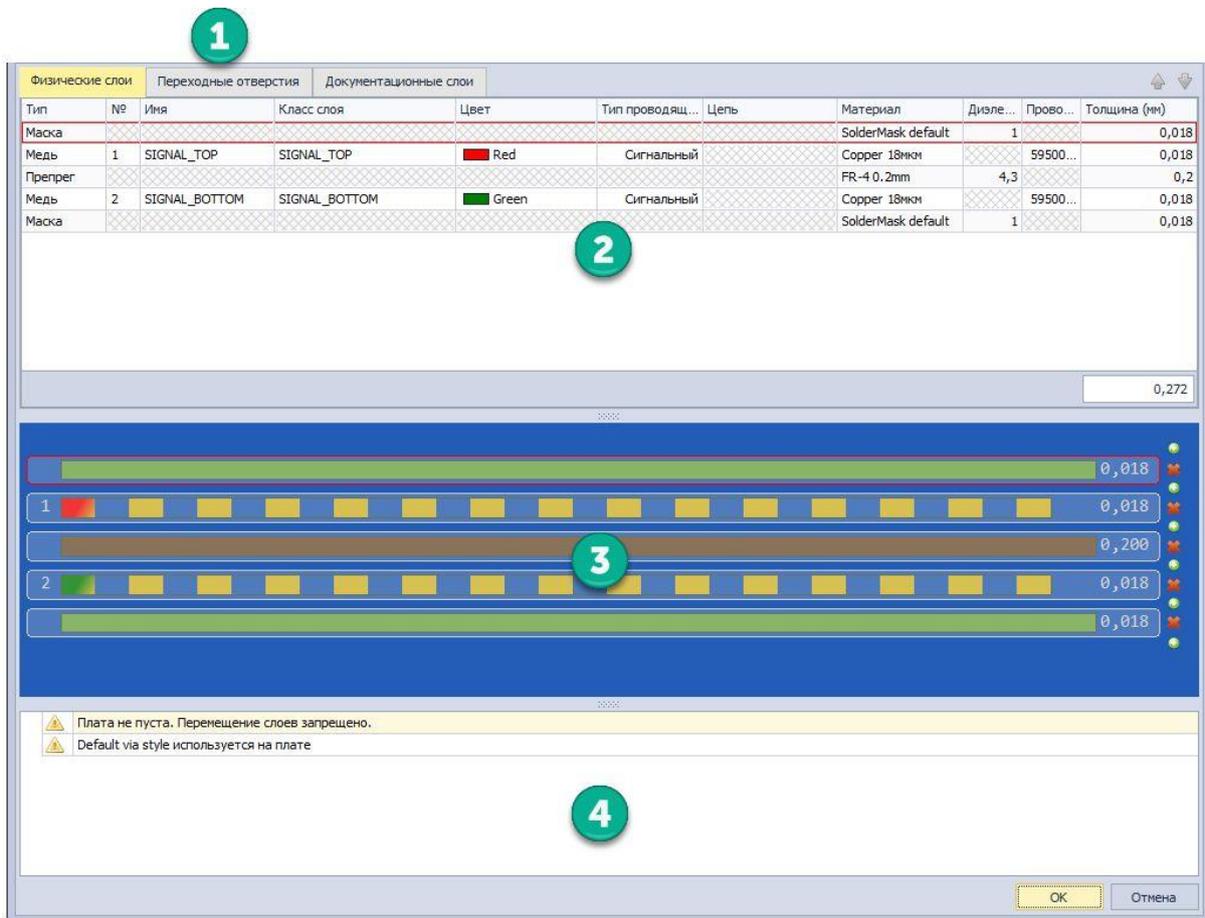


Рис 1

Цифрами на рисунке цифрами обозначены следующие элементы окна редактора:

1 - Вкладки – переключение типов данных в рабочей области.

2 - Таблица свойств – отображение детальной информации о слоях и межслойных переходах.

3 - Интерактивная схема структуры слоев – создание слоев печатной платы и межслойных переходов.

4 - Информационная область – вывод информационных сообщений о работе редактора слоев.

К доступным слоям и группам относятся:

- Медь – проводящий слой, обычно представлен в виде металла (фольги);
- Препрег – диэлектрический слой;
- Медь+Препрег – пара слоев: проводящий и диэлектрический;

Основа – единая группа из трех слоев: проводящий, диэлектрический и проводящий (выполнена в виде единого комбинированного материала);

- RCC – цельная группа из двух слоев: диэлектрического и проводящего.

RCC – это комбинированный материал (проводящая фольга, нанесенная на полимерно-эпоксидную подложку);

- Маска – защитная паяльная маска.

Определение переходных отверстий

Определения типов переходных отверстий, выполняется на вкладке «Переходные отверстия» редактора слоев платы. В верхней части рабочей области расположена таблица редактирования свойств переходных отверстий, в нижней части их интерактивное схематическое изображение, см. Рис. 2.



Рис. 2.

Работа с печатными платами осуществляется с помощью редактора печатных плат RightPCB™, вызов которого возможен из узла «Документы» -> пункт «Плата», входящего в состав проекта. Редактор вызывается как с помощью пункта «Открыть...» контекстного меню, либо с помощью двойного нажатия по пункту «Плата».

Общий вид окна редактора показан на Рис. 3. Рабочее поле редактора связано с системой координат.

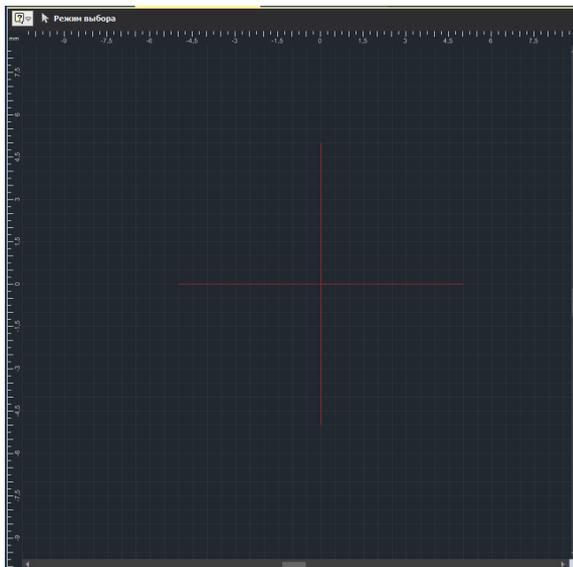


Рис. 3.

Информация о печатной плате отображается в редакторе RightPCB™ на различных слоях, Отображение слоев настраивается с помощью функциональной панели «Слои»,

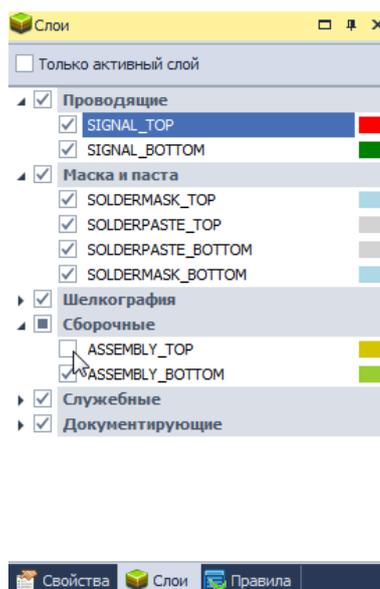


Рис. 4.

Редактор печатных плат позволяет выстроить работу с группами слоев так, что информация по определенным (требуемым) слоям будет отображаться в текущий момент, в то время как информация по другим слоям будет скрыта.

Слой, с которым осуществляется работа в данный момент, называется активным слоем. Инструменты редактора, как правило, взаимодействуют только с теми объектами, которые расположены на активном слое.

1. Создание границ платы

Границы платы задаются на слое «BOARD_OUTLINE» с помощью инструментов графического редактора.

Чтобы задать границы платы необходимо:

1.1 Выбрать в редакторе плат «BOARD_OUTLINE» в качестве активного слоя

1.2. Построить замкнутый контур платы, используя инструменты графического редактора

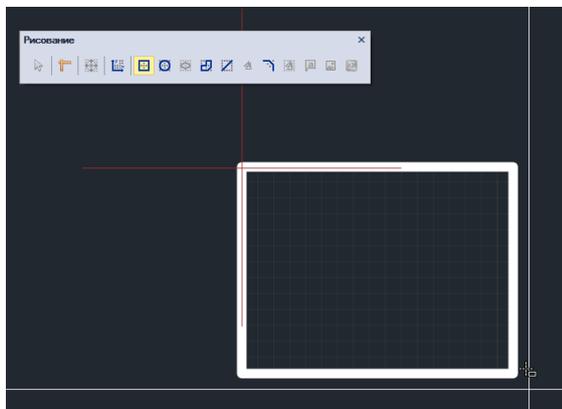


Рис. 5.

Размещение объектов на плате

К объектам, которые размещаются в редакторе и непосредственно присутствуют на плате, относятся:

- Посадочные места компонентов (сокращенно компоненты);
- Треки (печатные проводники);
- Области металлизации;
- Переходные и монтажные отверстия, реперные точки;
- Элементы шелкографии;
- Паяльная маска (в редакторе отображаются вырезы в маске)

2. Размещение компонентов

2.1. Компоненты (радиодетали) размещаются на внешних слоях печатной платы в виде своих посадочных мест. Размещать компоненты можно в пределах границ платы, если они уже созданы, либо в любой точке, если границ еще нет.

