

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Смоленский государственный университет»

Кафедра физики и технических дисциплин

*«Утверждаю»*  
Проректор по учебно-  
методической работе

\_\_\_\_\_ Ю.А. Устименко  
«09» сентября 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**Б1.В.08 Основы конструирования и технологии производства**  
**радиоэлектронных средств**

Направление подготовки: **11.03.01 Радиотехника**

Направленность (профиль): **Радиоэлектронные системы и комплексы**

Форма обучения: очная

Курс – 4

Семестр – 7

Всего зачетных единиц – 4, часов – 144

Форма отчетности: зачет – 7 семестр, курсовой проект – 7 семестр

Программу разработал: кандидат технических наук Царегородцев Е.Л.

Одобрена на заседании кафедры  
«02» сентября 2021 г., протокол № 1

Смоленск  
2021

## 1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств» включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника, профиль – Радиоэлектронные системы и комплексы.

Содержание дисциплины «Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств» находится в содержательно-методической взаимосвязи с такими дисциплинами, как «Физика», «Основы теории радиоэлектрических цепей и сигналов», «Основы электроники и схемотехники», «Радиоматериалы и радиокомпоненты», «Инженерная и компьютерная графика».

Для освоения дисциплины «Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств» студент должен обладать базовыми знаниями и умениями, полученными в результате изучения таких дисциплин, как «Физика», «Основы теории радиоэлектрических цепей и сигналов», «Основы электроники и схемотехники», «Радиоматериалы и радиокомпоненты», «Инженерная и компьютерная графика», а также «Ознакомительная практика».

В результате изучения дисциплины «Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств» студенты приобретают знания по теоретическим основам конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств; об основных принципах конструирования РЭС на основе базового принципа конструирования; о методах расчета и обеспечения надежной работы, технологических процессах при производстве деталей и блоков радиоэлектронных устройств; о методах оптимального выбора материалов, компонентов и конструктивов, применяемых при производстве конструкций РЭС, о влиянии дестабилизирующих факторов на выходные характеристики конструкций и путях их минимизации, необходимые для изучения дисциплин «Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств» и при выполнении задач преддипломной практики и подготовки выпускной квалификационной работы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
<b>ПК-1.</b> Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	<b>Знать:</b> основные методы и типовые методики математического моделирования объектов и процессов <b>Уметь:</b> строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков радиотехнических устройств и систем <b>Владеть:</b> навыками компьютерного моделирования
<b>ПК-2.</b> Способен реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов	<b>Знать:</b> методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков радиотехнических устройств и систем. <b>Уметь:</b> проводить исследования характеристик радиотехнических устройств и систем <b>Владеть:</b> методиками организации и проведения экспериментальных исследований и обработки результатов эксперимента
<b>ПК-3.</b> Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации	<b>Знать:</b> принципы конструирования отдельных деталей, узлов и устройств радиотехнических систем <b>Уметь:</b> проводить оценочные расчеты характеристик деталей, узлов и устройств

проектирования	радиотехнических систем <b>Владеть:</b> навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем
<b>ПК-4.</b> Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	<b>Знать:</b> принципы построения технического задания при разработке деталей, узлов и устройств радиотехнических систем <b>Уметь:</b> использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации <b>Владеть:</b> навыками оформления проектно-конструкторской документации в соответствии со стандартами

### 3. Содержание дисциплины

**Введение.** Конструкция РЭС – как большая техническая система.

**Системный подход к конструированию РЭС.** Основные понятия и определения. Системный анализ РЭС. Классификация параметров РЭС.

**Этапы системного подхода при проектировании конструкций и технологий РЭС.** Основные принципы системного подхода к проектированию РЭС. Порядок и этапы разработки радиоэлектронной аппаратуры.

**Разработка и постановка в производство РЭС.** Модели работ. Главные этапы работ.

**Научно-исследовательская разработка.** Виды научно-исследовательских работ. Этапы НИР. Патентные исследования. Выполнение НИР.

**Опытно-конструкторская разработка.** Этапы опытно-конструкторской разработки.

**Подготовка производства на предприятии-изготовителе.** Подготовка производства – заключительная часть инновационного процесса. Пробный маркетинг. Конструкторская подготовка производства. Технологическая подготовка производства. Отработка изделий на технологичность. Особенности создания единичных и мелкосерийных изделий. Постановка на производство продукции по лицензиям.

**Стандартизация. Документооборот, базы данных.** Государственная стандартизация. Конструкторская документация. Единая система технологической документации.

**Уровни разукрупнения РЭС, элементная и конструктивная база.** Классификация РЭС. Элементная база РЭС и история ее качественного развития.

**Проектирование конструкций РЭС различного уровня и функционального назначения.** Базовый метод конструирования РЭС. Факторы внешней среды и их дестабилизирующее влияние на параметры РЭС. Общие требования, предъявляемые к конструкциям РЭС.

**Алгоритмы статистического анализа теории надежности.** Основные параметры надежности. Количественные характеристики надежности. Расчет надежности РЭА.

**Методы защиты РЭС от воздействия климатических факторов окружающей среды.** Влияние климатических факторов на конструкцию. Защита РЭС. Тепловой режим работы аппаратуры. Защита аппаратуры от воздействия влажности. Защита от воздействия пыли.

**Защита от механических воздействий. Защита аппаратуры от воздействия помех.** Виды механических воздействий на РЭА. Понятие виброустойчивости и вибропрочности. Природа помех. Классификация помех. Способы снижения помех. Применение экранов в РЭА.

**Воздействие ионизирующих излучений на РЭС, защита от излучений.** Классификация радиоактивных излучений. Единицы измерений основных характеристик излучений. Классификация воздействий излучений на РЭС. Влияние радиоактивных излучений на полупроводники. Влияние излучения на резисторы, конденсаторы и катушки. Защита от ионизирующих излучений.

**Этапы проектирования конструкций РЭС при использовании систем автоматизированного проектирования. Базовые технологические процессы в производстве РЭС и этапы их разработки. Причины использования САПР при разработке конструкций РЭС. Структура технологических процессов. Виды технологических процессов. Виды и содержание технологических документов. Технологичность конструкций РЭС.**

**Методы контроля и управления качеством производства РЭС. Виды испытаний РЭС. Эргономические требования к радиоэлектронным системам. Технологические операции регулировки и настройки. Контроль и диагностика радиоэлектронных систем в процессе производства РЭА. Категории испытаний. Испытания на механические воздействия. Испытание на климатические воздействия. Эргономическая оценка системы «человек – машина». Этапы эргономической экспертизы РЭА. Перспективы развития процесса проектирования конструкций РЭС.**

#### 4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий		
			Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1.	Введение. Конструкция РЭС – как большая техническая система.	4	2		4
2.	Системный подход к конструированию РЭС.	4	2		4
3.	Этапы системного подхода при проектировании конструкций и технологий РЭС.	4	2		4
4.	Разработка и постановка в производство РЭС.	12	2	4	6
5.	Научно-исследовательская разработка.	12	2	4	6
6.	Опытно-конструкторская разработка.	14	2	6	6
7.	Подготовка производства на предприятии-изготовителе.	14	2	6	6
8.	Стандартизация. Документооборот, базы данных.	6	2		4
9.	Уровни разукрупнения РЭС, элементная и конструктивная база.	14	2	6	6
10.	Проектирование конструкций РЭС различного уровня и функционального назначения.	14	2	6	6
11.	Алгоритмы статистического анализа теории надежности.	8	2		6
12.	Методы защиты РЭС от воздействия климатических факторов окружающей среды.	6	2		6
13.	Защита от механических воздействий. Защита аппаратуры от воздействия помех.	4	2		4
14.	Воздействие ионизирующих излучений на РЭС, защита от излучений.	4	2		4
15.	Этапы проектирования конструкций РЭС при использовании систем автоматизированного проектирования. Базовые технологические процессы в производстве РЭС и этапы их разработки.	4	2		4
16.	Методы контроля и управления качеством производства РЭС. Виды испытаний РЭС.	4	2		4

	Эргономические требования к радиоэлектронным системам.				
	<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>80</b>

## 5. Виды образовательной деятельности

### Занятия лекционного типа

**Лекция №1.** *Введение.* Конструкция РЭС – как большая техническая система.

**Лекция №2.** *Системный подход к конструированию РЭС.* Основные понятия и определения. Системный анализ РЭС. Классификация параметров РЭС.

**Лекция №3.** *Этапы системного подхода при проектировании конструкций и технологий РЭС.* Основные принципы системного подхода к проектированию РЭС. Порядок и этапы разработки радиоэлектронной аппаратуры.

**Лекция №4.** *Разработка и постановка в производство РЭС.* Модели работ. Главные этапы работ.

**Лекция №5.** *Научно-исследовательская разработка.* Виды научно-исследовательских работ. Этапы НИР. Патентные исследования. Выполнение НИР.

**Лекция №6.** *Опытно-конструкторская разработка.* Этапы опытно-конструкторской разработки.

**Лекция №7.** *Подготовка производства на предприятии-изготовителе.* Подготовка производства – заключительная часть инновационного процесса. Пробный маркетинг. Конструкторская подготовка производства. Технологическая подготовка производства. Отработка изделий на технологичность. Особенности создания единичных и мелкосерийных изделий. Постановка на производство продукции по лицензиям.

**Лекция №8.** *Стандартизация. Документооборот, базы данных.* Государственная стандартизация. Конструкторская документация. Единая система технологической документации.

**Лекция №9.** *Уровни разукрупнения РЭС, элементная и конструктивная база.* Классификация РЭС. Элементная база РЭС и история ее качественного развития.

**Лекция №10.** *Проектирование конструкций РЭС различного уровня и функционального назначения.* Базовый метод конструирования РЭС. Факторы внешней среды и их дестабилизирующее влияние на параметры РЭС. Общие требования, предъявляемые к конструкциям РЭС.

**Лекция №11.** *Алгоритмы статистического анализа теории надежности.* Основные параметры надежности. Количественные характеристики надежности. Расчет надежности РЭА.

**Лекция №12.** *Методы защиты РЭС от воздействия климатических факторов окружающей среды.* Влияние климатических факторов на конструкцию. Защита РЭС. Тепловой режим работы аппаратуры. Защита аппаратуры от воздействия влажности. Защита от воздействия пыли.

**Лекция №13.** *Защита от механических воздействий. Защита аппаратуры от воздействия помех.* Виды механических воздействий на РЭА. Понятие виброустойчивости и вибропрочности. Природа помех. Классификация помех. Способы снижения помех. Применение экранов в РЭА.

**Лекция №14.** *Воздействие ионизирующих излучений на РЭС, защита от излучений.* Классификация радиоактивных излучений. Единицы измерений основных характеристик излучений. Классификация воздействий излучений на РЭС. Влияние радиоактивных излучений на полупроводники. Влияние излучения на резисторы, конденсаторы и катушки. Защита от ионизирующих излучений.

**Лекция №15.** *Этапы проектирования конструкций РЭС при использовании систем автоматизированного проектирования.* Базовые технологические процессы в производстве РЭС и этапы их разработки. Причины использования САПР при разработке конструкций

РЭС. Структура технологических процессов. Виды технологических процессов. Виды и содержание технологических документов. Технологичность конструкций РЭС.

**Лекция №16. Методы контроля и управления качеством производства РЭС. Виды испытаний РЭС. Эргономические требования к радиоэлектронным системам.** Технологические операции регулировки и настройки. Контроль и диагностика радиоэлектронных систем в процессе производства РЭА. Категории испытаний. Испытания на механические воздействия. Испытание на климатические воздействия. Эргономическая оценка системы «человек – машина». Этапы эргономической экспертизы РЭА. Перспективы развития процесса проектирования конструкций РЭС.

### Занятия семинарского типа

#### Лабораторное занятие №1. Введение в KiCad (4 часа)

*Цель:* изучить возможности САПР и приступить к разработке печатной платы

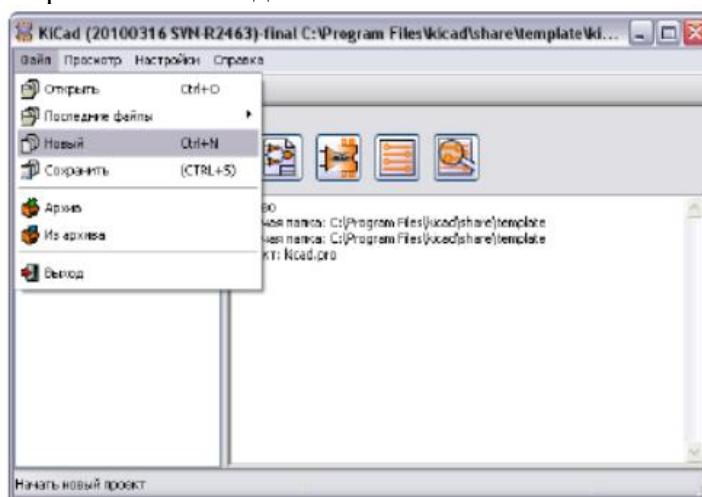
*Используемое оборудование:* IBM – совместимые компьютеры, САПР: KiCad.

*Место проведения:* Компьютерный класс.

