

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

Кафедра телевидения и управления (ТУ)

Абрамова К.Н.

Медведев А.В.

Кузнецова-Таджибаева О.М.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ
В САПР EASYEDA**

Методические указания к практическим работам

Томск

2024

УДК 621.396.6
ББК 32.844.1
А16

Рецензент:

Шарафутдинов В.Р., ведущий инженер-конструктор ОАО «НПЦ «Полюс»,
кандидат техн. наук

Абрамова, Ксения Николаевна
Медведев, Артем Викторович
Кузнецова-Таджибаева Ольга Михайловна

A16 Проектирование печатных плат в САПР EasyEDA: методические указания к практическим работам / К.Н. Абрамова, А.В. Медведев, О.М. Кузнецова-Таджибаева. – Томск: Томский гос. универ. систем управления и радиоэлектроники, 2024. – 76с.

Учебно-методическое пособие содержит руководство и описание практических работ по дисциплине «Основы конструирования и технологии производства электронных средств» (ОКиТПЭС) для бакалавров радиотехнических специальностей. Практические работы охватывают основные разделы курса ОКипПЭС и служат для закрепления у студентов теоретических знаний, привития им навыков практической работы.

Одобрено на заседании кафедры ТУ протокол № 6 от 14.02.2024 года

УДК 621.396.6
ББК 32.844.1

© Абрамова К.Н., Медведев А.В., Кузнецова-Таджибаева О.М., 2024
© Томский гос. университет систем упр. и радиоэлектроники, 2024

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1	5
1 Знакомство с функциональными возможностями EasyEDA	5
1.1 Создание нового проекта	5
1.2 Создание схемного документа	6
1.3 Создание модели печатной платы	9
1.4 Контрольные вопросы	14
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2	15
2 Создание УГО компонентов в САПР EasyEDA	15
2.1 Настройка редактора создания УГО в среде EasyEDA	15
2.2 Создание УГО микроконтроллера STM32F103C8T6	16
2.3 Создание УГО PLS-20	20
2.4 Контрольные вопросы	24
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3	25
3 Разработка в САПР EasyEDA посадочных мест компонентов на печатной плате	25
3.1 Создание посадочного места микроконтроллера STM32F103C8T6	25
3.2 Создание посадочного места электрического соединителя PLS20	32
3.3 Создание посадочного места электрического соединителя PLS-4R	34
3.4 Создание посадочного места электрического соединителя PLD-6	36
3.5 Создание посадочного места для резистора, конденсатора и светодиода в корпусах SMD	38
3.6 Создание посадочного места для кварцевого резонатора	41
3.7 Создание посадочного места микросхемы PT9193-33	44
3.8 Редактирование посадочных мест	44
3.9 Объединение библиотек УГО и библиотек посадочных мест	46
3.10 Контрольные вопросы	48
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4	49
4 Создание схемы электрической принципиальной	49
4.1 Функционал редактора схем электрических принципиальных	49
4.2 Контрольные вопросы	55
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5	56
5 Размещение конструктивных элементов на печатной плате	56
5.1 Функционал настройки редактора печатных плат	56
5.2 Размещение электронных компонентов на ПП	58
5.3 Трассировка печатной платы	59
5.4 Контрольные вопросы	63
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6	64
6 Вывод технической документации в САПР EasyEDA	64
6.1 Экспорт схемы электрической принципиальной	64
6.2 Экспорт спецификации	66
6.3 Экспорт печатной платы	67
6.4 Экспорт Gerber-файлов	70
6.5 Экспорт файла выбора и размещения	72
6.6 Контрольные вопросы	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	75
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	76

ВВЕДЕНИЕ

С развитием современных технологий электроники и все большим разнообразием электронных устройств проектирование печатных плат (ПП) становится неотъемлемой частью процесса создания современных радиоэлектронных средств (РЭС). Процесс проектирования ПП обычно включает следующие основные шаги: создание электрической схемы, размещение компонентов, трассировка проводников, проверка и верификация. Изучение процесса проектирования ПП позволит студентам технических специальностей приобрести необходимые знания и навыки для успешного осуществления проектов в области электроники. Проектирование ПП в системе автоматизированного проектирования (САПР) повышает эффективность и надежность разработки схем и устройств. САПР предоставляет инструменты, которые значительно упрощают и ускоряют процесс разработки ПП, а также обеспечивают ее высокую точность и надежность.

Одной из популярных и доступных САПР для проектирования ПП является веб-среда EasyEDA, которая обладает простым и интуитивно понятным пользовательским интерфейсом, что является удобным для начинающих разработчиков и студентов. Система EasyEDA – это бесплатная программа автоматизированного проектирования электронной аппаратуры, которая содержит базу данных электрорадиоэлементов (ЭРЭ), редактор схем электрических принципиальных, редактор топологии печатных плат, SPICE-симулятор, систему управления проектами. Система содержит довольно большую библиотеку компонентов, потому что создаваемые пользователями компоненты становятся доступны для всех. EasyEDA работает как сетевой сервис, т.е. все проекты хранятся в облачном хранилище, работать можно в любом месте, где есть компьютер и подключение к интернету. Также можно настроить хранение данного проекта и компонентов локально. Можно создать рабочую группу и работать над одним проектом в команде из нескольких человек. На основе EasyEDA создана практически полноценная социальная сеть (кнопка меню Explore на главной странице сайта системы), где можно ознакомиться с новыми или популярными разработками других пользователей и созданными ими электронными компонентами.

В пособии рассмотрены основные функциональные возможности EasyEDA, этапы проектирования ПП, включая размещение компонентов и трассировку проводников. В ходе выполнения практических работ рассмотрены примеры проектирования ПП с использованием EasyEDA.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

1 Знакомство с функциональными возможностями EasyEDA

Цель работы – знакомство с функционалом САПР печатных плат EasyEDA, получение навыка создания схемы электрической принципиальной и модели печатной платы.

1.1 Создание нового проекта

EasyEDA – веб-среда для автоматизированного проектирования электронных устройств, которая предназначена, как для студентов, так и для профессионалов. В EasyEDA возможно работать в браузере, не скачивая программу на компьютер.

Для начала работы необходимо зайти на сайт <https://easyeda.com/> и зарегистрироваться. Нажмите «Зарегистрироваться» и в модальном окне пройдите процедуру регистрации. Введите имя пользователя, электронную почту, пароль. Вход можно осуществить и через Google аккаунт (рисунок 1.1).

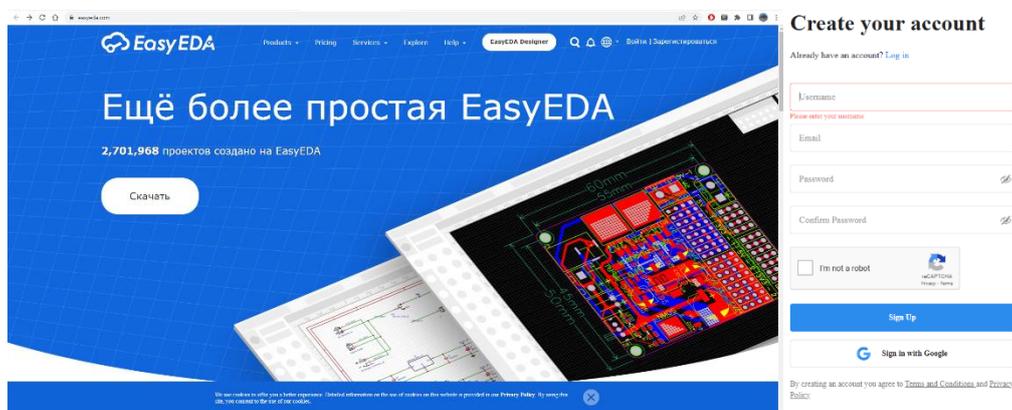


Рисунок 1.1 – Регистрация в системе EasyEDA

После подтверждения электронной почты и входа в аккаунт перейдите в центр пользователя. Откроется контекстное меню (рисунок 1.2). При нажатии на «**Products**» в контекстном меню возможно выбрать версию программы:

- Professional Online Editor – профессиональная версия программы онлайн;
- Standard Online Editor – стандартная версия программы онлайн;
- Deskto Client – возможность скачать одну из этих версий на компьютер.



Рисунок 1.2 – Меню после регистрации на сайте

В меню выберите **Products / Standard Online Editor**. Откроется стартовое окно программы (рисунок 1.3).

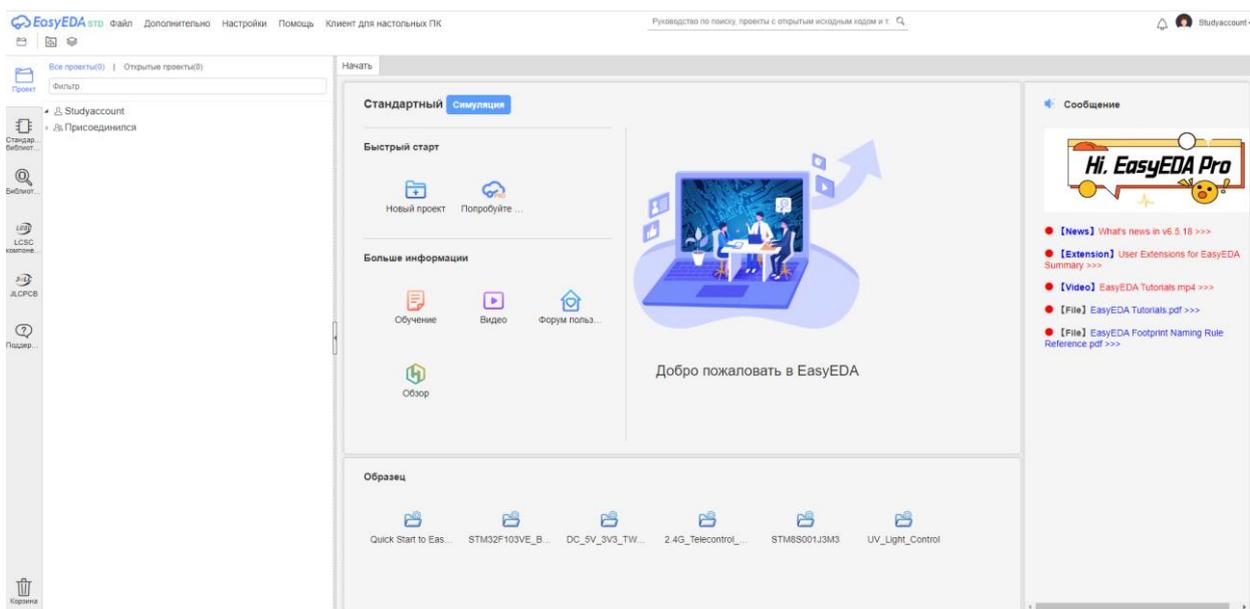


Рисунок 1.3 – Стартовое окно программы

Создайте новый проект в стартовом окне «**Быстрый старт**» **Новый проект** или в контекстном меню **Файл / Новый / Проект**, откроется окно «**Создать новый проект**» (рисунок 1.4). Назовите проект, например, «**Start_1**», и напишите описание проекта (это поможет ориентироваться в большом количестве проектов). Нажмите «**Сохранить**».

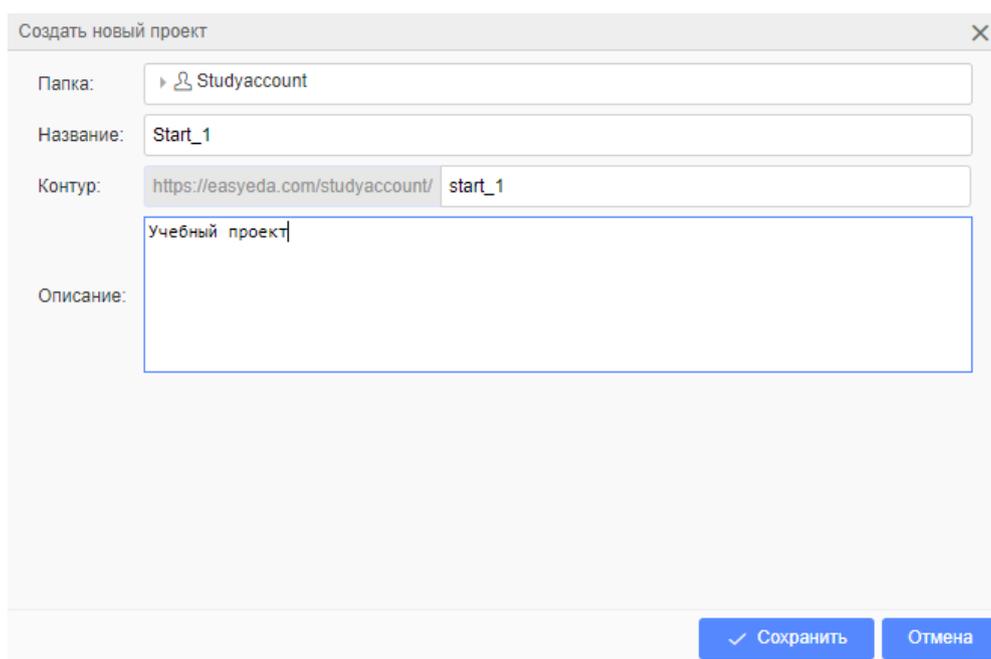


Рисунок 1.4 – Создание нового проекта в программе EasyEDA

1.2 Создание схемного документа

После создания проекта «**Start_1**» в нем автоматически создается схемный документ с именем «**Sheet_1**». Для изменения названия схемного документа необходимо правой кнопкой (ПК) мыши нажать по нему и в выпадающем списке выбрать «**Изменить**». В появившемся окне (рисунок 1.5) введите название «**Doc_1**» и нажмите «**ОК**».

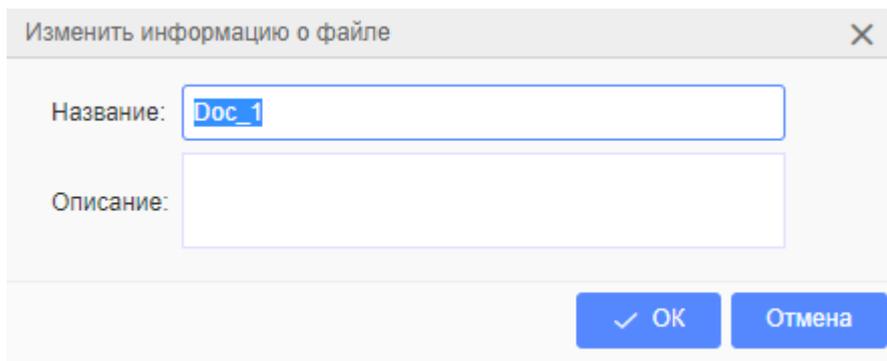


Рисунок 1.5 – Информация о файле

Следующий этап работы заключается в создании схемы электрической принципиальной – конструкторского документа, на котором в виде условно графических обозначений (УГО) показаны все электрические элементы и связи между ними (рисунок 1.6). В данной работе для разработки схемы взята уже готовая библиотека УГО компонентов, к каждому из которых автоматически добавлено посадочное место. Готовая библиотека компонентов находится в левом боковом меню во вкладке «Стандартная библиотека» (рисунок 1.7).

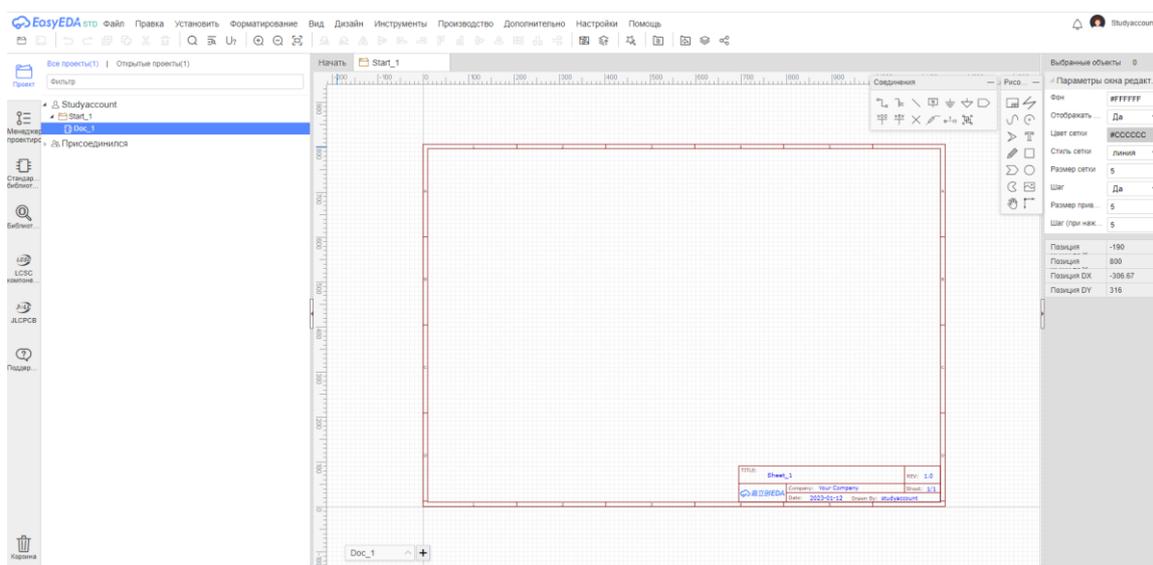


Рисунок 1.6 – Редактор схем электрических принципиальных

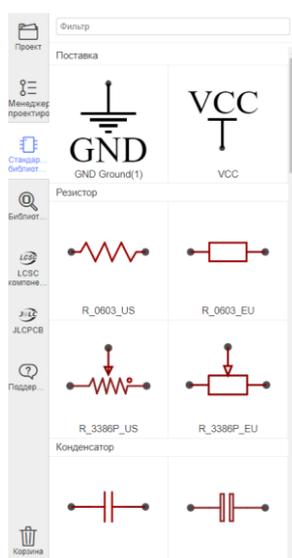


Рисунок 1.7 – Стандартная библиотека символов схемы электрической

Более сложные компоненты (микросхемы, электрические соединители и т.п.) можно найти в основной библиотеке (рисунок 1.8), для вызова которой необходимо в левом боковом меню выбрать вкладку «Библиотека» или нажать ПК по схеме и в выпадающем окне выбрать **Разместить компонент**.

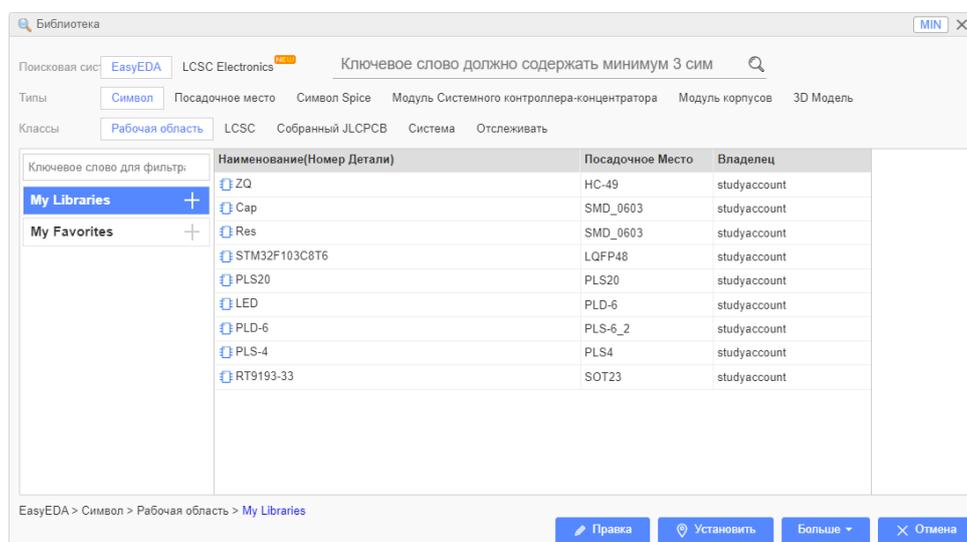


Рисунок 1.8 – Основная библиотека компонентов

В качестве примера создайте схему электрическую принципиальную (рисунок 1.9) в соответствии с перечнем необходимых элементов (таблица 1.1).

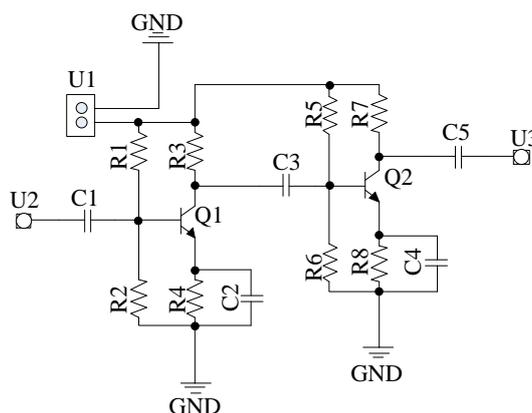


Рисунок 1.9 – Пример схемы электрической принципиальной

Таблица 1.1 – Перечень элементов к схеме электрической принципиальной

№	Обозначения	Наименования, типоразмер	Наминал	Количество	Примечания
1	C1...C4	C_0805_US	0,01uF	4	Конденсаторы, SMD
2	C5	C_0805_US	100nF	1	Конденсаторы, SMD
3	R1, R5	R_0805_US	100k	2	Резисторы, SMD
4	R2, R3, R6, R7	R_0805_US	10k	4	Резисторы, SMD
5	R4, R8	R_0805_US	510	2	Резисторы, SMD
6	Q1, Q2	2N3904(SOT-23)	–	2	Биполярные транзисторы, npn
7	U1	SMKDS3/2-1713024	–	1	Клеммная колодка типа провод к ШП
8	U2, U3	SMA-KWE15X13.	–	2	SMA

Элементы под номерами с 1 по 6 и элемент схемной земли «GND» находятся в стандартной библиотеке, а под номерами 7 и 8 – в основной библиотеке компонентов. Выберите электрические символы всех компонентов из стандартной библиотеки и

разместите в рабочей области (рисунок 1.10). Для поворота символа компонента необходимо щёлкнуть по нему ПК и нажать кнопку «пробел» на клавиатуре.

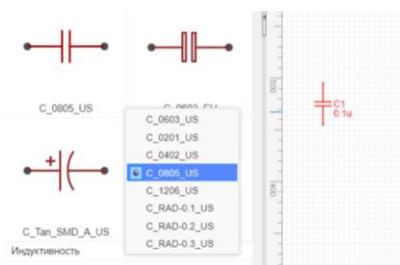


Рисунок 1.10 – Выбор необходимого символа элемента из библиотеки

После размещения стандартных символов вызовите основную библиотеку. В открывшемся окне выберите вкладку **LCSC** и в поисковую строку запишите название компонента **SMKDS3/2-1713024**. Найдите нужный компонент и нажмите **Установить**. При выборе готовой модели из основной библиотеки стоит обращать внимание на то, что кроме УГО модель также должна содержать посадочное место компонента. Аналогично выполнить поиск модели компонента **SMA-KWE15X13**. После того, как все символы компонентов установлены на рабочей области, можно приступить к созданию схемы электрической принципиальной (рисунок 1.11).

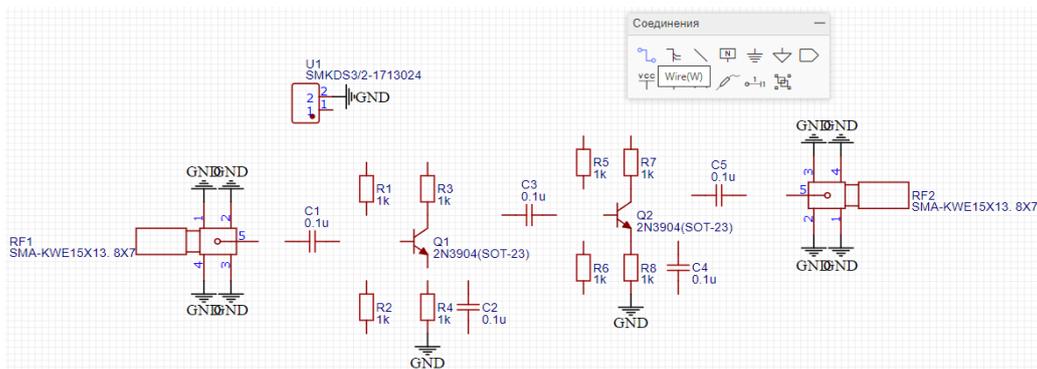


Рисунок 1.11 – Размещение символов компонентов в рабочей области

С помощью инструмента линий **Wire**, имитирующих электрические цепи, соедините выводы всех символов (рисунок 1.12). Красная точка, которая автоматически появляется при пересечении линий, означает, что цепи между собой соединены. После того, как все символы компонентов схемы соединены, схема электрическая принципиальная готова. Сохраните ее.

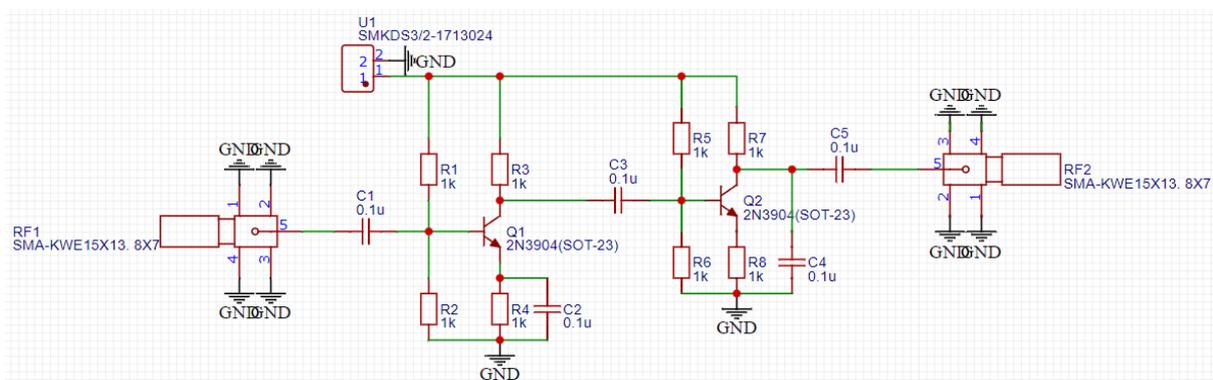


Рисунок 1.12 – Готовая схема электрическая принципиальная

1.3 Создание модели печатной платы

Созданная схема электрическая является одним из исходных данных для проектирования модели ПП – размещение посадочных мест компонентов и проводящих

трасс между ними. Прежде всего необходимо преобразовать разработанную схему, в состав которой входят символы компонентов, в ПП с соответствующими корпусами компонентов.

В основном меню выберите **Дизайн / Преобразовать схему в печатную плату**. Откроется редактор ПП, в котором прежде всего необходимо задать настройки проектируемой платы. Установите параметры платы (рисунок 1.13) и нажмите **Применить**. После этого сохраните файл ПП.

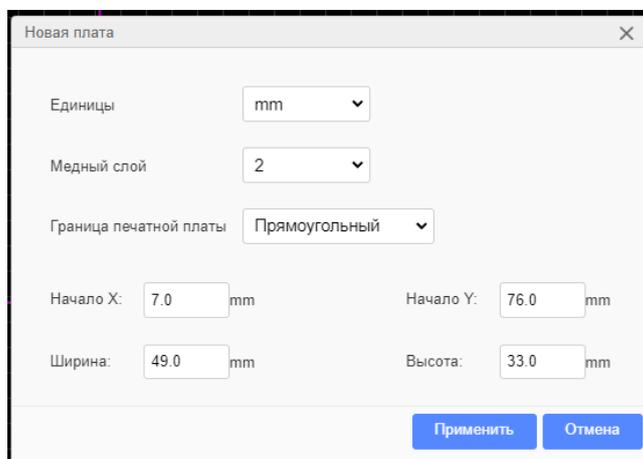


Рисунок 1.13 – Окно настройки проектируемой ПП

В окне редактора ПП (рисунок 1.14) появится контур платы, за его пределами загрузятся все корпуса компонентов с соединениями, которые соответствуют компонентам и электрическим соединениям, заложенным в разработанной схеме электрической.

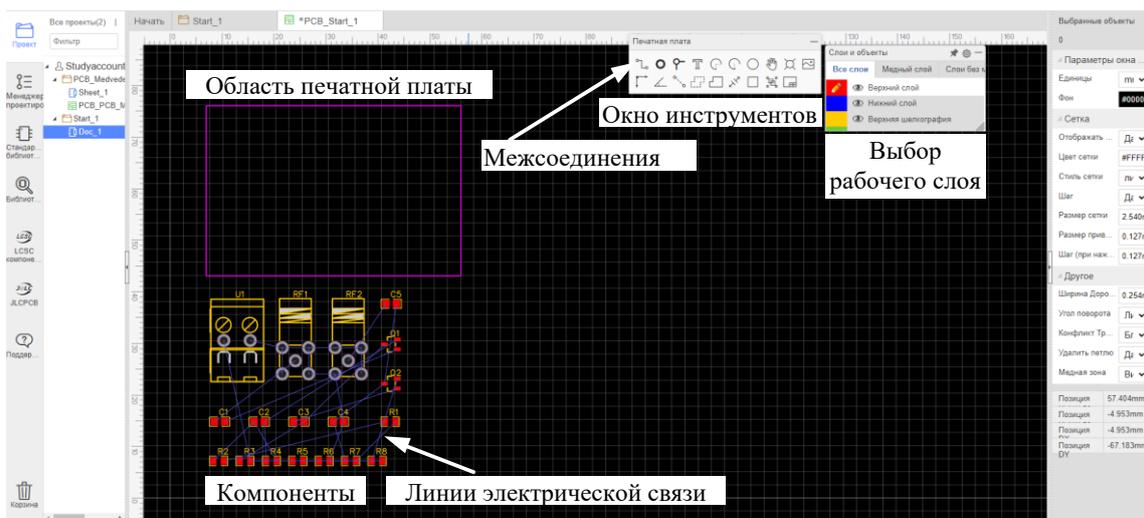


Рисунок 1.14 – Окно редактора ПП

Выполните размещение компонентов в области ПП таким образом, чтобы компоненты U1, U2 и U3 располагались на нижнем слое, а все остальные – на верхнем. Чтобы расположить компонент на нижнем слое платы, выделите его кнопкой мыши и в настройках параметров компонента, которые находятся в окне справа, выберите **Нижний слой**. Для удобства визуализации компоненты, перемещенные на нижний слой платы, изменят свой цвет (рисунок 1.15).

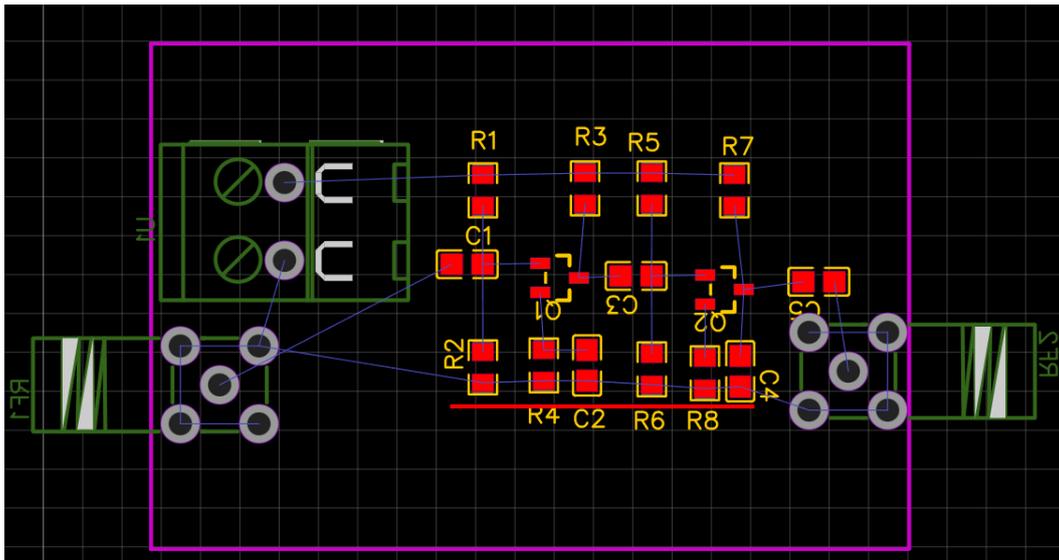


Рисунок 1.15 – Размещение компонентов в области ПП

В редакторе ПП есть такой функционал, как выравнивание компонентов. Для выравнивания по нижнему краю выделите необходимые компоненты (рисунок 1.16) и нажмите **«Выровнять по нижнему краю»**. В результате все выделенные компоненты выстроятся на одной линии по нижнему краю (рисунок 1.17).