Группа компонентов для размещения может быть выбрана непосредственно на электрической схеме. Для этого на схеме с помощью инструмента «Выбрать» нужно отметить необходимые компоненты, вызвать контекстное меню и выполнить команду группового размещения «Разместить в области на плате», см. Рис. 6

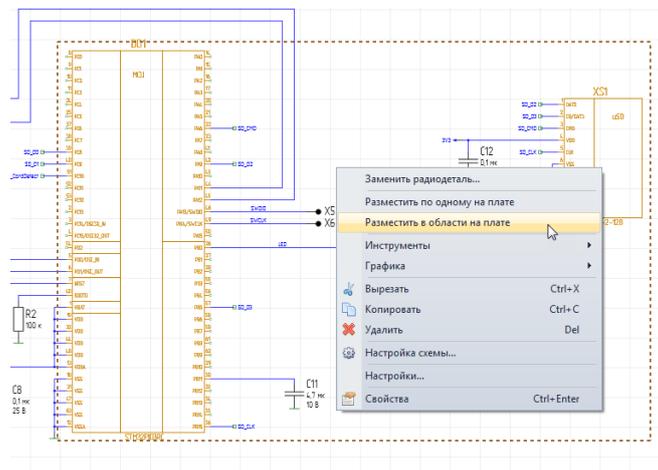


Рис. 6.

2.2. В процессе размещения компонентов их посадочные места могут быть перенесены на другую сторону платы и/или повернуты. Для этого необходимо вызвать контекстное меню и выбрать один из пунктов «Перенести на другую сторону» («Повернуть против часовой стрелки», «Повернуть по часовой стрелке»).

2.3. При размещении компонентов рекомендуется включить для отображения в редакторе слой «NETLINES» (линии соединения), для примерной оценки длины будущих соединений между контактными площадками посадочных мест различных компонентов.

3. Размещение регионов

3.1. Регионы – это выделенные зоны на плате, которые позволяют локально изменять правила проектирования и/или запрещать размещение объектов.

3.2 Регионы размещаются на плате с помощью инструмента «Разместить регион», который обозначается кнопкой, расположенной на панели инструментов «Плата». Выбрать слой, на котором будет размещен регион. Это делается с помощью пункта «Слой» в панели «Свойства».

4. Размещение переходных отверстий

4.1 Типы переходных отверстий (далее - ПО), используемых в проекте, задаются в редакторе слоев.

4.1. Во время размещения трека (печатного проводника) редактор позволяет перейти на другой слой платы с автоматической установкой ПО. Чтобы разместить на плате переходное отверстие, необходимо:

а. Вызвать инструмент «Разместить переходное отверстие», который обозначается значком на панели инструментов «Плата», также инструмент доступен в разделе «Разместить» главного меню и в пункте «Инструменты» в контекстном меню

б. Выбрать стиль ПО в панели «Свойства» (панель «Свойства» -> раздел «Общие» -> пункт «Стиль VIA»),

в. Перевести курсор в нужную точку рабочей области редактора и нажать левую кнопку мыши. Переходное отверстие будет размещено в указанной точке.

г. Для того чтобы ПО можно было размещать непосредственно на КП (контактной площадке), необходимо включить это разрешение в Правилах трассировки.

5. Размещение монтажных отверстий

5.1. Чтобы разместить монтажное отверстие, необходимо:

Вызвать инструмент «Разместить монтажное отверстие», который обозначается значком на панели инструментов «Плата», а также доступен в пункте «Инструменты» в контекстном меню и в разделе «Разместить» главного меню. Выбрать тип монтажного отверстия в окне «Выбор контактной площадки» и нажать кнопку «Выбор». В окне отображаются монтажные отверстия, созданные во всех доступных библиотеках. Перевести курсор в нужную точку рабочей области редактора и нажать левую кнопку мыши. Монтажное отверстие будет размещено.

6. Размещение реперных точек

6.1. Реперная точка – это открытая, контактная площадка, у которой отсутствует подключение к какой-либо цепи. Реперные точки служат для позиционирования оборудования автоматизированных линий производства печатных плат.

6.2. Чтобы разместить реперную точку, необходимо:

Чтобы разместить реперную точку, необходимо:

Вызвать инструмент «Разместить реперную точку», который обозначается значком  на панели инструментов «Плата», а также доступен в пункте «Инструменты» в контекстном меню и в разделе «Разместить» главного меню.

Выбрать тип реперной точки в окне «Выбор контактной площадки» и нажать кнопку «Выбор».

7. Трассировка платы .

7.1. Работа в режиме автотрассировщика TopoR

7.2.1. Переключение между режимами трассировки RightPCB и TopoR происходит из панели инструментов «RightPCB/TopoR», см. Рис. 7

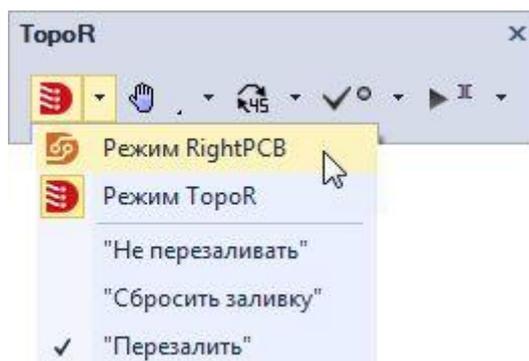


Рис. 7 Переключение между режимами Трассировки

После включения режима трассировки ТороR, при открытом документе плата, происходит автоматическая DRC-проверка платы (ТороR). По завершению синхронизации, все ошибки откроются в окне «Список ошибок».

Перечень доступных с платой действий отображается в разделе ТороR главного меню, Рис. 8.

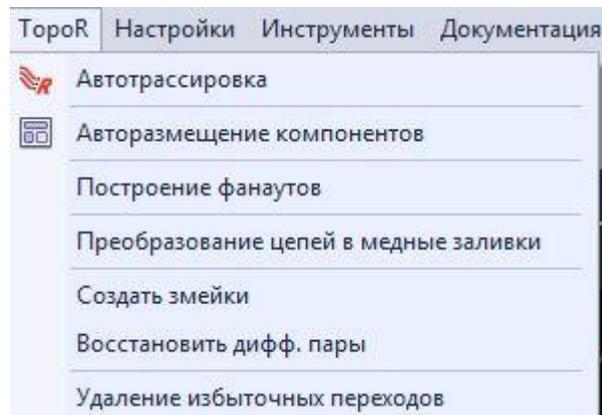


Рис. 8 Доступные из главного меню функции в режиме ТороR

5. Задание:

1. Выполнить трассировку и создать топологию платы схем, представленных ниже **в режиме автотрассировщика ТороR**

7. Содержание отчета:

1 Папка на рабочем столе ПК с выполненными заданиями

Практическое занятие № 8

Оформление чертежа печатной платы. Создание *Gerber* файла для передачи платы в производство

3. Используемое оборудование и программное обеспечение

- 1 Персональный компьютер
- 2 Программа NI Utiboard
3. Программа Multisim 11

4. Краткие теоретические сведения

Оформление чертежей печатных плат выполняется в соответствии с правилами и положениями, изложенными в ГОСТ 2.123—9 **Комплектность конструкторских документов на печатные платы при автоматизированном проектировании.**

Номенклатура конструкторских документов на печатную плату (ПП) включает:

чертеж ПП;

сборочный чертеж;

спецификацию;

теоретический чертеж (геометрическая форма ПП и координаты расположения основных частей);

габаритный чертеж (контурное изображение ПП с габаритными, установочными и присоединительными размерами) может быть совмещен с чертежом ПП;

упаковочный чертеж;

технические условия по ГОСТ 2.114—95 (см. п. 7.2.2);

программу и методику испытаний по ГОСТ 2.106—96 (см. п. 5.11.1);

таблицы для проверки монтажа и координат отверстий (вместо таблиц допускается включать в комплект КД на ПП программы автоматизированного контроля ПП);

расчеты (конструкторские и др.);

инструкции;

прочие документы;

Спецификация представляет собой таблицу, содержащую перечень всех составных частей, входящих в данное изделие, и конструкторских документов, относящихся к этому изделию и к его неспецифицируемым составным частям (деталям, не имеющим составных частей).

Спецификацию выполняют на отдельных листах формата А4 (210×297 мм).

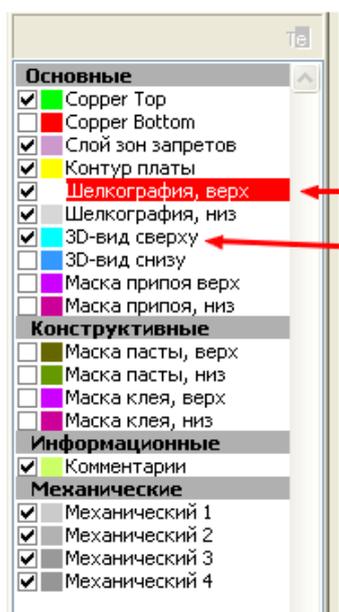
5. Задание:

1. Оформить чертеж печатной платы и составить спецификации в программе Utiboard11

6. Порядок выполнения работы:

6.1. Открыть программу **Utiboard**. В программе открыть один из файлов с разведенной схемой (практическая № 22) по указанию преподавателя.

6.2. Открыть вкладку со слоями



6.3. Выбрать слои CopperTop и Шелкография низ, остальные все слои закрыть. Сделать копию рисунка платы и поместить в бланк со штампом (приложение 1).

6.4. Выбрать слои CopperBottom и Шелкография верх, остальные все слои закрыть. Сделать копию рисунка платы и поместить в бланк со штампом (приложение 2).

6.5. Выбрать слой Контур платы, остальные все слои закрыть. Сделать копию рисунка платы и поместить в бланк со штампом (приложение 2).

