

Министерство образования и науки Российской Федерации

Южно-Российский государственный политехнический
университет (НПИ) имени М.И. Платова

Н.Д. Наракидзе, В.И. Дубров, Д.В. Шайхутдинов

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ
В СРЕДЕ KICAD**

Учебно-методическое пособие

Новочеркасск
ЮРГПУ(НПИ)
2014

УДК 621.318 (076.5)

Рецензент – канд. техн. наук, доцент **В.А. Кучеров**

Наракидзе Н.Д., Дубров В.И., Шайхутдинов Д.В.

Проектирование измерительных приборов в среде KiCad: учебно-методическое пособие / Н.Д. Наракидзе, В.И. Дубров, Д.В. Шайхутдинов; Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ). 2014. – 32 с.

Учебно-методическое пособие посвящено основным методам разработки принципиальных электрических схем и проектирования печатных плат в системе автоматизированного проектирования KiCad. Состоит из четырех практических работ с пояснениями и контрольными вопросами.

Пособие предназначено для бакалавров и магистров по направлению 200100 «Приборостроение», 230400 «Информационные системы и технологии».

Пособие подготовлено в рамках работ проводимых ЦКП «Диагностика и энергоэффективное электрооборудование»

УДК 621.318 (076.5)

© Южно-Российский государственный
политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, 2014

ВВЕДЕНИЕ

Система автоматизированного проектирования KiCAD - это интегрированный пакет (в рамках *open source GPL*) для построения электрических цепей и разводки печатных плат (*schematic circuit capture* и *PCB layout*), который работает в следующих операционных системах: LINUX, Windows XP, Mac OS. Головная программа KiCAD – это менеджер проектов, который упрощает использование других программ, необходимых для разработки электрических схем и компоновки плат, формирования и проверки файлов для производства плат. Внешний вид основного меню представлен на рис.1.

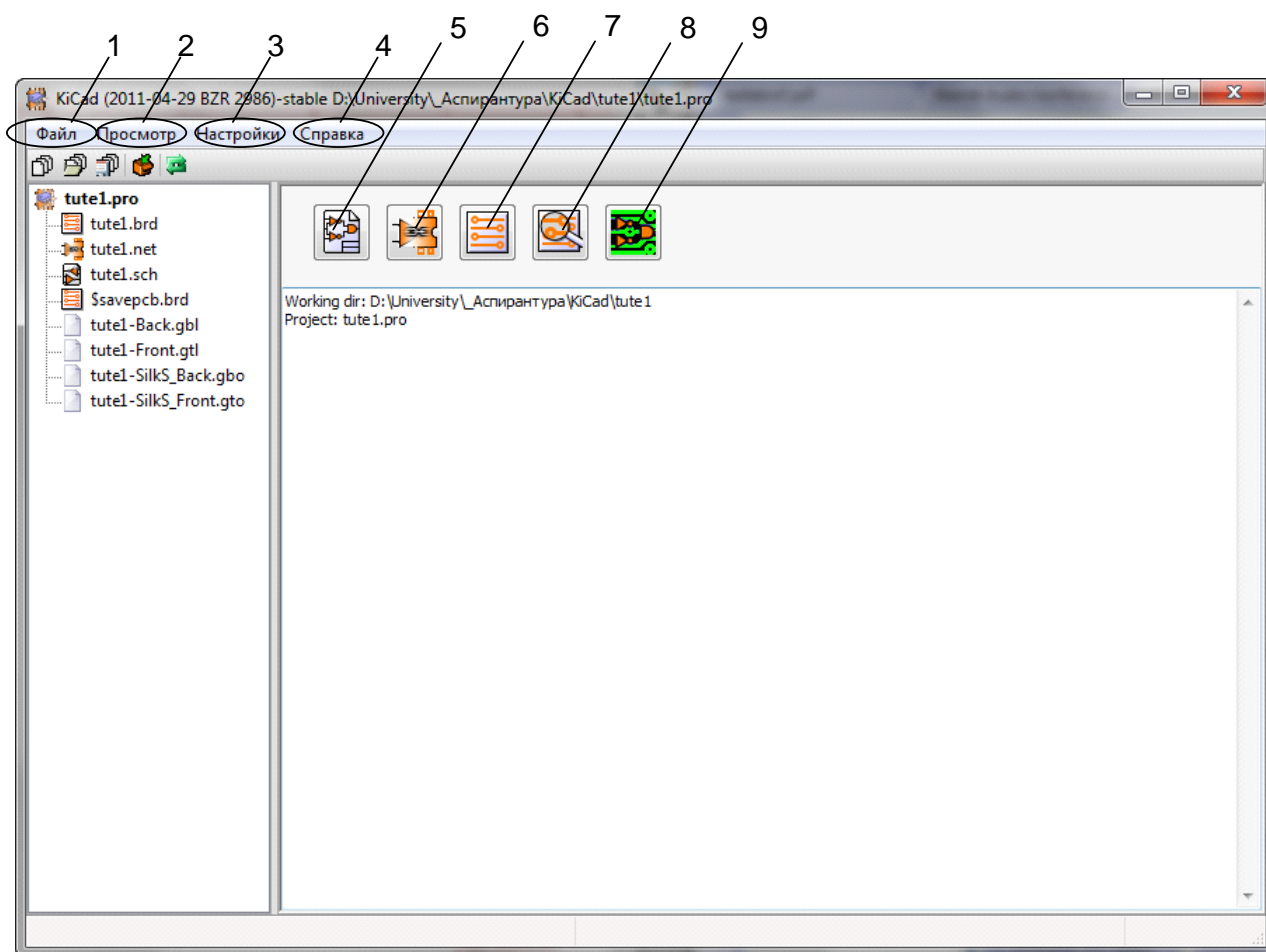


Рис.1. Окно менеджера проектов KiCAD

Пункт меню Файл (1) содержит команды для открытия (Открыть), создания (Новый), сохранения текущего состояния (Сохранить) проекта. Дополнительно здесь присутствуют команды для архивирования файлов проекта и распаковки полученного архива.

Пункт меню Просмотр (2) содержит команду для редактирования (Текстовый редактор) и просмотра (Просмотр файла) текстовых файлов.

В пункте меню Настройки (3) содержится команда для просмотра файлов в формате pdf (Просмотрщик PDF) и настройки языка (Язык).

Пункт меню Справка (4) содержит команду для выдачи справочной информации о программе KiCAD (Содержание), а также информацию о версии продукта (О программе KiCAD).

В левой части окна менеджера проектов отображаются файлы текущего проекта. В правой части находятся кнопки запуска редактора электрических схем EeSchema (5), программы для ассоциирования компонентов схемы с физическими модулями (посадочными местами корпусов) для размещения на плате Cvrpcb (6), редактора топологии печатных плат Pcbnew (7), программы визуализации файлов Gerber Gerbview (8), инструмента для создания логотипа из изображения Bitmap2Component (9).

На рис.2-7 представлен внешний вид основных редакторов.

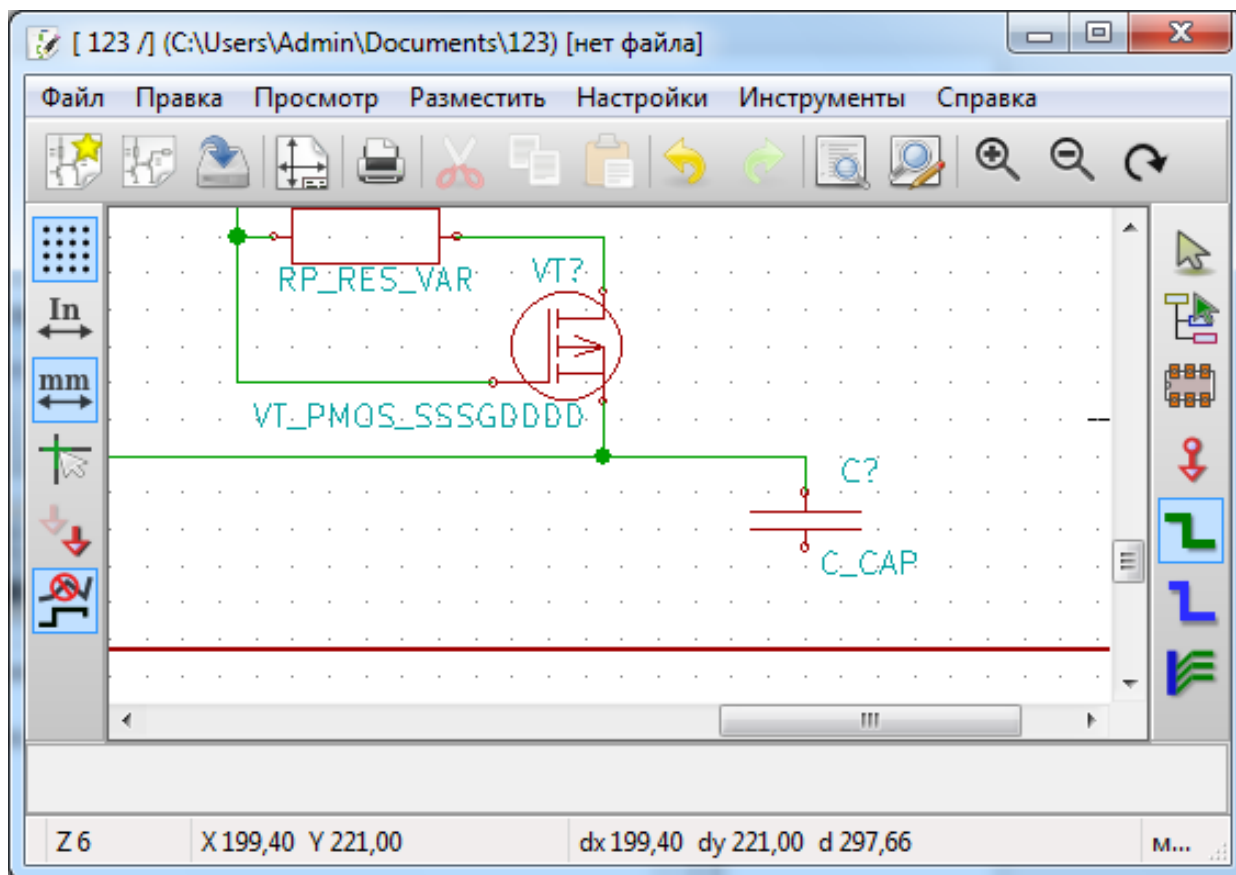


Рис.2. Внешний вид редактора электрических схем EeSchema

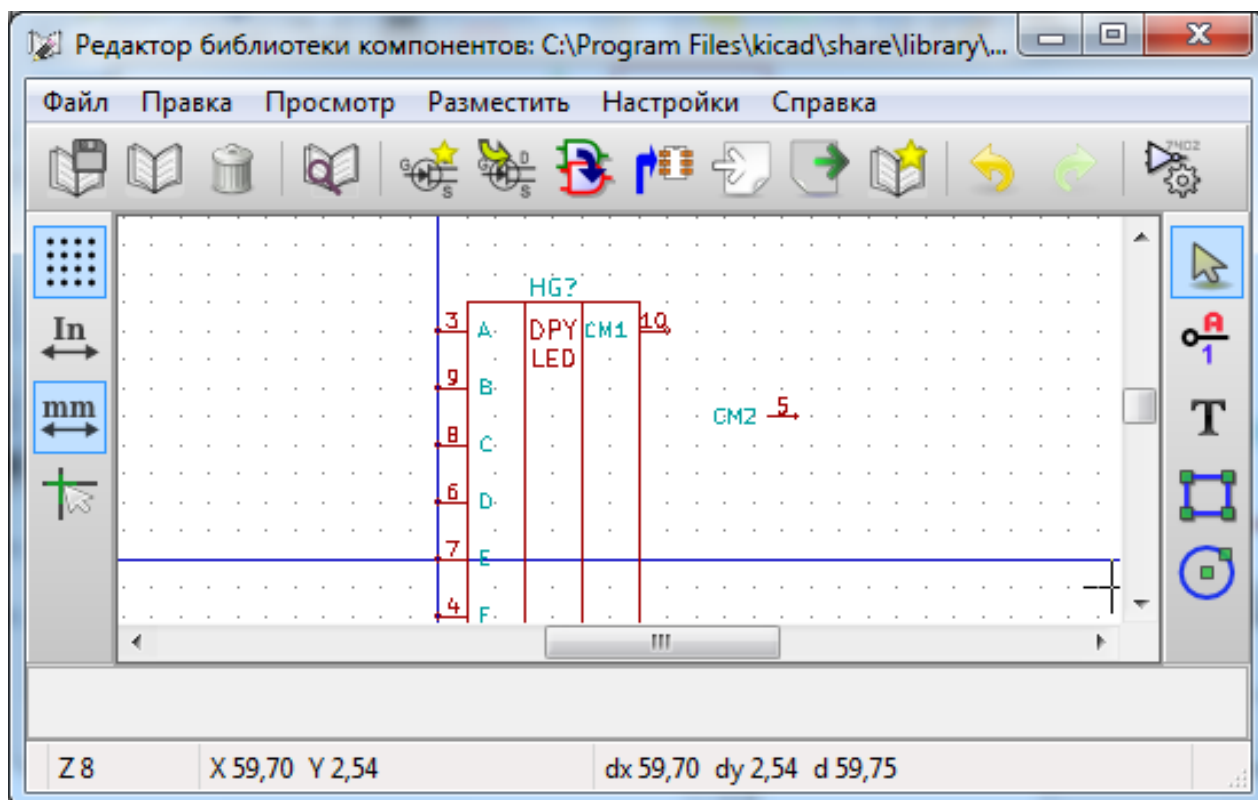


Рис.3. Встроенный редактор символов схем (библиотечных компонентов)