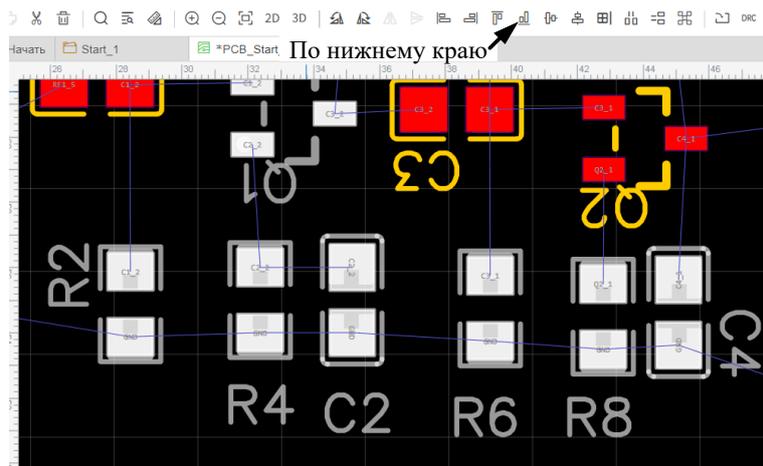


Рисунок 1.16 – Выделенные компоненты

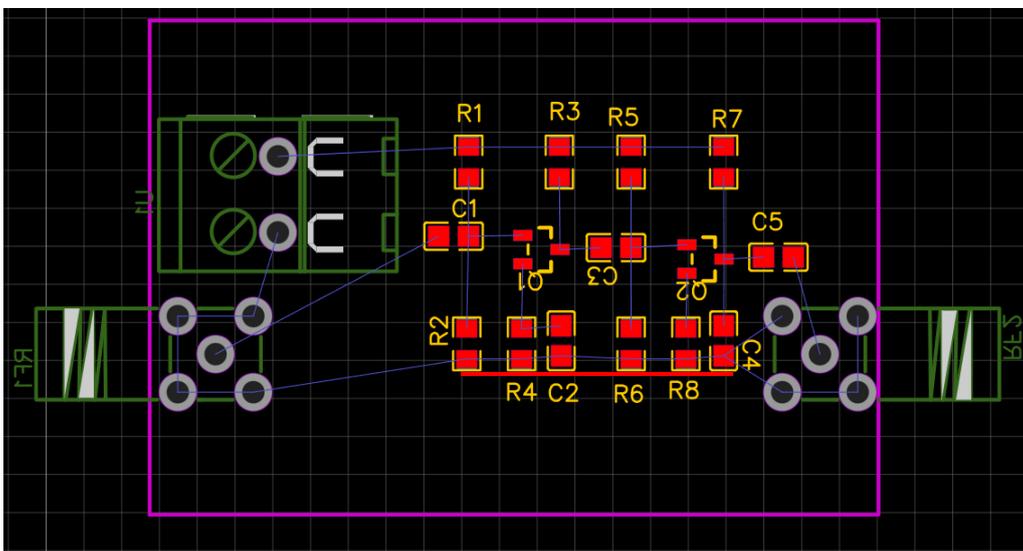


Рисунок 1.17 – ПП после выравнивания компонентов

Следующим этапом проектирования ПП является трассировка печатных проводников. Трассировку проводников выполняйте преимущественно на верхнем слое, так как большинство компонентов размещено именно на нем, а все пространство на нижнем слое будет занимать полигон цепи GND.

Перед началом трассировки необходимо задать правила проектирования. Для этого выберите **Дизайн / Правила проектирования**, в появившемся окне задайте правила (рисунок 1.18). Цепи **U1_1** присвойте правило **U1** и нажмите «**Настройки**».

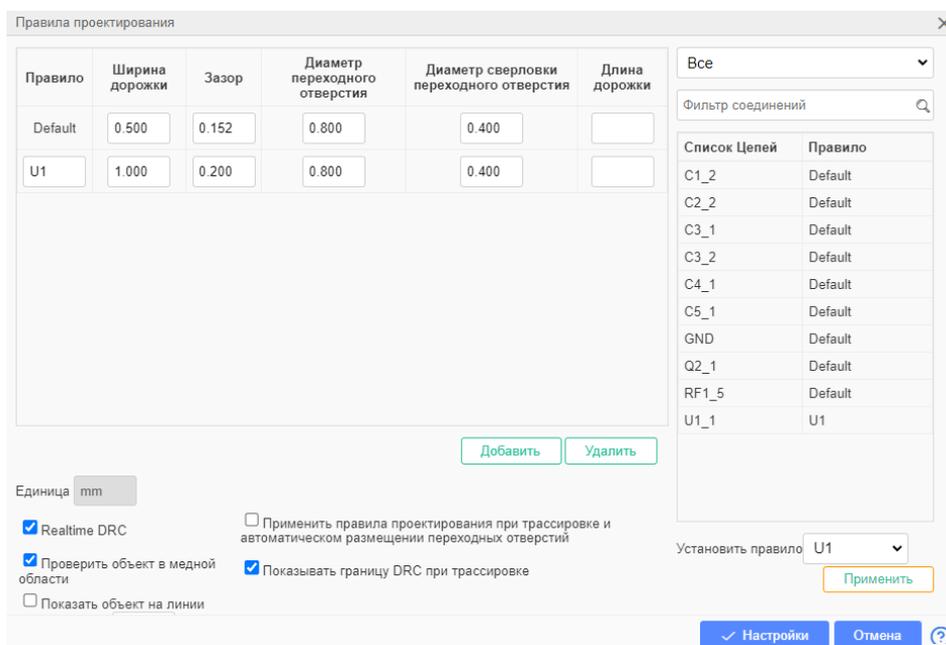


Рисунок 1.18 – Настройка правил проектирования ПП

Для более быстрой трассировки можно воспользоваться автотрассировкой с помощью следующих команд: **Трассировка / Автотрассировка**. Откроется окно настройки автотрассировки (рисунок 1.19). В настройке слоев уберите галочку с нижнего слоя, выберите: **пропустить цепи GND / сервер трассировки – облачный / запустить**. В результате работы автотрассировщика все электрические цепи, соединяющие компоненты (кроме цепи GND), преобразуются в линии проводников (рисунок 1.20).

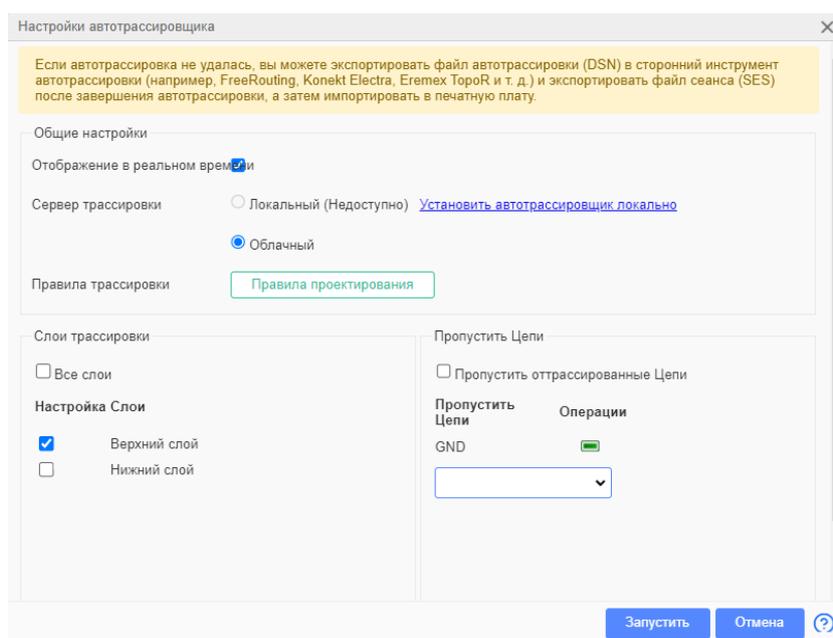


Рисунок 1.19 – Окно настройки автотрассировки

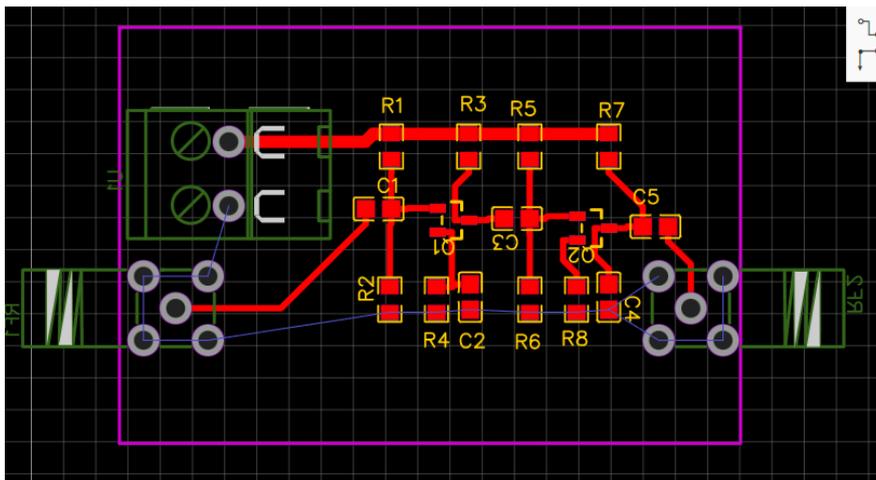


Рисунок 1.20 – Результат автотрассировки ПП

Теперь осталось выполнить цепь GND в виде полигона на нижнем слое платы. С помощью команды **Copper Area** на нижнем слое ПП начертите границы полигона и присвойте ему название цепи «GND». Все выводы компонентов, соединенных с согласно схеме электрической с цепью GND, соедините с полигоном через переходные отверстия между верхним и нижним слоями платы (рисунок 1.21).

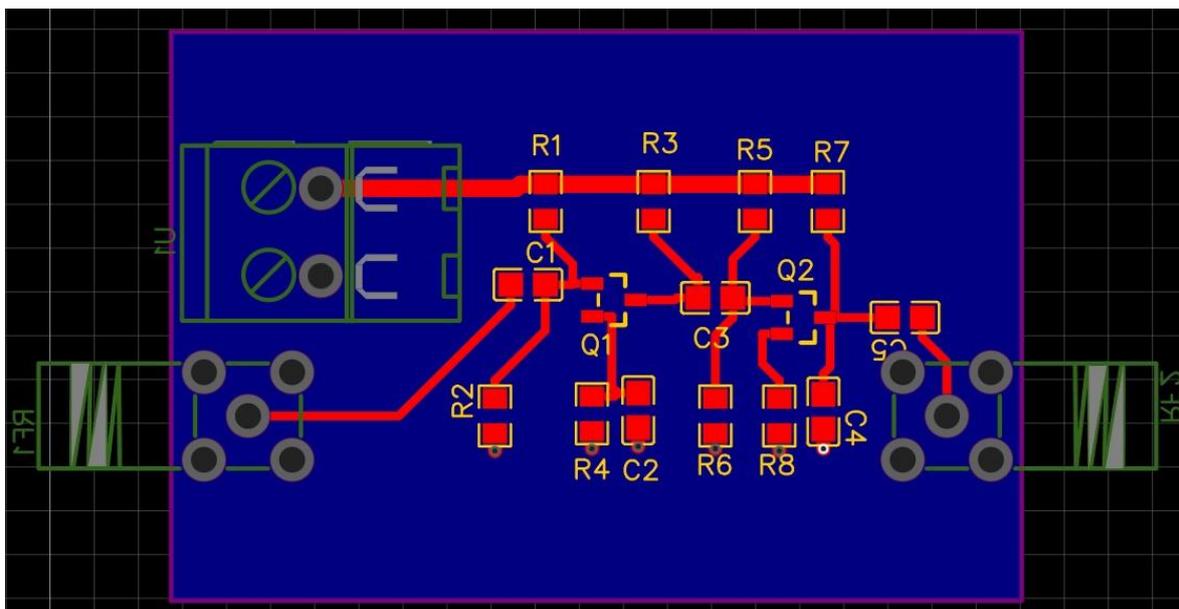


Рисунок 1.21 – Готовая печатная плата

В результате проделанной работы вы изучили основной функционал системы EasyEDA, познакомились с работой редакторов схем электрических и ПП, получили навыки создания электрической схемы и на ее основе спроектировали ПП. В дальнейшем более подробно разберем каждый из этапов проектирования.

1.4 Контрольные вопросы

1. Какие условно-графические обозначения компонентов и их позиционные обозначения применяются в схемах электрических принципиальных?
2. Какой символ используется для обозначения заземления (общее обозначение) на схеме электрической принципиальной?
3. Какие из компонентов, используемых в работе содержит стандартная библиотека программы?
4. Что отражают электрические связи между посадочными местами компонентов при создании топологии ПП?
5. Как вручную провести межсоединение между компонентами?
6. Для чего нужна функция «автотрассировка»?
7. Как ограничить зазор между проводниками при выполнении автотрассировки?
8. Какая цепь в представленной работе выполнена в виде полигона? Почему для этой цепи используется полигон? В чем преимущества или/и недостатки использования полигона в отличие от обычного проводника?
9. Какие компоненты и цепи могут располагаться на нижнем слое спроектированной печатной платы?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

2 Создание УГО компонентов в САПР EasyEDA

Цель работы – получение навыков создания УГО компонентов схем электрических принципиальных средствами САПР EasyEDA.

2.1 Настройка редактора создания УГО в среде EasyEDA

Откройте редактор создания УГО с помощью команды **EasyEDA Designer / Std Edition** и создайте новый проект. Для этого щелкните левой кнопкой (ЛК) по вкладке «Новый проект» и, выполнив команду «Сохранить», сохраните проект с названием «PCB», указав номер группы и фамилию (рисунок 2.1). На рабочем поле открывается формат для выполнения чертежа схемы.

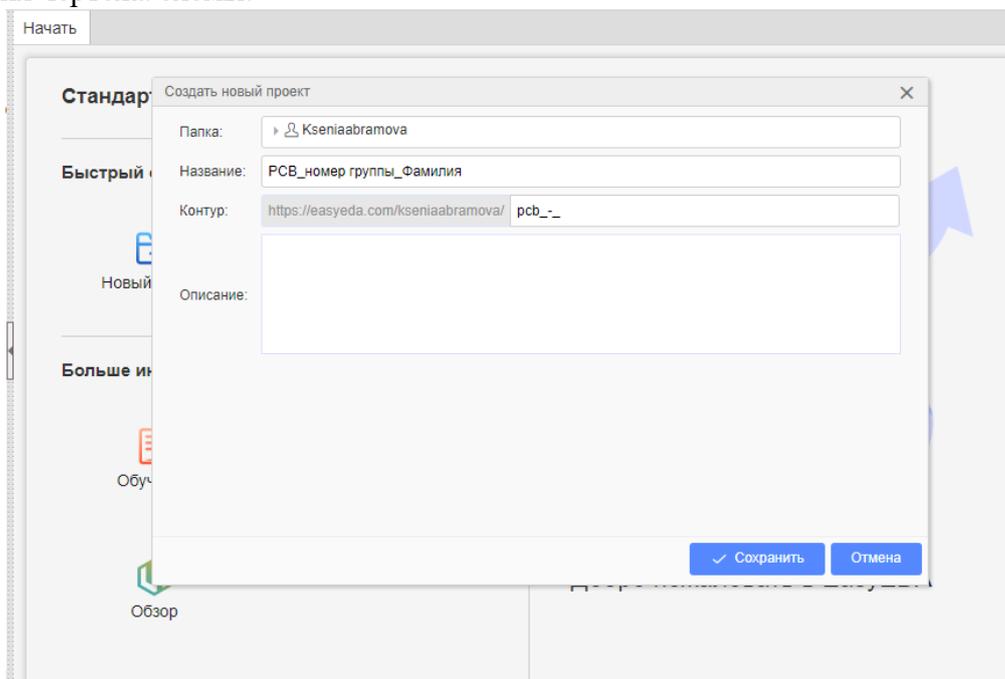


Рисунок 2.1 – Окно создания нового проекта

Чтобы добавить новые библиотеки в созданный проект, необходимо выполнить команды: **Файл / Новый / Символ** (рисунок 2.2) В центральной части экрана появится рабочее поле редактора УГО (рисунок 2.3).

Для удобной работы на рабочем поле редактора УГО необходимо настроить параметры сетки привязки. Для этого в окне «**Параметры окна редактора**» укажите значения «**Размера сетки**» – видимая сетка, «**Размер привязки**» – рабочая сетка и «**Шаг**» – рабочая сетка при нажатие «alt». Настройте сетку привязки: размер сетки – 50, размер привязки – 10 и шаг – 5.

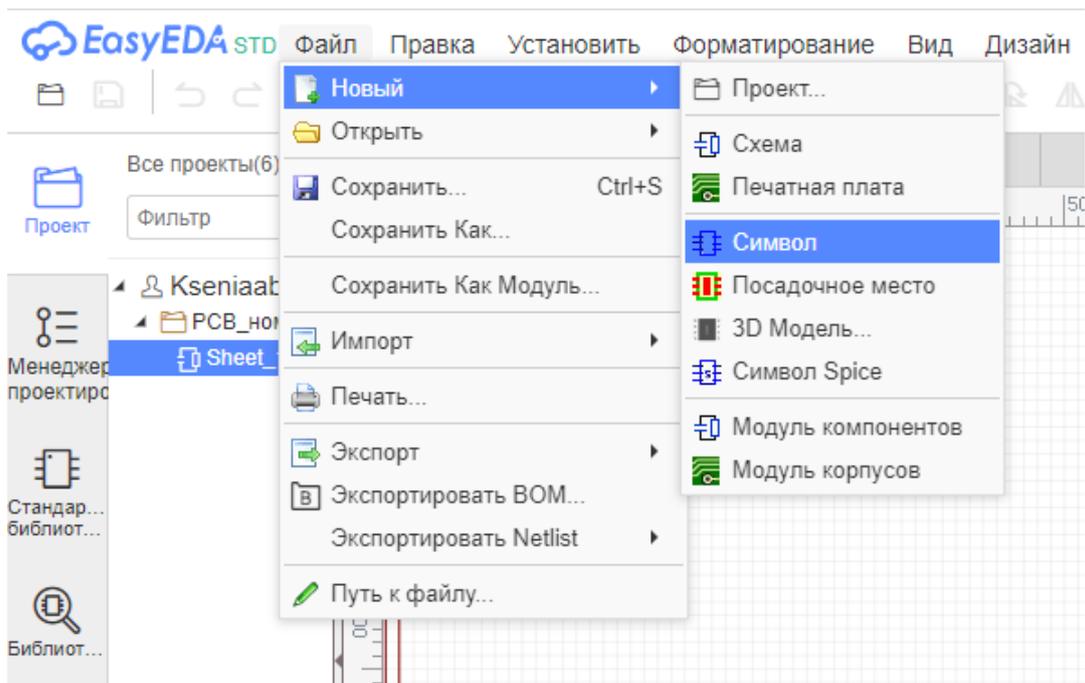


Рисунок 2.2 – Создание нового символа

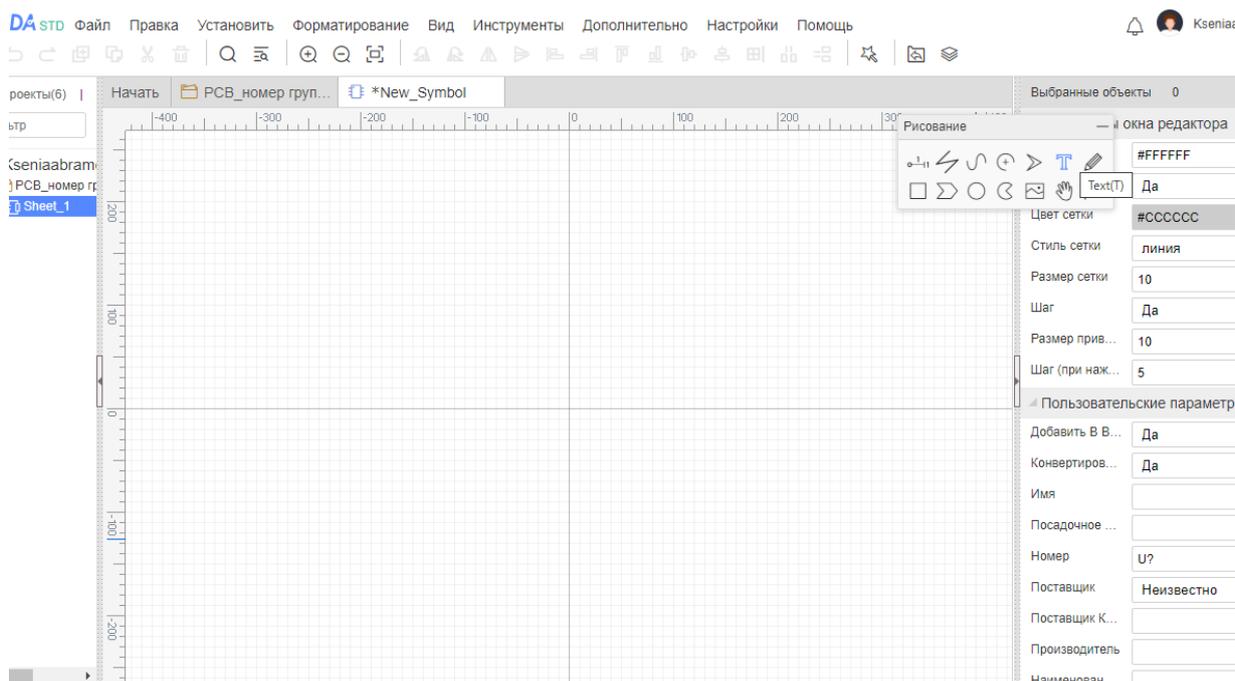


Рисунок 2.3 – Рабочее поле редактора УГО

2.2 Создание УГО микроконтроллера STM32F103C8T6

Чтобы получить УГО микроконтроллера (МК) STM32F103C8T6 надо нарисовать прямоугольник. Для этого в окне «**Рисование**» выполните команду **Rectangle** (в скобках указаны названия «Горячих клавиш» вызова команд, которые работают в латинской раскладке). В рабочем поле щелкните ЛК в начале координат и, перемещая манипулятор, постройте прямоугольник нужного размера – 250×130 мм (рисунок 2.4). Для завершения построения фигуры щелкните ЛК, чтобы выйти из режима построения щелкните ПК.

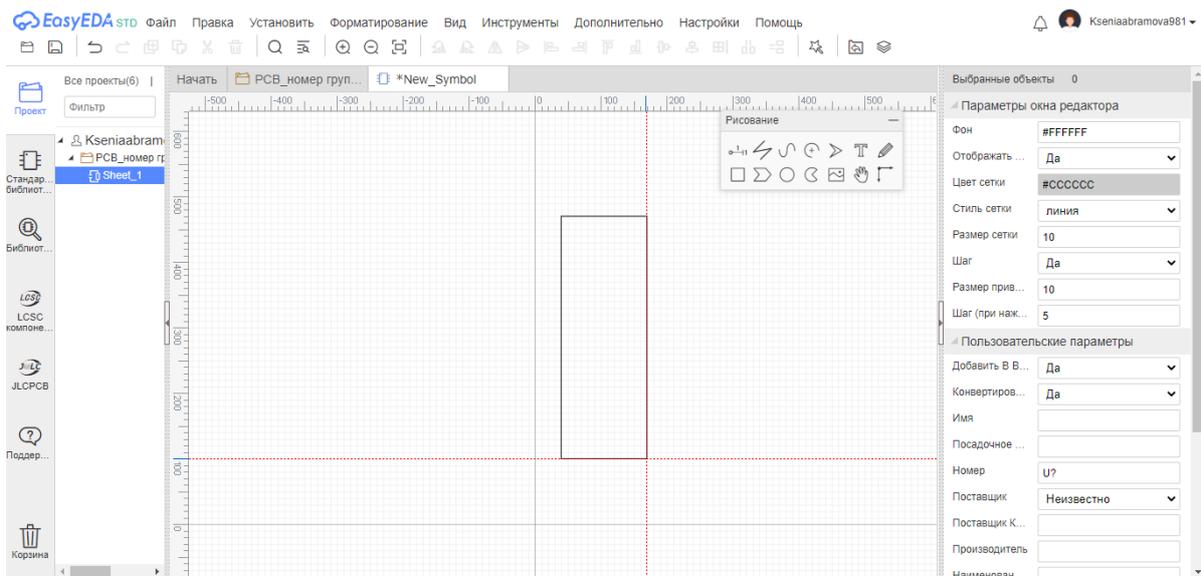


Рисунок 2.4 – Создание УГО МК

При необходимости размер сетки можно изменить в «**Параметры окна редактора**» (рисунок 2.5). Масштаб изображения изменяется вращением колесика на мышке (скролла).

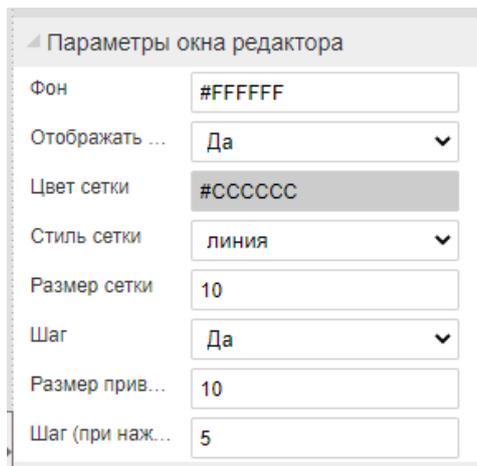


Рисунок 2.5 – Параметры окна редактора УГО

Следующим этапом создания символа МК является размещение его выводов. Корпус микроконтроллера содержит 48 выводов, разместите по 24 вывода с двух противоположных сторон прямоугольника. Для этого в окне **Рисование** выберите **Pin**. За курсором потянется вывод, который необходимо установить слева у прямоугольника, отступая сверху и снизу соответственно по 10 мм от края: 1-й и 24-й выводы слева, а 25-й и 48-й справа. Точка контакта должна находиться снаружи (рисунок 2.6).

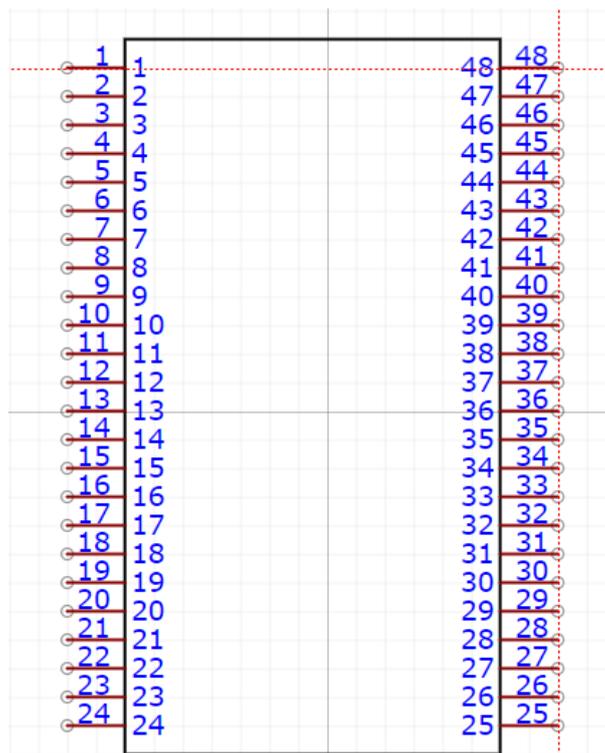


Рисунок 2.6 – Размещение выводов на символе компонента

Затем необходимо задать свойства каждого из выводов, для этого выполните следующие команды: **Инструменты / Редактор контактов**. Откроется окно **Менеджер контактов** (рисунок 2.7), в котором измените имена выводов. Чтобы получить информацию о распиновке МК, можно обратиться к техническому описанию STM32F103C8T6 (LQFP48) «Figure 4» на стр. 16: <https://static.chipdip.ru/lib/235/DOC000235733.pdf>.

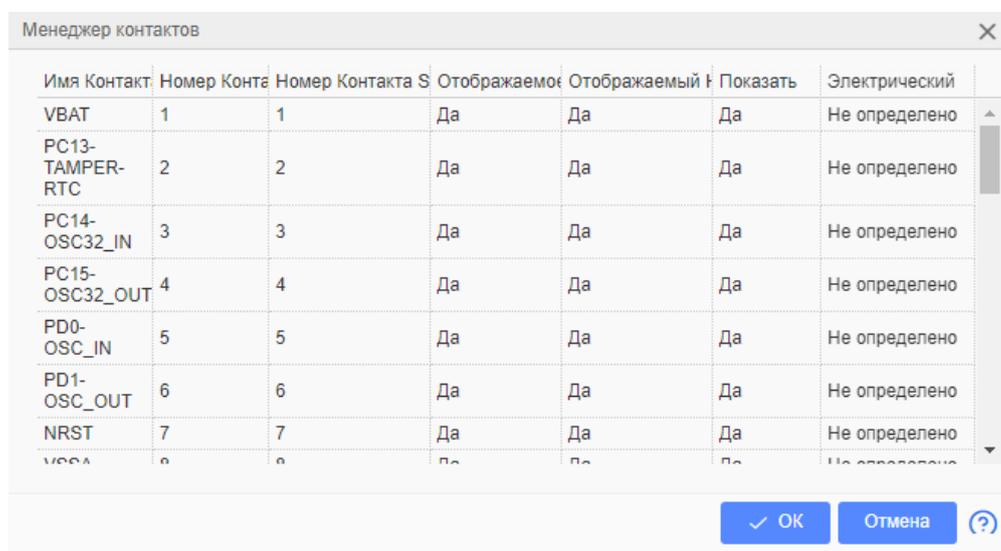


Рисунок 2.7 – Редактор контактов символа компонента

Когда будут заданы имена всех выводов, щелкните ПК по любому выводу и выберите **Найти похожие объекты**, в открывшемся окне укажите **Тип Контакт** и нажмите **Найти**. После этого закройте окно. В окне «Свойства объектов»: **Цвет контакта**, **Имя цвета** и **Номер цвета** измените цвет на черный (#000000) (рисунок 2.8).

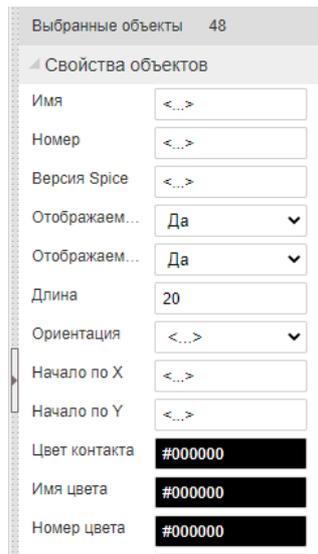


Рисунок 2.8 – Окно свойств символа

В результате проведенных действий получится УГО STM32F103C8T6 (рисунок 2.9).

1	VBAT	VDD_3	48
2	PC13-TAMPER-RTC	VSS_3	47
3	PC14-OSC32_IN	PB9	46
4	PC15-OSC32_OUT	PB8	45
5	PD0-OSC_IN	BOOT0	44
6	PD1-OSC_OUT	PB7	43
7	NRST	PB6	42
8	VSSA	PB5	41
9	VDDA	PB4	40
10	PA0-WKUP	PB3	39
11	PA1	PA15	38
12	PA2	PA14	37
13	PA3	VDD_2	36
14	PA4	VSS_2	35
15	PA5	PA13	34
16	PA6	PA12	33
17	PA7	PA11	32
18	PB0	PA10	31
19	PB1	PA9	30
20	PB2	PA8	29
21	PB10	PB15	28
22	PB11	PB14	27
23	VSS_1	PB13	26
24	VDD_1	PB12	25

Рисунок 2.9 – Символ компонента

В завершении в окне **Пользовательские параметры** задайте имя STM32F103C8T6 и номер «U?» (рисунок 2.9).

Рисунок 2.10 – Задание пользовательских параметров

Чтобы сохранить созданный библиотечный символ, выполните команды: **Файл / Сохранить как.../ Сохранить** (рисунок 2.9).