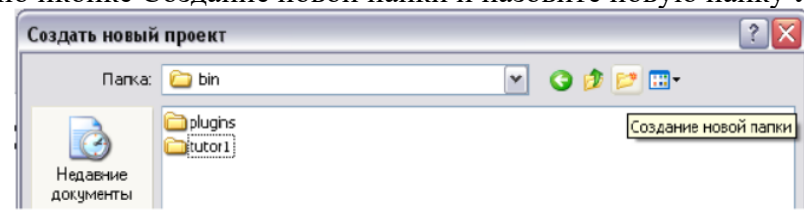
*Краткие теоретические сведения:* KiCad – это интегрированный, кросс-платформенный (для Linux и Windows) комплекс программ (КП) в исходных кодах и со свободной лицензией типа GPL, предназначенный для разработки электрических схем и автоматизированной разводки печатных плат (schematic circuit capture и PCB layout). Перед началом сеанса проектирования необходимо выполнить установку КП KiCAD на ПЭВМ. В данном руководстве предполагается, что KiCad установлен в директорию C:\Program Files\Kicad . Оригинальную интернациональную сборку Вы можете загрузить с Интернет-сайта <http://iut-tice.ujf-grenoble.fr/kicad/> . Русскую сборку для Linux или Windows XP можно загрузить с <ftp://ftp.ntcsm.ru/pub/kicad/svn/>. Инструкции по инсталляции доступны в файле /doc/Install.txt.

*Порядок выполнения работы:*

1. Запустите программу-менеджер **kicad** (в операционной системе Windows – это программа kicad.exe).
2. Теперь вы в основном окне КП KiCAD.
3. Создайте новый проект по команде Файл / Новый.

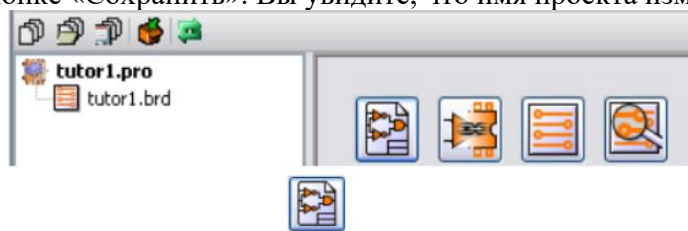


4. Щелкните по иконке Создание новой папки и назовите новую папку tutor1.



5. Откройте новую папку двойным щелчком по ней.
6. Введите имя проекта в строку Имя файла, в этом руководстве мы назовем проект также **tutor1**.

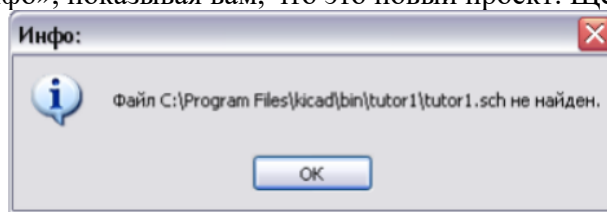
7. Щелкните по кнопке «Сохранить». Вы увидите, что имя проекта изменилось на tutor1.



8. Дважды щелкните по кнопке

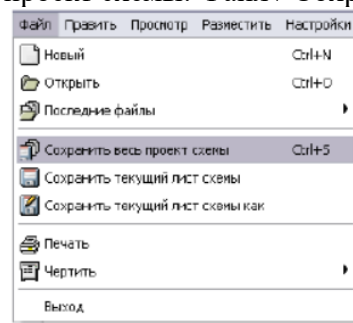


9. Появится окно «Инфо», показывая вам, что это новый проект. Щелкните по кнопке ОК.

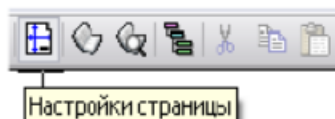


10. Теперь вы в окне редактора схем EESchema. Это окно используется для ввода схемы.

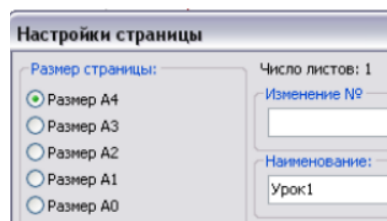
11. Вначале следует сохранить проект схемы: Файл / Сохранить весь проект схемы.



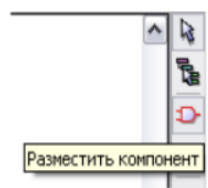
12. Щелкните по клавише Настройки страницы в верхней части инструментальной панели.



13. Выберите Размер страницы как "A4" и Наименование как "Урок1".

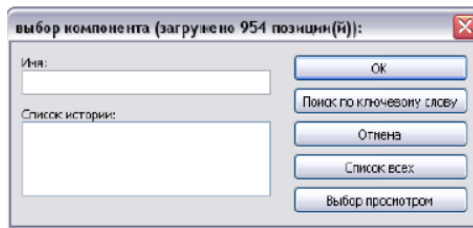


14. Щелкните по клавише Разместить компонент, которая находится на правой инструментальной панели.

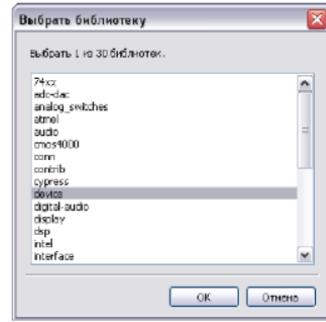


15. Щелкните в том месте экрана, где вы хотели бы разместить ваш первый компонент.

16. Появится окно «выбор компонента».

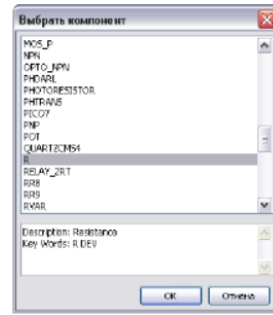


17. Щелкните по клавише Список всех. Появится окно Выбрать библиотеку.



18. Дважды щелкните по имени “device”.

19. Появится окно Выбор компонент.

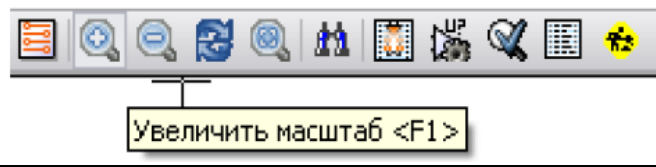


20. Переместитесь вниз и дважды щелкните по “R”.

21. Нажмите 'r' на клавиатуре. Заметьте, как поворачивается компонент.

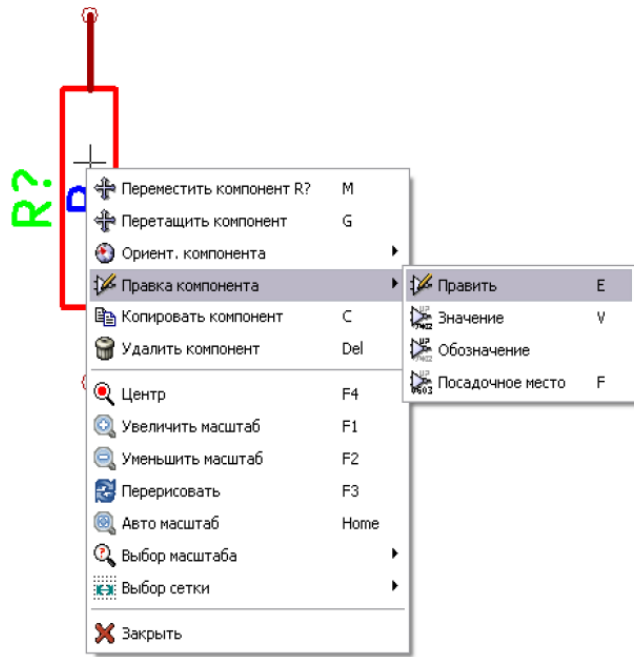
22. Поместите компонент в рабочем пространстве, щелкнув левой клавишей мышки, в месте его желаемого расположения.

23. Щелкните по увеличительному стеклу дважды, чтобы увеличить компонент.

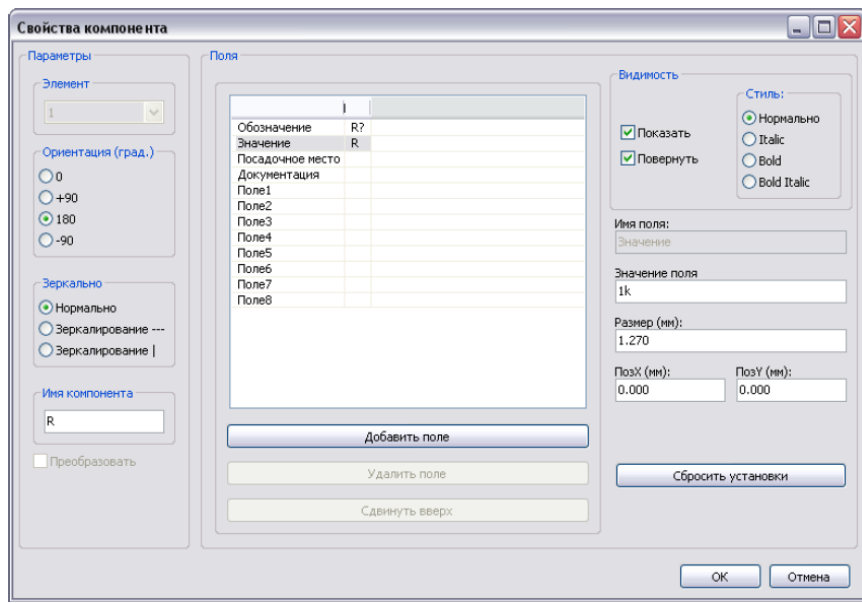


24. Щелкните правой клавишей мышки в середине компонента.

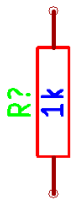




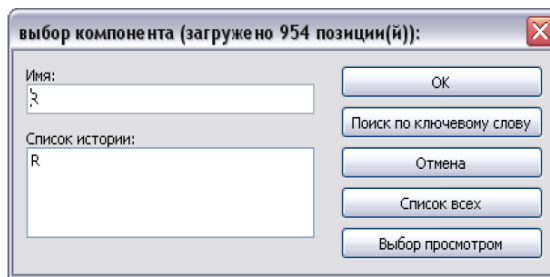
25. Выберите: “Правка компонента” -> “Править”.
26. Появится окно “Свойства компонента”.



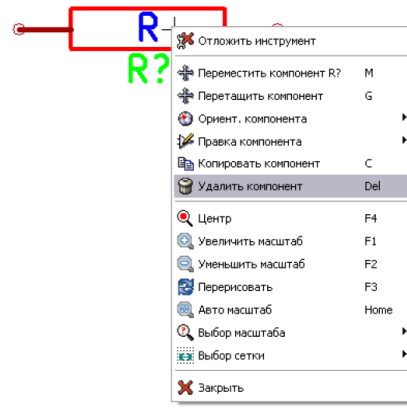
27. Выберите закладку “Значение”.
28. Замените текущее значение “R” на “1k”.
29. Щелкните **ОК**.



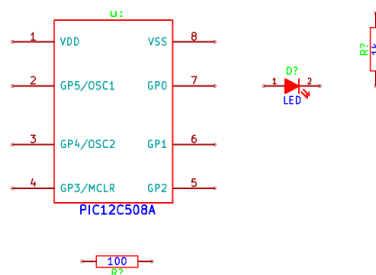
30. Значение внутри резистора будет теперь “1k” .
31. Поместите другой резистор, щелкнув в месте, где вы хотели бы его расположить.
32. Появится окно “Выбор компонента:”
33. Резистор, который вы выбрали в прошлый раз, теперь появился в списке истории.



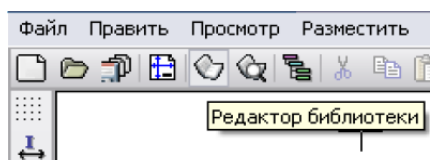
34. Щелкните по “R”.
35. Поместите резистор на страницу.
36. Повторите и поместите третий резистор на странице.
37. Щелкните правой клавишей мышки по второму резистору.



38. Щелкните по функции меню Удалить компонент. Этим компонент будет удален из схемы.
39. Щелкните правой клавишей мышки по третьему резистору. Выберите Переместить компонент.
40. Установите компонент на место щелчком левой клавиши.
41. Повторите шаги с 24 по 27 для третьего резистора, чтобы заменить “R” на “100”.
42. Повторите шаги с 14 по 20, однако в этот раз выберите “microcontrollers” вместо “device” и “PIC12C508A” вместо “R”.
43. Нажмите 'y' и 'x' на клавиатуре. Отметьте, как компонент отражается по его x и y осям. Нажмите 'y' и 'x' вновь, чтобы вернуть его к первоначальной ориентации.
44. Разместите компонент на странице.
45. Повторите шаги с 14 по 20, однако в этот раз выберите “device” и “LED”.
46. Организуйте расположение компонент на странице следующим образом:

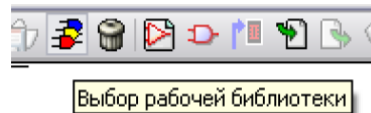


47. Теперь мы добавим компонент в библиотеку.



48. Щелкните по клавише Редактор библиотеки на верхней инструментальной панели.

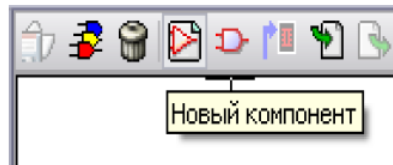
49. При этом откроется окно Редактор библиотеки компонентов.



50. Щелкните по клавише Выбор рабочей библиотеки.

51. В окне Выбрать библиотеку щелкните по имени “corp”.

52. Щелкните по клавише Новый компонент.



53. Назовите новый элемент “MYCONN3”.

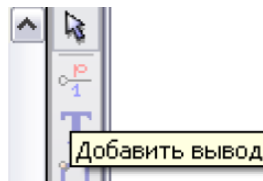
54. Впечатайте префикс, как “J”, а число частей - “1”.

55. Если появится предупреждение “есть преобразование чертежа” (has a convert drawing), щелкните “yes”.

56. Имя компонента появится в середине чертежа.

57. Щелкните дважды по увеличительному стеклу, чтобы увеличить изображение.

