

Начало работы с KiCad

The KiCad Team

Table of Contents

Introduction to KiCad Version 9	2
Загрузка и установка KiCad	2
Поддержка	2
Основные понятия и рабочий процесс	4
Рабочий процесс проектирования печатной платы	7
Учебное пособие Часть 1: Проект	8
Учебное пособие Часть 2: Принципиальная схема	10
Настройка таблицы библиотек символов	10
Основы работы с редактором схем	10
Настройка листа схемы	11
Добавление символов в схему	12
Выбор и перемещение объектов	14
Разводка схемы	15
Обозначение символов, их свойства и посадочные места	16
Проверка электрических правил	19
Сводная ведомость материалов (BOM)	20
Учебное пособие Часть 3: Печатная плата	22
Основы работы с редактором печатных плат	22
Настройка платы и структуры	22
Импорт изменений из принципиальной схемы	25
Рисование контура печатной платы	27
Размещение посадочных мест	28
Трассировка дорожек	30
Размещение медных зон	32
Проверка правил проектирования	35
3D-просмотрщик	36
Выходные данные для производства	37
Учебное пособие Часть 4: Пользовательские символы и посадочные места	40
Введение в библиотеки и таблицы библиотек	40
Создание новых глобальных библиотек или библиотек проекта	42
Создание новых символов	42
Создание новых посадочных мест	45
Связь между символами, посадочными местами и 3D-моделями	52
Куда двигаться дальше	56
Другие образовательные ресурсы	56
Помогите улучшить KiCad	56

Авторские права

This document is Copyright © 2010-2024 by its contributors as listed below. You may distribute it and/or modify it under the terms of either the GNU General Public License (<http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>), version 3 or later, or the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>), version 3.0 or later.

Все торговые марки, используемые в данном руководстве, принадлежат их законным владельцам.

Авторы

Graham Keeth, Jon Evans, Glenn Peterson.

Перевод

Викулов Ю.Н. <boxforvik@mail.ru> - русская версия (с использованием пошагового руководства по kicad © 2010)

Юрий Козлов <yuray@komyakino.ru>, 2016

alex9 <gmdii@mail.ru>, 2016

Барановский Константин <baranovskiykonstantin@gmail.com>, 2016-2021

Галкин И.В. <aleysk@gmail.com>, 2023 Шишков Павел <ps.shishkov1@gmail.com>, 2023

Прежние авторы

David Jahshan, Phil Hutchinson, Fabrizio Tappero, Christina Jarron, Melroy van den Berg.

Обратная связь

В проекте KiCad приветствуются отзывы, сообщения об ошибках и предложения по улучшению связанные с программным обеспечением или его документацией. Более подробную информацию о том, как оставить отзыв или сообщить о проблеме, можно найти в инструкции по адресу <https://www.kicad.org/help/report-an-issue/>

Introduction to KiCad Version 9

KiCad - это программный комплекс с открытым исходным кодом для создания принципиальных схем, печатных плат, а также связанных с проектированием компонентов. KiCad поддерживает как интегрированный процесс проектирования, при котором схема и печатная плата разрабатываются одновременно, так и их редактирование по отдельности для особых случаев. KiCad также содержит несколько инструментов, помогающих в проектировании схем и печатных плат, таких как РСВ калькулятор для определения электрических свойств элементов схемы, Gerber-просмотрщик для проверки файлов используемых в производстве печатных плат, 3D-просмотрщик для визуализации готовой печатной платы, а также встроенный SPICE-симулятор для исследования работы схем.

KiCad работает на всех основных операционных системах и на компьютерах самой разной конфигурации. Поддерживает разработку многослойных печатных плат (до 32 слоёв) и может использоваться в проектах любой сложности. KiCad разрабатывается командой энтузиастов из числа инженеров-программистов и инженеров-электронщиков со всего мира, цель которых - создание свободного программного обеспечения с открытым исходным кодом пригодного для профессионального проектирования и разработки электроники.

The latest documentation for KiCad is available at <https://docs.kicad.org>. This document applies to KiCad version 9.0.

Загрузка и установка KiCad

KiCad работает на множестве операционных систем, включая Microsoft Windows, Apple macOS и большинстве распространённых дистрибутивов Linux.

Последние версии инструкций по установке, а также ссылки для загрузки KiCad можно найти по адресу <https://www.kicad.org/download/>. Эти инструкции не включены в данное руководство, так как со временем они корректируются и изменяются для актуальных версий ОС.

IMPORTANT

Стабильные выпуски KiCad создаются периодически в соответствии с [политикой выпуска стабильных версий KiCad](#). Новые возможности, прежде чем попасть в стабильный выпуск, сначала добавляются в ветку разработки. Если вы хотите воспользоваться этими возможностями и помочь в их тестировании, скачайте последнюю ночную сборку для своей платформы. Ночные сборки могут содержать ошибки, такие как повреждение файлов, генерация некорректных Gerber-файлов и т.д., но цель команды разработчиков KiCad сохранить ветку разработки пригодной для использования, насколько это возможно при разработке новых функций.

Поддержка

Если у вас имеются идеи, замечания, вопросы или просто нужна помощь:

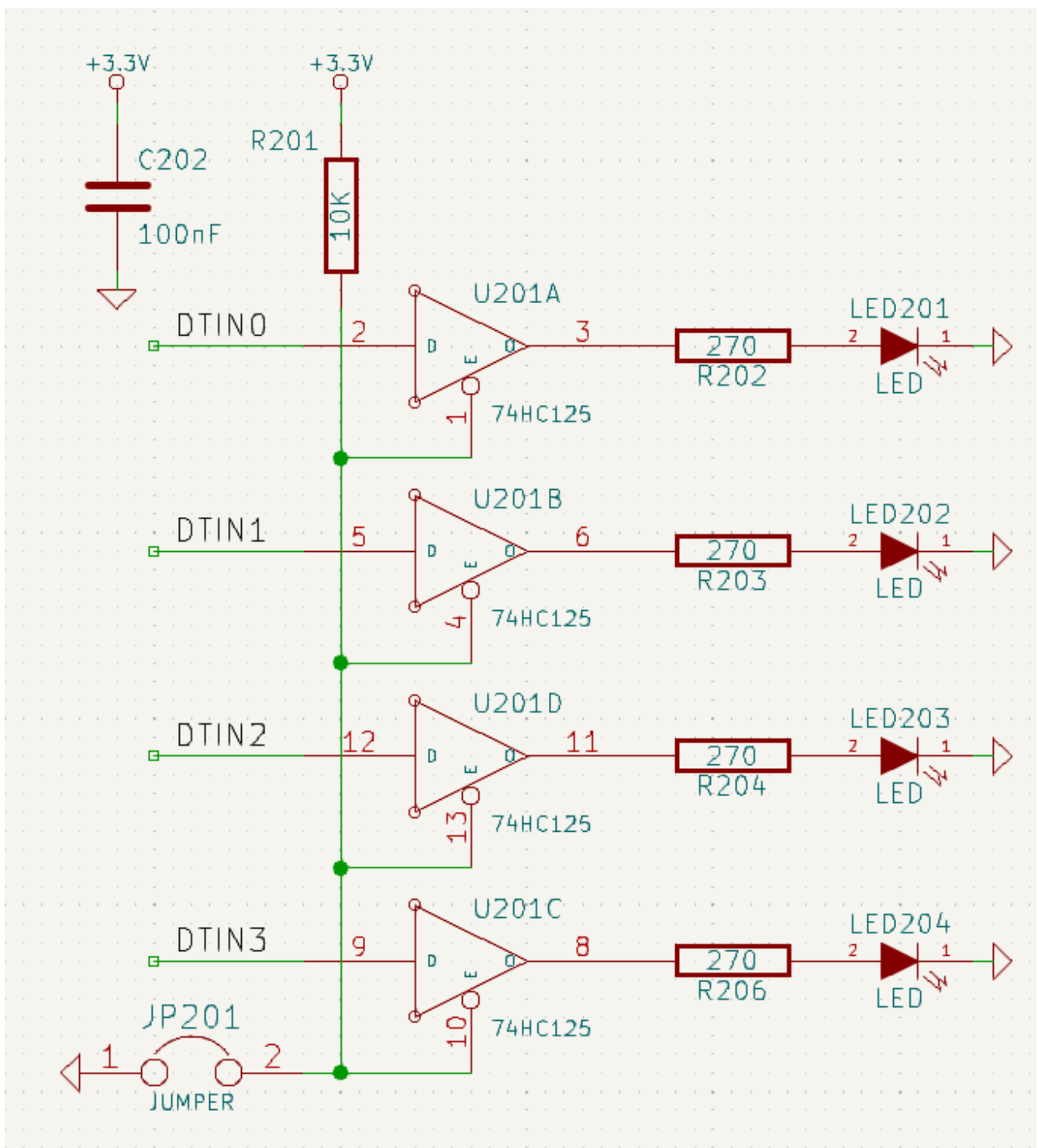
- Посетите [официальный форум пользователей KiCad](#), это отличное место для общения с другими пользователями KiCad и получения помощи.
- Присоединяйтесь к нашему сообществу в [Discord](#) или [IRC](#) для общения с пользователями и разработчиками в реальном времени.

Посетите веб-сайт KiCad с [обучающими ресурсами](#) созданными сообществом KiCad.

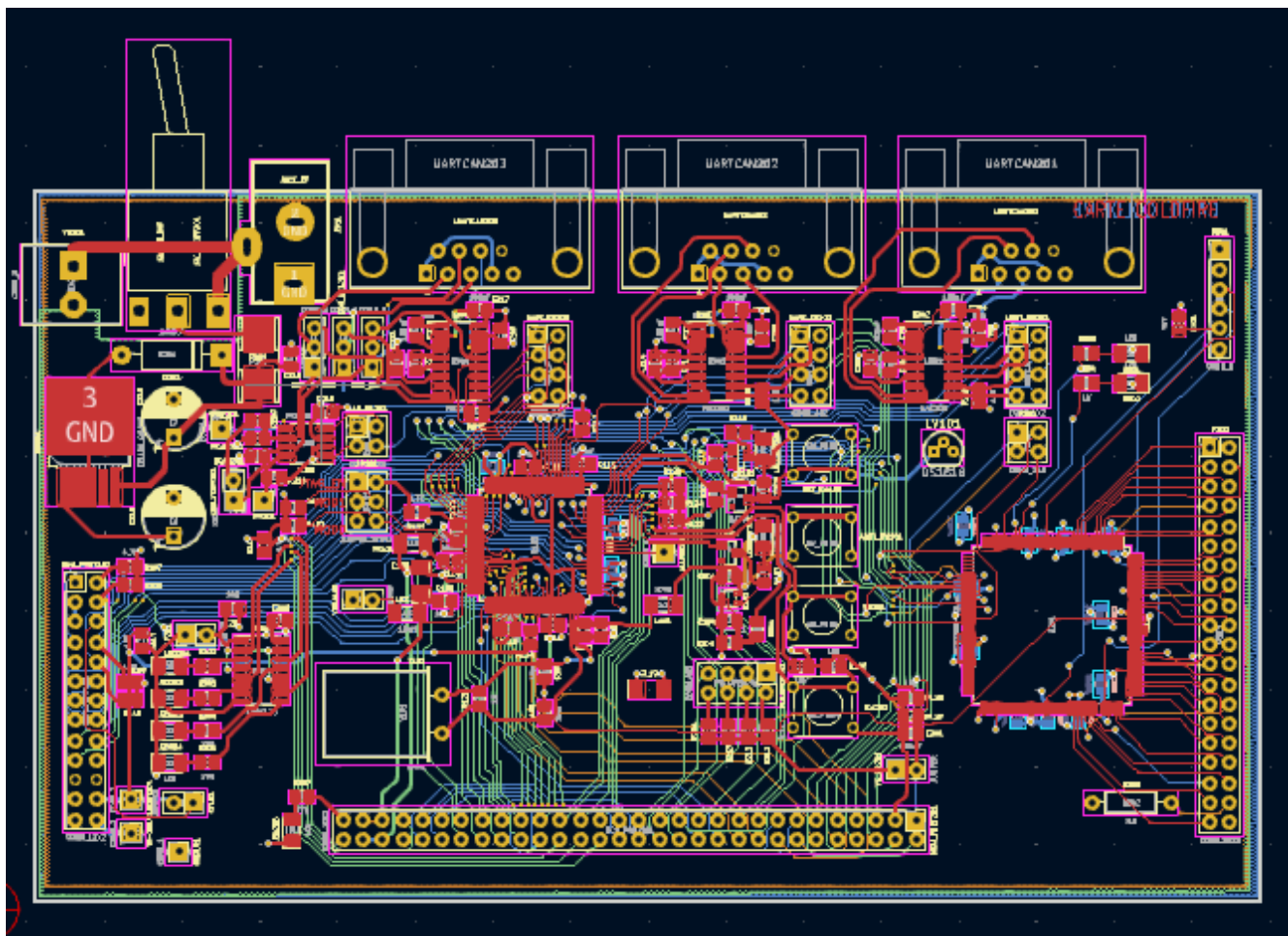
Основные понятия и рабочий процесс

Типичный рабочий процесс в KiCad состоит из двух основных задач: рисования схемы и разводки печатной платы.

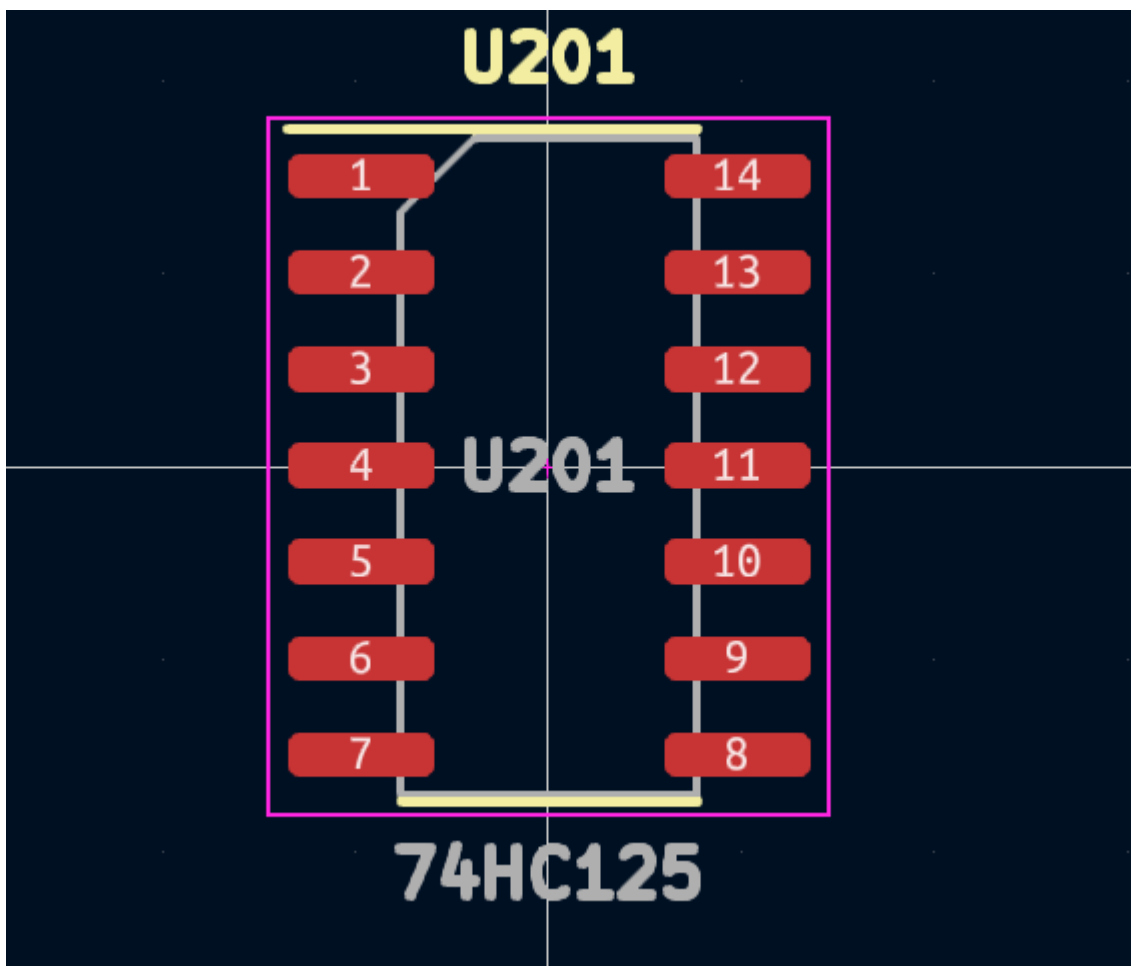
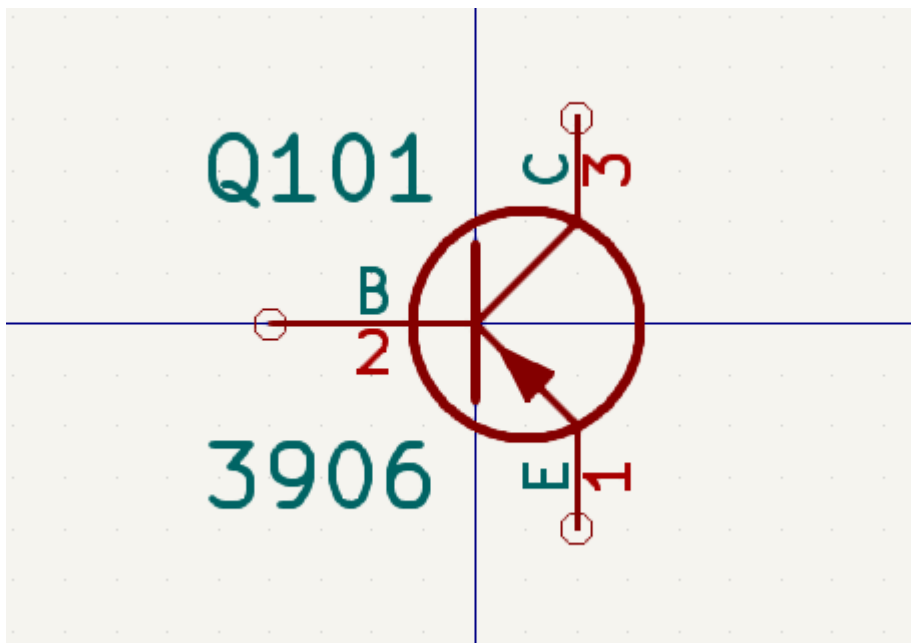
Схема - это символическое представление электрической цепи: какие используются компоненты и какие соединения между ними выполнены. Символы схемы - это мнемонические изображения электронных компонентов в схеме, например, зигзаг или прямоугольник для резистора или треугольник для ОУ. Схема содержит символы для каждого компонента разрабатываемого электронного устройства и проводники, соединяющие контакты этих символов. Обычно, сначала рисуется схема, а затем делается разводка печатной платы.



Плата - это физическая реализация схемы, на которой размещены посадочные места компонентов и медные дорожки, создающие соединения, описанные в схеме. Посадочные места представляют собой набор медных площадок, которые соответствуют физическим выводам компонента. При изготовлении и сборке печатной платы непосредственно к ним и припаиваются электронные компоненты схемы.



KiCad имеет отдельные окна для рисования схем («Редактор схем»), разводки плат («Редактор печатных плат») и редактирования символов и посадочных мест («Редактор символов» и «Редактор посадочных мест»). KiCad поставляется с большой библиотекой высококачественных символов и посадочных мест, созданных пользователями, но вы можете легко создавать собственные символы и посадочные места или, при необходимости, редактировать уже существующие.



Наконец, важно понимать, что в KiCad реализована проектно-ориентированная схема работы. Проект KiCad это каталог, в котором хранится файл проекта, файлы со схемой, макетом платы и, по необходимости, другими сопутствующими файлами, такими как библиотеки символов и посадочных мест, данных для моделирования, информация о закупках и т.д. Многие настройки, связанные с проектом, включая классы цепей и правила проектирования, хранятся на уровне проекта. Имейте ввиду, что открытие платы вне связанного с ней проекта может привести к отсутствию информации о компоновке элементов или не согласованности со схемой, поэтому обязательно храните все файлы, связанные с проектом, вместе.

Рабочий процесс проектирования печатной платы

Как правило, сначала рисуется принципиальная схема. Это означает, что на схему добавляются символы и рисуются соединения между ними. Если необходимые символы отсутствуют в библиотеках, то пользователь может создать их самостоятельно. На этом этапе также выбираются посадочные места для каждого компонента и, при необходимости, создаются собственные посадочные места. После завершения разработки схемы и прохождения проверки электрических правил (ERC) информация о схеме переносится в редактор печатных плат, и начинается ее разводка.

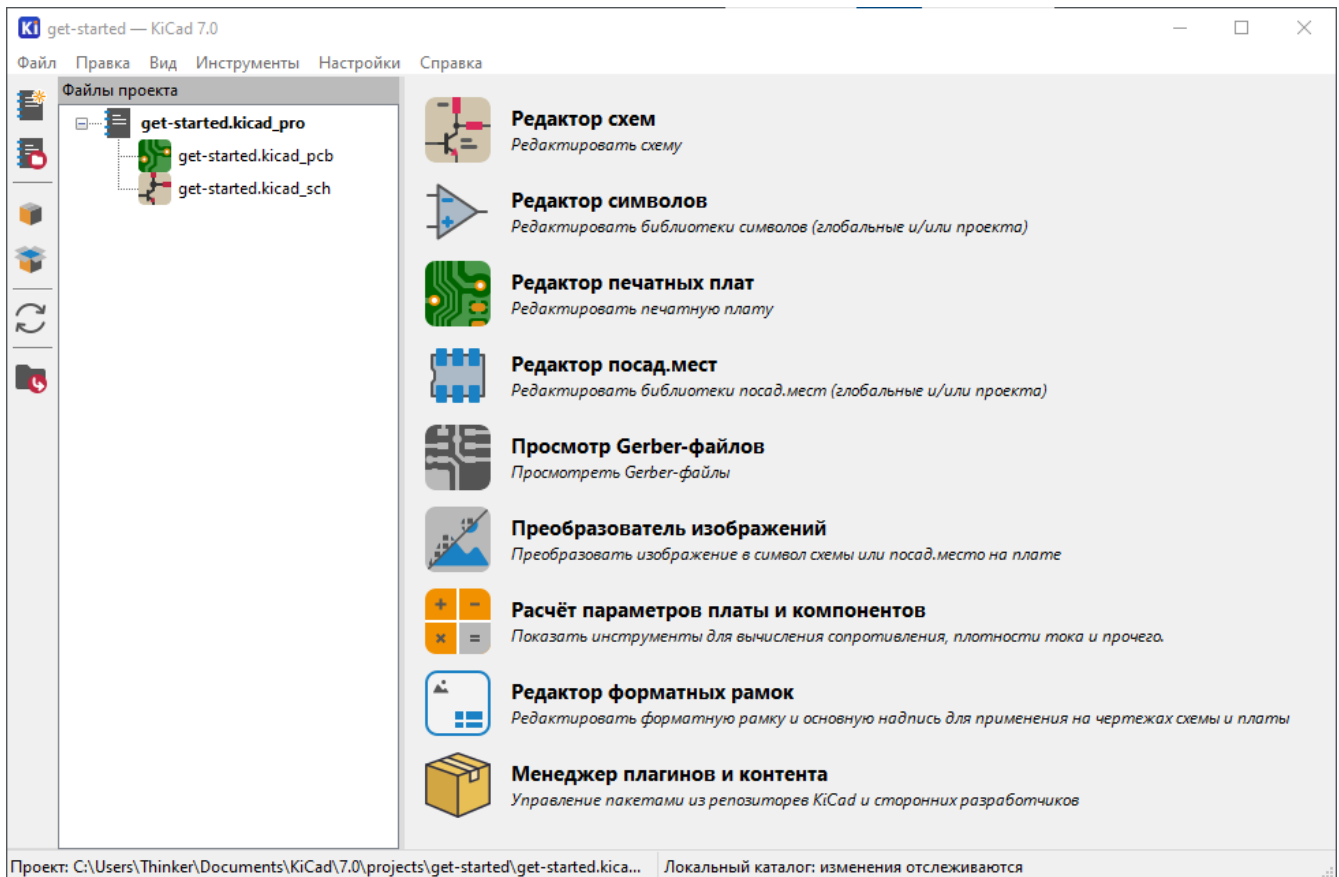
The schematic describes which components are in the design and how they are connected; the board editor uses this information to make layout easier and to prevent mismatches between the schematic and PCB. The layout process requires careful placement of each footprint on the circuit board. After component placement, copper tracks are drawn between components based on the connections in the schematic as well as other electrical considerations, such as track resistance, controlled impedance requirements, crosstalk, etc.

Часто, уже после начала разводки платы, возникает необходимость обновить принципиальную схему - эти изменения можно легко перенести в проект платы. Иногда бывает и обратная ситуация - правка вносится в разводку платы, эти изменения также могут быть перенесены в принципиальную схему. Этим обеспечивается согласованность схемы и печатной платы на всём этапе проектирования.

Когда разводка платы завершена и она прошла проверку на соответствие правилам проектирования (DRC), генерируются выходные данные для изготовления платы, после чего она может быть изготовлена на заводе по производству печатных плат.

Учебное пособие Часть 1: Проект

Первое, что необходимо сделать при начале проектирования, это создать новый проект. При запуске KiCad открывается менеджер проектов. Щелкните **Файл** → **Новый проект**, выберете место на диске и дайте проекту имя, например `get-started`. Убедитесь что установлен флажок **Создать новый каталог для проекта** и нажмите кнопку **Сохранить**. В результате, в подкаталоге с тем же именем что и проект, будут созданы новые файлы проекта.



Слева, на панели "Файлы проекта", отображается список файлов текущего проекта: файл с расширением `.kicad_pro`, это файл проекта, файл с расширением `.kicad_sch` это схема, а файл с расширением `.kicad_pcb`, это печатная плата. Все они имеют общее название, состоящее из имени вашего проекта.

Также может присутствовать каталог `-backups`: KiCad будет автоматически создавать резервные копии проекта при его сохранении и, по желанию, через определенные промежутки времени. Параметры резервного копирования настраиваются в меню **Настройки** → **Настройки...** → **Общие** → **Резервное копирование проекта**.

NOTE

Opening the Preferences dialog may trigger a library table configuration dialog. This dialog is explained [below](#).

NOTE

On macOS, the Preferences dialog is in the **KiCad** menu, not the **Preferences** menu.

Сессия

Запоминать открытые файлы для следующего запуска проекта

Авто-сохранение: 10 минут

Кол. недавних файлов: 9

Хранить файлы кэша 3D: 30 дней

Резервное копирование проекта

Автоматическое резервное копирование

Резервное копирование при автоматическом сохранении

Максимум резервных копий: 25

Максимум резервных копий в день: 5

Мин. промежуток между резервным копир.: 5 минут

Макс. размер всех резервных копий: 100 Мбайт

В правой части окна проекта расположены кнопки для запуска различных инструментов, поставляемых с KiCad. При запуске редактора схем или редактора печатных плат автоматически открывается соответствующий файл проекта (схема или печатная плата из текущего проекта). Начните с открытия редактора схем.