Рисунок 2.11 – Сохранение нового символа

2.3 Создание УГО PLS-20

Для создания нового символа выполните команды: **Файл / Новый / Символ**. Откроется окно создания нового символа. После этого выполните команды: **Размещение / Прямоугольник**. Нажмите ЛК, отпустив ее и перемещая манипулятор, постройте прямоугольник.

Разместите выводы, выполнив команды: **Размещение / Вывод**. Установите 20 выводов с правой стороны прямоугольника. Затем измените свойства выводов, щелкнув ПК по любому выводу и выбрав команду **Найти похожие объекты**. В открывшемся окне укажите **Тип Контакт**, нажмите **Найти** и закройте окно. В окне **«Свойства объектов»**

Отображаем номер измените на «Нет» и **Цвет контакта, Имя цвета и Номер цвета** измените на черный. В результате получится изображение УГО PLS20 (рисунок 2.12).

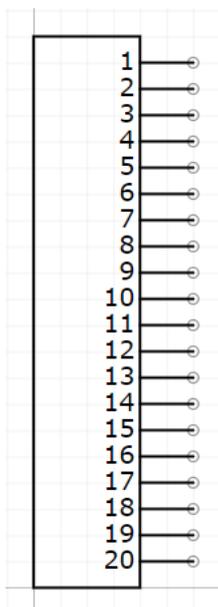


Рисунок 2.12 – Символ компонента PLS-20

В завершении в окне **Пользовательские параметры** задайте **Имя PLS20** и **Номер «P?»** и сохраните полученное УГО, выполнив команды: **Файл / Сохранить как.../ Сохранить.**

Аналогично вышеприведенным примерам создайте УГО для следующих компонентов:

- резистор – Имя: «Res», номер: «R?» (рисунок 2.13);
- конденсатор – Имя: «Cap», номер: «C?» (рисунок 2.14);
- светодиод – Имя: «LED», номер: «D?» (рисунок 2.15);
- PLD-6 – Имя: «PLD-6», номер: «P?» (рисунок 2.16);
- PLS-4 – Имя: «PLS-4», номер: «P?» (рисунок 2.17);
- кварцевый резонатор – Имя: «ZQ», номер: «Y?» (рисунок 2.18)\$
- микросхема RT9193-33 – Имя: «RT9193-33», номер: «U?» (рисунок 2.19).

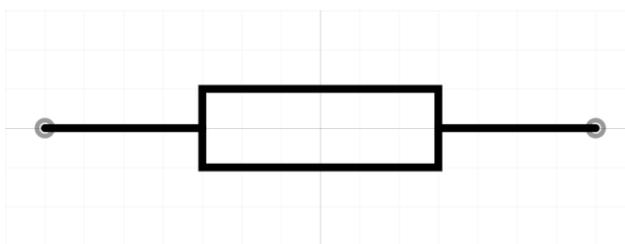


Рисунок 2.13 – УГО резистора

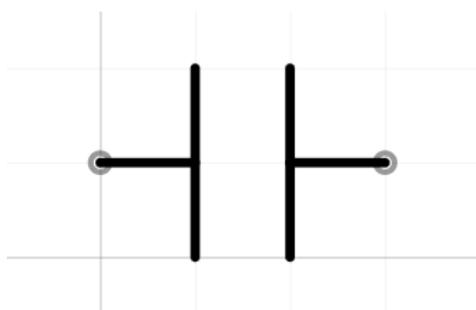


Рисунок 2.14 – УГО конденсатора

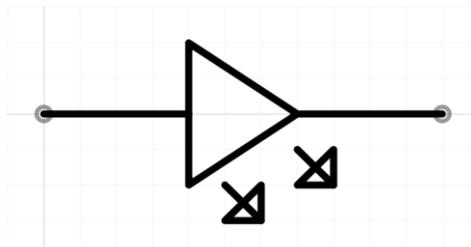


Рисунок 2.15 – УГО светодиода

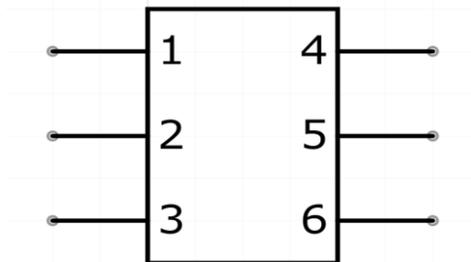


Рисунок 2.16 – УГО PLD-6

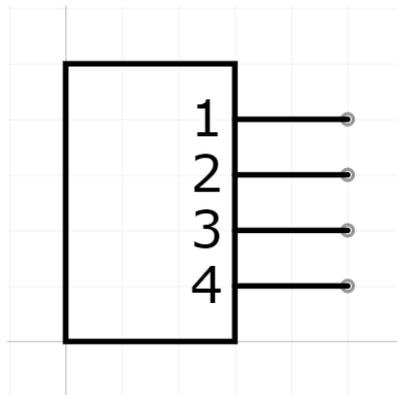


Рисунок 2.17 – УГО PLS-4

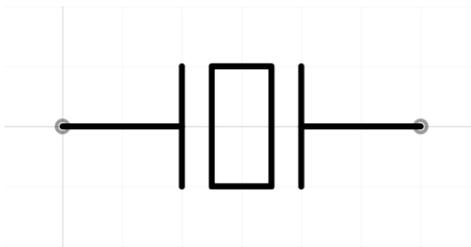


Рисунок 2.18 – УГО кварцевого резонатора

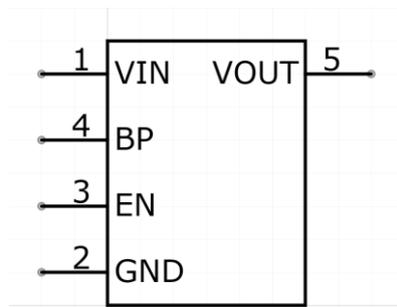


Рисунок 2.19 – УГО RT9193-33

Если необходимо редактировать УГО, то в правой части окна редактора EasyEDA выберите **Библиотеки** (рисунок 2.20).

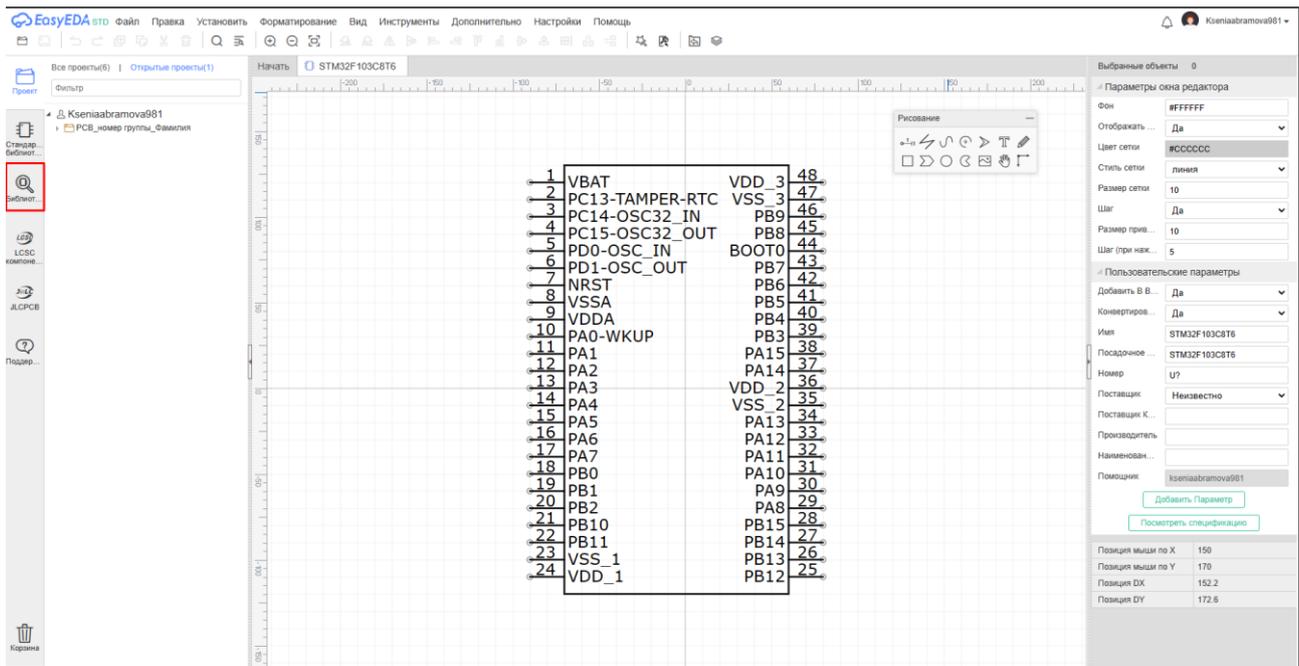


Рисунок 2.20 – Окно редактирования символов

В открывшемся окне (рисунок 2.21) выберите символ, который необходимо редактировать, и нажмите **Правка**, после чего можно отредактировать выбранное УГО.

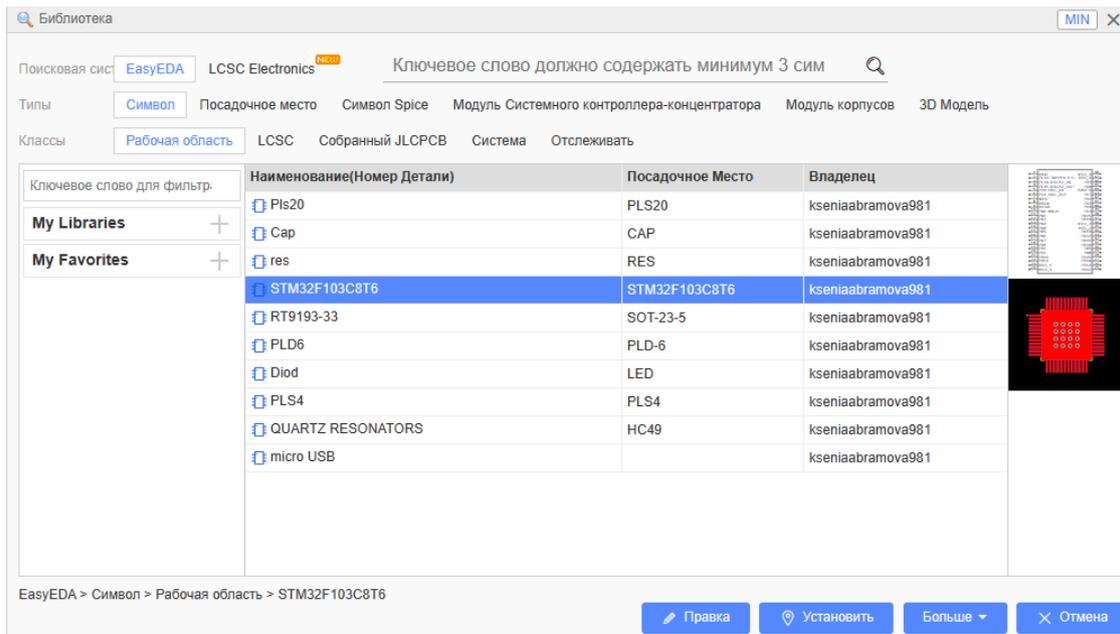


Рисунок 2.21 – Окно библиотеки символов

В результате работы вы познакомились с последовательностью создания схемных элементов и получили навыки создания их УГО.

2.4 Контрольные вопросы

1. Что такое «размер привязки сетки»?
2. Важно ли учитывать нумерацию выводов при разработке УГО компонентов?
3. Как расшифровывается «УГО»?
4. Что означает надпись «R?»?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

3 Разработка в САПР EasyEDA посадочных мест компонентов на печатной плате

Цель работы – приобретение навыков разработки посадочных мест конструктивных элементов РЭС средствами САПР EasyEDA.

3.1 Создание посадочного места микроконтроллера STM32F103C8T6

Для создания посадочного места (ПМ) необходимо выполнить следующие действия: **Файл / Новый / Посадочное место** (рисунок 3.1). Открывается редактор нового ПМ.

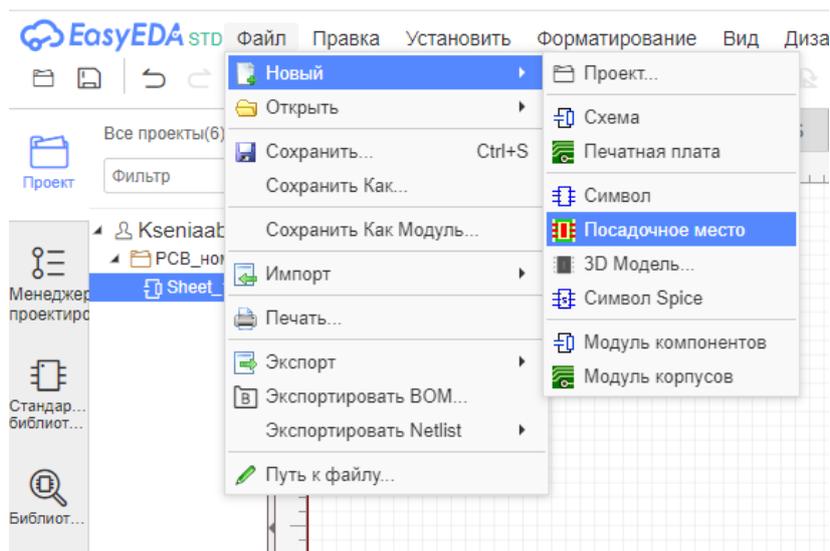


Рисунок 3.1 – Редактор создания нового ПМ

Выполните команды **Инструменты / Мастер посадочных мест** (рисунок 3.2).

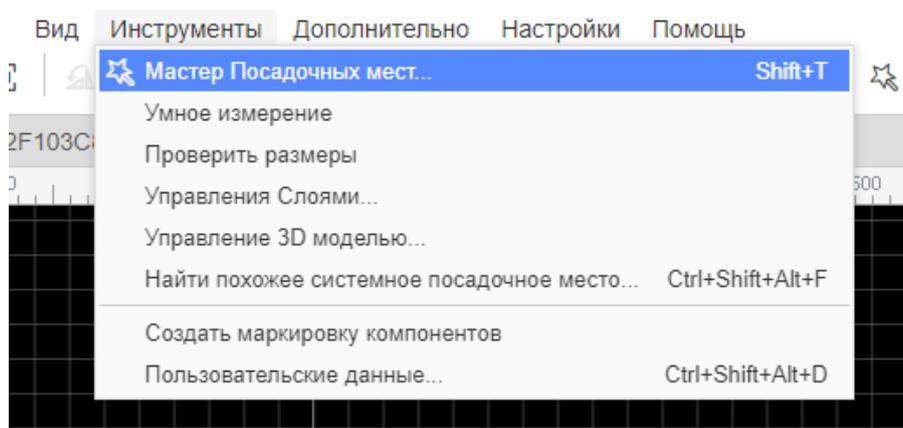


Рисунок 3.2 – Создание посадочного места STM32F103C8T6

Откроется окно выбора типа корпуса компонента, в котором выберите тип корпуса – **QFP** (рисунок 3.3).

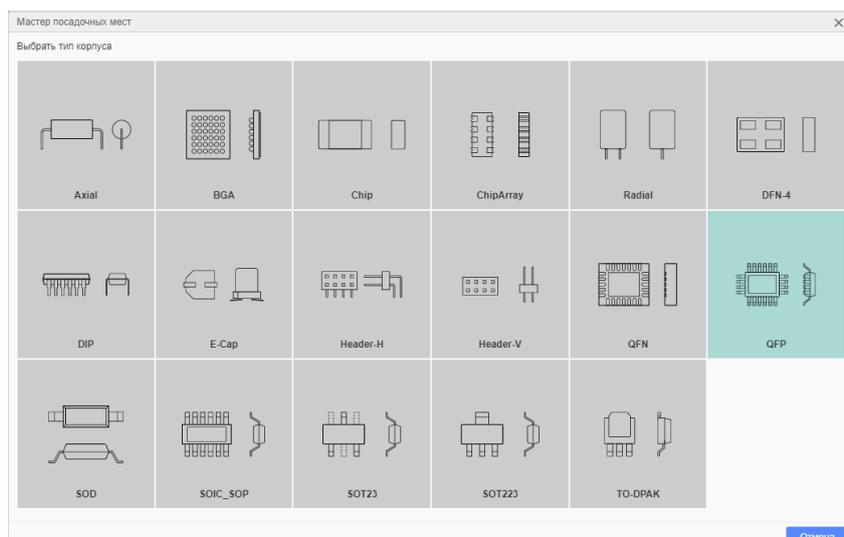


Рисунок 3.3 – Выбор типа корпуса компонента

В следующем окне задайте параметры для создания посадочного места под МК. Важно отметить, что при создании посадочного места компонента оно должно быть немного больше фактического размера компонента для реализации удобства монтажа на плату. Но при задании параметров с помощью мастера посадочных мест необходимо задавать размеры корпуса в соответствии с теми, которые указаны в технической документации без дополнительных отступов, т.к. программа уже учитывает это и автоматически создает отступ в соответствии с заданными параметрами при создании дополнительной площадки. Для получения параметров корпуса МК можно обратиться к техническому описанию STM32F103C8T6 (страница 63): <https://static.chipdip.ru/lib/235/DOC000235733.pdf>.

В первых двух строках **Количество контактов (слева/справа, сверху/внизу)** необходимо указать **12**, в технической документации (рисунок 3.4) дано общее количество контактов **Number of pins: N – 48**, в данном корпусе на каждую сторону корпуса приходится одинаковое количество выводов – **12**.

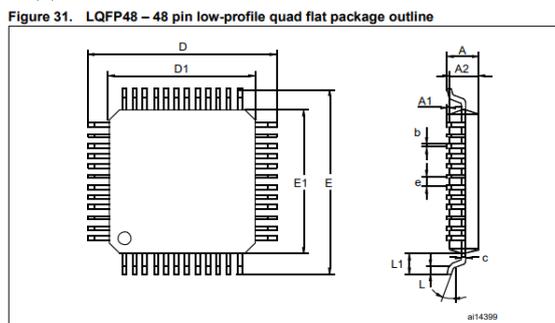


Table 45. LQFP48 – 48 pin low-profile quad flat package mechanical data

Dim.	mm			inches ⁽¹⁾		
	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max
A			1.60			0.063
A1	0.05		0.15	0.002		0.006
A2	1.35	1.40	1.45	0.053	0.055	0.057
b	0.17	0.22	0.27	0.007	0.009	0.011
c	0.09		0.20	0.004		0.008
D		9.00			0.354	
D1		7.00			0.276	
E		9.00			0.354	
E1		7.00			0.276	
e		0.50			0.020	
θ	0°	3.5°	7°	0°	3.5°	7°
L	0.45	0.60	0.75	0.018	0.024	0.030
L1		1.00			0.039	
Number of pins						
N	48					

Рисунок 3.4 – Параметры корпуса LQFP микроконтроллера STM32F103C8T6

Выбор формы площадки для вывода компонента не имеет большого значения, например, выберите **Прямоугольную**. Для следующих параметров задаются по два значения – диапазон в соответствии с технической документацией. Диапазон значений, указанный для этих параметров, это производственные допуски – пределы изменения параметров при производстве оборудования, ограниченные максимально допустимыми отклонениями их от номиналов, обеспечивающими работоспособность при эксплуатации оборудования. В технической документации для **межвыводного расстояния по горизонтали (LS1)** и **вертикали (LS2)** указаны только средние значения **D, E = 9 мм**, в обоих окошках необходимо записать это значение. **Длина компонента (BL)** и **Высота компонента (BW)** – средние значения **D1, E1 = 7 мм** согласно технической документации. Далее укажите диапазон значений для **длины (PL)** и **высоты контакта (PW)**: 0,45 мм – 0,75 мм и 0,17 мм – 0,27 мм соответственно, **межконтактное расстояние (PP)** задайте 0,5 мм. Уберите галочки около **Термоплощадка** и **Пользовательская маска** (для данного корпуса эти параметры не указываются). В соответствии с чертежом, указанным в документации, укажите **Позицию первого контакта** – нижний левый угол. Точка привязки не имеет значения, по умолчанию можно оставить центр площадки. После задания всех параметров (рисунок 3.5) нажмите **Применить**.

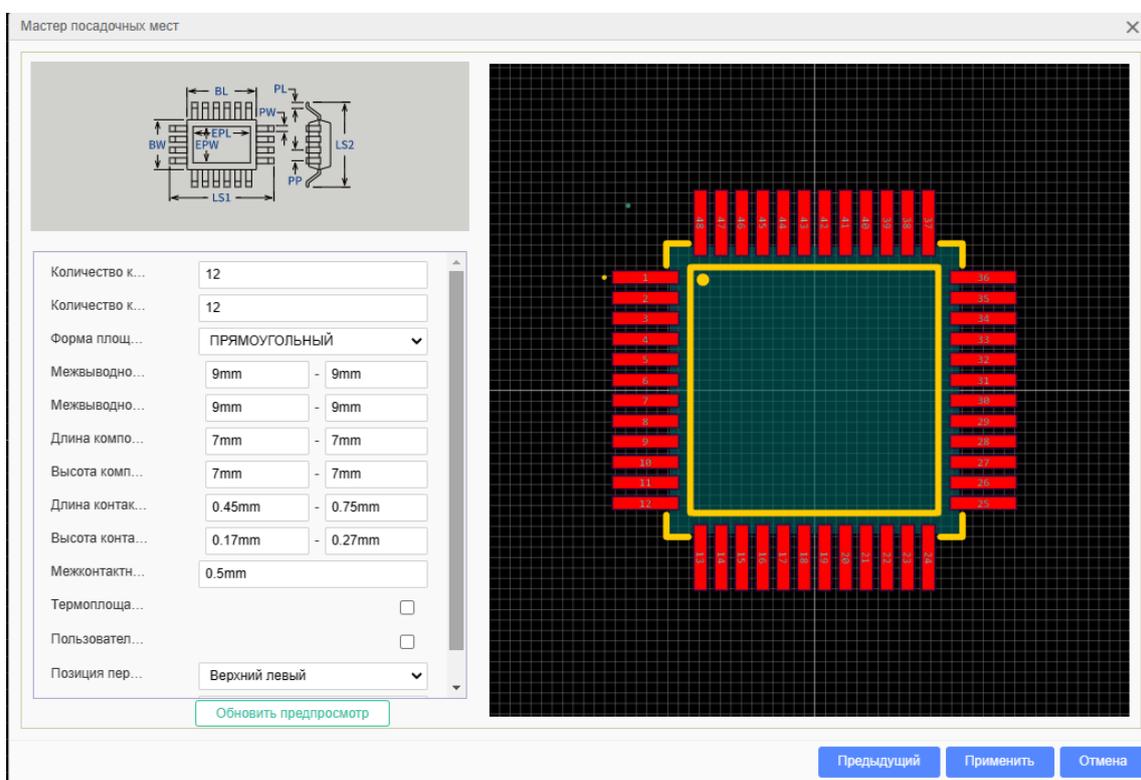


Рисунок 3.5 – Редактирование мастера посадочных мест

После создания посадочного места компонента добавьте к нему 3D-модель.

Адреса для загрузки готовых 3D-моделей следующие:

<https://www.3dcontentcentral.com/>

<https://library.io/explore/3dmodels>

<https://github.com/KiCad/kicad-packages3D>

<https://www.traceparts.com/zh>

<https://grabcad.com/>

Далее на примере сайта 3D CONTENT CENTRAL показано, как загрузить необходимую 3D-модель. После перехода по ссылке <https://www.3dcontentcentral.com/> откроется главное окно сайта. Для начала потребуется зарегистрироваться на сайте. Чтобы найти необходимую 3D-модель, нужно в поиске ввести название корпуса необходимого

компонента. Например, МП STM32F103C8T6 выполнен в корпусе LQFP-48, это указано в технической документации (рисунок 3.4). В поиске запишите название корпуса «LQFP-48» и нажмите **Найти** (рисунок 3.6).

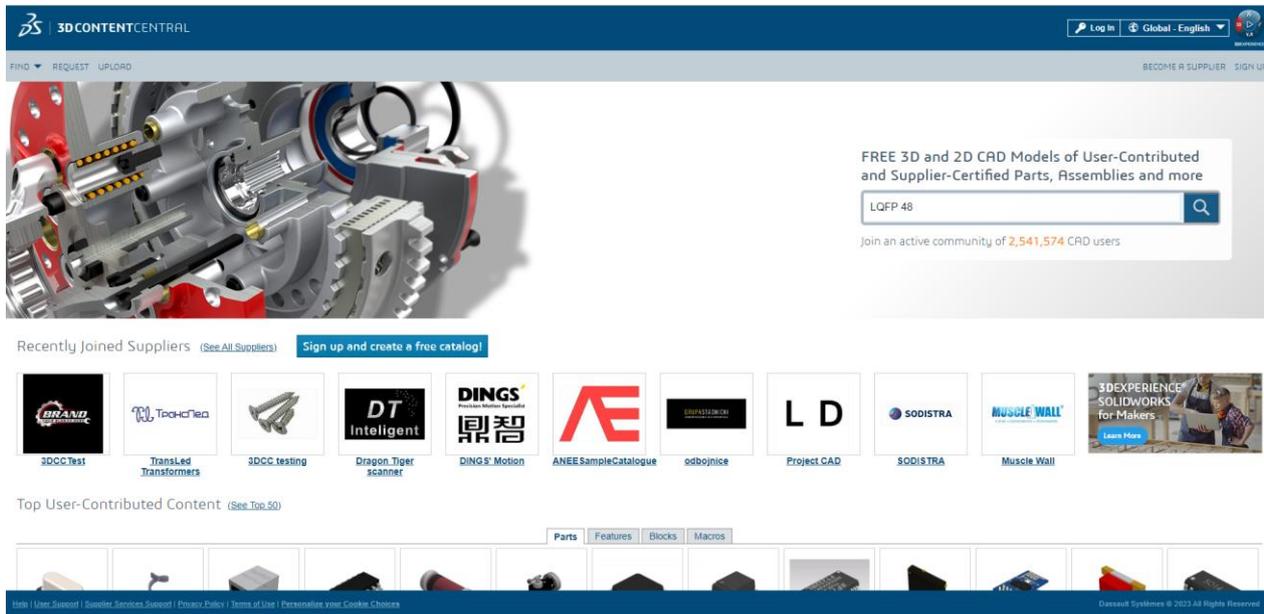


Рисунок 3.6 – Главное окно сайта 3D CONTENT CENTRAL

В результате ввода откроется окно с найденными результатами (рисунок 3.7), выберите подходящую 3D-модель.

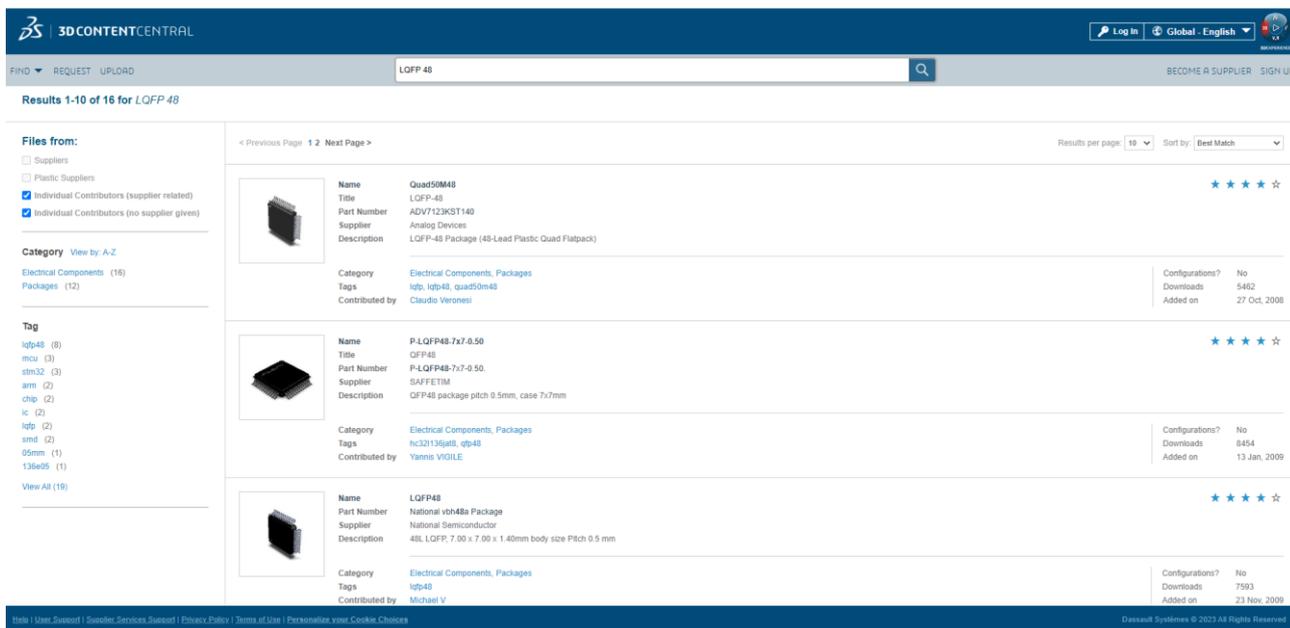


Рисунок 3.7 – Результаты поиска 3D-модели корпуса МК (LQFP)

После выбора 3D-модели откроется окно с указанием информации о данной модели (рисунок 3.8).

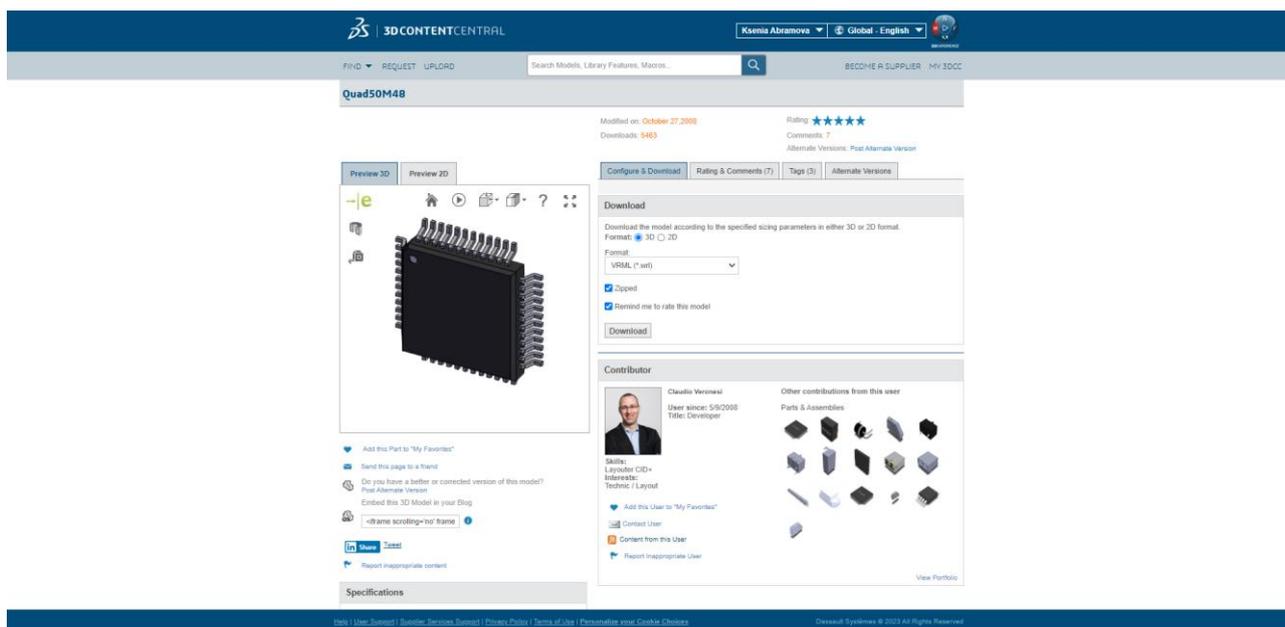


Рисунок 3.8 – 3D-модель корпуса МК (LQFP)

Во вкладке **Configure & Download** (рисунок 3.9) из выпадающего списка *Format* выберите **VRML (*.wrl)**, установите галочку напротив **Zipped** и нажмите **Download**.

