

DipTrace

САПР ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ И СХЕМОТЕХНИКИ

Руководство пользователя

ИЮНЬ, 2021

ЭТА СТРАНИЦА НАМЕРЕННО ОСТАВЛЕНА ПУСТОЙ

Введение

Данное руководство позволит легко и быстро научиться проектировать схемы, печатные платы, библиотеки корпусов и компонентов, а также изучить различные дополнительные возможности пакета программ по проектированию печатных плат DipTrace. Если у вас возникли какие-либо вопросы во время изучения руководства, свяжитесь с нами через Портал поддержки на нашем веб-сайте или по email: support@diptrace.com.

Это руководство создано для DipTrace версии 4.1.3 (июнь 2021), но будет актуальна в той или иной степени и для других версий программы.

Содержание

	0
Раздел I Создание простой схемы	5
1 Установка размера страницы и размещение рамки.....	5
2 Настройка библиотек.....	9
3 Проектирование схемотехники.....	11
4 Преобразование в плату.....	30
Раздел II Разработка печатной платы	30
1 Подготовка к трассировке.....	30
2 Автоматическая трассировка.....	41
3 Работа со слоями.....	45
4 Межслойные переходы.....	49
5 Классы сетей.....	52
6 Ручная трассировка.....	56
7 Измерение длины трасс.....	66
8 Выбор объектов по типу/слою.....	67
9 Размещение текста и графических элементов.....	70
10 Создание заливки.....	74
11 Блокировка объектов.....	84
12 Проверка проекта.....	85
13 Информация о плате.....	89
14 Панелизация.....	90
15 Печать.....	94
Раздел III Экспорт файлов для производства	96
1 DXF.....	96
2 Gerber RS-274X.....	98
3 Gerber X2.....	106
4 Excellon N/C Drill.....	107
5 ODB++.....	108
Раздел IV Создание библиотек	108
1 Разработка библиотеки корпусов.....	109
Настройка редактора корпусов	110
Создание/ сохранение библиотеки	111
Создание корпуса резистора	113
Вручную.....	113
Подключение 3D модели.....	122
Автоматически (Генератор корпусов)	124
Создание корпуса BGA-144/13x13	127
Вручную.....	127
Автоматически.....	134

Создание корпуса SOIC-28	137
2 Создание библиотеки компонентов.....	140
Настройка редактора компонентов	140
Создание компонента резистора	142
Создание конденсатора (компонент)	147
Создание символов VCC и GND	154
Создание мультисекционного компонента	157
Использование пользовательских полей	165
Создание PIC 18F24K20	168
Spice установки	175
Проверка библиотеки	176
Установка компонентов	178

Раздел V Прочие функции и инструменты 183

1 Соединения.....	184
Работа с шинами и межстраничными переходами	184
Работа с портами	189
Соединения без связей	190
Таблица связей в Схемотехнике и Редакторе Плат	194
2 Как искать компоненты в библиотеках.....	195
3 Метки компонентов.....	199
4 Авто-позиционирование и автотрассировка.....	202
5 Стек слоев.....	211
6 Высокоскоростные сети и дифференциальные сигналы.....	216
Выравнивание длины	216
Задержка сигнала	222
Создание дифференциальной пары	223
Трассировка и редактирование дифференциальных пар	227
Проверка и подстройка фаз	232
Менеджер дифференциальных пар	237
Связанные выводы дифференциальной пары	238
7 Обновление платы по схеме.....	240
8 Обратное переименование.....	241
9 Иерархическая схемотехника.....	243
10 SPICE симуляция.....	253
11 Сохранение/ загрузка правил.....	257
12 Проверка связей (ERC).....	258
13 Проверка целостности сетей.....	260
14 Установка переходов.....	263
15 Спецификация (BOM).....	267
16 Импорт/ экспорт нетлистов.....	273
17 3D предпросмотр и экспорт.....	275
18 Полезные ссылки.....	281

1 Создание простой схемы

В этой части руководства вы узнаете, как создать простую схему и сгенерировать печатную плату с помощью программного обеспечения DipTrace.

Начнем со схемы. Откройте модуль DipTrace Схемотехника, перейдите в "Пуск/ Все программы/ DipTrace/ Schematic" в ОС Windows или используйте DipTrace Launcher в MacOS.

После запуска вы можете настроить графический режим ("Вид/ Графический режим" из главного меню): Open GL, будучи наиболее универсальным, установлен по умолчанию; вы можете переключиться в режим Direct 3D, который быстрее, но больше зависит от оборудования/ драйверов /версий; попробуйте Windows GDI, если вы работаете на устаревшем компьютере.

Черный фон используется по умолчанию как наиболее удобный для глаз, но мы переключимся на белый, так как он более приемлем для печати этого руководства. Чтобы изменить цветовую схему или задать собственные цвета, перейдите в пункт главного меню "Вид/ Цветовые установки". Мы выберем белый фон из выпадающего списка Шаблон.

Редактор компонентов и Редактор корпусов используют цветовые настройки Схемотехники и Редактора плат соответственно.

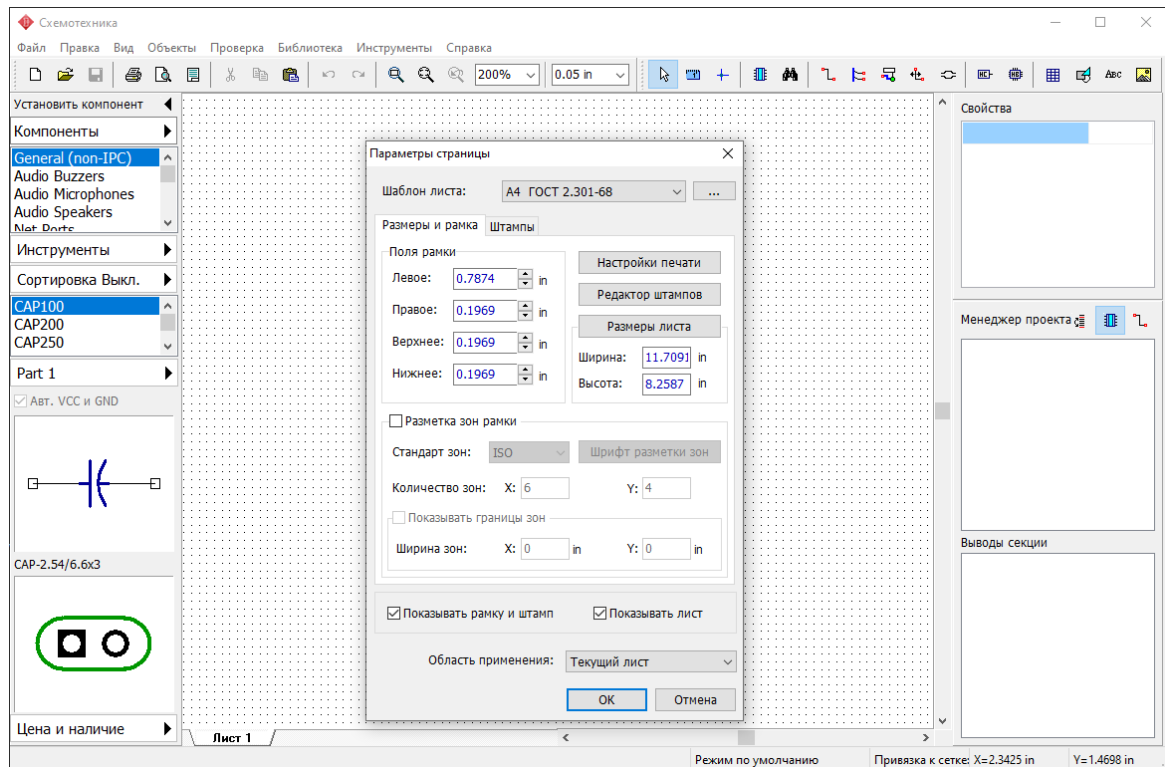
Обратите внимание, что относительные размеры панелей на снимках экрана могут отличаться от того, что вы видите на экране, из-за ограничений разрешения, примененных в этом руководстве в формате PDF.

Иногда мы будем скрывать панель Менеджер проекта, которая находится в правой части экрана, чтобы добавить место для проектирования, но, если у вас экран с высоким разрешением, вам этого делать не нужно. Выберите Вид/ Панели инструментов/ Менеджер проекта в главном меню, чтобы отобразить/ скрыть панель Менеджер проекта, или нажмите горячие клавиши *Ctrl + 2*, установленные для этой команды по умолчанию.

Некоторые примеры схем и печатных плат, представленные в этом руководстве, предназначены исключительно для демонстрации используемых инструментов, они не обязательно являются рабочими прототипами.

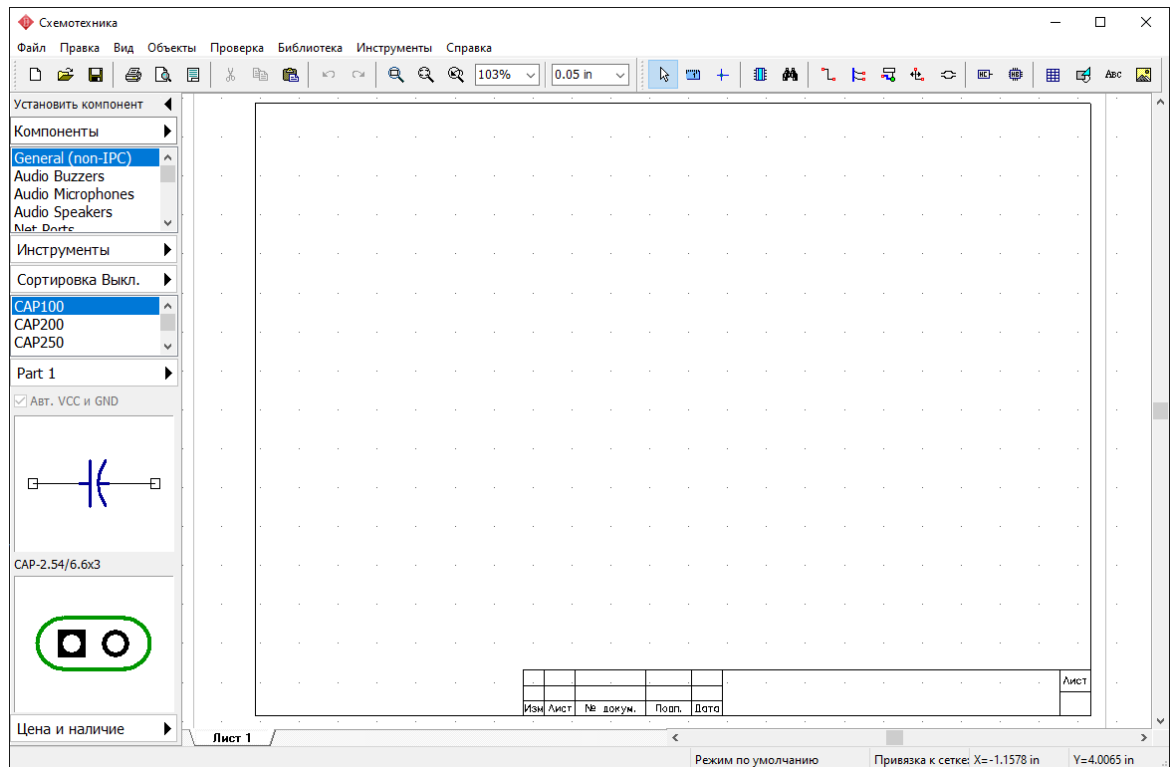
1.1 Установка размера страницы и размещение рамки

Установите размер страницы и чертежной рамки: "Файл/ Параметры страницы" из главного меню, выберите **A4 ГОСТ 2.301-6** в шаблонах листа, затем в нижней части окна установите галочки **Показывать рамку и штамп** и **Показывать лист**, затем нажмите **ОК**.



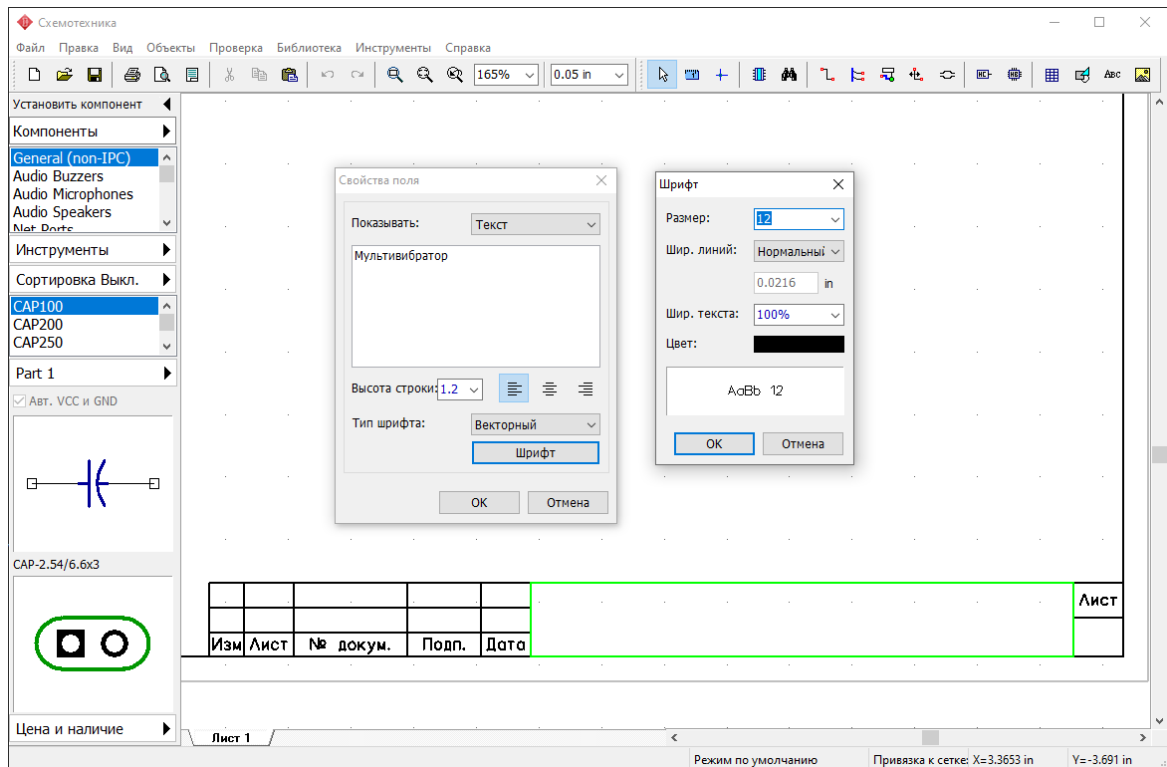
Рамку и лист можно скрыть или отобразить, выбрав "Вид/ Рамка и штамп" и "Вид/ Границы листа" из главного меню.

Нажмите кнопку - (минус) несколько раз, пока границы листа не станут видны. Кнопки +(плюс) или -(минус), а также колесо мыши изменяют масштаб схемы. Кроме того, можно изменить масштаб, выбрав нужное значение из выпадающего меню на Стандартной панели, либо просто ввести новое. Наведите указатель мыши на нужную область для более точного масштабирования. Обратите внимание, что вы можете скрыть панель Менеджер проекта, расположенную справа (сочетание клавиш *Ctrl + 2*), чтобы освободить больше места в области построения.

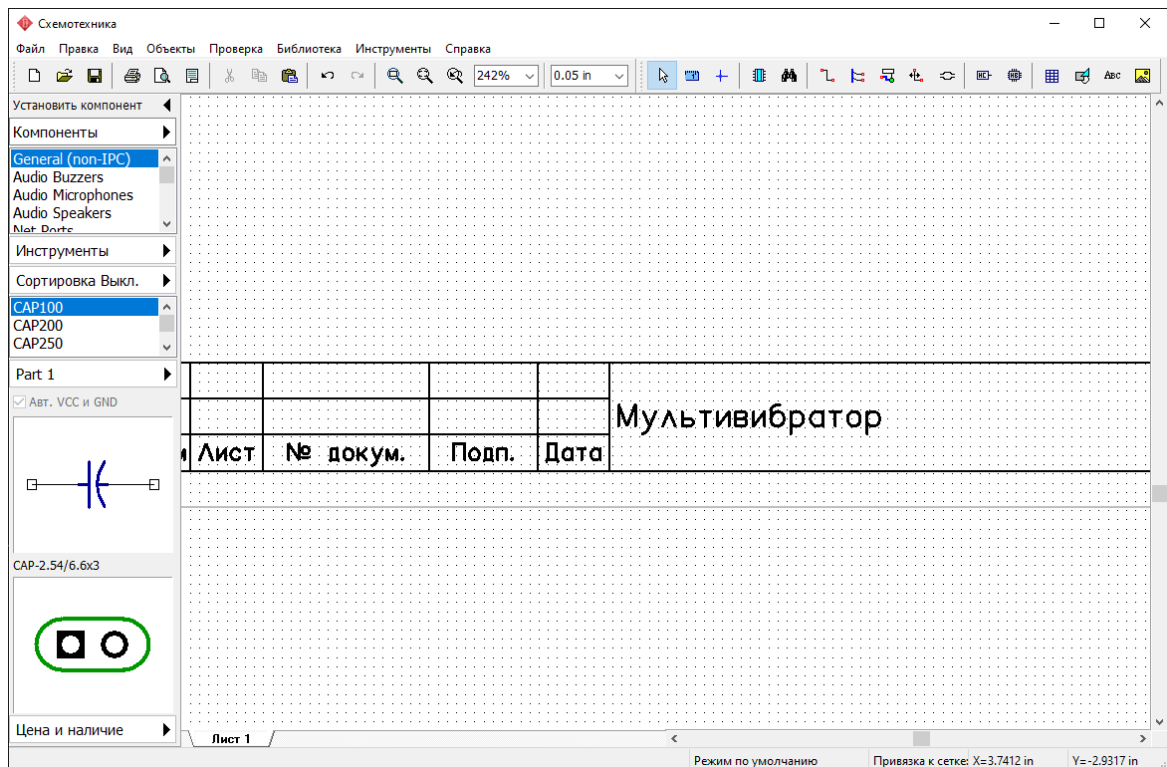


Чтобы ввести текст в то или иное поле внутри рамки, наведите курсор на нужное поле (оно должно подсветиться зеленым), затем нажмите левую кнопку мыши, появится окно со свойствами поля. В этом диалоговом окне можно ввести текст, выбрать его положение и шрифт.

Для нашей схемы введите текст "Мультивибратор", нажмите кнопку **Шрифт** и выберите размер шрифта 12. Затем нажмите **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно шрифта, после чего - ещё раз **ОК**, чтобы закрыть окно свойств поля и применить изменения.



Заметьте, что в поле можно вводить многострочный текст. Данный текст будет сохранен только для текущего проекта. Для создания пользовательских шаблонов с определенным текстом, воспользуйтесь Редактором штампов (дополнительную информацию вы найдёте в разделе Title Block Editor в Справке по схемотехнике).



Поля шаблона можно масштабировать, указав курсором на нужное место и нажимая клавишу + несколько раз или вращая колесо мыши.

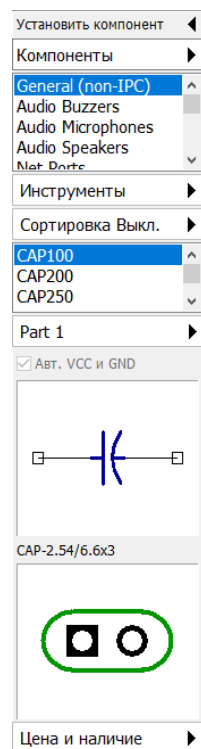
Вы можете использовать инструмент **Масштабировать окно**. Для увеличения масштаба заданного прямоугольника на все окно: щелкните кнопку

Масштабировать окно , укажите курсором левый верхний угол области, которую вы хотите увеличить, нажмите и удерживайте левую кнопку мыши и переместите курсор к противоположному углу области, затем отпустите кнопку.

Для возврата к предыдущему масштабу и положению, используйте кнопку .

Выберите "Файл / Сохранить как..." из главного меню, введите имя файла, в котором вы хотите сохранить схему, и выберите директорию. Затем нажмите кнопку **Сохранить**.

1.2 Настройка библиотек



DipTrace обладает интегрированной системой по управлению библиотеками, таким образом, изменения, сделанные в одном модуле программы, автоматически появляются в других модулях.

Все библиотеки организованы по группам библиотек. Для поиска компонента используются настраиваемые сортировочные фильтры.

На панели **Установить компонент** имеются все необходимые инструменты для управления библиотеками и установки компонентов на схему. Чтобы отрегулировать ширину панели, щелкните на ней правой кнопкой мыши и выберите предпочтительный вариант или просто наведите указатель мыши на границу панели и перетащите ее.

Настройка групп библиотек

Нажмите **Компоненты** (название кнопки показывает активную группу библиотек). По умолчанию в программе есть три группы библиотек:

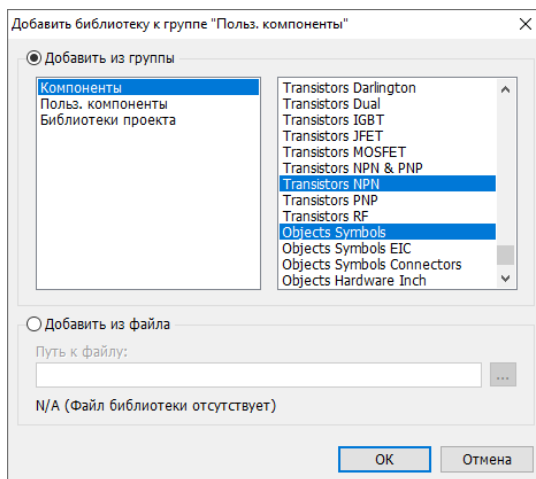
Компоненты — группа, где содержатся все стандартные библиотеки компонентов, они сортированы по алфавиту и типу; обратите внимание, что программа не позволяет вносить изменения в библиотеки данной группы.

Пользовательские компоненты — изначально эта группа пуста и предлагается как место хранения пользовательских библиотек; соответственно, пользователь может добавлять или удалять библиотеки в этой группе.

Библиотеки проекта — эта группа содержит только компоненты текущей схемы в библиотеке **Кэш проекта**; группа пуста, если в области построения не установлен ни один компонент.

Для удобства все необходимые для создания нашей схемы компоненты мы соберем в одной группе — Польз. компоненты. Выберите группу **Польз.**

компоненты, затем нажмите **Инструменты** и выберите **Добавить библиотеку к группе "Польз. компоненты"**. В появившемся диалоговом окне выберите группу библиотек **Компоненты** из списка **Добавить из группы**. Группа библиотек **Компоненты** содержит все стандартные библиотеки компонентов, которые устанавливаются вместе с программой. Выберите библиотеки: **General (non-IPC)**, **Objects Symbols** и **Transistors NPN**. Для одновременного выбора нескольких библиотек используйте клавишу **Ctrl**. Нажмите **ОК**, когда закончите.

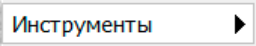


Выбранные библиотеки появятся в группе **Польз. компоненты** и мы сможем приступить к созданию схемы нашего проекта.

Добавить библиотеку из отдельного файла

Если у вас есть библиотека, которая существует просто как файл на диске и в DipTrace не отображается, то её необходимо добавить в систему библиотек программы, чтобы можно было с ней работать. Эта функция полезна в случае, когда библиотеку вы получили от другого человека, либо после переустановки

программы.

Нажмите , затем выберите **Добавить библиотеку к группе <название группы>**, выберите опцию **Добавить из файла**, а потом нажмите  и выберите файл библиотеки на жестком диске компьютера.

Кроме того, библиотеки можно подключать и в диалоговом окне **Подключение библиотек**. Там также доступны инструменты по настройке и созданию новых групп библиотек. Для того чтобы открыть диалоговое окно Подключение библиотек, выберите "Польз. Компоненты (<Текущая Группа Библиотек>)\ Подключение библиотек" на панели **Установить компонент**.

Обратите внимание, что диалоговое окно Подключение библиотек общее для всех модулей программы, поэтому в нем отображаются как библиотеки компонентов, так и библиотеки корпусов, хотя непосредственно на панели Установить компонент в Схемотехнике библиотеки корпусов недоступны.

1.3 Проектирование схемотехники

В данном разделе мы рассмотрим базовые принципы работы в модуле "Схемотехника" DipTrace.

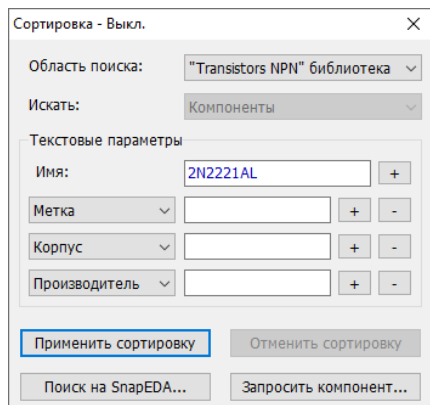
В Схемотехнике установите размер сетки 0,1 дюйма. Если отображение сетки отключено, вы можете включить его с помощью клавиши *F11*.

Соответствующий размер сетки можно выбрать из выпадающего списка на панели "Инструменты" (при первом запуске установлена сетка 0.05), или же увеличить размер сетки с помощью комбинации *Ctrl + знак плюса (+)*. Чтобы уменьшить сетку, используйте сочетание клавиш *Ctrl + знак минуса (-)*.

Если нужного размера сетки нет, то его можно добавить, для этого выберите "Вид/ Изменение стандартных" из главного меню. Точность сетки и других параметров, используемых в проекте, можно установить в диалоговом окне "Точность значений" ("Вид/ Точность"). Вы обратили внимание, что мы используем дюймы? В DipTrace можно изменить текущие единицы измерения на миллиметры или милы без потери точности, для этого выберите "Вид/ Единицы измерения" или воспользуйтесь сочетанием клавиш *Shift+U*. В данном пособии мы будем пользоваться только сочетаниями клавиш, установленными по умолчанию. Присвоить сочетания клавиш определенным действиям можно в диалоговом окне "Инструменты/ Настройки горячих клавиш". Здесь же можно восстановить горячие клавиши по умолчанию.

Приступим к созданию схемы. На панели **Установить компонент** выберите библиотеку **Transistors NPN** из группы **Польз. компоненты**.

Поиск компонента в библиотеке



Когда библиотека выбрана, внизу отображается список компонентов этой библиотеки, найдите в нем транзистор 2N2221AL или воспользуйтесь для его поиска сортировкой. Выберите "Объекты/Поиск компонентов" из главного меню, или нажмите кнопку **Сортировка Выкл.** ►.

Убедитесь, что в диалоговом окне как область поиска выбрана библиотека Transistors NPN, затем введите "2N2221AL" в поле **Имя**, и нажмите **Применить сортировку**. Теперь только компоненты с именами, в которых есть "2N2221AL", отображаются в списке компонентов библиотеки. Все остальные компоненты библиотеки скрыты, а сама кнопка теперь светится зеленым и показывает текущий статус фильтров сортировки.

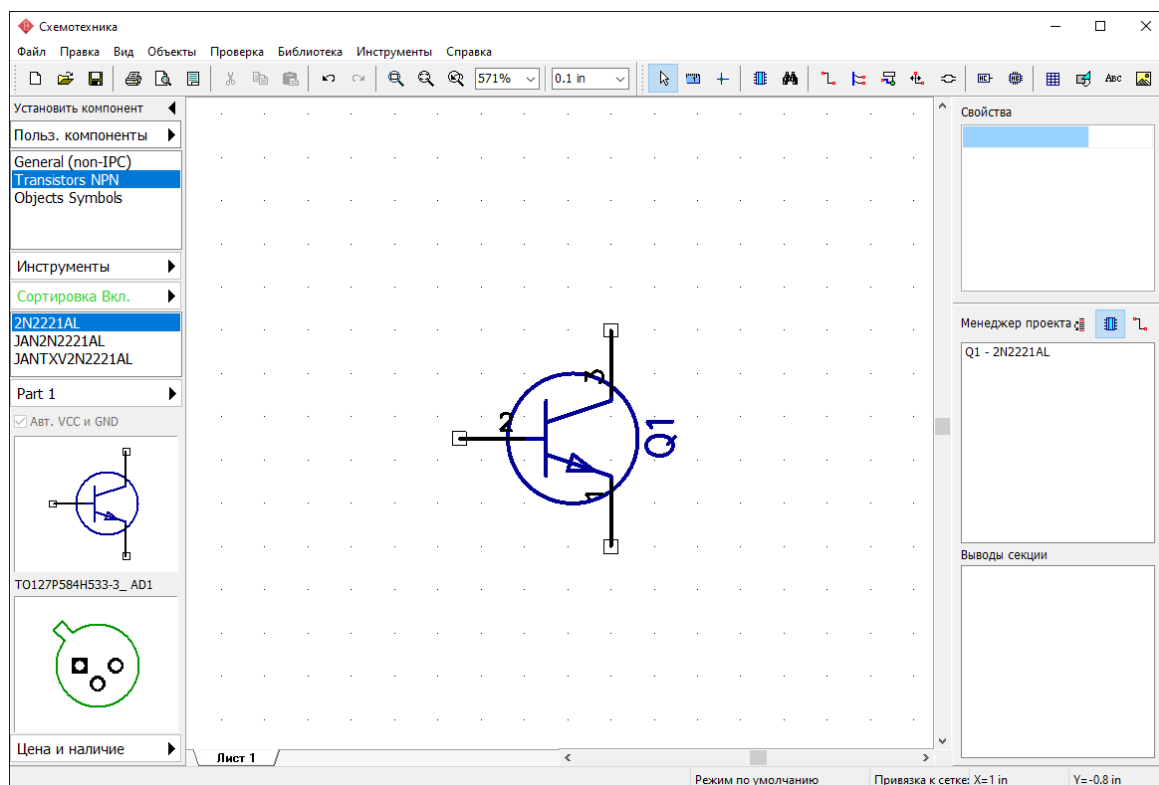
Закройте диалоговое окно.

Обратите внимание, что можно расширить диапазон отображаемых компонентов, если ввести только часть имени компонента. Если одного имени компонента недостаточно, то можно добавить новые сортировочные фильтры, которые сузят результаты сортировки. Можно отобразить только компоненты с определенной меткой, корпусом, значением, документом, производителем, и т.д.

Чтобы добавить или удалить фильтры, используйте кнопки  и .

Установка компонентов

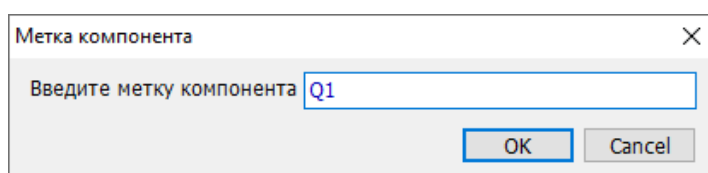
Кликните левой кнопкой по нужному транзистору на панели **Установить компонент**, затем кликните в области построения, чтобы разместить там этот транзистор. Кликните правой кнопкой мыши на пустом месте области построения, чтобы выйти из режима установки компонентов.



Для того чтобы переместить уже установленный компонент, наведите на него курсор и нажмите левую кнопку мыши. Захватив, таким образом, компонент, переместите его в нужное место, удерживая нажатой левую кнопку мыши.

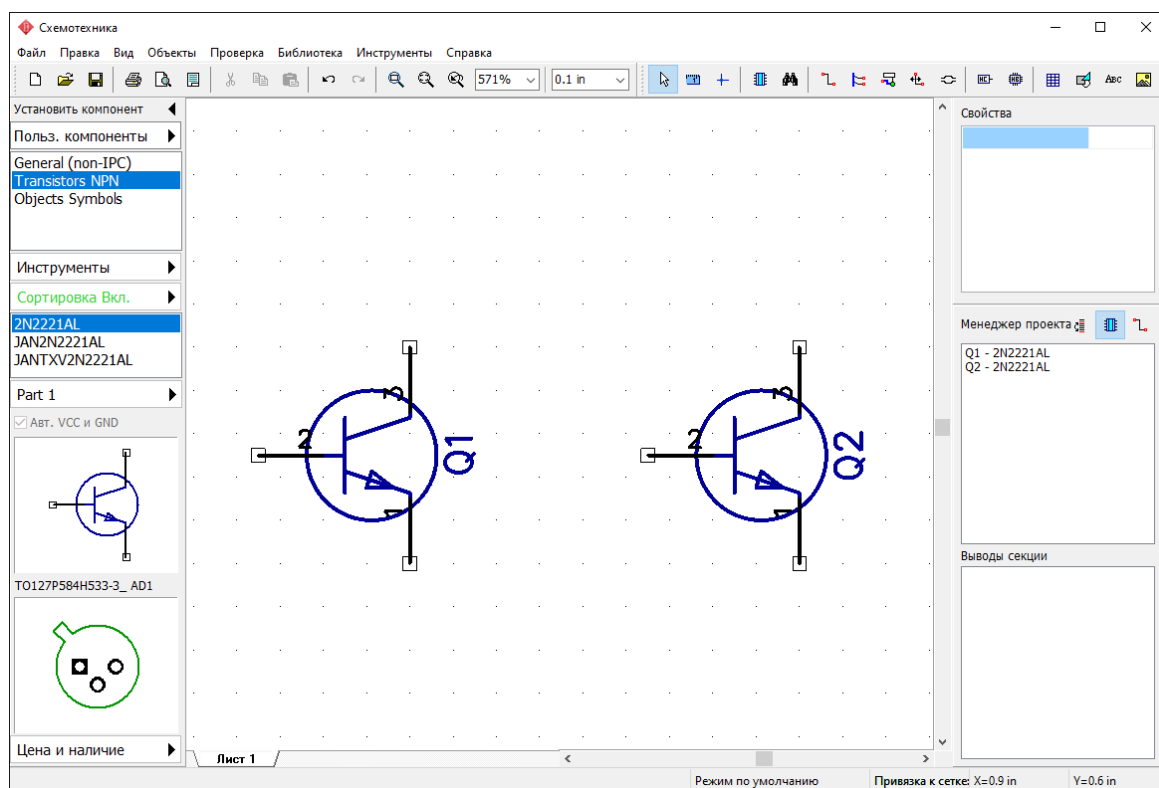
Также возможно переместить несколько компонентов одновременно. Для этого их нужно сначала выделить. Чтобы выбрать несколько объектов, нажмите и удерживайте клавишу *Ctrl*, при этом щелкайте по каждому символу, который вы хотите выделить. Есть и другой способ: переместите курсор в верхний левый угол группы символов, щелкните левой кнопкой и, удерживая ее в нажатом состоянии, переместите курсор в нижний правый угол группы, затем отпустите кнопку и переместите выделенные объекты. Отменить выделение одного из объектов можно с помощью левого щелчка с зажатой клавишей *Ctrl*.

Заметьте, что метка компонента (RefDes) транзистора—Q1. Если вы хотите изменить её, наведите курсор на символ и нажмите правую кнопку, затем выберите первый пункт (метка компонента) в контекстном меню. В диалоговом окне укажите новую метку и нажмите **ОК**. Мы оставим метку транзистора без изменений.



Для данной схемы нам нужно два транзистора, поэтому выберите повторно транзистор 2N2221AL в списке компонентов и разместите его в рабочей области. Обратите внимание, что для второго транзистора не нужно изменять

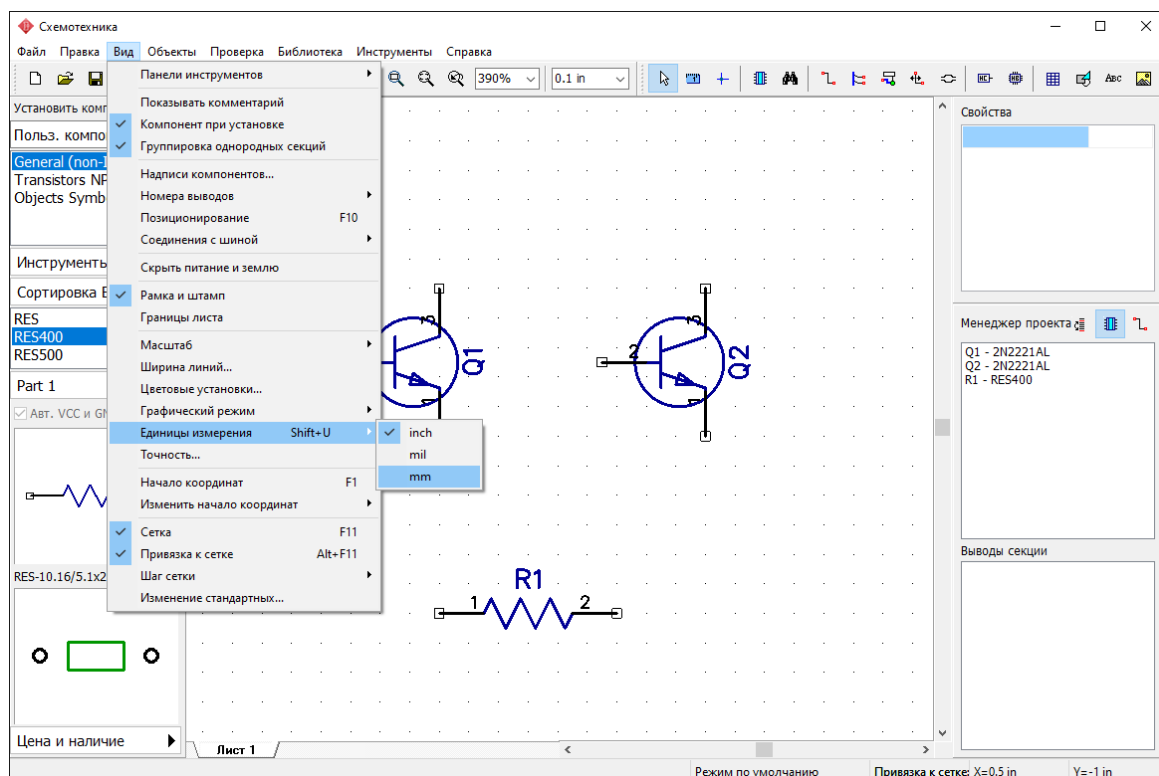
метку, это происходит автоматически. Для того чтобы повернуть компонент, нажмите клавишу *Пробел* или *R* на клавиатуре, перед тем как установить его в области построения.



Вы можете активировать опцию "Привязка к сетке", если она отключена (Вид / Привязка к сетке или Alt + F11), и положение всех вновь размещенных компонентов будет выравниваться по сетке. Статус привязки к сетке отображается в строке состояния в самой нижней части экрана.

Когда сортировка активна (о чем свидетельствует надпись на соответствующей кнопке на панели Установить компонент), все компоненты библиотеки, которые не соответствуют установленным сортировочным фильтрам, будут скрыты. Нажмите **Сортировка Вкл.**, а затем нажмите **Отменить сортировку** и закройте это диалоговое окно.

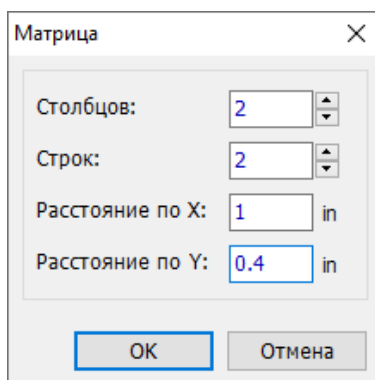
Выберите библиотеку **General (non-IPC)** и найдите в ней компонент **RES400** (из имени понятно, что это резистор с расстоянием между выводами 400 мил). Разместите компонент в рабочей области. Кстати, если вы предпочитаете работать с метрическими единицами измерения, просто выберите "Вид / Единицы измерения / mm", мы же пока этого делать не будем.



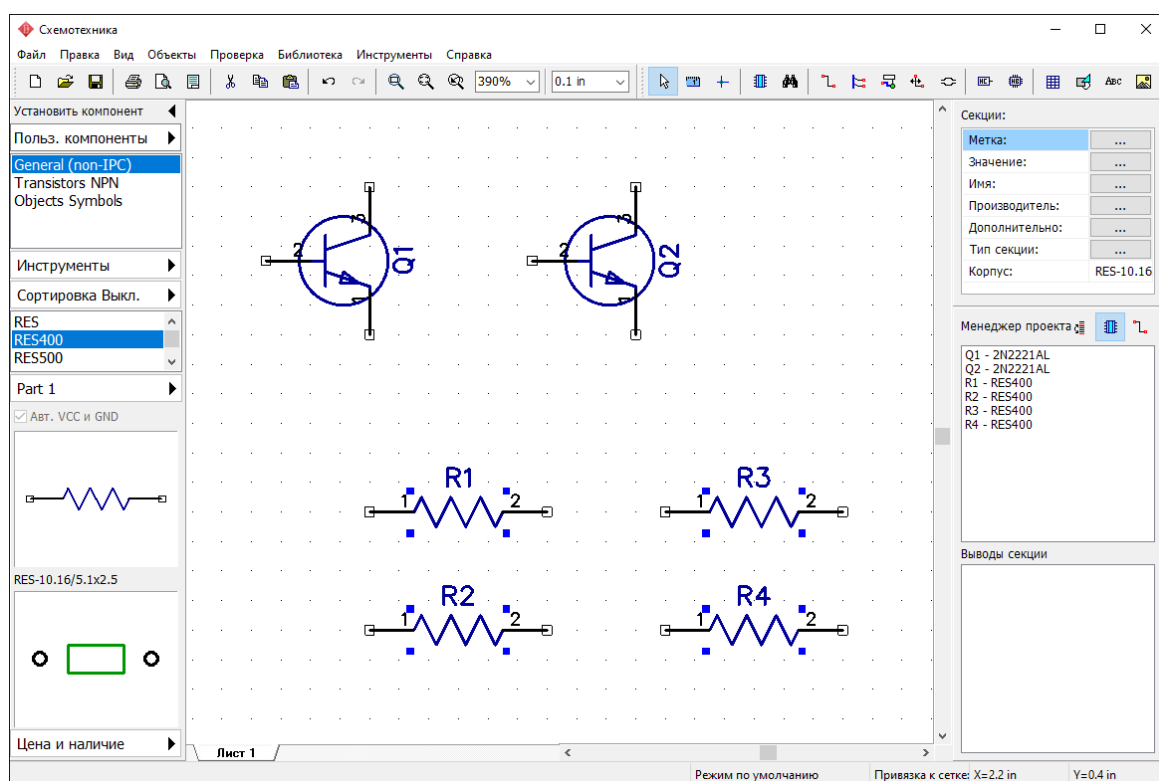
Копирование компонентов

Для схемы нам нужно 4 резистора. Вы можете их установить таким же образом, как транзисторы Q1 и Q2, но мы воспользуемся другим методом. Выделите резистор, который вы уже установили, скопируйте и вставьте его три раза. Это можно сделать двумя способами:

1. Выделите компонент и выберите "Правка/ Копировать" в главном меню или щелкните на компоненте правой кнопкой мыши и выберите Копировать из подменю (*Ctrl+C*), а затем "Правка/ Вставить" (*Ctrl+V*) три раза или щелкните правой кнопкой мыши на том месте, где вы хотите вставить символ и выберите **Вставить** в появившемся подменю.
2. Второй метод называется "Создать матрицу". Этот метод особенно хорош для массового копирования и распределения компонентов в области проектирования. Выделите резистор, затем выберите "Правка/ Создать матрицу" в главном меню (или просто нажмите комбинацию *Ctrl+M*).



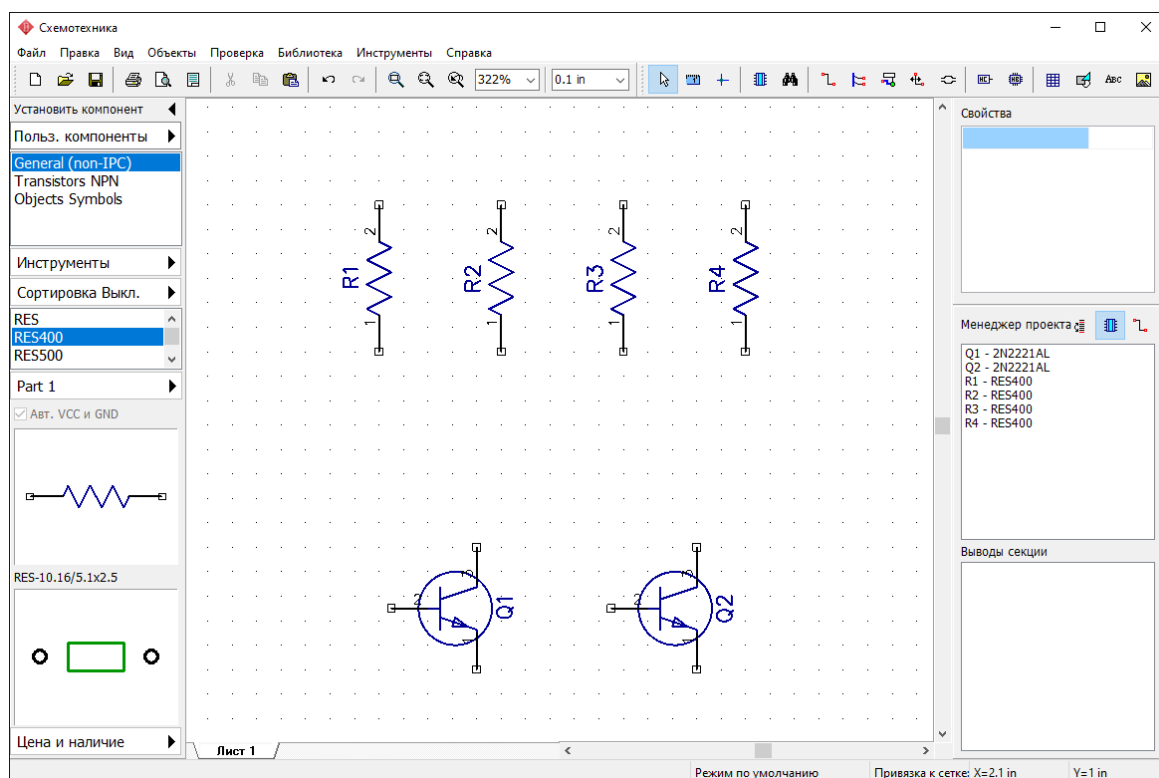
В диалоговом окне **Матрица** укажите количество столбцов и строк (в нашем случае 2 столбца и 2 строки дадут 4 резистора) и расстояния (в нашем случае 1 дюйм между столбцами и 0,4 дюйма между строками), затем нажмите **ОК**. Теперь вы можете увидеть получившуюся матрицу резисторов:



Переместите резисторы в нужное положение, как на изображении ниже (используйте мышку или стрелки на клавиатуре для ортогонального перемещения), и поверните их на 90 градусов, используя *Пробел* или клавишу *R* для вращения выбранных символов. Также можно выбрать команду "Правка/ Вращение" из главного меню или кликнуть правой кнопкой мыши на символе и выбрать **Вращение** из подменю. При перемещении символов с помощью мыши появятся направляющие, помогающие выровнять объекты относительно друг друга.

Заметьте, что проект можно панорамировать, используя правую кнопку или колесо мыши: установите курсор в области построения, затем нажмите и удерживайте правую кнопку или колесо мыши и переместите

проект в новое положение.



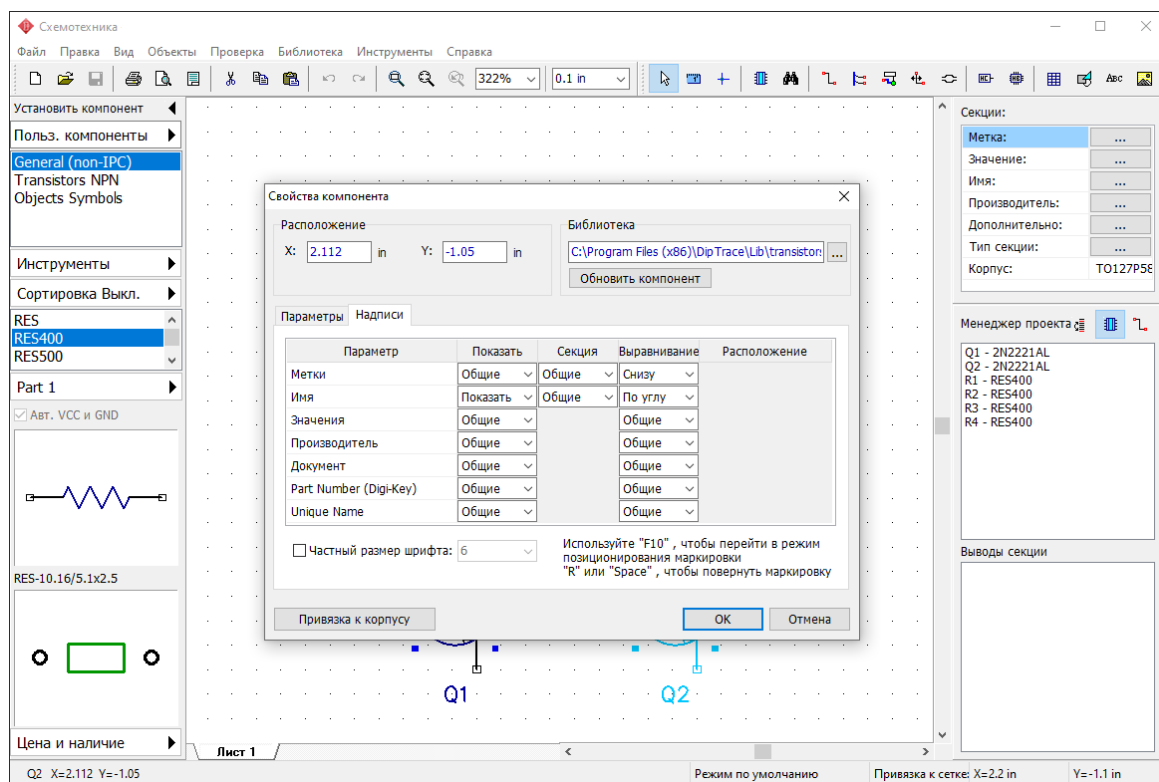
Настройка маркировки компонента

Расположение меток компонентов Q1 и Q2 нас не устраивает, мы хотим, чтобы они были под символами компонентов, а не рядом с ними. Чтобы изменить положение меток, выберите оба транзистора, затем кликните правой кнопкой мыши по одному из них, и выберите **Свойства** из подменю. В появившемся диалоговом окне выберите закладку **Надписи** и выберите **Выравнивание: Снизу** для параметра "Метки".

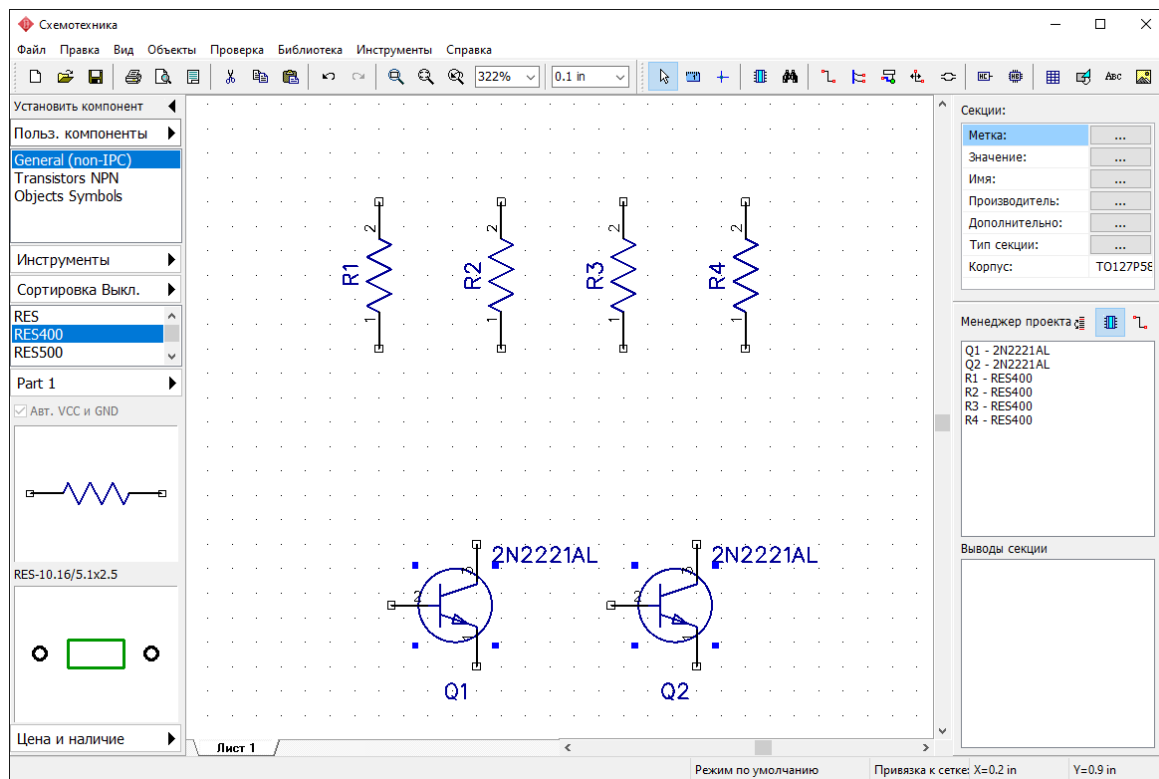
Нам нужно видеть не только метки, но и имена этих транзисторов прямо на схеме. Для этого выберите вариант **"Показать"** из выпадающего списка **Показать** и **"Выравнивание: По углу"** для параметра **"Имя"**.

Обратите внимание, что метки компонентов уже отображены в области построения, хотя мы их не выбирали, и в этих полях стоит значение **Общие**. Это означает, что применяются общие параметры отображения, установленные для всех компонентов схемы (задаются через **"Вид/ Надписи компонентов"**).

Если необходимо более точно настроить положение маркировки по отношению к компоненту, в выпадающем списке **"Выравнивание"** выберите вариант **Расположение** — столбец **Расположение** активируется и появится возможность установить координаты X и Y, а также угол поворота для соответствующей маркировки. Нажмите , чтобы изменить положение точки привязки и задать её координаты.



Подтвердите настройки отображения маркировки, нажав **OK**.



Если вы не хотите видеть номера выводов компонентов на всей схеме, выберите "Вид/ Номера выводов/ Скрыть" в главном меню.

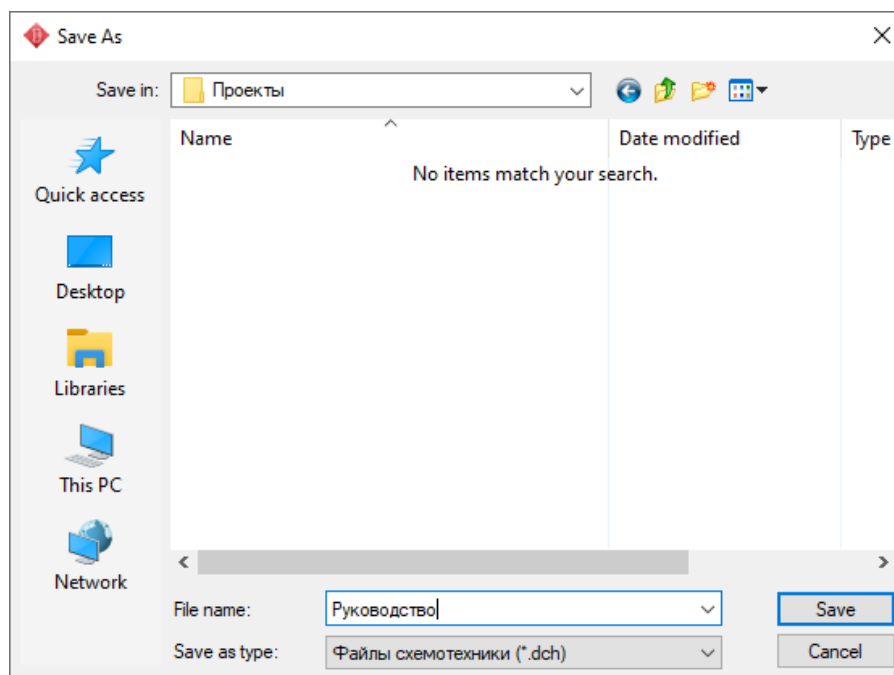
Чтобы настроить отображение номеров выводов на схеме только для определенных компонентов, кликните по ним правой кнопкой мыши, выберите **Номера выводов** и необходимый вариант (Показать/ Скрыть/ Общие установки) из подменю.

Иногда автоматическими средствами не удастся достичь желаемого расположения, поэтому маркировку любого компонента можно двигать прямо на схеме с помощью мыши. Выберите "Вид / Позиционирование F10" из главного меню или нажмите *F10* на клавиатуре, после чего захватите маркировку курсором и переместите в нужное положение. Для свободного перемещения привязку к сетке, если она активирована, лучше отключить (*Alt + F11*). Текст маркировки можно вращать во время перемещения с помощью клавиш *Пробел* или *R*.

Для доступа ко всевозможным настройкам отображения маркировок проекта по умолчанию, обращайтесь к пункту главного меню "Вид/ Надписи компонентов". Эти установки применяются ко всем компонентам на схеме, кроме тех, для которых выбраны пользовательские настройки.

Если вы случайно сделали что-то, чего не хотели, всегда можно вернуть схему на шаг назад или вперед с помощью кнопок   на стандартной панели инструментов. DipTrace запоминает до 50 шагов.

Не забывайте сохранять вашу схему. Выберите "Файл / Сохранить" или нажмите на дискету на стандартной панели инструментов. Если текущая схема еще не сохранялась, то появится диалоговое окно **Сохранить как**, в нем следует выбрать директорию и ввести имя файла схемы. Если схема уже сохранена в файле, то простого нажатия *Ctrl+S* уже достаточно. Диалоговое окно **Сохранить как** можно вызвать отдельно с помощью главного меню (пункт "Файл") и сохранить схему в еще одном файле, это часто необходимо в качестве меры предосторожности.

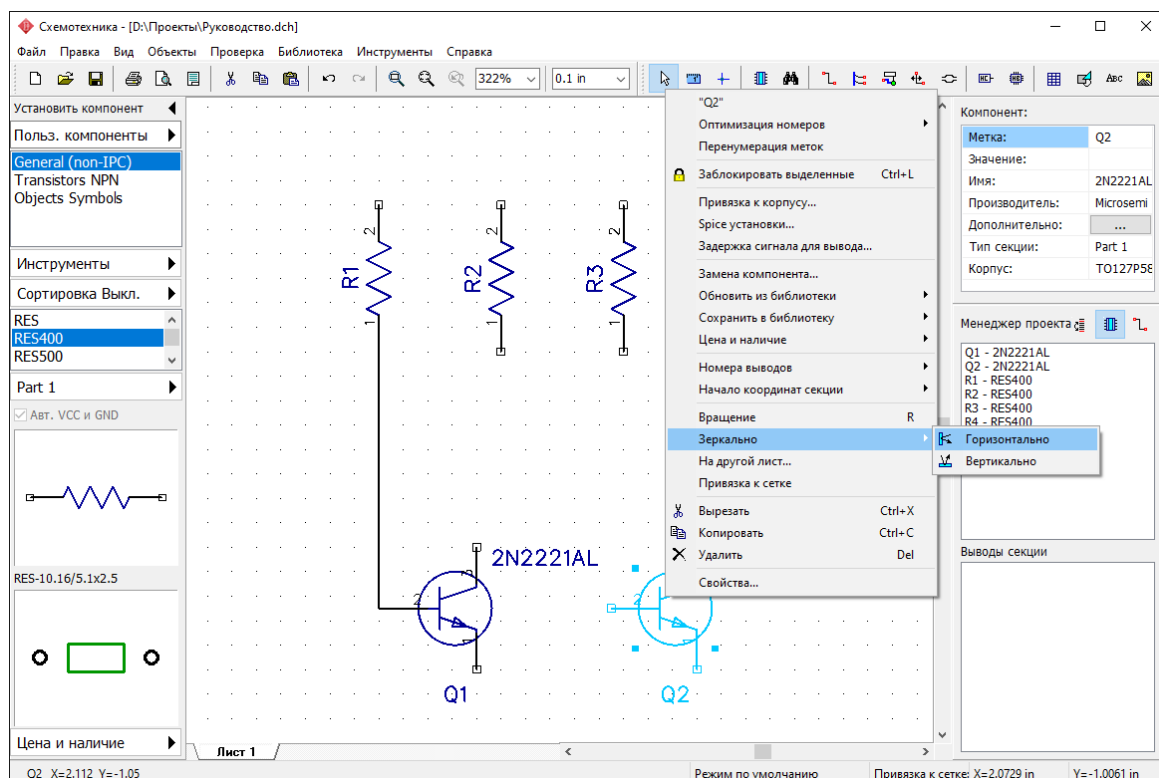


Создание связей

Давайте соединим вывод №1 резистора R1 с базой транзистора Q1 (вывод №2). Сначала убедимся, что мы находимся в режиме по умолчанию

(кнопка  находится в нажатом положении). Наведите курсор мыши на вывод №1 резистора R1, кликните по нему один раз левой кнопкой - режим **Установка связи** активируется автоматически; затем наведите мышь на вывод базы транзистора Q1 и кликните по нему, чтобы создать связь между компонентами.

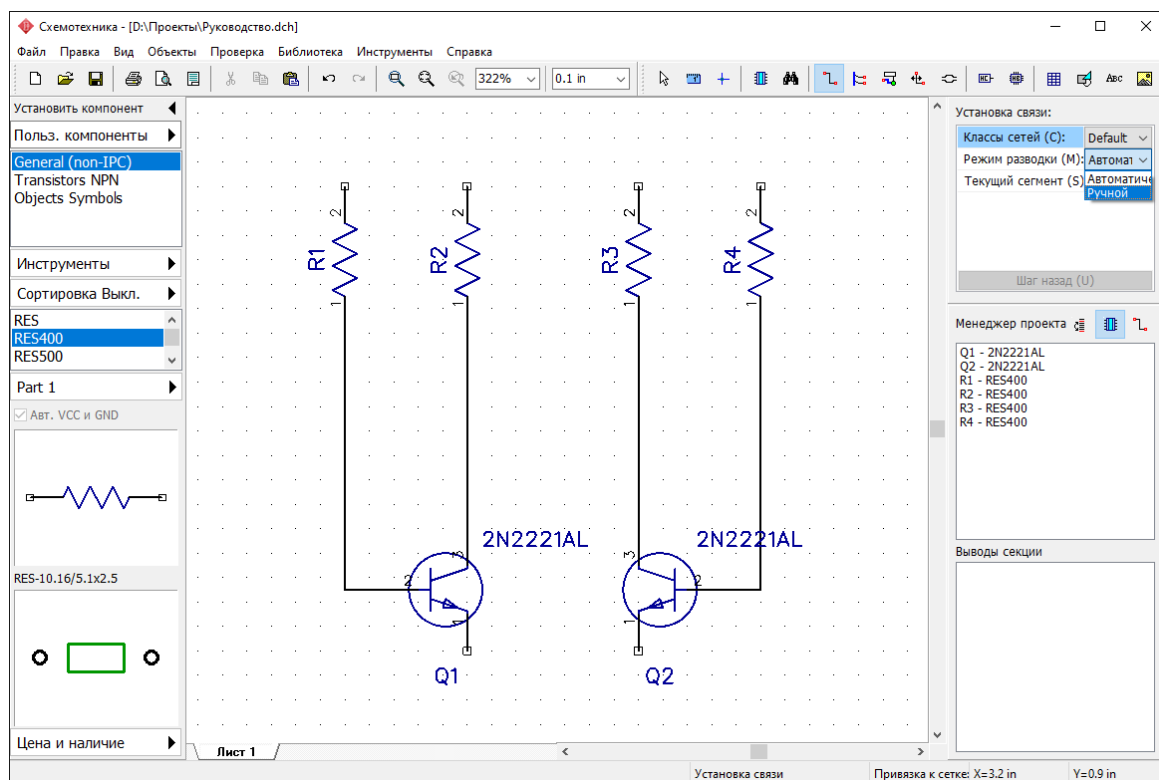
Теперь нам нужно зеркально отобразить транзистор Q2, так нам будет легче рисовать эту схему. Сперва вернитесь в режим По умолчанию (кликните правой кнопкой на пустом месте), затем кликните правой кнопкой по транзистору и выберите "Зеркально/ Горизонтально" из подменю.



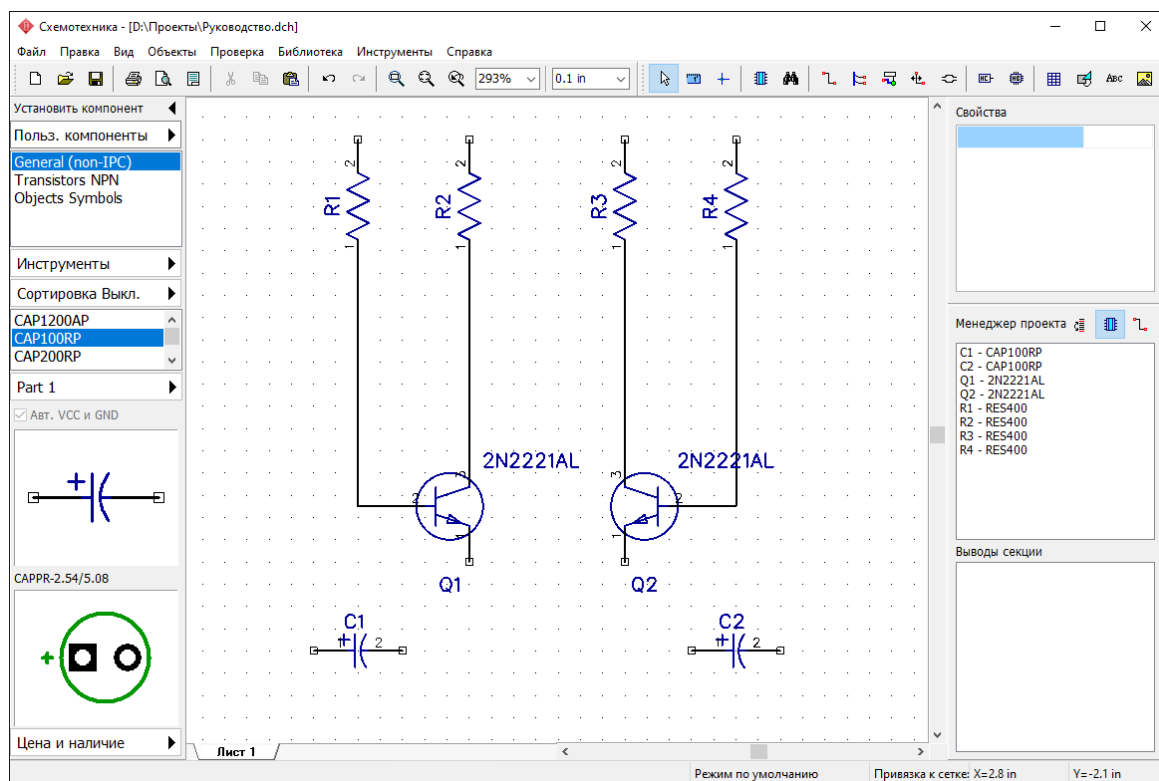
Подсоедините R4 к базе Q2, R2 к коллектору Q1 и R3 к коллектору Q2, как показано на рисунке ниже.

По умолчанию DipTrace создает линии связей в автоматическом режиме, если вы хотите полностью контролировать то, как рисуется линия связи между выводами, нужно в режиме установки связи (когда нажата кнопка ) на панели **Установка связи** справа выбрать **Ручной** в поле **Режим разводки**, или просто нажмите *M* на клавиатуре.

Наверняка вам потребуется немного подвигать линии связи или компоненты, чтобы они располагались ровнее и схема выглядела аккуратнее. Для перемещения резистора наведите курсор на него, нажмите левую кнопку и удерживая ее двигайте компонент. В нужном положении отпустите кнопку.



Теперь выберите конденсатор **CAP100RP** из библиотеки **General (non-IPC)** и разместите его дважды.

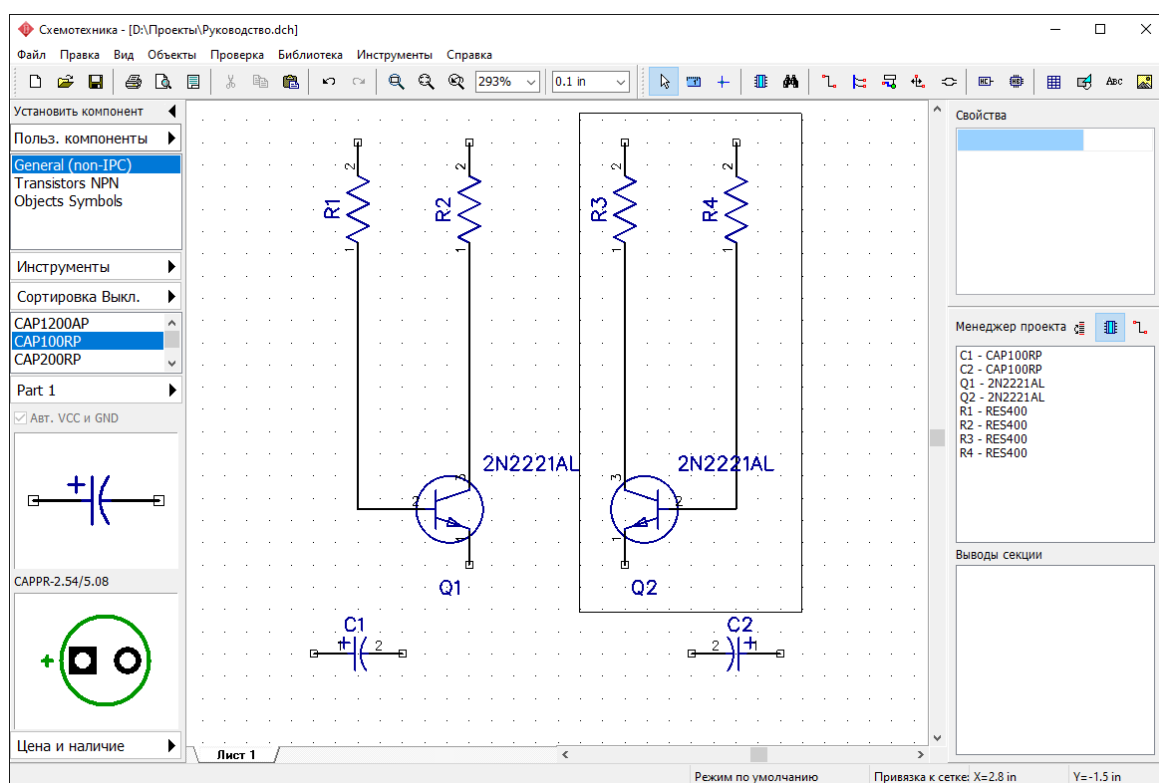


Разверните зеркально C2, чтобы положительный вывод был с правой стороны, для этого щелкните правой кнопкой и выберите "Зеркально/Горизонтально" из подменю компонента.

Переместите конденсаторы C1 и C2 в положение между транзисторами Q1 и Q2 с соблюдением полярности.

В случае если расстояние между компонентами недостаточное, схему нужно немного подкорректировать.

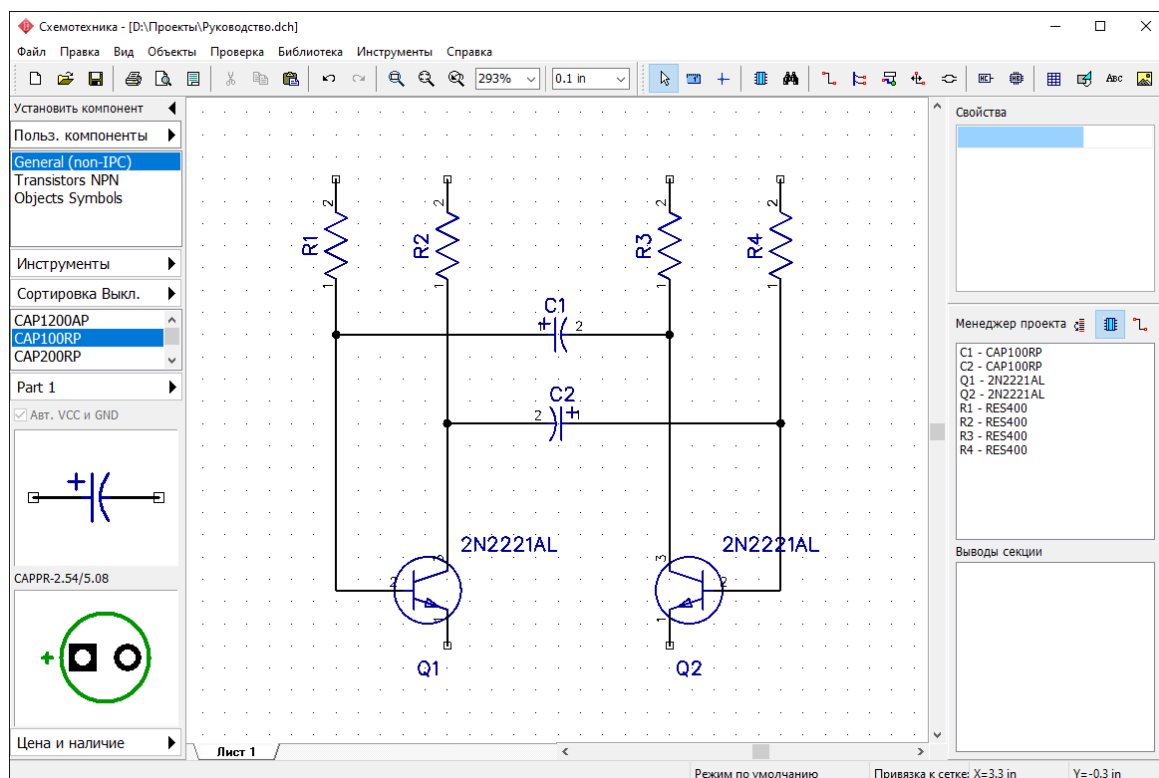
Выделите компоненты Q2, R3, R4 и связи между ними, чтобы впоследствии сместить их (зажав левую кнопку мыши переместите курсор так, чтобы обозначить прямоугольную область выделения, все объекты внутри этого прямоугольника будут выбраны, когда вы отпустите кнопку мыши).



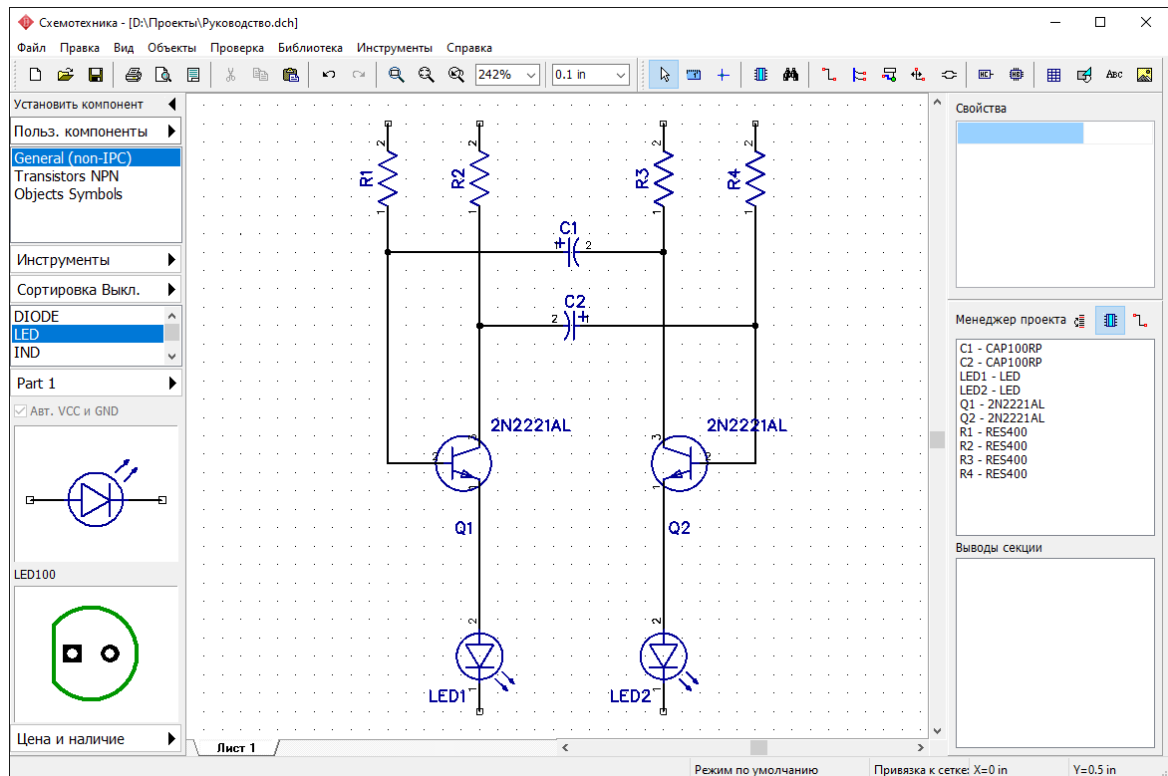
Теперь, зажав левую кнопку мыши на одном из выбранных компонентов, можно переместить их немного правее, чтобы освободить больше места для нормального подключения конденсаторов.

Нажмите правую кнопку мыши один раз для отмены выделения, если вы в режиме по умолчанию, и два раза, если вы в другом режиме (первый щелчок возвращает в режим по умолчанию, второй - отменяет выделение).

Соедините C1: 1 (+) с базой Q1: подведите курсор мыши к выводу C1:1 (+), сделайте щелчок левой кнопкой, а потом кликните левой кнопкой по линии связи между выводами R1:1 и Q1:2; если соединение выполнено успешно, в точке соединения линий связи появится небольшой кружок. Соедините вывод №2 конденсатора C1, а также конденсатор C2 между коллектором Q1 и базой Q2, как показано на рисунке.

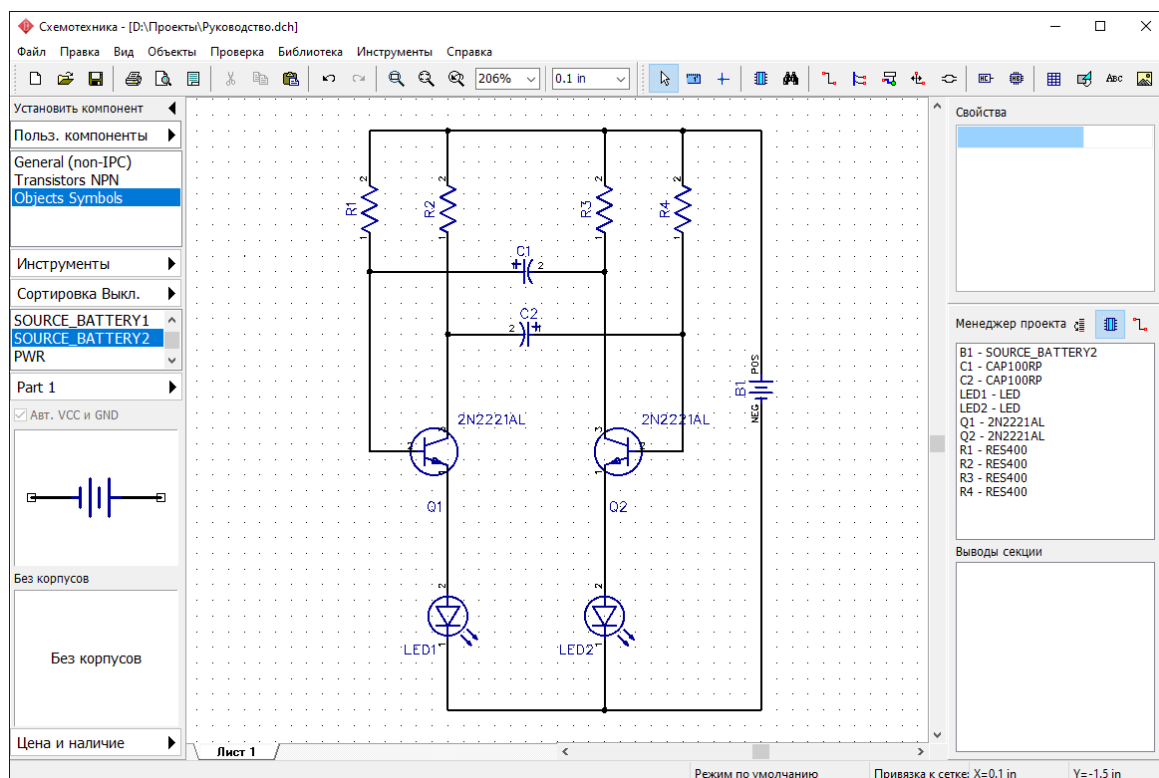


Теперь прокрутите список компонентов библиотеки **General (non-IPC)** немного ниже, чтобы найти компонент **LED** и установите два таких на схему. Затем измените их метки на "LED1" и "LED2" (для этого нужно кликнуть правой кнопкой по компоненту и выбрать самый верхний пункт из подменю), поверните эти компоненты как показано на рисунке (нажмите *R* три раза). Наверняка вам может понадобиться подкорректировать положение и угол поворота меток светодиодов, для этого воспользуйтесь инструментом **Позиционирование** (клавиша *F10*). Подключите светодиоды на схему.



Теперь на схему необходимо добавить батарею. Мы установим символ батареи **SOURCE_BATTERY2** из библиотеки **Objects Symbols**. Подключите ее на схеме, как показано на изображении ниже. Обратите внимание, что в местах соединения двух проводов (линий связи) обязательно должны быть небольшие черные круги, если их нет, то провода не соединены.

Обратите внимание, что вы можете автоматически выравнивать компоненты горизонтально или вертикально относительно друг друга, просто выберите компоненты, которые вы хотите выравнивать, щелкните правой кнопкой мыши по одному из них, выберите **Выравнивание объектов** в подменю, после чего настройте параметры выравнивания. Однако для текущей схемы это не требуется.



Если вы хотите переместить существующую линию связи, наведите на неё курсор (линия связи подсветится и программа покажет возможные направления её перемещения), теперь нажмите левую кнопку мыши и, удерживая её, переместите линию в новое положение.

Заметьте, если в режиме **Установка связи** вы щелкните по существующей связи, вы начнете создавать новую линию связи, а не редактировать существующую. Режим **Установка связи** автоматически активируется, если вы щелкните по одному из выводов компонента. Кроме того, вы можете активировать этот режим из главного меню "Объекты/ Схема/ Установка связи" или нажатием кнопки.

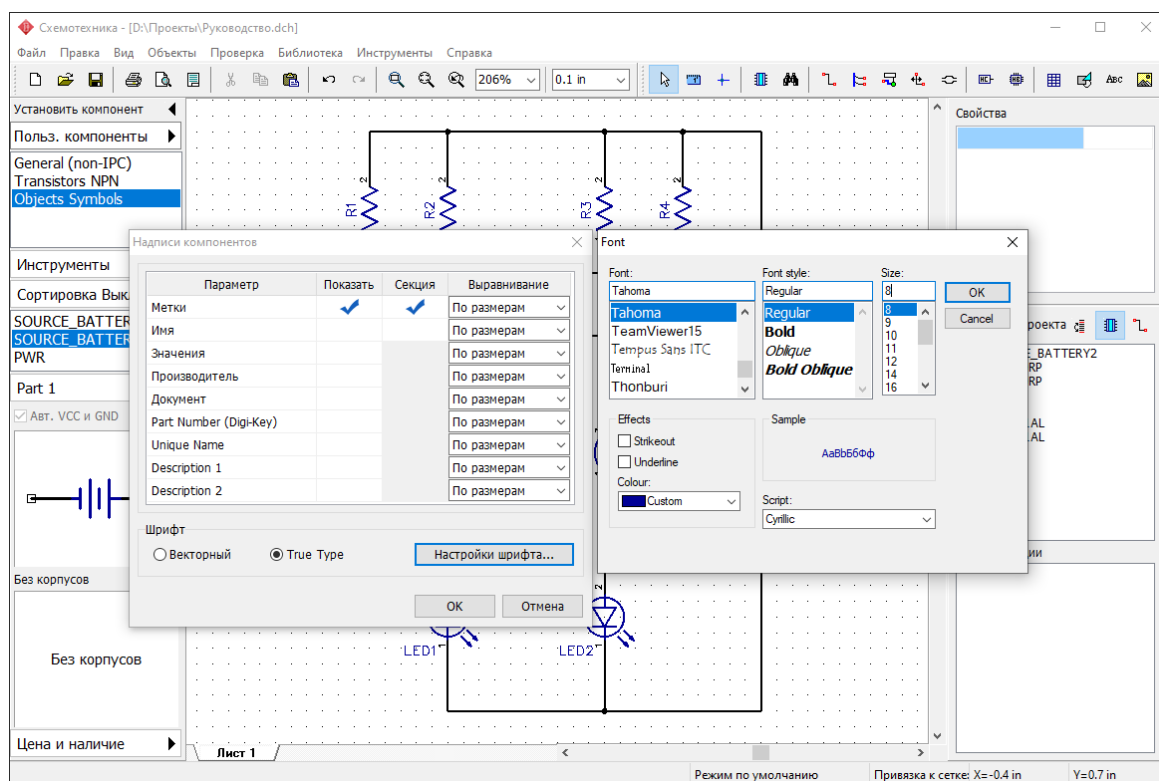
Если некоторые объекты не подсвечиваются при наведении на них курсора, щелкните правой кнопкой мыши на свободном участке области построения, чтобы перейти в режим По умолчанию.

Если вы хотите удалить связь (участок между двумя узлами), наведите курсор на линию связи, нажмите правую кнопку мыши и выберите **Удалить связь**. Для удаления участка связи выберите **Удалить линию** в подменю. Заметьте, что вы можете использовать команду **Шаг назад** для возвращения к предыдущей версии схемотехники.

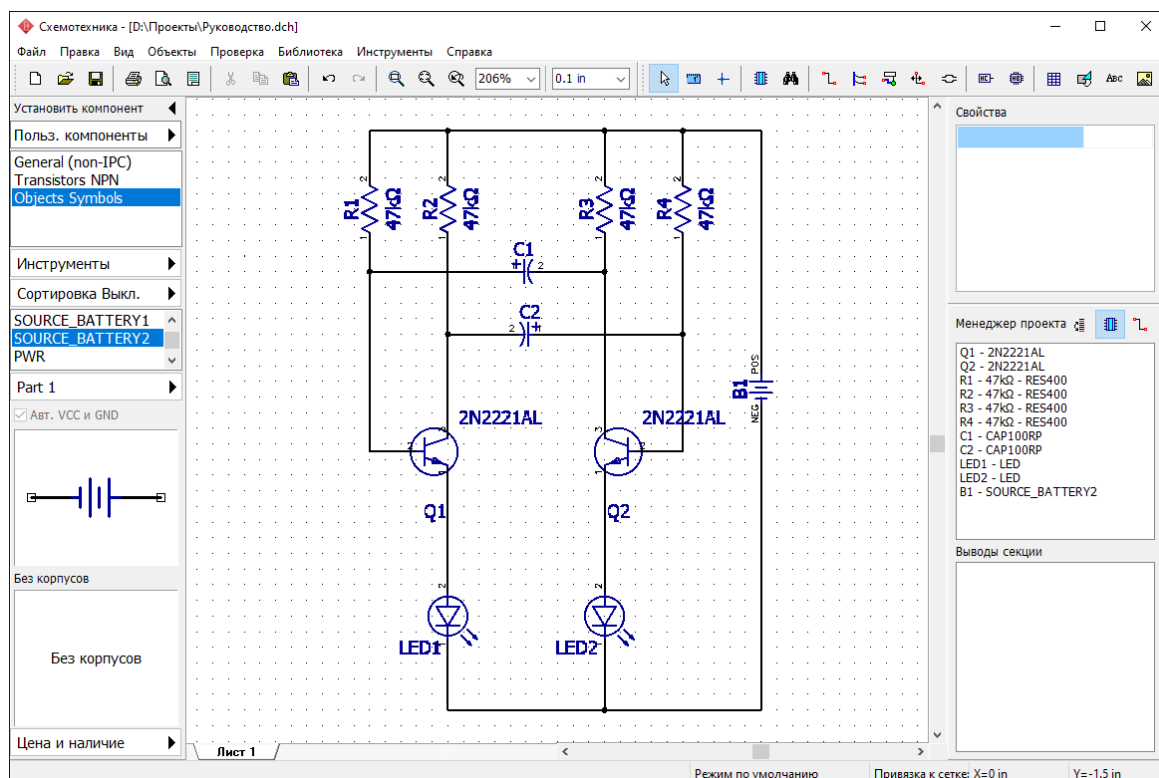
Теперь давайте добавим значение сопротивления 47kΩ для всех резисторов на этой схеме. Поскольку символ "омега" - это символ Unicode, он может некорректно отображаться в векторных шрифтах, которые по умолчанию установлены в программе. Для того чтобы программа DipTrace поняла символ "Ω", нужно использовать шрифты TrueType. Для этого выберите пункт "Вид/ Надписи компонентов" из главного меню. В диалоговом окне установите шрифт

TrueType. Поскольку символы шрифтов этого типа выглядят немного иначе, возможно, потребуется изменить его размер. Нажмите кнопку Настройки шрифта и установите размер 8 пунктов.

Специальные символы можно вводить различными способами. Мы рекомендуем копировать их из Таблицы Символов ("Пуск/ Программы/ Стандартные/ Служебные/ Таблица символов", если вы работаете на Windows).



Теперь выберите четыре резистора (зажав левую кнопку, обрисуйте область выделения вокруг них), кликните правой кнопкой на одном из выделенных резисторов, выберите **Свойства** в подменю, и введите "47kΩ" в поле **Значение** на вкладке **Параметры**. Затем щелкните вкладку **Надписи** и в столбце **Показать** из выпадающего списка выберите **Показать** для параметра **Значение**, затем щелкните **ОК**.



Обратите внимание, что компонент батареи питания мы взяли из библиотеки Objects Symbols. Все компоненты в этой библиотеке имеют только символы и не имеют корпусов (об этом говорит надпись "Без корпусов" на панели Установить компонент). Следовательно, такой компонент на плате отображаться не будет, а программа выдаст предупреждение об ошибке.

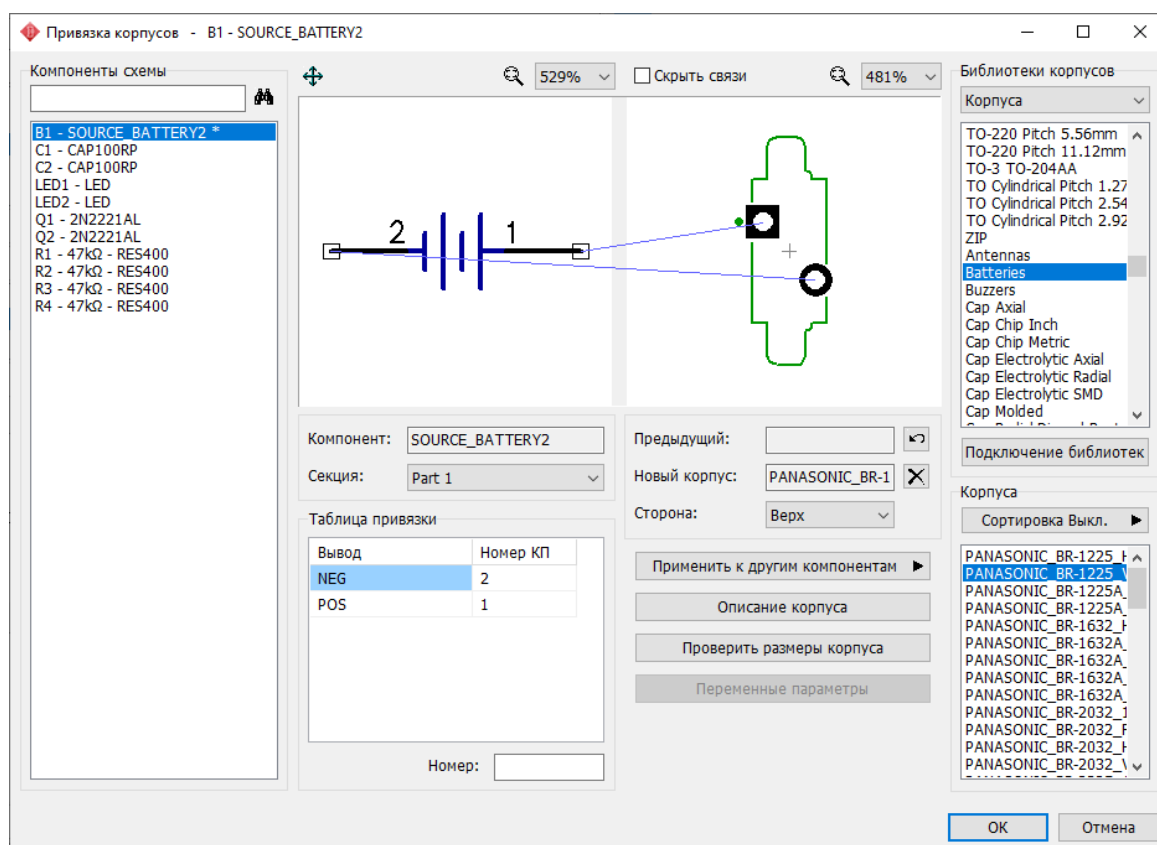
Нам необходимо прикрепить корпус к этому символу, чтобы получить полноценный рабочий компонент. Кликните правой кнопкой мыши по компоненту батареи и выберите **Привязка к корпусу** в подменю. В левой части диалогового окна вы увидите список всех компонентов текущей схемы, убедитесь что выбран **B1 - SOURCE_BATTERY2** и в окне предпросмотра вы видите символ компонента.

В правой части диалогового окна в списке **Библиотеки корпусов**, выберите группу библиотек **Корпуса**. Как вы уже знаете, в этой группе содержатся только стандартные библиотеки корпусов компонентов отдельно от их схематехнических символов. Выберите библиотеку **Batteries**, и в списке **Корпуса** (чуть ниже) найдите корпус **PANASONIC_BR-1225_VCN** (можете воспользоваться сортировочными фильтрами, если хотите). В большинстве случаев программа сама находит и назначает схематехническим выводам соответствующие контактные площадки корпуса (КП), **но в случае с данным символом этого не происходит.**

Положительная КП батареи обычно имеет квадратную форму, а отрицательная — круглую. Для установления соответствия воспользуемся **Таблицей привязки**. Кликните по соответствующему выводу в таблице и введите соответствующий номер контактной площадки в колонку **Номер КП**.

Отрицательный вывод должен быть подключен к КП №2, а положительный—к КП №1.

Вы также можете назначить соответствующие контактные площадки с помощью мыши, для этого нужно кликнуть левой кнопкой по выводу в поле предпросмотра символа, а потом—по соответствующей КП в поле предпросмотра корпуса.



Нажмите **ОК**, чтобы применить изменения и закрыть диалоговое окно **Привязка корпусов**.

Обратите внимание, что некоторые символы специально не имеют корпусов (например, символы сетевых портов VCC, GND и другие в библиотеке Net Ports).

Теперь наша схема полностью готова и может быть преобразована в плату. Не забудьте сохранить схему в файле, выберите "Файл/ Сохранить" из главного меню, нажмите на дискету на Панели инструментов или воспользуйтесь сочетанием клавиш *Ctrl+S*.

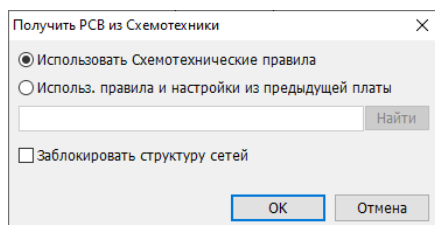
Схему можно распечатать или сохранить в формате BMP, JPG или PNG. Для сохранения в PDF формат необходимо установить сторонний PDF-принтер и выбрать его списке принтеров при выводе на печать (такие программы широко распространены в интернете).

Выберите "Файл / Предварительный просмотр" из главного меню, чтобы

полностью подготовить схемотехнику к печати. Нажмите **Печатать все**, чтобы напечатать все листы схемы, или **Печатать текущий лист** — для печати выбранного листа. Нажмите **Сохранить** чтобы сохранить схему в виде BMP/ JPG/ PNG файла с заданным разрешением.

1.4 Преобразование в плату

Сохраненные файлы Схемотехники DipTrace (*.dch) можно открывать в Редакторе плат (PCB Layout), но куда проще выбрать "Файл / Преобразовать в плату" из главного меню Схемотехники, также можно воспользоваться сочетанием клавиш *Ctrl+B*. В диалоговом окне вы можете применить текущие правила схемы для платы, либо использовать настройки любой другой платы. Нажмите **ОК** и схема откроется в Редакторе плат.



В случае некорректного выхода из программы или если вы случайно забыли сохранить проект, можно попробовать восстановить его выбрав "Файл/ Восстановить последний" из главного меню Схемотехники или Редактора плат.

2 Разработка печатной платы

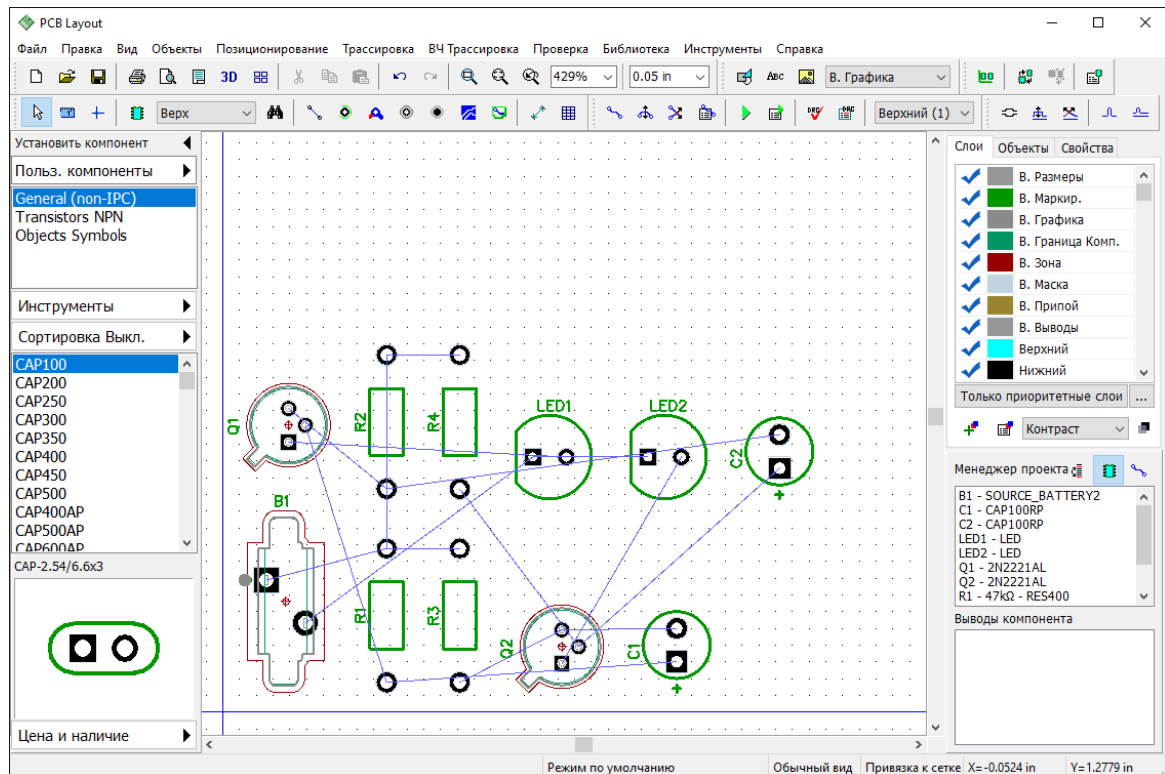
2.1 Подготовка к трассировке

Трассировка сама по себе является одним из завершающих этапов разработки платы, но её результаты напрямую зависят от того, насколько хорошо проект был подготовлен.

Сразу после того как вы преобразовали схему в плату, компоненты

расположены хаотично. Нажмите  на Панели позиционирования или выберите

"Позиционирование / Упорядочить компоненты" из главного меню, чтобы все компоненты были аккуратно сгруппированы возле точки начала координат в области построения (пересечение синих линий) в соответствии с параметрами позиционирования.

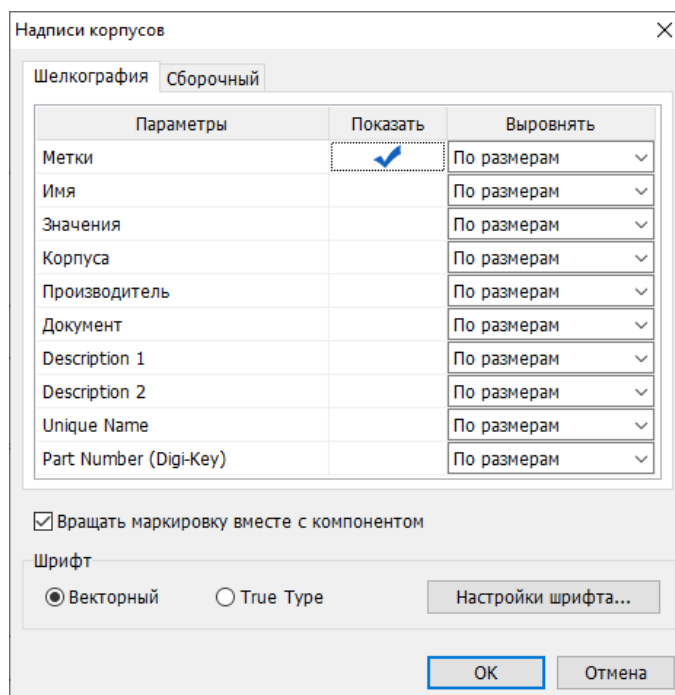


После преобразования в плату также можно использовать инструменты Авто-позиционирование и Позиционирование по списку, которые позволяют получить максимум от ручного и автоматического позиционирования компонентов. Сейчас мы расположим компоненты вручную, а с автоматическим позиционированием познакомимся в третьей части руководства на примере более сложных плат.

Надписи компонентов (маркировка)

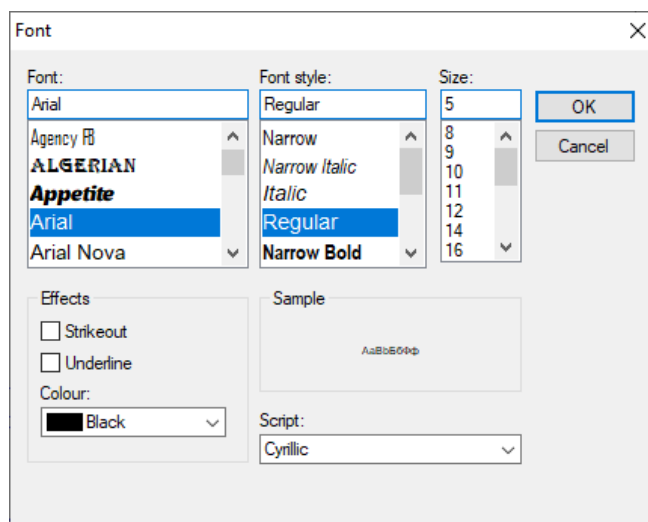
Прежде всего, давайте убедимся, что метки компонентов отображаются в области построения, для этого выберите пункт "Вид/ Надписи корпусов" из главного меню. В появившемся диалоговом окне вы можете установить параметры отображения меток в слоях Шелкография и Сборочный для всех корпусов компонентов, за исключением тех, у которых установлены пользовательские параметры.

В столбце «Показать» отметьте параметры, которые необходимо отображать; мы выберем только Метки. Вы можете оставить режим автоматического выравнивания "По размерам", что позволит DipTrace выбрать лучший вариант выравнивания для меток, или же установить любой другой доступный режим (по центру, сверху, снизу, слева, справа, по углу). Снимите флажок "Вращать маркировку вместе с компонентом, если вы хотите, чтобы метка сохраняла свое положение при повороте компонента.



Обычно для Редактора Плат лучше использовать векторные шрифты, но для корректного отображения символов Unicode необходимо изменить тип шрифта на TrueType.

Чтобы изменить параметры шрифта текста надписей, нажмите кнопку «Настройки шрифта». Вы можете выбрать любой размер, но не делайте его слишком большим (мы установим 5 пт).



Если вы хотите, чтобы какой-либо компонент на плате имел другие настройки отображения надписей, кликните правой кнопкой по корпусу компонента и выберите **Свойства** из подменю, затем переключитесь во вкладку **Надписи** и измените необходимые параметры.

Не забывайте, что вы всегда можете воспользоваться инструментом ручного перемещения надписей корпусов, который вызывается клавишей **F10** или через "Вид / Позиционирование F10". В этом режиме можно перемещать или

вращать (только с шагом 90 градусов) любые текстовые объекты на плате.

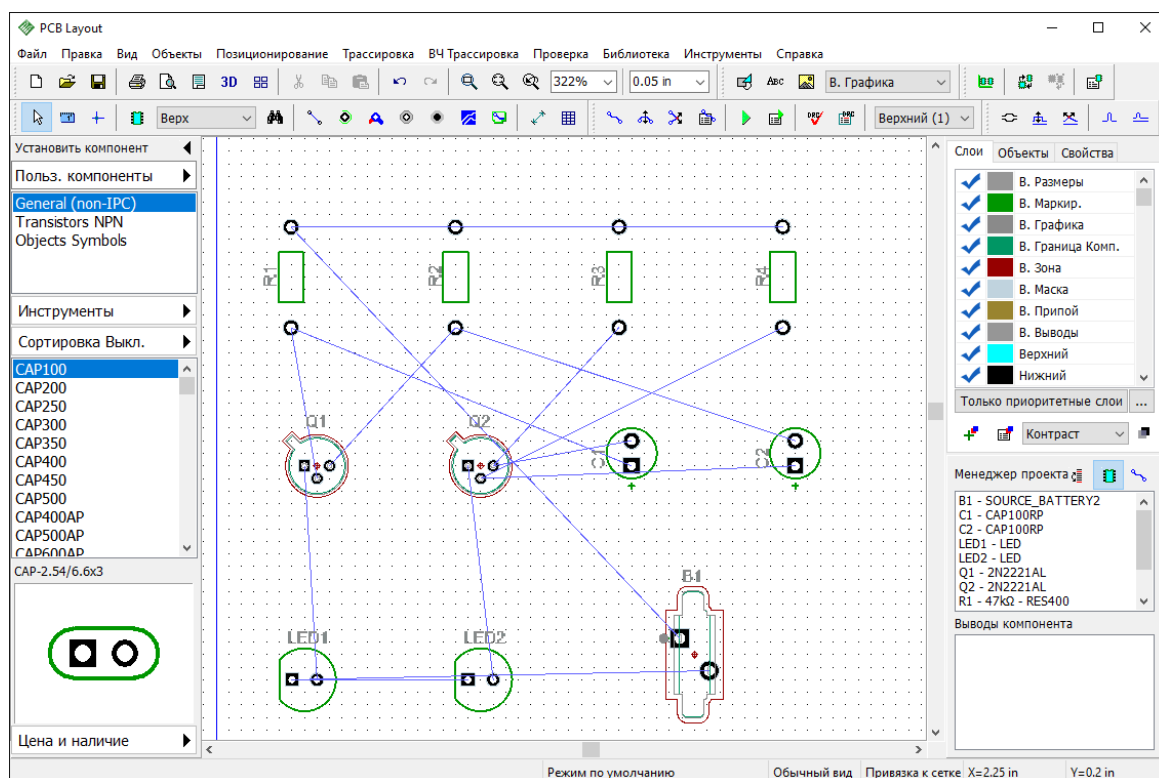
Ручное позиционирование корпусов

Теперь давайте приступим непосредственно к позиционированию компонентов в соответствии с нашими предпочтениями и требованиями проекта.

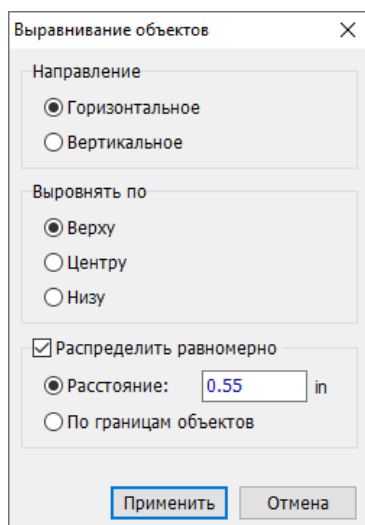
Зачастую компоненты питания группируются в одной части платы, а функциональные блоки — в другой. Если имеете дело с высокочастотными сетями, не забывайте соблюдать необходимые требования разводки и дифференциальные сигналы. Сейчас мы используем сетку размером 0.05 дюйма (1.27 мм), вы можете изменить размер сетки на панели инструментов. Для изменения единиц измерения выберите пункт "Вид/ Единицы измерения" из главного меню или нажмите *Shift+U*.

Вы можете настроить точность всех значений, используемых в текущем проекте, а также установить минимальный размер и точность сетки. Для этого откройте диалоговое окно с настройками, выбрав пункт «Точность» в меню «Вид».

Давайте расположим компоненты приблизительно как на рисунке ниже: с резисторами в верхней и светодиодами в нижней части платы. Перетаскивайте компоненты в области построения, зажимая левую кнопку мыши. Для вращения компонентов на 90 градусов во время перетаскивания, используйте горячие клавиши *R* или *Пробел*. Для того чтобы повернуть компонент на другой угол, кликните правой кнопкой мыши по нему и выберите пункт **Поворот на угол** или **Режим вращения** — и проверните компонент, соответственно, на точный угол либо визуально прямо в области построения.



Выравнивание объектов



Этот проект простой, и направляющие линии, появляющиеся при перемещении компонентов, помогут вам выровнять их относительно друг друга, но вы также можете использовать инструмент "Выравнивание объектов" для автоматической организации компонентов в строки и столбцы. Например, выберите четыре резистора (используйте клавишу *Ctrl* для одновременного выбора нескольких объектов), затем щелкните один из них правой кнопкой мыши и выберите в подменю **Выравнивание объектов**. Во всплывающем диалоговом окне установите направление **Горизонтально**, установите флажки **Распределить равномерно** и **Расстояние**, затем введите 0,55

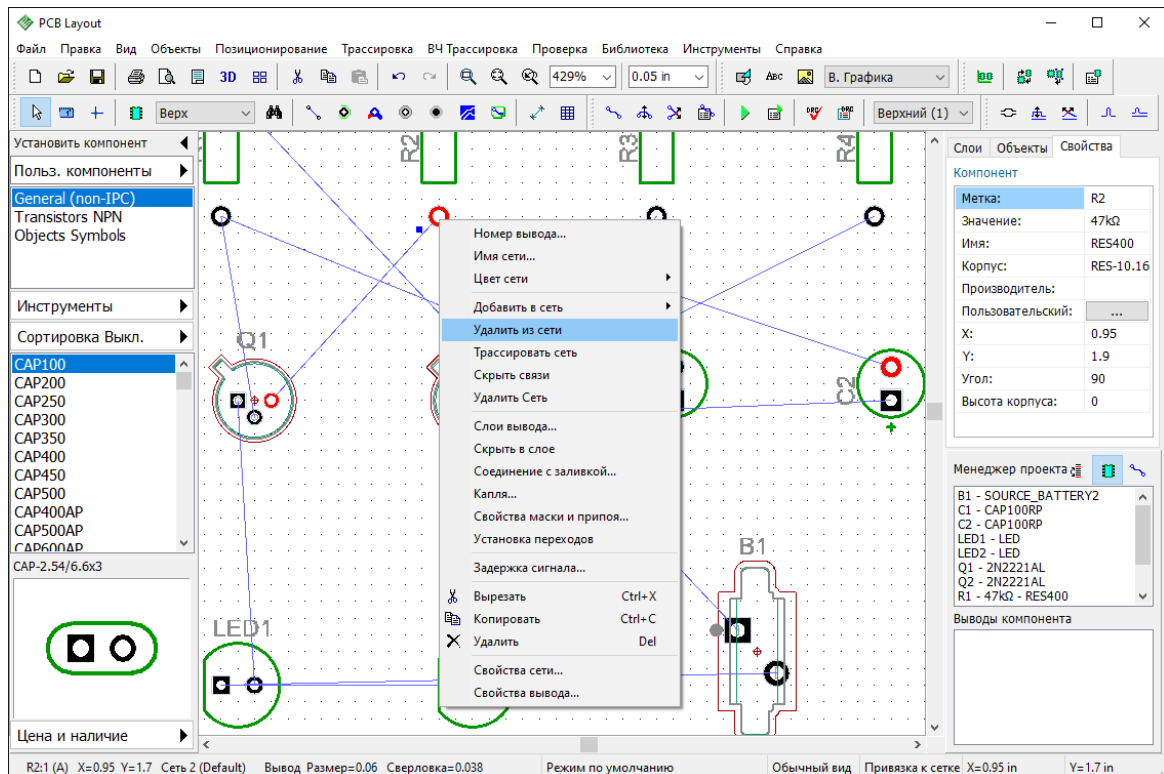
дюйма в поле **Расстояние**. Раздел "Выровнять по" в этом диалоговом окне не имеет для нас значения, потому что мы выравниваем похожие корпуса. Нажмите **Применить**.

Нажмите *F12*, чтобы оптимизировать линии связей (тонкие синие линии в области построения), это не влияет на структуру сетей, а лишь изменяет то, как сети отображаются.

Как изменить структуру сетей проекта

Давайте немного попрактикуемся в изменении структуры сетей на плате, для этого мы рассмотрим, как можно добавлять и удалять связи. Синие тонкие линии между контактами показывают логические соединения.

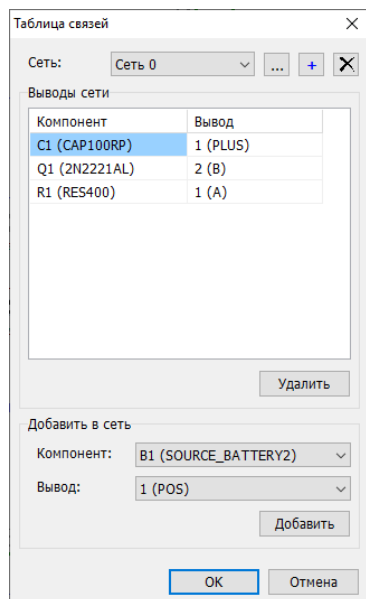
Наведите курсор на один из выводов (например, R2:1), щелкните правой кнопкой, выберите **Удалить из сети** и вывод будет удален из сети и линии связи с другими выводами исчезнут.



Чтобы создать связь вручную, нажмите на кнопку **Создать связь**  на Панели объектов, затем переместите курсор и кликните левой кнопкой мыши сначала на первой а потом на второй КП. Вы только что создали связь между выводами (появилась синяя линия). Для удаления существующей связи, нажмите правой кнопкой на выводе, а в появившемся подменю выберите **Удалить связь**.

Также можно добавить несколько выводов к сети, не создавая линии связи вручную: сделайте щелчок правой кнопкой на выводе и выберите "Добавить в сеть/ Выбрать из списка", после чего выберите сеть из списка всех сетей проекта.

Кроме того, изменить структуру сетей можно с помощью таблицы связей. На наш взгляд, это самый удобный способ создавать, удалять и переименовывать сети, а также добавлять или удалять контактные площадки корпусов из сети. Чтобы открыть таблицу, выберите "Трассировка / Таблица связей" в главном меню.



Выберите сеть из выпадающего списка **Сеть** - чуть ниже появятся все компоненты и контактные площадки, подключенные к этой сети (их можно легко добавлять или удалять). Для того чтобы добавить новую КП к сети, нужно выбрать компонент и вывод используя меню в секции **Добавить в сеть** и нажать кнопку **Добавить**.

Теперь, если вы вносили какие-либо изменения в структуру сетей, пожалуйста, нажмите кнопку **Шаг назад**, чтобы вернуться к предыдущему состоянию проекта.

Закройте Таблицу связей. Кстати, если вы каким-то образом потеряете вашу плату или схему из-за

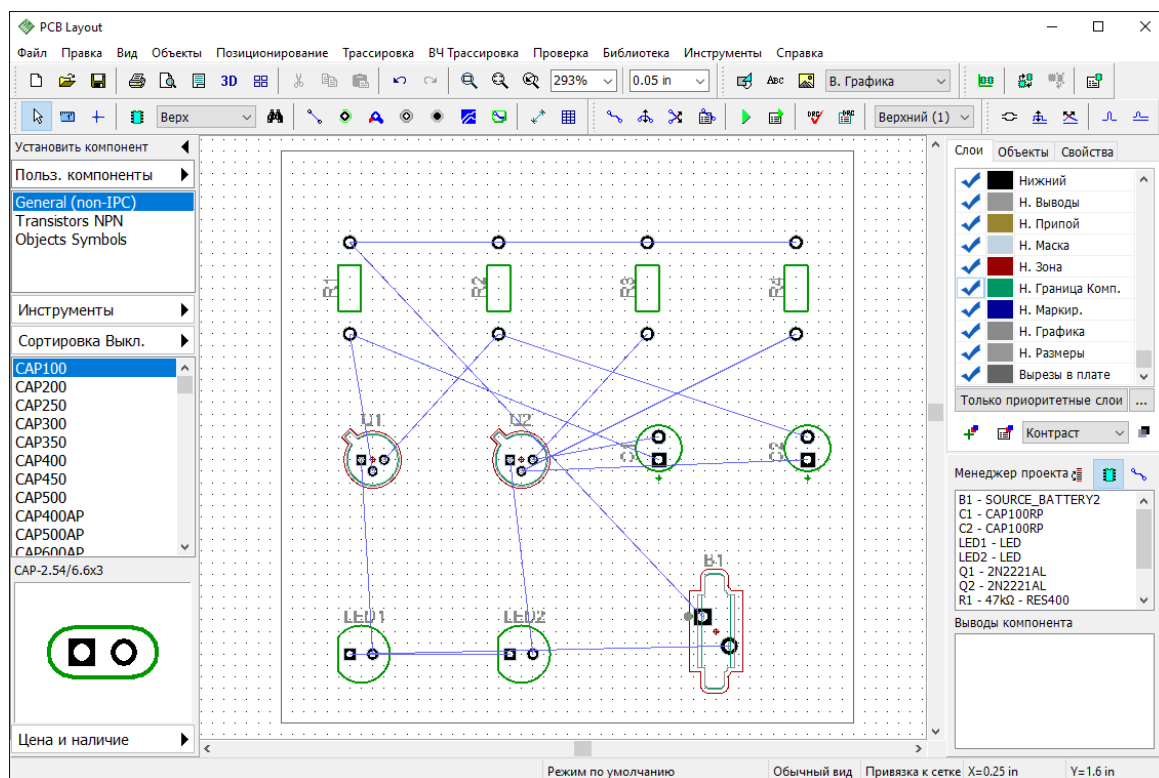
некорректного выхода из программы, воспользуйтесь функциями "Файл/ Восстановить последний" в Редакторе плат или Схемотехнике.

Чтобы исключить случайные изменения в структуре сетей проекта, можете выбрать "Трассировка/ Заблокировать структуру связей".

Границы платы

Заметьте, мы еще не задали границы платы. При использовании автотрассировщика, границы платы (многоугольник для сложных, четырехугольник для простых плат) создается автоматически в зависимости от ограничений, введенных в настройках автотрассировки. Однако в большинстве случаев размеры платы строго определяются перед расстановкой компонентов и трассировкой. Границы простых по форме плат можно создавать в DipTrace; если форма платы достаточно сложная, то в таком случае лучше воспользоваться DXF импортом.

Выберите "Объекты/ Границы платы" из главного меню или нажмите , затем, щелкая левой кнопкой мыши задайте углы платы, щелкните правой кнопкой для завершения полигона и выберите **Ввод** из подменю или нажмите клавишу *Enter*. Для данного проекта нам потребуется прямоугольная или квадратная плата с длиной сторон около 2,5 дюйма.

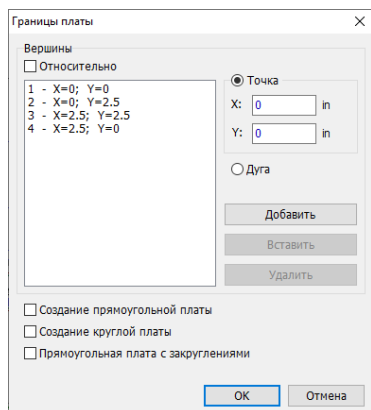


Заметьте, что вы можете построить границы платы или ее фрагмент в виде дуги, для этого при создании границ платы кликните правой кнопкой и выберите **Дуга** из подменю. Вы также можете выбрать наиболее удобный режим построения дуги (начало-конец-средняя точка; начало-центр-угол; начало-конец-радиус) из подменю.

Чтобы вставить точку в завершенный полигон, кликните правой кнопкой в необходимом месте границы платы и выберите **Вставить точку** из подменю, затем перетащите ее в другое положение, если нужно. При щелчке правой кнопкой по точке появится подменю, с помощью которого вы можете преобразовать прилегающие к ней линейные сегменты в дугу, а также удалить точку полигона. Координаты точки отображаются в виде подсказки при наведении курсора.

Ещё один способ нарисовать контур платы - разместить фигуру или ряд фигур (линии, полилинии, дуги) так, чтобы они образовывали непрерывный контур в слое **Вырезы в плате** (его следует выбрать в выпадающем списке на панели инструментов **Рисование**), затем выберите фигуру/-ы и щелкните правой кнопкой мыши - в появившемся подменю выберите **"Преобразовать в плату"**.

Есть ещё один способ создать контур платы в DipTrace, который не предполагает рисования. Выберите **"Объекты/ Координаты вершин"** из главного меню программы.



В появившемся диалоговом окне можно добавлять, вставлять и удалять точки границ платы. Координаты могут отображаться и редактироваться в абсолютных и относительных значениях (последний режим обычно более удобный).

Можно создавать дуги, для этого нужно просто поставить галочку **Дуга** и выбранная точка станет средней точкой дуги, образованной этой и двумя соседними точками.

Для автоматического создания прямоугольной платы установите галочку "Создание прямоугольной платы" и просто задайте ширину и высоту платы.

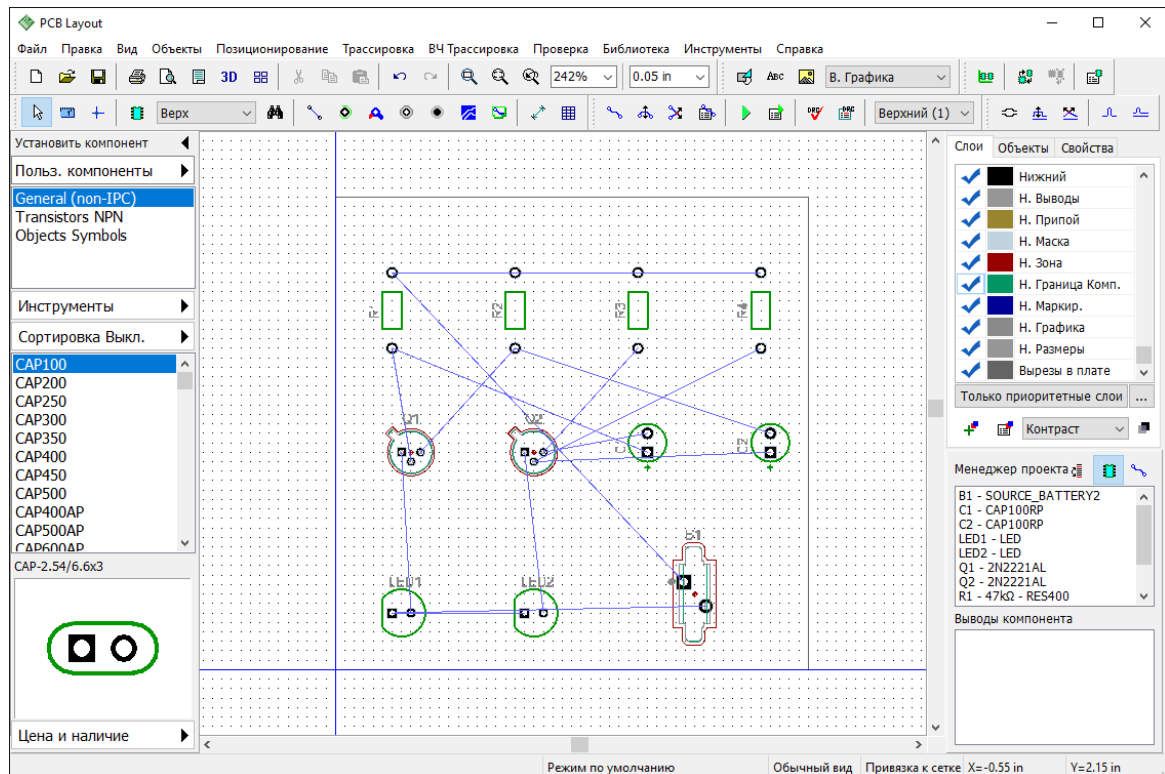
Кроме того, можно автоматически создавать круглые платы и прямоугольные платы с закругленными углами. Щелкните **ОК** для принятия изменений или **Отмена** для закрытия диалогового окна.

Также вы можете использовать "Объекты/ Удалить границы платы" из главного меню для удаления границ платы.

Начало координат

Обратите внимание, что начало координат проекта имеет большое значение и во многом определяет то, насколько удобна будет дальнейшая работа с данным проектом. Мы рекомендуем всегда размещать точку начала координат в левом нижнем углу платы (если у нее есть углы). Если вы с точностью следовали инструкциям в данном пособии, то точка начала координат уже должна быть расположена правильно, она обозначается пересечением двух тонких синих линий. Если вы не видите этих линий в области построения, выберите "Вид/ Начало координат" из главного меню или просто нажмите горячую клавишу *F1*. Если положение начала координат несоответствующее,

нажмите  и щелкните левой кнопкой мыши в левом нижнем углу платы, программа помогает установить необходимое положение, делая привязку к ключевым точкам.

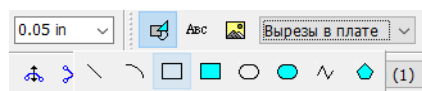


Теперь все координаты в программе будут отображаться и редактироваться относительно точки начала координат; помните, что ее положение всегда можно изменить.

Обратите внимание, что все корпуса имеют собственные точки начала координат, которые задаются в Редакторе корпусов. Координаты корпусов считаются по положению их точек начала координат. Для отображения или скрытия точки начала координат для выбранных корпусов сделайте щелчок правой кнопкой по одному из них и выберите "Начало координат корпуса/ Скрыть (Показать)" из подменю.

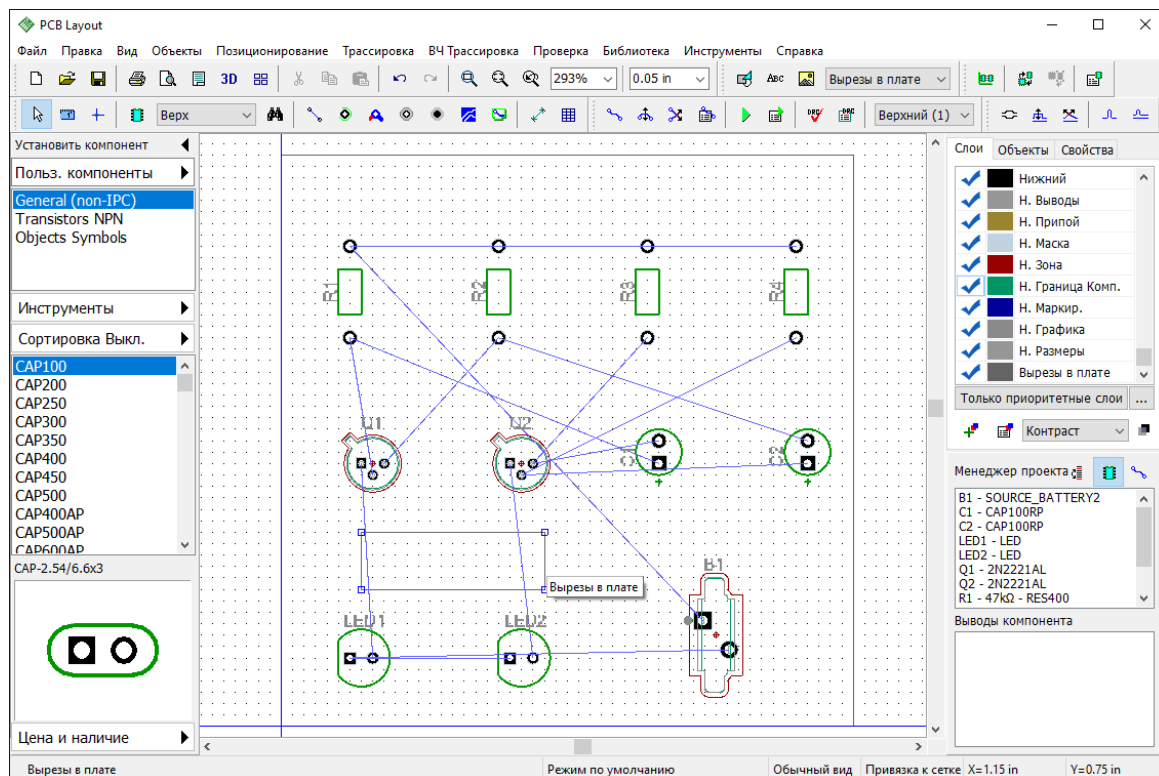
Вырез в плате

В DipTrace можно создавать вырезы в плате любой формы. Мы создадим простой прямоугольный вырез между светодиодами и транзисторами, чтобы ознакомиться с данной функцией.