58. Щелкните по клавише Добавить вывод на правой инструментальной панели.

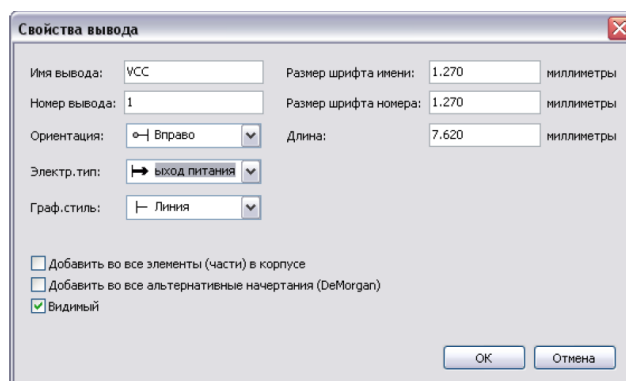


59. Щелкните левой клавишей мышки по месту будущего расположения вывода.

60. В диалоге Свойства вывода введите имя “VCC” и номер вывода “1”.

61. Выберите Электрический тип как “Выход питания”, затем щелкните по “ОК”. И, наконец, разместите вывод в том месте, где вы хотели бы его видеть.

62. Повторите шаги с 59 по 61, но в этот раз Имя вывода должно быть “INPUT”, а Номер вывода - “2”. Электрический тип должен быть “Вход”.



*Содержание отчета:*

- Тема и цель работы.
- Используемое оборудование.
- Краткие записи по самостоятельно изученному материалу.
- Электрические схемы и таблицы.
- Обобщение и выводы по проделанной работе.

*Контрольные вопросы:*

1. Каковы возможности САПР KiCAD?

2. Что представляет собой Менеджер проекта Kicad?
3. Общие сведения о редакторе печатных плат Pcbnew?

### Лабораторное занятие №2. Введение в KiCad (4 часа)

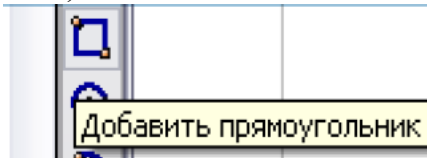
*Цель:* изучить возможности САПР и приступить к разработке печатной платы

*Используемое оборудование:* IBM – совместимые компьютеры, САПР: KiCad.

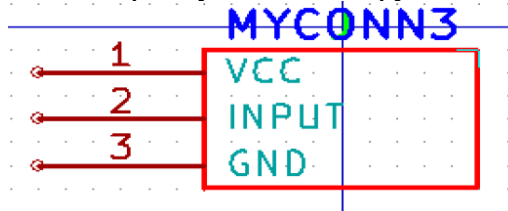
*Место проведения:* Компьютерный класс.

*Порядок выполнения работы:*

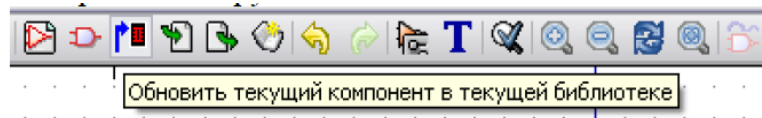
1. Повторите шаги с 59 по 61 для “Имя вывода”, которое должно быть “GND” и “Номер вывода” - “3”. “Электрический тип” - “Выход питания”.
2. Упорядочите выводы и метки, как показано ниже в шаге 65.



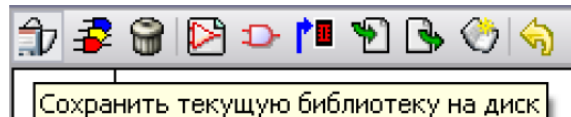
3. Щелкните по клавише Добавить прямоугольник. Щелчком левой клавиши и удержанием ее нажатой, расположите прямоугольник вокруг имен выводов.



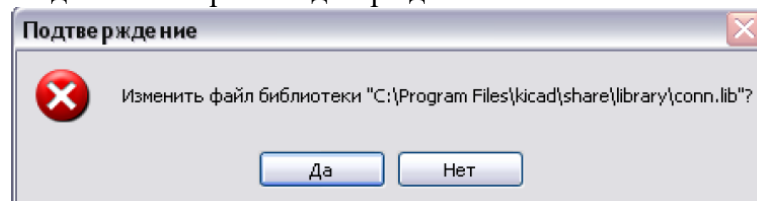
4. Щелкните по указанной кнопке Сохранить текущий компонент в текущей библиотеке на верхней инструментальной панели.



5. Щелкните по крайней левой кнопке “Сохранить” текущую загруженную библиотеку на диске на верхней инструментальной панели.



6. Щелкните “Да” в диалоге запроса подтверждения.

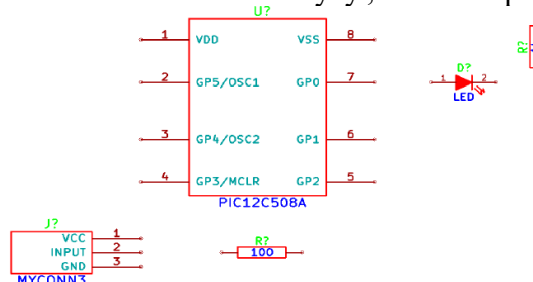


7. Теперь можно закрыть окно редактора библиотек.

8. Вернитесь в окно редактора схем “EeSchema”.

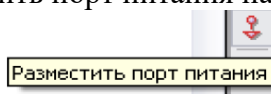
9. Повторите шаги с 14 по 20 для выбора “conn” и “MYCONN3”.

10. Появится вновь созданный вами элемент. Выберите место возле второго резистора для размещения этого компонента. Нажмите клавишу 'y', чтобы отразить его по оси y.



11. Под надписью “MYCONN3” появится идентификатор компонента “J?”. Щелкните правой клавишей мышки по нему и щелкните по функции Переместить поле. Разместите “J?” под выводами.

12. Щелкните по клавише Разместить порт питания на правой панели.



13. Щелкните над верхним выводом резистора 1к.

14. В окне «выбор компонента» щелкните по кнопке «Список всех».

15. Прокрутите список вниз до “VCC” в окне Выбрать компонент и выберите его.

16. Щелкните над выводом резистора 1к, чтобы разместить элемент.

17. Щелкните над выводом VDD компонента microcontroller.

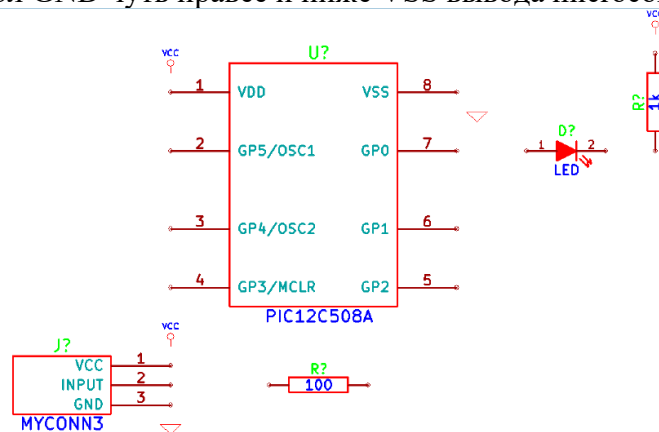
18. В истории выбора выберите “VCC” и щелкните вновь у вывода VDD.

19. Повторите все вновь, и разместите вывод VCC над выводом VCC компонента “MYCONN3”.

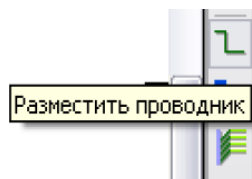
20. Повторите шаги с 74 по 76, но в этот раз выберите GND.

21. Разместите вывод GND под выводом GND элемента “MYCONN3”.

22. Разместите символ GND чуть правее и ниже VSS вывода microcontroller.



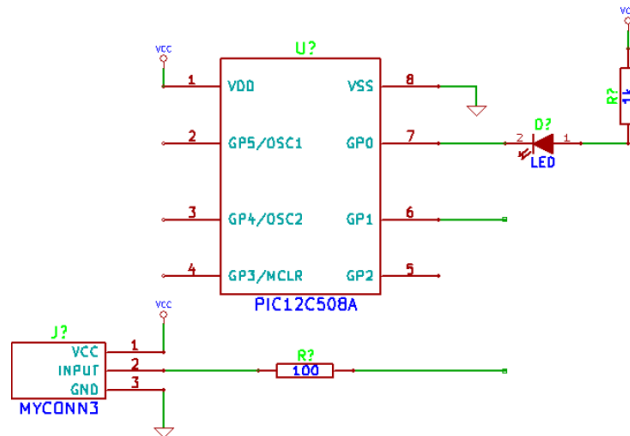
23. Щелкните по кнопке Разместить проводник правой панели. Будьте осторожны, чтобы не нажать кнопку “Разместить шину”, которая расположена рядом, но имеет другое начертание.



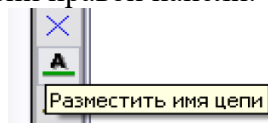
24. Щелкните левой клавишей мышки по маленькому кружочку на конце вывода 7 компонента схемы microcontroller, а затем по маленькому кружочку на втором выводе компонента LED.

25. Повторите этот процесс, чтобы соединить другие компоненты, как показано ниже.

26. Когда вы соединяете VCC и GND символы, проводник должен касаться нижней части символа питания VCC и середины верха символа «земли» GND.

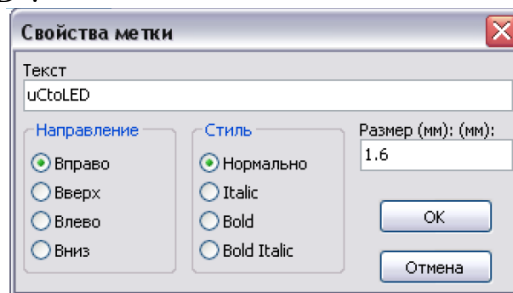


27. Промаркируйте электрические цепи введенной схемы (нанесите метки цепей), щелкнув по клавише Разместить имя цепи правой панели.



28. Щелкните в середине проводника между microcontroller и LED.

29. Введите имя "uCtoLED".



30. Щелкните около кружка (чуть правее) вывода 1 компонента LED, чтобы расположить имя цепи.

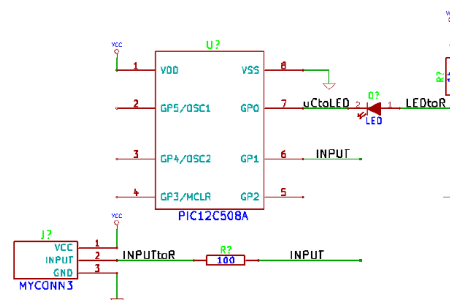
31. Назовите проводник между резистором и LED как "LEDtoR".

32. Назовите проводник между "MYCONN3" и резистором "INPUTtoR".

33. Назовите проводник справа от резистора 100 как "INPUT".

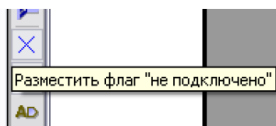
34. Назовите проводник вывода 6 как "INPUT". Таким образом, создается невидимая связь между двумя выводами, помеченными как "INPUT". Применение меток - полезная техника при вычерчивании схемы, где полное проведение проводников может сделать чертеж плохо воспринимаемым.

35. Вы не должны маркировать проводники для выводов VCC и GND, поскольку предполагается маркировка объектов питания, к которым они присоединены.



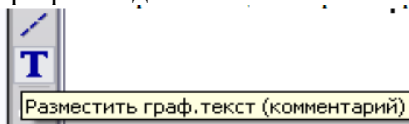
36. Программа выполняет проверку на наличие ошибок в схеме, поэтому любые проводники, которые не присоединены, могут вызывать предупреждения. Чтобы избежать этих предупреждений, вы можете проинструктировать программу, что не присоединенные проводники оставлены так преднамеренно.

37.Щелкните по клавише «Разместить флаг не подключено» на правой панели инструментов схемы.

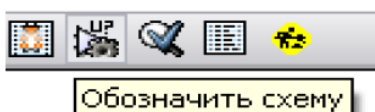


38.Щелкните по маленьким кружочкам на конце линий 2, 3, 4 и 5.

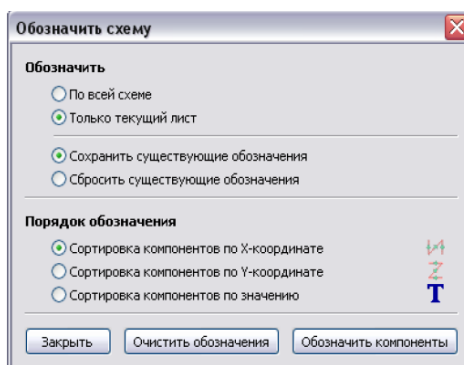
39.Для добавления комментария на схеме используйте кнопку Разместить графический текст (комментарий) на правой панели. Можете ввести что-то типа «Моя первая схема» с указанием ориентации и размера шрифта надписи.



40.Теперь компоненты схемы нуждаются в получении уникальных идентификаторов позиционных обозначений. Чтобы это сделать щелкните по клавише аннотирования схемы в верхней панели кнопок.

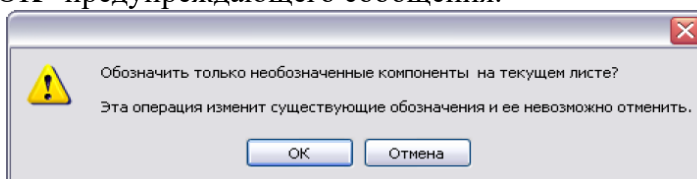


41.В окне Обозначить схему выберите опции “Только текущий лист” и “Сохранить существующие обозначения”.