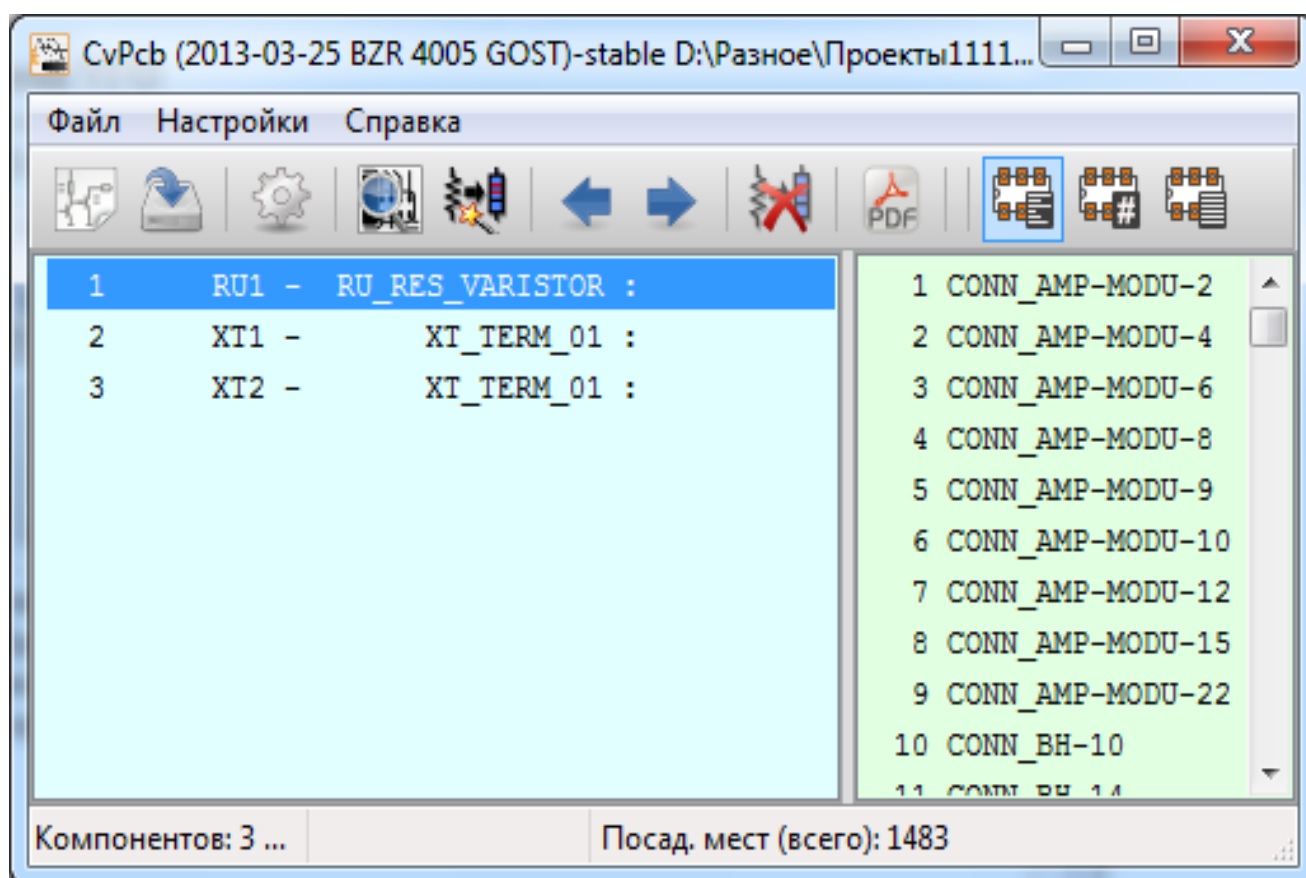


Рис.4. Программа для выбора посадочных мест, соответствующих компонентам на схеме Cvpсb

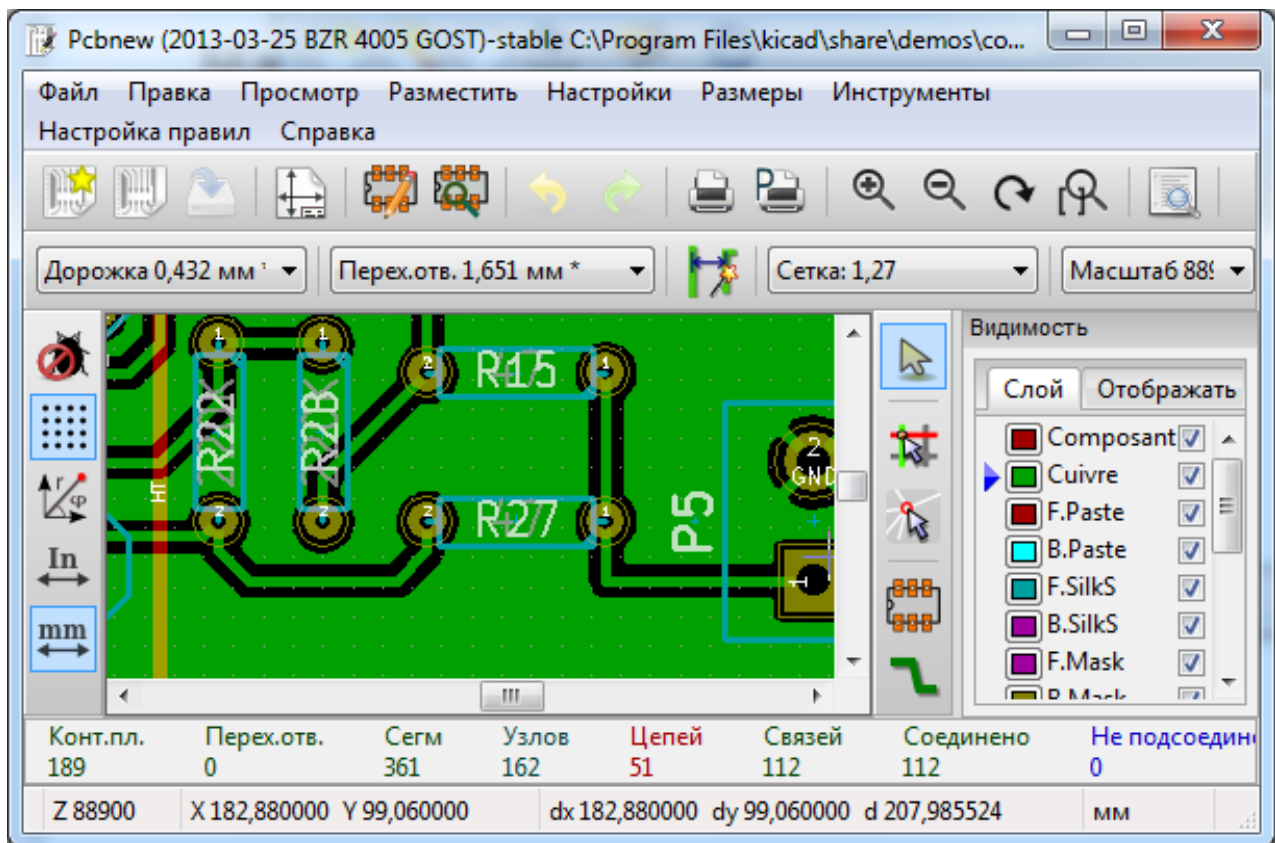


Рис.5. Редактор печатных плат Pcbnew

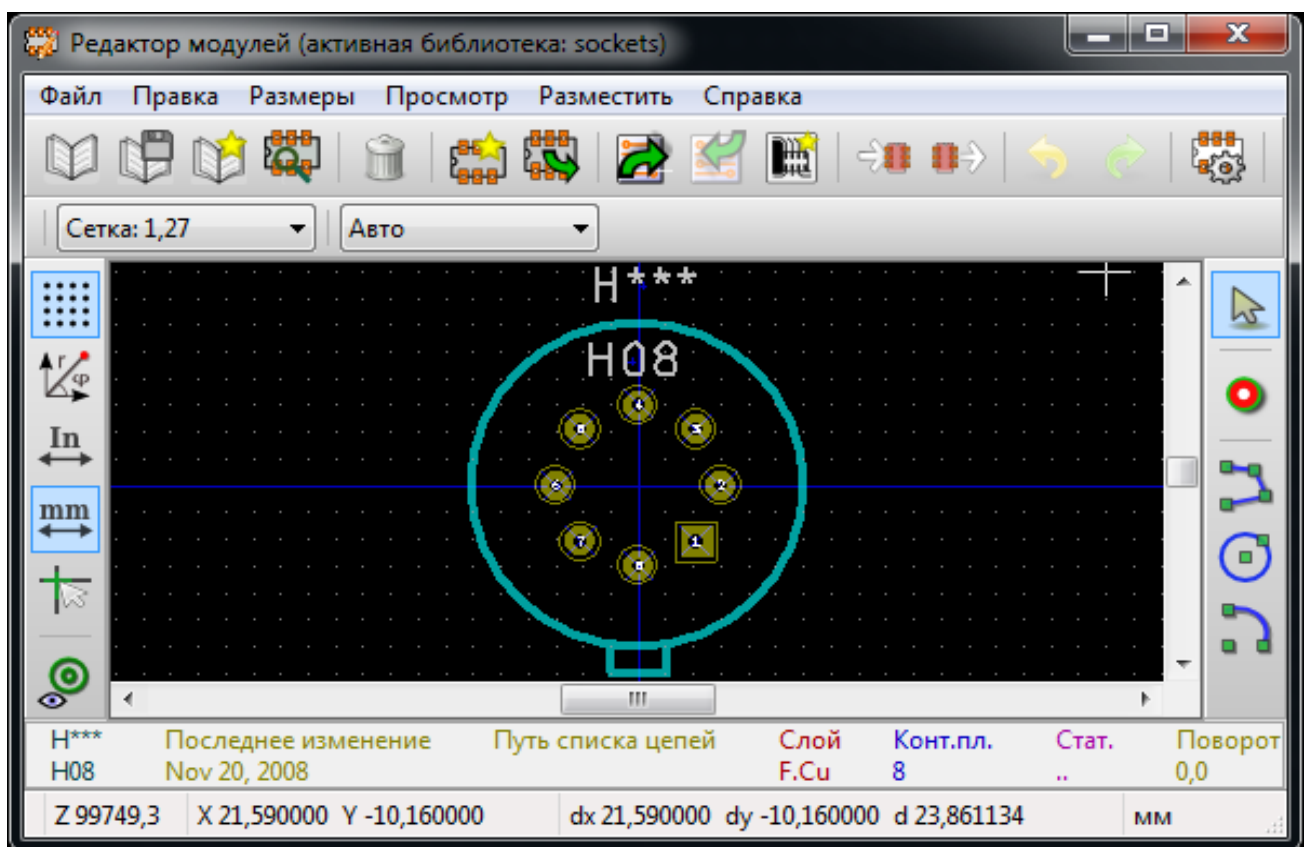


Рис.6. Встроенный редактор образов посадочных мест (библиотечных компонентов)