Учебное пособие Часть 2: Принципиальная схема

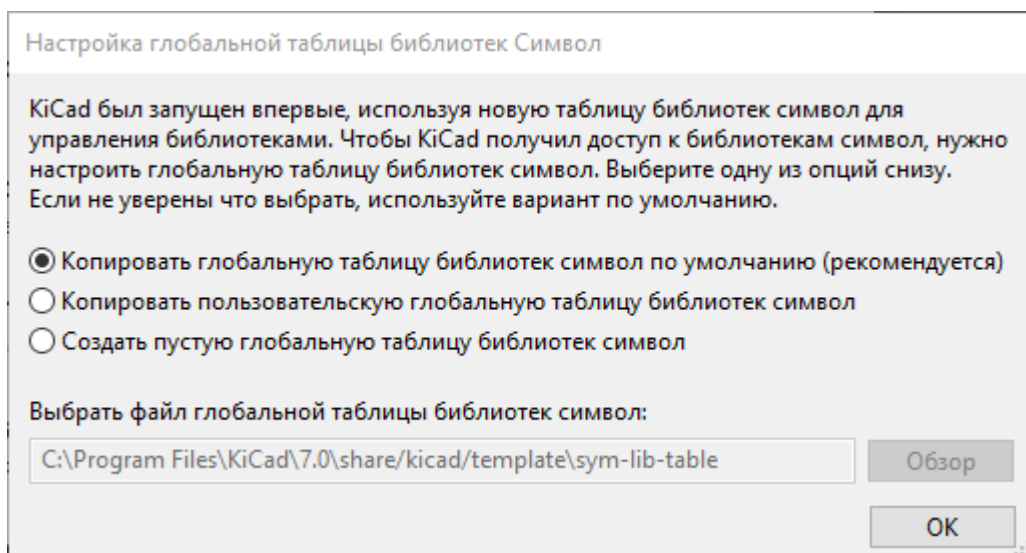
Настройка таблицы библиотек символов

При первом открытии редактора схем появляется диалоговое окно с вопросом о настройке таблицы глобальных библиотек символов. Таблица библиотек символов указывает KiCad, какие библиотеки символов использовать и где они расположены. Если вместе с KiCad были установлены библиотеки по умолчанию, что рекомендуется, выберите предложенный по умолчанию вариант: **Копировать таблицу глобальных библиотек символов по умолчанию (рекомендуется)**.

Если KiCad не может найти библиотеки в предполагаемом месте их установки, то эта опция будет отключена. В таком случае пользователю следует выбрать вторую опцию, **Копировать таблицу пользовательских глобальных библиотек символов**. Нажмите внизу на значок папки и перейдите в каталог, указанный ниже (зависит от операционной системы). Выберите файл `sym-lib-table`.

Расположение файлов таблиц библиотек по умолчанию зависит от операционной системы и может меняться в зависимости от места установки. Ниже приведены значения по умолчанию для каждой операционной системы:

- Windows: `C:\Program Files\KiCad\9.0\share\kicad\template\`
- Linux: `/usr/share/kicad/template/`
- macOS: `/Applications/KiCad/KiCad.app/Contents/SharedSupport/template/`



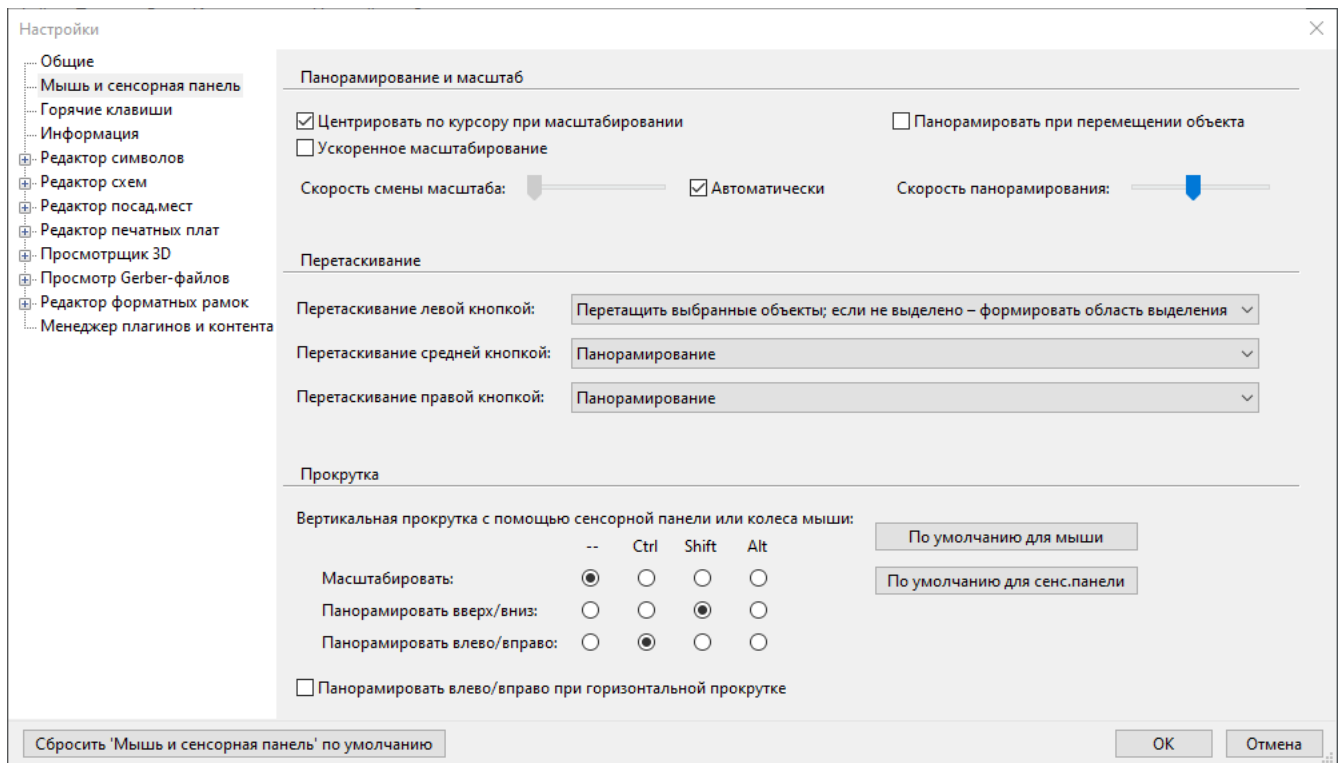
Основы работы с редактором схем

Для перемещения по схеме нажмите среднюю или правую кнопку мыши и перетащите ее. Увеличение и уменьшение масштаба осуществляется с помощью колесика мыши или клавиш `F1` и `F2`. Пользователям ноутбуков может быть полезно изменить управление мышью так, чтобы оно лучше подходило для сенсорной панели; управление мышью настраивается в меню **Настройки** → **Настройки...** → **Мышь и сенсорная панель**.

NOTE

On macOS, the Preferences dialog is in the **KiCad** menu, not the **Preferences** menu.

По умолчанию в KiCad включена настройка мыши **Центрировать по курсору при масштабировании**. При включении этой функции курсор мыши автоматически перемещается в центр экрана при увеличении или уменьшении масштаба. Таким образом, область масштабирования всегда остается в центре. Эта функция необычна, но многие пользователи находят ее полезной, когда привыкают к ней. Попробуйте увеличить или уменьшить масштаб курсором мыши в различных областях листа. Если поведение масштабирования по умолчанию неудобно, отключите эту функцию в настройках.

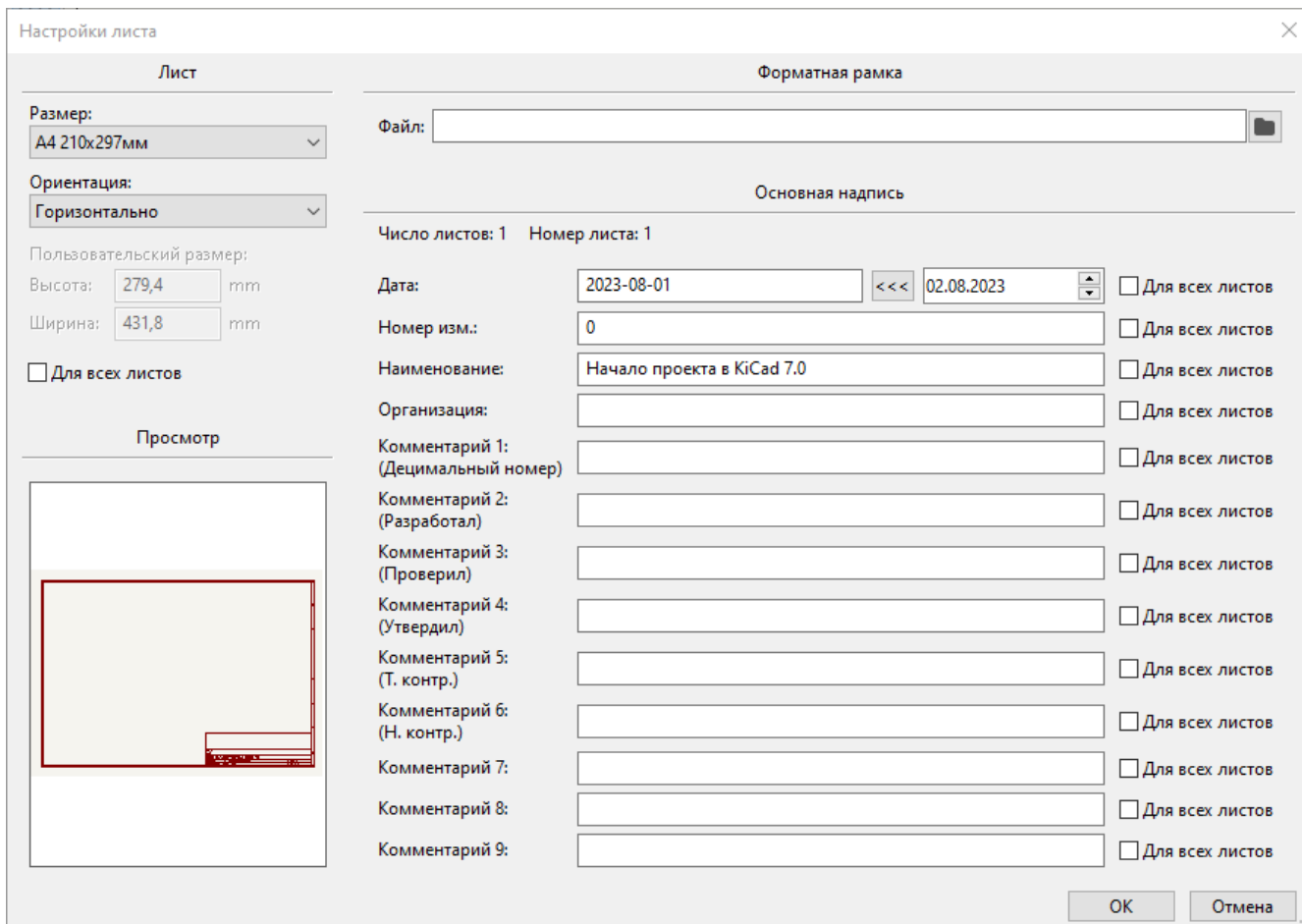


The toolbar at the left side of the schematic editor screen contains basic display settings. The toolbar at the right side of the screen contains tools for editing the schematic.


Most tools in KiCad either have default hotkeys assigned, or can have custom hotkeys assigned. To view all hotkeys, go to **Help** → **List Hotkeys...** Hotkeys can be changed in the **Hotkeys** panel of the Preferences dialog.

Настройка листа схемы

Прежде чем начать рисовать схему, необходимо настроить сам лист схемы. Нажмите **Файл** → **Параметры листа**. Дайте схеме название и установите дату. Если хотите, то можете изменить размер листа.



Добавление символов в схему

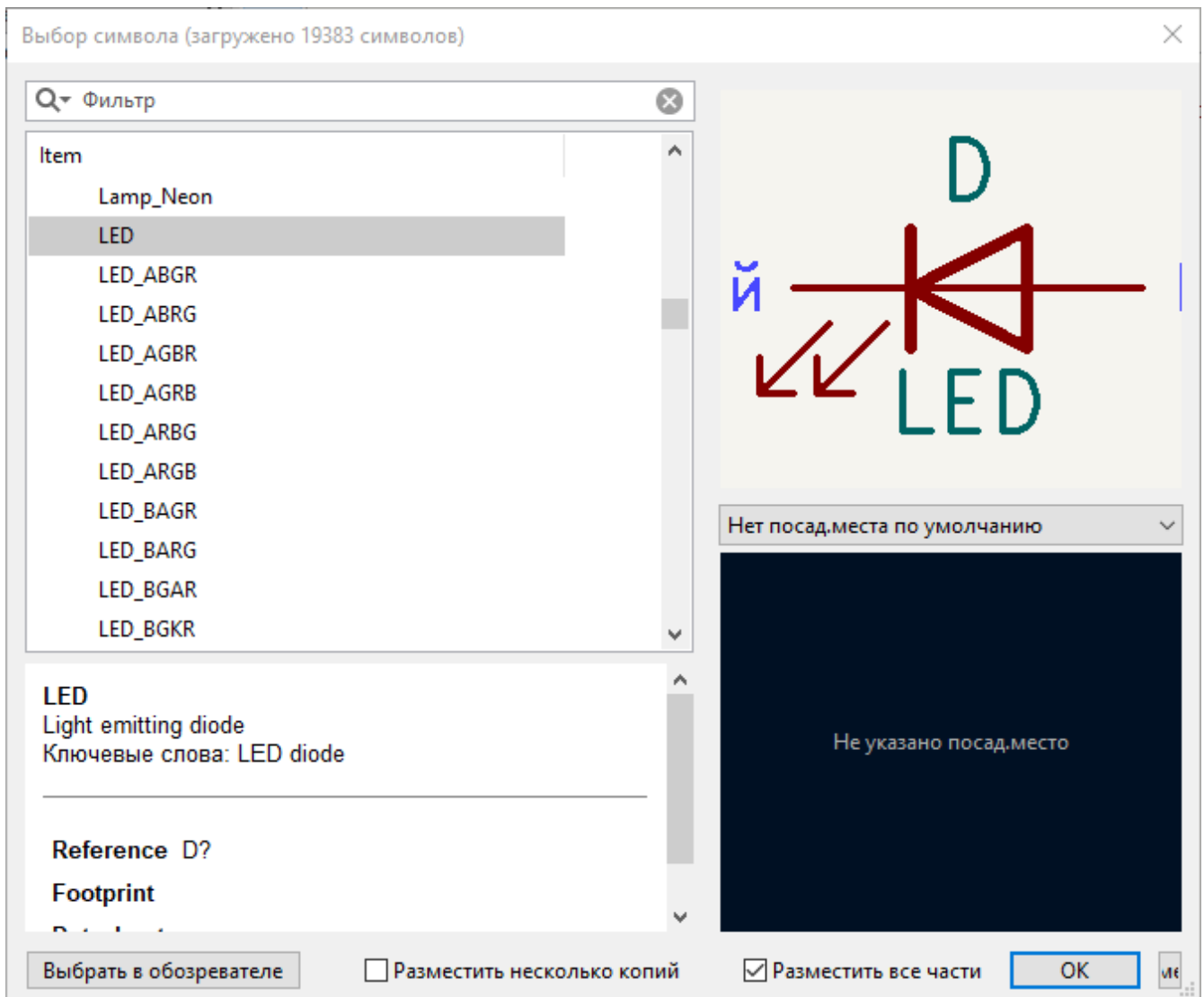
Start making the circuit by adding some symbols to the schematic. Open the Choose Symbol dialog by clicking the **Add Symbols** button  on the right side of the window or pressing **A**.

This action will trigger the Footprint Library Table Setup dialog if it has not already been triggered. This dialog is equivalent to the [Symbol Library Table Setup dialog explained earlier](#), but for footprints instead of symbols.

Снова выберите вариант по умолчанию: **Копировать глобальную таблицу библиотек посадочных мест по умолчанию (рекомендуется)**. Если эта опция отключена, выберите вторую опцию: **Копировать глобальную пользовательскую таблицу библиотек посадочных мест**. Нажмите внизу на значок папки и перейдите в каталог, указанный в [инструкции по настройке таблицы библиотек символов](#). Выберите файл `fp-lib-table` и нажмите кнопку **ОК**.

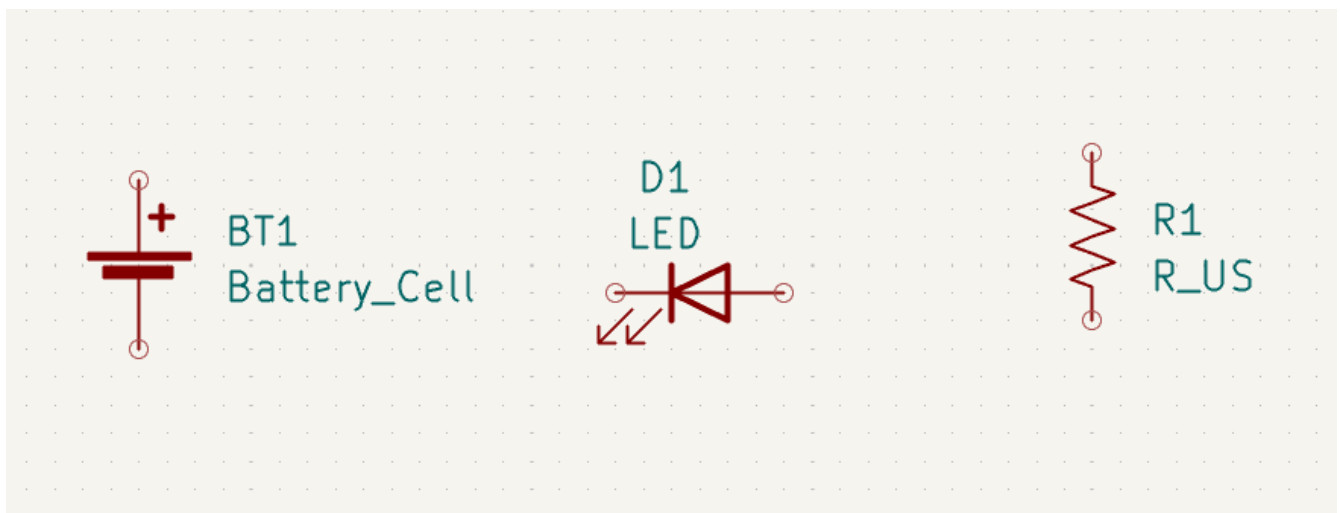
В диалоговом окне «Выбор символа» перечислены доступные библиотеки символов и содержащиеся в них символы компонентов. Основные устройства, такие как пассивные компоненты, диоды и другие общие символы, находятся в библиотеке `Device`. Конкретные устройства, например, определенный светодиод, могут находиться в других библиотеках.

Прокрутите вниз до библиотеки `Device`, раскройте ее и выберите символ `LED`. Нажмите **ОК**, затем кликните мышью еще раз, чтобы поместить символ на схему.



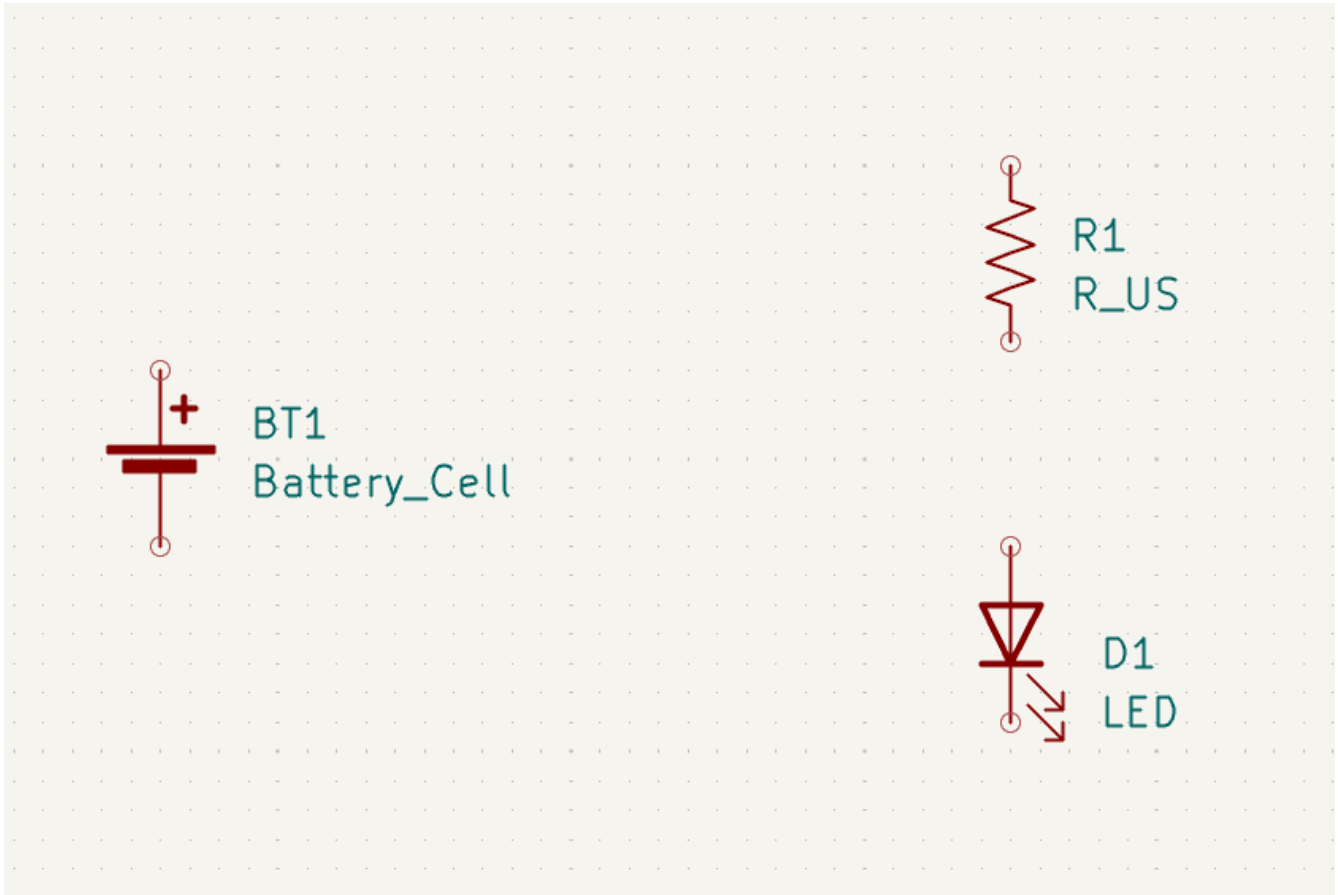
Далее добавьте токоограничительный резистор. Для этого снова вернитесь к выбору символов, но на этот раз попробуйте найти резистор, введя R в поле фильтра в верхней части. И снова он будет найден в библиотеке Device. Компонент R представляет собой прямоугольный символ резистора в стиле МЭК. Для пользователей, предпочитающих символ зигзага в стиле ANSI, также доступен символ R_US. Выберите символ резистора и добавьте его в схему.


И наконец, добавьте батарейку для питания светодиода. В библиотеке Device содержится соответствующий символ Battery_Cell.



Выбор и перемещение объектов

Next, position the symbols correctly relative to each other, as shown in the screenshot. You will do this by selecting each symbol, then moving and rotating it.



In KiCad, objects are selected by clicking on them while the selection tool is active. The selection tool is the default tool when no other tool is active, so you can enter the selection tool by quitting any active tool (`Esc`) or by clicking the  button in the right toolbar.

Additional objects can be added to the selection with `Shift`+click, or removed with `Ctrl`+`Shift`+click (macOS: `Cmd`+`Shift`+click). You can toggle an item's selection state with `Ctrl`+click (macOS: `Cmd`+click).


Также возможен выбор объекта с помощью функции выделения перетаскиванием (нажать левую кнопку мыши и, не отпуская ее, обвести символ); при выделении мышью слева направо выбираются объекты, полностью заключенные в поле выделения, а при перетаскивании справа налево - объекты, частично заключенные в поле выделения. С помощью клавиш `Shift`, `Ctrl`+`Shift` и `Ctrl` можно добавлять, убирать или переключать выделение соответственно.

Обратите внимание, что можно выделить весь символ (щелчком мыши на самой форме символа) или выделить только одно текстовое поле в символе без выделения остальной части символа (щелчком мыши на тексте). Если выделено только текстовое поле, то все действия будут производиться только с выделенным текстом, а не с остальной частью символа.

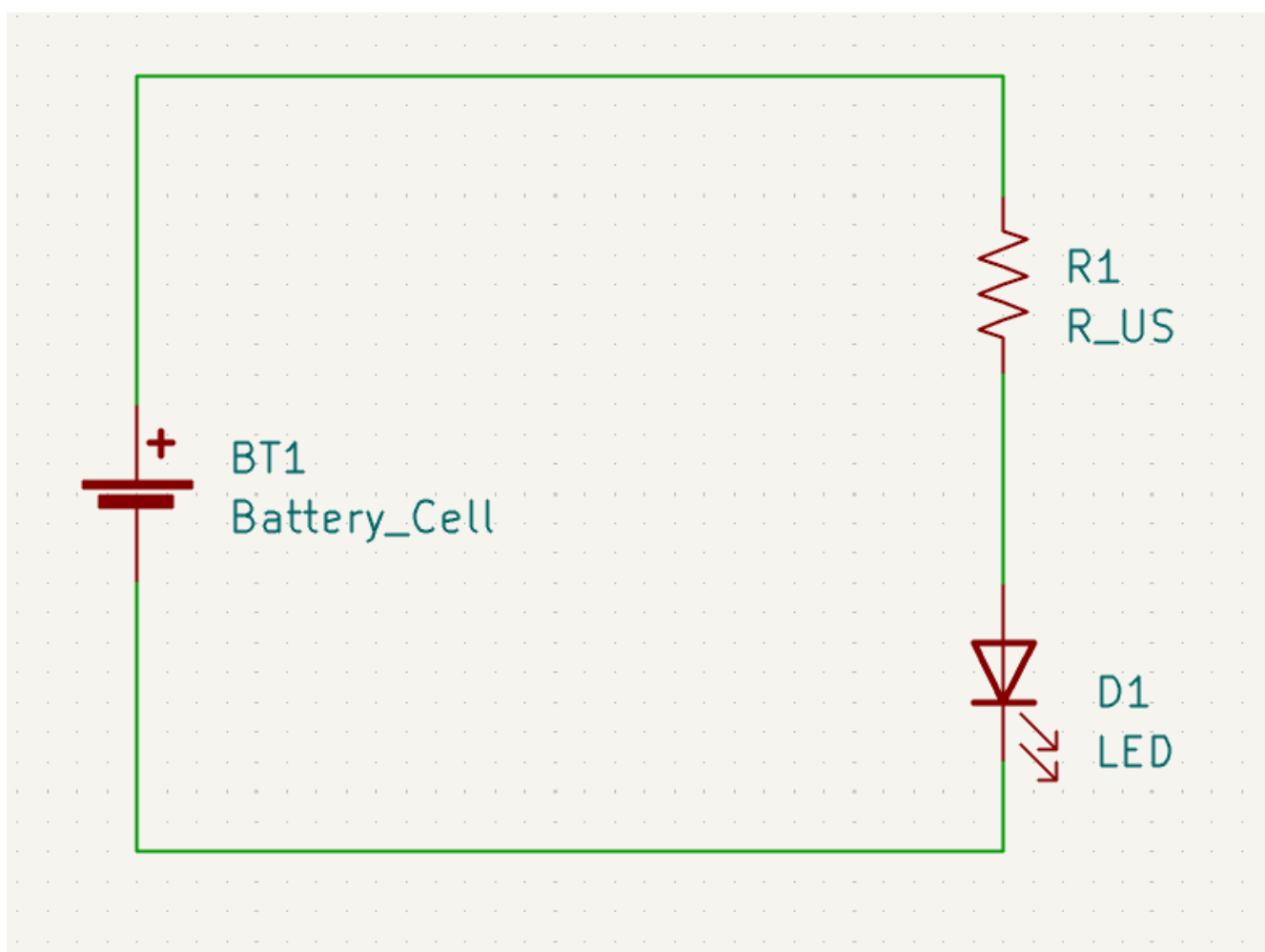
Перемещение выделенных объектов осуществляется нажатием клавиши `M`, а вращение - `R`. Для перемещения объектов можно также использовать горячую клавишу `G` (перетаскивание). При перемещении не подключенных символов клавиши `G` и `M` ведут себя одинаково, но при

перемещении символов с подключенными проводниками клавиша **G** перемещает символ вместе с проводниками, а клавиша **M** перемещает только символ, не затрагивая проводники. Выделенные объекты можно удалить с помощью клавиши **Del**.