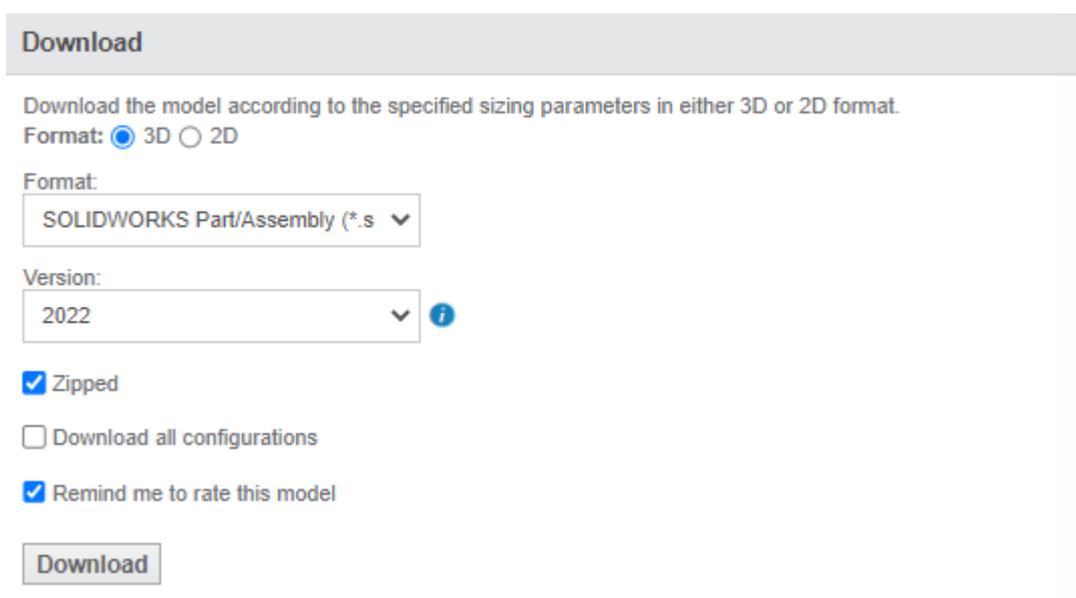


Рисунок 3.9 – Выбор параметров необходимой 3D-модели

Примечание: В EasyEDA поддерживаются только 3D-модели в форматах «WRL(VRML)».

Теперь надо добавить скаченную 3D-модель в компонент. Для этого выполните команды **Файл / Новый / 3D-модель...** (рисунок 3.10). В открывшемся окне щелкните по **Добавить файл** и выберите нужный файл. После добавления 3D-модели нажмите **Сохранить** (рисунок 3.11).

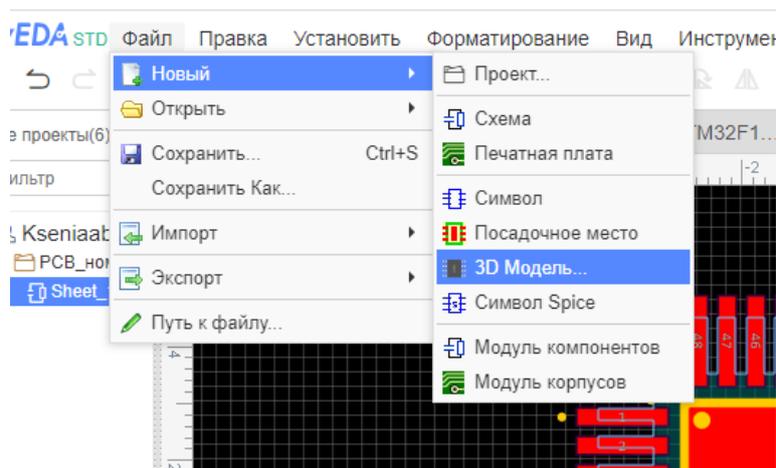


Рисунок 3.10 – Добавление новой 3D-модели

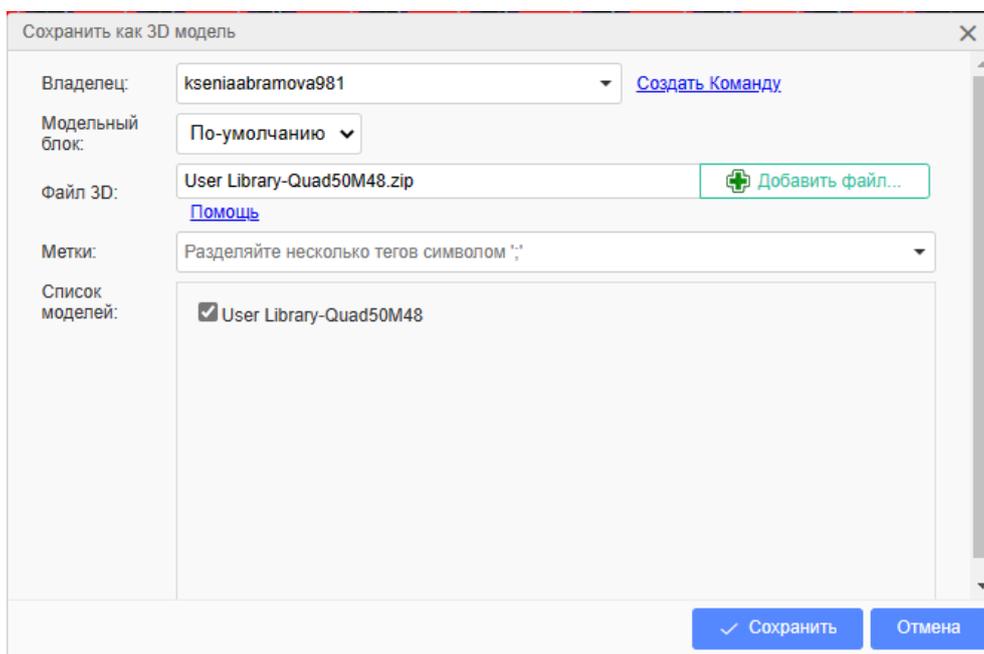


Рисунок 3.11 – Сохранение добавленной 3D-модели

После этого в редакторе посадочного места выполните команды **Инструменты / Управление 3D-моделью...** (рисунок 3.12).

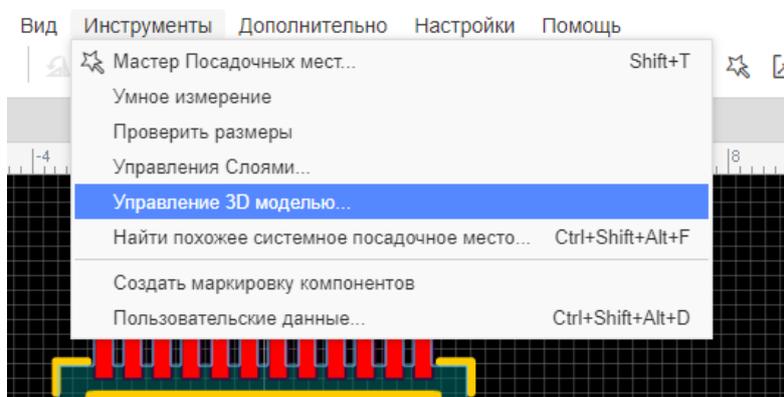


Рисунок 3.12 – Добавление 3D-модели к ПМ

В открывшемся окне в левой части щелкните по вкладке **Выберете 3D-модель**, укажите **Классы Рабочая область** и **Метки Все (My Libraries)**. Для соответствующего посадочного места выберите добавленную 3D-модель.

Теперь нужно отрегулировать положение и соотношение параметров между 3D-моделью и посадочным местом компонента (рисунок 3.13). В окне **Выравнивание** нажмите **авто**. Если 3D-модель не приняла нужное положение, то его необходимо отрегулировать вручную. Для настройки правильного положения корпуса (чтобы все выводы МК были снизу), нужно выполнить вращение 3D-модели по осям X, Y или Z. Далее нужно отрегулировать параметры X, Y, Z таким образом чтобы все выводы 3D-модели МК соответствовали посадочному месту со всех сторон. **Ширину** корпуса указать в соответствии с техническим описанием, для LQFP48 ширина корпуса равна 9 мм.

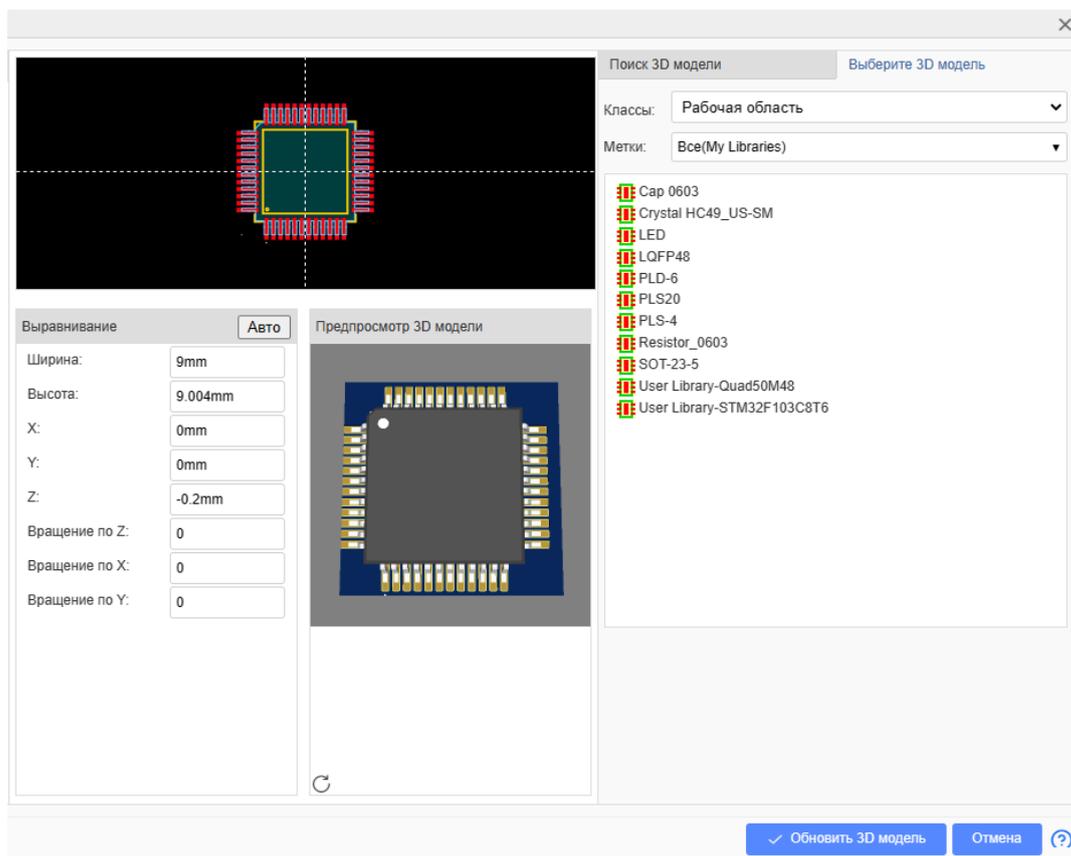


Рисунок 3.13 – Параметры 3D-модели STM32

После завершения настройки 3D-модели нажмите **Обновить 3D-модель** и сохраните новое посадочное место, выполнив команды **Файл / Сохранить как...** (рисунок 3.14).

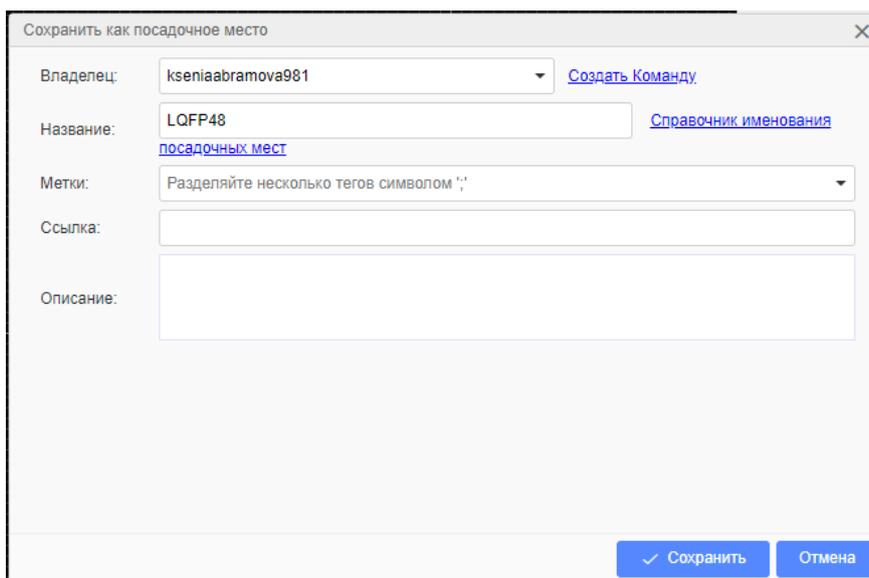


Рисунок 3.14 – Сохранение посадочного места

3.2 Создание посадочного места электрического соединителя PLS20

Для создания ПМ электрического соединителя PLS20 выполните следующие команды: **Файл / Новый / Посадочное место**. Затем выберите **Инструменты / Мастер посадочных мест**. В окне выбора типа корпуса (рисунок 3.14) задайте тип корпуса– Header-V.

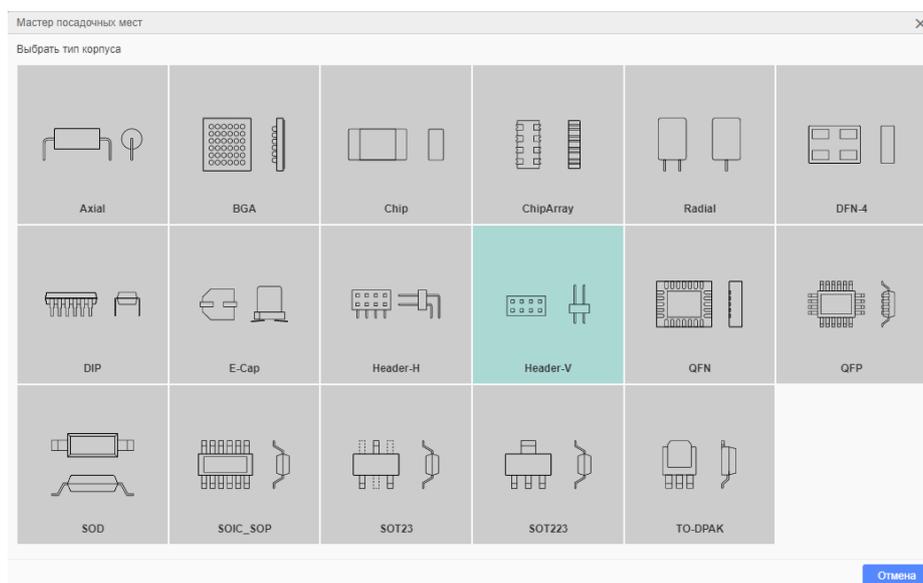


Рисунок 3.15 – Выбор типа корпуса

В следующем окне задайте параметры посадочного места PLS20 в соответствии с теми, которые указаны в технической документации: <https://static.chipdip.ru/lib/977/DOC005977245.pdf>. Компонент PLS-20 содержит 20 контактов, расположенных в один ряд. Соответственно в первый параметр **Рядов контактов** необходимо записать **1**, а во второй **Колонок контактов** **20**. **Длина компонента (BL)** в соответствии с технической документацией (рисунок 3.16) задается выражением $(2,54N \pm 0,5)$, где N – количество контактов. Подставив в выражение количество контактов равное 20, получите значение $50,8 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$.

Single Row
 N: Number Of Contacts
 A/B: Customer Length Available

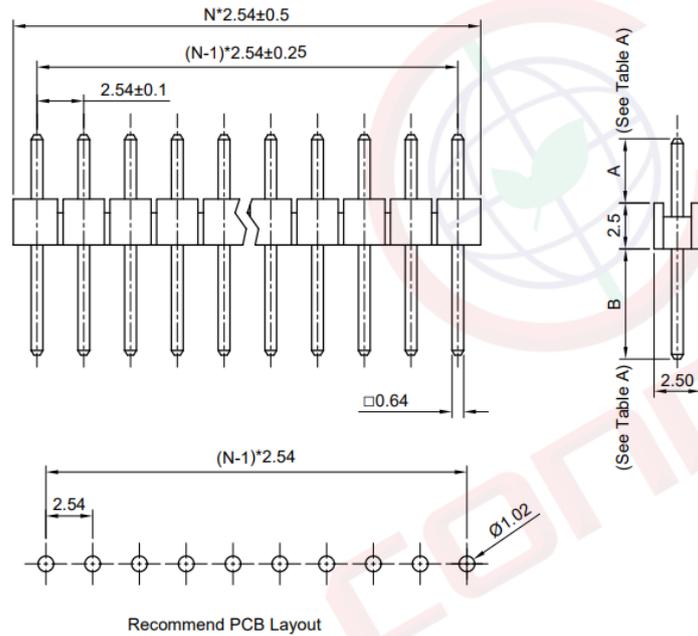


Рисунок 3.16 – Параметры корпуса электрического соединителя PLS

При задании параметров необходимо записать два значения – минимальное и максимальное, т.е. **50,3 мм** и **51,3 мм**, соответственно. Для параметра **Высота компонента (BW)** задайте только одно значение – **2,5 мм**. Для **Диаметра контакта (PD)** минимальное значение задайте соответствующие диаметру контакта компонента – **0,64 мм**, а максимальное – рекомендованному диаметру посадочного места под компонент – **1,02 мм**. **Межконтактное расстояние (PP)** по горизонтали задайте **2,54 мм**, а **Межконтактное расстояние** по вертикали – равным **0 мм**, т.к. в данном случае только один ряд контактов. Точка привязки не имеет значения, по умолчанию можно поставить в центр площадки. После задания всех параметров (рисунок 3.5) нажмите **Применить**.

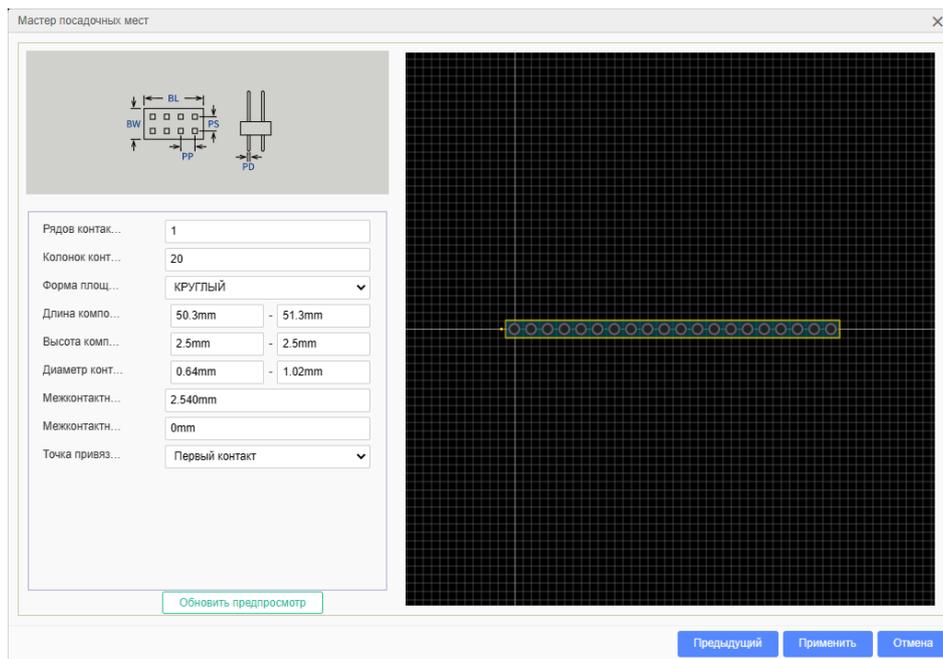


Рисунок 3.17 – Параметры ПИМ компонента PLS20

технической документацией <https://static.chipdip.ru/lib/468/DOC002468246.pdf> укажите его параметры (рисунок 3.20). Соединитель PLS-4 выполнен в виде вилки, которая имеет расположенные в один ряд 4 контакта. Поэтому в параметре **Рядов контактов** укажите **1**, а **Колонок контактов** укажите **4** (рисунок 3.21). Форму площадки по умолчанию оставьте круглой. **Длина компонента (BL)** рассчитывается по выражению $2,54N$, где N – число контактов. Таким образом, в оба окошка длины компонента запишите полученное среднее значение **10,16 мм**. Для **Высоты компонента (BW)** укажите среднее значение в обоих окошках **2,5 мм**. Рекомендуемый **Диаметр контакта (PD)** в технической документации указан $1,02 \pm 0,05$, в параметрах укажите два значения: минимальное – **0,97 мм** и максимальное – **1,08 мм**. **Межконтактное расстояние (PP)** по горизонтали укажите **2,54 мм**, а **Межконтактное расстояние (PS)** и **Межконтактное расстояние (PL1)** – **0 мм**. Точку привязки компонента по умолчанию поставьте у первого контакта. После задания всех параметров нажмите кнопку **Применить**.

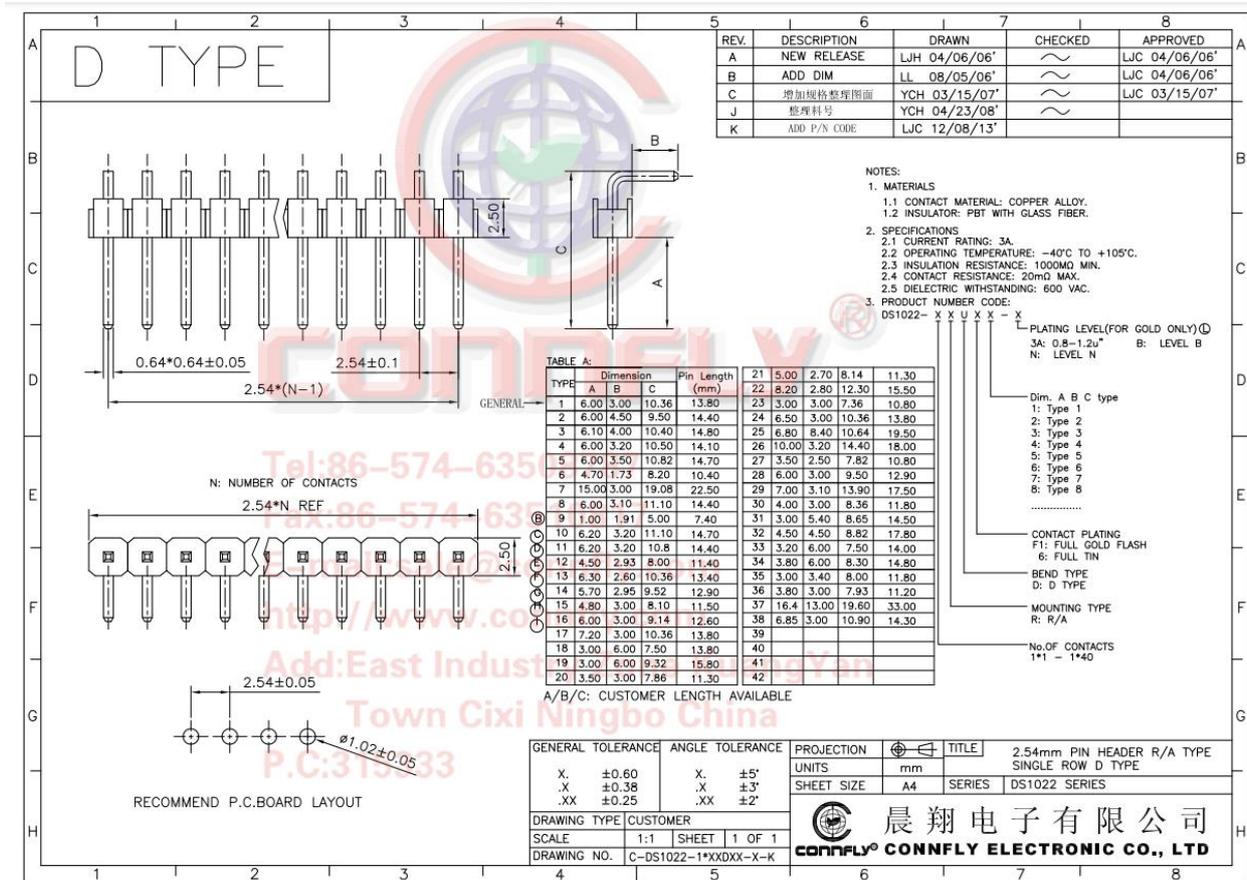


Рисунок 3.20 – Техническая документация корпуса электрического соединителя PLS-4R

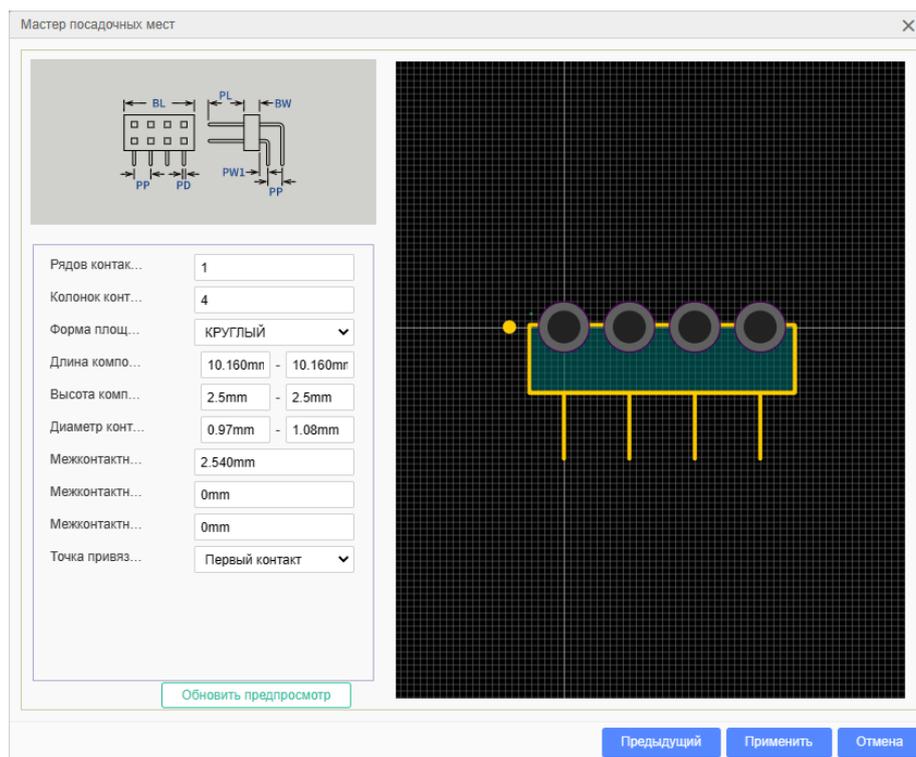


Рисунок 3.21 – Параметры ПМ компонента PLS-4R

Аналогично приведённым выше примерам скачайте с сайта 3D ContentCentral 3D-модель соединителя PLS-4R. Добавьте 3D-модель (рисунок 3.22) и сохраните результат с названием PLS-4R.

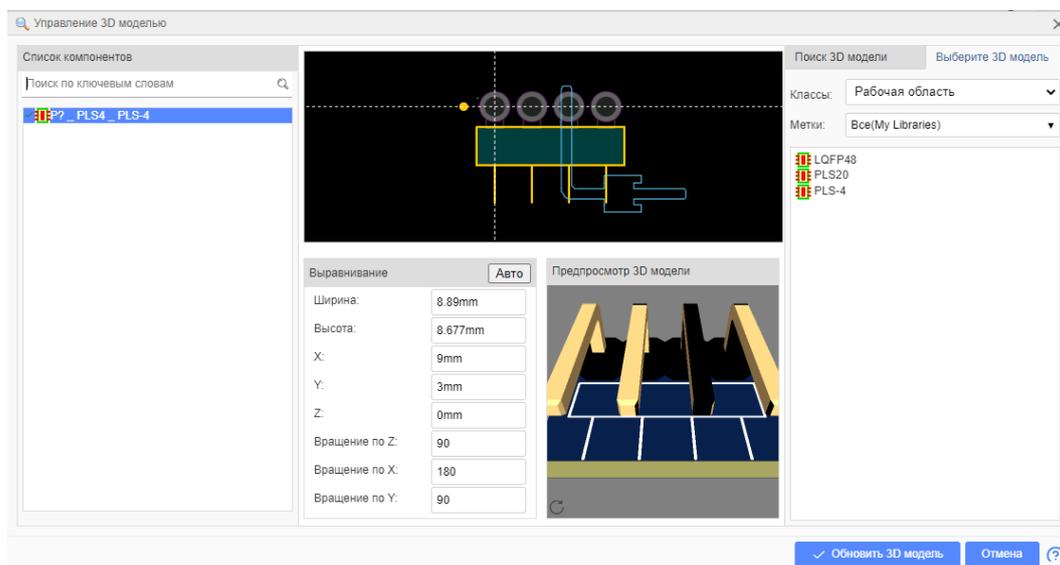


Рисунок 3.22 – Параметры 3D-модели соединителя PLS-4R

3.4 Создание посадочного места электрического соединителя PLD-6

Для создания ПМ соединителя PLD-6 выберите тип корпуса Header-V и задайте параметры для данного ПМ, техническое описание которого <https://static.chipdip.ru/lib/977/DOC005977245.pdf>. PLD-6 содержит расположенных в два ряда 6 контактов. В первый параметр **Рядов контактов** запишите **2**, во второй – **Колонок контактов** **3**. **Длина компонента (BL)** в соответствии с технической документацией

(рисунок 3.23) задается выражением $2,54N \pm 0,5$, где N – количество контактов, подставив количество контактов 3, получите $7,62 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$.

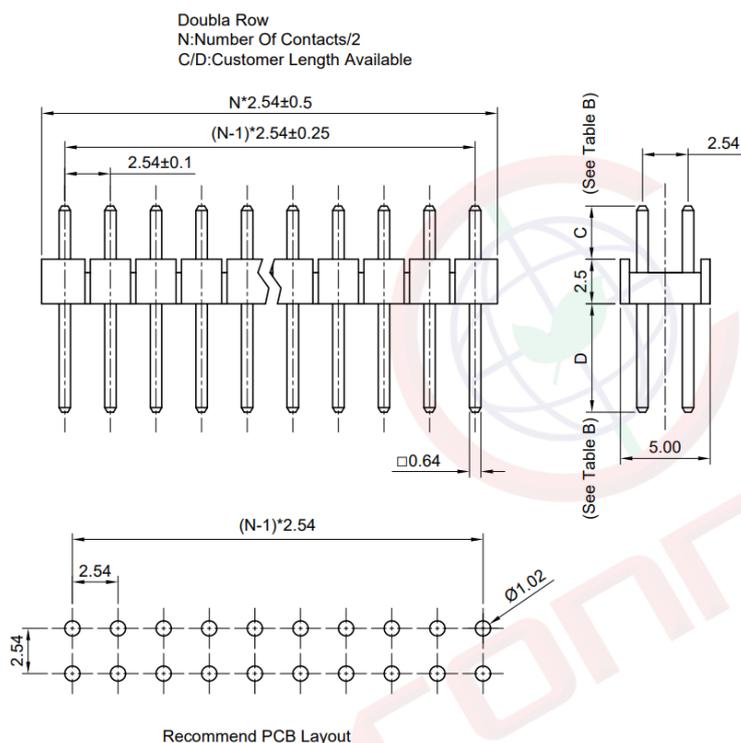


Рисунок 3.23 – Параметры корпуса соединителя PLD-6

При задании параметров необходимо записать два значения: минимальное – **7,12 мм** и максимальное – **8,12 мм**. Для параметра **Высота компонента (BW)** – задайте только одно значение – **5 мм**. Для **Диаметра контакта (PD)** минимальное значение задайте соответствующие диаметру контакта компонента – **0,64 мм**, а максимальное – рекомендованное диаметру посадочного места **1,02 мм**. **Межконтактное расстояние (PP) по горизонтали и по вертикали (PS)** задайте равном **2,54 мм**. Точка привязки не имеет значения, по умолчанию можно поставить в центр площадки. После задания всех параметров (рисунок 3.24) нажмите **Применить**.