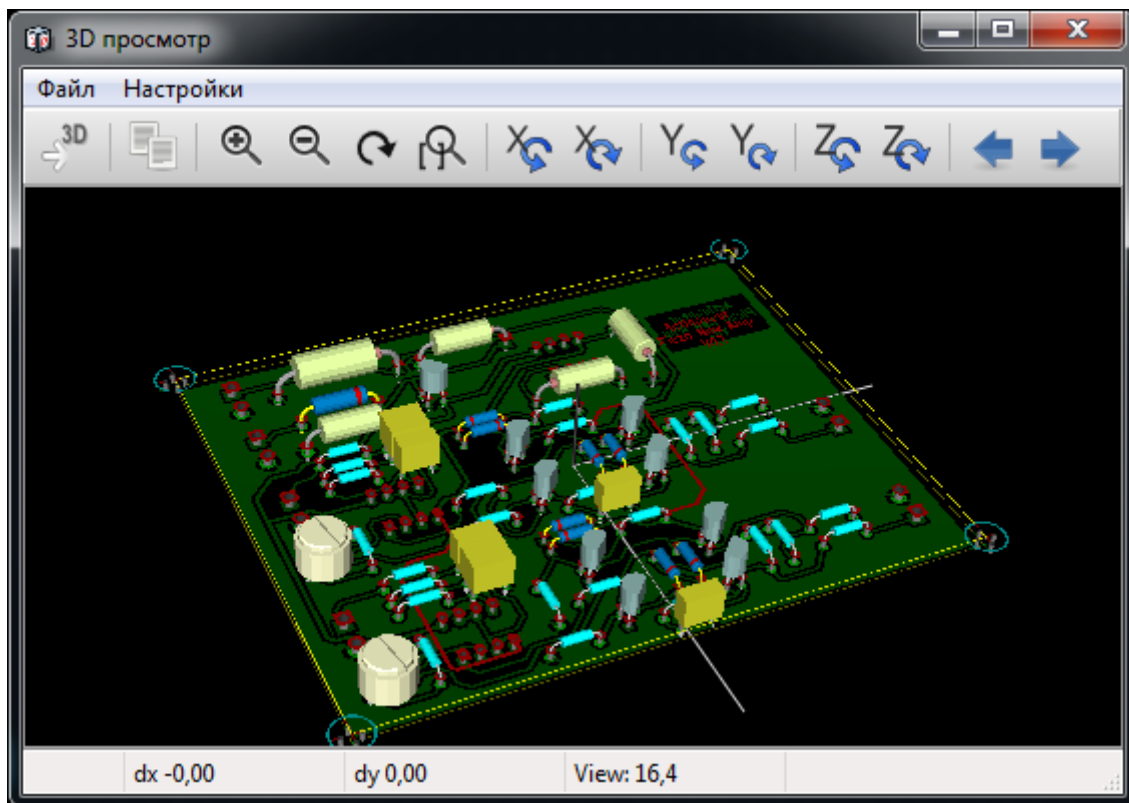


Рис.7. 3D-просмотрщик печатных плат на базе OpenGL (часть Pcbnew) 3D Viewer

KiCAD создает файл с расширением **.pro**, который содержит ряд параметров, относящихся к управлению проектом: имя файла принципиальной схемы, список библиотек, используемых в схеме и в проекте платы. Предопределенные имена как принципиальной схемы, так и печатной платы базируются на имени проекта. Таким образом, если проект, названный **example** был создан в директории, названной **example**, созданные по умолчанию файлы будут следующими:

example.pro - файл управления проектом;

example.sch - файл принципиальной схемы;

example.brd - файл печатной платы;

example.net - файл списка соединений (netlist-файл);

example.xxx - различные файлы, созданные другими утилитами;

example.cache.lib - кэш-файл компонентов библиотек, использованных при создании схемы.

Практическая работа №1

СОЗДАНИЕ БИБЛИОТЕКИ СИМВОЛОВ КОМПОНЕНТОВ

Цель занятия: научиться создавать и редактировать различные библиотеки символов компонентов.

Пояснения к работе

1.1. Настройка символьного редактора

Запустите программу графического редактора схем – EeSchema. Интерфейс программы (рис.8) содержит основную область рисования и три линейки функциональных кнопок.

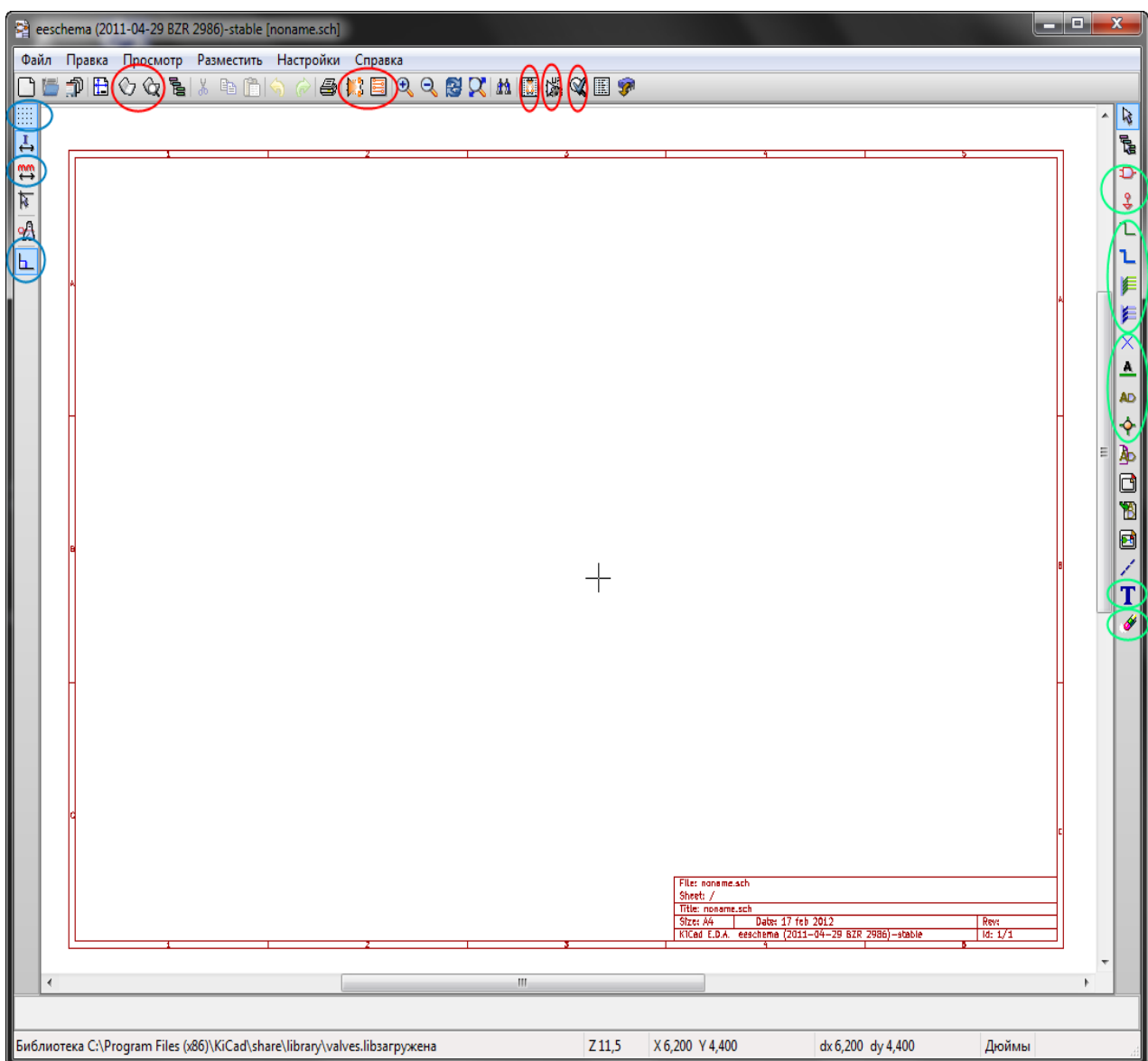


Рис. 8. Основное окно редактора схем EeSchema

Слева находятся кнопки настройки работы с чертежом (отмеченные группы, сверху вниз) — включить/отключить отображение координатной сетки; выбор метрической системы; включить/отключить рисование линий под углом, кратным 45°.

Вверху расположены кнопки для вызова внешних и вспомогательных приложений (отмеченные группы, слева направо) — вызов редактора библиотеки символов компонентов; вызов менеджера библиотек компонентов и редактора плат; генерация списка цепей; аннотация компонентов схемы; проверка правильности соединений схемы.

Справа размещены кнопки для рисования электрических схем (отмеченные группы, сверху вниз) — добавить компоненты обычные и силовые; рисовать проводники и шины; изменить пересечения и имена проводников; добавить текстовую информацию; удалить элемент схемы.

Перед работой произведите настройку программы.

Команда «Настройки/Библиотека» служит для подключения к проекту библиотек пользователя и указания каталога, где дополнительно искать эти библиотеки. В открывшемся окне: поле «Файлы библиотеки компонентов» — компоненты, загруженные в *Eeschema*; добавьте необходимые компоненты кнопкой «Добавить» и удалите ненужные кнопкой «Удалить». Поле «Пользовательские пути поиска» отображает дополнительные пользовательские пути, используемые в проекте. Их также можно добавить или удалить. В поле «Текущий список путей поиска» отображается список всех путей библиотек (как системных, так и заданных пользователем). Для сохранения настроек нажмите кнопку «Ок».

Команда «Настройки/Цвета» позволяет задать желаемые цвета для различных видов информации. Команда «Настройки/Параметры» служит для задания параметров координатной сетки и режима отображения отдельных частей схемы (рис.9).

Установите параметры, как показано на рис. 9: единицы измерения (миллиметры); шаг сетки (50 мил = 1,27 мм = 0,05"); толщина линии по умолчанию (6 мил); размер шрифта по умолчанию (60 мил); горизонтальное смещение при повторении элементов (0 мил); вертикальное смещение при повторении элементов (100 мил); инкремент повторения меток (1).

С помощью соответствующих пунктов меню «Настройки» можно сохранить или загрузить настройки программы.

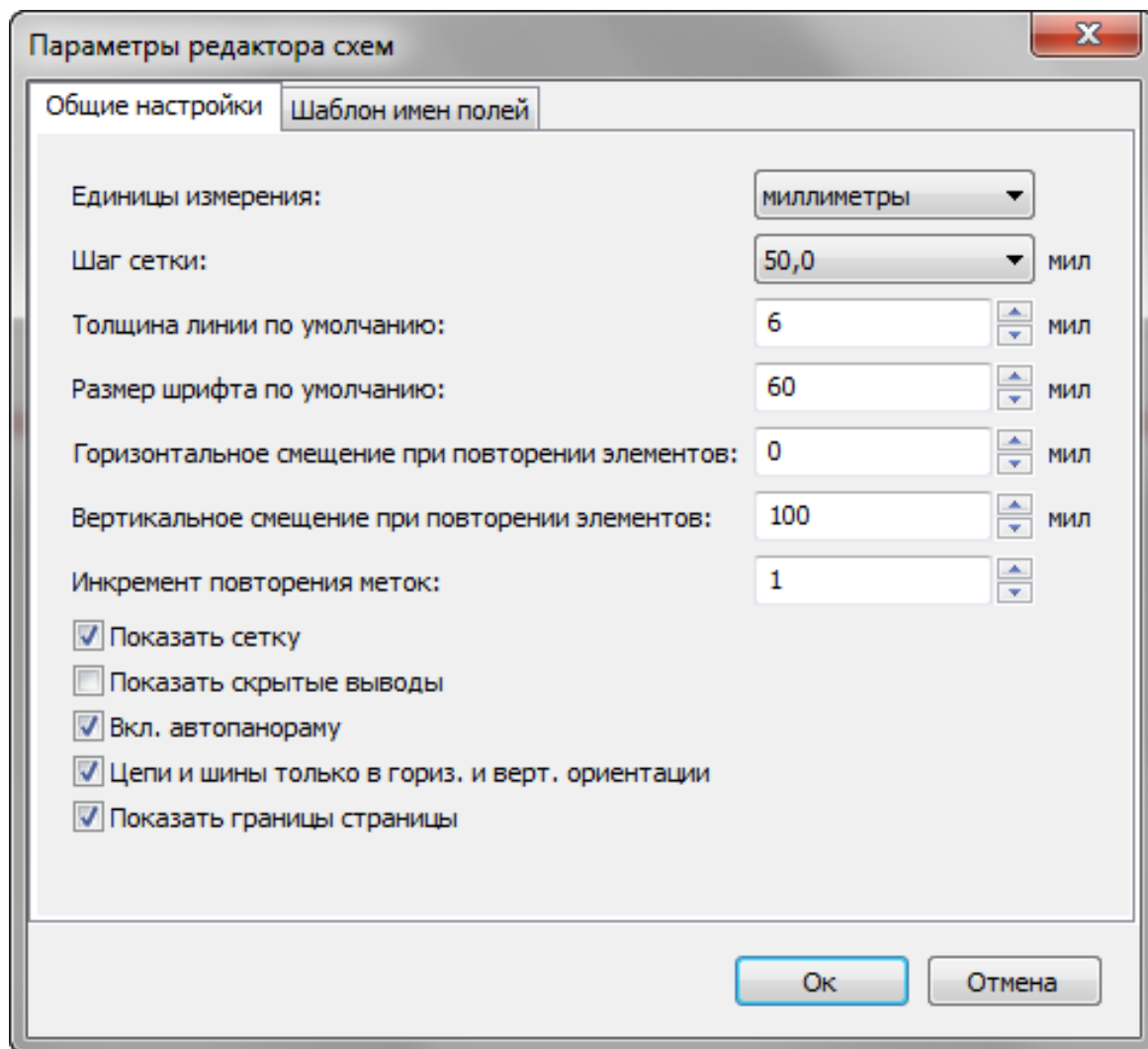


Рис. 9. Окно «Настройки/Параметры/Общие настройки»

1.2. Создание символа компонента

В верхней линейке программы EeSchematic выберите кнопку перехода в редактор символов библиотеки компонентов «Редактор библиотеки». Интерфейс редактора LibEdit (рис. 10) содержит область рисования символического представления компонента и две линейки кнопок: управления информацией о компоненте и рисования компонента.

