

DIPTRACE

Практический курс



Содержание

Раздел I Введение	5
1 Общая характеристика.....	5
2 Установка DipTrace.....	6
3 Программы и форматы.....	7
4 DipTrace on the Web.....	8
5 Постановка задачи.....	8
6 Термины.....	10
Раздел II Создание библиотеки корпусов	12
1 Редактор Корпусов. Общая характеристика.....	12
2 Создание библиотеки корпусов.....	13
3 Создание корпуса.....	14
4 Типы корпусов.....	16
5 Больше о типах корпусов.....	17
6 Полигональные пады.....	19
7 Краевые разъемы.....	20
8 Монтажные отверстия.....	21
9 Импорт корпусов из DXF.....	21
10 Практическое задание 1.....	22
11 Практическое занятие 2.....	23
Раздел III Создание библиотеки компонентов	24
1 Редактор Компонентов. Общая характеристика.....	24
2 Создание библиотеки компонентов.....	25
3 Создание компонента.....	25
4 Привязка корпуса.....	27
5 Создание сетевых портов.....	28
6 Многосекционные компоненты.....	29
7 Типы компонентов.....	30
8 Таблица выводов.....	31
9 Дополнительные возможности редактора компонентов.....	32
10 Spice установки.....	35
11 Практическое задание 3.....	37
12 Практическое задание 4.....	38
13 Практическое задание 5.....	40
Раздел IV Создание принципиальной схемы	40
1 Схемотехника. Общая характеристика.....	40
2 Настройка рабочего места.....	41

3	Работа с библиотеками.....	42
4	Установка компонентов.....	43
5	Сети и шины.....	45
6	Многолистовая схема.....	48
7	Свойства компонента.....	48
8	Менеджер проекта.....	50
9	Иерархическая схема.....	52
10	Спецификация.....	53
11	Spice установки.....	54
12	Практическое занятие 6.....	55
13	Практическое занятие 7.....	57
14	Практическое занятие 8.....	58
Раздел V Редактор плат PCB Layout		59
1	Редактор Плат. Общая характеристика.....	59
2	Настройка области построения.....	59
	Единицы измерения и сетка	59
	Настройка цвета	60
3	Компоненты и сети платы.....	61
	Разработка платы без схемы	61
	Настройка библиотек.....	61
	Поиск и установка корпусов.....	63
	Установка связей.....	64
	Импорт схем.....	66
	Взаимодействие со Схемотехникой	66
	Преобразование схемы в плату.....	66
	Обновление платы со схемы.....	66
	Практическое занятие 9	67
4	Подготовка к позиционированию и трассировке.....	69
	Границы платы	69
	Настройка слоев	69
	Общие параметры.....	69
	Работа со слоями.....	70
	Межслойные переходы и стили переходов	72
	Классы сетей	73
	Свойства класса.....	75
	Автотрассировка.....	76
	Межклассовый зазор.....	77
	Загрузка и сохранение правил	77
	Барьеры позиционирования и трассировки	77
	Практическое занятие 10	78
	Практическое занятие 11	82
5	Позиционирование	83
	Ручная расстановка	83
	Автопозиционирование	85
	Практическое занятие 12	86
6	Трассировка платы.....	87
	Ручная трассировка	88
	Установка переходов (Fanout).....	88
	Создание дорожек.....	89
	Редактирование дорожек.....	90

Автоматическая трассировка	92
Grid Router.....	92
Shape Router.....	94
Дополнительные возможности.....	94
Интеграция с Epectra/Specetra.....	95
Практическое занятие 13	95
7 Медная заливка	97
Общая информация	97
Практическое занятие 14	98
8 После трассировки.....	101
Маркировка корпусов	101
Перенумерация меток	102
Установка размеров	102
Панелизация	103
Практическое занятие 15	104
9 Проверка проекта	105
Проверка ошибок трассировки (DRC)	105
Проверка целостности сетей	107
Сравнение со схемой	107
3D предпросмотр	107
Практическое занятие 16	109
Практическое занятие 17	111
10 Экспорт производственных файлов.....	112
Gerber файлы	112
N/C Drill файлы	115
DXF экспорт	116
Pick & Place экспорт	116
Практическое занятие 18	116

1 Введение

Добро пожаловать в курс тренингов **DipTrace**. Пройдя этот сборник, Вы будете знать основные принципы создания печатной платы, начиная с этапа создания схемы, заканчивая изготовлением производственных файлов. Заметьте, мы рассчитываем, что читатель имеет как минимум базовые знания о разработке электронных печатных плат. Если Вы не специалист, то рекомендуем для начала ознакомиться с учебником DipTrace, а потом вернуться к этим тренингам.

1.1 Общая характеристика

DipTrace — современная система автоматизированного проектирования печатных плат с широким спектром возможностей:

Интуитивный пользовательский интерфейс — DipTrace обладает простым интерфейсом, понятным пользователям на интуитивном уровне. Для эффективной работы в программном пакете DipTrace не нужно иметь особых навыков. Схема создается простым перетаскиванием нужных компонентов и соединением их проводами и шинами. Все программные модули унифицированы. Одним кликом мыши схему можно преобразовать в плату, или обновить ее в любое время. Множество горячих клавиш, а также опции подсветки и выделения помогают быстро ориентироваться и добиваться максимальной скорости и качества работы. На [официальном сайте DipTrace](#) доступен пошаговый учебник, который позволит быстро разобраться в программе не только профессионалу, но и абсолютному новичку.

Мощная ручная и автоматическая трассировка — В программный пакет DipTrace включено два автоматических трассировщика, способных трассировать как простые однослойные платы (в том числе с переключками), так и сложные многослойные. Опции ручной трассировки позволяют создавать и редактировать дорожки не только строго соблюдая углы 15, 30, 45 и 90 градусов, но и абсолютно без ограничений. Программа поддерживает сквозные и несквозные межслойные переходы как при ручной так и при автоматической трассировке. Размер плат неограничен.

Медная Заливка — на любом слое платы можно разместить заливку. Она помогает удешевить плату, благодаря использованию меньшего количества раствора при травлении. Заливку обычно используют в экранных слоях как низкоимпедансный проводник для сетей земли и питания. DipTrace поддерживает разные типы термобарьеров. На одном слое может быть расположено несколько полигонов заливок разных сетей.

Детальная проверка дизайна — В Схемотехнике и Редакторе Плат PCB Layout доступно несколько опций проверки, которые контролируют проект на разных этапах разработки: Проверка связей ERC в Схемотехнике показывает все ли выводы компонентов правильно подключены и позволяет легко исправить ошибку; Проверка ошибок трассировки в Редакторе Плат проверяет расстояния между объектами на плате, а также минимальные размеры дорожек и отверстий. Ошибки можно сортировать по слоям, каждая из них имеет описание и легко локализуется на плате. Проверка целостности сетей ищет нетрассированные сети, между выводами которых нет электрического соединения. Опция "Сравнить со схемой" сравнивает исходную схему с платой.

Поддержка автотрассировщика Electra — платы, создаваемые в DipTrace могут быть трассированы сторонними автотрассировщиками, в частности Electra. Сегодня это один из самых эффективных инструментов за доступную цену. Electra можно скачать с официального сайта DipTrace и активировать вместе с программой. Зарегистрированные пользователи DipTrace получают скидку.

Импорт/Экспорт — Функции импорта и экспорта позволяют работать с принципиальными схемами, платами и библиотеками в форматах других EDA и CAD-приложений: DXF, P-CAD, PADS, OrCAD и Eagle, а также работать с "нетлистами" (списками соединений): Accel, Allegro, Mentor, PADS, P-CAD, OrCAD, Protel 2.0 и Tango.