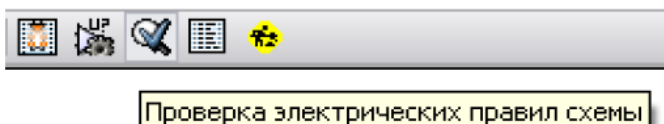
42.Щелкните по клавише Обозначить компоненты.

43.Щелкните по “ОК” предупреждающего сообщения.



44.Заметьте, как все знаки “?” на компонентах были заменены числами. Каждый идентификатор уникален. В нашем примере “R1”, “R2”, “U1”, “D1” и “J1”.

45.Щелкните по клавише проверки правильности электрических соединений на верхней панели. Нажмите клавишу Тест ERC.



46.Этим будет создан отчет, информирующий вас о любых ошибках или предупреждениях, таких как не присоединенные проводники. Вы не должны получить ошибок и предупреждений (0 Errors и 0 Warnings). Небольшие зеленые стрелки появятся в местах ошибок, если они сделаны. Выберите опцию Создать ERC отчет и нажмите клавишу Тест ERC вновь, чтобы получить больше информации об ошибках (выполняется вывод отчета в ерс-файл на диске).

47.Щелкните по клавише Сформировать список цепей на верхней панели.



Сформировать список цепей

48.Щелкните клавишу Список цепей, затем по “Сохранить” для сохранения списка в файле tutor1.net.

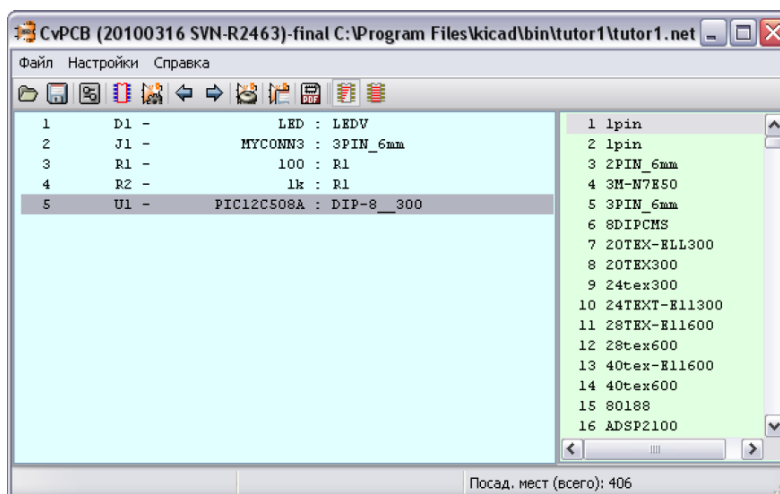
49.Щелкните по кнопке “Запустить Сврcb” на верхней панели.



Запустить Сврcb

50.Программа Сврcb позволяет вам соединить (ассоциировать) компоненты с их посадочными местами (шаблонами цоколевки) на будущей печатной плате. При пуске программы выдается сообщение об отсутствии файла tutor1.cmp.

51.В светло-голубом окне (окне компонент) выберите “D1”, и прокрутите список вниз в светло-зеленом окне (окне посадочных мест модулей платы) к “LEDV”, и дважды щелкните по нему.



52.Для “J1” выберите цоколевку (footprint) “3PIN\_6mm”.

53.Для “R1” и “R2” выберите “R1” из светло зеленого окна.

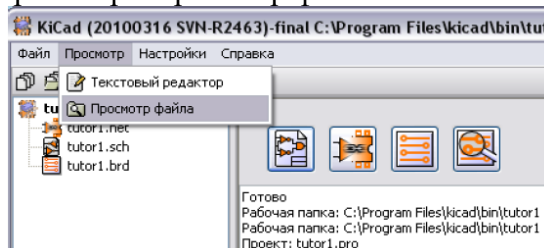
54.Выберите dip-8\_300 для “U1”.

55.Щелкните по “Файл” / ”Сохранить как”. Ранее выбранное имя файла “tutor1.net” списка цепей вполне подходит, поэтому щелкните по «Сохранить».

56.Сохраните проект схемы щелчком по “Файл” / “Сохранить весь проект схемы”.

57.Переключитесь в основное окно (окно менеджера) комплекса программ KiCad.

58.Выберите функцию Просмотр / Просмотр файла.



59.Если появляется сообщение об ошибке, выберите ваш текстовый редактор. Большинство компьютеров имеют «c:\windows\notepad.exe» (или «/usr/bin/gedit»).

60.Выберите файл “tutor1.net”. Вы откроете ваш netlist-файл списка цепей схемы. Он описывает все соединения всех компонент и выводов введенной схемы.

61.Теперь вернемся в окно редактора схем “EeSchema”.

62.Чтобы создать перечень элементов схемы в формате BOM - bill of materials, щелкните по клавише Спецификация материалов и/или комплектующих на верхней панели.





Спецификация материалов и/или комплектующих

63.Щелкните по клавише “ОК”, а затем по “Сохранить” (программа предлагает несколько вариантов формирования файла BOM в виде текстового списка или в табличном формате CSV) .

64.Чтобы увидеть файл, повторите шаг 120 и выберите имя “tutor1.lst”.

65.Теперь для перехода в редактор проекта печатной платы щелкните по клавише Запустить Pcbnew верхней панели.



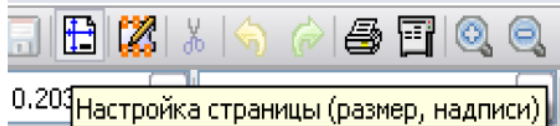
Запустить pcbnew

66.Откроется окно “Pcbnew”.

67.Щелкните по “ОК”, когда появится сообщение, что файл tutor1.brd не существует.

68.Щелкните по “Файл” / “Сохранить”.

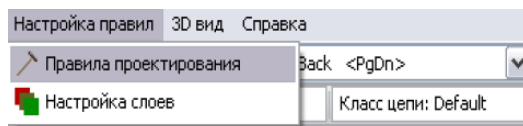
69.Щелкните по клавише Настройка страницы на верхней панели.



Настройка страницы (размер, надписи)

70.Выберите “Размер страницы” как “А4”, и введите “Наименование” как “Урок1” .

71.Выберите из меню функцию Настройка правил / Правила проектирования, которая позволяет задать ширину проводников, зазоры и размер возможных переходных отверстий (если в плате будет более одного слоя) для стандартного (по умолчанию) класса цепей печатной платы.



Настройка правил 3D вид Справка

Правила проектирования

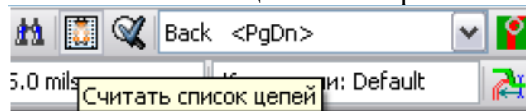
Back <PgDn>

Настройка слоев

Класс цепи: Default

72.Установите значения так, чтобы они подходили к возможностям вашего производства печатных плат. Проконсультируйтесь с вашим производителем на этот счет. Для нашего примера увеличим зазор (clearance) до 0.0150”. Для этого используется панель «Редактор классов цепей». Смежную панель «Общие правила проектирования» используют для установки глобальных параметров проекта печатной платы, таких минимальная ширина проводника (дорожки). Это значение, по умолчанию, 0.008”.

73.Щелкните по клавише Считать список цепей на верхней панели.



Считать список цепей

*Содержание отчета:*

- Тема и цель работы.
- Используемое оборудование.
- Краткие записи по самостоятельно изученному материалу.
- Электрические схемы и таблицы.
- Обобщение и выводы по проделанной работе.

*Контрольные вопросы:*

1. Каковы возможности САПР KiCAD?
2. Что представляет собой Менеджер проекта Kicad?
3. Общие сведения о редакторе печатных плат Pcbnew?

**Лабораторное занятие №3. Введение в KiCad (6 часов)**

*Цель:* изучить возможности САПР и приступить к разработке печатной платы

*Используемое оборудование:* IBM – совместимые компьютеры, САПР: KiCad.

*Место проведения:* Компьютерный класс.

*Порядок выполнения работы:*

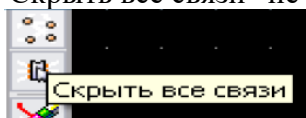
1. Щелкните по клавише “Прочитать текущий список” из файла цепей “tutor1.net”, а затем щелкните по клавише Заккрыть.

2. Компоненты будут расположены в верхнем левом углу, над страницей, прокрутите страницу, чтобы увидеть их.

3. После щелчка правой клавишей на посадочном месте компонента выберите функцию Посадочное место / Переместить, и позиционируйте его на середину страницы.

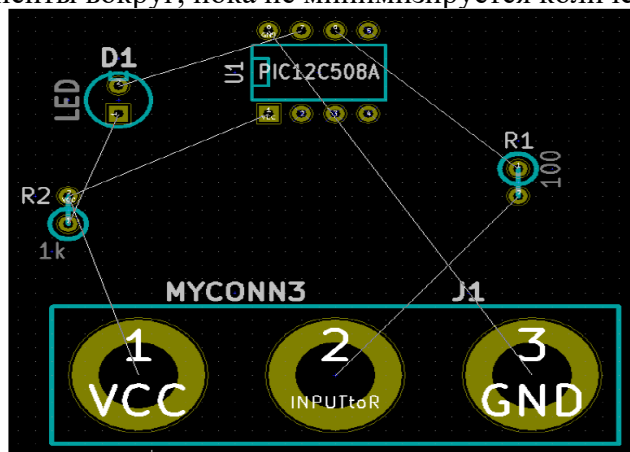
4. Повторите предыдущий шаг, пока все компоненты не окажутся на середине страницы.

5. Удостоверьтесь, что клавиша “Скрыть все связи” не включена.



6. Это отобразит ratsnest - сеть линий компонентов платы, показывающих, какие выводы соединены с какими.

7. Подвигайте компоненты вокруг, пока не минимизируется количество пересечений.

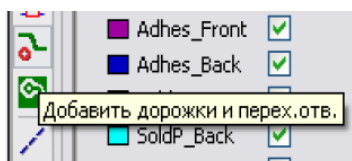


8. Если линии связи частично исчезнут, или экран станет не читаем, щелкните правой клавишей мышки и щелкните по “Перерисовать”.

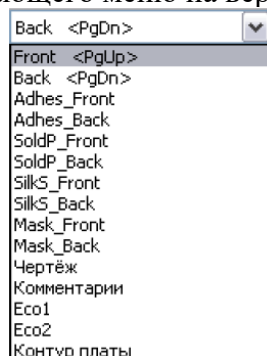
Следует заметить, что KiCAD позволяет выполнить авто-размещение компонентов в поле печатной платы, но для этого нужно первоначально задать контур ее конструктива.

9. Теперь мы разведем (растрассируем) соединения платы, исключая общий провод, на слое Front (сторона установки компонент, верхний слой).

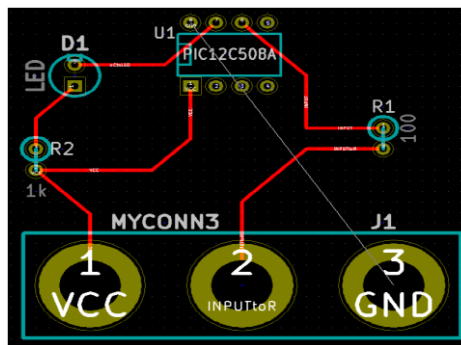
10. Щелкните по клавише “Добавить дорожки и переходные отверстия” на правой панели инструментов.



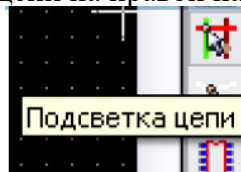
11. Выберите слой Front из выпадающего меню на верхней панели.



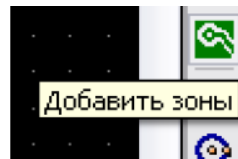
12. Щелкните на середине вывода 1 компонента “J1” и проведите дорожку к площадке “R2”.
13. Повторите этот процесс, пока все проводники, исключая вывод 3 J1, ни будут соединены.



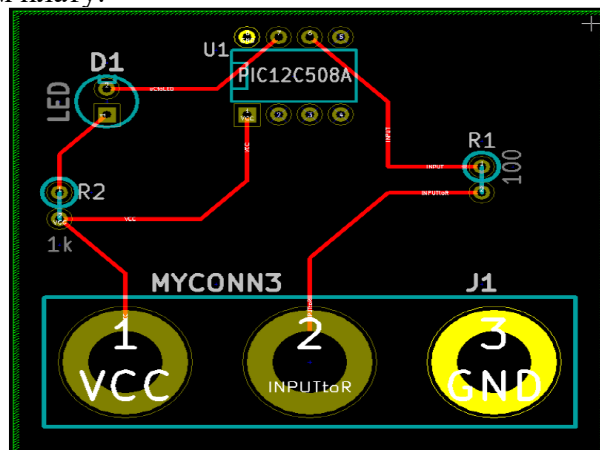
14. В выпадающем меню верхней панели выберите Back (нижний слой).
15. Щелкните по клавише Добавить дорожки и перех.отверстия (шаг 145).
16. Нарисуйте дорожку между выводами 3 компонента J1 и выводом 8 U1.
17. Щелкните клавишу Подсветка цепи на правой панели.