Сверху расположена линейка кнопок управления информацией о компоненте (отмеченные группы, слева направо): выбор рабочей библиотеки; удалить элемент из текущей библиотеки; создать новый компонент (символ), загрузить компонент для редактирования из текущей библиотеки, создать новый компонент из этого компонента; сохранить текущий компонент в новой библиотеке; правка свойств компонента; тест дублирования выводов и выводов, расположенных не по сетке; выбор компонента в корпусе.

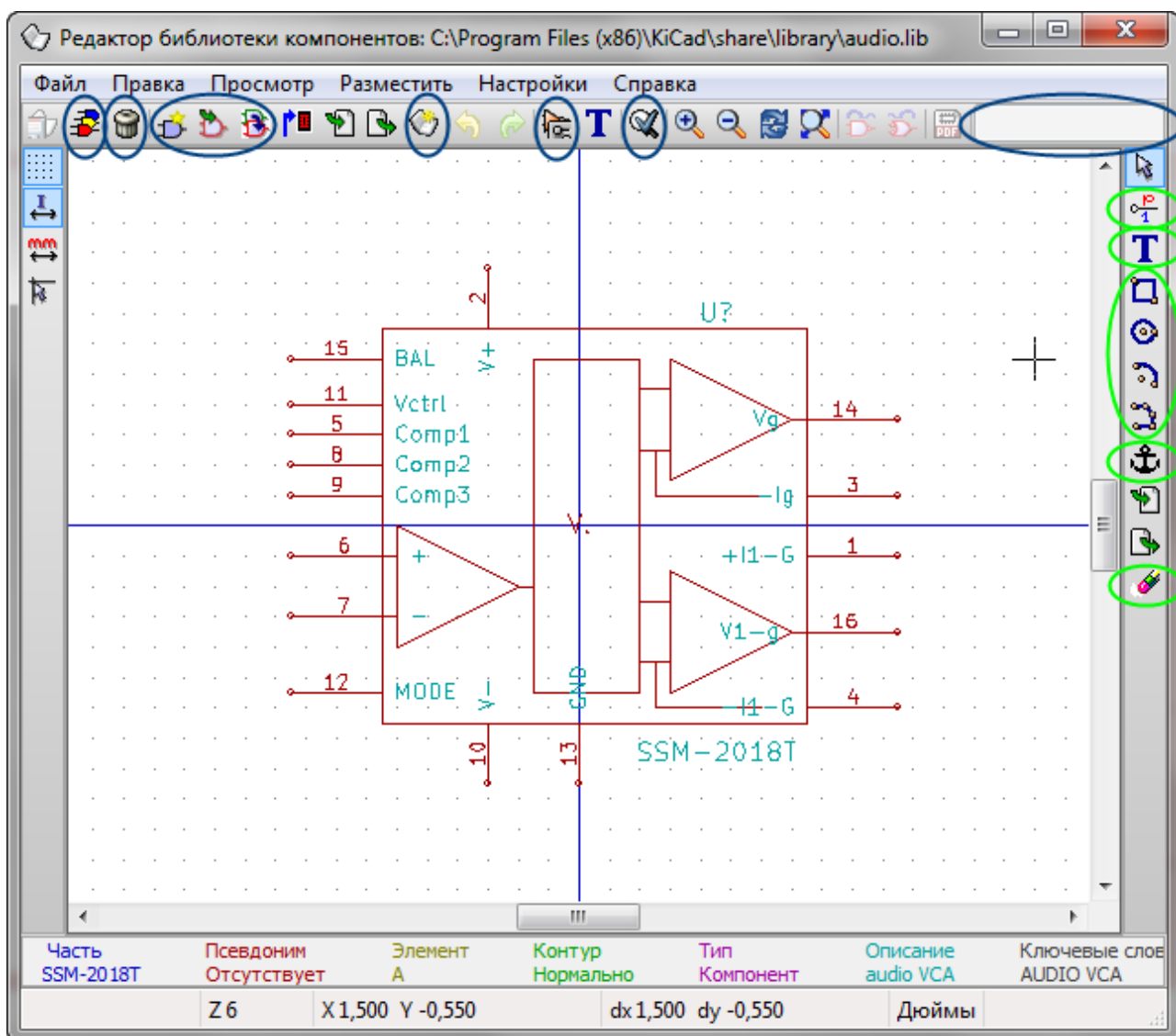


Рис. 10. Окно редактора библиотеки компонентов

Справа находятся кнопки рисования символического представления компонента (отмеченные группы, сверху вниз): добавить вывод компонента; добавить графический текст в изображение компонента; добавить прямоугольник, окружность, дугу, линии и многоугольники в изображения компонента; добавить точку привязки элемента; удалить элементы.

Создайте новый символ компонента кнопкой «создать новый компонент». В появившемся окне заполните необходимые параметры:

- имя компонента;
- обозначение по умолчанию: микросхемы – DD, сопротивления – R, разъёмы – X и т.д;
- количество компонентов в корпусе;

- параметры отображения: показать номер вывода, показать имя вывода, имя перенести к «внутреннему» концу вывода (Имя вывода внутри).

После подтверждения создания символа компонента будет доступна кнопка создания новой библиотеки (сохранить текущий компонент в новой библиотеке). Нажмите кнопку «сохранить текущий компонент в новой библиотеке» и укажите имя новой библиотеки в своём рабочем каталоге. Переключитесь в окно EeSchematic и в меню «Настройки/Библиотека» подключите новую библиотеку. Затем переключитесь обратно в окно редактора Libedit и выберите библиотеку в качестве рабочей с помощью кнопки «Выбор рабочей библиотеки».

Разместите выводы символа компонента, используя кнопку «Добавить вывод компонента». В окне параметров вывода компонента (рис.11) укажите имя и номер вывода, также можно задать размер шрифта надписей.

Свойства вывода

Имя вывода:	<input type="text"/>	Размер шрифта имени:	<input type="text" value="0,050"/>	дюймы
Номер вывода:	<input type="text"/>	Размер шрифта номера:	<input type="text" value="0,050"/>	дюймы
Ориентация:	<input type="text" value="↗ Вправо"/>	Длина:	<input type="text" value="0,300"/>	дюймы
Электр.тип:	<input type="text" value="→ Вход"/>			
Обозначение:	<input type="text" value="└ Линия"/>			

Общий вывод

- ☐ Общий для всех элементов (частей) в корпусе
- ☐ Общий для дополнительных обозначений (по де Моргану)

Свойства схемы

- ☒ Видимый

Ок Отмена

Рис. 11. Окно параметров команды "Добавить вывод компонента"

Для отображения черты инверсии укажите перед именем символ тильда (~). Задайте длину линии вывода примерно 5 мм (значение 200). Укажите, является ли вывод общим для всех элементов в корпусе и надо ли его отображать (Видимый). Обычно, силовые выводы питания/«земли» элемента являются общими и не отображаются. Задайте в «Ориентация» направление влево, вправо, вверх или вниз для рисования линии вывода относительно указателя «мыши». Укажите электрический тип вывода, например, вход, выход, двунаправленный и т.д.

После подтверждения параметров поместите вывод в области рисования. С помощью кнопок рисования графических примитивов нарисуйте остальные элементы символьного представления компонента. Текстовую информацию добавьте с помощью кнопки «Добавить графический текст в изображение компонента».

При помощи пункта «Править вывод» контекстного меню выводов проверьте правильность информации о номерах выводов в компоненте. Если в корпусе несколько компонентов, то проверьте нумерацию выводов для каждого компонента, выбирая их в списке сверху справа. Проверьте повторяющиеся выводы с помощью кнопки «Тест дублирования выводов и выводов, расположенных не по сетке».

Кнопка «Правка свойств компонента» позволяет отредактировать параметры всего символьного представления, часть которых вводилась при создании компонента.

Сохраните получившееся символьное представление сначала в память библиотеки с помощью кнопки (Обновить текущий компонент в текущей библиотеке), а затем сохраните библиотеку на диск кнопкой (Сохранить текущую библиотеку на диск).

1.3. Исходные данные для компонентов схемы

Компонент – буферная микросхема K561ЛН2. У корпуса порядок нумерации контактов идёт в виде буквы „U” – первый слева сверху, последний — справа сверху. Символ компонента показан на рис.12.

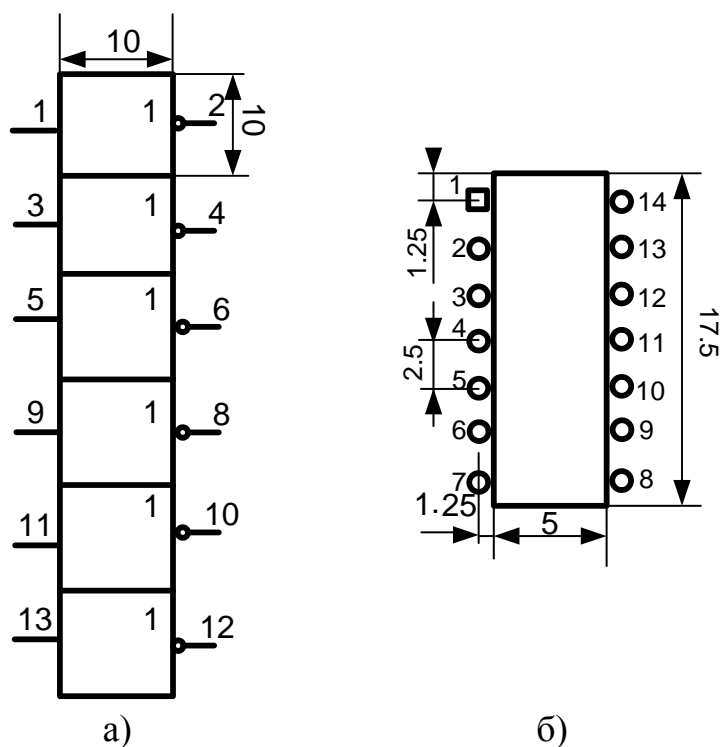


Рис. 12. Символ (а) и корпус (б) компонента К561ЛН2
В таблице 1 представлены номера выводов К561ЛН2.

Таблица 1

Номера выводов К561ЛН2

Номер вывода	Имя вывода	Электрический тип
1	1	Вход
2	2	Выход
3	3	Вход
4	4	Выход
5	5	Вход
6	6	Выход
7	7	Вход питания
8	8	Выход
9	9	Вход
10	10	Выход
11	11	Вход
12	12	Выход
13	13	Вход
14	14	Вход питания

Сохраните символ компонента под именем К561ЛН2, а корпус – DIP14.

Компонент – резистор. В одном корпусе компонента резистора находится один резистор.

Символ компонента и корпус компонента показаны на рис. 13.