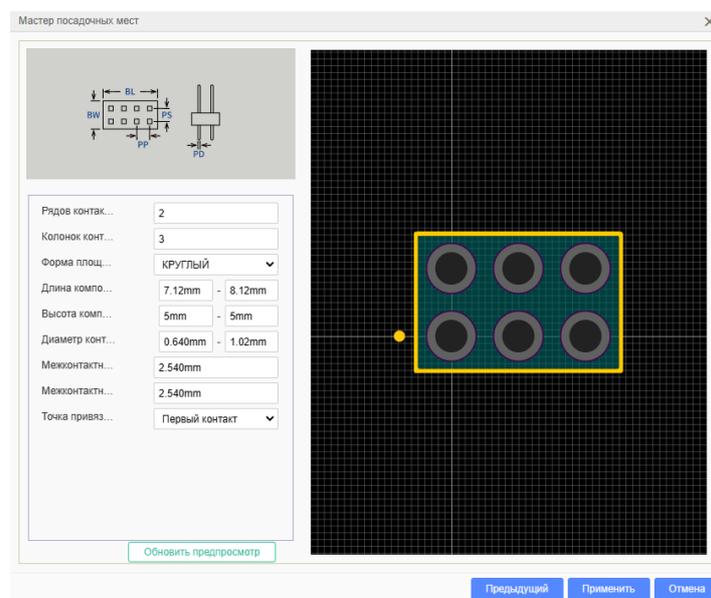


Рисунок 3.24 – Параметры ПМ компонента PLD-6

Скачайте с сайта и добавьте к данному ПМ 3D-модель, отрегулируйте ее положение (рисунок 3.25). Результат сохраните с именем PLD-6.

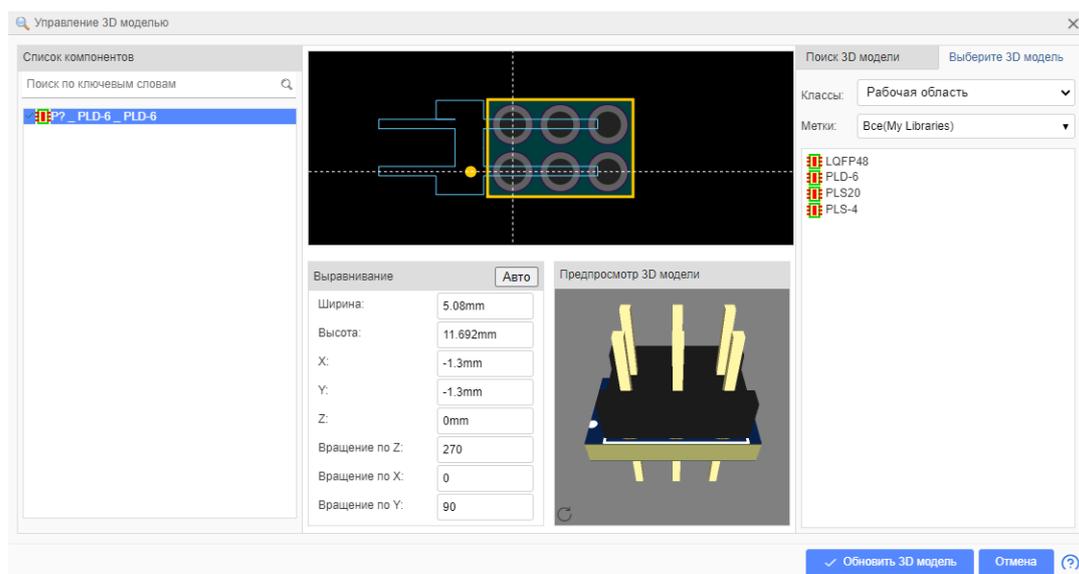


Рисунок 3.25 – Параметры 3D-модели PLD-6

3.5 Создание посадочного места для резистора, конденсатора и светодиода в корпусах SMD

Для создания посадочных мест резистора, конденсатора и светодиода в SMD-корпусах выберите тип корпуса – **Chip** (рисунок 3.26) и укажите параметры компонентов, соответствующие техническому описанию (рисунки 3.27 – 3.29). Основные размеры компонентов поверхностного монтажа: <https://www.platan.ru/company/sizes-component.shtml>.

Техническое описание светодиода: <https://static.chipdip.ru/lib/736/DOC002736048.pdf>.

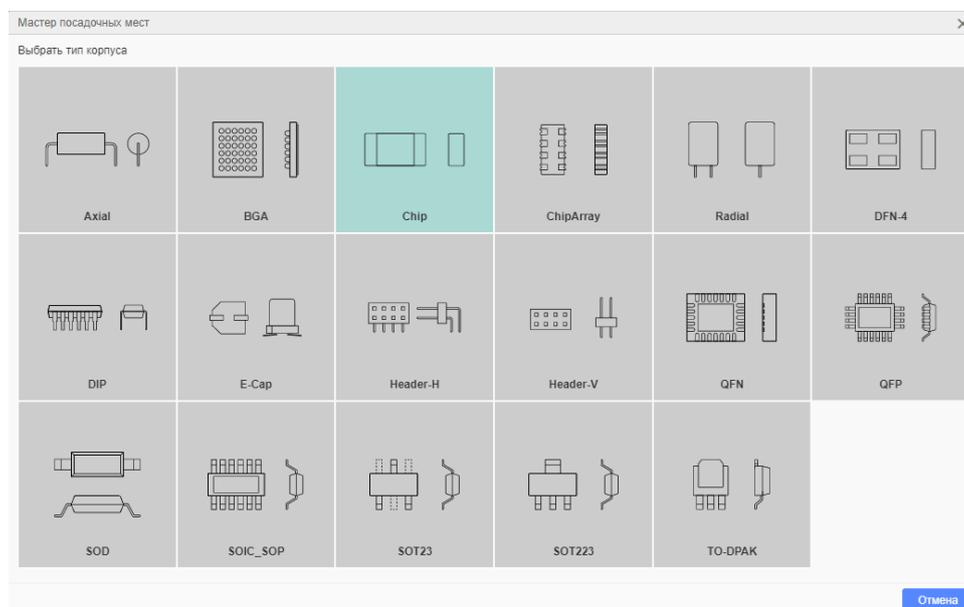


Рисунок 3.26 – Выбор типа корпуса

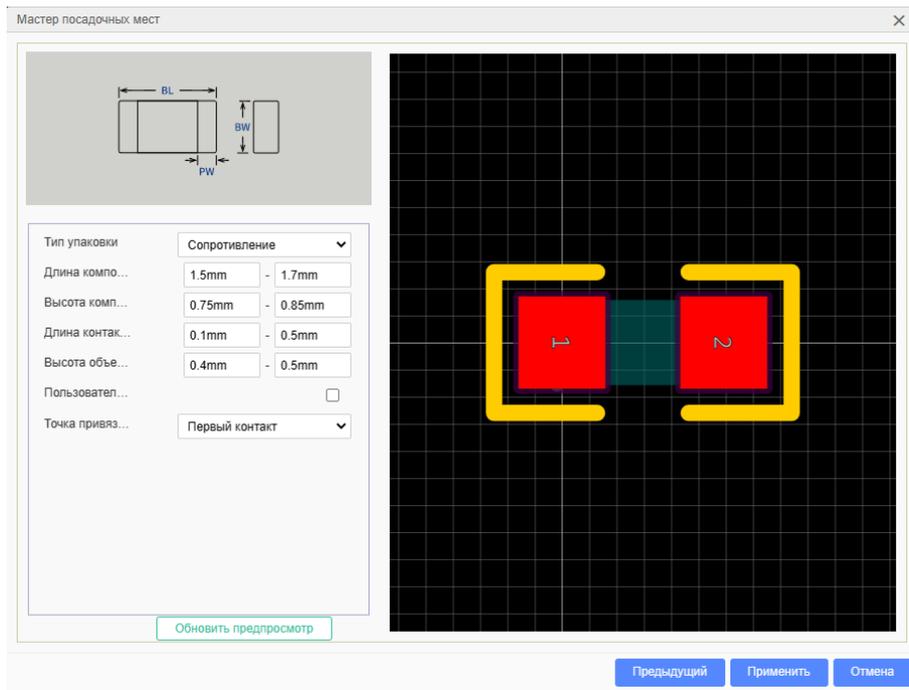


Рисунок 3.27 – Параметры для ПМ резистора в корпусе SMD 0603

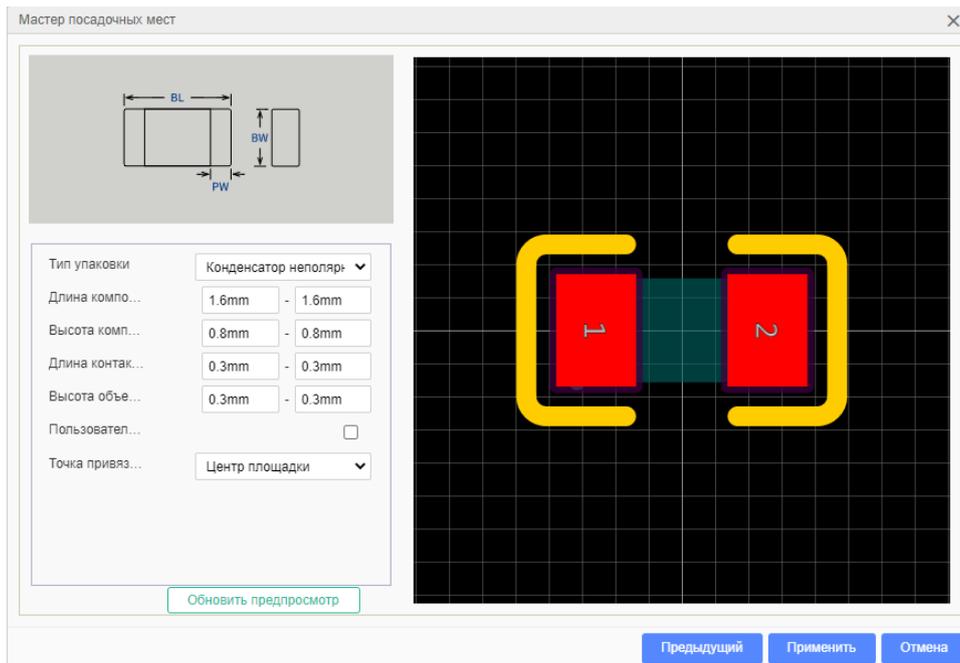


Рисунок 3.28 – Параметры для ПМ конденсатора к корпусу SMD 0603

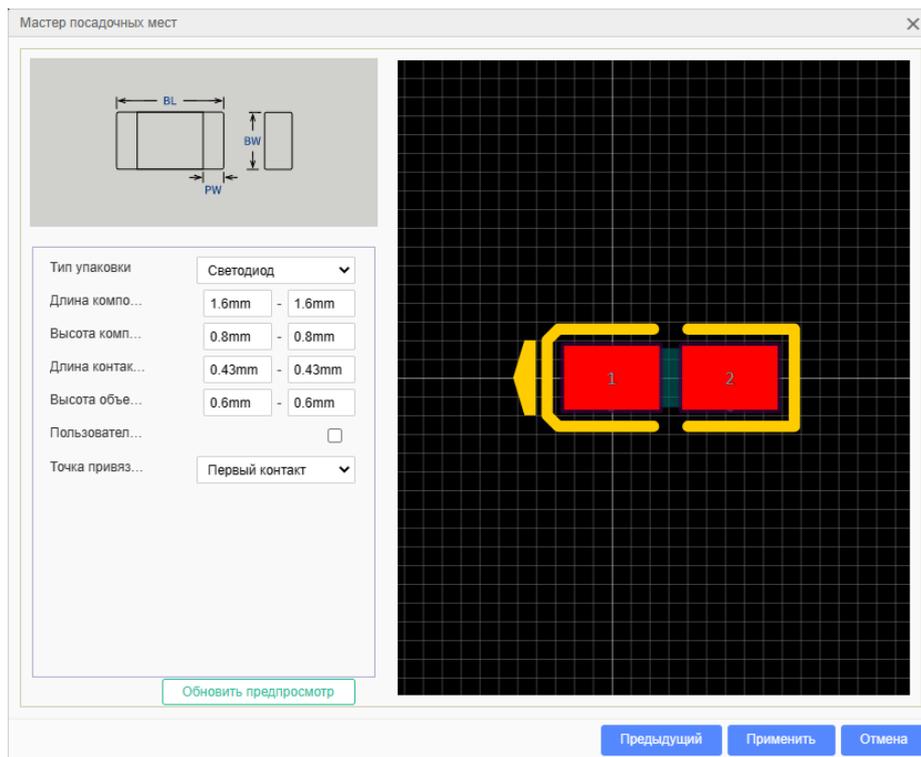


Рисунок 3.29 – Параметры для ПМ SMD светодиода

Добавьте 3D-модель (рисунки 3.30 – 3.32) к ПМ компонентов.

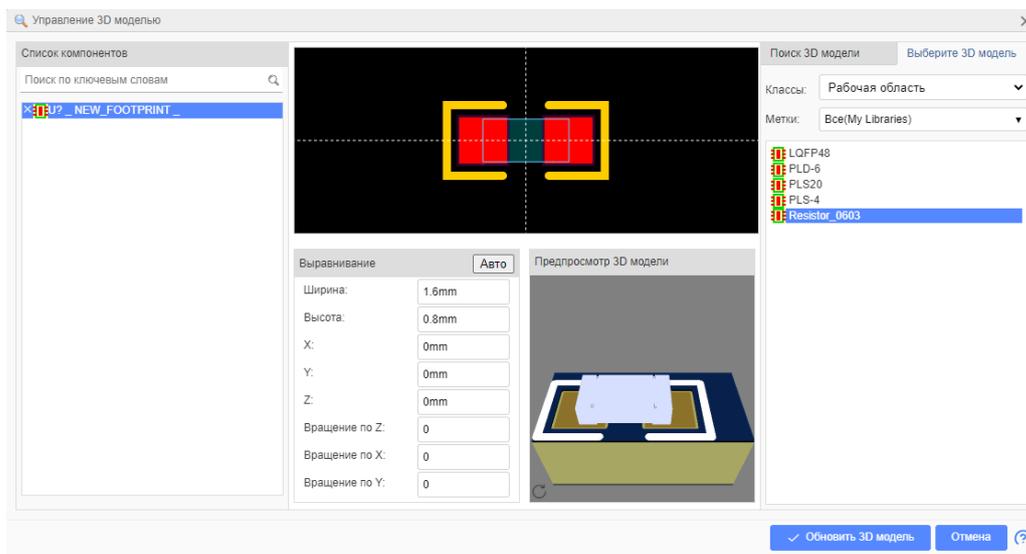


Рисунок 3.30 – Добавление 3D-модели к ПМ резистора

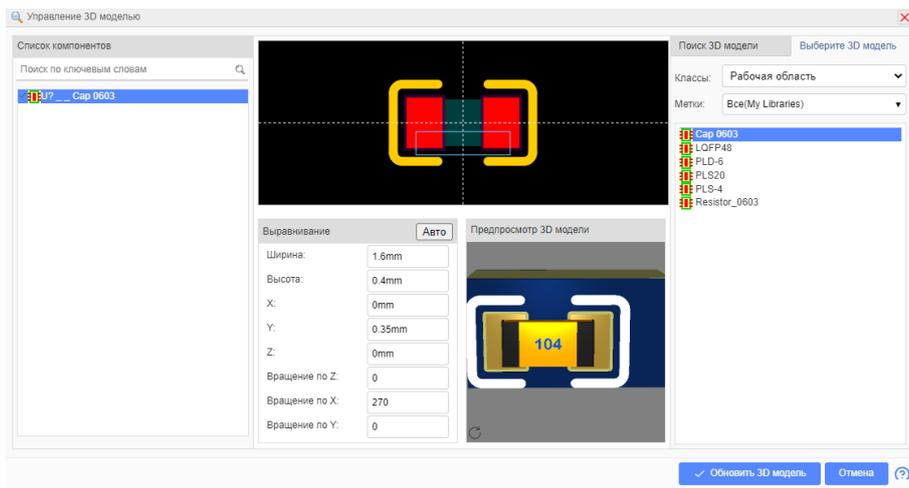


Рисунок 3.31 – Добавление 3D-модели к ПМ конденсатора

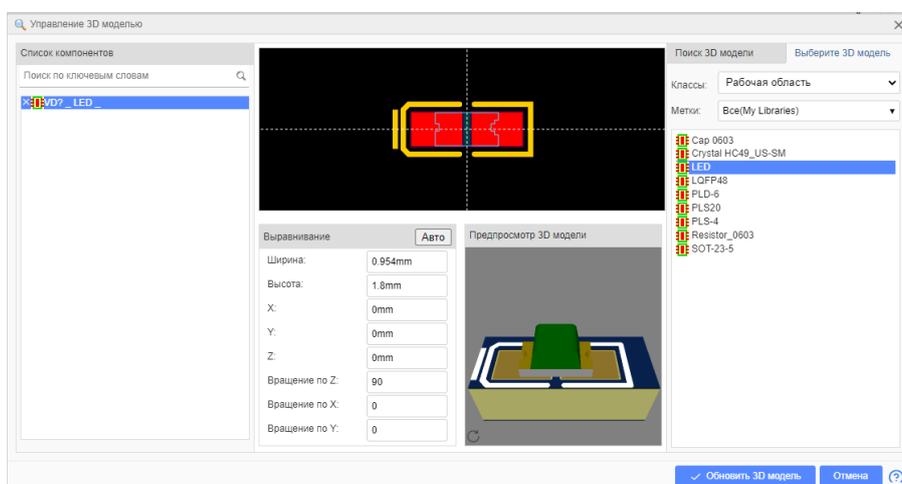


Рисунок 3.32 – Добавление 3D-модели к ПМ светодиода

3.6 Создание посадочного места для кварцевого резонатора

У кварцевого резонатора ПМ не является типовым и поэтому его нужно создавать вручную. После создания нового файла ПМ во вкладке **Посадочное место** (рисунок 3.33) выберите **Pad** и расположите его в области создания ПМ.

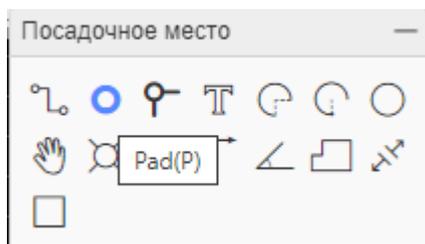


Рисунок 3.33 – Создание ПМ кварцевого резонатора

Щёлкните по нему и в правой стороне окна во вкладке **Параметры полигона** задайте параметры вывода (рисунок 3.34). Чтобы узнать параметры кварцевого резонатора, можно обратиться к техническому описанию: <https://www.farnell.com/datasheets/1661828.pdf>.

Параметры полигона	
Слой	Верхний слой
Номер	1
Форма	Прямоугольник
Ширина	5.700mm
Высота	2.200mm
Поворот	0
Центр по X	0.000mm
Центр по Y	0.000mm
Вставить рас...	0.000mm
Размер окна ...	0.051mm
ID	gge40
Заблокировано	Нет

Рисунок 3.34 – Параметры полигона для первого вывода резонатора

После задания параметров одного вывода скопируйте их и вставьте в рабочей области редактора ПМ, затем настройте положение второго вывода в пространстве (рисунок 3.35). По оси X оставить ноль, по оси Y сдвинуть на 10 мм.

Выбранные объекты 1	
Параметры полигона	
Слой	Верхний слой
Номер	2
Форма	Прямоугольник
Ширина	5.700mm
Высота	2.200mm
Поворот	0
Центр по X	10.000mm
Центр по Y	0.000mm
Вставить рас...	0.000mm
Размер окна ...	0.051mm
ID	gge76
Заблокировано	Нет

Рисунок 3.35 – Параметры полигона для второго вывода резонатора

Добавьте на модель ПП шелкографию, которая является необязательной, но обеспечивает удобство при сборке устройства. В окне **слои и объекты выбрать слой** выберите «**Верхняя шелкография**» и нарисуйте контур около обоих выводов (рисунок 3.37).

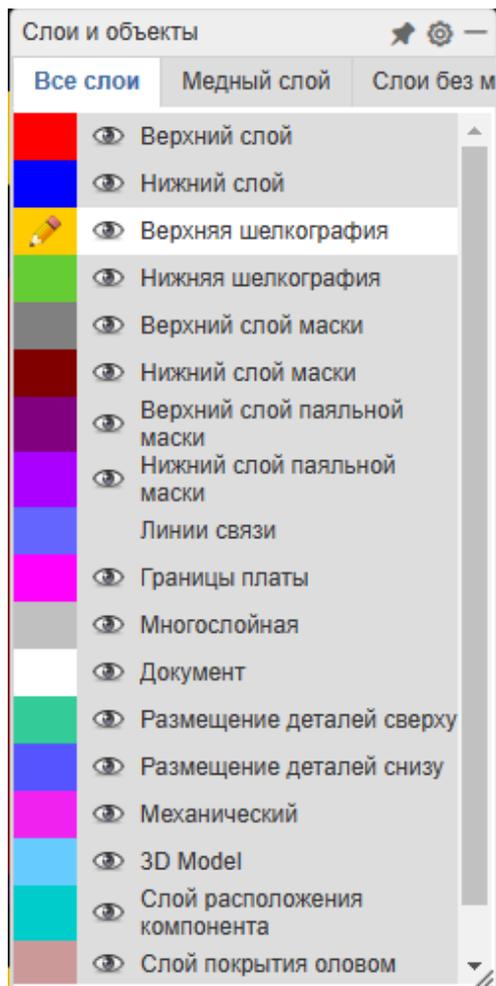


Рисунок 3.36 – Параметры полигона для второго вывода резонатора

Затем для данного компонента также добавьте 3D-модель и отрегулируйте ее положение (рисунок 3.37), сохраните результат с названием HC-49.

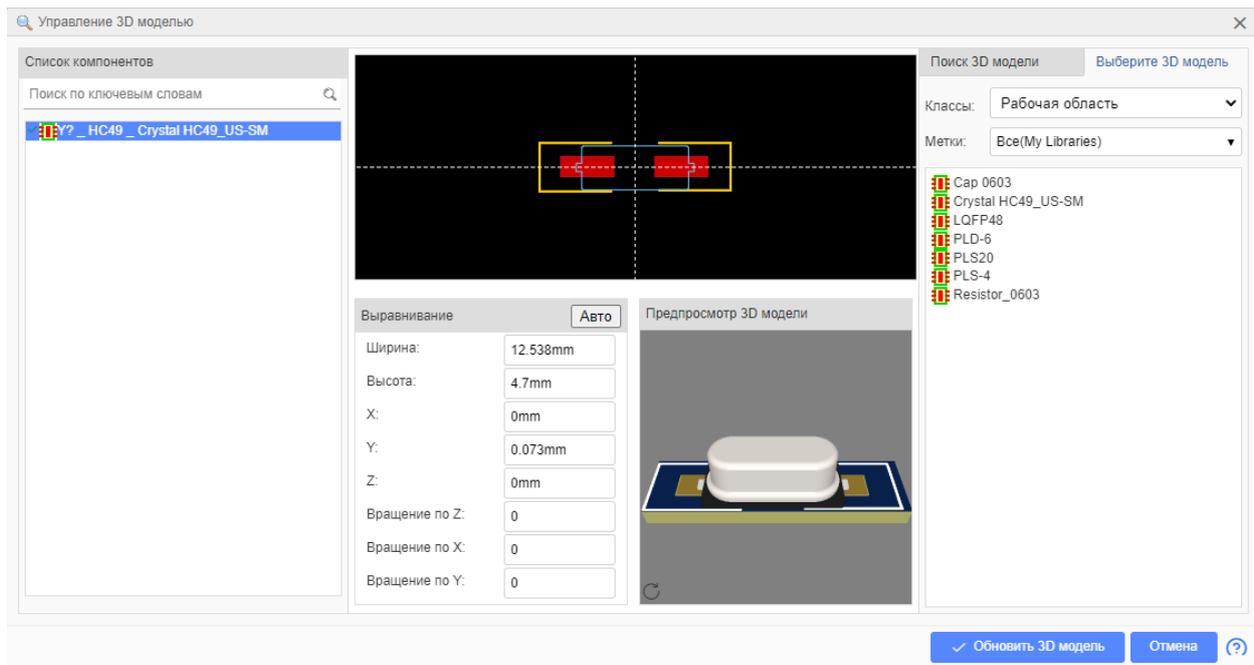


Рисунок 3.37 – Добавление 3D-модели к ПМ резонатора HC-49

3.7 Создание посадочного места микросхемы RT9193-33

Создание ПМ микросхемы RT9193-33 выполнить аналогично компонентам, указанным ранее. С использованием **Мастера посадочных мест**, выберите тип корпуса **SOT23** и для данного типа корпуса задайте параметры, указанные в техническом описании компонента (рисунок 3.38) <https://static.chipdip.ru/lib/184/DOC001184033.pdf> (страница 11). Добавьте и отрегулируйте 3D-модель данного компонента (рисунок 3.39).

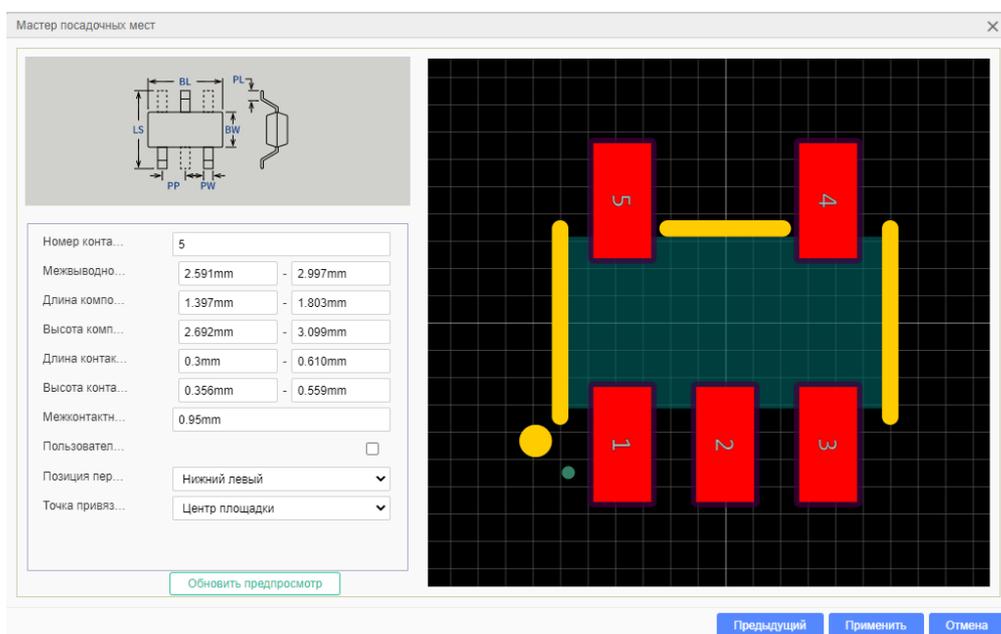


Рисунок 3.38 – Параметры ПМ микросхемы RT9193-33

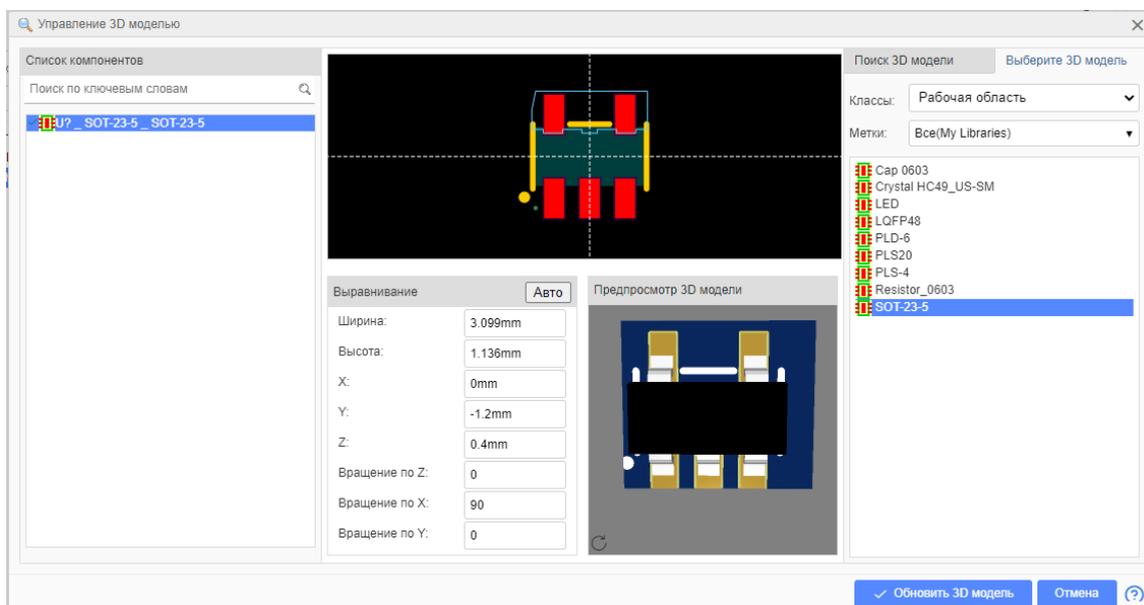


Рисунок 3.39 – Добавление 3D-модели к ПМ микросхемы RT9193-33

3.8 Редактирование посадочных мест

Для редактирования посадочного места в правой части окна редактора EasyEDA выберите **Библиотеки** (рисунок 3.40).

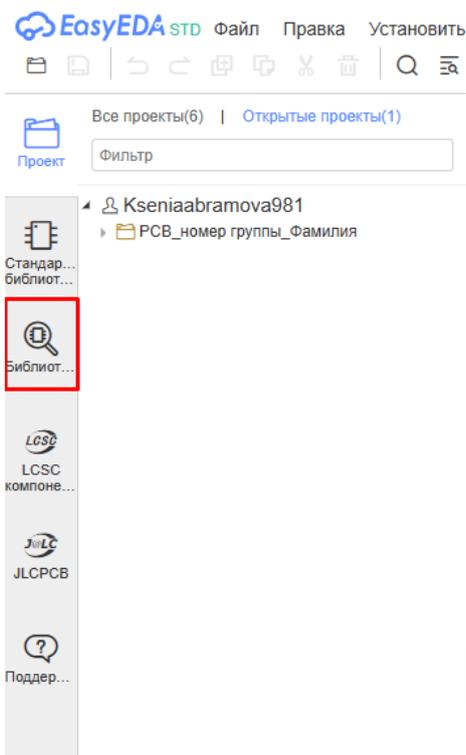


Рисунок 3.40 – Окно редактора ПМ компонентов

В открывшемся окне (рисунок 3.41) в строке **Типы** выберите **Посадочное место**, затем выберите компонент, который необходимо редактировать, и нажмите **Правка**.

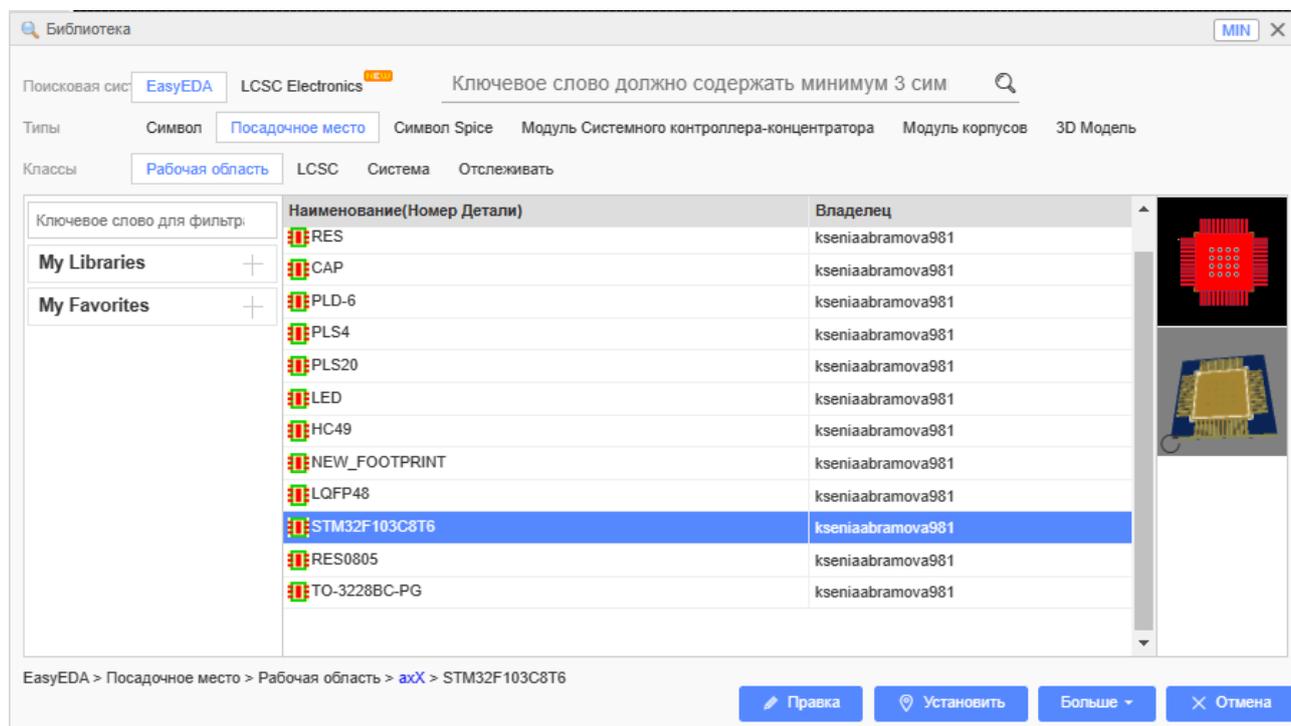


Рисунок 3.41 – Окно библиотеки в редакторе компонентов

Для проверки размеров посадочного места выберите **инструменты/проверить размеры**. На рабочем поле отобразятся размеры посадочного места (рисунок 3.42). При необходимости отредактируйте посадочное место, выбрав **инструменты/мастер посадочных мест**.