Разводка схемы

The symbol pins all have small circles on them, indicating that they are not connected. Fix that by drawing wires between symbol pins as shown in the screenshot. Click the **Add a Wire** button  on the right-hand toolbar or use the **W** hotkey. Click and release to start drawing a wire, and finish drawing the wire by clicking on a symbol pin or double clicking anywhere. Pressing Escape will cancel drawing the wire.

Другой удобный способ рисования проводников - наведение курсора мыши на не подключенный вывод. Курсор мыши изменит свой вид, указывая на то, что от этого вывода можно нарисовать проводник. Теперь если щелкнуть на этом выводе, то автоматически включиться режим рисования проводника.

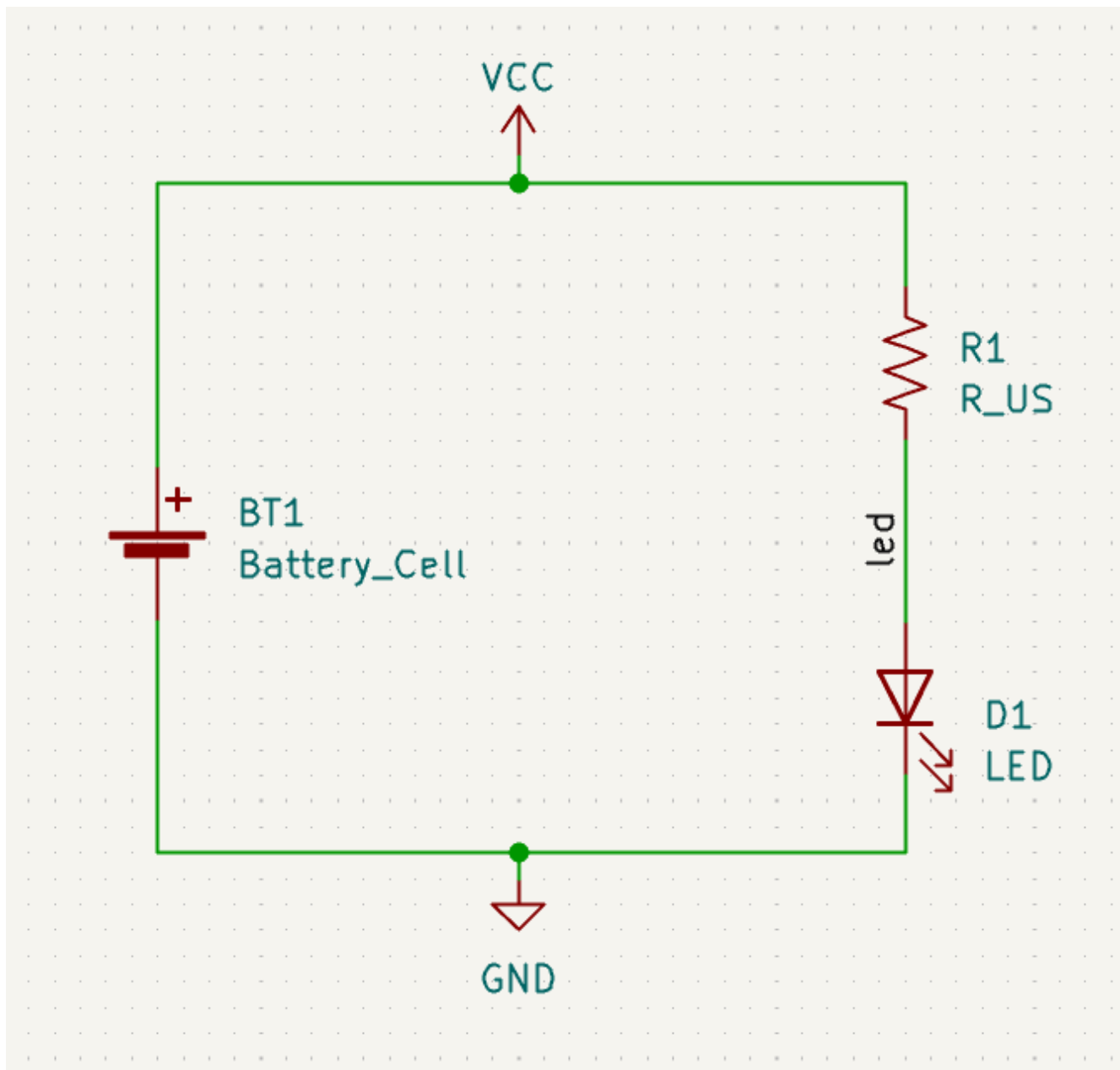


Далее добавьте в схему символы питания и земли. Хотя это и не обязательно для такой простой схемы как эта, но в больших схемах это существенно облегчает их восприятие.

Ряд символов питания и земли доступен в библиотеке символов **Power**. Однако для их добавления существует более быстрый способ: нажмите кнопку **Добавить символ питания**  или воспользуйтесь горячей клавишей **P**. При этом откроется диалоговое окно **Выбор символа**, но отображаться будут только те библиотеки, которые содержат символы питания.

Добавьте символы **VCC** и **GND** на лист, а затем подключите их к схеме с помощью проводников.

Finally, add a label to the wire between the LED and resistor. Again, this may not be necessary in a simple circuit, but it is good practice to label important nets. Click the **Draw Net Labels** button **A** in the right toolbar (**L**), type a label name (`led`), and place the label into the schematic so that the square attachment point overlaps with the wire. Rotate and align the label as necessary.





Обратите внимание на то, что метки с одинаковым именем объединяются в одну цепь. То же самое касается и символов питания с одинаковыми именами. Поэтому, если мы добавим на эту схему еще один символ `GND` или проводник с меткой `led`, то они будут соединены с уже существующими одноименными цепями даже без проводников, визуально их соединяющих.

Обозначение символов, их свойства и посадочные места


Обозначение

Каждому символу должно быть присвоено уникальное условное обозначение. Этот процесс также известен как аннотация.

By default, symbols are automatically annotated when they are added to the schematic. Automatic annotation can be enabled or disabled using the  button in the left toolbar.

Хотя в данном руководстве это и не требуется, но вы всегда можете вручную обозначить или переобозначить символы, используя кнопку **Заполнить обозначения символов схемы** () на панели инструментов сверху.


Свойства символов

Далее заполним значения для каждого компонента. Выберите светодиод, щелкните правой кнопкой мыши и выберите **Свойства...** (). В данном проекте будет использоваться красный светодиод, поэтому измените поле **Значение** на **Red**. В реальном же проекте, возможно, лучше будет написать обозначение светодиода из тех.документации производителя (Datasheet). Обратите внимание, что позиционные обозначения можно редактировать индивидуально в свойствах каждого символа.

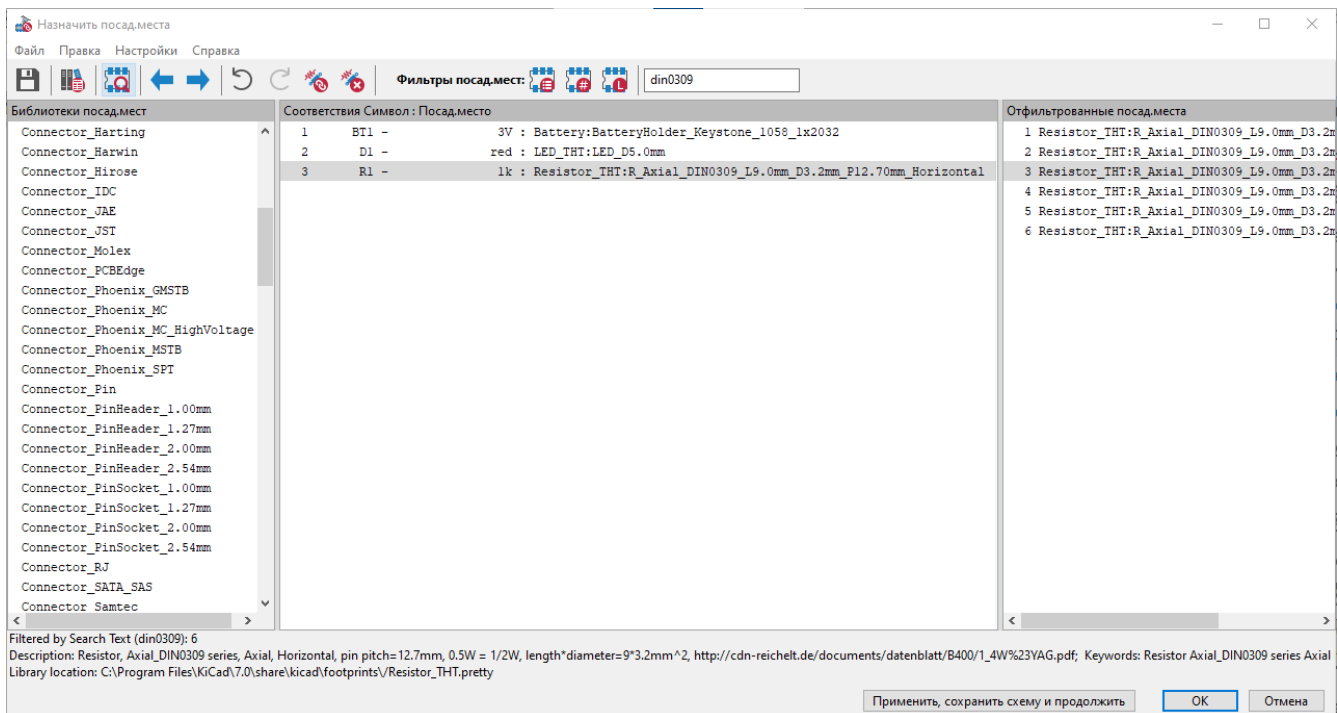
В этом проекте будет использоваться литиевая батарейка типа «таблетка» на 3 В, поэтому измените `BT1`, в поле **Значение**, на **3 В**. Так же измените значение резистора на **1к**.

Назначение посадочных мест

Наконец, назначьте каждому компоненту посадочное место. Оно определяет, как каждый компонент будет крепиться к печатной плате. Некоторые символы поставляются с уже заданными посадочными местами, но для многих из них существует несколько вариантов, поэтому пользователю необходимо выбрать наиболее подходящее.




Существует несколько способов назначения посадочных мест, но одним из удобных является использование инструмента "Назначения посадочных мест", для чего необходимо нажать кнопку  на панели инструментов вверху.

В колонке слева, окне назначения посадочных мест, перечислены все доступные библиотеки посадочных мест. В средней колонке отображаются символы из схемы. Для всех этих символов в дальнейшем будут назначены посадочные места. В колонке справа показаны посадочные места, которые можно выбрать для выделенного в средней колонке символа. Чтобы назначить посадочное место, выберите символ из средней колонки и укажите необходимое посадочное место двойным нажатием мышки по нему в правой колонке. Посадочное место можно просмотреть, щелкнув правой кнопкой мыши на нём и выбрав пункт **Просмотреть выбранное посадочное место**.



В состав KiCad входит множество посадочных мест, поэтому инструмент назначения посадочных мест предлагает несколько способов их фильтрации, позволяя скрыть те, которые не соответствуют рассматриваемому символу.



- Крайняя левая кнопка  включает фильтры, которые содержатся в самом символе. Например, символ операционного усилителя может содержать фильтры, отображающие только посадочные места SOIC и DIP. Иногда эти predefined фильтры отсутствуют или имеют слишком строгие ограничения, поэтому в некоторых ситуациях этот фильтр лучше отключить.
- Средняя кнопка  фильтрует по количеству выводов, таким образом для 8-контактных символов будут отображаться только 8-ми контактные посадочные места. Этот фильтр будет полезен практически всегда.
- Крайняя правая кнопка  включает фильтр по выбранной библиотеке. Библиотеки выбираются в левой колонке; посадочные места, не входящие в выбранную библиотеку, будут скрыты. Этот фильтр полезен до тех пор, пока известно какая из библиотек содержит нужное посадочное место. Зачастую, не рекомендуется использовать этот фильтр совместно с фильтрами в символах.
- Текстовое поле позволяет отфильтровать посадочные места, не совпадающие с текстом в этом поле. Данный фильтр отключается, если поле пустое.


Using the filters, find each of the footprints shown in the central column in the screenshot above. The footprints for each symbol are also listed in the table below. Assign each footprint to a symbol by selecting the symbol in the central column and then double clicking the appropriate footprint in the right column. Once all of the footprints have been assigned, click **OK**.

Symbol Reference	Footprint to assign
BT1	Battery:BatteryHolder_Keystone_1058_1x2032
D1	LED_THT:LED_D5.0mm
R1	Resistor_THT:R_Axial_DIN0309_L9.0mm_D3.2mm_P12.70mm_Horizontal

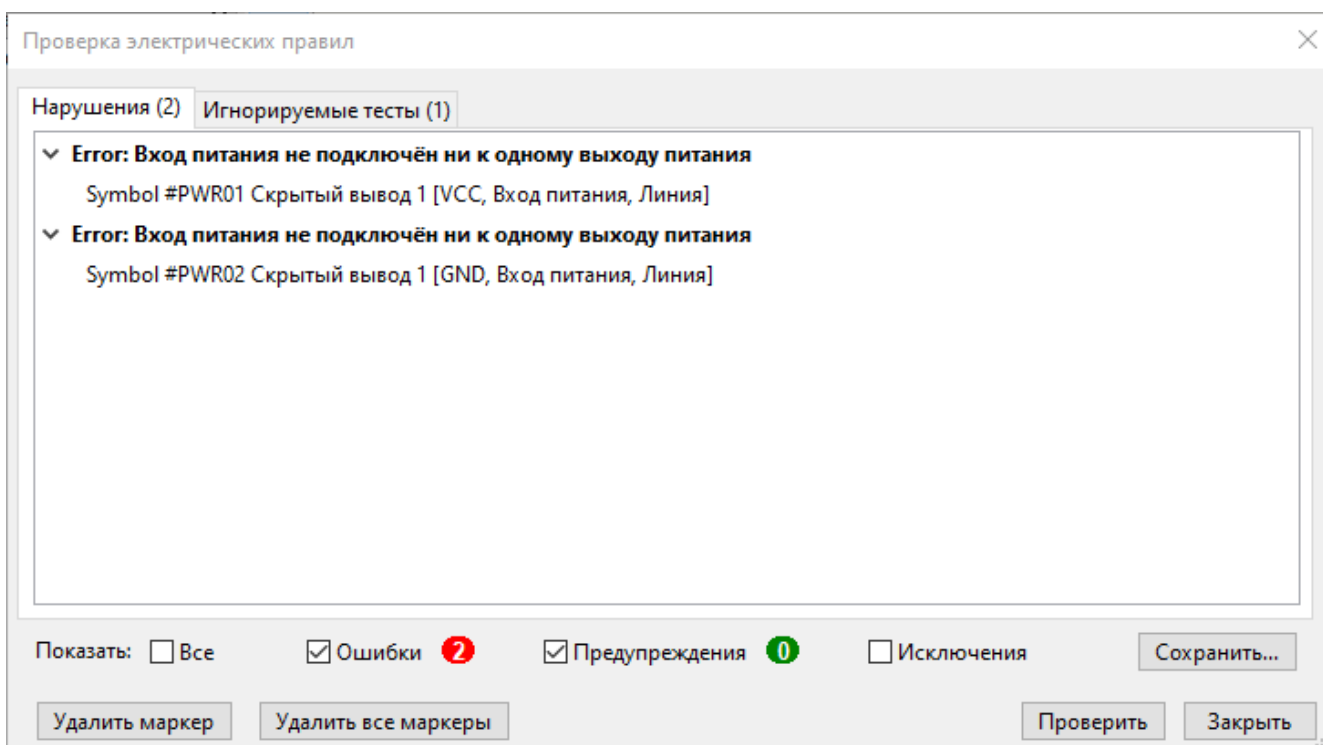
Существуют и другие способы назначения посадочных мест; один из них - через окно свойств символа. Более подробную информацию о назначении посадочных мест см. в [этом руководстве](#).

Проверка электрических правил

Последнее, что осталось сделать в схеме, это проверить ее на наличие электрических ошибок. Программа проверки электрических правил (ERC) KiCad не может гарантировать работоспособность схемы, но она может проверить наличие некоторых распространенных ошибок подключения, таких как не подключенные контакты, замыкание выходов питания или вход питания, на который ничего не подается. Кроме того, программа проверяет и другие ошибки, например, отсутствие обозначений у компонентов или опечатки в обозначениях цепей. Для просмотра полного списка параметров проверки электрических правил и настройки уровня их строгости перейдите в меню **Файл** → **Параметры схемы...** → **Электрические правила** → **Уровень нарушения**. Перед началом разводки платы рекомендуется всегда запускать ERC.

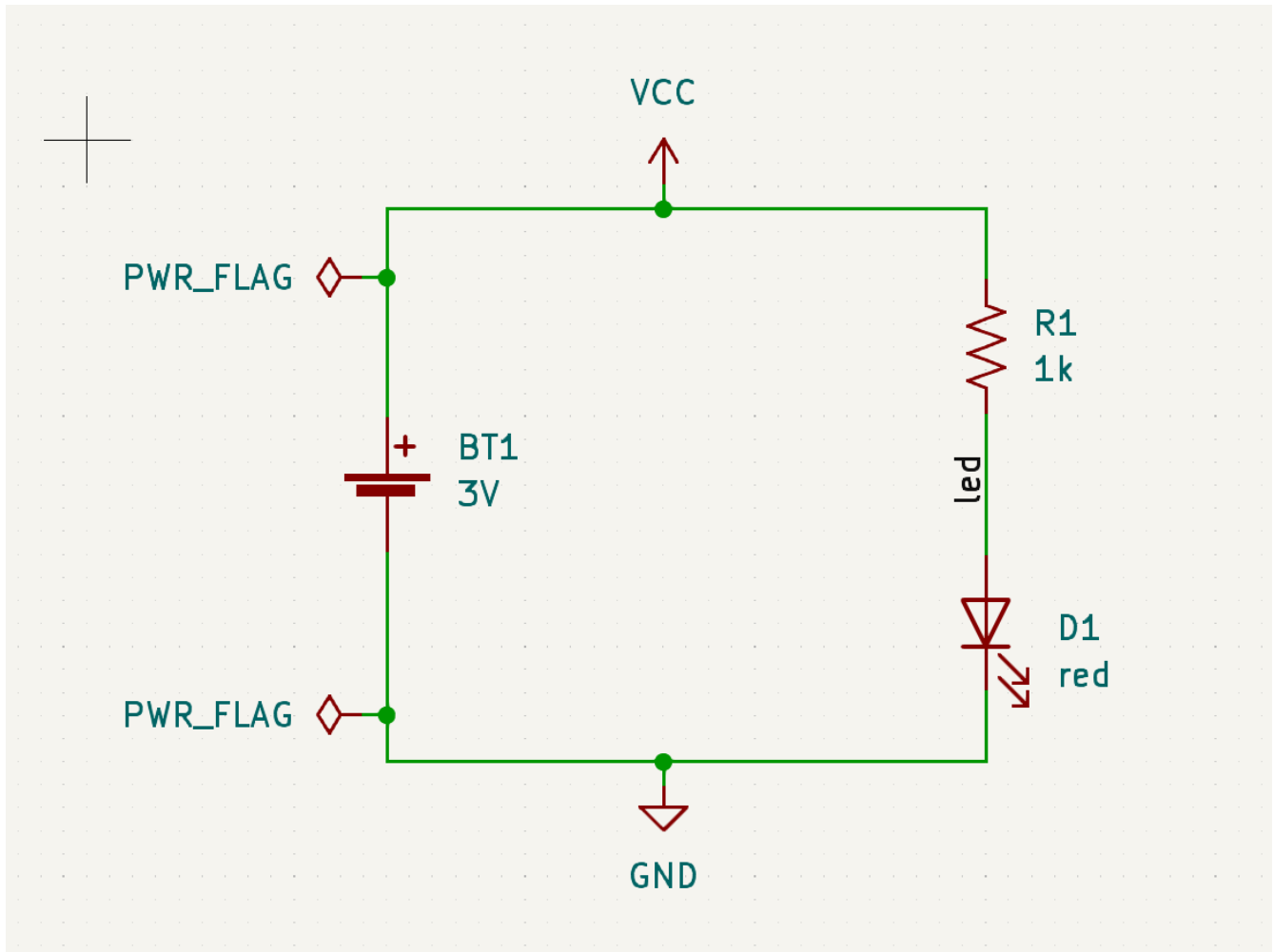
Запустите проверку электрических правил, нажав кнопку ERC () на панели инструментов вверху, а затем щелкнув на кнопке **Проверить**.

Даже в этой простой схеме KiCad обнаружил две потенциальные ошибки. Ошибки перечислены в окне ERC, а стрелки указывают на места ошибок в схеме. Если в окне ERC щелкнуть на найденной ошибке, то она будет выделена на схеме соответствующей стрелкой.



Вы можете исключить отдельные нарушения или игнорировать целые классы нарушений, щелкнув правой кнопкой мыши на каждом сообщении об ошибке. Тем не менее, обычно стоит устранять нарушения, даже если они не являются реальными ошибками проектирования, чтобы получить чистый отчет ERC и не пропустить реальные проблемы.

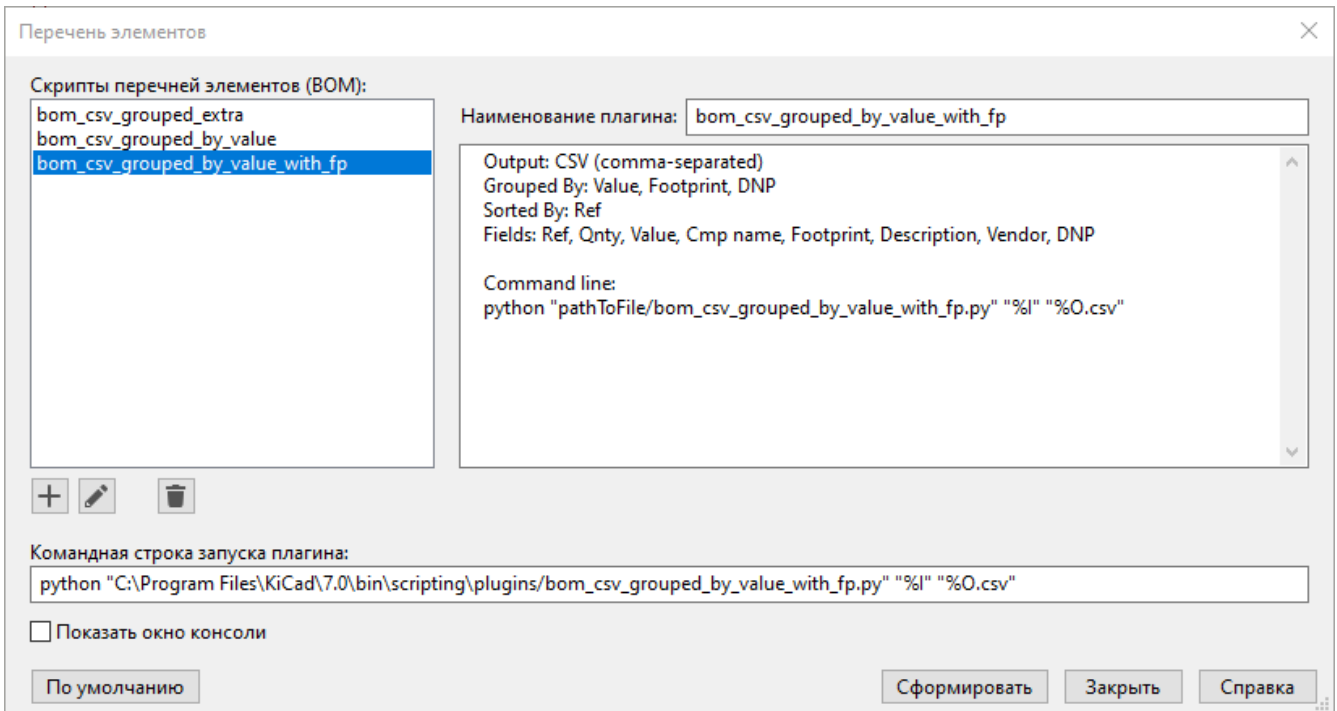
В данном случае KiCad выдает сообщение "Вход питания не подключен ни к одному выходу питания" для цепей VCC и GND. Это распространенная ошибка ERC в KiCad. Символы питания настроены таким образом, что требуют наличия ввода питания, например, от выхода стабилизатора напряжения в той же цепи; в противном случае KiCad считает что, цепь не запитана. Для человека очевидно, что VCC и GND питаются от батарейки, но в схеме это необходимо указывать в явном виде.



В библиотеке символов Power есть специальный символ PWR_FLAG, который используется для решения этой проблемы, сообщая KiCad, что цепи действительно запитаны. Добавьте этот символ к цепям VCC и GND и повторно запустите ERC. Если проверка ERC пройдет без нарушений, можно считать, что схема готова.

Сводная ведомость материалов (BOM)

A final optional step is to generate a Bill of Materials listing all components used in the project. Click **Tools** → **Generate Bill of Materials...**



KiCad has a GUI for BOM export. You can configure which symbol metadata will be exported, and how the symbols are grouped, in the **Edit** tab, and configure the output format in the **Export** tab.

For now, the default settings should be fine, but you can see a raw view of what will be exported in the preview pane. Specify an output file in the **Export** tab, then press the **Export** button.



The BOM should look like the below image when it is opened in a spreadsheet program.

	A	B	C	D	E	F
1	Reference	Value	Datasheet	Footprint	Qty	DNP
2	BT1	3V	~	Battery:BatteryHolder_Keystone_1058_1x2032	1	
3	D1	red	~	LED_THT:LED_D5.0mm	1	
4	R1	1k	~	Resistor_THT:R_Axial_DIN0309_L9.0mm_D3.2mm_P12.70mm_Horizontal	1	
5						

Учебное пособие Часть 3: Печатная плата


После того как схема готова, вернитесь в окно проекта и откройте редактор печатных плат, нажав кнопку "Редактор печатных плат" или открыв файл печатной платы.