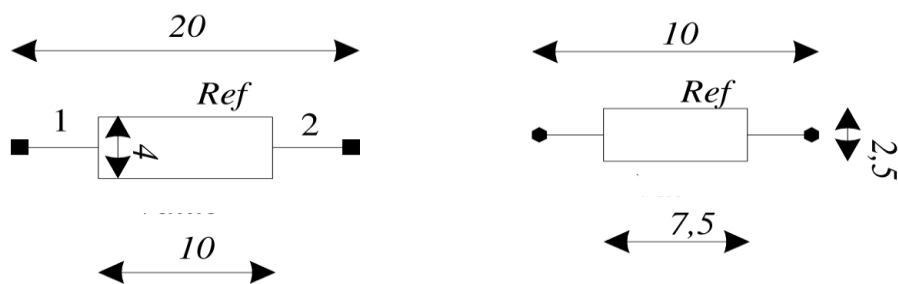


Рис. 13. Символ (слева) и корпус (справа) компонента резистора

В таблице 2 представлены номера выводов резистора.

Таблица 2

Нумерация выводов резистора

Номер вывода	Имя вывода	Компонент	Электрический тип
1	1	A	Пассивный
2	2	A	Пассивный

Сохраните символ компонента под именем R, а корпус – MLT.

Компонент – переменный резистор. В одном корпусе компонента резистора находится один переменный резистор.

Символ компонента и корпус компонента показаны на рис. 14.

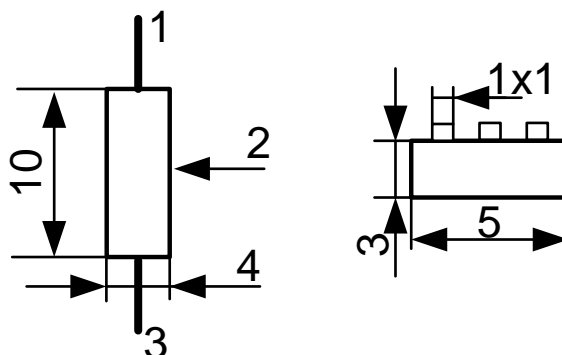


Рис. 14. Символ (слева) и корпус (справа) компонента переменного резистора

Номера выводов переменного резистора аналогичны выводам резистора (см. табл.2). Сохраните символ компонента под именем RP, а корпус – SP-6.

Компонент – конденсатор. В одном корпусе компонента конденсатор находится один конденсатор. Номера выводов конденсатора аналогичны выводам резистора (см. табл.2).

Символ компонента и корпус компонента показаны на рис. 15.

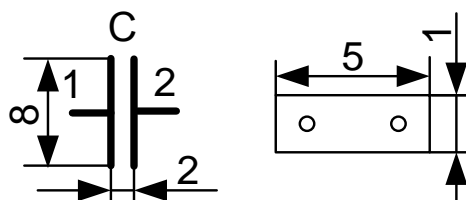


Рис. 15. Символ (слева) и корпус (справа) компонента конденсатора

Сохраните символ компонента под именем C, а корпус – КМ-6.

Создание элементов «земля» и «питание». В одном элементе «земля» находится 1 «земля». При создании символьного представления компонента установите параметр «Создать компонент как символ питания». Тип вывода — Вход питания. Символ элемента показан на рис.16. Корпуса у элемента нет.

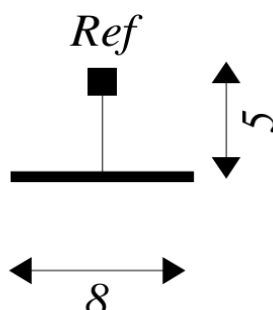


Рис. 16. Символ элемента «земля»

Сохраните символ элемента под именем GND.

Аналогично создайте символьное представление компонента «питание» (рис. 17).



Рис. 17. Символ элемента «питание»

Сохраните символ элемента под именем +U.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ


1. Для чего необходима команда «Настройки/Библиотека», «Настройки/Цвета»?
2. Каким образом создается символ компонента?
3. В чем отличие символа компонента от корпуса компонента?

Для ответов на контрольные вопросы необходимо изучить рекомендуемую литературу [1, 2].

Практическая работа №2 СОЗДАНИЕ БИБЛИОТЕКИ КОРПУСОВ КОМПОНЕНТОВ

Цель занятия: научиться создавать различные библиотеки корпусов компонентов.

Пояснения к работе

Из менеджера проектов (см. рис.1) запустите программу редактора печатных плат Pcbnew. Для вызова редактора корпусов Module Editor нажмите соответствующую кнопку  в верхней линейке. Интерфейс программы (рис.18) содержит основную область рисования и три линейки функциональных кнопок.

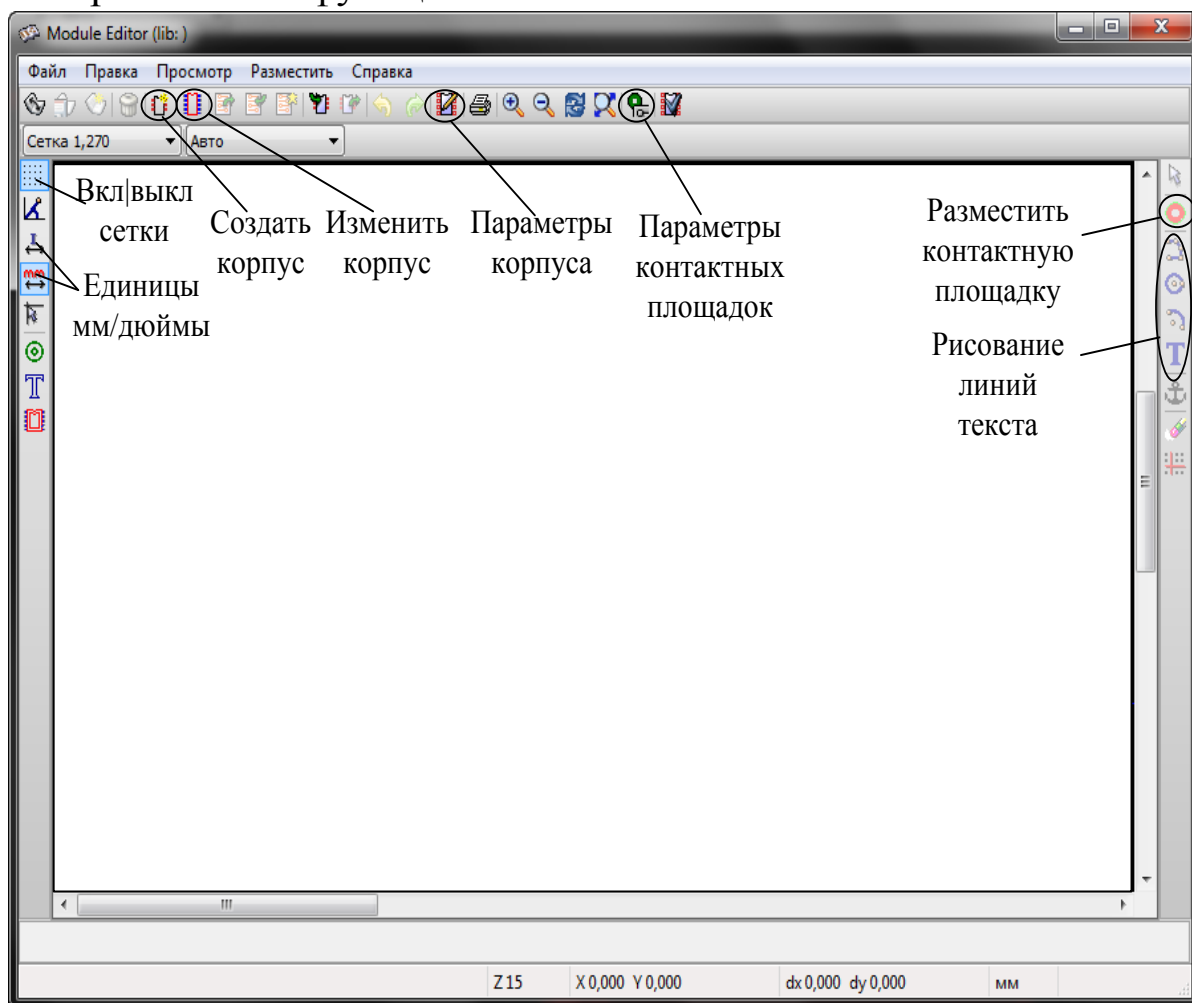


Рис. 18. Закладка Module Editor

Слева находятся кнопки настройки параметров работы с чертежом. Сверху расположена линейка кнопок управления информацией о корпусе. Справа находятся кнопки рисования посадочного места. Переключите координатную сетку в режим отсчёта миллиметров.

С помощью команды Правка/Размеры/Пользовательский шаг сетки укажите: Единицы измерения сетки — мм; пользовательский шаг сетки по оси X и оси Y — 1,25 мм.

Команда Правка/Размеры/Установки контактных площадок служит для настройки общих параметров контактных площадок. В появившемся окне (рис. 19) можно для контактной площадки указать размеры области металлизации, трапецевидность, размеры отверстия, угол поворота, форма области металлизации, тип контактной площадки.

Рис. 19. Окно настройки контактной площадки

Справа находится список технологических слоёв, на которых данная площадка будет размещаться. У размещённой площадки можно указать её номер. Укажите следующие общие параметры контактных площадок: размеры области металлизации — 1,5×1,5 мм; размеры отверстия — 0,8 мм; форма площадки — окружность; тип площадки — стандарт.

Создайте новый корпус (см. рис.19) или откройте существующий, нажав на соответствующую кнопку на верхней линейке. Создайте в рабочем каталоге библиотеку посадочных мест проекта нажав третью кнопку на верхней линейке. Переключитесь в редактор Pcbnew и с помощью команды меню Настройка/Библиотека подключите библиотеки проекта, аналогично программе EeShema.

Вернитесь в редактор Module Editor и выберите библиотеку с помощью первой кнопки на верхней линейке. Выберите в левом выпадающем списке окна программы пункт Сетка пользователя, для установки шага сетки в 1,25 мм. Разместите контактные площадки и графическое представление корпуса с использованием кнопок из правой линейки. Проверьте правильность нумерации контактных площадок. Первая контактная площадка, кроме того, должна иметь квадратную форму области металлизации. Соответствующей кнопкой в верхней линейке вызовите окно параметров корпуса. На закладке Правка/Параметры можно добавить дополнительные поля надписи посадочного места и можно ли корпус перемещать при автоматической компоновке платы. Закладка Настройки 3D (рис. 20) служит для добавления 3D модели корпуса к информации о посадочном месте.

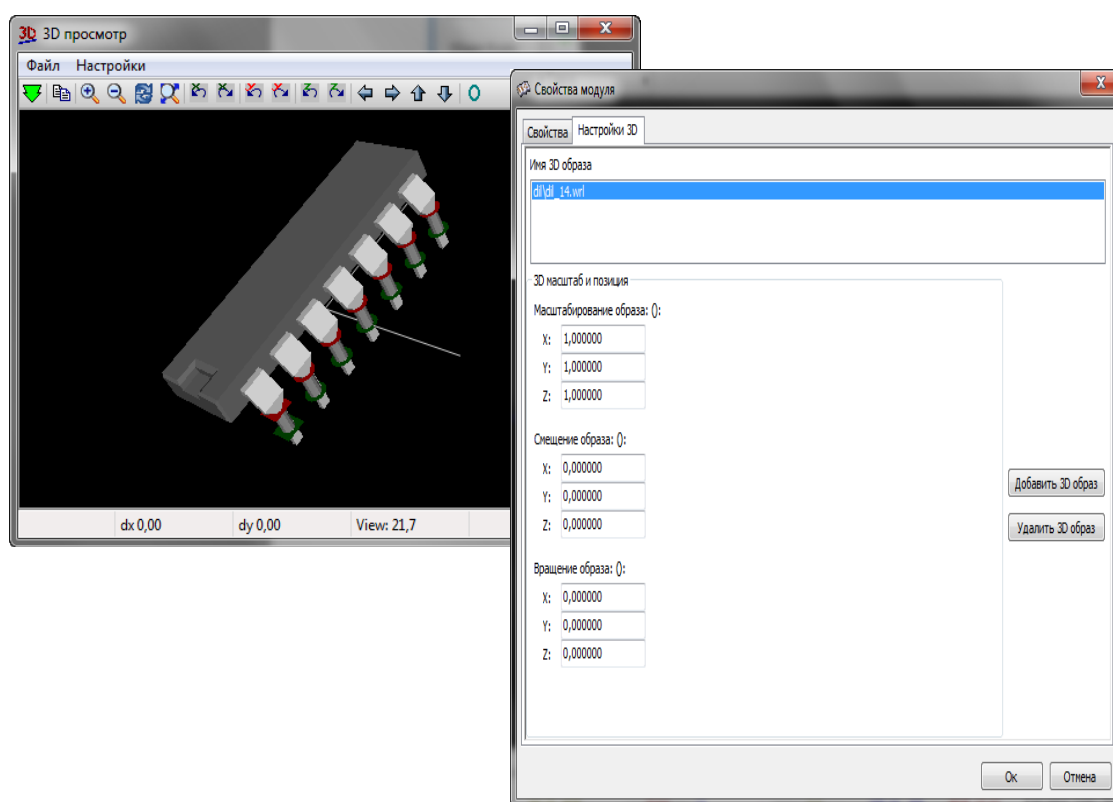


Рис. 20. Окно параметров корпуса и 3D модели

После настройки параметров корпуса сохраните информацию в рабочую библиотеку, нажав на вторую кнопку в верхней линейке. Выполните создание корпусов для микросхемы и резистора взяв исходные данные из предыдущей работы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каким образом задается размер и тип контактных площадок?
2. Каким образом создается корпус компонента?
3. Как создаются 3D модели корпуса компонента?