Создание файлов для производства — В DipTrace Вы можете получить все необходимые для производства файлы: Gerber RS-274X, Excellon N/C Drill, DXF. Векторизация позволяет экспортировать в Gerber формат TrueType шрифты и растровые изображения.

Изготовления плат методом фрезерования (CNC milling) — Практически одним кликом полилинии краев дорожек, необходимые для фрезерования, экспортируются в формат DXF. Эти файлы легко конвертируются в G-code, используя бесплатный [Ace Converter](#). Перед экспортом DipTrace производит проверку и показывает возможные ошибки.

Стандартные библиотеки — В библиотеках программы более 100 тыс. компонентов разных производителей.

Создание собственных библиотек — удобные средства разработки компонентов и корпусов с автоматическим расположением и нумерацией выводов по заданным правилам позволяют за считанные минуты создавать компоненты любых размеров и любой сложности.

Данная версия тренингов создана для версии программы 2.2.0.9 (23 Декабря, 2011), но все сказанное в той или иной степени будет справедливо и для других версий.

1.2 Установка DipTrace

Минимальные системные требования:

- Windows 2000/XP/Vista/Win7 (поддержка 32 bit и 64 bit версий), Linux (Wine) или MacOSX Leopard или более новая
- Процессор: Pentium III / Athlon XP
- 256Mb RAM
- 500Mb свободного места на диске
- Монитор с разрешением 1024x768, 8Mb видео RAM

Рекомендуемые системные требования:

- Windows 2000/XP/Vista/Win7 (поддержка 32 bit и 64 bit версий), Linux (Wine) или MacOSX Leopard или более новая
- Процессор: Pentium IV / Athlon 64 или лучше
- 1Gb RAM или больше
- 500Mb свободного места на диске
- Монитор с разрешением 1280x1024 или больше, видеокарта с поддержкой OpenGL и DirectX, 128Mb видео RAM

По умолчанию предлагается установить пакет программ в папку "C:/Program Files/DipTrace" (Program files (x86) на Windows 7), однако Вы можете выбрать любую другую папку или диск. При установке программы необходимо иметь права администратора. Также рекомендуется отключить антивирусную программу и firewall в случае, если они блокируют установку.

Если Вы уже установили программу и хотите обновить версию, рекомендуем сначала сделать резервную копию пользовательских библиотек и проектов, если они находятся в одной папке с программой. Затем удалите программу и запустите установщик, который поможет Вам установить новую версию DipTrace.

Заметьте, если Вы добавляли компоненты или посадочные места в стандартные библиотеки, при установке новой версии стандартные библиотеки будут перезаписаны, а все изменения утеряны. Поэтому обязательно сохраните модифицированные библиотеки перед обновлением программы. Во избежание подобной ситуации, мы рекомендуем сохранять созданные пользователем компоненты и корпуса в отдельные библиотеки и не изменять стандартные.

1.3 Программы и форматы

В состав DipTrace входят четыре программы:

1. **Редактор Плат PCB Layout** — модуль создания плат, ручной и автоматической трассировки.
2. **Schematic** — создание принципиальных схем и "нетлистов" (списков соединений), а также их экспорт на плату.
3. **ComEdit** — Редактор Корпусов.
4. **SchemEdit** — Редактор Компонентов. Рисуйте электрические символы и прикрепляйте к ним корпуса.

Пакет программ DipTrace создает файлы следующих форматов:

1. **PCB Design (*.dip)** — создается Редактором Плат. Файл включает в себя информацию о корпусах, дорожках, плате, фигурах и тексте.
2. **Схемотехника (*.dch)** — файл создается Схемотехникой, но может быть открыт в Редакторе Плат PCB Layout. Содержит информацию о компонентах, проводках, шинах, фигурах и листах в Схемотехнике. Редактор плат открывает этот же файл в виде корпусов компонентов и логических связей между ними.
3. **Библиотека корпусов (*.lib)** — создается Редактором Корпусов. Библиотека может быть открыта: редактором корпусов, для того, чтобы создать или редактировать какой-либо корпус в ней, Редактором Плат PCB Layout — чтобы установить корпус на плату, Схемотехникой — для прикрепления корпуса к компоненту.
4. **Библиотека компонентов (*.eli)** — создается Редактором Компонентов. Библиотеку такого формата открывает Схемотехника и Редактор Плат для установки компонентов и привязанных к ним корпусов соответственно.

DipTrace поддерживает следующие форматы файлов:

1. **DipTrace ASCII** — текстовый формат данных DipTrace.
2. **Netlist** — импорт/экспорт "нетлистов" разных форматов
3. **Autorouter DSN и Autorouter SES** — файлы поддерживаемые автотрассировщиками Electra/Specetra.
4. **Gerber RS-274X** — формат производственных файлов экспортируемый и импортированный Редактором Плат PCB Layout.
5. **N/C Drill** — файлы экспортируемые из Редактора Плат PCB Layout.
6. **Mach 2/3 Drill G-code** — файлы экспортируемые из Редактора Плат PCB Layout.
7. **DXF** — файлы этого формата экспортируются из Редактора Плат PCB Layout и Схемотехники, а импортируются в Редактор Плат и Редактор Корпусов.
8. **Pick and Place** — экспортируются из Редактора Плат PCB Layout.
9. **P-CAD ASCII** — экспорт/импорт в Редактор Плат PCB Layout и Схемотехнику.
10. **P-CAD PDF** — импортируются в Редактор Плат PCB Layout и Схемотехнику.
11. **PADS ASCII** — экспорт/импорт в Редактор Плат PCB Layout.
12. **OrCAD MIN Interchange** — экспорт/импорт в Редактор Плат PCB Layout.

DipTrace поддерживает прямую совместимость форматов файлов. Т.е. все файлы, созданные в более ранних версиях программы, должны успешно открываться в более новых версиях. Обратная совместимость не поддерживается, т.е. файлы, созданные в новых версиях DipTrace, не могут быть открыты в старых версиях программы.

Однако в большинстве случаев можно обойти данную проблему с помощью DipTrace ASCII формата. Для этого, необходимо экспортировать ASCII файл из новой версии программы, затем импортировать полученный файл в более старую.

1.4 DipTrace on the Web

DipTrace в интернете: <http://www.diptrace.com>

Заказать DipTrace: <http://www.diptrace.com/register.php>

Учебник: http://www.diptrace.com/books/tutorial_rus.pdf

Сообщество: <http://groups.yahoo.com/group/diptr>

Форум: <http://diptrace.com/forum/>

Техподдержка: support@diptrace.com

Продажи: sales@diptrace.com

1.5 Постановка задачи

В данном курсе тренингов мы исследуем полный путь проектирования печатной платы: от этапа создания библиотеки корпусов и компонентов, рисования принципиальной схемы, проектирования печатной платы до экспорта файлов для заказа плат на производстве. Это типичный путь дизайнера печатных плат.

Возможно, в некоторых случаях начинающие конструкторы могут обойтись без создания своих библиотек, но в долгосрочной перспективе, это станет неотъемлемым шагом при создании новых плат. Опытный дизайнер со временем обзаводится набором часто используемых библиотек компонентов и корпусов, что существенно ускоряет его работу. В корпоративном сегменте, как правило используются только свои, проверенные на разных этапах и используемые в разных проектах библиотеки.