Основы работы с редактором печатных плат

Навигация в редакторе печатных плат такая же, как и в редакторе схем: перемещение осуществляется с помощью средней или правой кнопки мыши, а масштабирование - с помощью колеса прокрутки или  / .

Основная часть редактора печатных плат представляет собой лист, на котором будет происходить проектирование платы. На панели инструментов слева расположены различные инструменты управления отображением платы, включая единицы измерения и переключатели режимов отображения контура/заливки для дорожек, каналов, площадок и зон (полигонов). Панель инструментов справа от листа содержит инструменты для проектирования печатной платы.

NOTE

Некоторые кнопки, на панели инструментов справа, имеют маленький треугольник в правом нижнем углу . Треугольник указывает на то, что кнопка имеет раскрывающуюся панель, содержащую несколько связанных инструментов, например, различные варианты размеров. Чтобы выбрать альтернативный инструмент, нажмите и удерживайте кнопку до появления панели, а затем щелкните на альтернативном инструменте. Другой способ использования панелей - щелкнуть на кнопке и перетащить ее влево до появления панели, а затем отпустить кнопку мыши, когда нужный инструмент будет выделен.

Крайняя панель справа, это панель внешнего вида и фильтра выделения. Панель "Внешний вид" используется для работы с цветом и прозрачностью слоев, объектов и цепей печатной платы, а также для включения и выключения видимости соответствующих элементов. Смена активного слоя производится щелчком мыши на его имени.

Под панелью "Внешний вид" находится "Фильтр выделения", который включает и выключает выделение различных типов объектов печатной платы. Это удобно для выбора конкретных элементов в перегруженной компонентами схеме.

Настройка платы и структуры

Перед созданием печатной платы настройте размер страницы и добавьте информацию в титульный блок. Нажмите **Файл** → **Параметры листа...**, и задайте в параметрах подходящий формат листа, добавьте дату, номер ревизии и заголовок.

Настройки листа
✕

Лист

Форматная рамка

Размер:
A4 210x297мм

Ориентация:
Горизонтально

Пользовательский размер:

Высота: 279,4 mm

Ширина: 431,8 mm

Просмотр

Файл:

Основная надпись

Дата: <<<

Номер изм.:

Наименование:

Организация:

Комментарий 1:
(Децимальный номер)

Комментарий 2:
(Разработал)

Комментарий 3:
(Проверил)

Комментарий 4:
(Утвердил)

Комментарий 5:
(Т. контр.)

Комментарий 6:
(Н. контр.)

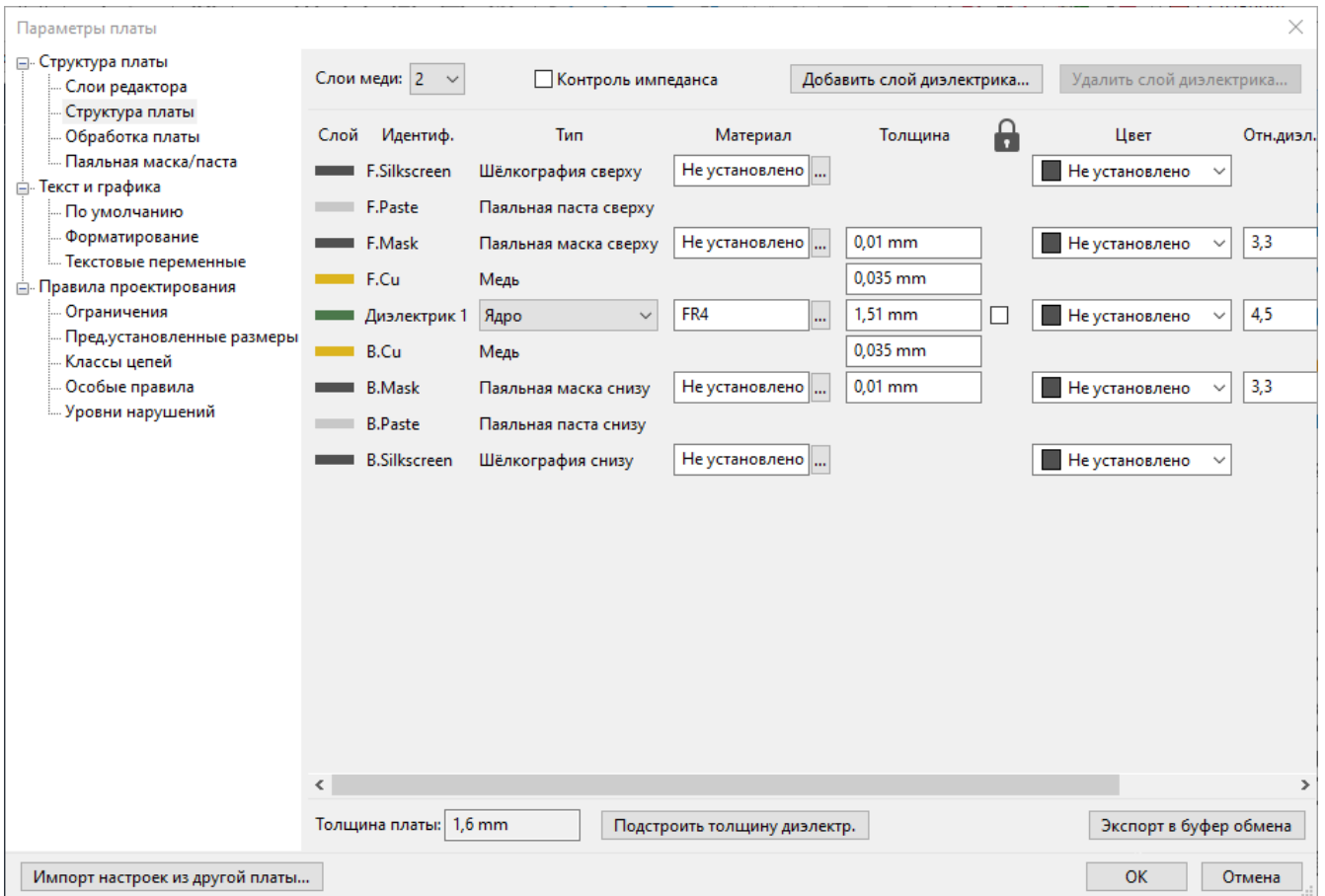
Комментарий 7:

Комментарий 8:

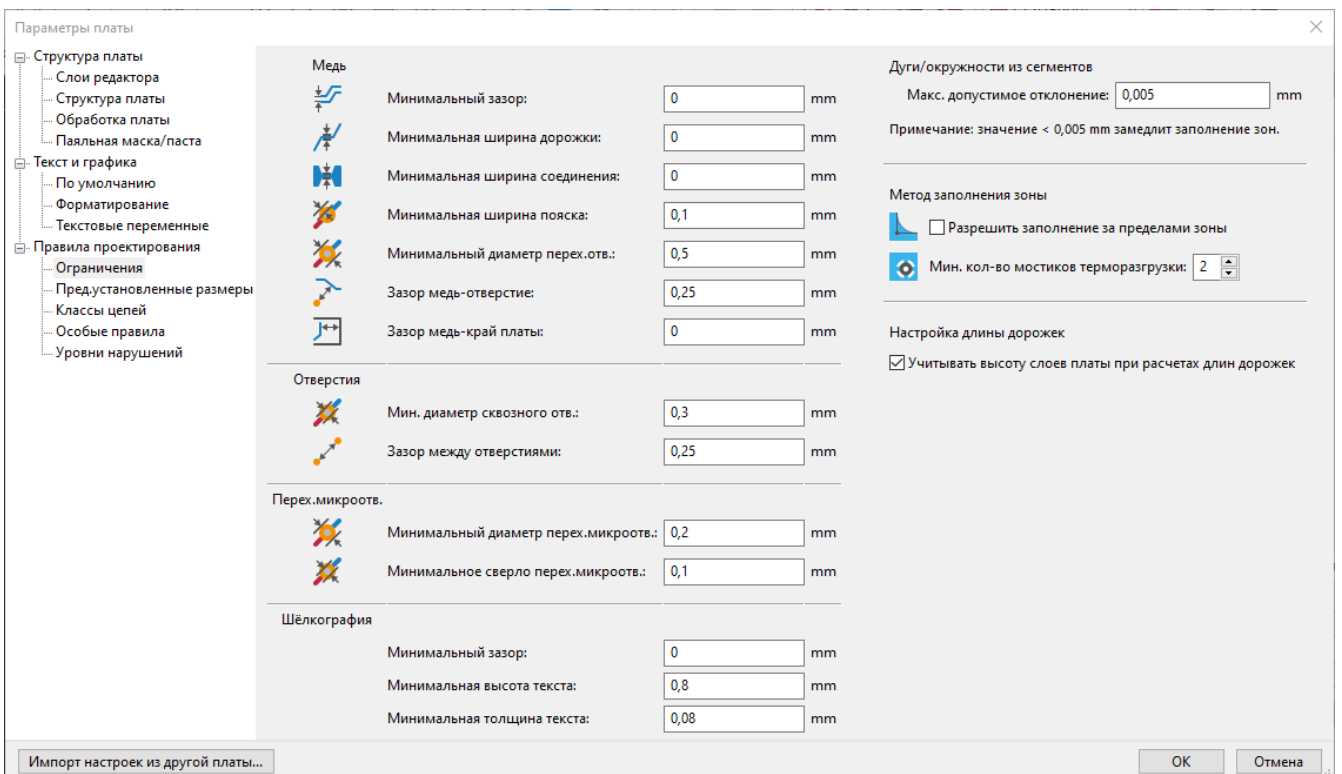
Комментарий 9:

Далее перейдите в меню **Файл** → **Настройка платы...**, чтобы определить, как будет изготавливаться печатная плата. Наиболее важными настройками являются параметры структуры (stackup), т.е. количество медных и диэлектрических слоев в печатной плате (и их толщина), а также правила проектирования, например, размеры и расстояние между дорожками и переходными отверстиями.

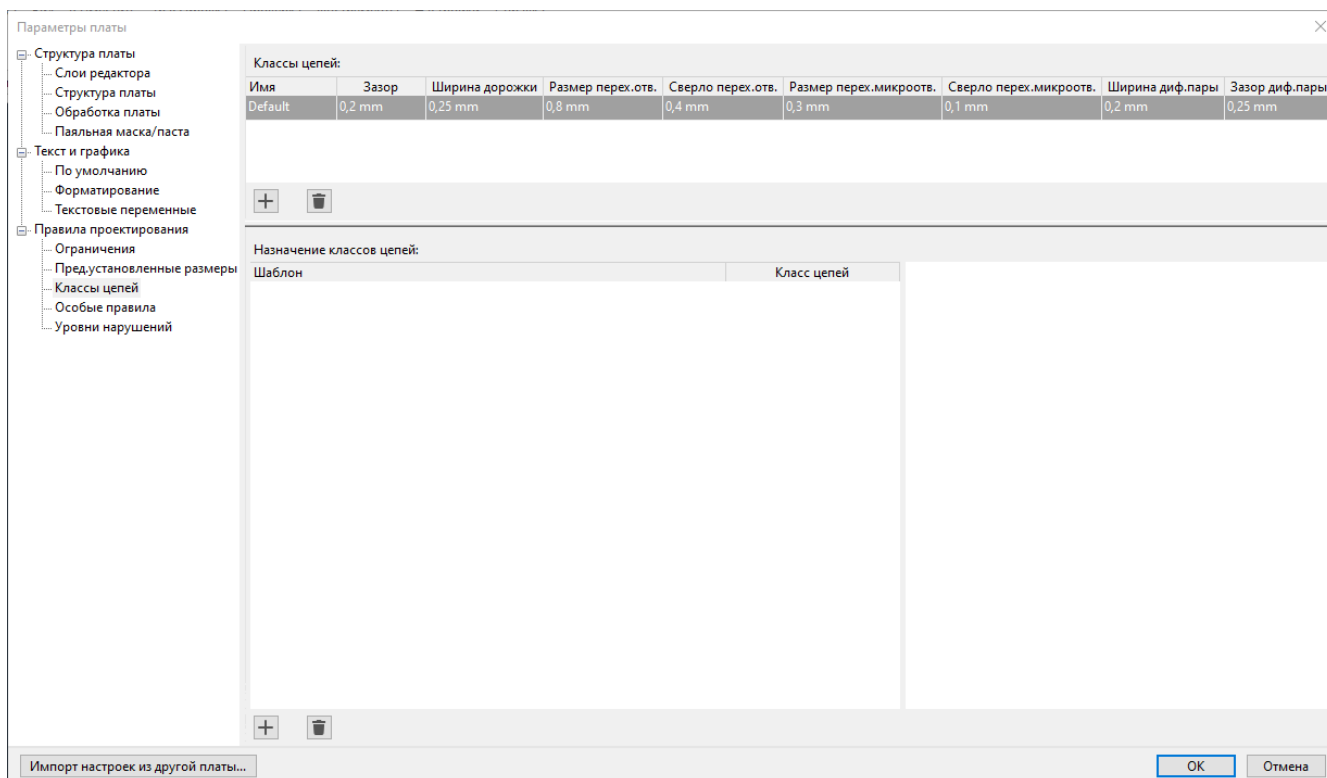
Для установки параметров структуры платы откройте страницу **Структура платы** → **Физическая структура** окна "Параметры платы". В данном руководстве используется 2 слоя меди, однако в более сложных проектах иногда их требуется гораздо больше.



Теперь перейдите на страницу **Правила проектирования** → **Ограничения**. Настройки на этой странице определяют основные правила проектирования для всех элементов платы. Для данного руководства вполне подойдут настройки по умолчанию. Однако, в реальном проекте, эти параметры должны быть установлены в соответствии с возможностями завода-изготовителя печатных плат, чтобы макет платы был пригоден для её производства.




Finally, open the **Design Rules** → **Net Classes** page. A net class is a set of design rules associated with a specific group of nets. This page lists the design rules for each net class in the design and allows assigning nets to each net class (nets can also be assigned to net classes in the schematic editor).



Ширина дорожек и расстояние между ними могут задаваться проектировщиком вручную - в процессе разводки, однако рекомендуется использовать классы цепей, поскольку они обеспечивают автоматический способ управления и проверку правил проектирования.

In this design, no net classes are specified, so all nets will belong to the **Default** net class. The default design rules for this net class are acceptable for this project, but other designs may have multiple net classes, each with different design rules. For example a board might have a **High Current** netclass with wide tracks, or a **50 ohm** netclass with specific width and clearance rules for 50 ohm controlled-impedance tracks.

Импорт изменений из принципиальной схемы

Разработка схемы завершена, но на плате еще нет ни одного компонента. Чтобы импортировать схему в проект плат, выберите **Инструменты** → **Обновить печатную плату из схемы...** или используйте клавишу **F8**. Также, для этого есть кнопка  на панели инструментов сверху, которая дублирует команду обновления из меню.

Прочитайте сообщения в окне вывода информации **Изменения к применению**, где будет сказано, что три компонента, указанные на схеме, будут добавлены на плату. Нажмите **Обновить плату**, закройте окно и щелкните в любом месте рабочей области, чтобы разместить три посадочных места. Расположение каждого посадочного места относительно других мы изменим позже.

Параметры

- Переопределить связи посад.мест и символов на основе их обозначений
- Удалить посад.места, не связанные ни с одним из символов
- Заменить посад.места на указанные в схеме

Изменения к применению

Обработка компонента 'BT1:Battery:BatteryHolder_Keystone_1058_1x2032'.
Обработка компонента 'D1:LED_THT:LED_D5.0mm'.
Обработка компонента 'R1:Resistor_THT:R_Axial_DIN0309_L9.0mm_D3.2mm_P12.70mm_Horizontal'.
Добавлено BT1 (посад.место 'Battery:BatteryHolder_Keystone_1058_1x2032').
Добавлено D1 (посад.место 'LED_THT:LED_D5.0mm').
Добавлено R1 (посад.место 'Resistor_THT:R_Axial_DIN0309_L9.0mm_D3.2mm_P12.70mm_Horizontal').

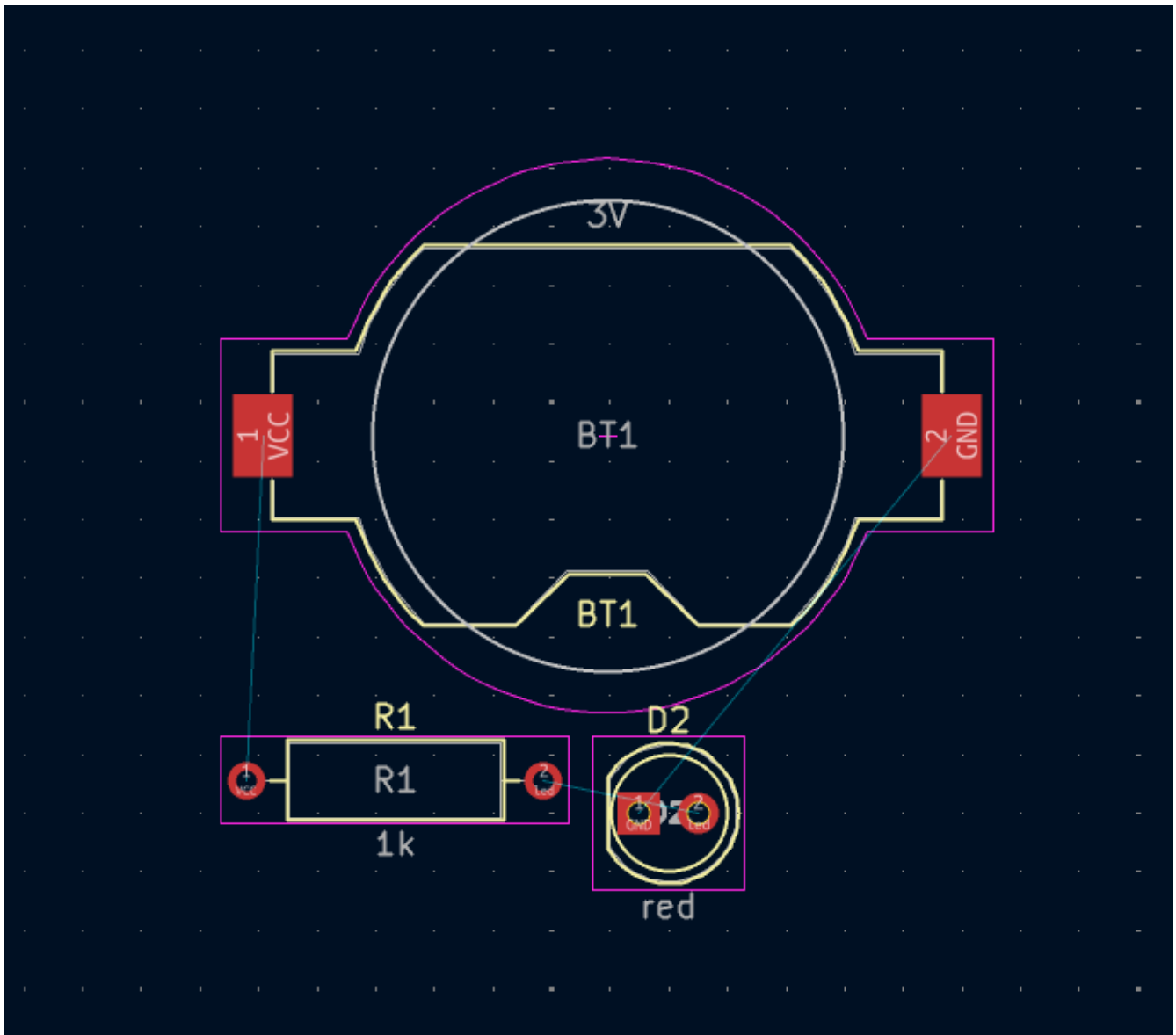
Всего предупреждений: 0, ошибок: 0.

Показать: Все Ошибки **0** Предупреждения **0** Действия Информация

Сохранить...

Обновить плату

Закреть

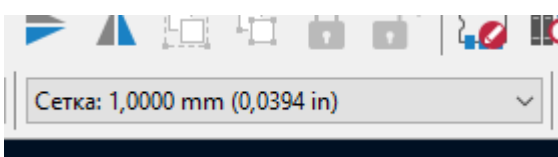



В KiCad обновление печатной платы с учётом изменений в схеме выполняется вручную: разработчик сам решает, когда целесообразно обновить плату, синхронизировав с изменениями в схеме. Каждый раз, когда редактируется схема, разработчик должен использовать инструмент **Обновить плату из схемы**, чтобы синхронизировать изменения.






Рисование контура печатной платы

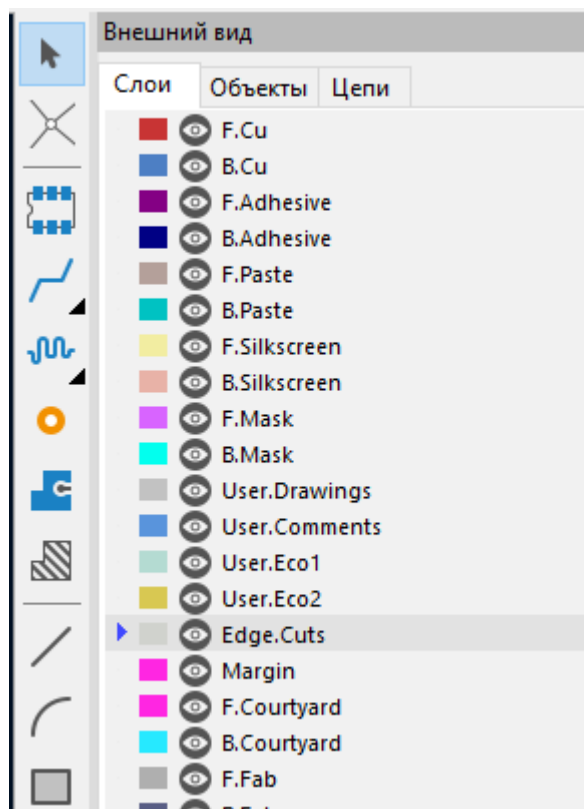
Теперь в рабочей области размещены три компонента, но сама плата еще не определена. Для создания макета платы необходимо нарисовать ее контур на слое `Edge.Cuts`.

Контур платы рекомендуется рисовать на мелкой сетке, благодаря чему можно подобрать круглые числа для размера платы. Выберите в раскрывающемся меню "Сетка", расположенном на верхней панели, сетку с шагом 1 мм.



To draw on the `Edge.Cuts` layer, click **Edge.Cuts** in the Layers tab of the Appearance panel at right. Choose the rectangle tool  in the right toolbar, click on the canvas to place the first corner, then click again to

place the opposite corner so that the rectangle roughly surrounds the three footprints. The other graphic tools (line , arc , circle , polygon , bezier , or a combination of them) could also be used to define the board outline; the only requirement is that the outline is a single closed shape that doesn't intersect itself.



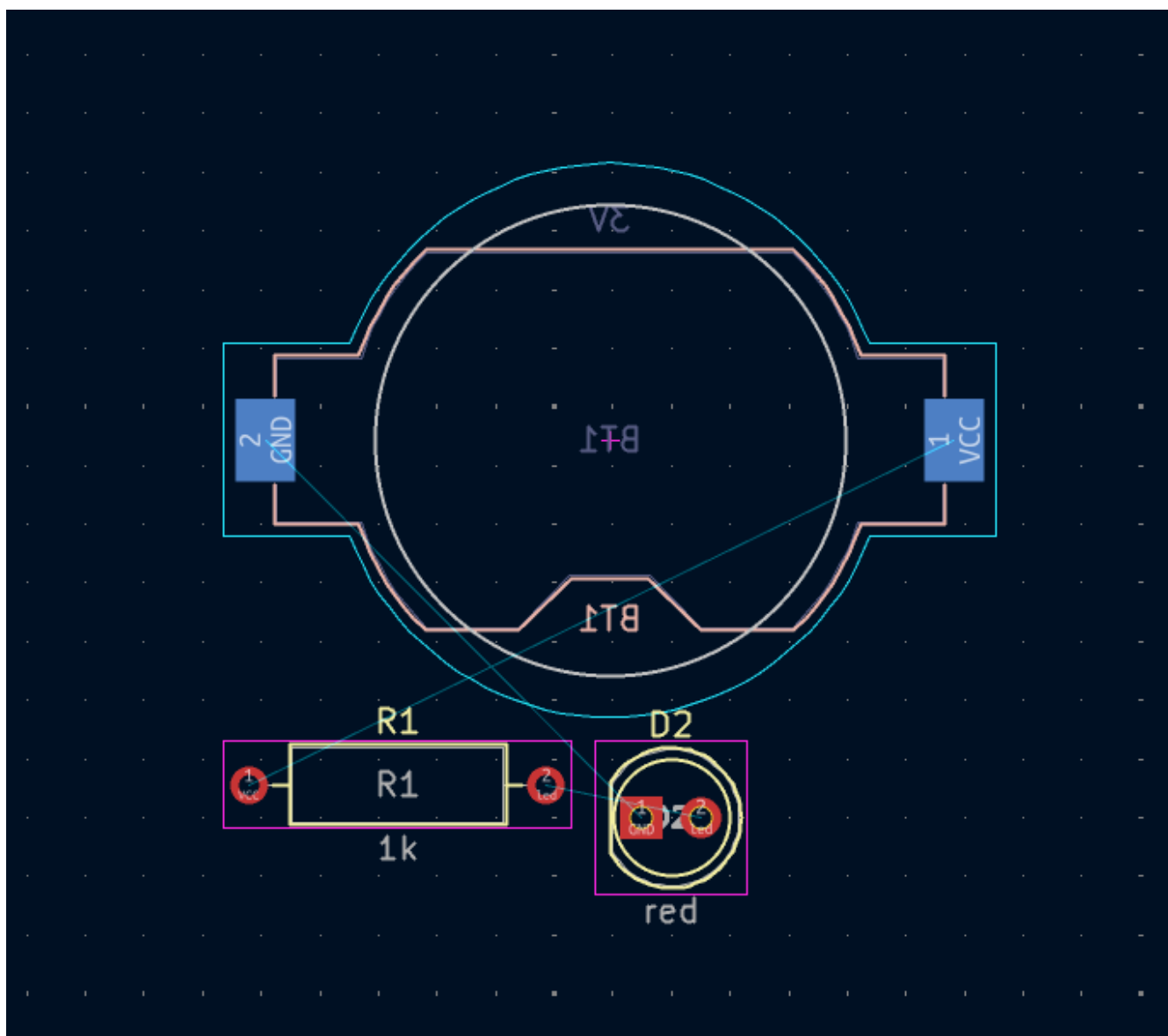
Размещение посадочных мест

Следующим шагом в процессе компоновки является расположение посадочных мест на плате. В целом, при их размещении можно руководствоваться несколькими общими соображениями:

- К некоторым посадочным местам могут предъявляться точные требования по их месторасположению на плате, например, к разъемам, индикаторам, кнопкам и переключателям.
- Для некоторых компонентов может потребоваться размещение в соответствии с техническими требованиями. Шунтирующие конденсаторы должны находиться вблизи выводов питания соответствующей микросхемы, а чувствительные аналоговые компоненты - вдали от цифровых помех.
- Almost all components have a "Courtyard" (or two if both Front and Back are defined). Generally courtyards should not intersect.
- В остальных случаях компоненты должны располагаться так, чтобы их было легче трассировать. Соединяемые компоненты, как правило, должны находиться близко друг к другу и располагаться так, чтобы минимизировать сложность трассировки. Тонкие линии, обозначающие соединения между площадками (называемые "Крысиное гнездо") полезны для определения оптимального расположения посадочных мест относительно друг друга.