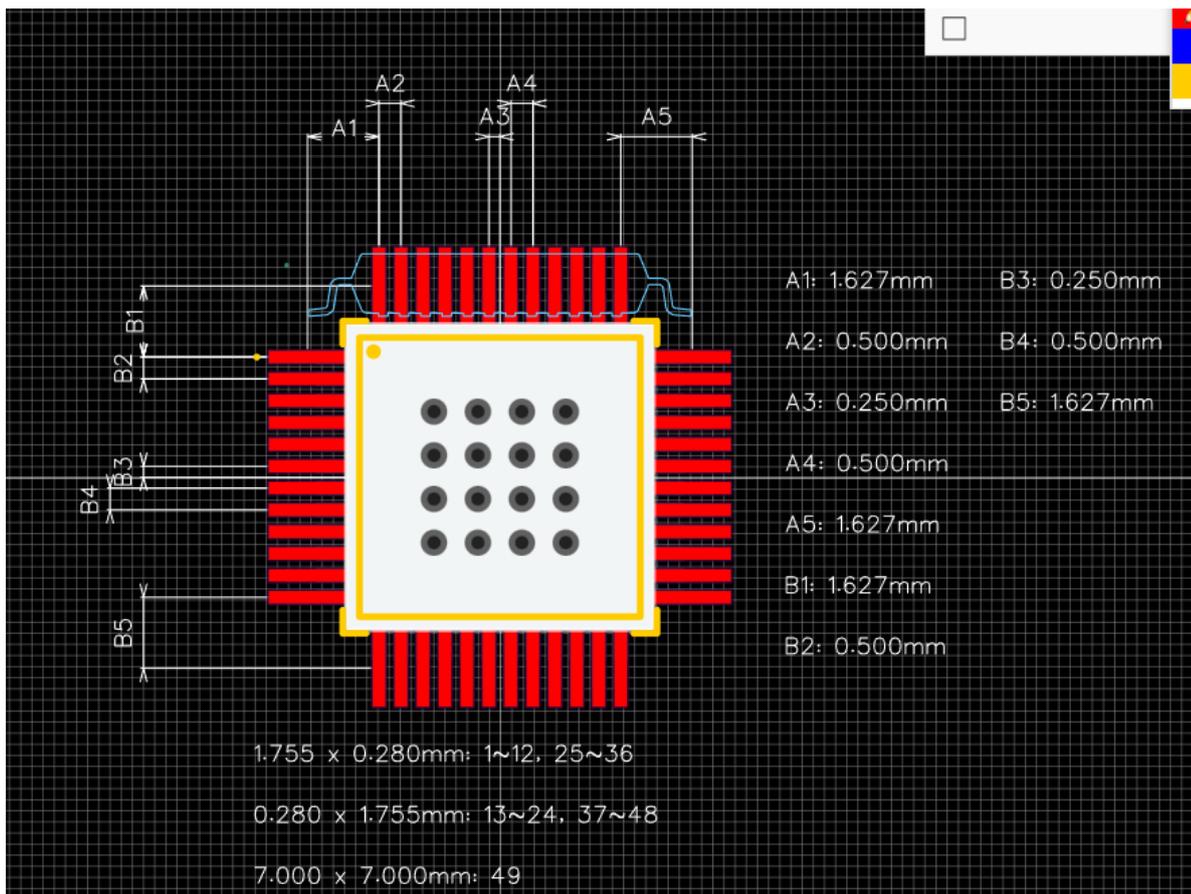


Рисунок 3.42 – Редактор размеров посадочного места

3.9 Объединение библиотек УГО и библиотек посадочных мест

После того, как созданы УГО и ПМ компонента, необходимо их объединить. Откройте **Библиотеку**, в **Типах** выберите **Символ**, найдите необходимое УГО и нажмите **Правка**. В окне редактора УГО во вкладке **Пользовательские параметры** щелкните по окошечку **Посадочное место** (рисунок 3.43).

▲ Пользовательские параметры

Добавить в В...	Да
Конвертиров...	Да
Имя	STM32F103C8T6
Посадочное ...	
Номер	U?
Поставщик	Неизвестно
Поставщик К...	
Производитель	
Наименован...	

Рисунок 3.43 – Пользовательские параметры

В открывшемся окне (рисунок 3.44) в левой части щелкните по вкладке **Выбрать посадочное место**, укажите **Классы**, **Рабочая область** и **Метки Все (My Libraries)**. Для нужного УГО выберите соответствующее ПМ и нажмите **Обновить посадочное место**. Сохраните внесенные изменения.

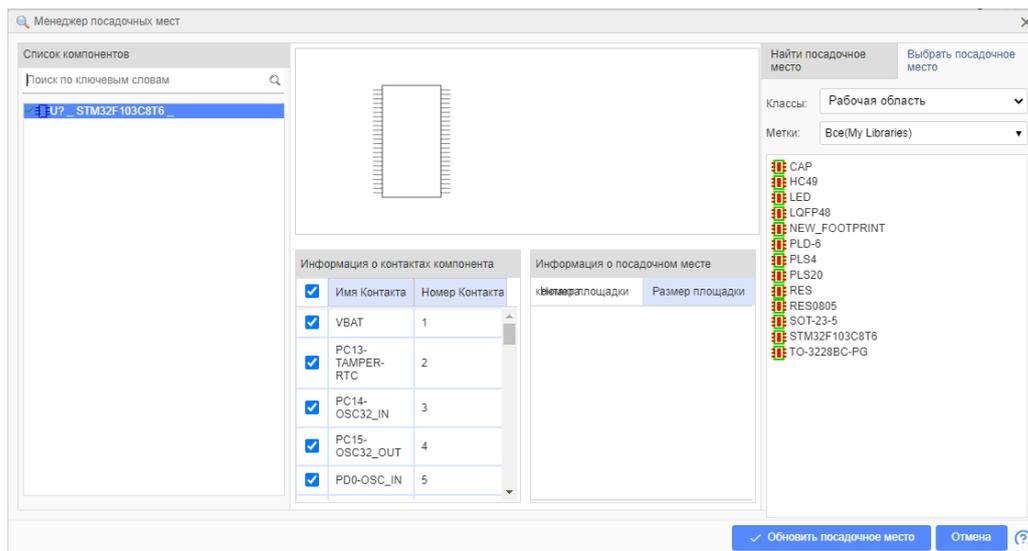


Рисунок 3.44 – Объединение библиотеки УГО и ПМ

В результате проделанной работы вы получили навыки создания компонента, в котором объединены его символьное обозначение, графика корпуса и 3D-модель. Изучили функционал системы, в которой объединяются эти три составляющие компонента.

3.10 Контрольные вопросы

1. Что означает точка в углу на корпусе микроконтроллера?
2. Какие параметры необходимо задать при создании посадочного места компонента с помощью «мастера посадочных мест»?
3. Где можно найти параметры корпуса компонента?
4. Какие параметры корпуса микроконтроллера необходимы для создания его посадочного места?
5. Выберите из предложенных обозначений нужный тип корпуса для создания посадочного места микроконтроллера: QFP, DIP, SOT23.
6. Для чего нужна 3D-модель компонента?
7. Выберите из предложенных обозначений нужный тип корпуса для создания посадочного места соединителя PLS: DFN4, QFN, Header-V.
8. Назовите один из способов проверки размеров созданного посадочного места компонента?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

4 Создание схемы электрической принципиальной

Цель работы – приобретение навыков создания схем электрических принципиальных в САПР EasyEDA.

4.1 Функционал редактора схем электрических принципиальных

Откройте EasyEDA и в уже ранее созданном проекте щелкните по **Sheet_1** (рисунок 4.1). В открывшемся окне **Редактора схем** щелкните по рамке схемы и задайте основные настройки формата листа А3 или А4. Для этого в открывшемся окне **Параметры листа** измените **Размер листа** (рисунок 4.2) и измените цвет на черный.

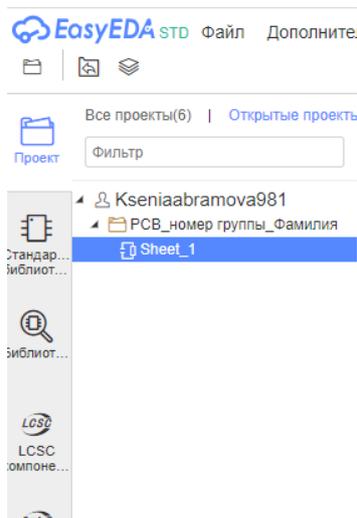


Рисунок 4.1 – Редактор схемы электрической принципиальной

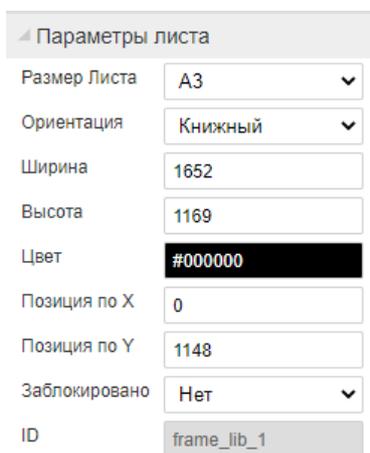


Рисунок 4.2 – Задание параметров формата листа

Для создания схемы необходимо загрузить символы из библиотеки компонентов на заданный формат листа. В левой части экрана щелкните ЛК по **Библиотека** и выберите **Символ, Рабочая область**.

1. Размещение компонентов в рабочей области

Из элементов библиотеки необходимо составить схему электрическую принципиальную (рисунок 4.3). В списке **Наименование (Номер детали)** выберите необходимый элемент, например STM32F103C8T6, (рисунок 4.4). Выделите его и щелкните

ЛК Установить, переместите курсор в рабочее поле чертежа. За ним потянется выбранный компонент.

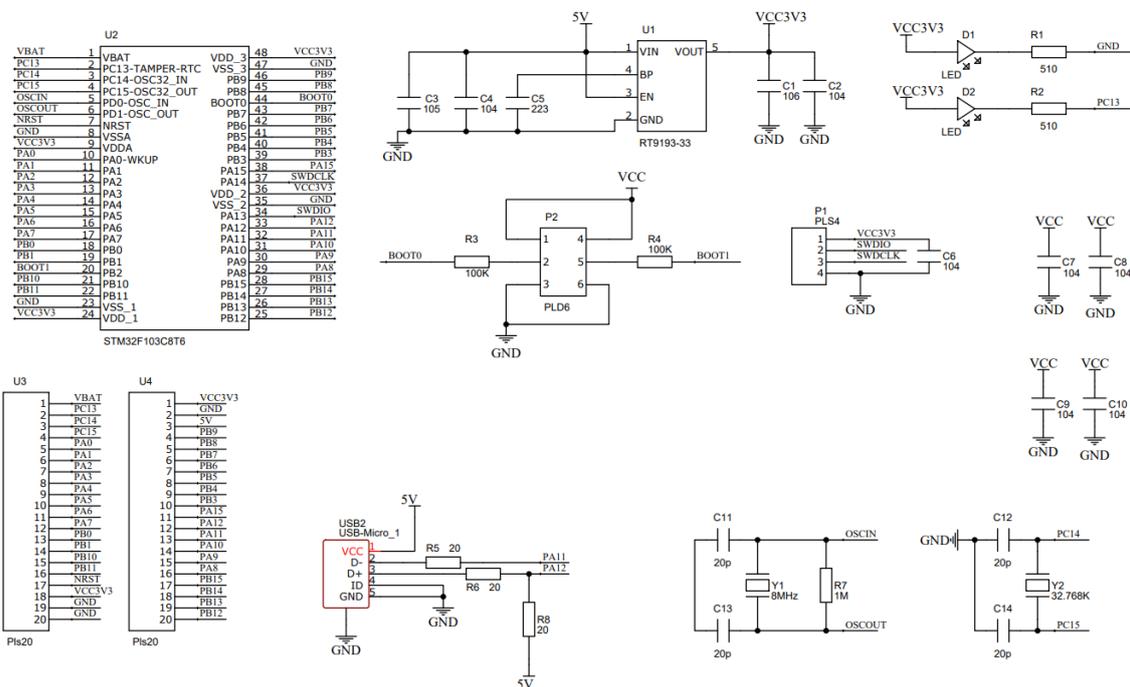


Рисунок 4.3 – Схема электрическая принципиальная

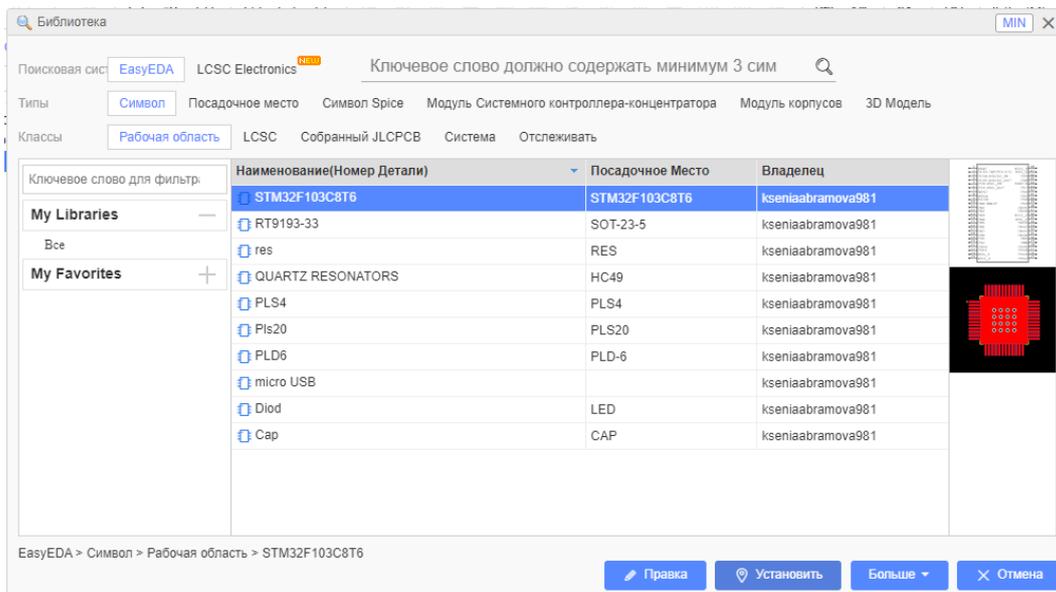


Рисунок 4.4 – Выбор компонента для размещения его в рабочем поле чертежа

Выберите место установки символа компонента на рабочем поле чертежа, щелкнув ЛК, выбранный компонент зафиксируется на рабочем поле (рисунок 4.5).

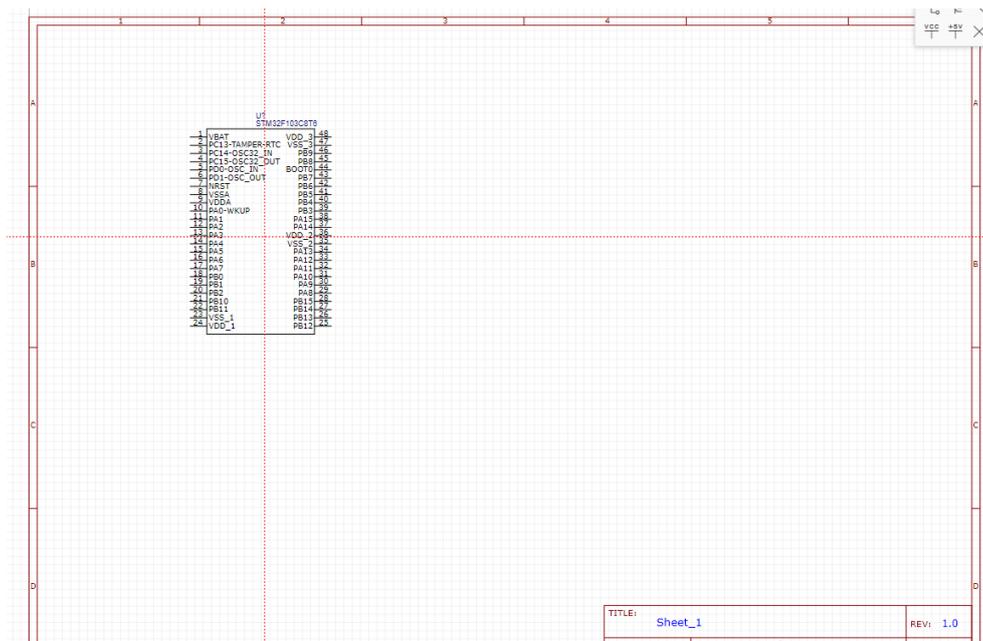


Рисунок 4.5 – Размещение символа компонента на рабочем поле чертежа

Выполняя эти же действия, установите остальные символы компонентов в соответствии с заданной схемой (рисунок 4.3). В разрабатываемую схему необходимо добавить соединитель **micro USB**. Для данного компонента ранее не были созданы УГО и ПМ, его загрузите из **Стандартных библиотек EasyEDA**. Для этого выберите **Стандартные библиотеки** и в поиске введите «**USB-micro**». Компонент найдется автоматически. В правом нижнем углу появится окно (рисунок 4.5), выберите «**USB-Micro_1**», разместите символ компонента на рабочем поле.

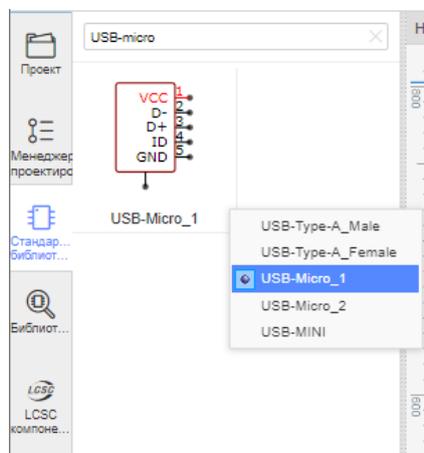


Рисунок 4.6 – Добавление символа компонента из стандартный библиотек EasyEDA

После размещения символов компонентов добавьте на рабочее поле символы «питание» и «земля». Для размещения символа «питание» в окне **Соединения** выберите **NetFlag VCC** (рисунок 4.7, а), для символа «земля» выберите **NetFlag GND** (рисунок 4.7, б).

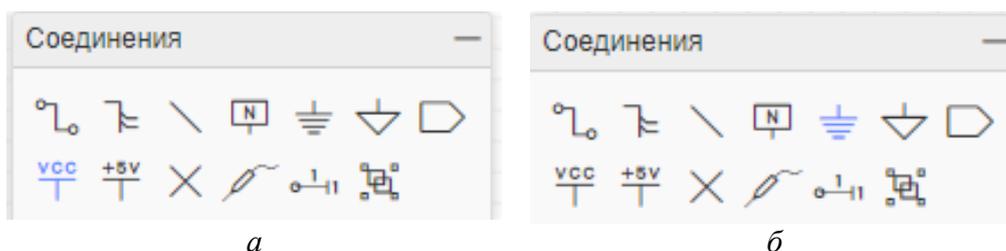


Рисунок 4.7 – Размещение символов питания (а) и земли (б)

2. Выполнение соединений на схеме электрической принципиальной

Для соединения выводов компонентов электрическими цепями выполните команды **Соединения / Wire** (рисунок 4.8).

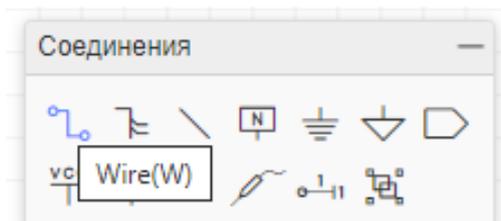


Рисунок 4.8 – Выполнение соединений между символами компонентов

Наведите курсор на 1-й по порядку соединяемый вывод. В момент совмещения с выводом появится черная точка. Это свидетельствует о совмещении курсора с выводом УГО. В этот момент щелкните ЛК, начнется построение цепи. Переместите курсор к следующему выводу, в момент совмещения с очередным выводом снова щелкните ЛК. Процедуру продолжайте до тех пор, пока к цепи не будут подключены все необходимые выводы символов компонентов. Когда цепь будет построена, щелкните ПК (рисунок 4.9). После этого приступайте к построению следующей цепи, продолжайте до тех пор, пока не будут построены все цепи схемы (рисунок 4.3).

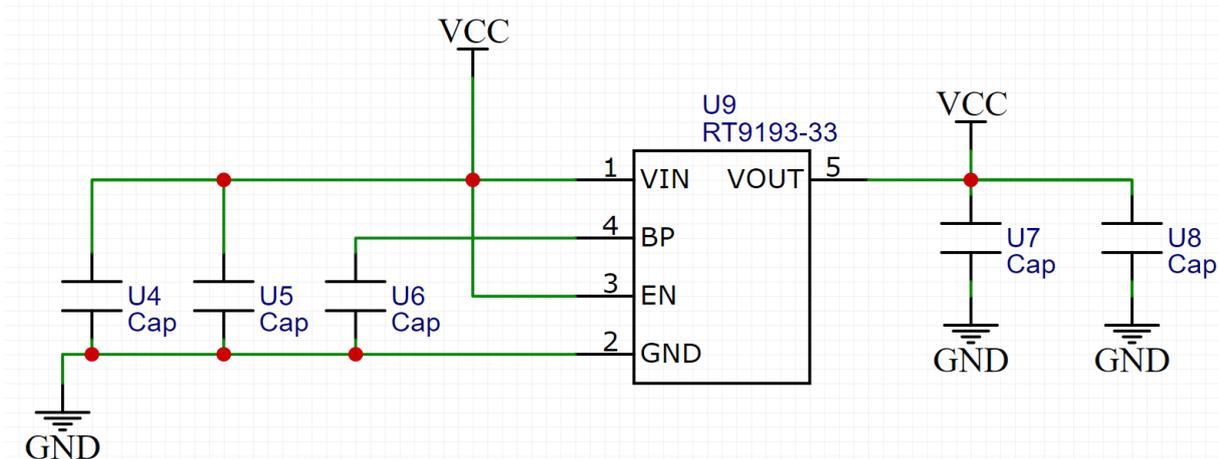


Рисунок 4.9 – Соединение цепей схемы электрической

После этого необходимо присвоить цепям метки. Для более компактного создания схемы не все цепи стоит соединять напрямую. В данном случае можно воспользоваться **Метками цепей**. Метки связывают проводник с какой-либо цепью. Для получения такой связи необходимо разместить метку цепи вертикально или горизонтально в том же узле сетки, где располагается проводник. Метки могут быть размещены как на горизонтальных или вертикальных линиях, так и на их пересечениях. Для размещения метки выполните следующие команды **Соединения / Net Label** (рисунок 4.10), щелкните ЛК по каждой цепи, в месте входа её в цепь поставьте над цепью метку с соответствующим названием (рисунок 4.11а), а затем и в месте выхода цепи из неё (рисунок 4.11б). Чтобы изменить название метки цепи, нужно щелкнуть по ней два раза и переименовать метку.

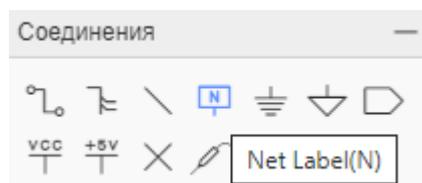


Рисунок 4.10 – Метка цепи

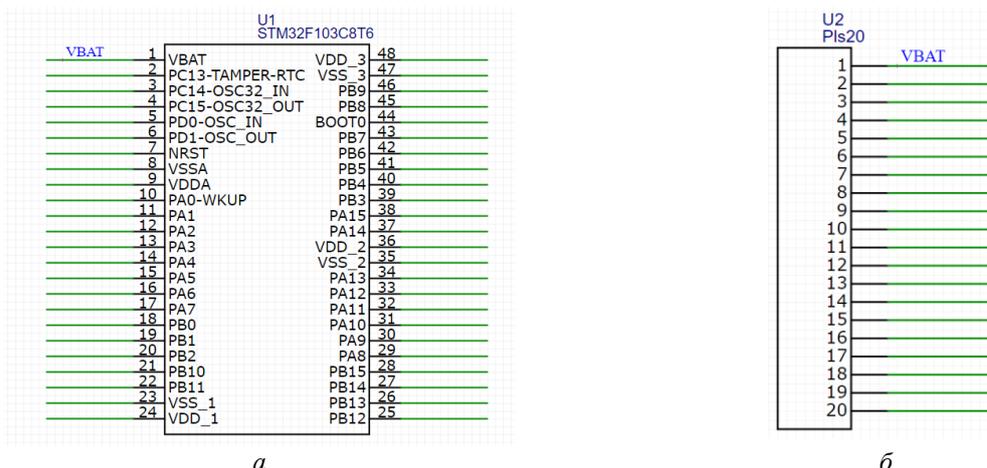


Рисунок 4.11 – Соединение цепей при помощи инструмента «Метка цепи»: УГО МК (а), УГО PLS (б)

Аналогично установите метки на остальные цепи, а также измените названия меток питания в соответствии с заданной схемой (рисунок 4.3).

Теперь необходимо поменять цвета всех символов схемы (названия компонентов, обозначения компонентов, узлы, цепи и т.д.) на черный. Для этого выберите объект, щелкните по нему ПК и выберите **Найти похожие объекты**, нажмите **Найти**. В **Свойствах объектов** измените цвет на черный.

В завершении процедуры создания схемы электрической принципиальной следует выполнить перенумерацию всех символов компонентов, т.к. согласно единой системы конструкторской документации (ЕСКД) порядковые номера должны быть присвоены в соответствии с последовательностью расположения символов на схеме в направлении сверху вниз и слева направо. Для этого выполните следующие команды **Правка / Замечание** и нажмите **Замечание** (рисунки 4.12, 4.13). После этого все компоненты на схеме будут переименованы, сохраните готовую схему.

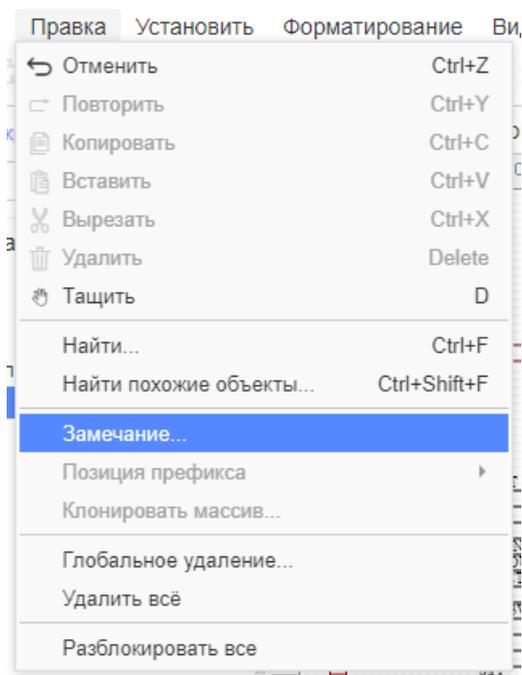


Рисунок 4.12 – Обновление обозначений символов компонентов на схеме электрической принципиальной

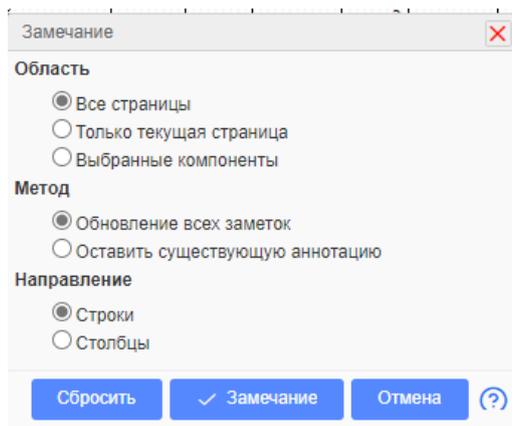


Рисунок 4.13 – Обновление обозначений символов компонентов на схеме электрической принципиальной

После завершения создания схемы электрической принципиальной можно приступить к разработке печатной платы. Выполните команды **Дизайн / Преобразовать схему в печатную плату** (рисунок 4.14). Откроется новая рабочая область, в которой будет автоматически размещены контур будущей платы и посадочные места компонентов (рисунок 4.15). Сохраните созданный файл печатной платы.

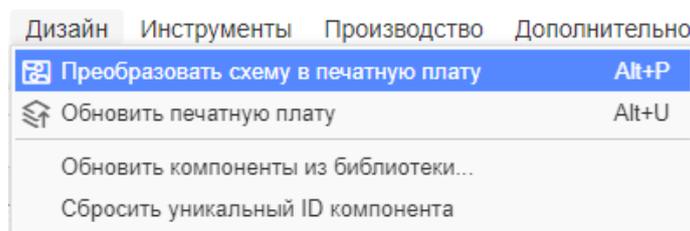


Рисунок 4.14 – Преобразование схемы электрической в печатную плату

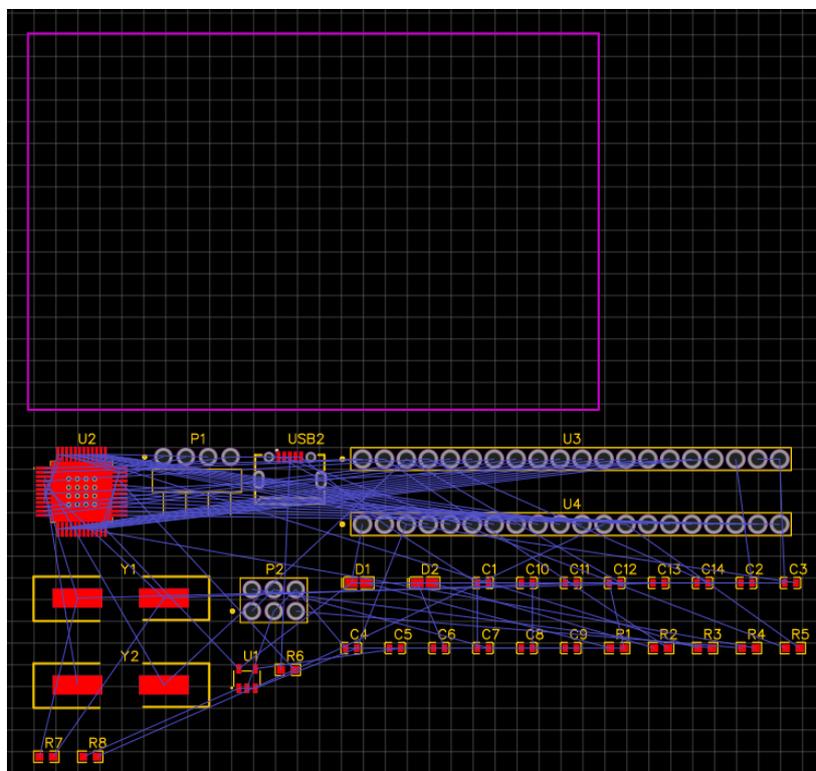


Рисунок 4.15 – Рабочая область разработки печатной платы

В результате проделанной работы вы получили навыки создания схемы электрической принципиальной и преобразования ее в заготовку печатной платы с соответствующими схеме компонентами и электрическими связями между ними.