Выберите слой **Вырезы в плате**, используя выпадающее меню на Панели рисования, затем выберите инструмент прямоугольник и

нарисуйте прямоугольник на соответствующем участке платы. Возможно, область построения нужно будет приблизить, масштабировать или изменить единицы измерения, чтобы достичь максимальной точности.

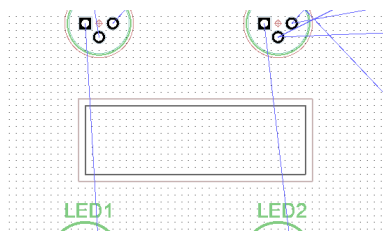


Кроме того, можно просто нарисовать фигуру на любом слое платы или импортировать фигуру из DXF файла, после чего кликнуть по ней правой кнопкой, выбрать **Свойства** в подменю. В диалоговом окне выбрать **Тип: Вырезы в плате** и нажать **ОК**.

Обратите внимание, что визуально слои границ платы и выреза платы не отличаются, поэтому будьте внимательны, когда рисуете плату, чтобы не перепутать их.

Барьер трассировки

Барьер трассировки - это область на плате, где не должно быть медных токопроводящих элементов (дорожки, заливки). В этой области автотрассировщик дорожек не создает, а если вы нарисуете их там вручную, то программа будет сообщать об ошибках.



Значение отступа до границ платы не соблюдается для слоя **Вырезы в плате** что может в будущем причинить нам неудобства, поэтому мы воспользуемся барьером трассировки, чтобы обеспечить отступ медных элементов от выреза.

Поскольку мы планируем трассировать плату только в одном слое (Нижний), то давайте выберем его, нажав на клавишу 2, а потом установим слой Барьер трас. в выпадающем списке на Панели рисования и нарисуем прямоугольник

который будет слегка больше, чем вырез платы в Нижнем слое. Перед началом рисования рекомендуем изменить размер сетки на 0.025 дюйма. После рисования переключитесь обратно на верхний слой с помощью клавиши 1.

2.2 Автоматическая трассировка

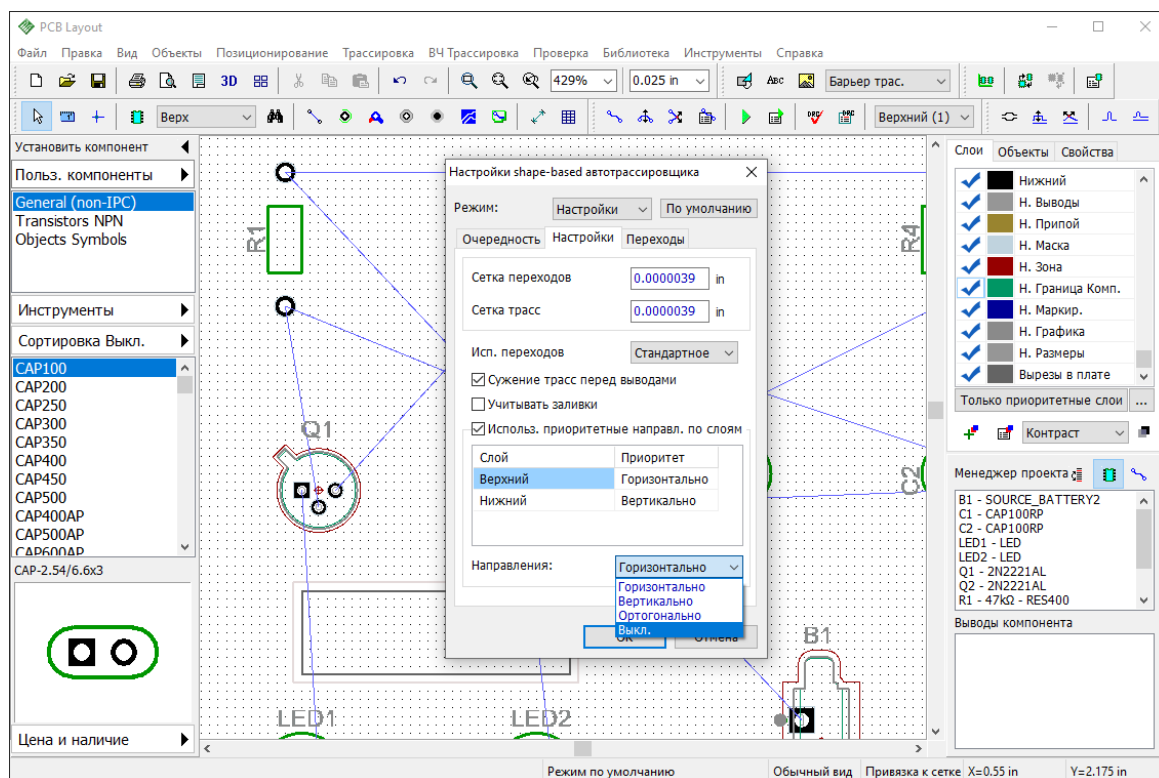
Пришло время трассировать нашу плату. DipTrace предлагает два автотрассировщика: высококачественный современный "Shape-based" автотрассировщик и простой сеточный трассировщик, позволяющий трассировать несложные платы с перемычками.

Простые платы могут быть трассированы в одном (как правило, нижнем) слое, что даёт очевидные преимущества—эффективность и скорость получения конечного прототипа. При односторонней трассировке дорожки, вероятно, будут длиннее, чем при двусторонней, однако для простых проектов это не критично.

Давайте настроим параметры автотрассировки. Откройте пункт главного меню "Трассировка/ Выбор автотрассировщика" и выберите **Shape Router**. Теперь выбранный автотрассировщик нужно настроить, выберите "Трассировка/ Параметры автотрассировки".

Заметьте, окно настройки параметров автотрассировки отличается, в зависимости от выбранного автотрассировщика.

В диалоговом окне **Настройки Shape-based автотрассировщика**, перейдите на вкладку **Настройки**, поставьте галочку **Использовать приоритетные направления по слоям**, выберите **Верхний** слой в таблице и, используя раскрывающийся список **Направления**, выберите **Выкл.**. Таким образом, автотрассировщик уже не будет создавать дорожки на верхнем слое платы. Нажмите **ОК**, чтобы применить изменения и закрыть окно параметров автотрассировщика.

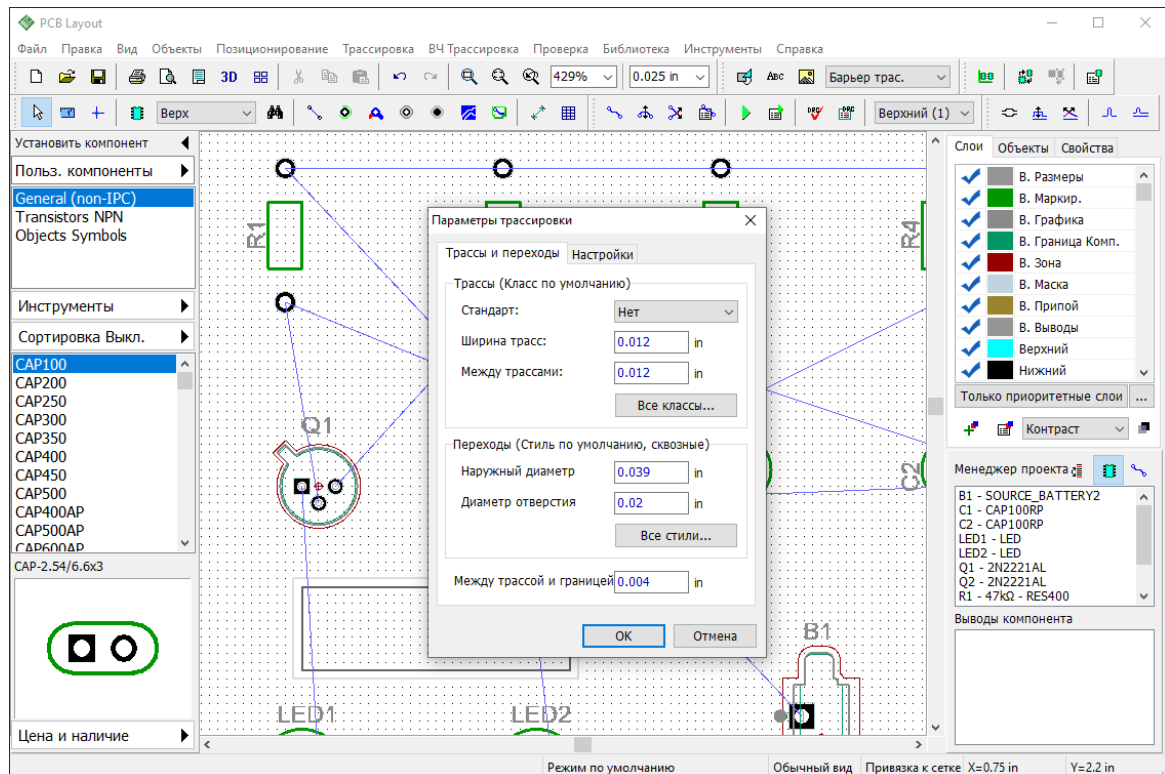


Если вы хотите иметь плату, трассированную с перемычками, нужно выбрать Grid Router как текущий автотрассировщик и поставить галочку **Использовать перемычки** в окне настроек автотрассировщика. В нашем случае, делать этого не нужно.

Теперь выберите "Трассировка/ Параметры трассировки". В этом окне можно изменить значения **по умолчанию** ширины трасс, зазоров между трассами и выводами, а также параметры **по умолчанию** для межслойных переходов.

*Обратите внимание, что, меняя параметры по умолчанию, вы изменяете параметры класса сетей **Default** (по умолчанию) и стиля межслойных переходов **Default**.*

Диалоговое окно **Параметры трассировки** - самый быстрый способ изменить эти параметры, но более сложные проекты потребуют использования нескольких классов сетей и стилей переходов. Вы можете нажать **Все классы**, чтобы открыть диалоговое окно классов сетей и **Все стили**, чтобы открыть окно стилей переходов. Как работать со слоями и переходами, мы покажем немного позже. Также можно установить некоторые другие параметры трассировки во вкладке **Настройки**.

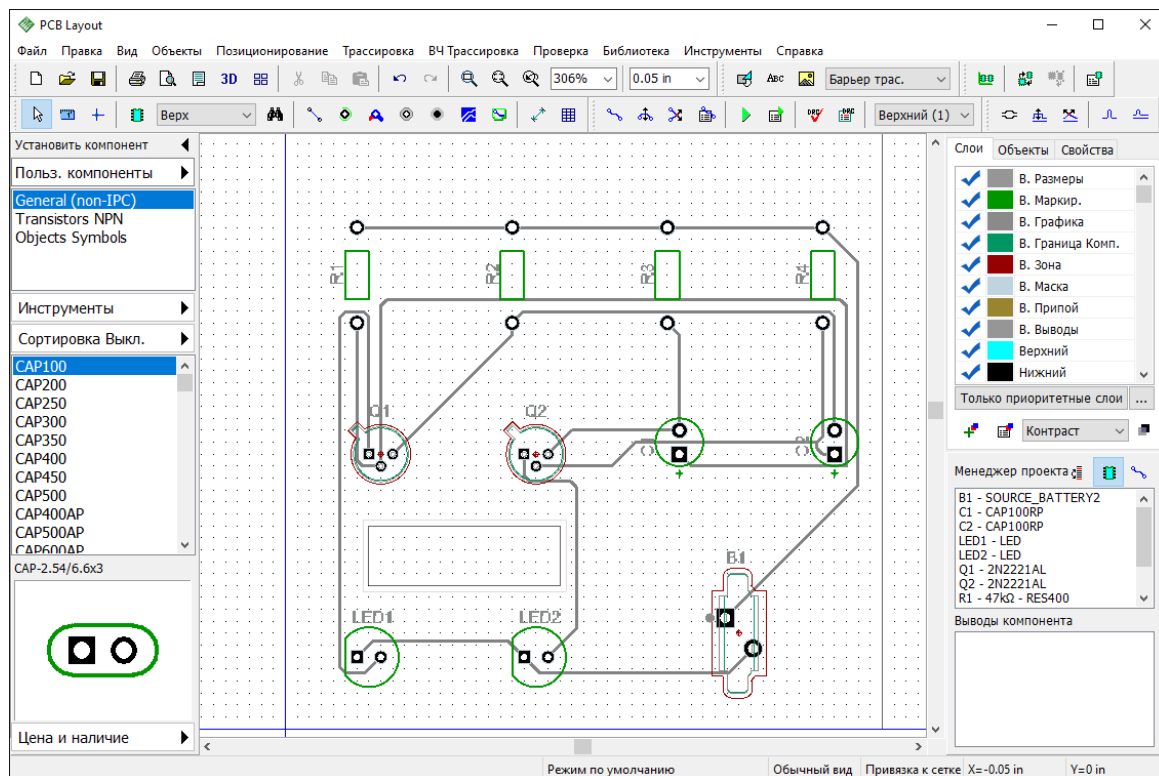


Если вы абсолютный новичок, то для данного проекта рекомендуем установить параметры, как на изображении выше, чтобы не возникло проблем при дальнейшем изучении данного пособия. Теперь нажмите **ОК** и снова установите размер сетки 0.05 дюйма.

Запустите разводку платы, выбрав "Трассировка/ Запуск" - плата будет трассирована. Также для запуска автотрассировщика можно использовать сочетание клавиш **Ctrl+F9**.

Вы получите разводку, подобную той, которую видите на изображении ниже. Ваш проект не обязательно должен быть в точности таким, как на изображении, поэтому, если вы новичок в дизайне печатных плат, и некоторые трассы не совпадают, не переживайте.

Обратите внимание, что цвет дорожек и контактных площадок зависит от цвета активного слоя платы. Мы будем работать со слоями в следующем пункте учебника.



Автоматическая проверка DRC

В DipTrace существует несколько процедур проверки на разных этапах разработки, например, Проверка ошибок (DRC). Она проверяет размеры объектов и зазоры между ними, а также следит за соблюдением параметров длины и фазы высокоскоростных сигналов в соответствии с правилами, которые определяет пользователь. Все нарушения отображаются во всплывающем списке, а также отмечаются прямо в области построения кружочками красного и пурпурного цвета. Проверка DRC может работать в обычном режиме и в режиме реального времени (Real-time DRC). Если опция **Realtime DRC** включена, то вы уже должны были заметить ее результаты— красные кружочки, появляющиеся в местах, где зазоры между объектами становились очень маленькими, например, при перемещении компонентов или создании дорожек. Впрочем, по умолчанию эта опция должна быть отключена, поэтому к деталям её функционирования мы вернемся позже.

Проверка ошибок запускается автоматически после завершения автоматической трассировки. Наш проект очень простой, поэтому ошибок быть не должно. Если же программа указывает на наличие ошибок, исправьте их и запустите Проверку ошибок ещё раз: выберите "Проверка/ Показать ошибки

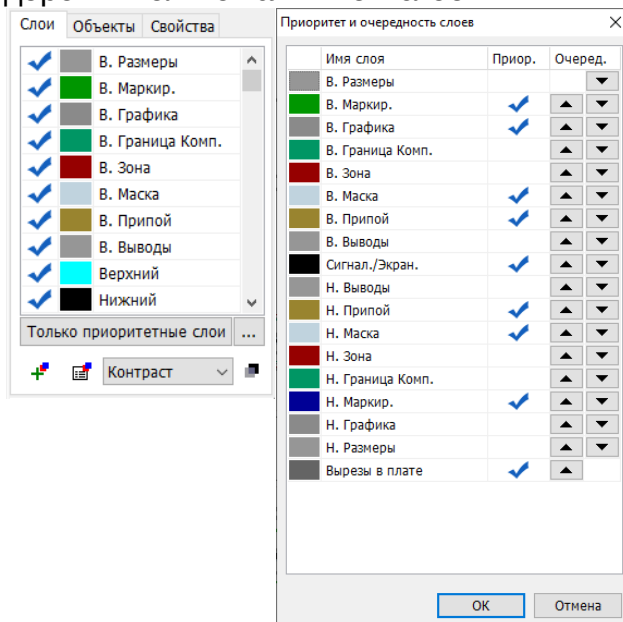
трассировки" из главного меню, или нажмите  на Панели инструментов. Для того чтобы посмотреть или отредактировать правила проверки, выберите пункт "Проверка/ Параметры проверки ошибок". Чтобы скрыть цветные кружочки ошибок в области построения, выберите пункт "Проверка/ Скрыть ошибки трассировки". Также вы можете отключить автозапуск DRC после автотрассировки, для этого просто уберите галочку "Трассировка/ Выбор Автотрассировщика/ Запустить DRC после автотрассировки" в главном меню.

Теперь сохраните плату, выберите "Файл / Сохранить" в главном меню, а в появившемся диалоговом окне выберите папку, задайте имя файла и нажмите **Сохранить**.

Если вы хотите закончить проект побыстрее, можете пропустить все последующие пункты вплоть до "Печати", потому что плата уже фактически готова. Но мы рекомендуем все же пройти хотя бы этот раздел учебника, чтобы познакомиться с базовыми функциями программы.

2.3 Работа со слоями

Вы обратили внимание на низкую контрастность отображения дорожек на плате? Это обусловлено тем, что активен верхний слой и по умолчанию включен контрастный режим показа слоев с 50% непрозрачности, а у нас дорожки только на нижнем слое.

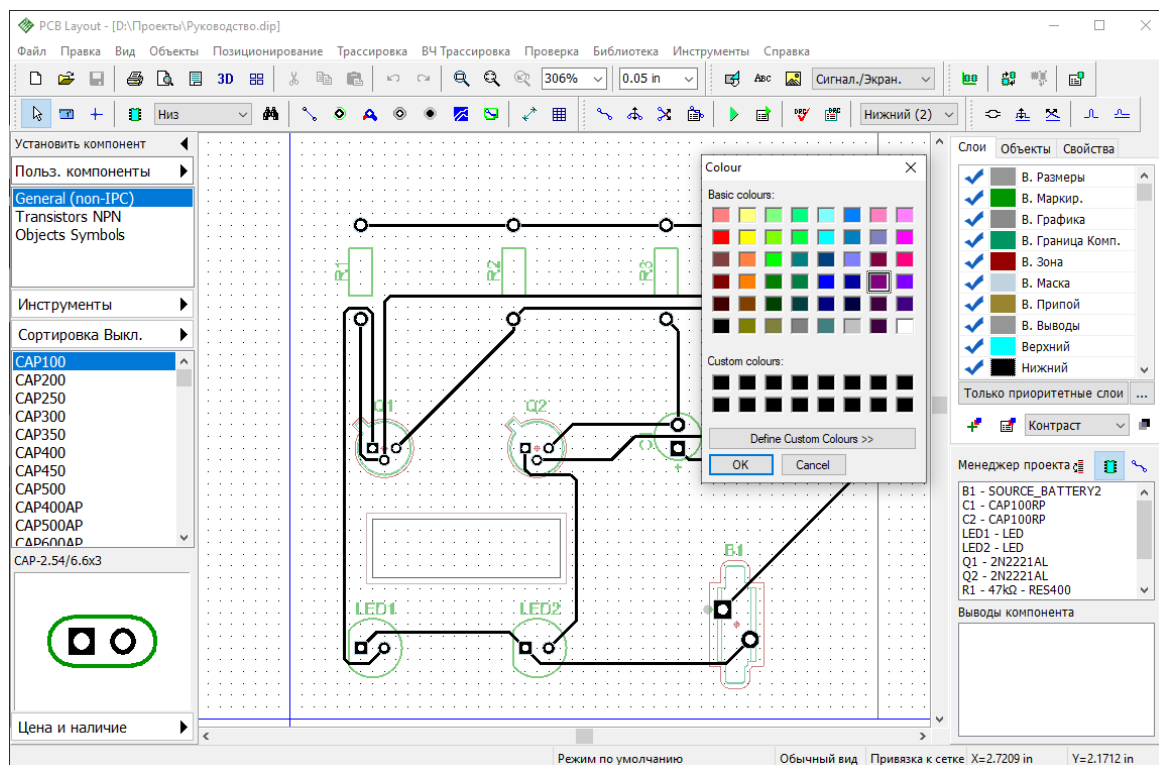


Обратите внимание на вкладку Слои на панели Менеджера проекта (нажмите комбинацию **Ctrl+2**, если эта панель скрыта). Прежде всего, стоит отметить, что вы можете организовать отображение слоев по своему усмотрению, выбрав приоритетные слои и расположив их в удобном порядке в списке. Нажмите кнопку **...** и отметьте слои, которые должны отображаться в списке, в столбце "Приоритет". Используйте кнопки со стрелками в столбце "Очеред." для перемещения слоев вверх и вниз по списку. Мы пока что оставим отображение всех слоёв.

Если вы хотите переключиться на другой слой, кликните два раза левой кнопкой по нужному слою на панели Слои, или воспользуйтесь соответствующей клавишей быстрого доступа на клавиатуре (они указаны в скобках рядом с названием слоя в выпадающем списке на панели Трассировки; для верхнего и нижнего слоя можно также использовать клавиши **T** и **B** соответственно). Кроме того, активный слой можно выбрать с помощью выпадающего списка рядом с кнопками **DRC**.

Воспользуйтесь удобным для вас способом. Мы же сделали двойной клик на слое **Нижний** в списке, чтобы активировать его (обратите внимание, что кликать нужно именно по названию слоя, а не по синей галочке или прямоугольнику). Давайте заодно поменяем цвет слоя, кликните левой кнопкой на цветном прямоугольнике рядом с нижним слоем и выберите понравившийся вам цвет в появившемся диалоговом окне, затем нажмите **ОК**, чтобы

установить новый цвет для нижнего слоя. Можете изменить цвета других слоёв, если хотите.

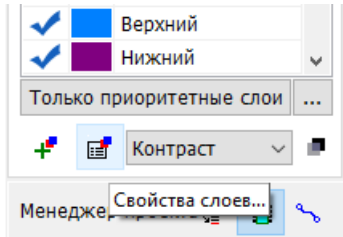


Все слои в программе можно разделить на два основных типа: сигнальные и несигнальные. Пользователь может добавлять, удалять и редактировать их. Наш проект имеет всего два сигнальных слоя: Верхний и Нижний, но, как вы видите, в списке на панели Менеджера проекта слоёв куда больше. Графика, Маркировка, Маска, Паста — стандартные несигнальные слои. DipTrace создает их автоматически на обеих сторонах платы и дает им соответствующие названия. Каждый из слоев несет определенный тип информации.

Верхняя/ Нижняя Маркировка — это слои шелкографии, куда автоматически добавляются метки компонентов и другая графическая информация. Слои Верхняя / Нижняя паста и маска — это слои, указывающие производителю, где нужно печатать маску и где наносить припой. Некоторые несигнальные слои необходимы для производства, некоторые лишь добавляют функционал, например, для удобства сверления в домашних условиях. Мы подробнее рассмотрим слои в пункте, посвященному экспорту Gerber-файлов.

Сигнальные слои

Дорожки и заливки можно создавать только в сигнальных слоях. Их, в свою очередь, можно разделить непосредственно на сигнальные и экранные слои. Первые содержат дорожки и, иногда, медные заливки, в то время как на экранных слоях (в основном, это внутренние слои платы) зачастую помещают один или несколько полигонов медной заливки. Автоматический трассировщик не создает дорожки на экранных слоях, работая исключительно с сигнальными слоями.

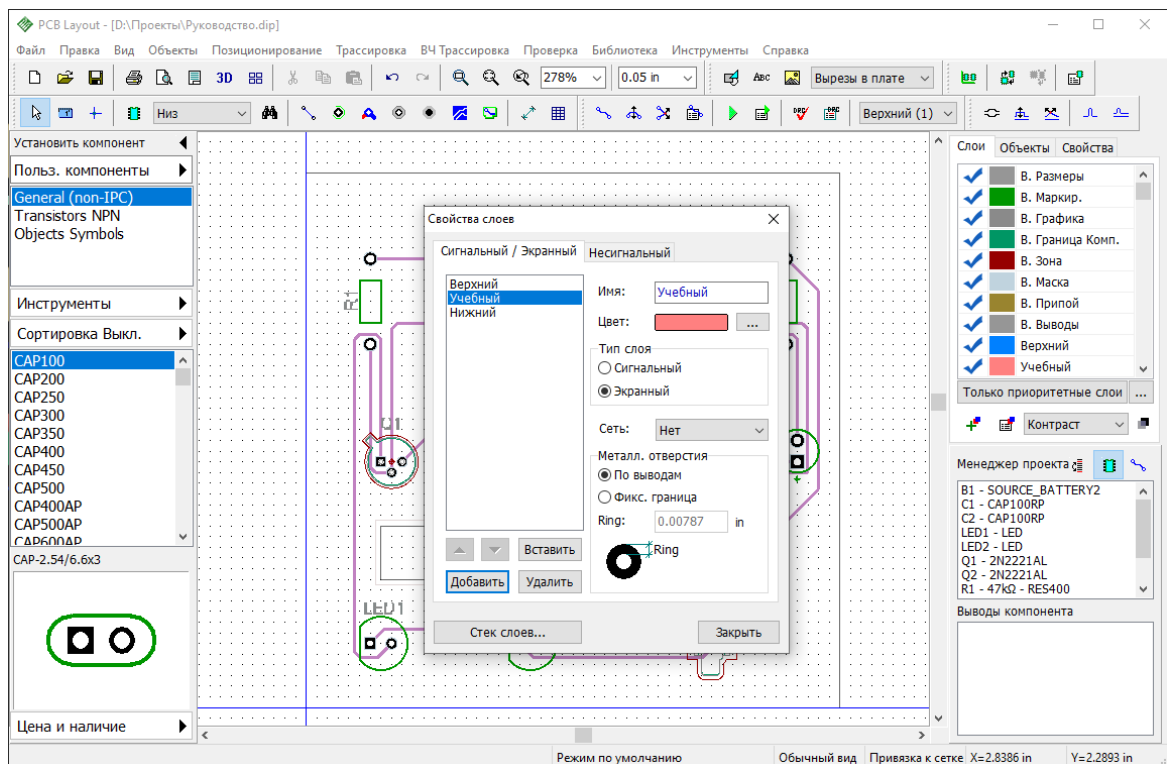


Для того чтобы добавить новый сигнальный/экранный или несигнальный слой, выберите

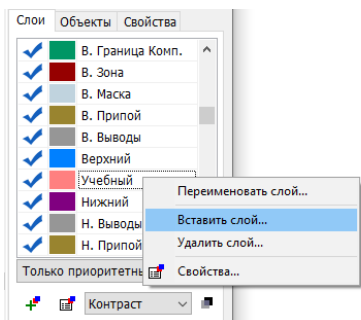
"Трассировка / Свойства слоев" или нажмите  во вкладке **Слои** на панели **Менеджера проектов**.

Выбрав закладку **Сигнальный/Экранный** в появившемся диалоговом окне, вы сможете добавить, удалить, изменить имя, тип или цвет каждого сигнального или экранного слоя платы. Обратите внимание, что набор параметров, которые можно поменять, зависит от выбранного слоя.

Давайте добавим новый экранный слой, назовем его "Учебный слой". Нажмите кнопку **Добавить** в окне **Свойства слоев**, введите название слоя, выберите тип **Экранный** и цвет. Нажмите **ОК** — и вы увидите, что новый слой появился в списке слоев. Параметры слоев можно легко редактировать. Экранные слои можно подключать к сетям, обычно это сети земли или питания. В нашем случае оставим его неподключенным. Можно также установить параметры отверстий металлизации (по выводам или с фиксированной границей), но они всегда будут круглые, поскольку это внутренние слои.



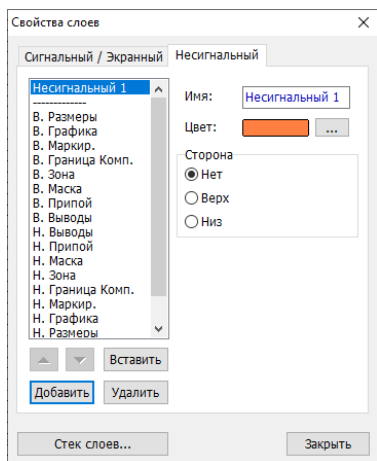
Нажмите **Заккрыть**. Как видим, Учебный слой уже появился в списке всех слоев на панели Менеджера проектов между верхним и нижним слоями.



Давайте создадим еще один экранный слой, поскольку платы, обычно, имеют четное количество слоев. Щёлкните правой кнопкой мыши на Учебном слое в списке слоев на панели **Менеджера проекта**, чтобы открыть подменю для быстрого редактирования списка и слоев. Выберите **Вставить слой** из подменю и создайте еще один экранный слой. Когда у вас уже есть два экранных слоя, кликните правой кнопкой мыши в

списке слоев, чтобы перемещать слои вверх и вниз. Переместите Учебный слой так, чтобы он располагался выше Учебного слоя 2. Нажмите на цветной прямоугольник, чтобы быстро изменить цвет соответствующего слоя.

Несигнальные слои



Пользовательские несигнальные слои используются для самых разнообразных целей, помогают инженеру сделать разработку максимально комфортной и простой, а также сообщить производителю плат дополнительную информацию. Для того чтобы создать несигнальный слой, выберите закладку **Несигнальный** в диалоговом окне **Свойств слоев** ("Трассировка/ Свойства слоев" из главного меню). Нажмите кнопку **Добавить**, введите имя слоя и выберите его цвет и сторону платы: Нет, Верх. или Низ. Если выбран вариант "Нет", то это означает, что слой не будет закреплен за какой-либо стороной платы.

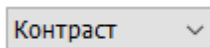
Мы не будем создавать пользовательские несигнальные слои, поэтому закройте это окно и обратите внимание на кнопки быстрого доступа на закладке слоев на панели Менеджера проекта:



– Добавить слой;



– Свойства слоев;



—режим отображения слоев;



– настройка уровня контрастности.

Помните о том, что вы можете пользоваться горячими клавишами 1, 2, 3, 4, и.т. д для быстрого выбора нужного слоя. Чтобы изменить цвет слоя, нажмите на цветной прямоугольник рядом с ним - появится стандартная панель выбора цвета. Если хотите выключить отображение какого-либо слоя, просто уберите синюю галочку рядом с ним на панели.

Обратите внимание, что в DipTrace по умолчанию мы видим нижний слой как будто сквозь плату, что может быть непривычным для начинающих пользователей. Выберите "Вид/ Зеркальное отражение" в главном меню, чтобы отобразить печатную плату в привычном ракурсе. Теперь вы видите, как на самом деле выглядит нижний слой. Однако с практической точки зрения в этом нет необходимости, поскольку это лишь особенности отображения платы в программе, и при экспорте файлов для производства автоматически создается "отзеркаленная" разводка меди на нижнем слое.

Теперь удалите несигнальный слой, если таковой создавался, но НЕ удаляйте два экранных слоя которые мы создали. Для этого проекта они не нужны, но пригодятся нам позже. Сохраните плату.

2.4 Межслойные переходы

DipTrace поддерживает как сквозные, так и глухие межслойные переходы (если разделять их по физическим свойствам). Кроме того, переходы также делятся на два логических типа, независимо от их физического типа:

Обычные (динамические) переходы, которые являются частью дорожки и появляются автоматически при переводе трассы в другой слой.

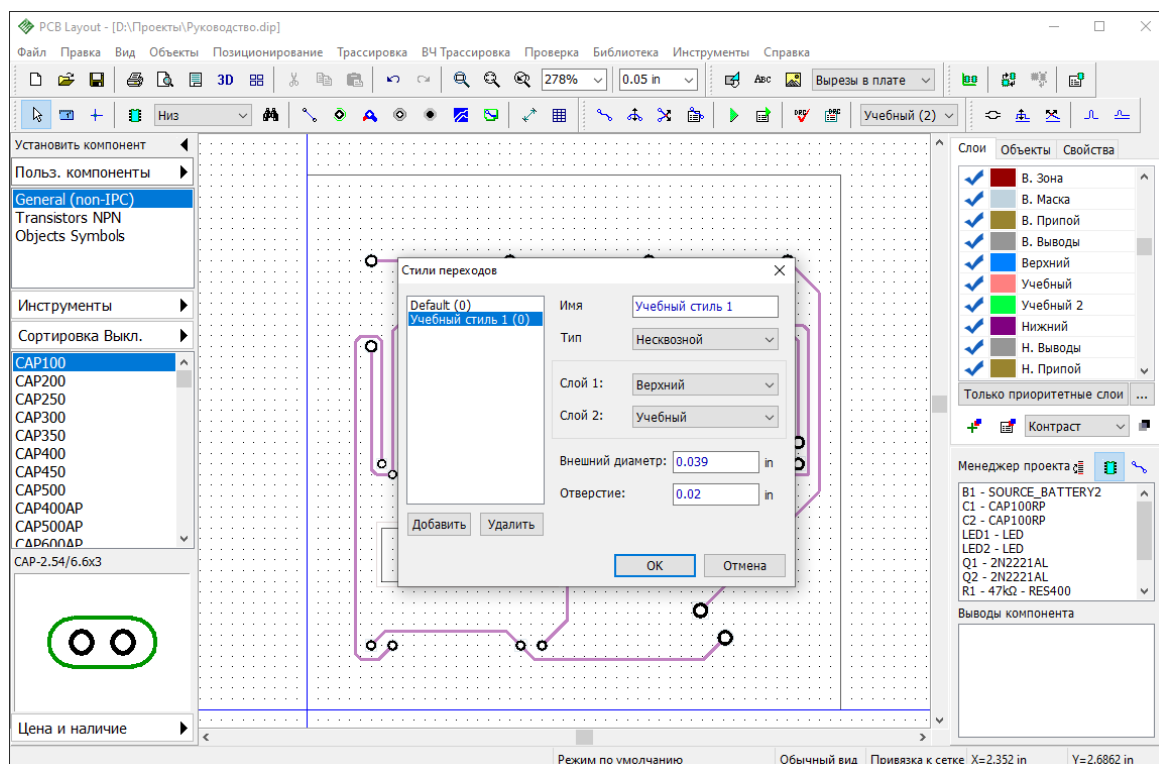
Статические переходы, которые во многом похожи на обычные контактные площадки и, следовательно, предоставляют куда больше свободы настройки, нежели обычные межслойные переходы.

Все межслойные переходы в DipTrace организованы по стилям, независимо от их логического типа.

Для данного проекта нет необходимости использовать несколько стилей переходов, но мы все же покажем, как работать с ними.

Давайте создадим два дополнительных стиля переходов: один с глухими переходами такого же диаметра, что и стиль Default (0.039 дюйма с отверстием 0.02 дюйма); второй стиль должен иметь сквозные переходы, но большего диаметра, чем Default. Выберите "Трассировка/ Стили переходов" из главного меню и убедитесь, что стиль Default имеет указанные выше параметры. Измените их, если необходимо. Затем, нажмите на кнопку **Добавить** в диалоговом окне. Новый стиль появится в списке, сразу под стилем Default. В скобках рядом с именем стиля указывается количество переходов данного стиля на плате. В нашем случае плата пока не имеет переходов.

Теперь кликните левой кнопкой по новосозданному стилю и введите его имя - Учебный стиль 1. Измените тип на **Несквозной** и с помощью выпадающих списков выберите пару слоев (верхний и нижний слой для переходов данного стиля). В нашем случае несквозной переход будет соединять Верхний и Учебный слои. Запомните, на двухслойной плате не может быть несквозных переходов, все переходы будут только сквозными. Наша плата имеет четыре слоя, которые мы создали, чтобы продемонстрировать рабочий процесс шаг за шагом. Введите параметры стиля, как на изображении ниже.



Создайте второй стиль для сквозных межслойных переходов и назовите его, например, "Учебный стиль 2". Для этого стиля укажите внешний диаметр 0,065 дюйма и отверстие 0,03 дюйма. Нажмите **ОК**.

Динамические межслойные переходы

Стили межслойных переходов созданы, теперь давайте детрассируем какую-нибудь сеть, чтобы потом нарисовать её дорожки вручную. Это нам нужно, чтобы показать, как работать с межслойными переходами на практике.

Перейдите в Нижний слой платы (если вы еще не в нем). Кликните правой кнопкой по сети, которую вы решили трассировать вручную (в нашем случае это сеть соединяющая резисторы с батареей) и выберите **Детрассировать сеть** из подменю. Дорожка исчезла, а сеть теперь снова отображается в виде тонких синих линий соединения.

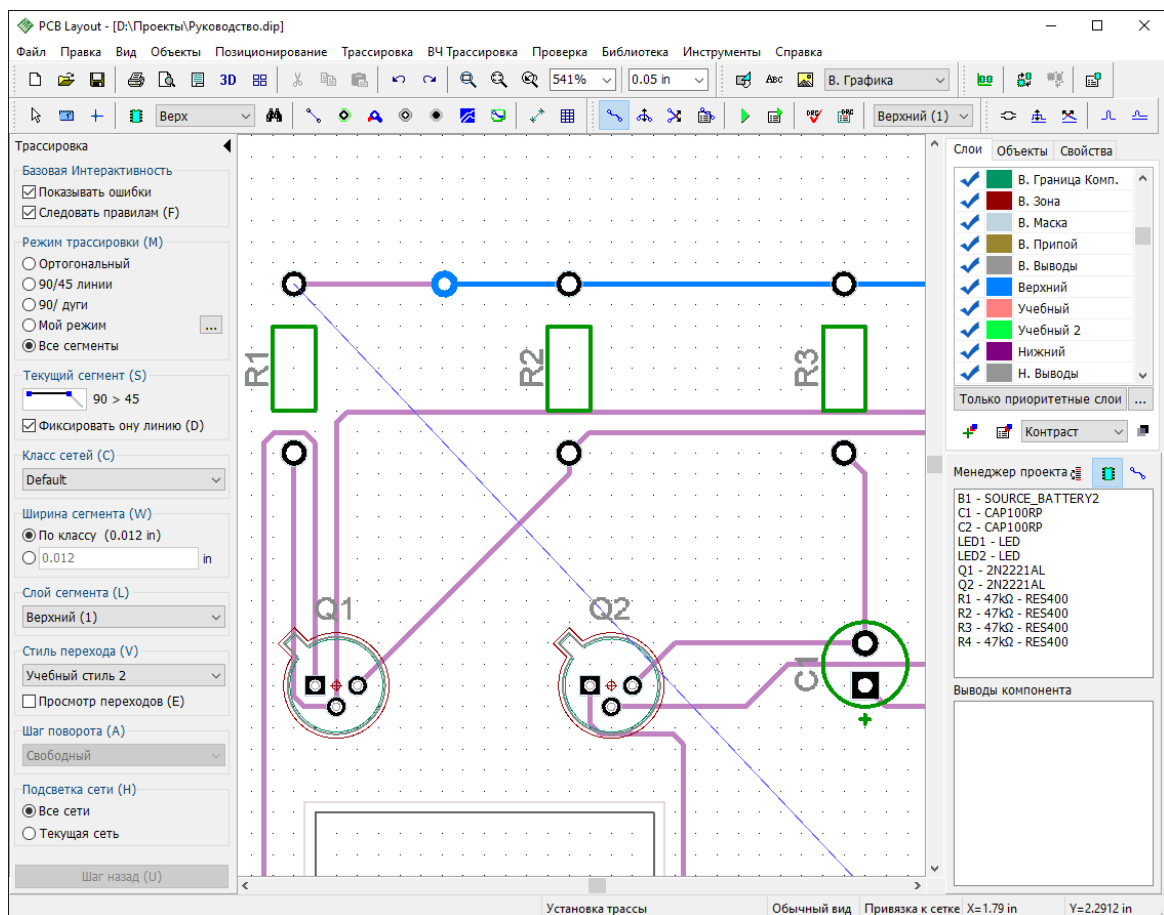
Перейдите в режим ручной трассировки, для этого выберите "Трассировка/ Ручная Трассировка/ Добавить трассу" в главном меню или нажмите клавишу ~.

Теперь кликните левой кнопкой на первой контактной площадке (R1:2) и начните рисовать дорожку в направлении КП (R2:2), но не доводите её до конца, а лишь до какой-то точки между R1 и R2. Нажмите горячую клавишу V и выберите Учебный стиль 2 во всплывающем меню, чтобы применить его к переходным отверстиям, которые будут созданы при смене слоев. Вариант Авто означает, что DipTrace будет использовать стиль переходных отверстий, занимающий меньше места на плате, но в нашем случае мы нарочно выбираем стиль с неоптимальными переходными отверстиями большего размера (Учебный стиль 2).

Давайте активируем опцию **Просмотр переходов** на панели **Трассировка**

(также можно использовать клавишу *E*). Вы можете видеть, что в конце трассы появился кружок, соответствующий параметрам выбранного стиля переходного отверстия.

Теперь щелкните левой кнопкой мыши, чтобы зафиксировать сегмент трассы между контактными площадками, затем щелкните правой кнопкой мыши и выберите в подменю «Слой сегмента/ Верхний» (если вы трассируете на нижнем слое). Переходное отверстие появится автоматически. Отключите предварительный просмотр с помощью горячей клавиши *E* и продолжите трассировку с противоположной стороны платы до второй контактной площадки, щелкните её левой кнопкой мыши, чтобы завершить сегмент. Создайте ещё одну дорожку между компонентами R2 и R3. Обратите внимание, что цвет дорожки определяется цветом слоя. Не трассируйте всю сеть до батареи.



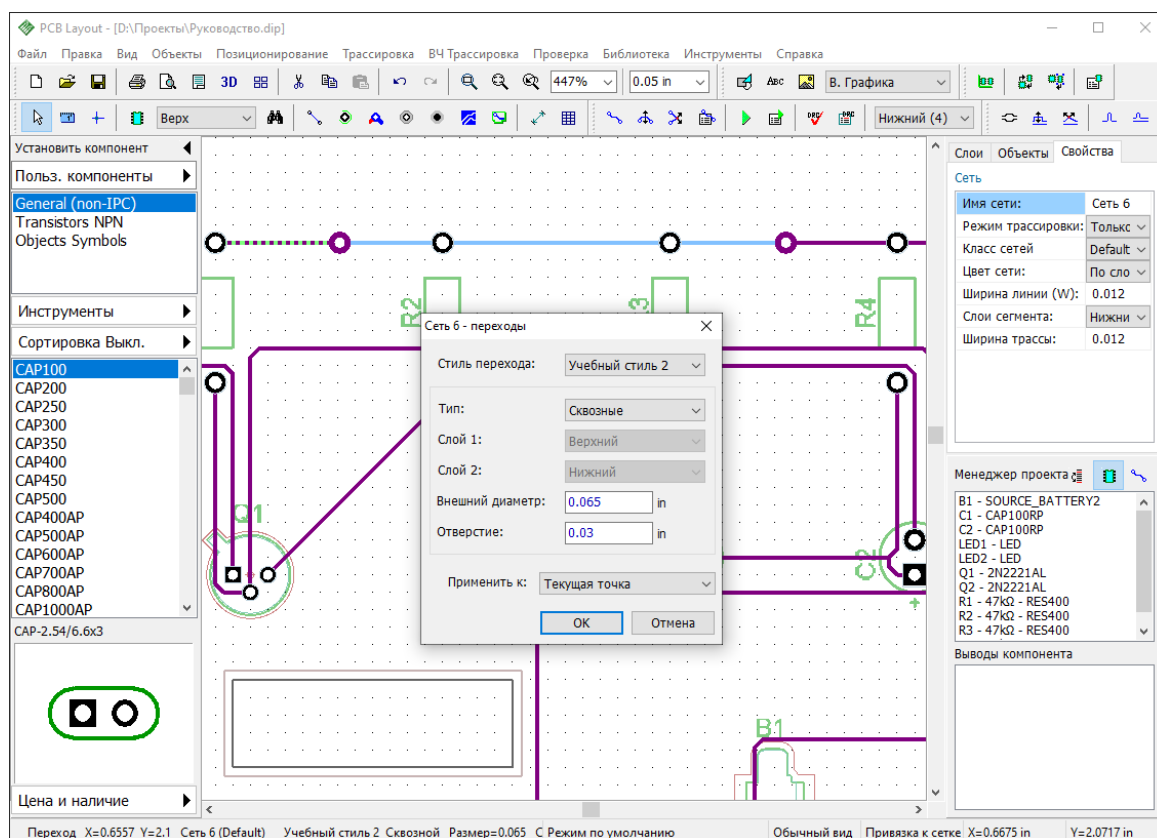
Создайте ещё один межслойный переход и продолжите трассировку сети до КП В1:1 батареи в нижнем слое.

Статический межслойный переход

Чтобы установить на плате статический межслойный переход, нажмите , также можно кликнуть правой кнопкой по динамическому переходу и выбрать **Преобразовать в статический переход**, а дальше выбрать, какие именно переходы преобразовать: текущий, выделенные линии, выделенные трассы, или все переходы. Как мы уже говорили ранее, статические переходы в DipTrace - это практически контактные площадки с точки зрения свойств.

Обратите внимание, если вы меняете параметры стиля переходов, то новые параметры применяются ко всем межслойным переходам этого стиля, в том числе и к уже существующим на плате.

Можно нажать правой кнопкой мыши на любой сети со статическими или динамическими переходами и выбрать **Межслойные переходы** из подменю — откроется небольшое диалоговое окно свойств переходов. В нём можно быстро изменить стиль, тип, размеры и применить параметры к текущему переходу, выбранному сегменту, трассам или сетям. Если стиля переходов с заданными параметрами не существует, DipTrace автоматически предложит вам создать его.



Статический переход можно преобразовать обратно в динамический. Кликните на нём правой кнопкой и выберите **Преобразовать в динамический переход** из подменю, не забудьте указать, каких именно переходов касается преобразование. Если вы изначально установили статический переход, то преобразовать его в динамический нельзя.

Теперь перетрассируйте плату в одном слое, но не используйте инструмент **Шаг назад**, ведь созданные в этой теме стили переходов нам потребуются в будущем.

2.5 Классы сетей

Все сети в программе организованы по классам. Классы сетей позволяют легко и быстро применять многочисленные параметры к сетям. Классы сетей поддерживаются как при ручной, так и при автоматической трассировке. Настраивать их нужно **перед** трассировкой платы.

Для того чтобы научиться работать с классами сетей, нам придется детрассировать всю плату. Сделать это несложно: выберите "Трассировка/Детрассировать все" из главного меню. Теперь выберите "Трассировка/Классы сетей", чтобы открыть диалоговое окно **Классы сетей**. Слева в списке всех классов будет всего один класс **Default**, к которому принадлежат все сети проекта по умолчанию. Мы добавим ещё один класс, нажав на кнопку **Добавить**. Новый класс появился в списке. Нажмите на нем левой кнопкой мыши и введите его имя.

В закладке **Свойства класса** настройте ширину трасс и параметры зазоров. Мы хотим создать класс, сети которого будут легко заметны и отличимы на плате, поэтому укажем ширину 0.03 дюйма с зазором 0.05 дюйма. Указанные параметры значительно больше, чем у сетей класса Default.

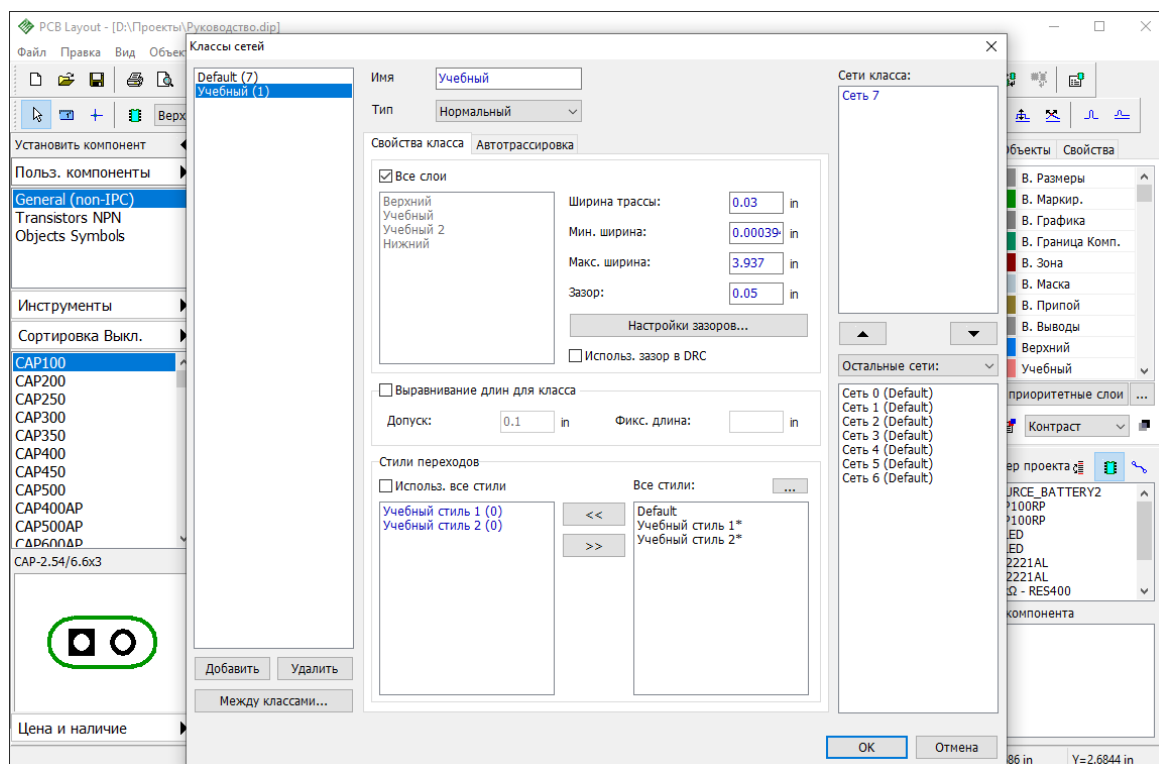
Символ звездочки () в полях параметров класса показывает, что данное значение является значением по умолчанию.*

Если убрать галочку **Все слои**, то можно установить разные параметры ширины трасс и зазоров сетей класса для разных слоев платы.

Каждому классу сетей можно назначить определенные стили межслойных переходов. Уберите галочку **Использовать все стили** в секции **Стили переходов** и с помощью кнопок << и >> перемещайте стили переходов из списка всех стилей, доступных в программе, в список активных стилей данного класса сетей и наоборот. Нажмите , чтобы просмотреть параметры каждого из стилей переходов. Мы разрешили новосозданному классу сетей использовать только пользовательские стили переходов, которые мы создали в предыдущей теме этого учебника (см. изображение ниже).

Новый класс уже существует, но его существование не имеет смысла, если к нему не относится ни одна сеть. Давайте добавим сети в этот класс. В нижнем правом углу диалогового окна есть список всех сетей проекта, а в скобках указывается класс каждой сети (Default в нашем случае). Выберите одну или несколько сетей, используя клавишу *Ctrl*, и нажмите кнопку , чтобы добавить выбранные сети в список **Сети класса**.

В нашем случае мы добавили в новосозданный **Учебный** класс лишь одну сеть, которая соединяет светодиоды с батареей (Сеть 7).



Если нажать кнопку **Настройки зазоров**, то можно установить разные значения расстояний между разными объектами платы. Нажмите **Между классами**, чтобы указать минимальный зазор между сетями разных классов. Этот параметр применяется при проверке правил трассировки и является более приоритетным для автоматической проверки, чем зазоры установленные внутри классов.

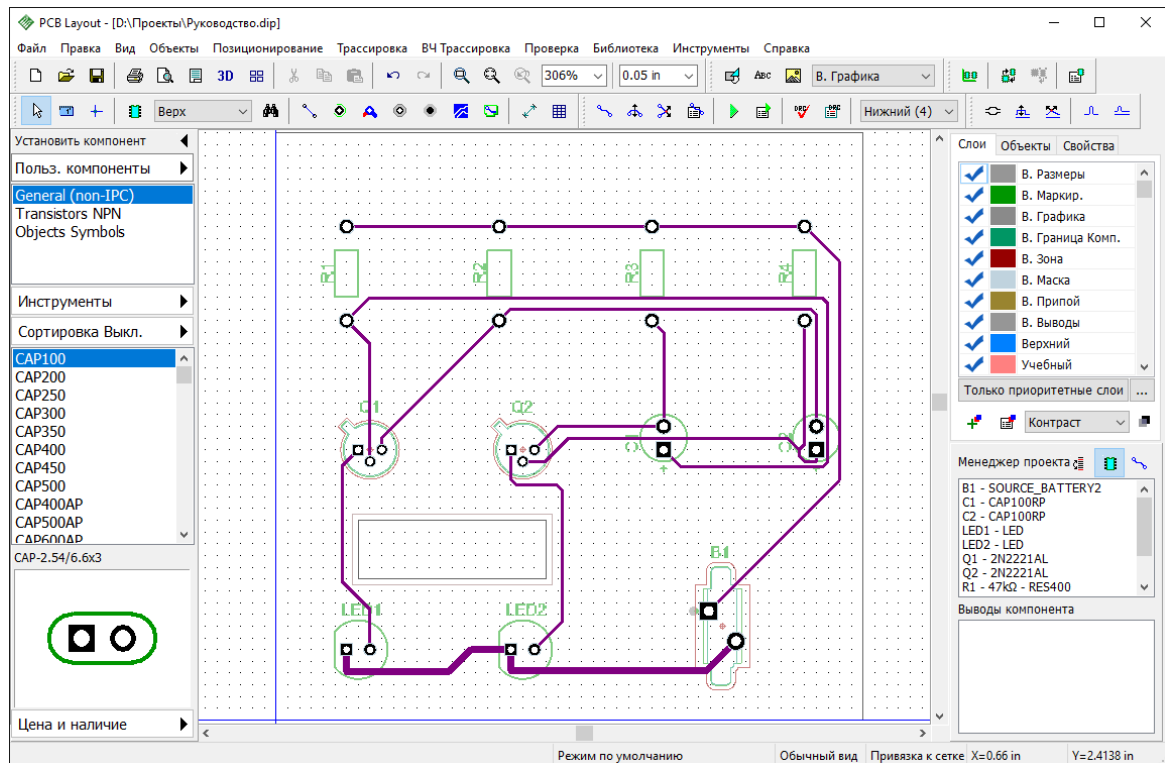
Проверьте, чтобы не стояла галочка **Использовать зазор в DRC**, и нажмите **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно **Классы сетей** и сохранить изменения.

Автотрассировка с классами сетей

На нашей плате одна сеть принадлежит к классу Учебный, а остальные — к Default. Выберите "Трассировка/ Запуск" из главного меню, нажмите кнопку



или **Ctrl + F9** на клавиатуре, чтобы запустить автотрассировщик. В результате вы должны получить плату, похожую на ту, что изображена ниже, с одной сетью, шире остальных.



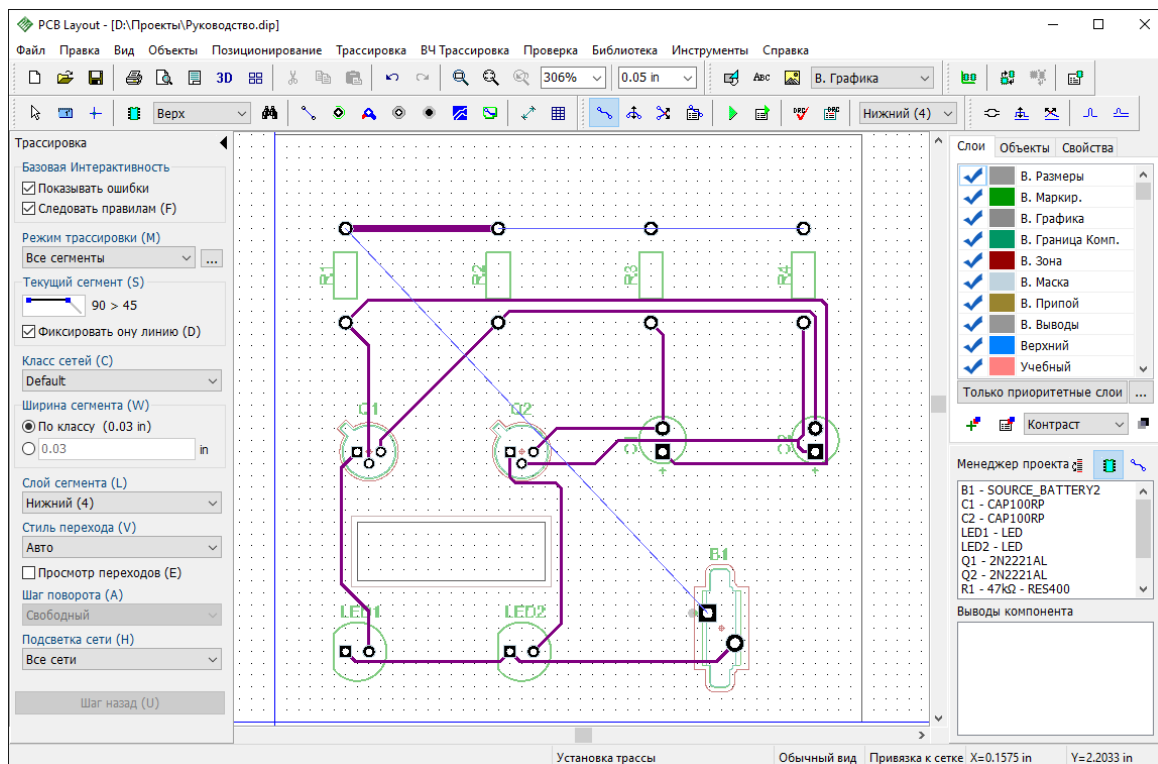
Теперь снова детрассируйте всю плату ("Трассировка/ Детрассировать все"), откройте диалоговое окно Классы сетей и переместите сеть из класса Учебный обратно в Default (используйте кнопку ). Сохраните изменения, нажав **ОК**, после чего запустите автотрассировщик. В результате все сети на плате будут трассированы дорожками одной ширины, при этом класс Учебный, хоть и существует, но не оказывает никакого влияния, ведь к нему не отнесена ни одна сеть.

Ручная трассировка с классами сетей

Как мы уже упоминали, классы сетей используются не только при автоматической, но и при ручной трассировке. Убедитесь, что активен нижний слой, в котором располагаются все дорожки нашего проекта. Теперь кликните левой кнопкой по какой-нибудь сети (например, Сеть 6, которая соединяет резисторы с батареей) и обратите внимание на панель **Менеджера проекта**, там открылась вкладка Свойства, в которой отображаются свойства выбранной сети. В выпадающем списке **Класс сетей** выберите Учебный, потом кликните правой кнопкой по этой же сети и выберите **Детрассировать сеть** из подменю. Теперь нажмите клавишу ~ на клавиатуре, чтобы перейти в режим ручной трассировки, кликните левой кнопкой по первой контактной площадке (R1:2) и создайте дорожку до следующей КП (R2:2), кликнув по ней. Вы сразу же заметите, что дорожка намного шире, чем остальные на плате, поскольку эта сеть принадлежит к другому классу.

Обратите внимание, что программа позволяет изменить класс трассированной сети, однако, если параметры нового класса противоречат существующей трассировке, программа предложит

обновить ее. Чтобы параметры нового класса были применены, сеть необходимо детрассировать и трассировать заново.



Такое разнообразие дорожек на этой плате вовсе не нужно, поэтому воспользуйтесь функцией **Шаг назад (Ctrl+Z)** или удалите все пользовательские классы сетей, стили переходов и слои, чтобы получить плату, как непосредственно после первой автотрассировки.

Сохраните плату ("Файл / Сохранить" из главного меню).

2.6 Ручная трассировка

Простые проекты можно трассировать автоматически, но более сложные платы наверняка потребуют ручной трассировки. В DipTrace на одной плате можно использовать ручную трассировку в сочетании с автоматической; это наиболее оптимальный вариант для больших сложных проектов, ведь важные сигнальные сети трассируются вручную, а все остальные — автотрассировщиком.

Для нашего простого проекта мы приняли как окончательный результат версию, созданную с помощью автотрассировщика, но для более сложных проектов результаты работы автотрассировщика часто приходится корректировать.

Панель ручной трассировки

Ручная трассировка предлагает больше возможностей, но вероятность совершения ошибки намного выше. К счастью, DipTrace имеет функции,

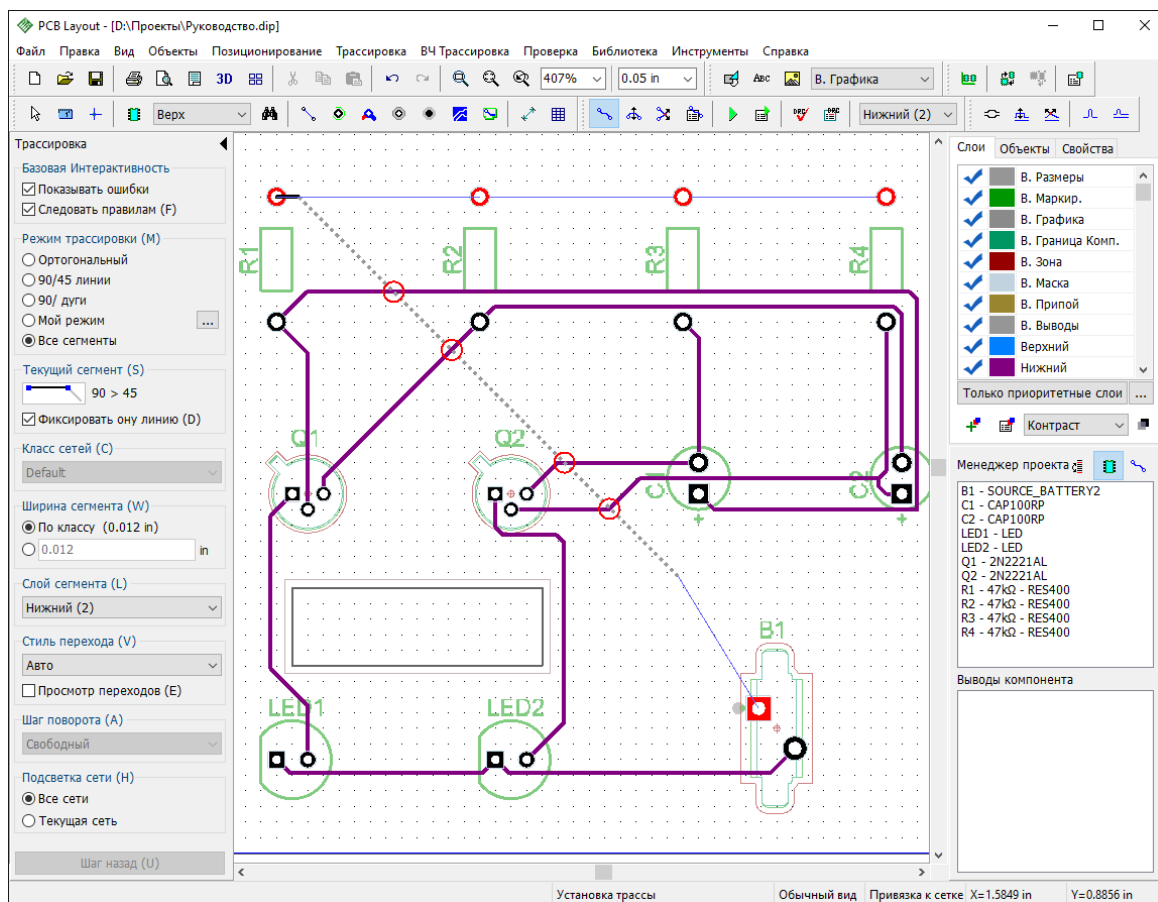
которые проверяют плату в реальном времени и позволяют пользователю видеть ошибки, прежде чем они будут сделаны, или вовсе не допускают создание трассы с нарушениями правил проектирования. Чтобы воспользоваться этими функциями, нажмите кнопку Установка трассы вручную



и поставьте флажок **Показывать ошибки** и / или **Следовать правилам** на панели **Трассировка**, которая появляется слева. При включенной опции Показывать ошибки все ошибки трассировки будут выделены красными кружками в реальном времени, когда дорожка создается или редактируется. Если активирована опция Следовать правилам, DipTrace не допускает нарушений установленных правил проектирования при трассировке существующих сетей.

Теперь щелкните правой кнопкой мыши одну из сетей и выберите в подменю Детрассировать сеть. Мы выбрали Сеть 6, но вы можете выбрать другую. Команда "Детрассировать сеть" из подменю сети применяется ко всем выбранным сетям.

Щелкните левой кнопкой мыши по любой контактной площадке, принадлежащей неразведенной цепи, и намеренно проведите трассу поверх других трасс. Вы можете видеть, что появляются красные кружки, указывающие на ошибки, а так как опция Следовать правилам активирована, сегмент дорожки, нарисованный с нарушениями правил проектирования, превратился в пунктирную линию, и программа не позволяет его разместить.

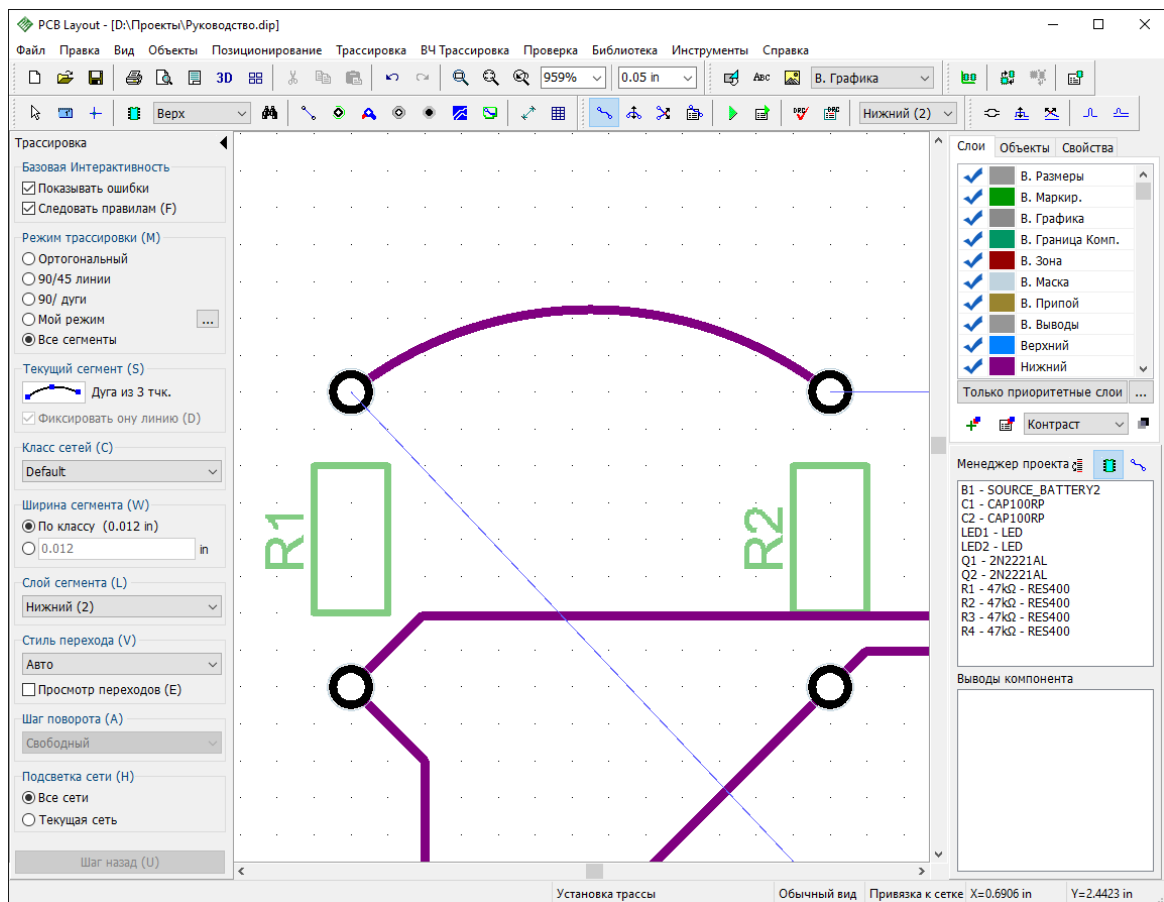


Применяются правила, заданные в DRC. Подробнее о DRC мы поговорим позже.

Теперь щелкните правой кнопкой мыши и выберите «Отмена» в подменю или нажмите клавишу Esc, чтобы удалить дорожку, которую мы пытались развести.

Пришло время основательно попрактиковаться в ручной трассировке. Обратите внимание, что в списке **Режим трассировки** (на панели **Трассировка**) вы можете выбрать группу сегментов, которые вам понадобятся для трассировки. Таким образом, вы сможете выбрать текущий сегмент не из списка всех сегментов, а из списка сегментов одного режима. Для этого вам понадобится настроить "Мой режим" трассировки.

Выберите режим трассировки «Все сегменты», затем щелкните левой кнопкой мыши в поле «Текущий сегмент» и выберите «Дуга из 3 тчк.». Щелкните левой кнопкой мыши на одной из площадок неразведенной сети, затем щелкните левой кнопкой мыши на второй площадке и переместите мышь, чтобы отрегулировать радиус дуги, после чего зафиксируйте ее левым щелчком.



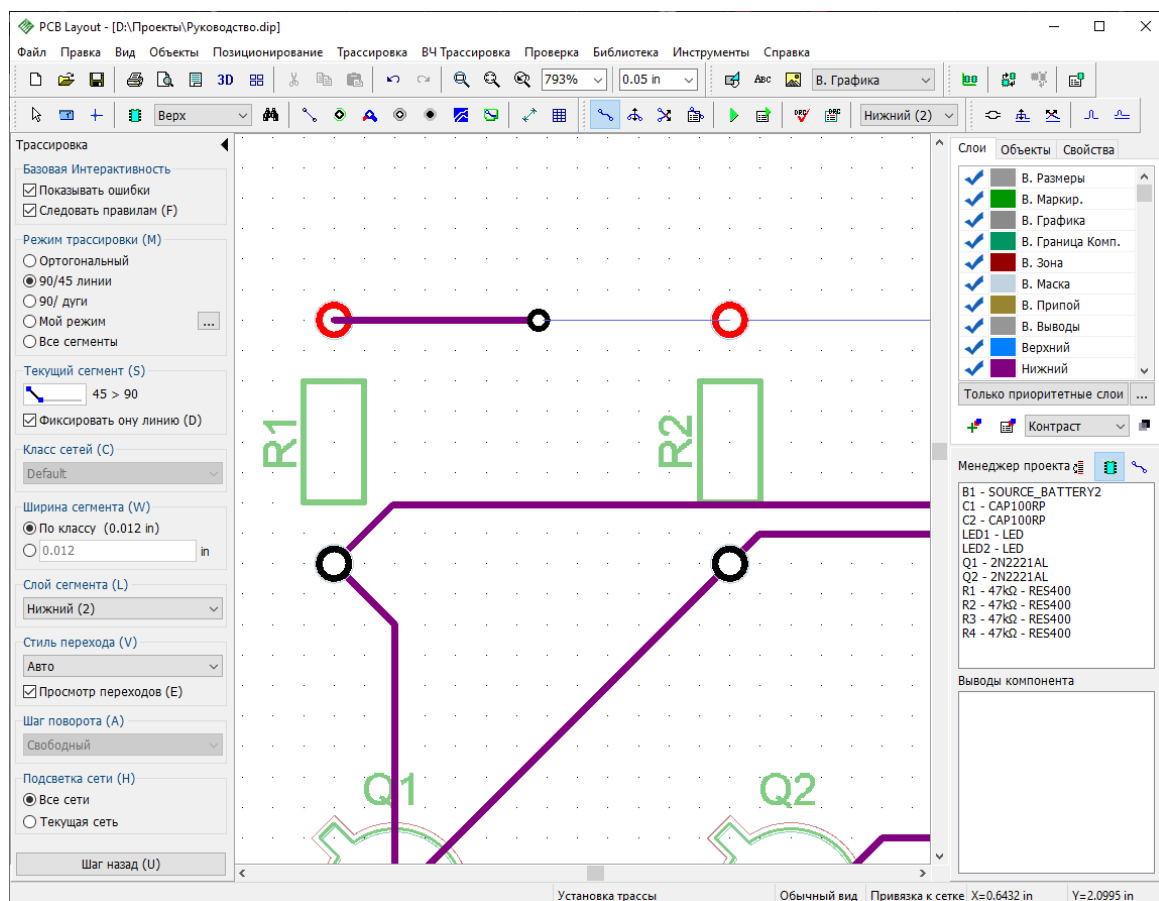
Наш проект очень прост, но при работе над более сложным может оказаться весьма удобным фиксировать только одну часть ломаной линии и закругленных сегментов при разведении трассы. Включите опцию Фиксировать одну линию на панели Трассировка или используйте горячую клавишу D, если вы хотите, чтобы программа фиксировала только первую часть сегмента и оставила вторую в режиме трассировки. Вы можете изменить режим трассировки на 90/45 линий, чтобы попробовать эту опцию в работе.

*Не пытайтесь изменить класс существующей сети на панели Трассировка, класс сети должен присваиваться в диалоговых окнах «Свойства сети» или «Классы Сетей» **перед** трассировкой. Если вы*

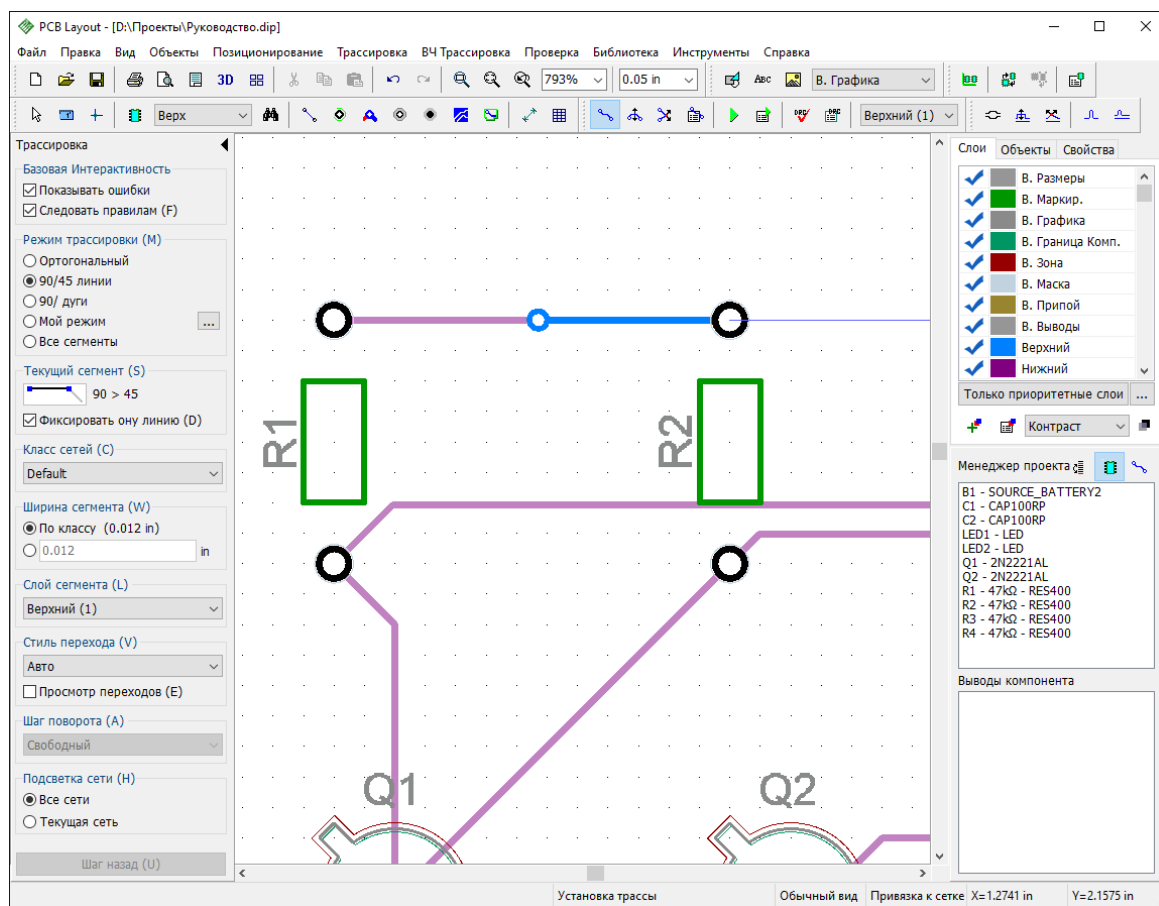
измените класс существующей сети на панели трассировки, это изменение будет проигнорировано и применено только к вновь созданной сети. Не забывайте, что сеть существует независимо от того, разведена она или нет.

Мы будем работать только с одним классом сетей, чтобы избежать путаницы.

DipTrace позволяет изменять слой трассируемой дорожки. Удалите дугу: щелкните на ней правой кнопкой мыши и выберите в подменю **Детрассировать линию**. Вы также можете выбрать сегмент и просто нажать горячую клавишу Del. Установите режим трассировки **90/45 линии**, щелкните левой кнопкой мыши по первой контактной площадке (R1: 2) и проведите трассу до некоторой точки между первой и второй (R2: 2) контактной площадкой, щелкните левой кнопкой мыши, чтобы зафиксировать ее. Теперь активируйте Просмотр переходов, нажав горячую клавишу E. Используйте клавишу V, чтобы изменить стиль перехода, который будет размещен автоматически при изменении слоя трассировки.



Нажмите 1, чтобы перейти на верхний слой, и E, чтобы отключить просмотр переходов. Подключите дорожку к контактной площадке R2: 2.



Во время ручной трассировки можно настроить подсветку сетей. Если вы хотите, чтобы программа подсвечивала только текущую сеть, которую вы трассируете, а дорожки других сетей не выделялись вообще, даже если вы касаетесь их в процессе трассировки, то в секции **Подсветка сети** на панели **Трассировки** выберите вариант **Текущая сеть**.

В режиме ручной трассировки **Шаг назад** можно сделать с помощью горячей клавиши **U**. Обратите внимание, что многим действиям присвоены горячие клавиши, которые значительно ускорят процесс ручной трассировки.

F — включить/отключить опцию "Следовать правилам";

M — переключить текущий режим трассировки;

S или *Пробел* — поменять сегмент;

D — фиксировать только первый сегмент ломаных и закругленных линий;

W — изменить ширину трассы;

T — переключиться в верхний слой;

B — переключиться в нижний слой;

L — быстрый выбор слоя трассировки;

J — установить переключки и переключиться обратно (если вы работаете в нижнем слое, переключка будет установлена в верхнем слое)

и наоборот);

V — изменить стиль межслойных переходов;

E — активировать просмотр динамического межслойного перехода;

A — изменить шаг поворота дорожки;

H — изменить опции подсветки;

1 до 0 на клавиатуре — быстрое переключение между слоями.

Для того чтобы настроить и изменить горячие клавиши для разнообразных функций и диалоговых окон, выберите "Инструменты / Настройки горячих клавиш" из главного меню. Больше информации о горячих клавишах вы найдете в Справке DipTrace

Теперь нажмите **Ctrl+Z** несколько раз, чтобы вернуть проект до состояния, полученного после автотрассировки.

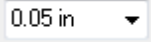
Режимы редактирования

Вы уже знаете, как рисовать дорожки (выберите "Трассировка / Ручная

трассировка / Добавить трассу" из главного меню или нажмите , кликните левой кнопкой по одной КП, а затем по следующей КП, чтобы создать дорожку. Удостоверьтесь, что выбран нужный слой (в нашем случае, нижний).

Редактирование дорожек выглядит немного иначе. Нажмите  или просто кликните левой кнопкой мыши по дорожке сети и перетащите её, зажав левую кнопку. **Режим редактирования трассы** позволяет перемещать существующие дорожки с сохранением углов, под которым расположены их сегменты (90 или 45 градусов). Прямые углы можно легко срезать на 45 градусов, создав дополнительный сегмент трассы. Если необходимо двигать дорожку без сохранения углов, то воспользуйтесь **режимом свободного редактирования** — "Трассировка/ Ручная трассировка/ Свободное

редактирование" из главного меню или кнопка .

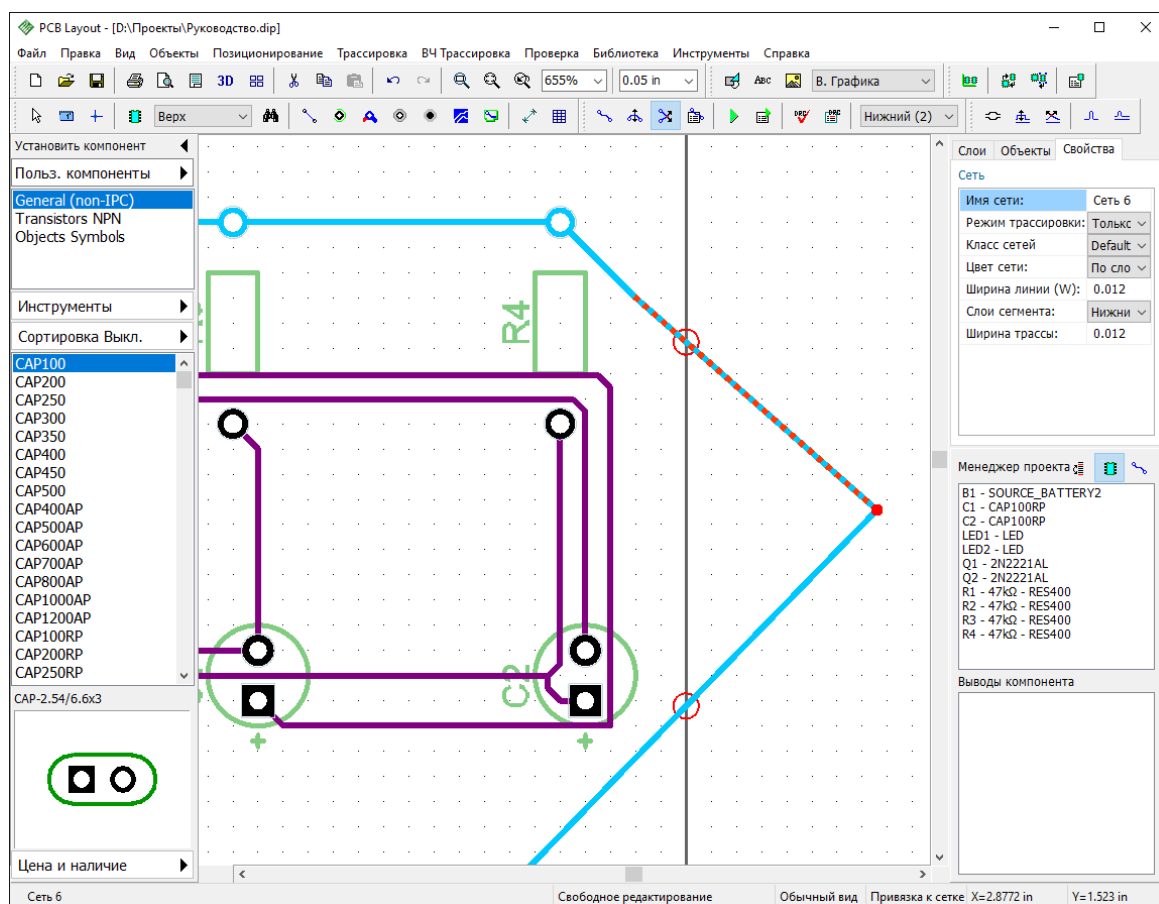
Меняйте размер сетки, если это необходимо (воспользуйтесь выпадающим списком  на Стандартной панели или комбинациями клавиш *Ctrl* + *знак плюса* и *Ctrl* + *знак минуса*). Если нужного размера сетки в списке нет, добавьте его, выбрав "Вид/ Изменение стандартных" из главного меню. Сетку можно полностью отключить с помощью горячей клавиши *F11* или сняв галочку у пункта Сетка в меню Вид. Вы можете настроить точность сетки и установить минимальное значение размера сетки в диалоговом окне, которое появляется при выборе «Вид / Точность» в главном меню.

Запомните, если вы не уверены, в каком режиме находитесь сейчас, просто пару раз кликните правой кнопкой на свободном месте в области построения, чтобы отключить активный режим, отменить выбор объекта и перейти в режим по умолчанию.

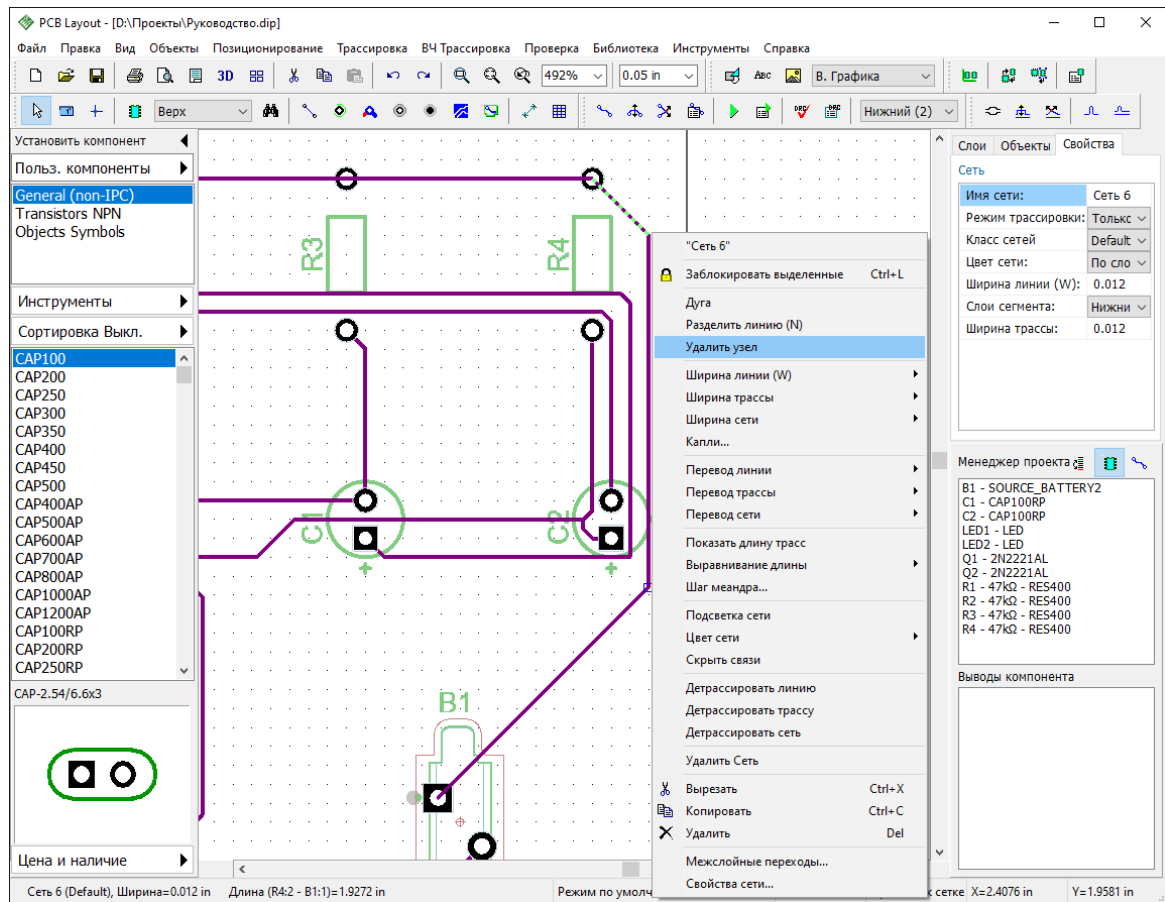
Узлы дорожек

Любая разведенная сеть на плате делится на линии и трассы. Трасса — это дорожка между двумя контактными площадками сети, а линия — дорожка между двумя узлами трассы. Узел — это точка на трассе, которая разделяет трассу на линии. Узлы отображаются как небольшие квадраты или красные точки, которые появляются на выделенной дорожке.

Кликните левой кнопкой мыши по какой-либо дорожке и нажмите **N** на клавиатуре или кликните правой кнопкой по трассе и выберите **Разделить линию** из подменю, чтобы добавить узел в выбранном месте, затем выберите этот узел и перетащите за пределы платы зажав левую кнопку мыши (узел можно перемещать только в **Режиме свободного редактирования**).



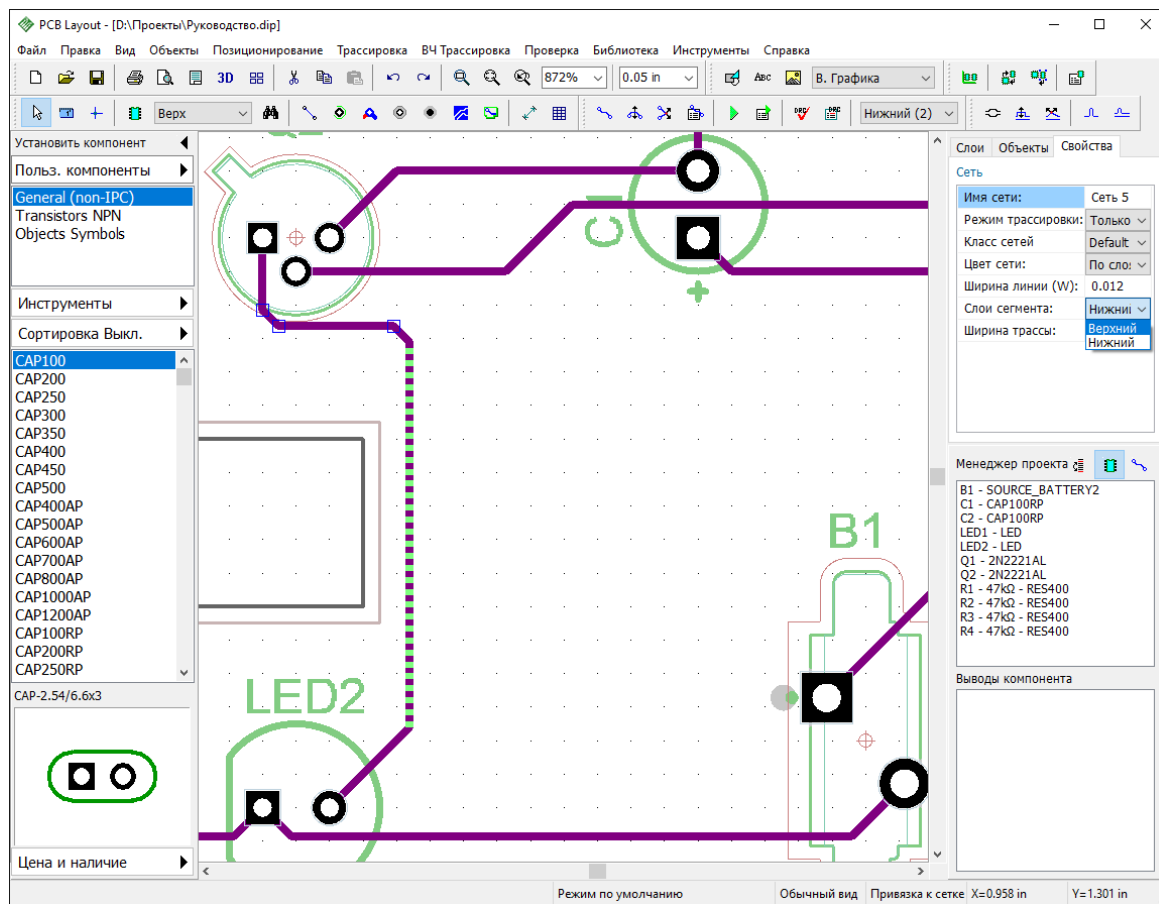
Отмените свободное редактирование и щелкните правой кнопкой мыши в области построения, чтобы вернуться в режим по умолчанию. Если вам больше не нужен какой-либо узел, вы можете его удалить - щелкните узел правой кнопкой мыши и выберите в подменю «Удалить узел». В том же подменю вы можете изменить имя, цвет, ширину и слой сети, трассы или сегмента и т.д.



Смена слоя

DipTrace позволяет переместить существующую сеть (трассу или её сегменты) на другой слой - щелкните правой кнопкой мыши на трассе какой-либо сети и выберите **"Перевод линии/ верхний"** или используйте раскрывающийся список **"Слой сегмента"** на панели **Свойства сети** Менеджера проекта. Динамические межслойные переходы появляются автоматически. Вы можете выбрать несколько сегментов одной или разных сетей с помощью кнопок *Ctrl* или *Shift* и одновременно изменить их свойства.

*Обратите внимание, что вы можете использовать горячую клавишу **Tab** для переключения между выделением линии, трассы или всей сети.*



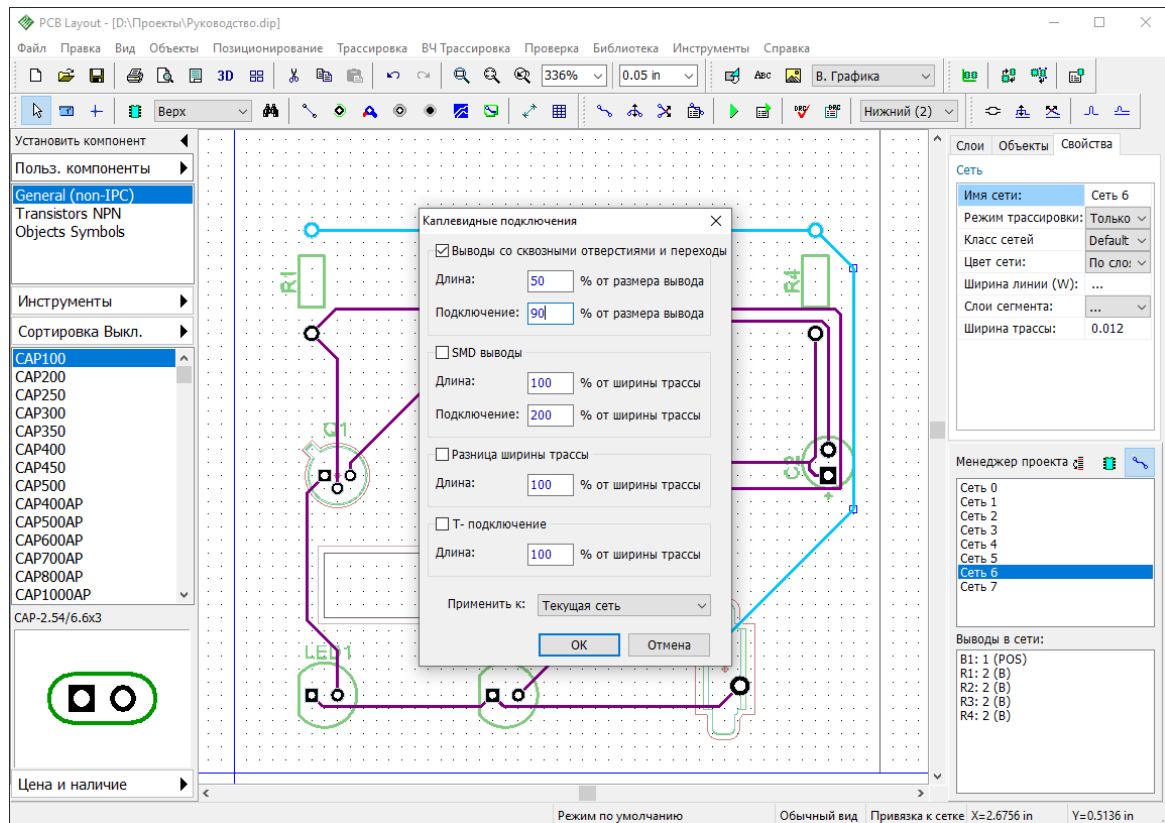
Теперь верните линию сети обратно на нижний слой и выберите нижний слой.

Капли

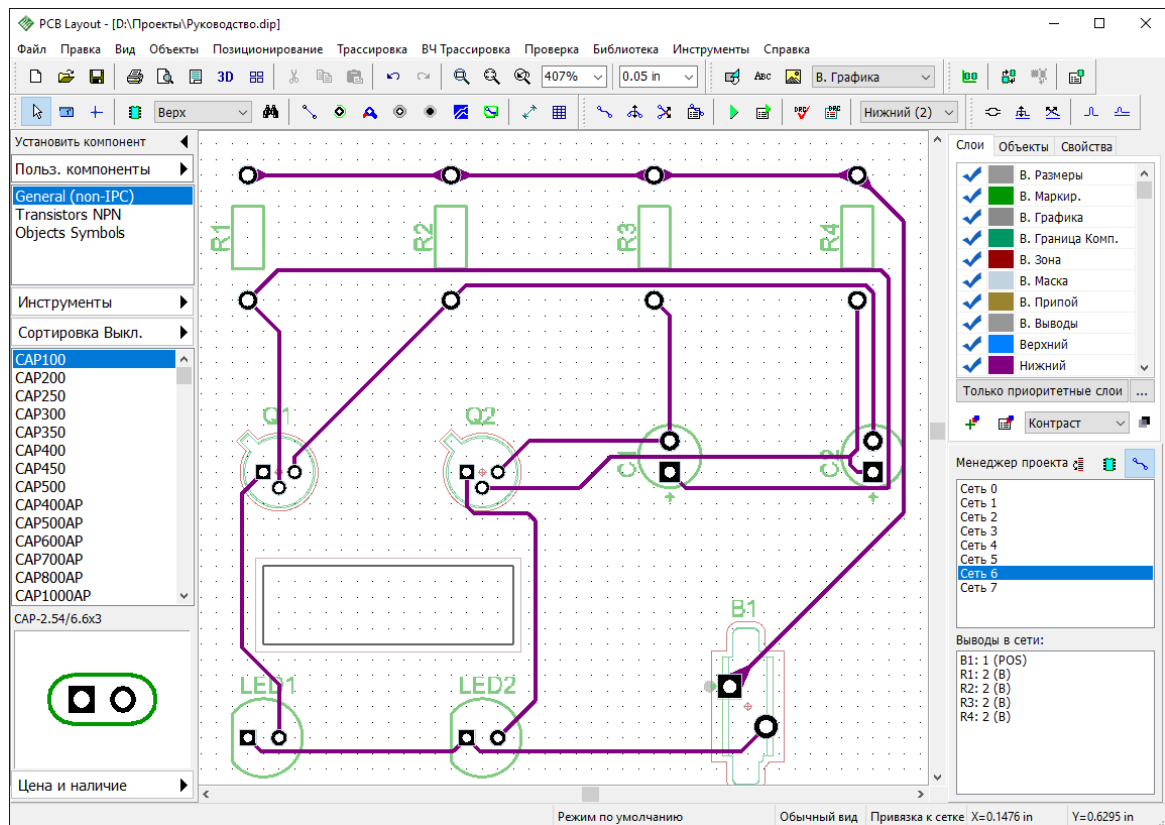
DipTrace позволяет создавать капли, которые, по сути, представляют собой каплевидные элементы на стыке переходных отверстий, контактных площадок и дорожек. Основная цель капель - улучшить структурную целостность при термических или механических нагрузках во время изготовления, а также увеличить производственные допуски.

В PCB Layout параметры каплевидных подключений устанавливаются в зависимости от размера контактной площадки / переходного отверстия или дорожки, а применить их можно к одному или нескольким выбранным объектам, либо же ко всем объектам платы заданного типа.

Давайте посмотрим, как использовать эту функцию. Щелкните правой кнопкой мыши на Сети 6 в области построения или в списке сетей на панели Менеджера проекта и выберите Капли из подменю. Во всплывающем диалоговом окне отметьте **Выводы со сквозными отверстиями и переходы** и установите значение 50% для параметра **Длина**, а для **Подключения** - 90% от размера вывода. Мы не будем устанавливать параметры капель для выводов SMD и Т-подключений трасс, потому что их нет в нашем проекте. В раскрывающемся списке **Применить к** выберите **Текущая сеть**.



Вы можете видеть, что стыки между дорожками и всеми выводами со сквозными отверстиями, принадлежащими к Сети 6, теперь имеют форму капли.



Обратите внимание, что вы также можете добавить капли к отдельным

контактным площадкам или переходным отверстиям - просто используйте аналогичный диалог, запускаемый из подменю соответствующих объектов, чтобы установить их параметры.

Создать капли во всех местах соединений трассы с определенными объектами платы (контактные площадки со сквозными отверстиями, межслойные переходы SMD и пр.), можно воспользовавшись диалоговым окном **Добавить/поменять капли** (Трассировка/ Капли из главного меню).

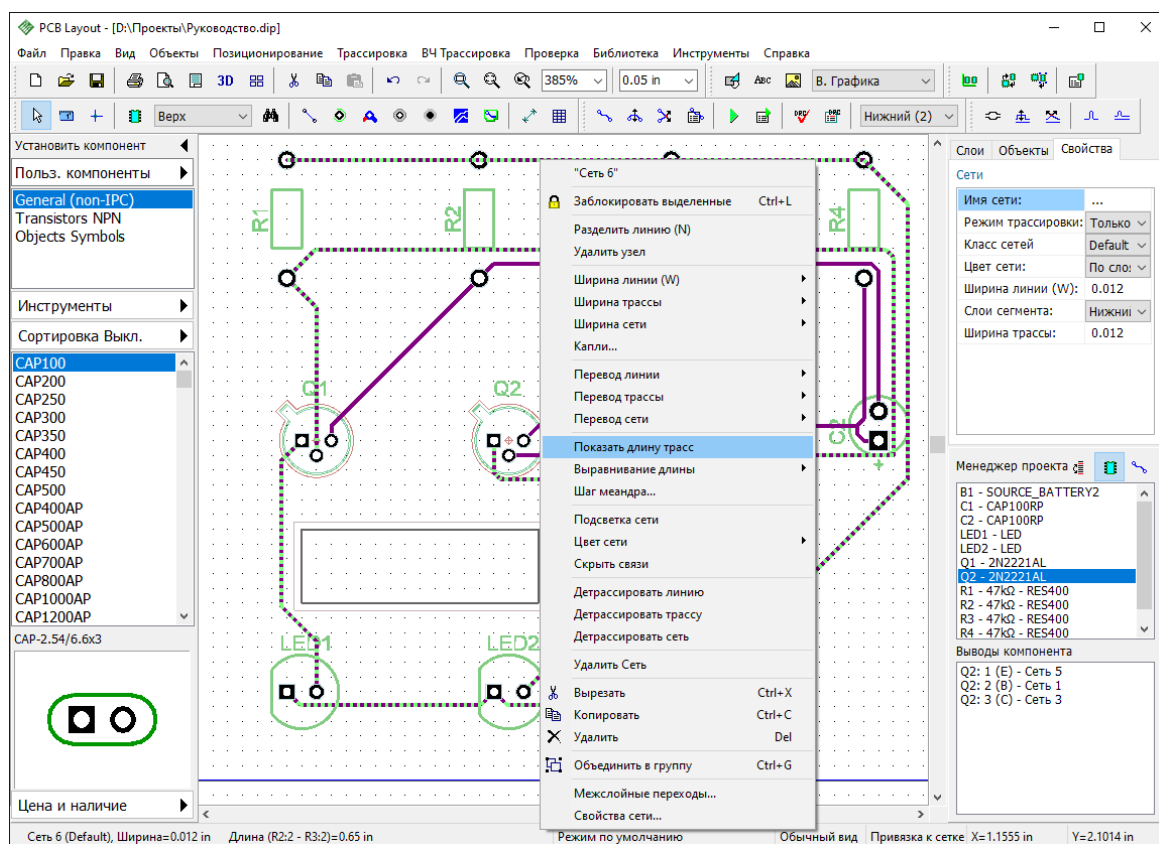
Отмените действие, чтобы удалить капли.

2.7 Измерение длины трасс

Текущий проект не требует информации о длине дорожек, но если вы работаете с высокочастотными сигналами, этот параметр приобретает большую значимость.

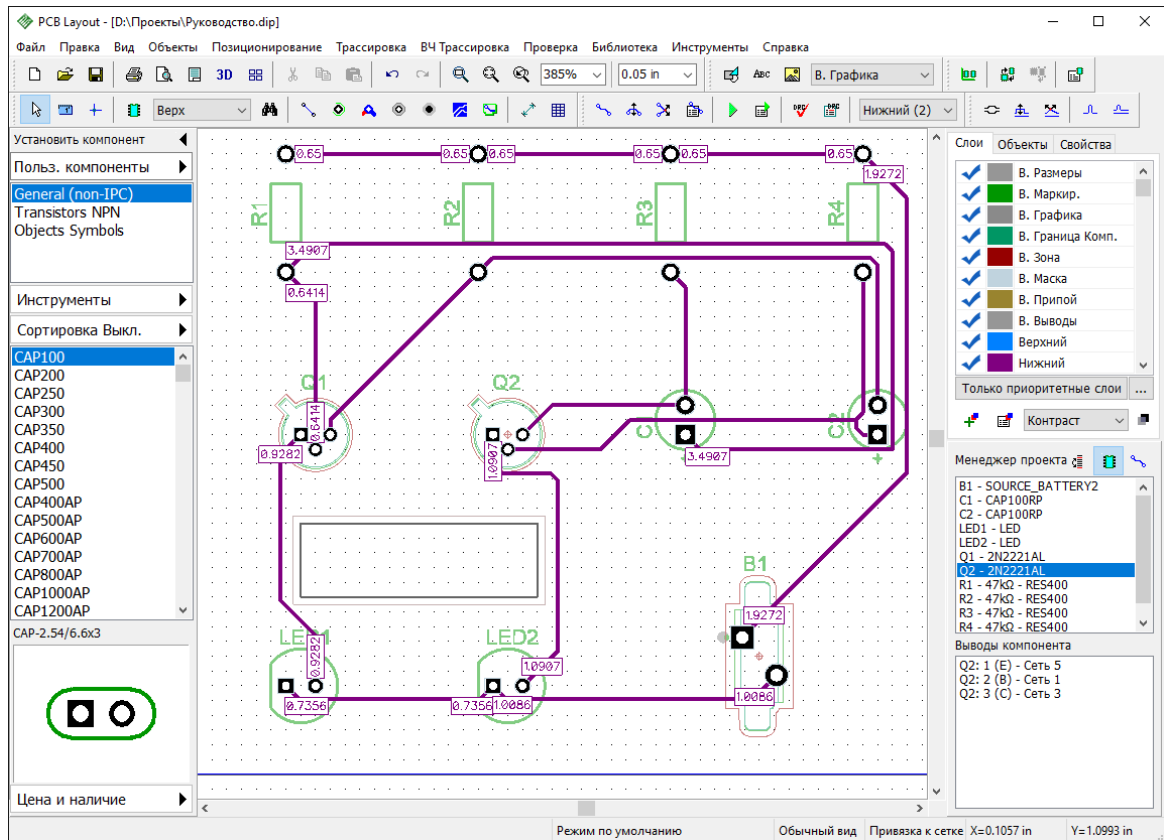
Длина трассы может включаться в данные подсказки, отображаемой при наведении курсора на трассу: выберите "Вид/ Показывать комментарий/ Добавить параметры объекта". Эта информация может быть полезна, но не достаточна для интерактивной корректировки длины трасс.

Выделите несколько трасс (вы можете выделить прямоугольную область или использовать клавишу **Ctrl** для выбора нескольких дорожек). Щелкните правой кнопкой по одной из трасс и выберите **Показать длину трасс** из подменю.



Вы увидите небольшие прямоугольные поля возле каждого вывода выбранных сетей, в которых указана длина трасс, они подсвечиваются при наведении

мышью на выбранную трассу. Значение длины отображается в текущих единицах измерения (дюймах в нашем случае) и изменяется во время редактирования трассы.



Обратите внимание, что DipTrace может рассчитать фазовый сдвиг с учетом толщины слоев (высота межслойных переходов) и длины соединений внутри компонента (определяемой задержкой сигнала).

По умолчанию DipTrace не учитывает эти значения при вычислении длины трассы. Если вы хотите их учитывать, перейдите в "ВЧ Трассировка/Выравнивание длины" в главном меню, затем нажмите кнопку  и отметьте **Использовать стек слоев** и **Использовать задержки выводов** в диалоговом окне Настройки измерения длины и фазы.

Теперь скройте длину трасс, используя подменю сети (выберите тот же пункт снова) или нажмите **Шаг назад** на панели инструментов или **Ctrl + Z**.

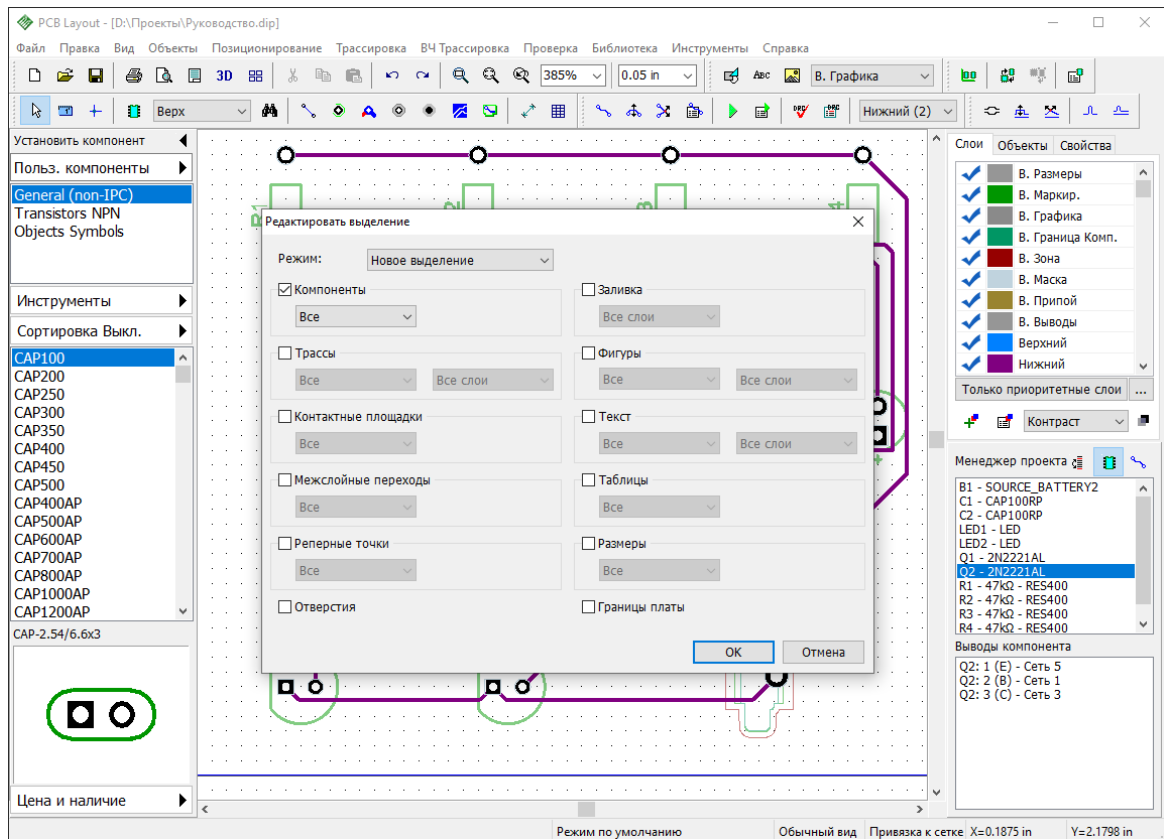
2.8 Выбор объектов по типу/слою

Иногда нужно выделить только объекты одного слоя или только компоненты, сети, переходы и т.д. На нашей плате это легко сделать с помощью мыши и кнопки **Ctrl**, однако на больших платах визуально найти и выделить необходимое может оказаться достаточно сложной задачей.

Выберите "Правка / Редактировать выделение" из главного меню.

Для начала выделим все компоненты на плате, для этого просто поставьте

галочку **Компоненты** и нажмите **ОК**.



Как вы видите, теперь выделены все компоненты. Однако это слишком простой пример, ведь, обычно, необходимо выделить объекты более избирательно.

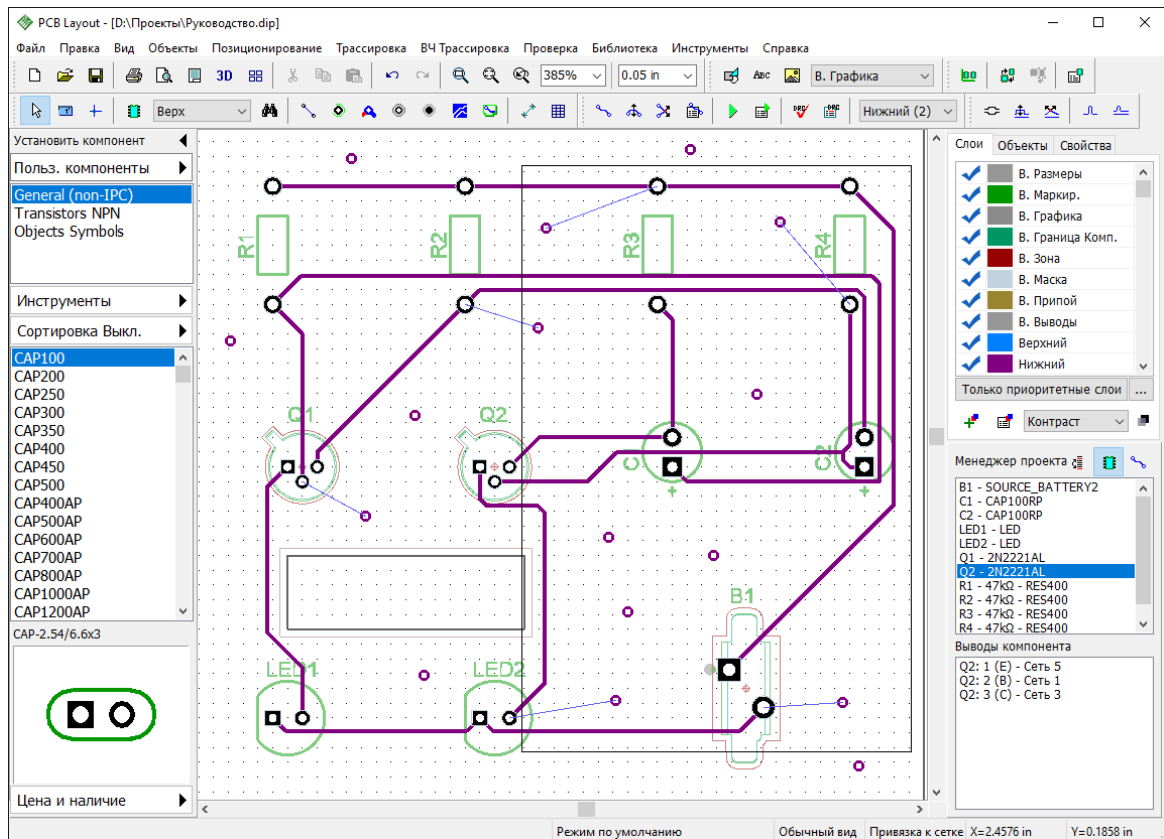
Давайте усложним задачу и попробуем выделить только не подключенные межслойные переходы и только в некоторой области платы.

Прежде всего, отмените выделение компонентов, щелкнув правой кнопкой мыши где-нибудь на пустом месте. Теперь добавьте несколько статических

межслойных переходов в разных местах платы используя кнопку  и

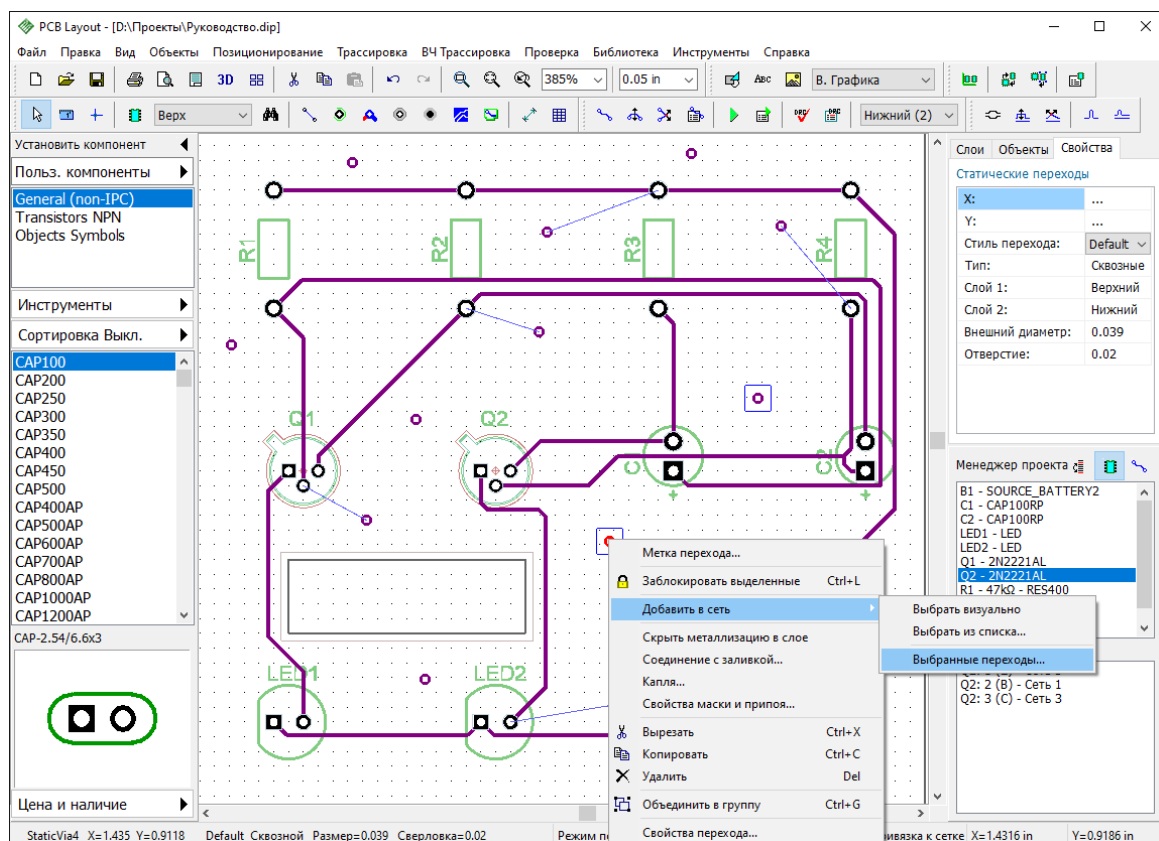
подсоедините **только некоторые из них к сетям** используя инструмент . Кликайте по межслойному переходу, а затем по контактной площадке, чтобы создать сеть между ними.

Теперь укажите область выделения (так, чтобы некоторые как подключенные, так и неподключенные переходы остались за ее пределами). Обратите внимание, что мы находимся на нижнем слое, где расположены все дорожки.



Все объекты в заданной области выделены, но из них мы хотим выбрать только неподключенные межслойные переходы. Поэтому откройте "Правка / Редактировать выделение" и измените режим на **Оставить выделенным**. Выберите только **Межслойные переходы** (все остальные объекты должны быть невыбранными), и **Неприсоединенные** из выпадающего меню Межслойных переходов. Нажмите **ОК** - и только неподключенные переходные отверстия окажутся выбранными.

Следующим шагом будет подключение переходов к какой-либо сети. Кликните правой кнопкой по одному из выбранных межслойных переходов когда он будет подсвечен и выберите **Добавить в сеть/ Выбранные переходы**. Обычно таким способом пользуются для подключения медных заливок сетей земли.



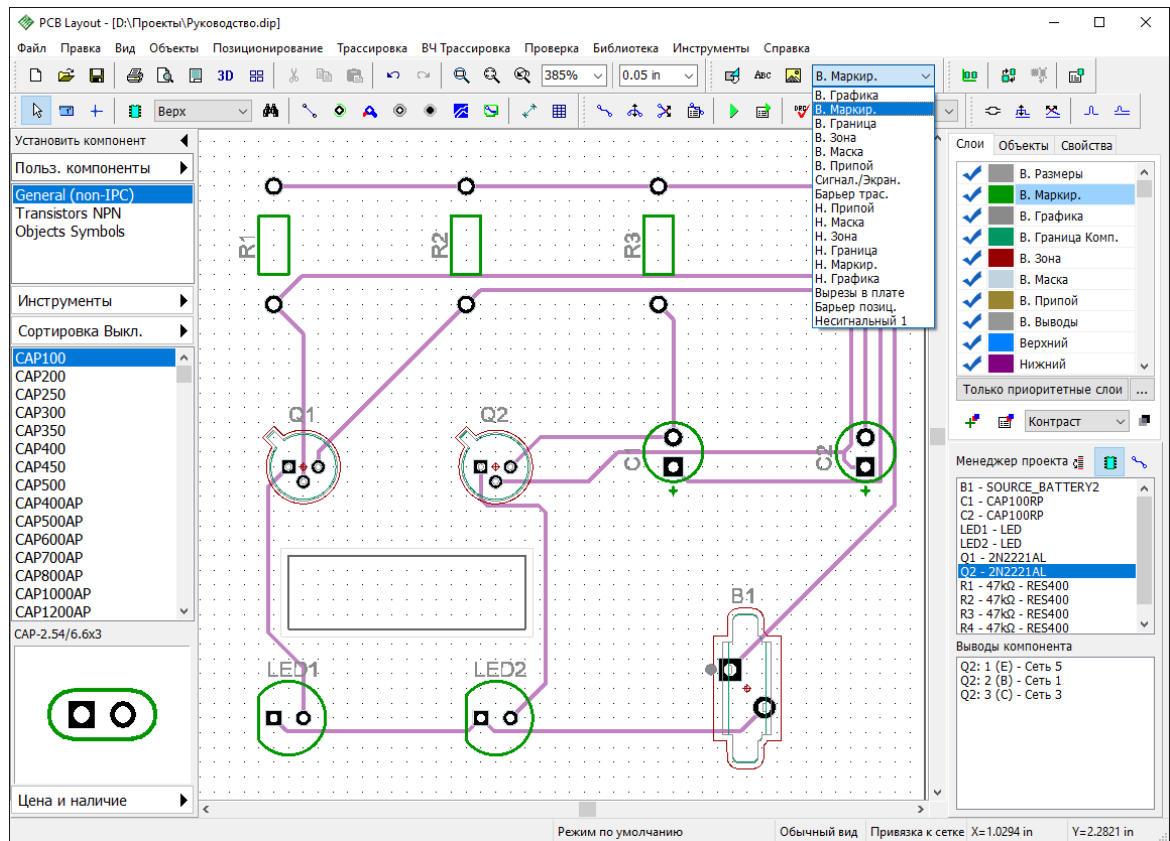
Выберите любую сеть из списка и нажмите **ОК**. Обратите внимание, что только неподключенные переходные отверстия будут подключены к выбранной сети. Теперь, когда мы разобрались с этой функцией, удалите все межслойные переходы с платы, чтобы вернуться к предыдущему состоянию проекта (выберите все межслойные переходы и нажмите **Del**, либо воспользуйтесь кнопкой "Шаг назад").

2.9 Размещение текста и графических элементов

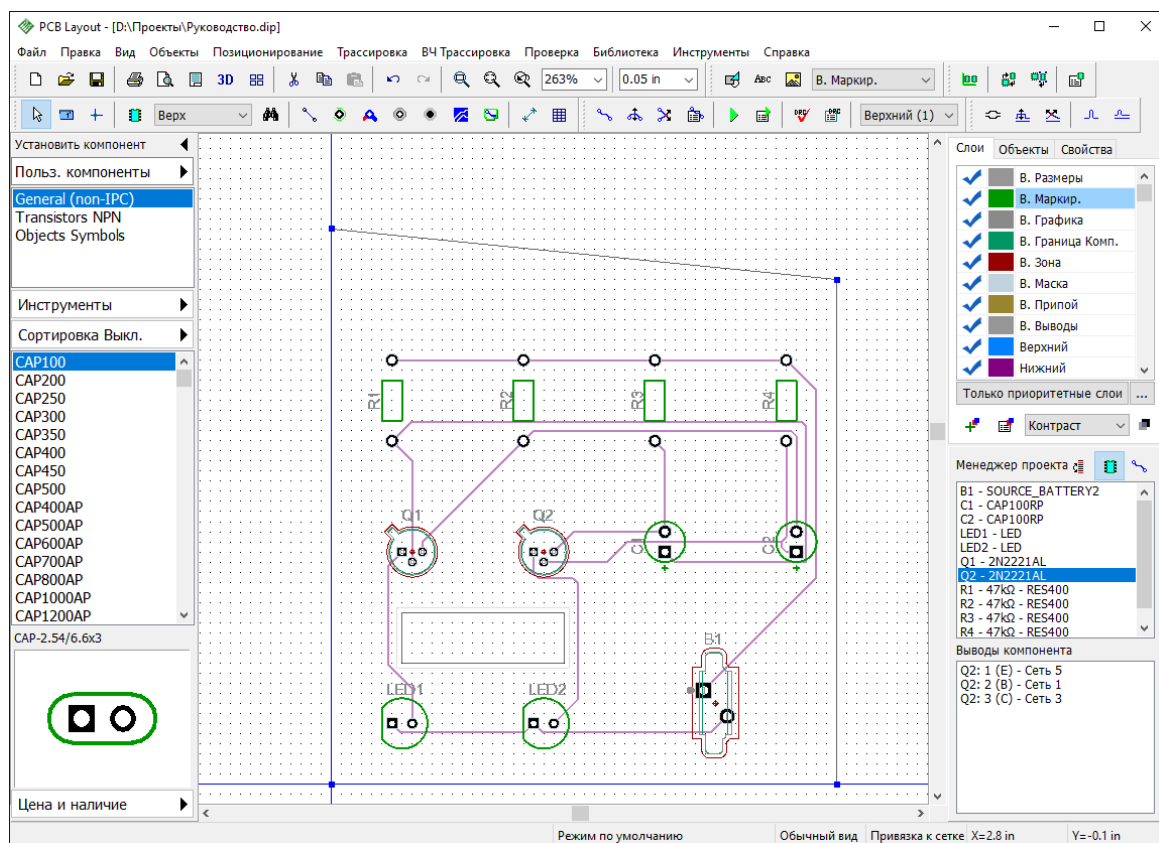
С помощью DipTrace на плату можно добавлять текст, фигуры, а также логотипы в форматах PNG, BMP, DXF или JPEG, которые экспортируются в "Гербер" файлы.

Сейчас мы добавим текст на плату. Прежде всего, выберите слой, на котором необходимо разместить текст или рисунок (мы выберем **Верхнюю Маркировку**), выбрать слой можно двойным кликом на панели **Слои** или в выпадающем списке на Панели рисования.

Если на панели рисования выбрать Сигнал./Экран, то графические элементы будут появляться на текущем сигнальном или экранном слое, который выбран с помощью выпадающего списка на Панели трассировки.



Сделаем плату немного больше, чтобы появилось место для дополнительного текста сверху. Наведите курсор на левый верхний угол платы и перетащите эту точку вверх. Кликать нужно не по линии границы платы, а именно по точке. Помните, что удачно выбранный размер сетки значительно упрощает поставленную задачу.



Теперь передвиньте правый угол аналогично левому.

Если необходимо переместить границы платы, просто перетащите их, зажав левую кнопку мыши на линии, а не на точке.

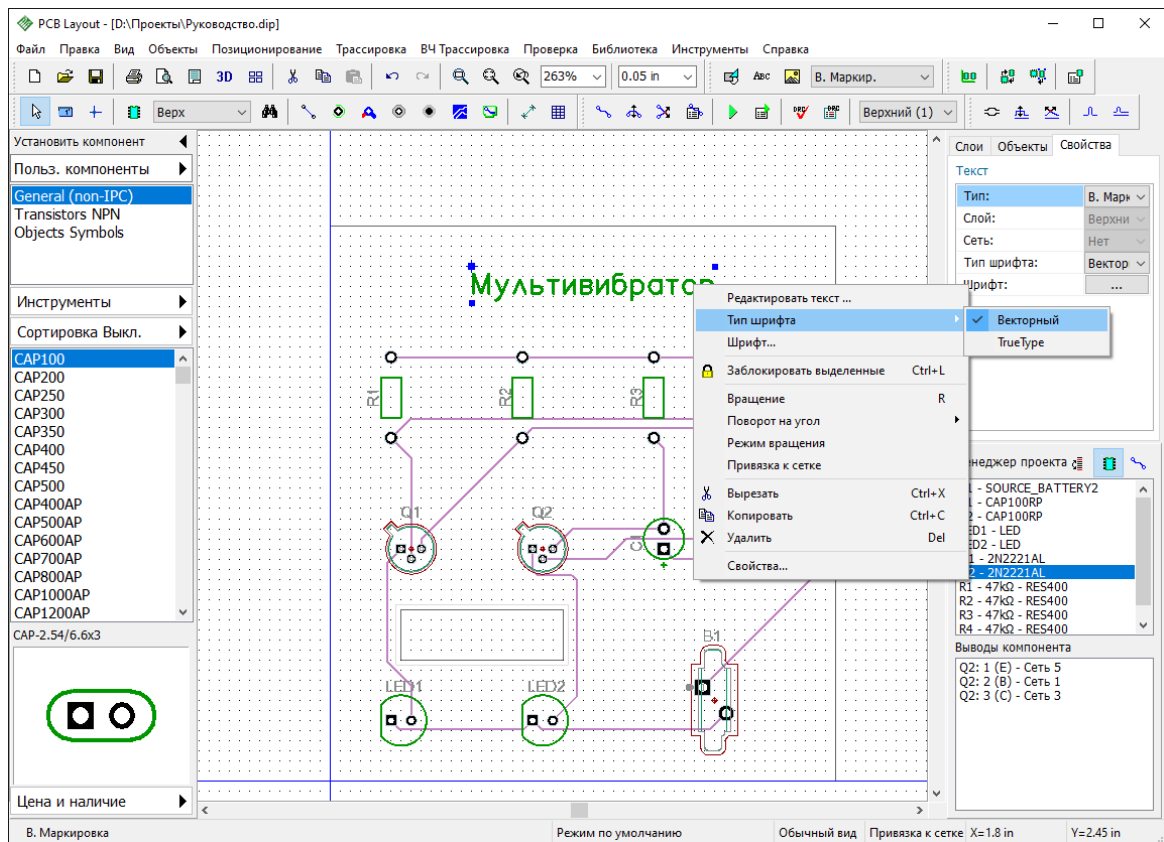
Помните, если вы не можете выделить нужные объекты или редактировать их, возможно, вы не находитесь в режиме по умолчанию. Правый клик по пустому месту в области построения вернет вас в этот режим.