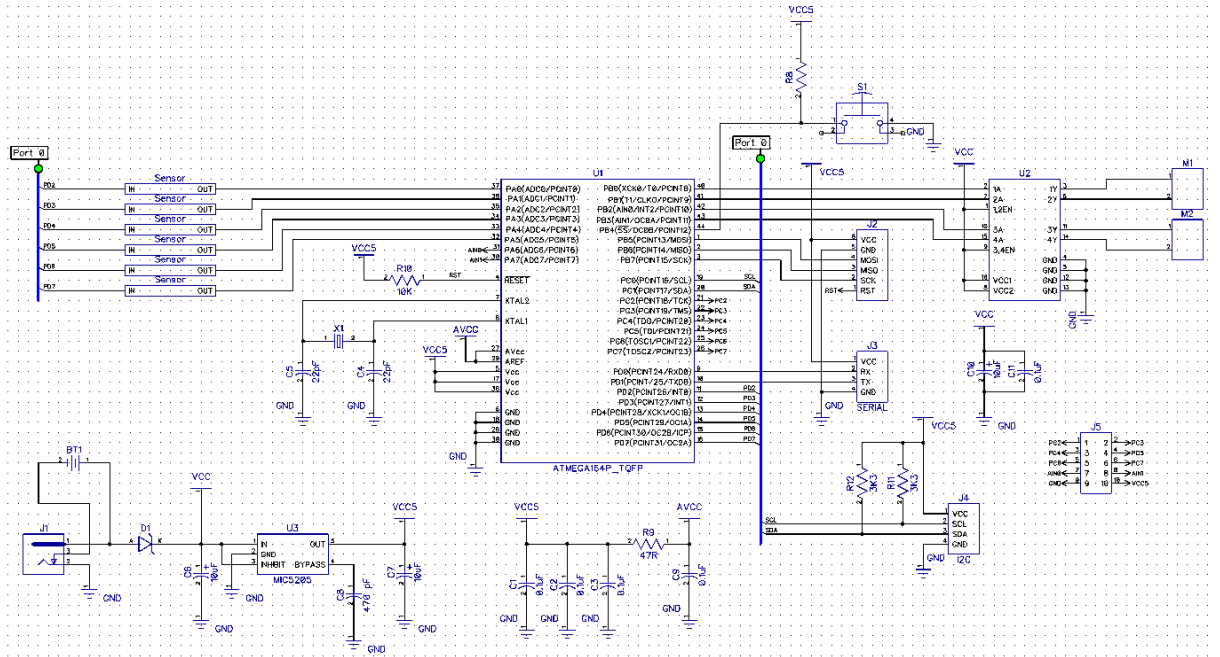
Мы покажем взаимосвязь между программами в пакете DipTrace и то как осуществляется передача данных из одной программы в другую. Также будет затронут вопрос внесения обновлений в уже созданный проект, например, для его модернизации или доработки. Кроме того воспользуемся обратной аннотацией изменений из PCB Layout в Схемотехнику.

Наибольшее внимание будет уделено проектированию печатных плат, т.к. этот этап самый сложный и ответственный. Цена ошибки здесь может быть слишком высока. Для начала необходимо знать хотя бы о существовании основных функций программы. Поэтому мы покажем некоторые возможности, которые предоставляет Редактор Плат PCB Layout для получения качественной печатной платы.

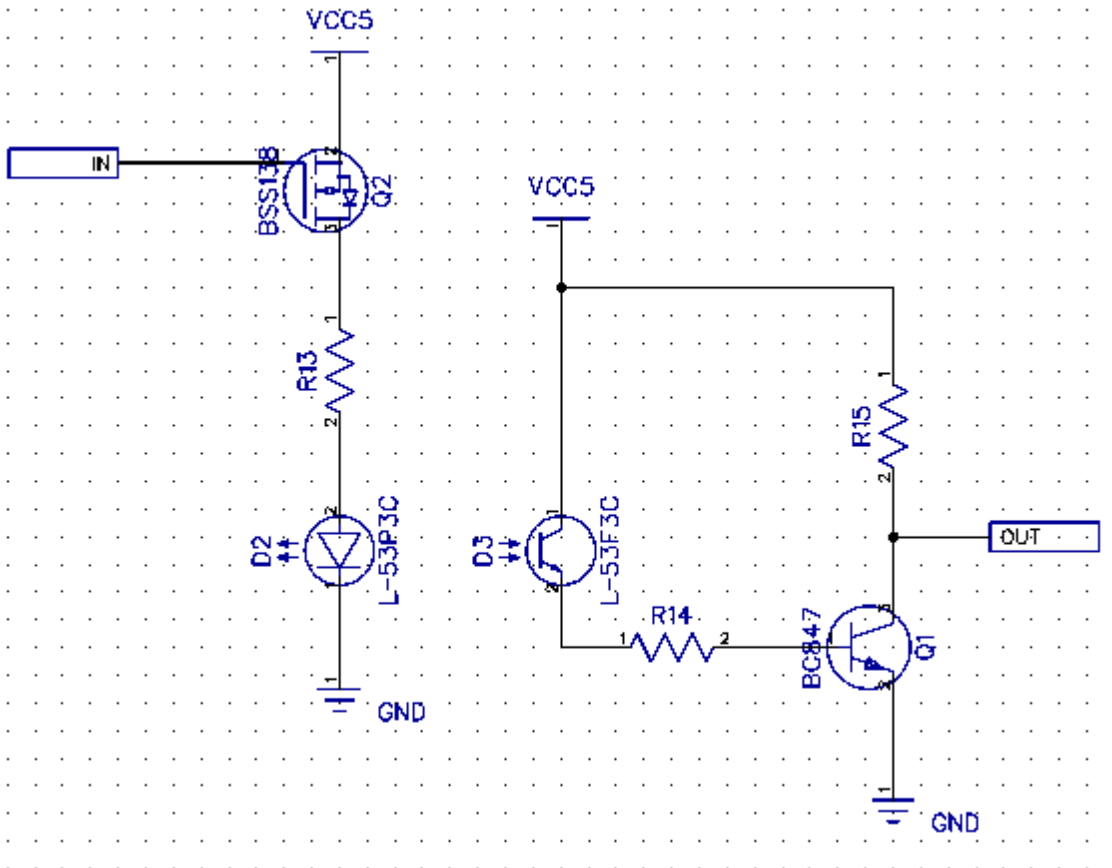
На завершающем этапе — получим выходные файлы, готовые для заказа платы у производителя.

Ниже приведена схема с которой мы вместе будем работать в течении практических уроков этого курса. Именно на ее основе мы и создадим плату.

Это схема управления простого робота, которая включает в себя микроконтроллер, несколько датчиков, помогающих роботу определить препятствия и расстояние до них, а также сервопривод (управление двигателями). Дополнительно имеются разъемы подключения питания и батареи, стабилизатор напряжения, разъемы для программирования микроконтроллера и подключения периферии, кварцевый резонатор для генерации стабильной частоты и одна кнопка для нужд встроенного ПО (firmware).



Лист 2 схемы. Это описание иерархического блока, который использован в основной схеме 6 раз. Это схема датчика расстояния. Он состоит из инфракрасного передатчика (светодиода) и приемника (фотодиода), который улавливает отраженный сигнал. 6 датчиков должны быть установлены равномерно на передней стороне робота. Микроконтроллер по очереди включает каждый ИК передатчик. Отраженный сигнал, принятый ИК приемником и усиленный транзистором Q1, измеряется с помощью встроенного модуля АЦП в микроконтроллере.