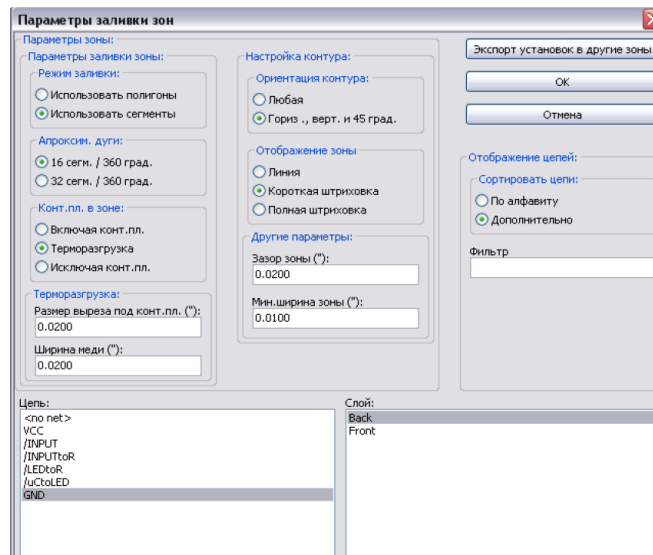
18. Щелкните по выводу 3 J1. Он станет желтым.
19. Щелкните клавишу Добавить зоны на правой панели (зона — многоугольная область металлизации).



20. Обведите контуром плату.

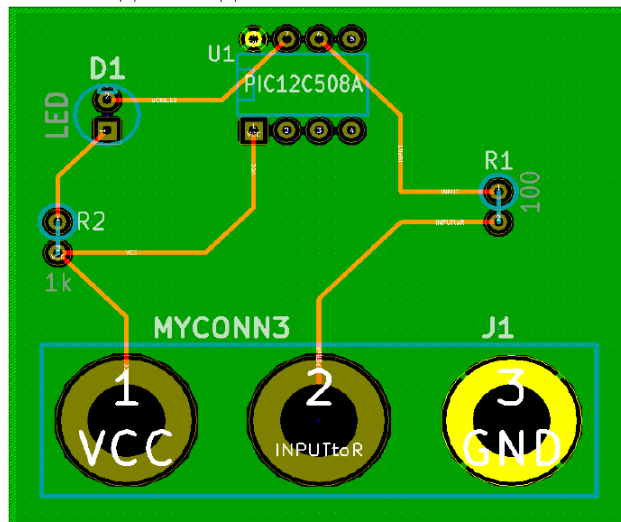


21. Щелкните правой клавишей мышки внутри контура пространства, которое только что отрисовали.
22. Щелкните по функции меню Залить и перезалить все зоны.

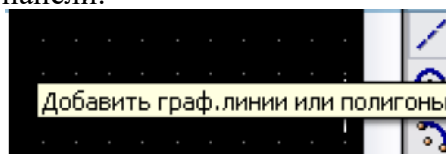


23. Выберите параметры площадок в зоне (терморазгрузка), ориентацию контура зоны и затем щелкните по “ОК”.

24. Ваша плата должна выглядеть подобно этой.

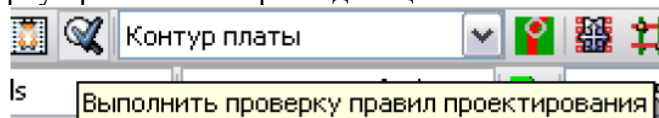


25. Теперь выберите слой Контур платы из выпадающего меню верхней панели или с помощью менеджера слоев справа экрана. Щелкните по клавише “Добавить графические линии или полигоны” на правой панели.



26. Обведите край платы, но помните, что нужно оставить небольшой промежуток между краем зеленого поля и краем платы.

27. Запустите проверку правильности разводки щелчком по “Выполнить DRC”.

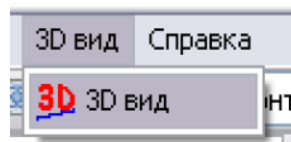


28. Щелкните по “Старт DRC”. Ошибок в зазорах быть не должно.

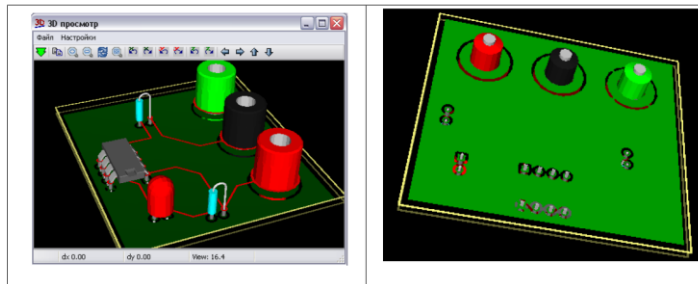
29. Щелкните по клавише «Список не подсоединенных». Не должно быть обрывов соединений.

30. Сохраните файл проекта платы щелчком по “Файл” / “Сохранить”.

31. Чтобы увидеть плату в трех измерениях, щелкните по «3D вид».



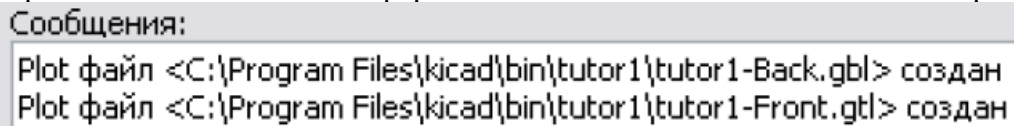
32. Вы можете мышкой крутить и поворачивать 3D-проект платы.



33. Ваша плата готова. Чтобы отправить ее производителю, вам нужно сгенерировать GERBER файлы фотошаблонов.

34. Выберите из меню функцию Файл / Чертить.

35. Выберите GERBER в качестве формата вывода и щелкните по клавише Чертить.

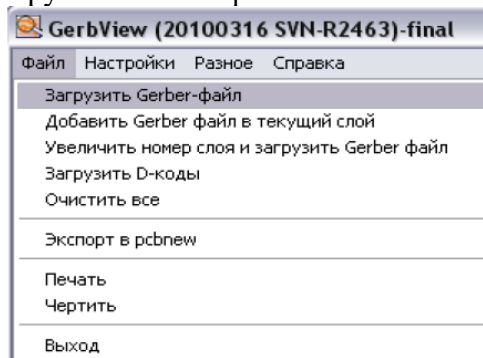


36. Для просмотра файлов GERBER перейдите в основное окно KiCad.

37. Щелкните по клавише "GerbView".



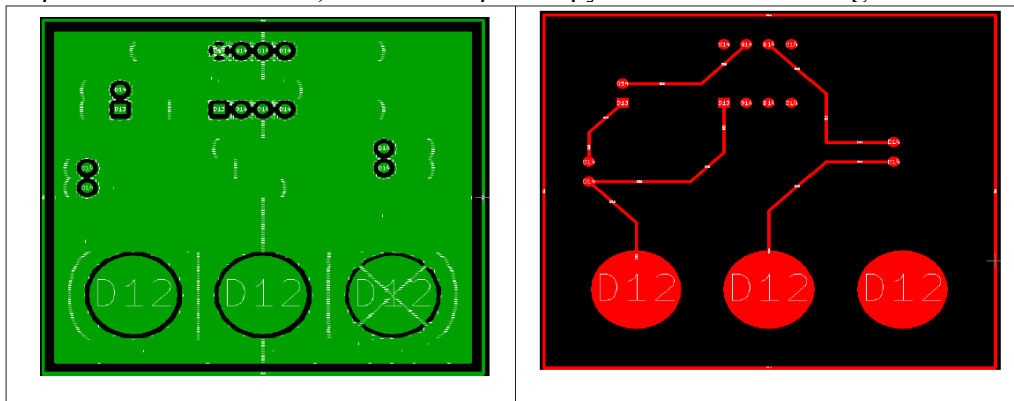
38. Щелкните по Файл / Загрузить Gerber-файл.



39. Выберите файл с именем "tutor1\_Back.gbl", и затем "Открыть".

40. В выпадающем меню или в менеджере слоев выберите "Слой 2".

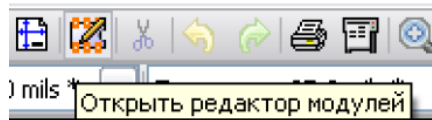
41. Повторите шаги 174 и 175, но на этот раз загрузите "tutor1 Front.gtl" и «Слой 1».



42. Таким путем вы можете проверить слои платы, которые будут отправлены для производства. Есть обширная библиотека шаблонов цоколевки (footprint library) в KiCad, однако вы можете обнаружить отсутствие нужного вам компонента в библиотеке KiCad. Следующие несколько шагов описывают создание шаблона для поверхностного монтажа в KiCad.

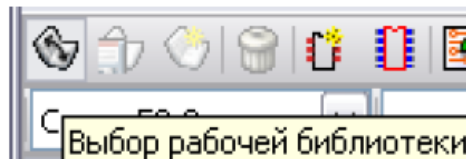
43. Чтобы создать новое посадочное место (footprint) для корпуса модуля платы вернитесь в программу “PCBnew”.

44. Щелкните по кнопке Открыть редактор модулей на верхней панели.



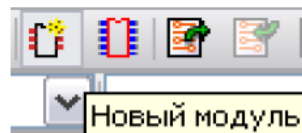
45. Этим открывается программа Module Editor.

46. Щелкните по Выбрать рабочую библиотеку на верхней панели.



47. Для этого упражнения выберите библиотеку “connect”.

48. Щелкните по клавише Новый модуль на верхней панели.



49. Введите “MYCONN3” в качестве “module reference (ссылка модуля)”.

50. В середине экрана появится этикетка “MYCONN3”.

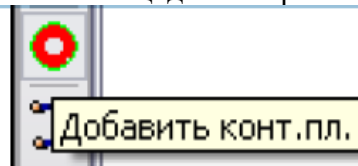
51. Под этикеткой будет “VAL\*\*”.

52. Щелкните правой клавишей мышки по “MYCONN3” и переместите над “VAL\*\*”.

53. После щелчка правой клавиши мышки по “VAL\*\*” выберите “Свойства текста посадочного места” и переименуйте в “SMD”.

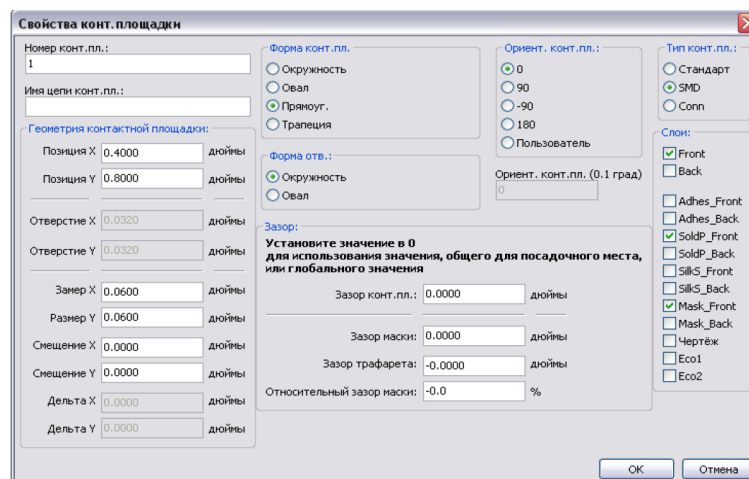
54. Установите параметр “Невидимый”.

55. Выберите инструмент Добавить площадки на правой панели.



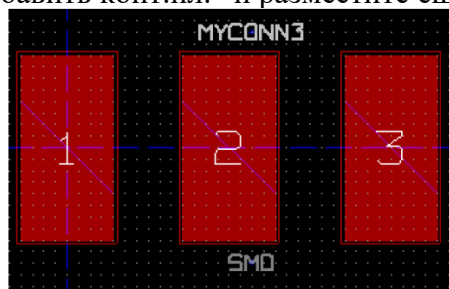
56. Щелкните по экрану для размещения площадки.

57. Щелкните правой клавишей на новой площадке и щелкните по функции Редактировать КП.



58. Установите “Номер КП” в “1”, “Позиция X” в “0.4”, “ Позиция Y” в “0.8”, “Форма” в “Прямоугольная”, а “Тип” в “SMD”. Щелкните по “Ok”.

59. Щелкните снова по “Добавить конт.пл.” и разместите еще две площадки.

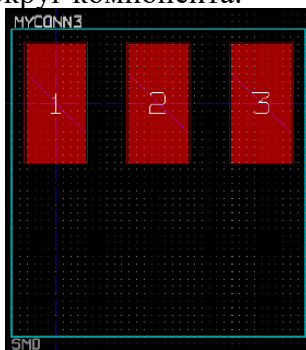


60. Переместите метки “MYCONN3” и “SMD” так, как показано выше.

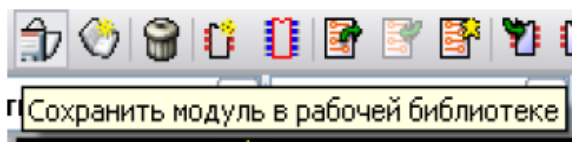
61. Щелкните по клавише Добавить линии или полигоны на правой панели.



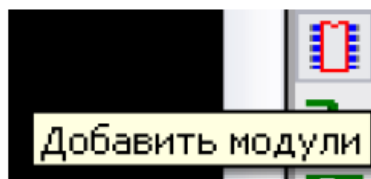
62. Нарисуйте контур разъема вокруг компонента.



63. Щелкните по кнопке “Сохранить модуль в рабочей библиотеке” на верхней панели.



64. Вы можете вернуться в Pcbnew и щелкнуть по кнопке “Добавить модули” на правой панели.



65. Щелкните по экрану, и окно имен модулей появится во всплывающем меню.

66. Выберите модуль “MYCONN3” и поместите в ваш проект печатной платы.

*Содержание отчета:*

- Тема и цель работы.
- Используемое оборудование.
- Краткие записи по самостоятельно изученному материалу.
- Электрические схемы и таблицы.
- Обобщение и выводы по проделанной работе.

*Контрольные вопросы:*

1. Каковы возможности САПР KiCAD?
2. Что представляет собой Менеджер проекта Kicad?
3. Общие сведения о редакторе печатных плат Pcbnew?