Объекты, размещенные в неактивных сигнальных/экранных слоях, невозможно редактировать (за исключением случаев, когда активирован режим Контраст с редактированием ("Вид/ Отображение слоев/ Контраст с редактированием"). Поэтому обращайте внимание на то, в каком слое вы сейчас работаете.

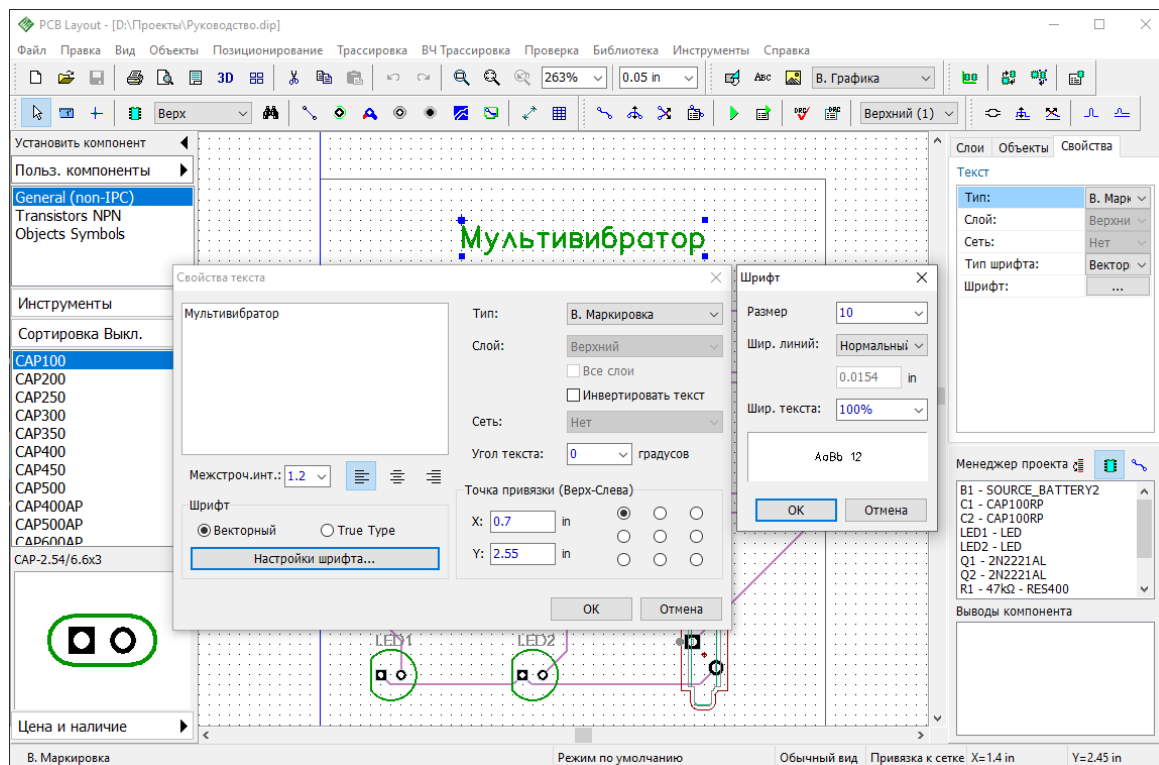
Нажмите кнопку **ABC** на панели рисования, затем кликните левой кнопкой там, где желаете разместить текст, введите текст, нажмите **Enter**, чтобы перенести текст на следующую строку. Щелкните правой кнопкой мыши на свободной области, чтобы вернуться в режим по умолчанию.

Используйте мышь или клавиши стрелок (объект должен быть предварительно выделен) для перемещения текста на плате, пока не найдете оптимальное положение. Не забывайте, что можно менять размер сетки. Когда текстовый объект выбран, то на панели Менеджера проекта во вкладке **Свойства** можно изменить настройки шрифта, тип (векторный или TrueType) и слой. Параметры текста также можно изменить, выбрав соответствующие пункты в контекстном меню. Мы рекомендуем использовать векторные шрифты, поскольку они напрямую экспортируются в "гербер". Однако, когда необходимо использовать

спецсимволы, без TrueType не обойтись. Шрифты такого типа экспортируются в "гербер" в виде маленьких линий (их генерирует специальный алгоритм распознавания).



Текстовый объект находится на слое шелкографии, он наследует цвет слоя. Если вам нужно изменить цвет текста, переместите текстовый объект на слой Верхняя графика, а затем измените цвет этого слоя. Вы можете изменить все параметры текстового объекта в любое время, для этого щелкните его правой кнопкой мыши и выберите в подменю **"Свойства"**.



Во всплывающем диалоговом окне вы можете редактировать текст и параметры его отображения, а также угол поворота, положение и координаты точки привязки. В раскрывающемся списке можно выбрать Тип текстового объекта и переместить его на другой слой, а также определить другие свойства (например, создать барьер трассировки, используемый для автотрассировки и т. д.). В нашем случае мы просто оставляем этот текст на слое Верхняя маркировка.

Обратите внимание, что опция «Инвертировать текст» позволяет размещать текст, который будет вытравлен в шелкографии или медной заливке.

Другие графические элементы, такие как фигуры, можно размещать в слоях сборки, маски, пасты, сигнала, барьера трассировки, а также в слоях контура платы и вырезов. Свойства размещенных фигур можно определить в диалоговом окне "Свойства фигуры" (правый клик/ Свойства).

2.10 Создание заливки

Медные заливки используются на платах в качестве низкоимпедансного проводника для сетей земли и питания. Зачастую заливки располагаются на внутренних слоях платы, но могут быть и на верхнем или нижнем слое.

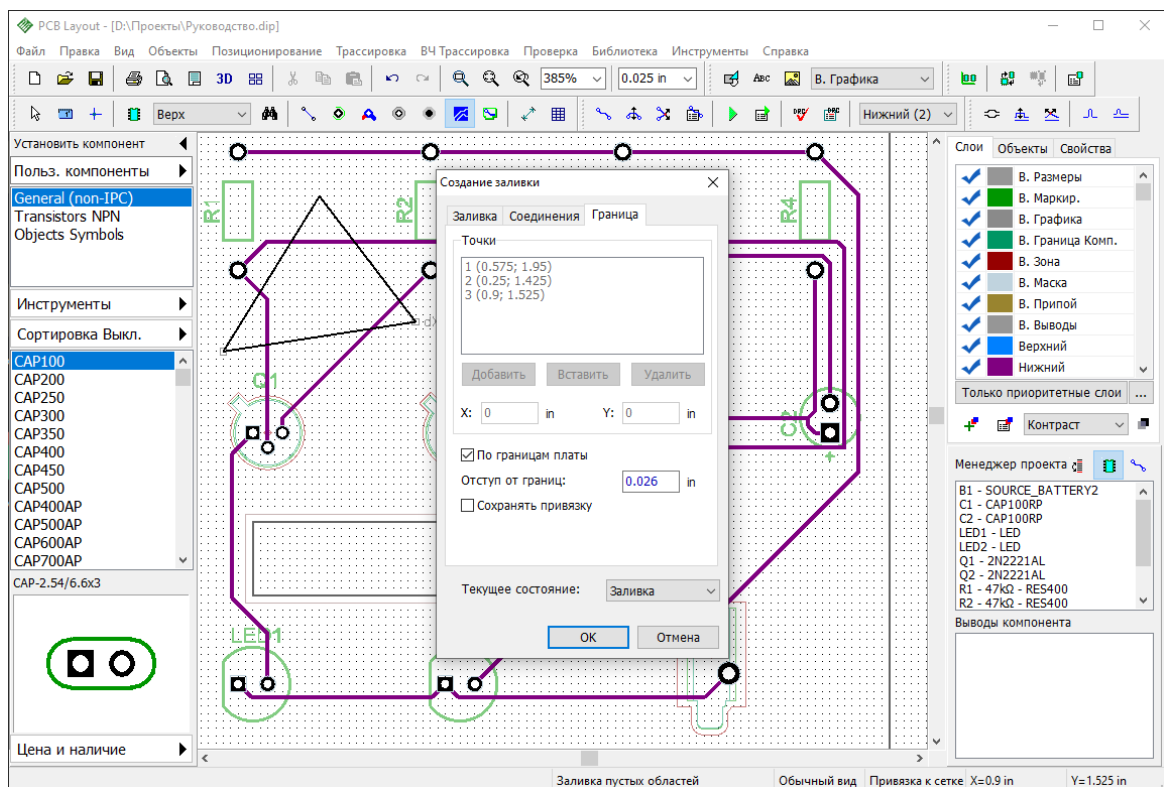
Как установить медную заливку

DipTrace позволяет создавать медную заливку для плат любого размера. Для начала установите размер сетки 0.025 дюйма. Выберите нижний слой, затем

"Объекты/ Заливка пустых областей" в главном меню или нажмите кнопку  на Панели объектов. Теперь нарисуйте полигон заливки на плате, кликая левой

кнопкой для создания узловых точек. В последней точке, щелкните правой кнопкой мыши и выберите **Ввод** из подменю - появится диалоговое окно Создание заливки, которое позволяет настроить параметры заливки и её подключения. Нам нужно создать заливку, которая покроет всю нижнюю поверхность платы. Можно нарисовать ее вручную, но это достаточно долго. Давайте изначально создадим полигон любой формы (например, как на рисунке ниже) и затем воспользуемся специальной функцией **По границам платы** (диалоговое окно Создание заливки, вкладка Границы), чтобы автоматически покрыть всю поверхность.

Вы можете изменять размер сетки по своему усмотрению в любой момент размещения / редактирования медной заливки.



В диалоговом окне создания заливки есть три закладки: Заливка, Соединения и Граница.

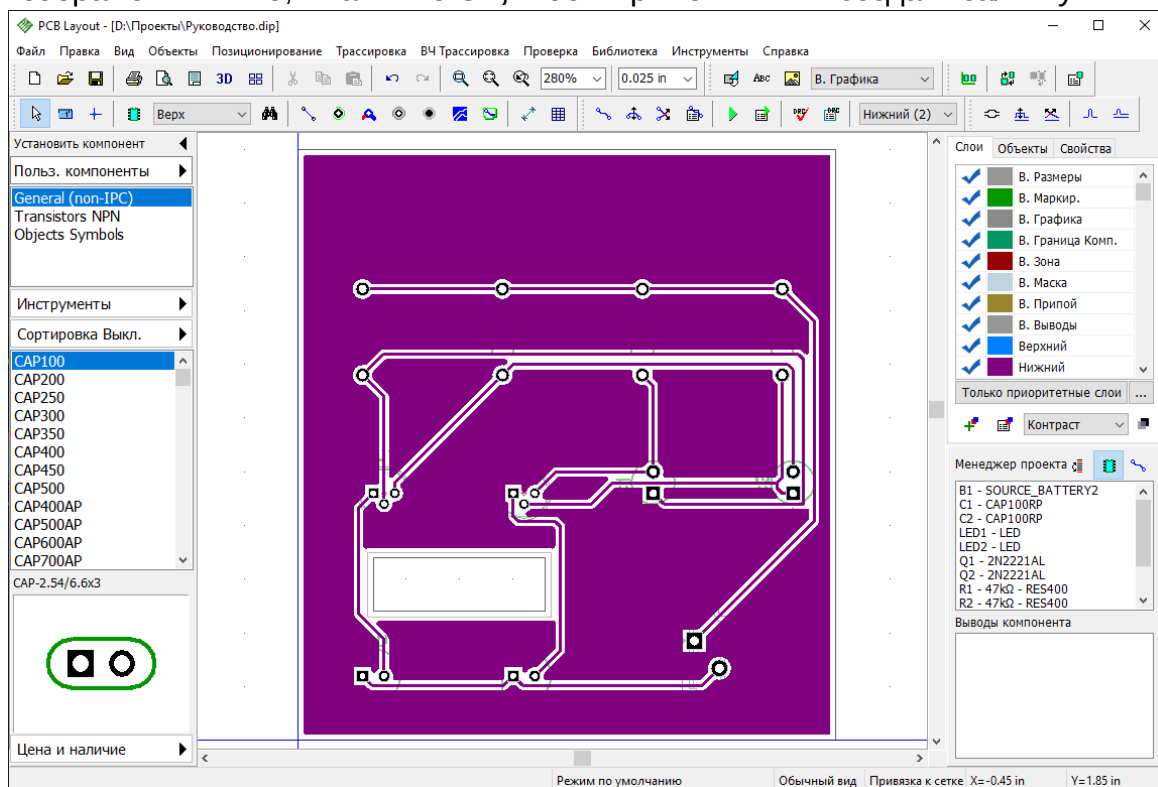
Заливка — позволяет выбрать тип заливки, установить зазоры, ширину линий, зазоры между линиями, опции по удалению островков, параметры приоритета и состояния (заливка или ее границы). Можно применить параметр зазора класса сетей в качестве зазора заливки с помощью соответствующей галочки. DipTrace имеет бессеточную систему создания заливки. Область металлизации формируется из линий фиксированной ширины. Параметр Между линиями используется, если выбрана заливка нецельного типа.

Соединения — здесь можно подключить заливку к какой-либо сети проекта, установить типы термобарьеров для компонентов поверхностного монтажа и монтажа в отверстия. Параметр Скрывать связи может автоматически показывать синие линии связей только в случае, если нет электрического

соединения, или настроить другие варианты отображения линий связи.

Граница — установить или изменить точки границ полигона заливки. Опция По границам платы помогает экономить время, создавая полигон заливки на всю плату (учитывая необходимые зазоры). Если активна опция Сохранить привязку, то полигон заливки будет изменяться при изменении границ платы.

Поставьте галочку **По границам платы**, другие параметры укажите, как на изображении выше, и нажмите **ОК**, чтобы применить их и создать заливку.



Зазор контура платы, указанный в настройках заливки меди, не применяется к вырезам платы. Всегда размещайте барьер трассировки для обеспечения определенного зазора между медной заливкой и вырезом, как мы это сделали ранее.

Заливка может быть в двух состояниях: Заливка или Границы. Второй режим очень удобен для редактировании объектов в слое с заливкой, ведь тогда отображаются только границы заливки. Для изменения состояния заливки, её обновления и для того, чтобы открыть диалоговое окно свойств, **кликните правой кнопкой по границе заливки (а не по самой заливке)**, выберите **Состояние** и необходимый вариант из подменю. Когда заливка выбрана, её параметры можно изменять на панели свойств в правом верхнем углу экрана, которая появляется вместо списка слоев.

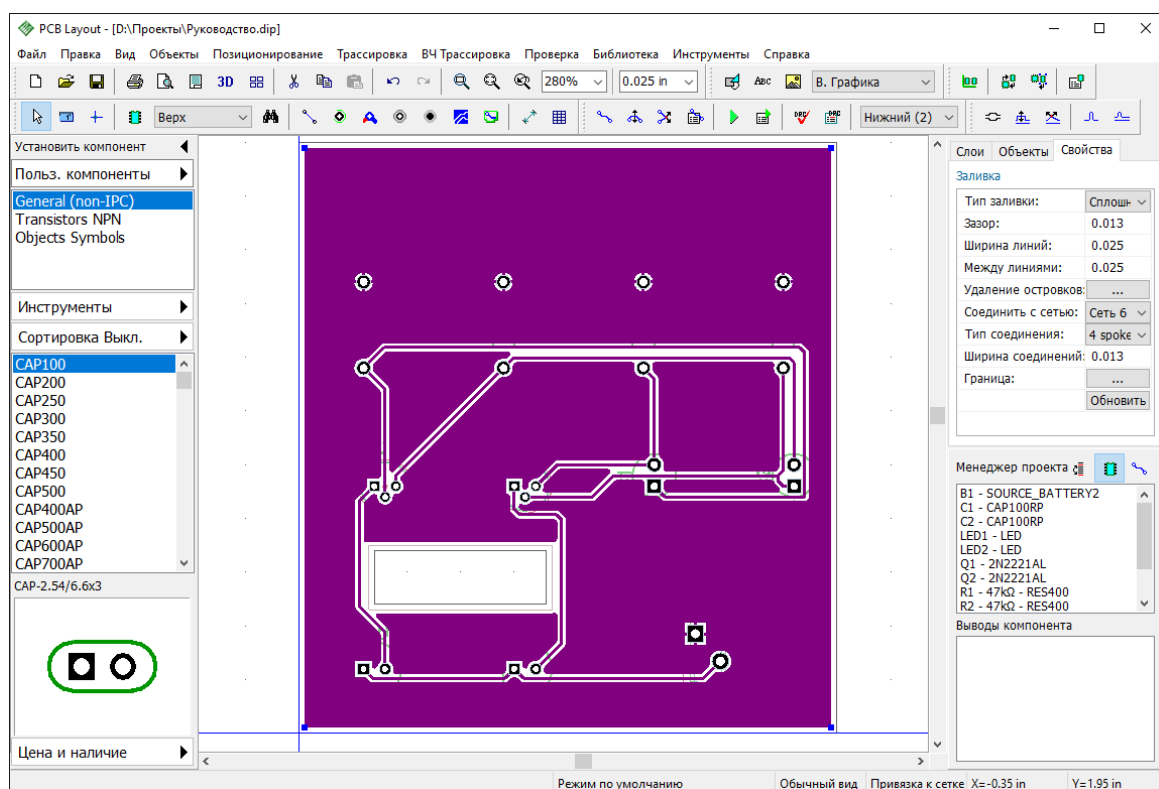
Наша плата имеет заливку, но она не подключена. Сейчас мы попрактикуемся и соединим две разные сети с помощью двух заливок на одном слое платы.

Подключение медных заливок

Детрассируйте одну из сетей на плате (например, Сеть 6, которая соединяет

резисторы с батареей), кликните правой кнопкой по трассе и выберите **Детрассировать сеть**. Запомните ее имя (мы детрассировали Сеть 6). Теперь щелкните правой кнопкой по границе заливки, выберите **Свойства**, перейдите на вкладку **Соединения**, выберите **Соединить с сетью: Сеть 6**. Теперь установите тип термобарьеров (**Тип соединения: 4 Spoke**). SMD-компонентов на плате нет, поэтому ставить для них другой тип бессмысленно. Нажмите **ОК**, чтобы обновить заливку.

Обратите внимание, что для доступа к диалоговому окну свойств заливки нужно обязательно кликать по границе заливки (а не по границе платы или по телу заливки).



Вы увидите, что синие линии соединения выбранной сети скрыты, а контактные площадки сети присоединены к заливке с помощью выбранных термобарьеров.

DipTrace позволяет размещать на одном слое несколько заливок и подключать их к разным сетям проекта. Выберите вторую сеть для подключения через заливку, например, сеть которая соединяет выводы R3:1, C1:2 и Q2:3, в нашем случае это Сеть 3. Детрассируйте выбранную сеть, затем кликните правой кнопкой по краю заливки и откройте диалоговое окно **Свойства заливки**. В этом окне установите **Текущее состояние: Границы**, но пока что не закрывайте его.

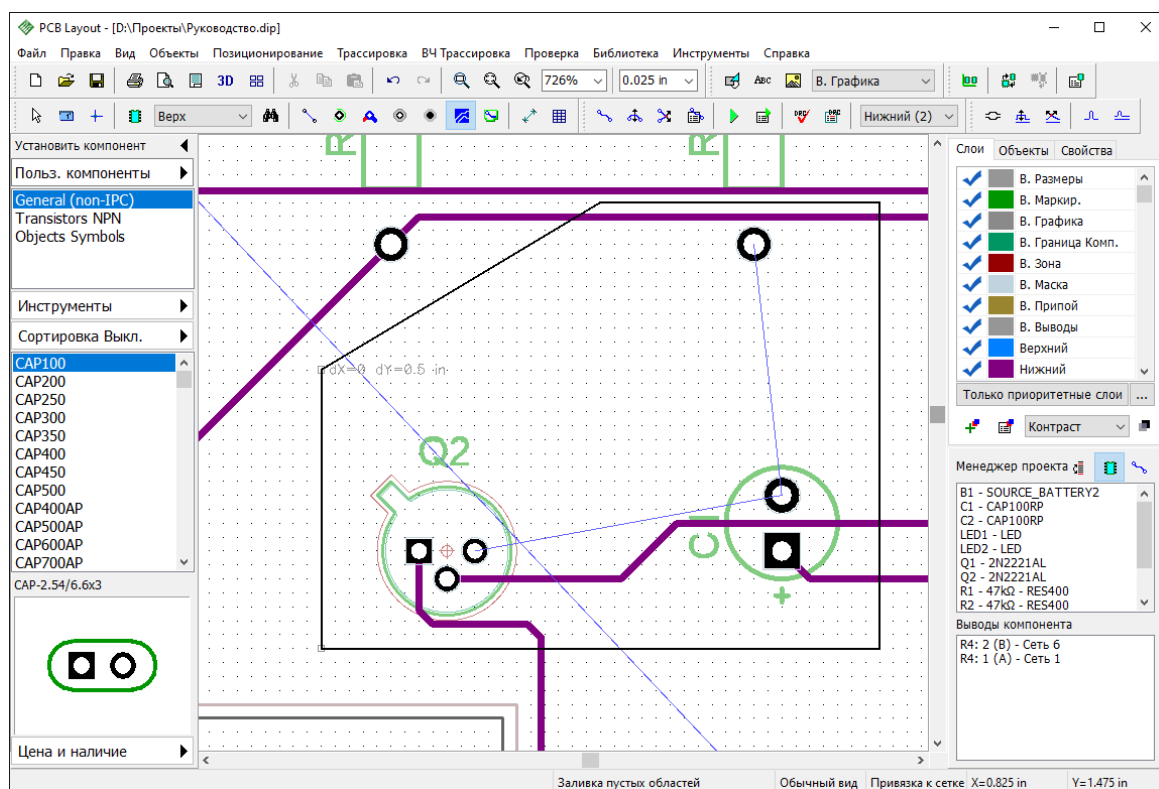
Приоритет заливок

Теперь давайте установим уровень приоритета для существующей заливки. Во вкладке **Заливка** в поле **Приоритет заливки** введите значение **1**. Можно

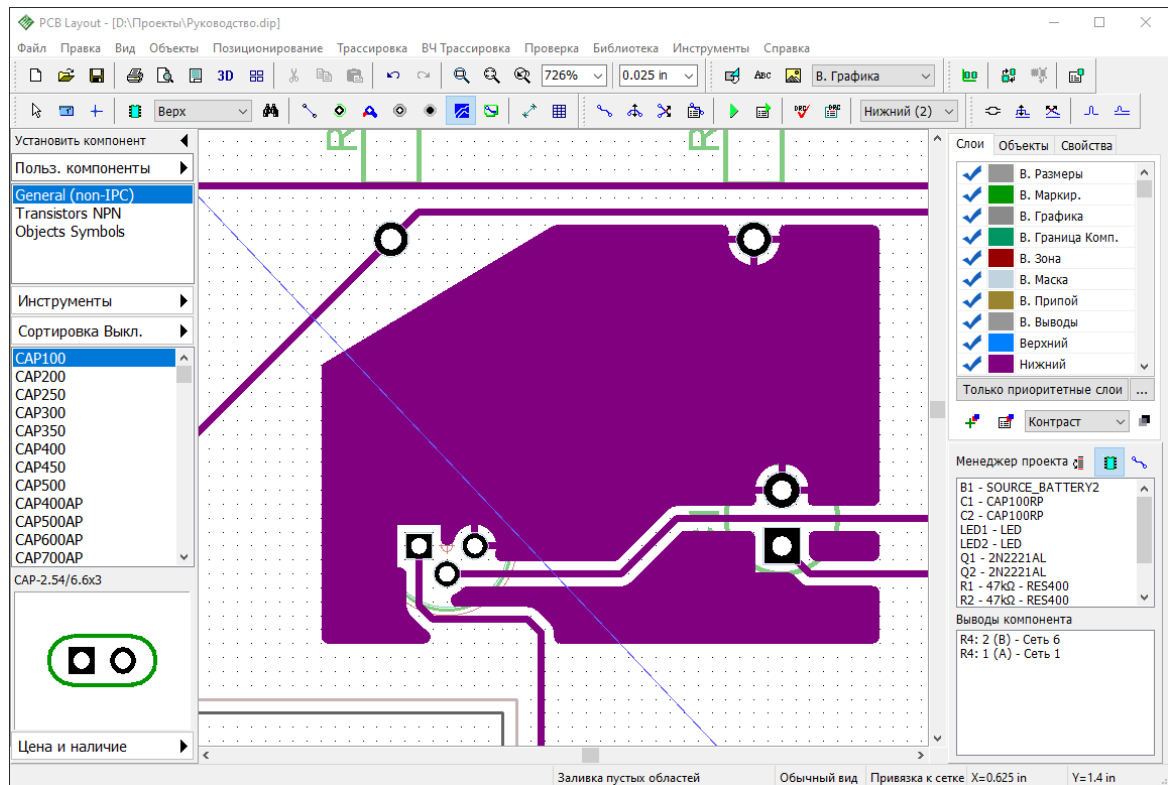
ввести любую цифру, все зависит от количества заливок, которое планируется на одном слое. Чем меньше значение, тем выше приоритет этой заливки; то есть заливка со значением 0 будет иметь более высокий приоритет, чем заливка, у которой это значение 1.

Обратите внимание, по умолчанию у всех заливок стоит значение 0. Если заливки с одинаковым приоритетом пересекаются, то Проверка проекта сообщит о многочисленных ошибках.

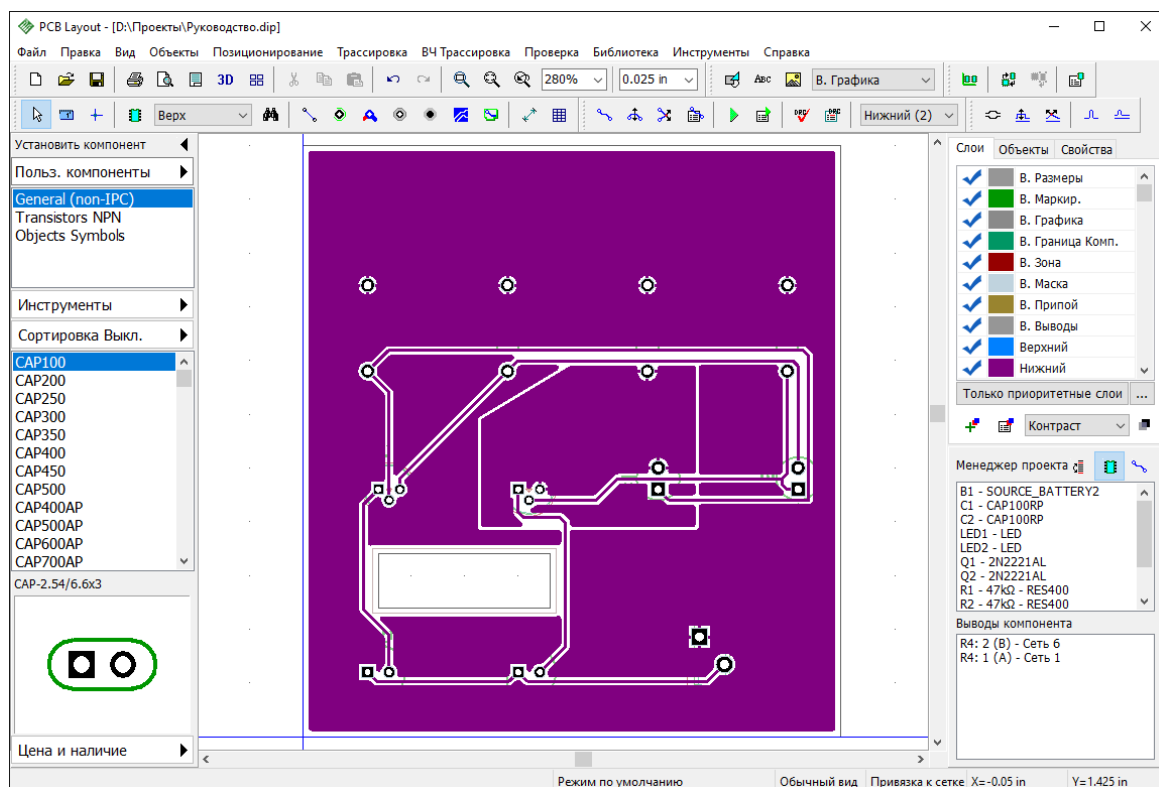
Нажмите **ОК**, чтобы применить новые настройки. Обратите внимание, что автоматически появились синие линии соединений, указывающие на то, что медная заливка находится в незалитом состоянии. Убедитесь, что Сеть 3 детрассирована, после чего выберите инструмент для создания медной заливки (Объекты/ Заливка пустых областей и нарисуйте вторую заливку так, чтобы контактные площадки детрассированной сети (Сеть 3) были соединены, как на рисунке ниже.



Завершите создание полигона, нажав клавишу **Enter**. В появившемся диалоговом окне свойств заливки, во вкладке **Соединения**, подключите заливку к детрассированной сети (Сеть 3), выберите тип подключения 4 spoke и нажмите **ОК**, чтобы новая заливка появилась на плате.



Теперь выберите первую заливку, подключенную в Сети 6. Кликните правой кнопкой по ее границе и в подменю выберите **Состояние**, а затем **Заливка**. Вы увидите, что теперь на данном слое расположены две заливки, соединяющие две разные сети. Большая заливка, которая соединяет Сеть 6, изменила свою форму, адаптируясь под вторую заливку, поскольку для первой установлен более низкий уровень приоритета.

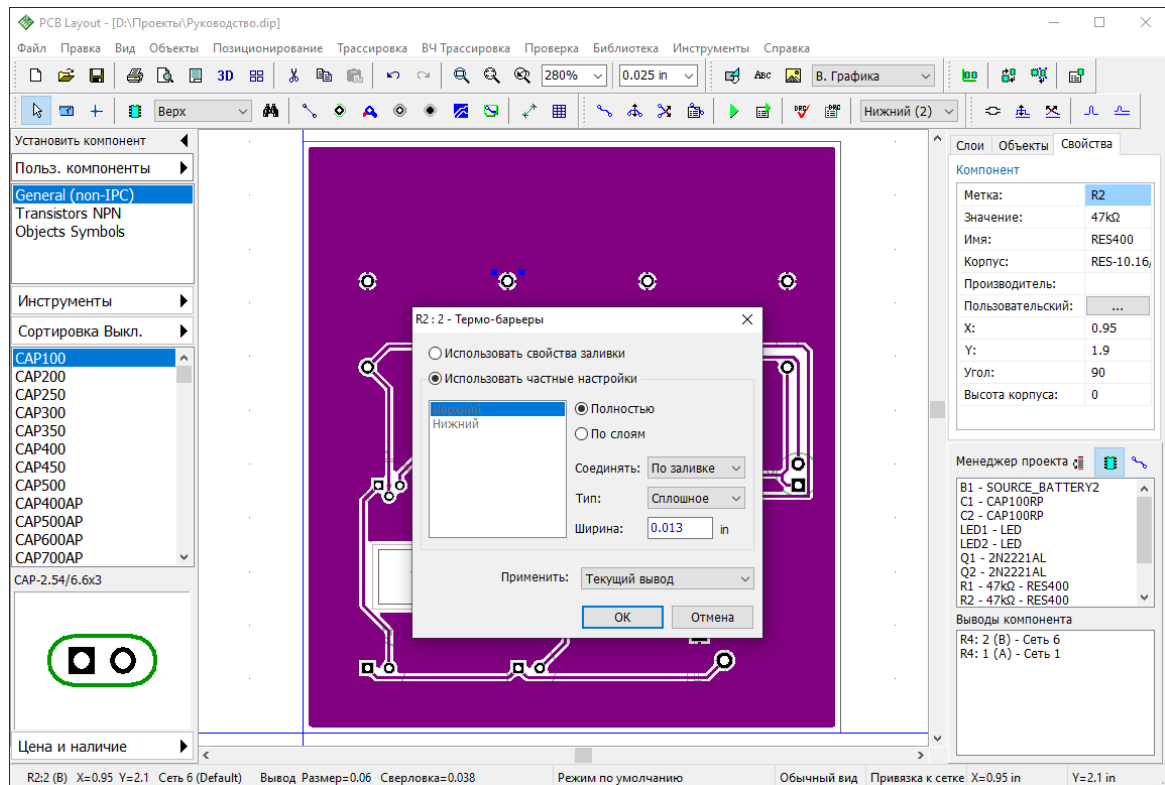


Тип термобарьера

Вы уже знаете, как устанавливать термобарьеры для всех контактных площадок сети в свойствах заливки, но иногда необходимо, чтобы отдельные контактные площадки подключались к заливке иначе. Такие ситуации могут возникать, когда, например, один из выводов сети физически не может быть подключен с помощью стандартного термобарьера заливки.

DipTrace позволяет любому выводу иметь собственный тип подключения. Для примера мы соединим один из выводов резистора R2 с заливкой без термобарьера, то есть установим сплошное соединение. Наведите мышью на вывод (чтобы он подсветился), затем щелкните правой кнопкой и выберите **Соединение с заливкой** из подменю. В диалоговом окне кликните **Использовать частные настройки** и выберите тип подключения Сплошное.

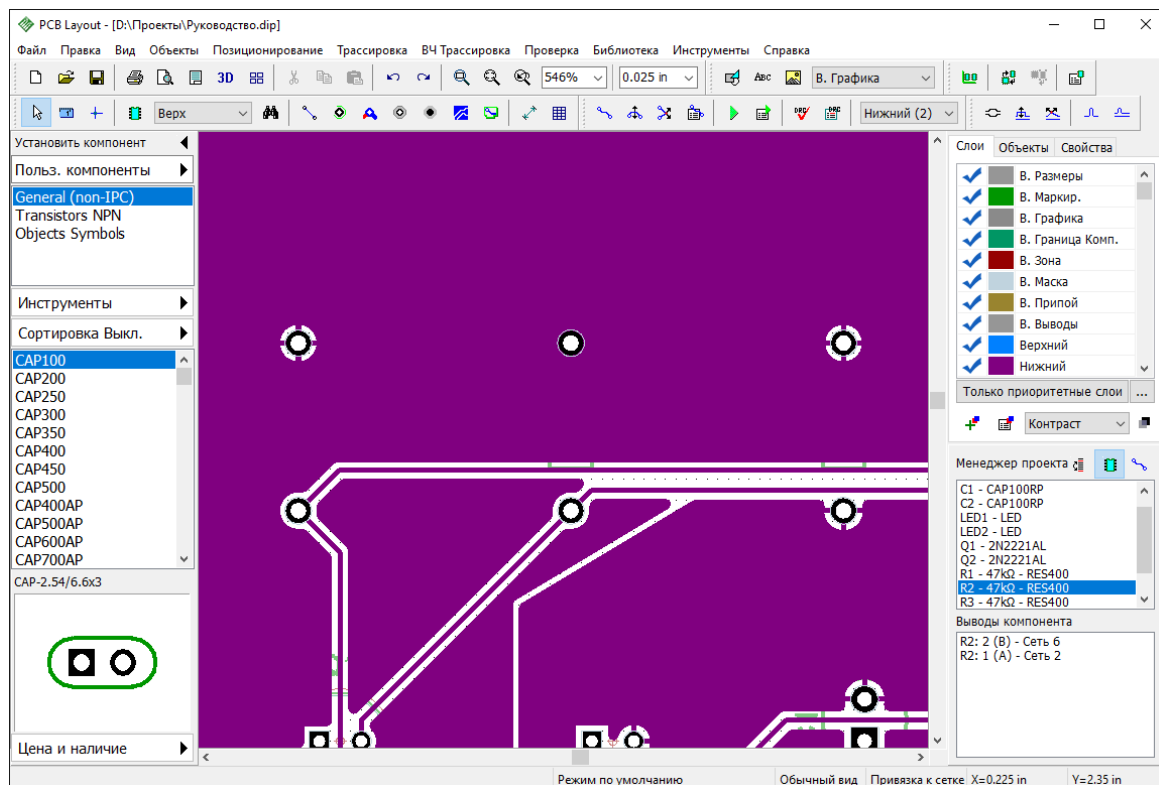
Некоторые контактные площадки могут отсоединиться после размещения медной заливки из-за выбранного типа термобарьера и структуры разводки (о таких случаях сообщит проверка целостности сетей), но установка индивидуальных настроек термобарьеров для контактных площадок поможет вам решить эту проблему.



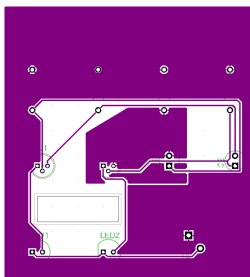
После изменения параметров термобарьера, щелкните **ОК** для того, чтобы изменения вступили в силу, а диалоговое окно закрылось. Затем щелкните правой кнопкой по контуру заливки и выберите **Обновить** в подменю. Теперь вывод R2:B подключен к заливке сплошным соединением.

*Все заливки платы можно обновить автоматически, для этого в пункте **Объекты** главного меню выберите **Обновить все заливки**.*

Аналогичным образом, установите термальные подключения разных типов для других выводов резисторов, чтобы попрактиковаться.



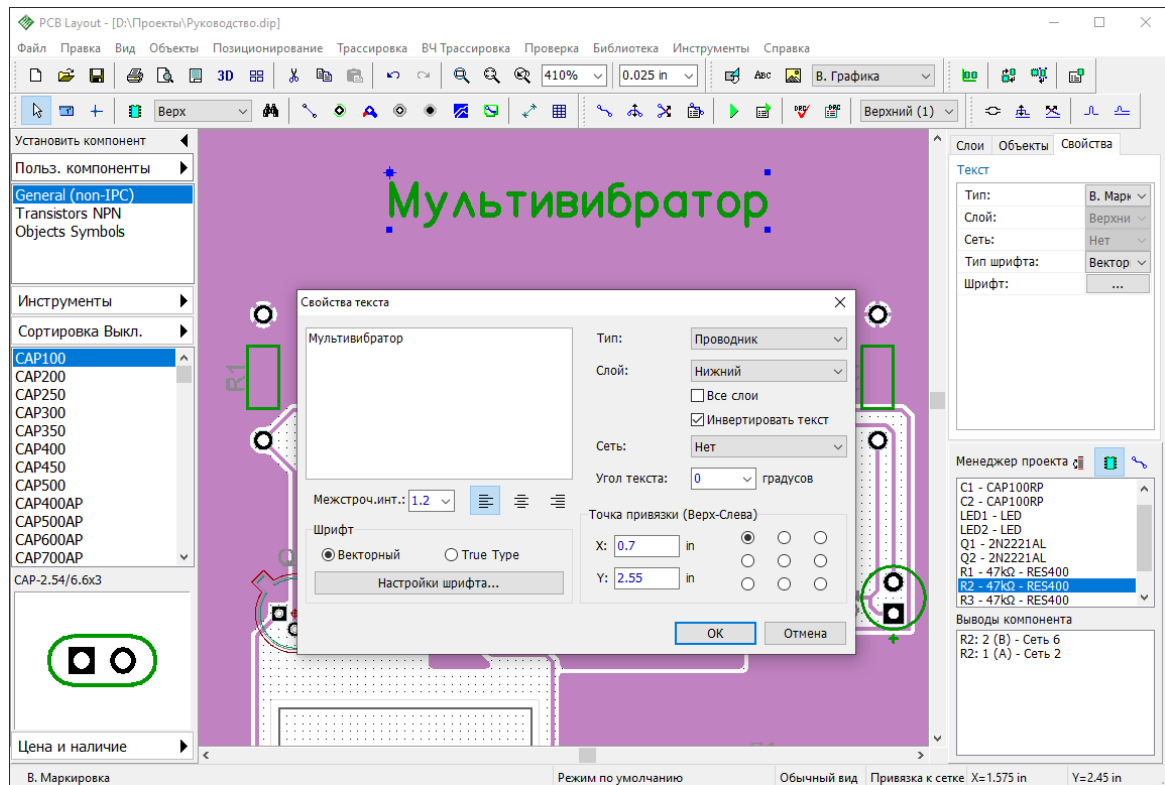
На изображении выше вы видите, что для одной контактной площадки первого резистора мы установили тип подключения 4-spoke 45 градусов, второго - подключается напрямую, а третьего - термобарьер 2-spoke 90 градусов.



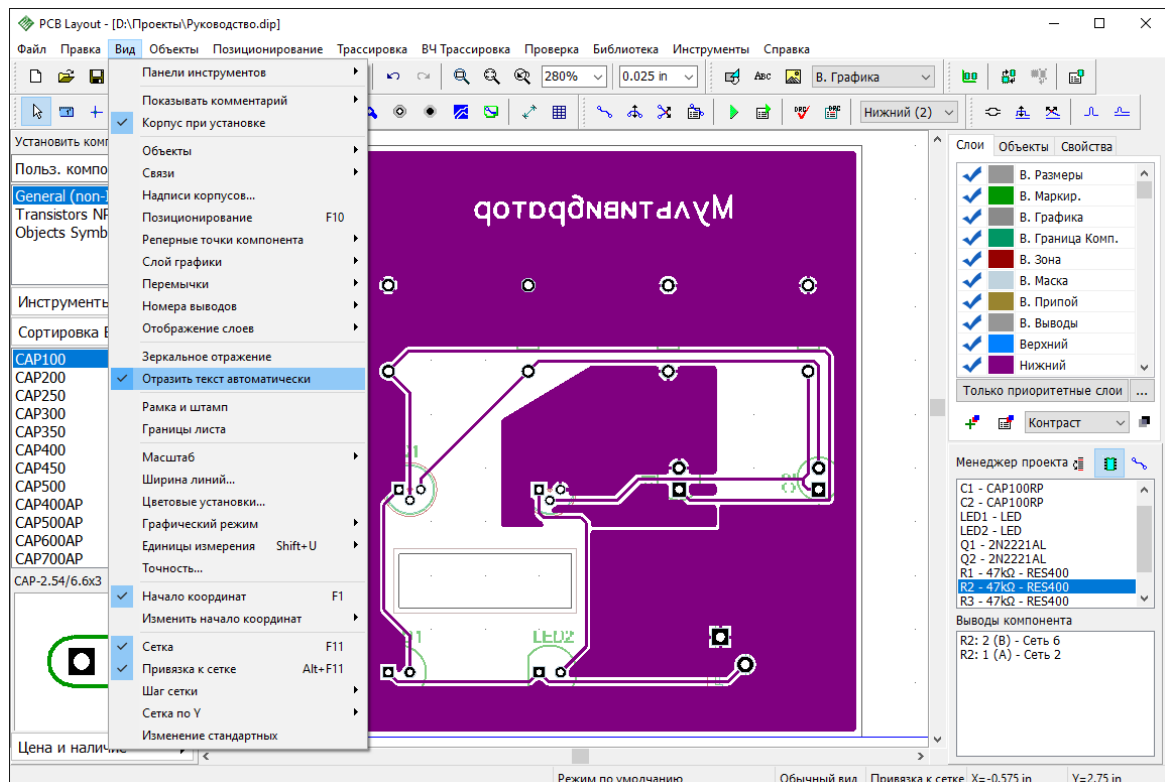
Когда заливка используется в экранных слоях для сетей питания и земли, SMD-выводы соединяются с заливкой с помощью межслойных переходов. Переходы могут быть созданы автоматически с помощью функции создания переходов или автотрассировщиком.

Как вы могли заметить, на нашей плате образовалось несколько неподключенных островков заливок. Их можно убрать автоматически. Для этого необходимо открыть диалоговое окно Свойства заливки (правый клик по границе заливки, Свойства) и во вкладке Заливка, в разделе Удаление островков поставить галочку Несоединенные. Нажмите ОК.

Давайте посмотрим, как разместить текст, который будет вытравлен в медной заливке. Переключитесь на верхний слой, на котором мы ранее разместили текст. Щелкните правой кнопкой мыши текстовый объект и откройте диалоговое окно "Свойства". Выберите Тип - Проводник, Слой - нижний и отметьте Инвертировать текст. Щелкните ОК.



Теперь нам нужно переключиться на нижний слой и обновить медную заливку, чтобы изменения вступили в силу. Вы можете видеть, что текст был выравнен в меди и отзеркален (вы можете отключить функцию Отразить текст автоматически в меню Вид, чтобы текст не отображался зеркально на нижнем слое).

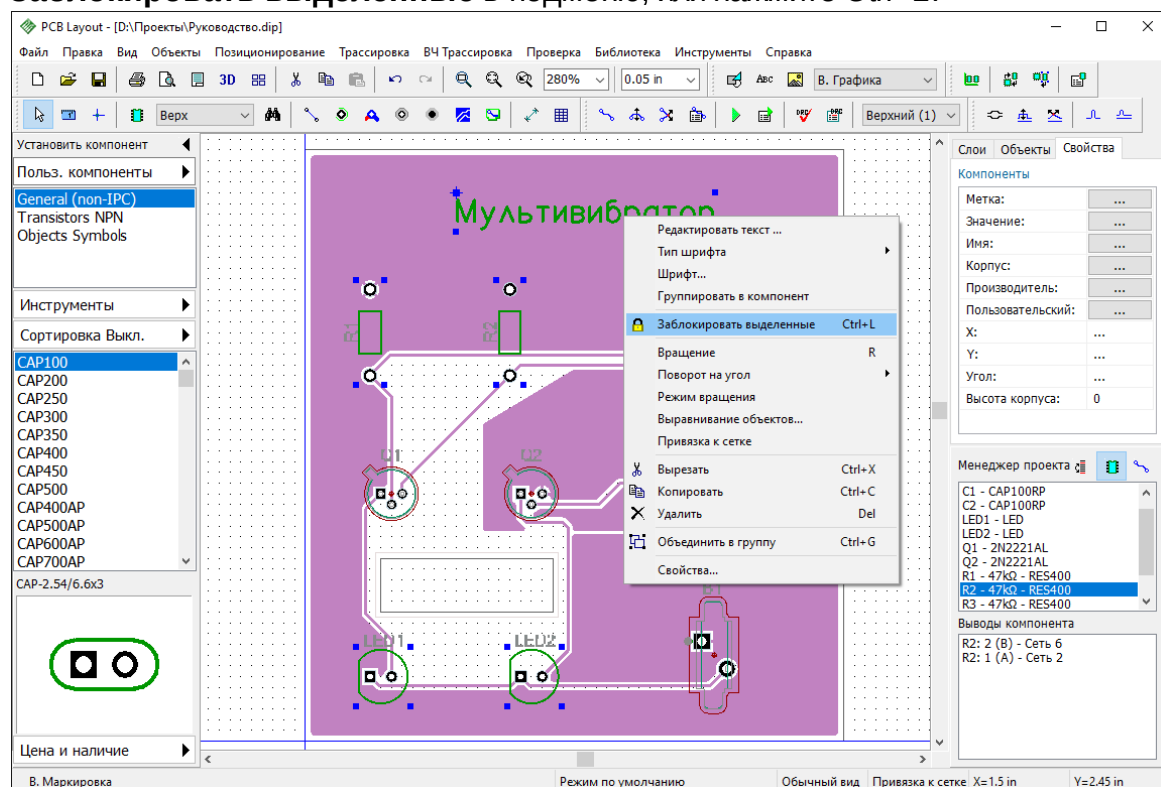


Отмените изменения, пока текст не вернется в слой В.Графика, или просто измените настройки в диалоговом окне Свойства текста. Сохраните проект.

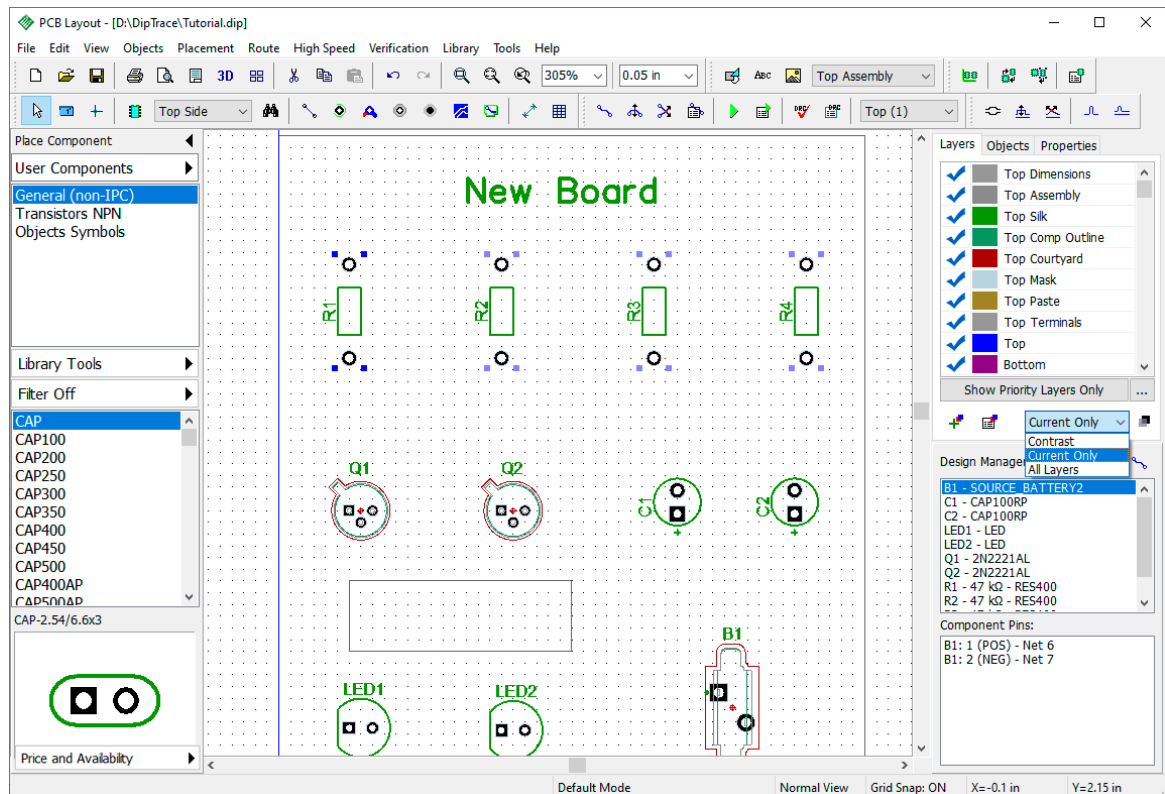
2.11 Блокировка объектов

Иногда необходимо заблокировать некоторые объекты на плате, чтобы предотвратить их случайное перемещение или изменение свойств.

Переключитесь на верхний слой и выберите несколько объектов проекта. Щелкните правой кнопкой по одному из них и выберите **Заблокировать выделенные** в подменю, или нажмите **Ctrl+L**.



Заметьте, заблокированные объекты подсвечиваются менее контрастно, чем незаблокированные (в нашем случае, цвет похож на цвет медной заливки, поэтому мы изменили режим отображения слоёв и сделали видимым только активный слой (выпадающий список в нижней части панели **Слои**)). Всплывающая подсказка для таких объектов содержит текст "Заблокировано". Вы не можете перемещать, изменять размеры или редактировать заблокированные объекты.



Теперь разблокируйте все объекты: выберите все, нажав *Ctrl+A* и разблокируйте, "Правка/ Разблокировать выделенные" из главного меню, или воспользуйтесь сочетание клавиш *Ctrl+Alt+L*.

Также вы можете блокировать компоненты после установки их на верхний или нижний слой. Выберите "Правка/ Блокировка компонентов/ Верхние (или Нижние)" из главного меню для блокировки компонентов на соответствующем слое. Используя блокировку, можно трассировать плату и не беспокоиться, что некоторые важные объекты могут быть случайно перемещены. Для разблокировки компонентов слоя выберите тот же самый пункт главного меню ("Правка/ Блокировка компонентов/ Верхние (или Нижние)") еще раз.

Вернитесь в режим контрастного отображения слоёв, используя выпадающий список на вкладке «Слои» (Менеджер проекта).

2.12 Проверка проекта

В DipTrace есть несколько функций для проверки платы проекта. Все опции объединены в пункте главного меню **Проверка: Проверка ошибок трассировки (DRC), Проверка целостности сетей и Сравнение платы со схемой**.

Проверка ошибок трассировки (DRC)

Эта функция является одной из наиболее важных проверок. Она позволяет пользователю проверять расстояния между разными объектами на плате, контролировать допустимые размеры объектов и параметры

дифференциальных пар, чтобы они соответствовали правилам трассировки.

DRC работает в двух режимах: "Real-Time" (в реальном времени) и "Обычный". Real-time DRC осуществляет проверку всех действий пользователя непосредственно в процессе их выполнения, в реальном времени. Например, когда вы проводите трассу или перемещаете какой-либо компонент слишком близко к другому объекту на плате (заливке, трассе, переходу, компоненту и т.д.), Real-time DRC с помощью красных кругов отмечает в области построения места, где зазор становится меньше допустимого.

Если Real-time DRC полностью выключена, то никаких сообщений об ошибках вы не увидите до тех пор, пока не запустите проверку DRC в обычном режиме, выбрав "Проверка/ Показать ошибки трассировки" из главного меню или нажав F9. В результате появится список ошибок или сообщение об их отсутствии. Скорей всего, на нашей простой плате ошибок нет.

Для того чтобы установить правила проверки, то есть задать эталонные значения для проверки DRC, из главного меню выберите **Проверка**, а затем **Параметры проверки ошибок**.

В диалоговом окне четыре вкладки: Расстояния, Размеры, Real-time DRC и Дополнительно.

Расстояния — установите допустимые зазоры между различными типами объектов. Если убрать галочку **Все слои**, то появится возможность устанавливать разные параметры зазоров по слоям. Просто выбирайте слой из списка и вводите нужное значение.

*Обратите внимание, что параметры зазоров, устанавливаемые в этом окне, **не применяются** к сетям, у которых в диалоговом окне Классов сетей включено свойство **Использовать зазор в DRC** или установлены зазоры **Между классами**.*

Установите флажок **Зазоры для одинаковых сетей** и введите соответствующие значения, если вы хотите проверить зазоры между определенными объектами одной и той же сети.

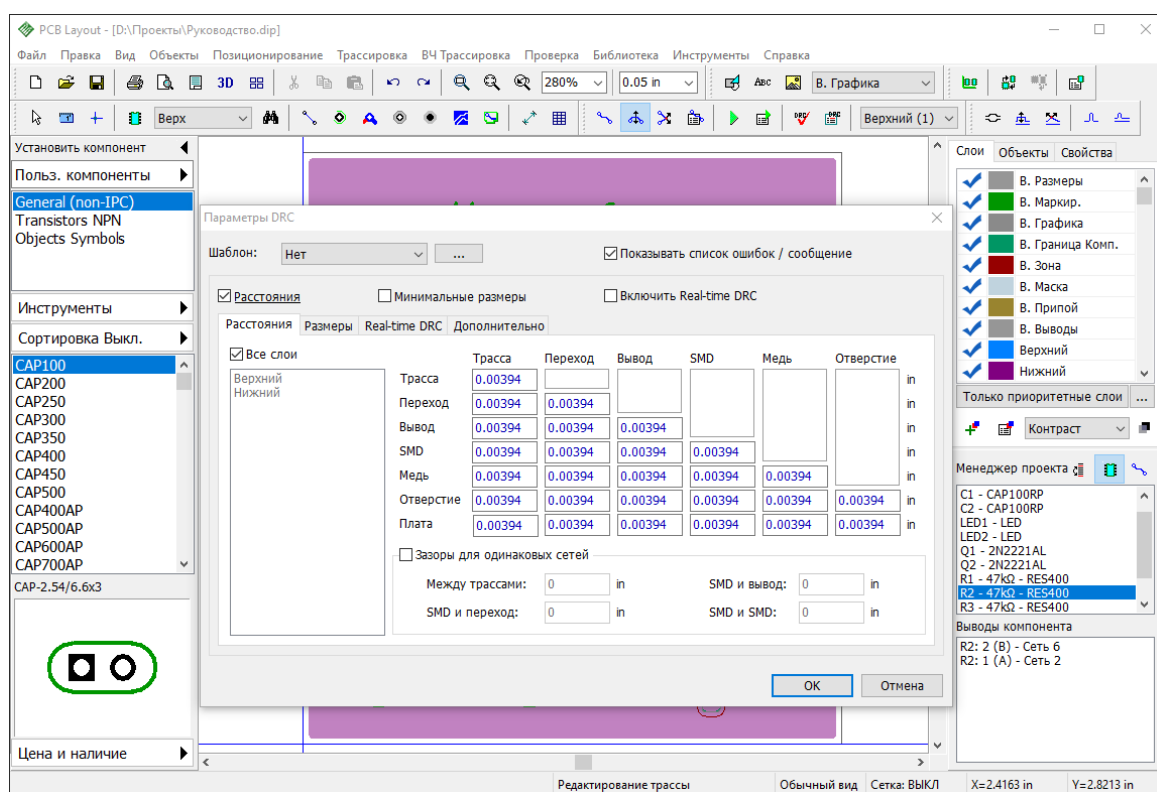
Размеры—установка максимальных и минимальных допустимых размеров для некоторых объектов на разных слоях.

Real-time DRC—настройка Real-time DRC. Проверку в реальном времени можно включить/отключить для некоторых действий, например, для ручной трассировки, создания / редактирования или перемещения объектов. Если убрать галочку **Включить Real-time DRC** в верхней части диалогового окна, то проверка будет происходить только если вы запустите ее вручную. Однако, если включить опцию «Показывать ошибки» на панели Трассировка, это активирует проверку правил в режиме реального времени при ручной трассировке, даже если флажок «Включить Real-time DRC» снят - ошибки будут отмечены красными кружками. Кроме того, при активации опции Следовать

правилам будет контролироваться соблюдение всех правил проектирования и не допускаться трассировка сегментов трасс, если обнаружены какие-либо нарушения.

Если вы снимите отметки со всех элементов на соответствующей вкладке и оставите активным только элемент Включить Real-Time DRC, вы увидите ошибки сразу после завершения определенного действия, а не во время его выполнения. Например, если отмечен пункт «Перемещение объектов», вы увидите ошибки перед размещением компонента в новом месте, если этот параметр не отмечен - вы увидите ошибки сразу после его перемещения, при этом нет необходимости запускать DRC отдельно. Если флажок Включить Real-Time DRC снят, вы не увидите никаких ошибок (если вы не включите опцию Show Errors для ручной трассировки), пока вы не запустите DRC вручную.

Дополнительно—дополнительные опции проверки.



Для нашего проекта мы рекомендуем убрать галочки **Минимальные размеры** и **Включить Real-time DRC**. Убедитесь, что установлены флажки для опций Расстояния и Показывать список ошибок/ сообщение. Оставьте параметры, как на изображении выше (эти значения довольно малы, но все же находятся в пределах технических возможностей большинства производителей печатных плат).

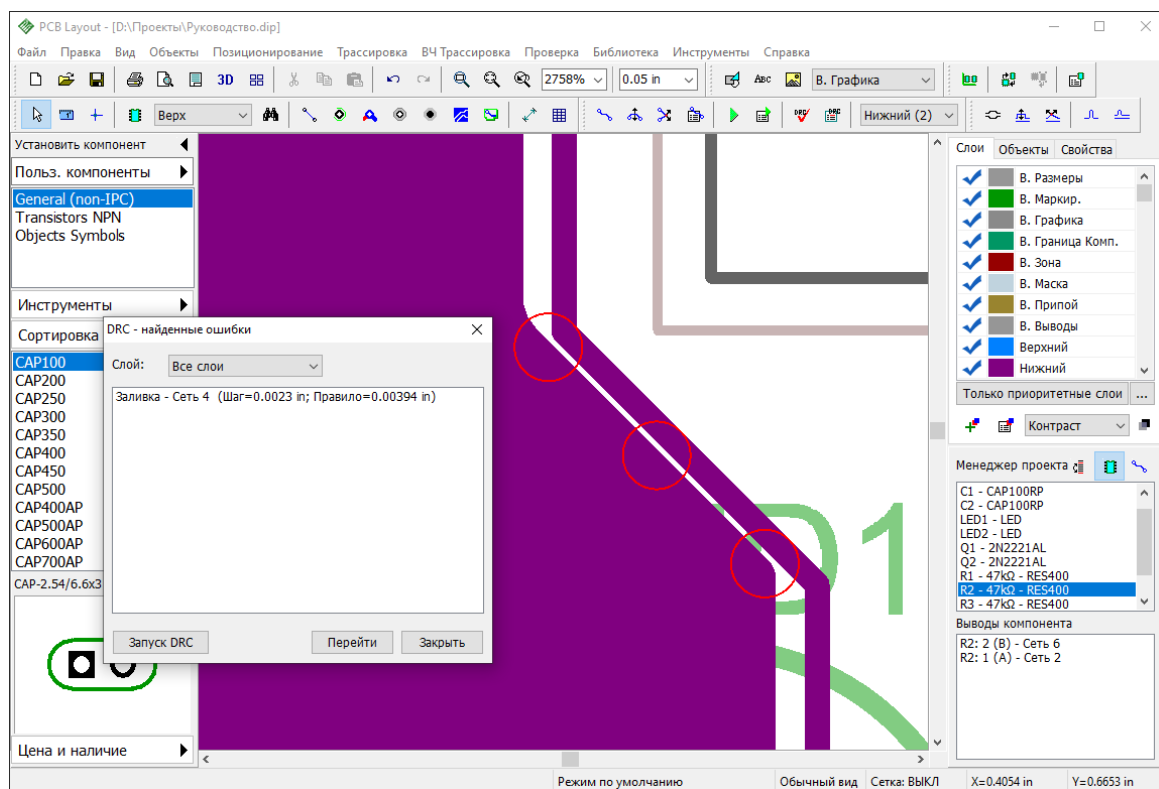
Откройте вкладку **Дополнительно** и выберите опции **Проверять правила между классами**, **Проверять заливку**, **Проверять перемычки** и **Шелкографию поверх площадок**, а также любые другие параметры проекта, которые вы хотите проверить на соответствие заданным. Нажмите

ОК, чтобы закрыть диалоговое окно **Параметры DRC**.

Теперь давайте посмотрим, как работает проверка правил проекта, запущенная вручную. Мы рекомендуем всегда запускать DRC вручную перед экспортированием "гербер" файлов, даже если вы разрабатывали проект со включенной Real-time DRC, так будет меньше шансов совершить ошибку.

На нашей плате ошибок нет, поэтому их придется создать специально. Перейдите в нижний слой (выберите **Нижний** на панели трассировки, или просто нажмите клавишу **B** (*англ.*)), выключите сетку (горячая клавиша **F11**) и переместите одну или несколько линий трасс так, чтобы они прикасались к

заливке или другой трассе. Теперь запустите проверку DRC, нажав кнопку  на Панели трассировки или горячую клавишу **F9**. Появится окно со списком найденных ошибок (в данном случае ошибка одна).



Каждая ошибка в списке имеет объяснение, указывается, помимо прочего, текущее и целевое значение. Кликните левой кнопкой мыши по ошибке в списке, а затем нажмите кнопку **Перейти**, или же просто двойной клик на ошибке — и программа автоматически покажет место, где произошла ошибка. Красные круги — это ошибки зазоров, а пурпурные — нарушения размеров.

С помощью раскрывающегося списка **Слой** можно включить отображение ошибок по слоям, что очень удобно для многослойных плат. В нашем случае просто верните дорожку на прежнее место и нажмите **Запуск DRC**. На этот раз ошибок не обнаружено.

Проверка целостности сетей

Эта функция проверяет, все ли сети проекта правильно соединены. Для нашей платы это не очень актуально, ведь подобный огрех легко обнаружить визуально, но для больших сложных плат такая проверка крайне необходима. Она выводит список несоединенных или закороченных сетей. Выберите "Проверка/ Проверка целостности сетей" из главного меню, потом выберите, какие объекты можно считать проводниками, и нажмите **ОК**. Вы наверняка увидите сообщение, что ошибок не найдено. Мы рассмотрим эту проверку в одной из следующих тем данного руководства.

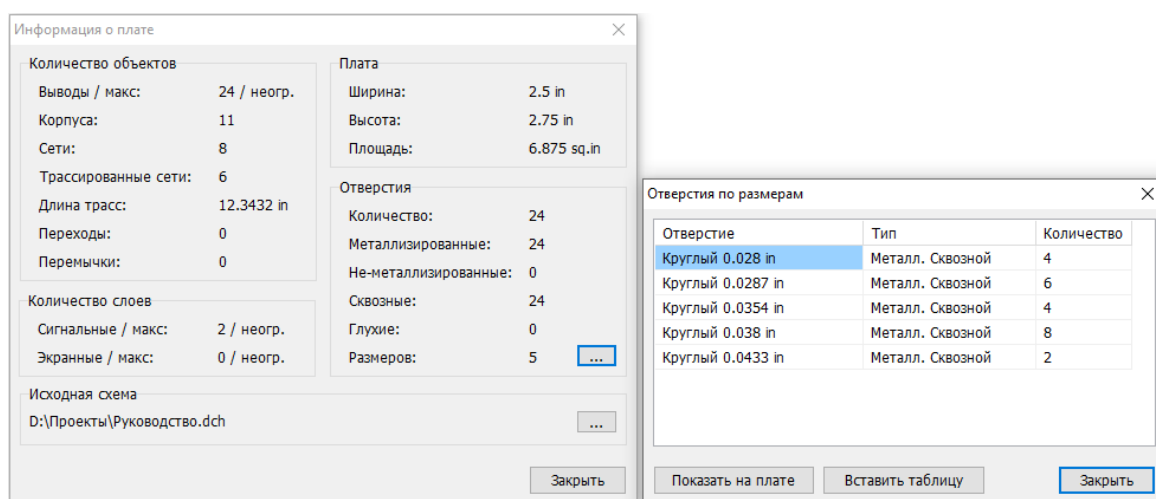
Сравнение со схемой

Эта опция DipTrace проверяет соответствие проекта платы исходному файлу Схемотехники. Функция показывает ошибки в структуре сетей и неизвестные компоненты. Выберите "Проверка/ Сравнение со Схемой" из главного меню, потом выберите файл с исходной схемой и нажмите **ОК**. Если структура проекта не менялась, то высветится сообщение о том, что ошибок не найдено, если менялась — список несоответствий.

Все функции проверки работают по схожему, интуитивно-понятному принципу: выберите ошибку в списке, чтобы увидеть, где на плате она была допущена, и исправьте её.

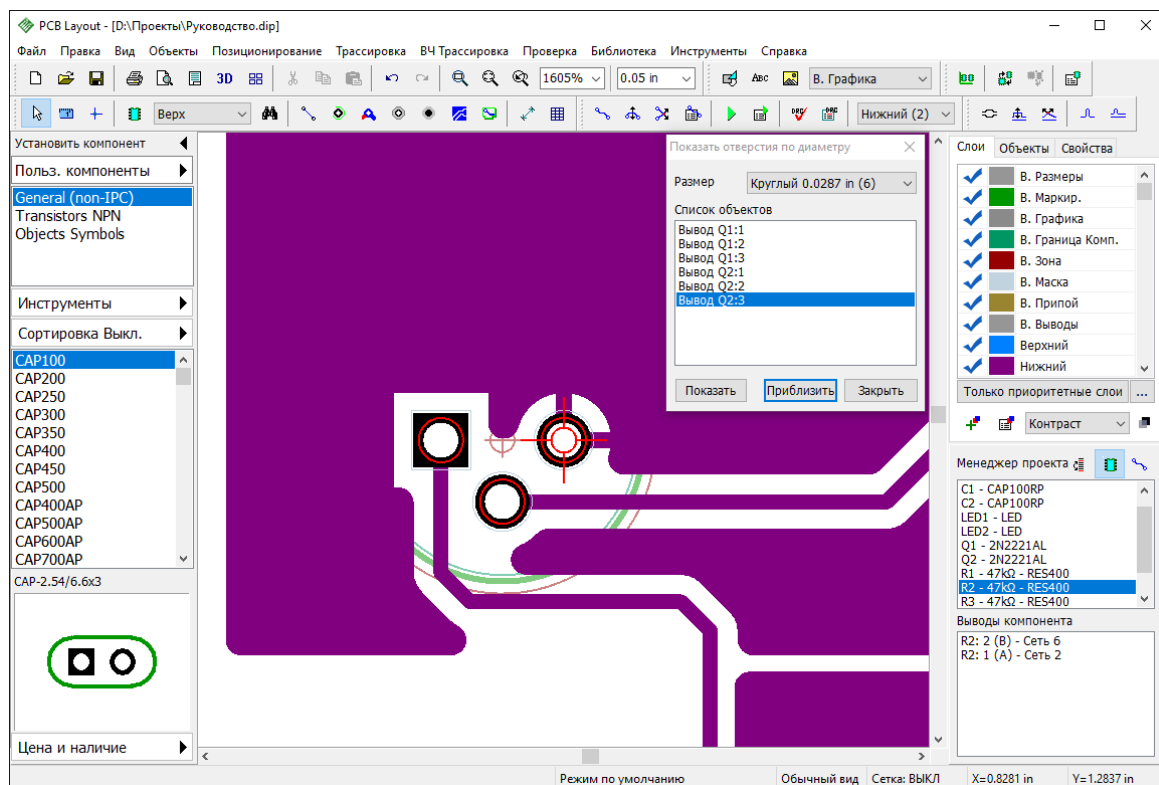
2.13 Информация о плате

Что делать, если нужно посчитать количество выводов или площадь платы? Выберите "Файл/ Информация о плате" из главного меню.



Вы можете увидеть количество различных объектов, слоев, размеры платы и т.д. Также можно узнать количество отверстий разного диаметра и показать их на плате. Это может быть полезно для оптимизации проекта, чтобы использовать меньшее количество инструментов и уменьшить цену производства. Для того чтобы открыть таблицу **Отверстия по размерам**, нажмите кнопку  в разделе **Отверстия**. Чтобы показать отверстия

выбранного размера на плате, нажмите **Показать на плате**.



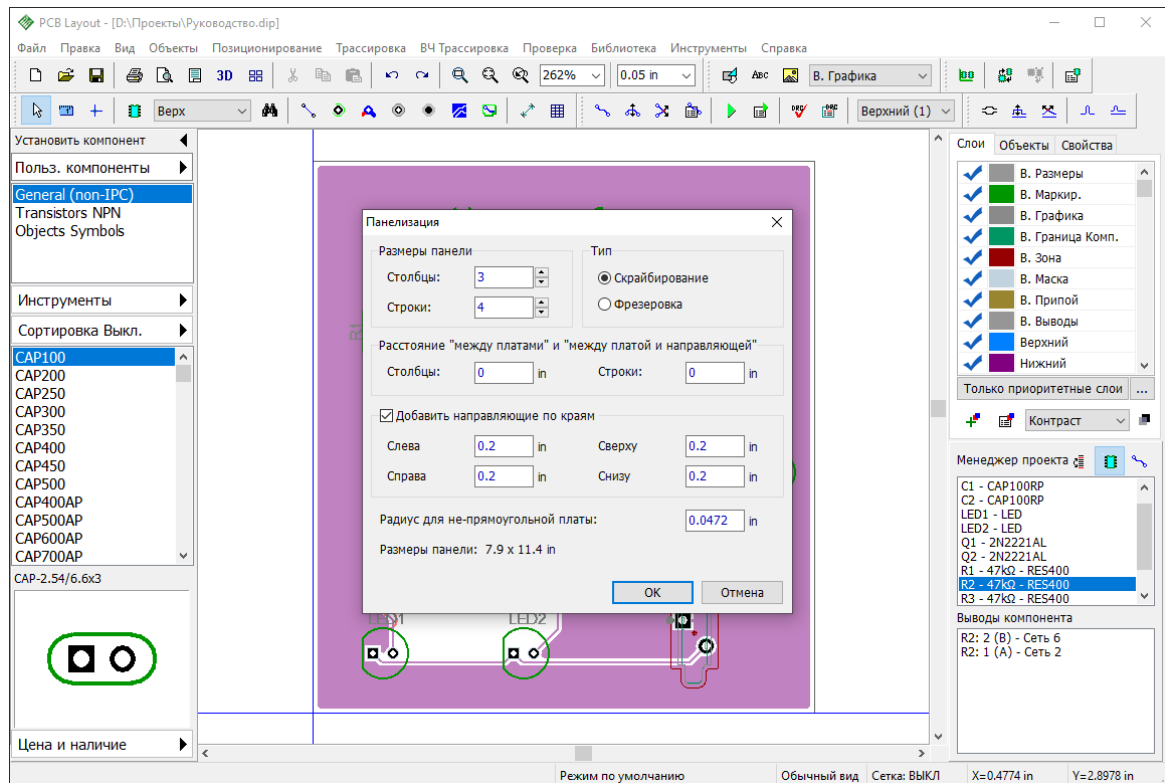
Закройте это диалоговое окно и сохраните плату.

2.14 Панелизация

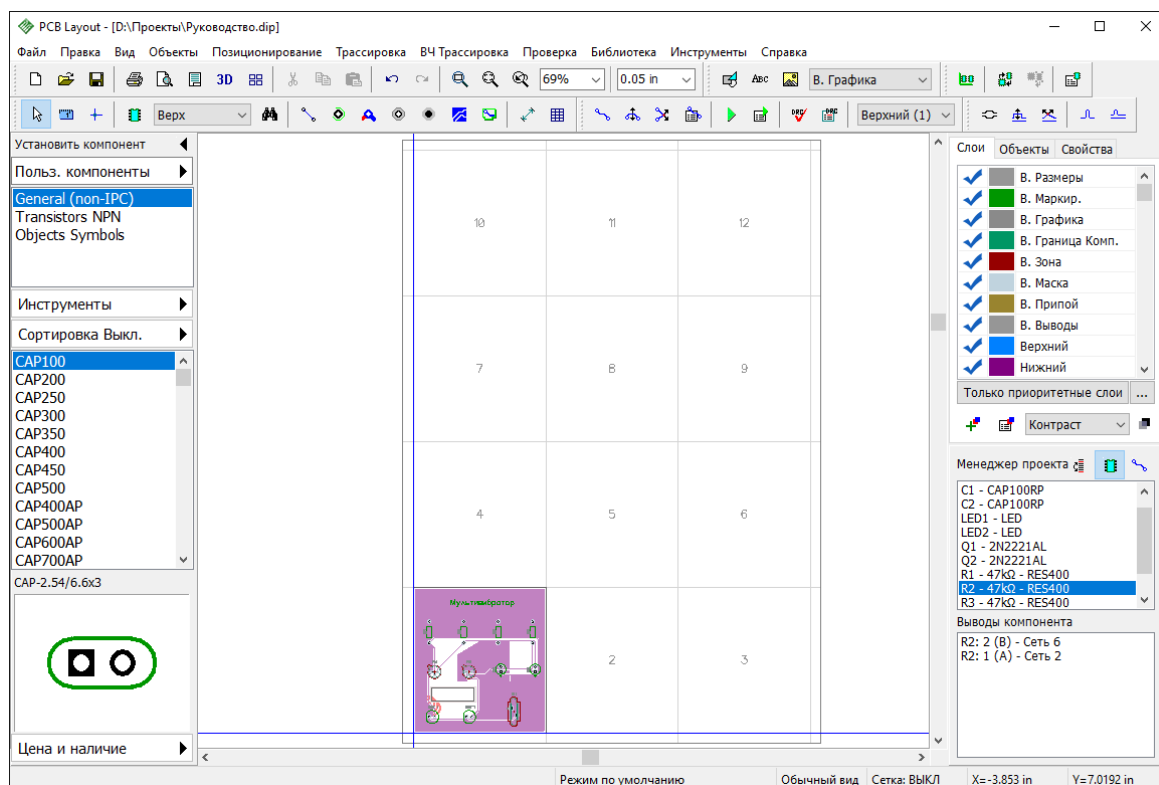
С помощью DipTrace можно объединять несколько одинаковых или разных плат на одной панели.

Панелизация проекта

Если вам нужно несколько копий одной и той же платы, выберите "Инструменты/ Панелизация" из главного меню или нажмите кнопку .

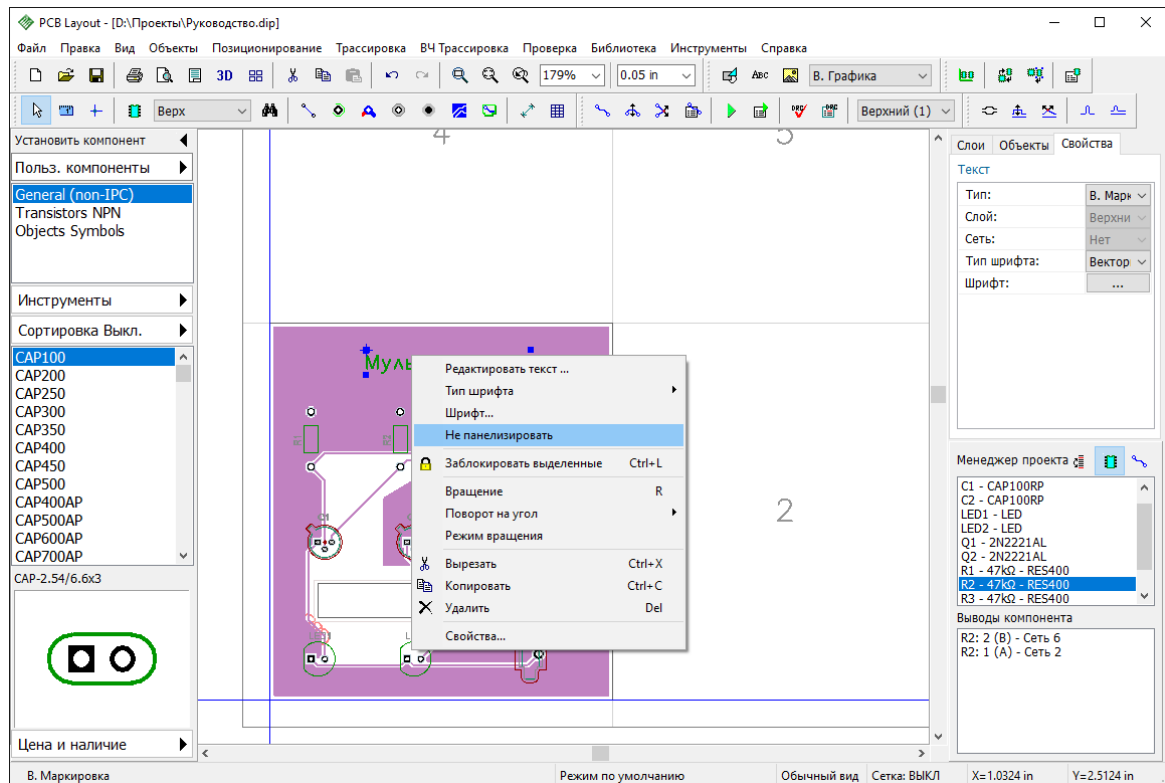


Мы сделаем 12 копий этой печатной платы, в виде матрицы 3 на 4. Поскольку наша плата имеет правильную форму и компоненты на ней не выходят за границу платы, выберем тип Скрайбирование. Расстояние между платами и между платой и направляющими будет равно нулю (однако всегда проверяйте требования вашего производителя). Установите флажок «Добавить направляющие по краям» и введите 0,2 дюйма для каждой стороны, чтобы добавить рамку по периметру панели, которая необходима для промышленной сборки. Нажмите **ОК**.



В области построения будут видны только прямоугольные сектора с номером копии платы, однако в печать или при экспорте в производственные файлы будут передаваться полноценные изображения.

Некоторые объекты можно исключить при панелизации (например отверстия или фигуры). Чтобы исключить какой-либо объект, щелкните правой кнопкой по нему и выберите опцию **Не панелизовать**. Эта функция доступна только в том случае, если включена панелизация.



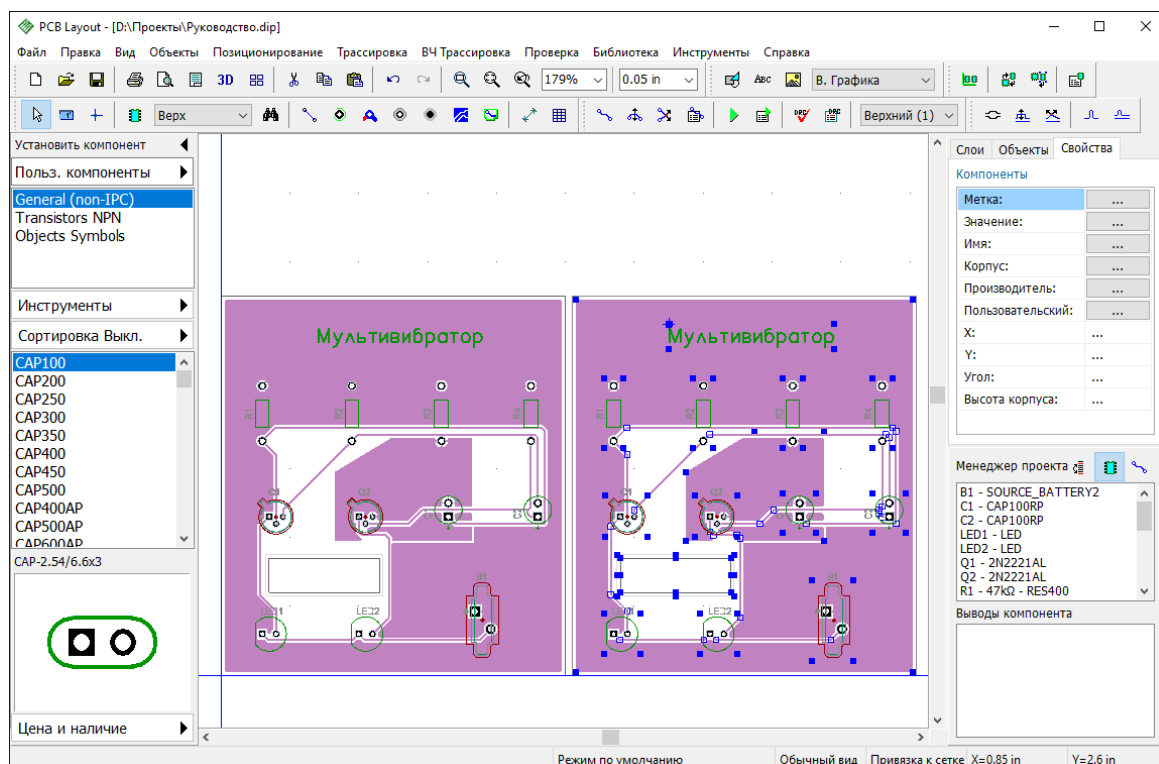
Обратите внимание, что панелизация работает только если определена линия границ платы.

Для получения более подробной информации о панелизации с фрезеровкой, а также фрезеровкой и скрайбированием одновременно, пожалуйста, обратитесь к справке PCB Layout.

Теперь откройте диалоговое окно панелизации и измените количество столбцов и строк на 1 (это удалит все копии платы).

Панелизация разных плат

Выберите опцию "Правка/ Не менять метки при копировании" из главного меню. Затем откройте другую плату в другом окне DipTrace (мы будем использовать эту же плату), выберите все объекты второй платы с помощью **Ctrl+A** и нажмите **Ctrl+C**, чтобы скопировать. Теперь перейдите в окно первой платы и щелкните правой кнопкой в пустой области (в этой точке будет расположен верхний левый угол второй платы) и выберите **Вставить**.



Мы получили вторую копию нашей платы (но это может быть любая другая плата) без изменения меток компонентов. Не забудьте нарисовать общую линию границ платы, а также воспользоваться вырезами в плате, если это необходимо.

Обратите внимание, что границы вставляемой платы автоматически переносятся на служебный слой Верхняя графика. Дополнительно, также могут потребоваться новые несигнальные слои для корректного производства. Более подробную информацию вы можете получить, посмотрев это видео на нашем канале: [YouTube channel](#).

Если опция **Не менять метки при копировании** включена, ограничение по количеству выводов (в Free, Lite, Standard, и т.д. версиях) не применяется, поэтому вы можете панелизировать несколько плат с 300 выводами, даже в бесплатной версии.

2.15 Печать

Мы рекомендуем использовать окно предварительного просмотра для печати плат, выберите "Файл/ Предварительный просмотр" в главном меню или нажмите кнопку  на Стандартной панели.

Если вы хотите напечатать форматку, выберите "Файл / Параметры страницы" из главного меню и выберите, например, **A4 ГОСТ 2.301-68** в списке **Шаблон листа**. Затем поставьте галочки **Показывать рамку и штамп** и **Показывать лист**. Нажмите **ОК**.

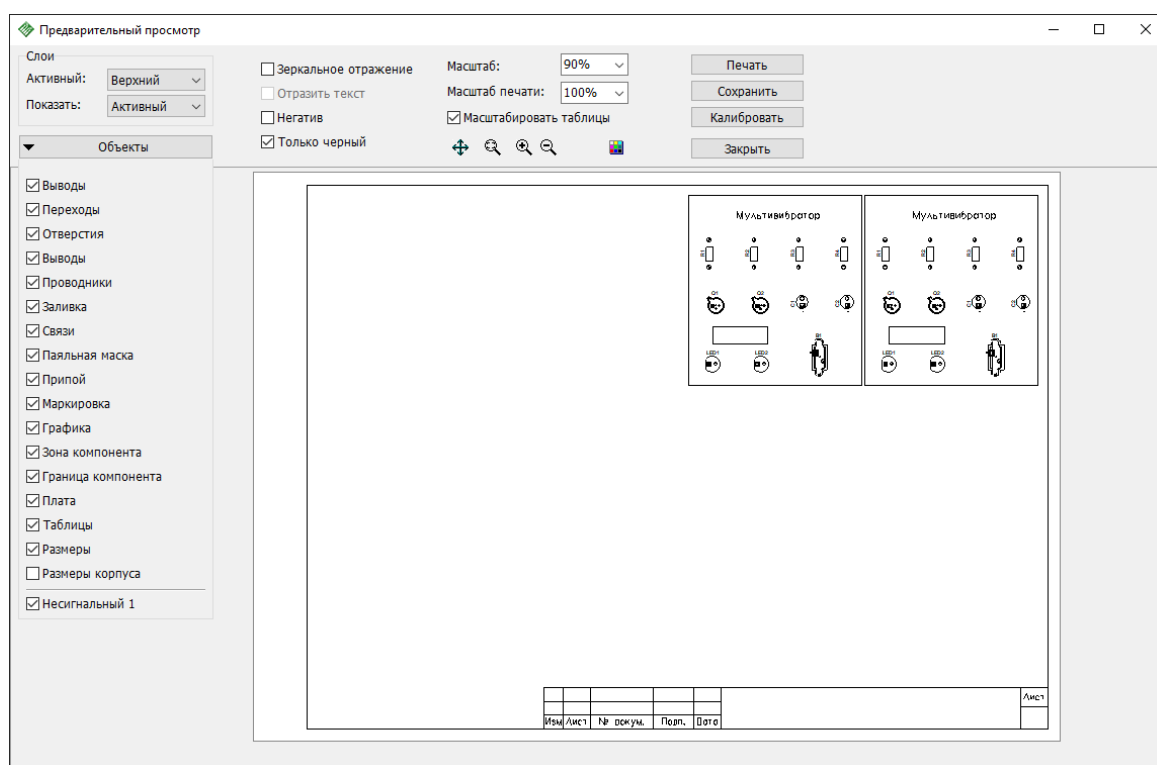
Дополнительную информацию по управлению штампами и разработке новых форматок вы найдете в Справке PCB Layout ("Помощь/ Справка по PCB

Layout").

В диалоговом окне **Предварительный просмотр** вы можете настроить отображение платы с помощью включения / отключения пунктов в группе **Объекты**. Если хотите изменить масштаб печати, выберите его в поле **Масштаб печати** или нажмите кнопки "Увеличить/ Уменьшить масштаб печати". Для перемещения платы на листе, используйте кнопку .

В левом верхнем углу окна предварительного просмотра вы можете выбрать текущий Сигнальный/ Экранный слой и режим отображения слоев. Если хотите получить зеркально отраженную плату и/или текст, поставьте галочку **Зеркальное отражение** и/или **Отразить текст** соответственно. Нажмите **Печать**, чтобы отправить файл на печать. Для сохранения изображения в BMP, JPEG или PNG файл, нажмите **Сохранить**.

Небольшая цветная кнопка справа от кнопки уменьшения масштаба позволяет задать цвета объектов при печати. По умолчанию, используется белый фон. Для выбора черно-белой печати, выберите опцию **Только черный**.



Примечание для радиолюбителей: обратите внимание, что некоторые лазерные принтеры из-за нагрева бумаги могут искажать размеры объектов при печати. Очень многое зависит от модели принтера и качества бумаги. В большинстве случаев эта погрешность незначительна, но, иногда, может быть важна. Поэтому во избежание искажений рекомендуем предварительно нагреть бумагу, пропустив ее несколько раз через принтер. Печатать на ней не нужно (или просто напечатать одну точку в углу). Впрочем, если у вас лазерный принтер, то это еще не значит, что он обязательно будет искажать объекты на

печати, но вы должны понимать, что такая вероятность есть. А для того чтобы этот эффект устранить или минимизировать, используйте функцию калибровки в диалоговом окне предварительного просмотра. Для струйного принтера греть бумагу не нужно, т.к. в нем используется другая технология печати.

Есть два способа изготовления прототипов печатных плат в домашних условиях: используя передачу тонера и УФ-технология. Для первого способа возможно использование только лазерного принтера, для второго — струйного.

Закройте диалоговое окно предварительного просмотра и нажмите кнопку **Шаг назад**, чтобы удалить копию платы. Сохраните проект.

3 Экспорт файлов для производства

3.1 DXF

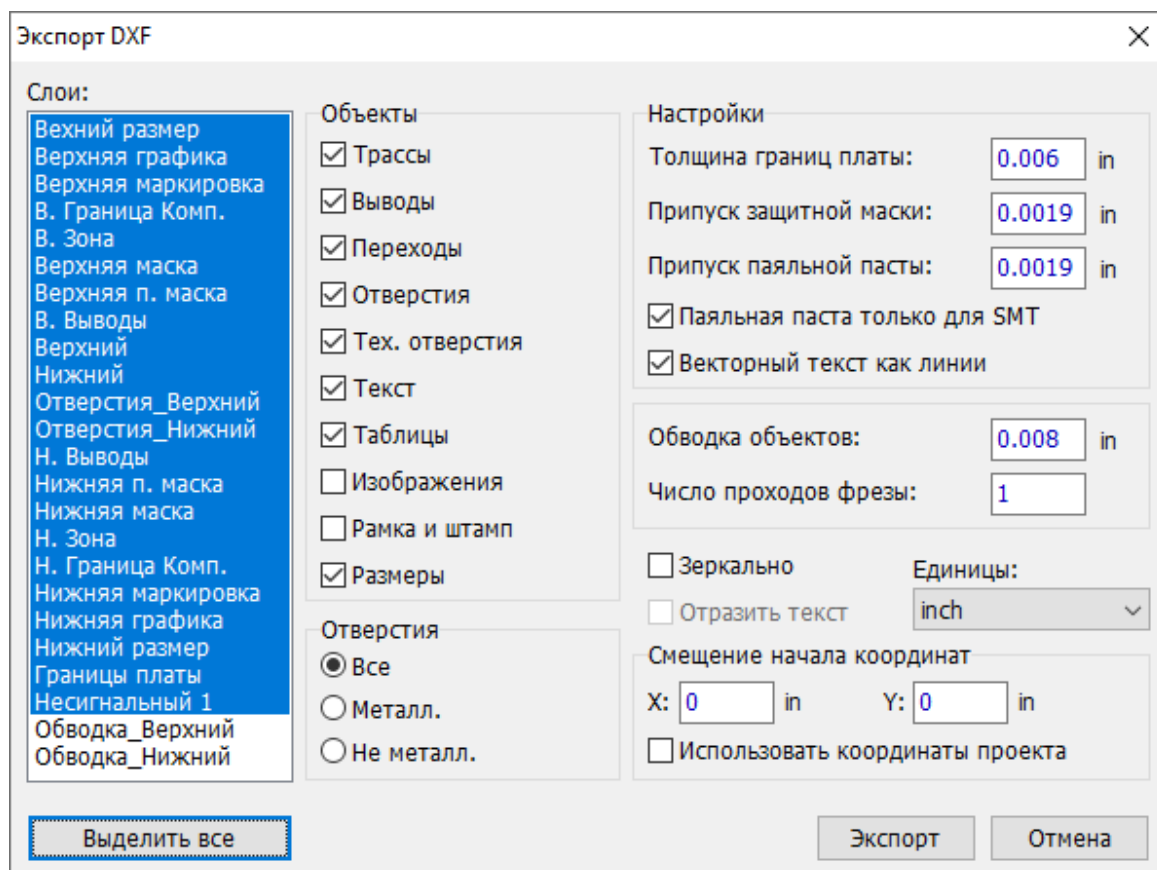
Вы можете использовать формат DXF для передачи проекта во многие другие CAD, CAM программы, например, AutoCad.

Экспорт DXF

Чтобы экспортировать плату в формате DXF, выберите "Файл / Экспорт / DXF" из главного меню. Теперь выберите слой платы из списка слоев и установите соответствующие галочки в разделе **Объекты**, чтобы определить, какие объекты должны быть включены в DXF файл выбранного слоя (трассы, таблицы, изображения, и т.д.). Если необходимо, установите смещение точки начала координат, параметры слоев паяльной маски и припоя. Каждый слой платы можно сохранить в отдельный DXF файл или сохранить всю плату в один многослойный DXF файл, для этого достаточно нажать **Выделить все**.

Обратите внимание, слои Обводка_Верхний и Обводка_Нижний не выделены. Технически они и не являются слоями платы, а необходимы только если вы собираетесь изготавливать плату методом фрезеровки на станке.

Нажмите **Экспорт**, введите имя файла, выберите папку и сохраните DXF файл.



Полученный таким путем DXF файл можно открыть в AutoCad или другой программе, поддерживающей DXF.

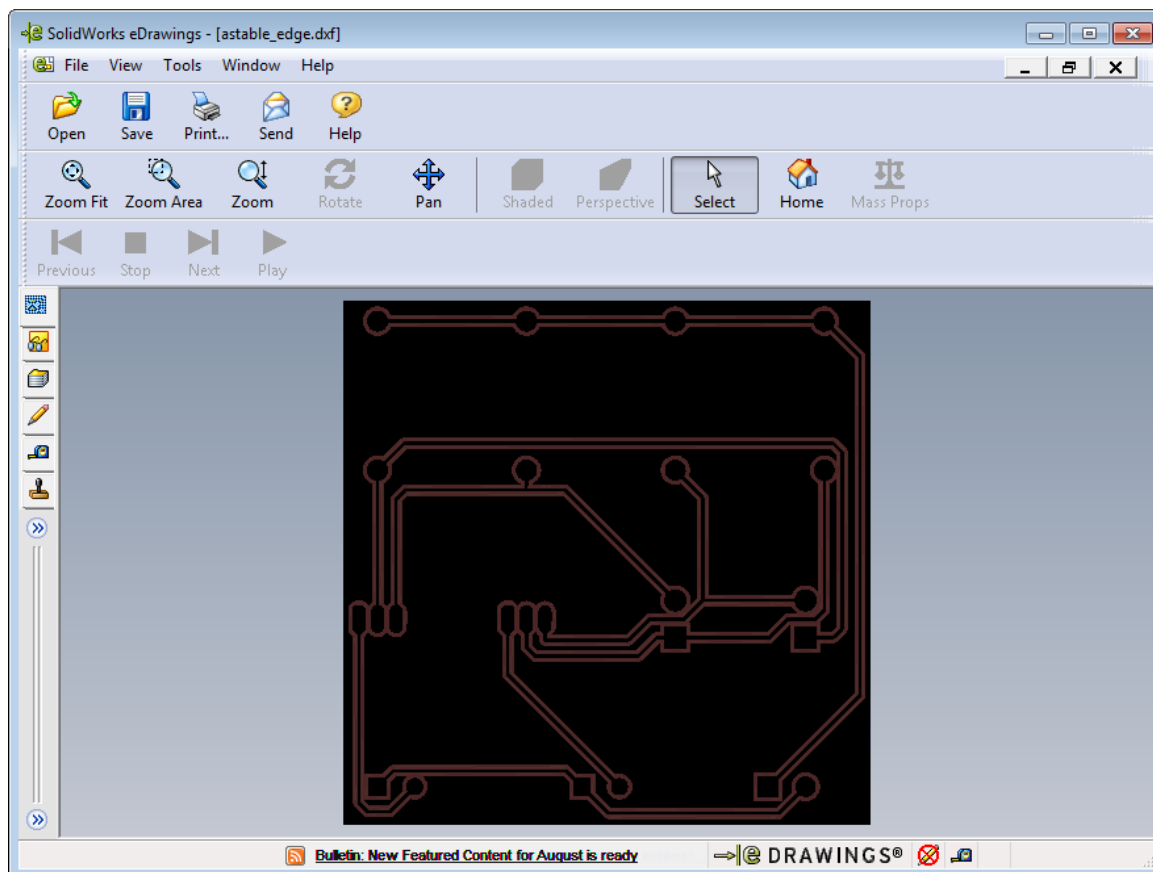
Файлы для фрезеровки (DXF и G-Code)

Фрезеровка - это удобный и недорогой способ производства простых плат.

Обратите внимание, нужно убрать все заливки, ведь они не используются, если планируется фрезеровать плату, а не печатать.

Пожалуйста, отмените заливку (щелкните правой кнопкой по ее границам и выберите **Состояние**, а затем **Границы**) и трассируйте сеть. Выберите "Файл / Экспорт / DXF". В диалоговом окне Экспорт DXF выберите слой **Обводка_Нижний** (ведь все трассы нашей платы находятся в нижнем слое) и поставьте галочку **Зеркально**, чтобы увидеть плату такой, как она есть. Если вы не очень знакомы с другими настройками, можно оставить все как есть или изменить значение параметра **Обводка объектов**. Центральная линия фрезы будет проходить от других объектов на расстоянии, равном половине значения Обводка объектов. Кроме того, глубина фрезерования также зависит от ширины обводки и угла инструмента.

Теперь нажмите кнопку **Экспорт** для сохранения файла.



Обводка, экспортированная из DipTrace, состоит из полилиний с заданной шириной. DipTrace проверяет проект перед экспортом и, если расстояние между объектами где-либо меньше ширины обводки (0.008 дюйма в нашем случае), программа выдаст предупреждение и перечень ошибок.

Заметьте, CAD-программы, обычно, показывают полилинии с прямыми углами, но, когда вы изготовите плату или смоделируете процесс в CAM-программах, все будет выглядеть иначе, благодаря радиусу инструмента.

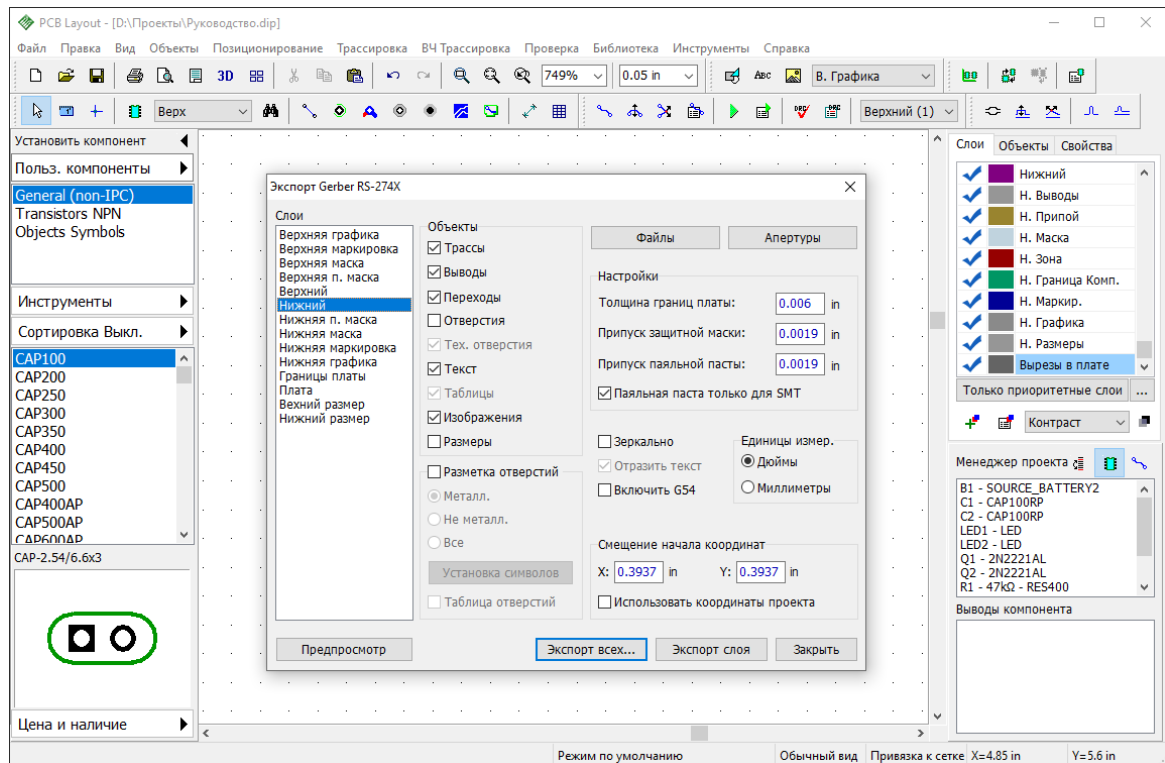
Фрезерные станки, как правило, работают с форматом G-Code. DXF можно легко перевести в G-Code, используя бесплатные программы, такие как ACE Converter или FlatCAM.

Если вы удаляли заливку, верните её, прежде чем перейти к следующей теме учебника.

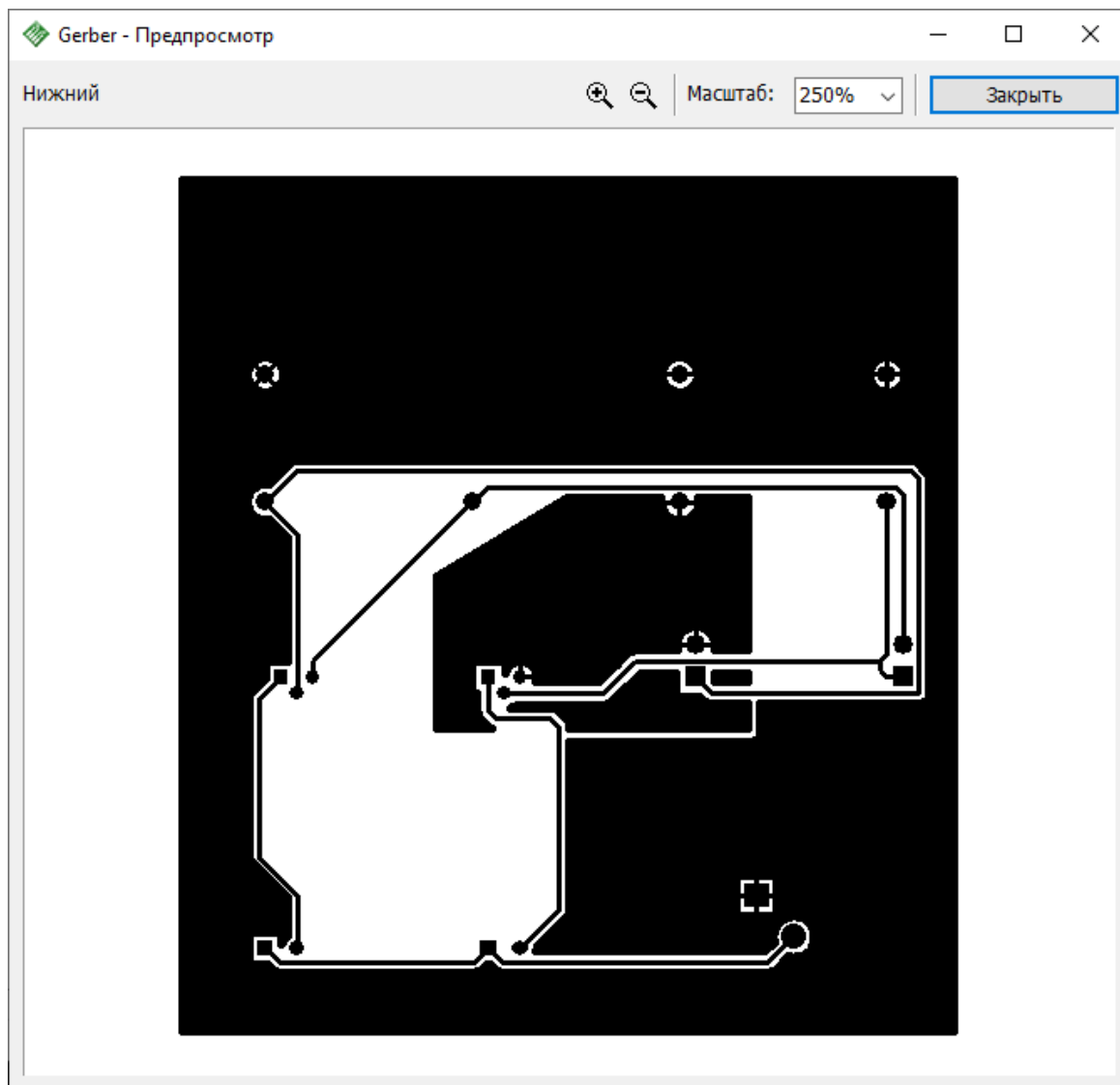
3.2 Gerber RS-274X

DipTrace позволяет пользователю экспортировать печатную плату в формат Gerber, который принимают почти все производители плат в мире.

Выберите "Файл/ Экспорт/ Gerber" из главного меню. В диалоговом окне выберите слои платы (используйте *Ctrl* и *Shift* для выбора нескольких слоев), затем поставьте галочки возле тех объектов, которые должны быть включены в выбранный слой при его экспорте в "гербер".



Нажмите кнопку **Предпросмотр**, чтобы увидеть слой в том виде, в котором он будет экспортирован. В отличие от DXF, каждый слой платы нужно сохранять отдельно (один слой—один файл). Ниже показан предпросмотр нижнего слоя платы нашего проекта при экспорте в Gerber. В окне предпросмотра изображение можно приближать и масштабировать. Нажмите **Заккрыть**, чтобы закрыть предпросмотр.



Нажмите **Экспорт всех**, и DipTrace предложит вам несколько вариантов сохранения файлов: zip-архив только с файлами Gerber, zip-архив с файлами Gerber и файлами сверловки NC Drill (помните, что, помимо файлов Gerber, производителям печатных плат требуются и N/ C Drill для изготовления вашей печатной платы, поэтому не забудьте экспортировать их перед отправкой заказа) или файлы для каждого слоя отдельно. После экспорта их можно отправлять на производство.

Слои в Gerber

1. Верхняя графика — это слой с дополнительной информацией, он включает все фигуры/ тексты, расположенные в слое Верхняя графика, а также объекты, указанные в главном меню "Вид/ Слой графики". Если запустить предварительный просмотр для нашей платы, то этот слой будет пустой (при условии, что в "Вид / Слой графики" использовались настройки по умолчанию).

2. Верхняя маркировка — этот слой включает шелкографию корпусов и прочие фигуры и текст в слое Верхняя маркировка. Не меняя настроек,

перейдите в предпросмотр. Обратите внимание, что, если вы используете шрифты TrueType, некоторые части текста могут быть невидимыми (зависит от шрифта и размера).

3. Верхняя маска — это слой защитной маски. Он создается автоматически на основании размеров контактных площадок, их настроек и параметра **Припуск защитной маски** в окне экспорта Gerber. Слой также включает объекты (фигуры, текст), установленные в слое Верхняя маска. Если вы хотите, чтобы переходные отверстия были покрыты защитной маской, уберите галочку **Переходы** в разделе **Объекты**. Если для некоторых контактных площадок нужно, чтобы их защитная маска отличалась от стандартной, в области разработки щелкните по выводу правой кнопкой и выберите **Свойства маски и припоя**, чтобы установить частные настройки для контактной площадки.

4. Верхняя п. маска — слой паяльной пасты или припоя. Он нужен для автоматической пайки элементов на плату. Обычно используется только для поверхностных площадок, поэтому выберите опцию **Паяльная маска только для SMT**.

5. Сигнальные слои (Верхний, Нижний и т.д.) — это слои медных проводников. Для этих слоев обязательно должна стоять галочка **Переходы** в разделе **Объекты**.

Ставить галочку **Отверстия** в разделе **Объекты** следует только в том случае, если собираетесь сверлить отверстия вручную (а не промышленно). Если опция Отверстия будет активна, то "гербер" файл будет иметь два слоя: один будет содержать основную часть графики, а второй — вырезы в местах расположения отверстий.

6. Нижняя п.маска, Нижняя маска, Нижняя Маркировка и Нижняя графика — это аналоги слоев с таким же названием на верхней стороне платы. По умолчанию текстовые объекты на нижней стороне отражаются, см. опцию "Вид / Отразить текст автоматически" в главном меню.

7. Границы платы — этот слой включает контуры платы или панели, если плата панелизована, а также вырезы в плате в виде линий выбранной ширины.

8. V-Scoring — содержит линии, по которым проводится скрайбирование; слой присутствует в том случае, если используется этот тип панелизации.

9. Плата — плата в виде залитого полигона.

10. Верхний размер и Нижний размер — слои, в которых располагаются все размеры, указанные в области разработки. В нашем случае размеры отсутствуют, поэтому слои пусты.

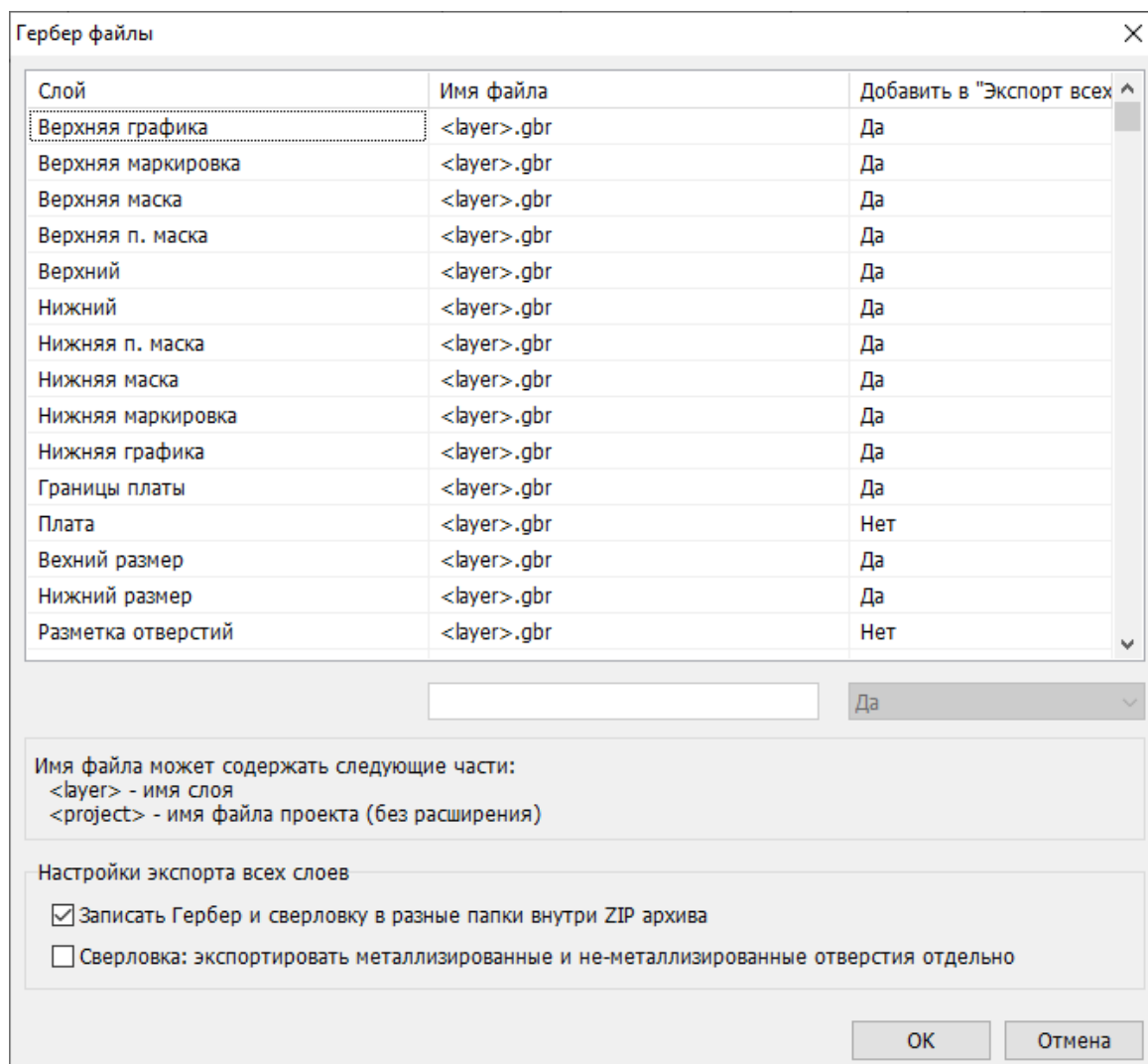
Не все слои необходимы для производства платы, всё зависит от проекта и заказываемых у производителя опций.

Другие настройки

Параметр **Смещение начала координат** означает одно и то же в диалоговых окнах DXF, Gerber, N/C Drill и Pick and Place экспортов, это смещение нижнего левого угла платы, относительно точки начала координат. Можно использовать точку начала координат или ввести новое значение.

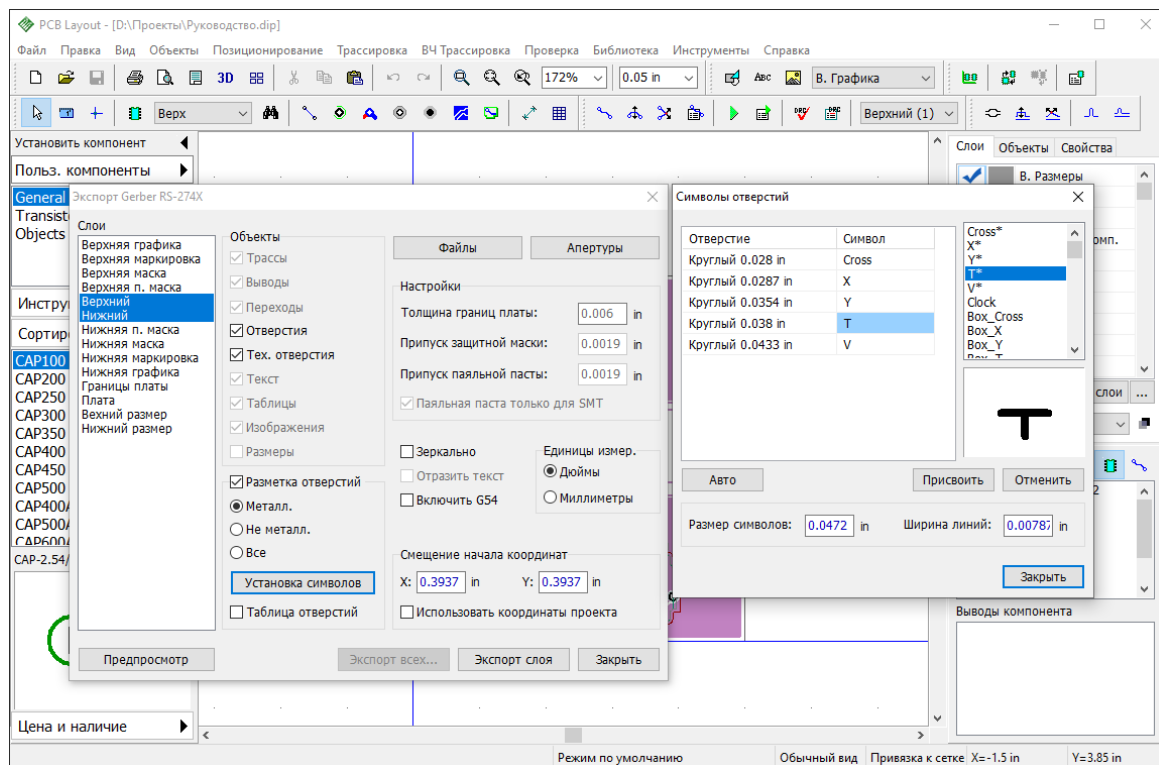
Названия Gerber файлов, а также их формат, могут быть определены заранее для каждого слоя индивидуально. Нажмите **Файлы** в правом верхнем углу диалогового окна - откроется таблица; выберите необходимый слой из списка, а затем в поле внизу введите имя и расширение файла. Обратите внимание, что программа также поддерживает теги "имя слоя" и "имя файла проекта".

Любой слой можно исключить из функции **Экспорт всех** (то есть данный слой не будет экспортироваться автоматически при нажатии соответствующей кнопки, но его можно будет экспортировать вручную). Кроме того, вы можете использовать дополнительные опции в нижней части диалогового окна, чтобы настроить экспорт файлов Gerber и сверловки при выборе варианта экспорта всех файлов (Gerber + NC Drill) одним архивом. Мы ничего менять не будем, оставим тег <layer> — все файлы будут называться так же, как и слои. Нажмите **ОК**.

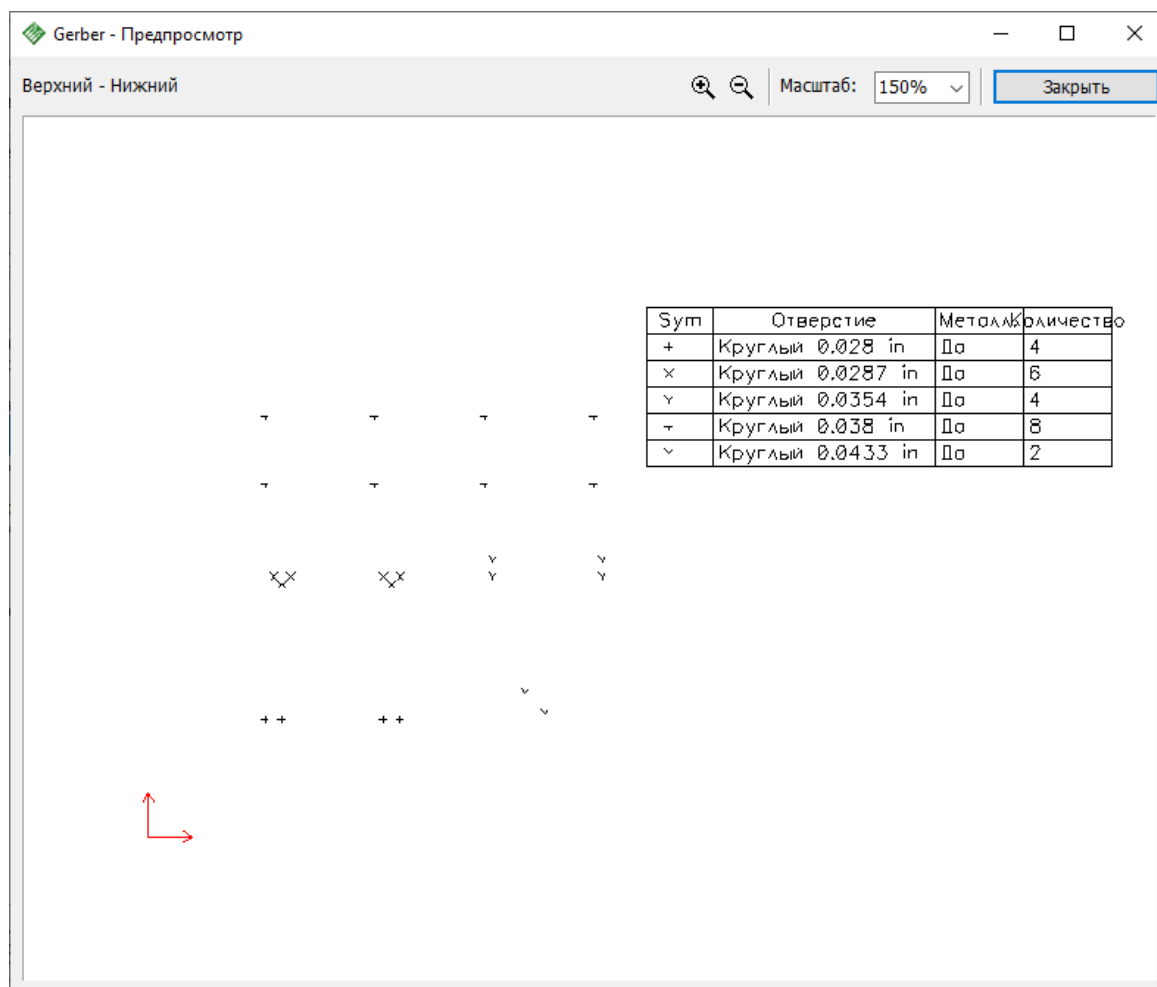


Разметка отверстий

Некоторые производители могут требовать специальный файл разметки отверстий (иногда, Символы сверловки). DipTrace дает возможность экспортировать его в виде отдельного "гербер" файла. Поставьте галочку **Разметка отверстий** в диалоговом окне **Экспорт Gerber RS-274X**, затем нажмите **Установка символов**. в правой части появившегося диалогового окна для каждого типа отверстий нужно выбрать собственный специальный символ или нажать **Авто**, чтобы символы назначились автоматически. Теперь закройте это окно.



Поставьте галочку **Таблица отверстий** в окне **Экспорт Gerber RS-274X** и нажмите **Предпросмотр**. Вы увидите разметку отверстий в виде назначенных символов и таблицу соответствия.



Закройте предпросмотр и нажмите **Экспорт**, чтобы сохранить разметку отверстий в отдельном Gerber файле. Если апертуры не назначены, то программа предложит сделать это автоматически.

Теперь уберите галочку **Разметка отверстий**, иначе вы не сможете экспортировать слои платы.

DipTrace позволяет пользователю экспортировать в Gerber формат любые текстовые объекты, Unicode символы, а также изображения. Программа осуществляет векторизацию всех этих объектов.

Во избежание ошибок, мы настоятельно рекомендуем просматривать Gerber файлы с помощью стороннего просмотрщика перед отправкой производителю печатных плат. Наилучшим выбором при просмотре будет та программа, которой пользуется производитель, т.к. некоторые программы могут по-разному трактовать спецификацию RS-274X.

Мы постарались учесть особенности различных САМ продуктов при разработке экспорта Gerber, но в любом случае, проверка файлов не повредит.

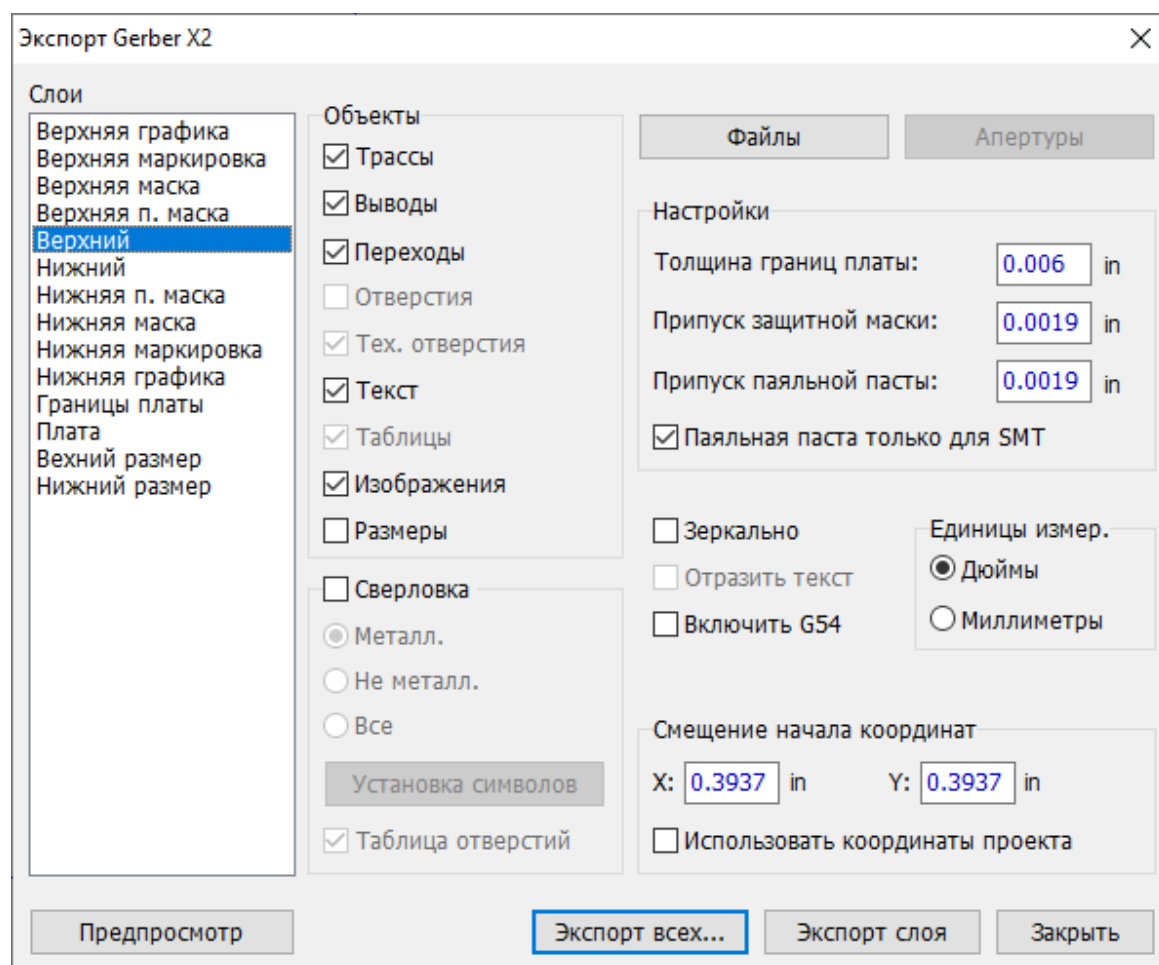
Если вы не знаете, какой программой пользуется производитель плат, мы

рекомендуем [Pentalogix Viewmate](#), поскольку он полностью соответствует спецификации RS-274X и имеет бесплатную версию.

3.3 Gerber X2

Формат Gerber X2, помимо информации, экспортируемой в Gerber RS-274X, содержит данные о порядке слоев платы, функции каждого слоя, общих атрибутах платы и функциях контактных площадок.

Выберите "Файл/ Экспорт/ Gerber X2" из главного меню модуля Редактора плат. Gerber X2 полностью совместим с [Gerber RS-274X](#), поэтому настройки и управление ничем не отличаются — можно уверенно следовать инструкциям, описанным в предыдущей теме этого пособия.