4.2 Контрольные вопросы

1. Для чего нужна схема электрическая принципиальная?
2. Каково назначение функции Net Label?
3. Перечислите способы соединения компонентов между собой?
4. Опишите алгоритм добавления УГО компонента на схему электрическую принципиальную?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

5 Размещение конструктивных элементов на печатной плате

Цель работы – получить навыки размещения конструктивных элементов РЭС на ПП и работы с автоматической трассировкой ПП средствами графического редактора EasyEda PCB.

5.1 Функционал настройки редактора печатных плат

Откройте редактор печатных плат и задайте основные настройки. Для этого откройте файл ПП PCB и в рабочем поле графического редактора щёлкните ПК. Откроется выпадающее меню, в котором выберите **Параметры окна редактора** (рисунок 5.1).

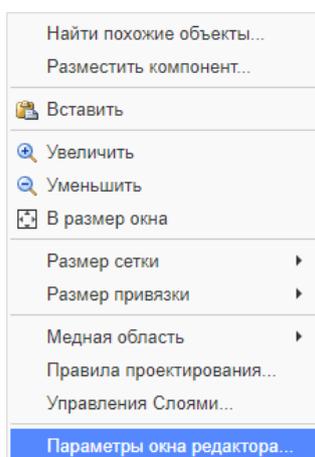


Рисунок 5.1 – Настройки редактора печатных плат

В открывшемся одноименном окне, в поле **Единицы** измерения выберите систему измерения **mm**, фон **черный**, стиль сетки **точка**, шаг **Да**, размер сетки **2,54 мм**, привязки **0,127 мм**, ширина дорожки **0,254 мм**, угол поворота **Линия 45°** (рисунок 5.2), нажмите **Обновить**.

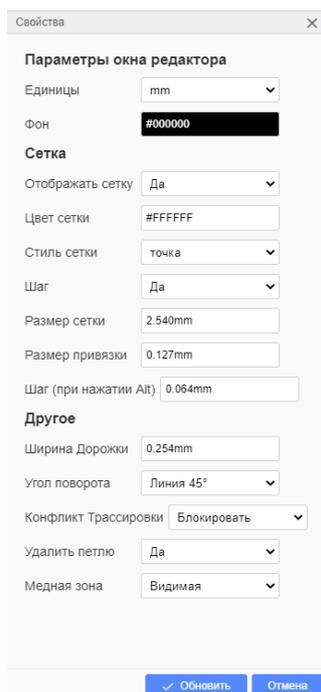


Рисунок 5.2 – Параметры окна настроек редактора печатных плат

Задайте структуру печатной платы. Для этого щелкните ПК на рабочем поле и выберите **Управление слоями**. Откроется окно **Редактор слоев** с таблицей, в которой указаны все слои. В открывшемся окне выберите **Медный слой: 2** и нажмите **Настройки** (рисунок 5.3).

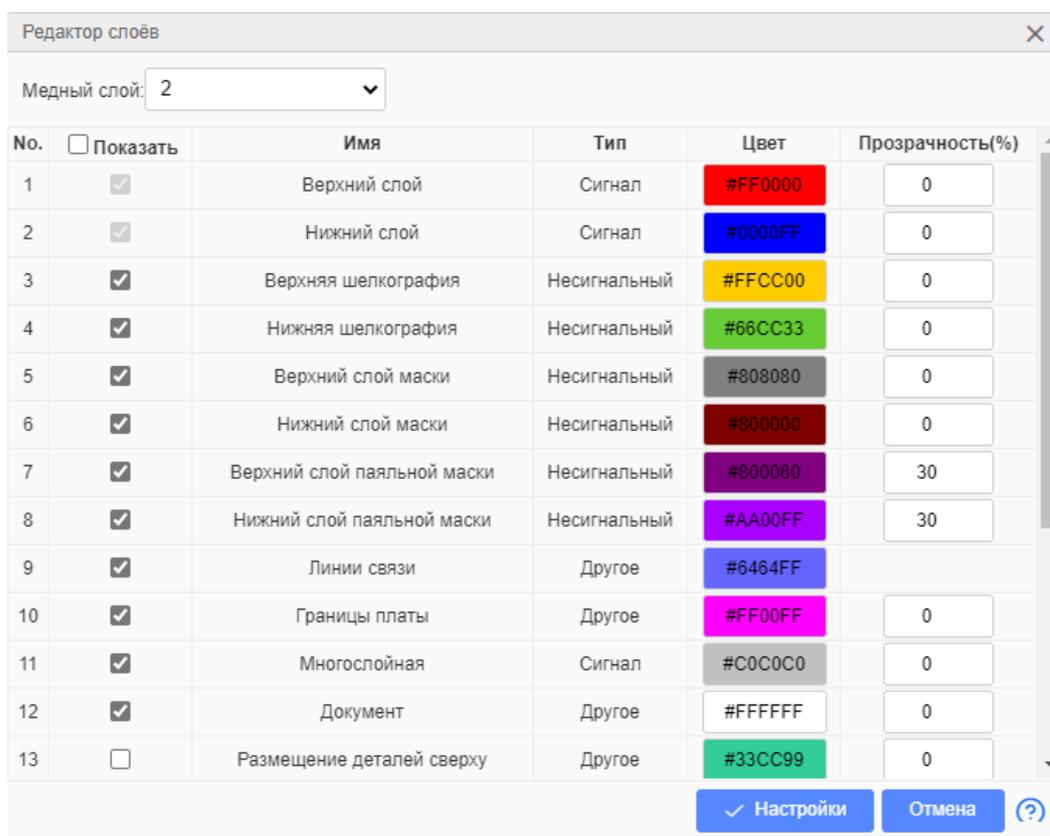


Рисунок 5.3 – Редактор слоев печатной платы

5.2 Размещение электронных компонентов на ПП

Выполните размещение электронных компонентов на ПП. Выделять элементы для размещения необходимо щелчком ЛК по выбранному элементу. Он становится полупрозрачным. Для размещения выбранного элемента в нужном месте ПП достаточно навести на него курсор и при нажатой ЛК переместить в заданную точку. Вращать элемент можно нажатием на клавишу **Space (пробел)**.

Установите электронные компоненты на плату (рисунок 5.4, *а*). В процессе размещения позиционные обозначения электронных компонентов целесообразно устанавливать в пределах площади элементов (рисунок 5.4, *б*). Для этого выберите слой **Верхняя шелкография** (или **Нижняя шелкография**, если компонент расположен на нижнем слое), щелкните ЛК по позиционному обозначению, например **R3**, выделите его и переместите над резистором.

При размещении компонентов на ПП наиболее связанные элементы необходимо располагать максимально близко друг к другу, данный подход обеспечит минимизацию длины печатных проводников – соединений между ЭРЭ. Чем короче соединения, тем меньше их индуктивность, минимизируются индуктивные помехи. Все электрические соединители рекомендуется располагать на одной стороне ПП, лучше всего располагать их по краю ПП для удобства подключения внешних устройств, необходимых для программирования МК. Интерфейсные микросхемы рекомендуется располагать в непосредственной близости от интерфейсных соединителей, источники тактового сигнала (особенно кварцевые резонаторы) следует располагать максимально близко к связанным с ними компонентам для уменьшения длины печатных проводников.

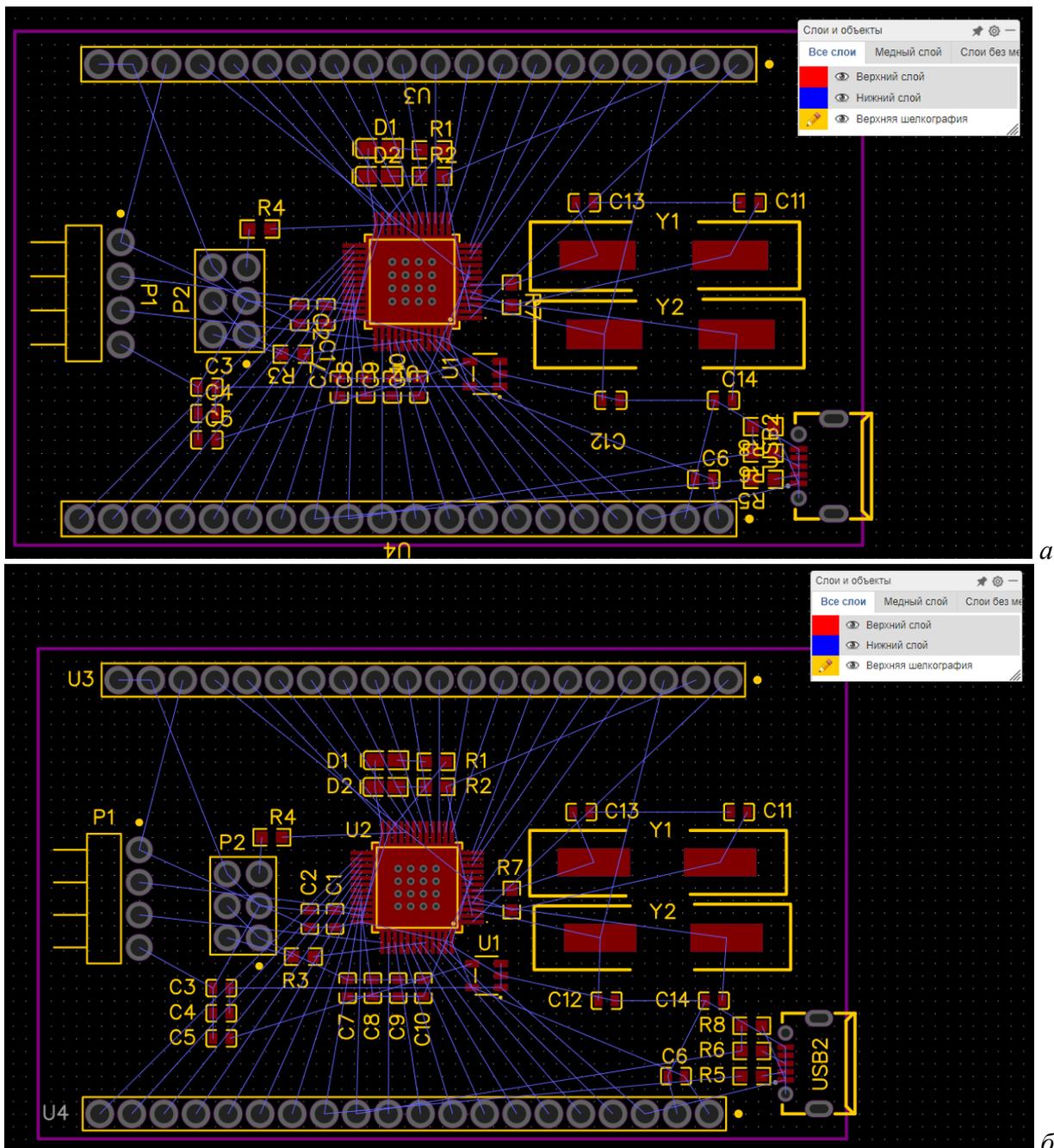


Рисунок 5.4 – Размещение позиционных обозначений: до преобразований (а) и после преобразований (б)

В результате проделанной работы выполнена компоновка ЭРЭ на ПП, выводы которых соединены линиями в соответствии с заданной схемой электрической принципиальной.

5.3 Трассировка печатной платы

Прежде всего необходимо задать правила трассировки. Для этого выполните команды **Дизайн / Правила проектирования**. В открывшемся окне **Правила проектирования** в левой части находится таблица для заданий правил. В первом столбце **Правило** записываются названия правил. Правило, заданное по умолчанию так и называется – «**Default**». Во втором столбце указывается **Ширина дорожки**, которая на ПП не может быть меньше указанного по умолчанию значения. В третьем столбце указывают **Диаметр переходного отверстия** между слоями ПП, это значение также не может быть меньше

указанного. В четвертом столбце задается минимальный **Диаметр сверловки переходного отверстия** ПП. Если при проектировании ПП для конкретной цепи понадобится задать ограничение по длине печатного проводника, это можно сделать при задании нужного значения в столбец **Длина дорожки**. Если же ограничений по длине печатного проводника нет, то последний столбец нужно оставить пустым.

В данном проекте задайте следующие правила: **Ширина дорожки** – 0,254 мм, **Зазор** – 0,152 мм, **Диаметр переходного отверстия** – 0,4 мм, **Диаметр сверловки переходного отверстия** – 0,305 мм (рисунок 5.5). Нажмите кнопку **Настройки**.

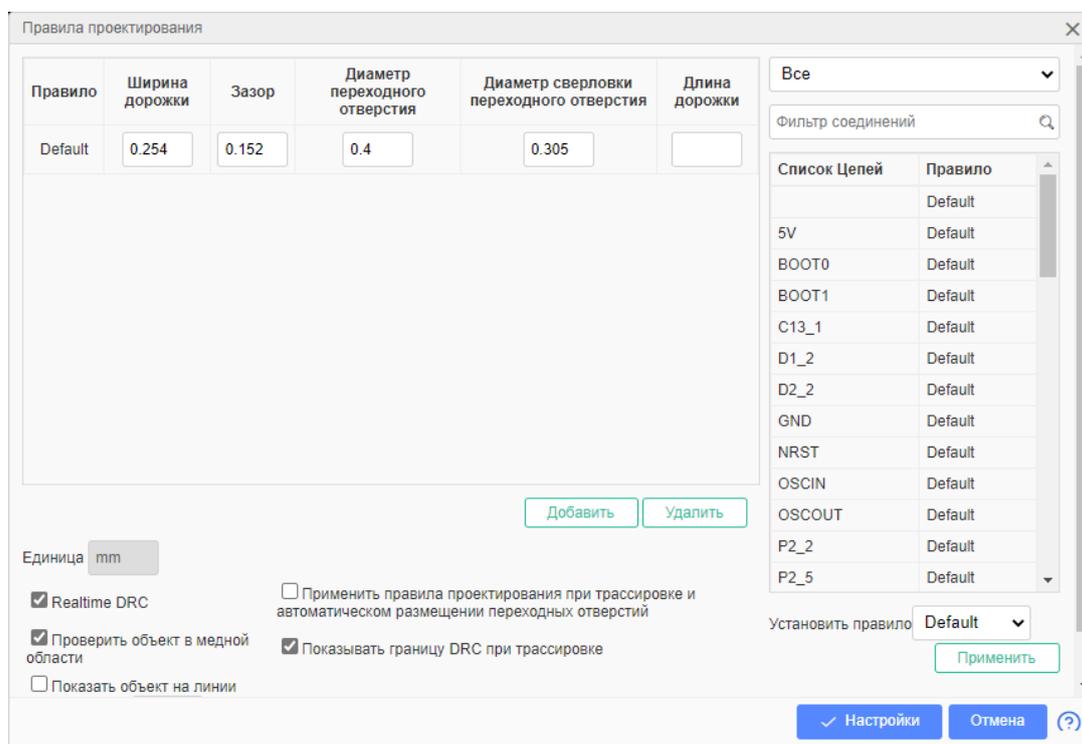


Рисунок 5.5 – Правила проектирования печатных плат

Также можно добавлять новые правила и устанавливать для них отдельные параметры, для этого нужно нажать **Добавить**, после чего появится пустая строка (рисунок 5.6) для задания нового правила. Задавать правила можно для каждой отдельной цепи. Список цепей и заданные для них правила находятся в правой части окна. Чтобы для какой-либо цепи изменить правило, нажмите на имя этой цепи в правом столбце, после чего снизу под таблицей в строке **Установить правило** из выпадающего списка выберите нужное правило и нажмите **Применить**.

В данном примере схемы электрической в цепи протекают небольшие токи порядка миллиампера и поэтому будет приемлемо оставить ширину печатного проводника (дорожки) 0,254 мм для всех цепей. При протекании токов большей величины следует увеличивать ширину печатного проводника. Для расчёта нужной ширины печатного проводника можно воспользоваться специальными программами.

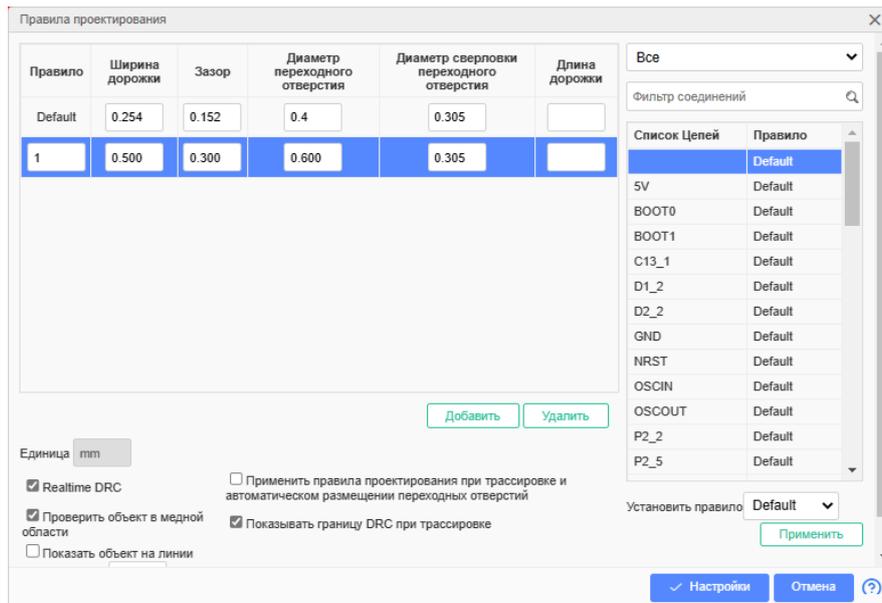


Рисунок 5.6 – Добавление новых правил проектирования ПП

Для начала процесса трассировки выполните команды **Трассировка / Автотрассировка**. Откроется окно **Настройки автотрассировщика**, в **Слои трассировки** выберите **Все слои**, в **Пропустить цепи** щёлкните на стрелочку и в выпадающем списке выберите цепь **GND**, нажмите **Запустить** (рисунок 5.6). В процессе выполнения автотрассировки могут быть соединены не все цепи, поэтому после завершения автотрассировки следует выполнить трассировку оставшихся цепей (за исключением цепи GND) вручную.

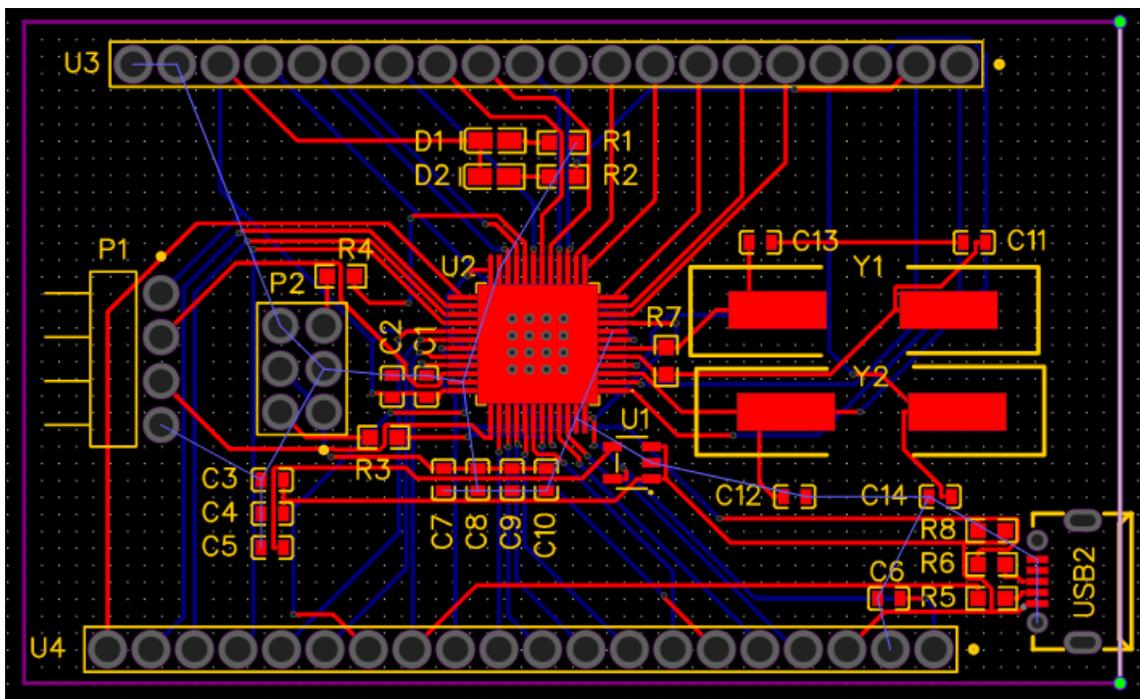


Рисунок 5.7 – Трассировка ПП

При выполнении трассировки необходимо минимизировать длины соединений – сигнальные проводники нужно выполнять максимально короткими. При смене направления проводника следует применять угол изгиба 45° , т.к. при повороте в 90° возможны искажения сигналов за счет отражения от конца линии. Когда нет возможности провести сигнальный

проводник на одном слое ПП, можно ввести переходное отверстие (рисунок 5.8), переключиться на другой слой и продолжить трассировку.

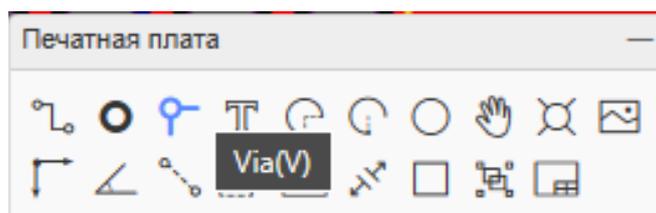


Рисунок 5.8 – Вставка переходного отверстия

После завершения трассировки сигнальных цепей и цепей питания осталось добавить полигоны земли с обеих сторон ПП. Для этого выберите **Верхний слой**, затем в окне **Печатная плата** выберите **Copper Area**, задайте контуры полигона. В левом верхнем углу ПП щёлкните ЛК, отступив от краев слева и сверху расстояние в несколько миллиметров, затем переместите курсор в правый верхний угол с таким же отступом, щёлкните ЛК, далее в правом нижнем углу и в левом нижнем углу щёлкните ЛК, нажмите ПК. На экране появится контур заливки полигона ПП. Затем переключите слой на Нижний и аналогично создайте полигон для этого слоя. Щёлкните по полученному полигону и в появившемся справа окне **Сплошная область** переименуйте **Цепь** на **GND** (верхний и нижний слой), в случае, если цепь **GND** не везде соединилась, необходимо это сделать вручную преимущественно используя переходные отверстия (рисунок 5.9). Для обновления полигона нажмите ПК, выберите из выпадающего списка **Медная область / Перестроить все**.



Рисунок 5.9 – Соединение полигона земли на разных слоях ПП с помощью переходных отверстий

Сохраните получившуюся модель ПП (рисунок 5.10).

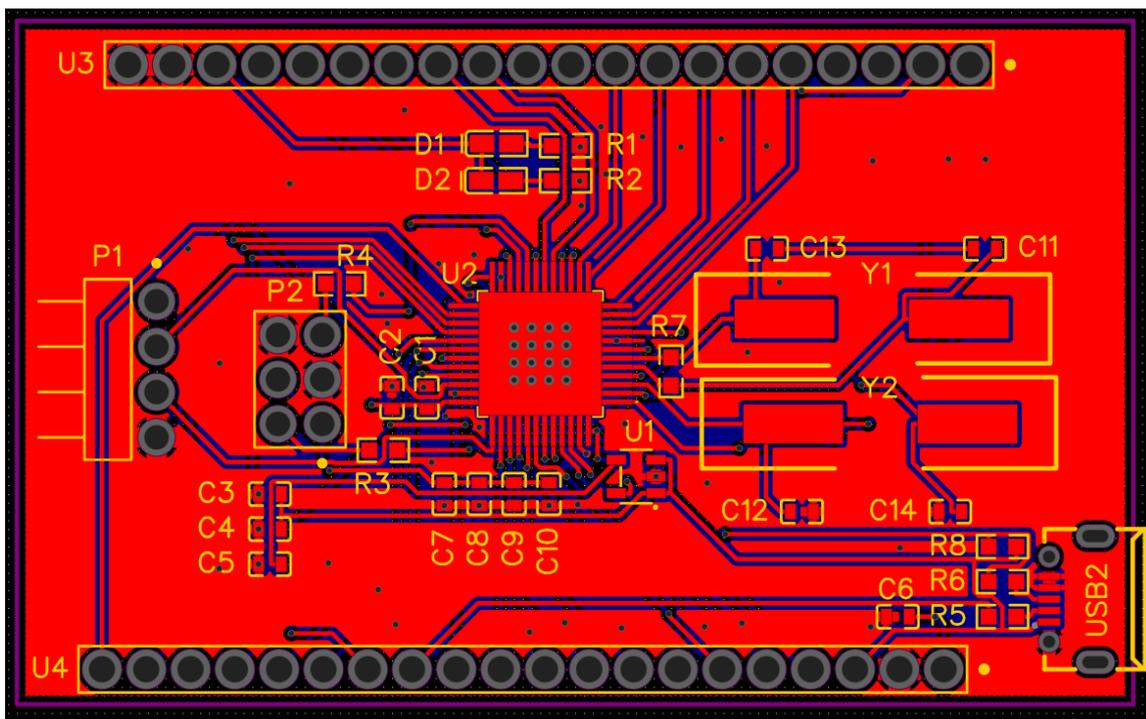


Рисунок 5.10 – Результат разработки топологии ПП (верхний слой)

В результате проделанной работы вы получили навыки компоновки и автоматической трассировки ПП.

5.4 Контрольные вопросы

1. Сколько электропроводящих слоев можно задать в редакторе слоев для двусторонней ПП?
2. По какому принципу выполняется размещение компонентов на ПП (МК, разъемы, конденсаторы, резисторы и т.д.)?
3. Для чего нужен слой шелкографии (верхний и нижний)?
4. Что такое топология ПП?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

6 Вывод технической документации в САПР EasyEDA

Цель работы – изучение методики вывода на печать результатов проектирования ПП средствами САПР EasyEDA, приобретение навыков вывода на печать результатов проектирования ПП.

6.1 Экспорт схемы электрической принципиальной

Настройте рамку схемы согласно ГОСТ 2.301, для этого перейдите по ссылке https://easyeda.com/modules/3_7575bdf9427d45bfa17fc59dfcb1637b. В открывшемся окне щелкните на кнопку **Открыть в редакторе**. Откроется окно графического редактора **EasyEDA** с готовой рамкой формата А3, сохраните ее, выполнив команды **Файл / Сохранить**.

Откройте редактор схем, нажав на рамку ПК, и затем по выделенной рамке нажмите ЛК, нажмите **Вырезать**. Добавьте новую рамку. Для этого нажмите **Библиотека**, выберите тип **Модуль системного контроллера концентратора**, щелкните ПК по добавленной рамке «**Рамка ГОСТ А3**» и нажмите **Установить**. Откроется окно, в котором потребуется ввести идентификационные буквы (рисунок 6.1). Введите идентификационные буквы и нажмите **ОК**. Разместите рамку таким образом, чтобы схема оказалась внутри нее, после этого опять потребуется ввести идентификационные буквы (рисунок 6.1), нажмите **ОК**.

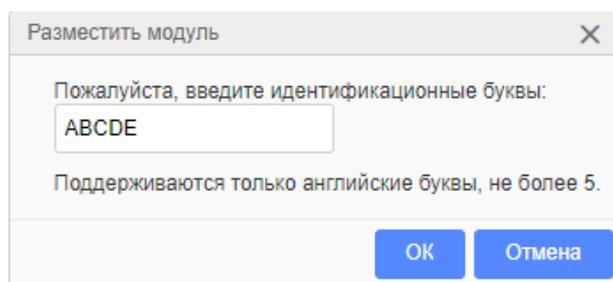


Рисунок 6.1 – Размещение рамки согласно ГОСТ 2.301 формата А3

Далее необходимо отредактировать текст в рамке. Щелкните на любую надпись в рамке ПК и нажмите **Найти похожие объекты**. В открывшемся окне (рисунок 6.2) нажмите **Найти** и в правой части экрана измените шрифт на **Verdana**. Затем заполните основную надпись согласно ГОСТ 2.104.

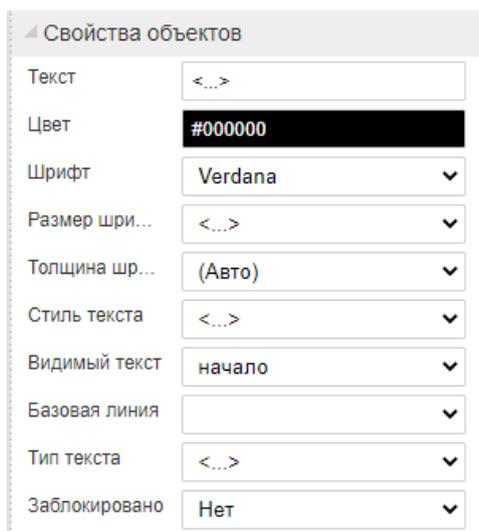


Рисунок 6.2 – Свойства объектов заполнения основной надписи формата листа

					РТФ.431268.01ЭЗ					
					<i>Узел управления подъёмного механизма двери климатической экранированной ТЕМ-камеры</i>			<i>Литера</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Схема электрическая принципиальная</i>					
<i>Разраб.</i>	<i>Фамилия И.О.</i>									
<i>Пров.</i>										
<i>Т.контр.</i>								<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	1
<i>Н.контр.</i>										
<i>Утв.</i>										

Рисунок 6.3 – Основная надпись схемы электрической принципиальной

В графе «Обозначение чертежа» записывается классификационная характеристика, в данном случае «**РТФ.431268.001ЭЗ**». Первые буквы (обычно их 4, но в данном случае 3) – шифр предприятия. После точки 6 цифр – по классификатору ЕСКД код функционального назначения схемы (в данном случае микросхемы). После второй точки 3 цифры – порядковый номер разработки. В конце код ЭЗ означает, что это схема электрическая принципиальная. В графе «Наименовании чертежа или изделия» записывается наименование схемы и в этой же графе под наименованием должна быть запись «Схема электрическая принципиальная». В графе «Материал детали» в данном случае ничего не пишется, так как это схема. В графе «Лист» указывают номер листа – 1, в графе «Листов» – количество листов всего документа (схема бывает на нескольких листах). Если вся схема реализована на одном листе, то в графе «Лист» ничего не записывается, а в графе «Листов» записывается 1.

Готовую схему необходимо экспортировать в PDF-формат. Выполните команды **Экспорт / PDF...**, откроется диалоговое окно, в котором установите: **Экспорт в PDF, Ширина дорожек 1x, Программа Локальный, Тип Объединенный лист** (рисунок 6.).

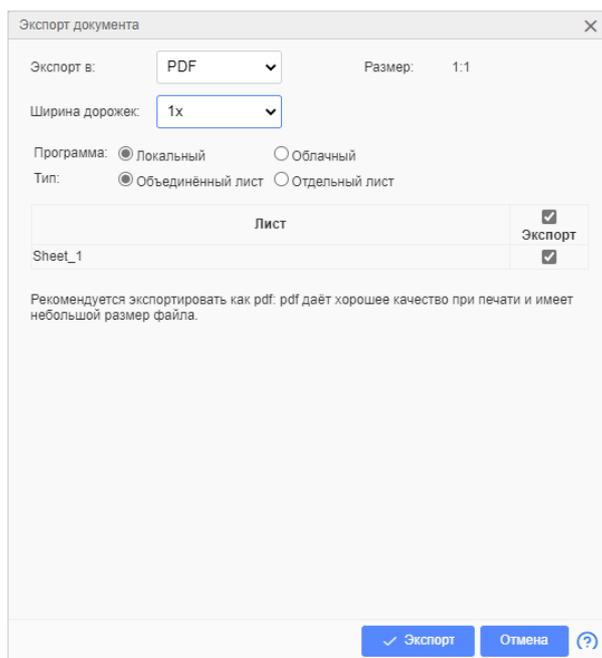


Рисунок 6.4 – Экспорт в документа PDF-формат

В результате выполнения выше указанных действий получится готовый к печати конструкторский документ схемы электрической принципиальной.

6.2 Экспорт спецификации

Для экспорта спецификации выполните команды **Производство / Материалы (BOM)** (рисунок 6.5). В открывшемся окне нажмите **Экспортировать BOM**, в окне выбора свойств поставьте галочки напротив **ID, Имя, Обозначение, Посадочное место, Количество** и нажмите **Экспорт** (рисунок 6.6).