Для создания данной схемы нам понадобятся следующие компоненты и корпуса:

Маркировка	Тип компонента	Тип корпуса
U1	ATMEGA164	TQFP-44
U2	L293D	DIP-16
U3	MIC5205	SOT23-5
Q1	BC847	SOT23
Q2	BSS138	SOT23
D1	1N5817	DO-41
D2	L-53P3C	LED-5mm
D3	L-53F3C	LED-5mm
R*	RES0805	RC0805
C*	CAP0805	RC0805
C6, C7, C10	TC3528	TC3528
J1	PJ-002A	PJ-002A
S1	B3W-1000	B3W
X1	CRYSTAL HC49SMD	HC49SMD
M1, M2, BAT	PLS-2	PLS-2
J3, J4	PLS-4	PLS-4
J2	PLS-6	PLD-6
J5	PLD-10	PLD-10 EDGE

1.6 Термины

Прежде чем мы начнем знакомиться с основными функциями и возможностями DipTrace, введем определение основных терминов, которые будут часто употребляться в течении курса:

Корпус — посадочное место для пайки компонента на печатную плату. Состоит из контактных площадок и графических элементов, отображающих размеры корпуса и помогающих правильно установить его на плату.

Контактная площадка (КП), вывод, пад — медная площадка, с которой непосредственно контактирует вывод элемента. Именно к ней он и припаивается. Конт. площадки бывают сквозными и поверхностными. Это зависит от типа и формы выводов.

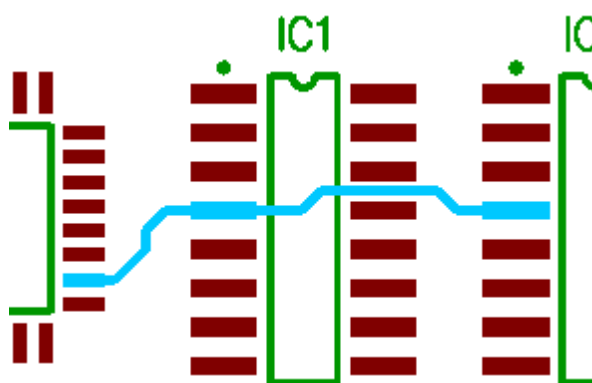
Компонент — совокупность символа и посадочного места (корпуса), привязанного к нему. Каждый вывод символа может (и должен) иметь подключение к соответствующей площадке (КП) корпуса. Возможно также создание компонента без присоединенного посадочного места.

Символ — набор выводов и графических элементов для представления компонента на принципиальной электрической схеме. Символ может быть разделен на несколько секций (однотипных или разнородных) или же состоять только из одной секции. Выводы могут находиться в произвольном порядке, наиболее удобном для понимания схемы и в соответствии с правилами оформления документации.

Секция — часть символа в многосекционных компонентах. Разбивка компонентов на несколько секций (в случаях когда это необходимо) значительно упрощает схемотехнику, делает ее менее громоздкой и более понятной для восприятия.

Схема — графическое представление компонентов (символов) и связей между ними. Схемотехника может состоять из одного или нескольких листов, быть одноуровневой или иерархической. Программа, которая позволяет создавать схемы в DipTrace, а также проверять наличие ошибок, формировать список компонентов и передавать информацию для проектирования печатной платы называется Схемотехника.

Сеть — совокупность всех соединений между выводами, которые имеют одинаковое имя сети.



Провод — соединение между двумя выводами или другими объектами сети.

Шина — группа сетей, собранных вместе и отображаемых в виде толстой линии. Обычно сети объединяются в шину по функциональной принадлежности.

Сетевой порт ("Нетпорт", англ. "net port") — тип компонента, используемого для объединения одного или нескольких проводов в сеть по типу сетевого порта.

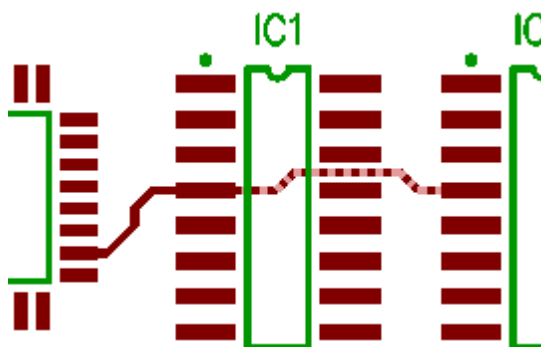
Межстраничный переход — объект, используемый для объединения шин на одном или разных листах Схемотехники.

Метка (RefDes) — идентификатор компонента на схеме или плате. Каждый компонент имеет уникальный RefDes, по этому параметру можно отличить один компонент от другого.

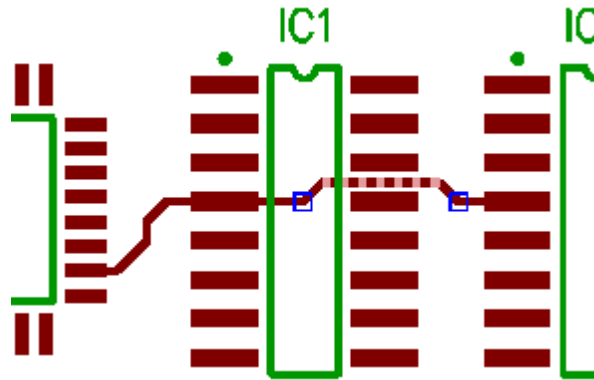
Печатная плата (PCB — англ. аббревиатура) — объект из текстолита или другого диэлектрического материала с посадочными местами под компоненты и медными соединениями, обеспечивающими электрическую связь между выводами компонента. Печатные платы могут быть одно-, двух- и многослойными. В DipTrace количество сигнальных слоев не ограничено, несигнальные слои predeterminedены и не могут быть добавлены или изменены в текущей версии. Но эта функция появится в одном из следующих релизов.

Линии Соединений — линии, отображающие логические связи между выводами компонента, но пока не имеющие физического воплощения на плате. После создания медного проводника на плате, эти линии автоматически исчезают.

Трасса — составная часть сети. Совокупность линий или дуг в сигнальном слое, соединяющих между собой выводы, переходные отверстия или примыкающие к другой трассе данной сети.



Линия — составная часть трассы между двумя узлами, ее наименьший сегмент, который может быть выделен или изменен.



Межслойный переход — отверстие с металлизацией внутри, служащее для перехода трассы с одного слоя в другой. Переходы могут быть сквозными или несквозными, по своему поведению в DipTrace переходы делятся на динамические и статические.

Заливка — область сплошной или сетчатой заливки свободных от проводников мест. Заливка зачастую соединяется с одной из сетей (земля или питание) и служит для осуществления низкоимпедансного соединения всех выводов сети, к которой она подключена.

2 Создание библиотеки корпусов

2.1 Редактор Корпусов. Общая характеристика

Редактор Корпусов — это программа, которая позволяет открывать, редактировать и создавать новые библиотеки корпусов и производить любые манипуляции над ними.

Основное окно программы состоит из нескольких панелей, структура которых подобна большинству других оконных приложений.

Главное меню предоставляет доступ к большинству функций. Для быстрого вызова некоторых можно использовать горячие клавиши. Если для функции существует горячая клавиша, она всегда указана в конце соответствующего пункта меню в скобках. Полный список горячих клавиш указан в справке.

Многие из функций продублированы кнопками на стандартной панели, панели объектов и рисования. При наведении на кнопку на панели всплывает подсказка с названием функции.