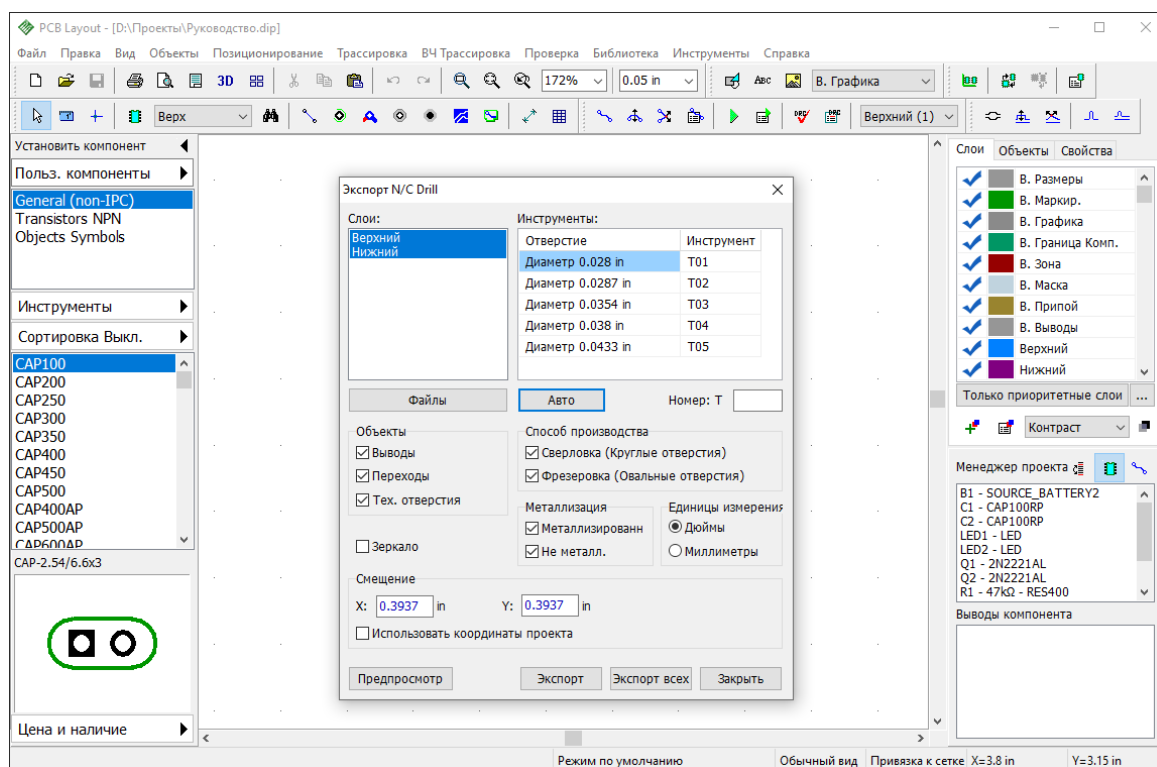
В то же время, Gerber X2 предоставляет возможность сохранить полноценную сверловку платы в графическом виде (а не просто разметку отверстий, как в случае с Gerber RS-274X). Для того чтобы экспортировать сверловку, поставьте галочку **Сверловка**, выберите все токопроводящие слои платы (это должно произойти автоматически), чтобы экспортировать сквозные отверстия, или нажмите **Экспорт всех** и выберите один из доступных вариантов - Zip архив: Gerber X2 или Все файлы по отдельности - чтобы программа автоматически сохранила все отверстия платы в Gerber файл. Каждый тип отверстий сохраняется в отдельный файл сверловки. Обратите внимание, однако, что большинству производителей также потребуются файлы сверловки

в формате N/ C Excellon. Вы можете экспортировать файлы Gerber X2 и NC Drill одновременно - нажмите кнопку «Экспортировать все» и выберите соответствующую опцию (Zip архив: Gerber X2 + NC Drill).

Проконсультируйтесь с производителем плат и, если он не принимает сверловку в формате Gerber X2, то экспортируйте сверловку в N/C Drill формате.

3.4 Excellon N/C Drill

Если вы заказываете производство плат и экспортируете токопроводящие слои в формат Gerber, то **обязательно нужно экспортировать проект в формате N/C Drill**, чтобы передать производителю информацию о сверловке. Выберите "Файл/ Экспорт/ N/C Drill" в главном меню, затем нажмите **Авто** для автоматического задания инструментов. Нажмите кнопку **Файлы**, если вы хотите настроить названия файлов NC Drill, которые будут присваиваться по умолчанию. Нажмите **Экспорт всех**, чтобы программа экспортировала все необходимые файлы автоматически. Можете нажать **Предпросмотр**, чтобы визуально проверить сверловку платы.

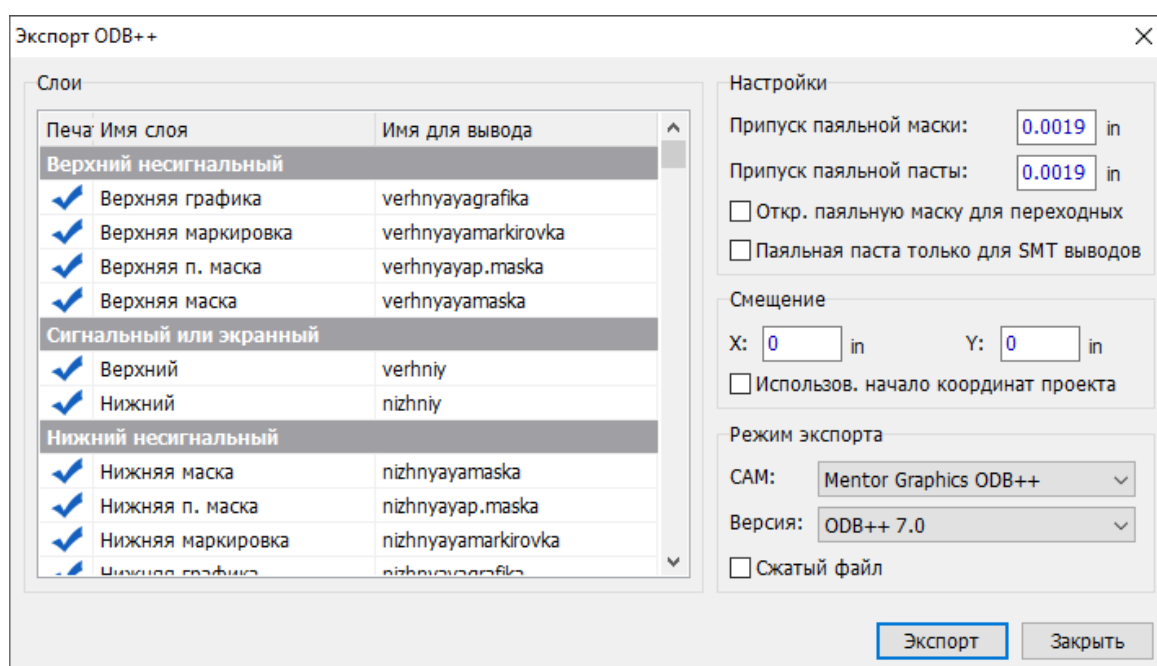


Чтобы сохранить отдельно отверстия только определенного типа, нужно выбрать пару слоёв, которую соединяют данные отверстия, и нажать **Экспорт**. Помните, что вы также можете экспортировать файлы Gerber и NC Drill одним щелчком мыши в диалоговом окне экспорта Gerber.

Для экспорта сквозных отверстий нужно выбирать все слои платы, для несквозных – только верхний и нижний слой, установленные для данного стиля переходных отверстий.

3.5 ODB++

Для того чтобы экспортировать плату в производственные файлы формата ODB++, выберите пункт "Файл/ Экспорт/ ODB++" из главного меню. В появившемся диалоговом окне вы можете включить или исключить слои платы из экспортируемых файлов (используя соответствующие галочки); настроить размеры припусков паяльной маски и припоя, используя поля ввода и соответствующие опции; настроить смещение начала координат, а также выбрать режим экспорта из двух доступных - CAM350 и Mentor Graphics ODB++ (для последнего доступна версия ODB++ 8.1). Стандартные настройки наиболее универсальны, поэтому в большинстве случаев менять их не требуется.



Если включена опция **Сжатый файл**, то DipTrace сожмет все ODB++ файлы в один zip-архив, который удобно отправить производителю. Нажмите **Экспорт** и выберите папку для экспортируемых файлов. Для просмотра ODB++ файлов можно использовать Mentor Graphics ODB++ Viewer.

4 Создание библиотек

В этой части руководства мы рассмотрим, как создавать библиотеки компонентов и корпусов, используя Редактор компонентов и Редактор корпусов. Во многих случаях вы, наверняка, найдете подходящий компонент или корпус в стандартных библиотеках, но мы покажем как создавать их с нуля.

Важно:

В данном руководстве мы часто называем компоненты корпусами или посадочными местами (если речь идет о проектировании печатной платы), в то время как на схеме компоненты часто называются символами, символами компонентов или схемотехническими символами,

при этом все эти термины используются для обозначения одного и того же физического электронного компонента.

Обычный компонент в DipTrace состоит из схемотехнического символа, корпуса и, желательно, 3D модели. Все три элемента представляют один и тот же компонент, но на разных этапах разработки: схемотехника, плата, 3D просмотр и экспорт соответственно.

Схемотехнические символы и привязанные к ним корпуса компонентов хранятся в библиотеках компонентов в файлах с расширением *.eli*. Компоненты всегда хранятся в библиотеках. Если вам нужно создать только один компонент, вам нужно создать для него отдельную библиотеку, либо добавить его в существующую пользовательскую библиотеку.

Корпуса также доступны как отдельные элементы и хранятся в библиотеках корпусов — файлы с расширением *.lib*. Обратите внимание, что эти библиотеки доступны только в Редакторе плат и Редакторе корпусов.

**.wrl*, **.3ds*, **.iges*, и **.step* файлы включают в себе 3D модели. Корпус и символ могут существовать как самостоятельные элементы, но правильный компонент должен обязательно включать оба, при этом они должны быть правильно подключены.

Совершенно разные компоненты могут иметь одинаковые корпуса, в то же время как одинаковый схемотехнический компонент может быть представлен в разных корпусах.

В DipTrace для создания схемотехнических символов компонента и привязки корпуса используется Редактор компонентов. Но создавать или редактировать корпус можно только в Редакторе Корпусов.

Для получения более детальной информации вы всегда можете обратиться к теме **Working with libraries** в Справке по Редактору компонентов и Редактору корпусов.

4.1 Разработка библиотеки корпусов

Откройте Редактор Корпусов DipTrace: Пуск/ Все программы/ DipTrace/ Pattern Editor. Если у вас MacOS, то используйте DipTrace Launcher.

Если вы создаете новый компонент, всегда лучше начинать с посадочного места (корпуса), которое вы можете назначить определенному схемотехническому символу в Редакторе компонентов. Если вы знаете, что шаблон уже доступен в стандартных библиотеках шаблонов, вы можете перейти непосредственно в Редактор компонентов, чтобы нарисовать схематический символ, присоединить к нему существующий корпус и сохранить полный компонент в библиотеке компонентов (файл **.eli*).

Мы начнем с создания посадочного места, чтобы показать вам, как это сделать, и дать вам полное представление о процессе проектирования.

Существует два способа создания корпусов - вручную и автоматически (с помощью Генератора корпусов). Мы рассмотрим оба метода создания корпусов компонентов для сквозного и поверхностного монтажа.

4.1.1 Настройка редактора корпусов

После запуска **Редактора корпусов** отобразите оси и начало координат (если они не отображены); для этого выберите "Вид / Начало координат" из главного меню или просто нажмите *F1*.

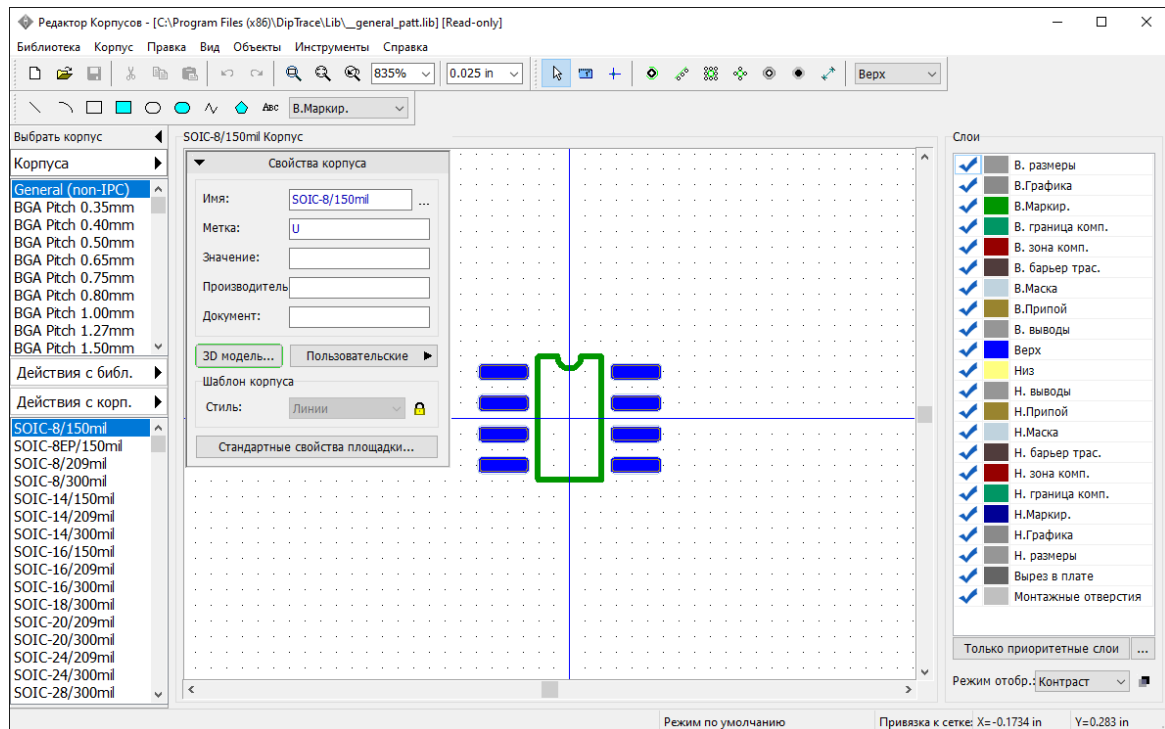
Положение точки начала координат можно изменить в любой момент с

помощью кнопки . Когда корпус будет на плате в **Редакторе плат**, точка начала координат будет центром компонента при вращении или размещении компонента путём задания его координат.

Перед началом работы можно настроить уровень точности, указав количество десятичных знаков (до десяти) для всех значений, используемых в проекте, с учетом единиц измерения, а также установить минимальный размер сетки и её точность для текущих единиц, используя диалоговое окно Точность значений ("Вид/ Точность").

Обратите внимание, что высокие показатели точности используются только на этапе проектирования. При сохранении проекта в файл применяется точность до 0,001 мил.

На панели **Свойства корпуса**, расположенной в верхнем левом углу области построения, доступны самые необходимые инструменты и настройки для создания корпусов: выбор шаблона типа корпуса, количество контактных площадок, свойства КП по умолчанию, а также подключение 3D модели. Нажмите на маленькую стрелочку чтобы свернуть панель, или выберите "Вид/ Панели инструментов/ Свойства корпуса" из главного меню, чтобы скрыть/ отобразить панель. Панель можно переместить, а также изменить её размер, захватив левым щелчком мыши её границу.



Для увеличения и уменьшения масштаба в редакторах компонентов и корпусов используйте клавиши +/-, колесо мыши или просто выберите или задайте необходимый масштаб на панели Инструментов. Перейдите в "Вид/ Номера контактных площадок/ ...", чтобы показать/ скрыть номера КП.

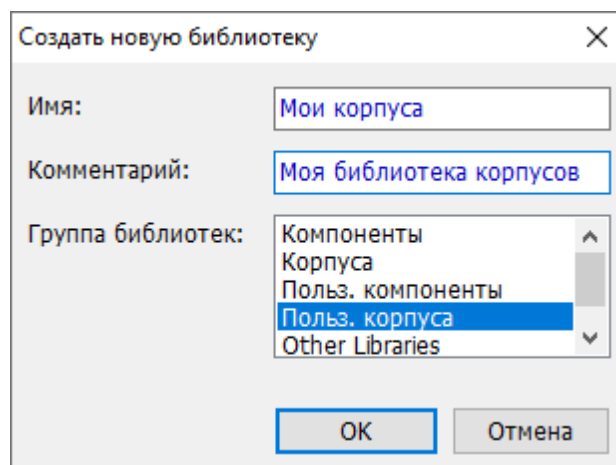
Вы также можете выбрать, показывать ли стандартную или подробную подсказку (с размерами площадок/ отверстий) для объектов в области построения (выберите "Вид/ Показывать комментарий").

Обратите внимание, что подсказка также отображается в нижнем левом углу экрана при наведении курсора на объект.

4.1.2 Создание/ сохранение библиотеки

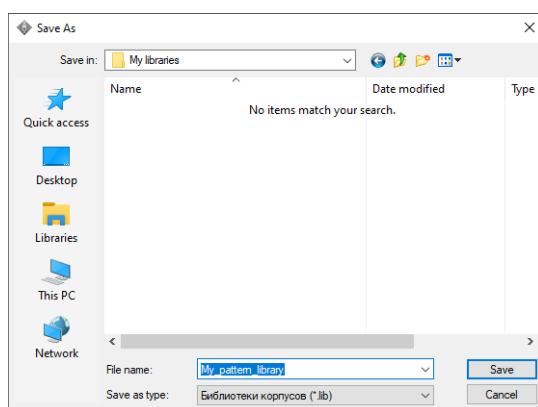
Создание библиотеки

Нажмите **Действия с библи.** / Новая библиотека на панели **Менеджера библиотек** с правой стороны экрана. В диалоговом окне введите название библиотеки (оно должно быть небольшим) и комментарий. Также можно выбрать группу библиотек, в которой вы хотите создать новую. По умолчанию программа предлагает сохранять все пользовательские библиотеки корпусов в группе библиотек Польз. корпуса.



Название библиотеки появится на панели Менеджера библиотек, программа автоматически изменит текущую группу библиотек на Польз. корпуса. Теперь необходимо сохранить созданную библиотеку в файл.

Сохранение библиотеки



Выберите "Библиотека/ Сохранить" в главном меню или нажмите на кнопку с изображением дискеты на Стандартной панели в левом верхнем углу. Выберите папку, в которой хотите сохранить библиотеку. Windows пользователям мы рекомендуем сохранять библиотеки в папке "Документы/DipTrace/My Libraries", которая предлагается по умолчанию. Однако вы можете выбрать и другую

папку для сохранения своих библиотек. (Примечание: пользователям MacOS рекомендуется сохранять библиотеки (и другие файлы DipTrace) внутри Wine-префикса во избежание любых проблем с доступом к файлам из программы. Но в случае переустановки или удаления программы пользователь должен побеспокоиться о сохранении резервной копии своих файлов до выполнения вышеуказанных действий.).

С целью сохранения данных, DipTrace не разрешает сохранять новые пользовательские библиотеки в одной папке со стандартными библиотеками программы.

Введите имя файла (оно не будет отображаться в программе) и нажмите **Сохранить**.

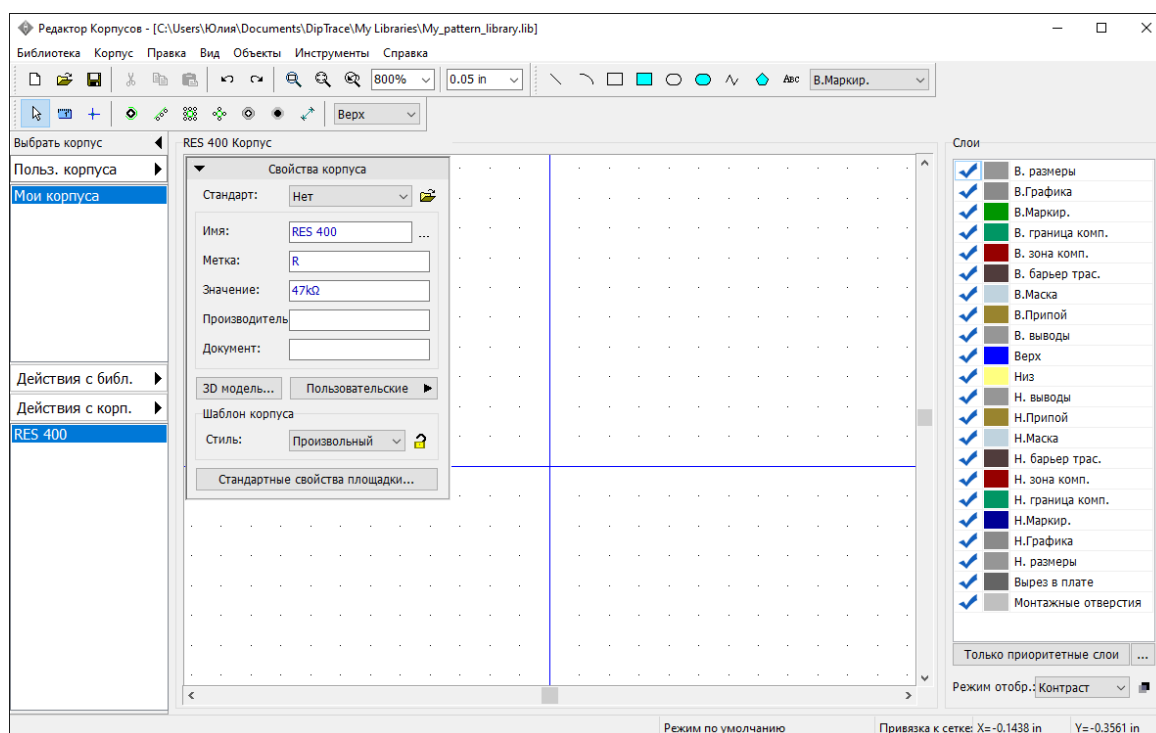
Теперь у нас есть новая пользовательская библиотека, которая называется "Мои корпуса", сохраненная в файле `My_pattern_library.lib`. Текущий файл и его расположение отображается в заголовке окна приложения.

4.1.3 Создание корпуса резистора

Мы разработаем первый корпус в новой библиотеке, это будет резистор с расстоянием между выводами 400 мил. Сначала посмотрим, как создать его вручную, а затем перейдем к его автоматической генерации.

4.1.3.1 Вручную

Для начала нам нужно назвать корпус и заполнить основные поля описания. Введите "RES 400" в строке **Имя**, "R"—в строке **Метка** и "47kΩ"—в строке **Значение** на панели **Свойств корпуса**. В редакторе компонентов и редакторе корпусов вы задаете метки, которые будут использоваться по умолчанию. При создании проекта метка размещаемого компонента появится автоматически, например, R1, R2, R3 и т.д. Если метка не задана, программа назначит метку "U". Используйте карту специальных символов Windows, чтобы найти и скопировать/вставить специальные символы для обозначения "Ом", "Фарад" и т. п.



Для этого корпуса мы выберем Произвольный **Стиль** шаблона корпуса, хотя более эффективно создавать такие корпуса, используя стиль Линии. Мы рассмотрим данный стиль в одном из последующих разделов.

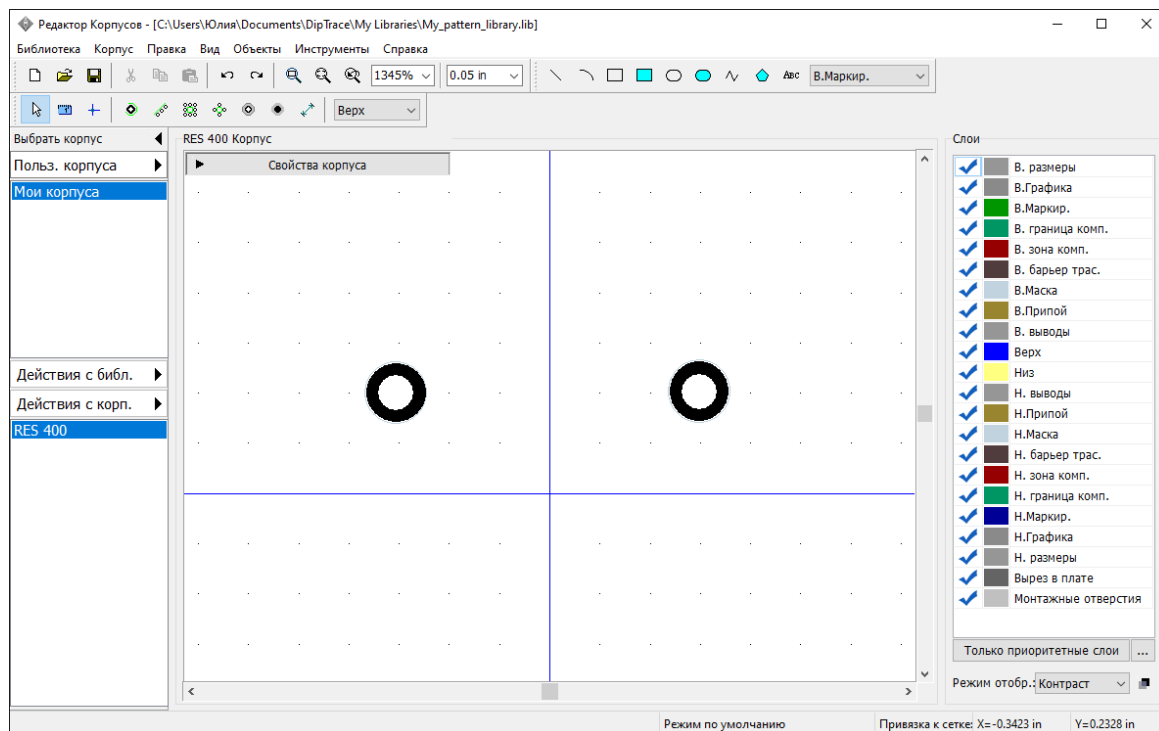
Установка контактных площадок

Убедитесь, что установлен размер сетки 0,05 дюйма (единицы измерения можно изменить выбрав пункт "Вид/ Единицы измерения" из главного меню или нажав сочетание клавиш *Shift+U*). Теперь сверните панель Свойств корпуса. Для удобства вы можете активировать опцию "Привязка к сетке" в меню

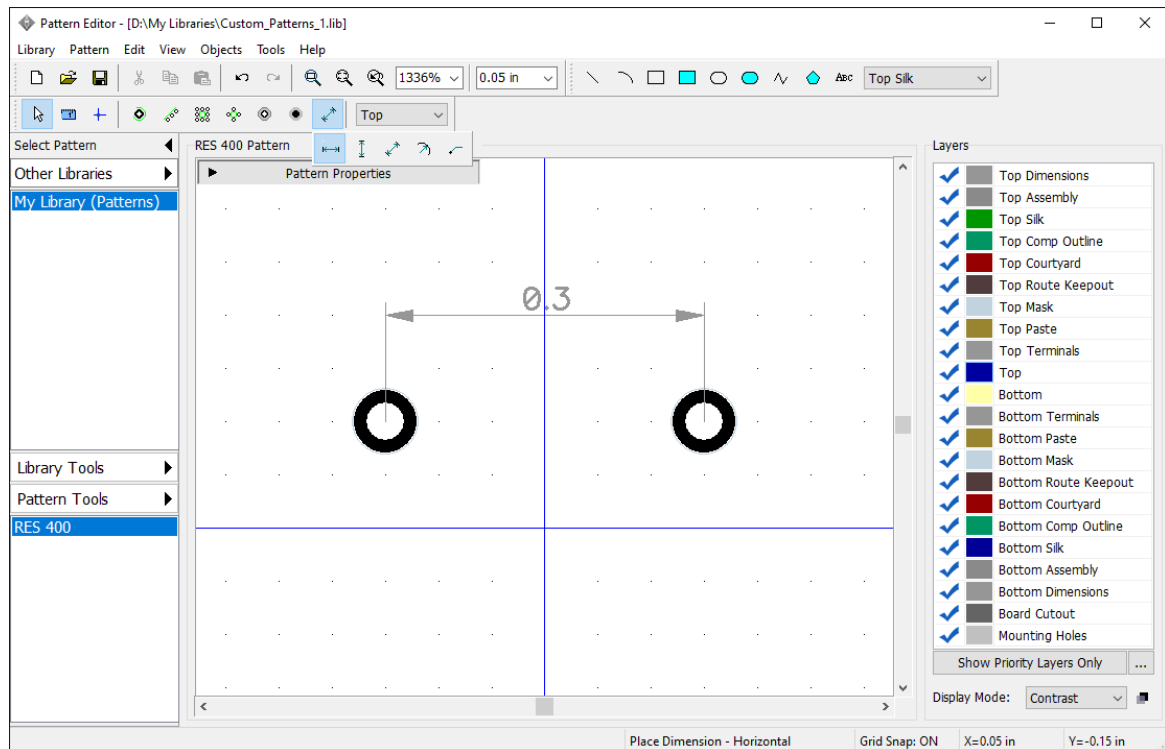
"Вид". Нажмите кнопку **Вывод**  на панели инструментов Объекты и

кликните левой кнопкой мыши два раза в области построения, чтобы создать две контактные площадки (КП), как на изображении ниже. Потом сделайте правый клик, чтобы выйти из режима установки выводов.

Примечание: для контактных площадок со сквозным отверстием Редактор корпусов применяет настройки цвета, установленные в Редакторе плат ("Вид/Цветовые настройки"), поэтому в нашем случае они черного цвета, а не синего.



Установка "на глаз" — не очень точный метод, поэтому нам понадобится скорректировать координаты выводов. Но сперва давайте установим размерную линию, которая позволит более наглядно понимать, что нужно сделать. Выберите "Объекты /Разместить размер/ Горизонтальный" из главного меню или выберите соответствующий инструмент на панели инструментов. Затем щелкните левой кнопкой мыши **по центру** левой КП, затем — по центру правой КП, переместите курсор немного выше и кликните еще раз для установки размера. Узловые точки объектов подсвечиваются, когда вы подводите к ним курсор, поэтому определить центр вывода очень просто. Расстояния пересчитываются автоматически, если объекты перемещаются.

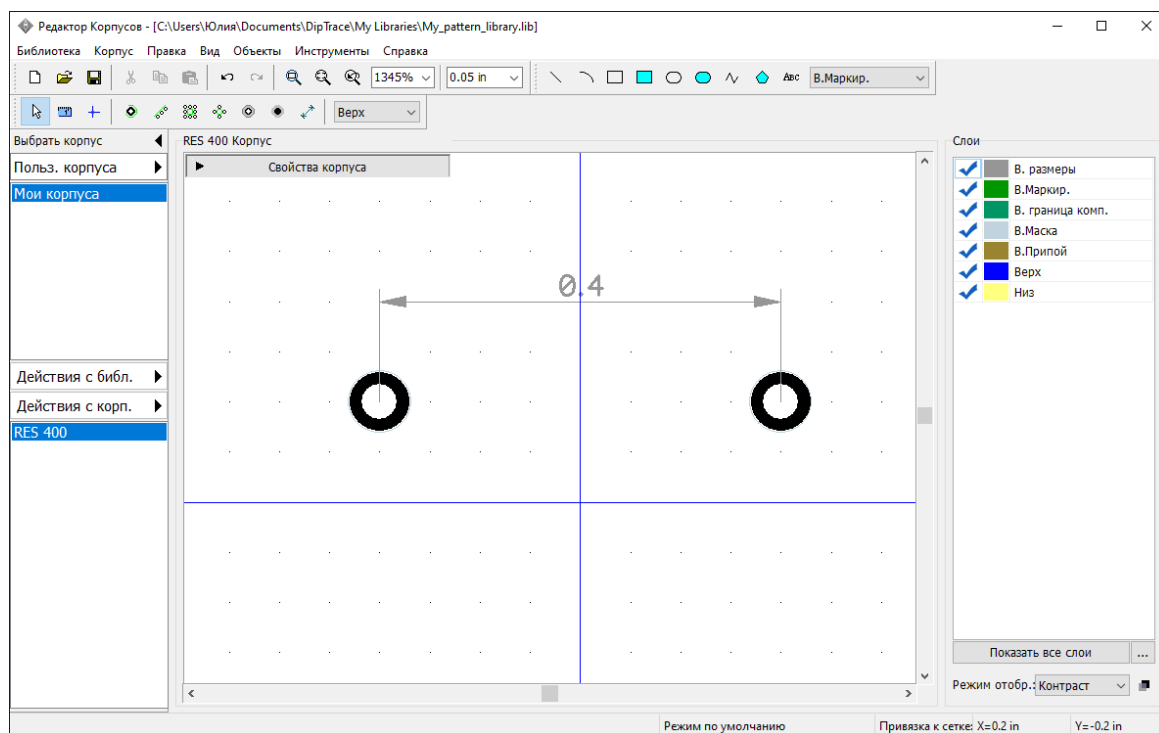


Кликните правой кнопкой на размерной линии, выберите **Свойства** — и вы увидите, что этот объект можно переносить на другие слои, менять единицы измерения, размеры стрелочек и т.д. Размерную линию можно перетаскивать, как и любой другой объект проекта. Отрегулируйте расстояние между контактными площадками, чтобы оно составляло 0,4 дюйма (400 мил).

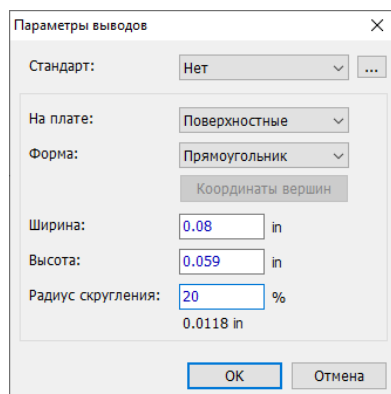
Слои

Теперь попробуем использовать панель **Слои**. Она расположена справа от области построения. Здесь отображаются все сигнальные и несигнальные слои корпуса. Панель упрощает управление слоями: вы можете показать/скрыть слой в области построения, щелкнув соответствующую синюю галочку, изменить цвет слоя (щелчок левой кнопкой мыши по цветному прямоугольнику) и быстро выбрать слой для размещения объекта.

Давайте сократим список слоёв, оставив только те, которые необходимы для работы. Нажмите кнопку , во всплывающем окне выберите В.размеры, В. графика, В.зона комп., В. маска, В. припой, а также слои Верх и Низ в столбце **Приоритет**. Вы можете изменить порядок слоев в списке, используя кнопки со стрелками в столбце **Очередность**, но мы оставим порядок слоев без изменений. Щелкните **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно. Нажмите "Только приоритетные слои", чтобы отобразить в списке только ранее выбранные слои.



Параметры выводов



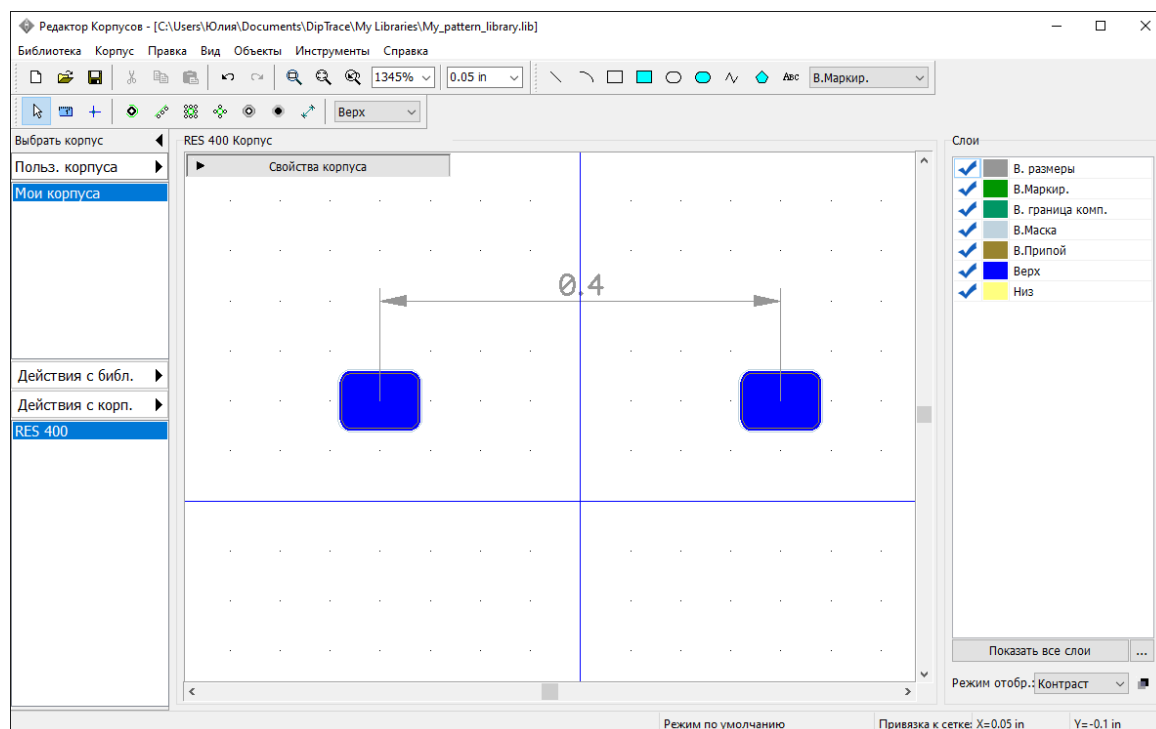
Контактные площадки (выводы) могут иметь стандартные или индивидуальные настройки. Стандартные применяются по умолчанию ко всем выводам корпуса, а индивидуальные — только к выбранным КП.

Чтобы поменять стандартные параметры выберите "Корпус /Стандартные свойства площадки" из главного меню или нажмите **Стандартные свойства площадки** на панели Свойств корпуса. В появившемся диалоговом

окне можно изменить форму вывода на: Эллипс, Овал, Прямоугольник, D-форма или Многоугольник (если выбран Многоугольник, нажмите **Координаты вершин**, чтобы задать его параметры). Для прямоугольных КП можно установить радиус углов. Сквозные КП могут иметь отверстия круглой или овальной формы.

Стандарты выводов позволяют за секунды применить ранее заданные параметры к новым выводам как в Редакторе корпусов, так и в Редакторе плат.

Выберите значение **Поверхностные** в поле **На плате**, измените форму выводов на **Прямоугольник**, ширину установите 0.08, а высоту — 0.059 дюймов, **Радиус скругления** — 20%. Нажмите **ОК**.



Обратите внимание что для поверхностных выводов можно поменять сторону, т.е. установить контактные площадки на нижнюю сторону будущей платы. Чтобы поменять сторону, на которой установлена контактная площадка, щелкните правой кнопкой по выводу и выберите **Изменить сторону**. Текущая сторона установки новых площадок и фигур может быть выбрана на панели Объектов (выпадающее меню с текстом "Верх") или на панели слоёв.

Теперь мы изменим свойства одной из контактных площадок. Наведите курсор на первую контактную площадку, она должна подсветиться, если этого не

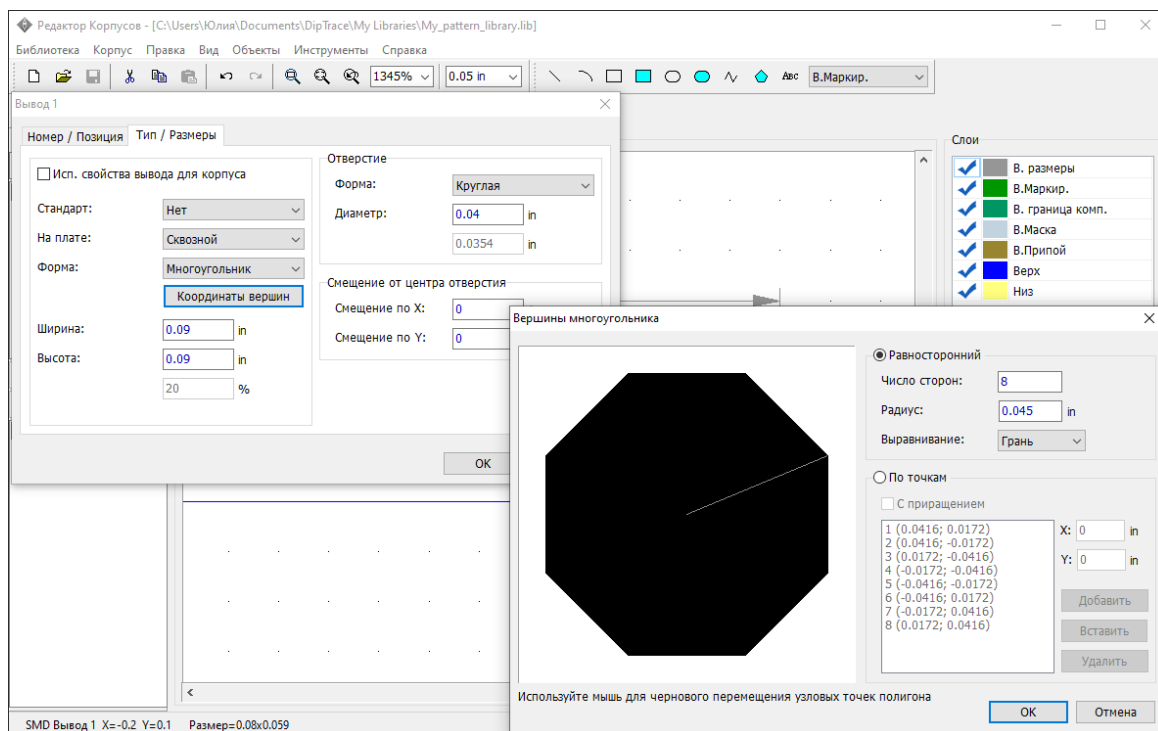
происходит, значит нужно перейти в режим по умолчанию, нажав на кнопку . Теперь щелкните правой кнопкой мыши по КП и выберите **Параметры выводов**. В появившемся окне есть две вкладки: Номер / Позиция и Тип / Размеры. Координаты и ориентацию вывода можно изменить во вкладке **Номер/ Позиция**. Мы же сейчас выберем вкладку **Тип / Размеры** и снимем галочку **Использовать свойства вывода для корпуса**, чтобы можно было задать индивидуальные параметры для этого вывода.

Полигональные выводы (многоугольники)

Давайте создадим восьмиугольную КП. Наиболее быстрым способом будет выбрать подходящий стандарт, но давайте сделаем это вручную. Не назначая стандарта, выберите значение **Сквозной** для параметра **На плате**, измените форму на **Многоугольник**, ширину и высоту на 0,09 дюйма, диаметр отверстия должен быть 0,04, затем нажмите **Координаты вершин** для доступа к вершинам многоугольника. Здесь вы можете задать тип полигонального вывода и, если он неправильной формы, задать его точки.

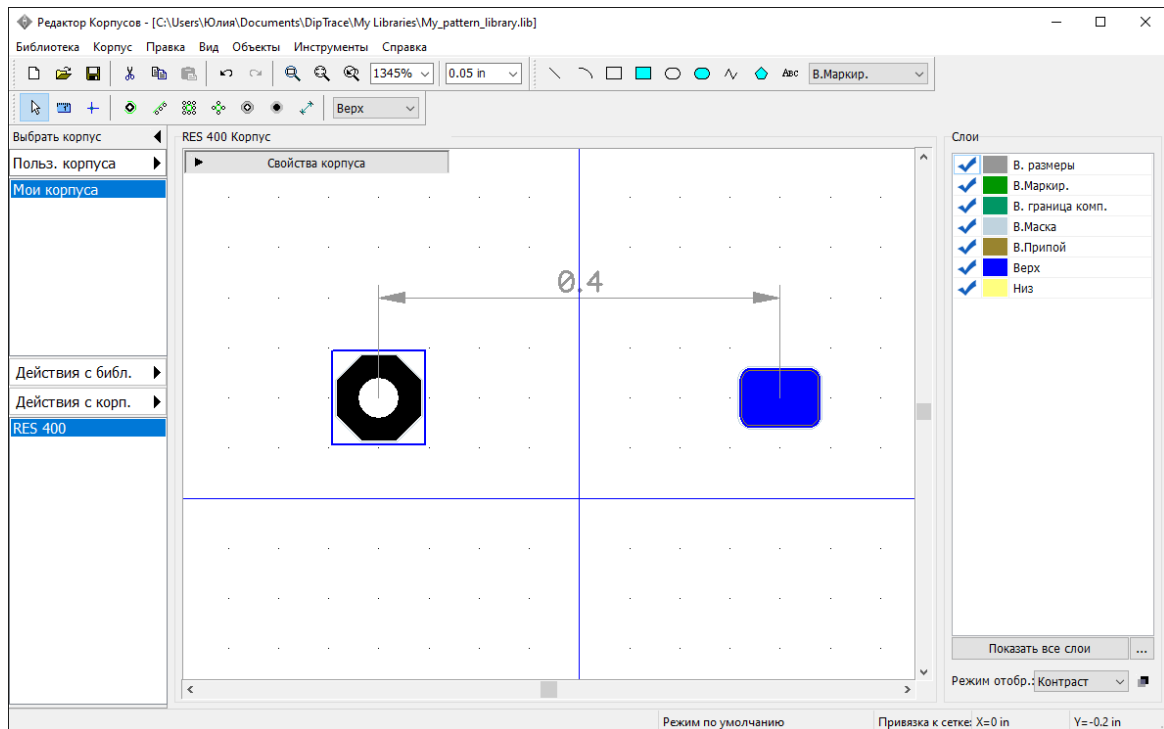
Выберите **Равносторонний**, **Число сторон: 8**, с радиусом 0.045 дюйма.

Сложные формы можно редактировать с помощью таблицы или визуально в поле предпросмотра (просто захватывайте и перетаскивайте точки вершин многоугольника).



Нажмите **ОК**, чтобы создать многоугольник.

Вы можете изменить координаты КП и угол на вкладке **Номер / Положение** этого диалогового окна, но не делайте этого. Нажмите **ОК**. Изменения будут применены ко всем выбранным КП.



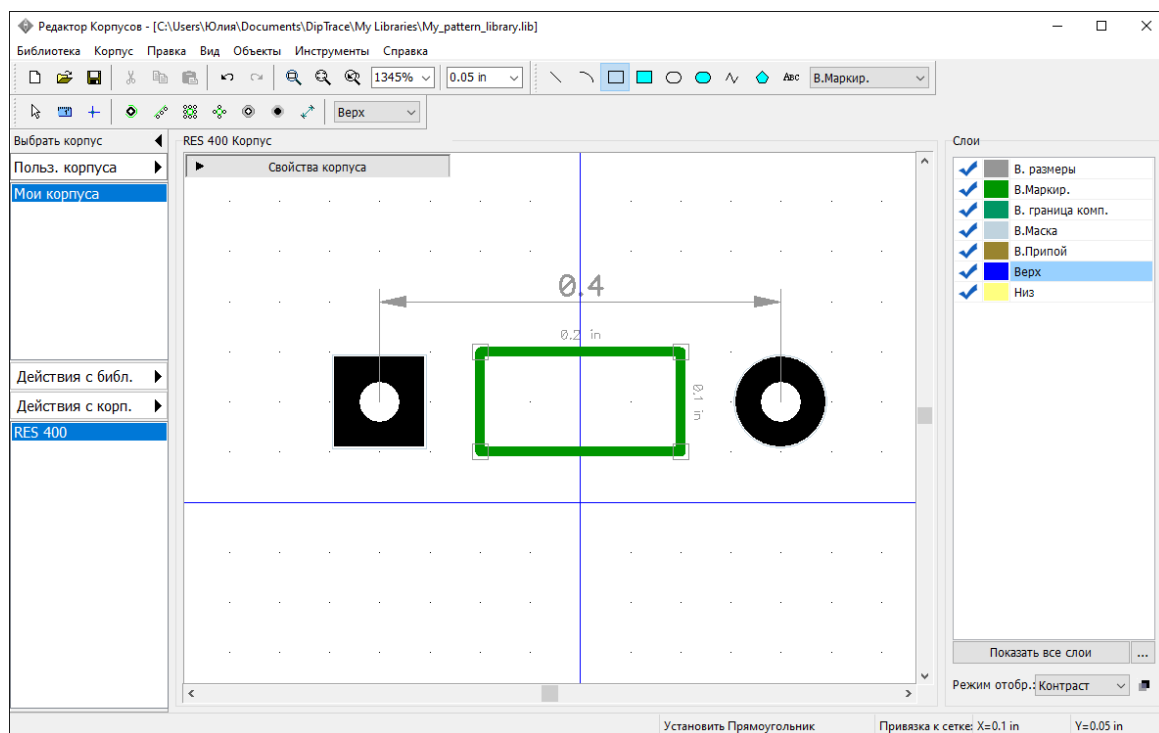
Есть и другие способы создания многоугольных КП, например, можно выбрать инструмент Многоугольник на Панели рисования и нарисовать вывод прямо в области построения, фигура должна находиться в сигнальном слое (выберите **Сигнальный** на Панели рисования или соответствующий слой на панели Слоёв (двойной клик) перед началом рисования, либо же измените слой размещения фигуры на сигнальный после её создания в диалоге свойств фигуры (правый клик/ **Свойства**). Когда фигура на сигнальном слое готова, необходимо кликнуть по ней правой кнопкой и выбрать **Преобразовать в вывод**. Данная опция работает только для многоугольников.

Установите следующие свойства для выводов:

первый вывод — 0.09 x 0.09, прямоугольник, сквозной, отверстие - круглое, диаметр отверстия 0,04;

второй — 0.09 x 0.09, овал, сквозной, отверстие - круглое, диаметр отверстия 0,04;

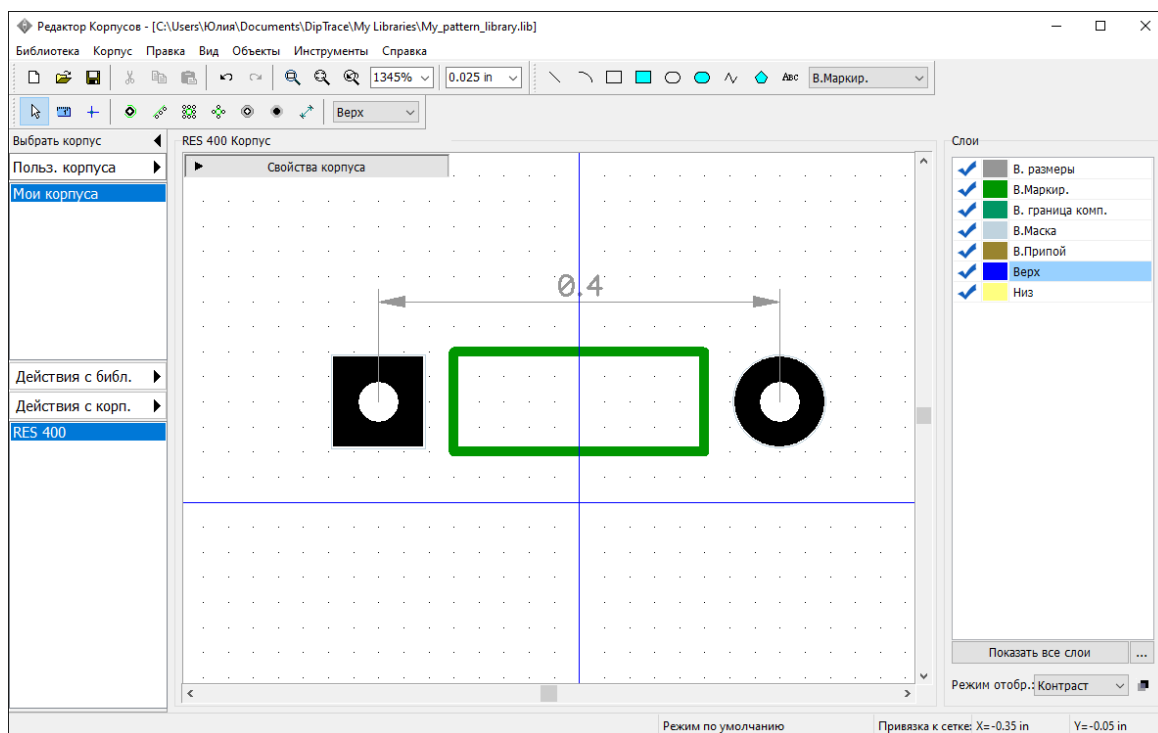
Теперь разместим графическое обозначение резистора в слое шелкографии. Убедитесь, что выбран слой **В. маркир.**, нажмите кнопку **Прямоугольник** на Панели рисования и кликните левой кнопкой в двух противоположных точках фигуры в области построения. Обратите внимание, что DipTrace показывает размеры при размещении фигуры.



Теперь перейдите в режим по умолчанию, нажав .

Скорее всего, прямоугольник получился меньше чем нужно, но его можно редактировать. Вы можете сделать это следующими способами:

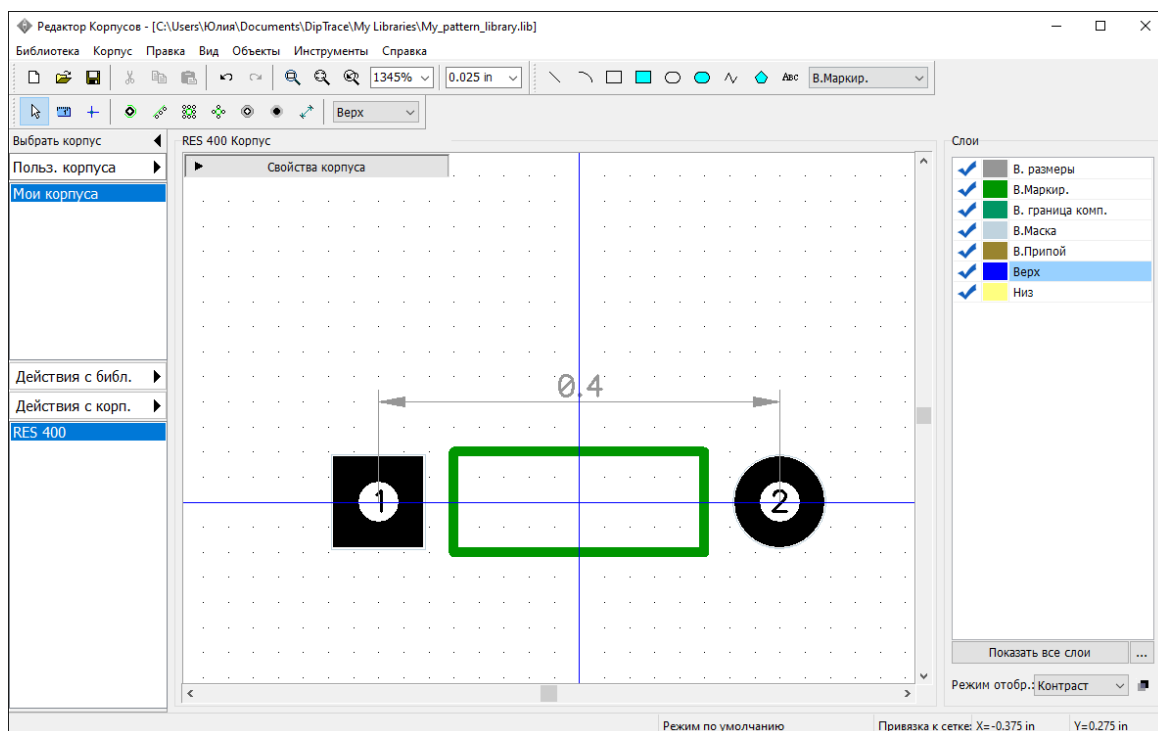
- 1) щелкните по фигуре правой кнопкой мыши, выберите «Свойства» и введите новые значения ширины и высоты во всплывающем диалоговом окне;
- 2) перетащите точки вершин фигуры (чтобы использовать этот вариант, отключите параметр "Привязка к сетке" в меню "Вид", чтобы иметь возможность размещать фигуру между точками сетки или измените размер сетки). Мы воспользуемся последним способом, но сперва поменяем размер сетки на 0.025 дюйма нажав *Ctrl + знак минуса*. Теперь просто перетащите угловые точки прямоугольника так, чтобы рисунок корпуса был более правильным (курсор показывает возможные направления перемещения).



Отцентрируйте корпус, выбрав "Правка/ Центрировать" из главного меню или воспользуйтесь сочетанием клавиш *Ctrl+Alt+C*.

Чтобы отобразить номера КП, выберите "Вид/ Номера контактных площадок/ Показать».

Резистор готов.



Попробуйте вращать и зеркально отразить первый компонент вашей библиотеки, выбрав "Правка/ Вращать корпус" для вращения и "Правка/

Отразить корпус/ Вертикально (Горизонтально)" для отражения.

Нажмите **Сохранить** на стандартной панели инструментов. Мы прикрепим 3D-модель этого резистора в следующем разделе данного руководства.

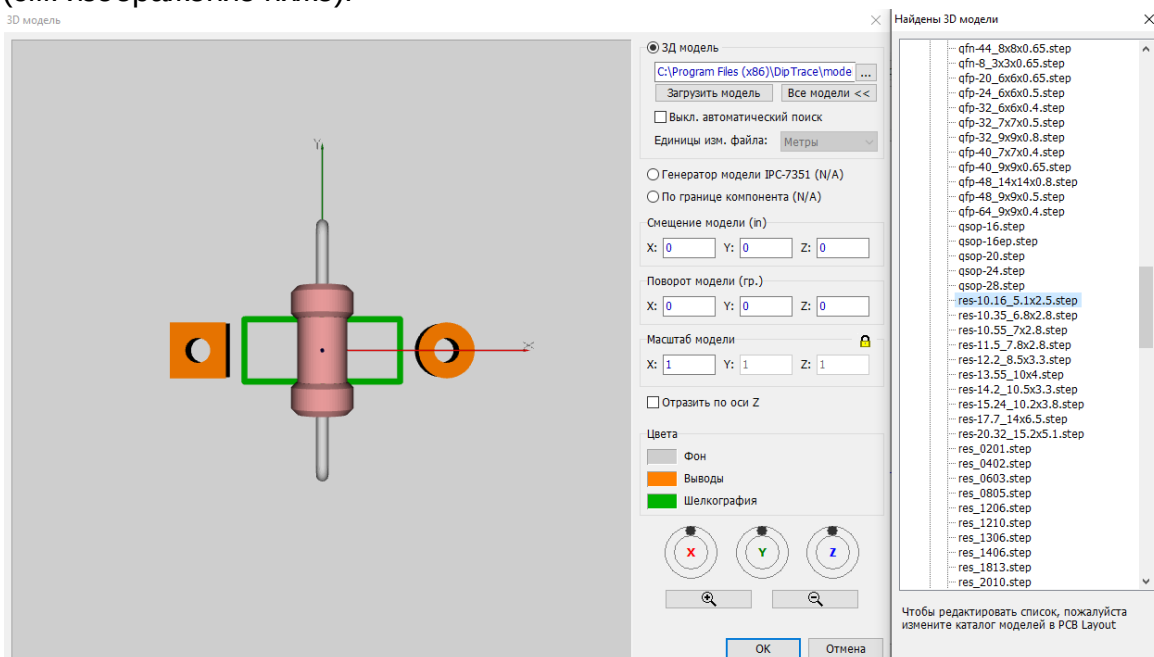
4.1.3.2 Подключение 3D модели

В DipTrace есть три варианта подключения 3D-модели: вы можете использовать файл STEP с 3D-моделью вашего компонента; применить модель из Генератора корпусов (работает для корпусов, созданных с помощью этого инструмента); или создать модель по контуру компонента (этот вариант лучше всего подходит для устройств поверхностного монтажа, поскольку создается трехмерная фигура с определенными параметрами, имитирующая SMD компонент).

Сейчас мы воспользуемся первым вариантом подключения 3D-модели.

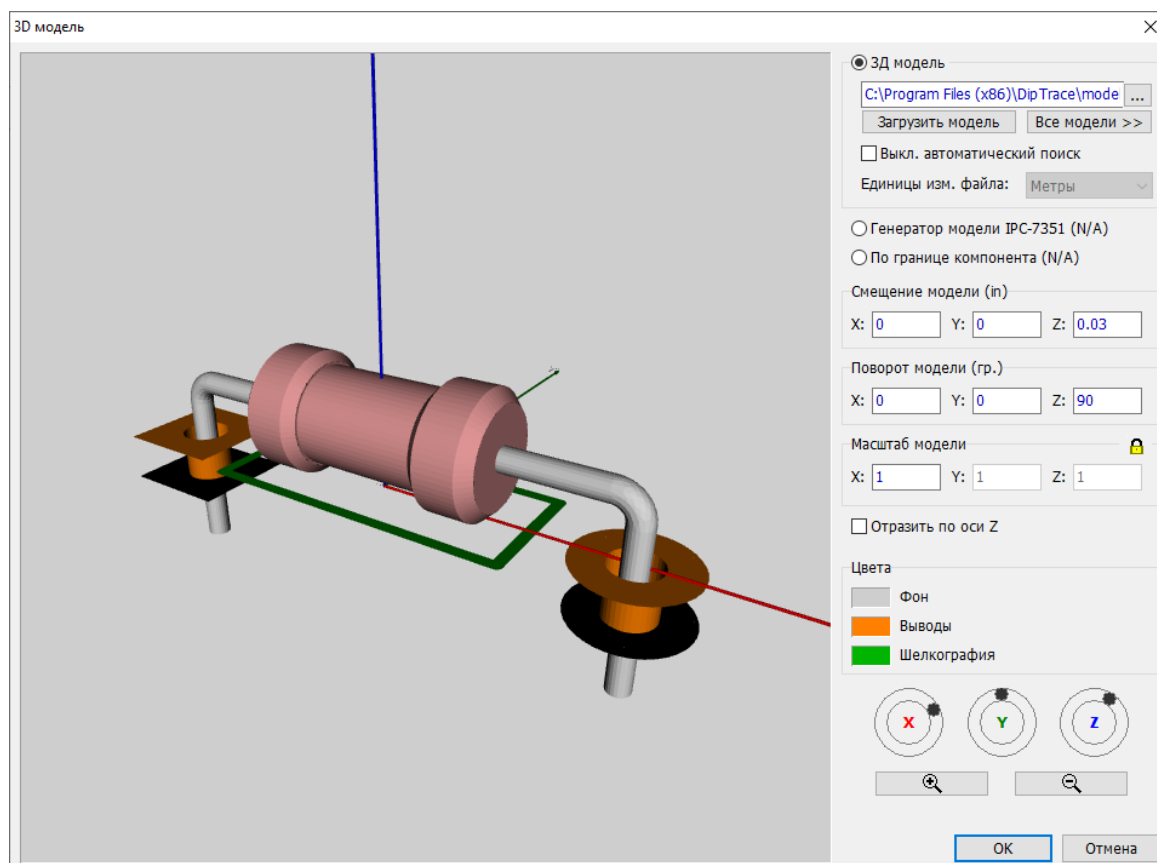
*Прежде всего, скачайте и установите стандартную **библиотеку 3D моделей** с [сайта DipTrace](#), которая включает более 10 000 3D моделей для различных компонентов.*

Когда посадочное место готово, необходимо подключить к нему 3D модель. Нажмите на кнопку **3D модель** на панели **Свойств корпуса**. В диалоговом окне нажмите **Все модели >>**, чтобы открыть список всех подключенных к программе моделей компонентов (в стандартном пакете модели отсортированы по библиотекам корпусов для удобства). Подходящую модель мы найдем в библиотеке **_General**. Выберите эту библиотеку и прокрутите список моделей вниз пока не найдете модель **res-10.16_5.1x2.5.step**, кликните по ней левой кнопкой и она появится в поле предпросмотра на посадочном месте. Иногда возникает необходимость подкорректировать положение 3D модели относительно посадочного места (см. изображение ниже).



Корректировка положения 3D модели корпуса

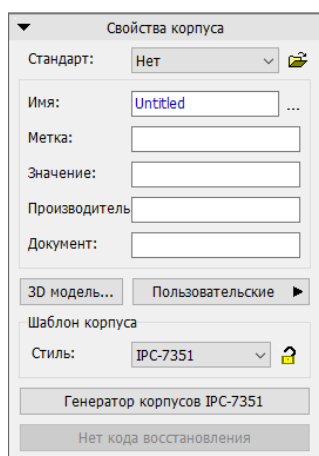
Программа автоматически располагает 3D модель на посадочном месте корпуса, но в редких случаях положение или масштаб модели нужно будет подкорректировать. Для этого достаточно ввести подходящие значения в соответствующие поля в разделе **Свойства 3D модели** (смещение, поворот, масштаб по осям). В нашем случае нам необходимо повернуть модель резистора на 90 градусов и сдвинуть немного, чтобы она не была утоплена ниже плоскости будущей платы. Для этого в поле **Поворот модели** мы введем 90 градусов **в ячейку Z** и установим **Смещение модели** по оси **Z** на 0.03 дюйма. Корпус и модель можно поворачивать по всем осям и увеличивать прямо в окне предпросмотра, для этого используйте кнопки и колесико мыши или инструменты на боковой панели.



Нажмите **ОК**, чтобы подключить модель. Обратите внимание, что кнопка **3D модель** на панели **Свойства корпуса** подсвечивается зеленым. Это значит, что модель подключена. Сохраните библиотеку корпусов.

Более подробную информацию о работе с **3D предпросмотром** вы найдете в конце этого учебника, а также в Справке (Справка/ Справка Редактора корпусов).

4.1.3.3 Автоматически (Генератор корпусов)



DipTrace предлагает еще один способ для создания корпусов - автоматически. Но прежде чем мы начнем, давайте добавим в нашу библиотеку новый корпус. Убедитесь, что выбрана **Мои корпуса** в группе пользовательских корпусов. Перейдите в меню **Корпус** и выберите «Добавить новый в библиотеку "Мои корпуса"».

Теперь нам нужно запустить Генератор корпусов. Для этого выберите **IPC-7351** из выпадающего списка **Стиль** на панели **Свойства корпуса** - ниже появится кнопка **Генератор корпусов IPC-7351**. Нажмите на неё, чтобы запустить Генератор.

В генераторе корпусов мы сделаем посадочное место для резистора **HVR37** с медным оконечным проводом, используя это [техническое описание](#).

Сначала выберите тип **"Сквозные выводы"**. Затем выберите **Axial** из списка **"Семейство"** в левой части диалогового окна.

Теперь переходим к центральной части окна Генератора корпусов. Здесь нам нужно будет ввести все ключевые параметры. В раскрывающемся списке «Подсемейство» выберите **«Резистор»**. Установите миллиметры в качестве единиц измерения в самой нижней части окна.

Теперь откройте техническое описание на странице 2, где указаны размеры. Сверяйтесь с изображениями **Конфигурация корпуса** в Генераторе компонентов, чтобы найти необходимые параметры.

Первая ячейка - **Шаг** - окрашена в зеленый цвет; это означает, что данное значение вводить не обязательно. Мы оставим ячейку пустой и позволим DipTrace рассчитать его.

Заполните оставшиеся Обязательные ячейки, которые выделены красным цветом: **Амакс** - 4 мм (это значение отсутствует в даташите, поэтому будем считать, что $A = E = \text{диаметр резистора}$), **бмин** - 0,67 мм, **бмакс** - 0,73 мм, **Дмакс** - 12 мм, **Емакс** - 4 мм.

По сути, этих значений достаточно для создания посадочного места, для всех остальных параметров можно оставить значения, установленные по умолчанию.

Дополнительные сведения о настройке параметров для генерации компонентов вы найдете в Справке Редактора корпусов.

Генератор корпусов по IPC-7351

Семейство: ☐ SMD монтаж ☒ Сквозные выводы

Семейство:

- Axial**
- Crystal (HC-49)
- DIP
- DIP Socket
- Header (Vertical)
- Header (Right Angle, Non-Shrouded)
- Header (Right Angle, Shrouded)
- Header (Right Angle, Receptacle)
- Oscillator
- PGA
- Radial (Dipped, Round)
- Radial (Dipped, Rectangular)
- Radial (Dipped, Rectangular, Offset Leads)
- Radial (Disk)
- Radial (Disk, Offset Leads)
- Radial (Electrolytic)
- Radial (Inductor)
- Radial (Molded)
- Radial (Round LED)
- Radial (Rectangular LED)
- SIP
- TO Cylindrical
- TO-220 Horizontal
- TO-220 Vertical
- TO-92
- Mounting Hole

Конфигурация корпуса

Чертежные данные Опции компонента Опции выводов Правила

Под семейство: Резистор

Шаг: e

Символ	Мин	Ном	Макс	+Доп	-Доп
A			4		
b	0.67	0.7	0.73	0.03	-0.03
D			12		
E			4		

Поле "e" вычисляется автоматически, если пустое.

Пример Clear - обязательно - опционально

Конфигурация выводов

1 or C 2 or A

W W1

☒ Использовать расчетные размеры корпуса

☐ Использовать размеры, рекомендованные производителем

W W1

☒ Использовать стандартное имя корпуса

RESAD1620W70L1000D400

☐ Использовать уникальное имя корпуса

Код корпуса или номер детали

Производитель: None

Добавить в пользовательские поля

- ☒ Расшифровка имени
- ☒ Уникальное имя
- ☒ Производитель
- ☒ Высота 3D модели

☐ Добавить все уровни плотности в библиотеку (+2 корпуса)

Показать детали

mm inch mil

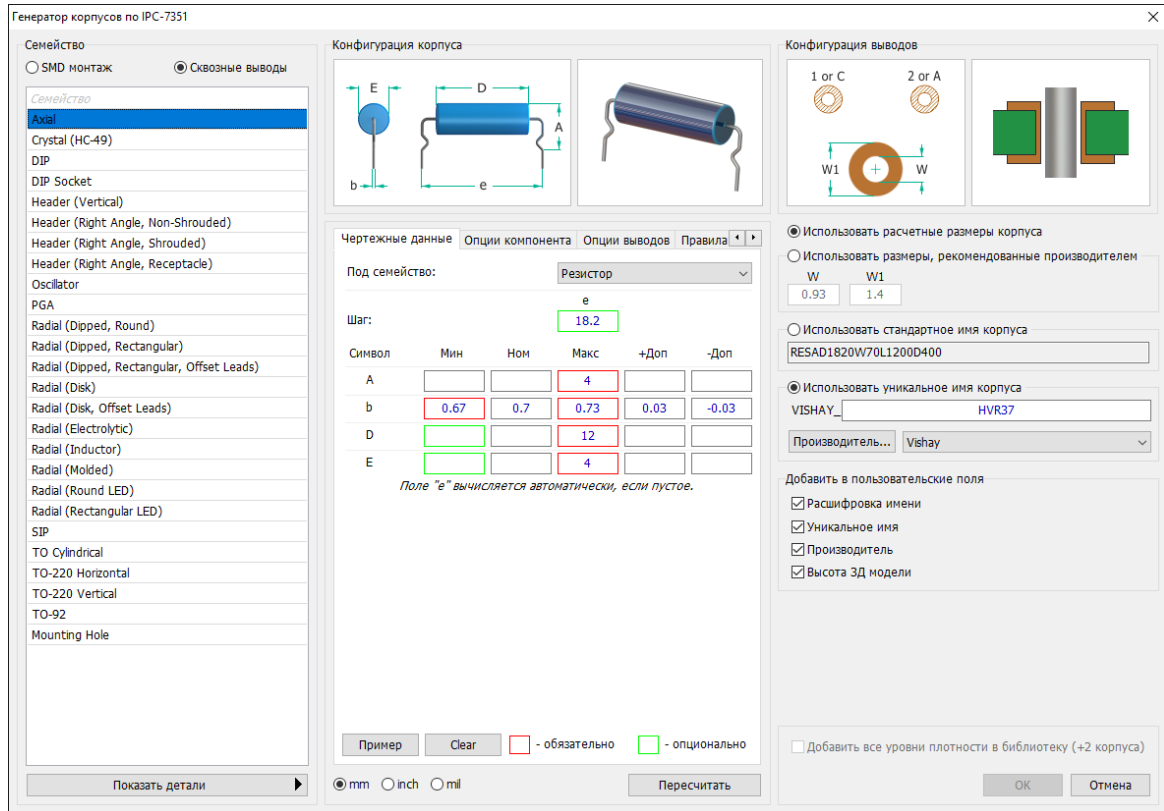
Пересчитать

OK Отмена

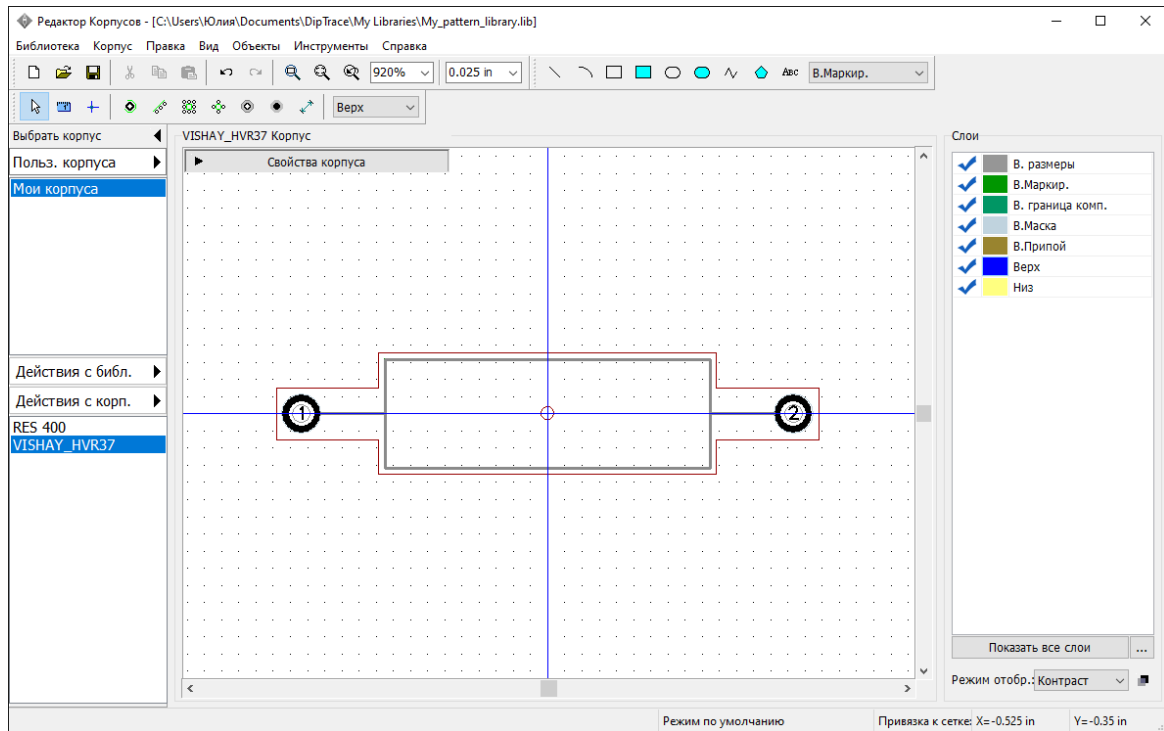
Нажмите кнопку **"Пересчитать"**, и DipTrace рассчитает размеры корпуса на основе стандарта IPC-7351 (см. правую область окна Генератора), однако вы всегда можете изменить рассчитанные значения на те, которые рекомендованы производителем.

Программа также сгенерировала стандартное имя корпуса, вы можете отредактировать его или выбрать вариант **"Использовать уникальное имя корпуса"**. Выберем последний вариант. Введите HVR37 и обязательно выберите производителя из списка, в нашем случае это Vishay.

Обратите внимание, что для параметра «Использовать уникальное имя корпуса» необходимо указать производителя, иначе корпус сгенерирован не будет.



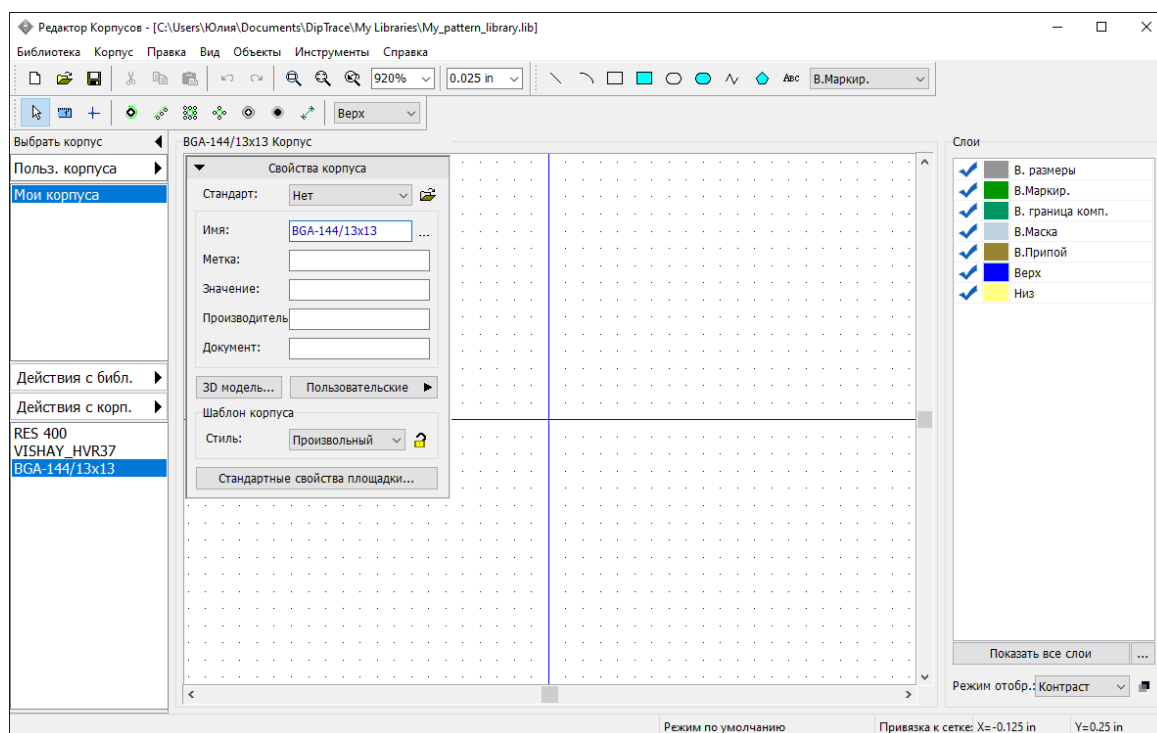
Снова нажмите кнопку **«Пересчитать»**, а затем **ОК** - и DipTrace сгенерирует корпус.



4.1.4 Создание корпуса BGA-144/13x13

4.1.4.1 Вручную

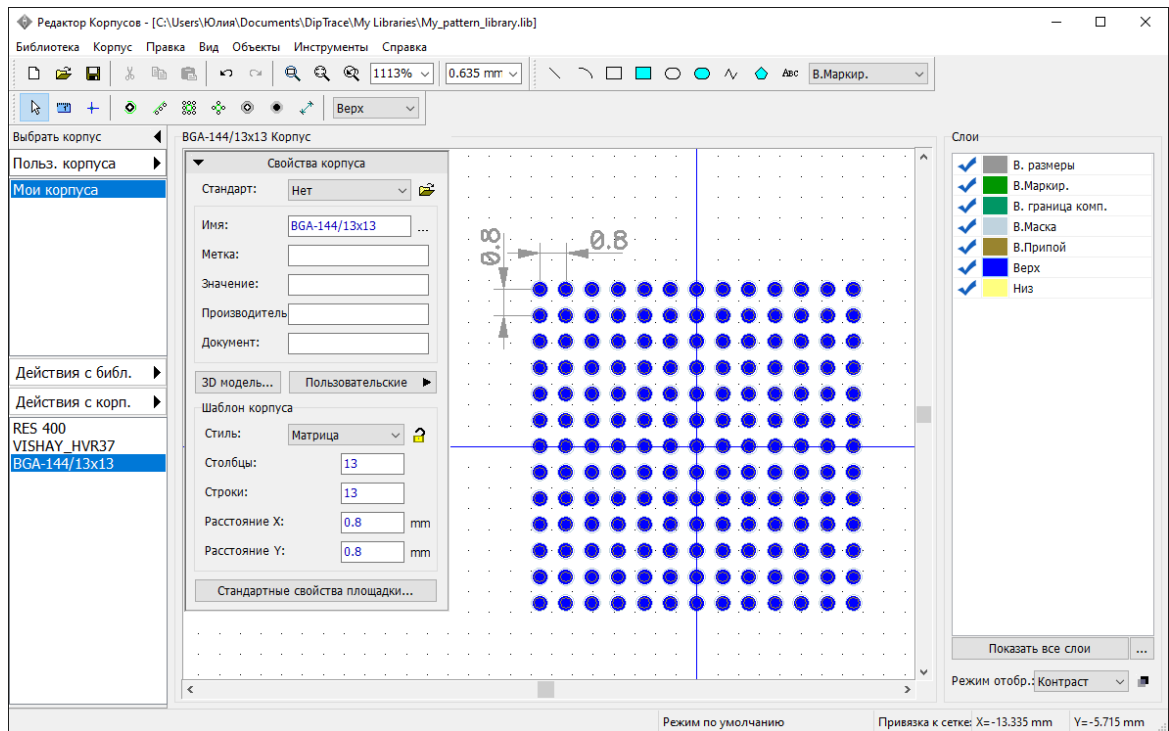
Нажмите **Действия с корп.** на панели Менеджера библиотек и выберите **Добавить новый корпус в библиотеку "Мои корпуса"**. Мы создадим посадочное место для корпуса **BGA-144/13x13(x0.8_10x10)**, используя стили корпусов и функцию автоматической нумерации выводов. Разверните панель **Свойств корпуса** и введите имя корпуса.



Нажмите **...**, если вы хотите добавить описание имени и уникальное имя для создаваемого корпуса.

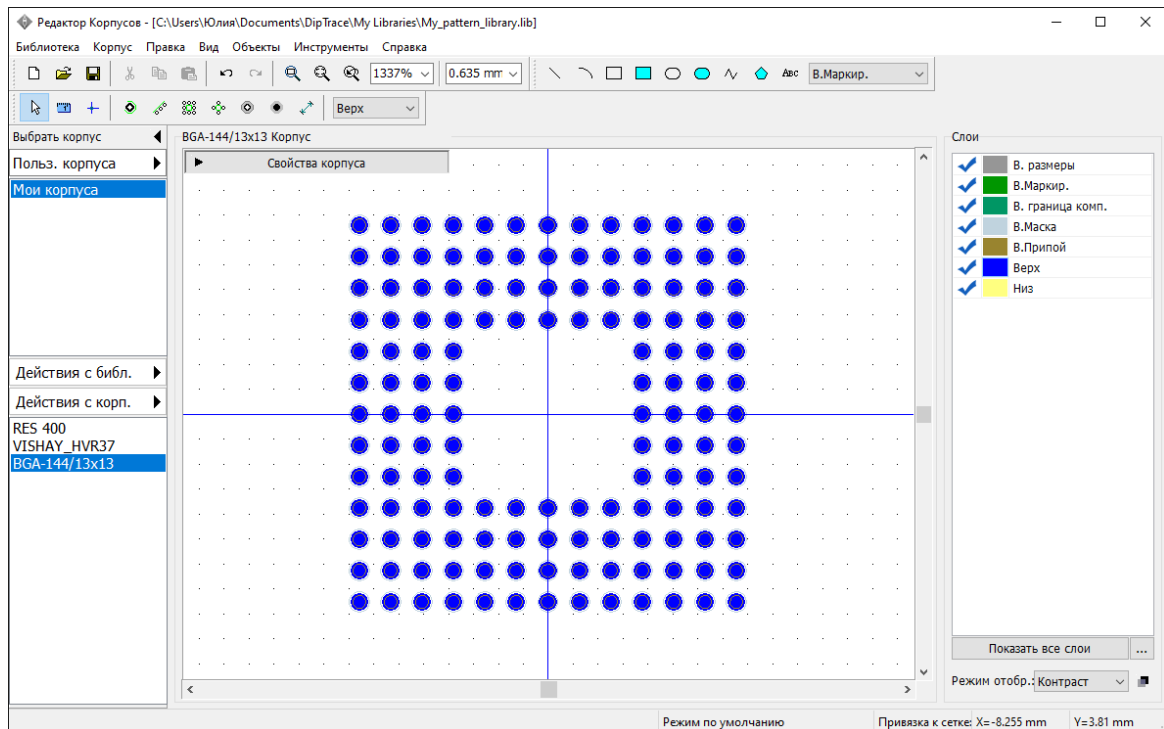
Измените единицы измерения на **мм**, воспользовавшись сочетанием клавиш **Shift + U**. Установите размер сетки **0,635 мм**.

Далее, выберите "Корпус/ Стандартные свойства площадки" из главного меню и укажите: **На плате: Поверхностные, Форма: Эллипс, Ширина: 0,45, Высота: 0,45**. Нажмите **ОК**, чтобы установить стандартные параметры для контактных площадок компонента. Теперь на панели **Свойств корпуса** выберите: **Стиль: Матрица, Столбцы: 13, Строки: 13, Расстояние X: 0,8, Расстояние Y: 0,8**. Вы увидите матрицу выводов 13 на 13 и размерные линии, указывающие расстояние между КП.

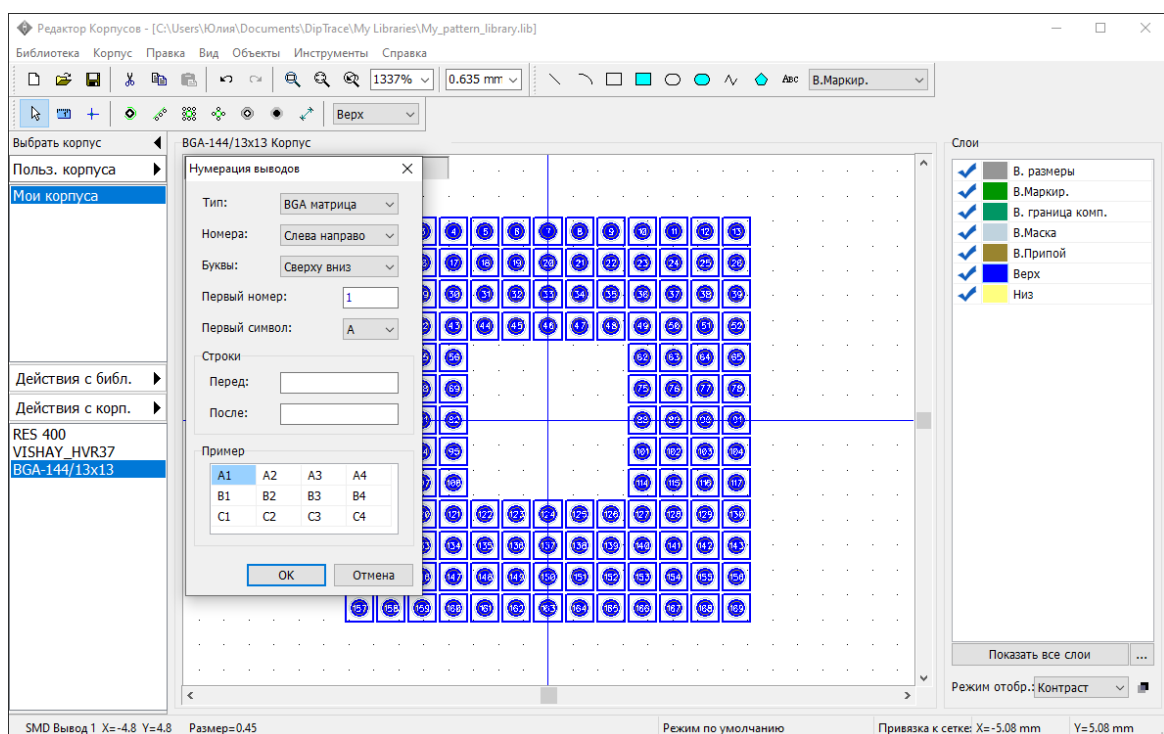


Заблокируйте свойства, нажав  на панели свойств, чтобы предотвратить случайное изменение параметров. Сверните панель свойств, перетащите рабочую область, чтобы разместить контактные площадки в центре экрана (щелкните правой кнопкой по свободному участку и, удерживая ее, переместите рабочее поле).

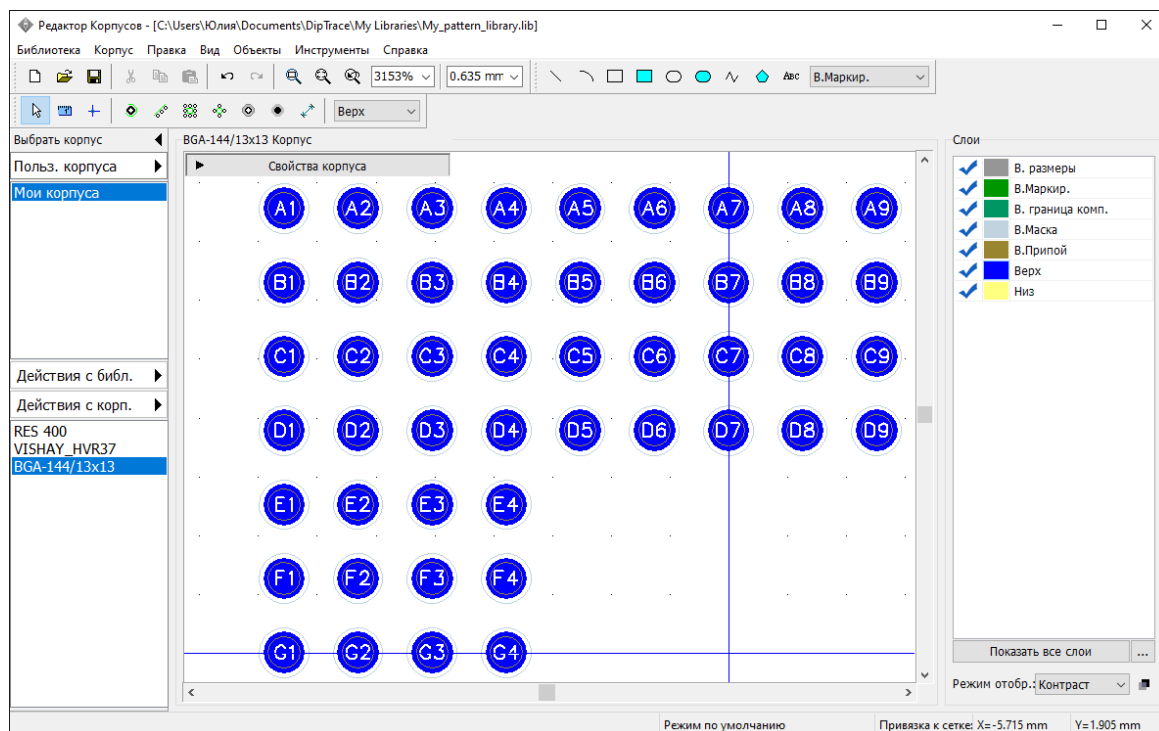
Для корпуса BGA-144/13x13 нам нужно удалить квадрат выводов 5 на 5 в центре корпуса. Выберите выводы (подведите курсор к левому верхнему углу, щелкните левой кнопкой и удерживая ее переместитесь к правому нижнему углу выделяемой области, затем отпустите левую кнопку) и нажмите кнопку *Delete*.



Выберите "Вид/ Номера контактных площадок/ Показать" из главного меню, чтобы отобразить номера выводов. Обратите внимание, что наша матрица имеет нумерацию от 1 до 169, но для BGA корпусов принята буквенно-символьная нумерация, поэтому выберите все контактные площадки (**Ctrl+A**), щелкните правой кнопкой по одному из выводов и выберите **Нумерация выделенных** из подменю. В диалоговом окне укажите **Тип: BGA матрица**, остальные настройки оставьте без изменений и нажмите **ОК**.

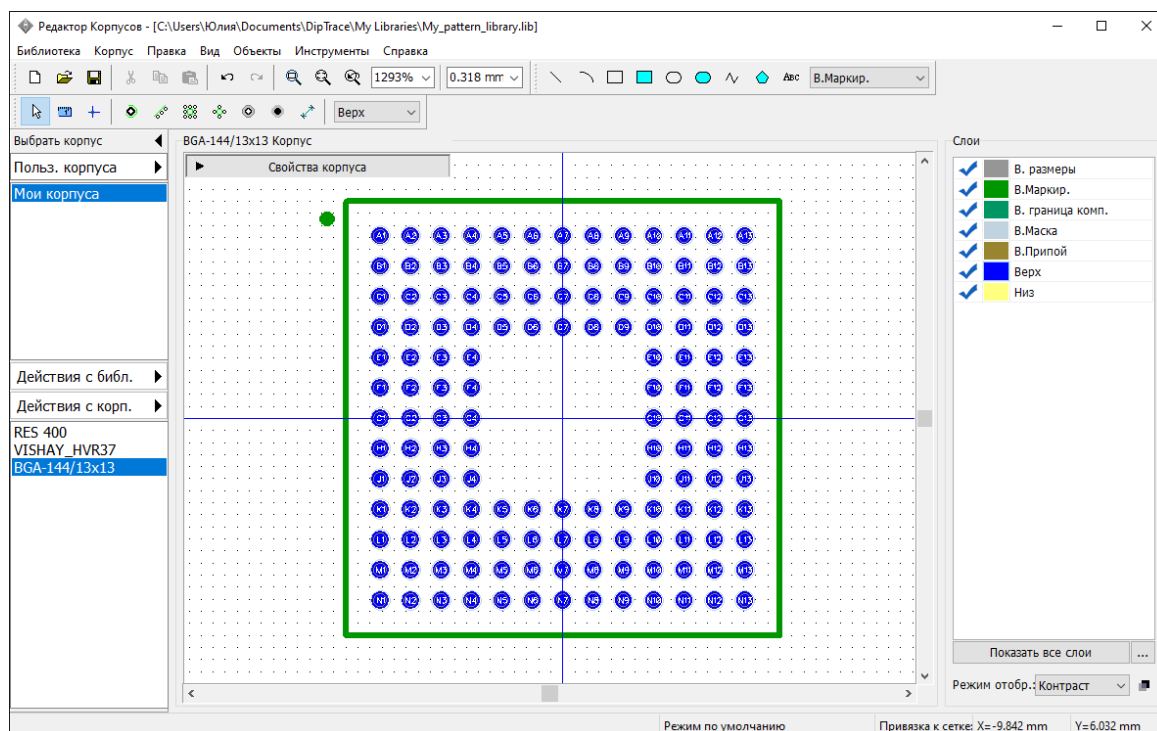


Теперь мы имеем правильную нумерацию контактных площадок для матрицы BGA.



Если же выбрать нумерацию по контуру, то контактные площадки будут пронумерованы по контуру, начиная с той, по которой вы щелкнули правой кнопкой, т.е. таким образом можно автоматически задавать нумерацию для корпусов QFP, QFN и PLCC.

Теперь нарисуйте шелкографию корпуса (как на изображении ниже), используя инструменты на Панели рисования. Сетка может быть изменена с помощью клавиш **Ctrl + Знак плюса**, **Ctrl + Знак минуса** или же отключена с помощью **F11**. В нашем случае подойдет сетка 0.318 мм. Объекты могут быть перемещены простым перетаскиванием в области рисования.



BGA-корпус готов, нажмите **Ctrl+S** или кнопку **Сохранить**. Теперь можно подключить к нему 3D модель.

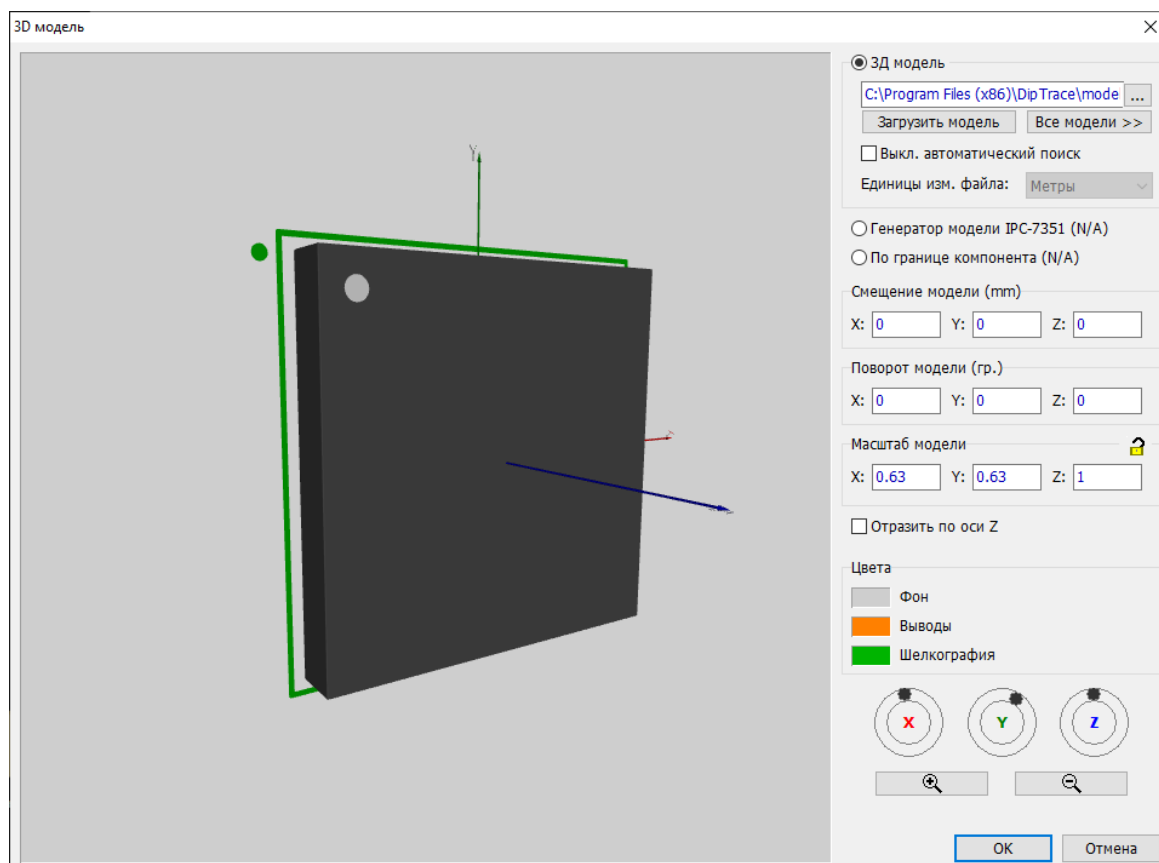
Подключение 3D модели из файла

В ситуациях, когда в стандартных библиотеках 3D-моделей нет необходимой модели, вы можете использовать похожие, потому что, обычно, нам не нужна 100% точность для 3D-модели. DipTrace позволяет пользователю подсоединять любые 3D-модели в форматах *.3ds, *.wrl, *.step и *.iges к любому посадочному месту. Вы можете скачать модели с веб-сайтов производителей компонентов или создать их в любом специализированном САПР.

Нажмите кнопку **3D модель...** на панели Свойств корпуса.

Если у вас есть подходящая модель на вашем компьютере, нажмите кнопку **...**, выберите файл 3D-модели и нажмите "Открыть". Вы также можете ввести адрес диска, на котором хранится 3D-модель, и нажать кнопку "Загрузить модель" - 3D-модель появится в области предварительного просмотра. Измените положение/свойства 3D-модели, если они не соответствуют посадочному месту.

Например, мы решили взять 3D-модель bga-144_12x12x1.27_17x17.step из стандартной библиотеки 3D-моделей BGA (нажмите кнопку "Все модели", выберите библиотеку BGA и соответствующую модель в ней) и немного уменьшить ее, чтобы она соответствовала посадочному месту (см. Рисунок ниже).

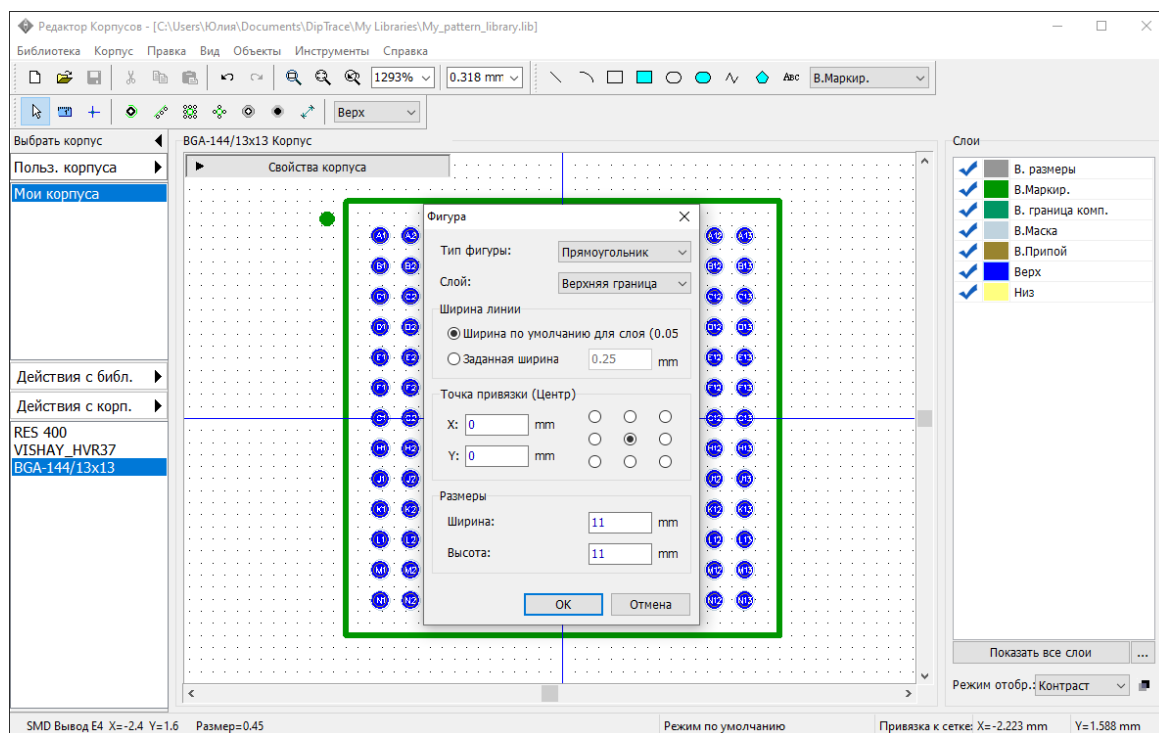


Попробуйте ввести различные значения в имеющиеся поля, и вы поймете, как изменить положение модели. Нажмите **ОК**. Обратите внимание, что кнопка **3D модель...** светится зеленым, когда к корпусу подключена трехмерная модель.

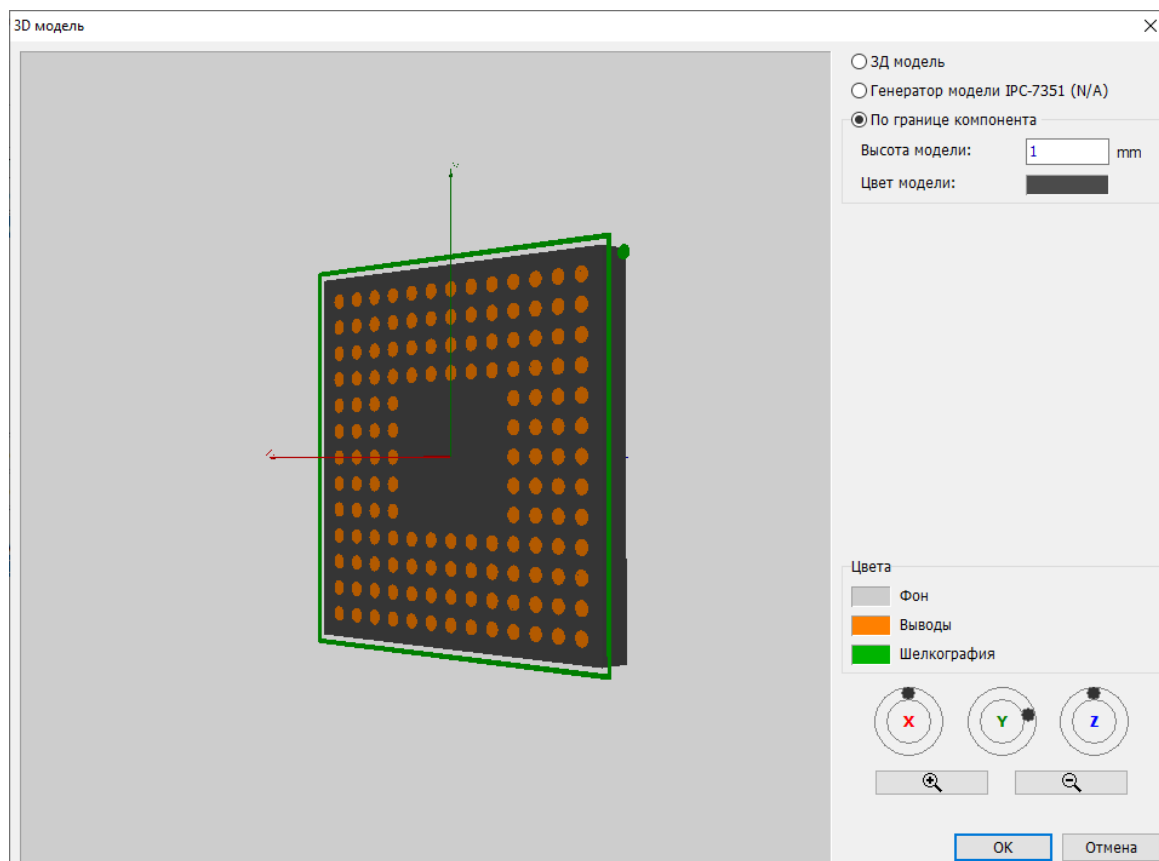
Сохраните библиотеку корпусов (**Ctrl + S** или кнопка Сохранить на стандартной панели инструментов).

Создание 3D-модели по границе компонента

Существует еще один способ создания 3D-модели - по границе компонента. Это особенно удобный вариант для компонентов поверхностного монтажа. Чтобы разместить границу, перейдите в "Объекты/ Точная установка фигур" из главного меню. Во всплывающем окне задайте следующие параметры: **Тип фигуры** - Прямоугольник; **Слой** - Верхняя граница; **Точка привязки** - центр; **Высота** и **Ширина** - 11 мм и нажмите **ОК**.



После размещения границы нажмите кнопку **3D модель...** на панели «Свойства компонента». Во всплывающем окне выберите параметр «По границе компонента» и установите **высоту модели 1 мм**. DipTrace создаст трехмерную фигуру по контуру корпуса. Щелкните **OK**.



4.1.4.2 Автоматически

Теперь мы воспользуемся Генератором корпусов для автоматического создания корпуса BGA.

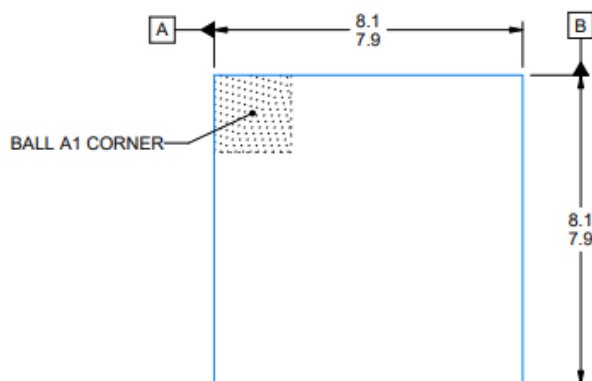
Давайте создадим корпус 16-канального аналого-цифрового преобразователя, используя параметры, изложенные в данном [Техническом описании](#).

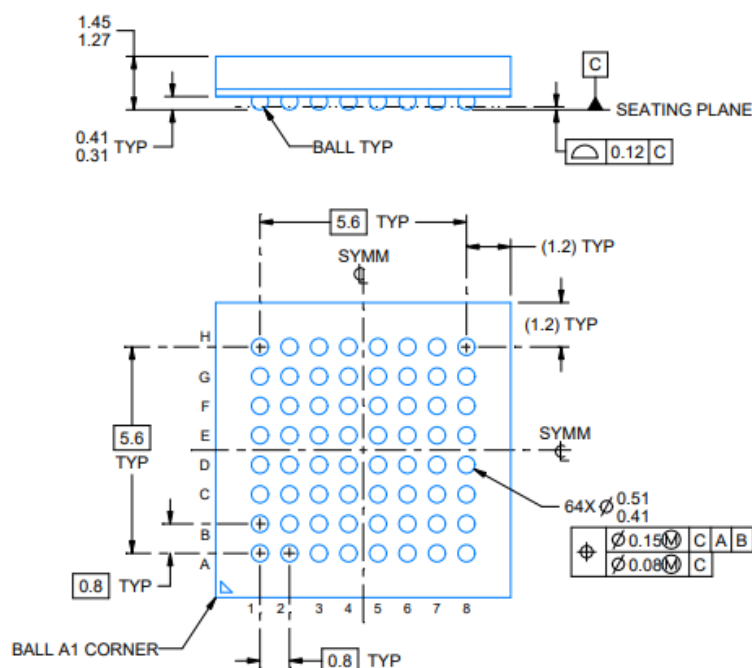
Прежде всего, нужно добавить новый корпус в нашу библиотеку. Убедитесь, что в группе Пользовательские корпуса выбрана библиотека "Мои корпуса". Перейдите в меню Корпус и выберите «Добавить новый в библиотеку "Мои корпуса"».

Далее, запустите генератор корпусов: выберите **IPC-7351** из выпадающего списка «Стиль» на панели Свойства корпуса - ниже появится кнопка **Генератор корпусов IPC-7351**. Нажмите на неё, чтобы запустить Генератор.

Выберите семейство: SMD монтаж/ BGA. Нажмите кнопку "Clear" (Очистить), если ячейки на вкладке Чертежные данные заполнены значениями примера. Здесь нам нужно будет ввести все ключевые параметры устройства. Установите миллиметры в качестве единиц измерения в самой нижней части окна.

Теперь откройте техническое описание на странице 27, где указаны размеры.





Сверяйтесь с изображениями **Конфигурация корпуса** в окне Генератора корпусов, чтобы найти необходимые параметры.

Заполните обязательные ячейки, выделенные красным цветом:

Количество выводов: D - 8, E - 8.

Шаг: 0,8 мм.

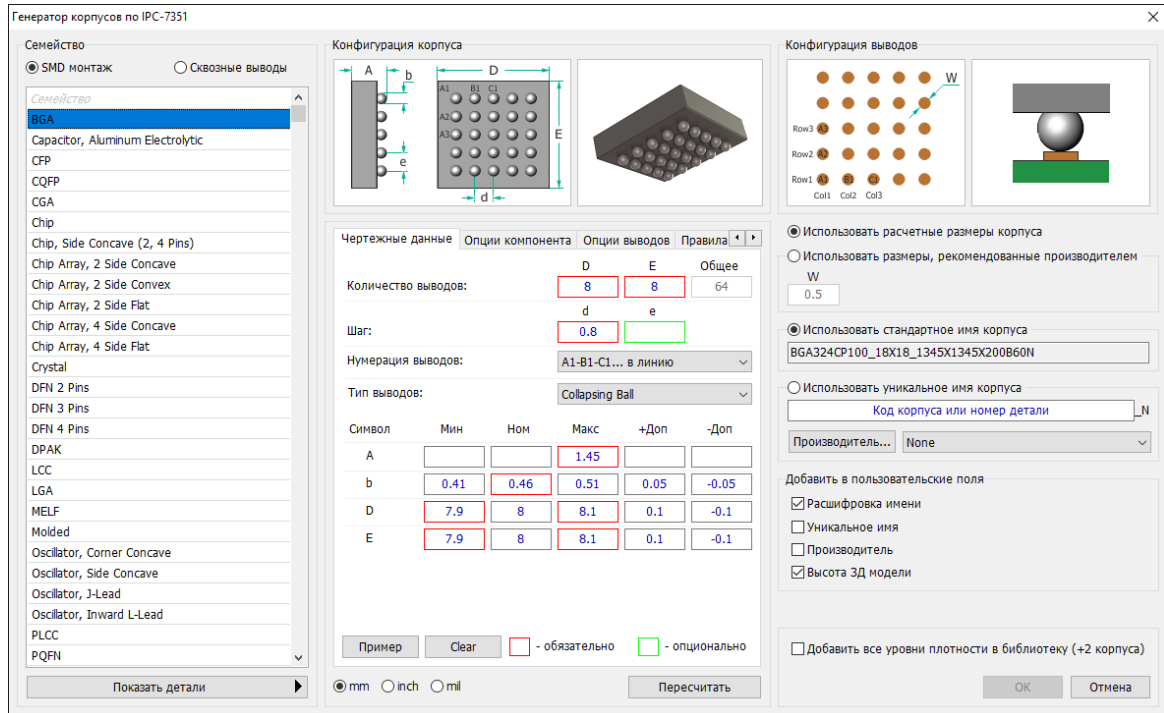
Нумерация выводов: A1-B1-C1 ... в линию.

Тип выводов: Collapsing Ball.

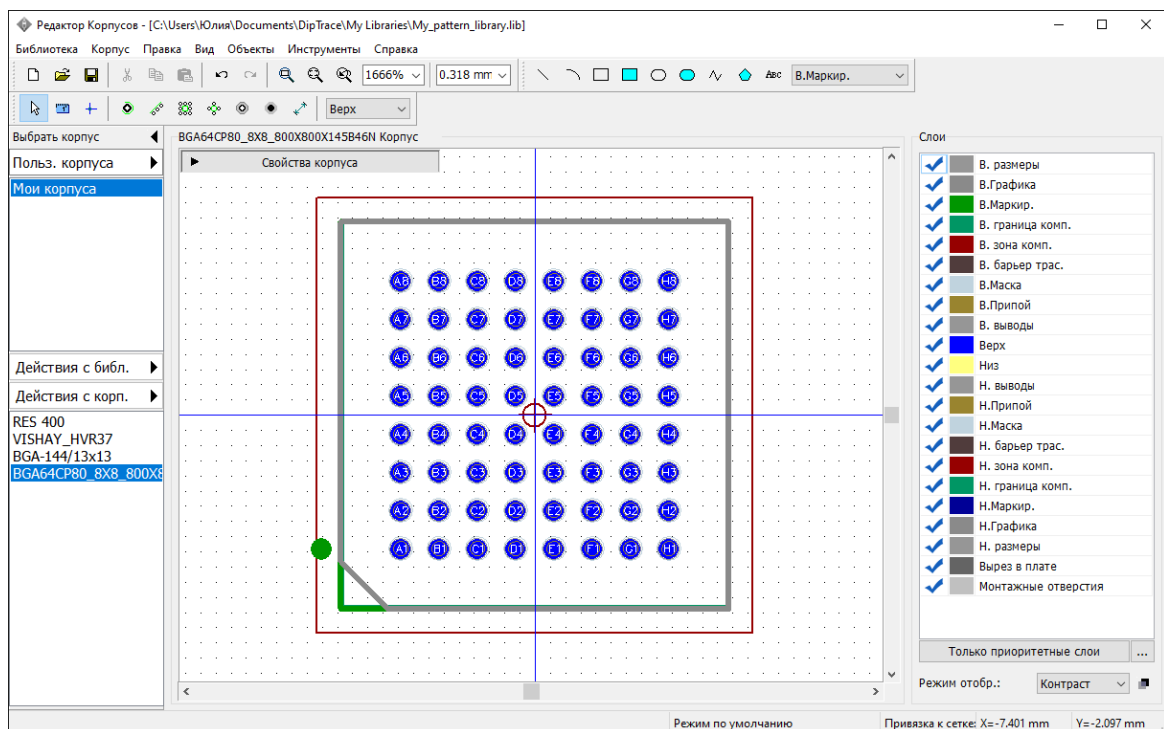
Amax - 1,45 мм.

Требуемого значения **bном** нет, поэтому введите **bмин** - 0,41 мм и **bмакс** - 0,51 мм и позвольте DipTrace вычислить значение.

D/E мин - 7.9 мм, D/E макс - 8.1 мм.

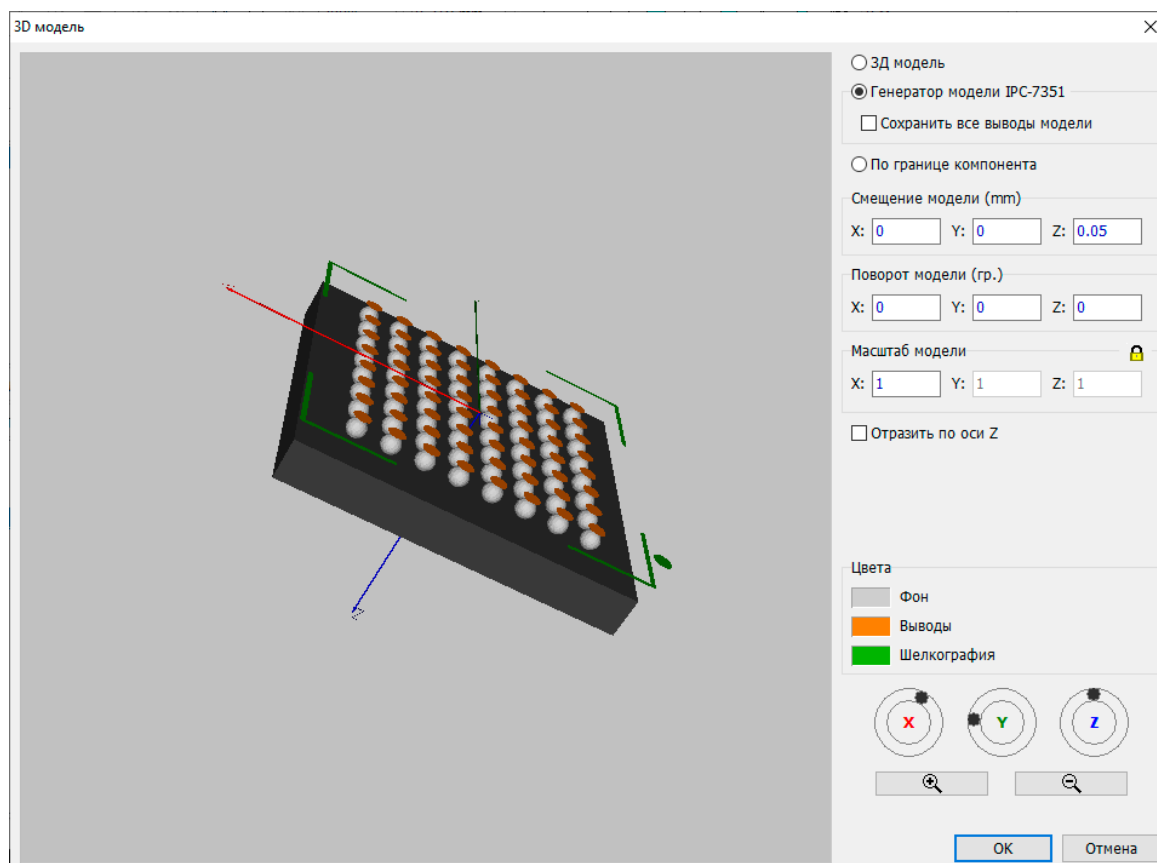


Этих значений достаточно для создания корпуса, все остальные параметры можно оставить установленными по умолчанию. Нажмите **"Пересчитать"**, а потом кнопку **"ОК"**.



Дополнительную информацию о настройке параметров для генерации корпусов вы найдете в Справке Редактора корпусов.

DipTrace также создал 3D-модель устройства. Вы можете проверить её, нажав кнопку 3D-модель на панели свойств корпуса.



4.1.5 Создание корпуса SOIC-28

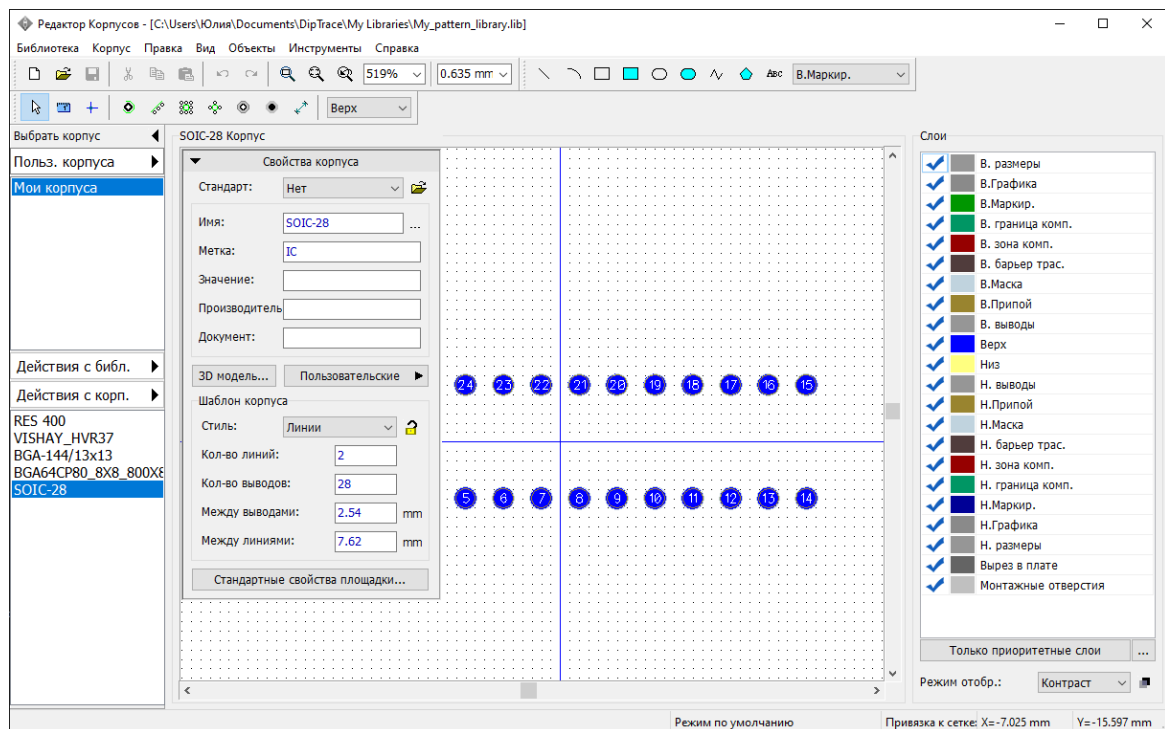
Теперь, когда вы ознакомились со всеми основами создания корпусов, давайте попрактикуемся в создании компонента вручную в соответствии с его "даташитом". Возьмем, к примеру, простой компонент Microchip PIC18F24K20 в корпусе SOIC-28.

Если вы создаете компонент с нуля и знаете, что у вас нет подходящего корпуса, всегда рекомендуем начинать с создания корпуса, а лишь потом приступить к созданию схемотехнического символа.

Сначала мы сделаем корпус SOIC-28. Добавьте новый корпус в библиотеку ("Корпус /Добавить в библиотеку "Мои корпуса"" из главного меню), затем введите его имя "SOIC-28" и метку "IC".

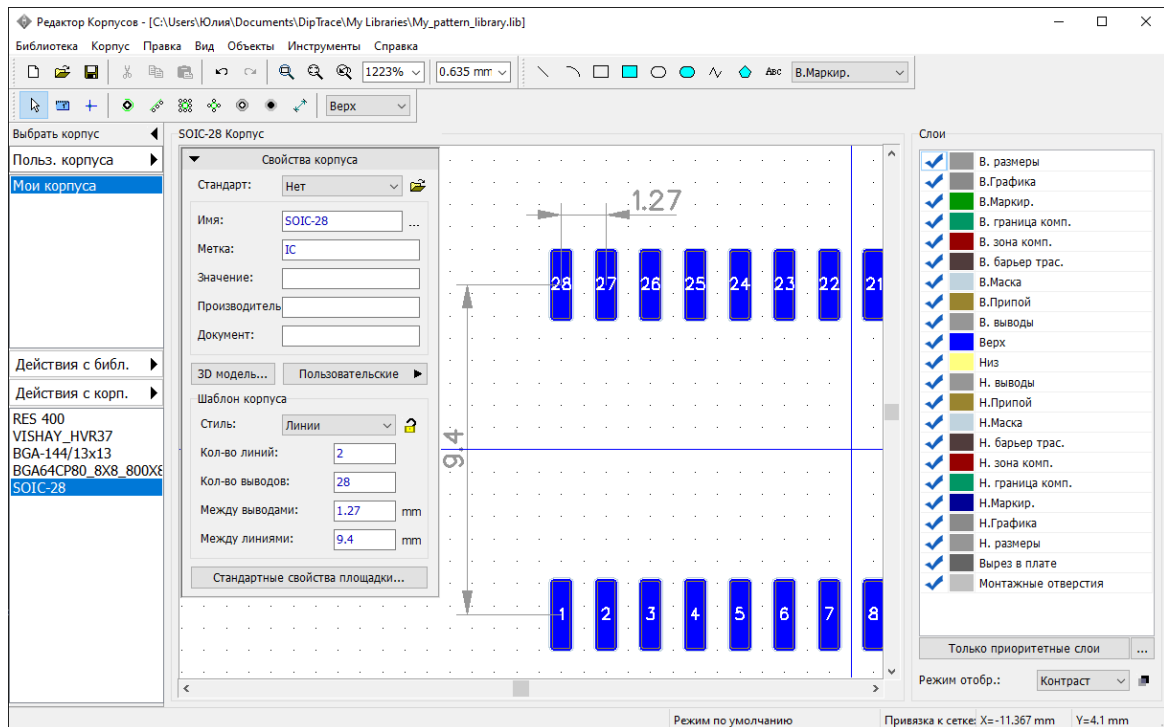
Выберите **Стиль: Линии** и **Кол-во выводов: 28** на панели **Свойства корпуса**.

В нашем случае КП слишком малы для этого корпуса.

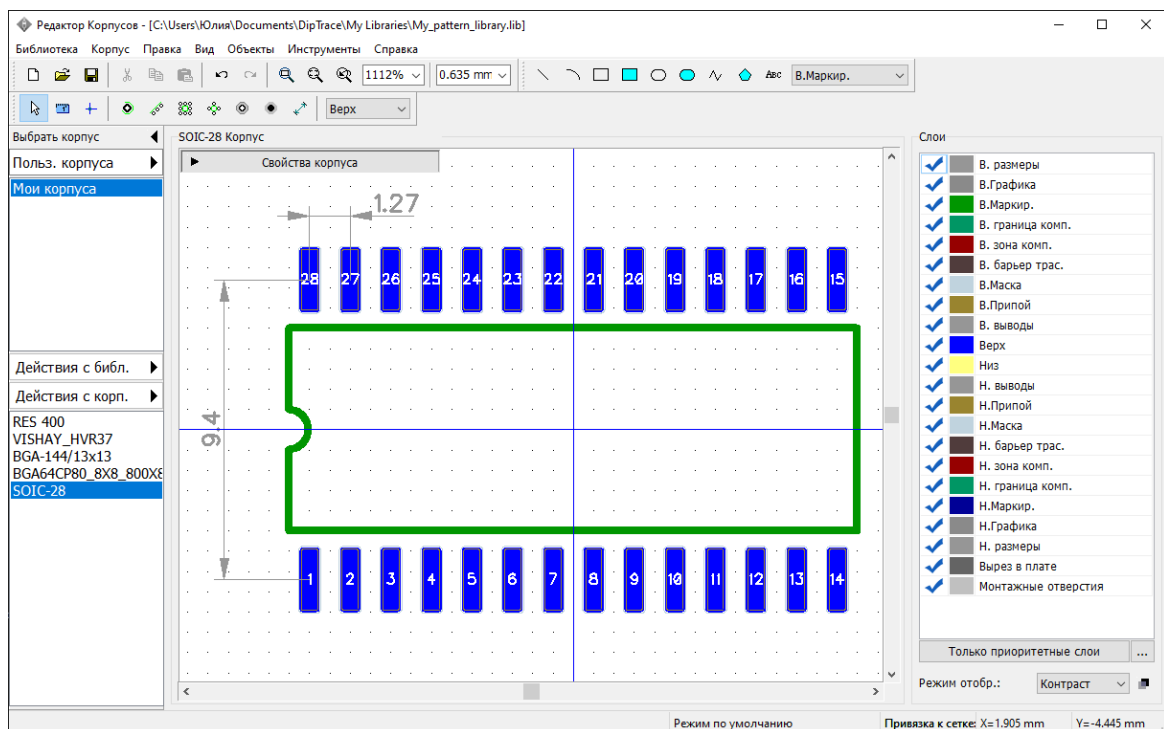


Очень важно не ошибиться и указать правильные параметры. Точные размеры корпуса SOIC-28 (7.50 mm) можно найти в [спецификации компонента на сайте Microchip](#) (страница 197 в момент написания руководства), или можно взять корпус SOIC-28 из стандартных библиотек DipTrace в качестве примера.

Сначала укажем параметры контактных площадок (нажмите кнопку Стандартные свойства площадки, чтобы открыть соответствующее диалоговое окно): **На плате: Поверхностные, Форма: Прямоугольник, Ширина: 0.6, Высота 2.** Нажмите **ОК**. Затем укажите: **Между выводами: 1.27 мм, Между линиями: 9.4** на панели свойств корпуса. Проверьте корректность введенных параметров.



Номера площадок указаны правильно, поэтому перенумеровывать их не нужно. Заблокируйте параметры корпуса для предотвращения случайных изменений. Нарисуйте шелкографию посадочного места, как на изображении ниже, используя инструменты Линия, Полилиния и Дуга на Панели Рисования (измените размер сетки, если необходимо (0.635 мм подойдет), можете также свернуть панель Свойств корпуса, чтобы она не мешала).



Согласно спецификации, корпус должен быть ориентирован вертикально, поэтому выберите "Правка/ Вращать корпус" из главного меню или

воспользуйтесь сочетанием клавиш *Ctrl+Alt+R*.

Подключите 3D модель soic-28_300mil.step из библиотеки **_General** к корпусу. Откорректируйте её положение относительно посадочного места, если необходимо. Позже, мы подключим этот корпус к символу **PIC18F24K20**, созданием которого мы займемся в следующем разделе.

Помните, что вы можете легко создать такой же корпус и 3D-модель с помощью Генератора корпусов.

Сохраните библиотеку и закройте Редактор корпусов.

4.2 Создание библиотеки компонентов

Откройте Редактор компонентов: Пуск/ Все Программы/ DipTrace /Редактор компонентов для пользователей Windows OS. Если у вас MacOS, то используйте DipTrace Launcher.

Редактор компонентов служит для создания и редактирования компонентов и их библиотек. В Редакторе компонентов можно подключить схемотехнический символ к корпусу, но редактировать корпус и подключать к нему 3D модель можно только в Редакторе корпусов.