В рамках данного руководства размещать компоненты мы будем таким образом, чтобы максимально упростить процесс трассировки.

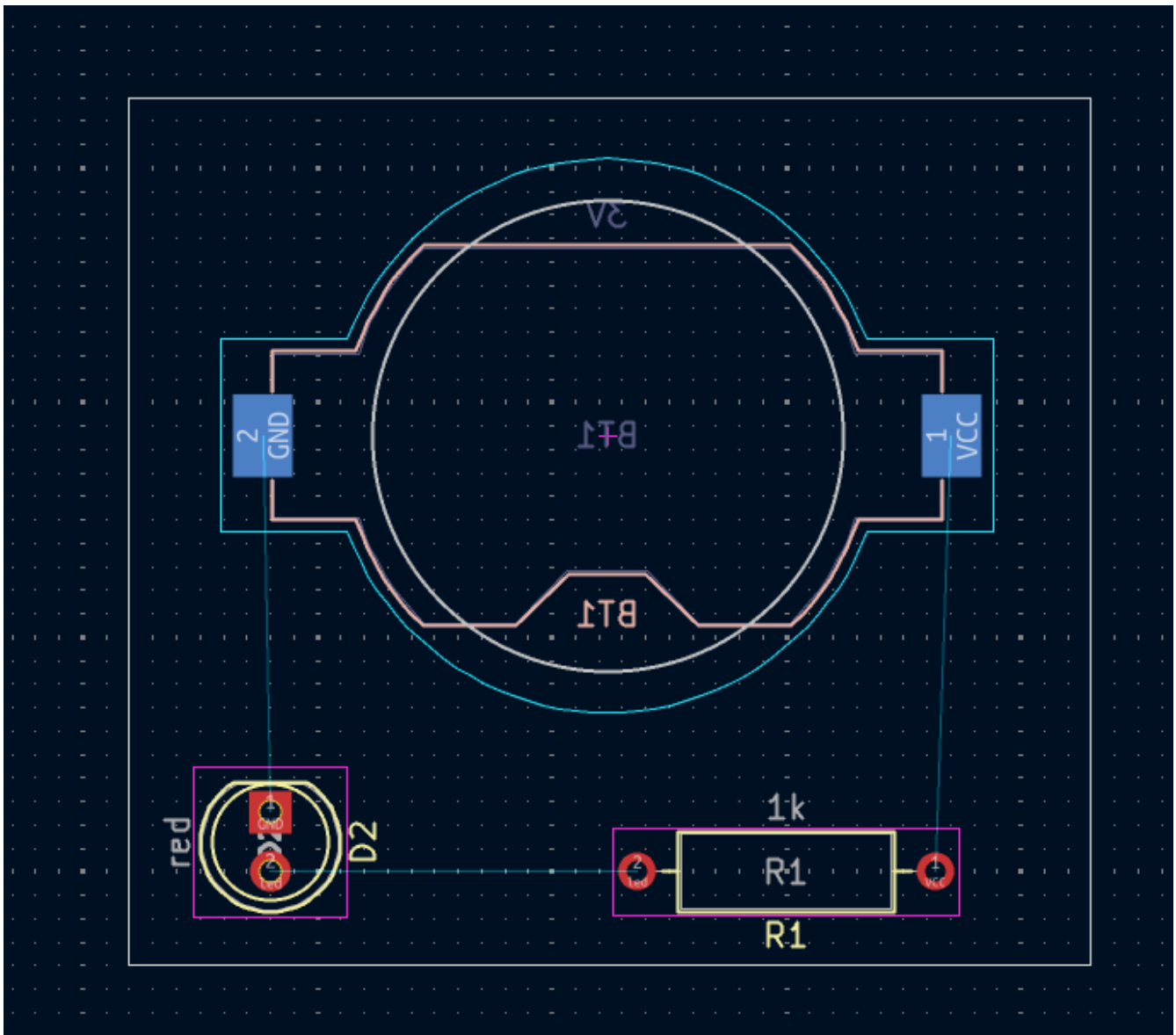
Начните с перемещения держателя батарейки BT1 на нижнюю сторону платы. Щелкните на этом компоненте, чтобы выделить его, далее нажмите **M**, чтобы переместить держатель батарейки в подходящее место. Теперь нажмите **F**, чтобы перенести компонент на противоположную сторону платы; теперь держатель батарейки выглядит зеркально, а его площадки изменили цвет с красного на синий.



Все слои рассматриваются с верхней стороны печатной платы. Поэтому посадочные места с нижней стороны платы перевернуты и выглядят зеркально.

Каждый слой печатной платы имеет свой цвет, который отображается в виде эскиза на вкладке "Слой" панели "Внешний вид". В цветовой схеме по умолчанию элементы на слое F.Cu (Front Copper - Верхний слой меди) имеют красный цвет, а элементы на слое B.Cu (Back Copper - Нижний слой меди) - синий.


Теперь разместите два других компонента. По очереди выберите каждый из них, а затем, с помощью перемещения (**M**) и вращения (**R**), расположите их на плате. Следите за линиями, связывающими между собой контактные площадки, чтобы выбрать наиболее оптимальное их расположение; при грамотном подходе к этой задаче линии будут практически не запутанными между собой. Один из вариантов такой компоновки показан на картинке ниже.

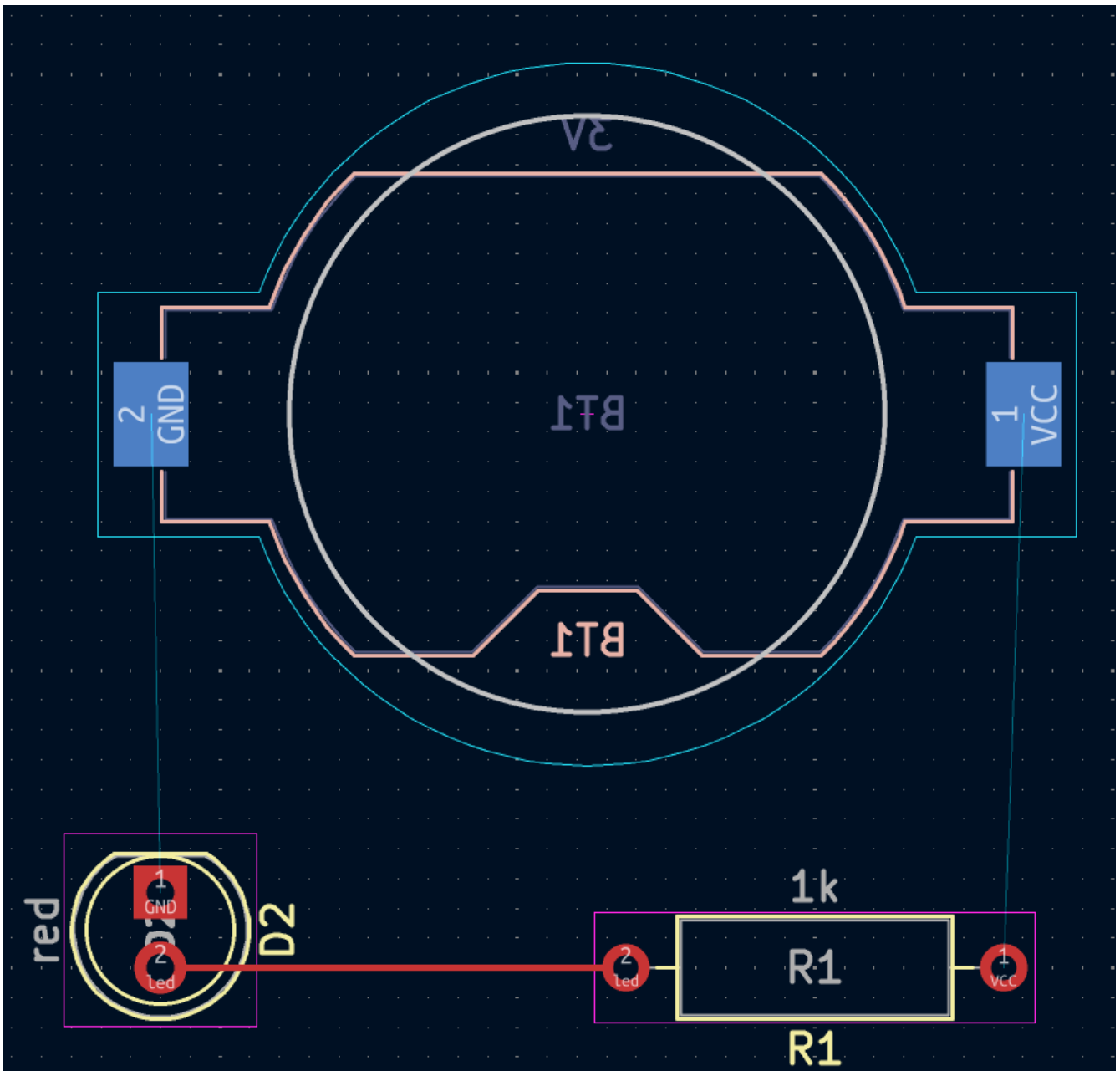


Трассировка дорожек

With the components in place, it's time to connect the pads with copper tracks.

The first track will be drawn on the front of the board, so change the active layer to `F.Cu` in the Layers tab of the Appearance panel.

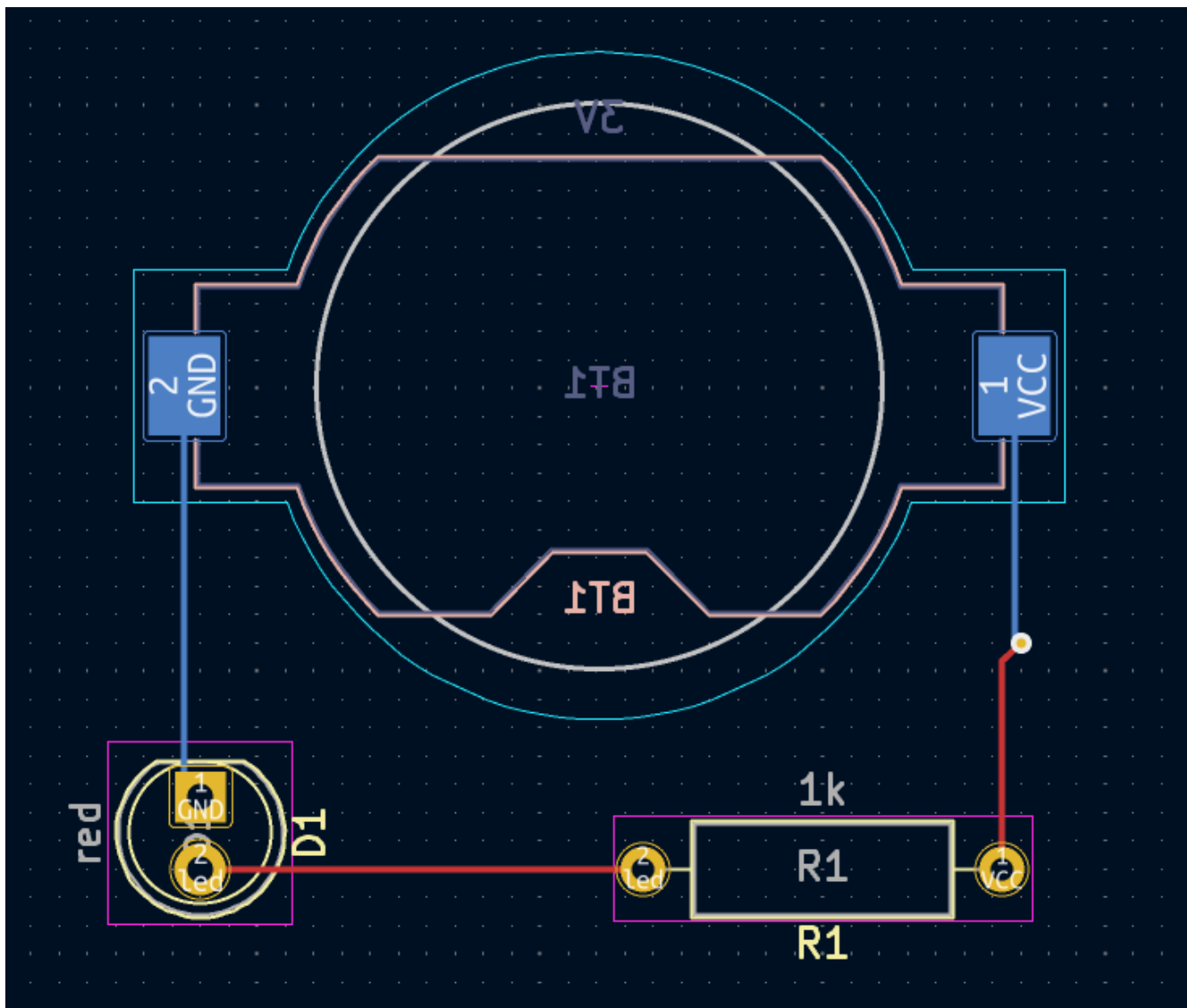
Click **Route Tracks**  in the right-hand toolbar or press `(x)`. Click on the `led` pad of `D1` and release the mouse button. The ratsnest line indicates there is an unrouted connection to the `led` pad of `R1`, so click on that pad to draw a track connecting the two pads. Clicking on the second pad completes the track. The ratsnest line between the `led` pins is no longer drawn because the connection has been made in copper.



Now draw a track between the GND pads of BT1 and D1, starting with the BT1 pad on the back of the board. Notice that the active layer automatically changed to B.Cu after clicking on the BT1 pad. Click on the D1 pad to finish the track.

While BT1 has surface mount pads that are only on the bottom of the board, D1 has through hole pads that can connect to tracks on both the front and back. Through hole pads are one way to make a connection between multiple layers. In this case, D1 is a component on the front side of the board, but its through hole pads are used to connect to a track on the back of the board.


Другой способ создания соединения между слоями - это переходы. Начните трассировку на нижней стороне платы с контактной площадкой VCC, держателя батарейки BT1. Нажмите клавишу **v** и щелкните мышью на полпути между BT1 и R1, чтобы вставить переход, при этом автоматически активным станет слой F.Cu. Завершите трассировку на верхней стороне платы, щелкнув на контакте VCC резистора R1.



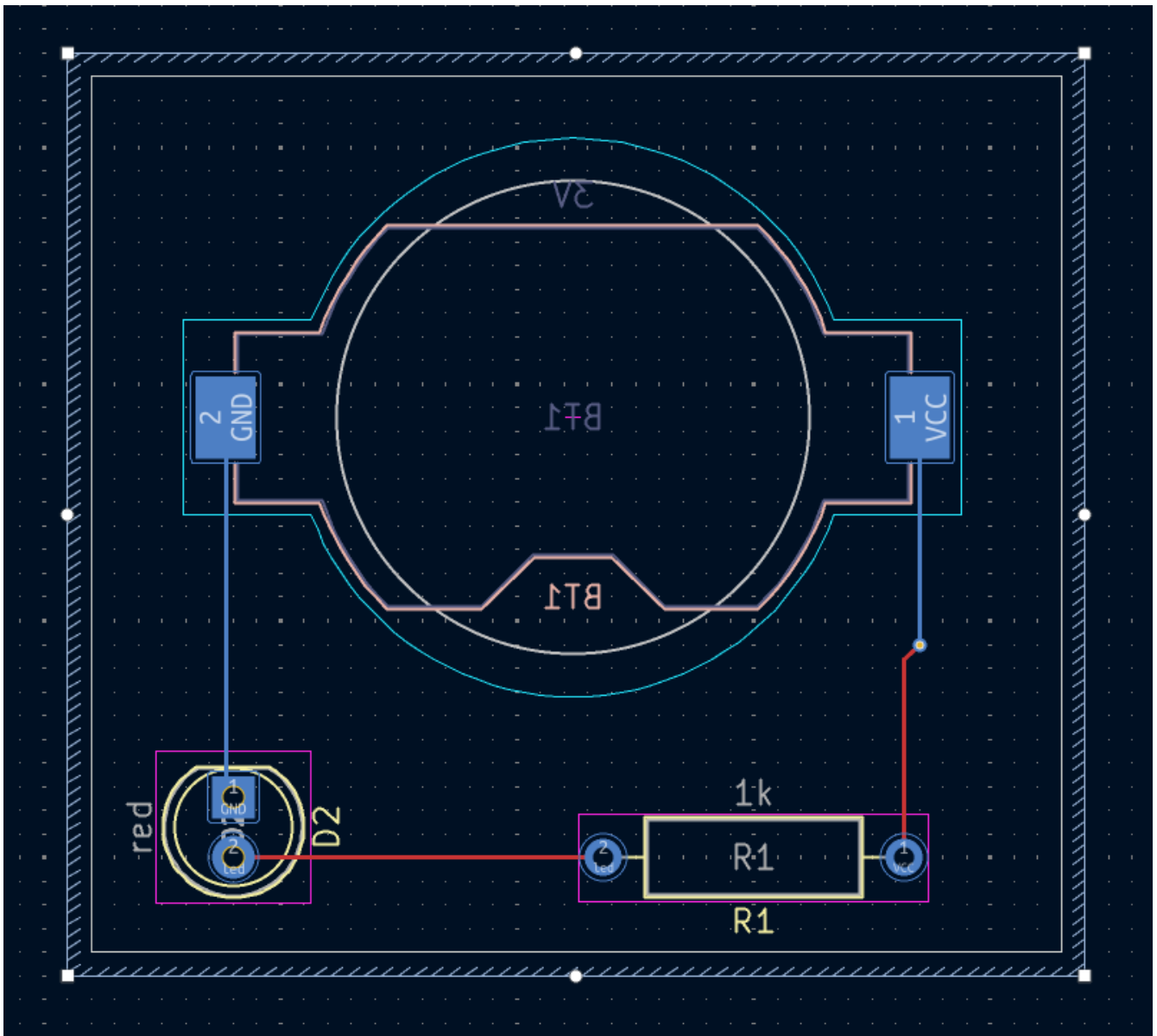
На данном этапе все цепи разведены. В этом можно убедиться, посмотрев на панель информации в левой, нижней части окна, где количество не разведенных цепей равно 0.


Размещение медных зон

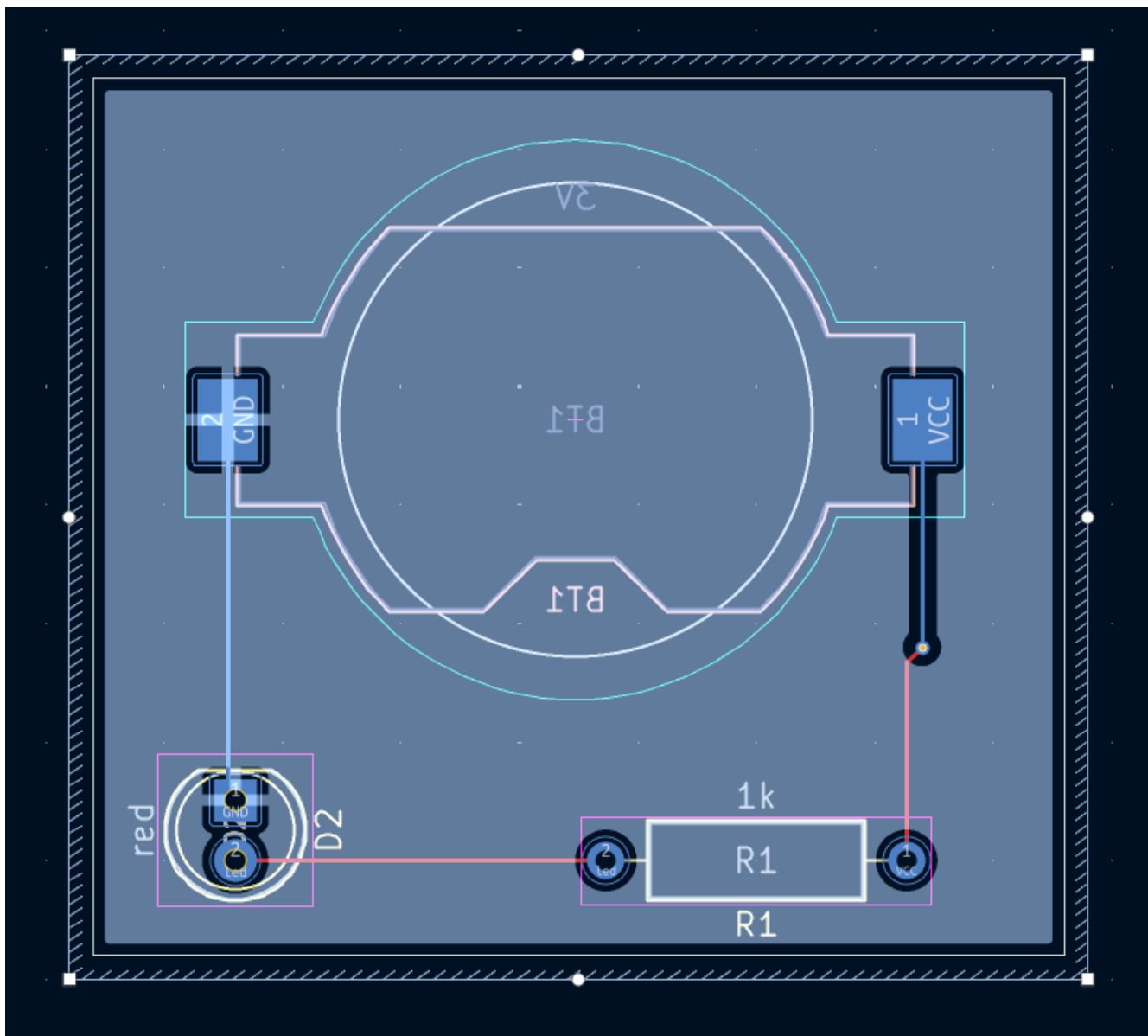
Copper zones are regions of copper with an associated net. Zones automatically connect to copper objects belonging to the same net and avoid objects belonging to other nets. Zones are often used for ground and power connections because they provide a lower impedance connection than tracks.

Добавьте зону **GND** на обратной стороне платы, переключившись на нижний слой и нажав кнопку **Добавить зону заливки**  на панели инструментов справа. Щелкните на печатной плате, чтобы разместить первый угол зоны.


В появившемся диалоговом окне «Свойства медной зоны» выберите цепь **GND** и убедитесь, что выбран слой **В.Сu**. Нажмите **ОК**, затем щелкните мышью, чтобы установить остальные три угла зоны. Дважды щелкните мышью при размещении последнего угла, чтобы завершить создание зоны.



The zone outline is displayed on the canvas, but the zone is not yet filled — there is no copper in the zone area, and therefore the zone is not making any electrical connections. Fill the zone with **Edit** → **Fill All Zones** (). Copper has been added to the zone, but it doesn't connect to the VCC or led pads and tracks, and is clipped by the board edge. It overlaps with the GND track drawn earlier, and it connects to the GND pads through thin tracks. These are thermal reliefs, which make the pads easier to solder. Thermal reliefs and other zone settings can be modified in the zone properties dialog.




В KiCad зоны не заполняются автоматически при их создании, редактировании или при перемещении в них посадочных мест. Заполнение зон всегда производится вручную, а также при [выполнении проверки правил проектирования \(DRC\)](#) (примечание: если установлен соответствующий флажок). Убедитесь что заполнение зон актуально, прежде чем создавать [выходные данные для производства](#).


Иногда, заполненные зоны мешают увидеть другие компоненты на плате из за их большого количества и плотности монтажа. В таком случае зоны можно просто скрыть, оставив видимыми только их контуры. Делается это с помощью кнопки **Показать только контуры зон**  на панели инструментов слева. Но имейте ввиду - зоны сохраняют статус заполненных, если показаны только их контуры, так что скрыть заливку зоны не означает что вы ее удалили.

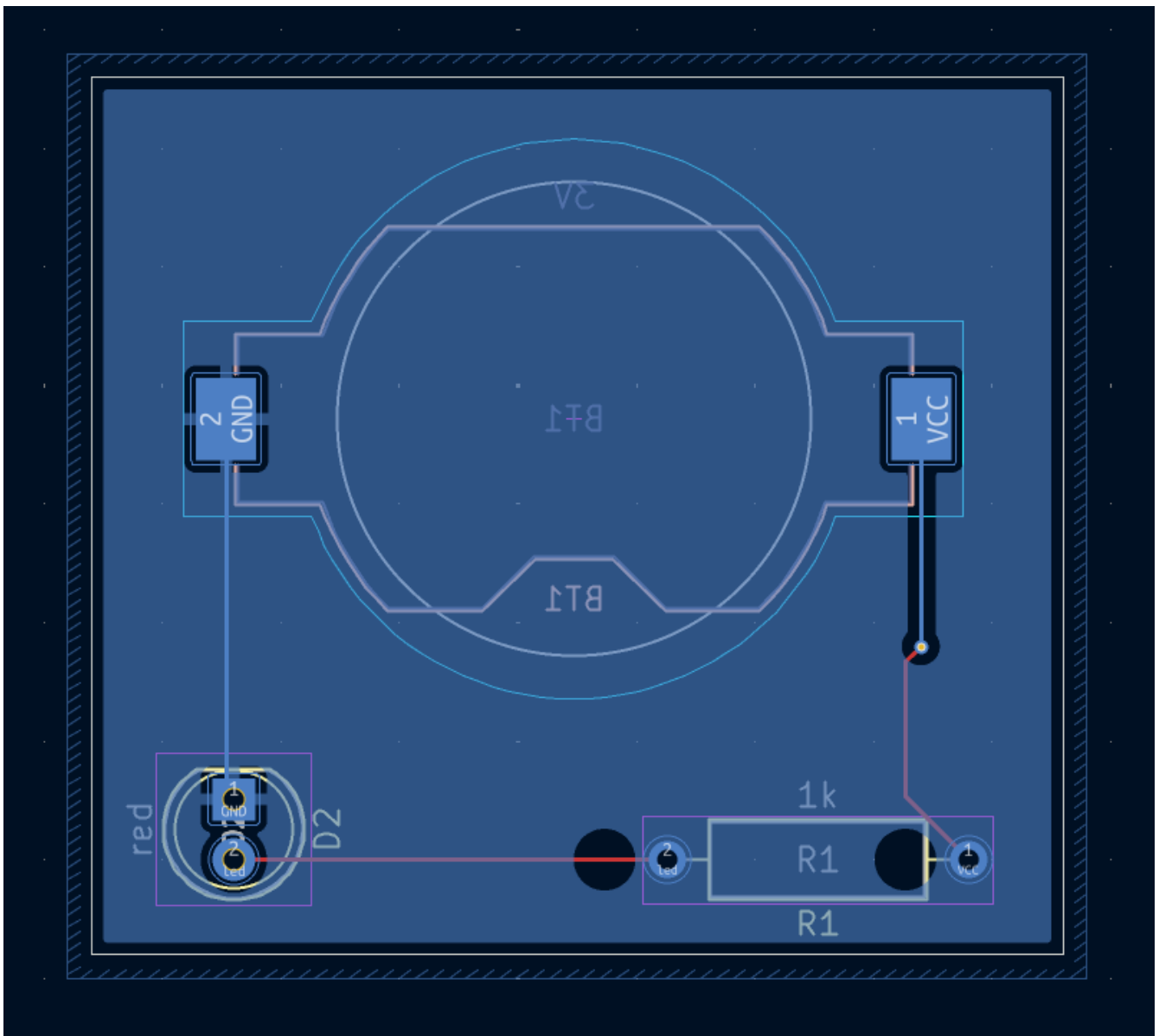
Еще зоны можно сделать прозрачными с помощью панели «Внешний вид». Таким же образом, с помощью **Параметров отображения слоев** на панели «Внешний вид», можно скрыть или затемнить неактивные слои.