#### Лабораторное занятие №4. Анализ и компоновка принципиальной схемы (6 часов)

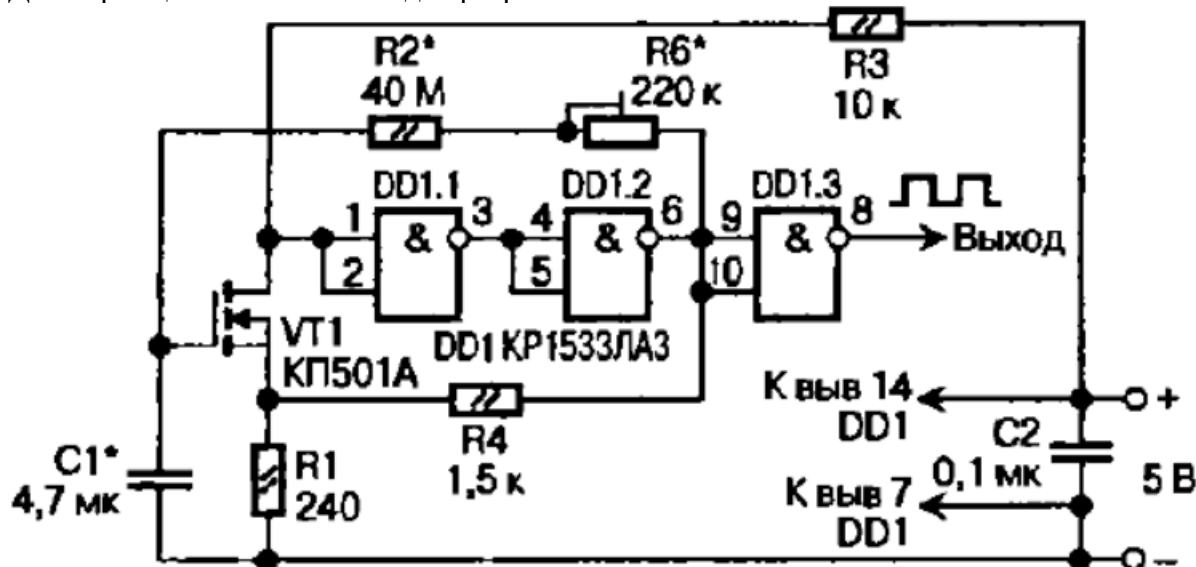
Цель: изучить возможности САПР и приступить к разработке печатной платы

Используемое оборудование: IBM – совместимые компьютеры, САПР: KiCad.

Место проведения: Компьютерный класс.

Порядок выполнения работы:

Дана принципиальная схема для разработки печатной платы:



Изучить работу схемы, ее компоненты и импортные аналоги.

Для микросхем KP1533LA3 и KP501A (KP505) необходимо определить из библиотеки компоненты и посадочные места.

Проведенный анализ покажет отсутствие в библиотеках САПР KiCAD настоящих компонентов. Для микросхемы KP1533LA3 найти импортный аналог SN74ALS00AN, а для KP505 – BSS295. По ссылкам [1-5] получить ряд инструментов и файлов. ULib инструмент помогает конвертировать SN74ALS00A\_N\_14.bxl в формат САПР Eagle light – SN74ALS00A\_N\_14.lbr. С помощью ulp-скрипта конвертировать библиотеку SN74ALS00A\_N\_14.lib (принципиальное SN74ALS00A\_N\_14.mod (посадочное место) для САПР KiCAD с посадочным местом DIP-14\_300.

В библиотеке transistor-fet.lbr для САПР Eagle light был найти BSS295 компонент с посадочным местом TO92. С помощью ulp-скрипта конвертировать библиотеку transistor-fet.lib, transistor-fet.mod для САПР KiCAD с посадочным местом TO92.

Компоненты и посадочные места для резисторов и конденсаторов схемы содержатся в библиотеке САПР Eagle light, подбираются по закону Ома  $P = U^2/R$  и номинальным значениям конденсаторов (таблица 1).



Таблица 1.

## Информация о компонентах и посадочных местах

№	Наименование компонента	Номинал/контакты	Наименование посадочного места импортного аналога
1.	R1 (МЛТ 0,125 Вт)	240 Ом	M2012, 0,10 W
2.	R2 (КИМ 0,125 Вт)	40 М	M1406, 0,12 W
3.	R3 (МЛТ 0,125 Вт)	10 к	M2012, 0,10 W
4.	R4 (МЛТ 0,125 Вт)	1,5 к	M2012, 0,10 W
5.	R6 (МЛТ 0,125 Вт)	220 к	M2012, 0,10 W
6.	C1 (К73-17)	4,7 мк	C1206 (металлопленочный)
7.	C2 (КМ-5)	0,1 мк	C0805K (керамический)
8.	K1	1 контакт (питание +5 В), 2 контакт (выход), 3 контакт (GND)	CONN_3SMD
9.	SN74ALS00AN (КР1533ЛА3)	14 контактов	DIP-14__300
10.	BSS295 (КП505)	3 контакта	TO92

С помощью ulp-скрипта получить resistor.lib для САПР KiCAD.

Для контактов питания, P1 и заземления выбрать посадочное место CONN\_3SMD из библиотеки САПР KiCAD – CONN.

Разработка печатной платы в САПР KiCAD начать с запуска менеджера проекта и графического редактора EESchema для принципиальных схем.

Команда **Разместить** компонент позволяет выбрать библиотеку и компонент в ней, поместить их на рабочее поле. Для микросхемы SN74ALS000AN выбрать библиотеку SN74ALS00A\_N\_14, МОП-транзистора –BSS95, для резисторов–transistor-fet.lib, конденсаторов – resistor.lib, библиотека CONN содержит разъемы.

Проставляются номиналы компонентов, командой **Разместить** проводник соединяются выводы компонентов. Если выводы не используются, тогда они помечаются флагом «не соединено». Для питания и заземления ставится виртуальный компонент PWR\_FLAG.

Выполняется команда Выполнить проверку электрических правил проектирования – Тест ERC, в окне Маркеры не должно быть сообщений. В результате получится схема, показанная на рисунке.

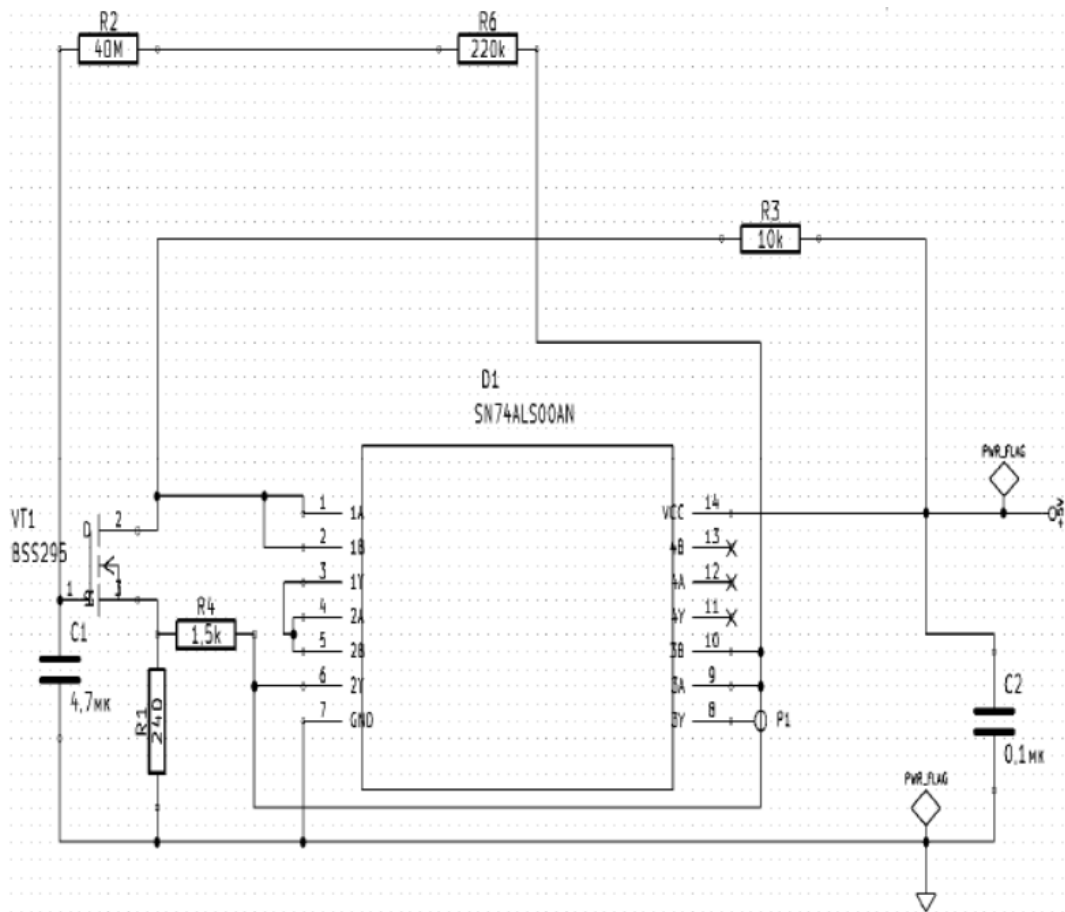


Рис. Принципиальная схема «Генераторы на транзисторах КП501» в EEschema

*Содержание отчета:*

- Тема и цель работы.
- Используемое оборудование.
- Краткие записи по самостоятельно изученному материалу.
- Электрические схемы и таблицы.
- Обобщение и выводы по проделанной работе.

*Контрольные вопросы:*

1. В чем заключается методика проектирования печатных плат?
2. Как разрабатываются компоненты принципиальной схемы в библиотеке компонентов?

#### **Лабораторное занятие №5. Анализ и компоновка принципиальной схемы (6 часов)**

*Цель:* изучить возможности САПР и приступить к разработке печатной платы

*Используемое оборудование:* IBM – совместимые компьютеры, САПР: KiCad.

*Место проведения:* Компьютерный класс.

*Требования*

*Порядок выполнения работы:*

«Размещение и трассировка печатной платы» – продолжение лабораторного занятия №4.

Необходимо создать списки соединений контактов (net-файл) командой **Сформировать список цепей**. Командой **Запустить Cvrse** для назначения посадочных мест компонентам вызывается окно инструмента посадочных мест.

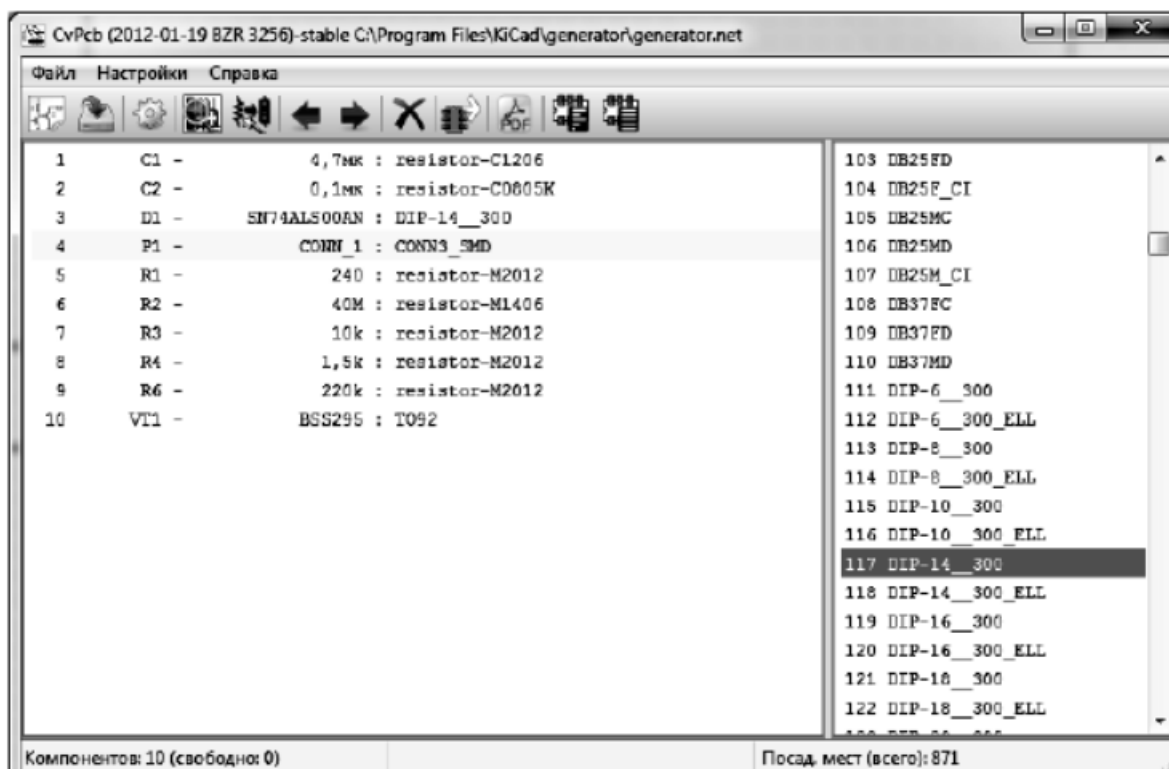


Рис. Сопоставление компонентам посадочных мест в инструменте CvPcb

Для размещения компонентов на посадочные места необходимо выполнить команду **Запустить Pcbnew** для разработки печатной платы в инструментари EESchema.

В начале работы в Pcbnew выполняются настройки (Настройка правил→правила проектирования), в которых редактируются классы слоев, общие правила проектирования (минимальная ширина дорожки, минимальный диаметр переходного отверстия, минимальный диаметр микропереходного отверстия).