4.2.1 Настройка редактора компонентов

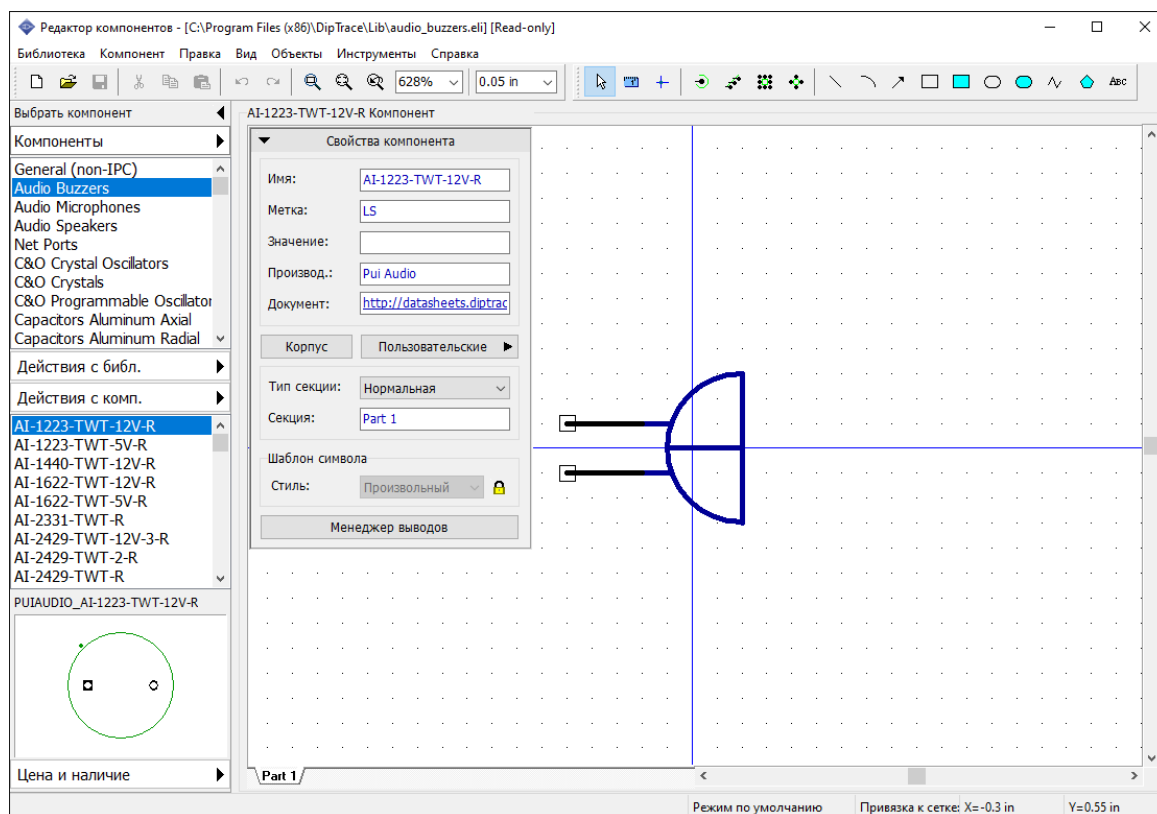
Настройка Редактора компонентов аналогична настройке Редактора корпусов. После запуска программы, выберите "Вид / Начало координат" в главном меню или просто нажмите *F1* для отображения точки начала координат. Панель Свойств компонента в верхнем левом углу аналогична той, которая используется в Редакторе корпусов; её можно свернуть или скрыть, используя кнопки на панели или команды в главном меню ("Вид/ Панели инструментов/ Свойства компонента").

На панели **Свойств компонента** можно выбрать один из четырех стилей: Произвольный (без каких-либо определенных свойств), 2 сторонний (выводы с двух сторон), 2-х сторонняя микросхема (выводы с двух сторон + прямоугольный корпус) и 4 сторонняя микросхема (выводы с 4-х сторон + прямоугольный корпус).

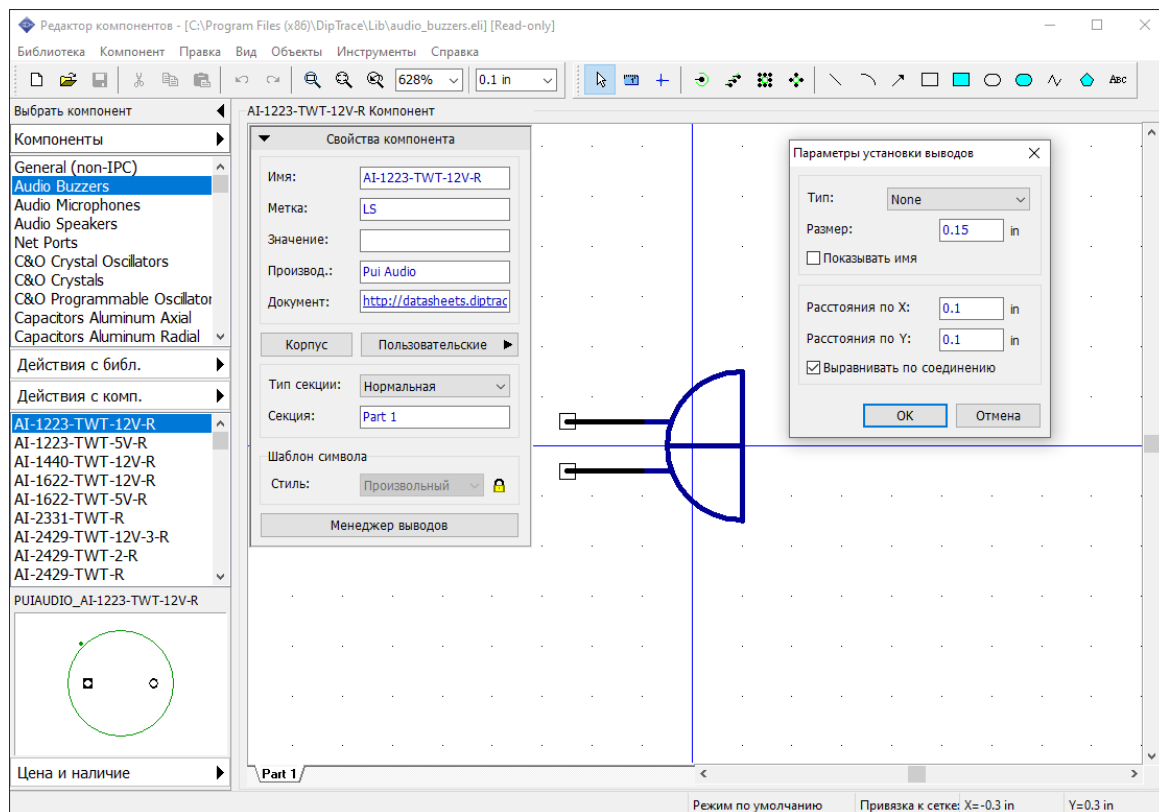
Единственное, что может вызвать вопросы, - это поля **Типы секций** и **Секция**.

Секции могут быть трех типов: Нормальная, Питание и земля и Порт. Если вы хотите скрыть выводы питания микросхемы на схеме, то создайте отдельно секцию питания и перенесите все выводы земли и питания в нее. Порты - это особые односекционные компоненты, разработанные для соединения сетей без визуальных связей, обычно, они применяются к сетям GND и VCC. Мы будем создавать сетевые порты позже.

Поле **Секция** показывает активную секцию многосекционного компонента (в нашем случае это не важно).



Если вы хотите задать свойства выводов перед созданием компонента, то выберите "Объекты/ Параметры установки выводов" в главном меню. Мы не будем менять эти настройки, но стоит помнить, что длину и расстояния по X- и Y-осям следует выбирать **кратными** величине сетки так, чтобы концы выводов совпадали с точками сетки. Мы рекомендуем использовать сетку 0.1 дюйм для расстановки выводов и выравнивания выводов по сетке.

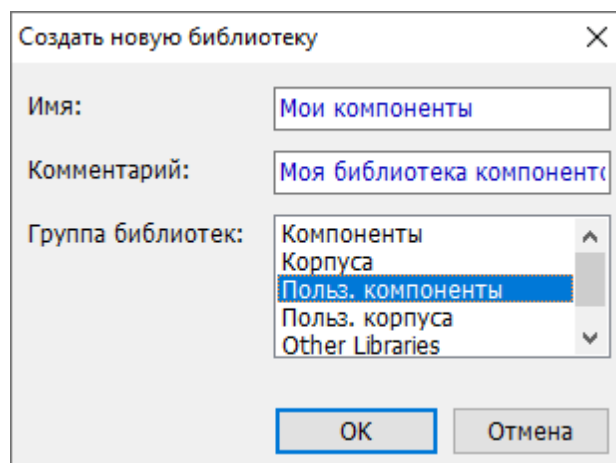


4.2.2 Создание компонента резистора

Как и в Редакторе корпусов, сперва необходимо создать библиотеку, потому что DipTrace не позволит добавить новые компоненты к стандартным библиотекам.

Создание библиотеки компонентов

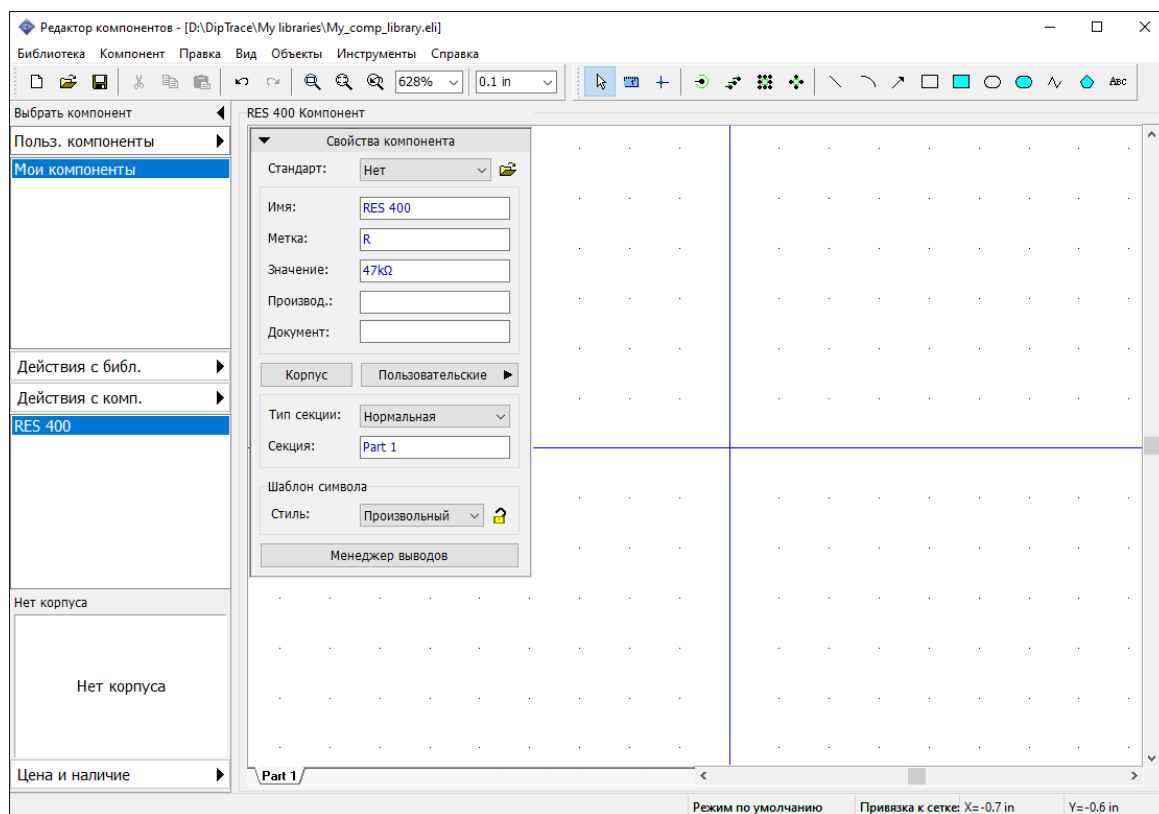
На панели Менеджера библиотек нажмите **Действия с библи.** и выберите **Новая библиотека**. В появившемся диалоговом окне введите имя библиотеки (оно должно быть небольшим) и комментарий. Также следует выбрать группу библиотек, в которой вы хотите создать новую библиотеку. По умолчанию программа предлагает сохранять все пользовательские библиотеки компонентов в группе библиотек Польз. компоненты (Пользовательские компоненты), её и оставим выбранной. Нажмите **ОК**.



Сейчас мы создадим резистор, используя Произвольный стиль и визуальную установку выводов. Сначала необходимо задать название (RES 400), метку компонента (R), и значение (47k Ω), используя соответствующие поля на панели **Свойств компонента**.

Сохраните библиотеку, нажав на кнопку с изображением дискеты на Стандартной панели в левом верхнем углу. Выберите папку, в которой хотите сохранить файл. Пользователям, работающим с ОС Windows, мы рекомендуем сохранять библиотеки в папке "Документы/ DipTrace/ My Libraries" куда также сохраняются библиотеки корпусов (*.lib).

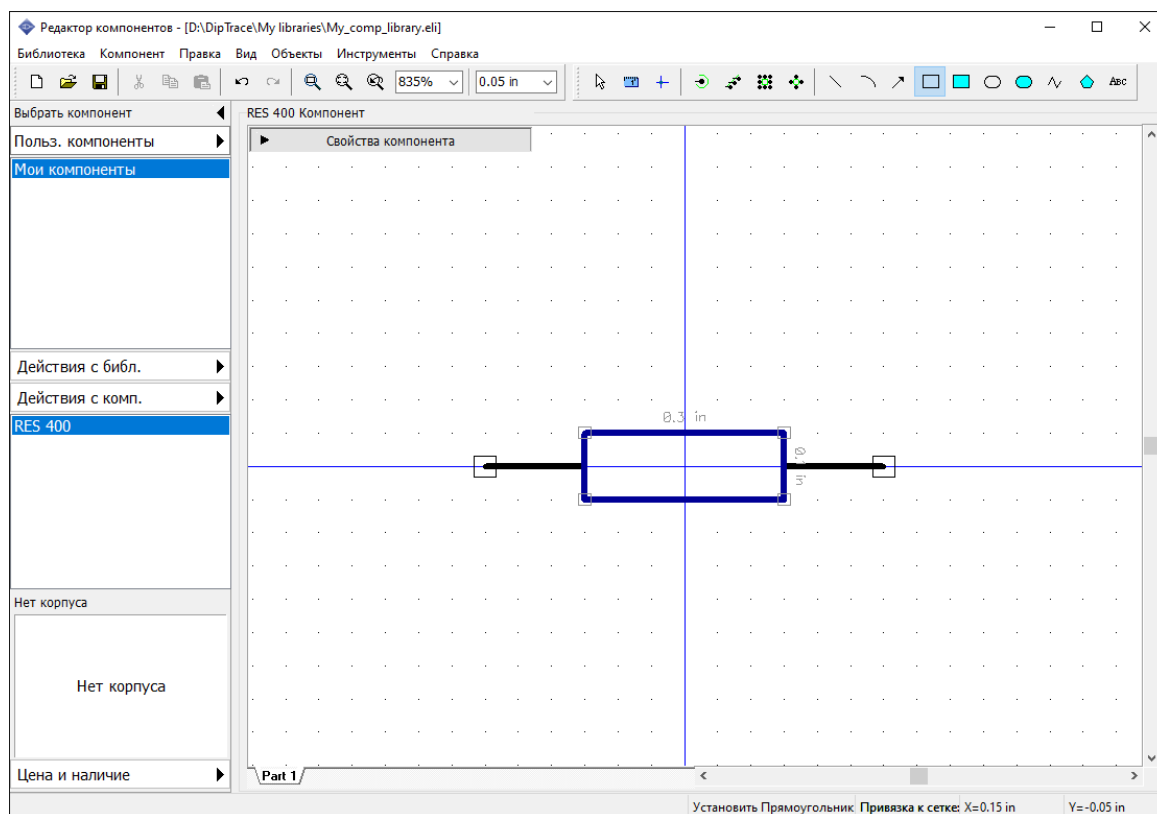
Введите имя файла и нажмите **Сохранить**. Теперь у нас есть новая пользовательская библиотека компонентов, которая называется "Мои компоненты", сохраненная в файле My_comp_library.eli.



После указания атрибутов сверните панель свойств, нажав на стрелку в ее левом верхнем углу.

Установка выводов

Нажмите на кнопку  **Вывод** на Панели объектов и кликните два раза в области построения, чтобы установить два вывода. Поверните один из выводов на 180 градусов, для этого выберите его и нажмите клавишу **R** дважды. Выводы должны быть установлены по сетке 0.1 дюйма. Теперь измените размер сетки на 0.05 дюйма (используйте горячие клавиши **Ctrl + Знак плюса**, **Ctrl + Знак Минуса**), после чего выберите инструмент **Прямоугольник** на Панели рисования и создайте границы резистора в слое шелкографии. У вас должно получиться, как на рисунке ниже.



Вы можете перемещать выводы, просто перетаскивая их мышью. Для перемещения или вращения нескольких выводов, нужно сначала их выделить.

Вы можете использовать инструмент **Выравнивание объектов** для автоматического размещения нескольких объектов в линию или столбцами. Выберите объекты в области построения, затем выберите **Выравнивание объектов** в контекстном меню, чтобы задать направление и интервал выравнивания.

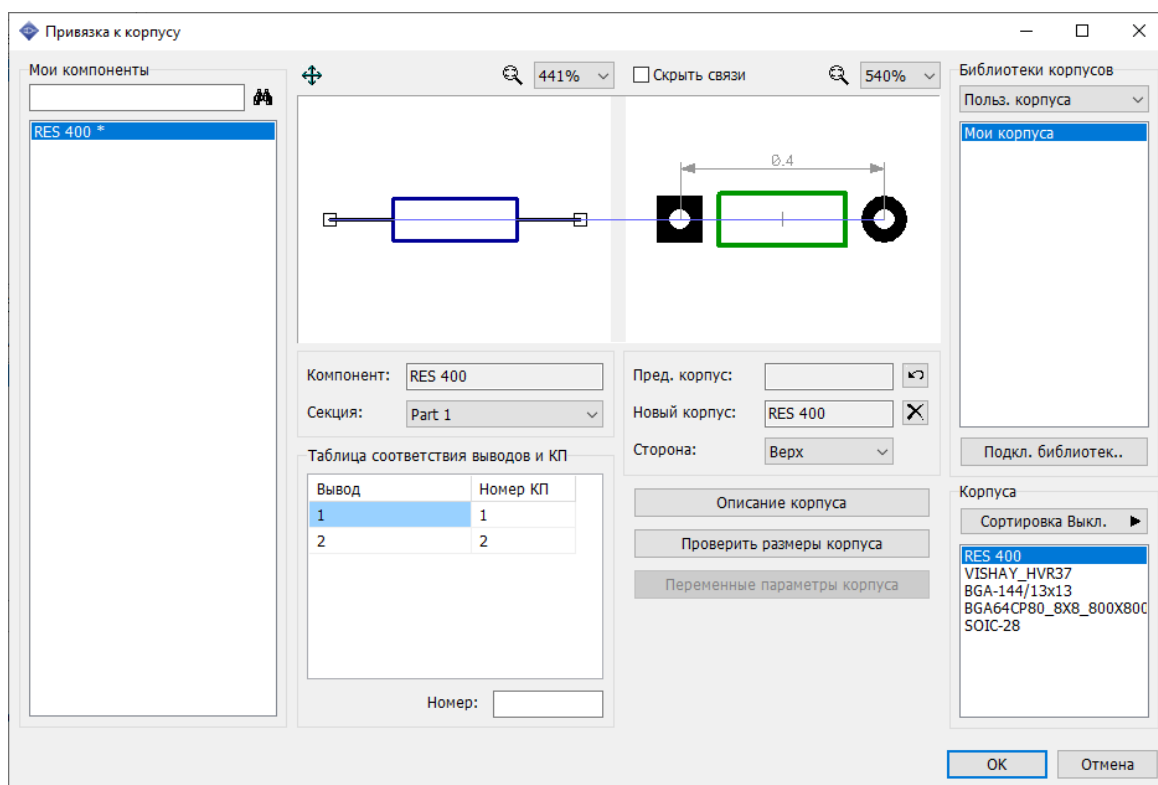
Присоединение корпуса к символу

Символ резистора уже готов, но нам нужно присоединить к нему корпус, иначе компонент не будет отображаться на плате. Для того чтобы прикрепить корпус к компоненту, выберите "Компонент/ Привязка к корпусу" из главного меню, или нажмите **Корпус** на панели **Свойств компонента**. Мы хотим подключить к этому символу корпус резистора, который мы создали в Редакторе корпусов в предыдущем разделе руководства. В появившемся диалоговом окне выберите группу библиотек **Пользовательские корпуса**, поскольку именно там мы сохранили библиотеку с нашим корпусом (см. раздел Создание корпуса резистора). В этой группе библиотек всего одна библиотека ("Мои корпуса"), поэтому выберите ее, а затем выберите корпус RES 400, который мы создали ранее.

Программа автоматически соединяет выводы символа с выводами корпуса (контактными площадками) на основании их номеров. При необходимости, связи можно переназначать вручную.

Сверьте создавшиеся соединения между символом и корпусом с изображением ниже.

Для создания или изменения существующих связей, кликните по выводу символа, затем кликните по соответствующей контактной площадке корпуса. Для того чтобы удалить связь, кликните правой кнопкой по выводу корпуса или символа и выберите **Отключить вывод от контактной площадки** из подменю. Когда вы наводите курсор мыши на один из соединенных выводов, то подсвечиваются как вывод символа, так и подключенная контактная площадка корпуса. При работе со сложными компонентами наиболее удобным способом соединения выводов и контактных площадок служит **Таблица соответствия выводов и КП**. Чтобы подключить КП, достаточно ввести ее номер в поле, напротив соответствующего вывода в таблице.



Если выбранный корпус не подходит, его можно убрать или вернуть предыдущий нажатием соответствующей кнопки возле полей **Пред. корпус** и **Новый корпус**. Для того чтобы изменить сторону посадочного места корпуса на плате, нужно выбрать ее из соответствующего выпадающего списка.

Все компоненты текущей библиотеки компонентов отображаются в списке в левой части окна, таким образом, можно назначать корпуса для нескольких символов компонентов, не закрывая текущее окно. В нашем случае в библиотеке всего один компонент.

Нажмите **ОК**, чтобы присоединить корпус к символу резистора и закрыть диалоговое окно.

Для того чтобы менять номера выводов символа (и, соответственно, их подключение к КП корпуса), также можно использовать **Менеджер выводов** (нажмите **Менеджер выводов** на панели Свойств компонента) или переназначить соединение конкретного вывода в диалоговом окне Свойства вывода (щелкните правой кнопкой по соответствующему выводу и выберите Свойства вывода из подменю).

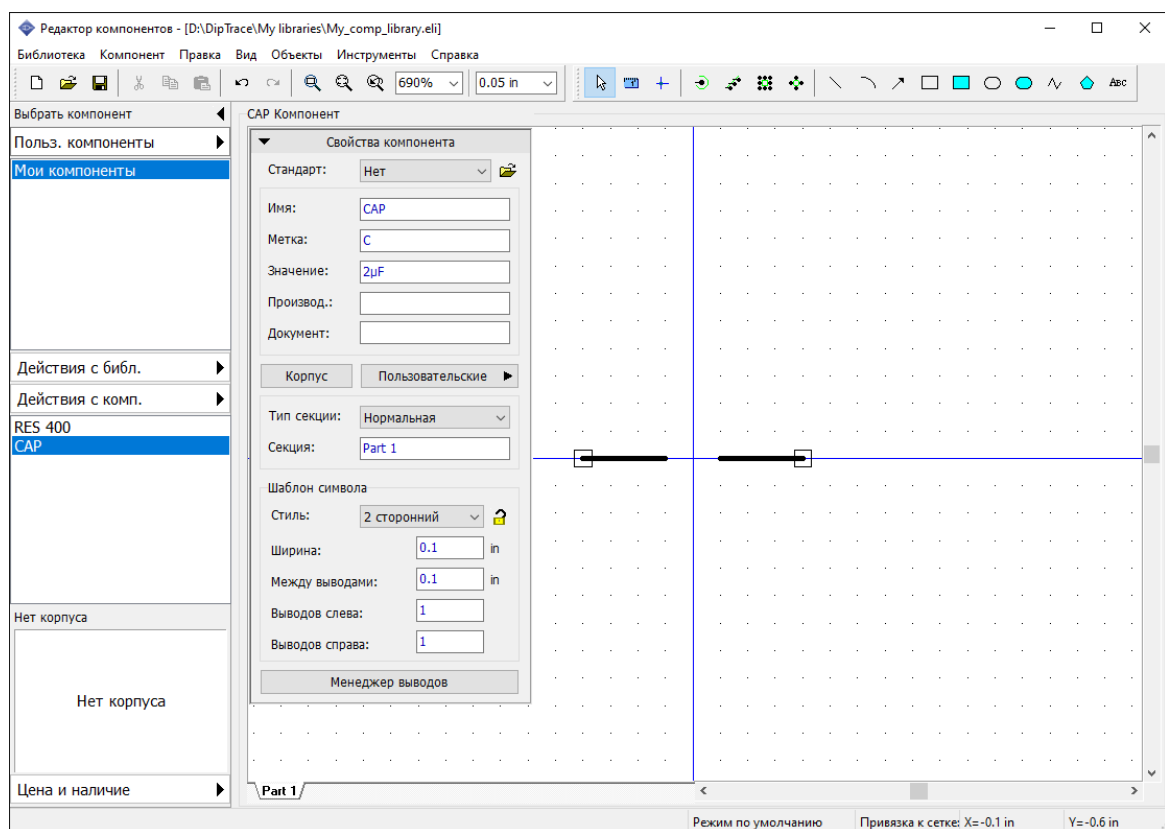
Компонент полностью готов: он имеет правильно соединенные между собой схемотехнический символ, корпус (посадочное место) и 3D модель.

Сохраните изменения в библиотеке компонентов.

4.2.3 Создание конденсатора (компонент)

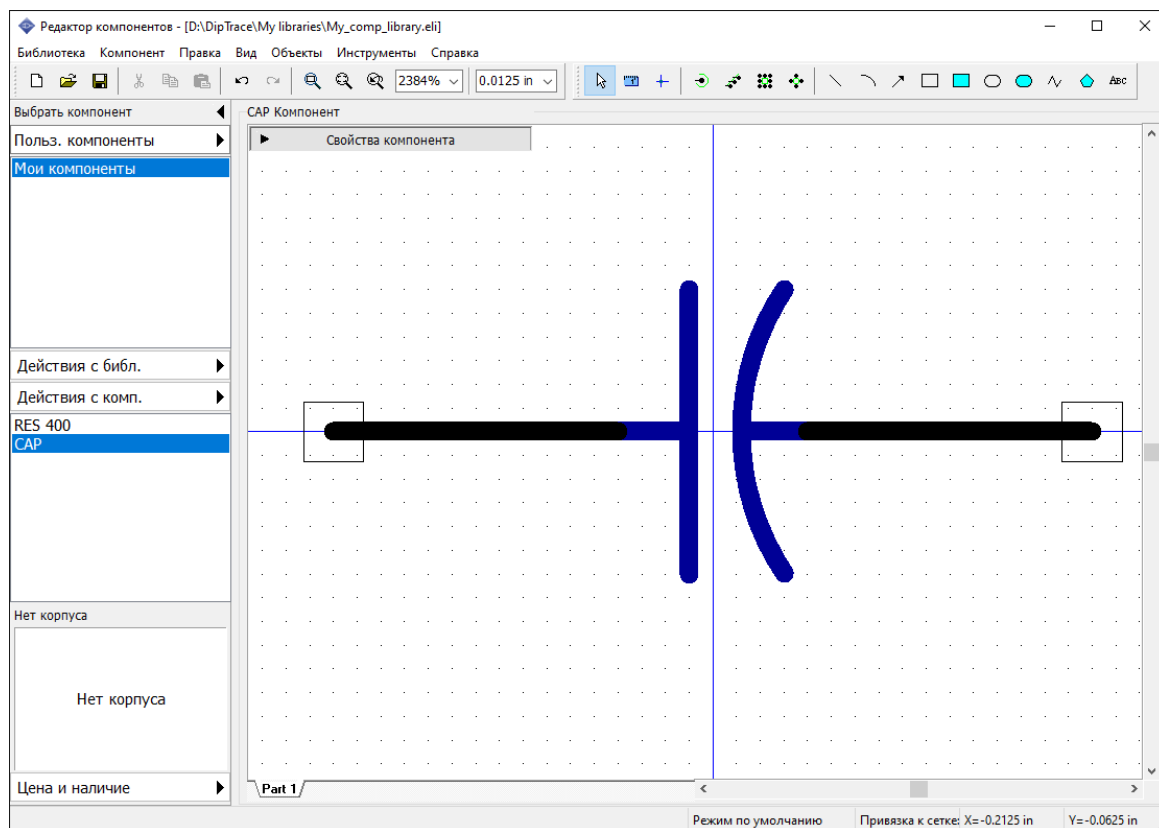
Нажмите "Компонент/ Добавить новый в библиотеку "Мои компоненты"" в главном меню.

Мы создадим конденсатор, используя стиль 2 сторонний. Сначала задайте имя "CAP", метку компонента — "C", значение — "2μF", а потом выберите 2 сторонний в поле **Стиль** на панели **Свойств компонента**. Убедитесь, что дюймы установлены как единицы измерения, и измените ширину между выводами на 0.1 дюйма, количество выводов слева и справа должно быть 1.

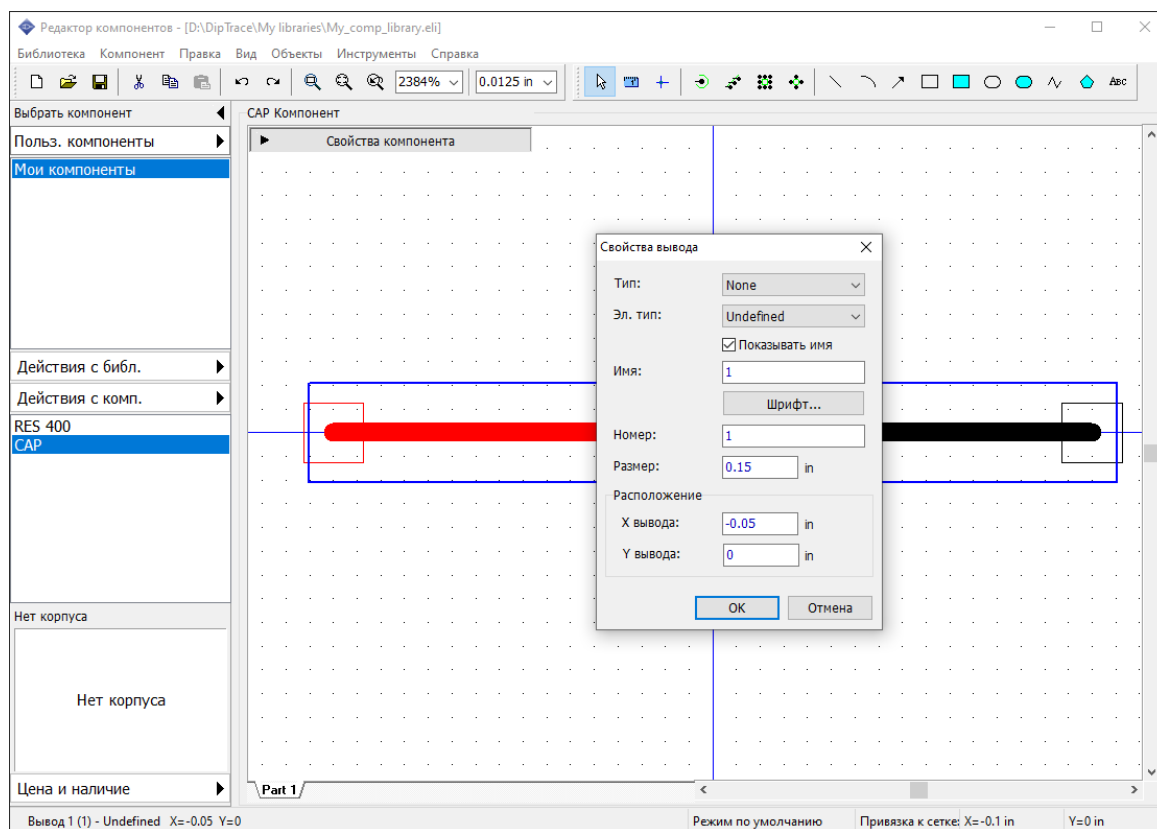


Теперь сверните панель Свойств компонента, установите размер сетки 0.0125 дюйма и нарисуйте символ конденсатора используя три линии и дугу (в данном случае для создания дуги удобно использовать режим Начало-Конец-Радиус и

направление рисования Против часовой стрелки).

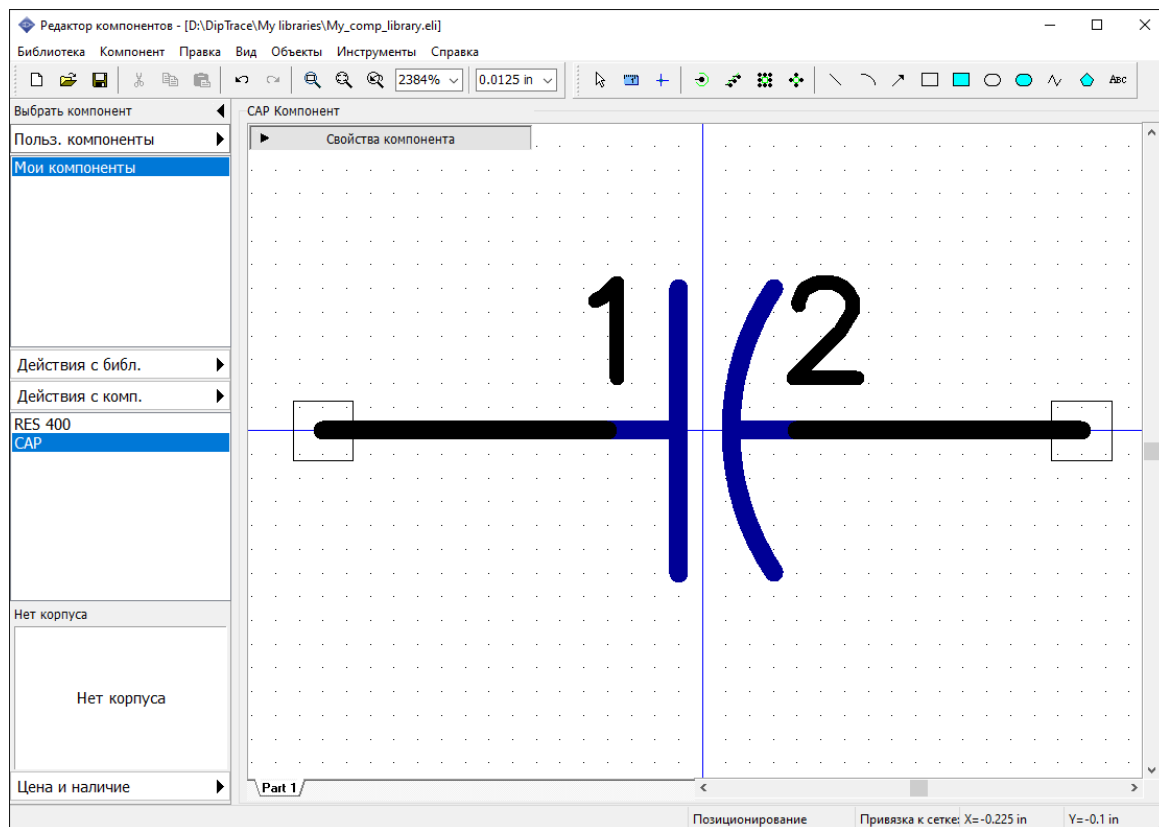


Чтобы отобразить имена выводов символа, выделите выводы (для выделения всех объектов нажмите **Ctrl+A**), кликните правой кнопкой по одному из них и выберите **Свойства вывода** в подменю. В появившемся диалоговом окне отметьте **Показывать имя** и нажмите **ОК** для подтверждения изменений и закрытия окна.

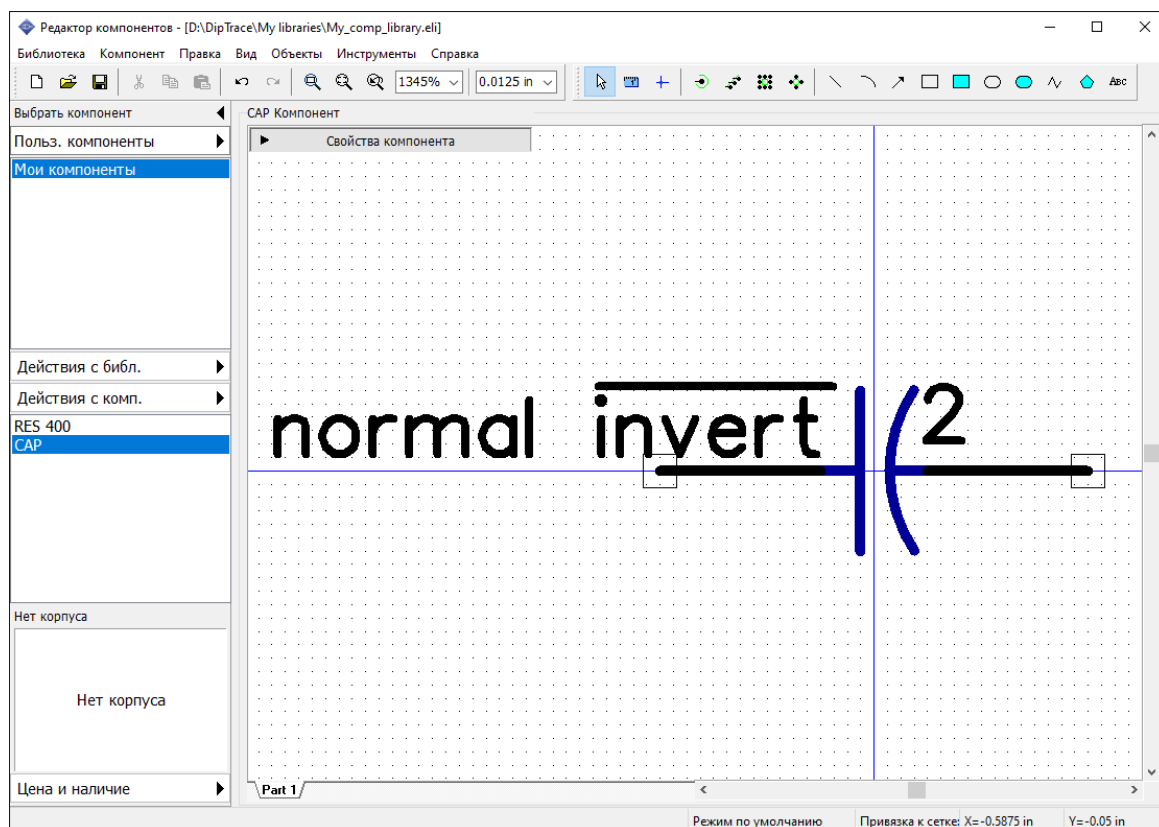


Теперь имена выводов отображаются, но они находятся в неподходящих местах, поэтому мы их переместим. Выберите "Вид / Позиционирование" из главного меню или просто нажмите *F10*. Затем левой кнопкой мыши перетаскивайте имена выводов в новые места. Для возвращения в режим по умолчанию, щелкните правой кнопкой мыши на пустом месте.

Режим Позиционирования можно использовать для перемещения, выводов, номеров, меток и т.д. во всех модулях программы.



DipTrace позволяет добавить знак инверсии в имя вывода. Давайте переименуем один из выводов и посмотрим, как применять инверсию в его имени. Кликните правой кнопкой на выводе, выберите **Имя вывода** из подменю и введите текст "normal ~invert". Нажмите **ОК** и переместите новое имя вывода с помощью инструмента **F10**. Тильда в имени вывода обозначает начало и конец инверсии, так что можно определять инверсию для разных частей (сигналов) имени вывода.



На практике, скорее всего, не будет необходимости отображать имена выводов для таких простых компонентов как конденсатор.

Выберите "Компонент/ Таблица выводов" в главном меню, чтобы открыть окно Таблицы выводов, или нажмите на кнопку **Менеджер выводов** на панели **Свойств компонента**. В таблице выберите вывод с именем normal~invert и поменяйте его обратно на 1. Теперь скройте имена обоих выводов: выберите соответствующую строку в таблице и снимите галочку **Показывать имя**. Закройте таблицу выводов.

Обратите внимание что в Таблице выводов можно быстро и удобно изменять номер, координаты, длину и электрический тип выводов для компонентов с любым их количеством.

Таблица выводов

Сортировать выводы

Секция: Part 1

Имя	Номер	X	Y	Размер	Тип	Эл. тип	Показывать
1	1	-0.05	0	0.15	None	Undefined	Нет
2	2	0.05	0	0.15	None	Undefined	Нет

Добавить Удалить

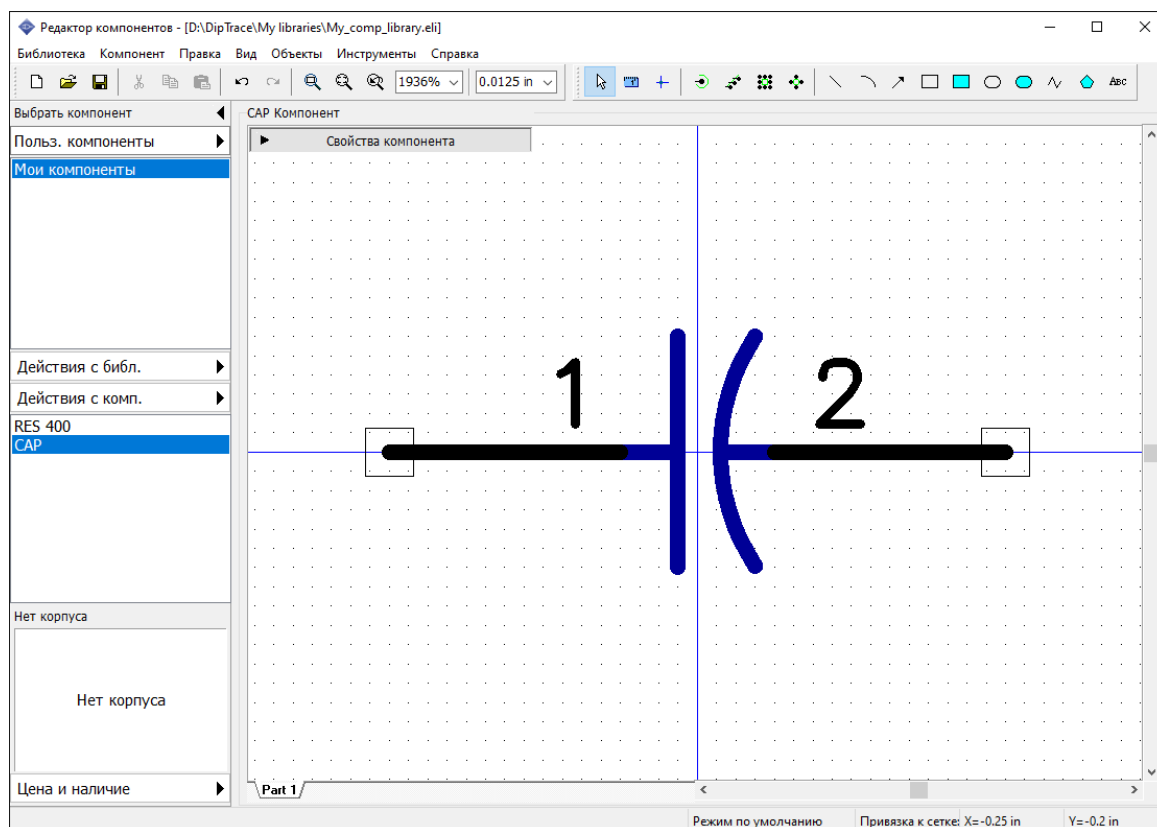
Имя: 2 X: 0.05 in Тип: None Размер: 0.15 in

Номер: 2 Y: 0 in Эл. тип: Undefined ☐ Показывать имя

Задержки сигналов ... OK Отмена

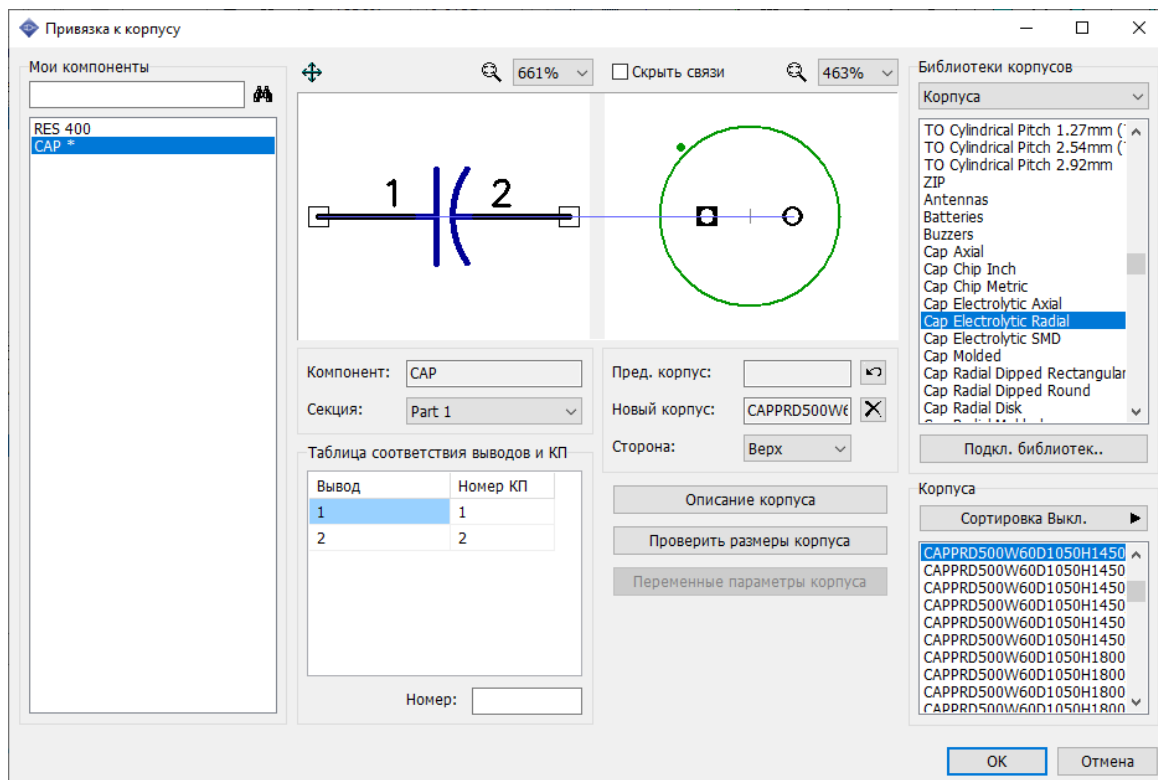
В Редакторе компонентов можно задавать индивидуальные настройки отображения номеров выводов ("Компонент / Номера выводов" в главном меню) и общие программные настройки (те же, что и в Схемотехнике), используя пункт главного меню "Вид/ Номера выводов".

Установите Показывать в настройках отображения номеров выводов компонента. Если необходимо, передвиньте надписи относительно выводов, используя функцию перемещения надписей (F10).



Следующий шаг—подключение корпуса к конденсатору. Выберите "Компонент / Привязка к корпусу" в главном меню. Для этого компонента мы не рисовали корпус, потому что мы возьмем его из стандартных библиотек корпусов DipTrace. Выберите группу библиотек **Корпуса** в поле **Библиотеки корпусов**, затем выберите библиотеку Cap Electrolytic Radial и корпус CAPPRD500W60D1050H1450. Можете использовать сортировочные фильтры.

Соответствия выводов и КП, предлагаемые программой правильные, поэтому их менять не надо.



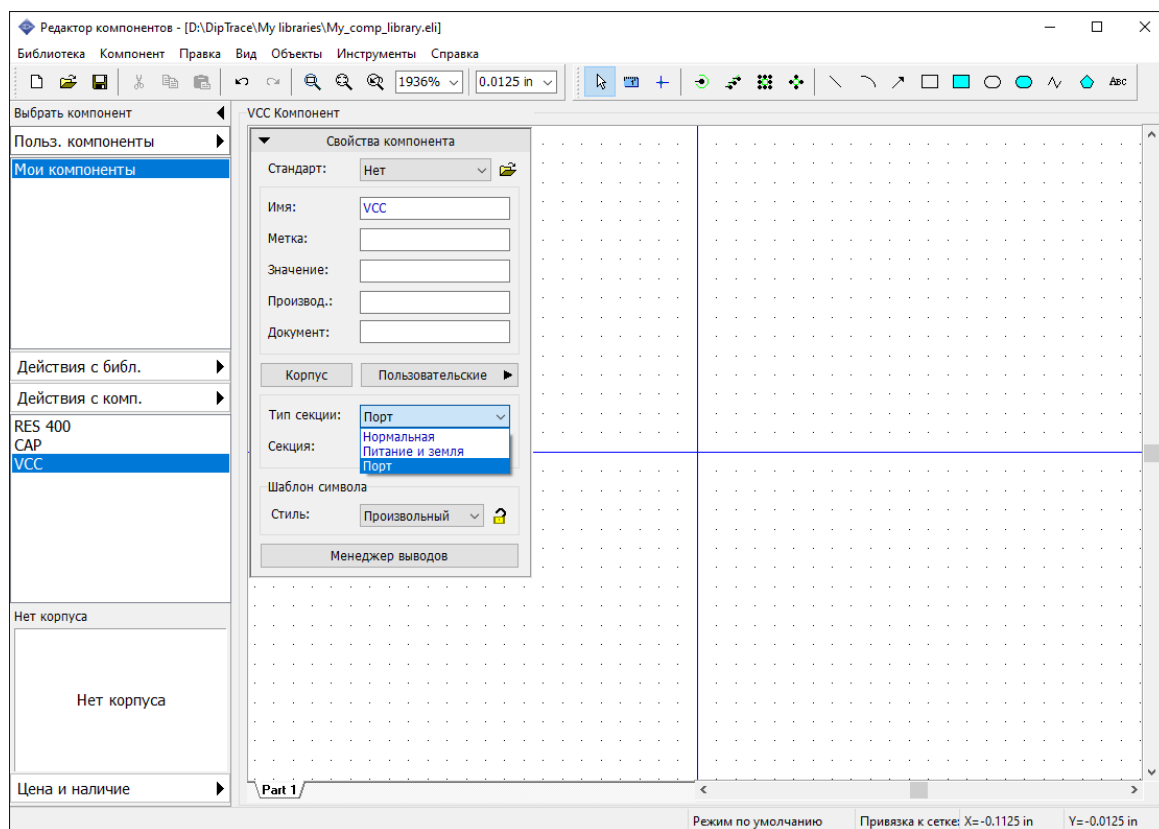
Нажмите **OK**. Конденсатор готов. Сохраните изменения.

4.2.4 Создание символов VCC и GND

Теперь мы попрактикуемся в создании **сетевых портов**, разрабатывая символы VCC и GND.

VCC

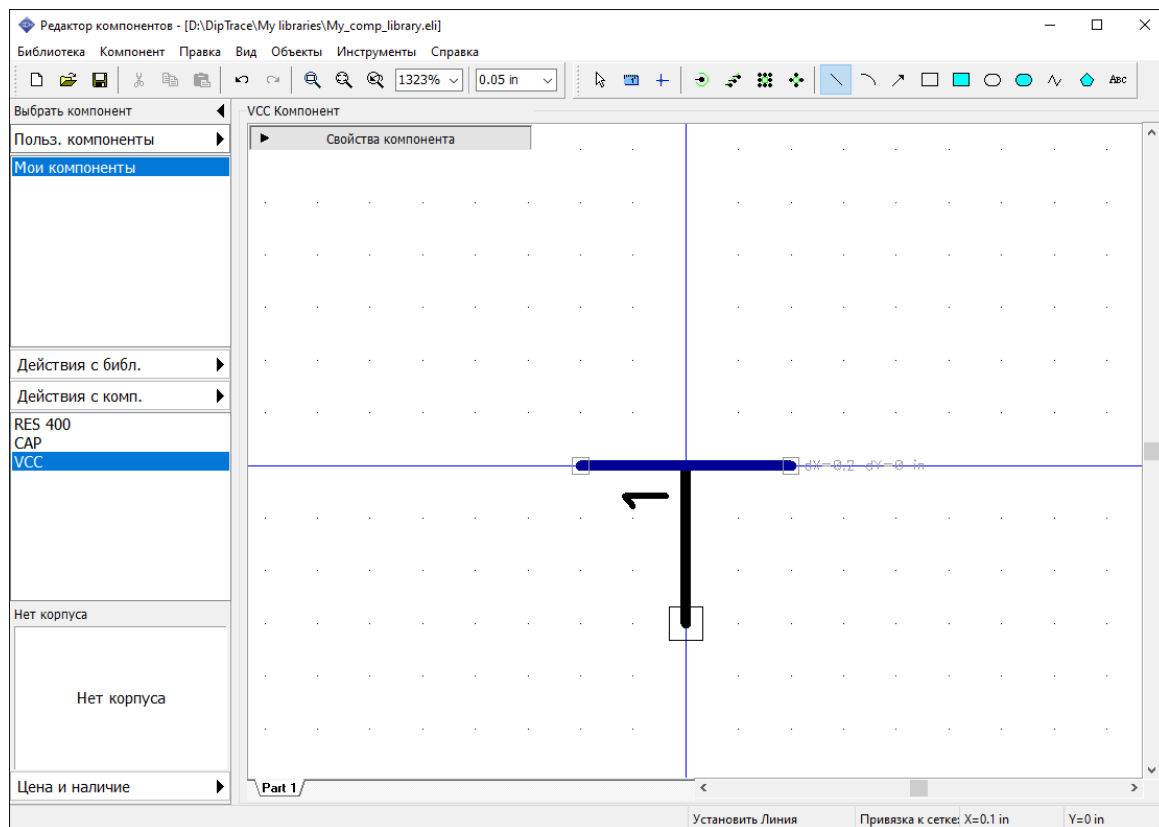
Выберите "Компонент/ Добавить новый в библиотеку "Мои компоненты"". Введите имя "VCC" на панели **Свойств компонента**, и выберите **Порт** в поле **Тип секции**.



Сверните панель Свойств компонента, затем выберите инструмент **Вывод**



и установите один вывод в области построения, поверните его вертикально (выберите вывод и нажмите **R**). Теперь выберите инструмент **Линия** на Панели рисования и нарисуйте линию, как на изображении ниже. Лучше всего подойдет сетка 0.05 дюйма.

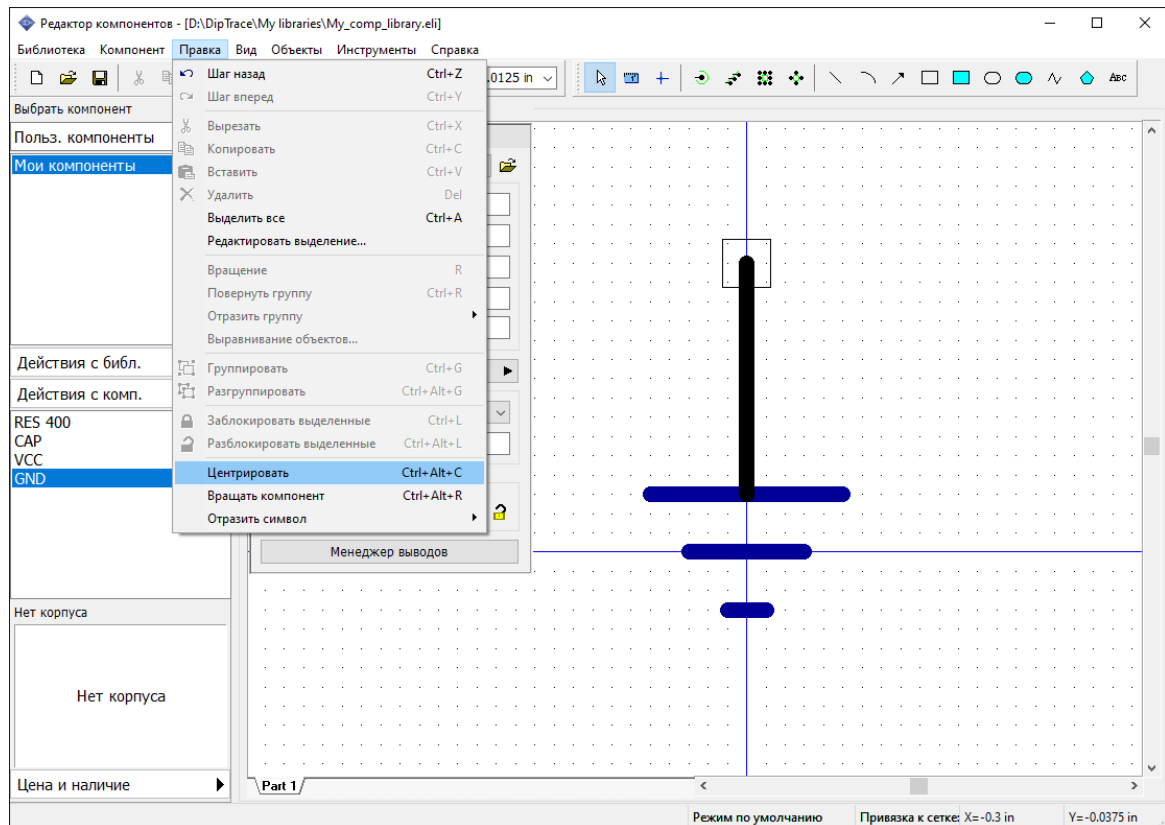


Скройте нумерацию выводов, нажав "Компонент/ Номера выводов/ Скрыть" в главном меню, если они показаны. Символ VCC готов.

GND

Теперь добавьте новый компонент (*Ctrl+Insert*) и нарисуйте символ GND аналогичным образом. Для рисования символа GND мы использовали сетку 0.0125 дюйма.

Выберите "Правка/ Центрировать" или нажмите *Ctrl+Alt+C*, потому что в нашем случае начало координат символа не совпадает с центром, поэтому необходимо его центрировать, чтобы в Схемотехнике начало координат компонента было скрыто по умолчанию.



К символам сетевых портов подключать корпуса не нужно. Это особый тип компонентов, который используется только для создания логической связи между выводами и физически не существует на плате.

Сохраните библиотеку.

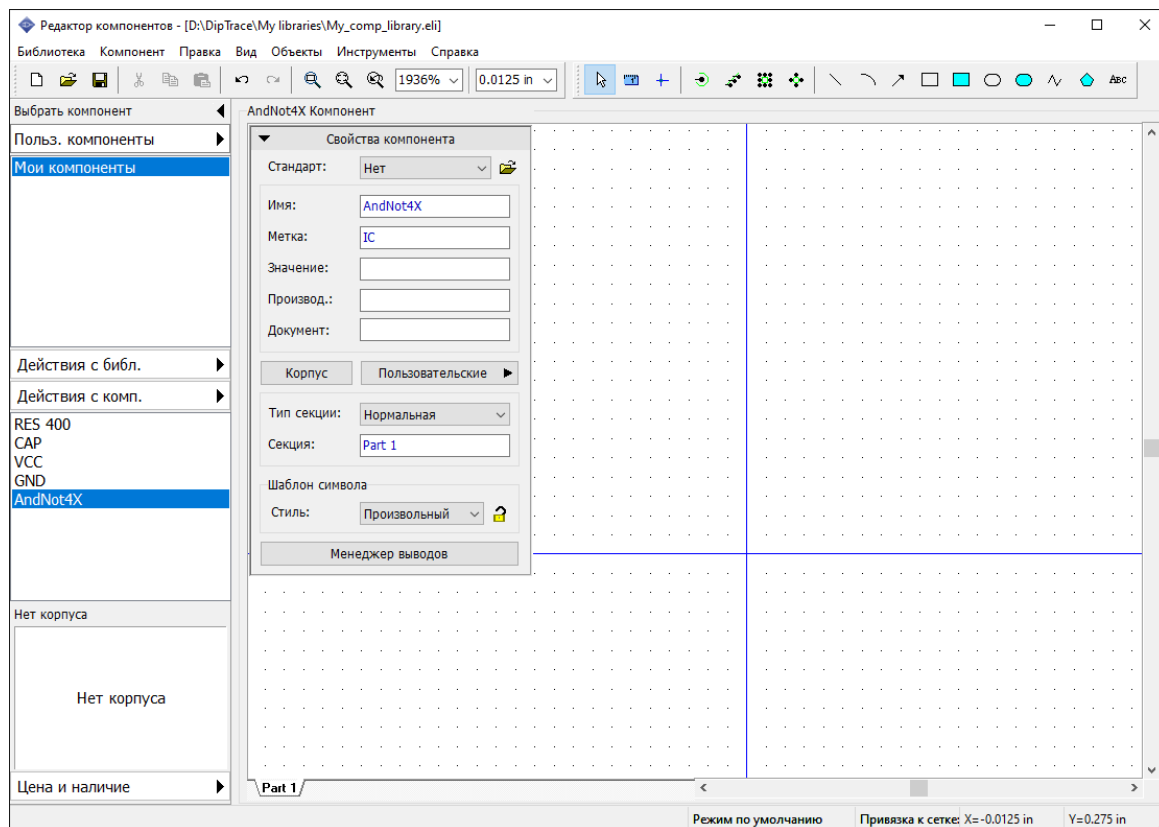
4.2.5 Создание мультисекционного компонента

Схемотехнические символы некоторых компонентов могут состоять из нескольких символов (секций), не смотря на то что на плате такой компонент находится в одном физическом корпусе. Создание многосекционных компонентов имеет свои особенности.

Создание символа

Мы создадим простой мультисекционный компонент, включающий четыре элемента "И-НЕ", а также элемент питания, и подсоединим к нему корпус DIP-14 из стандартных библиотек программы.

Добавьте новый компонент в библиотеку, т.е. нажмите **Действия с комп.**, а затем нажмите **"Добавить новый компонент в библиотеку "Мои компоненты"**. Введите имя и метку компонента.



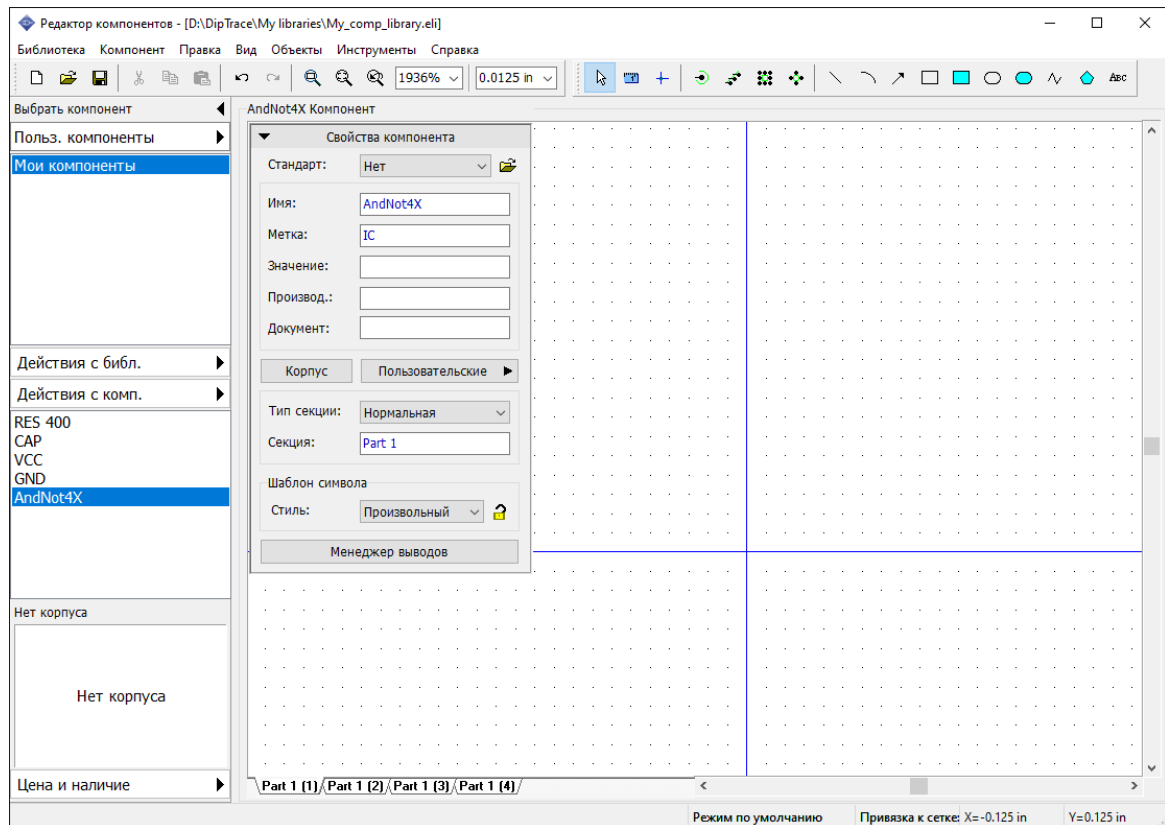
Создание секций

Можно создавать многосекционные компоненты состоящие из раздельных или однородных секций. По сути, эти два вида ничем не отличаются, просто для однородных секций автоматически наследуется графика и расположение выводов символа, поэтому нет необходимости рисовать их заново для каждой секции. Сейчас мы создадим компонент из однородных секций, которые потом можно будет группировать в Схемотехнике для удобства.

Каждая секция многосекционного компонента может иметь собственный тип (Нормальный, Порт, Питание и земля). Секции питания и земли в Схемотехнике можно скрыть. Один компонент должен иметь не более одной секции типа Питания и земля.

Давайте создадим компонент, содержащий 4 похожих секции "И-НЕ" и одну общую секцию питания. Выберите "Компонент/ Создать группу однородных" из главного меню, потом введите количество секций "4" и нажмите **ОК** — секции появятся в виде вкладок внизу области построения.

Однородные секции автоматически наследуют графику и расположение выводов.

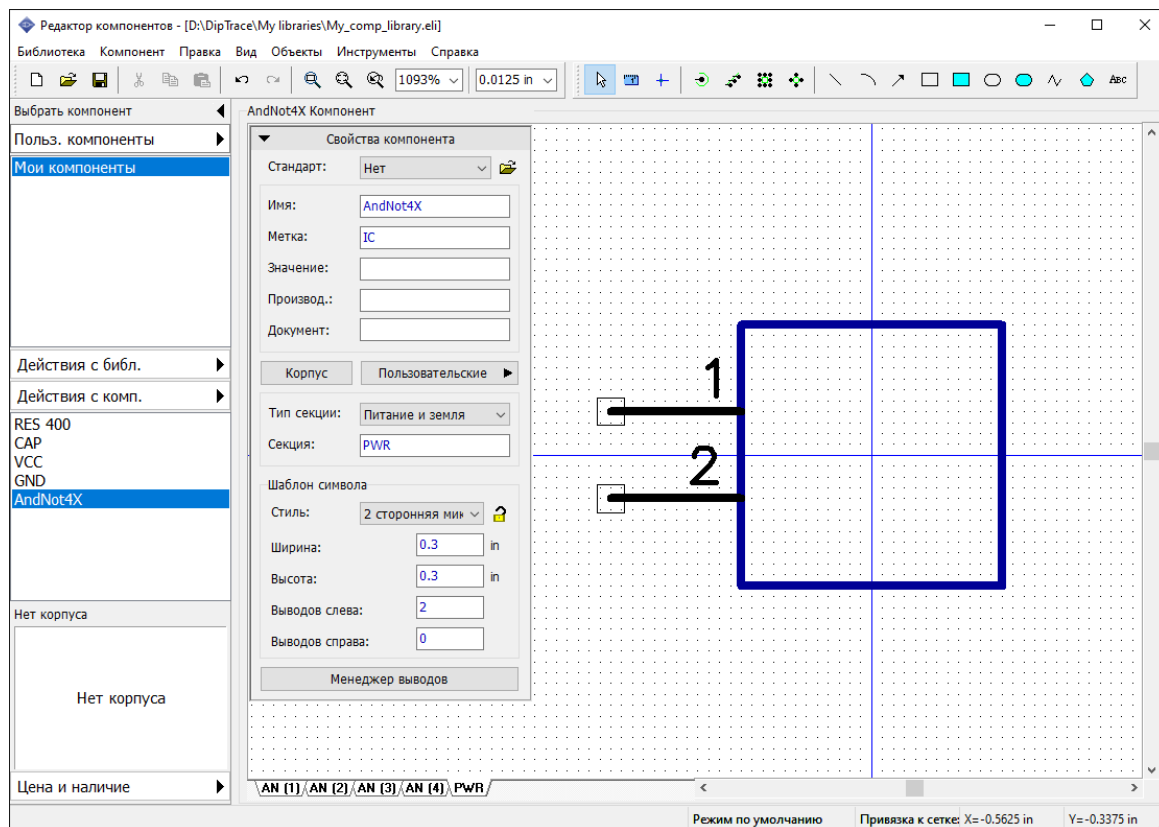


Теперь вы видите следующие секции: Part 1 (1), Part 1 (2), Part 1 (3) и Part 1 (4). Все однотипные секции наследуют также и имя. Измените его на "AN", для этого выберите соответствующую секцию и введите новое имя в поле **Секция** на панели **Свойств компонента**.

Не хватает пятой секции питания. Поскольку секция питания имеет другую графику, то ее нужно создать как отдельную секцию, а не однородную. Выберите "Компонент/ Добавить новую секцию" в главном меню, затем выберите появившуюся секцию (вкладка Part 1 в левом нижнем углу области построения) и переименуйте ее на "PWR".

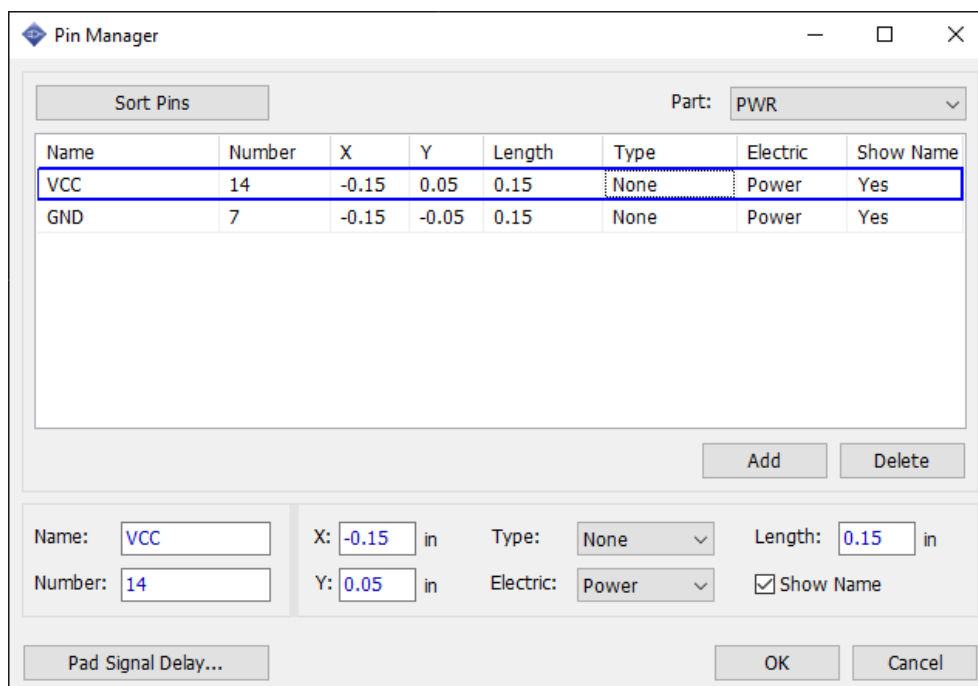
Добавленная секция - это отдельная секция, которая не принадлежит к группе "AN".

Начнем рисование графики с секции питания. На панели **Свойств компонента** выберите **Стиль: 2 сторонняя микросхема**, **Ширина: 0,3**, **Высота: 0,25**, **Выводов слева: 2**, **Выводов справа: 0** (все размеры в дюймах). Затем выберите **Питание и земля** в поле **Тип секции**. Отобразьте имена выводов компонента, если они скрыты ("Вид / Номера выводов / Показать" из главного меню).



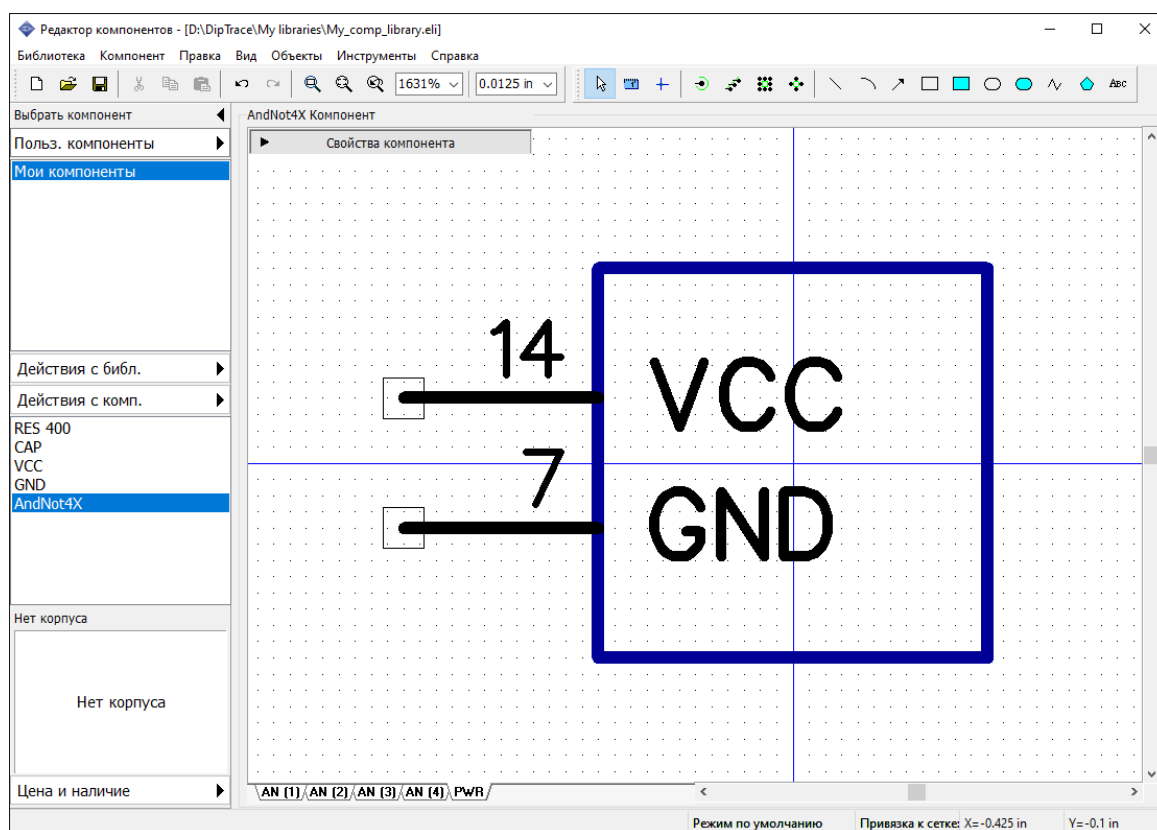
Нажмите кнопку **Менеджер выводов** на панели **Свойства компонента** и измените имена выводов секции питания на "VCC" и "GND", номера выводов — "14" и "7", электрический тип — **Power** и поставьте галочку **Показывать имя** для обоих выводов.

Параметры Тип, Показывать имя и Размер можно изменять для нескольких выводов одновременно.



Размер окна таблицы выводов и ширину каждого столбца можно менять. Эти настройки сохраняются при выходе из программы.

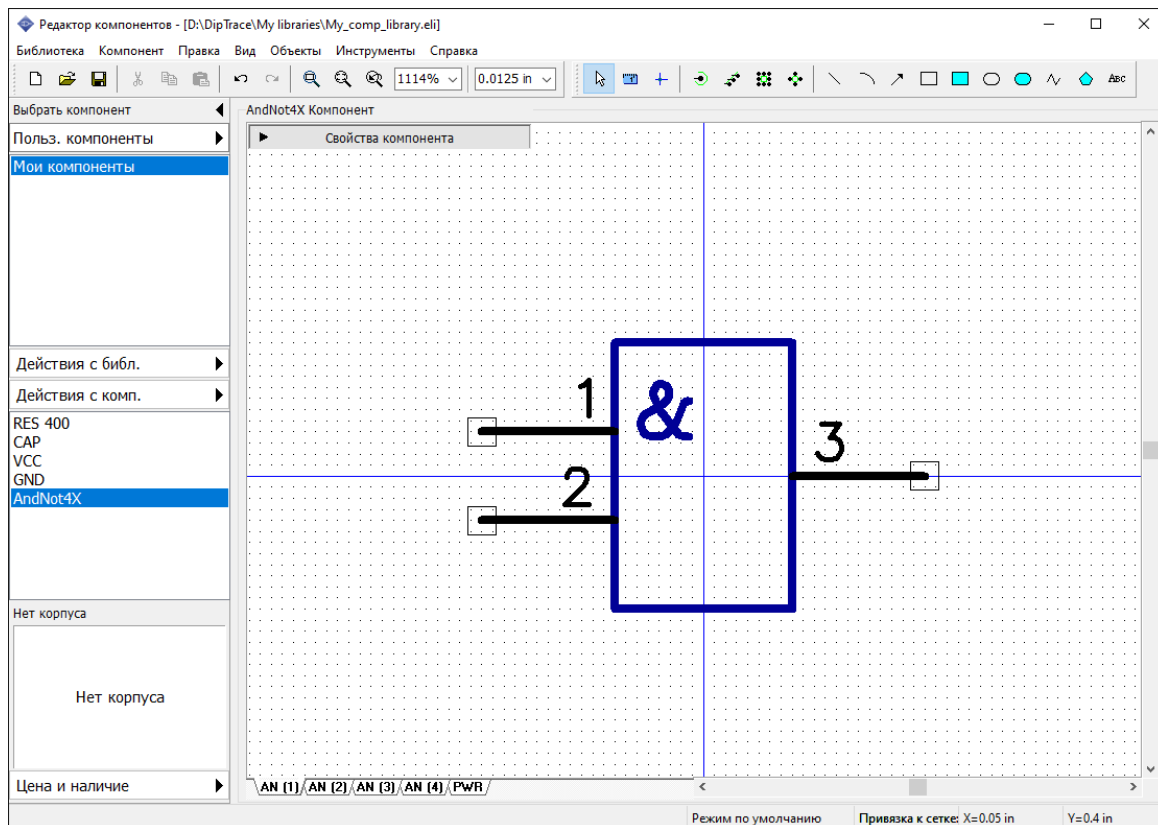
Нажмите **ОК**, чтобы закрыть Таблицу выводов. Секция питания готова. Для удобства, можно свернуть панель **Свойства компонента**.



Осталось создать остальные секции: выберите одну из AN секций и, используя

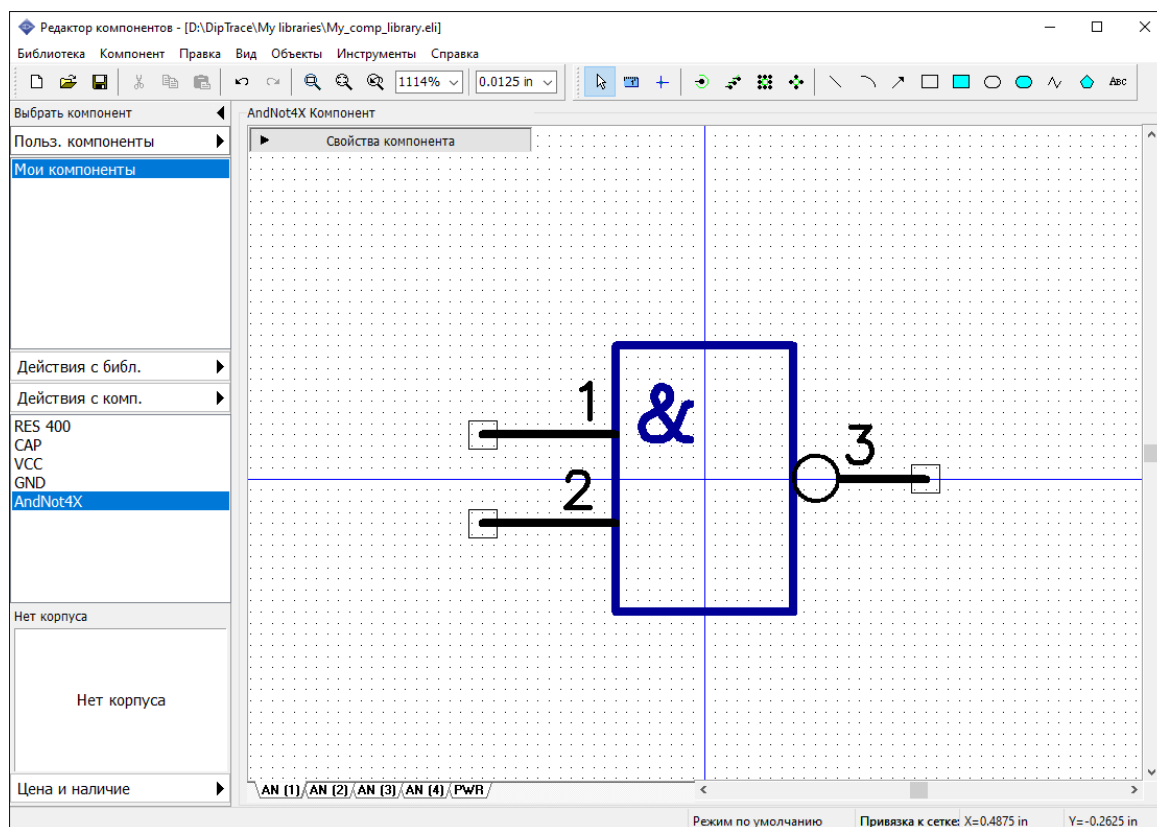
панель Свойств компонента, задайте следующие параметры: **Стиль: 2** **сторонняя микросхема**, **Ширина: 0,2**, **Высота: 0,25**, **Выводов слева: 2**, **Выводов справа: 1**. Теперь сверните панель свойств, выберите инструмент

Текст (кнопка ) , кликните внутри прямоугольника символа и напечатайте текст "&". Щелкните правой кнопкой мыши, чтобы вернуться в режим по умолчанию. Текст можно перетащить, если он перекрывает графику символа.



Мы создаем секцию компонента "И-НЕ", поэтому правый вывод должен быть инверсным или "Dot" типа. Кликните правой кнопкой по третьему выводу, выберите **Свойства вывода** в подменю, выберите "Dot" в поле **Тип**, затем нажмите **ОК**, чтобы подтвердить изменения и закрыть диалоговое окно.

Вам не нужно будет рисовать другие секции "AN", если они были созданы как группа однородных секций. Они уже готовы, ведь наследуют графику и расположение выводов уже нарисованной секции.



Откройте AN (3) или AN (4), чтобы убедиться, что секции идентичны. Единственное, что однородные секции не наследуют, так это нумерацию выводов.

Менеджер выводов

Выберите "Компонент/ Таблица выводов" в главном меню. В диалоговом окне таблицы выводов выберите секцию (выпадающий список справа вверху), задайте номера выводов выбранной секции, затем выберите следующую секцию и так до тех пор, пока не введете номера выводов для всех секций AN. Не обязательно выбирать выводы мышью, достаточно нажать стрелочку *Вниз* или кнопку *Ввод* на клавиатуре, чтобы выбрать следующий вывод.

Не забудьте, что вывод с номером 7 уже существует в секции питания, поэтому при нумерации выводов других секций пропустите этот номер.

Также укажите электрический тип для выводов одной из секций AN (два вывода Input и один вывод Output), другие секции унаследуют это. Нажмите **ОК**.

Таблица выводов

Сортировать выводы

Секция: AN (3)

Имя	Номер	X	Y	Размер	Тип	Эл. тип	Показывать
1	8	-0.1	0.05	0.15	None	Input	Нет
2	9	-0.1	-0.05	0.15	None	Input	Нет
3	10	0.1	0	0.15	Dot	Output	Нет

Добавить Удалить

Имя: 1 X: -0.1 in Тип: None Размер: 0.15 in

Номер: 8 Y: 0.05 in Эл. тип: Input ☐ Показывать имя

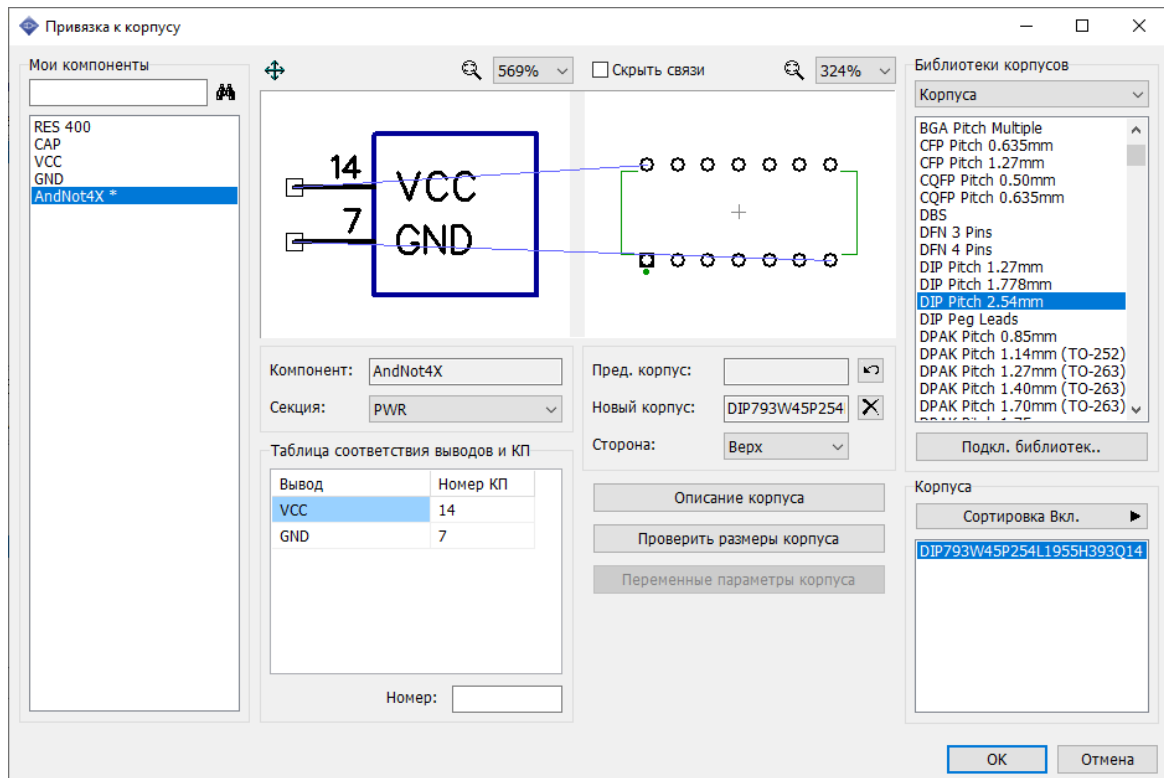
Задержки сигналов ...

ОК Отмена

Следующим шагом будет присоединение корпуса к мультисекционному компоненту. Нажмите кнопку **Корпус** на панели Свойств компонента, в появившемся диалоговом окне в выпадающем меню **Библиотеки корпусов** выберите **Корпуса**, затем выберите библиотеку **DIP Pitch 2.54mm** и корпус **DIP793W45P254L1955H393Q14** (для удобства, можете воспользоваться сортировкой).

Обратите внимание, что в нашем случае не нужно определять связи между выводами символа и контактными площадками корпуса, ведь при разработке символа мы продумали это и указали правильные номера выводов, чтобы программа автоматически указала эти связи за нас.

Выберите поочередно разные секции компонента (выпадающий список в области предпросмотра), чтобы визуально проверить правильность подключения выводов к КП. Нажмите **ОК**, чтобы присоединить корпус и закрыть диалоговое окно.

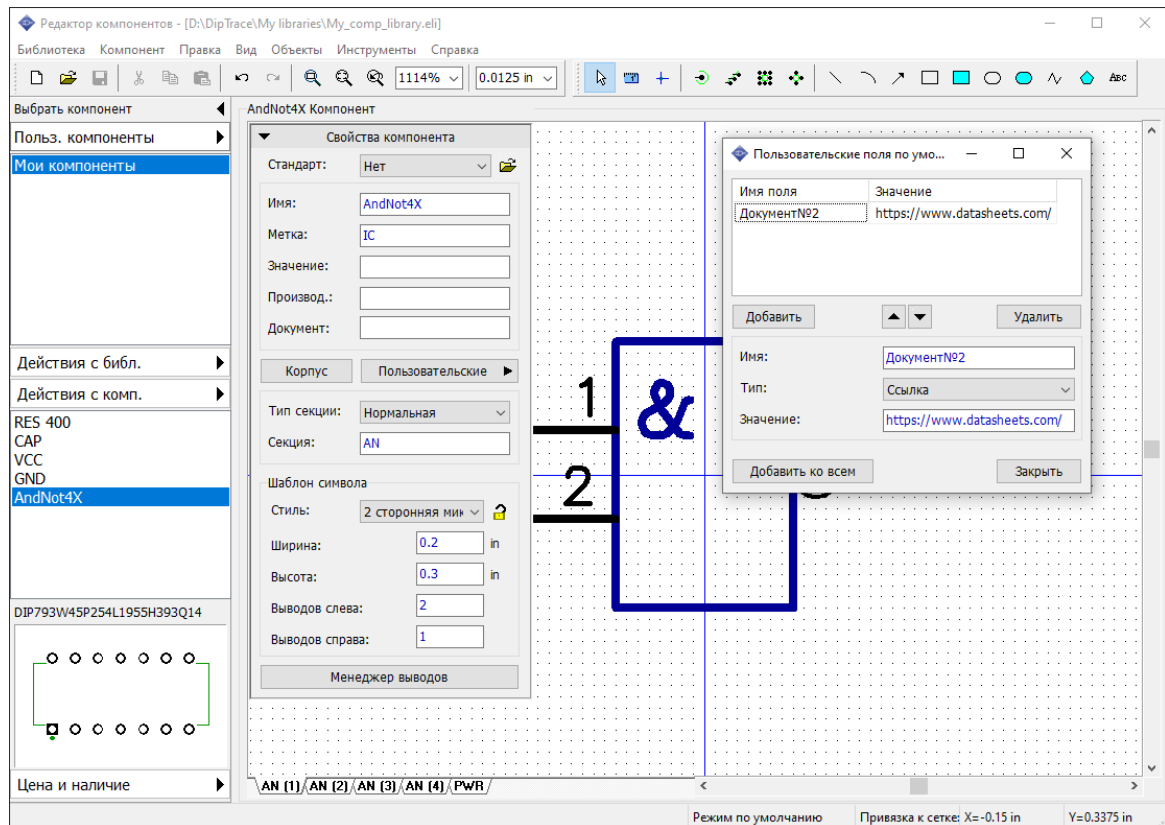


Мультисекционный компонент готов для применения в ваших проектах. Сохраните изменения в файле библиотеки.

4.2.6 Использование пользовательских полей

По умолчанию все компоненты в DipTrace имеют пять полей: Имя, Метка, Значение, Производитель и Документ ("даташит"). Однако иногда необходимо добавить другие поля, которые будут добавляться по умолчанию для компонентов вашей библиотеки. В этом случае можно использовать пользовательские поля, назначение и текст которых пользователь указывает самостоятельно.

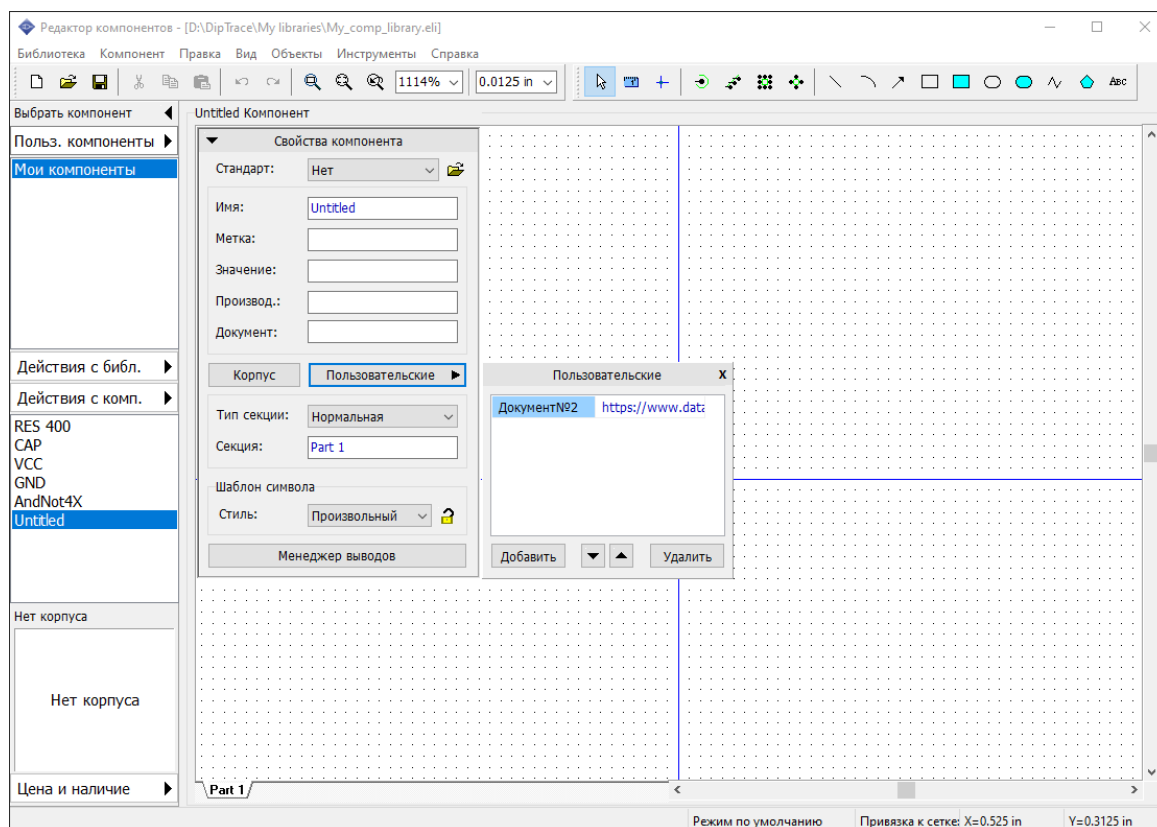
Выберите "Компонент / Пользовательские поля по умолчанию" в главном меню. В появившемся диалоговом окне можно создать дополнительные поля и указать значение для них. Давайте предположим, что нам нужно добавить еще одно поле с "даташитом" компонента. Введите "Документ№2" в поле **Имя**, выберите **Тип: Ссылка**, введите интернет ссылку на документ и нажмите **Добавить**. Это дополнительное поле теперь применено **ко всем новым компонентам** библиотеки. Если вы хотите добавить это пользовательское поле ко всем существующим и будущим компонентам библиотеки, нажмите кнопку **Добавить ко всем**.



С этого момента все компоненты в библиотеке будут иметь новое пользовательское поле с интернет ссылкой на еще один "даташит". Закройте диалоговое окно **Пользовательские поля по умолчанию**. Нажмите

Действия с комп.

и выберите **"Добавить новый компонент в библиотеку "Мои компоненты"**. На панели **Свойств компонента** нажмите кнопку **Пользовательские**, чтобы увидеть и изменить пользовательские поля текущего компонента.



Как видите, у новосозданного компонента уже появилось дополнительное пользовательское поле.

Теперь удалите пустой компонент **Untitled**, для этого кликните по нему правой кнопкой на панели **Менеджера библиотек** и выберите **Удалить компоненты**, либо воспользуйтесь сочетанием клавиш **Ctrl+Del**. Таким образом также можно удалить несколько выбранных компонентов библиотеки за раз.

Вы можете добавить пользовательские дополнительные поля отдельным компонентам, для этого выберите компонент в библиотеке, нажмите кнопку **Пользовательские** на панели **Свойств компонента** и затем кнопку **Добавить**, чтобы создать поле и задать его значение.

Пользовательские поля в Схемотехнике

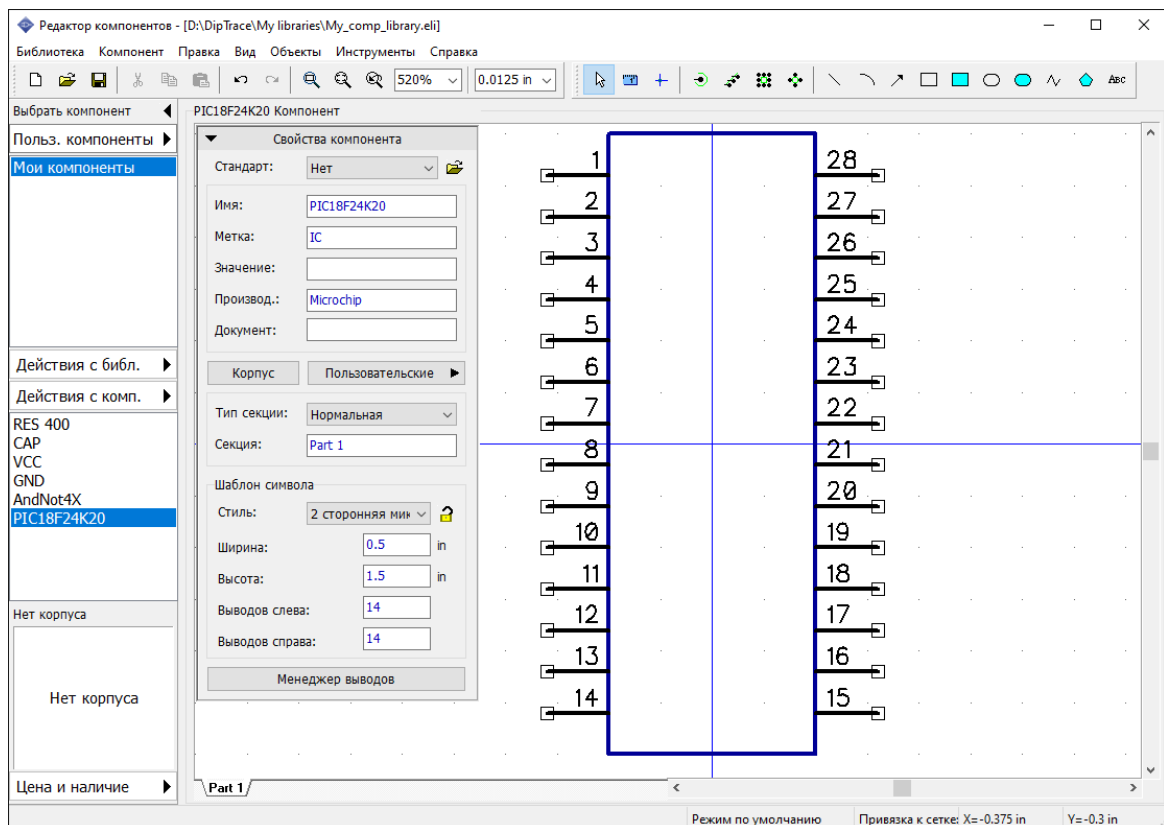
В Схемотехнике DipTrace, в области построения кликните правой кнопкой по нашему компоненту с пользовательскими полями и выберите **Ссылка** из подменю, чтобы открыть ссылку на документ в интернет-браузере, установленном по умолчанию на вашем компьютере. Кроме того, пользовательские поля также можно устанавливать как маркировку компонентов по умолчанию или применить только к выбранным компонентам.

4.2.7 Создание PIC 18F24K20

В этом разделе мы создадим компонент **PIC18F24K20** по "даташиту" с сайта производителя и присоединим к нему корпус **SOIC-28, который мы создали ранее**.

Откройте сайт Microchip, найдите компонент "PIC18F24K20" и выберите Datasheets слева, где вы найдете документацию к указанной микросхеме. Также вы можете воспользоваться прямой [ссылкой](#) (однако мы не гарантируем, что она будет работать на момент, когда вы изучаете данное руководство). Откройте страницу Pin Diagrams, первая диаграмма — то, что нам нужно.

Теперь вернемся к Редактору компонентов и добавим новый компонент (*Ctrl+Insert*). Введите имя "PIC18F24K20", метку "IC" и производителя, у становите: **Стиль: 2 сторонняя микросхема, Выводов слева: 14, Выводов справа: 14**.



Часто можно обойтись без переписывания названий выводов, ведь с DipTrace можно импортировать эту информацию из BSDM файла ("Библиотека/Импорт/Список выводов из BSDL файла"), но мы все же сделаем это вручную.

Нажмите **Менеджер выводов** на панели **Свойств компонента** и введите имена выводов, используя информацию из "даташита". Вы можете изменить размеры окна и ширину столбцов (мы сделали столбец с именами шире, чтобы видеть полное имя).

Также используйте клавишу *Enter* для перехода с текущего вывода к

следующему в таблице. Поскольку выводов много, а имена сложные, этот процесс займет некоторое время.

MCLR/Vpp/RE3	1	28	RB7/KBI3/PGD
AN0/C12IN0-/RA0	2	27	RB6//KBI2/PGC
AN1/C12IN1-/RA1	3	26	RB5/KBI1/PGM
AN2/VREF-/CVREF/C2IN+/RA2	4	25	RB4/KBI0/AN11/P1D
AN3/VREF+/C1IN+/RA3	5	24	RB3/AN9/C12IN2-/CCP2 ⁽¹⁾
T0CKI/C1OUT/RA4	6	23	RB2/INT2/AN8/P1B
AN4/SS-/HLVDIN/C2OUT/RA5	7	22	RB1/INT1/AN10/C12IN3-/P1C
Vss	8	21	RB0/INT0/FLT0/AN12
OSC1/CLKIN/RA7	9	20	VDD
OSC2/CLKOUT/RA6	10	19	Vss
T1OSO/T13CKI/RC0	11	18	RC7/RX/DT
T1OSI/CCP2 ⁽¹⁾ /RC1	12	17	RC6/TX/CK
CCP1/P1A/RC2	13	16	RC5/SDO
SCK/SCL/RC3	14	15	RC4/SDI/SDA

Таблица выводов

Секция: Part 1

Имя	Номер	X	Y	Размер	Тип	Эл. тип	Показывать
RC7/RX/DT	18	0.25	-0.35	0.15	None	Undefined	Да
VSS	19	0.25	-0.25	0.15	None	Power	Да
VDD	20	0.25	-0.15	0.15	None	Power	Да
RB0/INT0/FLT0/AN12	21	0.25	-0.05	0.15	None	Undefined	Да
RB1/INT1/AN10/C12IN3-/P1C	22	0.25	0.05	0.15	None	Undefined	Да
RB2/INT2/AN8/P1B	23	0.25	0.15	0.15	None	Undefined	Да
RB3/AN9/C12IN2-/CCP2	24	0.25	0.25	0.15	None	Undefined	Да
RB4/KBI0/AN11/P1D	25	0.25	0.35	0.15	None	Undefined	Да

Добавить Удалить

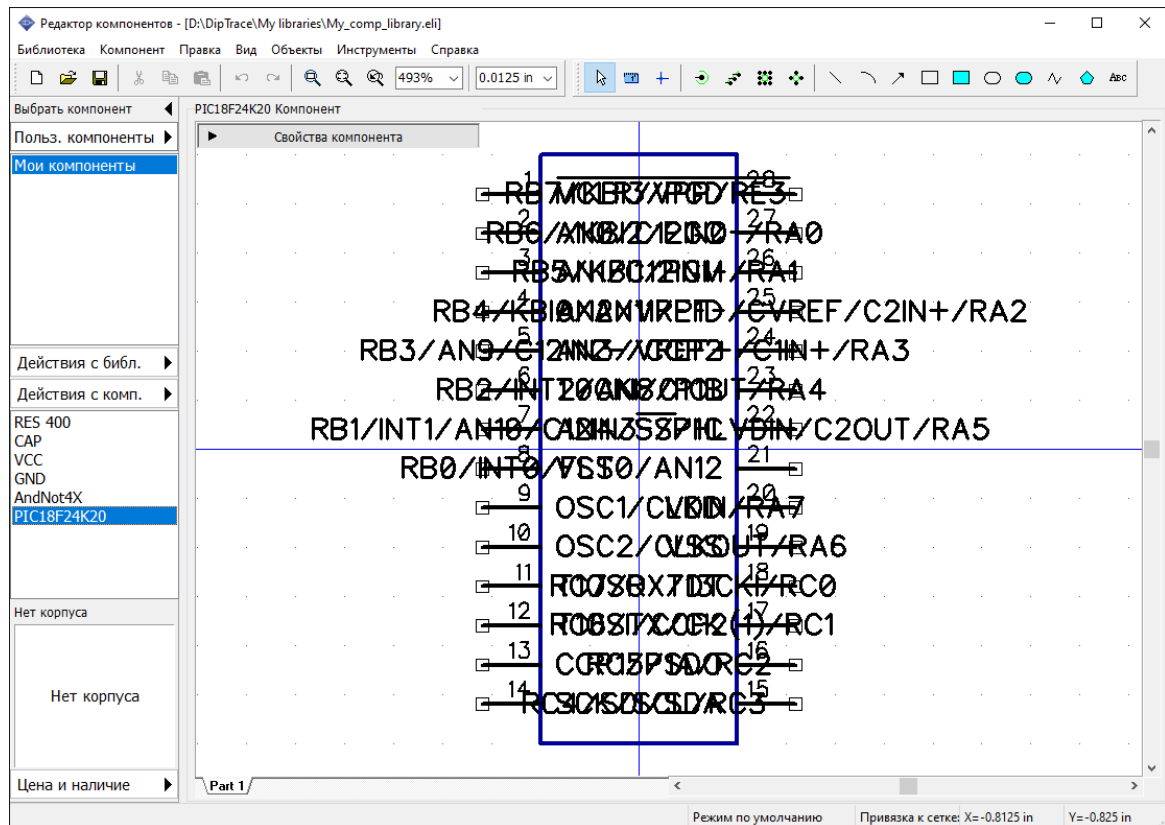
Имя: VDD X: 0.25 in Тип: None Размер: 0.15 in

Номер: 20 Y: -0.15 in Эл. тип: Power ☒ Показывать имя

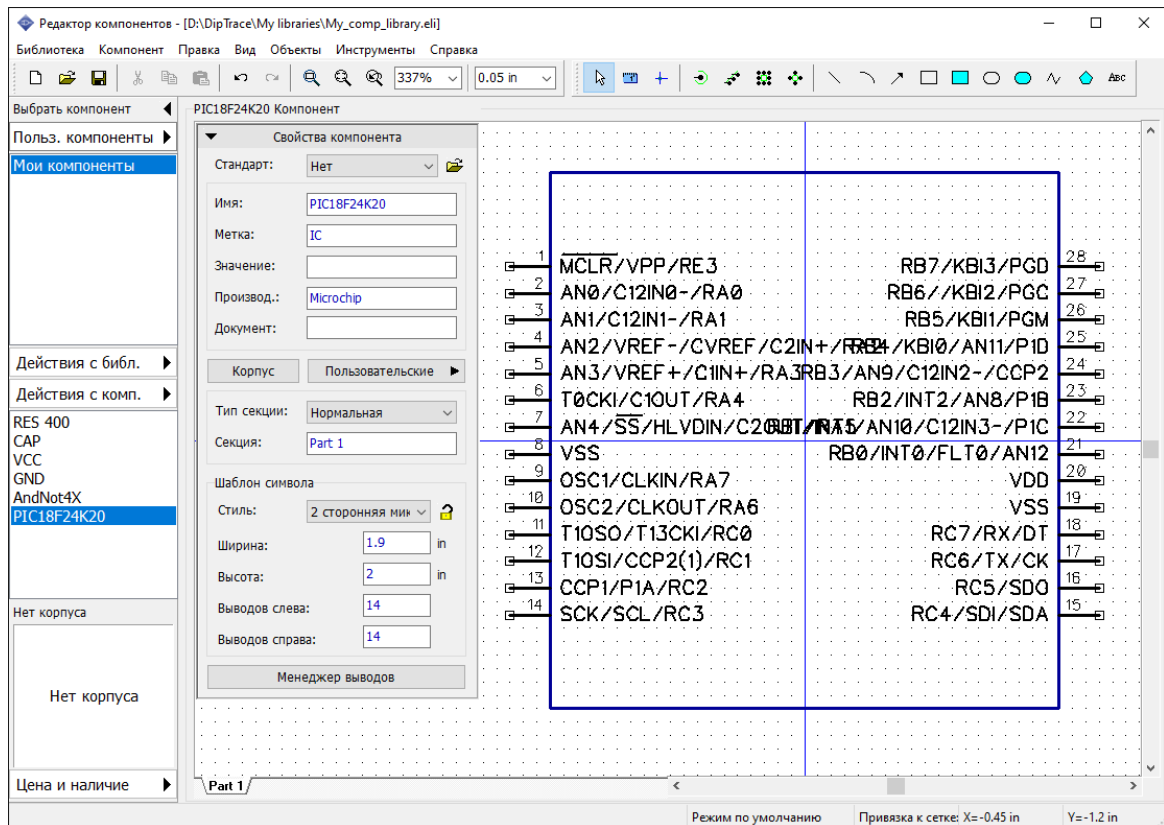
Задержки сигналов ... OK Отмена

После ввода имен выводов, укажите электрический тип для них и выберите опцию **Показывать имя** для всех выводов. Вы можете выделить сразу несколько выводов, чтобы одновременно изменить их свойства.

Закройте таблицу выводов, нажав **ОК**. Наш компонент будет выглядеть примерно как на рисунке ниже, ведь его ширина небольшая, а имена выводов накладываются друг на друга.



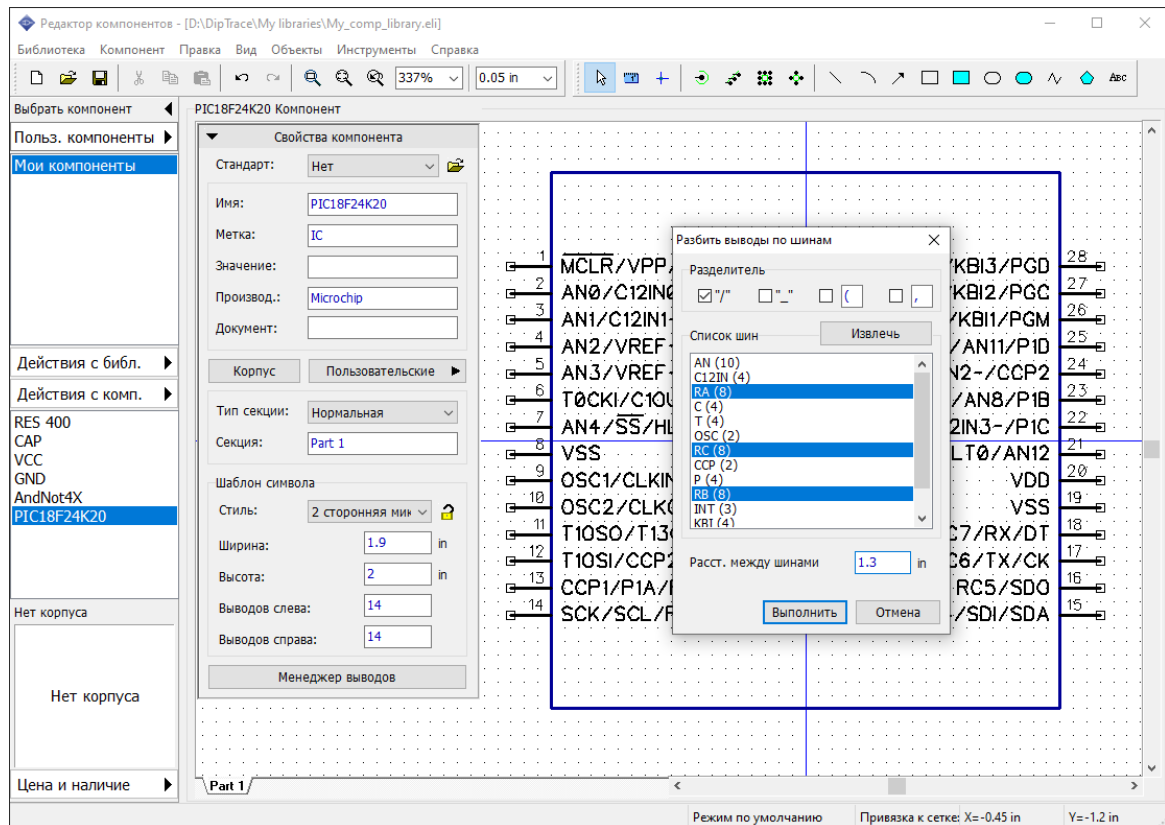
На панели Свойств компонента поменяйте ширину на 1.9 и высоту на 2 дюйма. Имена выводов все еще немного накладываются, но, когда мы разделим их на группы, все поменяется. Большая высота символа компонента необходима, чтобы сгруппировать выводы и расположить их вдоль прямоугольника. Мы всегда можем уменьшить высоту, если это необходимо. Если у вас другой размер сетки, поменяйте его на 0.05 дюйма, т.к. сетка этого размера наиболее удобна при расстановке выводов. Расположите выводы по сетке: выберите все, щелкните правой кнопкой мыши на одном из них и выберите выровнять по сетке из подменю.



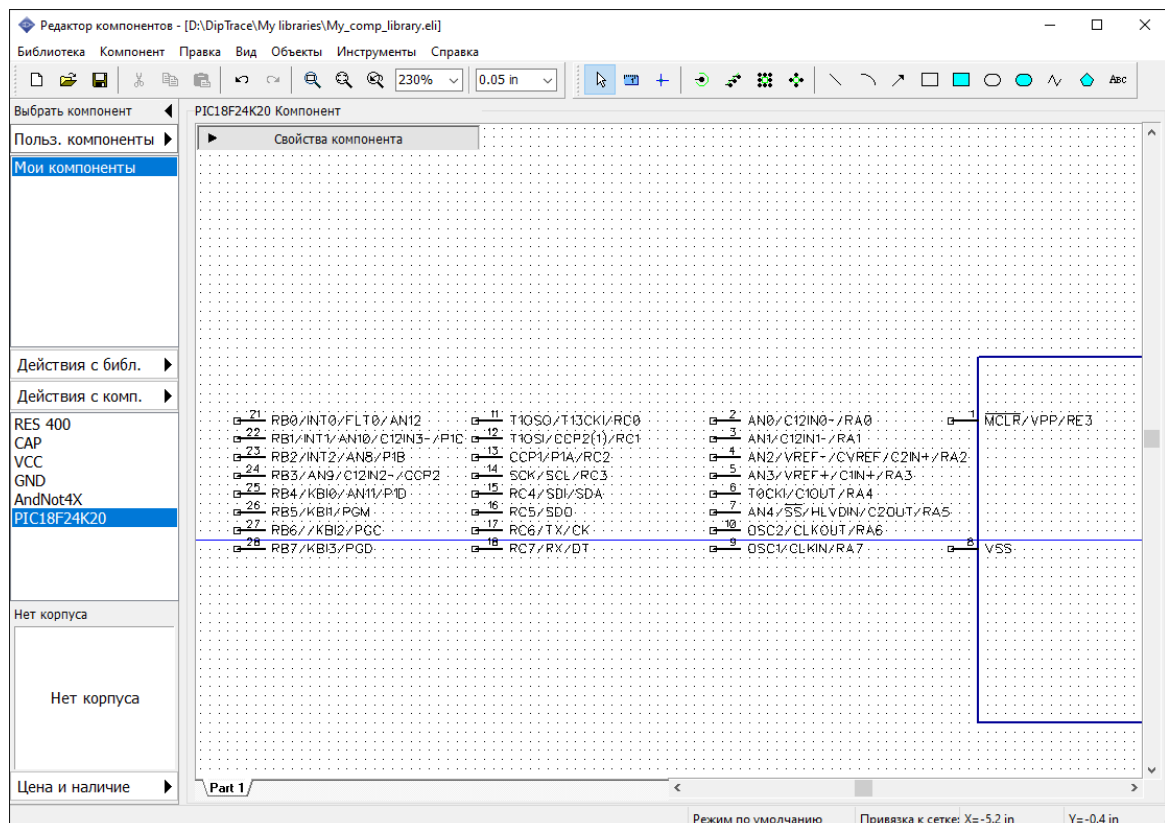
Автоматическая сортировка выводов по шинам

Нам нужно объединить выводы по логическим группам (шинам), выберите "Компонент/ Сгруппировать выводы по шинам" из главного меню. Эта опция позволяет найти шины, исходя из имен выводов и сгруппировать выводы по шинам. Во всплывающем диалоговом окне вы можете указать допустимые разделители между шинами. По умолчанию выбран только "/", но этого достаточно для данного компонента. Однако другие производители могут использовать иные разделители в именах выводов.

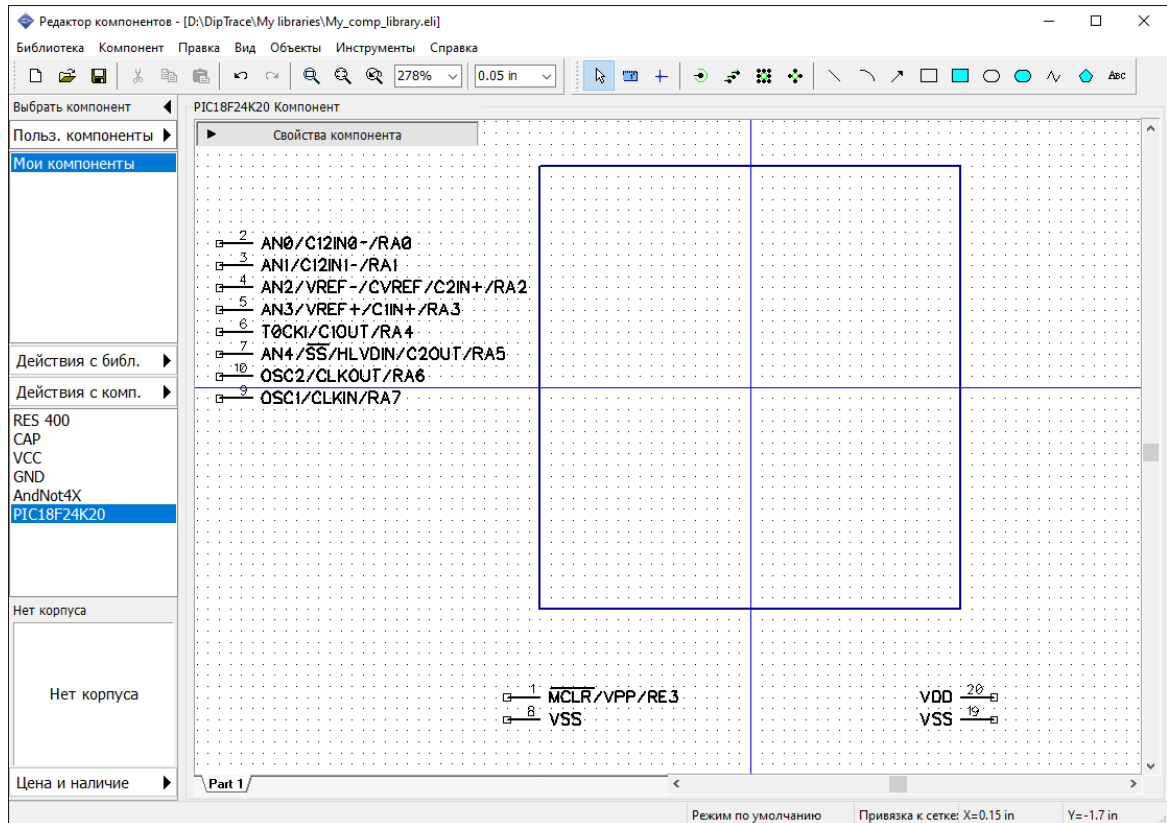
Нажмите **Извлечь** — появится список найденных шин, а также количество выводов в них. Мы выберем три шины — RA, RC и RB, используя клавишу *Ctrl*. Введите 1.3 в поле **Расстояние между шинами**, поскольку имена выводов довольно длинные.



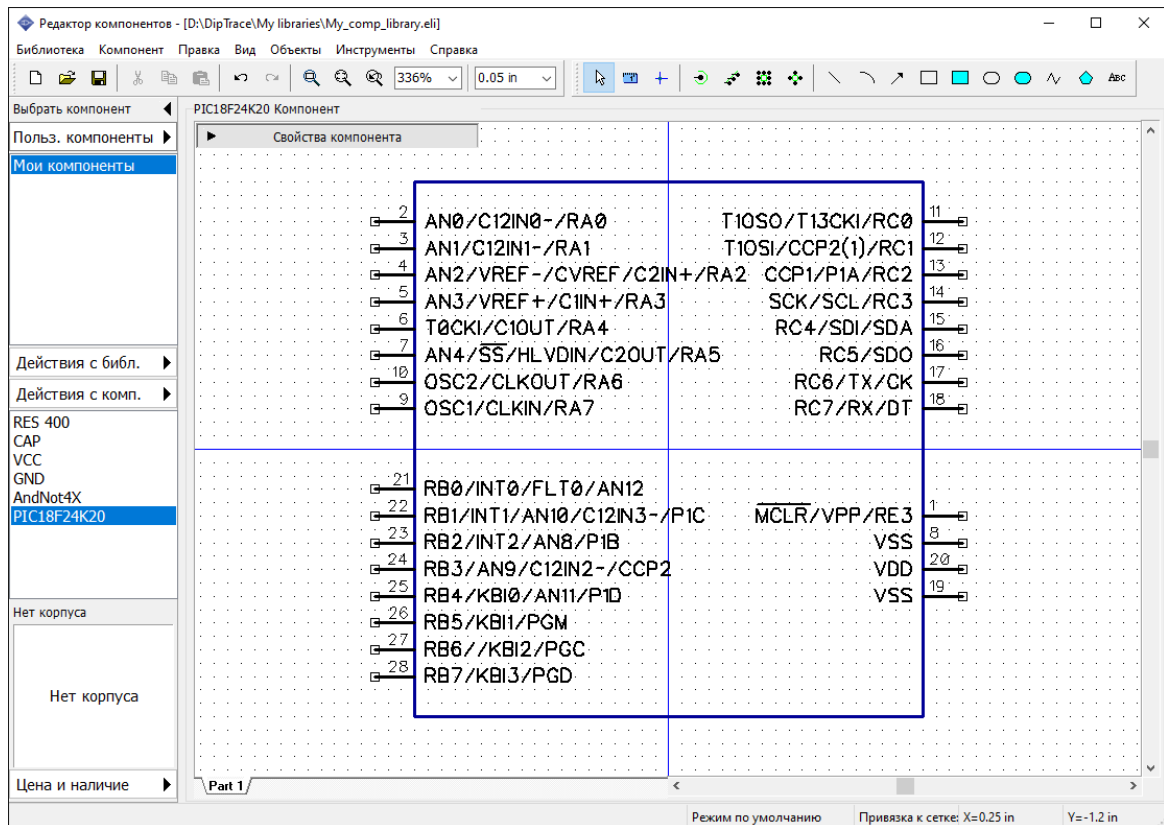
Нажмите кнопку **Выполнить**, чтобы сформировать шины и закрыть диалоговое окно. Шины будут размещены в левом верхнем углу относительно компонента и отсортированы по номерам. Как видим, появились три колонки, каждая из которых соответствует выбранным шинам RA, RB и RC.



Теперь выберите все выводы, которые не вошли в шины (4 вывода компонента), используйте *Ctrl* или выделение области, чтобы выбрать несколько выводов одновременно. Переместите выводы вниз, чтобы освободить место для установки шин, как на рисунке ниже.



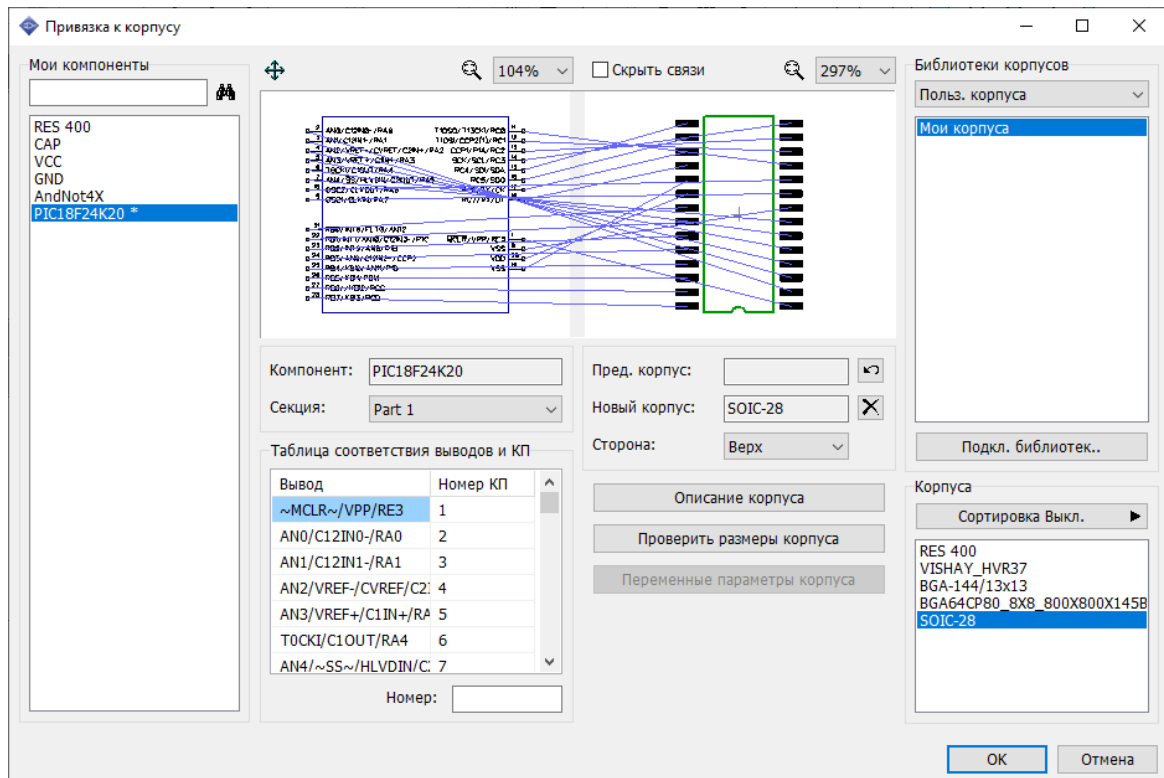
Расставьте шины вдоль прямоугольника микросхемы. Используйте выделение области, чтобы выбрать шину, затем перетаскивайте ее. Используйте *Shift+R* для вращения шины, а *Shift+F* - для отражения выводов вертикально или горизонтально. Эти команды могут быть выбраны из подменю вывода (правый щелчок по одному из выводов в шине). Когда шины установлены, переместите выводы, которые находятся сейчас внизу, обратно к микросхеме.



Иногда нужно отсортировать выводы по электрическому типу, выберите "Вид/Цвет выводов по электрическому типу" из главного меню - и программа назначит разные цвета для выводов, в зависимости от их электрического типа, что сделает эту задачу значительно проще.

Нажмите  на панели **Свойств компонента**, чтобы заблокировать изменения.

Остался финальный шаг—подключение корпуса SOIC-28. Для этого нажмите кнопку **Корпус** на панели **Свойств корпуса** и выберите Польз.корпуса в списке **Библиотеки корпусов**. Затем выберите библиотеку **Мои корпуса** и в ней выберите корпус SOIC-28. Все имена и номера выводов уже введены, поэтому не нужно ничего менять, просто нажмите **OK**.

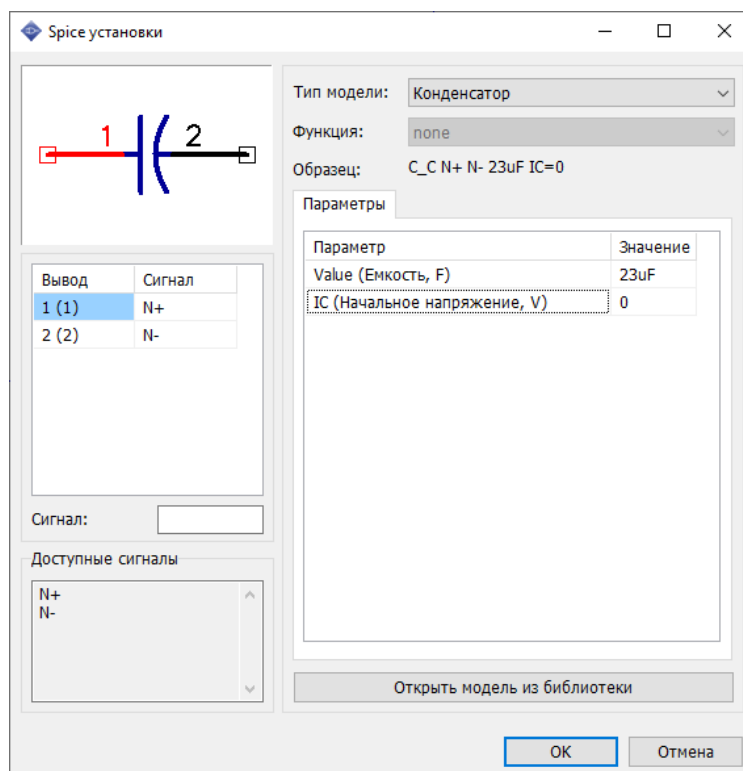


Наш компонент **PIC18F24K20** готов! Сохраните библиотеку.