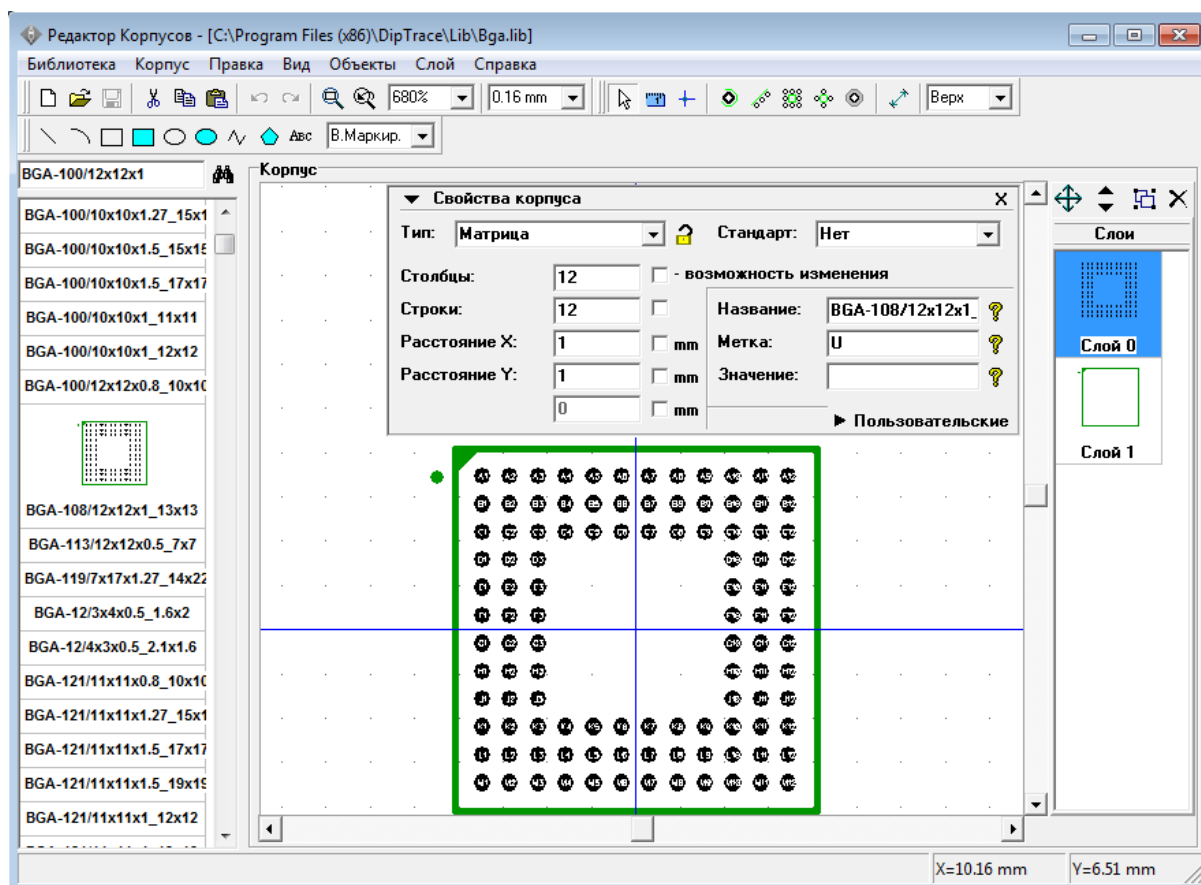
В левой части окна находится список корпусов выбранной библиотеки. После старта программы он пустой, но если открыть библиотеку, он станет активным. Откройте любую стандартную библиотеку, чтобы убедиться в этом.

Над списком корпусов находится строка поиска для быстрого нахождения корпуса внутри библиотеки.

При выборе любого корпуса из списка корпусов, посадочное место будет отображено в области построения (основная часть окна программы). Здесь можно производить необходимые манипуляции с корпусом.

В верхнем правом углу области построения находится панель свойств выбранного корпуса. Она может быть свернута или развернута при необходимости. Здесь можно указать тип, метку, значение и другие параметры корпуса.

Справа находится список логических слоев посадочного места.



2.2 Создание библиотеки корпусов

В начале мы создадим новую библиотеку корпусов и будем сохранять все созданные нами корпуса в ней.

Выберите "Библиотека / Новая" из главного меню, чтобы создать новую библиотеку. Затем выберите "Библиотека / Сохранить как" из главного меню. Появится окно настройки имени библиотеки и комментариев. Имя библиотеки будет отображаться на панели библиотек в PCB Layout, после подключения библиотеки на панель. Введите имя и подсказку, затем сохраните файл библиотеки. Подсказка отображается при наведении курсора на эту библиотеку на панели.

Часть корпусов, необходимых для нашего проекта уже присутствует в стандартных библиотеках DipTrace. Поэтому мы скопируем некоторые из них в нашу библиотеку, а некоторые создадим в чисто образовательных целях. В общем то, это не обязательно делать, но зачастую очень удобно иметь все корпуса, относящиеся к проекту, в отдельной библиотеке. К тому же, это не отнимает много времени.

Если нам нужен какой-то корпус, подобный имеющимся в стандартных библиотеках, то проще скопировать и отредактировать уже имеющийся, чем создавать новый корпус с нуля.

Чтобы скопировать корпус из другой библиотеки, выберите "Корпус / Вставить из библиотеки", затем нажмите кнопку "Добавить" и выберите файл библиотеки. После этого в списке в диалоговом окне появится нужная библиотека. После ее выбора станет доступен список компонентов библиотеки в верхней правой части окна. Прокрутите его, найдите нужный корпус и выберите его. После выбора корпус будет показан ниже в небольшом окне под списком компонентов. Нажмите ОК для подтверждения выбора и закрытия диалогового окна.

Скопировать корпус можно и по-другому. В правой части окна программы находится список компонентов текущей библиотеки. Сейчас он пустой, т.к. мы только создали новую библиотеку.

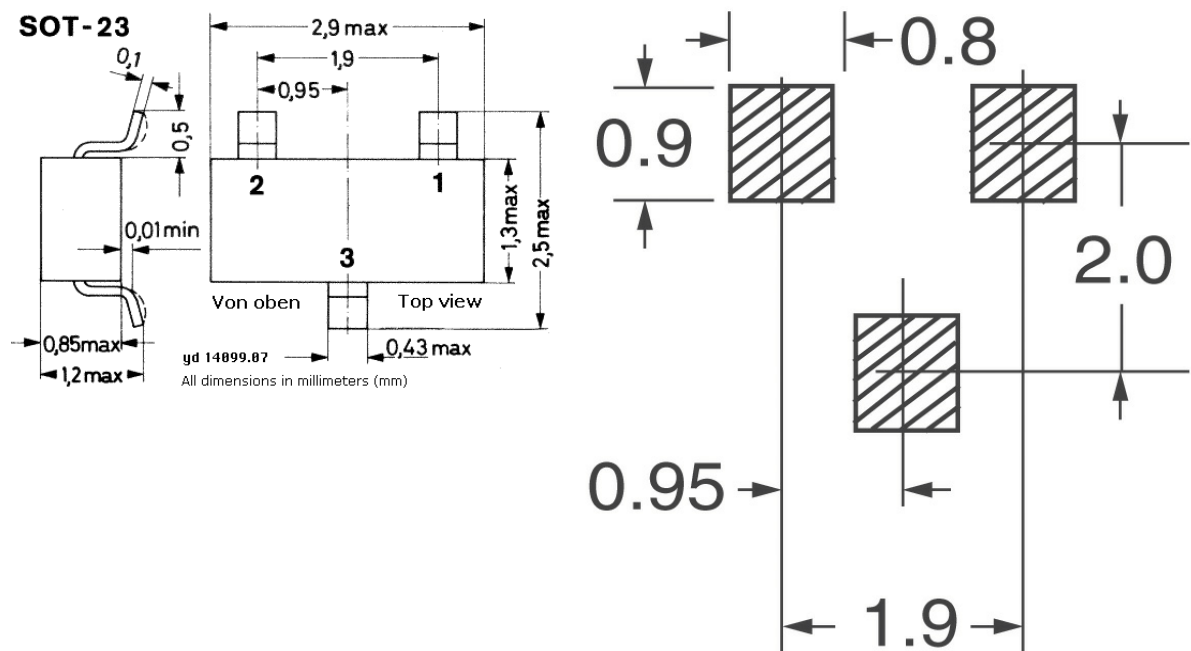
Щелкните правой кнопкой мыши по пустому компоненту (Untitled) в этом списке и выберите "Вставить корпус из библиотеки" из подменю. Появится диалоговое окно, подобное тому, которое было при копировании корпуса из библиотеки, поэтому последовательность наших действий будет та же. Кстати, здесь Вы можете выбрать мышью или с помощью клавиши "Ctrl" несколько корпусов одновременно и вставить их за раз.