Проверка правил проектирования

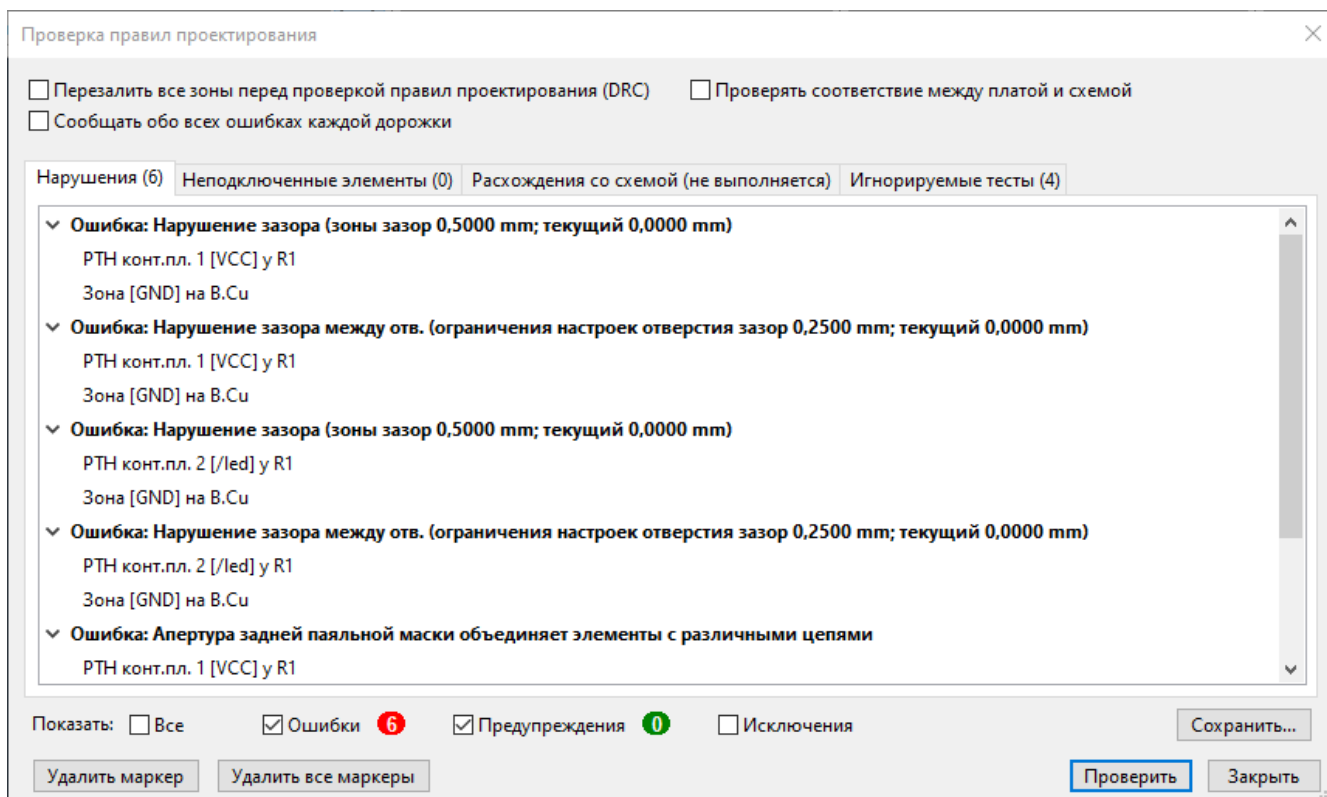
Design Rule Checking is the layout equivalent of Electrical Rule Checking for the schematic. DRC looks for design mistakes like mismatches between the schematic and layout, copper regions that have insufficient clearance or are shorted together, and tracks that do not connect to anything. You can also write custom DRC rules. To view the full list of design rules that are checked and to adjust their severity, go to **File** → **Board Setup...** → **Design Rules** → **Violation Severity**. Running DRC and fixing all errors is strongly advised before generating [fabrication outputs](#).

Запустите проверку DRC с помощью команды **Проверка** → **Проверка правил проектирования** или используйте кнопку  на верхней панели инструментов. Нажмите кнопку **Проверить DRC**. По окончании проверки не должно быть никаких сообщений об ошибках или предупреждений. Закройте окно DRC.

Now intentionally cause a DRC error by moving the resistor footprint to overlap the filled area of the zone. Use  (Drag) to move the resistor footprint slightly while keeping the tracks attached to its pads. This creates a clearance violation because the VCC and led pads of the resistor are shorted to the GND zone fill. Ordinarily this would be fixed by refilling the zone, but don't refill the zone yet.



Run DRC again, but make sure to uncheck the **Refill all zones before performing DRC** checkbox. DRC reports 6 violations: for each pad of R1, there is a clearance violation between the pad and the zone, another clearance violation between the pad's through hole and the zone, and a third violation where the pad's solder mask opening exposes the copper of two different nets (the GND fill and the track connected to the pad). Arrows point to each violation in the canvas. Clicking on each violation message zooms in on the respective violation.

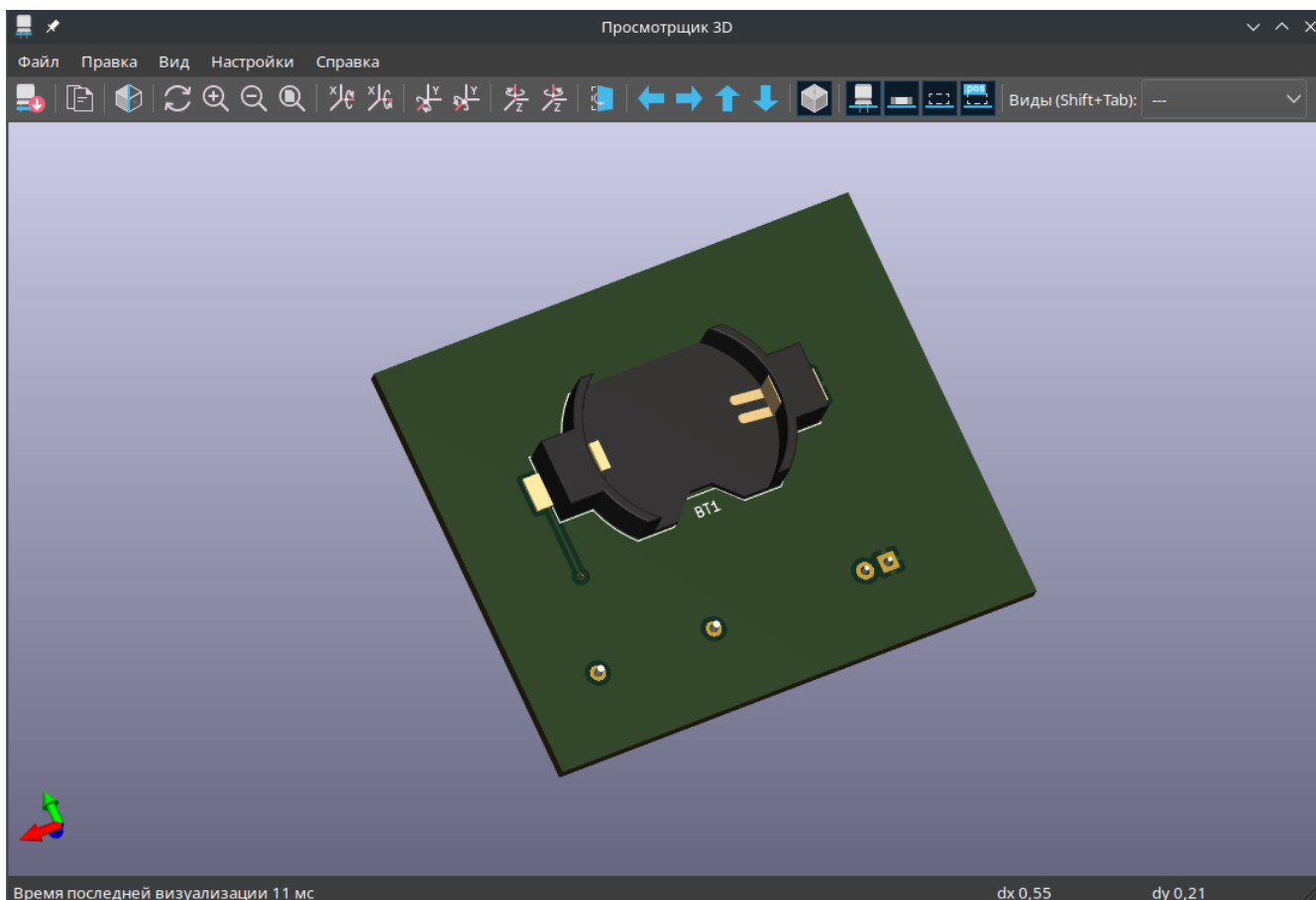


Закройте диалоговое окно проверки правил проектирования, нажмите клавишу **В**, чтобы обновить заливку зоны, и повторно запустите DRC. Можно использовать альтернативный вариант, установить флажок **Перезалить все зоны перед проверкой правил проектирования DRC** в диалоговом окне проверки правил проектирования, и повторно запустить проверку. Все ошибки будут устранены.

3D-просмотрщик

KiCad поставляется с 3D-просмотрщиком, который полезен для визуальной проверки печатных плат. Откройте программу 3D-просмотра командой **Вид** → **Просмотрщик 3D**. Перемещение осуществляется с помощью средней кнопки мыши, а вращение - перетаскиванием левой кнопки мыши. Вращая печатную плату, можно увидеть сверху светодиод и резистор, а снизу - держатель батареи.

В 3D-просмотрщике есть режим трассировки лучей, который работает медленнее, но обеспечивает более точную визуализацию. Переключиться в этот режим можно с помощью команды **Настройки** → **Трассировка лучей**.



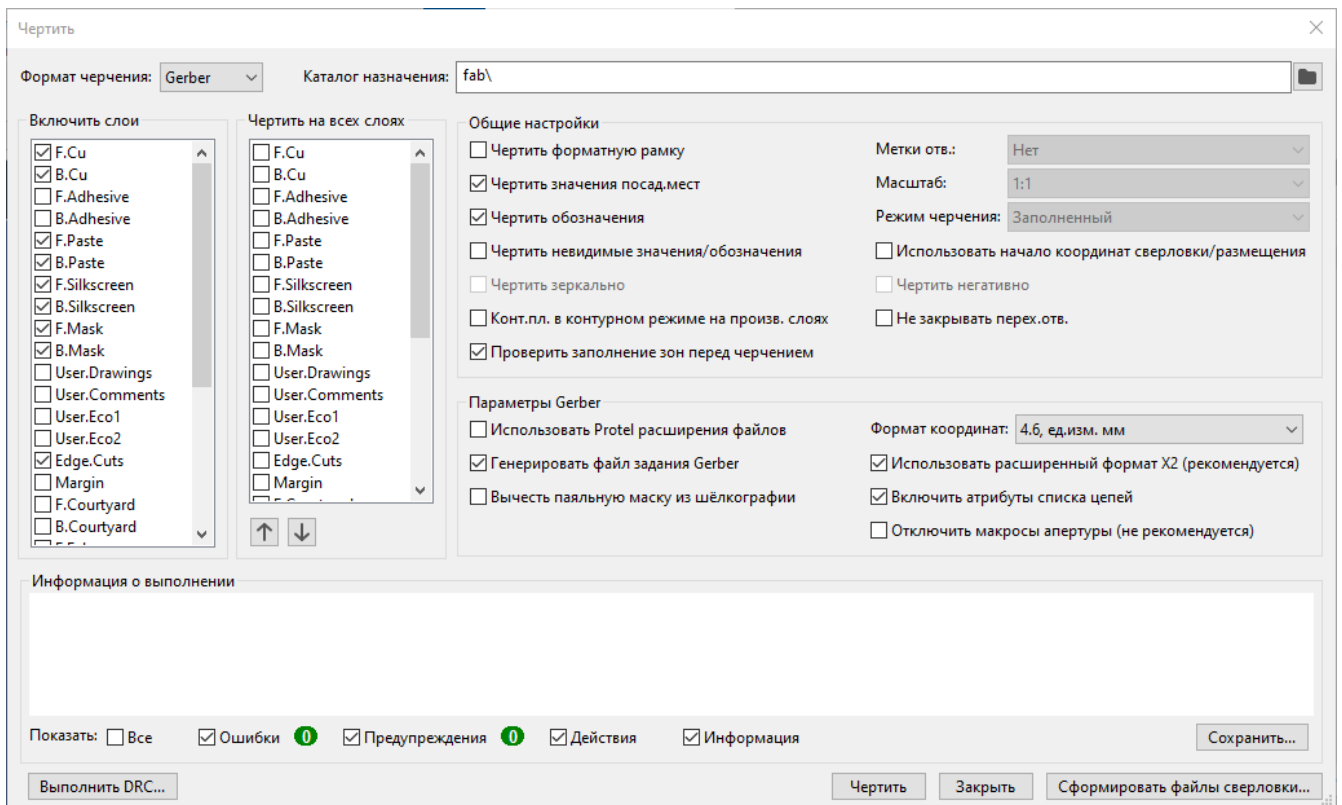
Многие посадочные места в библиотеке KiCad поставляются с 3D-моделями, в том числе и все посадочные места, используемые в данном руководстве. Некоторые посадочные места поставляются без 3D-моделей, [но пользователи могут добавить их самостоятельно](#).

Выходные данные для производства

После завершения проектирования платы необходимо сформировать выходные данные для ее изготовления.

Откройте диалоговое окно "Чертить" с помощью команды **Файл** → **Чертить....** В этом окне можно создать чертеж платы в нескольких форматах, но обычно, для заказа у изготовителя печатных плат, используется формат Gerber.

Укажите каталог для выходных данных, чтобы созданные файлы были собраны в отдельную папку. Остальные настройки оставьте по умолчанию, но убедитесь, что отмечены все необходимые слои: включен слой меди (`*.Cu`), контура платы (`Edge.Cuts`), паяльной маски (`*.Mask`) и шелкографии (`*.Silkscreen`). Слой пасты (`*.Paste`) полезен для изготовления трафаретов паяльной пасты. Адгезивный слой (`*.Adhesive`) необходим только в том случае, если в процессе монтажа к плате будут клеиться какие-либо компоненты. Иногда, для сложной схемы будут полезны и остальные слои, но зачастую - для изготовления обычных печатных плат - они не требуются.



Нажмите кнопку **Чертить**, чтобы сгенерировать Gerber-файлы. Также нажмите кнопку **Сформировать файлы сверловки...** и в следующем окне нажмите на кнопку **Создать файл сверловки** для создания файлов, содержащих информацию о расположении всех отверстий, которые будут просверлены на плате. Наконец, закройте диалоговое окно "Чертить". Проектирование завершено.

Generate Drill Files

Output folder:

Format

- Excellon
 - Mirror Y axis
 - Minimal header
 - PTH and NPTH in single file
 - Use alternate drill mode for oval holes
- Gerber X2
- Generate map:

Options

Origin:

Units:

Zeros:

Precision: 3:3

Messages

Учебное пособие Часть 4: Пользовательские символы и посадочные места

Схему можно улучшить, добавив в нее выключатель для включения/выключения светодиода. Для начала мы создадим новые библиотеки символов и посадочных мест, далее нарисуем символ выключателя и сделаем для него посадочное место.

В данном руководстве будет использоваться конкретный выключатель SPST (от английской аббревиатуры Single Pole, Single Throw - один полюс, одно направление) [NKK M2011S3A1W03](#). Можно использовать и другие выключатели, но для этого вам потребуется изменить нумерацию выводов и размеры посадочного места.

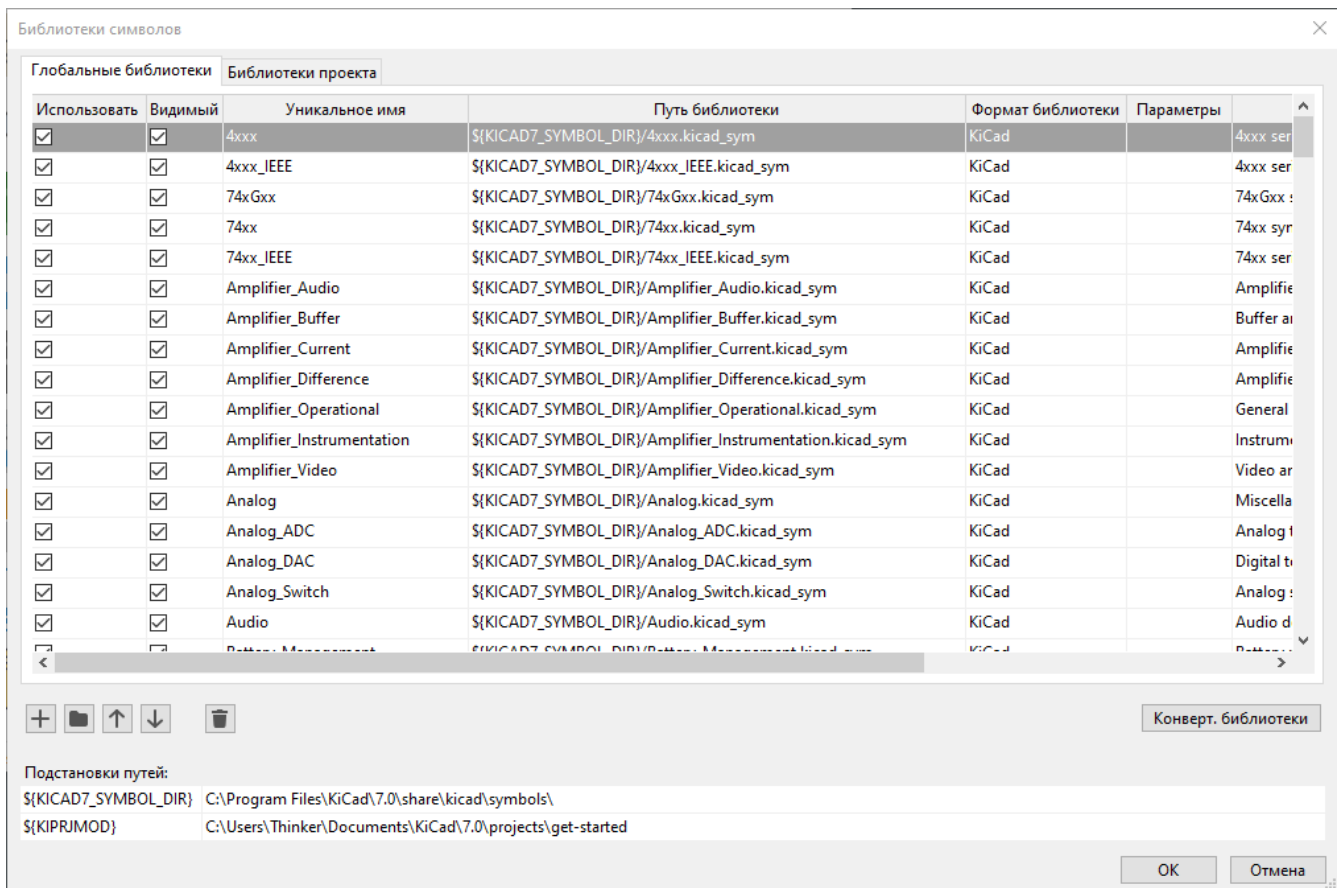
Введение в библиотеки и таблицы библиотек

Символы и посадочные места организованы в библиотеки. Библиотека может содержать либо символы, либо посадочные места, но не то и другое вместе.

KiCad хранит все пользовательские библиотеки символов и библиотеки посадочных мест в таблице библиотек символов и таблице библиотек посадочных мест, соответственно. Каждая таблица библиотек представляет собой список имен библиотек и информацию о том, где каждая из них находится на диске.

Помимо глобальных таблиц библиотек символов и посадочных мест, существуют также таблицы библиотек символов и посадочных мест для конкретных проектов. Символы и посадочные места, добавленные в глобальные таблицы, доступны во всех проектах, в то время как символы и посадочные места в таблицах конкретных проектов доступны только для данного проекта. Пользователи могут добавлять собственные библиотеки как в глобальные таблицы библиотек, так и в таблицы конкретных проектов.

Таблицы библиотек символов можно просмотреть или отредактировать с помощью команды **Настройки** → **Управление библиотеками символов...**, в окнах "Редактор схем" или "Редактор символов". Таблицы библиотек посадочных мест можно просмотреть или отредактировать с помощью команды **Настройки** → **Управление библиотеками посадочных мест...**, в окнах "Редактор плат" или "Редактор посадочных мест". Также, доступ к обеим таблицам библиотек, возможен из "Менеджера проекта".



Often, paths to libraries are defined with path substitution variables. This enables a user to move all of their libraries to a new location without modifying the library tables. The only thing that needs to change is to redefine the variable to point to the new location. KiCad's path substitution variables are edited with **Preferences** → **Configure Paths...** in the Project Manager or any of the Editor windows.

Одной из полезных переменных подстановки пути является `${KIPRJMOD}`. Эта переменная всегда указывает на текущий каталог проекта, поэтому ее можно использовать для включения специфических для проекта библиотек, которые хранятся внутри каталога проекта.

При первом запуске KiCad предлагает пользователю [настроить таблицу библиотеки символов](#) и [таблицу библиотеки посадочных мест](#). Чтобы повторить эту настройку, удалите или переименуйте файлы таблицы библиотеки символов или таблицы библиотеки посадочных мест. Перед удалением таблиц сделайте их резервную копию.

Расположение файлов таблиц библиотек символов и посадочных мест зависит от операционной системы.

- Windows: `%APPDATA%\kicad\9.0\sym-lib-table` and `%APPDATA%\kicad\9.0\fp-lib-table`
- Linux: `~/.config/kicad/9.0/sym-lib-table` and `~/.config/kicad/9.0/fp-lib-table`
- macOS: `~/Library/Preferences/kicad/9.0/sym-lib-table` and `~/Library/Preferences/kicad/9.0/fp-lib-table`

Создание новых глобальных библиотек или библиотек проекта

Первым шагом, при создании нового символа или посадочного места, является выбор библиотеки, в которой он будет храниться. В данном руководстве символ выключателя и его посадочное место будут помещены в новые библиотеки, предназначенные для конкретного проекта.


Из "Менеджера проекта" откройте "Редактор символов". Нажмите **Файл** → **Новая библиотека** и выберите **Проект**. Задайте имя для новой библиотеки (например, `getting-started.kicad_sym`) и сохраните ее в каталоге проекта. Теперь новая, пустая библиотека выделена на панели "Библиотеки" слева и автоматически добавлена в таблицу библиотек проекта (проверьте вкладку "Библиотеки проекта" в меню **Настройки** → **Управление библиотеками символов...**).

Создание новых символов

Теперь, в только что созданной новой библиотеке, создайте символ выключателя. Выбрав в панели «Библиотеки» библиотеку `getting-started`, нажмите **Файл** → **Новый символ...** В поле «Имя символа» введите его артикул: `M2011S3A1W03`. Символы переключателей должны иметь обозначения, начинающиеся с `SW`, поэтому отредактируйте поле «Обозначение по умолчанию» изменив его значение на `SW`. Все остальные поля можно оставить по умолчанию.

In the Libraries pane, the `M2011S3A1W03` symbol now appears under the `getting-started` library. In the canvas, a cross indicates the center of the footprint, and text has been added for the reference designator. For now, move the text away from the center of the symbol to get it out of the way.

Выводы символа

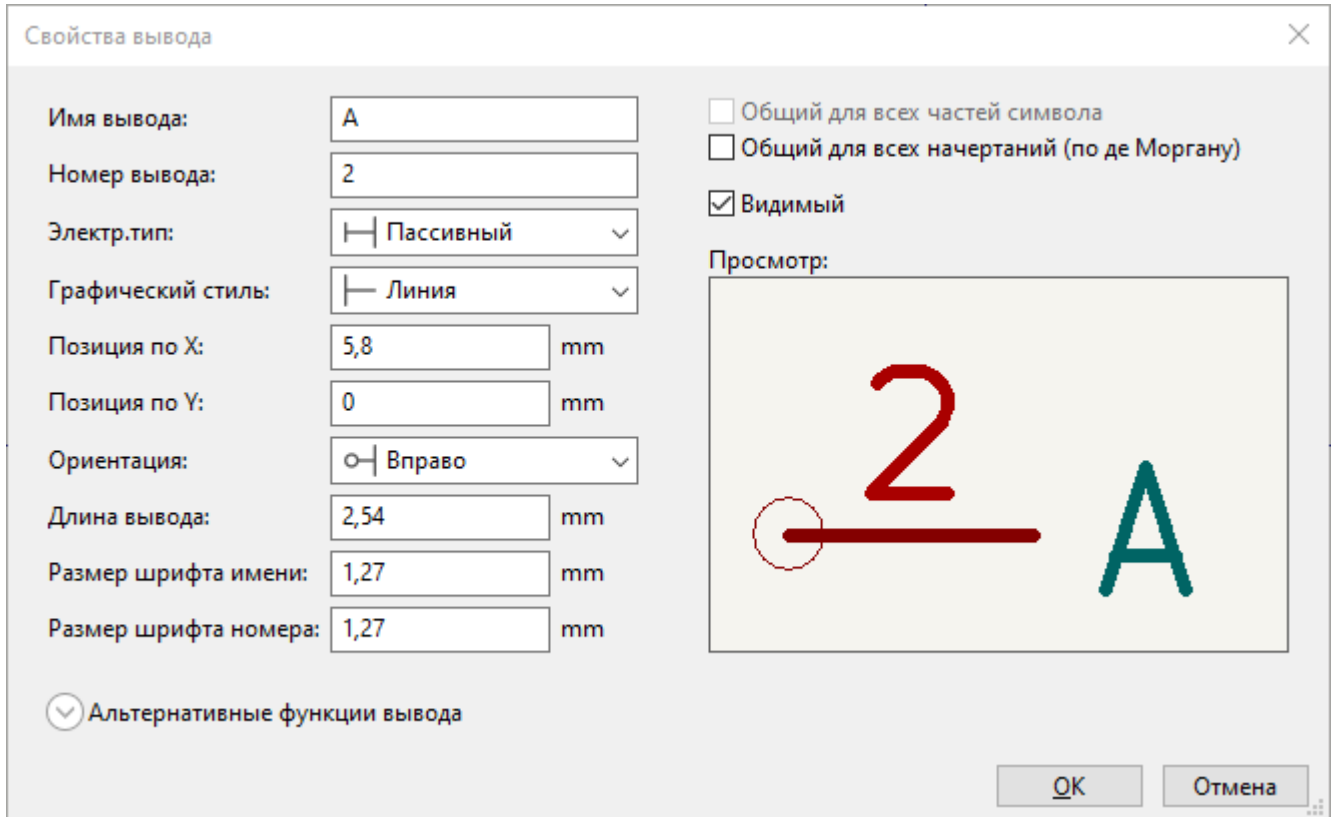
Start drawing the symbol by adding a pin. This symbol will not have a pin 1, so we will start with a pin numbered 2. Click the **Add a pin** button  on the right toolbar. The Pin Properties dialog will appear. Set the pin properties as follows:

- **Pin name:** `A`
- **Pin number:** `2`
- **Electrical type:** `Passive`
- **Orientation:** `Right`
- **X Position:** `-200 mils`
- **Y Position:** `0`

Click **OK**, then click on the canvas to place the pin. If the pin moved after clicking **OK**, it might be necessary to edit the pin's properties again (double click the pin, or right click on the pin → **Properties...**) to set the position correctly.