4.2.8 Spice установки

В DipTrace нет встроенного симулятора работы схемы, но есть полноценный SPICE экспорт, который позволяет провести симуляцию в сторонних программах, например, [LT Spice](#). В данном разделе мы не будем детально рассматривать процесс симуляции (на этом мы остановимся в третьей части руководства), а просто познакомимся с базовыми SPICE параметрами компонентов, ведь без их корректной настройки симуляция будет невозможна.

В Spice параметрах компонента мы укажем, что наш компонент CAP - это конденсатор с некоторым значением емкости. Пожалуйста, выберите компонент CAP из списка компонентов, затем выберите "Компонент/ Spice установки" из главного меню. В появившемся диалоговом окне укажите: **Тип Модели: Конденсатор**, затем сделайте двойной клик в таблице **Параметры** в поле **Значение** (ячейка с текстом "1uF") и введите "23uF". Нажмите **Enter** или просто переведите курсор на следующее поле. В строке **Образец** отображается, как будет выглядеть описание компонента в SPICE "нетлисте". В нашем случае, соответствие вывод-сигнал верно, однако если вам придется редактировать эти связи, просто введите имя сигнала напротив каждого вывода в таблице в левой части диалогового окна. Список доступных сигналов находится прямо под таблицей.



Конденсатор — простейший тип компонента, поэтому нам не нужно указывать модель (текстовый файл с описанием, как он работает), достаточно выбрать тип и указать емкость. Однако для транзисторов можно загружать модели из внешних файлов (обычно, SPICE-модели доступны на сайте производителя), или ввести текст со SPICE описанием модели вручную, если вы знаете, как это делать (см. документацию на язык SPICE). Также имеется **Тип модели "Подпрограмма"**, выбрав который, модель можно загрузить в виде подпрограммы.

Нажмите **Открыть модель из библиотеки**, чтобы загрузить SPICE-модель из другой библиотеки компонентов DipTrace. Обратите внимание, подобное окно доступно и в Схемотехнике, поэтому настройки SPICE можно ввести прямо на схеме.

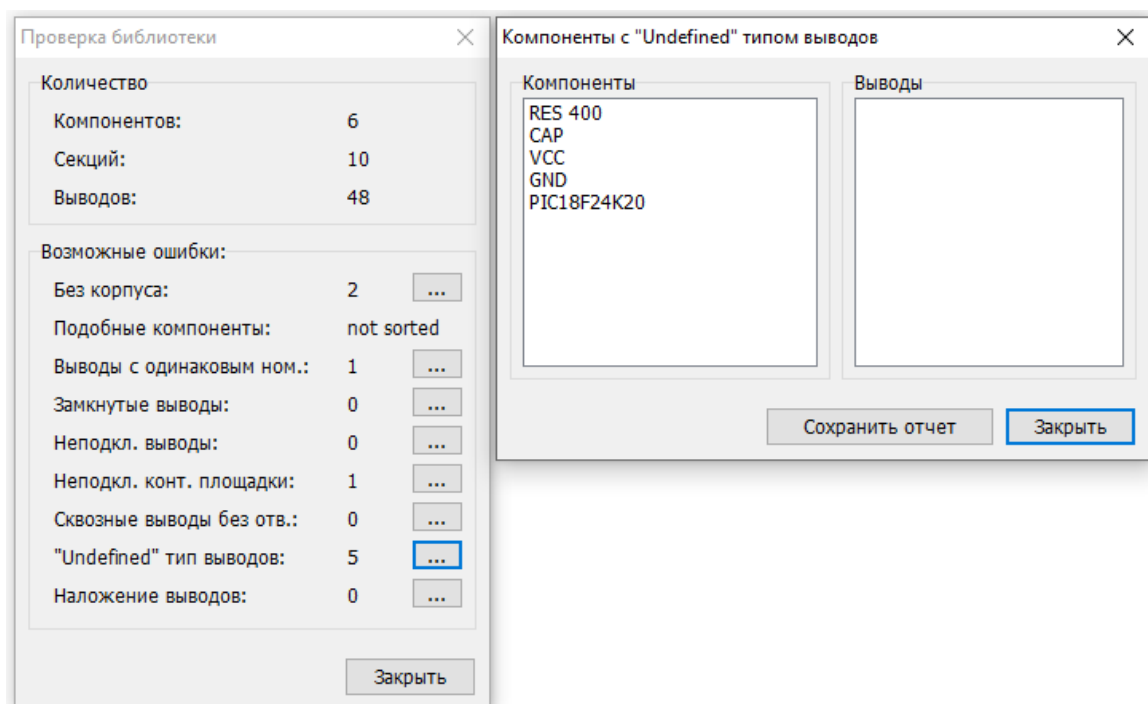
Мы закончили разработку нашей библиотеки, нажмите **OK** и закройте **Spice установки**. Не забудьте сохранить все изменения в библиотеке.

4.2.9 Проверка библиотеки

Очень важно проверить библиотеку на наличие потенциальных ошибок. Мы изучили работу наших дизайнеров библиотек и реализовали функцию проверку библиотек, добавив туда все возможные ошибки, которые могут быть найдены автоматически.

В Редакторе компонентов выберите "Библиотека / Проверить библиотеку" "Мои компоненты" из главного меню. В этом диалоговом окне вы можете увидеть общее количество компонентов, секций, выводов в вашей библиотеке и

ВОЗМОЖНЫЕ ОШИБКИ.



Следующие виды ошибок могут быть найдены автоматически:

1. Компоненты без привязки к корпусу — к этой категории программа относит компоненты, которые не имеют привязки к корпусу. Учтите, некоторые компоненты имеют только схемотехнический символ, например, сетевые порты, поэтому есть вероятность, что это вовсе не ошибка.
2. Подобные компоненты — проверка библиотеки на наличие компонентов с одинаковым именем. Учтите, что библиотека должна быть отсортирована ("Библиотека / Сортировать компоненты в библиотеке "Мои компоненты"" в главном меню), чтобы эта функция работала корректно. В нашем случае библиотека не отсортирована.
3. Выводы с одинаковым номером — несколько выводов имеют одинаковый номер (соединяются с одной площадкой). В 99% случаев это ошибка в компоненте, пожалуйста нажмите кнопку "..." и проверьте номера выводов для указанных компонентов.
4. Замкнутые выводы — один или несколько выводов замкнуты в результате использования внутренних связей.
5. Неподключенные выводы — один или несколько выводов не имеют привязки к контактной площадке. Это не всегда ошибка, такое бывает и в правильных компонентах.
6. Неподключенные конт. площадки — некоторые выводы корпуса не используются (нет соответствующих выводов в символе компонента). Может

встречается и в правильных компонентах.

7. Сквозные выводы без отверстий — в большинстве случаев, это ошибка в SMD-корпусе, пожалуйста убедитесь, что площадка действительно поверхностная.

8. "Undefined" тип выводов — некоторым выводам не задан электрический тип.

9. Наложение выводов — некоторые выводы символа наложились друг на друга, в большинстве случаев это ошибка.

Чтобы увидеть подробности ошибки (список компонентов и выводов)

нажимайте кнопку  рядом с типом ошибки, выявленной в компонентах библиотеки. В появившемся диалоговом окне показаны компоненты в которых есть соответствующая ошибка, нажав на один из них вы увидите имена выводов, которые не прошли проверку. Вы также можете сохранить список ошибок в текстовом файле, чтобы начать исправление ошибок, исходя из данных этого файла.

Закройте диалоговое окно. Сохраните изменения и закройте Редактор компонентов.

4.2.10 Установка компонентов

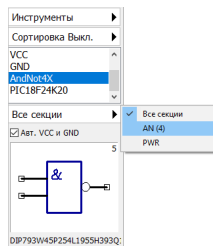
Схемотехника

Откройте программу Схемотехника, т.е. выполните "Пуск/ Все программы/ DipTrace/ Schematic", если вы пользователь ОС Windows или Applications/ DipTrace Launcher/ Schematic, если работаете с Mac OS. Выберите библиотеку **Мои компоненты** из группы библиотек **Польз. компоненты**. Установите в области построения несколько резисторов и конденсаторов: просто кликайте по компоненту на панели **Менеджера библиотек**, а потом в области построения. Если в Схемотехнике отображается точка начала координат проекта, ее можно скрыть, нажав на *F1*. Как правило, при построении схемы она не нужна.

Компоненты можно устанавливать с помощью диалогового окна, которое появляется при выборе пункта главного меню "Объекты/ Вставить

компонент" или при нажатии на кнопки  на Панели объектов. Цветовая гамма зависит от выбранного цветового шаблона и пользовательских настроек ("Вид/ Цветовые установки").

Установка многосекционных компонентов



Выберите многосекционный компонент (AndNot4X). Программа отмечает тип компонента (Порт или многосекционный в окне предпросмотра символа на панели Установить компонент (<количество секций> или текст "Net Port").

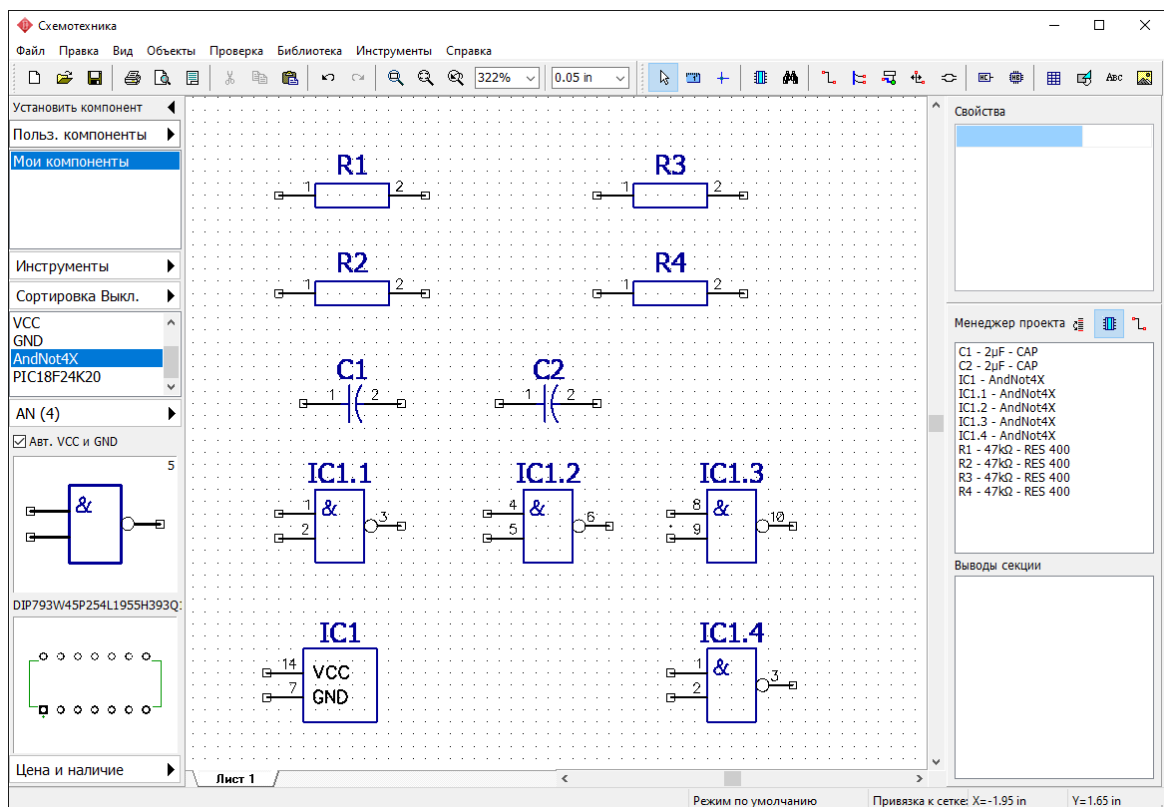
Мы создали компонент AndNot 4X с четырьмя однородными секциями и секцией питания.

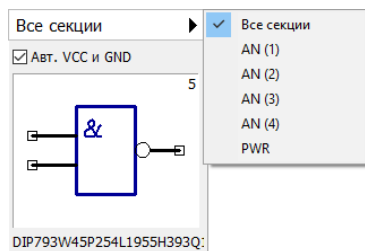
Все секции можно установить на схему одновременно, или по отдельности.

Нажмите **Все секции** и выберите в списке способ размещения многосекционного компонента. Можно выбрать **AN(4)**, чтобы установить секции по отдельности одна за другой, либо **PWR**, чтобы установить отдельно секцию питания. Зметьте, что, если стоит галочка **Авт. VCC и GND**, то секция питания устанавливается автоматически вместе с первой секцией компонента.

Выберите **AN(4)**, оставьте галочку **Auto PWR/GND** и установите на схеме компонент **AndNot4X**.

DipTrace автоматически переключается к следующей секции, когда предыдущая установлена. Убедитесь, что вы установили только один компонент (метки с 1.1 до 1.4), как на изображении ниже.



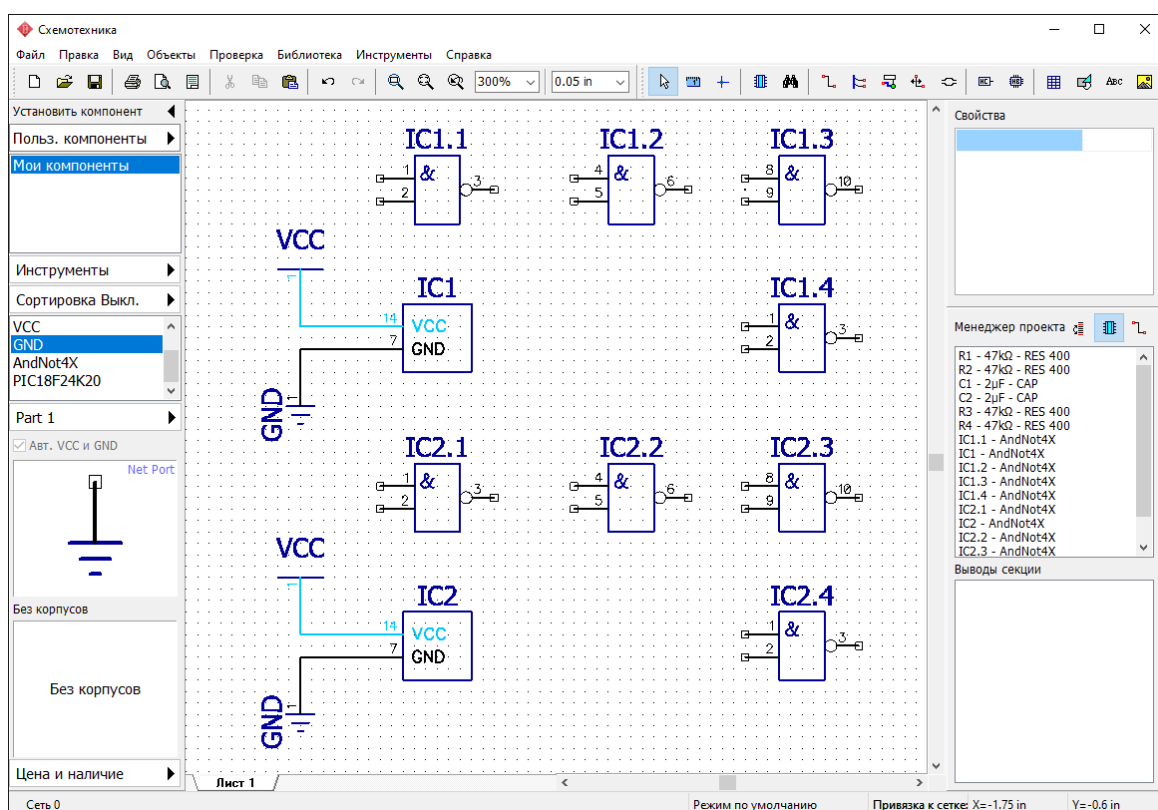


Как вы видите, все однородные секции компонента в списке **Все секции** сгруппированы. Для того чтобы разгруппировать однородные секции AN в меню кнопки **Все секции** на панели **Установить компонент**, выберите "Вид / Группировка однородных секций" из главного меню.

Соединение с помощью сетевых портов

Установите второй многосекционный компонент AndNot в области построения (IC2). Выберите сетевые порты VCC и GND на панели Установить компонент и установите их на схему. Соедините выводы как на изображении ниже.

Два провода, подключенные к сетевым портам одного типа, автоматически объединяются в одну сеть.



Для того чтобы переименовать сеть, кликните правой кнопкой по проводу и выберите самый верхний пункт из подменю, или правый клик по выводу и выберите "Имя сети" из подменю.

Имена компонентов можно менять прямо в Схемотехнике в окне **Компонент** на панели **Менеджера проекта** справа, либо через диалоговое окно **Свойств компонента** (правый клик на компоненте/Свойства).

Схемотехника позволяет:

- 1) Подсоединять выводы к сетям без использования проводов (правый клик на выводе, потом нажимаете **Добавить в сеть**, выбираете сеть, ставите галочку **Соединить без связи** и нажимаете **ОК**).
- 2) Объединять сети по имени (для этого достаточно поставить галочку **Объединить с сетями по имени** в диалоговом окне **Свойства сети**).
- 3) Автоматически подсоединять выводы к сетям по имени (поставьте галочку **Подключить к выводам по имени** в диалоговом окне **Свойства сети**). Этот метод наиболее эффективен для соединения соответствующих выводов компонентов в сети VCC, GND, CLK и т.д. Мы обсудим это более детально в следующем разделе руководства.

Теперь можете закрыть схемотехнику, изменения не сохраняйте.

Редактор плат PCB Layout

Откройте Редактор Корпусов PCB Layout с помощью Пуск/ Все программы/ DipTrace/ PCB Layout на Windows OS или Applications/ DipTrace Launcher/ PCB Layout для пользователей Mac OS.

Как вы уже знаете, полноценный компонент всегда состоит хотя бы из схемотехнического символа и корпуса (посадочного места). Схемотехника работает только с символами компонентов, а Редактор плат — с корпусами соответствующих компонентов. Вы можете выбрать библиотеку компонентов в Редакторе плат, но, если у символа нет подключенного корпуса, то установить его в области построения платы нельзя. Кроме того, обратите внимание, что в группе библиотек Корпуса для удобства собраны все корпуса стандартных библиотек DipTrace без схемотехнических символов.

Помните, как в соответствующем разделе руководства мы создавали библиотеку корпусов, из которой потом подключали корпуса к компонентам? Давайте выберем ее в Редакторе плат PCB Layout. Выберите группу библиотек **Польз. корпуса**, а затем выберите библиотеку **Мои корпуса**. Вы увидите все корпуса, которые мы создали в разделе "Разработка библиотеки корпусов".

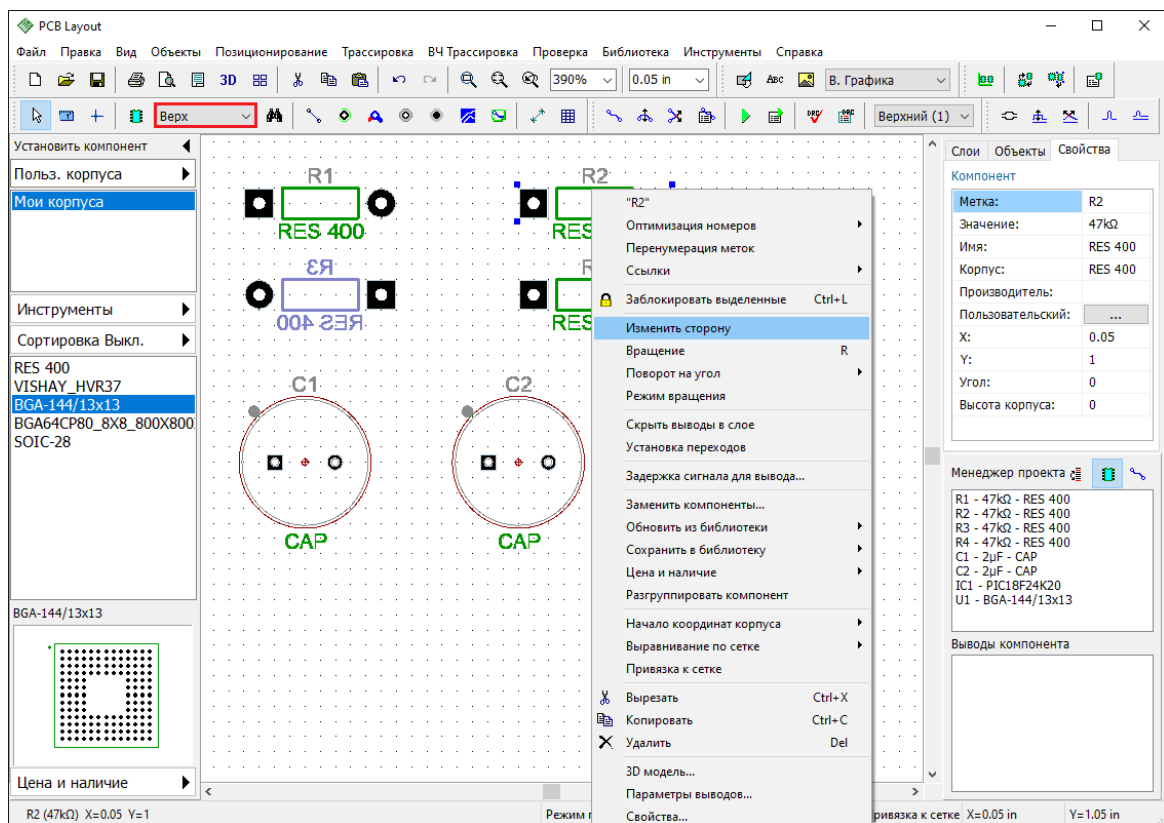
Теперь выберите группу библиотек **Польз. компоненты** и выберите библиотеку **Мои компоненты**. В нашей библиотеке компонентов нет корпусов только у сетевых портов, следовательно, установить их на плату мы не сможем. Установите несколько компонентов на плату (левый клик на компоненте на панели Установить компонент, потом клик в области построения, чтобы установить его).

Вернитесь в группу библиотек **Польз. корпуса** и установите корпус **BGA-**

144/13x13. Поскольку этот корпус мы не подсоединяли к какому-либо компоненту, то и доступен он только в библиотеке корпусов.

Измените общие параметры отображения меток корпусов чтобы имена и метки корпусов отображались в области построения ("Вид / Надписи корпусов", в колонке Показать поставьте галочку для параметра Метки и Имя; Выровнять - По размерам). Для изменения индивидуальных настроек корпуса, кликните правой кнопкой по нему в области построения, выберите **Свойства**, и выберите вкладку **Надписи**.

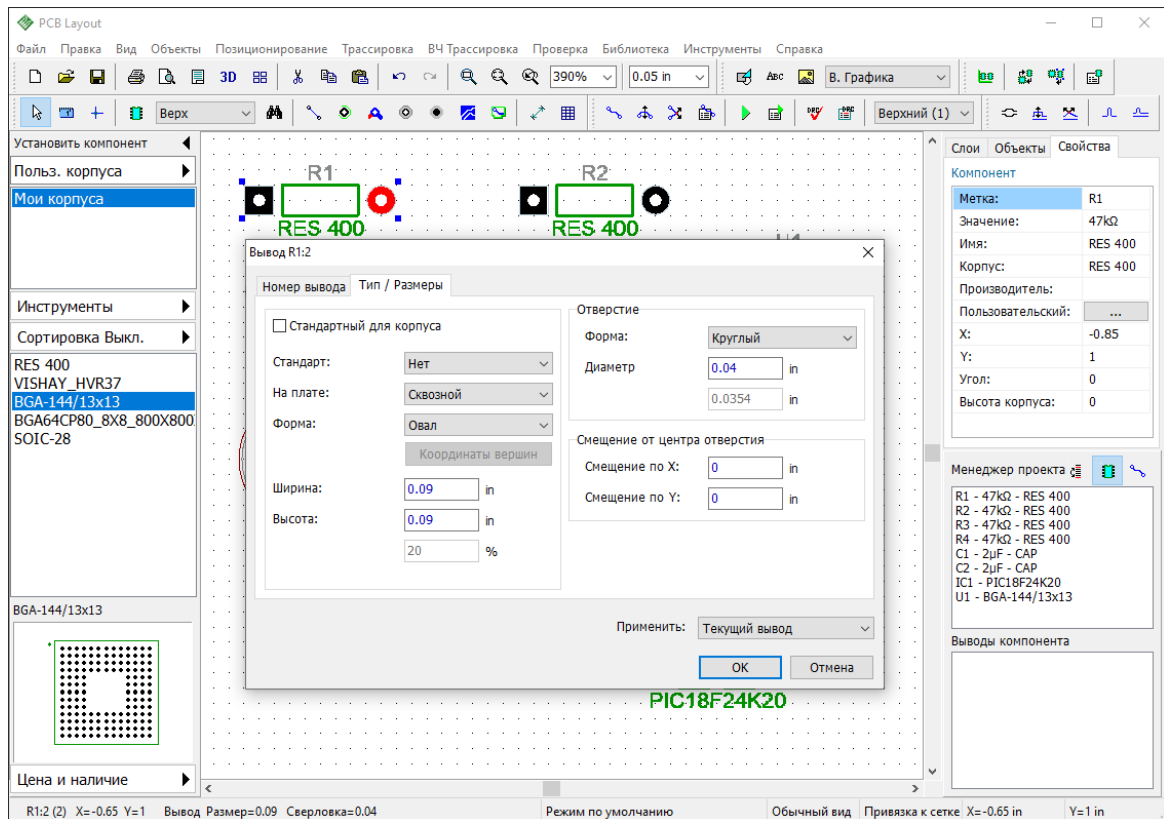
Если вы хотите установить корпус на нижнюю сторону платы, выберите **Низ** в выпадающем меню на Панели объектов. Если компоненты уже были установлены, можно изменить сторону их установки (правый щелчок по компоненту в области построения и выберите **Изменить сторону** из выпадающего меню). Например, на рисунке ниже один из резисторов (R3) установлен на нижней стороне платы.



В DipTrace есть возможность поменять параметры КП (контактных площадок) как для корпуса целиком, так и каждой контактной площадки по отдельности. Например, давайте посмотрим, как поменять один из выводов резистора. Наведите курсор на вывод (он должен подсветиться), кликните правой кнопкой и выберите **Свойства вывода** из подменю. В диалоговом окне уберите галочку **Стандартный для корпуса**, чтобы открыть индивидуальные параметры вывода, и измените их.

Если в окне свойств вывода вы нажмёте кнопку **Свойства площадок корпуса**, то откроется окно общих параметров площадок корпуса, которые применяются ко всем выводам. Для редактирования общих параметров

площадок корпуса можно также кликнуть правой кнопкой по корпусу (должен подсвечиваться весь корпус, а не только вывод) и выбрать **Параметры выводов**.



Обратите внимание, что, если точка начала координат корпуса не совпадает с центральной точкой корпуса (корпус не отцентрован в Редакторе корпусов), то программа будет отображать точку начала координат во время установки корпуса на плату.

Отображение точки начала координат можно включить в ручном режиме для выбранных компонентов, достаточно кликнуть правой кнопкой по корпусу и выбрать **Начало координат корпуса**, а затем выбрать **Показать**. Попробуйте вращать корпуса чтобы убедиться, что они вращаются вокруг центральной точки, которая также является и началом координат.

5 Прочие функции и инструменты

Эта часть учебника включает описание важных функций, которые не были рассмотрены ранее. В этом разделе мы полагаемся на то, что у пользователя уже есть базовые навыки работы с программой, которые обсуждались в предыдущих разделах.

5.1 Соединения

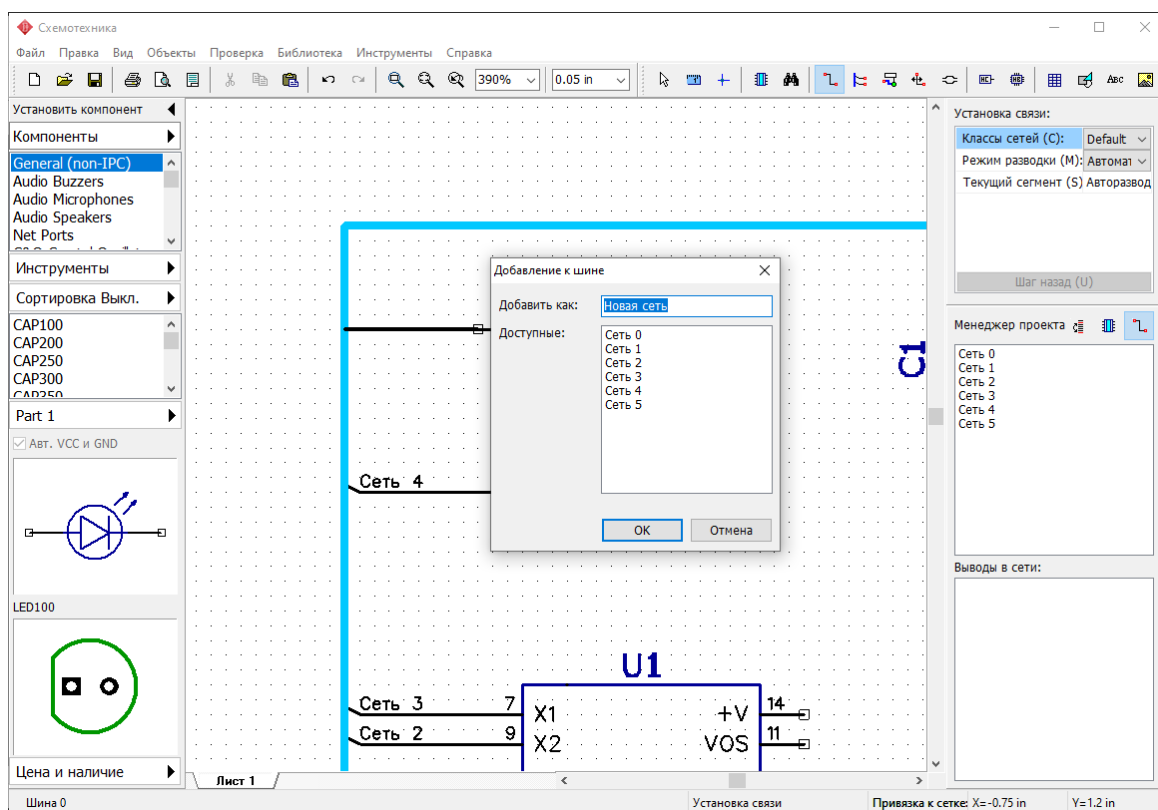
5.1.1 Работа с шинами и межстраничными переходами

Сейчас мы научимся использовать шины и межстраничные переходы в Схемотехнике DipTrace. Можете продолжить работать со схемой, которую мы создали в предыдущей части учебника, или создать новую схему с любыми компонентами просто для практики.

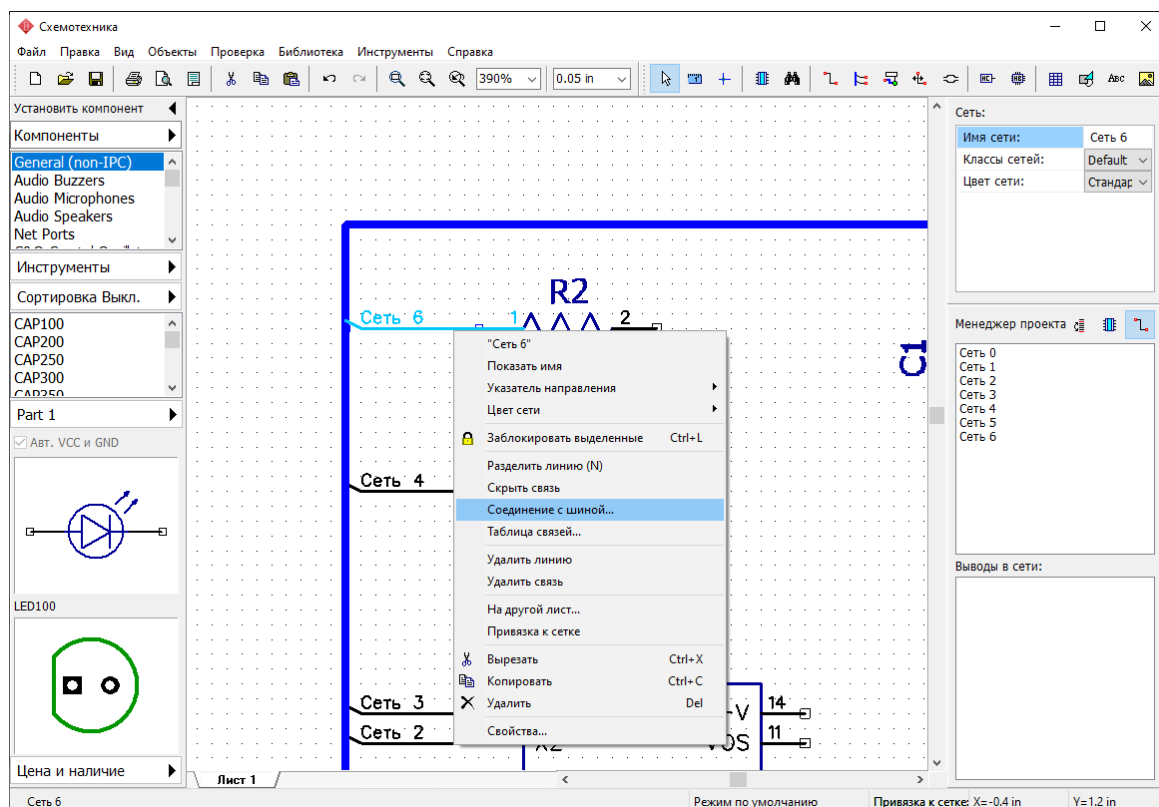
Как создать шину

Выберите "Объекты / Схема / Установка шины" или нажмите  на Панели объектов, затем нарисуйте шину в области построения, задавая ее узловые точки. Щелкните правой кнопкой и выберите **Ввод** для окончания установки шины, после чего щелкните правой кнопкой в области построения, чтобы вернуться в режим по умолчанию. Подведите курсор к выводу какой-либо компонента и щелкните левой кнопкой на нем, затем проведите линию к шине и щелкните еще раз левой кнопкой для соединения.

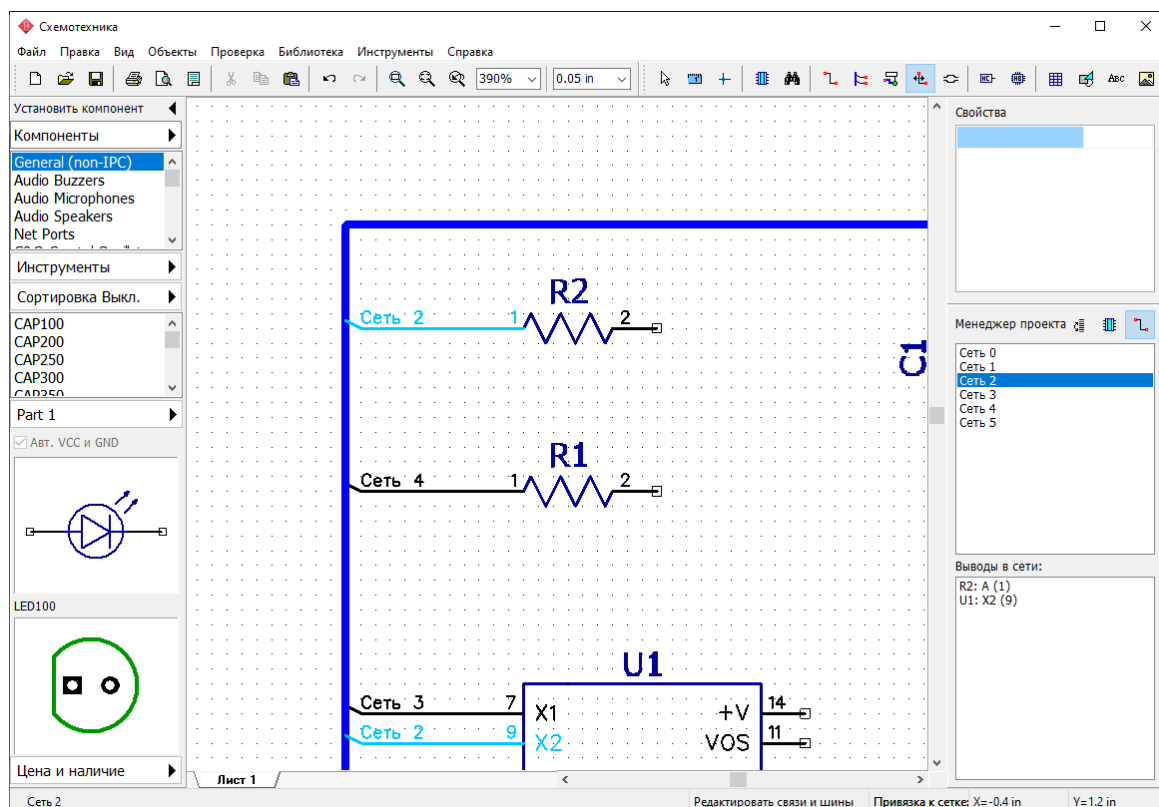
В появившемся диалоговом окне вы можете создать новую сеть в шине или подключить вывод к сети, которая уже существует, и подключена к этой шине.



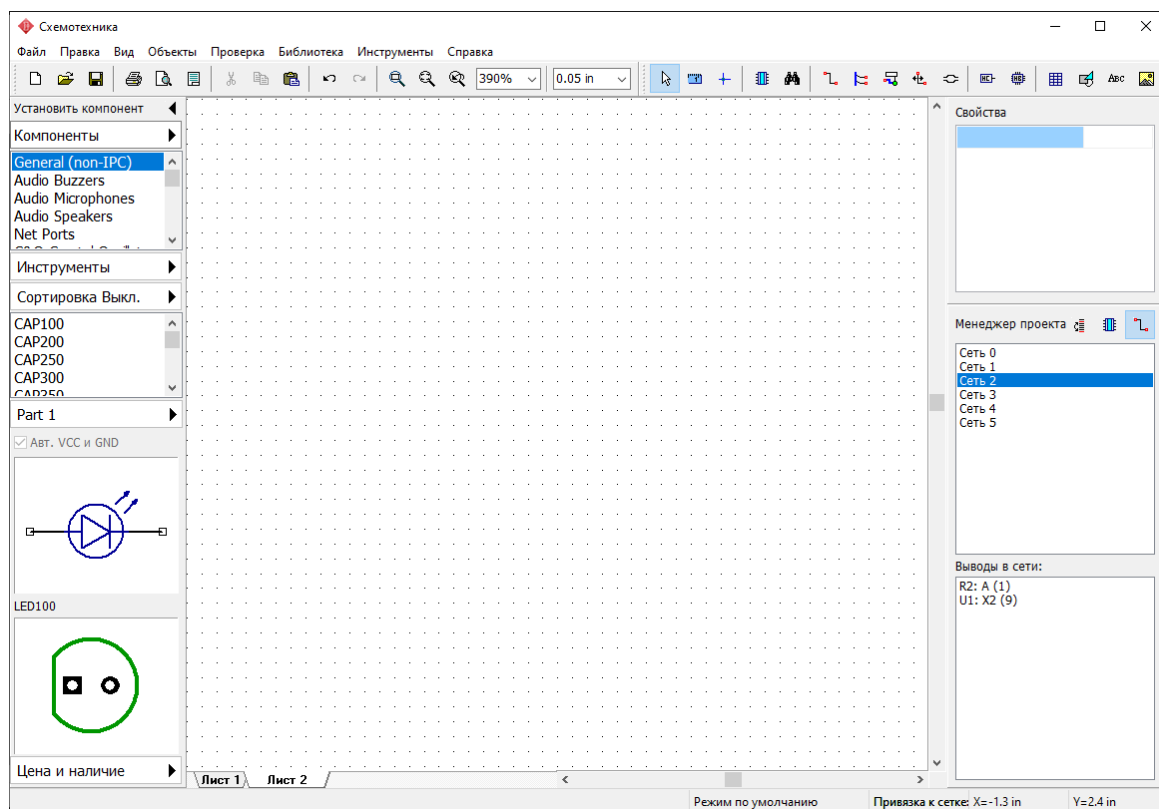
На рисунке выше при подключении каждого вывода к шине мы создавали новую сеть, поэтому сейчас у нас есть шесть отдельных сетей (с Сети 0 по Сеть 5). Провода можно переназначать в любой момент уже после их подключения к шине, для этого кликните правой кнопкой по проводу и выберите **Соединение с шиной**. Появится то же самое окно, что и при первом подключении провода к шине, где можно соединить провод с любой сетью.



С помощью диалогового окна **Добавление к шине** мы соединим Сеть 6 с Сетью 2, для этого, выберем Сеть 2 в списке доступных сетей. Теперь на схеме больше нет Сети 6, а есть Сеть 2, которая соединяет выводы R2 и U1 через шину.



Теперь добавьте еще один лист к схеме, выберите "Правка / Добавить лист" из главного меню, или нажмите *Ctrl+Ins*. Новый лист появился в левом нижнем углу области построения. Выберите его, кликнув по соответствующей вкладке. Мы рассмотрим особенности работы с многострочными и иерархическими схемами позже.

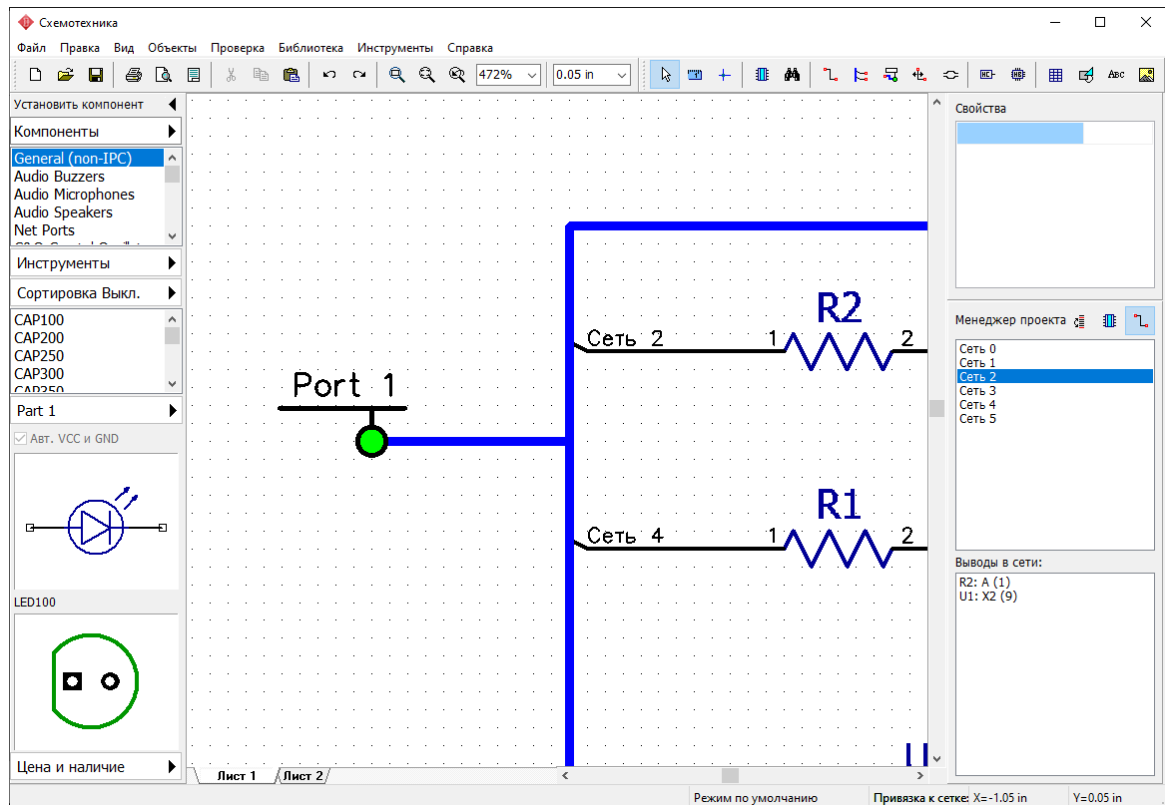


Листы можно удалять, переименовывать или вставлять новые между двумя существующими. Просто нажмите правой кнопкой на вкладках с именами листов в левом нижнем углу области построения и выберите нужное вам действие из подменю.

Межстраничный переход (порт для шин)

Нажмите  на Панели объектов и установите межстраничный переход (порт шин) на Листе 2. Он должен автоматически называться "Port 0". Теперь переключитесь на первый лист схемы и установите там еще один межстраничный переход — Port 1. Теперь нужно подсоединить шину к переходу Port 1. Выберите "Объекты / Схема / Установка шины" и соедините шину с переходом, кликнув левой кнопкой по шине, а потом по межстраничному переходу.

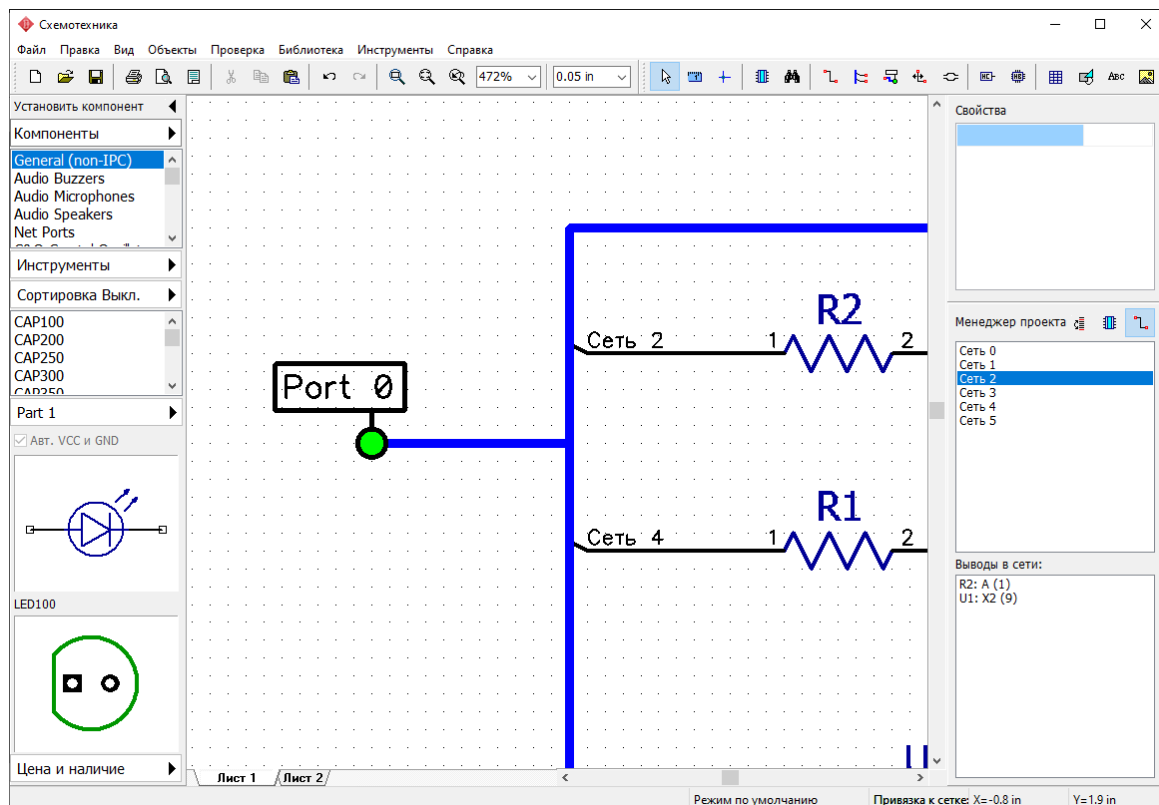
*Заметьте, если шина правильно подключена к переходу, то синий круг межстраничного перехода становится **зеленым**. Если он не светится зеленым, то шина не подключена.*



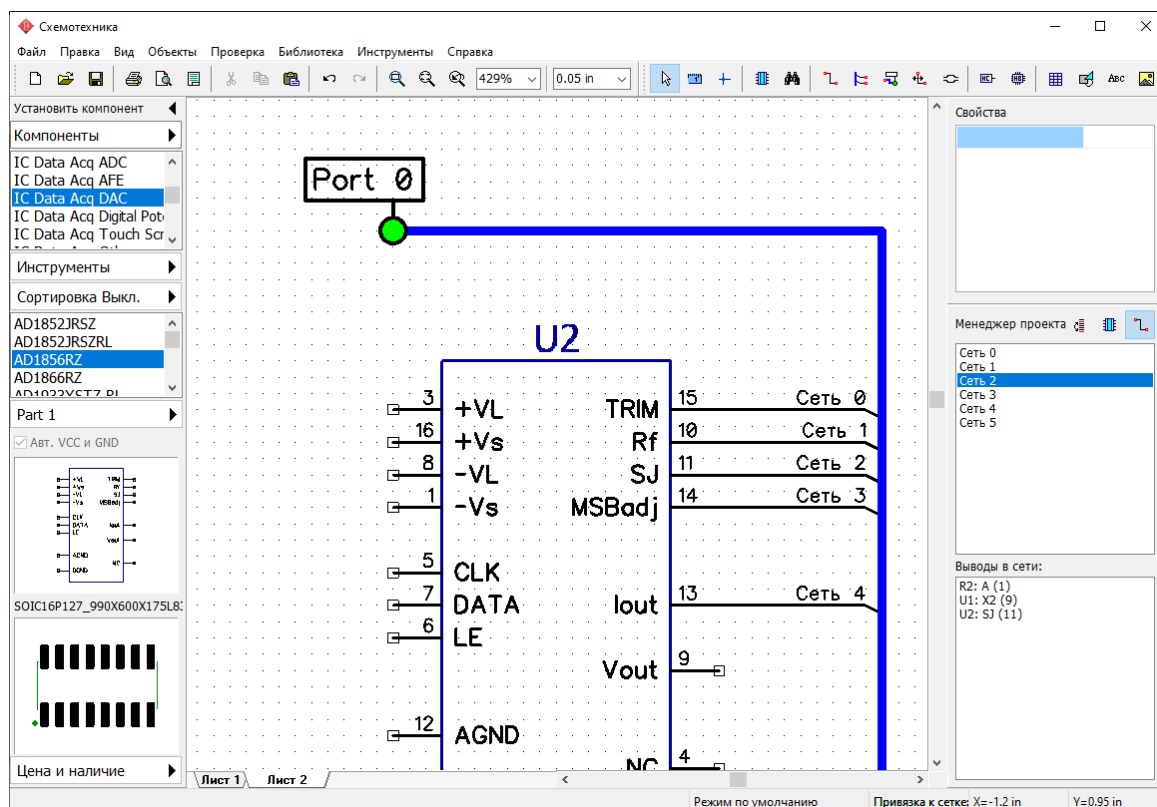
Просто установить два порта не означает, что эти порты соединены между собой. Для того чтобы порты были соединены между собой, они должны иметь одинаковое имя.

Переименуйте "Port 1" в "Port 0" (как вы помните, это имя перехода со второго листа). Кликните правой кнопкой по межстраничному переходу, выберите первый пункт из подменю и введите "Port 0". Нажмите **ОК**. Сразу после этого вокруг имени порта появится рамка. Это означает, что данный порт подключен к другому порту с идентичным именем.

Можно соединить между собой сколько угодно портов, просто называя их одинаково.



Таким образом, мы только что объединили шины на первом и втором листах нашей схемы в одну шину. Теперь выберите Лист 2 и создайте шину, соединенную с Port 0. Имя этой шины такое же, как и шины на Листе 1, т.е. это одна и та же шина. Давайте добавим несколько компонентов на Лист 2 схемы, например, AD1856RZ из библиотеки IC Data Acq DAC. Подключите выводы этих компонентов к шине. Аналогично, с помощью шин можно соединять выводы на разных листах схемы.

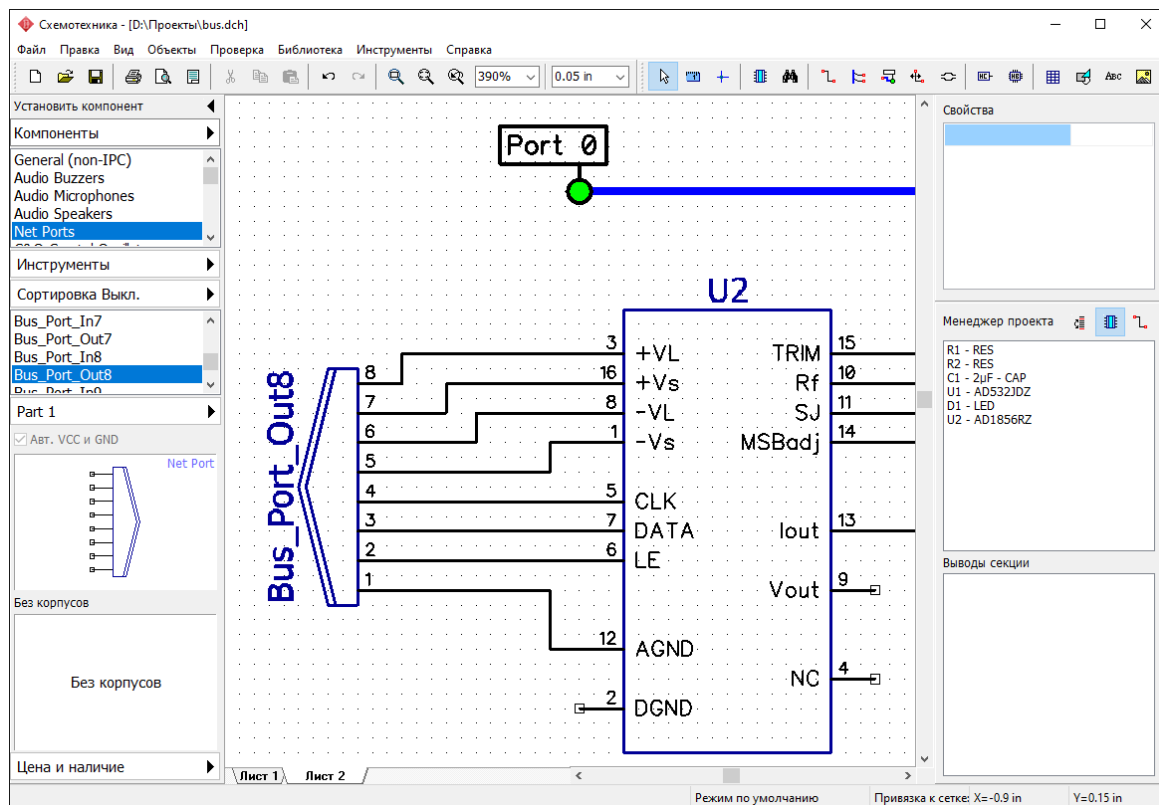


5.1.2 Работа с портами

Мы уже использовали сетевые порты ранее для соединения сетей [VCC и GND](#) [178]. В большинстве случаев они используются именно так, однако есть порты с несколькими выводами, которые позволяют соединять несколько сетей за раз.

Мы продолжим работать со схемой из предыдущего раздела. Убедитесь, что на ней есть неподключенные выводы на Листе 2. Теперь выберите библиотеку **Net Ports** из группы библиотек **Компоненты**, найдите в ней компонент **Bus_Port_Out 8** и установите его в область построения.

Подсоедините выводы компонента к Bus_Port_Out 8, затем переключитесь на Лист 1 и установите порт **Bus_Port_Out8** на этом листе и подсоедините к нему несколько сетей. Обратите внимание, провода, подсоединенные к одинаковым выводам **Bus Port 8** на разных листах, объединились, т.е. все связи, соединенные с выводом 1 Bus Port 8, соединены в одну сеть, то же самое и с другими выводами порта. Вы можете соединять или отсоединять порты между собой, переименовывая их (щелкните правой кнопкой, затем выберите **Свойства**).

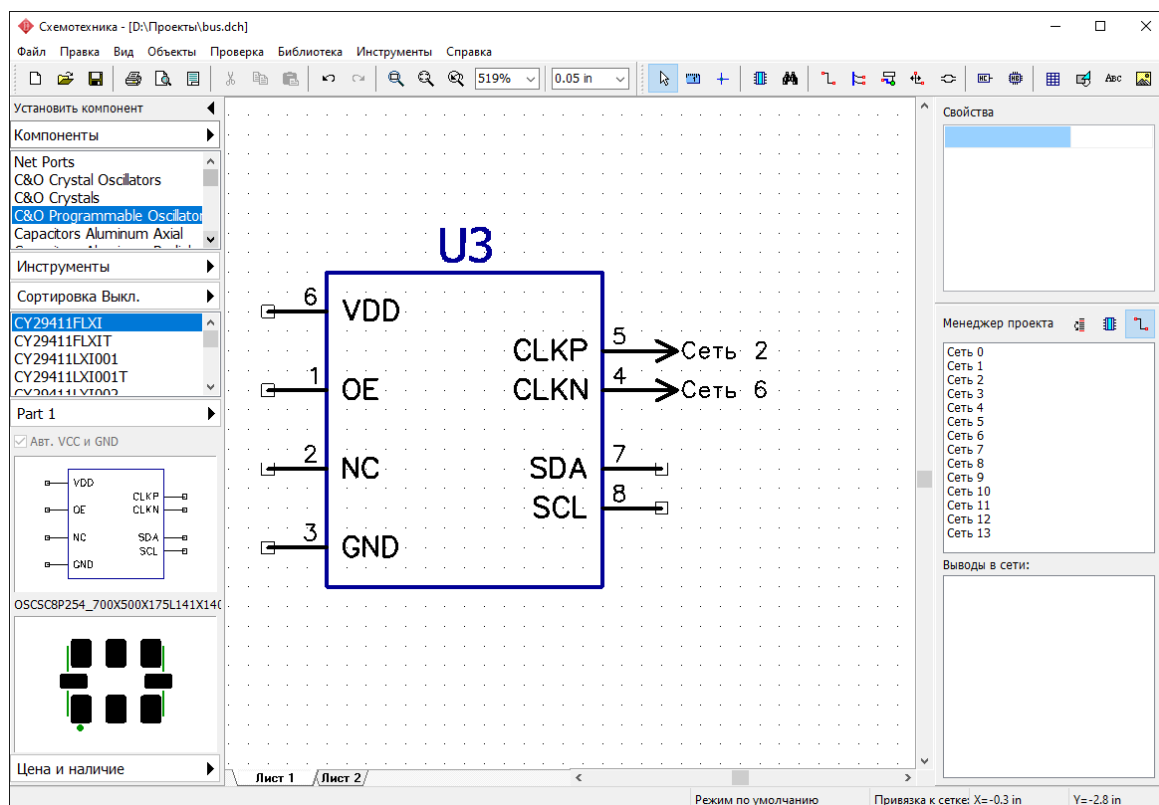


5.1.3 Соединения без связей

В DipTrace выводы компонентов можно соединять как визуально (проводами и шинами), так и логически (по имени, без проводов, через порты).

Соединение выводов без связи

Выводы можно соединять логически, в этом случае соединение не зависит от расположения компонента или листа. Подведите курсор к выводу, который еще не соединен, щелкните правой кнопкой по нему, выберите **Добавить в сеть**. В появившемся окне выберите сеть и установите галочку **Соединить без связи**, затем нажмите **ОК**.

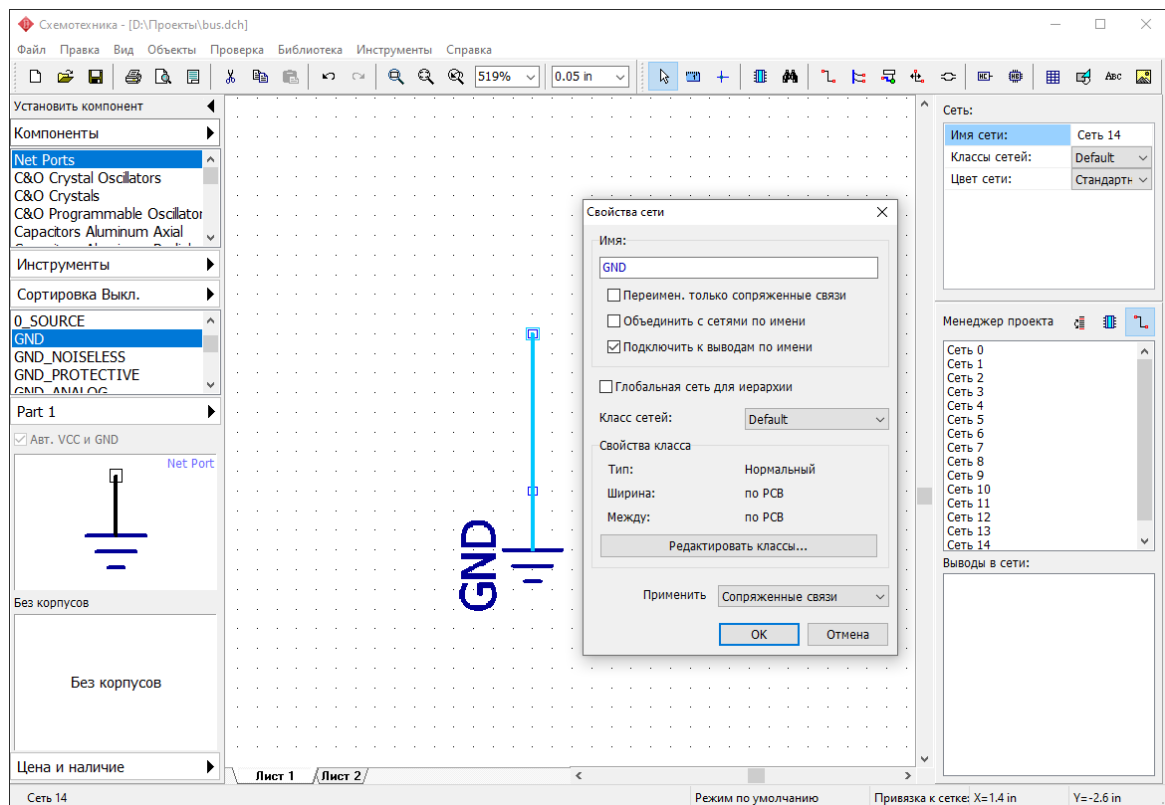


Соединение сети по имени

Теперь мы попробуем подсоединить выводы к сети по имени. Найдите свободное место на листе и разместите один символ **GND** из библиотеки **Net Ports**. Щелкните левой кнопкой по его выводу, переместите курсор немного вверх и нажмите клавишу *Enter*, чтобы создать часть провода подключенного только к GND.

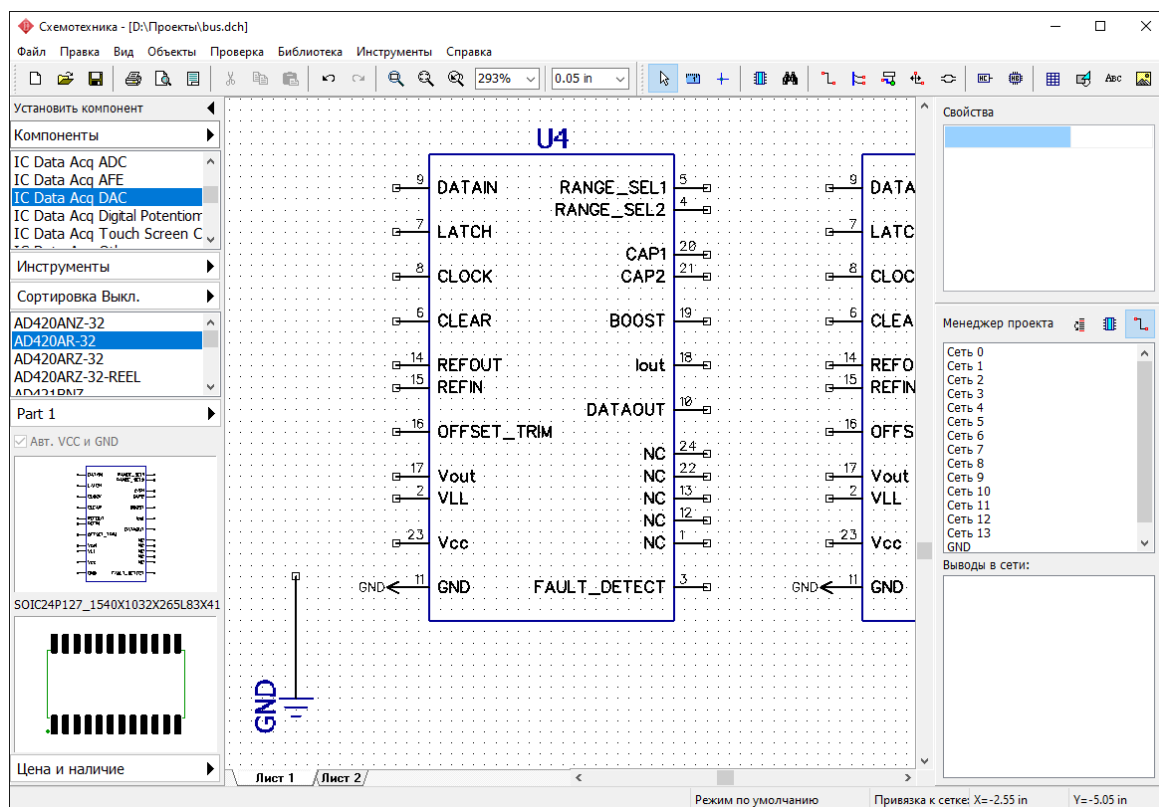
После этого сделайте правый клик по проводу, выберите **Свойства** и введите "GND" в поле **Имя**. Поставьте галочку **Подключить к выводам по имени**, нажмите **OK**.

Программа автоматически подсоединит все неподключенные GND выводы компонентов на схеме к соответствующей сети.



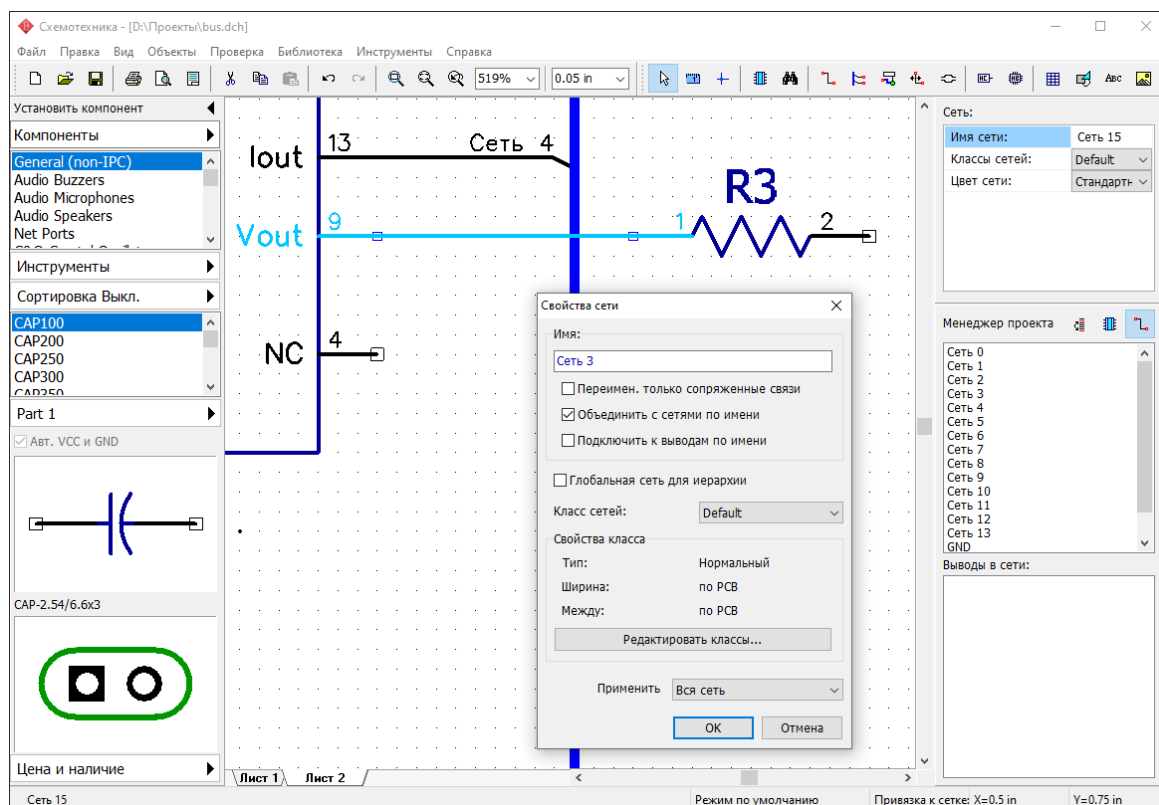
Теперь выберите библиотеку **IC Data Acq DAC** и [найдите](#)^[195] в ней компонент **AD420AR-32** (нажмите **Сортировка Выкл.**, введите "AD420AR-32" в поле **Имя** и нажмите **Применить сортировку**). Установите этот компонент несколько раз в области построения.

Обратите внимание, что все выводы GND размещенных компонентов автоматически подсоединяются к сети GND без проводов, поскольку мы включили опцию **Подключить к выводам по имени** для сети GND в диалоговом окне **Свойства сети**. Программа проверяет все присутствующие компоненты на наличие свободных выводов, чье имя совпадает с именем сети. Это простейший способ соединения всех выводов схемы с одинаковым именем. Наиболее часто он используется для соединения выводов питания, сигналов тактового генератора (CLK) или даже шины данных.



Соединение сетей по имени

Кроме того, в Схемотехнике DriTrase сети на разных листах можно соединять по имени, без использования сетевых портов или шин. Просто выберите какую-нибудь сеть на первом листе вашей схемы, запомните ее имя, перейдите во второй лист схемы, сделайте правый клик на сети которую хотите подключить к сети с первого листа и выберите **Свойства** из подменю. В появившемся диалоговом окне переименуйте выбранную сеть (введите имя сети из первого листа), затем поставьте галочку **Объединить с сетями по имени** и нажмите **ОК**.

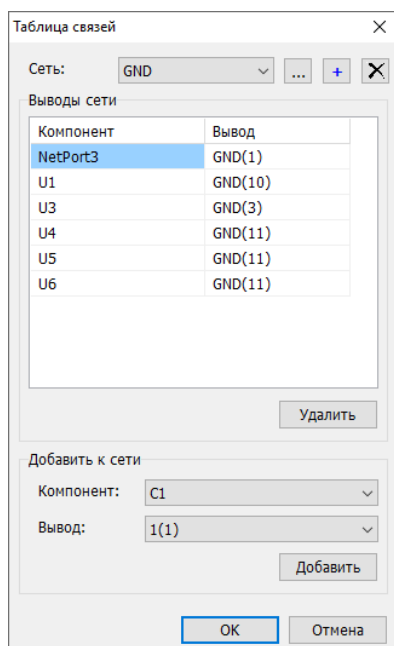


Обратите внимание, что эта функция работает так же, как если бы вы просто переименовывали сеть. Если вы вводите имя сети, которая уже существует, программа обязательно переспросит, действительно ли вы хотите соединить сети по имени.

*Нельзя соединить сети по имени, если они находятся на разных уровнях иерархической схемы. В этом случае нужно использовать **глобальные сети**. Что это такое, мы узнаем в разделе, посвященном иерархической схемотехнике.*

5.1.4 Таблица связей в Схемотехнике и Редакторе Плат

Одним из способов создания/редактирования/удаления соединений в Схемотехнике и PCB Layout является таблица связей. Выберите "Объекты / Таблица связей" из главного меню Схемотехники или "Трассировка/Таблица связей" в Редакторе плат.



Откройте таблицу связей в Схемотехнике. Выберите одну из сетей с помощью выпадающего списка вверху окна — вы увидите выходы, подключенные к этой сети.

Теперь можно легко добавлять выходы к сети или удалять их. Для добавления вывода, выберите компонент и его вывод внизу окна, затем нажмите **Добавить**.

Заметьте, отображаются только свободные выходы, поэтому, если вы не можете найти нужный вывод в списке, это значит, что он уже подключен к другой сети.

Нажмите , чтобы создать новую сеть,  — чтобы переименовать сеть,  — чтобы удалить сеть.

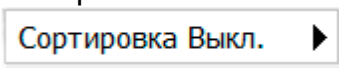
Нажмите **ОК**, чтобы принять изменения и закрыть таблицу связей или **Отмена**, чтобы закрыть диалоговое окно и вернуться к предыдущей структуре сетей.

5.2 Как искать компоненты в библиотеках

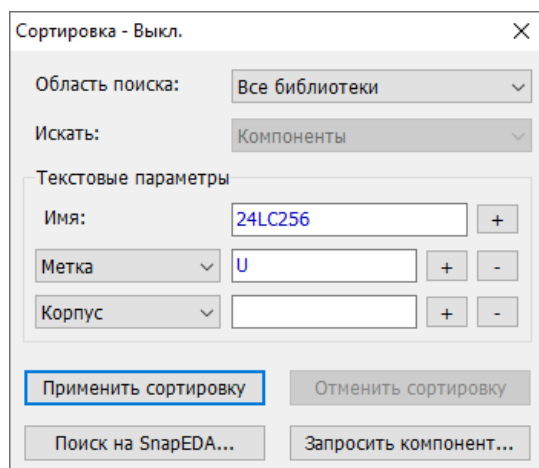
DipTrace 4.X устанавливается вместе с пакетом стандартных библиотек (более 170 тыс. компонентов), который постоянно пополняется. Компоненты отсортированы по типам. Все библиотеки для удобства располагаются в группах библиотек, а изменения, внесенные в структуру библиотек в одном модуле программы, сразу же появляются во всех остальных. Для поиска можно использовать многоуровневые поисковые (сортировочные) фильтры.

Сортировочные (поисковые) фильтры

Для того чтобы настроить и запустить фильтр для поиска в Схемотехнике, выберите "Объекты / Поиск компонентов" в главном меню или нажмите



на панели Установить компонент.



В появившемся диалоговом окне выберите область поиска: все библиотеки, в текущей группе библиотек или в текущей библиотеке и введите имя или часть имени компонента. Компоненты можно фильтровать по имени, метке, значению, корпусу, производителю, документу или по пользовательским полям.

Нажмите **+** или **-**, чтобы добавить или удалить фильтр, и выберите соответствующую опцию в выпадающем списке.

Как вы видите на изображении выше, мы ищем компонент 24LC256 с меткой "U".

Нажмите **Применить сортировку**. Вы можете остановить процесс поиска в любой момент, нажав кнопку **Остановить сортировку**. По завершении сортировки в списке компонентов библиотеки на панели Установить компонент отображаются только те компоненты, которые соответствуют данным поисковым фильтрам.

Текущее состояние сортировочных поисковых фильтров отображается на панели Установить компонент—"Сортировка Выкл./Вкл.". Для того чтобы отключить фильтры, откройте диалог **Сортировка** снова и нажмите **Отменить сортировку**.

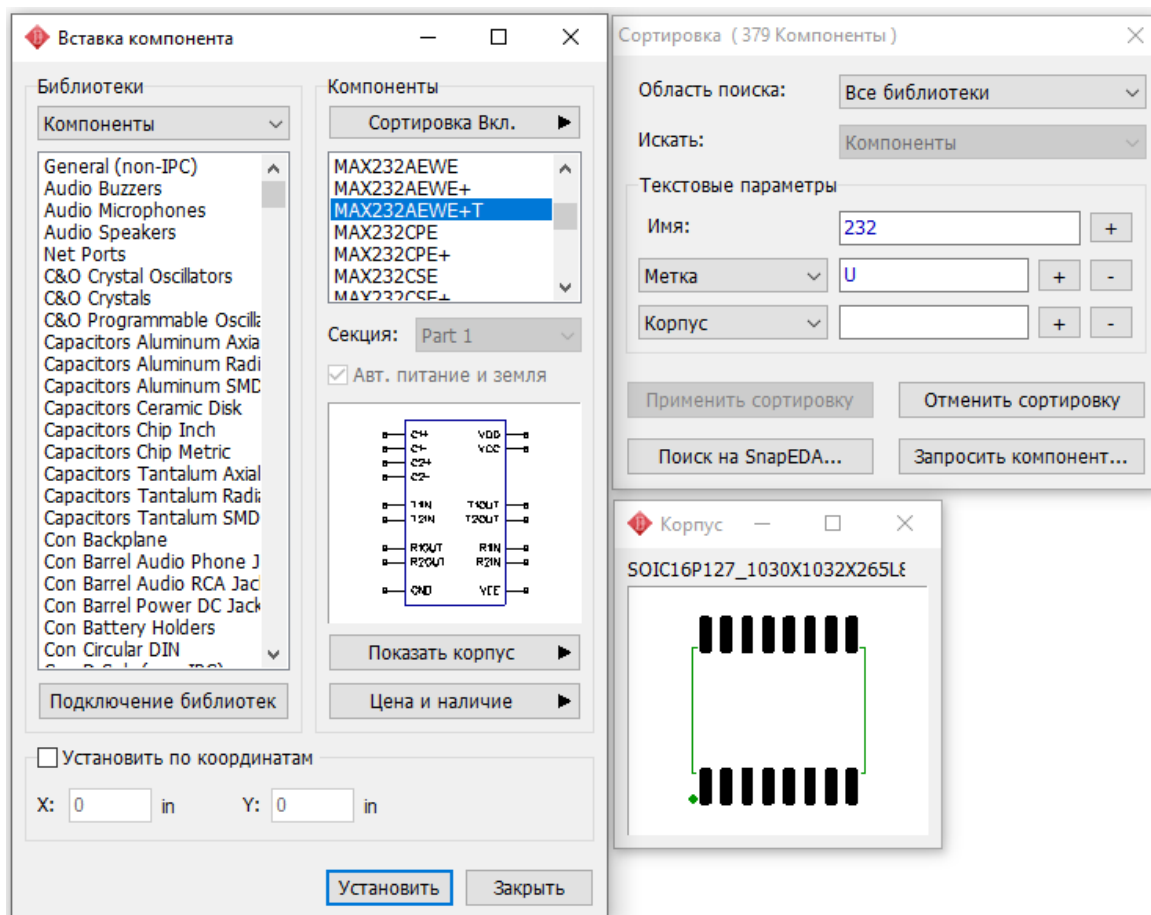
Вы можете перенаправить поиск с введенными параметрами в базу SnapEDA, нажав кнопку **Поиск на SnapEDA** (подробное описание см. ниже), либо же заказать разработку компонентов инженерами DipTrace (кнопка Запросить компонент).

Установить компонент

Для поиска компонентов можно использовать диалоговое окно **Вставка компонента** ("Объекты / Вставить компонент" в Схемотехнике). В появившемся диалоговом окне разобраться несложно: оно разделено на 2 области - Библиотеки и Компоненты. Выберите группу библиотек в выпадающем списке, после чего выберите библиотеку в списке ниже и компонент в списке справа. Можно воспользоваться сортировкой для упрощения поиска.

Диалоговое окно Установка компонента идентичное как в Схемотехнике, так и в Редакторе плат.

Например, нам нужен компонент который содержит "232" в своем имени. Нажмите **Сортировка Выкл.**, выберите **Все библиотеки** в поле **Область поиска**, введите "232" в поле **Название** и нажмите **Применить сортировку**. Программа нашла 379 компонентов, у которых в названии есть "232". Компоненты отображаются списком, непосредственно под кнопкой. Выберите компонент, чтобы увидеть его символ, или нажмите **Показать корпус**, чтобы увидеть его корпус.



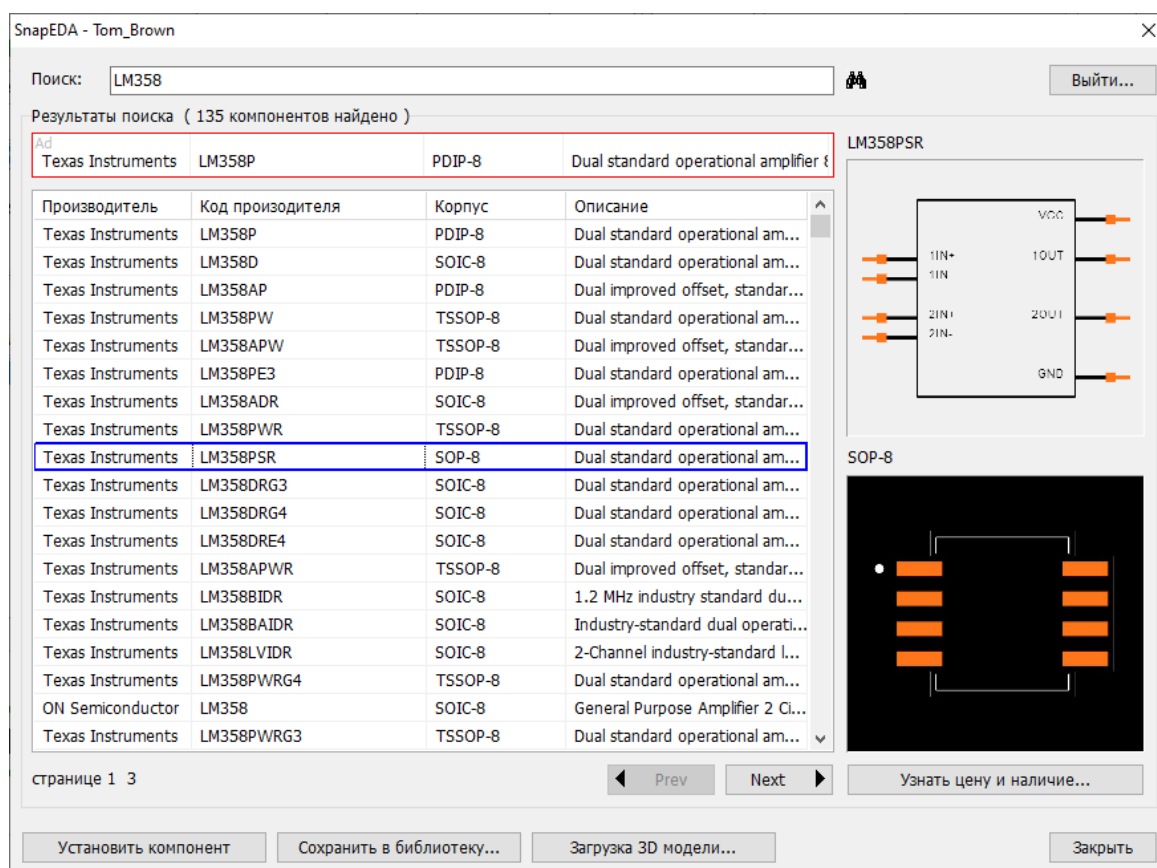
Включите дополнительные сортировочные фильтры, чтобы сузить параметры поиска и уменьшить количество соответствующих им компонентов. Также вы можете перенаправить поиск по заданным параметрам в базу данных SnapEDA, нажав на кнопку **Поиск на SnapEDA**.

Нажмите кнопку **Цена и наличие**, чтобы узнать цены и проверить наличие выбранного компонента у конкретного поставщика, либо у всех поставщиков из каталога Octopart.

Нажмите **Установить** и кликните в зоне построения, чтобы установить компонент, или поставьте галочку **Установить по координатам** и введите координаты, чтобы установить компонент в конкретном месте на схеме. В этом диалоговом окне также удобно работать с многосекционными компонентами.

База данных SnapEDA

DipTrace включает интегрированный инструмент, который позволяет выполнять поиск в базе данных SnapEDA из любого модуля программы. Чтобы запустить диалог поиска в Редакторе плат, перейдите в "Объекты/Поиск компонентов на SnapEDA". Зарегистрируйте бесплатную учетную запись в SnapEDA - и вы готовы к работе. Давайте поищем усилитель; введите **LM358** в строку **Поиск** и нажмите . Выберите компонент **LM358PSR** из списка результатов.



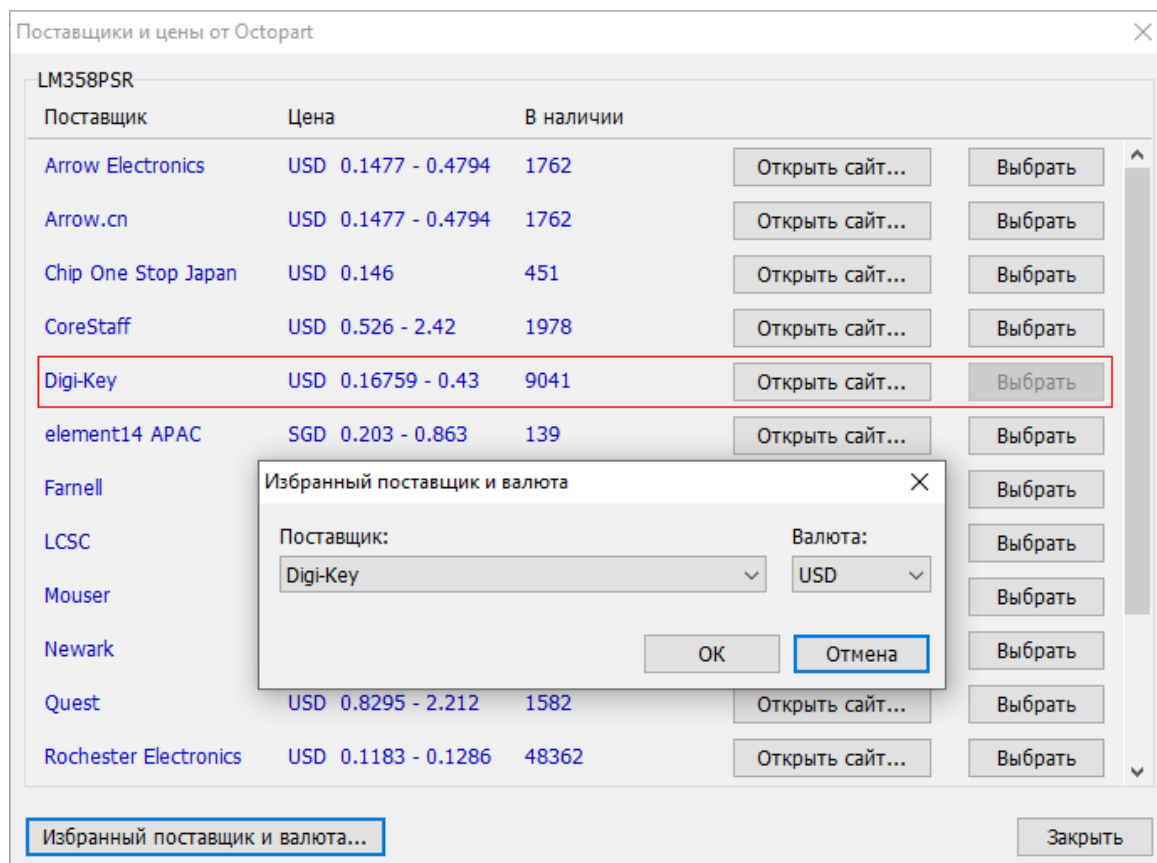
Теперь нажмите кнопку "Установить компонент", чтобы разместить корпус в области построения. Кроме того, вы можете нажать кнопку "Сохранить в библиотеку", чтобы сохранить его в существующей пользовательской библиотеке, либо же создать новую. Помните, что вы не можете изменять стандартные библиотеки.

Обратите внимание, что кнопка **Загрузка 3D-модели** активна, а это означает, что в базе данных доступна 3D-модель для этого компонента. Нажмите на нее и сохраните файл .step на свой компьютер. 3D-модель прикрепляется к компоненту автоматически, однако рекомендуется проверить её положение относительно посадочного места и при необходимости откорректировать его.

Чтобы выбрать наиболее подходящий компонент для проекта, также необходимо знать, доступен ли он в настоящее время и его цену. Нажмите кнопку **Узнать цену и наличие** - вам будет предложено проконсультироваться

на сайте Digi-Key или просмотреть предложения всех поставщиков из каталога Octopart. Выберите второй вариант. Во всплывающем окне вы увидите цены, установленные разными поставщиками, а также наличие компонента в данный момент.

Обратите внимание, что Digi-Key является избранным поставщиком по умолчанию. Вы же можете выбрать другого: нажмите кнопку "Избранный поставщик и валюта", выберите предпочтительного поставщика и валюту из раскрывающегося списка, нажмите **ОК**.



5.3 Метки компонентов

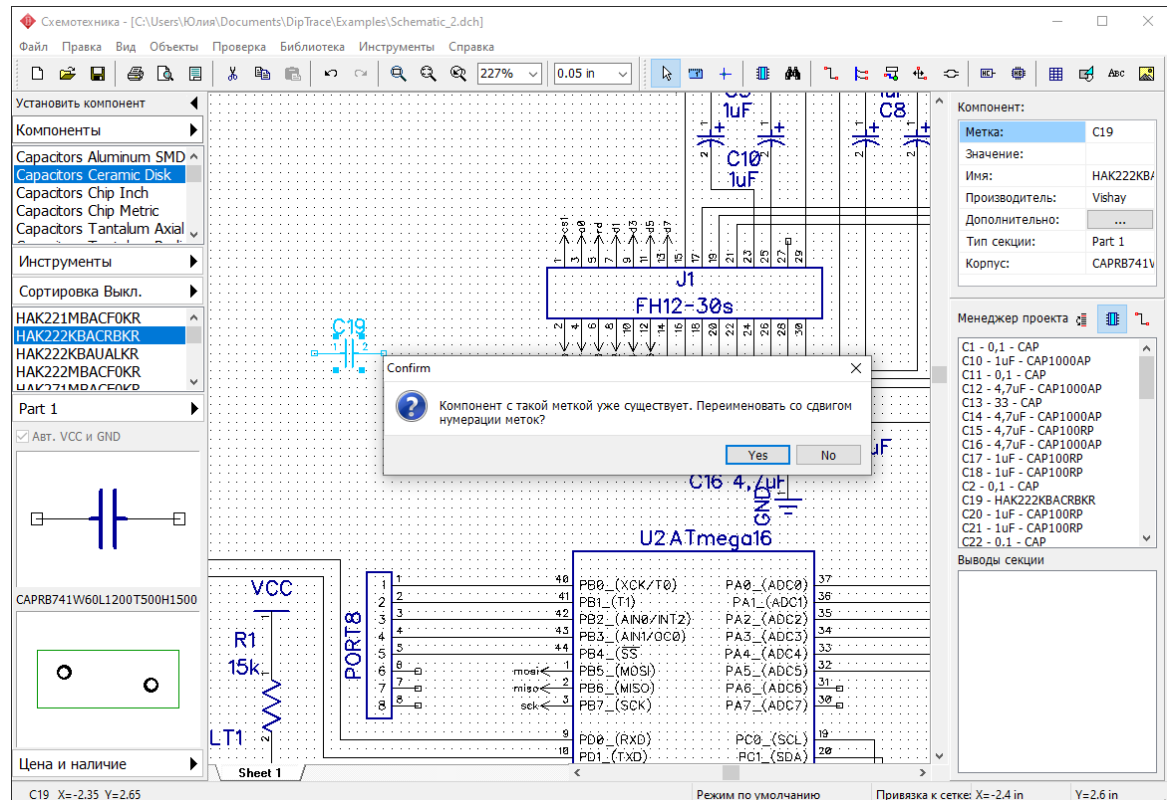
Теперь мы поработаем с примером схемы, который находится в папке "Документы\ DipTrace \Examples". Откройте файл Schematic_2.dch.

На этой схеме вы можете увидеть различные типы соединения выводов, однако сконцентрируемся мы на работе с метками. Текущая схема содержит 23 конденсатора от C1 до C24 (C19 пропущен).

Оптимизация меток

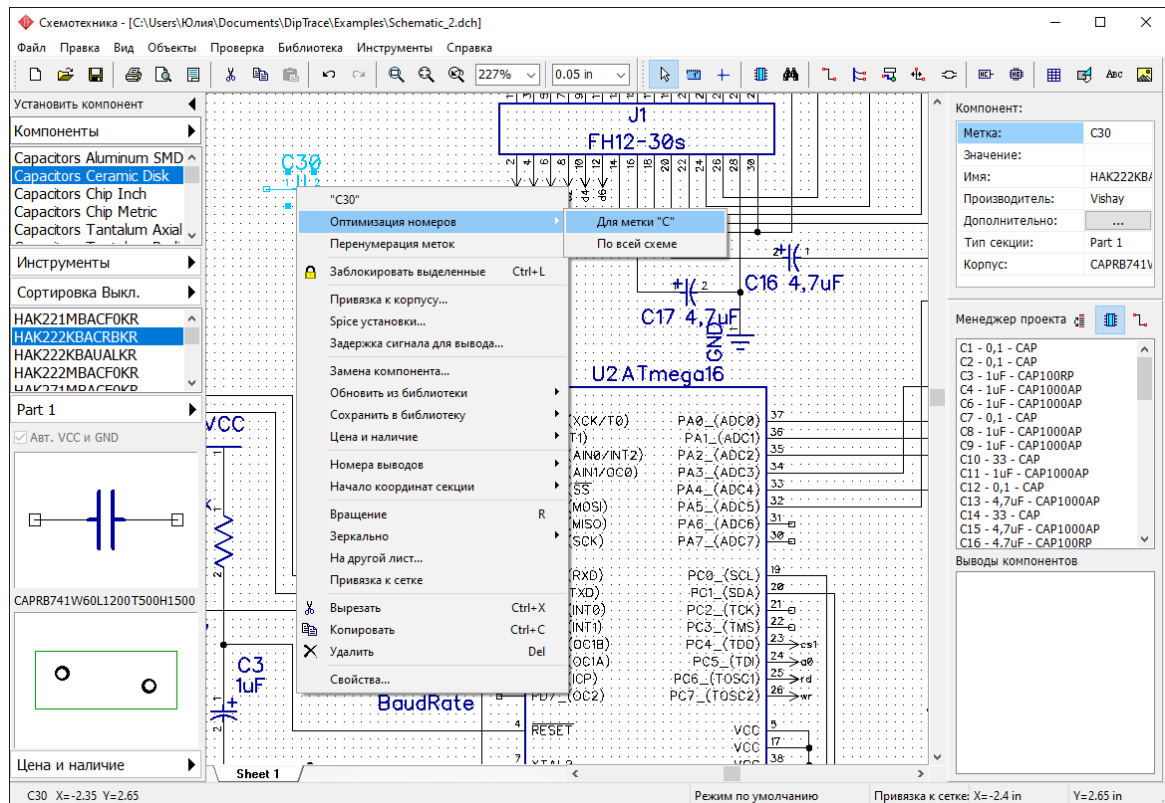
Во время создания/ редактирования схемы часто приходится добавлять или удалять компоненты. Для примера давайте добавим один конденсатор: выберите НАК222KBACRBKR из библиотеки **Capacitors Ceramic Disk** и разместите его в области построения. Мы хотим, чтобы новый компонент имел

метку C5, но программа назначила C19, ведь именно такая метка отсутствует, а вот компонент с меткой C5 на схеме есть. Поменяйте метку вручную: сделайте правый клик на компоненте C19, выберите первый пункт в подменю, введите "C5" и нажмите **ОК**. Программа покажет предупреждение и предложит переименовать компонент со сдвигом нумерации меток. Нажмите **Yes**.



Конденсатор C19 стал C5 и произошел сдвиг нумерации индексов: тот, который имел метку C5, стал C6 и так далее, вплоть до C18, который теперь имеет метку C19. На панели **Менеджера проекта** вы можете убедиться, что в нумерации меток теперь нет пропусков, благодаря тому, что вы установили C5 и переименовали его в C19 (нажмите кнопку , чтобы сортировать компоненты в списке).

Теперь измените метку конденсатора C5 на C30, затем проверьте метки конденсаторов в таблице связей на панели **Менеджера проекта** (**Ctrl+2** чтобы скрыть/показать панель,  — сортировать список) — индексы C5 и C25-C29 пропущены. Для того чтобы это исправить, щелкните правой кнопкой по какому-либо конденсатору в области построения и выберите **Оптимизация номеров**, а затем **Для метки "С"**. C30 станет C24 и нумерация меток теперь будет идти по порядку, а пропуски исключатся (C6-C24 станут C5-C23, а C30 станет C24).

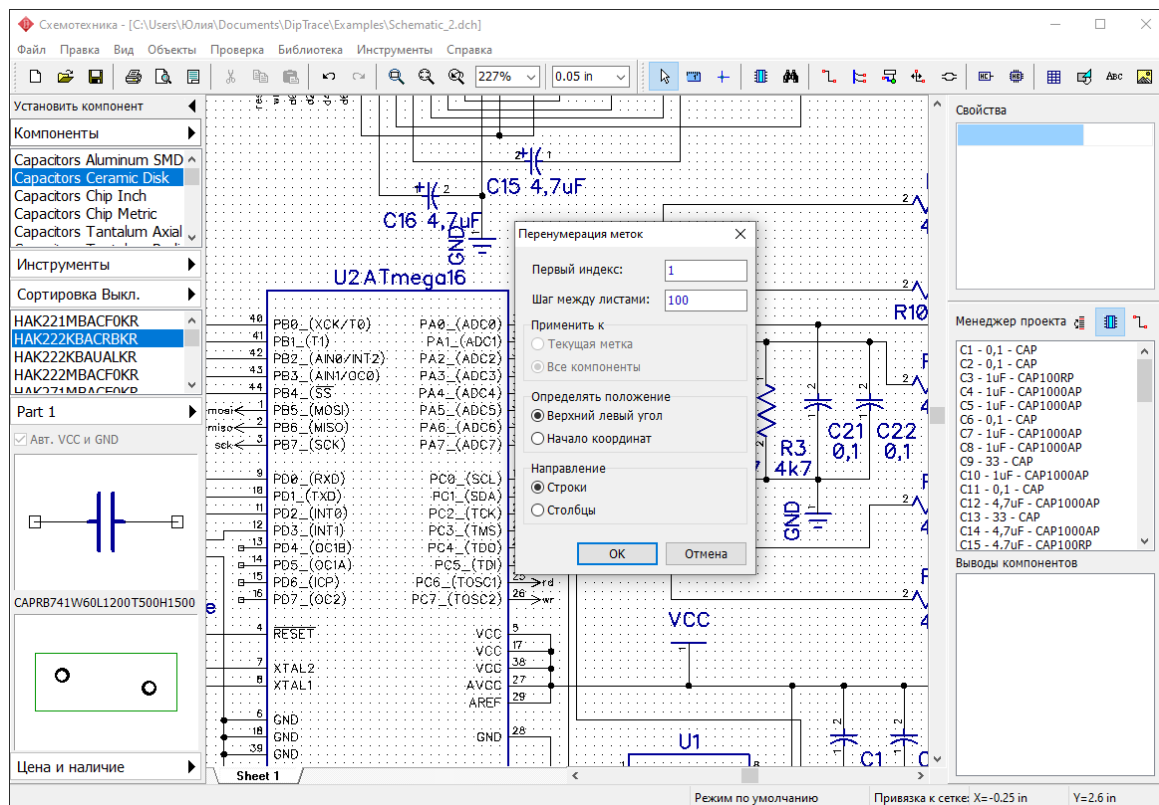


Изменение нумерации меток

DipTrace позволяет перенумеровать метки компонентов, чтобы схема стала понятнее и проще для восприятия. Выберите "Инструменты/ Перенумерация меток" из главного меню. В появившемся окне не меняйте значения полей **Первый индекс** (точка отсчета для изменения нумерации) и Шаг между листами (если шаг между листами = 100, то метки на второй странице схемотехники будут начинаться со 101, т.е. R101, R102, IC101 и т.д.). Установите направление перенумерации (по строкам или столбцам) и выберите, каким образом программе считать компоненты, ведь они бывают самых разных форм и размеров. Если выбрать **Верхний левый угол**, то программа будет считать компоненты по их верхним левым углам, а если выбрать опцию **Начало координат** — то по точке начала координат компонента, независимо от его формы.

Запомните, перенумерация начинается с верхнего левого угла схемы, и осуществляется сверху вниз и слева на право, не важно по столбцам или по строкам.

Нажмите **ОК**.



Если нужно перенумеровать только метки компонентов определенного типа (например, только C или только R), то кликните правой кнопкой на одном из компонентов с такой меткой и выберите **Перенумерация меток**. В появившемся диалоговом окне можно применить перенумерацию только к определенным меткам.

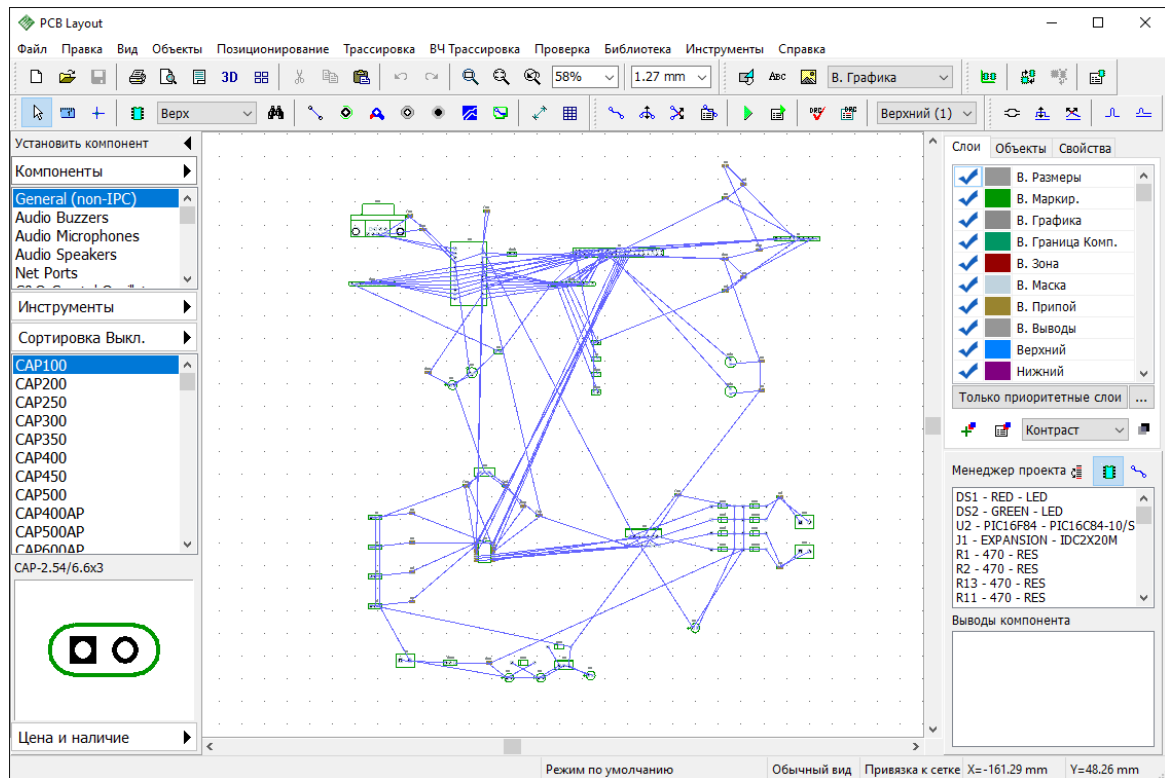
В редакторе плат перенумерация работает таким же образом.

Закройте Схемотехнику, **не** сохраняйте изменения. Откройте Редактор плат PCB Layout.

5.4 Авто-позиционирование и автотрассировка

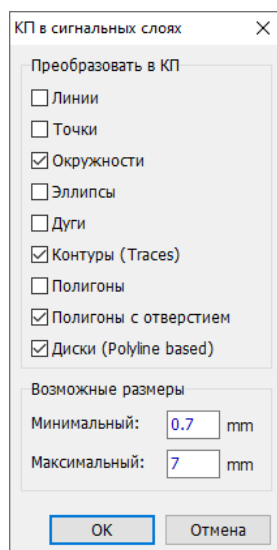
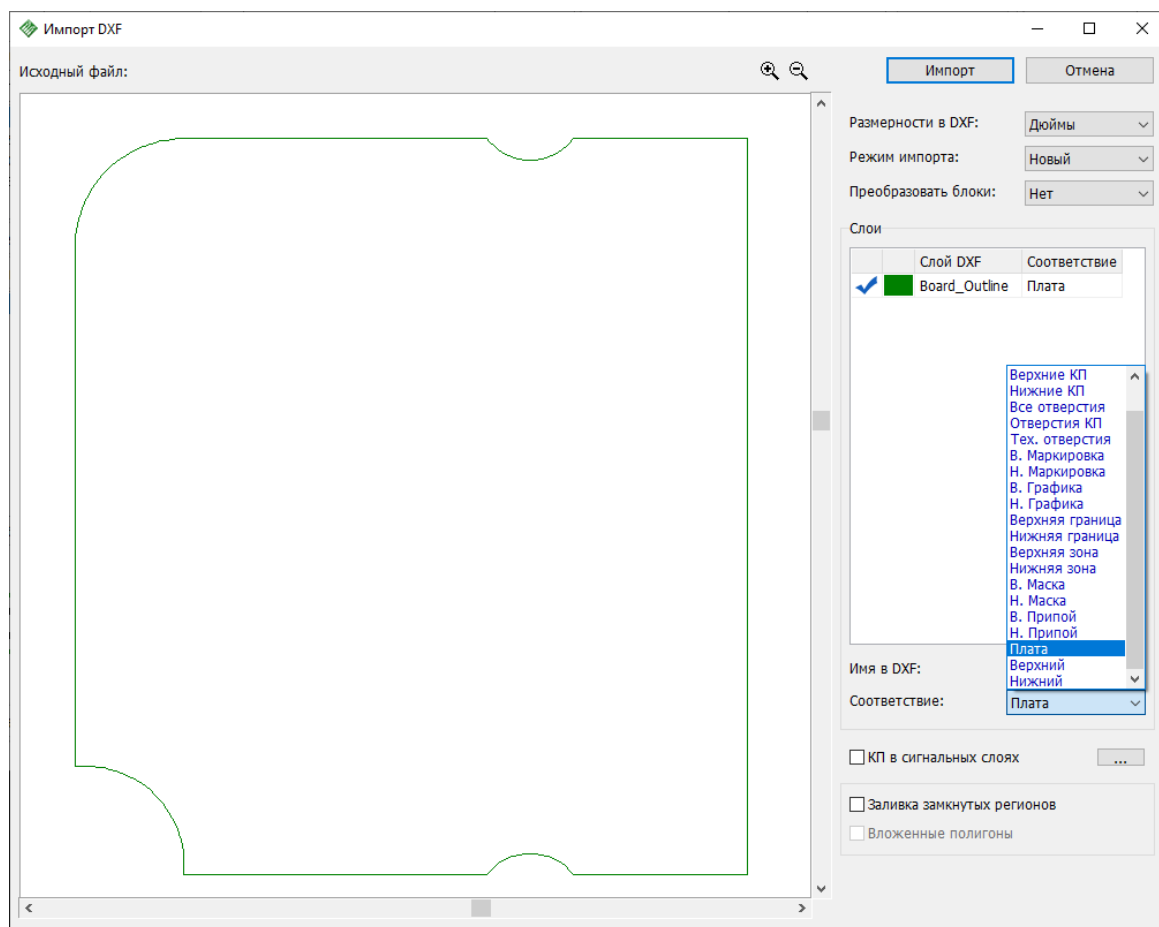
Продвинутые функции расстановки компонентов, а также встроенный модуль авто-позиционирования делают процесс расстановки компонентов легким и быстрым. Рассмотрим, как эти функции работают на одном из наших примеров.

Запустите PCB Layout, выберите "Файл/ Открыть" и откройте проект "Документы/DipTrace/Examples/ Schematic 4.dch", выберите вариант "Использовать Схемотехнические правила". Вы увидите что-то похожее на изображение ниже: все корпуса разбросаны по плате так же, как компоненты по схеме. Собрать их в одном месте вручную займет неоправданно много времени, именно поэтому мы рекомендуем организовывать корпуса автоматически. Однако сперва нужно определить границы платы.



Импорт из формата DXF

Теперь мы импортируем границы платы из DXF. Выберите "Файл / Импорт / DXF" и откройте файл "Документы/DipTrace/Examples/outline.dxf". В появившемся диалоговом окне вы увидите DXF файл, который мы импортируем. Выберите слой **Board Outline** в списке Слои, а в поле **Соответствие** установите значение **Плата**.

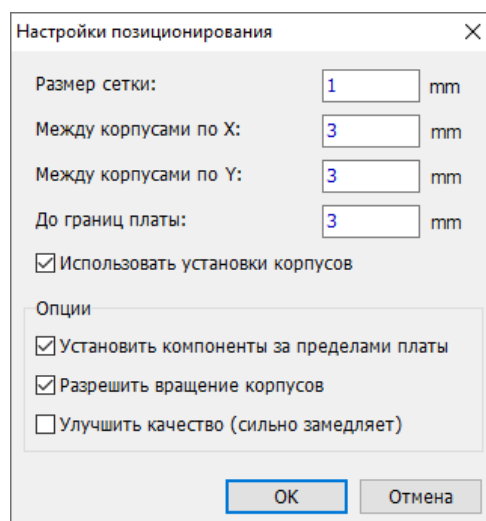


Вы можете **Заливать замкнутые регионы** и вырезать отверстия во **Вложенных полигонах**, отметив соответствующие опции в окне экспорта DXF (обычно чертежи в DXF сделаны без заливки и включают только границы фигур). Заливка вложенных полигонов работает только для сигнальных слоев, паяльной маски и припоя.

Если вы импортируете **КП в сигнальном слое**, то можно нажать на кнопку  и выбрать, какие именно фигуры программа будет считать контактными площадками, и сверить их возможные рамеры.

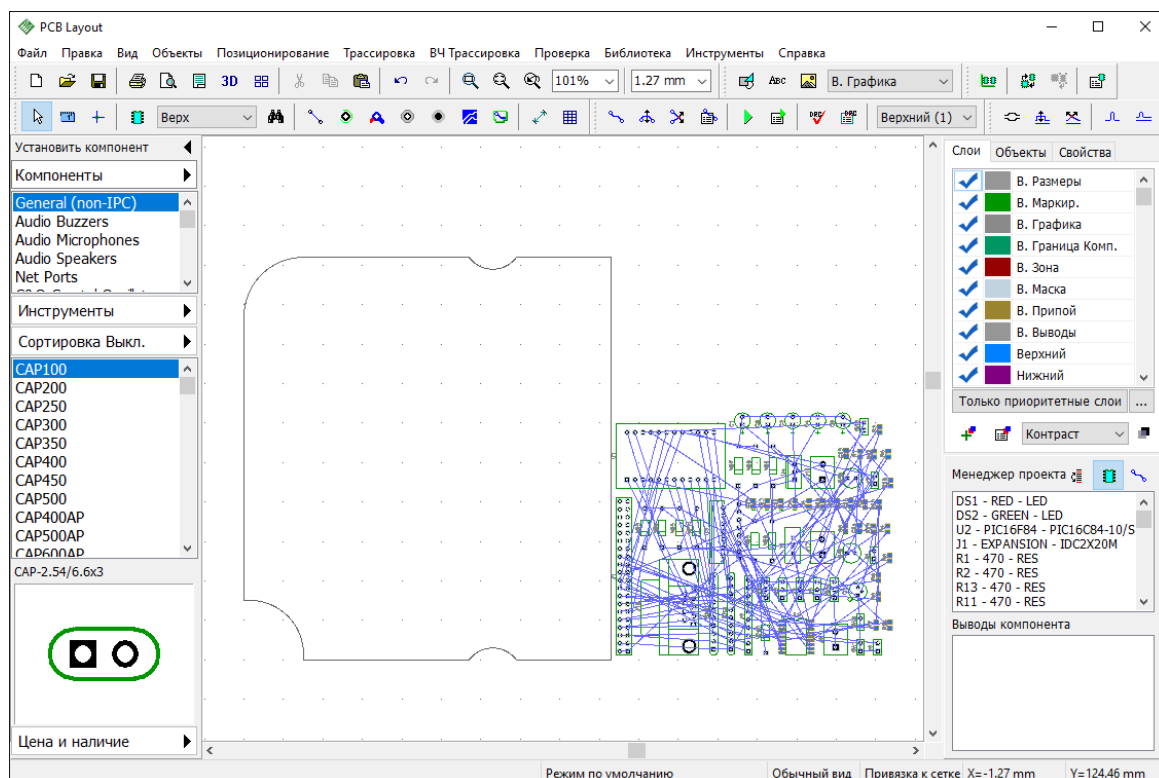
Выберите **Добавление** в поле **Режим импорта**, чтобы добавить границы платы к существующему проекту, а не создать новый. Убедитесь, что выбраны единицы измерения "дюймы" и нажмите кнопку **Импорт** в правом верхнем углу диалогового окна.

В результате вы увидите границы платы в области построения, но положение компонентов по-прежнему хаотичное. Выберите "Позиционирование / Настройки позиционирования" из главного меню.



Поставьте галочку **Установить компоненты за пределами платы**, чтобы упорядочить компоненты возле границ платы. Остальные настройки можно оставить, как на рисунке выше. Теперь щелкните **ОК**, чтобы применить

изменения, и нажмите  на Панели позиционирования или выберите "Позиционирование / Упорядочить компоненты" из главного меню.



Функция работает моментально, поскольку компоненты просто упорядочены без расчета оптимальных расстояний между выводами сетей. Все компоненты теперь находятся рядом с границей платы.

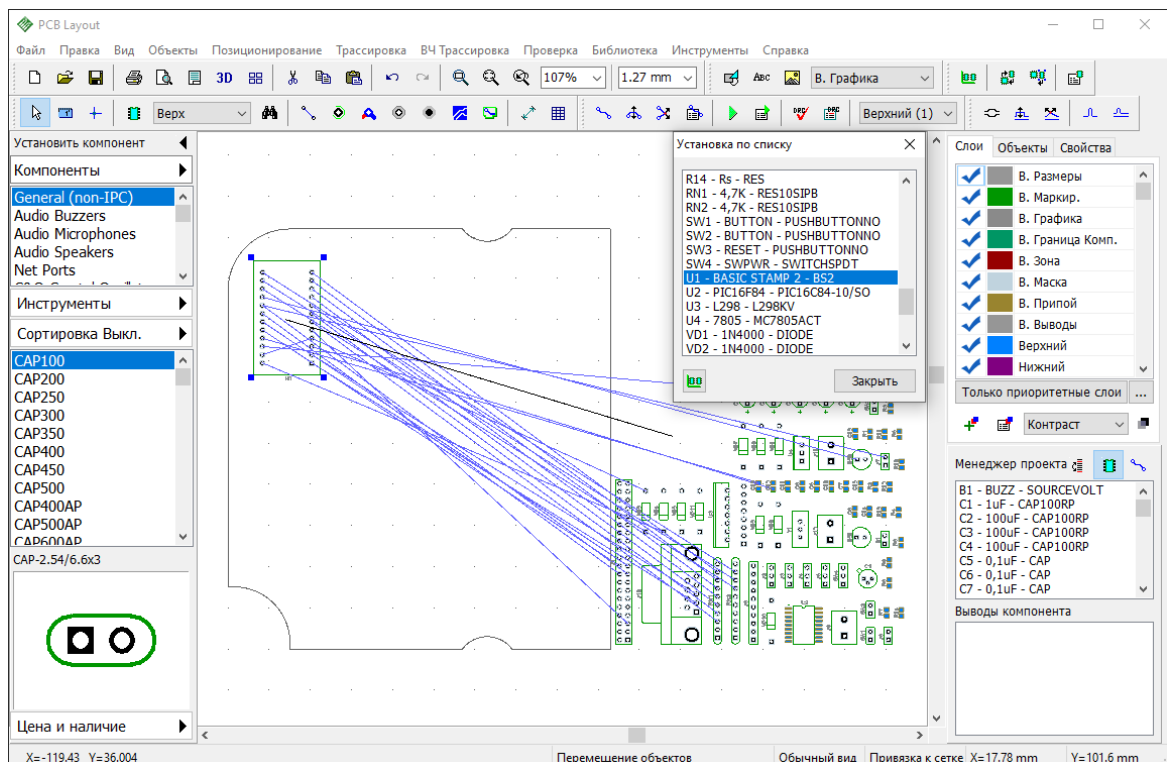
Обратите внимание, что функция **Упорядочить компоненты** и **Автопозиционирование** - это не одно и то же.

При автоматическом позиционировании компоненты размещаются на плате так, чтобы общая длина соединений между контактными площадками компонентов была минимально возможной. Функция «Упорядочить компоненты» просто располагает все компоненты в одном месте и упрощает работу с ними.

Несмотря на то, что есть возможность осуществить качественное автоматическое позиционирование, на практике очень широко применяется ручное расположение компонентов, поскольку, зачастую, не каждый компонент можно расположить на плате в произвольном месте. DipTrace позволяет использовать комбинацию автоматического и ручного позиционирования для достижения наилучших результатов и делает процесс ручного позиционирования максимально удобным, благодаря специальным функциям.

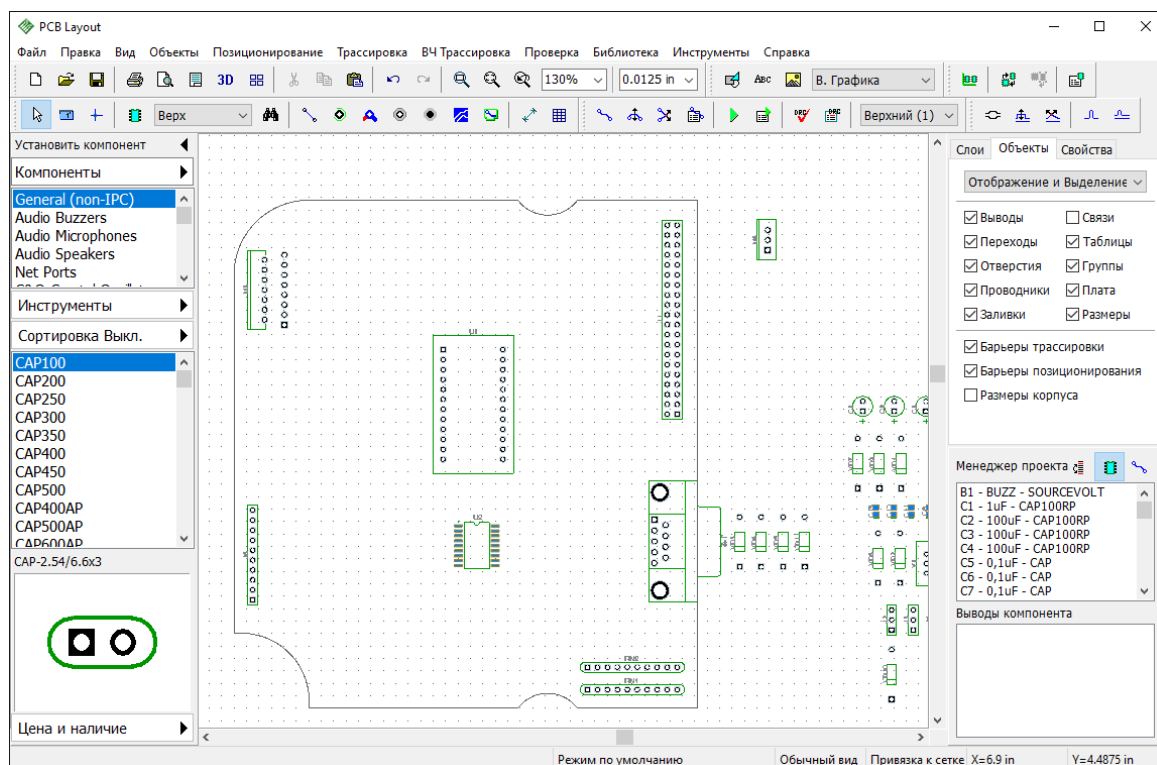
Позиционирование по списку

Выберите "Позиционирование/ Позиционирование по списку" в главном меню, затем во всплывающем диалоговом окне выберите компонент из списка (щелкните его левой кнопкой мыши), переместите мышь к контуру платы и щелкните внутри контура платы, чтобы разместить выбранный компонент там.



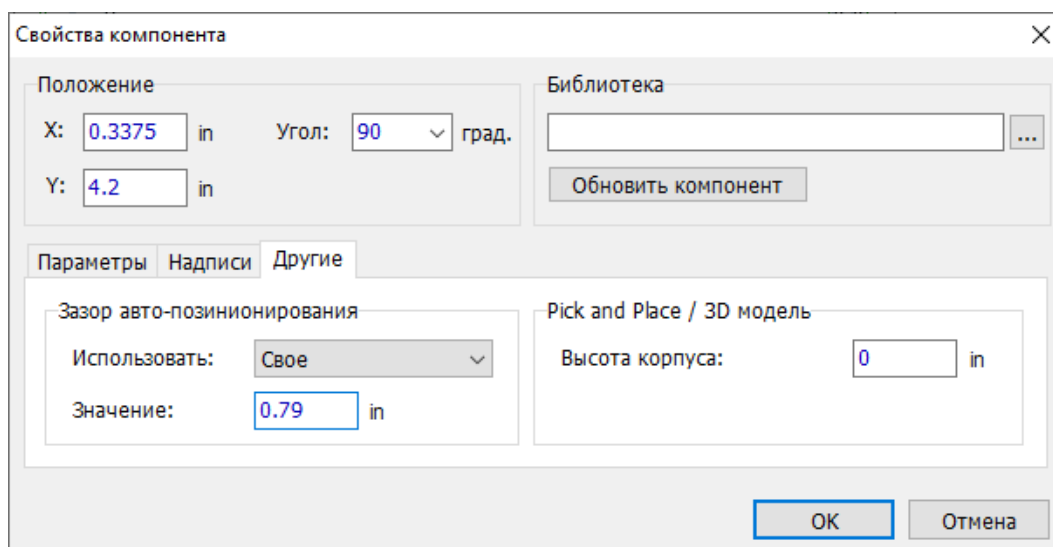
Компонент исчезает из списка после размещения (в списке отображаются только те компоненты, которые находятся за пределами контура платы). Установите компоненты U1, U2, U3, J1, J8, J12, RN1 и RN2 вручную, как показано на рисунке ниже. Вы можете оптимизировать линии соединений с помощью горячей клавиши **F12** или скрыть их, сняв галочку с пункта **Связи** на

вкладке **Объекты** на панели Менеджера проекта. По завершении закройте диалоговое окно "Установка по списку".



Индивидуальные зазоры компонентов

Зазоры вокруг компонента по умолчанию устанавливаются в диалоговом окне "Настройки позиционирования" (Между корпусами по X и Y). Нам нужно, чтобы все остальные компоненты находились на расстоянии не менее 20 мм от компонента U3. Поэтому для этого компонента мы установим индивидуальные зазоры. Щелкните правой кнопкой мыши U3 и выберите в подменю "Свойства", затем откройте вкладку "Другие" и задайте следующее: **Использовать: Свое** и **Значение: 0,79 дюйма** (приблизительно 20 мм). Нажмите **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно и применить изменения.

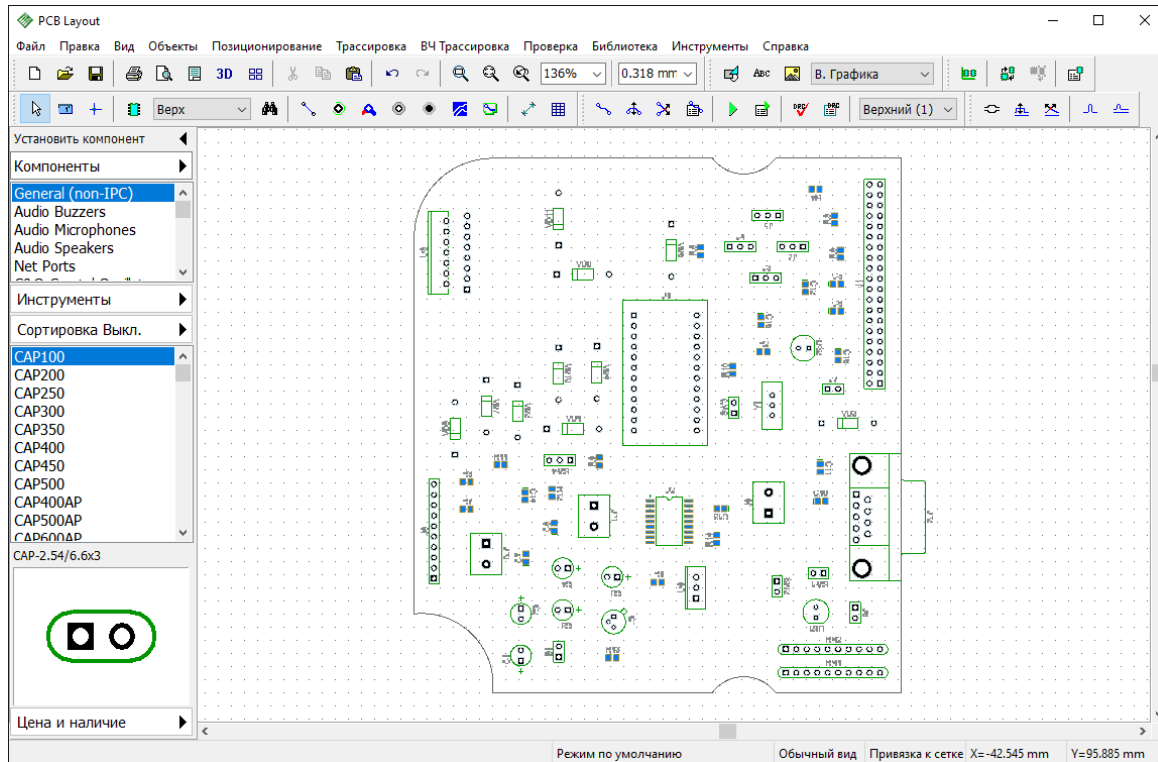


Теперь выберите все компоненты, которые уже расположены на плате, и заблокируйте их (горячие клавиши *Ctrl + L*).

Автоматическое размещение

К остальным компонентам у нас нет особых требований, поэтому мы можем разместить их автоматически с зазором 5 мм. Измените единицы измерения (сочетание клавиш *Shift + U*). Выберите "Позиционирование/ Настройки позиционирования" в главном меню, измените интервал **Между корпусами по X и Y** на 5 мм и установите зазор **До границ платы** 3 мм. Убедитесь, что установлен флажок **Разрешить вращение корпусов** (иногда лучше выключить его, например, для односторонних плат с перемычками). Снимите флажок "Установить компоненты за пределами платы" и убедитесь, что установлен флажок "Использовать установки корпусов", это позволит программе использовать индивидуальный зазор 20 мм (0,79 дюйма) для компонента U3. Мы не рекомендуем активировать опцию "Улучшить качество" сейчас (вы можете попробовать ее позже). Нажмите **ОК**, чтобы применить

изменения, а затем нажмите кнопку  на панели инструментов Позиционирование или выберите "Позиционирование / Запуск автопозиционирования" в главном меню. DipTrace ищет лучшее расположение для каждого компонента. Вы получите плату с расположением компонентов приблизительно как на изображении ниже (обратите внимание, что панель Менеджер проекта скрыта (горячие клавиши *Ctrl + 2*), линии соединений также скрыты).



Некоторые соединения неоптимальны, потому что мы разместили большие компоненты вручную. Если вы автоматически разместите все компоненты платы, вы можете получить лучшие результаты, но в реальной жизни это,

обычно, не вариант.

Хорошо видно, что на плате ни один компонент не располагается на расстоянии менее 20 мм к U3, из-за установленного индивидуального зазора для данного компонента.