6.6. Открыть программу Multisim 11

6.7. Открыть схему электрическую принципиальную данной платы

6.8. Открыть в программе Multisim вкладку «Отчеты», выбрать пункт «спецификации». Сделать копию таблицы со спецификациями и поместить ее в бланк со штампом

7. Содержание отчета:

1 Папка на рабочем столе ПК с выполненными заданиями

8. Литература и средства обучения:

1. Конструирование блоков радиоэлектронных средств: учебное пособие для СПО / Д. Ю. Муромцев, О. А. Белоусов, И. В. Тюрин, Р. Ю. Курносов. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 288 с. – ISBN 978-5-8114-6501-9.

2. Пасынков, В. В. Полупроводниковые приборы: учебное пособие для СПО / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 480 с. – ISBN 978-5-8114-6762-4.

3. Юрков, Н. К. Технология производства электронных средств: учебное пособие для СПО / Н. К. Юрков. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 476 с. – ISBN 978-5-8114-7016-7.

4. ГОСТ 2.123—93 **Комплектность конструкторских документов на печатные платы при автоматизированном проектировании**

Практическое занятие № 9

Разработка технического задания на проектирование печатной платы электронного устройства.

1 Цель работы:

Приобрести практические навыки в составлении технического задания (ТЗ) на печатную плату

2. Время выполнения работы – 2 часа

3. Используемое оборудование и программное обеспечение

1 Персональный компьютер

2 Программа NIUtiboard

3 Программа Multisim 11

4. Краткие теоретические сведения

Основным исходным документом для проектирования ПП является, техническое задание, которое разрабатывают на основе:

требований заказчика;

результатов НИР;

маркетинга;

анализа литературных и патентных исследований и др.

Техническое задание состоит из следующих разделов:

введение

основание для разработки;

источник разработки;

технические требования;

экономические показатели;

порядок испытании

ТЗ составляется по в следующем порядке:

Раздел 1 Введение

Введение должно быть изложено в следующей редакции;

«настоящее ТЗ распространяется на разработку и испытание (наименование шифр разрабатываемого изделия), предназначенного для (назначение разрабатываемого изделия) и использования (наименование изделия, в составе которого может быть использовано разрабатываемое изделие и (тн краткая характеристика области его применения)».

Раздел 2 Основание для разработки

Раздел «Основание для разработки» должен быть изложен в следующей редакции:

наименование и шифр разрабатываемого изделия) разрабатываю (полное наименование документов, на основании, которых разрабатывают изделие), утвержденного (наименование организации, утвердившей документ и дата утверждения)

Раздел 3 Источник разработки

В разделе «Источники разработки» указывают:

перечень научно-исследовательских работ (НИР);
наименование изделия-аналога.

Раздел 4 Технические требования

4.1. Состав изделия;

В подразделе «Состав изделия» указывают:

наименование и назначение составных частей основного я;

требования к стандартным, унифицированным и заимствованным!
составным частям (включая покупные).

4.2 Технические параметры.

В подразделе «Технические параметры» приводят основные техниче ские
показатели изделия, определяющие его целевое назначение, например
точность;

Наименьшие номинальные значения основных параметров

для классов точности ПП

таблица 1

Условные обозначения элементов печатного монтажа	Класс точности ПП				
	1	2	3	4	5
t , мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
S , мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
b , мм	0,30	0,20	0,10	0,05	0,025
$\gamma = d/H$	0,40	0,40	0,33	0,25	0,20
Δt , мм (без покрытия)	$\pm 0,15$	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$	$\pm 0,03$	0; -0,03
Δt , мм (с покрытием)	+0,25; - 0,20	+0,15; - 0,10	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$	$\pm 0,03$
T_1 , мм – ОПП, ДПП, МПП (наружный слой)	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02
T_2 , мм – МПП (внутренний слой)	0,30	0,15	0,10	0,08	0,05

электрическая прочность;

сопротивление изоляции;

потребляемая мощность;

чувствительность;

производительность;

требования к электропитанию;(например, напряжение питания и
максимальный ток потребления);

частота и другие необходимые требования.

4.3. Требования к надежности;

В подразделе «Требования к надежности» указывают значения
показателей надежности: безотказности, долговечности и сохраняемости;
требования к конструкции с позиции надежности.

4.4. Принцип работы; приводят краткое описание работы изделия.

4.5. программное обеспечение; указывают состав и общие требования к
ПО, включая тестовые и диагностические программы.

4.6. Конструктивные требования;

приводят конструктивные требования к изделию (например, конденсатор С\ устанавливать не далее 60 мм от ИМС... Конденсаторы С7, С8 устанавливать непосредственно у разъема ЯЗ. Конденсаторы С9—С12 — в непосредственной близости от ИМС. Установку резисторов *RPl*, *RP3* произвести с обеспечением регулировки в составе блока)

габариты и масса ориентировочно (если это возможно), например, габариты ПП 150 x 170 x 1,5 мм. Масса ПП уточняется при проектировании дополнительные требования, если они имеются (например, материал ПП — стеклотекстолит фольгированный; ИМС установить на радиатор типа...; ИМС... расположить на ПП с учетом равномерного распределения тепла).

способы крепления в модулях более высокого конструктивного уровня;

4.7. Условия эксплуатации;

указывают: допустимое воздействие климатических факторов (температуры, влажности, атмосферного давления, солнечной радиации, пыли и др.);

допустимое воздействие агрессивных сред;

допустимое воздействие радиоактивных излучений;

допустимое воздействие механических нагрузок (вибрационных, ударных, скручивающих и др.);

допустимое воздействие внешних полей и допустимые поля, создаваемые самим работающим изделием;

допустимый уровень шума, воздействующего на изделие и создаваемого самим изделием.

4.8. Требования безопасности; излагают требования безопасности:

при монтаже;

при эксплуатации;

при обслуживании;

при ремонте

4.9. Требования к упаковке, маркировке, транспортировке и хранению; требования к маркировке, наносимой на изделие и тару, в которую должно быть упаковано изделие (место и способ нанесения, содержание маркировки, требования к качеству ее исполнения);

условия транспортирования и виды транспортных средств

требования к необходимой защите от ударов при погрузке и выгрузке

4.10. Требования к патентной чистоте

Раздел 5 Экономические показатели; перечисляются экономические преимущества разрабатываемого изделия по сравнению с изделием-аналогом.

Раздел 6 Порядок испытаний указываются сроки и общие требования к проведению испытаний.

Перечень работ, представляемых исполнителем, форма их окончания и сроки исполнения .

Перечень и комплектность технической документации.

Количество экспериментальных образцов или макетов, предъявляемых по окончании работы.

Исходные материалы:

схема электрическая принципиальная устройства;

перечень элементов устройства и др.

Рекомендации по применению покупных нормализованных и заимствованных изделий.

5. Задание:

1. Составить ТЗ на разработку печатной платы

6. Порядок выполнения работы:

6.1. Открыть Приложение А, выбрать схему в соответствии со своим вариантом.

6.2. Составить техническое задание на разработку печатной платы выбранной схемы в соответствии с правилами, изложенными в п.3.

7. Содержание отчета:

1 Папка на рабочем столе ПК с выполненным заданием

8. Литература и средства обучения:

8.1. Система моделирования и исследования радиоэлектронных устройств Multisim 10:/Шестеркин А.Н. Изд. ДМК-Пресс, 2018. — 360 с

8.2 Система моделирования и исследования радиоэлектронных устройств Multisim 10:/Шестеркин А.Н. Изд. ДМК-Пресс, 2018. — 360

8.3 Методические указания для выполнения практического занятия

8.4. ГОСТ 2.123—93 Комплектность конструкторских документов на печатные платы при автоматизированном проектировании.

Практическое занятие № 10

Разработка печатной платы цифрового устройства в соответствии с требованиями технического задания.

1 Цель работы:

Получить навыки выполнения требований технического задания (ТЗ) на печатную плату и проверки разработанной печатной платы на соответствие требованиям технического задания (ТЗ).

2. Время выполнения работы – 2 часа

3. Используемое оборудование и программное обеспечение

- 1 Персональный компьютер
- 2 Программа NIUtiboard
3. Программа Multisim 11

4. Краткие теоретические сведения

Для выполнения практической работы студентам необходимо объединиться в пары. Один из студентов выдает техническое задание на разработку печатной платы своему напарнику. Второй студент разрабатывает печатную плату в соответствии с требованиями технического задания. Разработанная печатная плата должна по всем пунктам соответствовать требованиям технического задания.

5. Задание:

- 5.1. Выдать ТЗ на разработку печатной платы одного устройства
- 5.2. Выполнить разводку печатной платы в соответствии с требованиями технического задания
- 5.3. Проверить разработанную печатную плату на соответствие требованиям технического задания. (Работа выполняется в паре)

6. Порядок выполнения работы:

- 6.1. Один из студентов пары выдает своему напарнику техническое задание на разработку печатной платы (техническое задание берется из практической № 24);
- 6.2. Вторым студент выполняет трассировку печатной платы.
- 6.3. Первый студент проверяет разработанную плату на соответствие требованиям ТЗ
 - 6.3.1. Необходимо проверить размещение компонентов на плате.
 - 6.3.2. Необходимо проверить величину зазоров между компонентами
 - 6.3.3. Необходимо проверить все цепи на отсутствие ошибок.
 - 6.3.4. Необходимо проверить ширину информационных и силовых дорожек.
 - 6.3.5. Необходимо проверить выполняются ли тепловые режимы.
 - 6.3.6. Необходимо проверить выполнение конструктивных требований (выбор слоев, количество переходных отверстий, наличие перемычек
 - 6.3.7. Необходимо проверить соответствие размеров платы и ее формы требованиям ТЗ.

6.4. Первый студент в письменной форме делает заключение о соответствии разработанной платы всем требованиям ТЗ.