Корпуса могут быть извлечены из библиотек компонентов. Для этого, выберите пункт меню "Корпус / Извлечь из компонента", дальнейшая последовательность действий та же, что и в предыдущих примерах с той лишь разницей, что мы указываем библиотеку компонентов, а не корпусов.

Стоит упомянуть, что DipTrace позволяет импортировать чертежи, созданные в третьих программах и сохраненных в DXF формате. Это может быть полезно для импорта посадочных мест сложной конфигурации. Мы рассмотрим эту опцию позже.

2.3 Создание корпуса

Давайте создадим для начала простой корпус, например SOT23. Ниже приведен рисунок посадочного места в соответствии с рекомендациями IPC-7351, который мы должны получить в программе:



Сначала нужно добавить контактные площадки. Можно использовать несколько способов. Первый из них — это установка отдельных падов один за другим. Рассмотрим этот способ подробнее.

Выберите функцию "Объекты / Установка Выводов / Одиночный" из главного меню или нажмите соотв. кнопку на панели элементов. Затем щелкните трижды в произвольном месте области построения для установки трех выводов. После каждого очередного клика, контактная площадка появится в области построения, поэтому выберите другое место для установки следующего пада во избежание их наложения.

Установленные пады имеют определенный размер и форму. Параметры можно задать **перед** добавлением контактной площадки. Выберите "Корпус / Параметры выводов" из главного меню, чтобы определить настройки падов по умолчанию.

В данном диалоговом окне Вы можете указать:

- Форму контактной площадки. Доступны следующие формы: эллипс, овал, прямоугольник и полигон. Для круглых площадок используйте либо эллипс, либо овал. Полигональные площадки будут рассмотрены более подробно в одном из последующих разделов.
- Длину и ширину площадок,
- Тип на плате (сквозной или поверхностный). Поверхностные площадки присутствуют только на текущем слое, сквозные площадки — на всех сигнальных и экранных слоях платы.
- Размер отверстия (актуально только для сквозных площадок, для поверхностных (SMD-падов) этот параметр игнорируется).
- Стандарт. Этот пункт позволяет загрузить шаблон настроек контактных площадок или сохранить текущие настройки как шаблон, который в будущем можно будет применить к другим КП всего одним кликом.

Все сквозные площадки в DipTrace металлизированные, т.е. могут иметь электрическую связь между всеми слоями, через которые проходят.

Если Вы хотите изменить площадку(и) **после** установки ее(их) на плату, то необходимо кликнуть правой кнопкой по площадке и выбрать "Свойства" в подменю. В появившемся диалоговом окне во вкладке "**Тип / Размеры**" доступны несколько опций:

- "Использовать свойства площадки" — эта галочка устанавливает параметры по умолчанию для выбранного пада или падов. Если убрать пометку, то станет доступно редактирование параметров данной КП независимо от остальных.
- "Свойства площадки для корпуса" — нажав эту кнопку откроется стандартное окно редактирования параметров площадок по умолчанию.

Во вкладке "**Номер / Позиция**" также есть несколько важных функций:

- X вывода и Y вывода — это координаты центра контактной площадки, относительно точки начала координат данного корпуса.
- Ориентация — ориентация вывода.
- Номер — номер пада. Он используется при подключении контактной площадки корпуса к выводу компонента.

Теперь, когда нужные размеры установлены, самое время правильно расположить контактные площадки на области построения. Чтобы сделать это существует несколько путей:

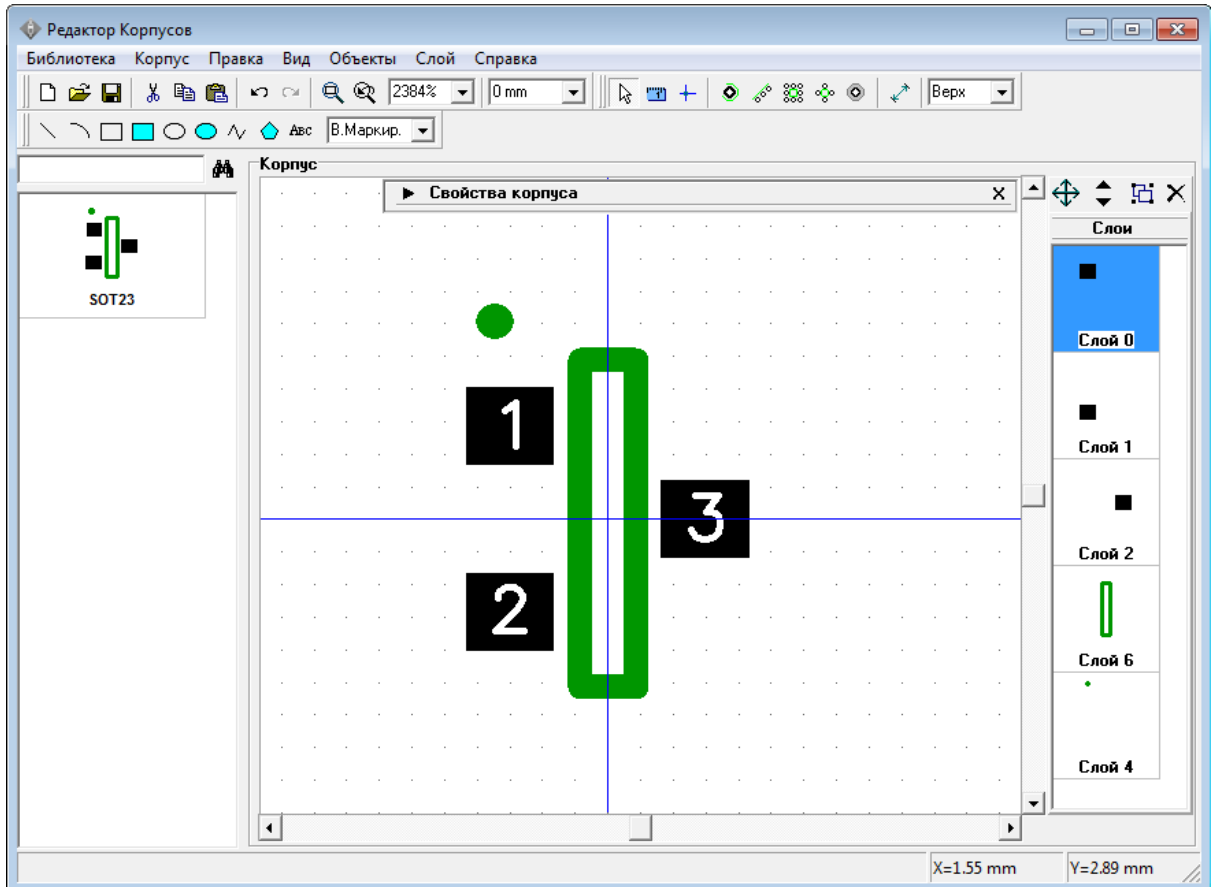
- введя точные координаты в свойствах каждого пада. Этот способ наверное самый трудоемкий;
- перетаскать пады с помощью мыши. Перемещение осуществляется с шагом, кратному величине сетки, поэтому Вам необходимо выбрать подходящую величину сетки из ниспадающего списка на стандартной панели. если нужного размера нет, его можно добавить с помощью команды "Вид / Изменение стандартных" из главного меню. Чтобы выключить или включить сетку используйте горячую клавишу "F11".
- если пады расположены не по сетке, можно щелкнуть по ним правой кнопкой и выбрать функцию "Выровнять по сетке". Функция работает также, если выбрано несколько падов одновременно.