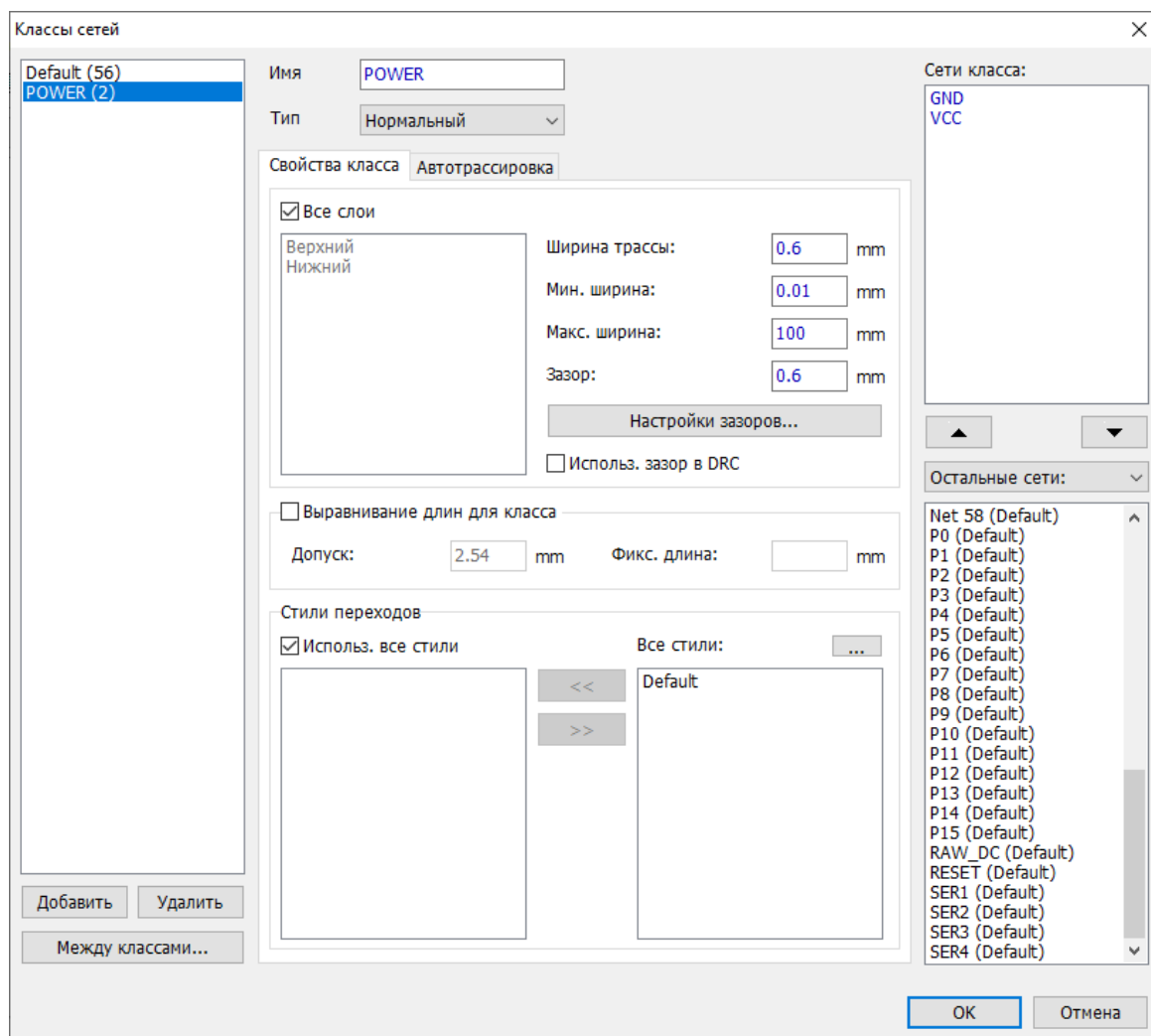
Автотрассировка с использованием классов сетей

Проверьте свойства переходов в пункте главного меню "Трассировка/ Стили переходов". Для этого проекта достаточно одного стиля переходного отверстия (мы будем использовать переходы 1,2 мм с отверстием 0,6 мм). Теперь нам нужно создать отдельный класс для сетей Power и Ground, потому что трассы этих сетей должны быть немного шире. Выберите "Трассировка/ Классы сетей" в главном меню. Все сети относятся к классу Default. Нажмите кнопку **Добавить**, чтобы создать новый класс сетей, затем выберите его из списка и введите имя ("POWER"). Укажите: **Ширина трассы**: 0,6 мм, **Зазор**: 0,6 мм. Нажмите кнопку **Настройки зазоров** и во всплывающем диалоговом окне установите **Трасса/ Вывод**: 0.5 мм, нажмите **ОК**.

Выберите сети VCC и GND из списка всех сетей проекта в правом нижнем углу диалогового окна и добавьте их в класс сетей "POWER" (нажмите кнопку



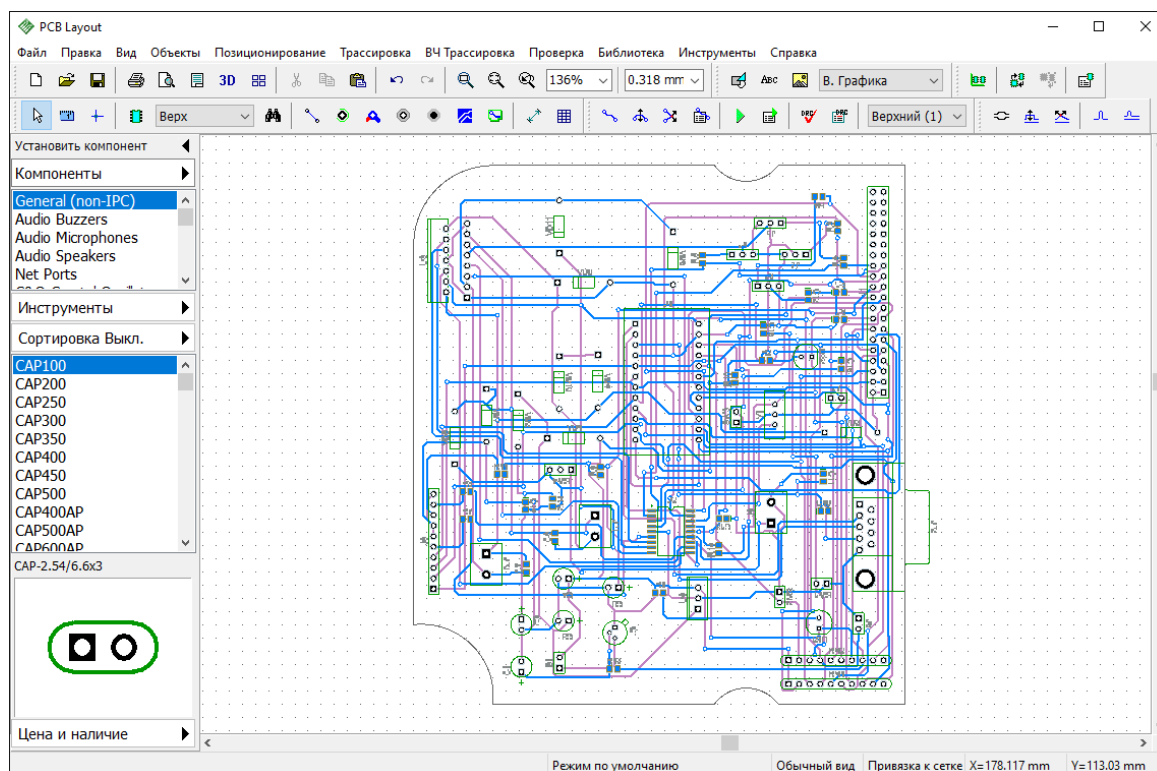
над списком).



Теперь выберите класс сетей Default и укажите следующие параметры:
Ширина трассы: 0,4 мм, **Зазор:** 0,4 мм, **Трасса/ Вывод:** 0,3 мм. Используйте все стили переходных отверстий для обоих классов сетей (как вы помните, у нас есть только один стиль переходных отверстий). Нажмите **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно Классы сетей.

Убедитесь, что активен Shape Router ("Трассировка/ Выбор трассировщика/ Shape Router"), затем выберите "Трассировка/ Параметры автотрассировки", в появившемся диалоговом окне на вкладке "Настройки" снимите флажок "Использовать приоритетные направления по слоям".

Теперь нажмите **Ctrl + F9** или  на панели инструментов Трассировка, чтобы запустить автотрассировщик. Через несколько секунд вы получите результат. Если хотите, измените цвета слоев.



Подробное описание настроек автотрассировщика доступно в Справке по PCB Layout ("Справка/ Справка по PCB Layout" в главном меню). Если у вас все еще есть неразведенные сети, нажмите кнопку **Шаг назад**, измените ширину трассы/ зазор, параметры позиционирования или другие настройки, затем снова запустите автотрассировщик. Однако, если вы будете следовать вышеупомянутым инструкциям, у вас не должно возникнуть никаких проблем.

5.5 Стек слоев

DipTrace обеспечивает полный контроль над стеком проводящих и изолирующих слоев печатной платы в диалоговом окне **Стек платы** и создает таблицу, которая четко документирует стек печатной платы для инженеров-технологов.

Запустите модуль Редактора плат PCB Layout и откройте файл PCB_6.dip из папки "Документы/ DipTrace / Примеры". Это четырехслойная печатная плата. Выберите "Трассировка/ Свойства слоев" в главном меню или нажмите кнопку



на вкладке Слои, в появившемся диалоговом окне нажмите кнопку **Стек слоев**.

В диалоговом окне **Стек платы** вы можете увидеть таблицу, которая отражает поперечное сечение печатной платы. В нашем случае DipTrace автоматически выбрал 4-слойный стек по умолчанию (4 Layers Default Stackup) из списка "Шаблон", потому что этот проект имеет два сигнальных слоя.

Стек платы

Шаблон: 4 Layers Default Stackup Редактировать шаблоны...

#	Слой	Тип	Материал	Толщина (mm)	Константа
		Диэлектрик	Solder Resist	0.01	3.5
1	Top	Проводник	Copper 1 Oz	0.0348	
		Диэлектрик	Prepreg 2113	0.102	4.6
		Диэлектрик	Prepreg 2113	0.102	4.6
2	Gnd	Опорный слой	Copper 1 Oz	0.0348	
		Диэлектрик	FR-4	1	4.6
3	Pwr	Опорный слой	Copper 1 Oz	0.0348	
		Диэлектрик	Prepreg 2113	0.102	4.6
		Диэлектрик	Prepreg 2113	0.102	4.6
4	Bottom	Проводник	Copper 1 Oz	0.0348	
		Диэлектрик	Solder Resist	0.01	3.5

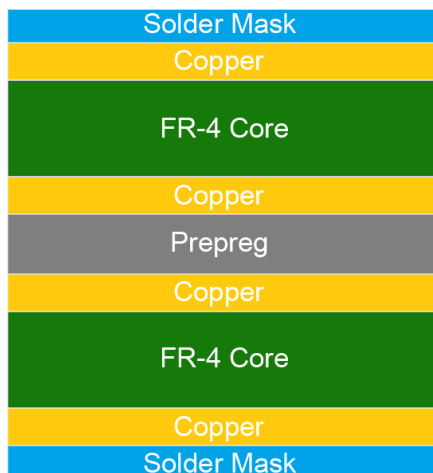
Вставить до Вставить после Переместить вверх Переместить вниз Удалить

Материал: Solder Resist Толщина: 0.01 mm Редактировать материалы...

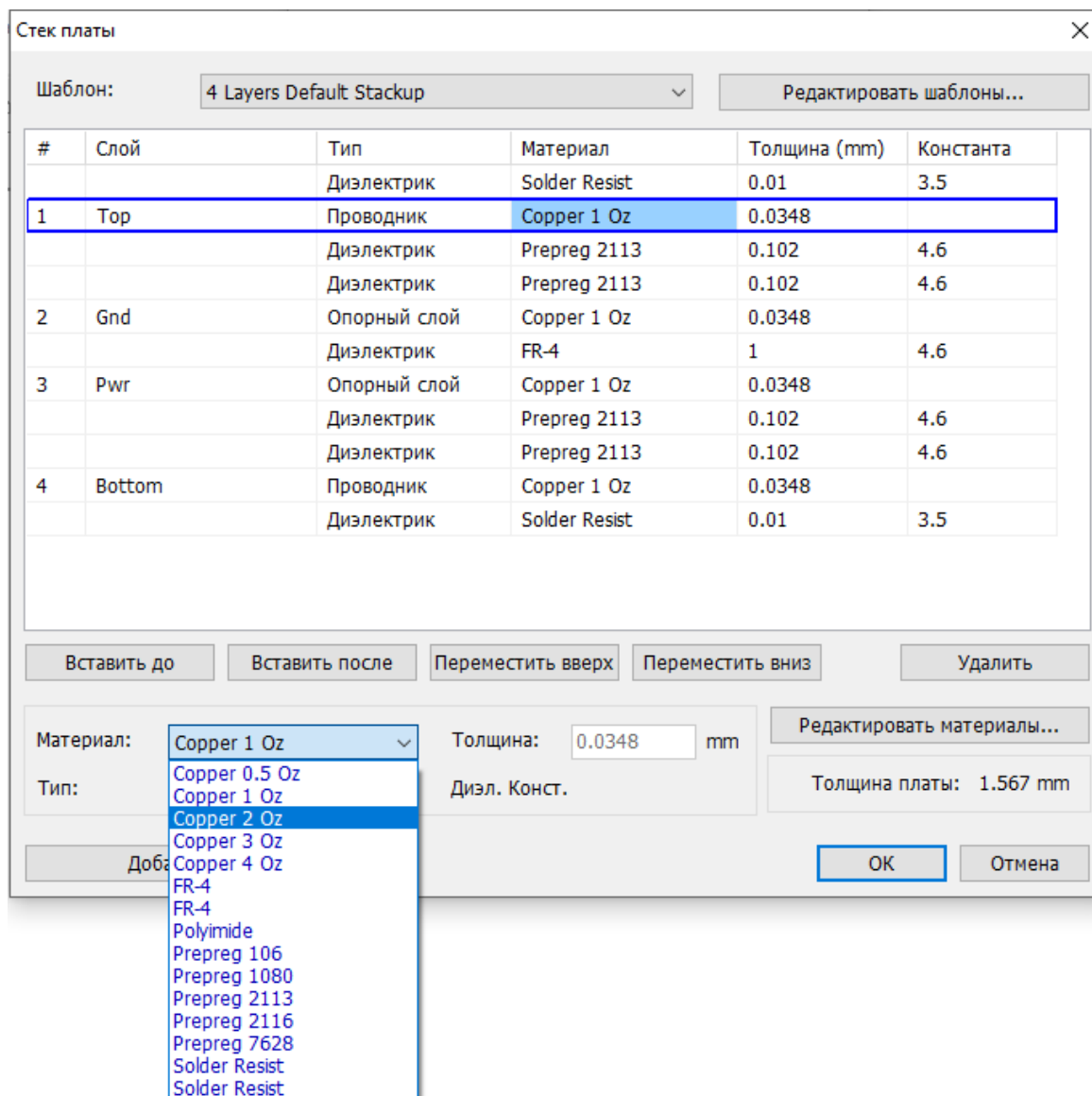
Тип: Диэлектрик Диэл. Констант. 3.5 Толщина платы: 1.567 mm

Добавить таблицу... OK Отмена

На рынке существует множество вариантов стека печатных плат, но стеки по умолчанию, доступные в программе, обычно являются наиболее распространенными и, следовательно, самыми дешевыми. Однако вы можете создать любой стек. Как видно из списка, этот 4-слойный стек основан на одном сердечнике FR-4 и дополнительных препрегах для разделения слоев меди. В этом уроке мы создадим 4-слойный стек, способный проводить большие токи, который включает два слоя сердечника FR-4 (как на рисунке ниже).



Прежде всего, давайте изменим толщину меди до 2 унций, чтобы обеспечить способность проводить большие токи. Обычно это самая большая толщина меди, которая не приводит к значительному повышению стоимости, и она имеется в наличии у большинства производителей печатных плат. Щелкните левой кнопкой мыши по Слою №1 (Top) в списке и выберите материал Copper 2Oz из раскрывающегося списка "**Материал**", затем сделайте то же самое для всех проводящих слоев. Поскольку слои меди становятся толще, общая толщина печатной платы пересчитывается автоматически.



Теперь щелкните левой кнопкой мыши на слое Prepreg прямо под слоем №1 Top и измените его материал на FR-4, затем выберите другой слой диэлектрика Prepreg 2113 и переместите его вниз по стеку (нажмите кнопку Переместить вниз). Организуйте слои стека так, чтобы получить двухслойный препрег 2113, разделяющие слои меди (как на изображении ниже). Вам потребуется удалить один слой Prepreg 2113.

Стек платы

Шаблон: Нет Редактировать шаблоны...

#	Слой	Тип	Материал	Толщина (mm)	Константа
		Диэлектрик	Solder Resist	0.01	3.5
1	Top	Проводник	Copper 2 Oz	0.0696	
		Диэлектрик	FR-4	1.5	4.6
2	Gnd	Опорный слой	Copper 2 Oz	0.0696	
		Диэлектрик	Prepreg 2113	0.102	4.6
		Диэлектрик	Prepreg 2113	0.102	4.6
3	Pwr	Опорный слой	Copper 2 Oz	0.0696	
		Диэлектрик	FR-4	1	4.6
4	Bottom	Проводник	Copper 2 Oz	0.0696	
		Диэлектрик	Solder Resist	0.01	3.5

Вставить до
Вставить после
Переместить вверх
Переместить вниз
Удалить

Материал: Solder Resist Толщина: 0.01 mm
Редактировать материалы...

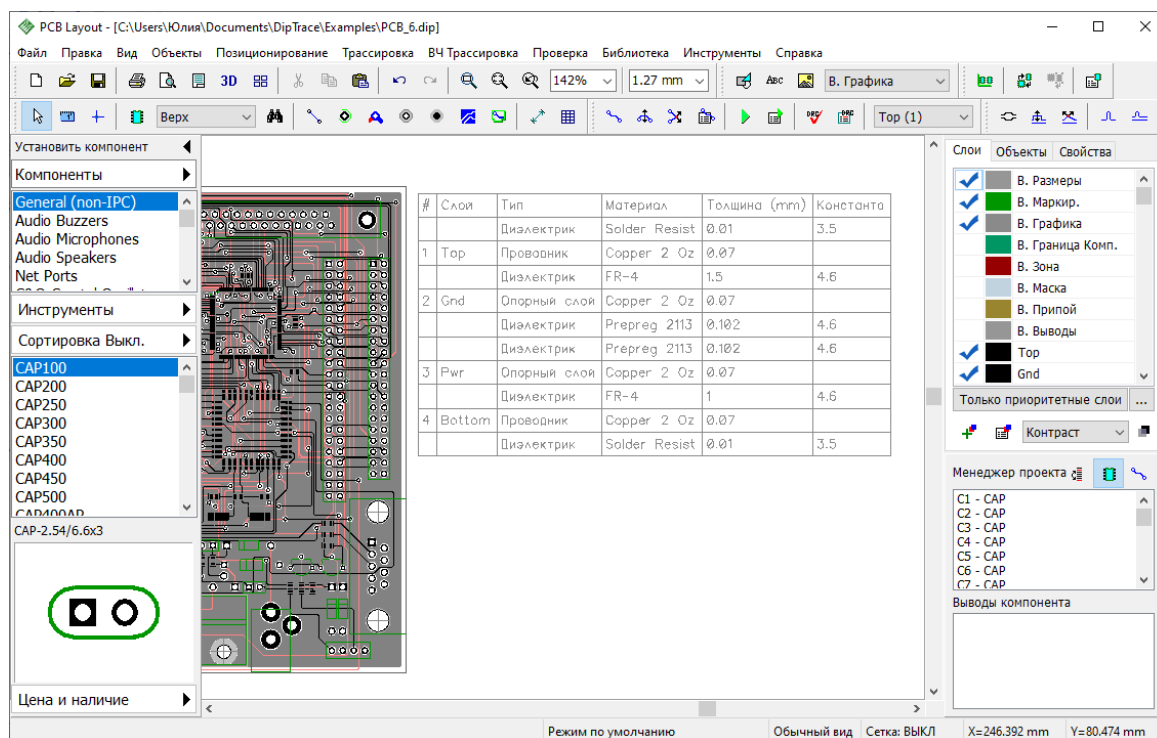
Тип: Диэлектрик Диэл. Констант. 3.5
Толщина платы: 3.002 mm

Добавить таблицу...
OK
Отмена

Заключительный этап - документирование стека слоев в файле Gerber для производителя платы. Нажмите **Добавить таблицу**. Во всплывающем диалоговом окне выберите несигнальный слой для размещения таблицы стека платы (лучший выбор - слой верхней графики). Вы можете изменить шрифты, единицы измерения и предварительно просмотреть общие размеры таблицы.

Обратите внимание, что таблица обновляется автоматически при внесении изменений в диалоговом окне Стек платы. Вы можете использовать горячие клавиши Shift + U для изменения единиц измерения на ходу. Все значения моментально пересчитываются.

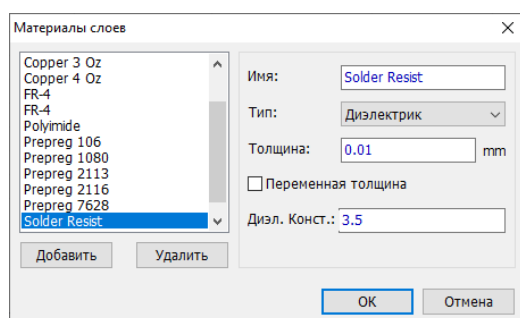
Нажмите **"Установить"** и щелкните левой кнопкой мыши в области построения, чтобы разместить в этом месте таблицу стека платы. Толщина слоев в стеке влияет на высоту переходного отверстия и учитывается инструментами настройки фазы и длины трассы. Следовательно, программа спросит, хотите ли вы учитывать стек для расчета длины трассы (если эта опция еще не активирована).



Цвет таблицы зависит от цвета слоя печатной платы. Теперь инженер-технолог сможет понять, какой стек слоев вы предпочитаете. Тем не менее, перед внесением изменений в стек слоев лучше проконсультироваться с вашим производителем.

Не сохраняйте никаких изменений в файле PCB_6.dip.

Добавление новых материалов в стек



Если вы не можете найти нужный материал в списке доступных материалов в диалоговом окне **Стек платы**, нажмите кнопку **Редактировать материалы**. Появится диалоговое окно **Материалы слоев**, в котором вы можете добавлять новые и изменять свойства существующих материалов

(Тип, Толщина и Диэлектрическая константа). Все материалы делятся на три основных типа: проводник, опорный слой, диэлектрик. Используйте соответствующие кнопки для добавления / удаления / редактирования материалов.

Установите флажок "Переменная толщина", чтобы разрешить изменение толщины слоя непосредственно в диалоговом окне **Стек платы**.

5.6 Высокоскоростные сети и дифференциальные сигналы

5.6.1 Выравнивание длины

Одна из основных сложностей при трассировке высокоскоростных сетей - это контроль того, чтобы определенные критические сигналы приходили в соответствующее время. Для синхронизации сигнала медные дорожки должны быть примерно одинаковой длины.

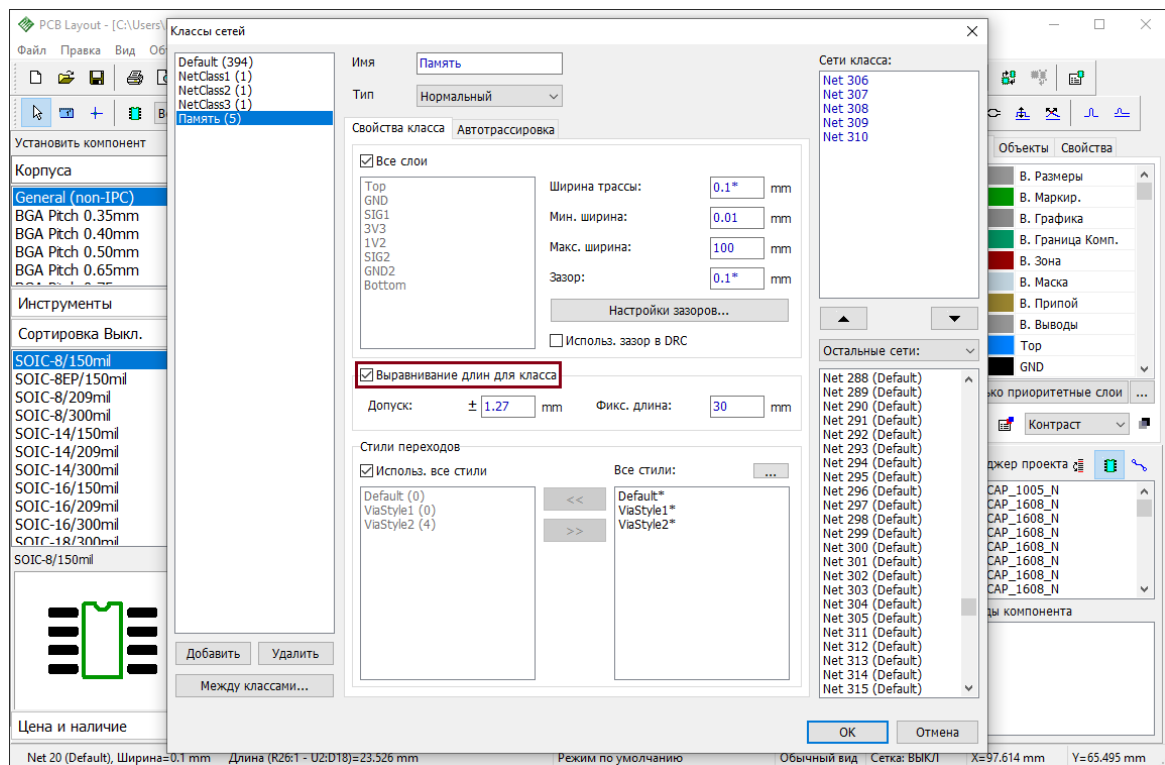
DipTrace предлагает элегантное решение для выравнивания длин трасс, которое помогает при трассировке высокоскоростных шин данных или любых критических сигналов, требующих точной синхронизации.

Для практики мы воспользуемся одним из стандартных примеров печатных плат DipTrace. Запустите DipTrace PCB layout и откройте файл **BGA_autorouter.dip** из папки "Документы/ DipTrace /Examples".

Если вы трассируете высокоскоростную шину, мы рекомендуем создать для нее отдельный класс сетей. Таким образом, будет автоматически создано правило для проверки соответствия длины, которое будет учитываться DRC. Однако вы также можете выбрать несколько сетей и создать правило выравнивания длины для DRC без создания класса сетей.

Выравнивание длины шин

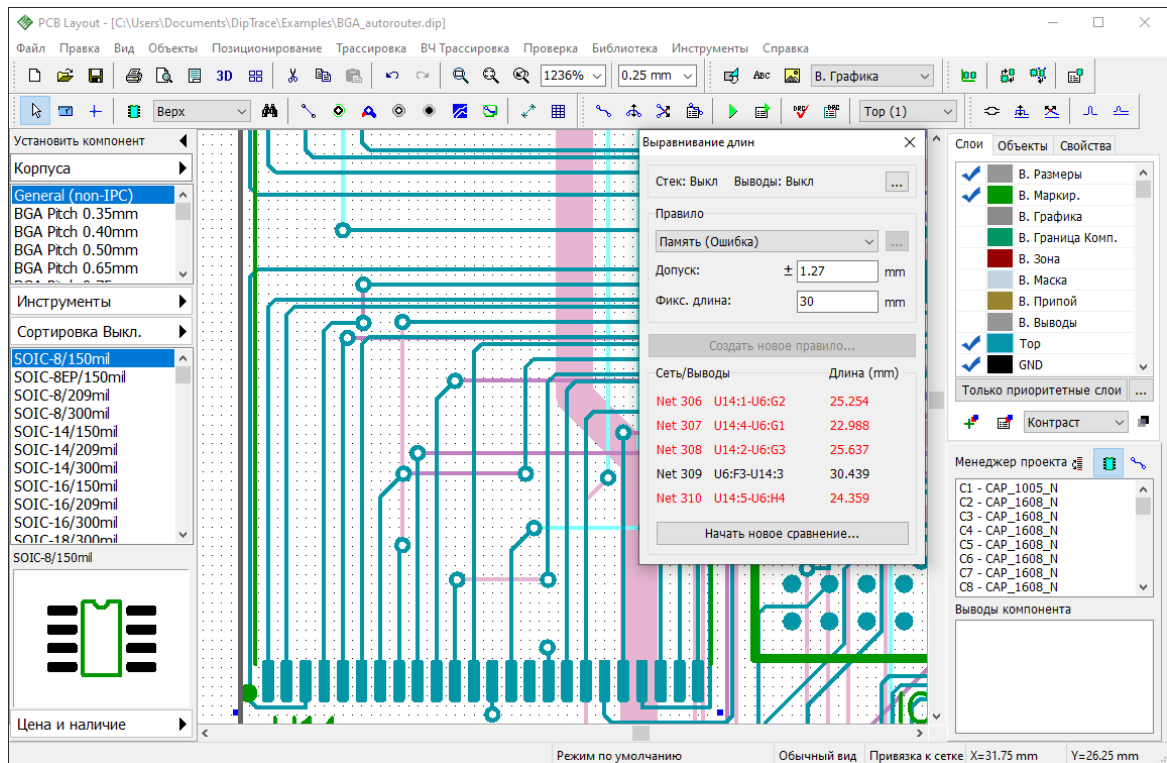
Прежде всего, нам нужно создать отдельный класс сетей, в котором будут размещены все сети, длину которых нам необходимо выровнять (Сеть 306 - 310). В данном случае у нас есть класс сетей "Память", включающий с несколько сетей, соединяющих ПЛИС U6 с модулем памяти U14. Когда все трассы добавлены в класс сетей, установите флажок **"Выравнивание длин для класса"**, чтобы создать новое правило согласования длины, которое будет проверяться DRC.



Вы можете сравнивать длину трасс с параметром фиксированной длины или друг с другом с учетом допуска. Не меняйте значение допуска по умолчанию, предположим, нам нужны трассы примерно 30 мм. Введите **30** в поле "Фиксированная длина" (значение допуска автоматически изменится на 1,27 мм выше и ниже фиксированной длины, что соответствует диапазону допуска 2,57 мм). Нажмите **ОК**, чтобы создать класс сети и правило.

Теперь перейдите в "ВЧ Трассировка/ Выравнивание длины" в главном меню или щелкните правой кнопкой по соответствующей трассе и выберите в подменю "Выравнивание длины/ Открыть выравнивание длины".

Во всплывающем диалоговом окне выберите **Память** (имя класса сети) в раскрывающемся списке **Правило**. Все цепи шины данных памяти, которые мы присвоили классу сетей Memory, появятся ниже. Некоторые сети выделены красным, что указывает на нарушение допуска по длине. Щелкните левой кнопкой мыши сеть в списке, чтобы отобразить ее в области построения, или наведите указатель мыши на сеть, чтобы выделить ее. В нашем случае есть четыре сети, которые необходимо отредактировать, чтобы привести в соответствие с правилом.



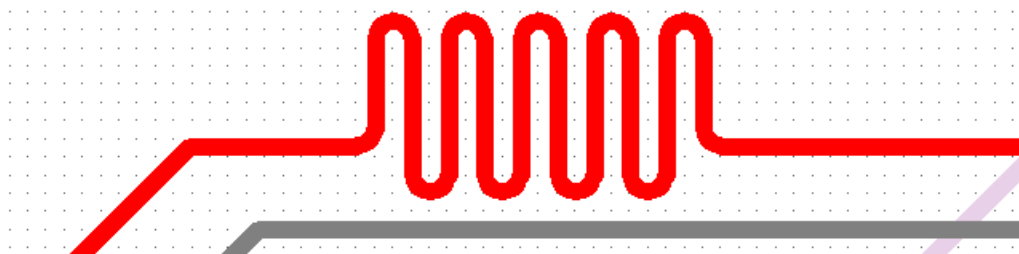
Самый эффективный способ сделать дорожку длиннее - добавить меандры.

Добавление меандров

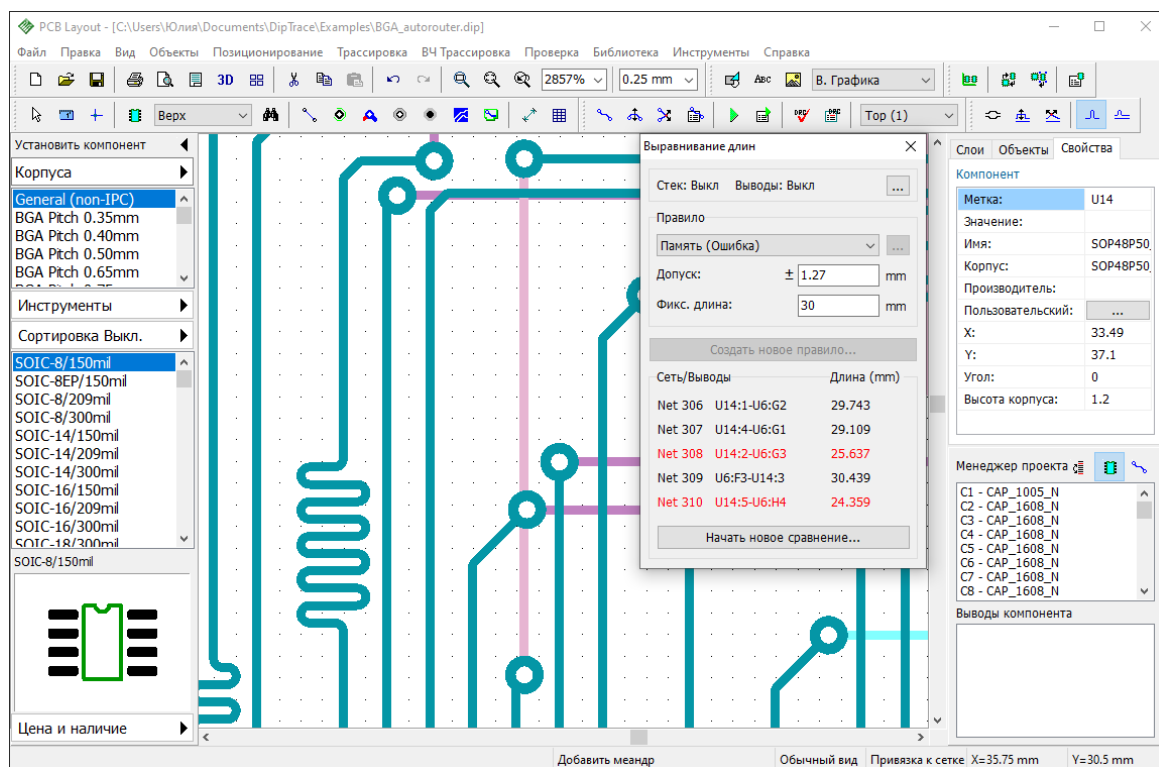
Выберите "ВЧ Трассировка/ Добавить меандр" в главном меню или нажмите



на панели инструментов ВЧ Трассировка. Теперь наведите курсор на трассу, захватите левой кнопкой мыши и перетащите в сторону, чтобы нарисовать меандр. Меандры создаются по одному. Переместите курсор мыши вправо и создайте больше меандров. Программа помогает создавать меандры одинакового размера. Перетащите нижние вершины меандров, удерживая левую кнопку мыши, чтобы получить что-то вроде рисунка ниже.



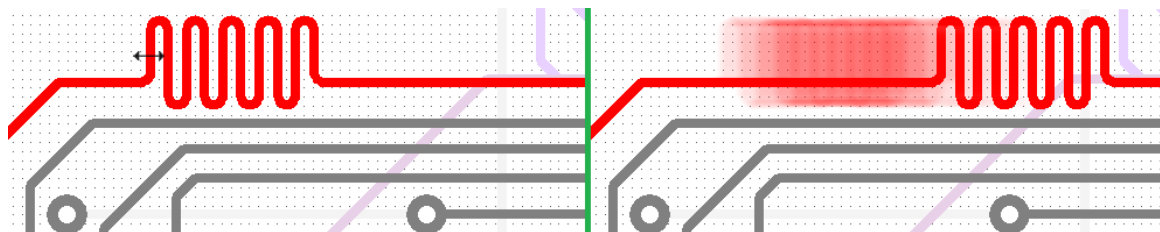
Вы можете заметить, что длина трассы пересчитывается в реальном времени. Когда длина дорожки составляет около 30 мм $\pm$ 1,27 мм, программа перестает выделять эту сеть красным цветом.



DipTrace может учитывать высоту межслойных переходов (полученную из стека слоев) и задержку сигнала контактной площадки при вычислении длины трассы. Нажмите соответствующую кнопку  в диалоговом окне **Выравнивание длин** и установите флажки "Использовать стек слоев" и "Использовать задержки выводов". Поскольку имеются трассы, которые проходят по нескольким слоям, длина некоторых из них может выходить за пределы допуска, поэтому потребуется изменить количество меандров или их размер.

Редактирование меандров

Чтобы передвинуть меандры вдоль сегмента трассы, нажмите кнопку  (если вы еще не в режиме "Добавить меандр"), щелкните левой кнопкой мыши сегмент трассы, расположенный со стороны, противоположной желаемому направлению смещения, и перетащите меандры.

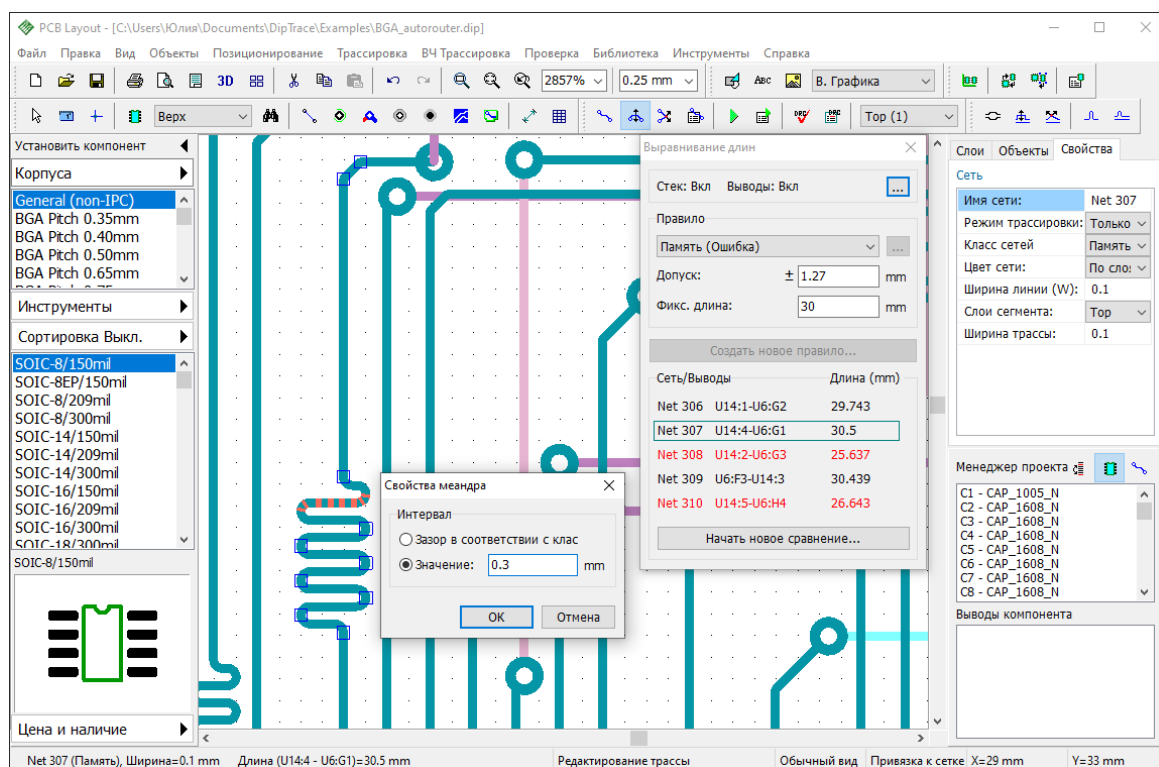


Обратите внимание, что вы также можете перемещать меандры вдоль трасс и изменять амплитуду меандров в обычном режиме

редактирования трасс (кнопка ).

По умолчанию зазор между меандрами определяется зазором класса сети. Чтобы установить пользовательский зазор меандра, щелкните трассу правой кнопкой мыши и выберите в подменю **Шаг меандра**. Во всплывающем диалоговом окне установите флажок "Значение", введите новый зазор (например, 0,3 мм) и нажмите **ОК**.

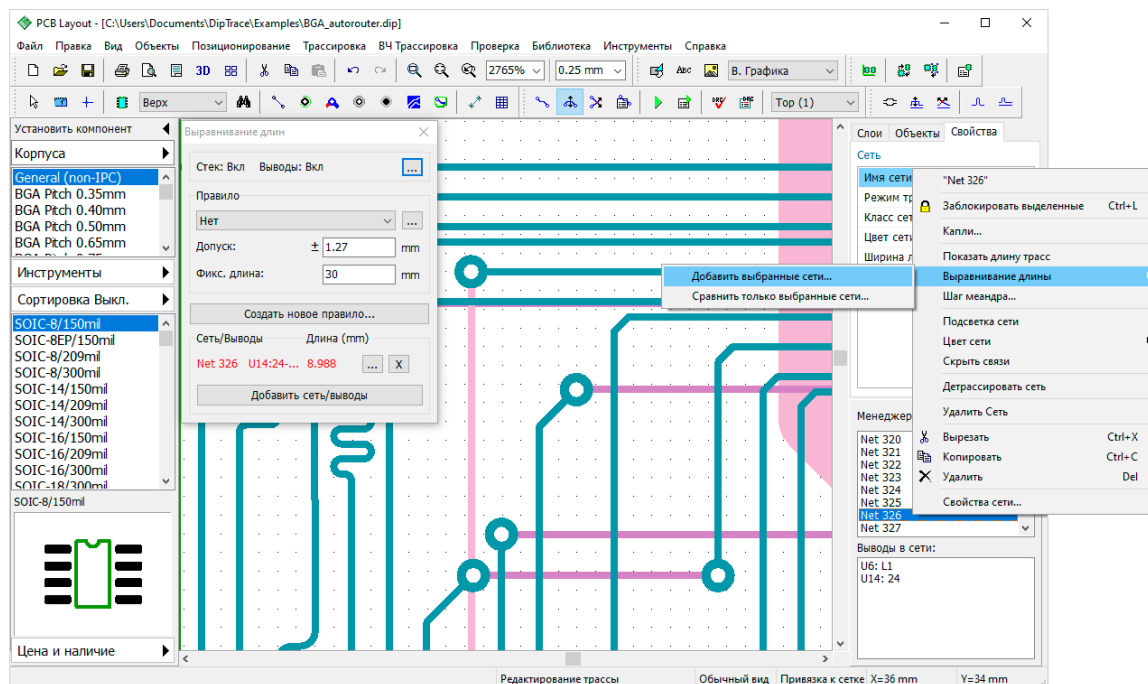
Обратите внимание, что при прокладке трасс высокоскоростных сетей лучше избегать острых углов.



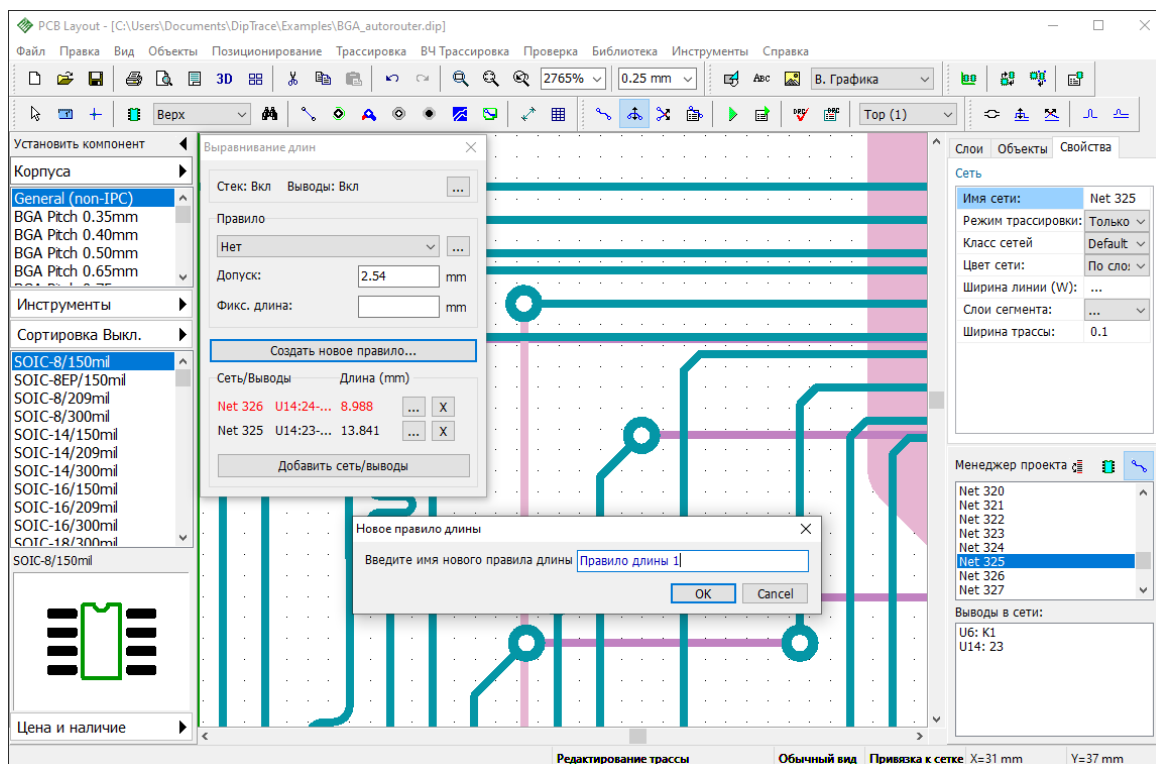
Исправьте остальные ошибки, добавив меандры и отредактировав другие трассы.

Выравнивание длины сетей

Не обязательно создавать новый класс сетей, чтобы выровнять длину определенных сетей, просто щелкните правой кнопкой мыши сегмент трассы или сеть в списке цепей на панели Менеджер проекта и выберите "Выравнивание длины/ Добавить выбранные сети", чтобы открыть диалоговое окно "Выравнивание длины". Вы также можете выбрать несколько сегментов разных сетей, щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать вариант "Выравнивание длины/ Сравнить только выбранные сети" в подменю. В диалоговом окне **Выравнивание длины** вы можете сравнивать сети друг с другом или с фиксированным показателем длины.



Вам необходимо создать новое правило (нажмите "Создать новое правило" и введите имя во всплывающем диалоговом окне); в противном случае, DRC не проверяет ограничения, установленные для выравнивания длины.



Нажмите **ОК**, чтобы создать правило.

Вы также можете добавить новые сети к сравнению с помощью кнопки "**Добавить сеть / выводы**".

Если вы работаете с сетями, соединяющими более двух контактных площадок,

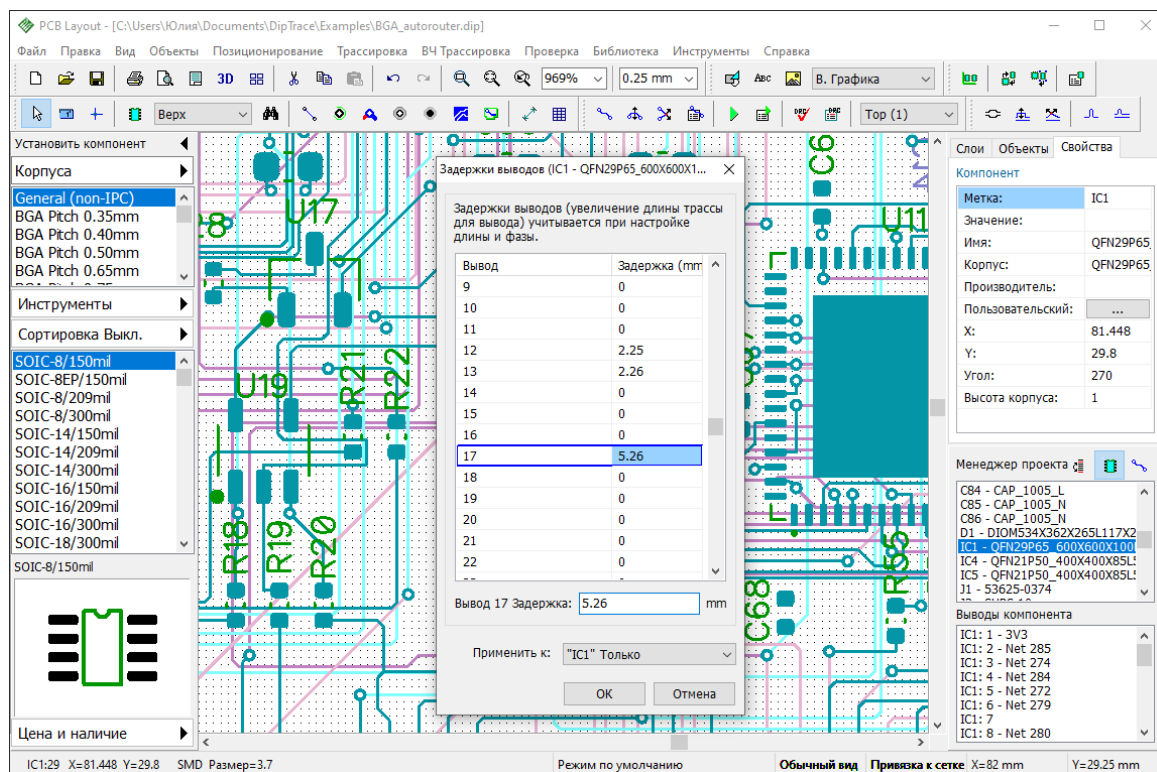
и хотите выровнять длину только определенного участка сети (трасса между двумя контактными площадками), выберите соответствующие контактные площадки из раскрывающихся списков после выбора сети в диалоговом окне "Добавить сеть / выводы".

5.6.2 Задержка сигнала

Связующие провода - это провода внутри корпуса электронного компонента, которые соединяют контактные площадки с кристаллом. Эти провода вызывают задержку сигнала, которую следует учитывать в высокоскоростных схемах. Этот показатель, указанный в виде величины в пикосекундах или в виде длины, вы можете найти в "даташите" устройства.

Значение задержки сигнала вывода учитывается для настройки фазы и выравнивания длины трасс и добавляется к общей длине трасс. Мы рекомендуем настраивать задержки сигналов при проектировании компонента в Редакторе компонентов DipTrace, но вы также можете установить задержку сигнала в модулях Схемотехники и Редактора плат.

Чтобы установить задержку сигнала контактной площадки в Редакторе плат, щелкните правой кнопкой мыши компонент и выберите "Задержка сигнала для вывода" из подменю или щелкните правой кнопкой мыши контактную площадку и выберите "Задержка сигнала". Выберите вывод из списка (если он еще не выбран) и введите задержку сигнала в миллиметрах, mils или дюймах (используйте горячие клавиши *Shift + U* для изменения единиц измерения).



Выберите, хотите ли вы применить параметр задержки сигнала только к выбранному компоненту или ко всем компонентам с тем же именем на печатной плате. Нажмите **OK**, чтобы применить изменения. Если DipTrace не

использует значение задержки сигнала вывода для расчета длины и фазы трассы, программа покажет предупреждающее сообщение, предлагая применить значения задержки сигнала вывода для расчета длины трассы, нажмите **Да** в диалоговом окне предупреждения.

Вы можете Включить/ Выключить учет задержки сигнала вывода для расчета длины трассы, просто перейдите в "ВЧ Трассировка/ Выравнивание длины" в главном меню. В верхней части всплывающего окна нажмите кнопку  и установите / снимите флажок "Использовать задержки выводов".

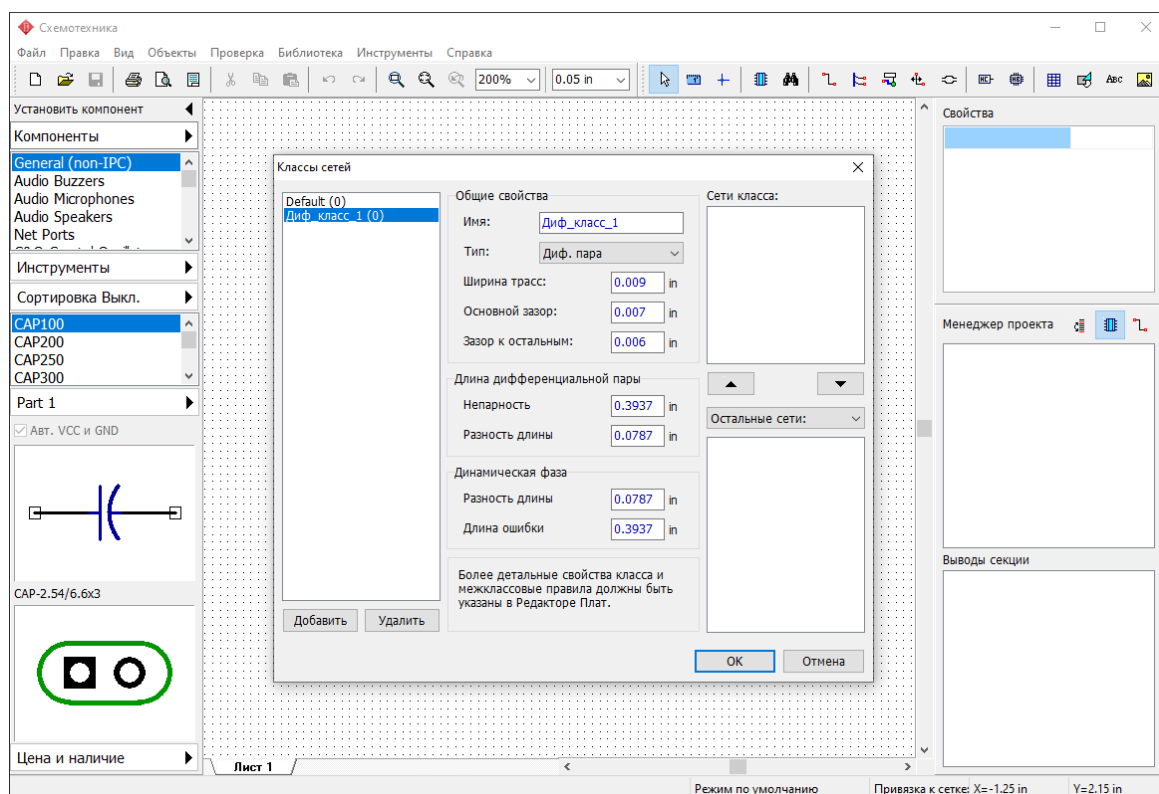
5.6.3 Создание дифференциальной пары

Дифференциальные пары — это способ передачи высокочастотных сигналов с использованием двух связанных дорожек на плате. По одной дорожке передается сам сигнал, а по второй — его равная по амплитуде, но противоположная по фазе копия.

Дифференциальные пары нечувствительны к электрическим наводкам и сами они создают намного меньше нежелательного шума, чем соединения с одним проводником. Фактически, дифференциальные пары — единственный приемлемый способ передачи информации с высокой скоростью.

В Схемотехнике DipTrace выберите пункт главного меню "Объекты / Классы сетей". Именно с помощью классов сетей в DipTrace организована работа с дифференциальными парами. Дифференциальная пара не может существовать вне соответствующего класса сетей.

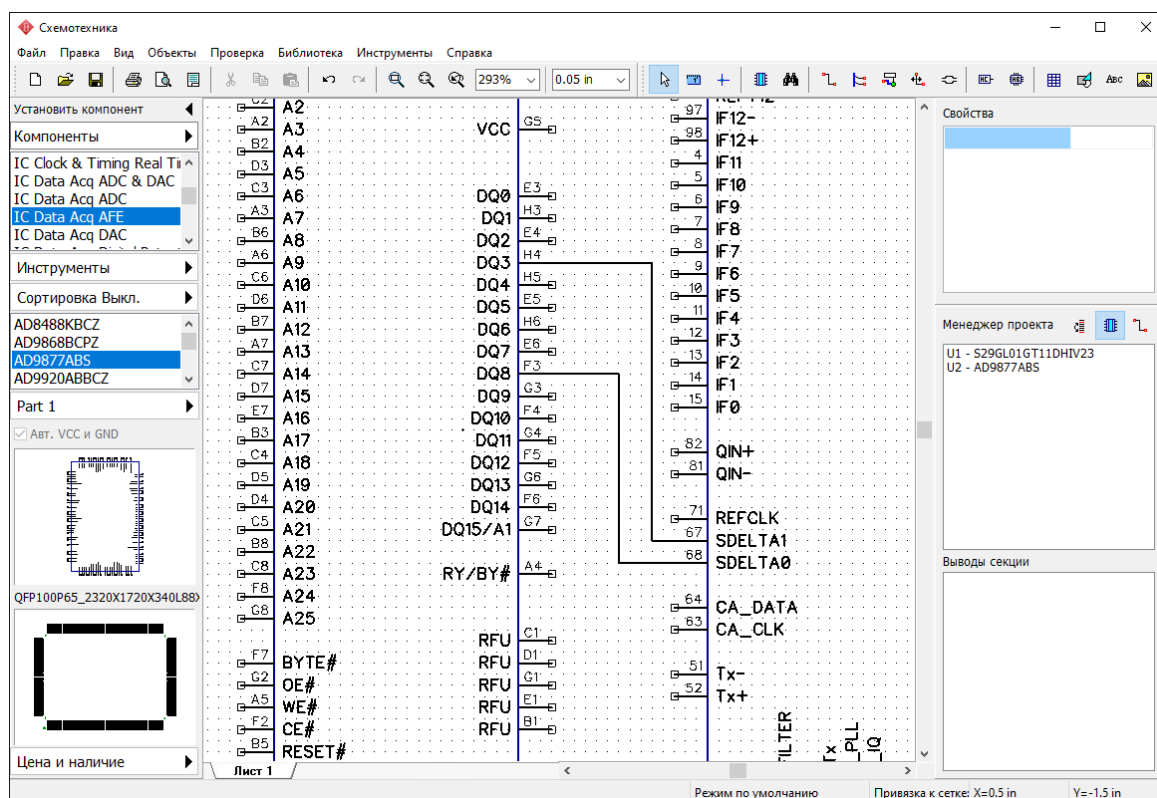
Прежде чем создать дифференциальную пару, необходимо добавить соответствующий класс. В диалоговом окне Классы сетей, нажмите кнопку **Добавить**, введите имя класса (например, "Диф_класс_1") и поменяйте **Тип** на **Дифф. пара**. Теперь можно вводить параметры будущих дифференциальных пар.



Введите ширину дорожек (0.009 дюйма), основной зазор между ними (0.007 дюйма) и зазор, применяемый к другим объектам на плате (0.006 дюйма). В других полях давайте пока оставим параметры по умолчанию. На данный момент класс сетей пуст, но это потому что у нас пустая схема.

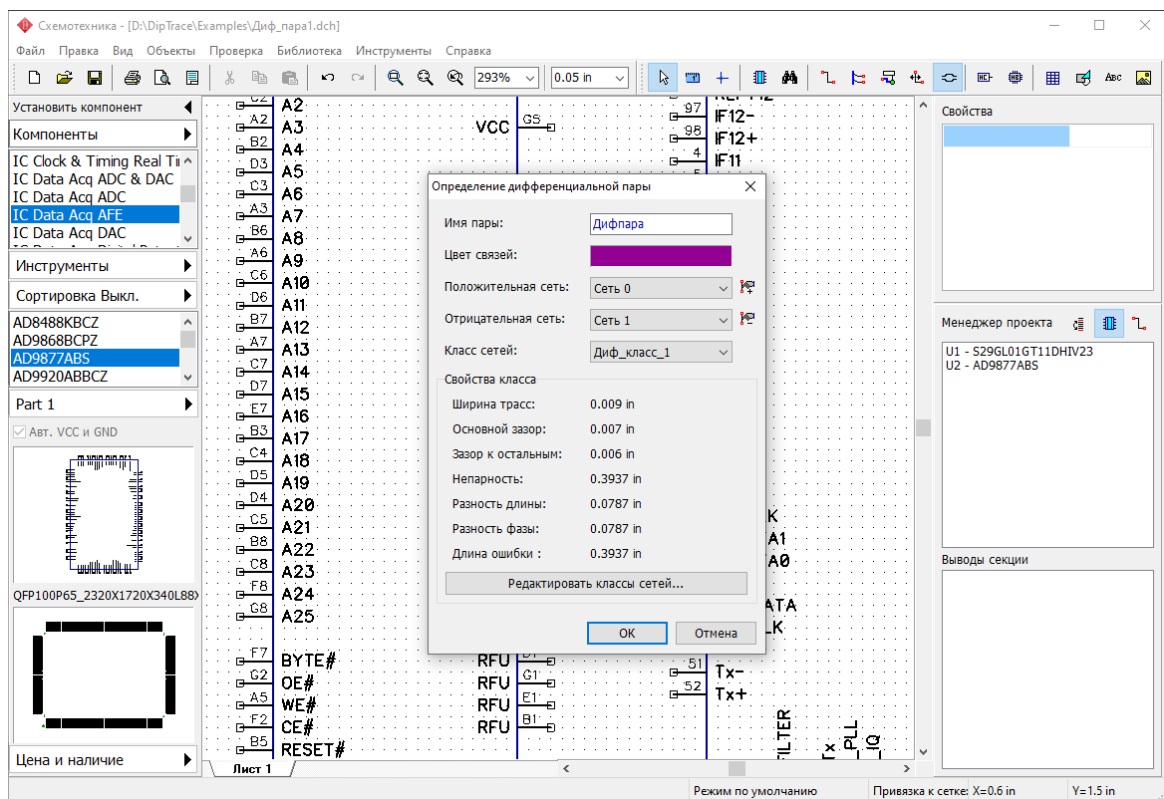
Нажмите **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно **Классы сетей** и применить изменения.

Теперь нужно добавить компоненты на схему, чтобы было с чем практиковаться. Можете взять любые микросхемы, для практики это не важно. Мы же добавим компонент S29GL01GT11DHV23 (библиотека IC Memory Others) и AD9877ABS (библиотека IC Data Icq AFE), разверните последний на 180 градусов (выделите компонент и нажмите дважды клавишу *Пробел*). Создайте две сети, которые впоследствии и станут дифференциальной парой. Например, мы создали Сеть 0, которая соединяет вывод H4 с выводом №67, и Сеть 1, которая соединяет F3 выводом №68.

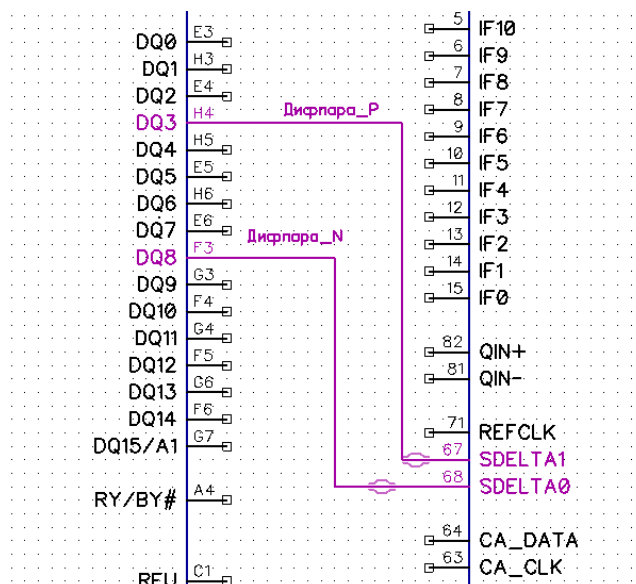


Теперь нажмите  или выберите "Объекты / ВЧ трассировка / Определить дифференциальную пару" из главного меню. В появившемся диалоговом окне укажите позитивную и негативную сеть дифференциальной пары. Например, укажем **Сеть 0** в поле **Положительная сеть** и **Сеть 1** в поле

Отрицательная сеть. Можно просто нажать на кнопки  или , чтобы выбрать нужные сети или выводы в области построения визуально. Поскольку у нас всего один класс сетей Дифф. пара, то программа автоматически определила выбранные сети в этот класс. Параметры класса сетей отображаются прямо в окне **Определение дифференциальных пар**. Нажмите **Редактировать классы сетей**, если хотите изменить параметры класса.



Нажмите **ОК**. Сеть 0 и Сеть 1 теперь стали дифференциальной парой, программа переименовала их в Дифпара_Р и Дифпара_Н и обозначила специальным символом в области построения. При наведении мыши на одну из сетей пары, вторая сеть тоже подсвечивается. Можете показать имена сетей в области построения, кликнув правой кнопкой по каждой сети и выбрав пункт **Показать имя**.



Теперь давайте перейдем в Редактор плат PCB Layout и продолжим учиться настраивать, трассировать и проверять дифференциальные пары.

5.6.4 Трассировка и редактирование дифференциальных пар

Встроенный автотрассировщик не поддерживает дифференциальные пары. Их можно трассировать либо вручную, либо во внешних автотрассировщиках.

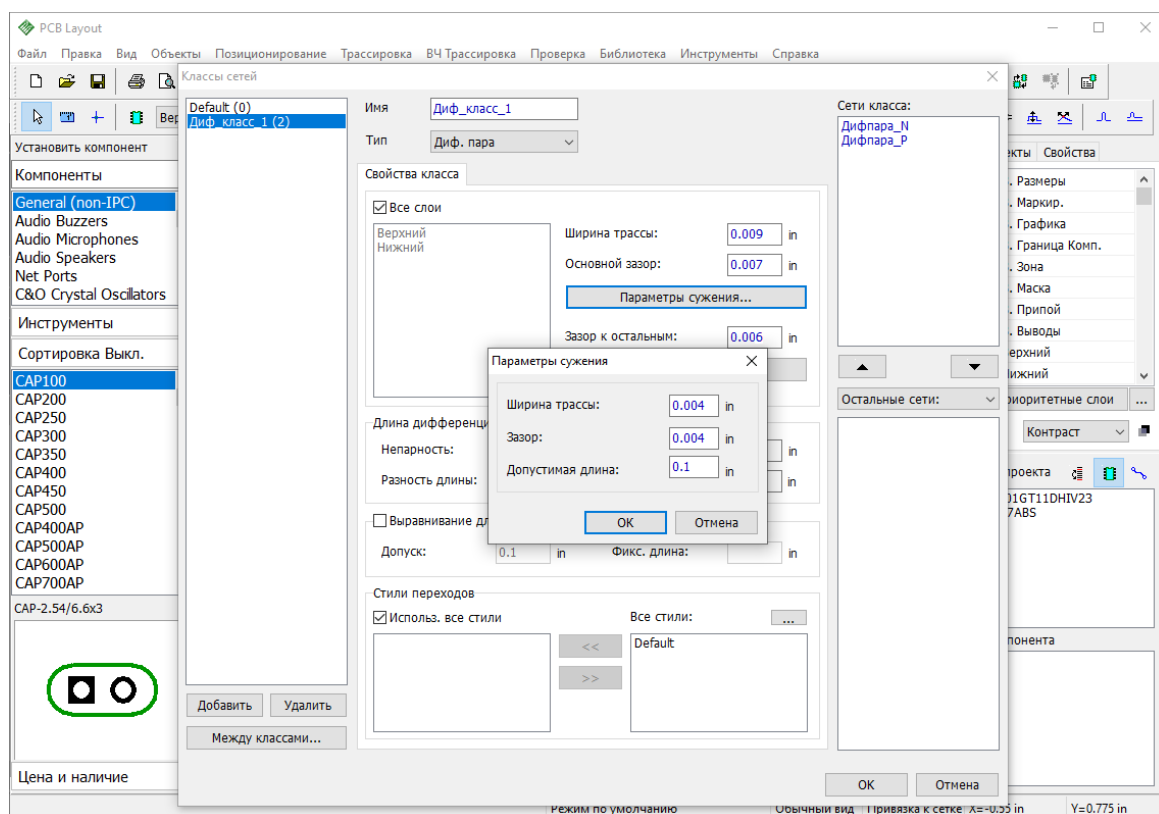
Выберите "Файл/ Преобразовать в плату" в главном меню **Схемотехники**, используйте правила схемотехники. В Редакторе плат сдвиньте компоненты немного ближе друг к другу. На плате, как и в Схемотехнике, дифференциальные пары отмечаются специальным значком. Разверните компонент U2, для этого выберите его и нажмите **R**.

Мы почти готовы к трассировке, давайте только проверим параметры дифференциальных пар. Часть из них мы уже указали в Схемотехнике. Выберите "Трассировка / Классы сетей" и выберите класс **Диф_класс_1**.

Параметры трассировки дифференциальных пар. Параметры дифференциального класса сетей применяются не только при трассировке дифф. пары, но и при проверке трассировки DRC. Нужно указать Непарность (максимально разрешенная длина непарных участков), Разность длины между двумя дорожками, Разность длины по динамической фазе (различия по длине между двумя связанными сегментами дорожек) и Длину ошибки по динамической фазе (программа будет сообщать фазовый сдвиг **только** если он происходит на промежутке больше этого значения).

Давайте введем 0.04 дюйма в поле **Разность длины** по динамической фазе и 0.03 дюйма в поле **Длина ошибки**, а остальные значения оставим без изменения.

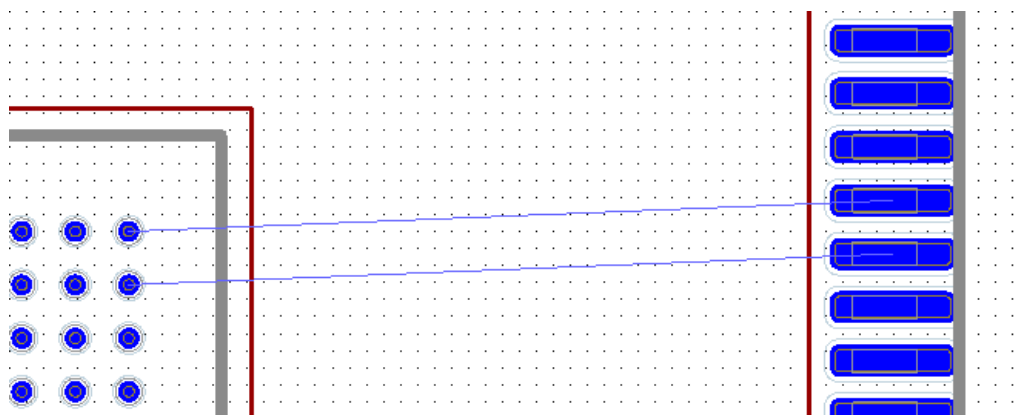
Поскольку у нас есть компоненты с маленьким зазором между контактными площадками (BGA), то дорожки с шириной и зазором 0.009 дюйма между выводами не пройдут. В программе можно настроить параметры сужения, которые будут применены на дорожках дифференциальной пары в нужных местах. Чтобы задать их, нажмите кнопку **Параметры сужения**.



В этом диалоговом окне давайте укажем ширину трассы и зазор 0.004 дюйма и 0.1 дюйма допустимая длина сужения (это означает, что DRC будет считать ошибкой ситуацию, когда сужение дорожек происходит на длине больше 0.1 дюйма). Нажмите **ОК**, чтобы применить настройки сужения, а затем нажмите **ОК**, чтобы применить новые параметры класса сетей.

Давайте **создадим еще одну дифференциальную пару** прямо на плате.

Сперва добавьте пару сетей с помощью инструмента . Например, как на изображении ниже.



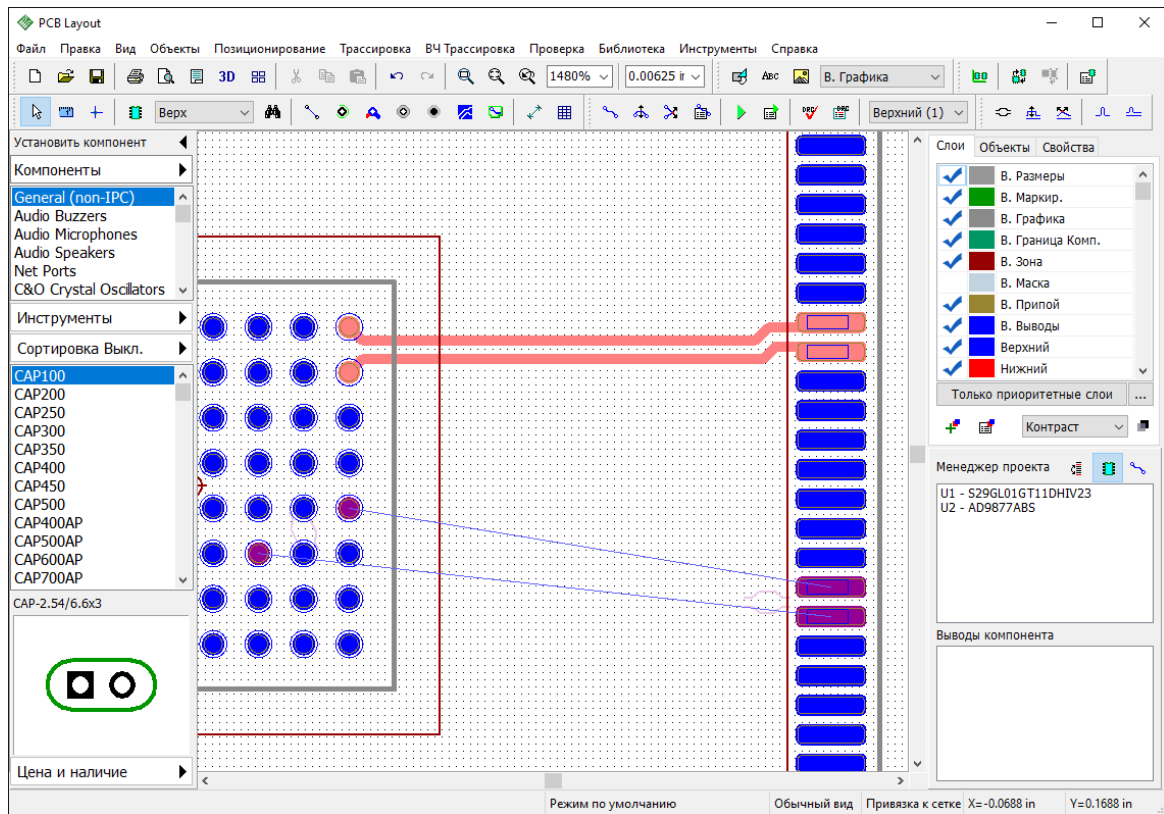
Теперь воспользуйтесь диалоговым окном **Определение**

дифференциальных пар (кнопка ). Это диалоговое окно такое же, как в Схематехнике. Выберите положительную и отрицательную сеть, поменяйте

цвет для удобства (мы выбрали красный) и примените к новой паре класс сетей **Диф_класс_1**. Нажмите **ОК**, чтобы создать пару.

Теперь нажмите  и кликните левой кнопкой на одной из КП второй дифференциальной пары — две дорожки начнут появляться одновременно. По сути, трассировка дифференциальных пар не отличается от трассировки одиночных сетей. Синие линии соединений показывают направление, куда трассировать сети. Разведите дорожки от компонента U1 к компоненту U2, кликните левой кнопкой по соответствующей контактной площадке U2, чтобы закончить трассировку. Вторая дорожка пары автоматически подключится к соответствующему выводу. На панели **Трассировка** или с помощью меню, появляющегося при нажатии правой кнопкой во время трассировки дифф. пары, можно на ходу менять слой трассировки, режим, текущий сегмент дорожек и другие параметры.

Для того чтобы изменить ведущую дорожку пары, кликните правой кнопкой во время трассировки и выберите **Поменять ведущую трассу** из подменю.

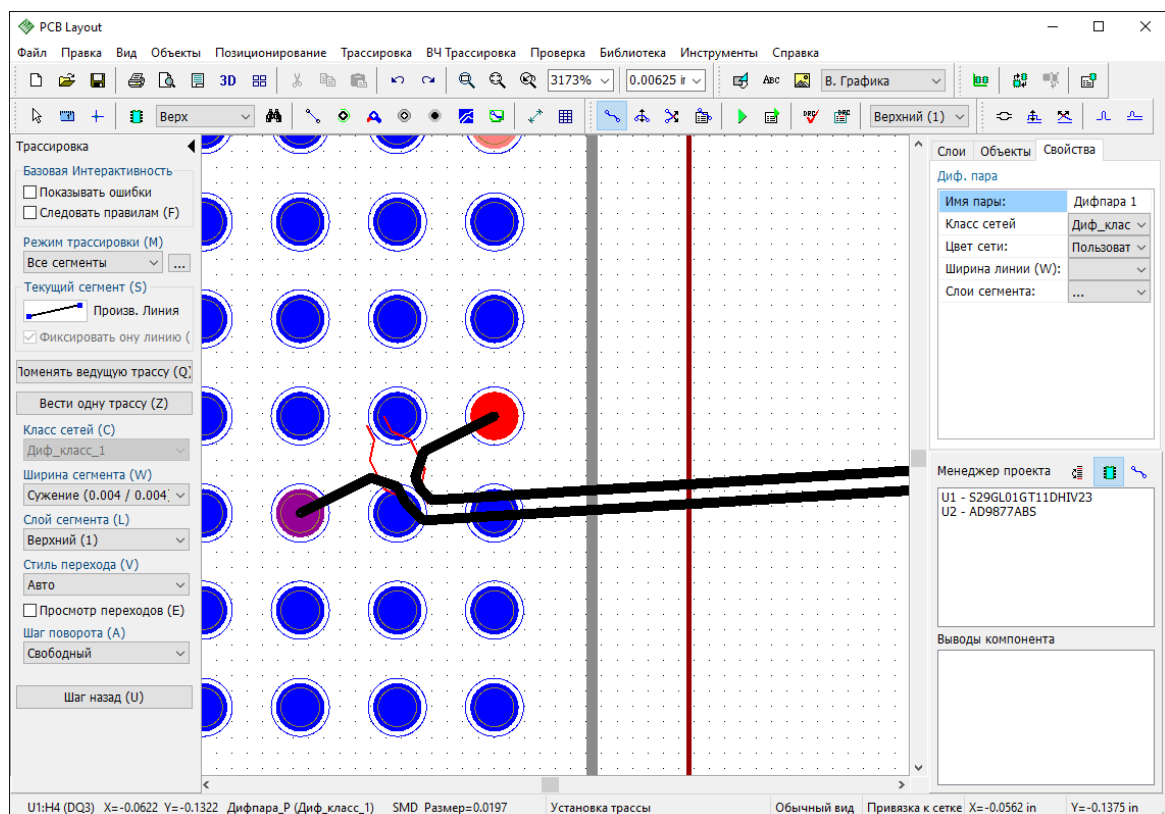


Режим одиночной трассировки дифференциальной пары

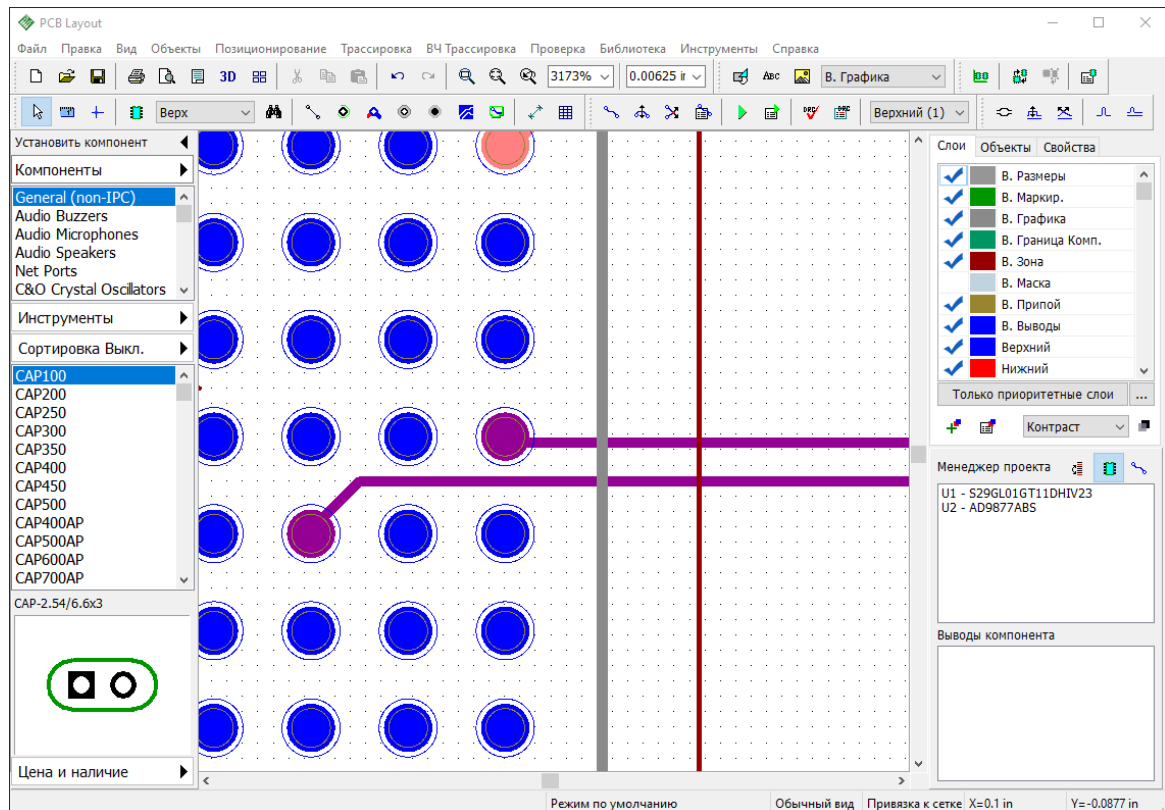
В жизни чаще всего встречаются ситуации намного сложнее, чем наша смоделированная ситуация, поэтому очень часто дорожки пары приходится трассировать по одной.

Нажмите  на панели Трассировки или выберите "Трассировка / Ручная трассировка / Добавить трассу" из главного меню. На панели **Трассировка** измените **Текущий сегмент** на **Произв. линия** (или дважды нажмите S) и

начните трассировать первую дифференциальную пару от компонента U2 к U1. Практически сразу вы заметите, что дифференциальная пара между выводами U1 никак не пройдет, а значит самое время применить сужение, которое мы настраивали ранее в настройках классов сетей. Приближаясь к компонент U1, кликните правой кнопкой и выберите **Сегмент сужения** из подменю. Теперь кликните левой кнопкой еще ближе к U1, чтобы создать маленький суженный сегмент дорожек (трассированные дорожки подсвечены цветом слоя, а не черным цветом). Теперь дорожки смогут пройти между выводами BGA, но завершить трассировку пары пока не удастся (наведите курсор на КП пары и вы увидите, что трассировка, предлагаемая программой, совершенно не подходит).



А вот трассировать дорожки по одной, наверняка, получится. Кликните правой кнопкой и выберите **Вести одну трассу** в подменю или нажмите клавишу Z, затем на панели **Трассировка** измените текущий сегмент на обычные линии с углом 45 градусов (или воспользуйтесь клавишей S) и кликните левой кнопкой по финальному выводу. DipTrace автоматически переключилась на следующую дорожку пары. Кликните по второй контактной площадке, чтобы завершить трассировку дифференциальной пары.



Чтобы изменить дорожку которую трассируете, кликните правой кнопкой во время трассировки и выберите **Поменять ведущую трассу** из подменю.

Контроль длины трасс

Контроль за точной длиной трасс очень важен при трассировке высокоскоростных соединений. Кликните правой кнопкой на любой дорожке дифференциальной пары и выберите **Показать длину трасс**. Длина трасс будет отображаться в районе КП дифф. пары и автоматически пересчитываться во время редактирования. Чтобы скрыть длину трассы, снова выберите тот же пункт из подменю трассы. В нашем случае длина трасс скрыта, чтобы проект оставался более "чистым" и понятным.

Редактирование дифференциальных пар

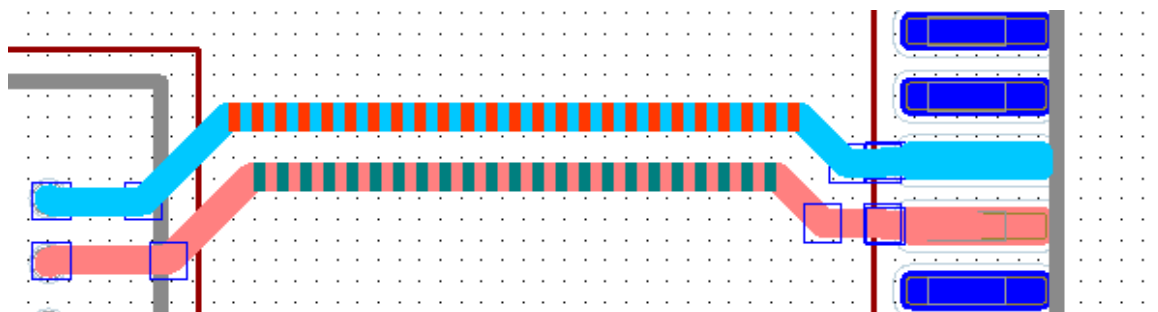
Просто кликните правой кнопкой по дифф. паре и выберите действие из подменю. Дорожки пары или отдельные сегменты можно детрассировать, изменить цвет, слой дорожек и сегментов, конвертировать дифф. пару обратно в обычные дорожки и многое другое.

Есть два базовых режима редактирования дорожек дифференциальной пары: обычный режим и режим редактирования трасс пары по одной. Каждый из этих

режимов может быть свободным или с ограничениям. Например, нажмите на Панели трассировки и немного перетащите дорожки пары. Вы увидите, что две трассы перемещаются одновременно и при этом соблюдается зазор между ними и парность.

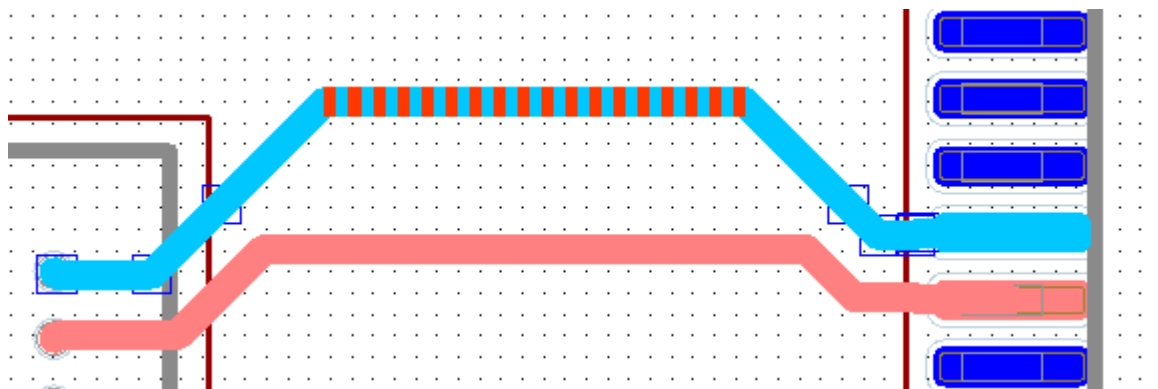
Можете перейти в режим свободного редактирования (нажмите ) , но и он

применяется к связке двух трасс.



Режим раздельного редактирования дает те же возможности, что и редактирование обычных трасс; он тоже может быть свободным, но применяется он к отдельным трассам дифференциальной пары.

Нажмите  на Панели ВЧ трассировки и переместите одну из трасс пары дальше от другой, создав непарные участки.



Режим **Свободного редактирования одной трассы** вызывается кнопкой



на Панели ВЧ трассировки.

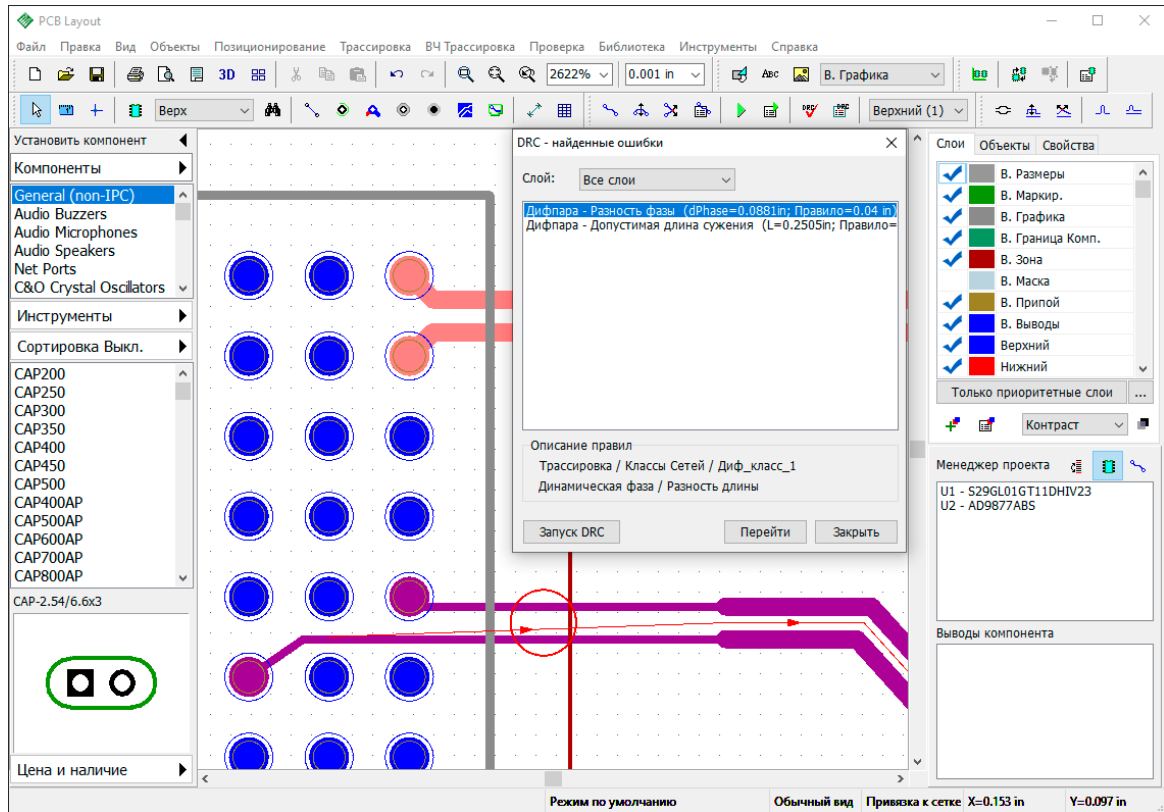
Можете попрактиковаться, изменяя слой дорожек и выполняя любые действия, но после этого обязательно сделайте **Шаг назад**, чтобы убрать изменения, ведь мы продолжим работу с этими дифференциальными парами в следующем разделе руководства.

5.6.5 Проверка и подстройка фаз

В нашем случае Real-time DRC выключена и ошибок в области построения мы не видим, хотя они, скорее всего, есть. Давайте **включим** проверку в реальном времени, так нам будет легче делать необходимые исправления, а потом запустим DRC в обычном режиме, ведь удобнее иметь перед собой список ошибок с детальной информацией о каждой из них.

DRC проверяет проект на соответствие допускам по размерам и зазорам, установленным в окне "Проверка / Параметры проверки ошибок", а дифференциальные пары проверяются исходя из параметров соответствующего класса сетей. В нашем случае, проверка выдает ошибки, связанные с дифференциальной парой. В списке ошибок вы видите не только

текущее и требуемое значение, но и информацию, в каком диалоге программы это правило установлено (раздел **Описание правил**).

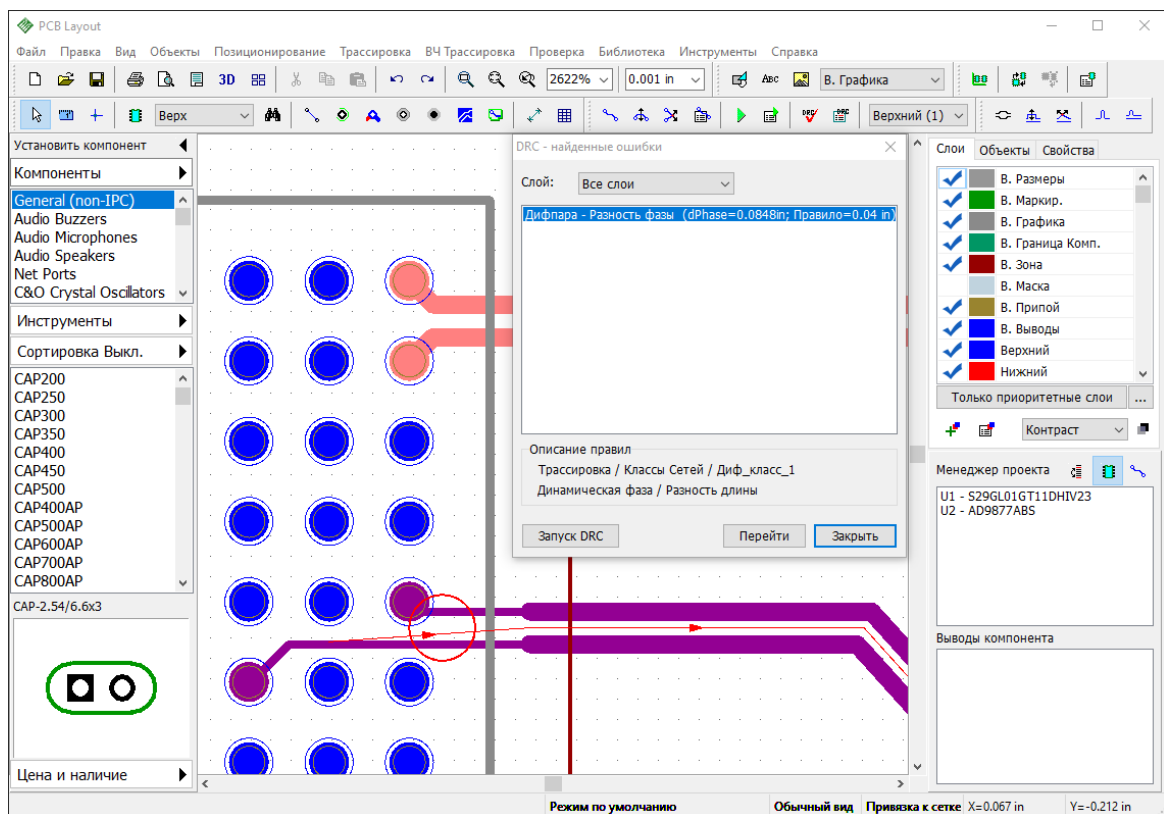


Переместите окно ошибок, чтобы оно не закрывало область построения.

Сперва давайте укоротим сегмент суженых дорожек, чтобы мы уложились в

0.1 дюйма, которые мы указали в параметрах класса сетей. Нажмите  на Панели трассировки, потом наведите курсор на место, где начинается сужение трасс, пока курсор не превратится в двойную стрелочку, перпендикулярную дорожкам. Теперь перетащите место сужения немного ближе к выводам U1. Проверка в реальном времени поможет нам не подводить дорожки слишком близко к КП. Если не удастся сократить длину обоих сегментов, то можно воспользоваться режимом

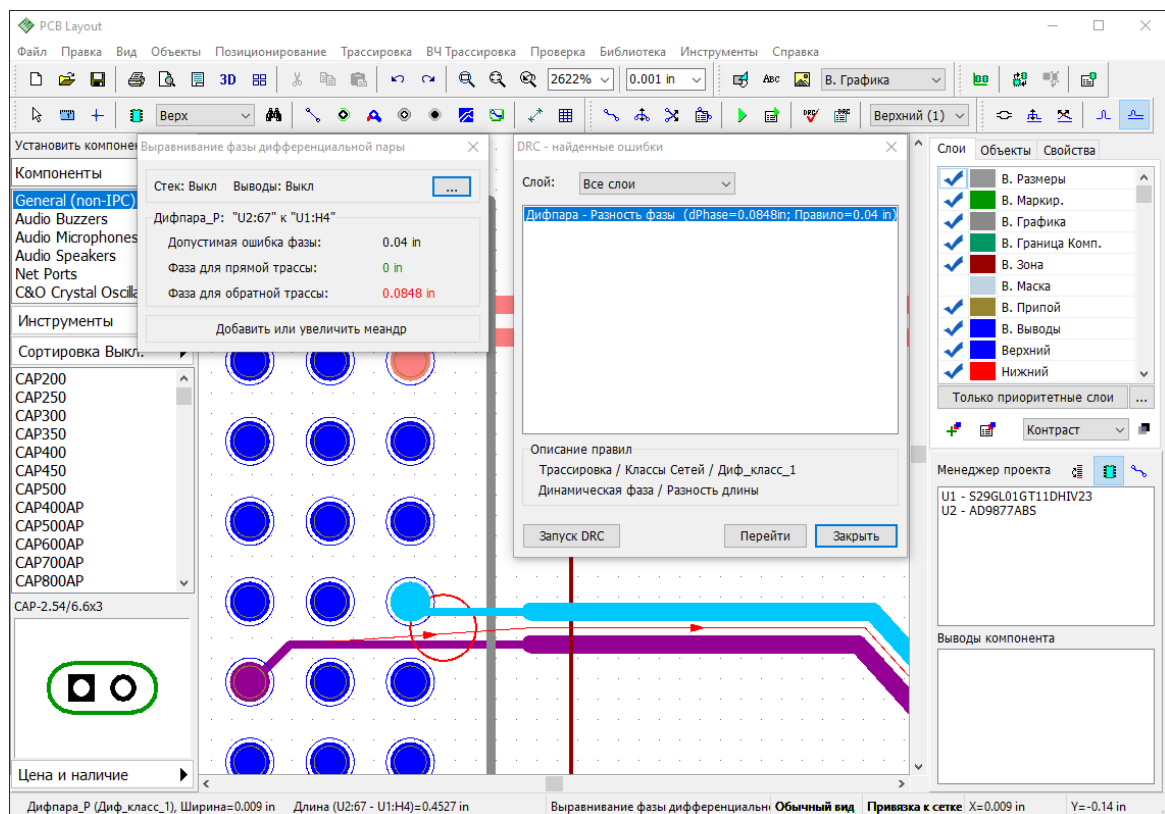
редактирования одиночных дорожек (кнопка  на Панели ВЧ трассировки).



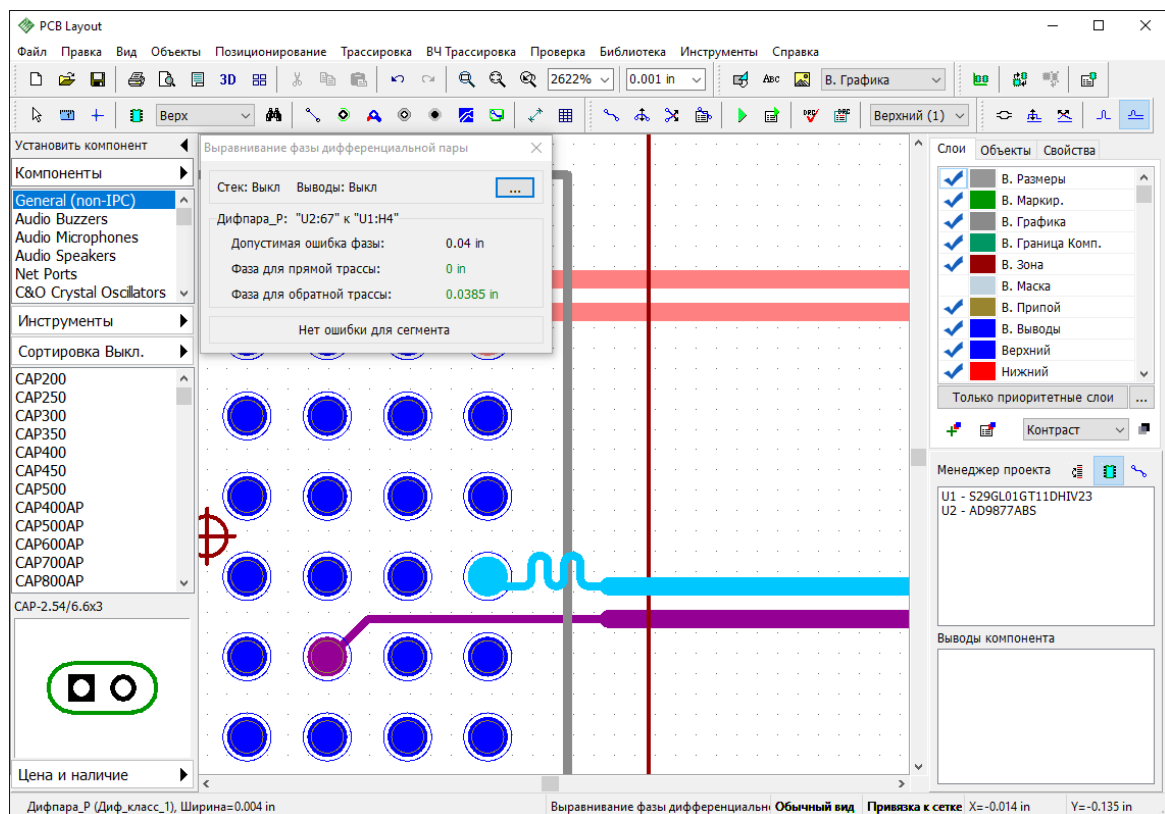
Описание оставшейся ошибки указывает на то, что между дорожками дифференциальной пары слишком большая разница по длине. Причиной этой ошибки стал сдвиг фаз на достаточно длинном участке (больше, чем значение **Длина ошибки динамической фазы** в диалоговом окне **Классы сетей**).

Давайте попробуем сделать более короткую дорожку немного длиннее, поскольку наша дифференциальная пара достаточно прямая, возможно, нам удастся исправить ошибку, используя инструмент **Выравнивание фазы**.

Нажмите  на Панели ВЧ трассировки или выберите "ВЧ трассировка/ Инструменты дифференциальных пар/ Выравнивание фазы" из главного меню. Появившееся диалоговое окно помогает определить, на каком именно сегменте происходит сдвиг фаз сигналов, для этого просто наводите курсор мыши на разные сегменты дорожки и смотрите на значения в полях **Допустимая ошибка фазы** в окне инструмента **Выравнивание фазы дифференциальной пары**. Наведите курсор на нижнюю дорожку — значения зеленого цвета, кроме значения "Фаза для обратной трассы" и программе предлагает увеличить длину противоположной трассы, теперь наведите курсор на верхнюю дорожку — значение сдвига фазы подсвечено красным и программа предлагает добавить или увеличить меандр.



В нашем случае сигнал по верхней дорожке значительно обгоняет сигнал по нижней. Кликните левой кнопкой мыши по верхней дорожке, чтобы создать меандр, он удлинит трассу. Не располагайте меандр слишком близко к компоненту U1 и не делайте их слишком большими. Необходимо удлинить дорожку ровно на столько, сколько необходимо для исправления ошибки.



Нажмите **Запустить DRC**, чтобы еще раз проверить проект и убедиться, что все ошибки исправлены.

Если вы наводите указатель мыши сегмент трассы и обнаруживаете, что сдвиг фаз для обратной трассы до сих пор есть, но DipTrace не сообщает об этом как об ошибке при запуске DRC, это означает, что сдвиг происходит на сегменте короче, чем значение параметра **Длина ошибки динамической фазы** в диалоговом окне **Классы сетей**, а значит находится в пределах, которые не нарушат работу будущего устройства. Теперь можете закрыть диалоговые окна **Выравнивание фаз** и **Ошибки DRC** и переключиться в режим по умолчанию.

Вы можете изменить размер меандра в любое время позже, просто нажмите кнопку  на панели инструментов Трассировки и отредактируйте меандр.

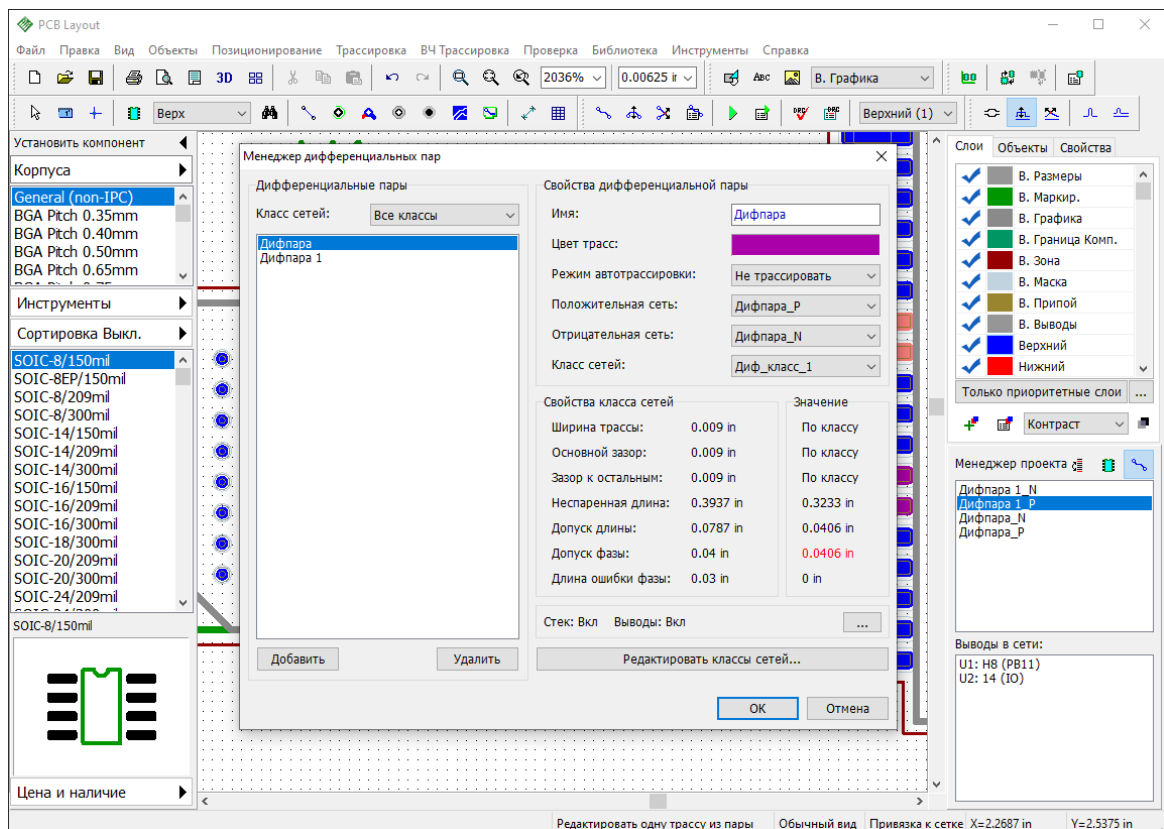
Обратите внимание, что DipTrace может рассчитать фазовый сдвиг с учетом стека слоев (высота межслойных переходов) и длины соединительных проводов внутри компонента (определяемой задержкой сигнала).

По умолчанию DipTrace не учитывает эти значения. Если вы хотите их учитывать, нажмите кнопку  в диалоговом окне "Выравнивание фазы дифференциальной пары" и отметьте соответствующие элементы во всплывающем диалоговом окне. Однако в нашем случае это не важно, потому что в нашем проекте нет дифференциальных пар, которые бы находились на разных слоях.

5.6.6 Менеджер дифференциальных пар

Если вы работаете с большими проектами, где множество высокочастотных соединений, появляется необходимость в инструменте, который бы помог организовать работу с дифференциальными парами. Менеджер дифференциальных пар — это диалоговое окно, которое дает возможность редактировать, создавать и удалять дифференциальные пары наиболее быстрым и удобным способом. Выберите "ВЧ трассировка/ Менеджер дифференциальных пар" из главного меню.

В появившемся диалоговом окне доступны все дифференциальные пары проекта. Используя поле **Класс сетей** можно отобразить только дифференциальные пары определенного класса или же выбрать вариант **Все классы**, чтобы увидеть все дифференциальные пары проекта в списке ниже. Однако в нашем случае выбранный вариант отображения не имеет значения, ведь в нашем проекте только две дифференциальные пары, принадлежащие к одному классу сетей.



Чтобы создать новую дифференциальную пару, нажмите кнопку **Добавить**.

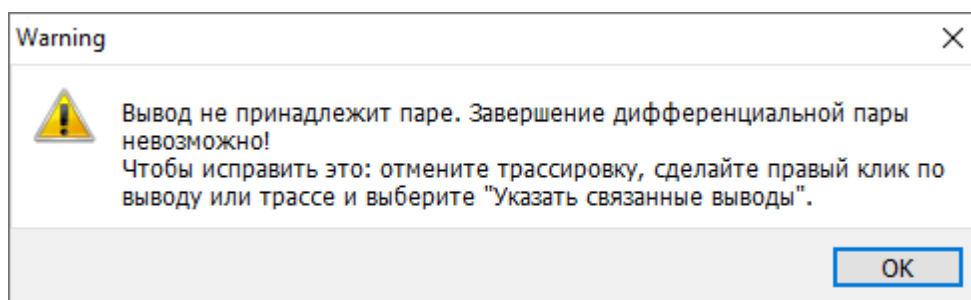
Для изменения параметров дифференциальной пары достаточно выбрать её из списка, после чего можно приступить к её редактированию. Вы можете изменить имя и цвет пары, изменить режим трассировки, переназначить сети пары и поменять класс сетей. Ниже отображаются параметры класса (правила трассировки) и текущие параметры трассированной дифференциальной пары. Красным подсвечиваются нарушения по допускам. В нашем случае сдвиг фазы у выбранной дифференциальной пары превышает допустимое значение, но

это не считается ошибкой, если нет нарушения заданной длины ошибки динамической фазы.

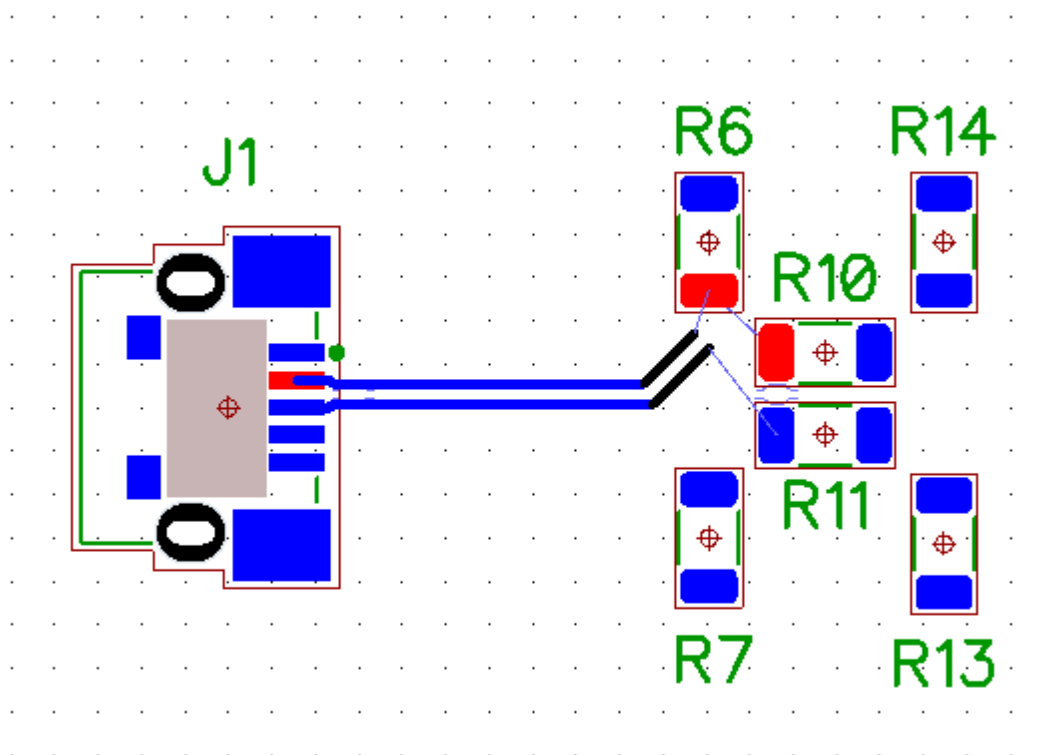
Нажмите **Редактировать классы сетей**, если нужно изменить параметры классов сетей.

5.6.7 Связанные выводы дифференциальной пары

В очень редких случаях на высокочастотных платах с большой плотностью компонентов, программа может иметь трудности с нахождением концевых КП и не сможет завершить трассировку дифференциальной пары. В этом случае выдается сообщение, которое предлагает воспользоваться функцией назначения связанных выводов.



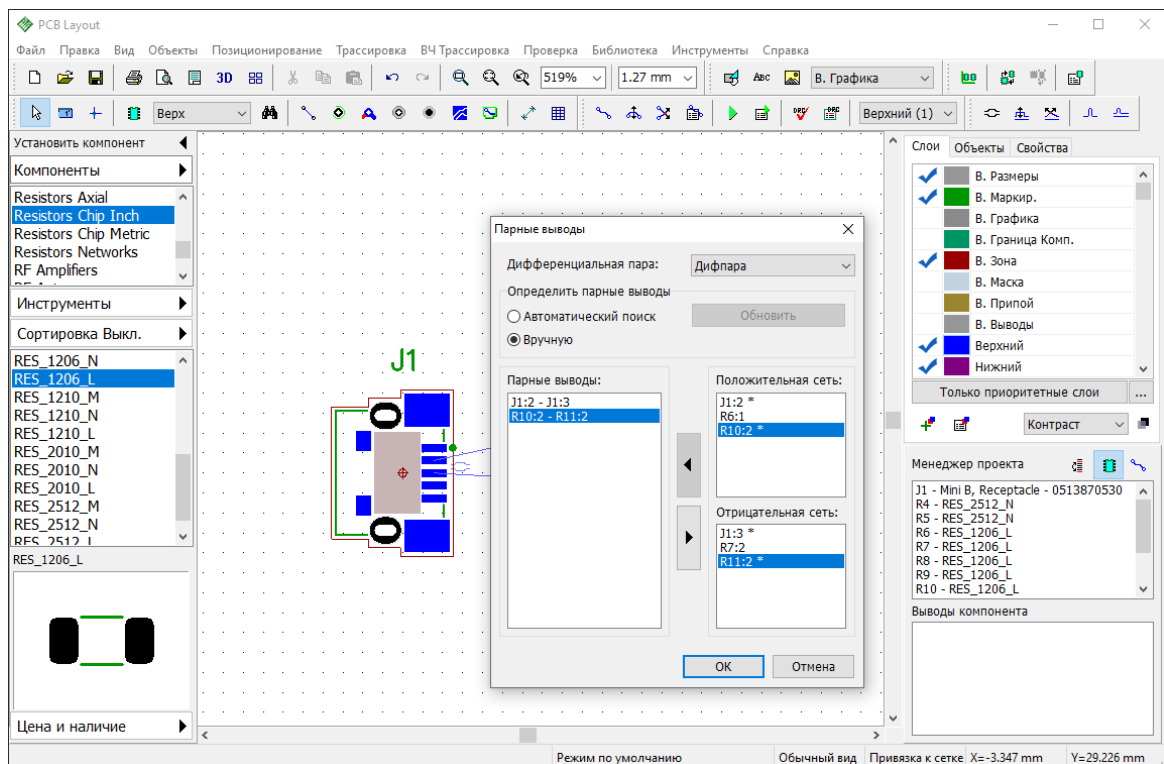
Вот пример подобной ситуации. КП R6 и R10 принадлежат к отрицательной сети пары, а выводы R11 и R7 — к положительной. В этом случае, программа **может** попытаться завершить трассировку второй дорожки на выводе R7 вместо R11 или будет выдавать только сообщение об ошибке.



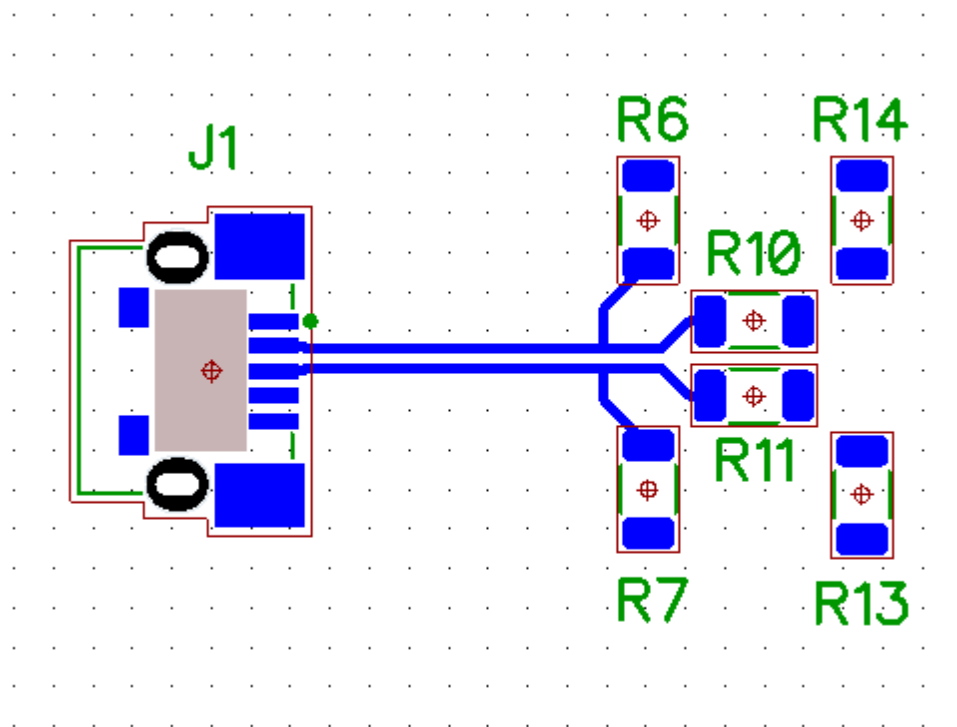
Чтобы устранить ошибку, нужно указать связанные выводы. Выберите "ВЧ

трассировка/ Указать связанные выводы" из главного меню. Появится диалоговое окно, где в поле **Дифференциальная пара** нужно выбрать пару, с которой возникла проблема. Далее нажмите **Обновить** и программа попытается найти выводы автоматически. Если у нее не получится, то выберите опцию **Вручную**, чтобы самостоятельно определить связанные выводы, используя поля ниже.

В нашем случае в списке есть только одна пара выводов со стороны разъема J1 (J1:2 and J1:3). Выберите R10:2 в списке **Положительная сеть** и R11:2 в списке **Отрицательная сеть**, поскольку мы хотим, чтобы дифференциальная пара была трассирована именно до этих выводов. Нажмите стрелочку между списками, чтобы добавить выбранные контактные площадки в список **Парные выводы**, затем нажмите **ОК**, чтобы применить изменения.



Теперь дифференциальная пара легко трассируется, ведь программа четко понимает, на каких выводах ей необходимо завершить дорожки. После трассировки дорожек к R10 и R11, подсоедините резисторы R6 и R7.



5.7 Обновление платы по схеме

Иногда необходимо внести значимые изменения в уже почти готовый проект, например, добавить новый компонент или сеть. Мы всегда рекомендуем начинать вносить изменения в **схему** проекта, а не в его плату. Но изменение в схемотехнике не применяются автоматически в Редакторе плат, нужно запускать функцию **"Обновить структуру из схемы"**.

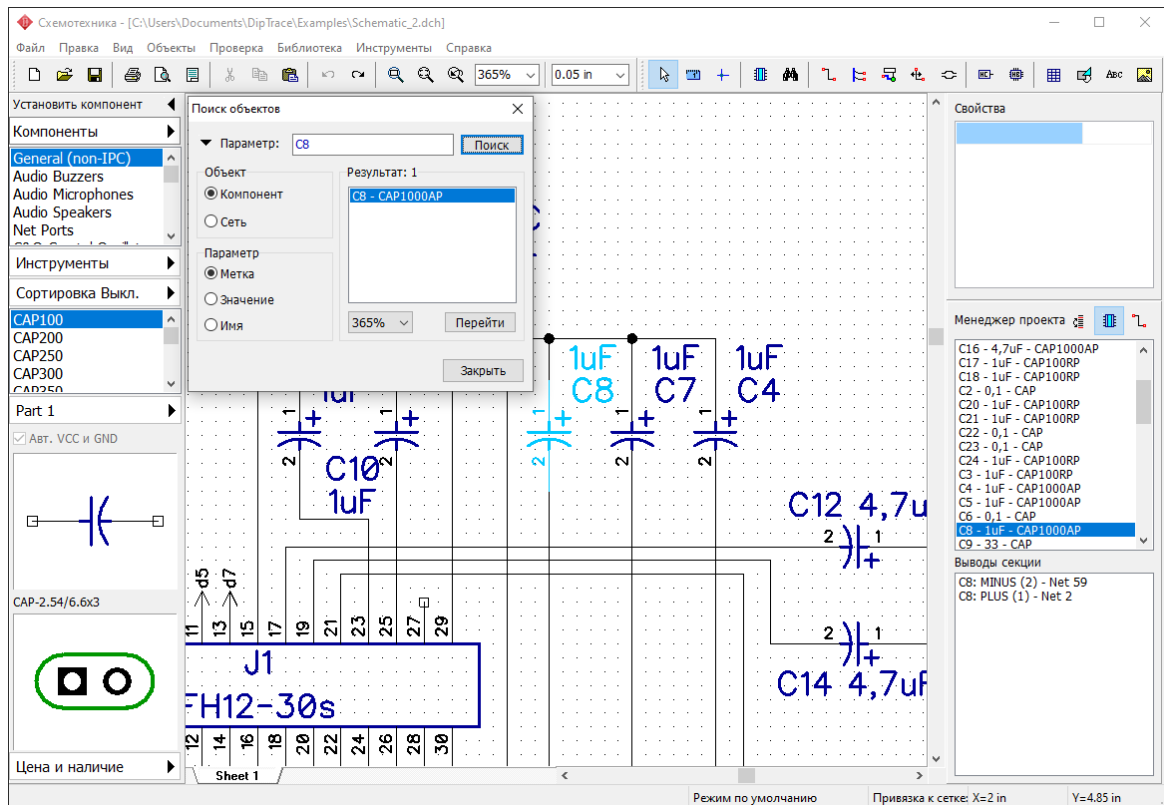
Если вы внесли изменения в схему проекта и хотите, чтобы эти изменения появились на плате, выберите "Файл / Обновить структуру из схемы" в главном меню **Редактора плат PCB Layout**, а потом выберите один из доступных режимов:

1) По компонентам. При использовании этого варианта связь между символами и корпусами проекта вычисляется по скрытым идентификаторам. Этот режим подойдет в том случае, если исходная схема была разработана в Схемотехнике DipTrace. Обновление по компонентам не зависит от меток компонентов, следовательно, метки одних и тех же компонентов в Схемотехнике и Редакторе плат могут не совпадать.

2) По меткам. В данном случае программа соотносит символ и корпус исключительно по метке. При таком обновлении очень важно, чтобы и символы и привязанные к ним корпуса имели одинаковую метку.

3) Исходная схема. Это то же самое, что и обновление по компонентам, но не нужно каждый раз выбирать файл схемотехники, ведь используется файл исходной схемотехники. Изменить текущий файл исходной схемотехники можно,

ввести C8 в поле поиска по проекту и нажать *Enter*. Нужный компонент подсветится и отобразится в центре экрана.

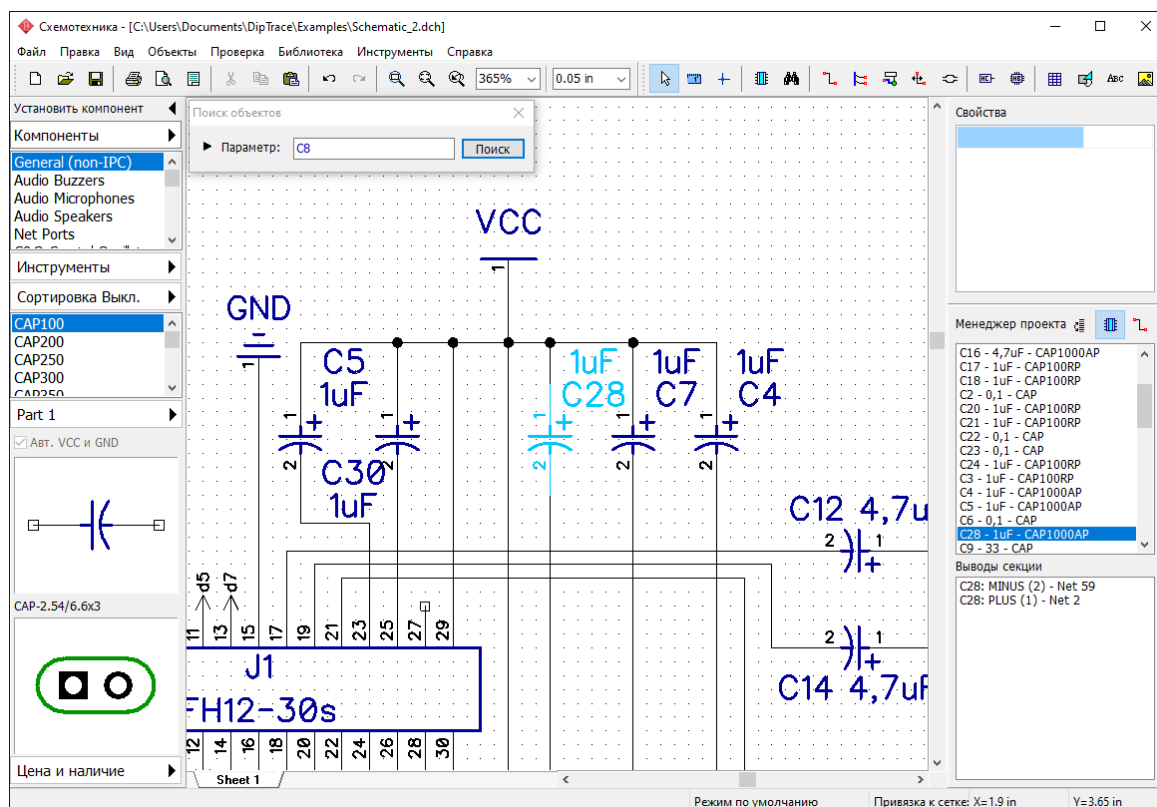


Для удобства вы можете свернуть панель **Поиск объектов**, нажав на стрелочку в верхнем левом углу, чтобы не вызывать её повторно в дальнейшем.

Приблизьте область построения, чтобы лучше видеть компоненты C8 и C10. Плата PCB_2 связана со схемой Schematic_2, но, как вы помните, мы изменили метки компонентов C8 и C10 прямо на плате. Метки соответствующих компонентов на схеме можно изменить вручную, или воспользоваться функцией **Обратное переименование**.

Выберите "Файл / Обратное переименование" из главного меню, выберите файл платы "PCB_2_ver1", в котором мы сохранили модифицированную её копию, и нажмите **Открыть**. Метки компонентов C8 и C10 в тот же миг изменятся в соответствии с платой.

*Обратное переименование также способно обновлять имена сетей и классы сетей на основании платы, но **добавлять новые компоненты или сети оно не может**.*



5.9 Иерархическая схемотехника

Мы разработаем очень простую иерархическую схему, чтобы продемонстрировать работу этой функции как на схеме, так и на плате.

Иерархические блоки

Откройте Схемотехнику. В DipTrace иерархические блоки располагаются на отдельных листах соответствующего типа. Сначала мы добавим два дополнительных листа к схеме: выберите "Правка / Добавить лист" **дважды** из главного меню. Затем мы должны **указать, что эти листы являются иерархическими блоками**, выберите Лист 2 в левом нижнем углу и поменяйте тип листа с помощью "Правка / Тип страницы/ Иерархический блок" из главного меню. Прodelайте то же самое для Листа 3.

Теперь выберите основной (первый) лист и добавьте несколько компонентов на него (мы установили три компонента MAX6050AEUR-T из библиотеки IC PMIC Voltage References). Это будет нашей основной схемой, здесь пока нет установленных иерархических блоков.

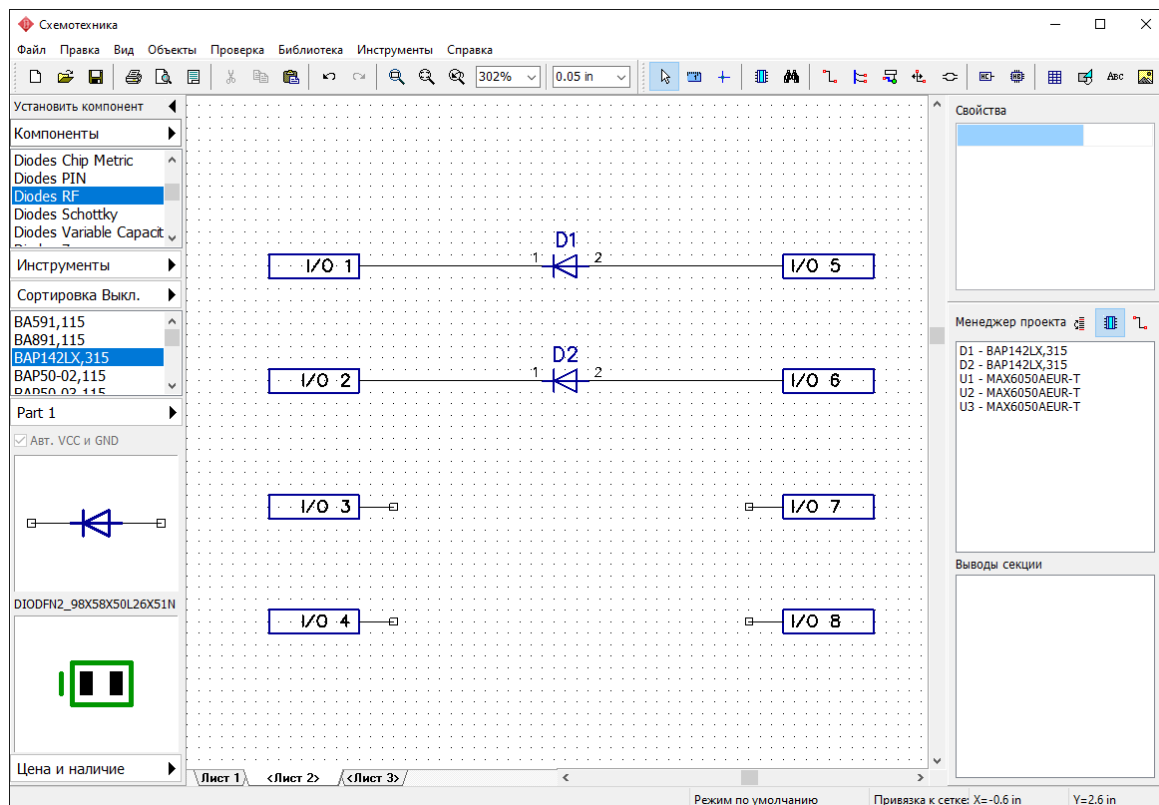
Перейдите на второй лист, который уже, по сути, является иерархическим блоком, и выберите "Объекты / Иерархия / Добавить вывод" из главного меню

или нажмите  на Панели объектов. Добавьте несколько иерархических выводов на Лист 2 (обратите внимание, что нельзя установить иерархический вывод на обычный лист, т.е. лист, который не является иерархическим блоком).