6.5. Студенты меняются ролями – второй студент из пары выдает свое ТЗ на разработку платы, первый выполняет трассировку, второй студент проверяет плату на соответствие ТЗ и делает письменное заключение

7. Содержание отчета:

7.1 Папка на рабочем столе ПК с выполненными заданиями

7. Литература и средства обучения:

1. Конструирование блоков радиоэлектронных средств: учебное пособие для СПО / Д. Ю. Муромцев, О. А. Белоусов, И. В. Тюрин, Р. Ю. Курно-сов. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 288 с. – ISBN 978-5-8114-6501-9.

2. Пасынков, В. В. Полупроводниковые приборы: учебное пособие для СПО/ В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 480 с. – ISBN 978-5-8114-6762-4.

3. Юрков, Н. К. Технология производства электронных средств: учебное пособие для СПО / Н. К. Юрков. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 476 с. – ISBN 978-5-8114-7016-7.

4. ГОСТ 2.123—93 Комплектность конструкторских документов на печатные платы при автоматизированном проектировании.

Практическое занятие № 11

Оформление чертежа печатной платы цифрового устройства и составление спецификаций в соответствии с ЕСКД.

1 Цель работы:

Научиться оформлять чертежи печатной платы цифрового устройства и составлять спецификации

2. Время выполнения работы – 2 часа

3. Используемое оборудование и программное обеспечение

1 Персональный компьютер

2 Программа NI Ultiboard

3. Справочники по радиокомпонентам.

4. Методические указания по выполнению практического занятия.

5. ГОСТы ЕСКД.

6. Печатная плата, разработанные в NI Ultiboard на практическом занятии

№ 51

4. Краткие теоретические сведения

Плата печатная	—	деталь, представляющая собой изоляционное основание с нанесенным на него печатным монтажом.
Печатный узел	—	сборочная единица представляет собой плату печатную с навесными ЭРИ, компонентами поверхностного монтажа и другими деталями, прошедшая этапы установки, сборки, пайки и защиты;
Печатный монтаж	—	это первый уровень в конструктивной иерархии. система печатных проводников, обеспечивающих электрические соединения элементов схемы; за один технологический цикл получают все соединения.

4.1 Оформление чертежа ПП

4.1 Оформление чертежей печатных плат выполняются в соответствии с правилами и положениями, изложенными в ГОСТ 2.123—9 **Комплектность конструкторских документов на печатные платы при автоматизированном проектировании.**

Номенклатура конструкторских документов на печатную плату (ПП) включает:

чертеж ПП;

сборочный чертеж;

спецификацию;

теоретический чертеж (геометрическая форма ПП и координаты расположения основных частей);

габаритный чертеж (контурное изображение ПП с габаритными, установочными и присоединительными размерами) может быть совмещен с чертежом ПП;

упаковочный чертеж;

технические условия по ГОСТ 2.114—95 (см. п. 7.2.2);

программу и методику испытаний по ГОСТ 2.106—96 (см. п. 5.11.1);

таблицы для проверки монтажа и координат отверстий (вместо таблиц допускается включать в комплект КД на ГШ программы автоматизированного контроля ПП);

расчеты (конструкторские и др.);

инструкции;

прочие документы;

Спецификация представляет собой таблицу, содержащую перечень всех составных частей, входящих в данное изделие, и конструкторских документов, относящихся к этому изделию и к его неспецифицируемым составным частям (деталям, не имеющим составных частей).

Спецификацию выполняют на отдельных листах формата А4 (210×297 мм).

4.2 Оформление чертежа ПП

4.2.1 Чертеж ПП выполняется в масштабе 2:1 или 4:1

4.2.2 Чертеж ПП имеет координатную сетку. Номера координат нанести через один шаг или несколько, но не более пяти. За начало координат принимаем левый нижний угол платы.

4.2.3 Чертеж имеет наименование «Плата печатная» и обозначение РГКРИПТ.ХХХХХХ.ХХХ выполненное шрифтом 7 или 10 мм. Чертеж содержит основные проекции сторон платы с проводниками и отверстиями и вид сбоку.

4.2.4. На чертеже обозначаем крепежные отверстия диаметром 3,2 мм на расстоянии не менее 5 мм от края платы, находящиеся в узлах координатной сетки.

4.2.5. Размер платы поставить в чертеже с их предельными отклонениями h14

4.2.6. Основную надпись чертежа оформляем в соответствии с формой 1 ГОСТ 2.104-68 в графе 3 обозначаем материал детали (стеклотекстолит или гетинакс, его марку) и документ на поставку

4.2.7. В правом верхнем углу обозначаем шероховатость поверхностей ПП

4.2.8. Над основной надписью записываем технические требования, в которых указываем:

1.*Размер для справок

2. Плата должна соответствовать ГОСТ 23752-79 группа жесткости

3. Класс точности ГОСТ 23751-86

4. Шаг координатной сети мм

5. Плату изготовить методом

4.3. Сборочный чертеж печатного узла имеет обозначение с кодом СБ

4.3.1. Наименование изделия в основной надписи чертежа заканчивают кратко.

В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное в именительном падеже единственного числа

Наименование чертежа состоит из названия изделия и слов «Сборочный чертеж»

Сборочный чертеж должен содержать:

– изображение печатного узла, дающее представление о расположении и взаимной связи составляющих частей (ЭРИ, деталей крепления, теплоотводов, амортизаторов и т.д.) для осуществления сборки и контроля

– габаритные размеры изделия

– технические требования расположить над основной надписью на расстоянии не менее 12 мм

– две проекции печатной платы с ЭРИ (вид сверху и сбоку) без изображения печатного монтажа

– условные позиционные обозначения элементов на ЭРИ или рядом с ними, номера контактов

– на виде сверху нанести сокращенные условные обозначения элементов и обозначить отверстия для крепления платы

– вторую проекцию печатного узла показать справа или снизу, обозначив штрих - пунктирной линией контур по наибольшему размеру ЭРИ

– номера позиций составных частей (ЭРИ) в соответствии со спецификацией

Номера позиций наносят на полях линий – выносок, расположенных параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения платы, на одной линии. Размер шрифта номеров позиций должен быть на один – два номера больше, чем номер шрифта для размерных чисел.

Требования к формовке выводов и установке ИЭТ (ЭРИ) на печатные платы

Установку и формовку выводов ИЭТ производить по ГОСТ 29137-91, при этом надо указать шаг координатной сетки.

Минимальный размер от корпуса ИЭТ до места изгиба при формовке выводов l_0 в мм

– для резисторов и конденсаторов 0,5

– для микросхем и др. ИЭТ в корпусах типа 4 по ГОСТ 17467 1,0

– для полупроводниковых приборов 2,0

– для дросселей.3,5

если в ТУ на конкретный ИЭТ (ЭРИ) не указана другая величина

Минимальный внутренний радиус изгиба выводов R в мм:

– для выводов диаметром или толщиной до 0,5 мм вкл 0,5

– для выводов диаметром или толщиной св. 0,5 мм до 1,0 вкл 1,0

– для выводов диаметром или толщиной свыше 1,0 . 1,5

Минимальный размер от корпуса ИЭТ до места пайки – 2,5 мм, если в

ТУ на ИЭТ (ЭРИ) не указана другая величина

Для обозначения варианта формовки выводов и установки ИЭТ на печатные платы ГОСТ 29137-91 устанавливает следующую структуру условных обозначений:

	XXX.		XX.		XXXX.		XX.		XX	
Обозначение варианта формовки и установки										
Номер чертежа										
Шифр позиции ИЭТ										
Глубина формовки Н										
Наличие дополнительной формовки										

Необходимость использования дополнительного крепления обозначают третьим знаком кода обозначения варианта формовки и установки:

«0» - крепление не используется

«1» - крепление используется

Наличие дополнительной формовки устанавливается кодами:

«01» - формовка зиг

«02» - формовка зиг – замок

«03» - формовка замок

Зиг – форма вывода, ИЭТ, предназначенная для обеспечения гарантированного зазора между корпусом ИЭТ и печатной платы

Замок – форма вывода, предназначенная для крепления ИЭТ на плате с целью обеспечения возможности групповой пайки

Зиг – замок – форма вывода ИЭТ, включающая зиг и замок.

В случае отсутствия каких – либо показателей при обозначении ИЭТ в структуре условных обозначений вместо цифр записываем нули.

Пример условного обозначения варианта формовки выводов и установки резистора, соответствующего исполнению 14 с длиной корпуса 10,8 мм при использовании зиг – замка: 140.02.0203.00.02

Пример записи вариантов формовки выводов и установки ИЭТ согласно спецификации поз.1.

Установку ИЭТ производить по ГОСТ 29137-91

поз.1 – вариант 140.02.0203.00.

Сборочный чертеж должен содержать технические требования(ЕЕ)

Постоянные пункты технических требований на сборочные чертежи следующие:

1. * Размеры для справок.
2. Пять ПОС—61 ГОСТ 21931—76.
3. Установку элементов производить по ГОСТ 29137—91 и ОСТ4.010.030-81. Шаг координатной сетки..... мм.
4. Элементы установить:
поз. 4...6, 33...43 по варианту II а; поз. 38...46 по варианту VIIа;

поз. 51 — по варианту IXг; остальные — по чертежу.

5. Микросхемы ставить по ключу

Микросхему DD... ставить по варианту,

микросхемы DD... и DD... ставить по варианту.....

6. Детали поз. 25, элементы поз. 11, 12 ставить на клей ВК-9 ОСТ 4.ГО.029.204. Элемент ДД1 установить в розетку поз. 27.

7. Высота выступающих концов выводов 0,5...1,5 мм.

8. Высота установки элементов над платой не более 27 мм.

9. На конденсатор С21 надеть трубку поз. 42.

10. Деталь поз. 15 контрить эмалью ЭП-51 красной ОСТ 3-6326—87.

11. Плату покрыть лаком УР-231 ТУ6-10-863—84. Деталь поз. 2 резисторы RP1—RP6, внешние выводы 1—36 от покрытия предохранить.