Для ответов на контрольные вопросы необходимо изучить рекомендуемую литературу [1,2].

Практическая работа №3 СОЗДАНИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ

Цель занятия: используя созданные ранее библиотеки символов и корпусов компонентов, создать электрическую принципиальную схему генератора прямоугольных импульсов.

Пояснения к работе

Создание электрической принципиальной схемы производится в графическом редакторе EeSchematic. Произведите настройку основных параметров программы для дальнейшей работы, как указано в практической работе №1 пп. 1.1.

Создание электрической принципиальной схемы обычно начинается с размещения компонентов схемы, затем проводятся шины и цепи. Затем, при необходимости, электрическим цепям присваиваются нестандартные имена. Заключительным этапом является создание файла списка цепей для дальнейшей разводки печатной платы.

В рисовании схемы задействованы кнопки на правой стороне окна программы.

Размещение компонентов производится с помощью кнопки «Разместить компонент». В появившемся окне наберите имя компонента или выберите из списка рабочей библиотеки после нажатия на

кнопку «Список всех» или «Выбор просмотром». Отмена размещения новых компонентов производится нажатием клавиши $\langle Esc \rangle$ или правой кнопки мыши.

Для зеркального отображения компонента по горизонтали или вертикали нажмите клавишу $\langle Y \rangle$ или $\langle X \rangle$, для поворота компонента — нажмите клавишу $\langle R \rangle$.

После размещения компонентов схемы необходимо скорректировать номер элемента в компоненте (если несколько элементов в компоненте) и его схемное обозначение. Щёлкните правой кнопкой «мыши» на компоненте и в меню выберите: «Правка компонента/Значение» для указания номера компонента; «Правка компонента/Обозначение» для указания номера компонента на схеме вместо знака вопроса, например, $DD?$ на $DD1$. Автоматически расставить номера компонентов можно с помощью кнопки «Обозначить схему» (справа в верхней линейке кнопок). Укажите, что нужно обозначать (нумеровать) для всей иерархии схемы или текущего листа, а так же порядок обозначения и выбор варианта обозначения. Кнопка «Разместить шину» служит для рисования электрической шины. Ниже расположены кнопки подключения к шине электрической цепи («Разместить ввод проводника в шину») или другой шины («Разместить ввод шины в шину»). Направление подключения можно изменить, нажав на правую кнопку «мыши» и выбрав пункт «Повернуть вход в шину».

Кнопка «Разместить проводник» включает режим рисования электрических цепей. Не подключенные концы цепей отображаются квадратами. Если рисование цепи заканчивается на существующей, то появляется точка пересечения (сплошной квадрат). Пересекающиеся линии цепей, по умолчанию, не считаются соединёнными, для их объединения кнопкой «Добавить соединение» установите точку соединения. Кнопка «Удалить соединение» убирает объединение цепей в точке пересечения.

Для объединения цепей, подходящих к шине, в одну им необходимо дать одинаковые имена и вывести обозначения над одноимёнными цепями. Это можно выполнить с помощью кнопки «Разместить имя цепи (Локальная метка)».

С помощью оставшихся кнопок можно добавить на схему текстовые надписи и графические обозначения, а также работать с иерархическими схемами.

По завершении создания схемы её можно проверить на корректность соединений с помощью кнопки «Выполнить проверку электрических правил проектирования». Щелчок на появившемся маркере покажет пояснение внизу в строке статуса.

Кнопка «Сформировать список цепей» вызывает диалог создания файл-списка цепей, который потребуется для выполнения автоматической разводки печатной платы. Нажмите кнопку «Сформировать список цепей» для сохранения списка.

Создайте схему многофункционального генератора прямоугольных, треугольных и синусоидальных импульсов согласно рис. 20.

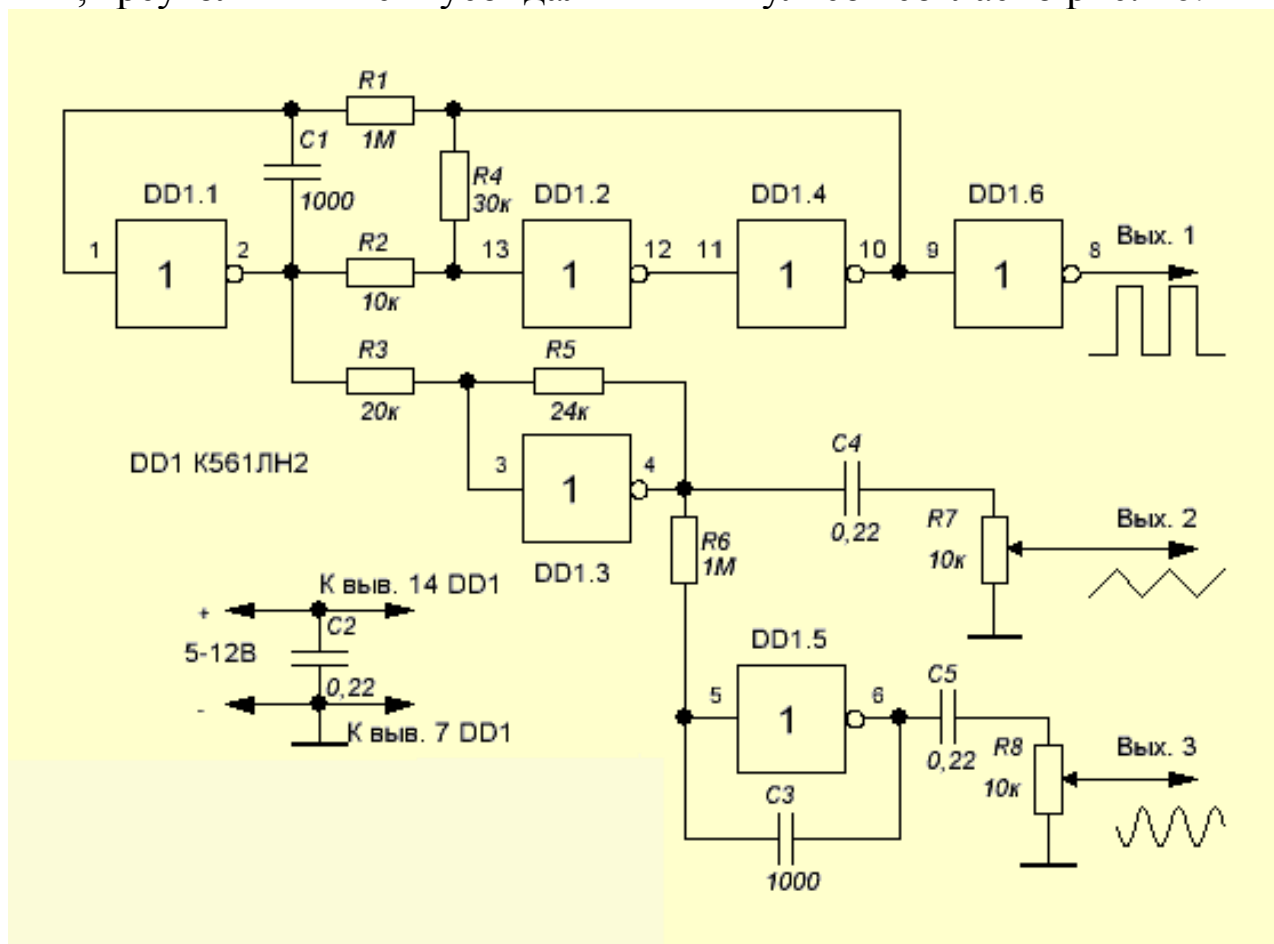


Рис. 20. Схема электрическая принципиальная многофункционального генератора

Для этого используйте результаты практической работы №2 по созданию символов компонентов. Геометрические размеры условных обозначений приведены в [3]. По окончании создания принципиальной схемы многофункционального генератора создайте список цепей электрической схемы с названием *schema.net*.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Порядок создания электрической принципиальной схемы.
2. Каким образом добавить на схему текстовые надписи и графические обозначения?
3. Как создается список цепей электрической схемы?

Для ответов на контрольные вопросы необходимо изучить рекомендуемую литературу [1,2].

Практическая работа №4 РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ С ПОМОЩЬЮ РУЧНОГО И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОВЕДЕНИЯ ТРАСС

Цель занятия: используя созданную ранее электрическую принципиальную схему генератора прямоугольных импульсов разработать печатную плату с помощью ручного и автоматизированного проведения трасс.

Пояснения к работе

4.1 Объединение информации символьных компонентов схемы и их корпусов

Для правильной разводки физического слоя печатной платы для электрической принципиальной схемы каждое условное графическое обозначение ("компонент" в терминологии KiCad) должно быть связано с типом материального корпуса ("модуль" в терминологии KiCad). Материальные корпуса/модули - это элементы, подобные 14-ти выводным DIP, 1206 SMD компонентам и т.д. При работе со слоями печатной платы понятие "модуль" в принципе включает в себе "отпечаток" корпуса на печатной плате.

Некоторые системы автоматизированного проектирования связывают компоненты с типами корпусов непосредственно в своих библиотеках. В KiCad связь не встроена в библиотеку. Преимущество подхода KiCad проявляется в том, что отдельный компонент схемы, например, конденсатор, может использоваться со множеством различных типов корпусов, например, с осевыми, радиальными или для поверхностного монтажа корпусами разных размеров. Данное преимущество не столь ценно для современных больших интегральных схем, у которых номера выводов часто совершенно отличаются между их вариантами в различных корпусах.

Программа *Cvpcb* пакета KiCad снабжает примечаниями список соединений, который создает EeSchema, добавляя в него информацию о типе корпуса (о "модуле"), которая необходима для программы обработки слоев. Некоторые из связей могут быть сделаны полуавтоматически, путем использования файла, описывающего связывание по умолчанию, иные же должны быть сделаны вручную.

Назначение соответствия информации символьных компонентов и их корпусов производится в программе *Cvpcb*, которая запускается из менеджера проектов. В открывшемся окне (рис. 21) загрузите ранее сохранённый список цепей электрической схемы.