Эти выводы будут входами и выходами иерархического блока. Положение

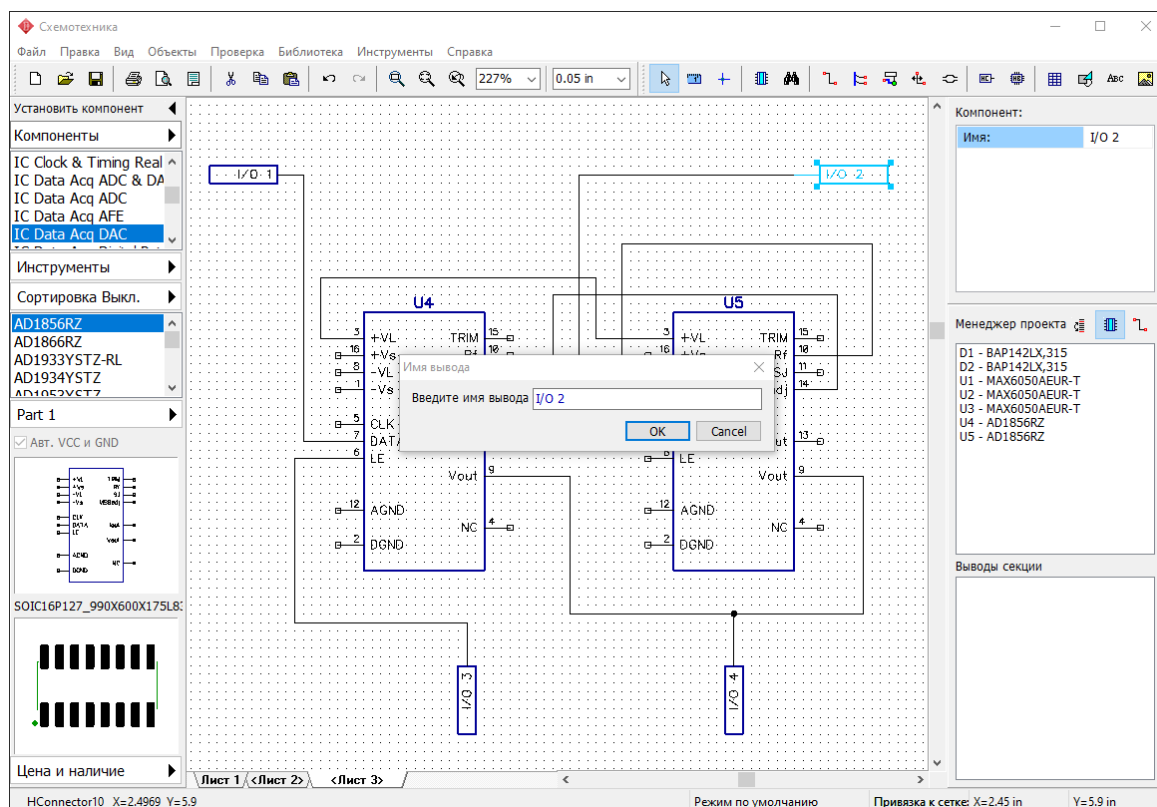
и угол поворота иерархических выводов внутри блока будет совпадать с положением выводов иерархического блока, когда мы установим его на главный лист схемы.

Мы установим 8 выводов: 4 с левой стороны и 4 с правой. Используйте горячие клавиши *R* или *Пробел*, чтобы повернуть вывод перед установкой. Также установите два любых диода из библиотеки Diodes RF и соедините их с иерархическими выводами, оставив при этом место для установки еще двух иерархических блоков.



Выберите Лист 3 и создайте второй иерархический блок: добавьте несколько выводов (два по сторонам и два внизу), установите пару компонентов (например, AD1856RZ из библиотеки IC Data Acq DAC) и соедините их.

Иерархические выводы можно переименовать, щелкните правой кнопкой и выберите **Переименовать** в подменю. Имена выводов в блоке передаются на главную схему.

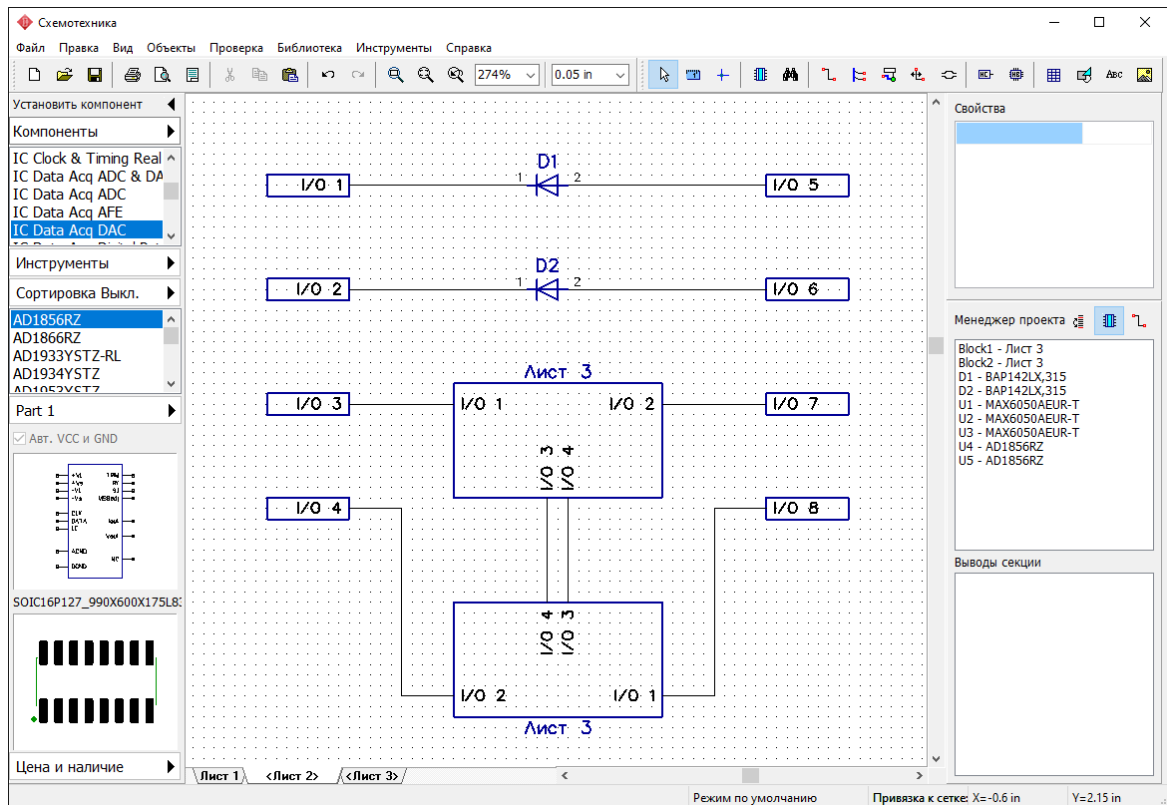


DipTrace поддерживает многоуровневую иерархию, т.е. **вы можете установить любой иерархический блок внутри любого другого блока** столько раз, сколько нужно.

Перейдите на Лист 2, выберите "Объекты / Иерархия / Добавить блок" или нажмите  на Панели объектов. В появившемся диалоговом окне, в списке иерархических блоков выберите Лист 3, нажмите **Установить** и установите два блока (Лист 3) на Листе 2. Блоки можно вращать так же, как и обычные компоненты (клавиши *R* или *Пробел*).

Обратите внимание, что вы можете установить блок Лист 2 на Лист 2, тем самым сделав замкнутую петлю из блоков. Чтобы избежать этого, используйте "Проверка/ Проверить иерархию" из главного меню. Модуль PCB Layout также проверяет иерархию при загрузке схематехники и выдает предупреждение, если есть ошибки.

Сейчас мы не будем делать никаких замкнутых контуров, просто поместите два блока Лист 3 на Лист 2 и подключите их к выводам, как на изображении ниже.

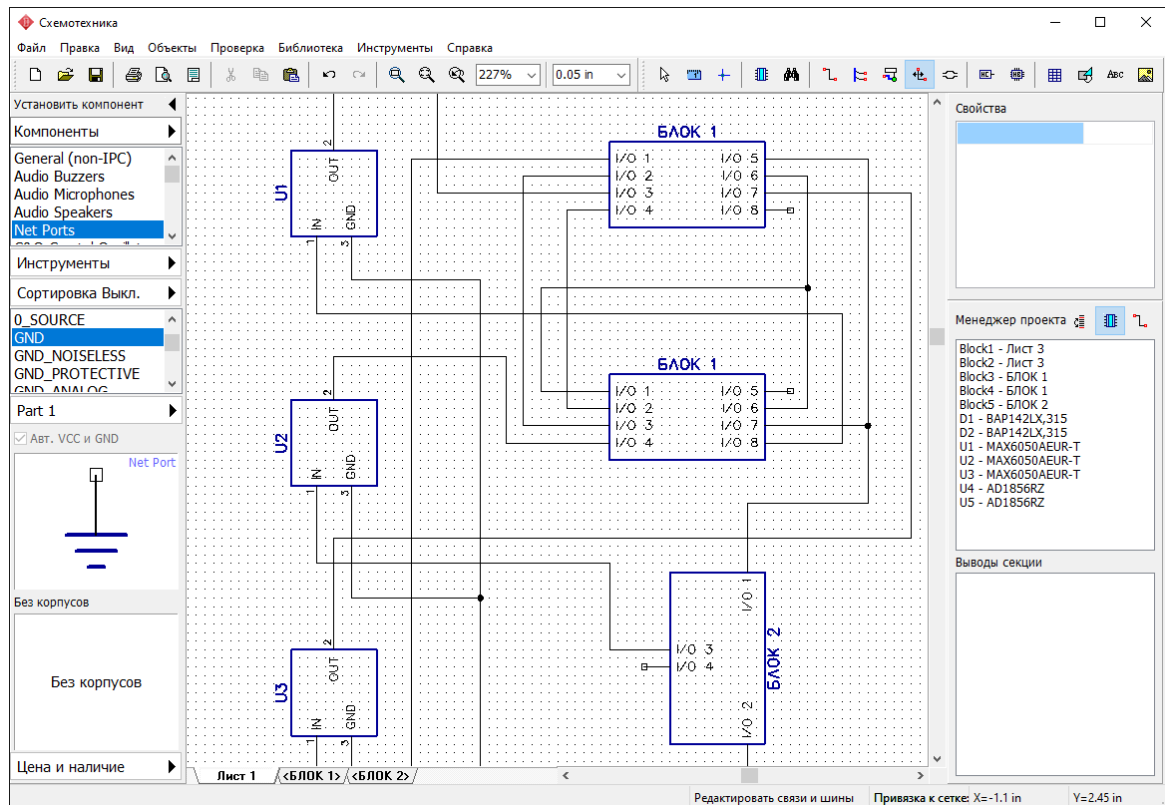


Иерархические блоки можно переименовывать так же, как и обычные листы. Переименуйте иерархические блоки, например, на "БЛОК 1" и "БЛОК 2": просто кликните правой кнопкой по закладке блока в левом-нижнем углу области построения и выберите **Переименовать**.

Перейдите на Лист 1 (основная схема) и добавьте еще несколько иерархических блоков (два БЛОК 1 и один БЛОК 2). Соедините их с остальными компонентами.

Работа с иерархическими блоками на главной схеме мало чем отличается от работы с обычными компонентами.

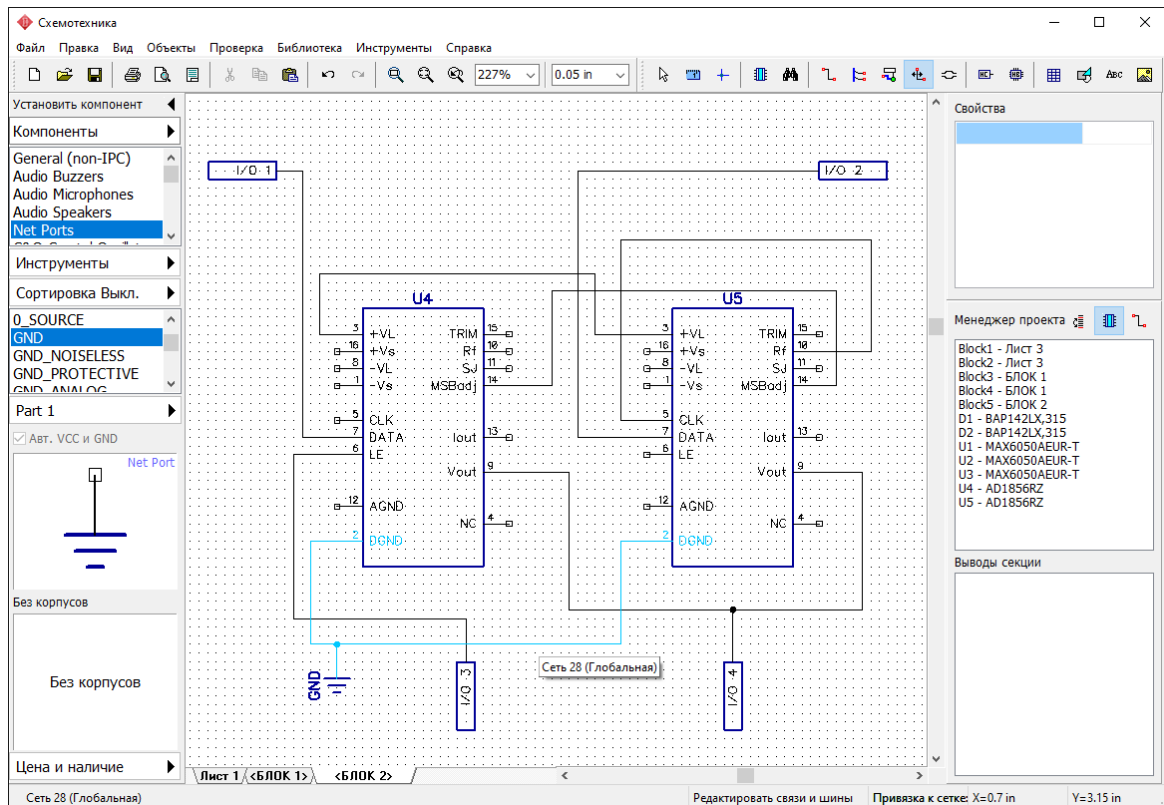
Напоминаем, что данная схема всего лишь демонстрационный пример, а не рабочий прототип.



Глобальные сети

Как вы [уже знаете](#)^[190], **нельзя** создать одну сеть на разных уровнях иерархии, за исключением особого типа сетей — глобальных сетей. Глобальные сети существуют на разных иерархических уровнях и не зависят от них.

Вернитесь на лист БЛОК 2 и установите там сетевой порт GND из библиотеки Net Ports. Затем подключите его к выводам земли DGND компонентов U4 и U5. Обратите внимание, что сеть земли автоматически превратилась в глобальную. Это видно при наведении курсора мыши.



Выберите Лист 1 (основная схема) и поместите туда сетевой порт GND, затем подключите его (создайте соединение от сетевого порта к свободному выводу GND). Вы заметите, что эта сеть стала Сетью 28 (глобальной). У нас есть единая глобальная сеть на двух иерархических уровнях. Мы можем продолжить эту сеть до следующего листа и т. д. Переименуйте сеть в "GND".

Обратите внимание, что одинаковые сетевые порты в любом месте цепи автоматически подключаются к одной сети (глобальной, если они присутствуют в иерархическом блоке).

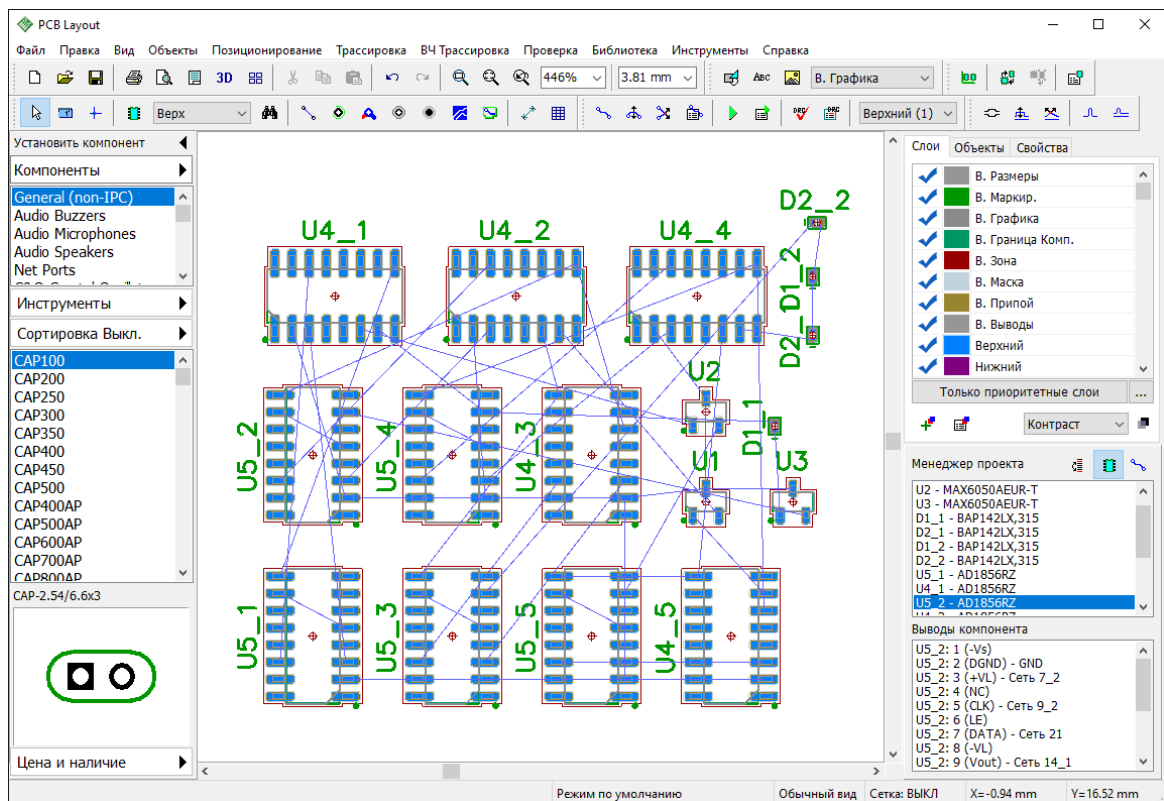
Вы уже знаете, как [объединять сети по имени](#)^[190]. Эту же методику можно применить для создания глобальных сетей, не используя сетевые порты. Кликните правой кнопкой по какой-нибудь сети и выберите **Свойства**. Поставьте галочки **Глобальная сеть для иерархии** и **Объединить с сетями по имени**, затем введите имя уже существующей глобальной сети и нажмите **ОК**.

Иерархия в Редакторе плат

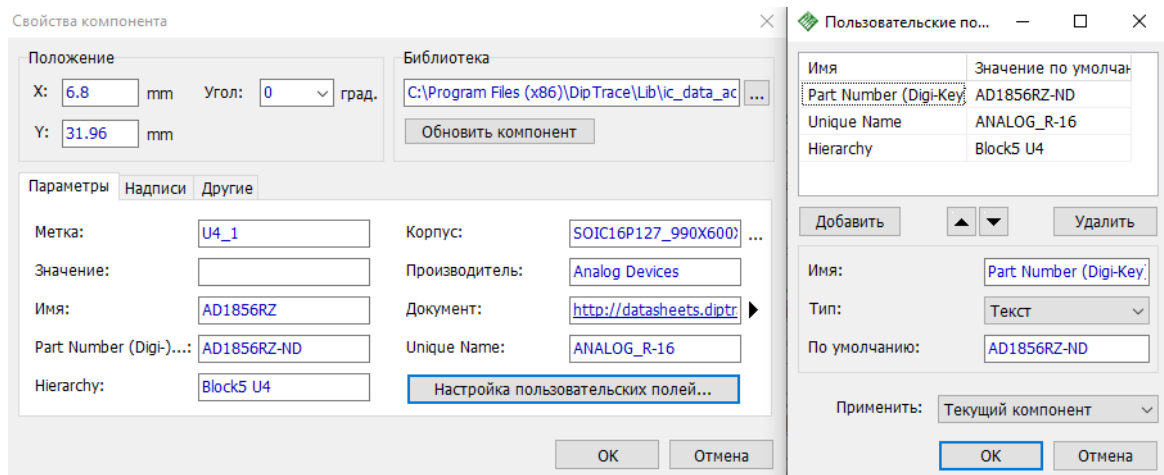
Теперь преобразуем схему в плату, нажмите **Ctrl+B** и выберите **Использовать Схемотехнические правила** в появившемся диалоговом окне. В Редакторе Плат PCB Layout компоненты, которые были в иерархических блоках, накладываются друг на друга, поэтому мы для начала воспользуемся функцией [Упорядочить компоненты](#)^[202] (кнопка .

Обратите внимание, что компоненты иерархических блоков имеют такие же метки, как и в Схемотехнике + индекс их иерархического блока.

Выберите "Вид/ Надписи корпусов" и отметьте **Показывать для Меток**, если метки компонентов скрыты.



Кликните правой кнопкой по какому-либо компоненту из иерархического блока и выберите **Свойства** из подменю. Метка компонента из иерархического блока отличается от метки компонента, не принадлежащего к иерархическому блоку, наличием нижнего подчеркивания и идентификатора блока. Дополнительное поле в свойствах компонента используется при обновлении платы из схемы ("Файл / Обновить структуру из схемы" из главного меню) и сообщает все подробности о местоположении выбранного компонента в иерархическом блоке.

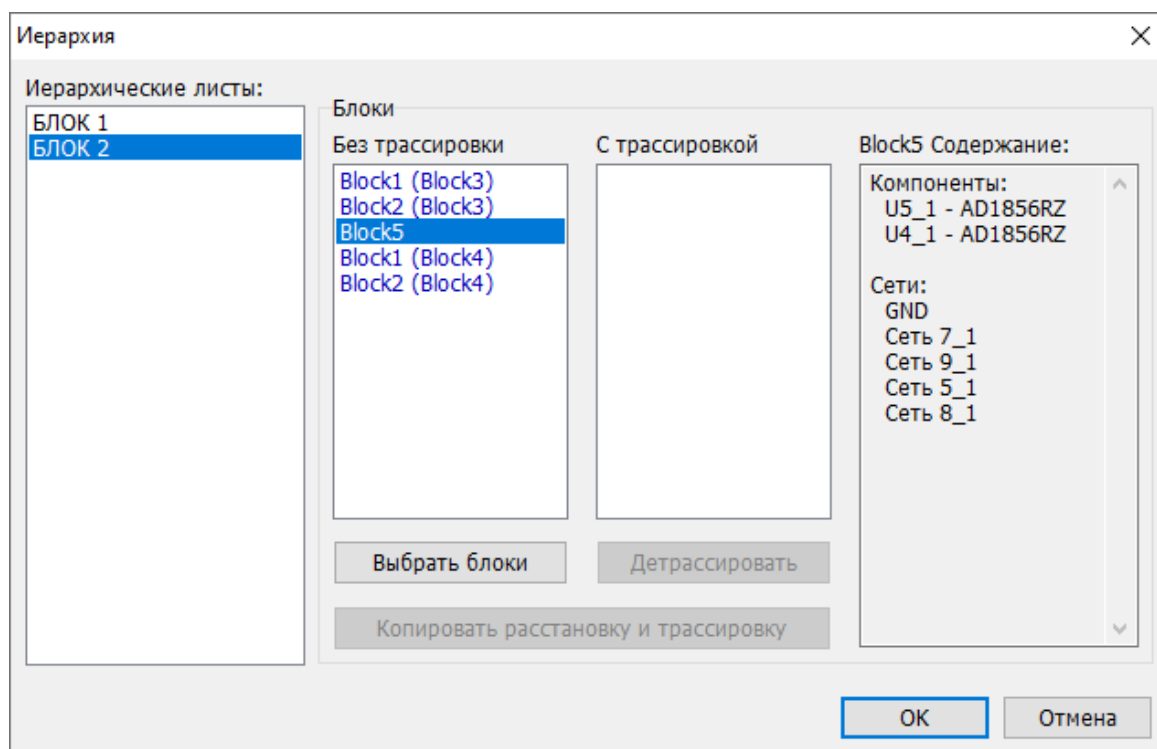


DipTrace предлагает очень удобную функцию по работе с иерархическими

схемами прямо на плате: **компоненты могут быть отсортированы по иерархическим блокам, а трассировка и позиционирование компонентов одного блока могут быть применены к другим аналогичным иерархическим блокам автоматически.** На печатной плате все компоненты, независимо от уровня их иерархии, находятся на одном слое.

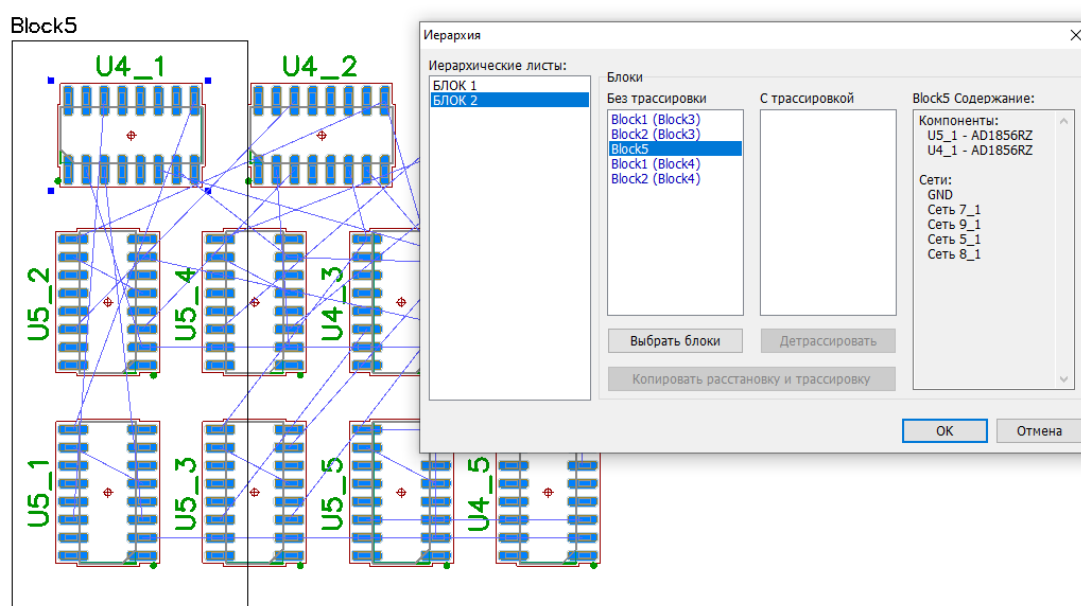
Выберите "Трассировка / Иерархия" из главного меню. Появится диалоговое окно с несколькими полями и списками. Разобраться в нем просто, для этого достаточно помнить иерархическую структуру основной схемы. В левом списке указаны два иерархических листа схемы. Выберите лист БЛОК 1 и вы увидите, что в нем есть два иерархических блока, потому что БЛОК 1 был дважды установлен на главном листе схемы. Выберите БЛОК 2 и вы увидите, что в нем пять иерархических блоков, ведь БЛОК 2 был дважды установлен внутри БЛОКА 1 и один раз прямо на главном листе схемы. Обратите внимание, что блоки более высокого иерархического уровня указываются в скобках в именах блоков более низкого уровня.

При выборе блока из списка, все компоненты и сети, принадлежащие к выбранному иерархическому блоку, отображаются в поле **Содержание**.



Ни один из блоков сейчас не трассирован.

Сперва нужно отсортировать все корпуса на плате по блокам, а потом трассировать связи. Для этого просто выбирайте блоки в списке - и все их компоненты будут показаны прямо в области построения на плате.



Нажмите кнопку "Выбрать блоки", чтобы упорядочить компоненты по выбранным иерархическим блокам.

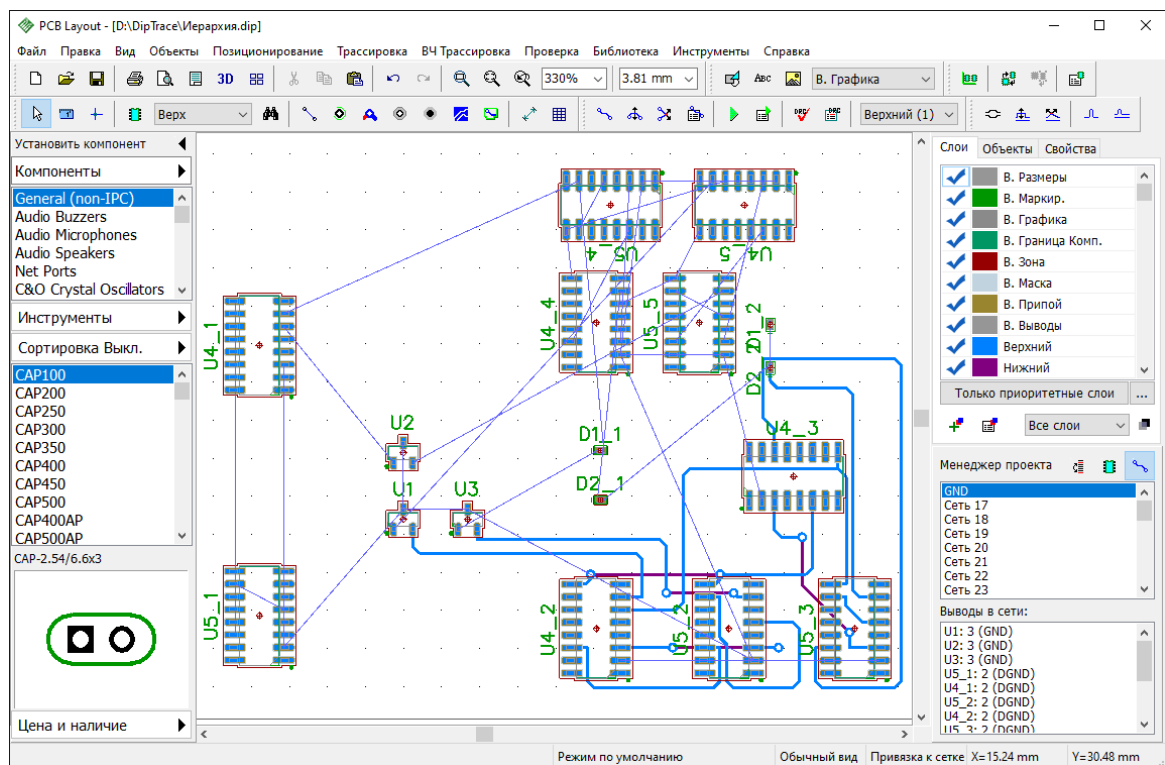
Мы отсортируем компоненты двух иерархических блоков на плате. Выберите Block3 и Block4 из списка иерархического листа **БЛОК 1** (используйте клавишу *Ctrl*, чтобы выбрать оба блока), нажмите **Выбрать блоки**, затем нажмите **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно и применить изменения. Теперь два иерархических блока отчетливо видны на плате. Мы будем работать с Block3, который расположен ниже Block4.

Вручную расположите все корпуса внутри Block3, а затем трассируйте с помощью автотрассировщика только его внутренние сети, глобальные сети трассировать не надо. Поскольку сеть GND глобальная, мы **исключим её из автотрассировки**. Щелкните правой кнопкой мыши на сети GND в списке на панели Менеджер проекта, выберите **Свойства сети** из подменю. Во всплывающем диалоговом окне укажите **Не трассировать** в поле **Режим трассировки** и нажмите **ОК**.

Глобальные сети можно трассировать только после того, как завершилась трассировка и позиционирование корпусов внутри иерархического блока.

Теперь приступим к трассировке. Сделайте правый клик по корпусу и выберите **Трассировать присоединенные**, чтобы развести все дорожки сетей компонента, или правый клик по КП корпуса и выберите **Трассировать сеть**, чтобы трассировать каждую сеть отдельно. После трассировки сети можно редактировать. Автотрассировщик автоматически создает прямоугольную плату.

Обратите внимание, мы не трассировали всю плату, в основном, только сети внутри Block3 и всего несколько сетей к Block4 и к компонентам, которые располагались на главном листе схемы.



Копирование трассировки и позиционирования между иерархическими блоками

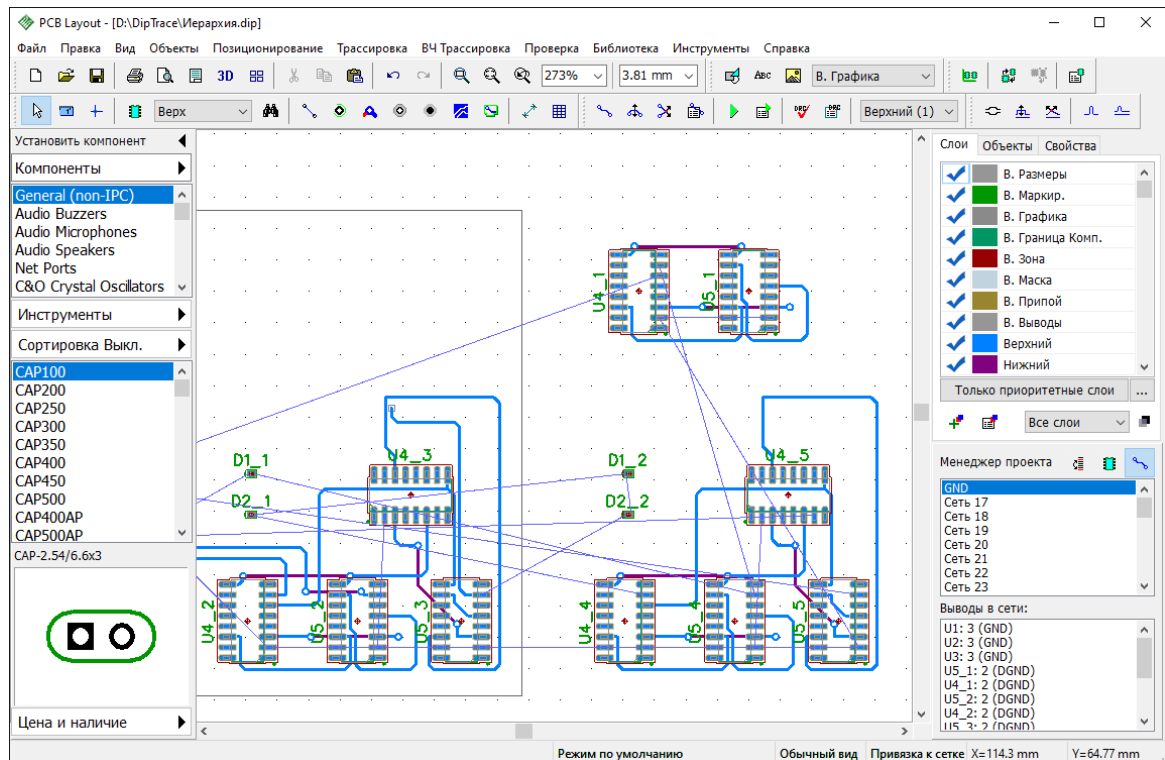
Выберите "Трассировка / Иерархия" из главного меню, после чего выберите схемотехнический лист БЛОК 1. На этот раз Block3 отображается в списке **С трассировкой**, а Block4 — в списке **Без трассировки**. Выберите Block3 и Block4. Нажмите на кнопку **Копировать расстановку и трассировку**, чтобы расстановка корпусов и трассировка сетей из Block3 была применена к Block4.

*Если трассировалось много дорожек от Block 3 к Block 4, то в списке **С трассировкой** может появиться и Block4, хотя он и не трассирован полностью. В таком случае достаточно выбрать этот блок и нажать **Детрассировать**, а затем применить трассировку другого блока.*

Теперь давайте применим расстановку и трассировку к Block5. Для этого выберите иерархический лист Block 2, затем Block5, а затем один из трассированных блоков и нажмите **Копировать расстановку и трассировку** снова. Теперь нажмите **ОК**.

Трассированные иерархические блоки появляются рядом с границами платы. Выберите их целиком и переместите в нужное место на плате.

Трассы, ведущие за пределы одного иерархического блока, автоматически не копируются на другие блоки.



5.10 SPICE симуляция

У DipTrace нет встроенного симулятора, однако работоспособность схем, созданных в этой программе, легко проверить, используя доступные бесплатные симуляторы и экспорт списка соединений в формат SPICE. Мы попробуем смоделировать нашу схему из первой части учебника используя программу [LT Spice](#). Если вы используете другой симулятор, то можете воспользоваться им.

Редактирование настроек SPICE

Запустите Схемотехнику и откройте файл "Документы/DipTrace/Examples/Spice/Astable_Flip_Flop_Spice.dch" (не перепутайте с файлом Astable_Flip_Flop.dch, где не установлены Spice параметры). Все настройки для этой схемы заданы. Мы просмотрим свойства нескольких компонентов, чтобы познакомиться с ними поближе. Щелкните правой кнопкой по конденсатору C2 и выберите **Spice установки** в подменю.

Для конденсатора все очень просто: вам нужно выбрать **Конденсатор** в поле **Тип модели**, ввести значение емкости в таблицу параметров (в нашем случае — 22µF) и уточнить подключение положительного и отрицательного выводов. Чтобы указать соответствие выводов и сигналов, введите значение прямо в ячейку таблицы в левой части диалогового окна. В нашем случае все настройки уже заданы.

Строка **Образец** показывает, как будет выглядеть описание компонента на языке SPICE. Вы можете прокрутить его вправо, если описание не помещается в окне. Убедитесь, что настройки такие же, как на изображении ниже.

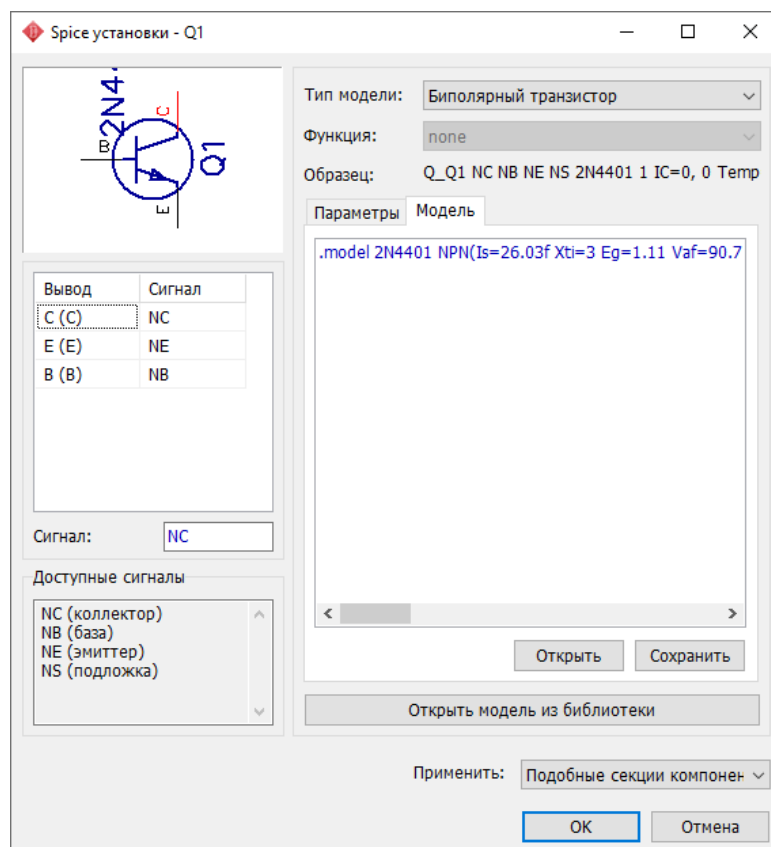


Попробуйте выбрать какой-нибудь другой тип модели, например **Источник тока**. В поле **Функция** выберите **PWL()**. Введите количество точек кусочно-линейной функции и нажмите **OK**. Теперь можете ввести эти точки в таблицу **Параметры**. Разные функции требуют разные параметры (амплитуда, фаза и т.д.). Смотрите документацию по языку SPICE для получения более детальной информации.

Вернемся же к конденсатору, **отмените любые изменения** и нажмите **OK**, либо же просто закройте диалоговое окно.

SPICE модель

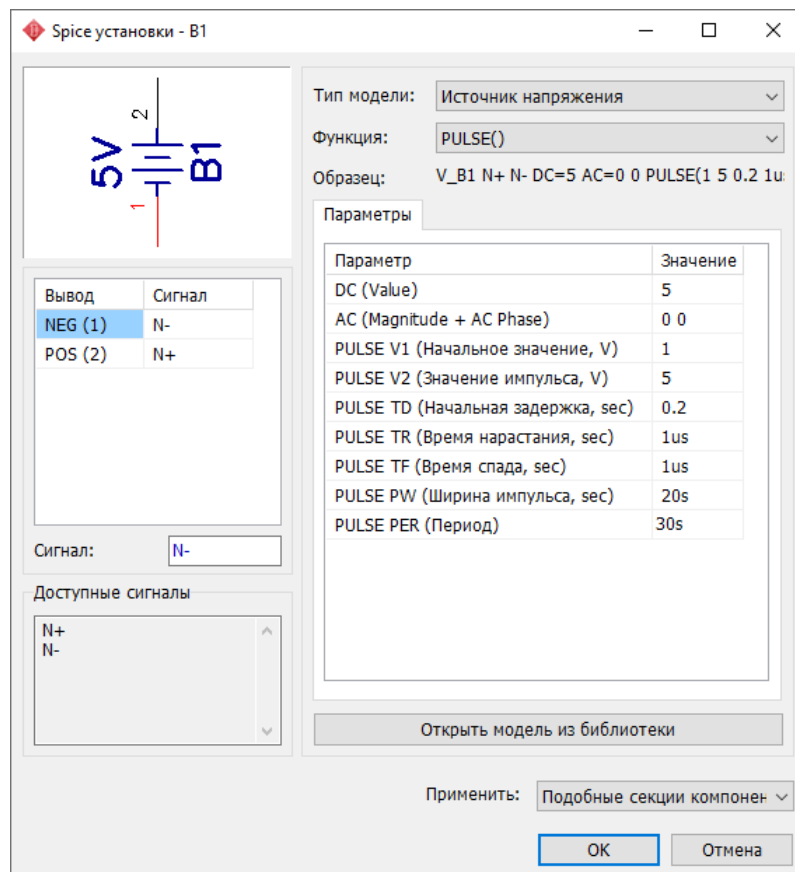
В отличие от конденсатора, транзистор требует дополнительного описания модели. Щелкните правой кнопкой по Q1 и выберите **Spice установки**. Выберите вкладку **Модель** справа от вкладки **Параметры**. Теперь вы можете ввести описание модели как обычный текст или загрузить его из файла (кнопки **Открыть** и **Сохранить**). Некоторые производители компонентов предоставляют Spice модели к своим компонентам.



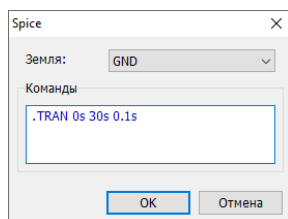
Обратите внимание, что Spice модель можно взять из другой библиотеки DipTrace (кнопка **Открыть модель из библиотеки**).

Теперь щелкните **ОК** или **Отмена** для закрытия диалогового окна. Не применяйте настройки, если вы что-то меняли.

Файл, который мы открыли (Astable_Flip_Flop_Spice.dch), не имеет Spice модели для источника питания, поэтому мы должны задать её вручную. Щелкните правой кнопкой по компоненту B1 и выберите **Spice установки** из контекстного меню. Вы увидите, что тип модели (источник напряжения) выбран, но нет подходящей функции. Выберите функцию **PULSE()**, затем в таблице ниже укажите следующие параметры: **Pulse V2=5, Pulse PW=20s, Pulse PER=30s**. Щелкните **ОК**. Теперь у нас есть источник напряжения, который выдает 5V на протяжении первых 20 секунд, затем 10 секундный интервал, и т. д. Нажмите **ОК**. Все готово к симуляции.



Экспорт списка соединений SPICE

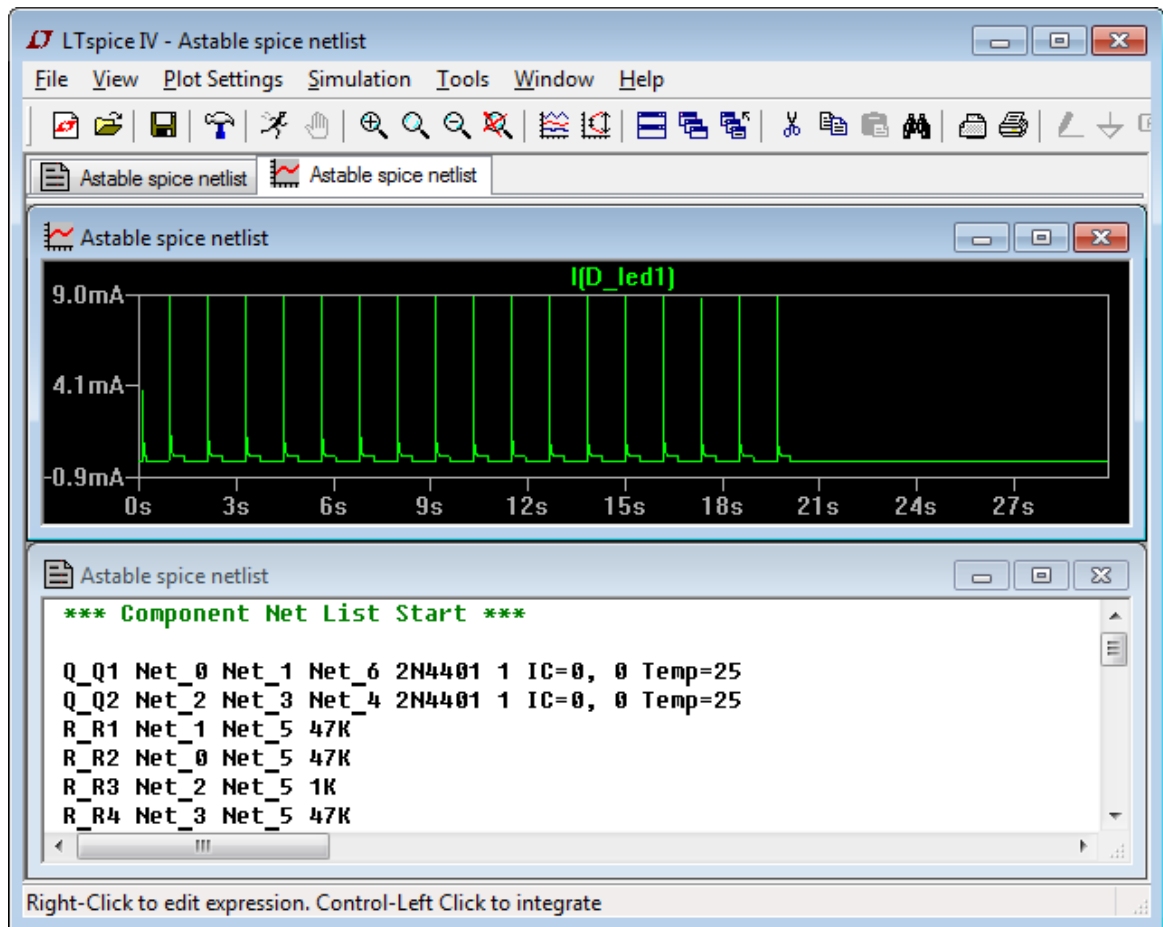


Выберите "Файл/ Экспорт/ Spice netlist" из главного меню. В появившемся небольшом диалоговом окне выберите сеть Земля: GND (сеть с нулевым потенциалом) и укажите команду ".TRAN 0s 30s 0.1s" в списке команд, чтобы симулировать поведение схемы от 0 до 30 сек. с шагом 0.1 сек.

Кстати, вы можете добавлять или удалять команды непосредственно в программе-симуляторе.

Щелкните **OK** и сохраните *.cir файл. Теперь запустите программу-симулятор. Мы воспользуемся LT Spice (скачать её можно на сайте [Linear Technologies](http://www.linear.com)).

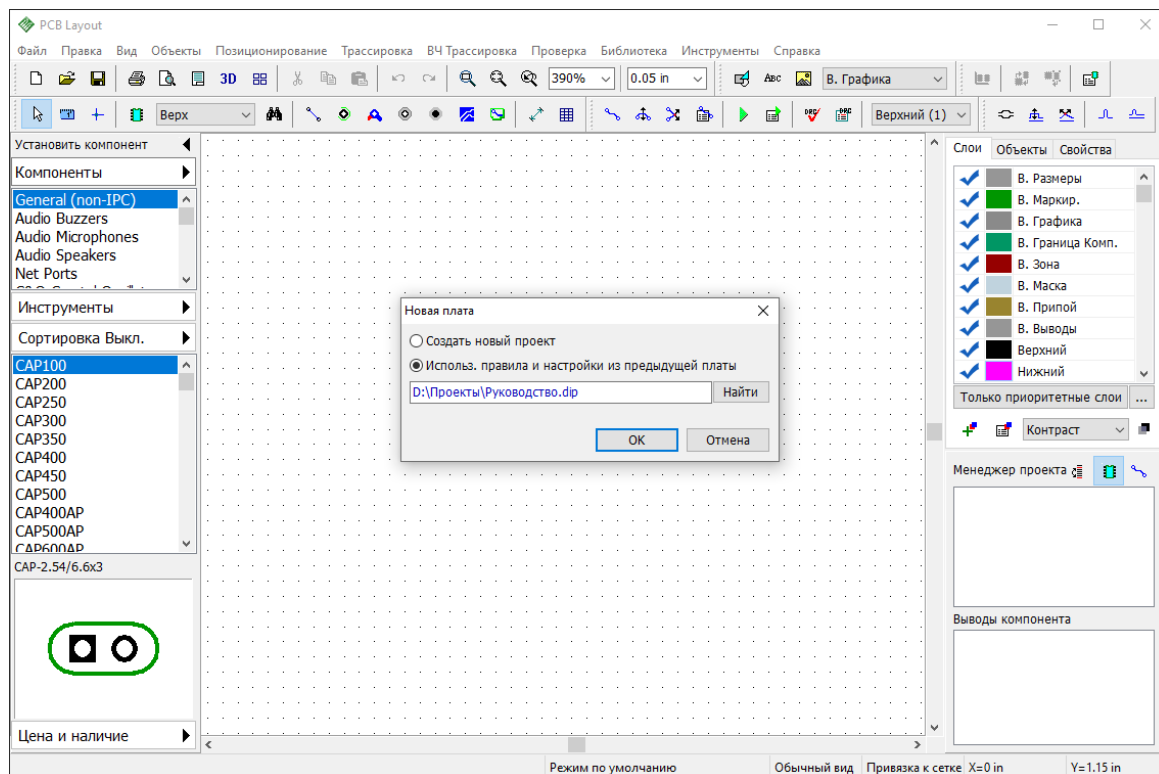
Выберите "File / Open в LTSpice" и откройте *.cir "нетлист", который мы сохранили ранее (обратите внимание, что должен быть выбран правильный тип файлов). Вы увидите "нетлист" в текстовом виде. Выберите "Simulate / Run" из главного меню LT Spice и закройте окно с логами об ошибках. Выберите "Plot Settings / Visible Traces" и укажите I(D_led1). Вы увидите, как работает схема. Можете выбрать другие сигналы, чтобы проверить их функционирование.



5.11 Сохранение/ загрузка правил

В разделе ["Преобразование схемы в плату"](#)^[30] мы уже упоминали о том, что можно использовать схмотехнические правила или правила из другого проекта платы при конвертировании схемы в плату. Вам не надо будет добавлять слои, классы сетей, стили переходов и правила трассировки, т.к. они будут взяты из другого проекта.

В Редакторе Плат PCB Layout выберите "Файл / Новый" из главного меню, или просто нажмите на горячие клавиши *Ctrl + N*. На экране появится окно, в котором можно выбрать Создать новый проект или Использовать правила и настройки из предыдущей платы.



Поставьте галочку **Использовать правила и настройки из предыдущей платы**, нажмите **Найти** и выберите *.dip файл, настройки которого вы хотите использовать на этой плате. Мы выберем файл платы, которую мы создавали в первом разделе этого учебника. Вы сразу же увидите, что цвета слоев и параметры проверки трассировки изменились.

В Редакторе плат PCB Layout настройки программы (слои, стили переходов, классы сетей, правила трассировки) можно сохранить отдельно от файла проекта в специальный файл. Выберите "Трассировка/ Сохранить правила", введите имя файла и нажмите **Сохранить**. Теперь эти сохраненные настройки можно использовать на новом файле — просто выберите "Трассировка/ Загрузить Правила" и выберите *.dip или *.rul файл.

Пожалуйста, добавьте новый класс сетей со случайными параметрами, два внутренних экранных слоя GND и PWR и сохраните этот *.rul файл. Мы его используем в уроке [Установка переходов](#)^[263].

5.12 Проверка связей (ERC)

Функция проверки связей в Схемотехнике (ERC) позволяет значительно снизить вероятность ошибки во время создания схемотехники. ERC проверяет схему на наличие конфликтов типов выводов, неподключенных и накладывающихся выводов, а также на сети, подключенных только к одному выводу, и коротких замыканий.

Запустите программу Схемотехника и откройте файл Schematic_2.dch из папки "Документы/DipTrace/ Examples". Прежде всего, мы должны задать правила проверки, поэтому выберите "Проверка / Правила связи выводов" в главном

меню. В появившемся диалоговом окне вы можете задать несовместимость различных типов выводов и то, как программа на них будет реагировать (Нет ошибки, Предупреждение, Ошибка). Для этого **нажимайте на ячейки** с зелеными, желтыми и красными квадратами.

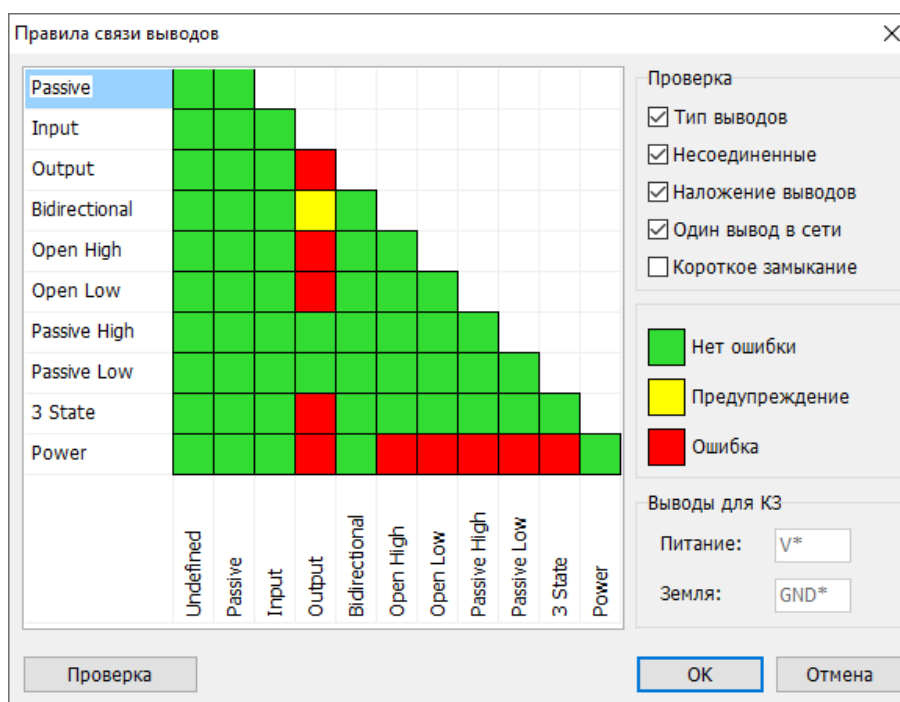
Тип выводов — подразумевает проверку связей между выводами, опираясь на правила, заданные в цветовой таблице.

Несоединенные — программа проверяет схему на наличие неподсоединенных выводов компонентов.

Наложение выводов — программа осуществляет поиск накладывающихся друг на друга выводов компонентов.

Только один вывод — программа ищет сети, подключенные только к одному выводу.

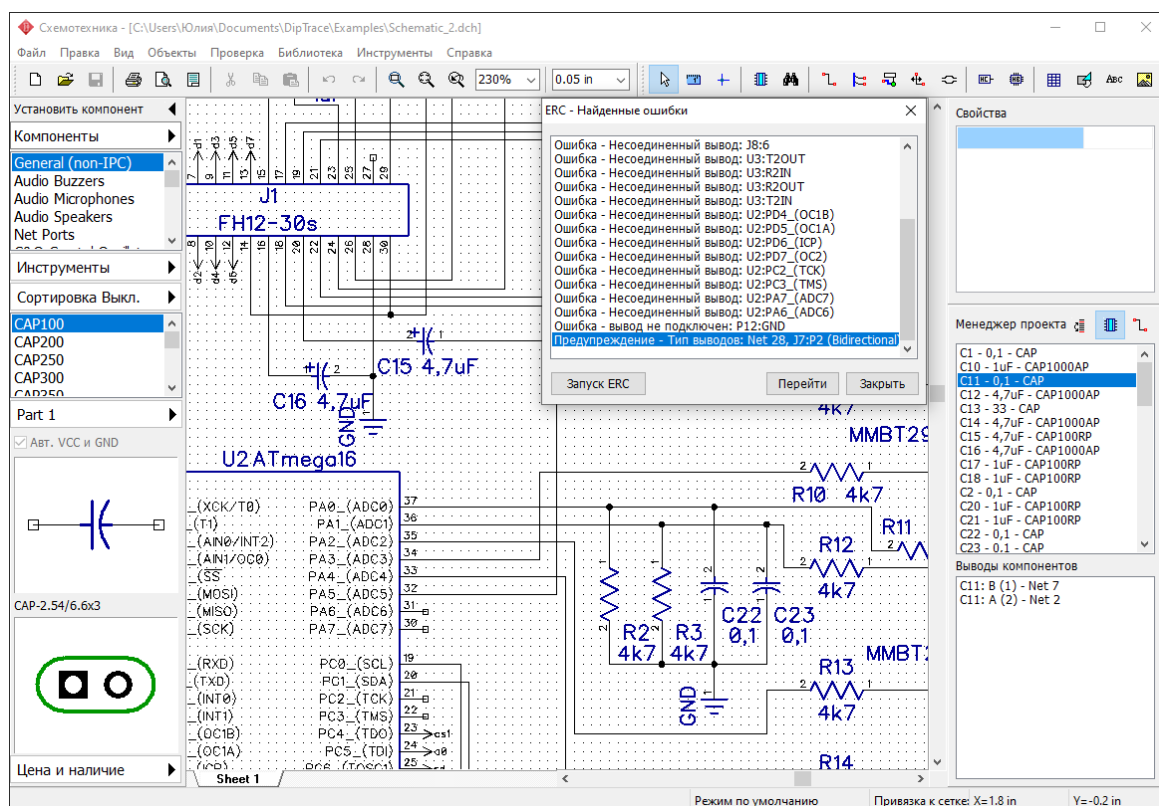
Короткое замыкание — проверяются связи питания и земли на наличие замыканий. Вы можете задать имена сетей питания и земли в разделе **Выводы для КЗ**.



Оставьте настройки без изменений и нажмите **ОК**.

Теперь выберите "Проверка /Проверка связей" в главном меню или нажмите F9. Если вы запустите проверку для Schematic_2.dch, при текущих настройках ERC она покажет одно предупреждение по несовместимости типов выводов Bidirectional to Output и множество неподключенных выводов. Для того чтобы перейти к ошибке и показать ее в области построения, сделайте двойной клик по ошибке в списке или выберите ошибку и нажмите **Перейти**.

Исправить ошибки можно не закрывая диалог ERC. Нажмите **Запуск ERC**, чтобы запустить проверку еще раз.



Обратите внимание, на многих схемах не обязательно, чтобы все выводы компонентов были подключены к сетям. Следовательно, программа не должна считать некоторые неподключенные выводы ошибками. В таком случае просто щелкните правой кнопкой по выводу и выберите **Не присоединен** в подменю, чтобы запретить подключение к этому выводу.

Можно также отключить опцию проверки **Несоединенные**, но мы этого делать не рекомендуем, ведь программа перестанет проверять подключение для всех выводов.

5.13 Проверка целостности сетей

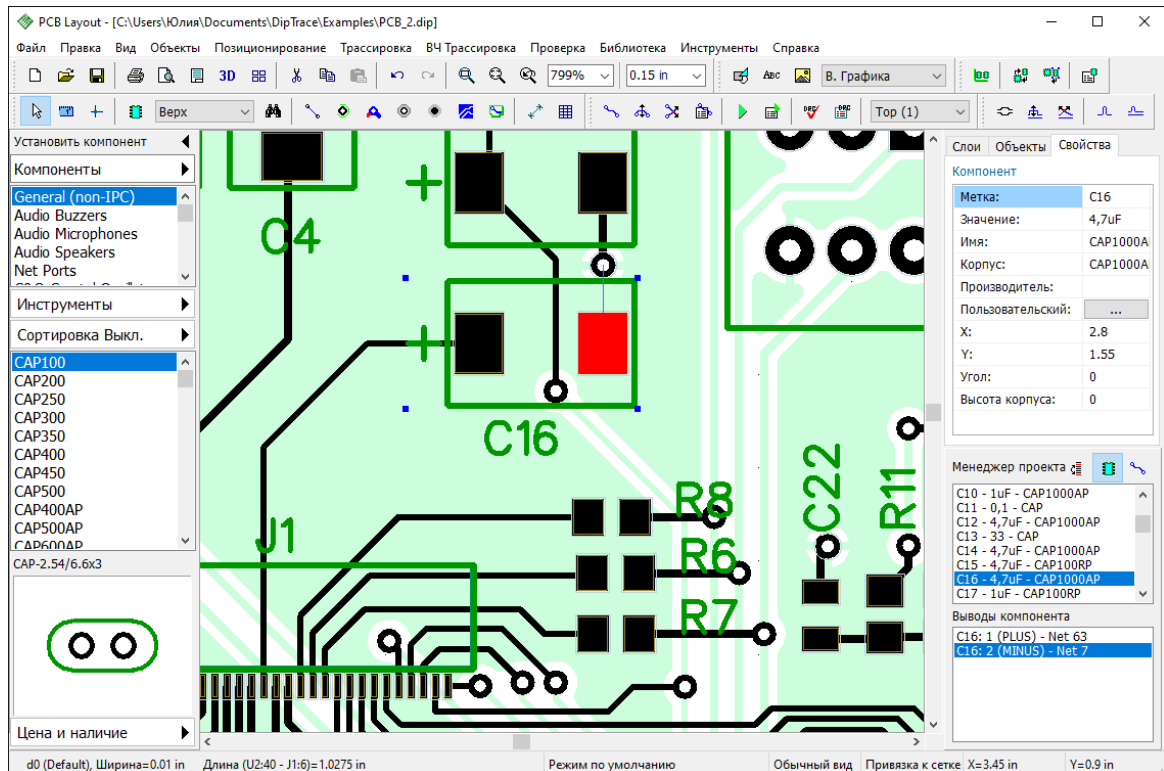
Проверка целостности сетей позволяет удостовериться, что все сети платы трассированы корректно. Проверка целостности сетей сообщает о всех разорванных соединениях или изолированных областях (независимо от типа проводящего объекта: трассы, заливки или фигуры).

Запустите Редактор плат PCB Layout и откройте файл PCB_2.dip, находящийся в папке "Документы\DipTrace\Examples". Выберите "Проверка / Проверка целостности сетей" в главном меню. В диалоговом окне выберите, какие объекты будут считаться проводниками, обычно, рекомендуется оставить все пункты выбранными. Затем нажмите **ОК**, чтобы запустить проверку.

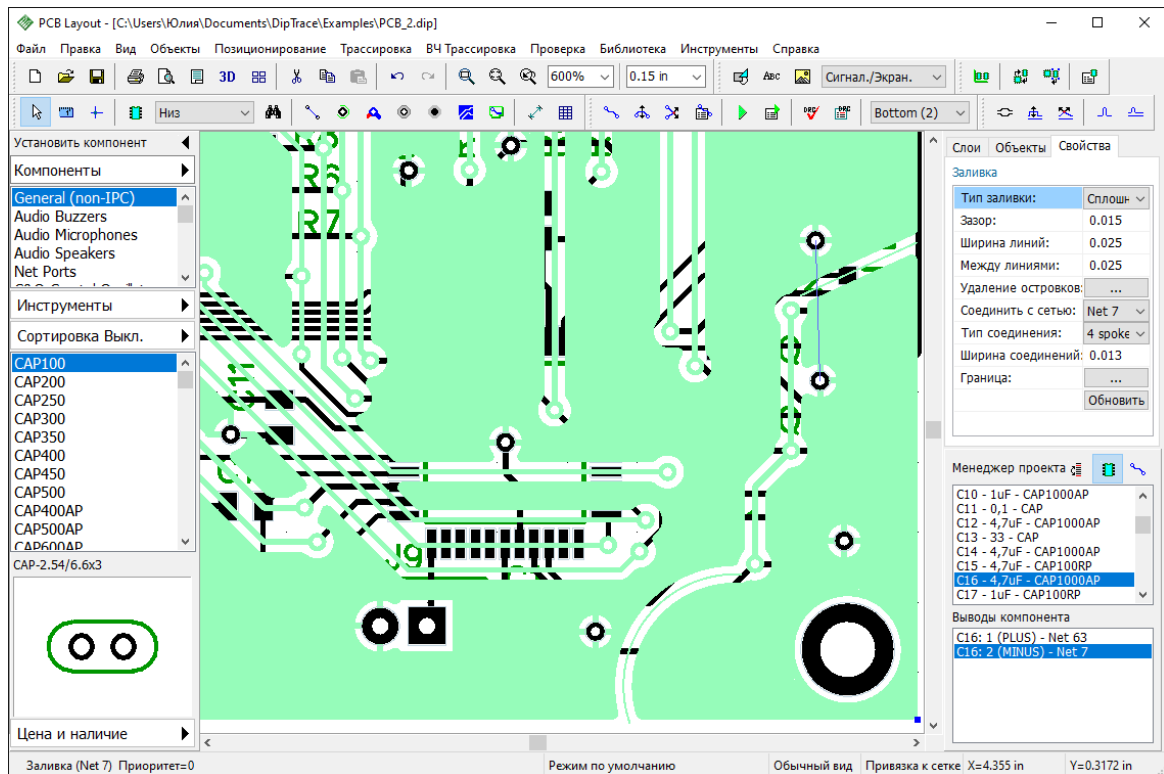
Вы увидите индикатор прогресса проверки, затем сообщение "Ошибок не найдено". Это означает, что трассировка выполнена верно. Поэтому мы

нарочно сделаем несколько ошибок, специально для того, чтобы показать, как работает эта функция.

Закройте окно сообщения об отсутствии ошибок. Нажмите кнопку  на Панели трассировки, затем подведите курсор к трассе, соединяющей вывод C16:2 с переходным отверстием на заливку земли в слое Bottom, щелкните правой кнопкой и выберите **Детрассировать трассу**. Это будет первая ошибка.

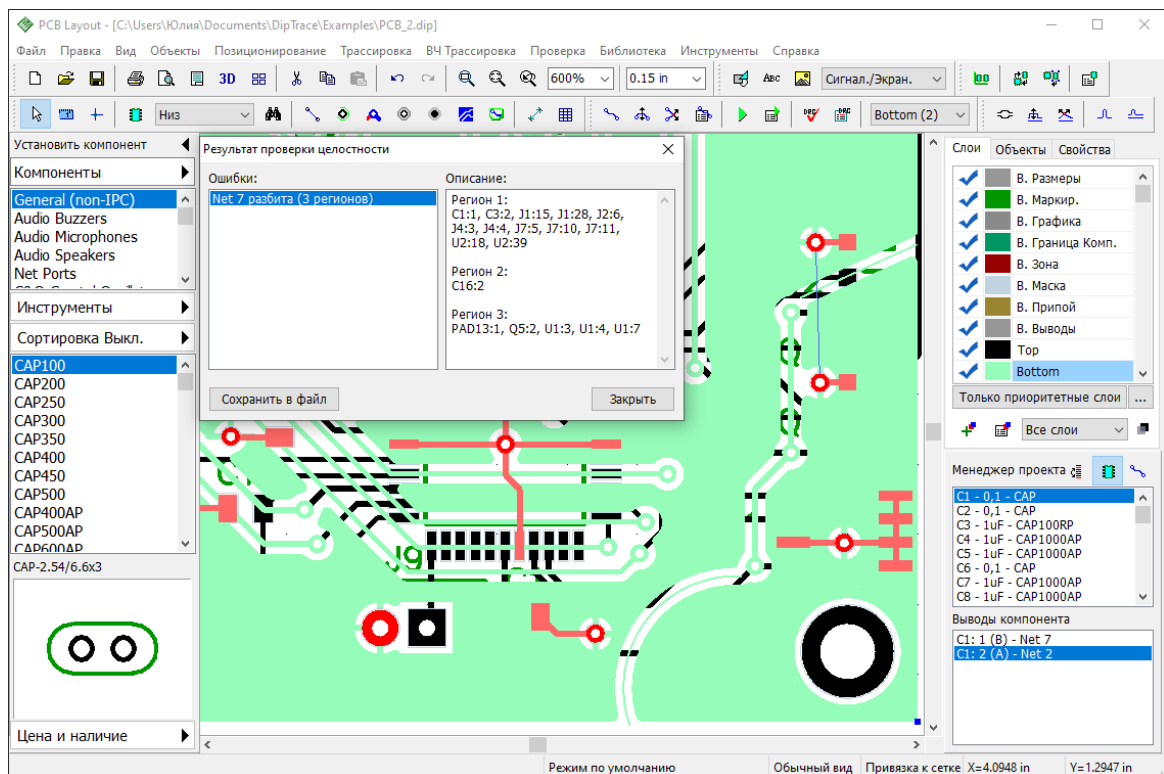


Второй ошибкой будут изолированные области заливки. Смените слой Bottom и переместитесь в правый нижний угол платы. Теперь разместите линию и дугу в сигнальном слое, чтобы отрезать часть заливки. Для этого воспользуйтесь кнопками на Панели рисования. Теперь обновите заливку (сделайте правый клик по краю заливки и выберите **Обновить** из подменю).



Это простые ситуации, которые на этой плате легко обнаружить визуально, но для сложных проектов с несколькими слоями и тысячами выводов изолированные области заливки и неразведенные выводы так легко не заметить.

Теперь выберите "Проверка / Проверка целостности сетей", в появившемся окне нажмите **ОК**. Вы увидите отчет результатов проверки с указанием отдельных регионов сети Net 7. Кликните левой кнопкой по ошибке в списке и просмотрите список **Описание**, чтобы увидеть все выводы сети, а также регион, в котором они находятся. Первый регион заливки самый большой, в нем практически все выводы. Второй регион— отсоединенный вывод компонента C16 (мы детрассировали сеть, к которой он принадлежит, в начале данного раздела). Регион 3 появился в результате изолирования участка медной заливки в нижнем слое платы.



Вам не нужно закрывать диалоговое окно **Результаты проверки целостности**, чтобы исправить ошибки, просто немного переместите его.

Иногда сложно понять, как найти и исправить ошибки в области построения. Мы рекомендуем использовать Менеджер проекта для удобной навигации. Просто прокрутите список компонентов и дважды щелкните компонент в списке, чтобы выделить его в области построения.

Чтобы сделать процесс корректировки более удобным, результаты проверки можно сохранить в текстовый файл.

5.14 Установка переходов

Автоматическая установка переходов или "Fanout" позволяет быстро подключить выводы компонентов типа BGA, SOIC и QFP или поверхностные контактные площадки выбранной сети ко внутренним экранным слоям, используя выбранные пользователем межслойные переходы.

Откройте программу Редактор Плат и выберите "Файл / Новый" в главном

меню или нажмите на кнопку  на стандартной панели, чтобы создать новый проект. Теперь загрузите настройки проекта из файла с расширением *.rul, который мы сохранили в уроке [Сохранение/Загрузка правил](#)^[257], таким образом, у нас появятся два внутренних экранных слоя, один дополнительный класс сетей и три стиля переходов.

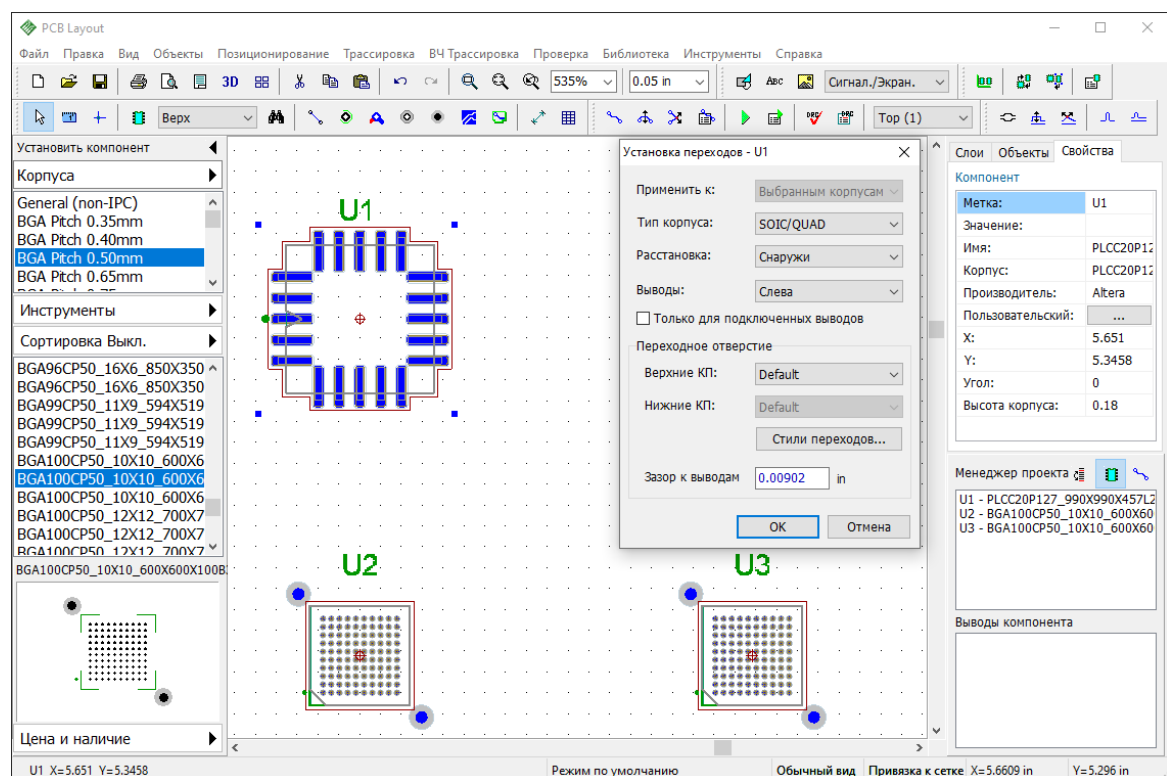
Установка переходов для корпуса

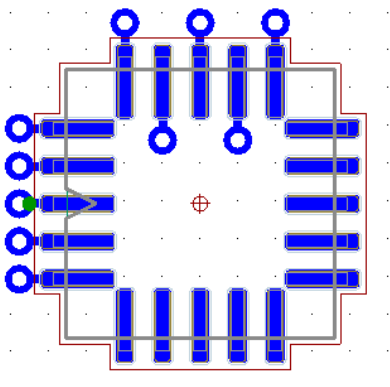
Теперь выберите группу библиотек **Корпуса**, и установите один корпус PLCC20P127 990X990X457L203X43N из библиотеки **PLCC** и два корпуса

BGA100CP50 10X10 600X600X100B30N из библиотеки **BGA Pitch 0.50 mm**. Мы будем использовать эти компоненты для демонстрации, но вы можете выбрать другие.

Щёлкните правой кнопкой мыши по корпусу PLCC и выберите **Установка переходов** в подменю. В появившемся окне выберите: **SOIC/QUAD** в поле **Тип корпуса**, в поле **Расстановка** установите опцию **Снаружи**, а в поле **Выводы** — **Слева** (переходы будут созданы только для левого ряда выводов). Убедитесь что галочка **Только для подключенных выводов** снята, ведь мы хотим создать переходы для всех контактных площадок независимо от того, подключены они к сетям или нет. Вы можете выбрать разные стили переходов для выводов на верхнем и нижнем слое платы (данная опция не активна, если на какой-то из сторон нет контактных площадок).

Нажмите **Стили переходов**, чтобы просмотреть текущие параметры стилей межслойных переходов. В нашем случае мы имеем три стиля переходов: один со сквозными отверстиями, один с глухими и стиль переходов Default со сравнительно большими отверстиями. Выберите наиболее подходящий (в нашем случае, Default).



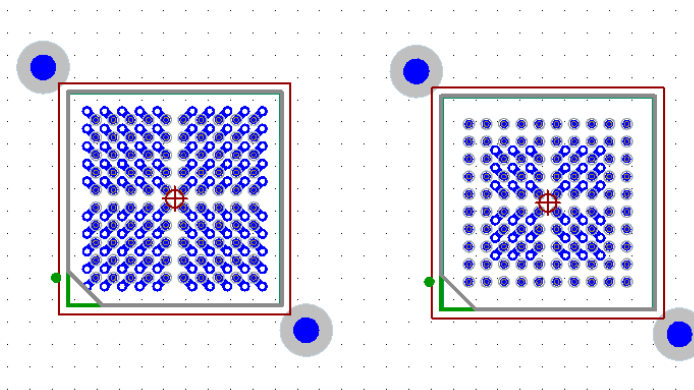
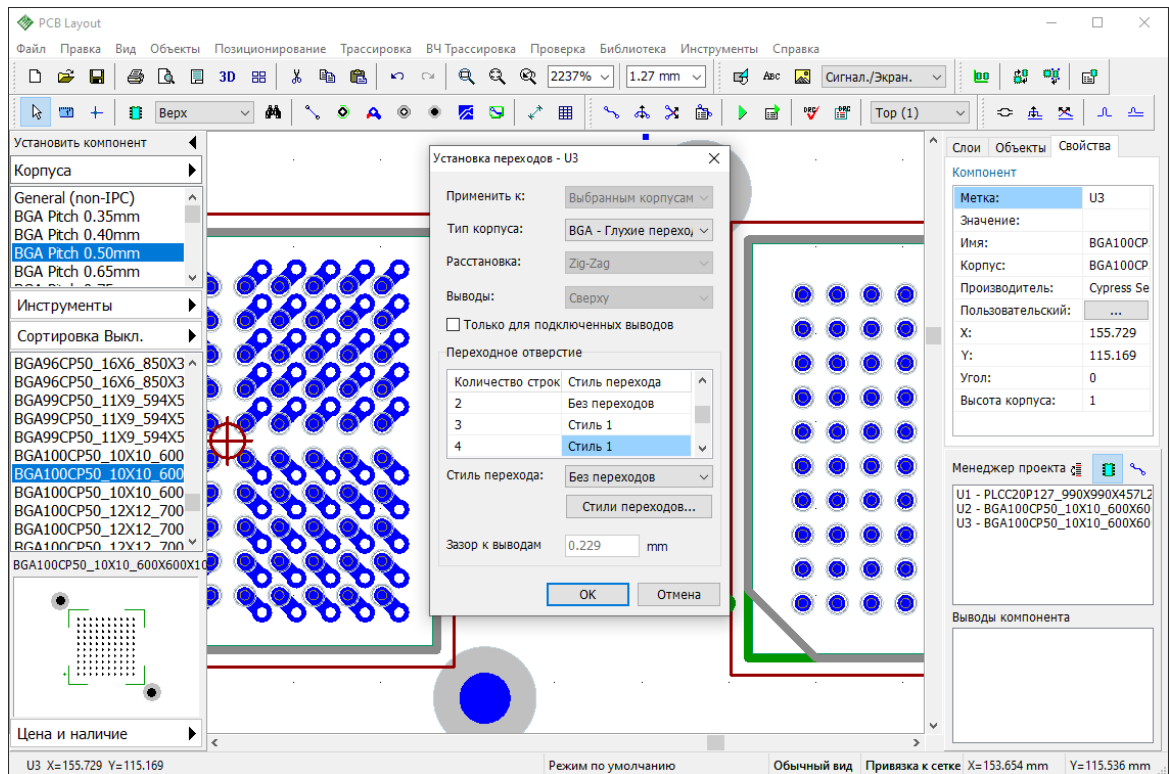


Нажмите **ОК** - и у корпуса PLCC появится ряд межслойных переходов. Теперь сделайте правый клик по тому же корпусу PLCC и снова выберите **Установка переходов**, но на этот раз установите **Расстановка: Zig-Zag** и **Выводы: Сверху**. Нажмите **ОК**.

Теперь создадим сквозные выводы для одного корпуса BGA и глухие - для второго. Создайте стили переходов с подходящими по размерам переходами. Для компонентов BGA потребуются небольшие переходные отверстия (в нашем случае это переходы диаметром **0.3 мм** с отверстиями **0.15 мм**).

Кликните правой кнопкой по BGA корпусу, выберите **Установка переходов** и настройте **Тип корпуса: BGA - сквозные переходы**, а также выберите пользовательский стиль переходов со сквозными отверстиями подходящего размера. Нажмите **ОК**.

Выберите второй корпус, откройте окно установки переходов, выберите **BGA – Глухие переходы** в поле **Тип корпуса**. Теперь программа позволяет выбрать стиль перехода отдельно для каждого ряда выводов BGA корпуса. Просто нажимайте на нужном ряду в списке и выбирайте стиль перехода в выпадающем списке.



Мы не будем создавать переходы для первых двух рядов BGA корпуса, поэтому в таблице для этих рядов выберите значение **Без переходов**. Нажмите **OK**.

На самом деле, для BGA корпусов зачастую не создают переходов для внешних двух рядов КП, ведь их легко развести в текущем слое.

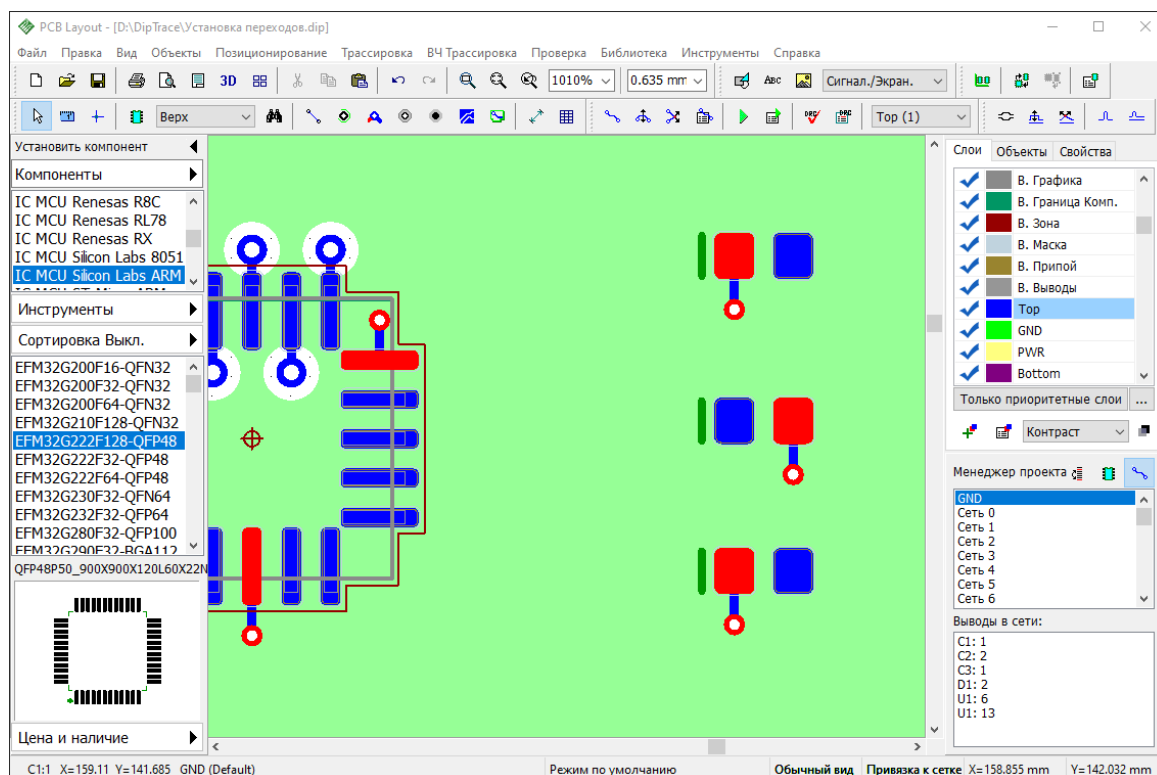
Автоматическая установка межслойных переходов для сети

Сейчас мы рассмотрим, как автоматически подключить несколько поверхностных КП к слою GND. Установите несколько SMD-корпусов и несколько корпусов со сквозными отверстиями. Соедините некоторые выводы этих корпусов в одну сеть (предположим, что это сеть GND, которую мы хотим соединить через полигон питания на внутреннем слое платы). Используйте

кнопку  для быстрого создания соединений.

Переименуйте созданную сеть в GND (если вы не видите тонких синих линий сети, поставьте галочку **Связи** во вкладке **Объекты** на панели **Менеджера проекта**).

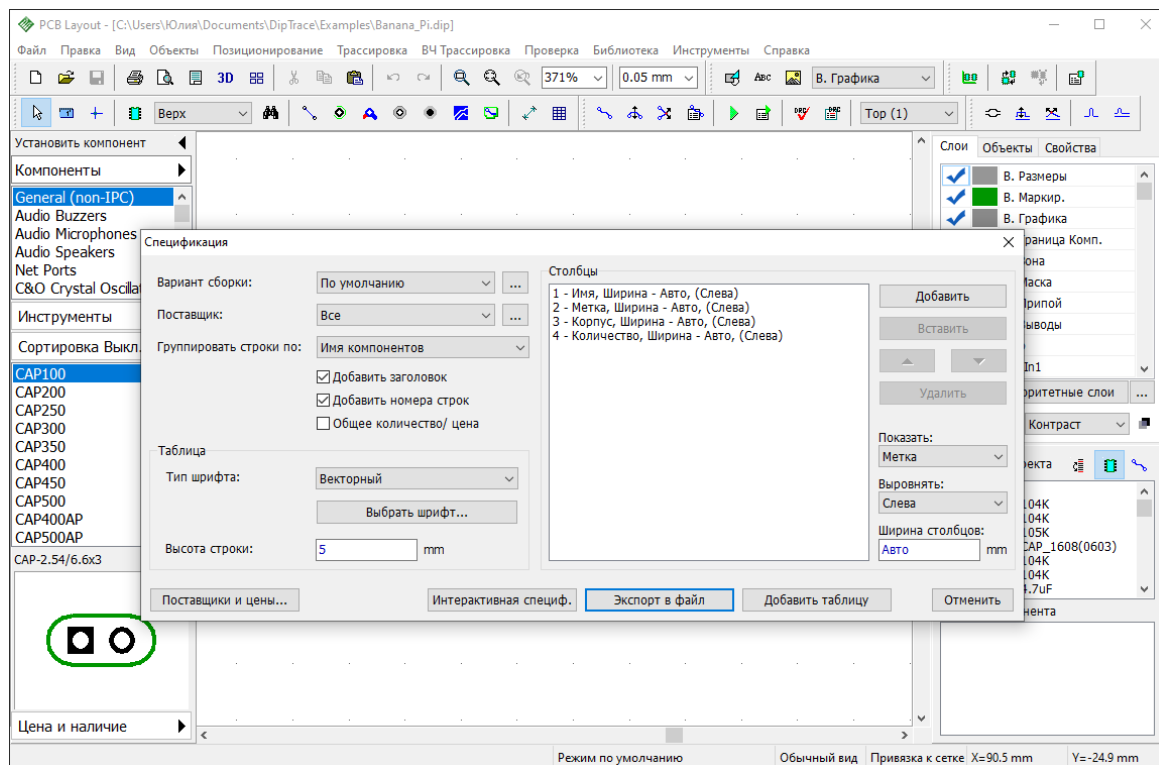
Убедитесь, что у вас есть стиль глухих переходов с Верхнего слоя на слой GND. Щелкните по одному из выводов (не по корпусу) этой сети правой кнопкой и выберите **Установка переходов**. В диалоговом окне выберите подходящий стиль переходов и нажмите **ОК**. Теперь все выводы сети GND подключены к соответствующему внутреннему слою платы, где мы предварительно [установили заливку](#)⁷⁴ и подключили её к сети GND.



5.15 Спецификация (BOM)

В DipTrace спецификацию материалов можно создать в модулях Схемотехника и Редактор плат. Этот инструмент похож в обоих модулях, но имеет более расширенные параметры в Редакторе плат, поэтому давайте рассмотрим его более подробно.

Откройте проект *Banana_Pi.dip* из примеров DipTrace (Документы\ DipTrace \Examples). Чтобы создать спецификацию материалов для печатной платы, выберите "Файл/ Экспорт/ Спецификация" в главном меню.



Диалоговое окно "Спецификация" позволяет пользователю настраивать столбцы и строки, добавлять интерактивные автоматически обновляющиеся таблицы к существующему проекту, сохранять спецификацию в HTML, Excel CSV или текстовом формате с требуемой конфигурацией таблицы.

Для начала давайте посмотрим, как создать и настроить несколько **вариантов сборки** для одной платы. Нажмите кнопку  возле поля **Вариант сборки**, во всплывающем окне нажмите **Добавить** и введите название варианта сборки. В столбце созданного варианта сборки снимите синие флажки для компонентов, которые не должны отображаться в спецификации определенного прототипа. В нижней части окна можно воспользоваться инструментом быстрого выбора: **Все** - для выбора всех компонентов, **SMD** - для выбора только компонентов поверхностного монтажа, **Сквозные отв.** - для выбора всех компонентов со сквозными отверстиями.

Метка	Имя	По умолчанию	Сборка 1
AV	AV	✓	✓
C1	104K	✓	✓
C2	104K	✓	✓
C3	105K	✓	
C4	CAP_1608(..	✓	✓
C5	104K	✓	✓
C6	104K	✓	✓
C7	4.7uF	✓	✓
C8	104K	✓	✓
C9	104K	✓	✓
C10	4.7uF	✓	✓
C11	104K	✓	✓
C12	104K	✓	✓
C13	10uF	✓	✓
C15	104K	✓	✓
C16	18pF	✓	✓

Название варианта:

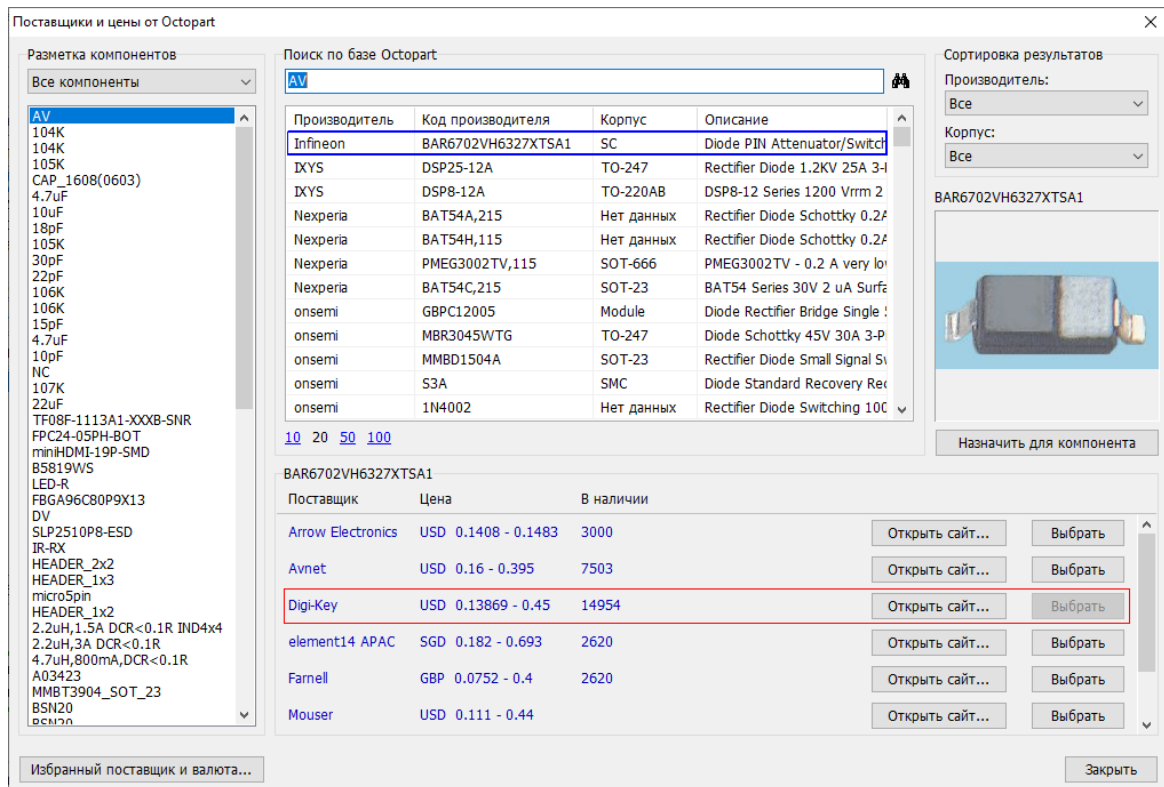
Сборка 1 Выбор

☒ Все ☐ SMD ☐ Сквозные отв.

Можно настроить сразу несколько вариантов. Когда закончите, нажмите **ОК**, чтобы сохранить их. После создания варианты сборки появятся в раскрывающемся списке. Вариант по умолчанию представляет собой исходную плату и не подлежит редактированию.

Раскрывающийся список "**Поставщик**" позволяет создавать спецификации на основе статуса "Поставщик" компонентов. Вы можете создать спецификацию, которая включает все компоненты, компоненты от определенного поставщика или компоненты, которым не был назначен ни один поставщик. Последние два варианта работают только в том случае, если хотя бы для некоторых компонентов платы выбраны поставщики. Мы еще не назначили поставщиков, но можем сделать это прямо сейчас.

Нажмите кнопку **Поставщики и цены** в нижнем левом углу - появится диалоговое окно "Поставщики и цены от Octopart".



В списке компонентов слева выберите компонент. В центральной части диалога показаны доступные устройства.

Программа ищет устройства в каталоге Octopart на основании данных, указанных в поле Имя. Компоненты можно искать в каталоге самостоятельно, указав необходимые данные в строке поиска и нажав кнопку .

Мы выберем устройства и назначим поставщиков случайным образом, просто для практики.

Как вы можете видеть на изображении выше, Digi-Key автоматически выбирается в качестве поставщика устройства, потому что он установлен как избранный поставщик (нажмите кнопку **Избранный поставщик и валюта** в левом нижнем углу, чтобы изменить это), но мы можем легко выбрать другого поставщика, нажав кнопку **"Выбрать"** в соответствующей ему строке. После выбора поставщика нажмите кнопку **"Назначить для компонента"**, чтобы подтвердить выбор устройства и поставщика для текущего компонента. Назначьте устройство и поставщика другим компонентам, чтобы немного попрактиковаться. Когда закончите, закройте диалог.

Для получения дополнительной информации обратитесь к **Справке по PCB Layout** (PCB Layout > Objects > Component > Assign Supplier).

Теперь давайте настроим, как информация будет организована по строкам и столбцам в таблице спецификации.

В раскрывающемся списке **Группировать строки по** выберите **Компоненты**. Используйте флажки ниже, чтобы добавить заголовок, номера

строк и общее количество компонентов/ цену.

В разделе "**Столбцы**" справа добавьте столбцы в файл спецификации с настройками, как на изображении ниже. В раскрывающемся списке **Показать:** выберите соответствующий элемент (Имя, Метка, Значение, Количество, Поставщик, Цена и т. д.) и нажмите кнопку «Добавить». Вы можете изменить порядок элементов с помощью кнопок со стрелками, а также добавить или удалить колонки из таблицы. Кроме того, вы можете выбрать способ выравнивания данных в таблице, а также указать ширину столбцов.

Спецификация

Вариант сборки: По умолчанию

Поставщик: Все

Группировать строки по: Компоненты

☒ Добавить заголовок

☒ Добавить номера строк

☐ Общее количество/ цена

Таблица

Тип шрифта: Векторный

Высота строки: 5 мм

Столбцы

- 1 - Имя, Ширина - Авто, (Слева)
- 2 - Метка, Ширина - Авто, (Слева)
- 3 - Корпус, Ширина - Авто, (Слева)
- 4 - Количество, Ширина - Авто, (Слева)
- 5 - Поставщик, Ширина - Авто, (Слева)
- 6 - Цена, Ширина - Авто, (Слева)
- 7 - Ссылка для заказа, Ширина - Авто, (Слева)

Добавить

Вставить

Удалить

Показать: Ссылка для заказа

Выровнять: Слева

Ширина столбцов: Авто

Поставщики и цены...

Интерактивная специф.

Экспорт в файл

Добавить таблицу

Отменить

Если вы собираетесь разместить таблицу спецификации непосредственно в проекте, используйте раздел диалога "**Таблица**", чтобы задать параметры шрифта и высоту строки. Нажмите кнопку "Выбрать шрифт", чтобы настроить параметры шрифта. Используйте только шрифты TrueType для символов Unicode.

Когда вы закончите настройку таблицы ВОР, у вас есть четыре различных варианта ее создания.

1. Поместить Таблицу в области построения. Для этого нажмите кнопку "Добавить таблицу" и щелкните левой кнопкой мыши в области построения в точке, где хотите разместить верхний левый угол таблицы. Интерактивная таблица со всеми компонентами будет размещена на верхнем слое сборки. Если вы выберете компонент в таблице, он подсветится на плате. Таблица обновляется автоматически, поэтому можете продолжить редактирование платы после её размещения - все последующие изменения будут внесены в таблицу.

2. Интерактивная спецификация в Редакторе плат. Нажмите кнопку "Интерактивная специф." и выберите вариант "В Редакторе плат" - появится всплывающая таблица, соответствующая заданным ранее параметрам. Компоненты, выбранные в таблице, подсвечиваются на плате. Нажмите "Показать" - и программа отцентрирует компонент из выбранной строки в области построения.

3. Экспорт в файл. Сохранение файлов спецификации возможно в 2 форматах: Excel CSV и файлы с расширением *.bom. При экспорте в файл DipTrace

попросит вас установить разделитель столбцов и решить, использовать ли кавычки для значений или нет. Обратите внимание, что вы можете добавлять пользовательские строки и столбцы в файл спецификации в любом редакторе электронных таблиц.

4. Экспорт HTML - эта опция обеспечивает простой обмен и редактирование спецификации вне среды DipTrace. Сохраните HTML-файл, а затем откройте его в своем браузере.

	Placed	Reference(s)	Name	Value	Pattern	Supplier	Price	Order Link
1	☐	AV	AV	1005	TP	Future Electronics	0.184 USD	Visit Site
2	☐	C1	104K	(1608)	CAP_1608 (0603)	Digi-Key	0.53 USD	Visit Site
3	☐	C2	104K	(1005)	CAP_1005 (0402)	Mouser	0.37 USD	Visit Site
4	☐	C3	105K	(1608)	CAP_1608 (0603)	Digi-Key	0.31 USD	Visit Site
5	☒	C4	CAP_1608 (0603)	(1608)	CAP_1608 (0603)	Allied Electronics & Automation	9.97 USD	Visit Site
6	☐	C5	104K	(1005)	CAP_1005 (0402)	Mouser	0.37 USD	Visit Site
7	☐	C6	104K	(1005)	CAP_1005 (0402)	Mouser	0.37 USD	Visit Site
8	☐	C7	4.7uF	(1608)	CAP_1608 (0603)	Arrow.cn	0.4897 USD	Visit Site
9	☐	C8	104K	(1608)	CAP_1608 (0603)	Digi-Key	0.53 USD	Visit Site
10	☐	C9	104K	(1608)	CAP_1608 (0603)	Digi-Key	0.53 USD	Visit Site
11	☐	C10	4.7uF	(1608)	CAP_1608 (0603)	Arrow.cn	0.4897 USD	Visit Site
12	☐	C11	104K	(1005)	CAP_1005 (0402)	Mouser	0.37 USD	Visit Site
13	☐	C12	104K	(1005)	CAP_1005 (0402)	Mouser	0.37 USD	Visit Site

Используйте кнопки в правом верхнем углу, чтобы настроить параметры спецификации, режим отображения таблицы и платы.

U (Разгруппировать) - показать каждый компонент печатной платы в спецификации отдельно.

NL (Netlist) - сформировать список всех сетей.

N (Component Name) - группировать компоненты в таблице спецификации по имени компонента.

NV (Component Name and Value) - группировать компоненты в таблице спецификации по имени и значению компонента.

NP (Component Name and Pattern) - группировать компоненты в таблице спецификации по имени компонента и корпусу.

NVP (Component Name, Value and Pattern) - группировать компоненты в таблице спецификации по имени компонента, значению и корпусу.

BOM - показать только таблицу спецификации.

LR - отображение спецификации слева, а платы справа.

ТВ - отображение спецификации вверху, а платы - в нижней части окна.

T - показать спецификацию верхнюю сторону платы.

ТВ - показать спецификацию и обе стороны платы.

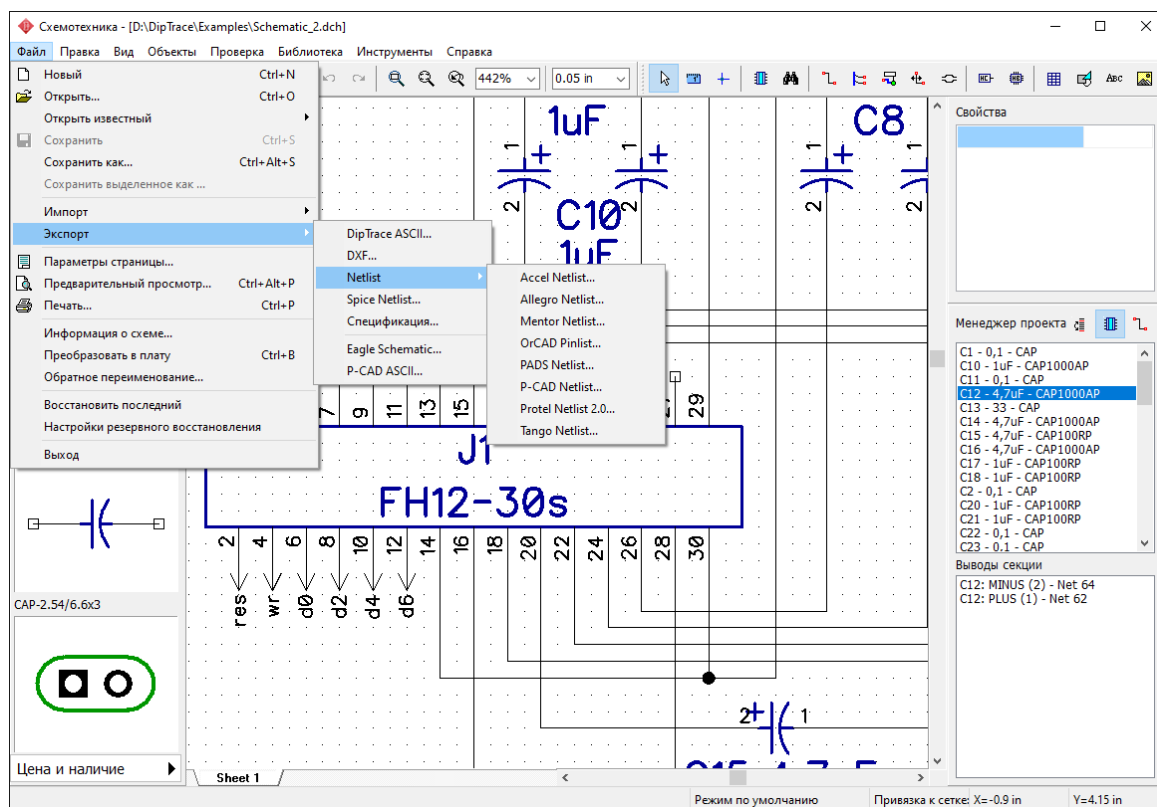
B - показать спецификацию и нижнюю сторону платы.

5.16 Импорт/ экспорт нетлистов

Схемотехника DipTrace позволяет создавать "нетлисты" (списки соединений) различных форматов для передачи схем в другие программы (Accel, Allegro, Mentor, OrCAD, PADS, P-CAD, Protel, Tango). "Нетлисты" могут быть использованы для проверки структуры схемы с помощью текстового редактора или другого САПР.

Экспорт списка соединений

Для экспорта (создания) списка соединений в Схемотехнике нужно выбрать "Файл /Экспорт/ Netlist" и выбрать формат "нетлиста". После того как вы укажете имя файла и его папку, список соединений будет создан из схемы, открытой в текущем окне Схемотехники.



Импорт списка соединений

Рассмотрим на примере процесс импорта нетлиста из формата Tango, созданного программой P-CAD. Для этого откроем Редактор плат, выберем "Файл/ Импорт/ Netlist/ Tango Netlist" из главного меню, после чего выберем файл "нетлиста": "tango_1.net" в папке "Документы / DipTrace / Examples". Появится диалоговое окно, в котором в виде таблицы представлен перечень компонентов с указанием их метки, типа и корпуса.

Как вы знаете, компоненты на печатной плате представлены в виде посадочных мест, поэтому первый шаг при импорте нетлиста - это убедиться в том, что у каждого компонента подключен корпус, иначе этот компонент не появится на плате. Проверьте все корпуса в таблице **Список компонентов из нетлиста**:

Колонка Метка показывает метки компонентов в списке соединений.

Колонка Имя показывает имя компонента.

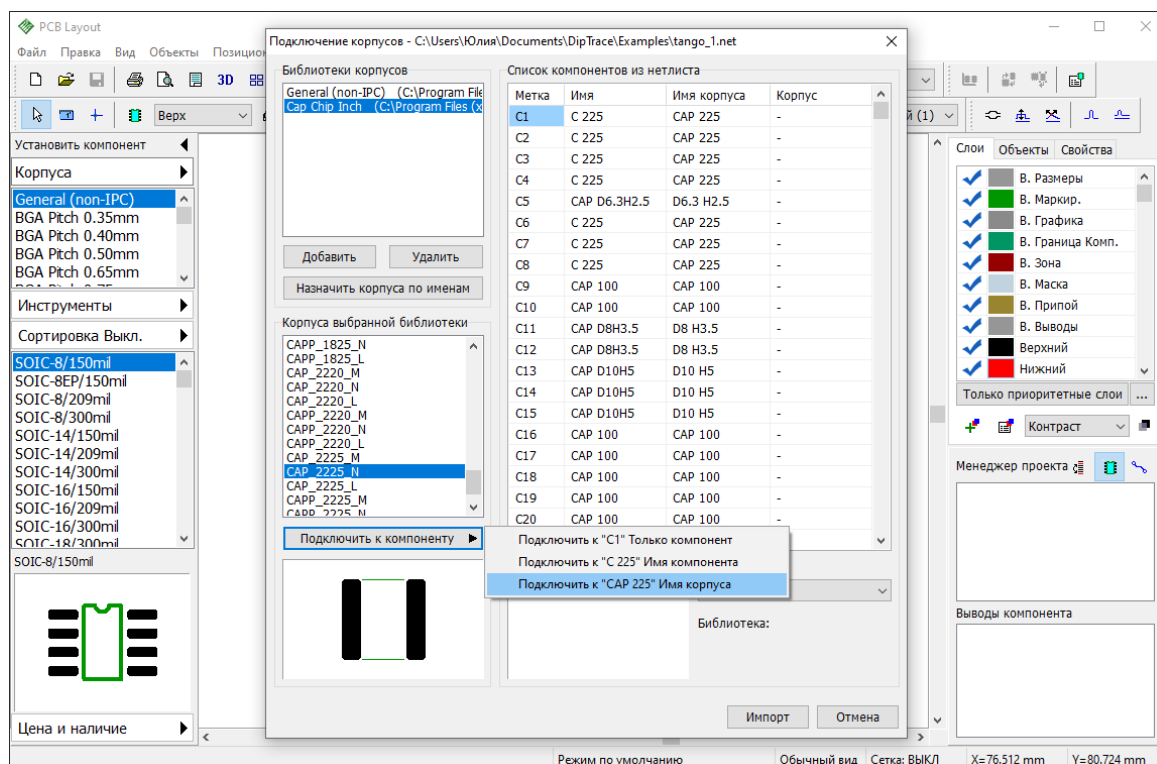
Колонка Имя корпуса показывает название корпуса в списке соединений.

Колонка Корпус показывает подключенный корпус в DipTrace (если оно пустое, то корпус не подключен).

Нажмите **Добавить**, чтобы добавить библиотеки, из которых мы будем брать корпуса для компонентов. Стандартные библиотек корпусов программы по умолчанию расположены в папке "C:\Program Files\DipTrace\Lib", а пользовательские библиотеки в папке "Документы/DipTrace/My Libraries". Добавьте библиотеку **Cap Chip Inch**, откуда мы будем брать корпуса для компонентов с меткой C 225, и некоторые другие библиотеки. Выбирайте несколько библиотек за раз с помощью клавиш *Shift* и *Ctrl*.

Выберите библиотеку в списке и нажмите **Назначить корпуса по именам**, чтобы программа нашла и назначила корпуса на основании имен компонентов автоматически.

Если один и тот же корпус в "нетлисте" и в DipTrace называется по-разному, то автоматически назначить их программа не сможет, это придется делать вручную. Выберите компонент из **Списка компонентов нетлиста**, выберите нужную библиотеку и корпус в соответствующих списках. Теперь нажмите **Подключить к компоненту** и выберите подключить корпус к компонентам с определенной меткой, определенным именем или определенным корпусом. Например, мы подключили корпус CAP_2225_N ко всем компонентам, у которых в "нетлисте" указан корпус CAP 225.



Звездочка "*" после имени корпуса означает, что этот корпус был подключен вручную.

Когда всем компонентам будут присвоены корпуса, нажмите **Импорт**.

5.17 3D предпросмотр и экспорт

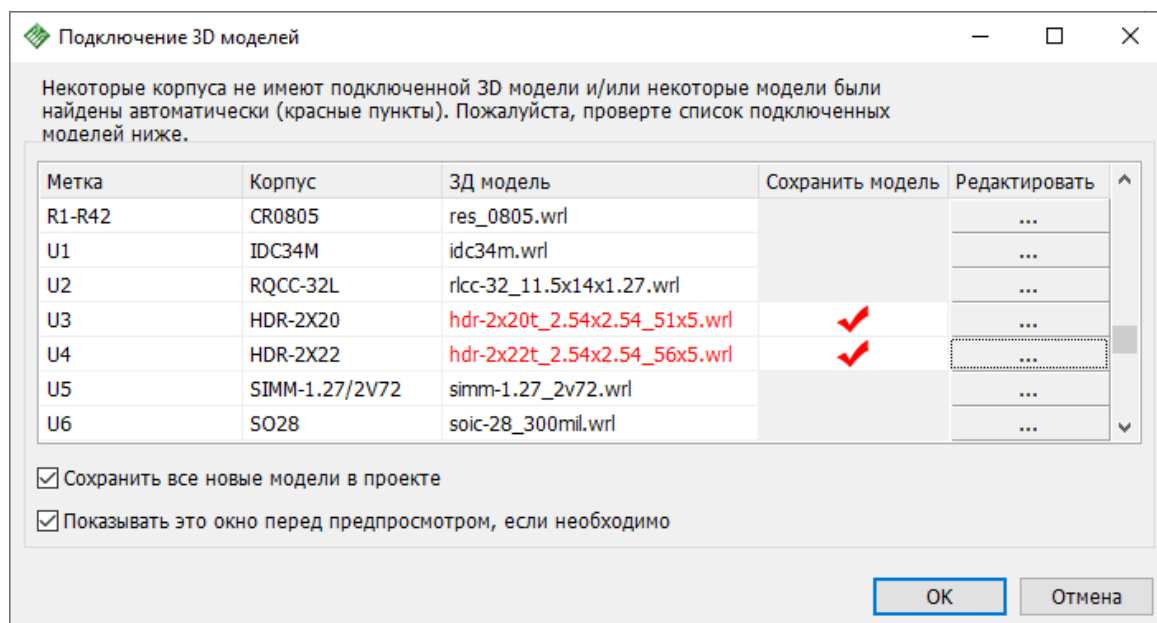
В Редакторе плат DipTrace есть встроенный модуль 3D визуализации с возможностью экспорта трехмерной модели платы в форматы STEP и VRML. Этот инструмент позволяет пользователю визуально проверить печатную плату со всеми установленными компонентами и экспортировать модель печатной платы в механические программы САПР для разработки корпуса устройства и прочих целей.

*Пожалуйста, **скачайте и установите стандартную библиотеку 3D моделей** с [сайта DipTrace](#), в которой содержится более 11000 моделей корпусов. Если у компонента нет 3D-модели, в режиме 3D просмотра на печатной плате отображается только его посадочное место.*

В Редакторе плат выберите "Файл / Открыть" в главном меню (или нажмите *Ctrl+O*), а затем выберите файл "Документы \DipTrace\Examples\PCB_6.dip".

Теперь нажмите **3D** на Стандартной панели или выберите "Инструменты / 3D предпросмотр / 3D визуализация" из главного меню. Если на плате есть корпуса без 3D моделей, то появится диалоговое окно **Подключение 3D моделей**. DipTrace проверяет, у всех ли компонентов есть 3D-модели, и пытается найти правильные модели для компонентов без них. В этом окне можно просмотреть или назначить другие модели корпусам платы.

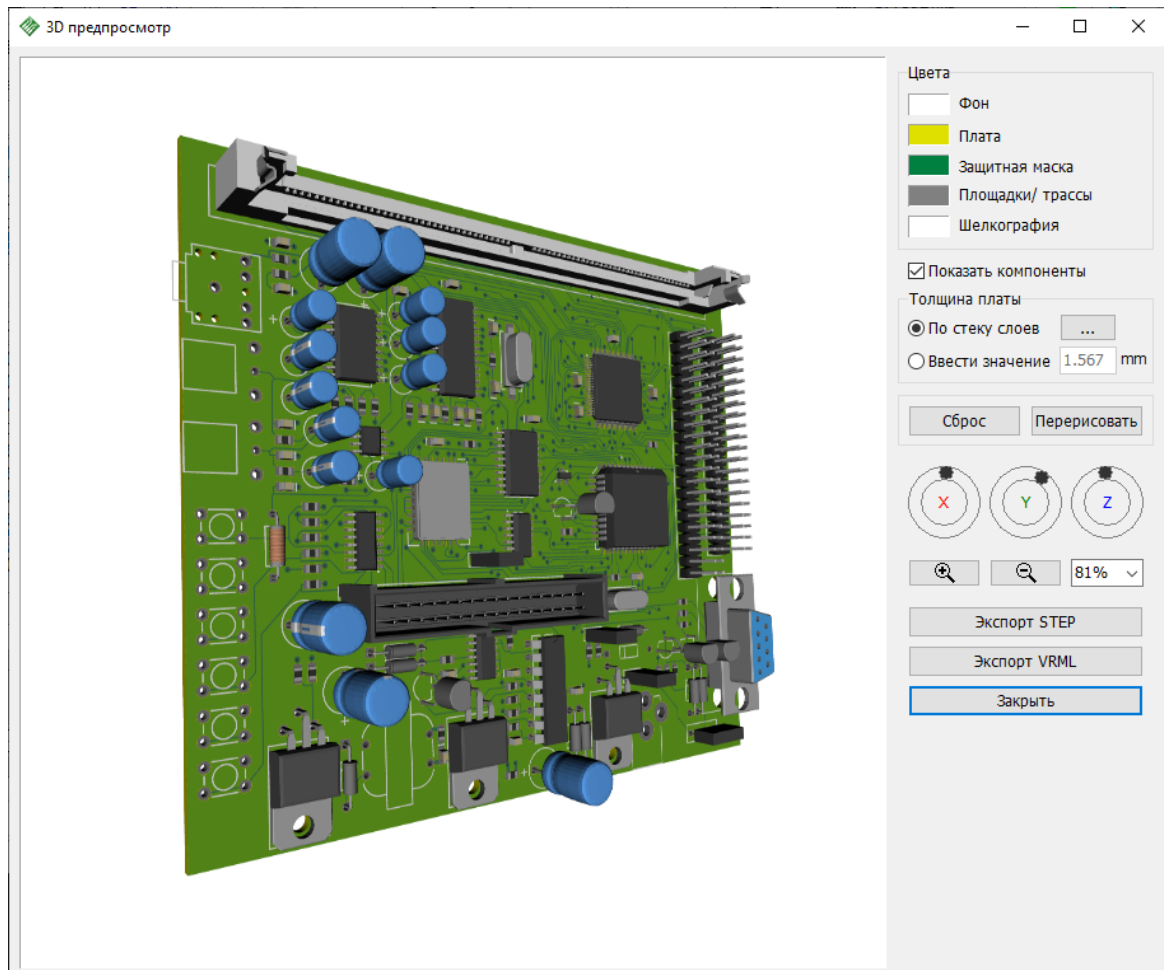
Дополнительную информацию вы можете найти в разделе «Предварительный просмотр и экспорт в 3D» (3D preview and export) в справке по Редактору плат («Справка / Справка по PCB Layout» в главном меню).



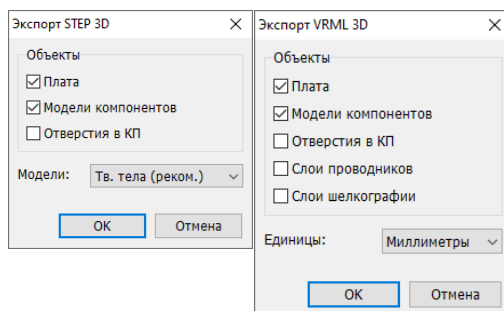
Не смотря на то, что есть корпуса без 3D моделей, просто нажмите **ОК**. Вы увидите трехмерную модель платы, ее можно в реальном времени масштабировать, вращать по трем осям и двигать по экрану.

Цвет платы, фона, защитной маски, контактных площадок и трасс можно поменять. Некоторые изменения вступят в силу только после нажатия **Перерисовать**.

Обратите внимание, что общие настройки маски задаются в [окне экспорта Gerber](#)¹⁰⁶.



Экспорт 3D модели



Модуль 3D предпросмотра позволяет сохранять трехмерную модель платы в форматах STEP (*.step) и VRML 2.0 (*.wrl), которые легко импортируются в любую "механическую" САПР программу.

Находясь в режиме **3D просмотра платы**, нажмите **Экспорт STEP** и поставьте галочки напротив тех объектов, которые должны быть включены в экспортируемый файл (плата, модели, отверстия), а также выберите режим экспорта 3D моделей.

Нажмите **ОК**, выберите директорию и укажите имя сохраняемого файла. Мы рекомендуем использовать режим Твердые тела при экспорте в STEP формат.

Обратите внимание, что экспорт отверстий значительно замедляет процесс.

Для экспорта в формат VRML 2.0, нажмите **Экспорт VRML**, выберите, какие объекты будут включены в экспортируемый файл, укажите единицы измерения, нажмите **ОК**, чтобы сохранить файл.

Настроить отображение 3D модели

Нажмите  в диалоговом окне **Подключение 3D моделей** или щелкните правой кнопкой мыши по компоненту и выберите **3D модель**. Появится диалоговое окно 3D модели. Трехмерная модель расположена на посадочном месте корпуса, ее можно вращать, перемещать, менять цвета и т.д.

Для того чтобы выбрать другую 3D модель, нажмите **Все модели>>** и выберите подходящую из списка всех моделей, доступных в программе. Модели в списке сгруппированы по библиотекам корпусов для удобства.

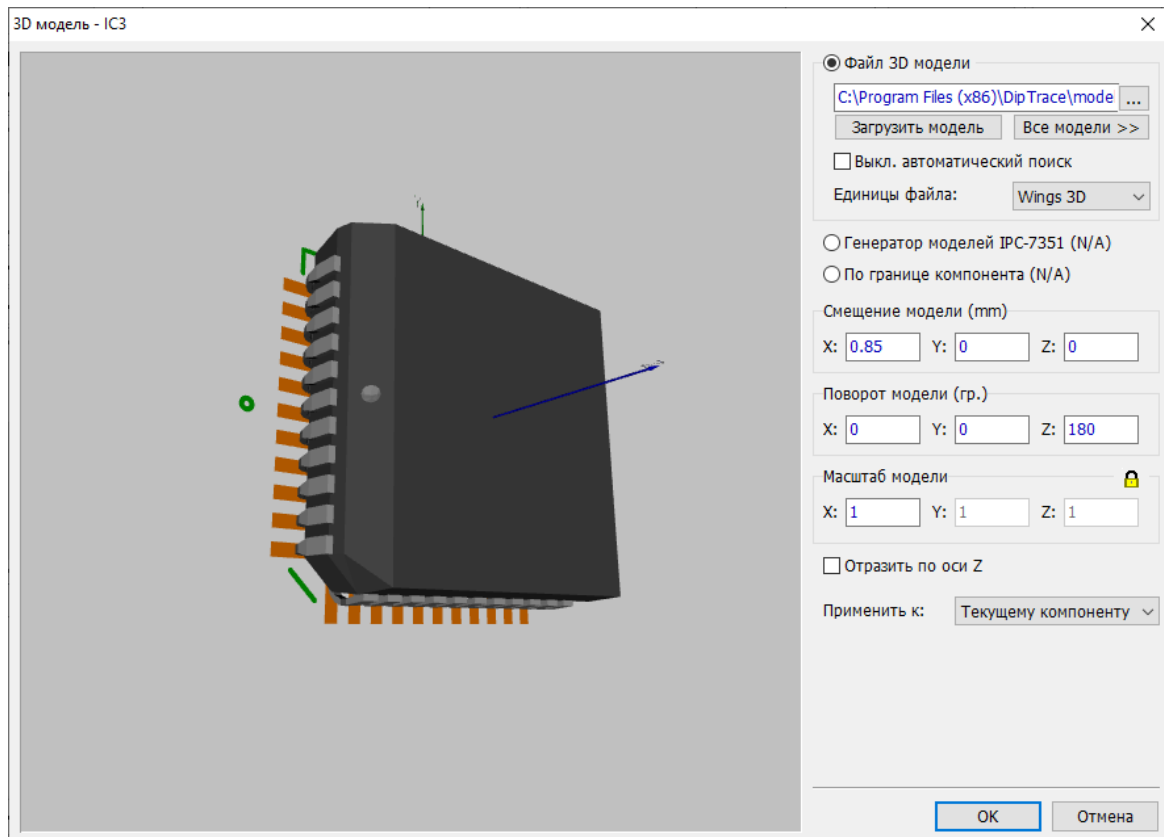
Для того чтобы подключить 3D модель из отдельного файла, нажмите  и укажите путь к файлу 3D модели. Программа поддерживает модели в форматах 3DS, VRML, STEP и IGES.

Если для создания 3D-модели использовался Генератор корпусов, вы можете предварительно просмотреть её, выбрав параметр "Генератор моделей IPC-7351" в окне просмотра 3D модели компонента.

3D-модель также может быть сгенерирована программой автоматически на основании контура компонента; чтобы воспользоваться этой опцией, выберите вариант "По границе компонента". Однако чтобы эта опция сработала, предварительно необходимо создать границу компонента в Редакторе корпусов. После этого вам нужно только указать высоту модели, и DipTrace создаст 3D-форму, имитирующую устройство.

DipTrace старается правильно разместить 3D модель на посадочном месте, но иногда это не получается. В таких случаях придется вручную настроить отображение модели относительно посадочного места. Для этого достаточно ввести нужные значения в соответствующие поля в разделах Смещение, Поворот и Масштаб модели.

Настройки, введенные в поле предпросмотра модели применяются незамедлительно, поэтому вы сразу можете оценить их правильность и откорректировать при необходимости. Можете вернуться к теме "Подключение 3D модели", где это продемонстрировано на наглядном примере, или обратиться к Справке.

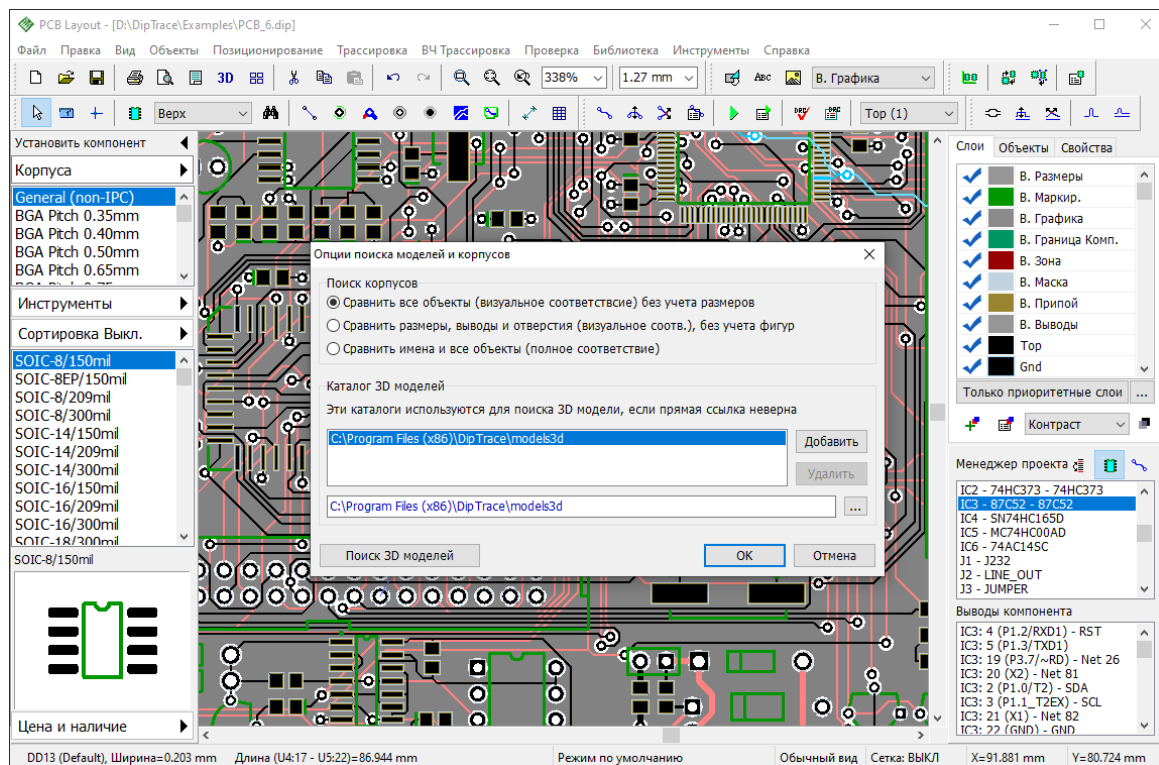


Нажмите **ОК**, чтобы закрыть это окно и применить изменения.

Поиск 3D моделей

Выберите "Инструменты / 3D просмотр / Поиск корпусов и моделей", в появившемся окне можно настроить поиск 3D моделей программой, а также указать папки, в которых она это делает.

В разделе **Поиск корпусов** можно настроить, насколько точно 3D модель, которую программа нашла в папках хранения 3D моделей, должна соответствовать корпусу, у которого нет назначенной модели. Нажмите **Поиск 3D моделей**, чтобы оценить эффективность внесенных изменений.



Если некоторые модели расположены не в папке со стандартными моделями, а в других папках, то программа должна четко знать, где искать 3D модели. Для этого нужно добавить эти папки в список **Каталог 3D моделей**. По умолчанию, стандартные библиотеки 3D моделей устанавливаются в папку "C:\Program files\DipTrace\models3d".

Пожалуйста, скачайте и установите стандартную библиотеку 3D моделей с [сайта DipTrace](#). 3D модели не включены в стандартный установщик DipTrace.

Мы рекомендуем подключать 3D модели непосредственно при создании корпусов в Редакторе корпусов.

5.18 Полезные ссылки

[Официальный сайт DipTrace.](#)

[ЧАВО.](#)

[Руководство по установке программы.](#)

[Задать вопрос.](#)

[Отдел продаж DipTrace.](#)

[Скачать последнюю версию](#) (откройте "Справка / О программе", если вы не знаете, какую версию используете в настоящий момент).

[Покупка DipTrace.](#)

[Загрузка библиотек.](#)

[Наш канал YouTube](#)

[Форум DipTrace](#) – воспользуйтесь возможностью предложить новые инструменты, обсудить DipTrace, поделиться опытом и задать вопросы.

[Услуги разработки плат.](#)

[Услуги разработки библиотек.](#)