12. Клеймить ОТК.

13. Печатные проводники и монтажные отверстия условно не показаны.

14. Заводской номер маркировать краской ЧМ, черный, ТУ029-02-859-78. Шрифт 2,5 по НО.010.007.

15. Остальные технические требования по ОСТ 4.ГО.070.015. Установочные и присоединительные размеры должны быть указаны с предельными отклонениями. В электрических соединителях указывают количество контактных пар.

Основным конструкторским документом сборочного чертежа печатной платы является СПЕЦИФИКАЦИЯ.

Спецификация — основной конструкторский документ; составляют ее на отдельных листах форматом А4 (210 x 297 мм) на каждое специфицируемое изделие на формах 1 и 1а (ГОСТ 2.106 - 96) приложение А.

Если спецификация содержит всего лишь один лист, то в графе штампа «Листов» пишут 1, а в графе «Лист» ничего не указывают.

Спецификация - это текстовый документ, разбитый на графы (ГОСТ 2.105 — 95) и представляет собой таблицу, содержащую перечень всех составных частей, входящих в данное изделие, и конструкторских документов, относящихся к этому изделию и к его неспецифицируемым составным частям (деталям, не имеющим составных частей).

Спецификация состоит из разделов, которые располагаются в такой последовательности:

- «Документация»;
- «Комплексы»;
- «Сборочные единицы»;
- «Детали»;
- «Стандартные изделия»;
- «Прочие изделия»;
- «Материалы»;
- «Комплекты».

Наличие тех или иных разделов определяется составом специфициру-

емого изделия.

В графе «Наименование» указывают раздел в виде заголовка, не нумеруя, строчными буквами (кроме первой прописной), шрифтом не менее 2,5 мм (лучше всего 5 мм) и подчеркивают тонкой линией.

Переносы слов в заголовке не допускаются.

Ниже каждого заголовка оставляется одна свободная строка, а выше - не менее одной свободной строки (можно несколько).

Документы внутри раздела записываются в графе «Обозначение» (децимальный № код).

Вид документа - в графе «Наименование».

Внутри раздела «Документация» записывают документы, составляющие основной комплекс КД (кроме спецификации и ведомости эксплуатационных и ремонтных документов) в следующей последовательности:

- Сборочный чертеж - СБ
- Габаритный чертеж - ГЧ
- Электромонтажный - МЭ
- Монтажный - МЧ
- Схемы электрические — Э1, Э2, Э3, ...
- Перечень элементов - ПЭЗ (всегда записывается после схемы ЭЗ)
- Пояснительная записка - ПЗ
- Технические условия — ТУ
- Программы и методика испытаний - ПМ
- Таблицы - ТБ
- Расчеты-РР

и т.д. (ГОСТ 2.102)

В разделе «Документация» указывают формат листов, на которых выполнен документ, а графы «Кол» и «Поз» не заполняют.

В разделе «Комплексы», «Сб.ед-цы» выносятся комплексы, сб. единицы, детали, непосредственно входящие в специфицируемое изделие.

В разделе «Детали» обычно указывают наименование — «Плата», ее обозначение, формат листов, на которых выполнен чертеж ПП, количество штук деталей. Здесь же аналогично указывают и другие детали, если таковые имеются.

В графе «Обозначение» запись рекомендуется производить в алфавитном порядке сочетания букв кодов организаций — разработчиков, а в пределах этих кодов - в порядке возрастания классификационной характеристики — по возрастанию порядкового регистрационного номера.

А разделе «Стандартные изделия» в графе «наименования» записывают изделия применяемые по стандартам в последовательности:

- межгосударственные;
- государственные;
- отраслевые;
- стандарты предприятия.

В пределах каждой категории стандартов запись производить по группам изделий, объединенных по их функциональному назначению (например: крепежные изделия, электротехнические и т.д.) В пределах каждой группы -

по алфавиту, по возрастанию диаметра резьбы, по возрастанию номера ГОС-Та и т. д. Сначала пишут обозначение, а затем номер ГОСТа. Например: Винт В.1,6-6 х 8.48.016 ГОСТ 17475—72.

Графу «Обозначение» — не заполняют.

В разделе «Прочие изделия» вносят изделия, применяемые по ТУ.

В графе «Наименование» запись изделий рекомендуется производить по группам, объединенным по их функциональному назначению.

В пределах каждой группы - в алфавитном порядке наименований изделий, в пределах каждого наименования - в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

Графу «Обозначение» — не заполняют.

Допускаются объединять «Стандартные изделия» и «Прочие изделия».

В разделе «Материалы», в графе «Наименование» вносят все материалы, непосредственно входящие в ходящие в специфицируемые изделие и рекомендуется записывать в последовательности:

- металлы черные
- металлы магнитно-электрические и ферромагнитные
- металлы цветные, благородные, редкие
- кабели, провода, шнуры ...

В разделе «Материалы» не указывают припой, клей, лак и прочие материалы, количество или массу которых невозможно определить заранее конструктору, а устанавливают технологи. Указания о применении этих материалов дают в ТТ на чертеже.

Графу «Обозначение» - не заполняют.

В пределах каждого вида материала - в алфавитном порядке наименований.

В раздел «Комплекты» вносят:

- ведомость эксплуатационных документов;
- ведомость ремонтных документов;
- комплект монтажных частей;
- прочие комплекты;
- упаковка.

В графе «Формат» указывают форматы документов и чертежей деталей. Если документ (чертеж) выполнен на нескольких листах различных форматов, то в графе «Формат» проставляют звездочку, а в графе «Примечание» перечисляют все форматы.

Для деталей, на которые не выпущены чертежи - указывают БЧ (без чертежа).

Графу «Позиция» заполняет во всех разделах, кроме - «Документация», начиная номера с единицы, в порядке возрастания для каждого наименования, Рекомендуется пропускать несколько незаполненных (свободных) строк после каждой позиции для облегчения внесения изменений. Допускается пропускать несколько номер позиции, если есть незаполненные строки для них.

Все записи проводят на каждой строке в один ряд и ведут запись в нижней части поля строки, запись не должна сливаться с линиями.

Необходимо оставлять свободные строки между разделами.

Если в графе документа записан текст в несколько строк, то в последующих графах запись начинается на уровне первой строки.

При оформлении спецификации на ФУ ЭРИ записывают или в раздел «Стандартные изделия» и указывают ГОСТы на все ЭРИ и ПМК или в раздел «Прочие изделия», но тогда на все отечественные ЭРИ указывают ТУ, а на импортные ЭРИ и ПМК — фирму производителя.

Если по каким-либо причинам ни ТУ, ни фирма производитель указаны быть не могут, то целесообразно указать место, где данное ЭРИ можно приобрести (например, «Платан Компоненте» — сеть магазинов электронной техники). Второй вариант заполнения спецификации (с указанием ТУ) встречается чаще и, по мнению специалистов, является предпочтительнее.

В том и другом случае спецификацию заполняют следующим образом:

- названия ЭРИ записывают в алфавитном порядке (Диоды полупроводниковые ... Резисторы ... Стабилитроны ... и т. д.);
- графы «Формат» и «Обозначение» не заполняют. Перед названием каждой группы оставляют по меньшей мере одну свободную строку. Внутри каждой группы ЭРИ или ПМК записывают либо в алфавитном порядке, либо по возрастанию номинала или номера ГОСТа, или ТУ;
- номер ГОСТа или ТУ на Резисторы, Транзисторы и другие ЭРИ, которые при разном номинале имеют одинаковое наименование и, соответственно, одинаковые ТУ или ГОСТ, можно записать вначале, т. е. до начала перечисления элементов сразу после названия группы.

Например, Резисторы

C2-33Н-0Д25 ОЖО.467.093 ТУ

C2-33Н-0.125 - 36 Ом + 10 %

C2-33Н-0,155 - 200 кОм + 10 % и т. д.

Желательно резервировать строки и позиции;

- в графе «Кол» указывают количество элементов с одинаковым номиналом или названием (например, для микросхем). Эти ЭРИ или ПМК имеют одну позицию, которую указывают в графе «Поз». На сборочном чертеже будет достаточно указать позицию одного из ЭРИ или ПМК, имеющих одинаковое позиционное обозначение;
- в графе «Примечание» указывают обозначение ЭРИ (ровно столько, сколько перечислено в одной строке).
- в названии группы сначала записывают имя существительное, а затем прилагательное

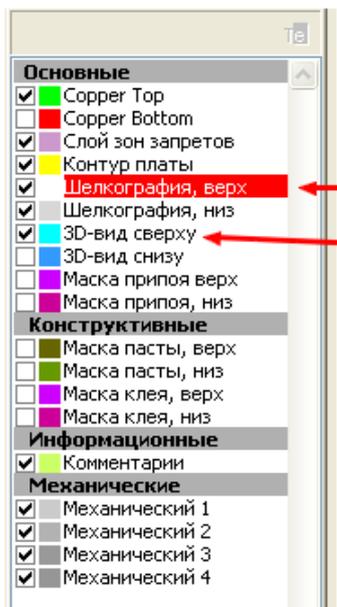
5. Задание:

1. Оформить чертеж печатной платы и составить спецификации в программе Utiboard11

6. Порядок выполнения работы:

6.1. Открыть программу **Utiboard**. В программе открыть один из файлов с разведенной схемой (практическая № 51) по указанию преподавателя.

6.2. Открыть вкладку со слоями



6.3. Выбрать слои CopperTop и Шелкография низ, остальные все слои закрыть. Сделать копию рисунка платы и поместить в бланк со штампом (приложение 1).

6.4. Выбрать слои CopperBottom и Шелкография верх, остальные все слои закрыть. Сделать копию рисунка платы и поместить в бланк со штампом (приложение 2).