NOTE


It is strongly recommended to always use mils (or inches) in the Schematic Editor and Symbol Editor, particularly for symbol pins. Mixing imperial and metric units will result in symbol pins that cannot be properly connected because they do not align with wires or other pins. The KiCad libraries use a 50 mil grid for their pins; using a different unit system will prevent your symbols and schematics from connecting with KiCad's builtin symbols. Note that unlike in the PCB editor, units in the schematic have no physical meaning.



Добавьте второй вывод, но на этот раз не используя инструмент **Добавить вывод**, а просто нажав клавишу **Insert**. К символу добавится новый вывод под номером 3, расположенный непосредственно под выводом 2.

TIP

Во многих местах KiCad, нажатие клавиши **Insert** приводит к повторению последнего действия. При этом местоположение нового элемента будет смещено, а нумерация, в зависимости от ситуации, автоматически увеличится. В редакторе символов это можно использовать для быстрого размещения большого количества выводов. В редакторе схем это может быть использовано для многократного размещения однотипного компонента или для маркировки большого количества выводов компонента нумерованными метками. Также, клавиша **Insert** может быть полезна в редакторе посадочных мест и редакторе плат.

We want Pin 3 to be on the right side of the switch symbol, so we will edit its properties to change the location and orientation. Instead of using the Pin Properties dialog, this time we can use the Properties Panel. This is a docked panel on the left side of the editing canvas that lets you view and edit the properties of the selected object or objects. To show or hide the Properties Panel, use the  button in the left toolbar.

With pin 3 selected, use the Properties panel to set its properties as follows:



- **Pin Name:** B

- **Position X:** 200 mils
- **Position Y:** 0
- **Orientation:** Left

NOTE

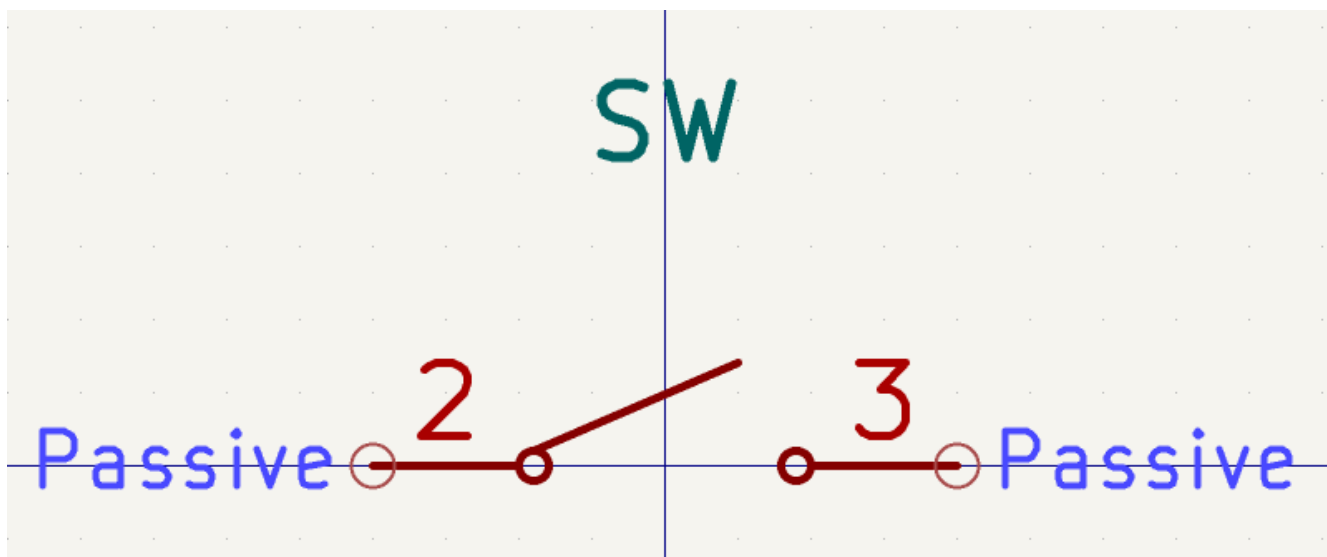
The Properties Panel is available in every KiCad editor (Schematic, Board, Symbol, and Footprint).

Графическое представление символа

Разместив все необходимые выводы, с помощью инструментов «Круг»  и «Линия»  придайте символу вид переключателя SPST. На этом этапе полезно переключиться на более мелкую сетку: щелкните правой кнопкой мыши в рабочей области и выберите в подменю **Сетка** более мелкий шаг. После добавления графических фигур снова переключитесь на сетку 50 мил (1.27 мм).

WARNING

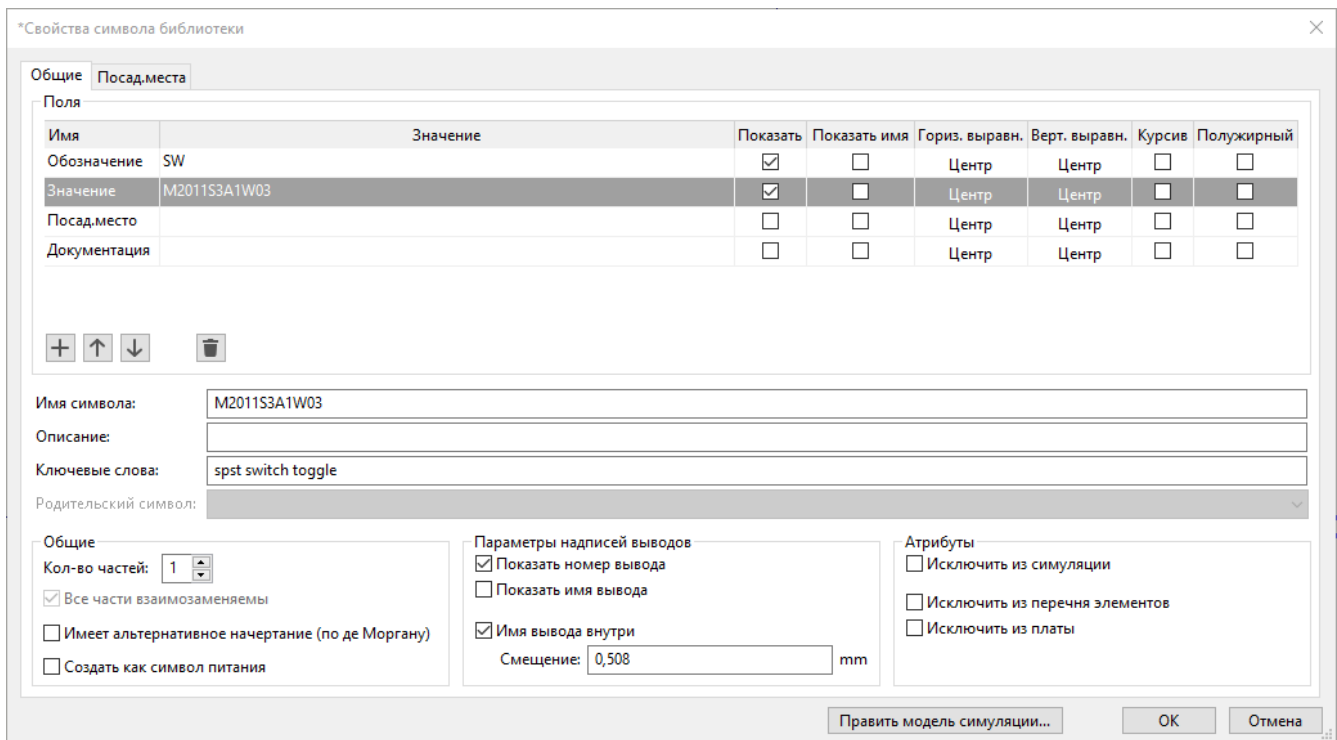
Мелкие сетки удобны для рисования графических элементов, но **выводы символов всегда должны располагаться на сетке с шагом 50 мил (1.27 мм)**. Выводы, не выровненные по сетке 50 mil, не получится соединить с проводниками в схеме.



Свойства символов


Теперь отредактируйте свойства всего символа с помощью команды **Файл** → **Свойства символа**. Эту же команду можно выполнить с помощью двойного клика на свободном участке рабочей области. Измените поле **Значение** на M2011S3A1W03, а в поле **Ключевое слово** добавьте `spst switch toggle`, чтобы в дальнейшем упростить поиск этого символа. Для данного символа имена выводов не несут никакой полезной информации, поэтому снимите флажок **Показывать имя вывода**, чтобы визуально облегчить отображение символа.

После нажатия кнопки **ОК** переместите текстовое поле обозначения ниже, чтобы оно не перекрывало графику символа.




На этом этапе создание символа завершено. Сохраните его и переходите к следующему - созданию для него посадочного места.

Создание новых посадочных мест

Open the Footprint Editor and create a new project-specific footprint library named `getting-started.pretty` (**File** → **New Library...**). As with symbol libraries, the new footprint library is added to the project library table. With the new library selected in the Libraries pane, create a new footprint (**File** → **New Footprint...**). Edit the footprint's properties ( button in the top toolbar) and set the following properties:

- **Footprint name:** `Switch_Toggle_SPST_NKK_M2011S3A1x03`
- **Value:** `Switch_Toggle_SPST_NKK_M2011S3A1x03`
- **Component type:** `Through hole`


Площадки для посадочных мест

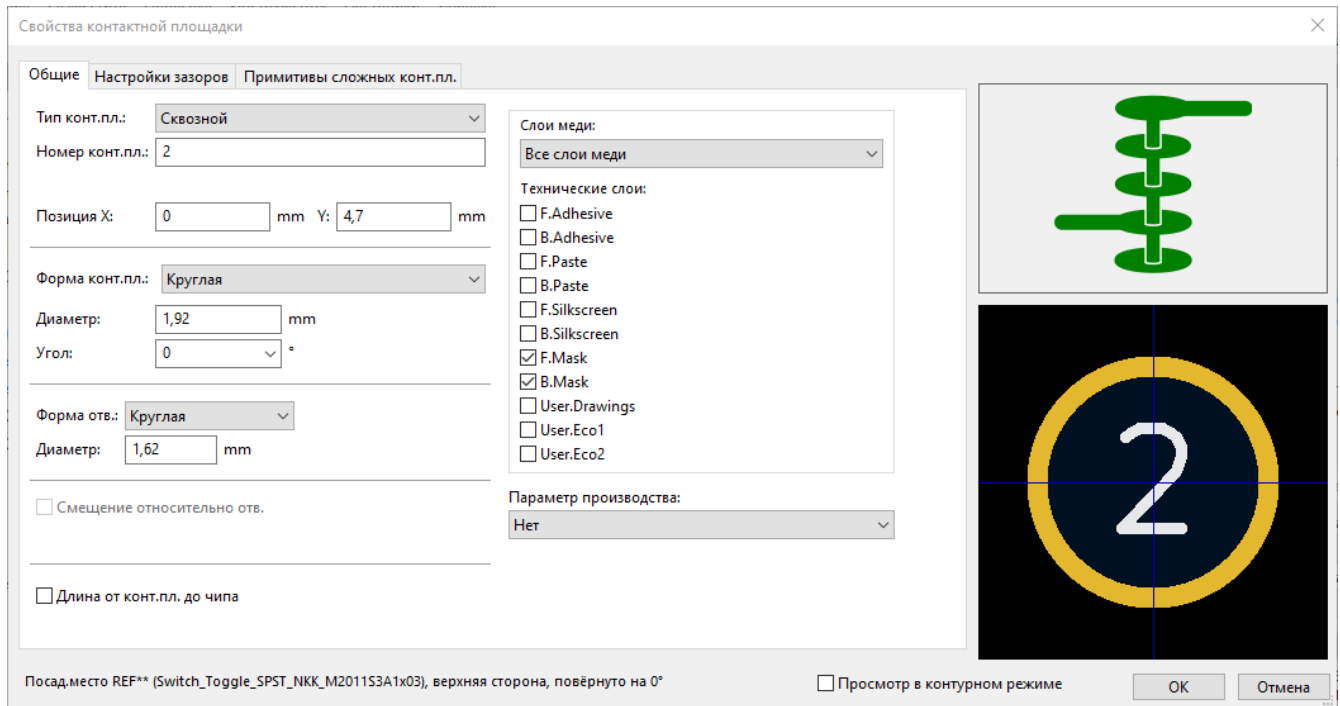
The switch has two pins, numbered in the datasheet as 2 and 3, and spaced 4.7 mm apart. For ease of placement, adjust the grid to match the pad spacing. Open the grid settings by right-clicking the  button in the left toolbar and selecting **Edit Grids...** Add a new grid with the plus button at the bottom. Set the new grid's X size to 4.7 mm. Accept the dialog, go back to the editing canvas, and then switch to the new grid in the grid dropdown in the top toolbar, if it is not already selected.

By convention, through-hole footprints have pin 1 located at `(0,0)` and are oriented with pin 1 in the top left. The SPST version of this switch does not have pin 1, so the footprint will leave `(0,0)` empty and place pads 2 and 3 at `(0, 4.7 mm)` and `(0, 9.4 mm)`. Note that in KiCad's default coordinate system, the positive Y-axis is oriented downwards.

NOTE

The X and Y coordinates of the cursor are displayed in the status bar at the bottom of the window. You can use this to check the coordinates when you are drawing or placing something.

Use the **Add a pad** tool  in the right toolbar to place a pad one grid division below the origin, which is (0, 4.7 mm). Press **Esc** to exit the pad tool, then double click on the pad to edit its properties. Change the pad number to **2** and verify that the position is correct. The switch pins are 1.17 mm x 0.8 mm, which gives a diagonal (maximum pin dimension) of 1.42 mm. Therefore set the hole diameter to $1.42 \text{ mm} + 0.2 \text{ mm} = 1.62 \text{ mm}$, and the pad diameter to $1.62 \text{ mm} + 2 * 0.15 \text{ mm} = 1.92 \text{ mm}$ to provide a sufficient annular ring.



Now use the **Add a pad** tool again to place the other pad at (0, 9.4 mm). Notice that the pad number is automatically incremented and the properties including pad size and hole size are copied from the previous pad.

При размещении обеих контактных площадок, поясok выглядит несколько маловатым. Чтобы выключатель было легче паять и он прочнее держался на плате, лучше сделать пояски контактных площадок чуть побольше. Поэтому увеличьте толщину пояска с 0.15 мм до 0.3 мм, отредактировав свойства контактной площадки 2 и изменив ее размер до $1.62 \text{ mm} + 2 * 0.3 \text{ mm} = 2.22 \text{ mm}$. Размер отверстия не меняйте. Обратите внимание, что поле "Размер контактной площадки" принимает математические выражения, поэтому $1.62 + 2 * 0.3$ можно ввести напрямую и получить значение 2.22 мм.





TIP

Многие текстовые поля в KiCad поддерживают математические выражения, включая преобразования единиц измерения.

Выполните аналогичную модификацию пояска и для другой контактной площадки. Для этого щелкните правой кнопкой мыши на контактной площадке 2, выберите **Использовать настройки контактной площадки...**, а затем нажмите **Изменить контактные площадки на текущем посадочном месте**.

Графическое оформление посадочного места

Правильное посадочное место имеет точный контур детали на слое изготовления (F.Fab), немного больший контур на слое шелкографии (F.Silkscreen) и границу посадочного места (F.Courtyard), окружающую все посадочное место для предотвращения наложения на другие посадочные места.

Switch to the front fabrication layer by clicking **F.Fab** in the Layers panel at right. The fabrication outline should precisely match the physical dimensions of the part, which is 7.9 mm wide and 13 mm tall. Use the line , rectangle , or polygon  tools to draw the outline of the part as shown in the screenshot below. One way to precisely place the outline is to create a new grid with the correct X and Y spacing, as we did for the pads. Make sure to uncheck the **Linked** checkbox in the Grid Settings dialog to allow unequal X and Y grid spacing. You can then adjust the grid origin by right clicking the  button and selecting **Grid Origin....**

Configure the grid spacing and origin as follows:

- Сетка пользователя Размер X: 7.9 мм
- Сетка пользователя Размер Y: 13 мм
- Начало координат по оси X: $7.9 \text{ мм} / 2 = 3.95 \text{ мм}$
- Y origin: $4.7 \text{ мм} - (13 \text{ мм} / 2) = -1.8 \text{ мм}$.

The completed fabrication drawing is shown below, with corner coordinates annotated.

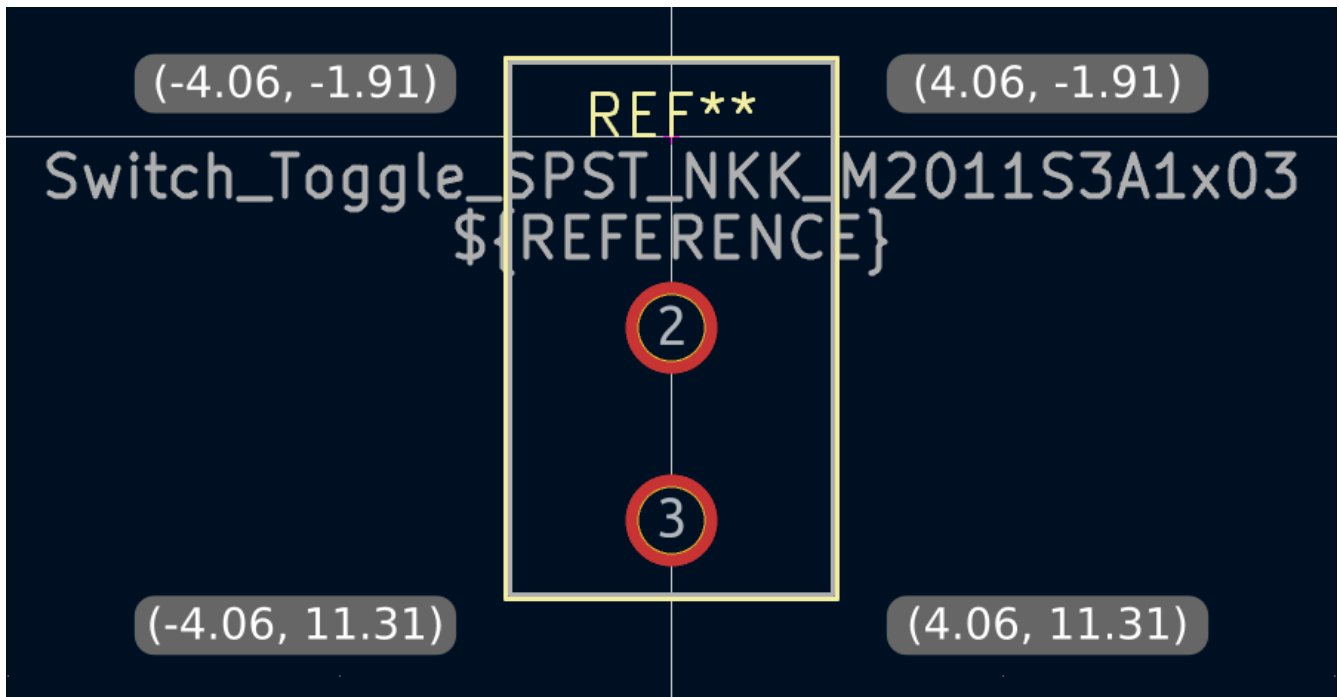


Next, switch to the F.Silkscreen layer. We want the silkscreen outline to be just outside of the part outline, so the silkscreen lines will be drawn 0.11 mm to the outside of the lines on the fabrication layer (0.11 mm is half of the 0.10 mm fab line width, plus half of the 0.12 mm silkscreen line width). The exact coordinates are shown in the screenshot below, and helpful grid settings are:

- Сетка пользователя Размер X: $7.9 \text{ мм} + 2 * 0.11 \text{ мм} = 8.12 \text{ мм}$
- Сетка пользователя Размер Y: $13 \text{ мм} + 2 * 0.11 \text{ мм} = 13.22 \text{ мм}$

Начало координат по оси X: $8.12 \text{ мм} / 2 = 4.06 \text{ мм}$

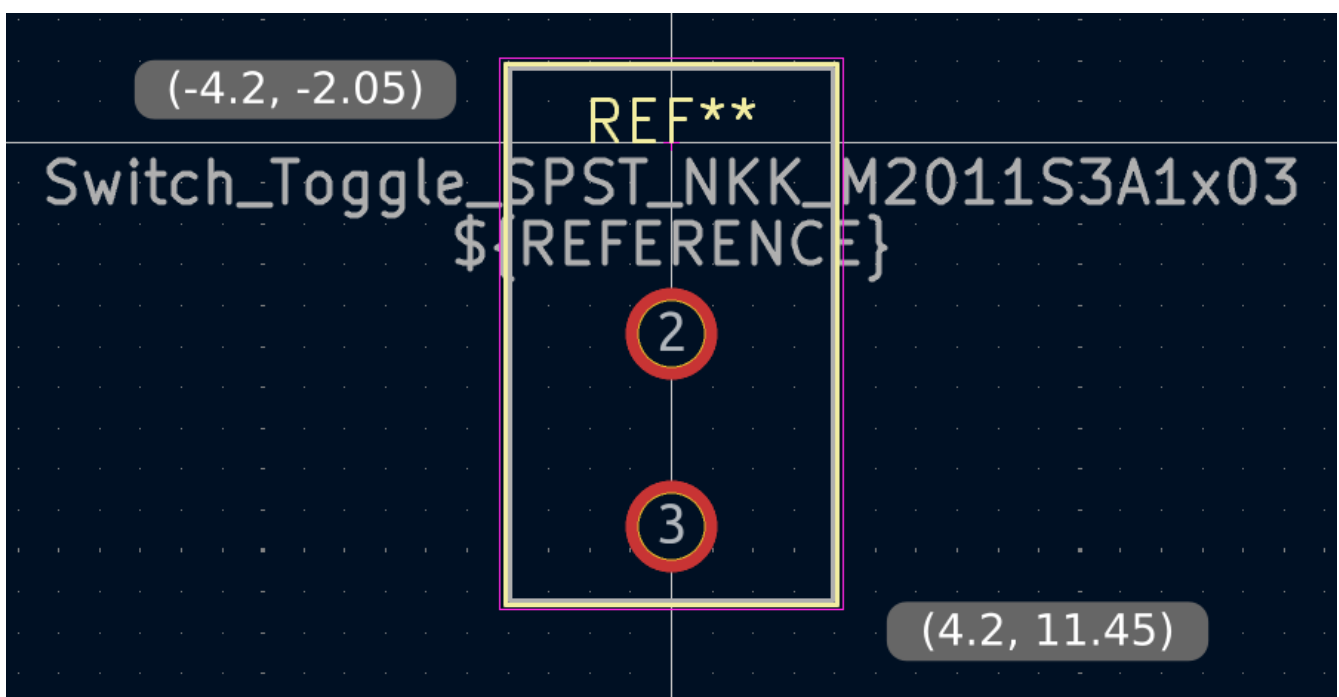
- Начало координат по оси Y: $-1.8 \text{ мм} - 0.11 \text{ мм} = -1.91 \text{ мм}$



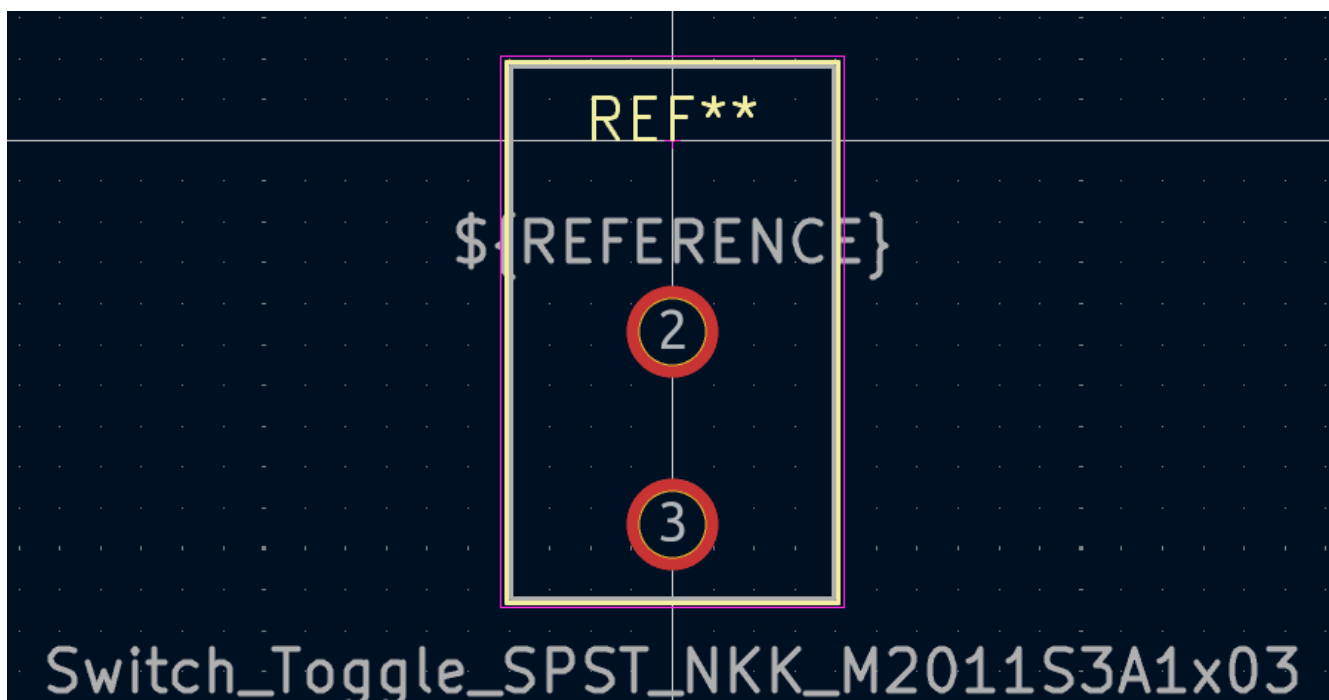
Finally, select the `F.Courtyard` layer. We want the courtyard outline to surround the part with a 0.25 mm clearance.