Команда Считать список цепей позволяет расположить все посадочные места в верхнем левом углу. При включенном режиме Режим посадочных мест: ручное и автоматическое перемещение или размещение модулей и нажатии правой клавишей мыши на пустом поле можно выбрать пункт Глобальное перемещение и размещение>Переместить все модули, что позволит переместить все посадочные места на рабочее поле.

Чтобы задать размеры и контур платы, необходимо выбрать рабочий слой Контур платы и выполнить команду Добавить граф. линии или полигоны, очертить границы печатной платы, нарисовать линии контура платы с запасом в три деления при сетке 0,254 мм и масштабе 15. Далее можно вручную с помощью нажатия правой клавиши мыши на компоненте вызвать пункт Посадочное место и выполнить команду Переместить.

В автоматическом режимах с помощью команды Глобальное перемещение и размещение->Авторазместить все модули выполнить размещение компонентов в контуре платы.

Выполняется ручная корректировка размещения посадочных мест, при этом занимаемая площадь, число пересечений ребер (тонких прямых отрезков, соединяющие контакты) и длина соединений должны быть минимальными с учетом оптимальных критериев последующей трассировки соединений без использования спецификаций IBM для размеров печатных плат.

Быстродействующим алгоритмом размещения является последовательный алгоритм размещения, предусматривающий первоначальное размещение части элементов.

В начале алгоритма размещения самый большое посадочное место SN74ALS00AN фиксируется в центре по вертикали с помощью команды Заблокировать модуль (Режим посадочных мест: ручное и автоматическое перемещение или размещение модулей при нажатии правой кнопки мыши на SN74ALS00AN). Выполнением команды

Глобальное перемещение и размещение->Авторазместить все модули сужается контур платы вручную с целью оптимизации площади (рисунок ниже).

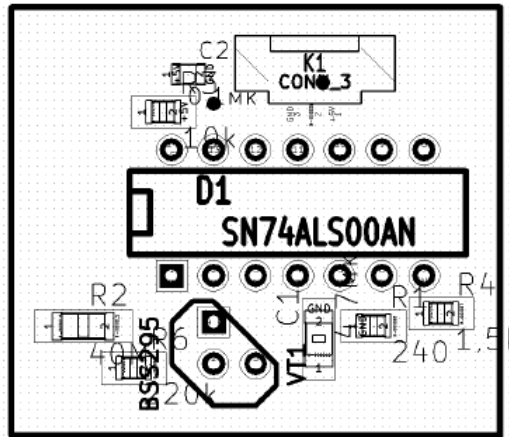


Рис. Размещение посадочных мест в контуре платы

Для трассировки платы нужно перейти в Режим дорожек:

автотрассировка на верхней панели инструментов. Нажав правой клавишей мыши на пустом пространстве, выбрать Автотрассировка->Выбор пары слоев: Верхний слой – Front, Нижний слой – Back. Далее выбрать Автотрассировка->Автотрассировать все модули для начала процесса трассировки (рисунок ниже).

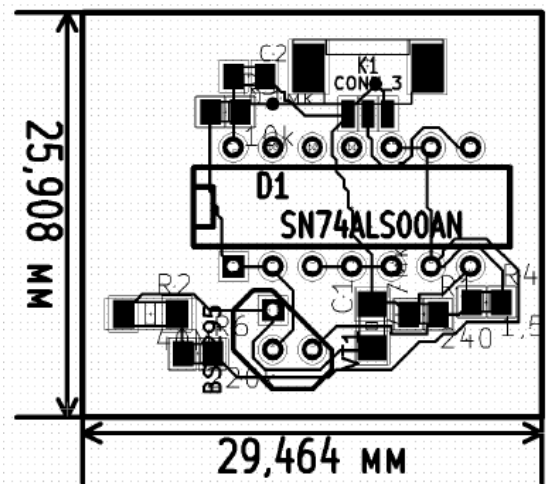


Рис. Результат трассировки печатной платы

Если появятся неразведенные соединения, то вручную можно соединить их в соответствии с правилами трассировки, а также можно заново разместить посадочные места и повторить автотрассировку.

Для ручной трассировки нужно выбирать соответствующий слой (Front, Back) командой на правой панели инструментов Добавить дорожки и перех. отв. и соединить неразведенные контакты. Чтобы не пересекались дорожки, можно менять слои. Командой Добавить зоны добавляется контур зоны печатной платы. Появляется окно, в котором выбирается Цепь: +5 В (для данной схемы), нажимается Ok. Полигонами ограничивается контур зоны, командой Замкнуть контур зоны завершается процесс обвода (рисунок ниже).

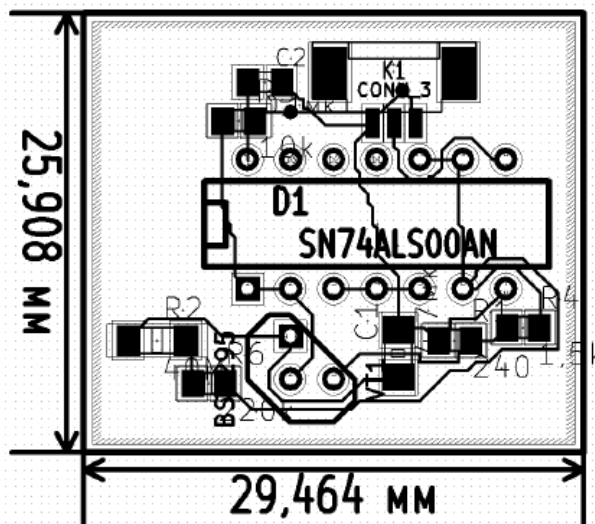


Рис. Обвод контура зоны печатной платы

Правой клавишей мыши нажимаем на плату и выбираем команду Залить и перезалить все зоны (рисунок ниже).

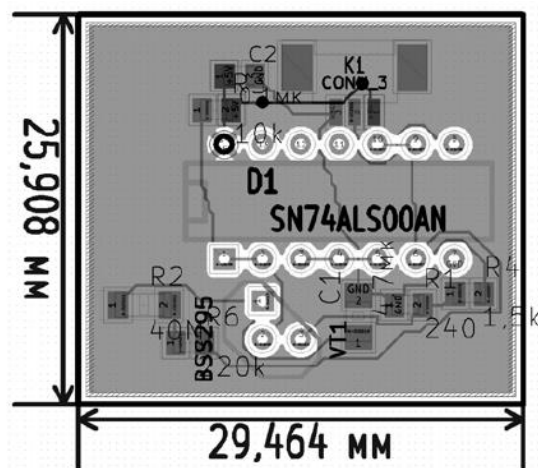


Рис. Заливка зоны печатной платы

Проверка разработанной печатной платы выполняется командой Выполнить проверку правил проектирования на верхней панели инструментов, в окне нажать команду Старт DRC.

Закладки сообщений Проблемы/Маркеры и Не подключены должны быть пустыми. Далее можно создать трехмерное представление печатной платы, выбрав Просмотр->3D вид (рисунок ниже).

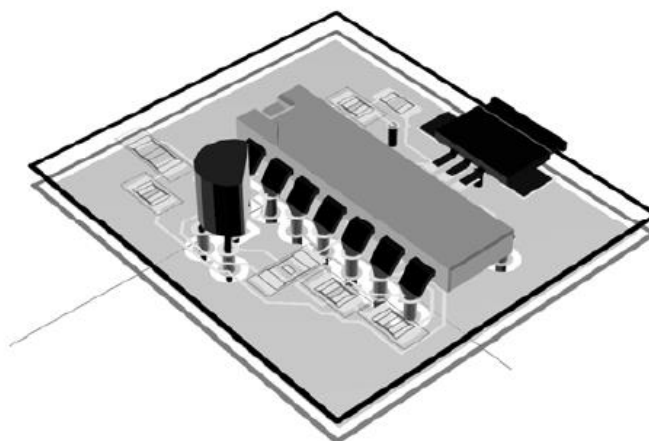


Рис. Трехмерный вид печатной платы в инструментарию Gerberview

Чтобы отправить печатную плату производителю, нужно создать фотошаблон. Для этого нужно выбрать Файл->Чертить, формат черчения оставить Gerber и нажать Чертить. В сообщениях появится текст, указывающий местоположение файлов фотошаблонов.

*Содержание отчета:*

- Тема и цель работы.
- Используемое оборудование.
- Краткие записи по самостоятельно изученному материалу.
- Электрические схемы и таблицы.
- Обобщение и выводы по проделанной работе.

*Контрольные вопросы:*

1. Что такое ERC?
2. Как разместить посадочные места?

**Лабораторное занятие №6.** Анализ и компоновка принципиальной схемы в соответствии с заданием (6 часов)

*Цель:* разработать печатную плату в соответствии с заданием

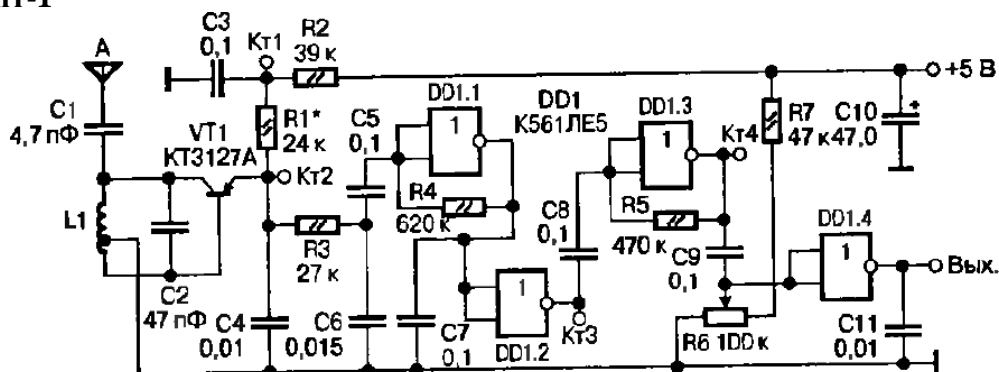
*Используемое оборудование:*

IBM – совместимые компьютеры, САПР: KiCad.

*Место проведения:* Компьютерный класс.

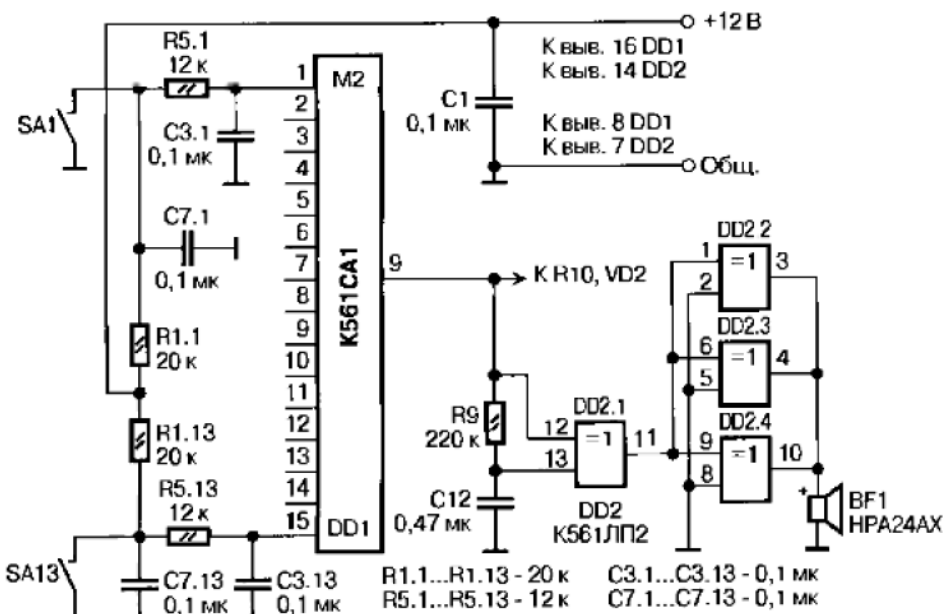
*Задание:* Принципиальная схема из журнала «Схемотехника», 2002 год, июль, 22 страница.

### Вариант-1



### Вариант – 2

Принципиальная схема из журнала «Схемотехника», 2002 год, декабрь, 43 страница.



*Содержание отчета:*

- Тема и цель работы.
- Используемое оборудование.
- Краткие записи по самостоятельно изученному материалу.
- Электрические схемы и таблицы.
- Обобщение и выводы по проделанной работе.

*Контрольные вопросы:*

1. Как разработать контур печатной платы?
2. Что такое DRC?

## **Самостоятельная работа**

### **1. Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ.**

*Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной подготовки к лабораторным занятиям.* Подготовка к лабораторным занятиям включает в себя изучение теоретического материала по теме занятия, подготовку ответов на вопросы к защите лабораторной работы, а также, в случае необходимости, обработку результатов измерений и вычисление погрешностей. Вопросы для подготовки к защите лабораторной работы приведены в планах лабораторных занятий. Выполнение студентами данного вида самостоятельной работы проверяется преподавателем на соответствующем лабораторном занятии.

Выполнение лабораторной работы включает в себя три основных этапа:

1) *Самостоятельная подготовка студента к выполнению лабораторной работы.* На данном этапе студент самостоятельно изучает методические указания по выполнению лабораторной работы, учебную литературу по теме лабораторной работы, выполняет заготовку отчета и изучает экспериментальную установку, приборы и оборудование.

2) *Выполнение лабораторной работы (проведение эксперимента) и обработка экспериментальных данных.* На данном этапе студент получает допуск к выполнению лабораторной работы и проводит эксперимент, заносит полученные данные в заготовку отчета. Все проведенные измерения обязательно проверяются преподавателем, который отмечает их правильность своей подписью в отчете. Затем студент самостоятельно проводит необходимую математическую обработку результатов эксперимента и на основании полученных данных делает вывод о достижении цели лабораторной работы.