6.5. Выбрать слой Контур платы, остальные все слои закрыть. Сделать копию рисунка платы и поместить в бланк со штампом (приложение 2).

6.6. Открыть программу Multisim 11

6.7. Открыть схему эклектической принципиальную данной платы

6.8. Открыть в программе Multisim вкладку «Отчеты», выбрать пункт «спецификации». Сделать копию таблицы со спецификациями и поместить ее в бланк со штампом

7. Содержание отчета:

1 Папка на рабочем столе ПК с выполненными заданиями

8. Литература и средства обучения:

8.1. ГОСТ 2.123—93 Комплектность конструкторских документов на печатные платы при автоматизированном проектировании.

Расчет надежности устройства РЭА

1 Цель работы:

Научиться рассчитывать надежность схем цифровых устройств

2. Время выполнения работы – 2 часа

3. Используемое оборудование и программное обеспечение

1 Персональный компьютер

2 Программа NIUtiboard

3. Программа Multisim 11

4. Краткие теоретические сведения

Надежность – одно из важнейших свойств электронных устройств, которое определяет их эксплуатационную пригодность.

Показатели надежности являются техническими параметрами изделия наряду с точностью, коэффициентом полезного действия, массо-габаритными характеристиками и пр.

Техническое задание на разработку любого изделия должно содержать раздел (подраздел) с требованиями по надежности.

Признаки, по которым оценивается надежность изделия, называются критериями. Основными критериями надежности являются безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Только все перечисленные критерии в совокупности могут дать полное представление о надежности изделия. Количественные характеристики определяются количественными значениями критериев надежности и называются показателями (см. таблицу 1).

Таблица 1

Критерии и показатели надежности

Критерии надежности	Показатели надежности
Безотказность	Вероятность безотказной работы Интенсивность отказов Наработка на отказ
Долговечность	Ресурс Срок службы
Ремонтпригодность	Среднее время восстановления Вероятность выполнения ремонта в заданное время Средняя стоимость технического обслуживания
Сохраняемость	Средний срок сохраняемости

Расчет надежности заключается в определении показателей надежности проектируемого изделия по известным характеристикам надежности составляющих элементов конструкции и компонентов системы с учетом условий эксплуатации. В дальнейшем элементы конструкции и компоненты, рассматриваемые в теории надежности, будем называть элементами расчета надежности, или, коротко, элементами.

Основным показателем безотказности изделия является вероятность безотказной работы $P(\varphi)$ – безразмерная величина, зависящая от времени наработки φ и изменяющаяся в пределах от 0 до 1.

Понятие надежности связано с отказами. **Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособности.**

При этом под работоспособностью понимают такое состояние изделия, при котором оно способно выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации.

Для нерезервированных систем на основном временном участке работы, когда приработка изделия завершена и производственные дефекты, если такие выявились, устранены, а износ еще не наступил

$$P(\tau) = \exp\left(-\sum_{i=1}^m (\lambda_i \tau)\right),$$

где: m – число элементов; λ_i – интенсивность отказа i -го элемента.

То есть, вероятность безотказной работы уменьшается во времени по экспоненциальному закону от значения 1. При этом интенсивность отказов системы

$$\Lambda = \sum_{i=1}^m \lambda_i,$$

а среднее время наработки до отказа

$$T = 1/\Lambda.$$

Расчет надежности электронного устройства по внезапным отказам

1. Определяются интенсивности отказов элементов и компонентов с учетом условий эксплуатации устройства по формуле

$$\lambda_i = \lambda_{oi} K_1 K_2 K_3 K_4 a_i(t_K, K_H),$$

где

λ_{oi} – номинальная интенсивность отказов i -го элемента или компонента (элемента расчета надежности);

K_1 и K_2 – поправочные коэффициенты на воздействие механических факторов;

K_3 – поправочный коэффициент на воздействие влажности K_4 – поправочный коэффициент на давление воздуха;

$a_i(t_k, K_H)$ – поправочный коэффициент на температуру поверхности компонента

K_H - коэффициент нагрузки

Значения номинальных интенсивностей отказов компонентов берутся из технических условий на данный компонент или из справочников, содержащих такие сведения.

Значения номинальных интенсивностей отказов основных компонентов приведены в Приложении А (см. таблицу 1).

Поправочные коэффициенты $K_1 \dots K_4$ определяются по таблицам 4.2., 4.3., 4.4., помещенным в Приложении А

Поправочные коэффициенты

$a_i(t_k, K_H)$,

определяются по графикам для основных групп компонентов, также приведенным в Приложении А (рис. .12., .3., .4., .5.)

Здесь важно правильно задаться температурой поверхности корпуса компонента. Определить значения температур t_k с достаточной степенью достоверности можно либо путем проведения полного теплового расчета, либо экспериментально на макете. Поскольку проведение таких расчетов и экспериментов не предусмотрено, то берем $t_k=30$ при нормальных условиях.

Коэффициенты электрической нагрузки K_{Hi} компонентов определяются отношением значения контролируемого параметра (тока, напряжения или мощности) рассматриваемого компонента к максимально возможному (допустимому) по техническим условиям значению этого параметра. В качестве контролируемого параметра для конкретного компонента берется тот, от которого в наибольшей степени зависит надежность компонента. Контролируемые параметры и формулы вычисления коэффициентов нагрузки для основных электрорадиоизделий (ЭРИ) приведены в таблице .2,

Таблица 2

Коэффициенты нагрузки компонентов

Компоненты	Контролируемые параметры	Коэффициент нагрузки K_n	Рекомендуемые значения в режимах	
			импульсный	статистический
Микросхемы	Входной ток микросхем, включенных на выходе, $I_{вх}$ Максимальный выходной ток $I_{вых\ max}$ Число нагруженных входов n	$\frac{\sum_{i=1}^n I_{вхi}}{I_{вых\ max}}$	0,5	0,3
Транзисторы	Мощность, рассеиваемая на коллекторе, P_c	$P_c / P_{c\ доп}$	0,5	0,2
Полупроводниковые диоды	Обратное напряжение U_o	$U_o / U_{o\ доп}$	0,5	0,2
Конденсаторы	Напряжение на обкладках U	$U / U_{доп}$	0,7	0,5
Резисторы	Рассеиваемая мощность P	$P / P_{доп}$	0,6	0,5
Трансформаторы	Ток нагрузки I_n	$I_n / I_{n\ доп}$	0,9	0,7
Электрические соединители	Ток I_k	$I_k / I_{k\ доп}$	0,8	0,5

5. Задание:

5.1. Выполнить расчет надежности электронного устройства по внезапным отказам для представленных схем (Приложение 2).

6. Порядок выполнения работы:

6.1. Открыть первую схему из приложения 2.

5.2. Определить интенсивности отказов каждого элемента

$$\lambda_i = \lambda_{oi} K_1 K_2 K_3 K_4 a_i(t_K, K_H),$$

5.3. Определить интенсивность отказов системы

$$\Lambda = \sum_{i=1}^m \lambda_i,$$

5.4. Определить среднее время наработки на отказ

$$T = 1 / \Lambda.$$

5.5. Построить график вероятности безотказной работы от времени

$$P(\tau) = \exp\left(-\sum_{i=1}^m (\lambda_i \tau)\right),$$

5.6. Повторить расчет надежности для остальных схем.

6. Содержание отчета:

1 Папка на рабочем столе ПК с выполненными заданиями

7. Литература

1. Конструирование блоков радиоэлектронных средств: учебное пособие для СПО / Д. Ю. Муромцев, О. А. Белоусов, И. В. Тюрин, Р. Ю. Курносов. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 288 с. – ISBN 978-5-8114-6501-9.

2. Пасынков, В. В. Полупроводниковые приборы: учебное пособие для СПО/ В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 480 с. – ISBN 978-5-8114-6762-4.

3. Юрков, Н. К. Технология производства электронных средств: учебное пособие для СПО / Н. К. Юрков. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 476 с. – ISBN 978-5-8114-7016-7.

4. ГОСТ 2.123—93 **Комплектность конструкторских документов на печатные платы при автоматизированном проектировании.**

**Справочные данные для расчета надежности
интенсивности отказов компонентов Таблица 1**

Компоненты	$\lambda_0 \times 10^6, 1/\text{ч}$
Микросхемы со средней степенью интеграции	0,013
Большие интегральные схемы	0,01
Транзисторы германиевые:	
до 2 мВт	0,4
до 20 мВт	0,7
до 200 мВт	0,6
свыше 200 мВт	1,91
Транзисторы кремниевые:	
до 150 мВт	0,84
до 1 мВт	0,5
до 4 мВт	0,74
Диоды германиевые	0,157
Диоды кремниевые	0,2
Конденсаторы:	
бумажные	0,05
керамические	0,15
слюдяные	0,075
стеклянные	0,06
электролитические	0,035
воздушные переменные	0,034
Резисторы:	
композиционные	0,043
пленочные	0,03
проволочные	0,087
угольные	0,045
Трансформаторы:	
входные	1,09
выходные	0,09
звуковой частоты	0,02
высокочастотные	0,045
Трансформаторы питания	0,025
Автотрансформаторы	0,06
Дроссели	0,34
Катушки индуктивности	0,02
Обмотки электродвигателя	0,08
Реле	0,25n
Соединители	0.062n

гибкие	2,6
Предохранители	0,5
Выводы высокочастотные	2,63
Плата печатной схемы	0,7
Пайка монтажа:	
печатного	0,01
навесного	0,03
объемного	0,02
Микрофоны динамические	20
Громкоговорители динамические	4
Датчики оптические	4,7
Примечание: n – число контактов	