For variety, we can use a different strategy to draw the shape on this layer. Switch to a 1mm grid instead of a custom grid, and draw a rectangle roughly surrounding the footprint. Select the rectangle and press `E` to edit its properties, and enter the corner coordinates of the rectangle directly. The corner coordinates are:

- Top left: `(-4.2, -2.05)`
- Bottom right: `(4.2, 11.45)`



После заполнения контуров расположите текст так, как показано ниже. Посадочное место готово.




Соглашения по библиотекам Kicad

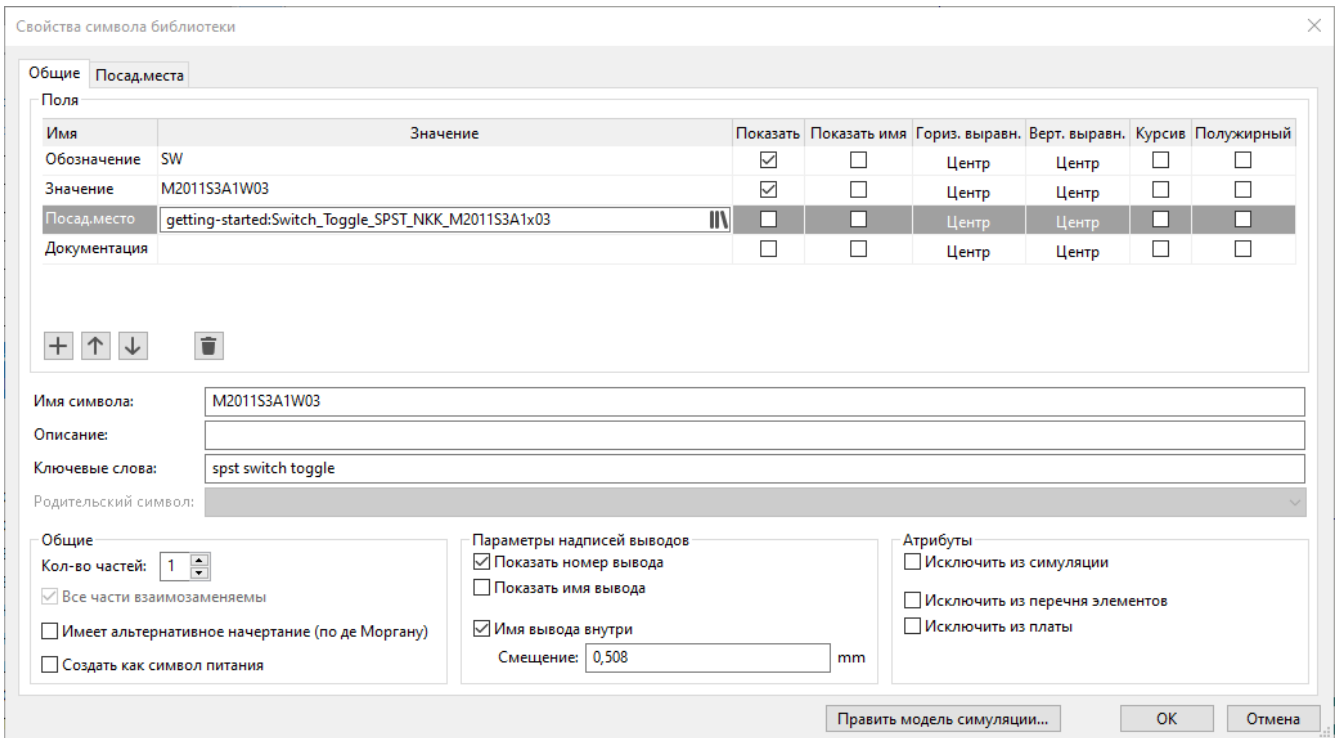
Для поддержания высокого качества библиотек символов и посадочных мест, в KiCad существует документ [KiCad Library Conventions](#), который представляет собой набор рекомендаций по использованию символов и посадочных мест. Не обязательно следовать этим соглашениям для личных библиотек, но они являются хорошей отправной точкой. Посадочные места и символы в [официальной библиотеке](#) должны соответствовать KLC. Также KLC используется в качестве основы для создаваемого символа и посадочного места в данном руководстве.

Добавление выключателя в схему

Теперь, когда создание посадочного места завершено, можно отредактировать символ выключателя таким образом, чтобы по умолчанию для него использовалось соответствующее посадочное место.

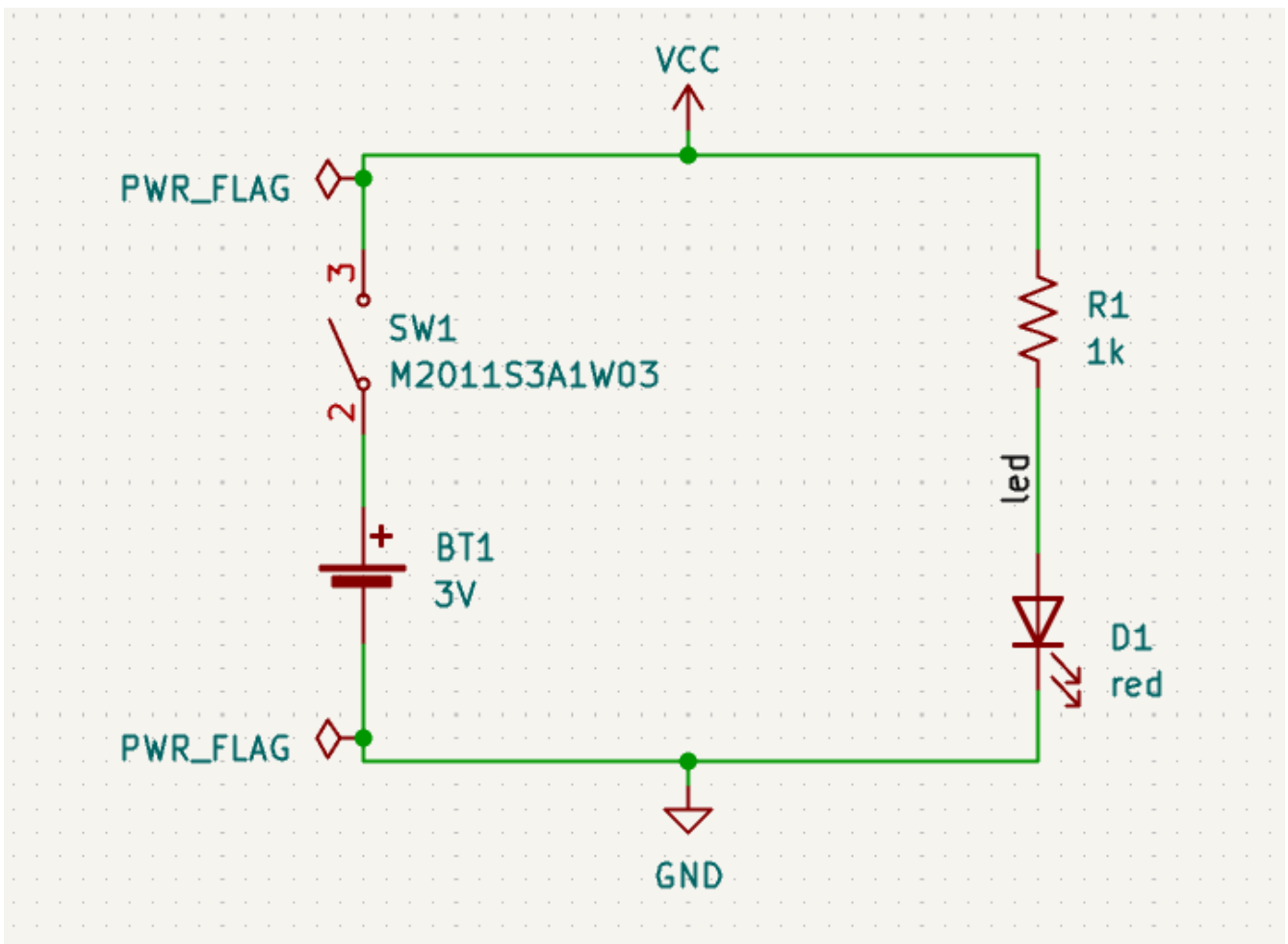
Вернитесь в "Редактор символов" и откройте символ выключателя. Отредактируйте его свойства. Щелкните на поле `Посадочное место`, затем щелкните на появившемся значке библиотеки книг . Перейдите в библиотеку посадочных мест проекта и дважды щелкните на посадочном месте выключателя. Сохраните символ.

Теперь посадочное место выключателя назначено этому символу по умолчанию и его не нужно выбирать вручную при каждом добавлении символа в схему.



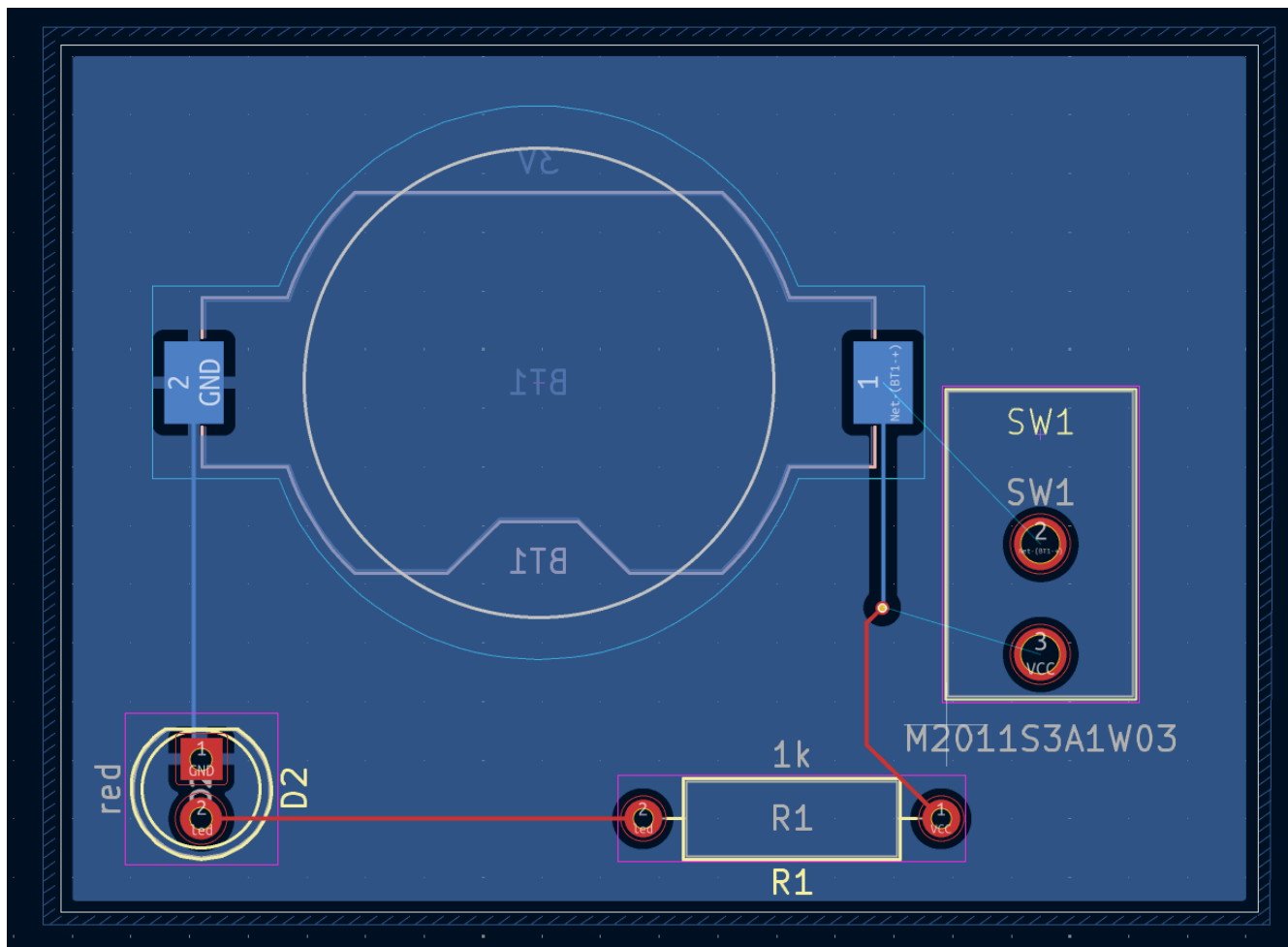
Откройте схему и добавьте новый символ, выбрав созданный нами ранее выключатель. Подключите его между светодиодом и плюсом батареи.

It isn't necessary to manually choose a footprint for the switch, because the switch symbol already specifies a footprint. Run ERC to make sure that the modified schematic doesn't violate any electrical rules.



Добавление выключателя на плату

Make sure the schematic is saved, then open the Board Editor to add the symbol to the layout. Update the PCB with the schematic changes using **Tools** → **Update PCB from Schematic...** and place the switch footprint onto the board as shown. If needed, resize the board outline and copper zone (the copper zone will unfill if it is resized, but you can re-fill it as necessary with **B**).

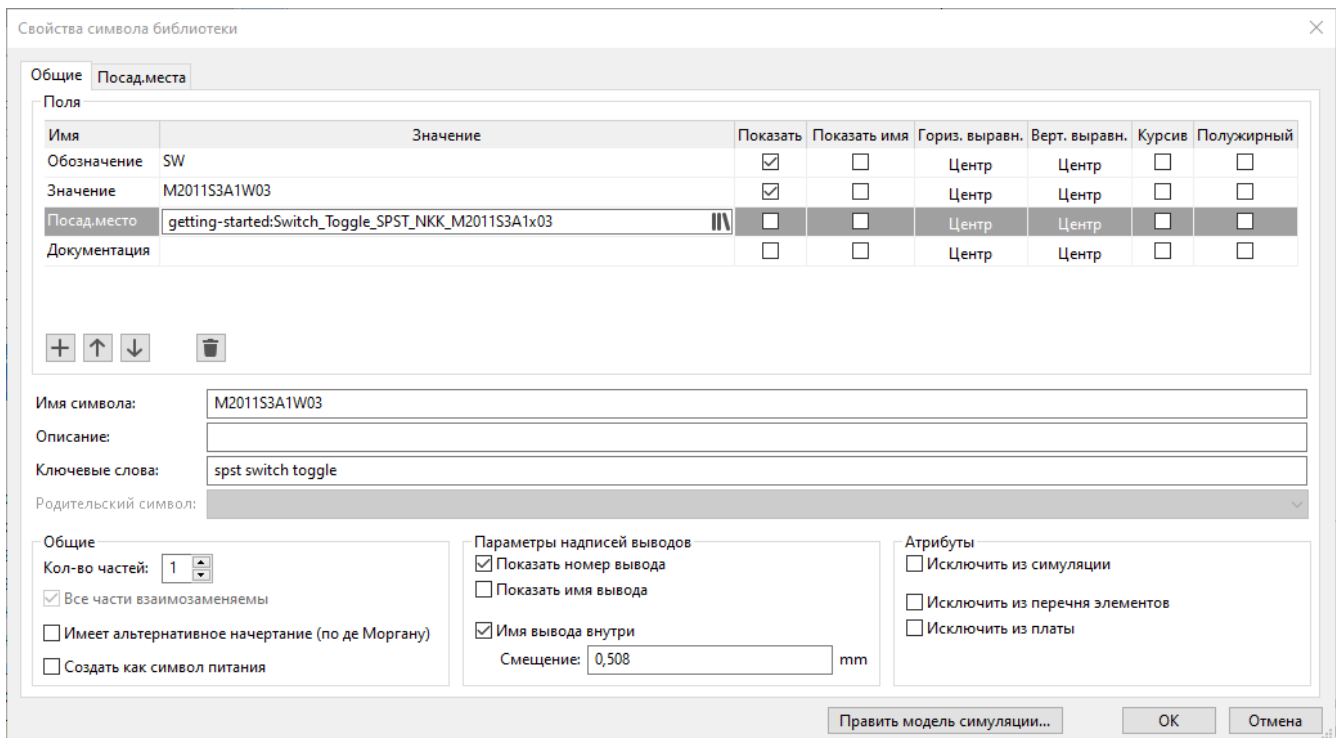


Линиями связи показаны новые соединения, которые необходимо развести. Кроме того, необходимо удалить старое соединение между батарейкой и резистором.

First, delete the unneeded tracks. Select one of the tracks between the battery and the resistor — it doesn't matter which. Press **U** several times to expand the selection to include all the segments between the battery and resistor. Press **Delete** to remove the connection.

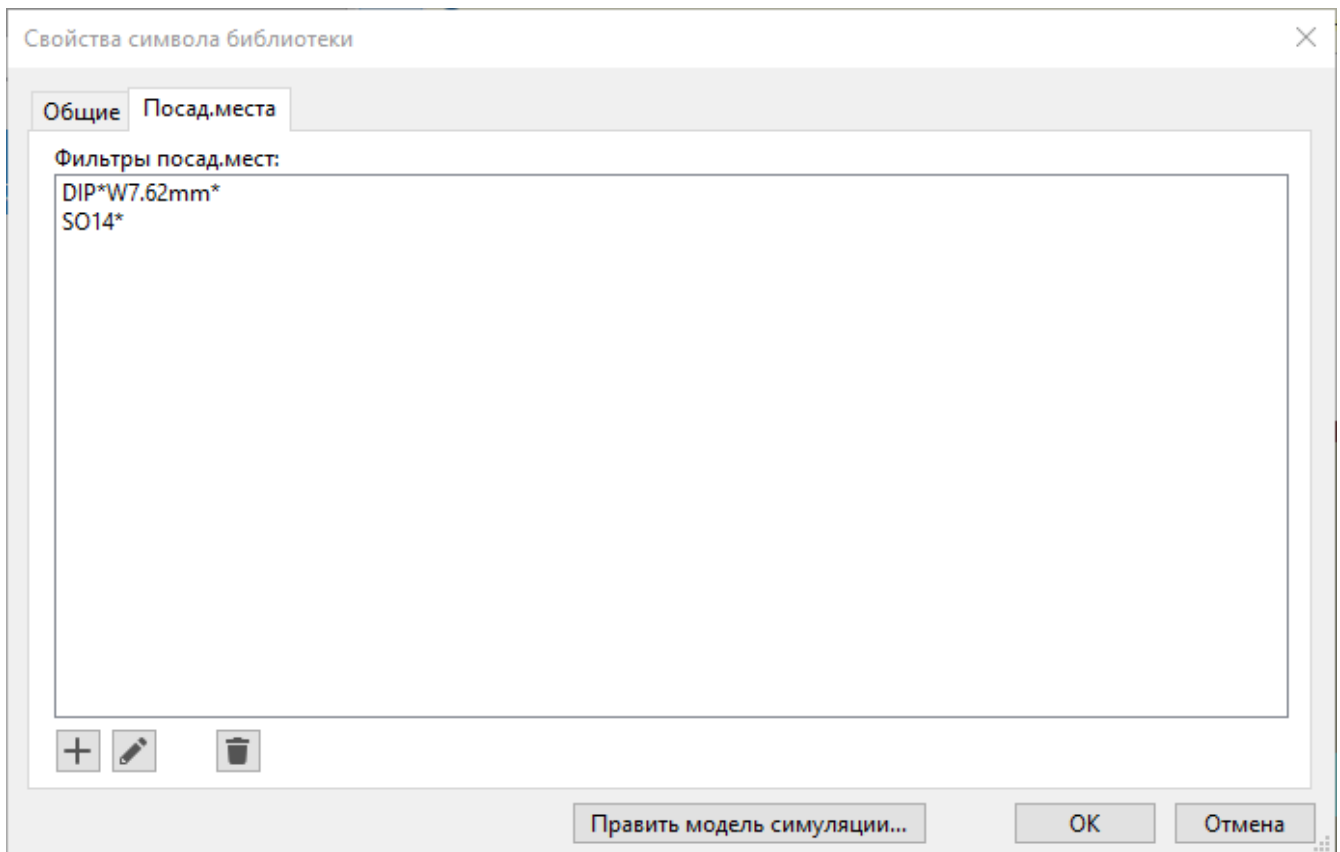
Route the new tracks between the battery and the switch, and between the switch and the resistor. Press **B** to refill the zones.

Наконец, запустите DRC, чтобы убедиться, что модифицированная плата не нарушает никаких правил проектирования.



Символы могут содержать заранее заданное посадочное место. Для таких символов нет необходимости назначать посадочное место вручную, поскольку оно было выбрано при создании символа. Но пользователи могут переназначить выбранное посадочное место в процессе назначения посадочных мест обычным образом. Определение посадочного места по умолчанию, целесообразно для символов, которым всегда или почти всегда будет назначаться одно и то же посадочное место, например, для компонентов, доступных только в одном корпусе. Для символа выключателя, по умолчанию, было [задано соответствующее посадочное место](#).

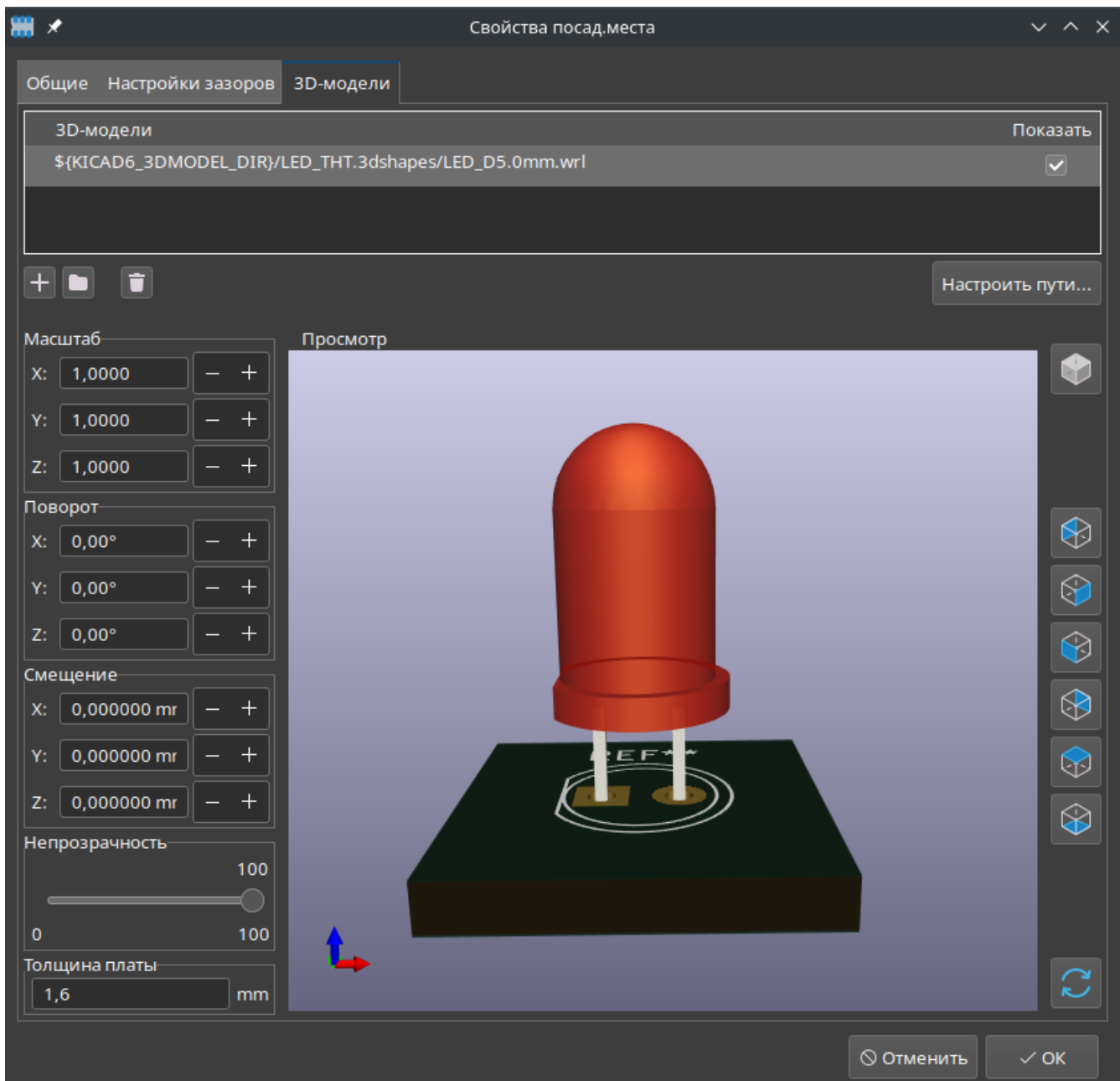
Символы также могут содержать фильтры посадочных мест, с помощью которых можно скрыть посадочные места, несовместимые с данным символом. Например, символ 74HC00 имеет фильтры посадочных мест, в результате чего в [инструменте назначения посадочных мест](#) отображаются только допустимые посадочные места DIP и SO14.



На странице [Требования KLC к фильтрам посадочных мест](#) содержат несколько полезных советов по созданию эффективных фильтров посадочных мест.

Посадочные места и 3D-модели

3D-модели компонентов хранятся в отдельных файлах. Имена файлов 3D-моделей компонентов сохраняются в посадочном месте. В каждое посадочное место может быть добавлено любое количество 3D-моделей. Имена файлов 3D-моделей, а также их масштаб, поворот, смещение и непрозрачность задаются на вкладке **3D-модели** свойств посадочного места.



Поддерживаются форматы 3D-моделей STEP (.step) и VRML (.wrl). Файлы STEP полезны в тех случаях, когда требуется точность размеров, а файлы VRML можно использовать для создания более привлекательных визуальных рендеров. Многие посадочные места, в библиотеке KiCad, имеют соответствующие 3D-модели, которые предоставляются как в формате VRML, так и в формате STEP. В посадочном месте необходимо указать только одну из двух моделей (обычно указывается имя VRML-файла). KiCad может автоматически подставлять версию STEP при экспорте 3D-модели платы для автоматизированной механической обработки.

NOTE

Не все посадочные места в библиотеке KiCad снабжены 3D-моделями, но все они содержат имя файла 3D-модели, даже если таковой не существует. Это сделано для того, чтобы впоследствии можно было добавлять 3D-модели без редактирования посадочного места.

Для создания 3D-моделей компонентов полезны такие программы как [FreeCAD](#) совместно со [StepUp Workbench](#) ; они используются для многих моделей в библиотеке KiCad. StepUp используется для генерации STEP- и VRML-файлов с корректным размещением, масштабированием и вращением.

Куда двигаться дальше

Другие образовательные ресурсы

Для получения дополнительной информации о том, как использовать KiCad, см. [документацию](#).

Есть и другие полезные ресурсы, такие как [официальный форум пользователей KiCad](#), [Discord](#) или [IRC](#), а также дополнительные [познавательные ресурсы](#) сообщества KiCad.

Чтобы узнать больше о возможностях KiCad, посетите раздел сайта [Сделано в KiCad](#) или откройте демонстрационные проекты, входящие в состав KiCad (**Файл** → **Открыть демонстрационный проект...**).

Помогите улучшить KiCad

Чтобы сообщить об ошибке или запросить какую-либо функцию, воспользуйтесь командой **Справка** → **Сообщить об ошибке** или создайте запрос на [Gitlab](#).

Чтобы узнать, как внести свой вклад в развитие KiCad, посетите страницу [Вклад разработчика](#). Пользователи также могут внести свой вклад в [развитие библиотек](#) или [документации и перевода](#). Наконец, для дальнейшего развития KiCad можно [оказать финансовую поддержку](#).