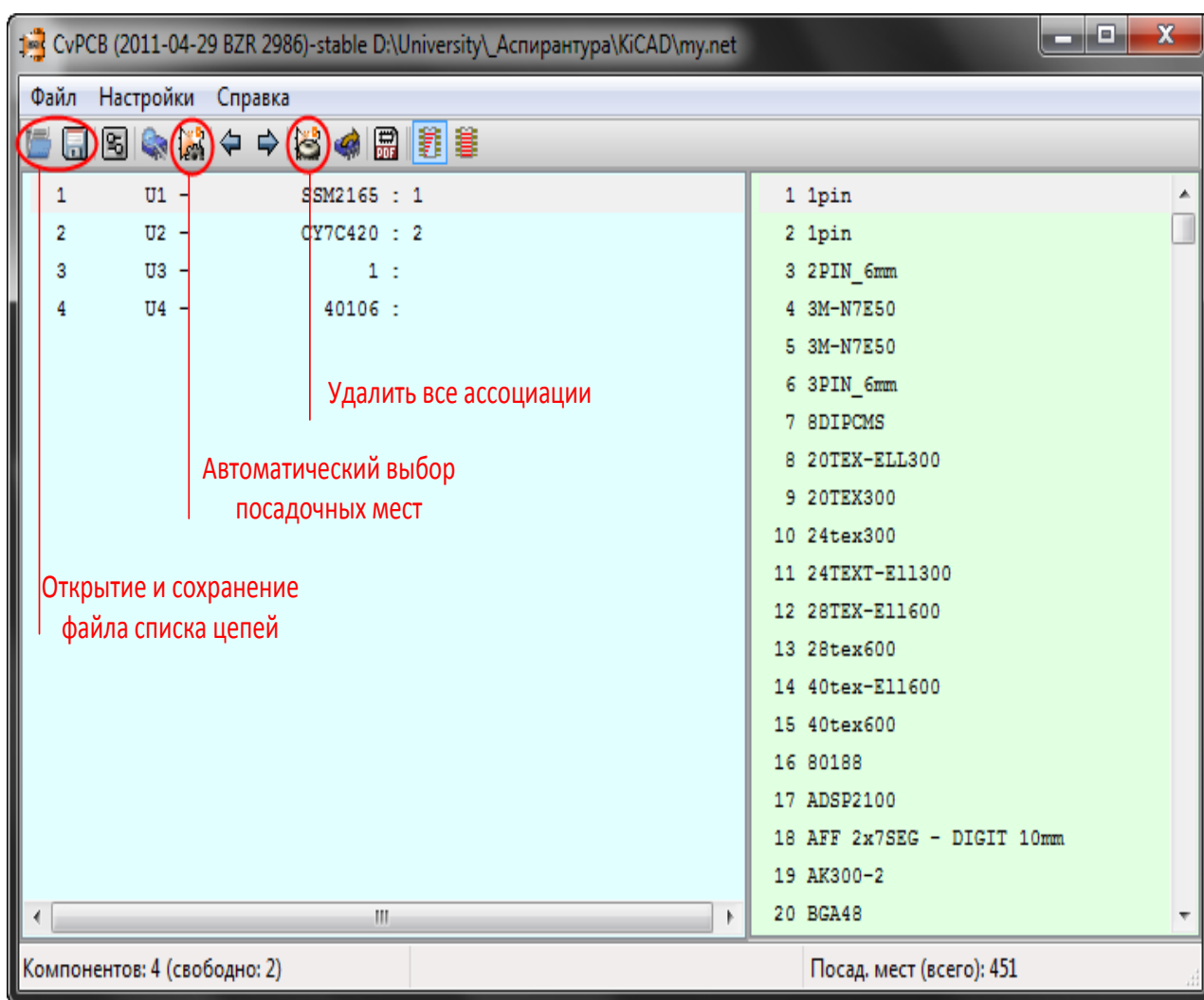


Рис. 21. Окно программы *Cvpcb*

Если диалог выбора списка цепей (netlist) не начинается автоматически, нажмите на кнопку «Считать список цепей» находящуюся на верхней панели инструментов. В окне диалога нажмите кнопку «Пролистать», чтобы запустить диалог выбора файла, а затем выбо-

рите файл списка цепей (netlist), который вы недавно создали для своего проекта. Вернувшись в диалог считывания соединений, нажмите кнопку «Считать загруженный список цепей» в Pcbnew.

В левой части окна будут выведены все символьные компоненты схемы, в правой — доступные корпуса.

Для назначения символьному элементу корпуса необходимо сначала выбрать строку с именем символьного, а затем сделать двойной щелчок кнопкой «мыши» на соответствующем имени корпуса. Назначенное название корпуса появится после двоеточия. Изменение соответствия символьных компонентов и корпусов производится так же как и назначение.

Автоматическое назначение или удаление соответствий производится с помощью соответствующих кнопок окна программы.

После назначения соответствий необходимо записать изменения в список цепей и список компонентов.

Затем запустите проверку печатной платы («Footprint Test») на возможные ошибки в расположении посадочных мест(модулей) под компоненты.

Некоторые распространенные ошибки:

- модуль имеет меньшее количество выводов, чем связанный с ним компонент;

- обозначения выводов модуля не соответствуют обозначениям выводов компонента (например, выводы компонента могут быть пронумерованы, в то время как выводы модуля могут быть обозначены буквам);

Чтобы исправить такие ошибки, вам придется: или выбрать другой модуль, соответствующий компоненту, или изменить компонент, или изменить модуль — но так, чтобы они совпадали.

Замечание: например, если вы сделали схематические изменения, то вы можете частично пересчитать список соединений в проектируемой плате.

4.2 Настройка редактора печатных плат

Запустите из менеджера проектов редактор печатных плат Pcbnew (рис. 22). В окне редактора (рис. 22) традиционно по левому краю расположены кнопки визуального представления, например,

режим слежения за правилами трассировки, отображение сетки, единицы измерения, отображение цепей и т.д.

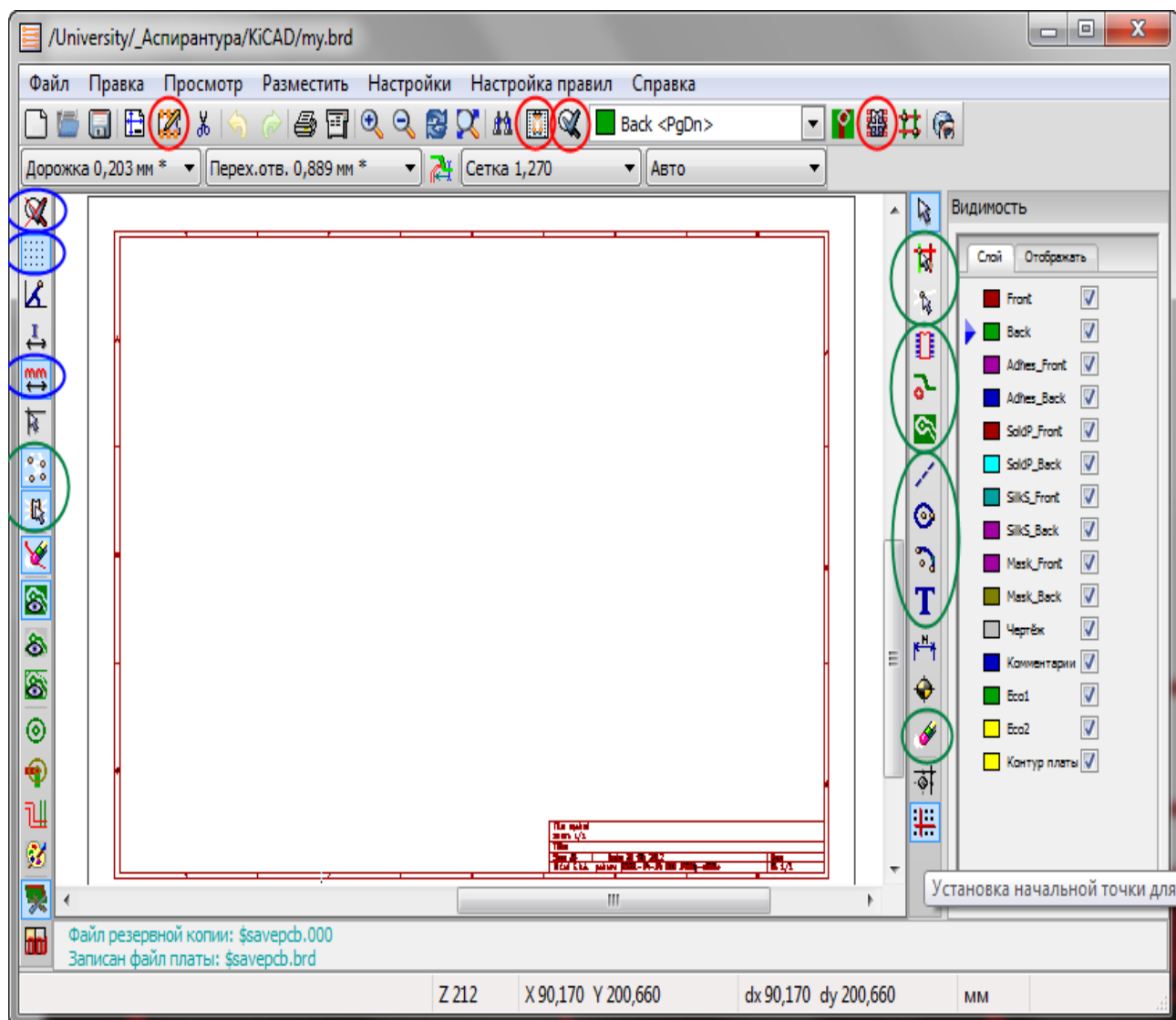


Рис. 22. Окно редактора печатных плат *Pcbnew*

В верхней части расположены кнопки действий над всей платой, такие как вызов редактора корпусов, загрузка списка цепей, проверка соответствия платы правилам трассировки, использование режимов автоматического размещения корпусов и проведения трасс и т.п.

Также сверху расположены выпадающие списки задания ширины текущей трассы, диаметра переходных отверстий, шага сетки, масштаба и активного технологического слоя.

По правому краю окна располагаются кнопки, используемые для работы с элементами платы, например, подсветка цепей выбранного корпуса или контактной площадки, добавление корпусов и трасс, до-

бавление графических и текстовых элементов на плате, удаление элементов и т.д.

С помощью команды меню «Настройка/Библиотека» подключите библиотеки проекта.

Командой «Настройки/Общие» (рис. 23) выберите метрическую систему измерения сетки (Ед. изм. — миллиметры), число слоёв трассировки равным двум (Макс. связей — 2). В блоке параметров проверьте включение строк *Drc* вкл, Автоудаление дорожек, Притягивающая дорожка — при создании дорожки.

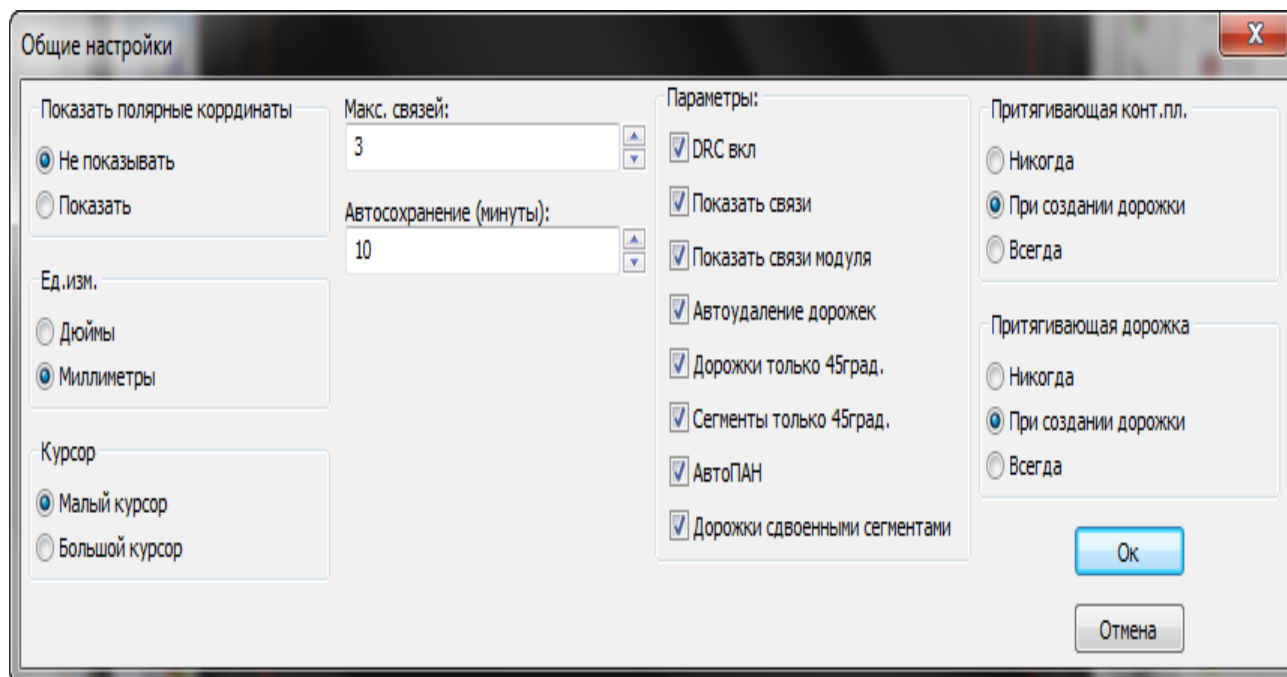


Рис. 23. Окно команды «Настройки/Общие»

Команда «Настройки/Показывать» позволяет настроить стиль отображения элементов печатной платы. Например, включить отображение зазоров между трассами и контактными площадками.