После расстановки падов, нам нужно добавить шелкографию (графическое представление области, в которой находится корпус компонента). Она облегчает установку элемента на плату и полярность монтажа.

Выберите сетку 0.1 mm из ниспадающего меню на стандартной панели (если такой нет в списке — ее можно добавить), затем выберите на панели рисования тип фигуры: прямоугольник и укажите мышью верхний левый и нижний правый углы прямоугольника в области построения.

Обратите внимание, линии шелкографии не должны накладываться на контактные площадки, т.к. это может в последствии вызвать проблемы при пайке компонентов на плату.

Также для маркировки положения первого вывода, нарисуйте небольшой круг возле первого пада.



Вот и все, наше первое посадочное место готово!

Для развития навыков, можете добавить еще несколько любых корпусов в библиотеку. Как Вы помните, мы создаем библиотеку с корпусами, необходимыми для реализации нашего проекта, поэтому обязательно попробуйте создать посадочное место для танталового конденсатора TC3528.

2.4 Типы корпусов

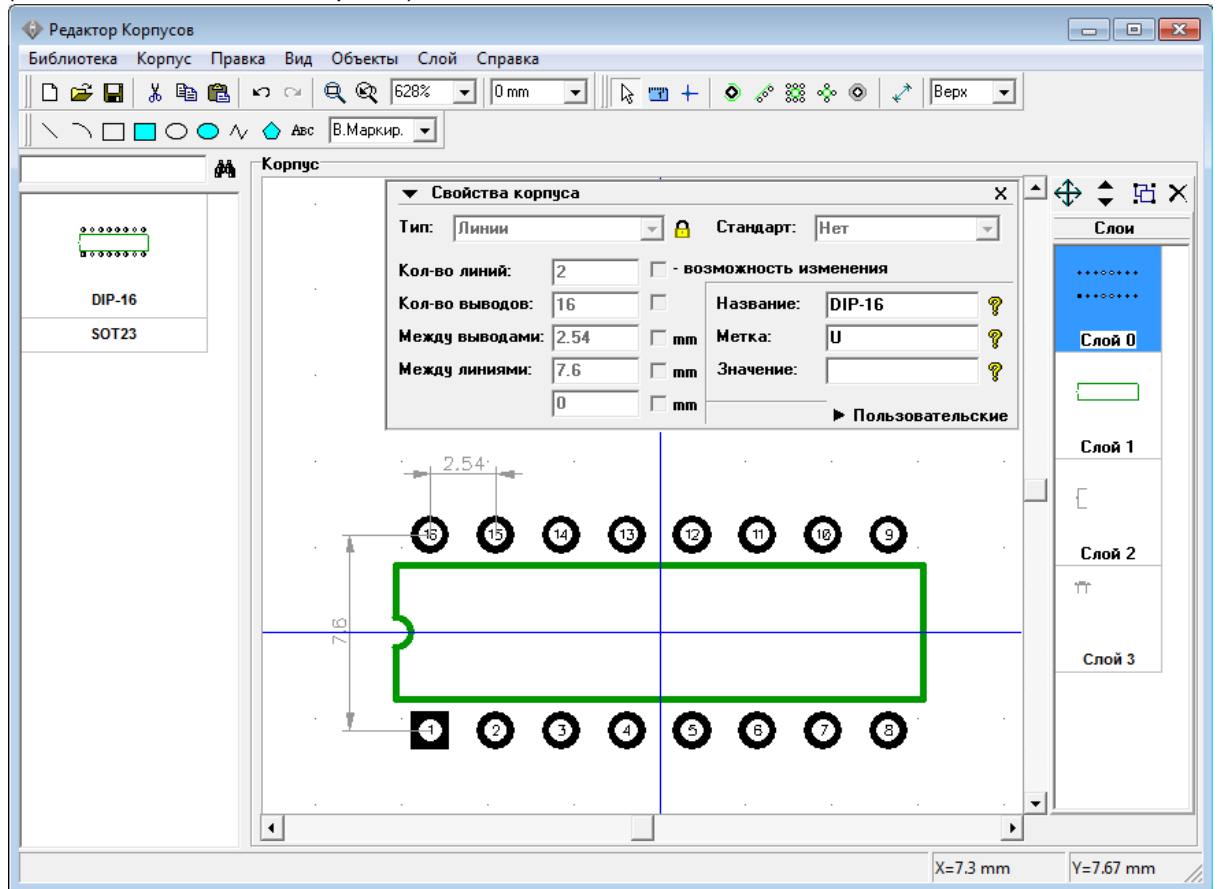
Многие посадочные места под корпуса можно сделать более простым способом без установки каждого пада индивидуально. Достаточно выбрать тип (шаблон) корпуса, ввести несколько параметров и посадочное место будет готово. Сейчас мы займемся созданием корпуса DIP-16 с использованием шаблонов. Корпус DIP-16 используется в нашей схеме. И хотя он присутствует в стандартных библиотеках, мы создадим его вручную для демонстрации принципов работы с корпусами такого типа.

Добавьте новый компонент, затем выберите "Тип: Линии" на панели свойств корпуса, введите следующие параметры: "Кл-во линий: 2", "Кл-во выводов: 16", "Между выводами: 2,54", "Между линиями: 7,6". Проверьте, чтобы размеры контактных площадок и их ориентация были правильными, ведь у этого корпуса сквозные пады, а не поверхностные. Откройте диалоговое окно Параметры выводов и проверьте: "Ширина: 1,5", "Высота: 1,5", "Форма: Овал", "На плате: Сквозные". Отверстие должно быть круглым с диаметром 0.9 mm. Если нужно, подкорректируйте эти параметры.

Программа автоматически добавит два размера, которые объясняют смысл параметров, которые мы ввели ранее.

Первый вывод у DIP-корпусов имеет квадратную форму. Поэтому кликните на нем правой кнопкой мыши и выберите свойства в подменю. Затем во вкладке "Тип / Размеры" уберите отметку "Использовать свойства площадки" и измените форму пада на "Прямоугольник". Другие

параметры не меняйте, а просто нажмите ОК, чтобы закрыть диалоговое окно. Теперь нужно только добавить шелкографию и ввести имя и метку по умолчанию на панели свойств корпуса (если это не было сделано ранее).



Также обратите внимание, что согласно IPC-7351 стандарту, рекомендуется повернуть DIP-корпус таким образом, чтобы первый вывод был в верхнем левом углу относительно корпуса. Для поворота всего корпуса, выберите "Правка / Вращать корпус" из главного меню.

В заключение, мы заблокируем все параметры выбранного типа, чтобы предотвратить случайное изменение параметров по неосторожности. Для этого щелкните по кнопке "Заблокировать свойства" справа от строки выбора типа на панели свойств корпуса.

Мы рассмотрели простой пример создания посадочного места для корпуса DIP-16. Аналогично можно создавать посадочные места для QFP, QFN, DFN, BGA и многих других типов корпусов.

2.5 Больше о типах корпусов

Рассмотрим пример создания корпуса с выводами с 4-х сторон, например PLCC-20. Выберем: "Тип: Квадрат", "Гор. выводов: 5", "Верт. выводов: 5" "Между выводами: 1.27", "Ширина: 8.6 mm", "Высота: 8.6 mm". При этом, размеры пада должны быть такие: "Высота: 2.2 mm", "Ширина: 0.6 mm", "Форма: прямоугольник", "На плате: Поверхностный".