Таблица 2

Коэффициенты влияния механических воздействий

Условия эксплуатации аппаратуры	Вибрация K_1	Ударные нагрузки K_2	Суммарные воздействия K_Σ
Лабораторные	1,0	1,0	1,0
Стационарные (полевые)	1,04	1,03	1,07
Корабельные	1,3	1,05	1,37
Автофургонные	1,35	1,08	1,46
Железнодорожные	1,4	1,1	1,54
Самолетные	1,46	1,13	1,65

Таблица 3

Коэффициенты влияния влажности

Влажность, %	Температура, °C	Поправочный коэффициент K_3
60...70	20...40	1,0
90...98	20...25	2,0
90...98	30...40	2,5

Таблица 4

Коэффициенты влияния атмосферного давления

Давление кПа	Поправочный коэффициент K_4
0,1...1,3	1,45
1,3...2,4	1,40
2,4...4,4	1,36
4,4...12	1,35
12...24	1,3
24...32	1,25
32...42	1,2
42...50	1,16
50...65	1,14
65...80	1,1
80...100	1,0

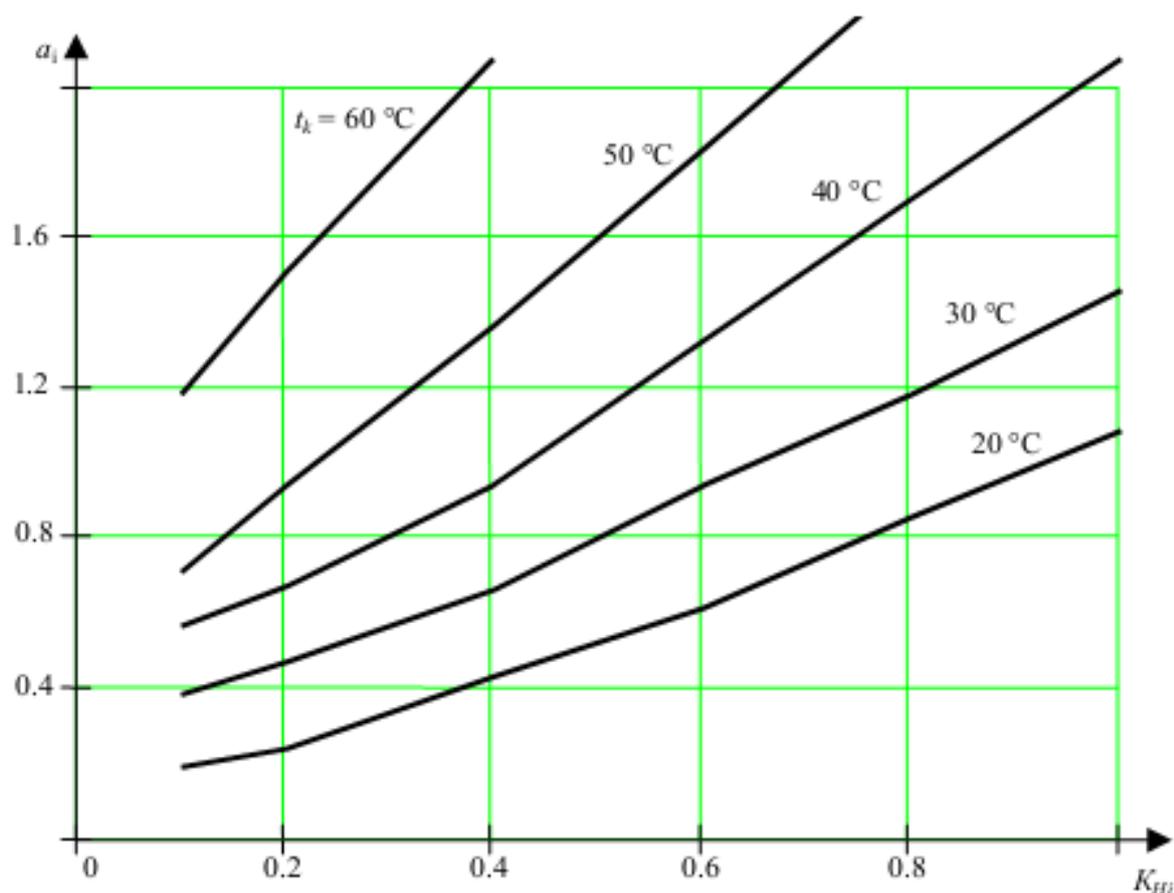


Рис. .1. Зависимость для транзисторов

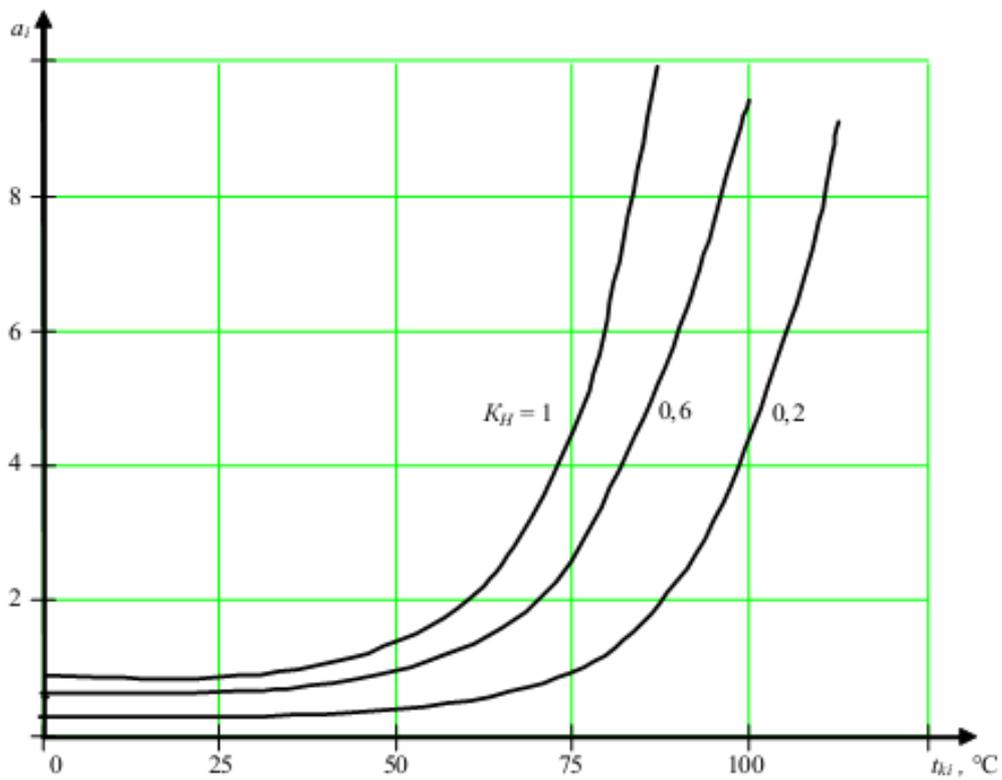


Рис. .2. Зависимость для полупроводниковых диодов

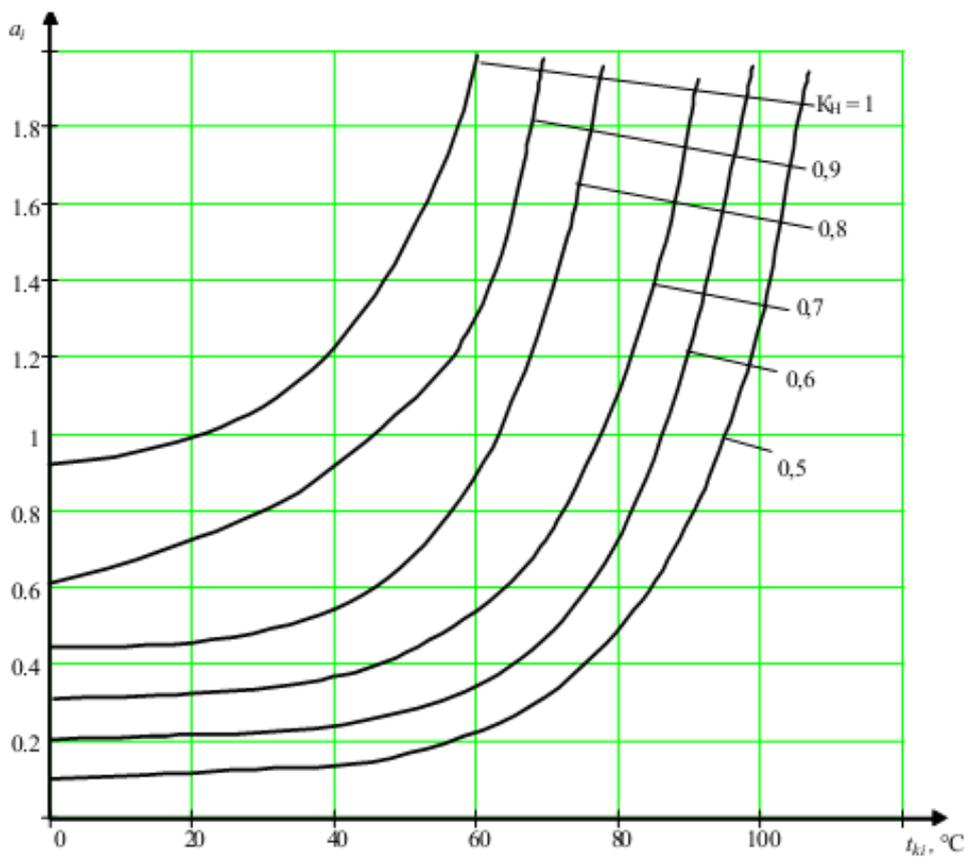


Рис. 3. Зависимость для конденсаторов

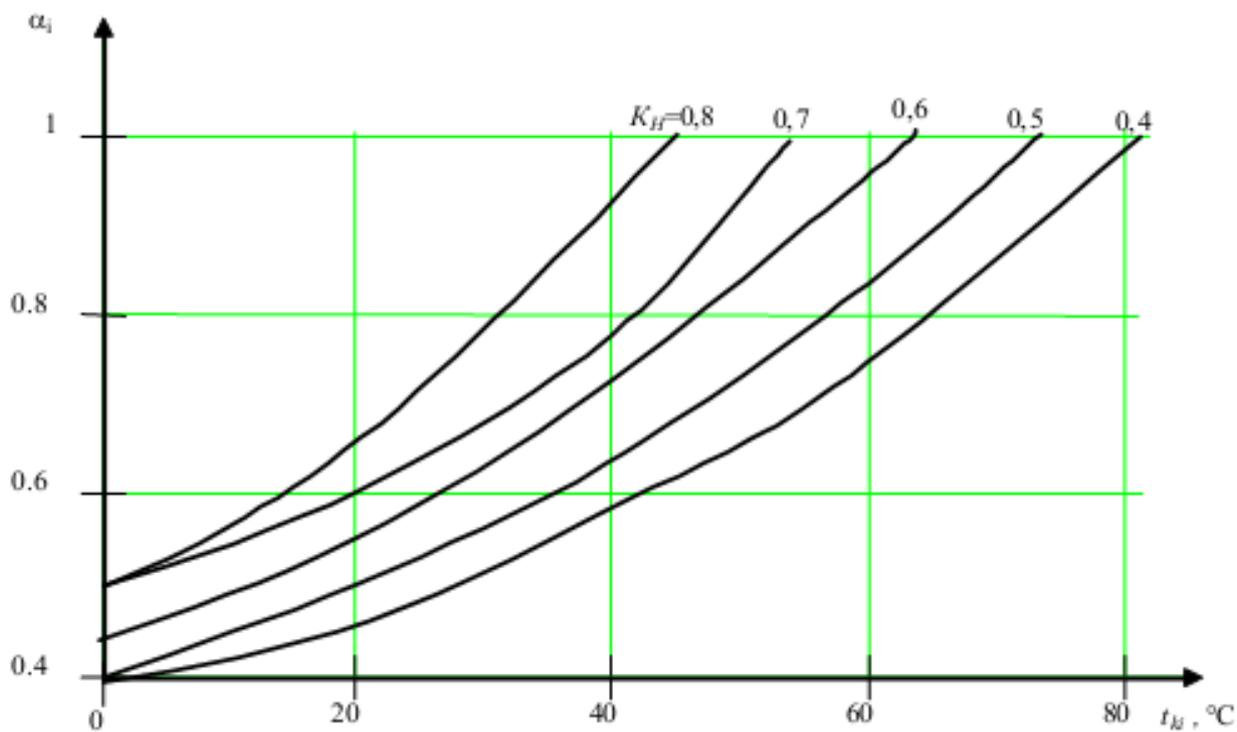


Рис. 4. Зависимость для резисторов ($a_i < 1$)

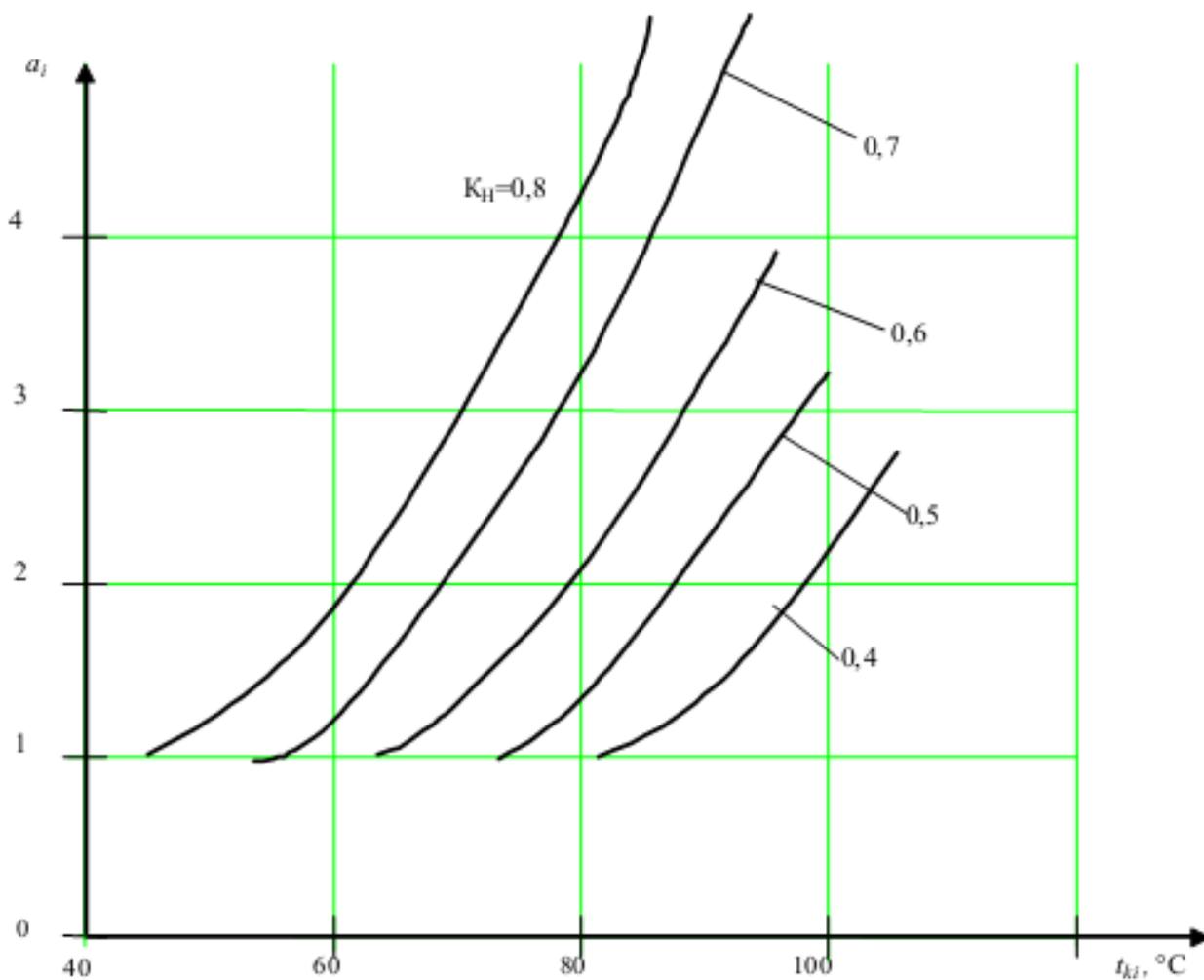


Рис. 5. Зависимость для резисторов ($a_i > 1$)

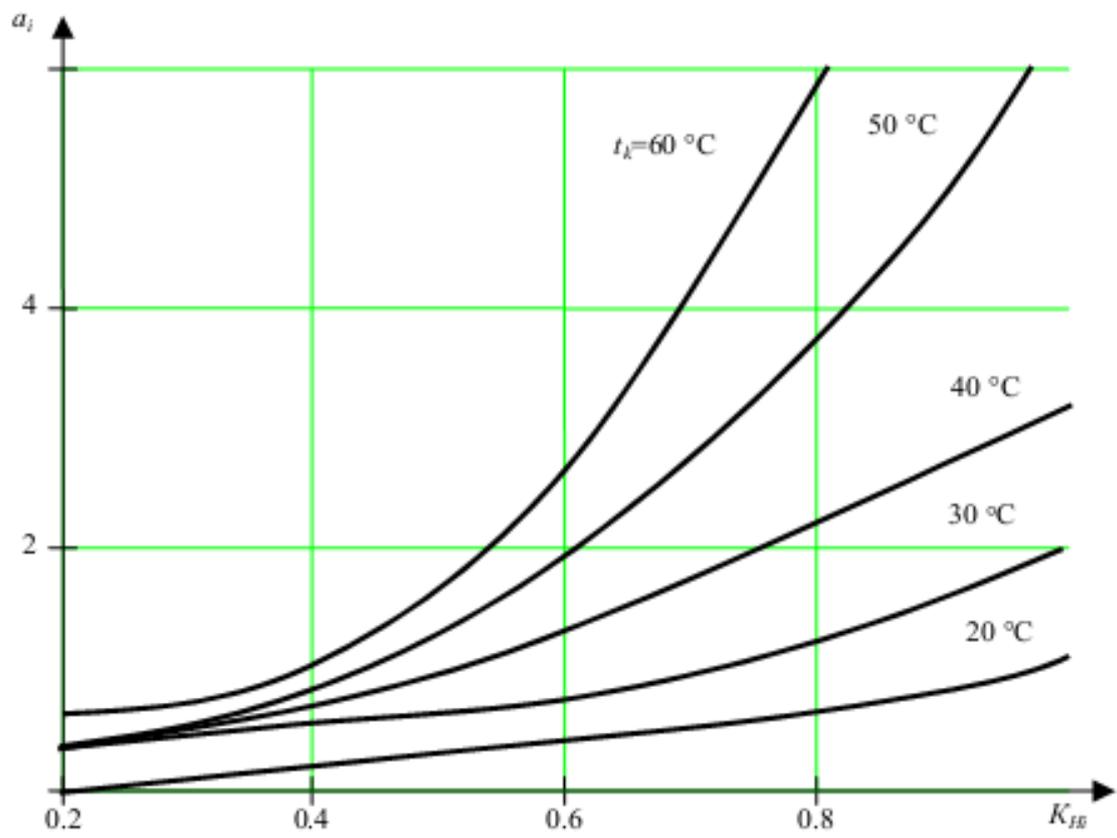


Рис. 6. Зависимость для микросхем