Задайте командой «Настройки/Размеры/Сетка» размер шага координатной сетки пользователя по осям X и Y равный 1,25 мм.

Команда «Настройка правил/Правила проектирования» служит для задания параметров проводимой трассы. В появившемся окне перейдите на вкладку «Редактор классов цепей» (рис. 24) укажите диаметр области металлизации переходного отверстия (Диаметр перех. отв. — 0,9 мм), диаметр самого переходного отверстия (Сверло перех. отв — 0,5 мм), ширину трассы (Ширина дорожки — 0,5 мм) и минимальную величину зазора между трассами (Зазор — 0,3 мм).

Выполните эту команду ещё раз, указав ширину трассы равной 0,8 мм. Введённые значения параметров трасс становятся доступными в выпадающих списках главного окна программы.

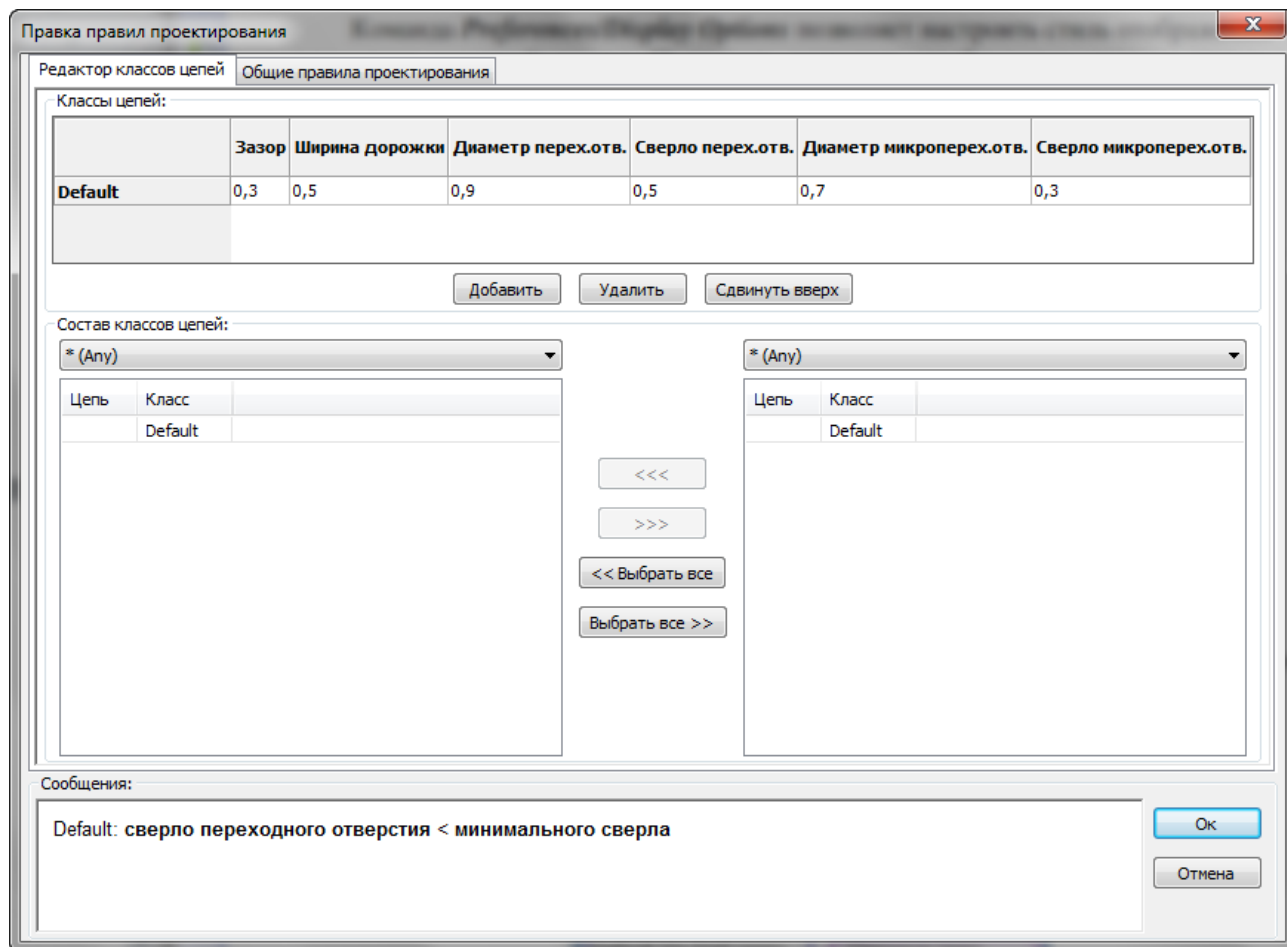


Рис. 24. Окно «Настройка правил/Правила проектирования»

4.3 Размещение корпусов компонентов на печатной плате

С помощью выпадающего списка справа выберите технологический слой «Контур платы». Вы можете выбрать его из выпадающего меню слоев или нажатием правой кнопки мыши, выбрав пункт «Select Working Layer» (Данный способ не работает, если активен инструмент «Add tracks and vias» (Добавить дорожки и переходные отверстия)).

Для того, чтобы было проще рисовать контур платы, вы можете выбрать полноразмерный курсор. Это позволит вам гораздо удобнее чертить прямоугольники и другие объекты с прямыми углами. Для того, чтобы изменить вид вашего курсора нажмите кнопку «Изменить форму курсора» на левой панели.

После выбора слоя «Контур платы» и включения полноразмерного курсора, нажмите кнопку «Добавить графическую линию или полигон» на правой панели. Измените шаг сетки пользователя на 10 мм и нарисуйте прямоугольник размером 70×70 мм. Возвратите шаг сетки пользователя к 1,25 мм. Завершите построение двойным нажатием на левую клавишу мыши или выбором пункта «Закончить черчение» правой кнопки мыши. Помните, что в статусной строке отображаются все координаты вашего курсора, что может помочь вам при рисовании.

Так же существуют инструменты для рисования окружностей, закруглений, текста и прочее. Они полезны не только для рисования контура платы, но и так же для рисования по слою шелкографии и паяльной маски.

Загрузите с помощью кнопки «Считать список цепей» ранее сохранённый список цепей.

Редактор схем Pcbnew при загрузке нового списка соединений добавляет все его модули в чертеж. Это ставит их всех в одном месте, друг поверх друга, где их порой трудно найти. Если чертёж не имеет контур (очертания) платы, то недавно добавленные модули находятся на пересечении с двумя синими линиями сверху и слева от листа с рамкой. Если чертеж имеет контур платы, то в дальнейшем новые модули размещаются на обозначенной плате. Отдельными модулями очень легко управлять. Сначала нажмите на кнопку «Режим работы Модуля: ручное и автоматическое перемещение или расположение модулей», на верхней панели (вторая справа). Необходимо чтобы кнопка была во "вжатом" положении. Затем щелкните правой кнопкой мыши в пустом пространстве чертежа, и выберите пункт «Переместить все модули».

Переместите группу модулей в центр листа следующим образом: выделите все содержащиеся модули рамочкой (т.е. удерживая левую кнопку мыши до тех пор, пока не переместите курсор мыши в расположенный напротив край рамочки). Отпустите кнопку мыши, переместите мышь таким образом, чтобы рамочка была около центра красного наброска листа. Левую кнопку закрепите в новом положении, и нажмите кнопку ОК в диалоговом окне.

Если вы в конце операции закрепления вместо левой кнопки используете правую, вы увидите всплывающее меню, с помощью которого вы можете выбирать такие операции, как копирование, перетас-

кивание, отражение(переворот), удаление. «Отражение» – это то, как вы повернёте верхнюю часть модулей в сторону низа, перевернуть другой стороной «монету», и наоборот.

На данном этапе можно сделать набросок контура вашей платы. Это было бы особенно уместно, если вы уже знаете характеристики платы. Если контур платы был определен, редактор схем Pcbnew умеет автоматически разместить компоненты.

Щёлкните правой кнопкой «мыши» на корпусе разъёма и выберите пункт «Посадочное место/Переместить» в контекстном меню или нажмите клавишу «М». Переместите его у границы платы так, чтобы контактные площадки и монтажные отверстия находились в пределах платы. Команда «Перетащить» (клавиша «G») перемещает корпус вместе с подведёнными к нему трассами.

При необходимости, поверните корпус на 90° командой «Вращать» контекстного меню (клавиша «R»).

Зафиксируйте местоположение корпуса разъёма командой «Блокировать модуль» в контекстном меню. Для разблокирования служит команда «Разблокировать модуль».

Остальные корпуса внутри платы разместите теми же командами, что и разъём, или с помощью команды контекстного меню для автоматического размещения — «Авторазместить модуль».

Команды для автоматических действий над всеми корпусами на плате находятся в пункте «Глобальное перемещение и размещение» контекстного меню.

4.4 Трассировка печатной платы

После размещения корпусов переключитесь в режим автоматизированной трассировки печатной платы кнопкой справа «Режим дорожек: автотрассировка».

При необходимости, можно включить отображение цепей кнопкой «Показать все связи» в левой колонке. Так же кнопкой «Показать локальные связи» правой колонки можно отобразить цепи конкретного модуля или контакта.

Кнопка «Добавить дорожки и переходные отверстия» в правой колонке служит для проведения трасс между контактами, которые соединены цепью. Трассы проводятся в технологических слоях «Медный» и «Компоненты», а так же слоях «Внутренний L».

Выберите в выпадающем списке ширину дорожки и начните трассу с одного из контактов цепи. Щелчок левой кнопки «мыши» вставляет точку излома.

При необходимости создания переходного отверстия для смены технологического слоя выберите пункт контекстного меню «Выбор рабочего слоя» или нажмите клавишу «V».

Провести трассу можно автоматически, если щёлкнуть правой клавишей «мыши» на контакте без трасс и выбрать пункт «Автотрассировать модуль»

Провести автоматически все трассы можно командой контекстного меню «Автотрассировка/Автотрассировать все модули».

Редактор печатных трасс позволяет позднее удалять и изменять ширину проведённых как отдельных трасс, так и всех трасс цепи, перемещать переходные отверстия.

Результаты трассировки печатной платы можно сохранить в файл (Файл/Сохранить) для дальнейшей работы либо создать файлы шаблонов (Файл/Печать) для передачи в производство. Для завершения проекта обычно требуется ручное вмешательство. Автоматическая система трассировки часто не может найти способа провести некоторые соединения; такие соединения отображаются как перемычки. Иногда разработчик предпочитает другой путь для некоторых соединений, чем тот, который определился системой автоматической трассировки. Для устранения таких проблем можно удалить некоторые соединения (особенно те, что препятствуют разводке в важных зонах соединений) и либо повторить автоматическую трассировку, либо определить маршрут для соединений вручную, либо сделать и то и другое.

Для того, чтобы уменьшить риск короткого замыкания при последующем производстве, старайтесь не располагать соединения между выводами интегральных микросхем.

4.5 Исходные данные для трассировки

Размеры печатной платы — 100x100 мм.

Корпус разъёма должен быть расположен у края платы и зафиксирован, остальные корпуса располагаются в пределах платы.

Ширина трасс цепей питания и «земли» должна быть равна 0,8 мм, остальные трассы должны быть 0,5 мм. Зазор между трассами не менее 0,25 мм.

Переходные отверстия диаметром 0,5 мм и областью металлизации 0,9 мм.

Трассы цепей питания и «земли» провести вручную, остальные трассы могут быть проложены с использованием автоматического трассировщика.

Сохранить результаты в файл и создать шаблон печатной платы в формате *Gerber* (слои Медный, Компоненты, Шелкография)

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие настройки задаются в редакторе печатных плат?
2. Какие основные операции выполняются при автоматической и ручной трассировке?

Для ответов на контрольные вопросы необходимо изучить рекомендуемую литературу [1, 2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Википедия. Свободная энциклопедия. [Электронный ресурс]
— Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/KiCad/> свободный.
— Загл. с экрана.
2. Официальный сайт Kicad [Электронный ресурс]
— Режим доступа: <http://iut-tice.ujf-grenoble.fr/kicad/> свободный.
— Загл. с экрана.
3. Теняков Е.И. Общие требования и правила выполнения электрических схем, схем алгоритмов, программ, данных и систем /Юж.-Рос. гос. техн ун-т (НПИ), – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2013. – 159 с.
4. Теняков Е.И. Оформление текстовых документов в учебном процессе /Юж.-Рос. гос. техн ун-т. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2007. – 53 с.