3) *Защита лабораторной работы* включает в себя проверку преподавателем письменного отчета студента о выполненной лабораторной работе, а также беседу преподавателя со студентом по вопросам, касающимся теории изучаемого явления, методики проведения эксперимента, обработки полученных экспериментальных данных.

### **2. Самостоятельное изучение отдельных вопросов курса**

Часть теоретических вопросов курса выносятся на самостоятельное изучение студентами. При самостоятельном изучении вопроса студент должен познакомиться с содержанием соответствующей темы по одному из учебников, указанных в списке основной литературы, при необходимости могут использоваться источники из списка дополнительной литературы, а также рекомендованные ресурсы сети «Интернет». По каждому вопросу необходимо составить конспект, по возможности включающий следующие пункты:

- краткая история открытия явления, закона, изобретения;
- основные физические законы и теории, на которых основывается объяснение данного явления;
- математическая модель описываемого явления и выводы из нее;
- экспериментальная проверка справедливости теории, модели и выводов из нее;
- практическое применение описываемого явления, процесса.

Конспекты, составленные студентами, проверяются преподавателем во время лабораторных занятий, зачета и экзамена.

*Перечень вопросов, выносимых на самостоятельное изучение*

1. Эволюция электрорадиокомпонентов. Виды ЭРК и их параметры.

2. Технологические системы производства РЭУ.
3. Структура производственного процесса. Характеристики технологических процессов.
4. Классификация интегральных микросхем по конструктивно-технологическим признакам.
5. Технологические операции изготовления интегральных микросхем.
6. Технологические операции создания поверхностной конфигурации.
7. Технологические процессы полупроводникового производства.
8. Сборка, монтаж и регулировка РЭУ.
9. Виды соединений в конструкциях РЭУ.
10. Сборка и монтаж на печатных платах.
11. Качество РЭС. Контроль качества. Управление качеством. Технические методы и средства контроля.

## 6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины (модуля)

### 6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

**1. Подготовка конспекта по вопросам курса, выносимым на самостоятельное изучение** (перечень вопросов курса, выносимых на самостоятельное изучение, приведен в разделе «Самостоятельная работа»).

**Критерии оценивания конспектов по прикладным вопросам курса, выносимым на самостоятельное изучение**

Показатель	Количество баллов
1) Полнота и глубина изложения ответа (усвоенные теории, понятия, факты)	1
2) Логика изложения материала	1
3) Примеры использования описанных явлений, теорий и устройств на практике	1
4) Использование при подготовке ответа на вопрос дополнительных источников информации	1
5) Оформление работы	1
Итоговая (суммарная) оценка	Max - 5

**2. Выполнение и защита лабораторной работы** (задания к лабораторным занятиям и вопросы для защиты приведены в планах лабораторных занятий)

#### Критерии оценивания лабораторной работы

По результатам выполнения лабораторной работы студент получает **оценку «зачтено»** при выполнении следующих условий:

- 1) самостоятельное выполнение эксперимента и получение корректных экспериментальных данных;
- 2) наличие самостоятельно подготовленного отчета по установленной форме, в котором отражены результаты измерений и вычислений, в том числе погрешностей (при необходимости), а также представлены графики в соответствии с заданиями к лабораторной работе;
- 3) правильные ответы на все контрольные вопросы к данной лабораторной работе.

При невыполнении хотя бы одного из вышеперечисленных пунктов по результатам выполнения лабораторной работы студент получает **оценку «не зачтено»**.

### 6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации

#### 1. Курсовой проект

Тематика курсовых проектов



В курсовом проекте студенту предлагается разработать конструкцию РЭС различного функционального назначения. Содержание конструкторских и технологических задач курсового проекта соответствует стадиям технического предложения, эскизного и технического проектирования.

Возможны три конструктивно-технологических варианта исполнения РЭС:

- на бескорпусных микросборках;
- на корпусных микросборках;
- на интегральных микросхемах широкого применения.

Конструктивно-технологический вариант задает руководитель проекта или по согласованию с руководителем обосновывает студент, выполняющий проект. Содержание проектно-конструкторских и технологических задач, решаемых в проекте, определяется вариантом исполнения конструкции РЭС.

Исходные данные на проектирование выдаются студентам в виде задания на курсовой проект. В задании указывается назначение проектируемого изделия, требования к функциональным и материальным показателям конструкции, условиям эксплуатации и производства.

Приложением к заданию на курсовой проект является схема электрическая принципиальная с кратким описанием принципа работы изделия.

Курсовое проектирование может выполняться по индивидуальным или групповым заданиям. Индивидуальное задание выдается для одного студента и предполагает разработку согласованного с руководителем проекта комплекта конструкторско-технологической документации на изделие и на один из узлов. Заданием для группы студентов, как правило, является достаточно сложное изделие. Перед группой ставится задача более глубокой проработки конструкции с выдачей соответствующего комплекта конструкторской документации. Количество студентов в группе определяет руководитель курсового проекта, вопросы организационной структуры группы решают сами студенты.

### **Требования к курсовому проекту**

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Содержание пояснительной записки зависит от конструктивно - технологического варианта исполнения РЭС.

При разработке конструкции на бескорпусных и корпусных микросборках расчетно-пояснительная записка должна содержать:

- задание на курсовое проектирование,
- введение,
- техническое задание на разработку РЭС,
- анализ технического задания,
- конструкторский анализ схемы электрической принципиальной,
- разработку конструкции микросборки (МСБ),
- разработку конструкции функциональной ячейки РЭС,
- разработку конструкции РЭС,
- оценочные расчеты показателей качества конструкции,
- разработку технологического процесса изготовления микросборки (функциональной ячейки или РЭС в целом),
- заключение,
- библиографию,
- содержание.

При разработке конструкции на интегральных микросхемах широкого применения расчетно-пояснительная записка имеет то же содержание, только вместо разработки конструкции МСБ проводится разработка конструкции печатной платы.

Расчетно-пояснительная записка к курсовому проекту выполняется на листах формата А4. Объем записки не более 15-20 страниц.

Графический материал к проекту содержит схему электрическую принципиальную изделия или отдельного узла и конструкторскую документацию: топологический чертеж микросборки, послойные топологические чертежи, сборочный чертеж корпусной микросборки, чертеж печатной платы, сборочный чертеж функциональной ячейки, сборочный чертеж или чертеж общего вида блока, чертежи деталей, схемы технологического процесса изготовления РЭС. Конкретное содержание графического материала определяется руководителем проекта. Примерный объем графического материала 2...2,5 листа формата А1 (не менее 4...5 из указанных выше чертежей).

Расчетно-пояснительная записка и графические материалы проекта оформляются в соответствии с требованиями ГОСТ ЕСКД.

### **Критерии оценивания курсового проекта:**

Оценка «**отлично**» выставляется при выполнении курсового проекта в полном объеме; работа отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, оформлена с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач, сформулированных в задании; на все вопросы дает правильные и обоснованные ответы, убедительно защищает свою точку зрения.

Оценка «**хорошо**» выставляется при выполнении курсового проекта в полном объеме; работа отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, оформлена с соблюдением установленных правил; студент твердо владеет теоретическим материалом, может применять его самостоятельно или по указанию преподавателя; на большинство вопросов даны правильные ответы, защищает свою точку зрения достаточно обосновано.

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется при выполнении курсового проекта в основном правильно, но без достаточно глубокой проработки некоторых разделов; студент усвоил только основные разделы теоретического материала и по указанию преподавателя (без инициативы и самостоятельности) применяет его практически; на вопросы отвечает неуверенно или допускает ошибки, неуверенно защищает свою точку зрения.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется, когда студент не может защитить свои решения, допускает грубые фактические ошибки при ответах на поставленные вопросы или вовсе не отвечает на них

## **2. Зачет**

**Зачтено** – студент имеет оценки «зачтено» по результатам работы на лабораторных занятиях, выполнения заданий для самостоятельной работы, курсовой проект защищен на оценку не ниже «удовлетворительно».

**Не зачтено** - студент имеет оценки «не зачтено» по результатам работы на лабораторных занятиях и/или выполнения заданий для самостоятельной работы и/или курсовой проект защищен на оценку «неудовлетворительно».

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

### **7.1. Основная литература**

1. Малюков С.П. Основы конструирования и технологии электронных средств: учебное пособие / С.П. Малюков, А.В. Палий, А.В. Саенко. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2017. – 105 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/87459.html>.

2. Головицына М. В. Проектирование радиоэлектронных средств на основе современных информационных технологий: учебное пособие / М. В. Головицына. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. – 503 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/97578.html>.

3. Трухин М.П. Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств: практикум / М.П. Трухин; под редакцией В.Э. Иванова. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2018. – 176 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/106477.html>.

## 7.2. Дополнительная литература

1. Ламанов А. И. Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств. Организация и методология процесса конструирования при разработке радиоэлектронных средств: учебное пособие по курсу «Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств» / А.И. Ламанов. – М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2010. – 40 с. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/31137.html>.

2. Автоматизация проектирования электротехнических систем и устройств : учеб. пособие / Д. А. Аветисян. – М. : Высшая школа, 2005. – 511 с.

3. Основы конструирования и технологии производства РЭС: учебное пособие / Е. И. Кротова; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Ярославль: ЯрГУ, 2013. – 192 с.

4. Бутов, А. Генераторы на транзисторах КП501 / А. Бутов // Схемотехника. – №8. – 2002 - С. 27.

5. Синельников А.В. Автоматизация конструкторско-технологической подготовки производства радиоэлектронных средств. Основы технического документооборота: учебное пособие / А.В. Синельников. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2020. – 84 с. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/99165.html>.

6. Селиванова З.М. Технология радиоэлектронных средств учебное пособие по курсовому проектированию / З.М. Селиванова. – Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. – 100 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/63911.html>.

## 7.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. ulp-скрипт для САПР Eagle light, конвертирующий библиотеку компонентов и посадочных мест в формат для САПР KiCAD. <http://www.modulbot.com/download.html>.

2. Описание элемента принципиальной схемы, его компонент и посадочное место для программ САПР в формате bxl. [http://www.ti.com/product/sn74als00a?CMP=AFC-conv\\_SF\\_SEP](http://www.ti.com/product/sn74als00a?CMP=AFC-conv_SF_SEP), <http://www.datasheetarchive.com/IS00A-datasheet.html>.

3. Ultra Librarian свободное средство для конвертирования bxl-файлов (библиотек компонентов) в формат для САПР Eagle light. <http://webench.ti.com/cad/>.

4. Компонент и посадочное место микросхемы SN74ALS00AN (KP1533ЛАЗ). [http://webench.ti.com/cad/dlboxl.cgi/TI\\_BXL/SN74ALS00A\\_N\\_14.bxl](http://webench.ti.com/cad/dlboxl.cgi/TI_BXL/SN74ALS00A_N_14.bxl).

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Каталог ГОСТ: радиотехнические материалы: <https://internet-law.ru/gosts/2814/>.

2. Справочник по радиокомпонентам отечественного производства: <https://radio-komplekt.ru/handbook.php>.

3. Технический справочник радиодеталей: <https://radiosvod.ru/>.

4. Справочник по микроконтроллерам: <https://www.radioman-portal.ru/sprav/microcontrollers/>.

5. Информационно-поисковый портал по электронике: <http://radionet.com.ru/>.

6. Реестр Федерального института промышленной собственности: <https://www1.fips.ru/registers-web/>.

7. Сервер CHIPINFO: база данных по электронным компонентам: <http://www.chipinfo.ru/>.

8. QRZ.RU: технический портал – Сайт для радиолюбителей:

<https://www.qrz.ru/beginners/>.

9. Журнал сетевых решений LAN: <https://www.osp.ru/lan>

10. Электротехнический портал для студентов вузов и инженеров: <http://xn----8sbnaarbidfksmiphlmncm1d9b0i.xn--p1ai/>.

## 8. Материально-техническое обеспечение

**Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа**, оснащенная стандартной учебной мебелью, мультимедийным проектором, ноутбуком.

**Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации** – компьютерный класс с доступом к сети «Интернет».

**Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования**, оборудованная стандартной учебной мебелью, мультимедийным проектором, персональными компьютерами.

Оборудование:

- универсальная отладочная плата Pinboard 2 – 12 шт.,
- паяльная станция LUKEY 852D – 13 шт.,
- лабораторный микроскоп УХ-АК04 – 3 шт.,
- мультиметр Mastech – 1 шт.,
- мультиметр MS-8268 – 12 шт.,
- нагреватель инфракрасный кварцевый АОУ-UE INT853A – 4 шт.,
- тестер SMD-компонентов MS-8910 – 1 шт.,
- набор радиомонтажника 1PK-635 – 12 шт.,
- держатель настольный – 12 шт.,
- фильтр сетевой на 8 розеток – 15 шт.,
- коврик антистатический – 12 шт.

**Помещение для самостоятельной работы** – компьютерный класс с доступом к сети «Интернет» и ЭИОС СмолГУ.

## 9. Программное обеспечение

Microsoft Open License (Windows XP, 7, 8, 10, Server, Office 2003-2016), лицензия 66975477 от 03.06.2016 (бессрочно).

При выполнении лабораторных работ используется свободно распространяемое программное обеспечение компьютерная программа САПР «KiCAD».

Обучающимся обеспечен доступ к ЭБС «Юрайт», ЭБС «IPRbooks», доступ в электронную информационно-образовательную среду университета, а также доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 03B6A3C600B7ADA9B742A1E041DE7D81B0  
Владелец: Артеменков Михаил Николаевич  
Действителен: с 04.10.2021 до 07.10.2022