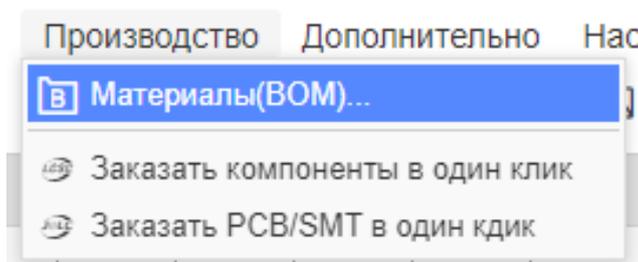


Рисунок 6.5 – Экспорт спецификации

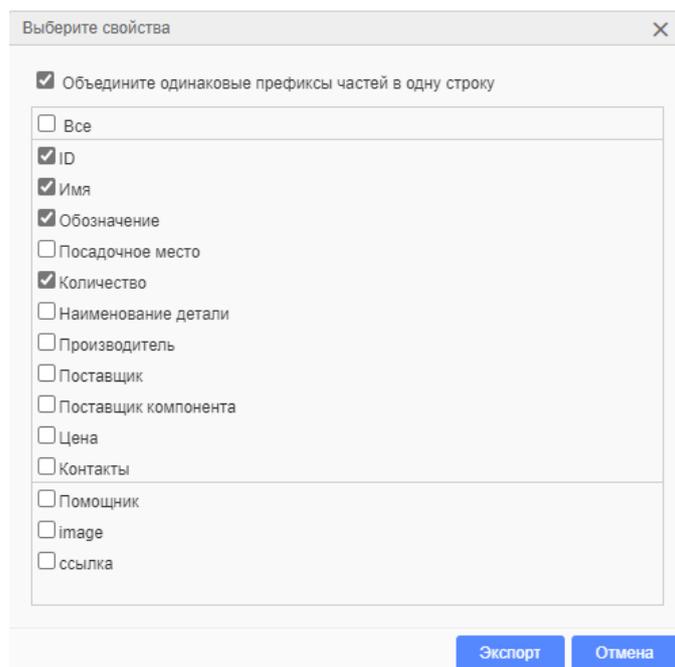


Рисунок 6.6 – Настройка экспорта спецификации

Спецификацию можно открыть в любом текстовом редакторе или электронной таблице (рисунок 6.). В первом столбце указан номер компонента (ID), во втором – имя компонента (Name), в третьем – обозначение компонента (Designator), в четвертом – количество компонентов (Quantity).

	A	B	C	D	E	F	G
1	ID	Name	Designator	Quantity			
2	1	106	C1	1			
3	2	104	C2,C4,C6,C	7			
4	3	105	C3	1			
5	4	223	C5	1			
6	5	20p	C11,C12,C	4			
7	6	LED	D1,D2	2			
8	7	PLS4	P1	1			
9	8	PLD6	P2	1			
10	9	510	R1,R2	2			
11	10	100K	R3,R4	2			
12	11	20	R5,R6,R8	3			
13	12	1M	R7	1			
14	13	RT9193-3	U1	1			
15	14	STM32F1C	U2	1			
16	15	Pls20	U3,U4	2			
17	16	USB-Micro	USB2	1			
18	17	8MHz	Y1	1			
19	18	32.768K	Y2	1			
20							
21							
22							
23							

Рисунок 6.7 – Спецификация компонентов

6.3 Экспорт печатной платы

Экспорт ПП в PDF-формат аналогичен экспорту схемы или символа. Для экспорта выполните команды **Файл / Экспорт / PDF** (рисунок 6.8).

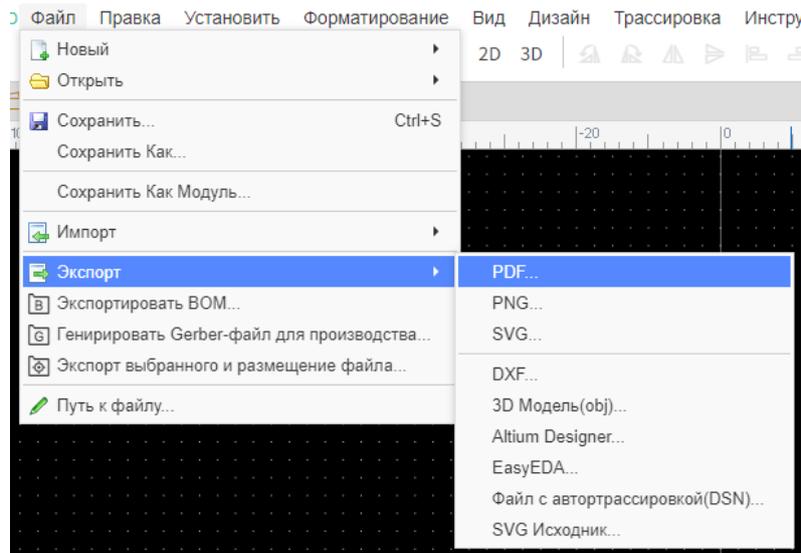


Рисунок 6.8 – Экспорт ПП в PDF-формат

В открывшемся окне **Экспорт** (рисунок 6.9) выберите **PDF**, программа **Локальный**, графика **Все в графическом виде**, тип **Каждый слой на отдельной странице**, цвет **Полноцветный**. Отметьте следующие слои: верхний, нижний, верхняя шелкография, границы платы, многослойная, отверстия. Нажмите **Экспорт**.

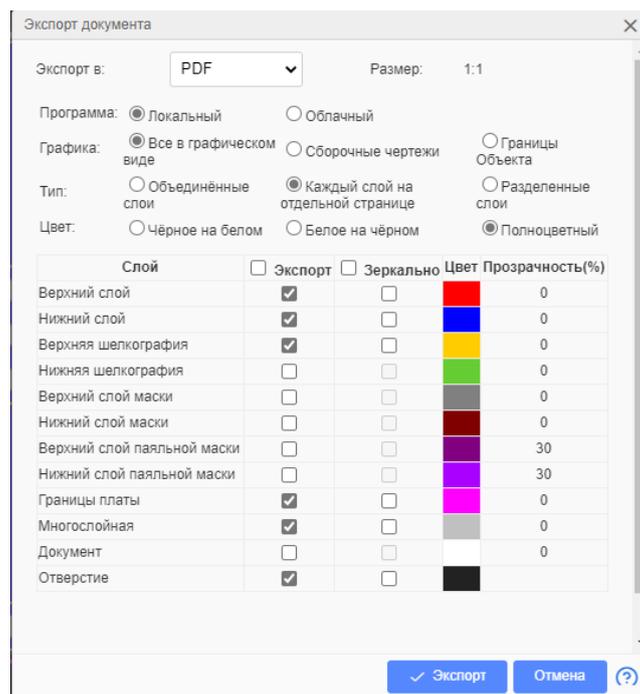


Рисунок 6.9 – Настройка экспорта ПП в PDF-формат (полноцветный)

В результате этих действий графика файла ПП экспортируется в PDF-формат (рисунок 6.10).

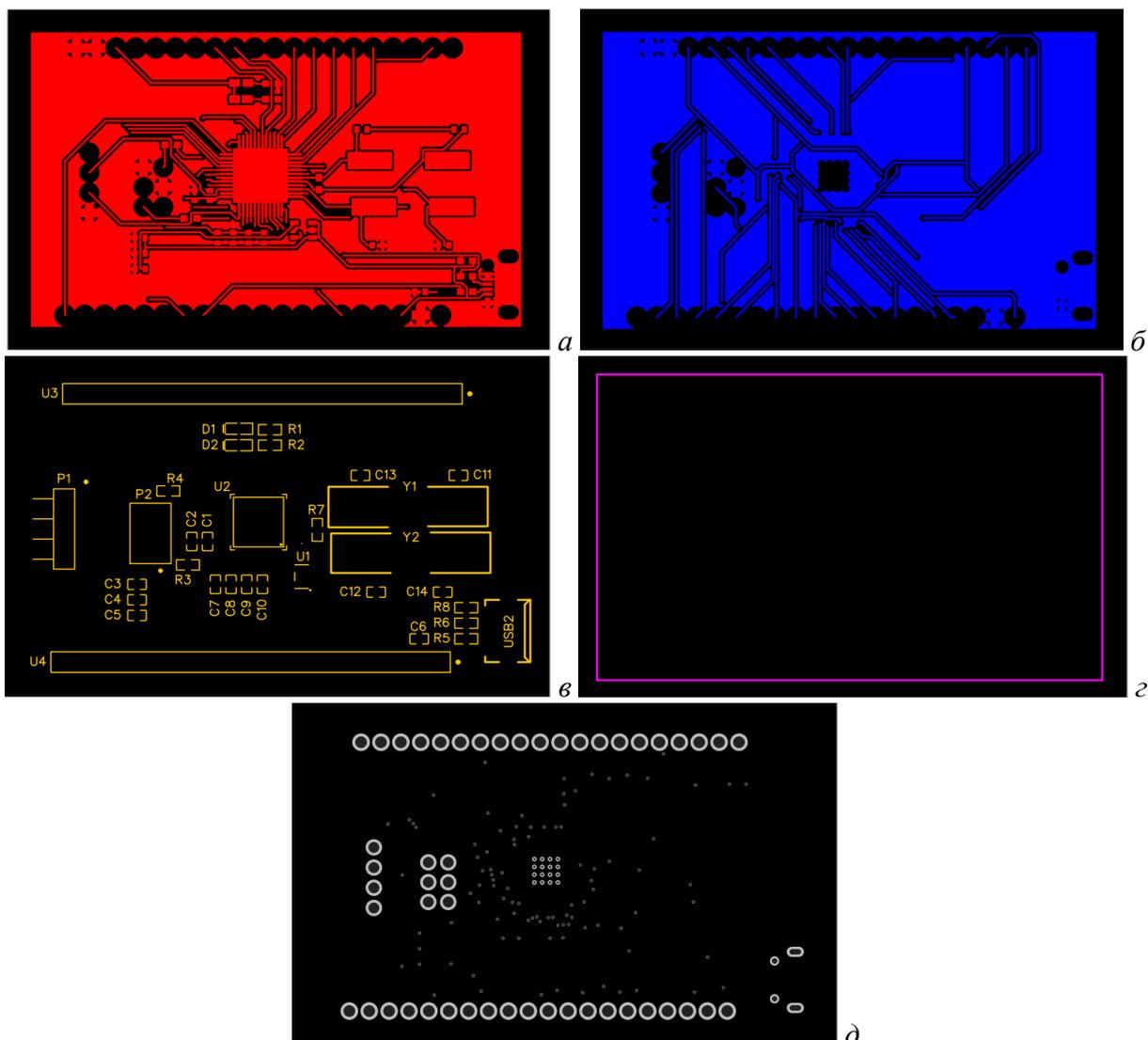


Рисунок 6.10 – Вывод полноцветной документации в PDF формат: верхний слой (а), нижний слой (б), верхняя шелкография (в), границы платы (г) и файл сверловки (д)

Аналогично выполните экспорт ПП в черно-белом варианте в PDF-формат. Задайте необходимые настройки (рисунок 6.3).

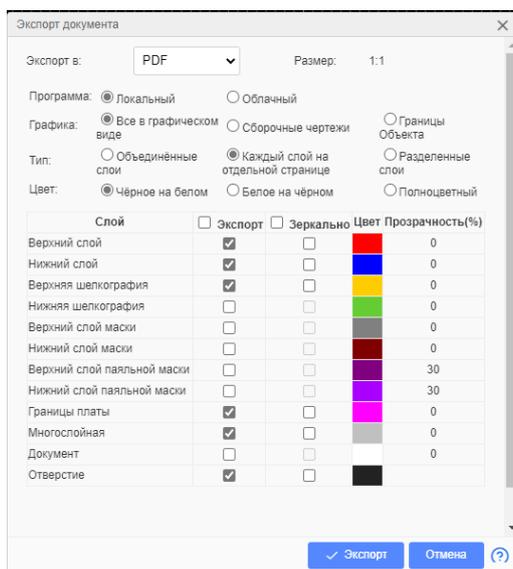


Рисунок 6.3 – Настройка экспорта ПП в PDF-формат (черно-белый)

В результате получится черно-белый вариант (рисунок 6.4)

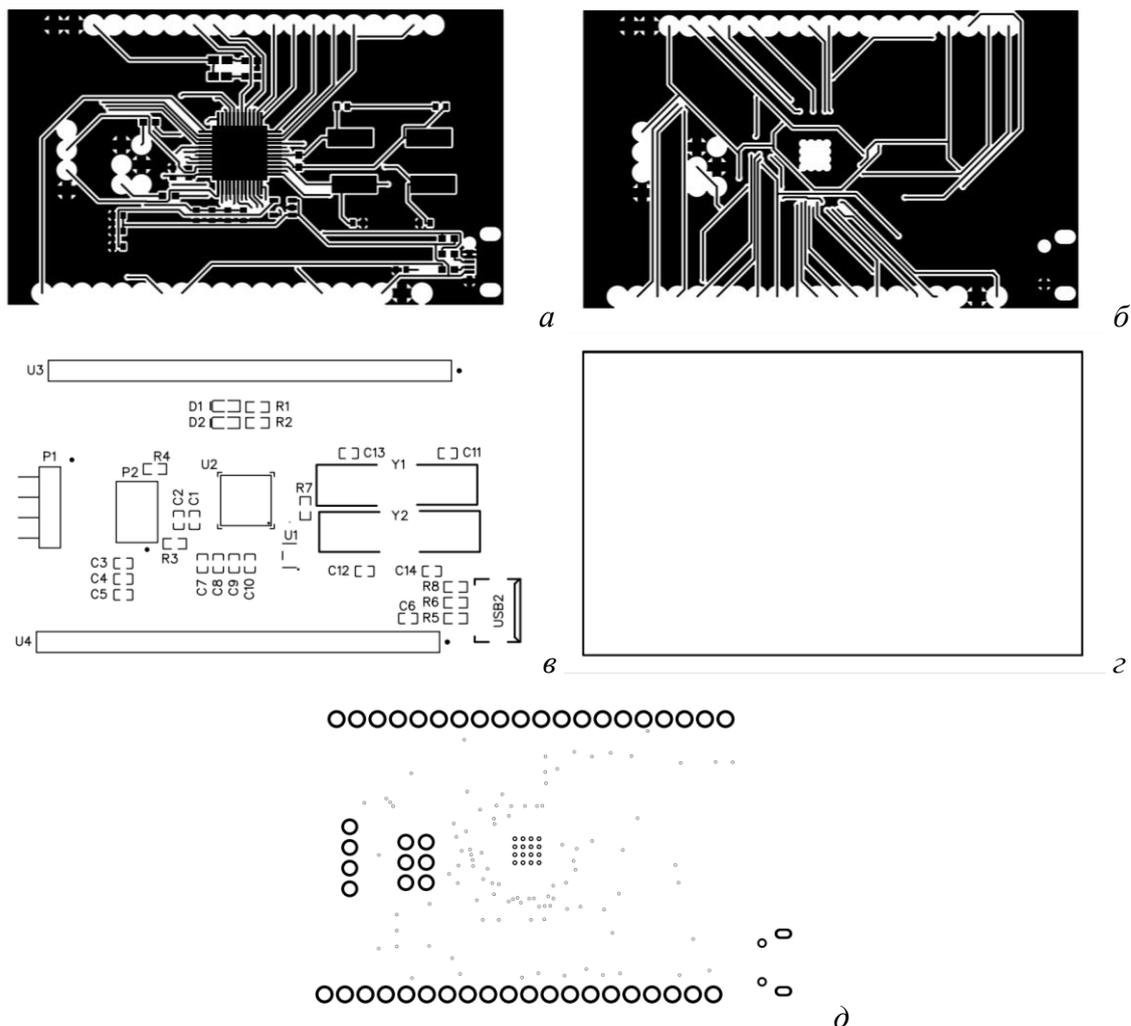


Рисунок 6.4 – Вывод черно-белой документации в PDF-формат: *а* – верхний слой, *б* – нижний слой, *в* – верхняя шелкография, *г* – границы платы; *д* – файл сверловки

6.4 Экспорт Gerber-файлов

Gerber-файл – это стандартный формат файла, используемый в электронике и производстве ПП для представления информации о компонентах и медных слоях платы. Gerber-файлы содержат данные об отверстиях, печатных проводниках, паяльных масках, тексте и других элементах дизайна печатной платы. Вывод **Gerber-файла** выполняется по следующим командам: **Файл / Генерировать Gerber-файл для производства...** (рисунок 6.5). После этого откроется окно предупреждения (рисунок 6.6), в котором выберите **Нет, генерировать Gerber-файл**. Затем откроется диалоговое окно генерации **Gerber-файла для производства** (рисунок 6.7), в котором выберите **Генерировать Gerber**.

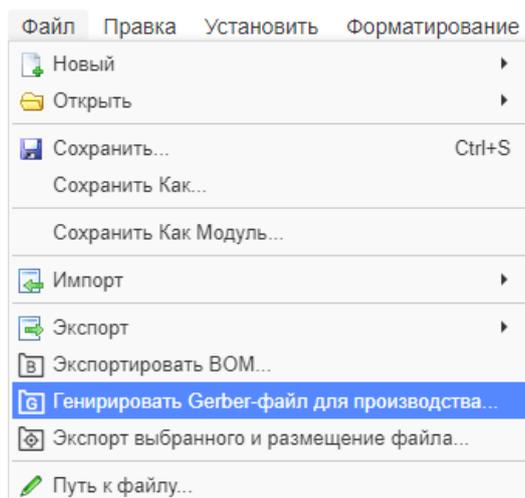


Рисунок 6.5 – Экспорт Gerber-файла

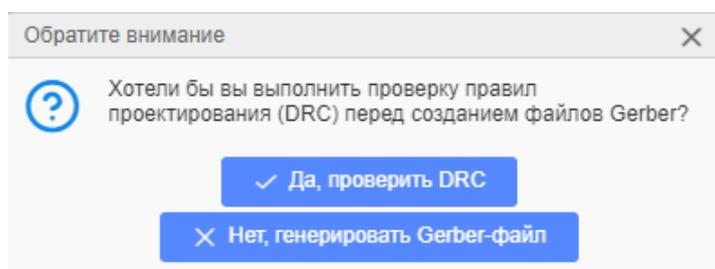


Рисунок 6.6 – Вывод документации в PDF-формат

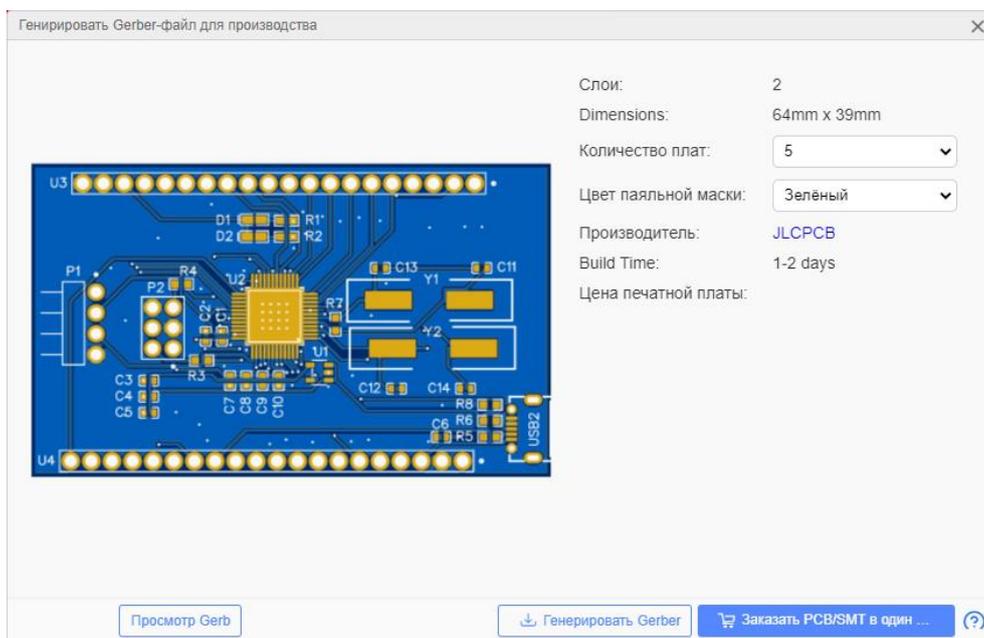


Рисунок 6.7 – Генерация Gerber-файлов для производства ПП

Сгенерированный Gerber-файл представляет собой сжатый zip-файл, который состоит из множества файлов (рисунок 6.8):

- **Drill_PTH_Through.DRL** – слой металлизированного сквозного отверстия. Этот документ показывает местоположение отверстия, в котором внутренняя стенка должна быть металлизирована.

- **Gerber_BoardOutlineLayer.GKO** – файл с границами печатной платы. Завод по производству печатных плат вырезает форму платы в соответствии с этим документом.

- **Gerber_BottomLayer.GBL** – нижний слой металлизации.

– **Gerber_BottomSolderMaskLayer.GBS** – паяльная маска нижнего слоя. По умолчанию плата покрыта защитной паяльной маской, и элементы, нарисованные на этом слое, соответствуют области нижнего слоя, не будут покрыты.

– **Gerber_TopLayer.GTL** – верхний слой металлизации.

– **Gerber_TopPasteMaskLayer.GTP** – слои Top, Paste Mask, для создания шаблона.

– **Gerber_TopSilkLayer.GTO** – шелкография верхнего слоя.

– **Gerber_TopSolderMaskLayer.GTS** – паяльная маска верхнего слоя. По умолчанию плата покрыта защитной паяльной маской, и элементы, нарисованные на этом слое, соответствуют области верхнего слоя, не будут покрыты паяльной маской.

Имя	Тип	Сжатый размер	Защита па...	Размер	Сжатие
Drill_PTH_Through.DRL	CAMtastic NC Drill Binary...	1 КБ	Нет	2 КБ	60%
Drill_PTH_Through_Via.DRL	CAMtastic NC Drill Binary...	1 КБ	Нет	2 КБ	54%
Gerber_BoardOutlineLayer.GKO	CAMtastic Keepout Layer ...	1 КБ	Нет	1 КБ	43%
Gerber_BottomLayer.GBL	CAMtastic Bottom Layer ...	24 КБ	Нет	78 КБ	70%
Gerber_BottomSolderMaskLayer.GBS	CAMtastic Bottom Solder ...	1 КБ	Нет	2 КБ	68%
Gerber_TopLayer.GTL	CAMtastic Top Layer Gerb...	35 КБ	Нет	118 КБ	71%
Gerber_TopPasteMaskLayer.GTP	CAMtastic Top Paste Mas...	3 КБ	Нет	8 КБ	70%
Gerber_TopSilkscreenLayer.GTO	CAMtastic Top Overlay Ge...	8 КБ	Нет	33 КБ	77%
Gerber_TopSolderMaskLayer.GTS	CAMtastic Top Solder Ma...	2 КБ	Нет	6 КБ	76%
How-to-order-PCB.txt	Текстовый документ	1 КБ	Нет	1 КБ	8%

Рисунок 6.8 – Вывод документации в PDF-формат

6.5 Экспорт файла выбора и размещения

Для экспорта файла выбора и размещения выполните следующие команды: **Файл / Экспорт выбранного и размещение файла...** (рисунок 6.9) и в открывшемся окне нажмите **Экспорт** (рисунок 6.10).

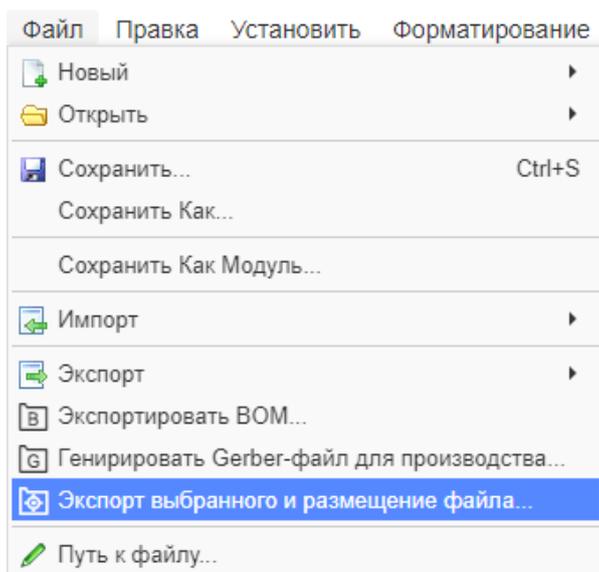


Рисунок 6.9 – Экспорт выбранного и размещения файла

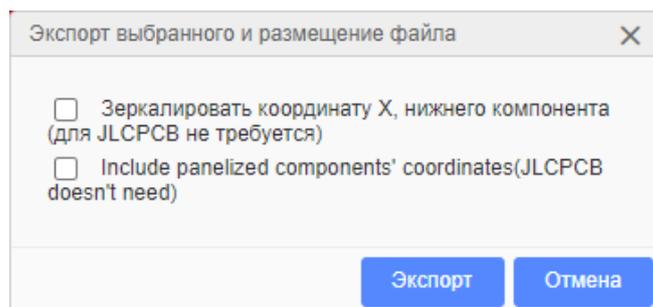


Рисунок 6.10 – Экспорт выбранного и размещения файла

После открытия экспортированного CSV-файла появится таблица (рисунок 6.11).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Designator	Footprint	Mid X	Mid Y	Ref X	Ref Y	Pad X	Pad Y	Layer	Rotation	Comment		
2	C1	CAP	32.5mm	67.5mm	32.5mm	67.5mm	32.5mm	68.15mm	T	270	106		
3	C2	CAP	30.5mm	67.5mm	30.5mm	67.5mm	30.5mm	68.15mm	T	270	104		
4	C3	CAP	23.5mm	62mm	23.5mm	62mm	22.85mm	62mm	T	0	105		
5	C4	CAP	23.5mm	60mm	23.5mm	60mm	22.85mm	60mm	T	0	104		
6	C5	CAP	23.5mm	58mm	23.5mm	58mm	22.85mm	58mm	T	0	223		
7	C6	CAP	59.5mm	55mm	59.5mm	55mm	58.85mm	55mm	T	0	104		
8	C7	CAP	33.5mm	62mm	33.5mm	62mm	33.5mm	61.35mm	T	90	104		
9	C8	CAP	35.5mm	62mm	35.5mm	62mm	35.5mm	61.35mm	T	90	104		
10	C9	CAP	37.5mm	62mm	37.5mm	62mm	37.5mm	61.35mm	T	90	104		
11	C10	CAP	39.5mm	62mm	39.5mm	62mm	39.5mm	61.35mm	T	90	104		
12	C11	CAP	64.5mm	76mm	64.5mm	76mm	63.85mm	76mm	T	0	20p		
13	C12	CAP	54mm	61mm	54mm	61mm	54.65mm	61mm	T	180	20p		
14	C13	CAP	52mm	76mm	52mm	76mm	52.65mm	76mm	T	180	20p		
15	C14	CAP	62.5mm	61mm	62.5mm	61mm	61.85mm	61mm	T	0	20p		
16	D1	LED	36.5mm	82mm	36.5mm	82mm	35.66mm	82mm	T	0	LED		
17	D2	LED	36.46mm	79.88mm	36.46mm	79.88mm	35.62mm	79.88mm	T	0	LED		
18	P1	PLS4	17mm	69.12mm	17mm	73mm	17mm	73mm	T	270	PLS4		
19	P2	PLD-6	25.23mm	68.54mm	26.5mm	66mm	26.5mm	66mm	T	90	PLD6		
20	R1	RES	40.46mm	81.88mm	40.46mm	81.88mm	39.67mm	81.88mm	T	0	510		
21	R2	RES	40.46mm	79.88mm	40.46mm	79.88mm	39.67mm	79.88mm	T	0	510		
22	R3	RES	30mm	64.5mm	30mm	64.5mm	30.8mm	64.5mm	T	180	100K		
23	R4	RES	27.5mm	74mm	27.5mm	74mm	26.71mm	74mm	T	0	100K		
24	R5	RES	65.5mm	55mm	65.5mm	55mm	66.3mm	55mm	T	180	20		
25	R6	RES	65.5mm	57mm	65.5mm	57mm	66.3mm	57mm	T	180	20		
26	R7	RES	46.5mm	69mm	46.5mm	69mm	46.5mm	69.8mm	T	270	1M		
27	R8	RES	65.5mm	59mm	65.5mm	59mm	66.3mm	59mm	T	180	20		
28	U1	SOT-23-5	44.5mm	63mm	44.5mm	63mm	45.64mm	62.05mm	T	90	RT9193-33		
29	U2	STM32F103	39mm	70mm	39mm	70mm	43.38mm	67.25mm	T	180	STM32F103C8T6		
30	U3	PLS20	39.5mm	86.5mm	39.5mm	86.5mm	63.63mm	86.5mm	T	180	PLs20		
31	U4	PLS20	38mm	52mm	38mm	52mm	62.13mm	52mm	T	180	PLs20		
32	USB2	MICRO-USB	69.5mm	56mm	69.5mm	56mm	68.18mm	54.7mm	T	90	USB-Micro_1		
33	Y1	HC49	58mm	72mm	53mm	72mm	53mm	72mm	T	0	8MHz		
34	Y2	HC49	58.5mm	66mm	63.5mm	66mm	63.5mm	66mm	T	180	32.768K		
35													

Рисунок 6.11 – Вывод результатов в таблицу

В таблице представлены следующие данные:

Designator (Обозначение) – обозначение компонента;

Comment (Комментарий) – название устройства, обычно номер производителя компонента;

Footprint (Занимаемая площадь) – занимаемая площадь компонента;

Mid X, Mid Y: (Середина X, Середина Y) – центральная координата следа;

Ref X, Ref Y (Ссылка X, ссылка Y) – происхождение следа;

Pad X, Pad Y (Площадка X, Площадка Y) – первые координаты площадки;

Layer (Слой) – слой занимаемой площади;

Rotation (Поворот) – угол поворота занимаемой площади;

В результате выполнения работы Вы получили навыки создания конструкторской документации, в частности, оформления схемы электрической принципиальной с выводом на печать. Научились создавать технологические файлы для производства ПП.

6.6 Контрольные вопросы

1. Перечислите основные конструкторские документы, необходимые для создания ПП.
2. Для чего нужна спецификация компонентов?
3. Что такое Gerber-файл?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

САПР EasyEDA представляет собой полный комплект инструментов проектирования ПП, включающий редакторы создания схем электрических принципиальных, базы электронных компонентов, компоновки и трассировки ПП и создание их 3D-моделей. EasyEDA – это одна из программ САПР, позволяющая проектировать ПП различной сложности с минимальными временными затратами. Работать в EasyEDA легко за счет удобной организации редакторов проектирования и доступности всех необходимых вкладок, обеспечивающих грамотное пошаговое исполнение проекта.

Предложенные методические указания содержат шесть практических работ, которые являются базовыми и ориентированы на разработчиков и проектировщиков ПП. Работы имеют логическую последовательность, позволяющие получить навыки проектирования ПП от создания компонента до выпуска рабочей документации. В процессе разработки схемы электрической и проектирования ПП на основе разработанной схемы происходит поиск конструкторских решений с постоянным анализом результатов и их корректировкой на каждом этапе. Решения, принятые на стадии проектирования, являются важнейшими мероприятиями, направленными на качественное изготовление радиоэлектронной аппаратуры.

Несмотря на то что современный рынок программных обеспечений предлагает большое количество САПР проектирования ПП, в работе представлены основные возможности всего многообразного процесса проектирования на примере использования EasyEDA. Однако, изучив и внимательно выполнив все предложенные работы, можно самостоятельно особенности процесса проектирования ПП.

Для дальнейшего изучения процесса проектирование ПП советуем ознакомиться со следующей литературой [1-3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. IPC-2221A Generic Standard on Printed Board Design. 2003. – 124 с.
2. ГОСТ Р МЭК 61188-5-1-2012 Печатные платы и печатные узлы. Проектирование и применение. Часть 5-1. Анализ соединений (посадочные места для монтажа компонентов). Общие требования. – М.: Стандартиформ, 2015. – 61 с.
3. Кечиев Л.Н. Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей аппаратуры / Л.Н. Кечиев – М.: ООО «Группа ИДТ», 2007. – 616 с.