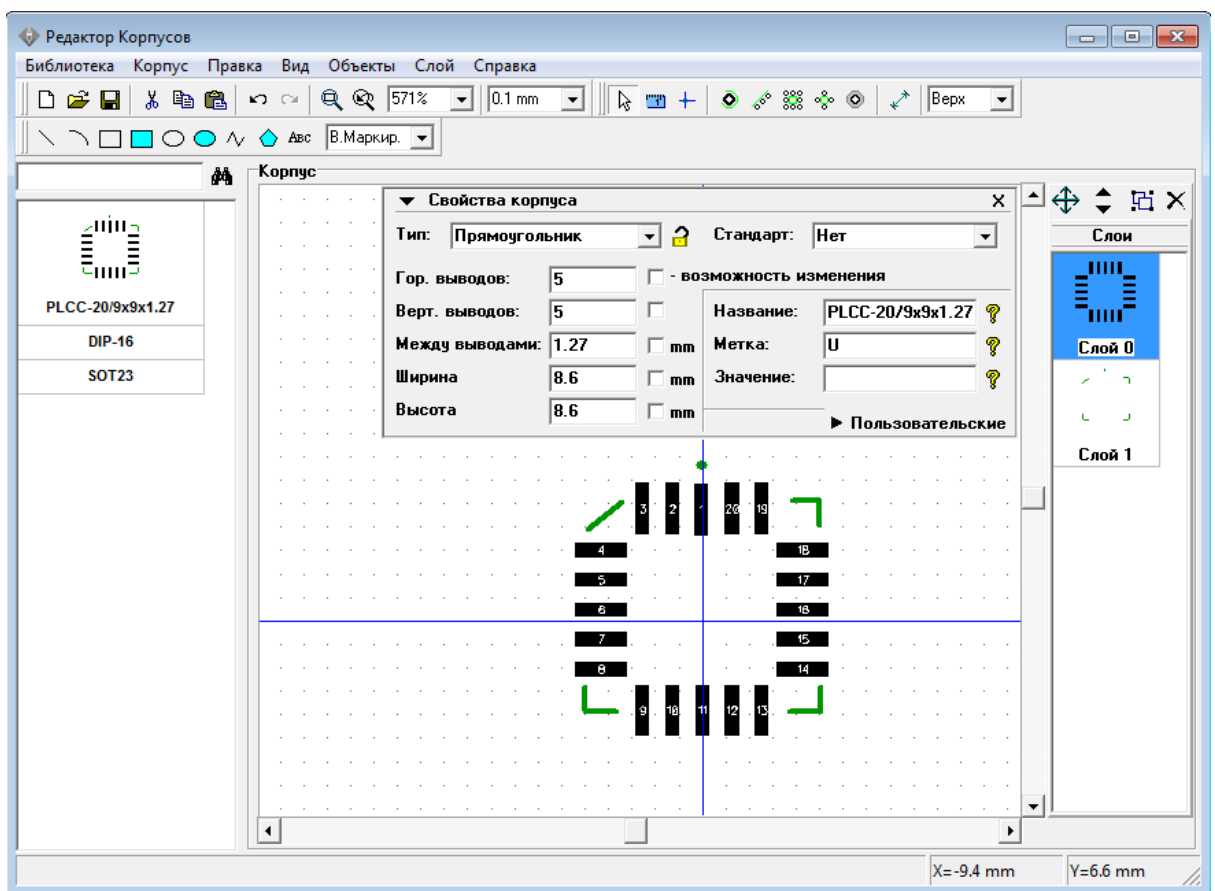
Осталось только добавить линии шелкографии, чтобы закончить корпус. Это можно сделать с помощью полилиний. Выберите сетку 0.1 mm из выпадающего меню на стандартной панели (если такой нет в списке, можно добавить ее с помощью "Вид / Изменение стандартных"), затем выберите на панели рисования тип фигуры: полилиния и нарисуйте мышью 4 ломаных линии в углах между выводами. Ориентируйтесь по рисунку ниже.

Наш корпус почти готов, но есть один нюанс. Обычно, первый вывод корпуса PLCC находится не

в левом верхнем углу, а посередине верхнего ряда. Нам нужно переименовать все выводы. Для того чтобы сделать это быстро (а не открывать свойства каждого пада и менять номер вручную) в Редакторе Корпусов есть специальная функция автоматической нумерации выводов. Выберите все пады мышью и щелкните правой кнопкой по паду, который должен стать первым. Затем выберите "Нумерация выделенных" в подменю.

В появившемся диалоговом окне, выберите "Тип" (т.е. порядок следования выводов): "Контур", оставьте параметр "Направление: Против часовой стрелки", а также "Первый вывод: 1" и "Шаг: 1" без изменений. Пример в виде таблицы внизу диалогового окна визуализирует порядок следования номеров падов для выбранного типа. Нажмите ОК для запуска процедуры перенумерации падов.

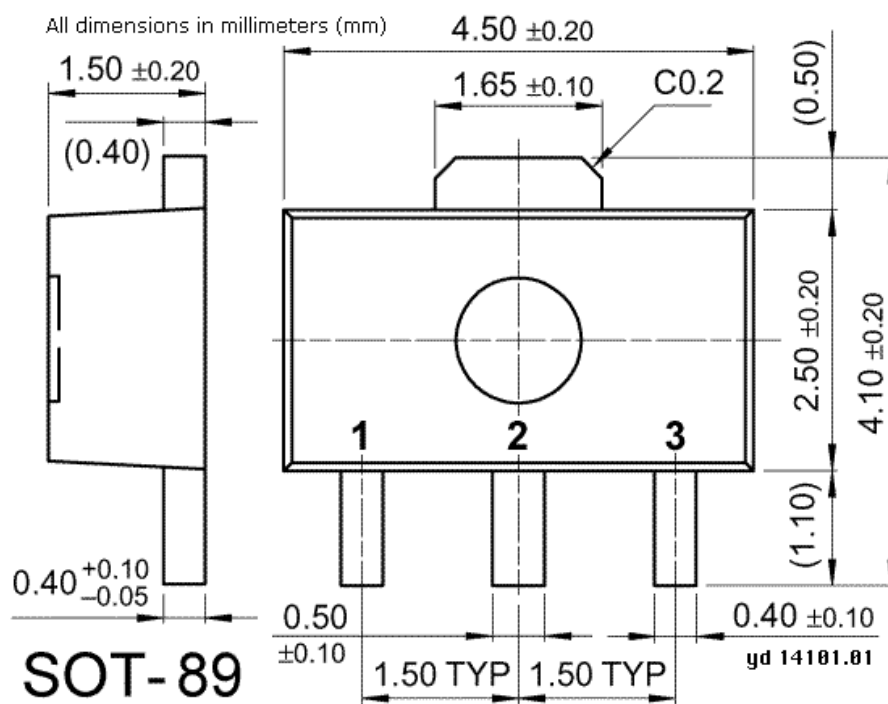
Теперь можно убедиться, что номера падов находятся в правильной последовательности. Кстати, Вы можете включить или скрыть номера внутри падов. Для этого выберите "Вид / Номера контактных площадок / Показать (или Скрыть)" из главного меню.



Аналогичным образом, попробуйте создать новое посадочное место для BGA-100 корпуса, используя тип корпуса "Матрица". Затем переименуйте выводы с помощью функции "Нумерация выделенных" с тем, чтобы вывод в левом верхнем углу корпуса был перенумерован в A1, нумерация возрастала сверху вниз и слева направо и последний паd в правом нижнем углу имел номер K10. Для этого вам нужно будет использовать тип нумерации "BGA Матрица".

2.6 Полигональные пады

Некоторые контактные площадки не могут быть созданы с помощью одной из имеющихся простых фигур. В этом случае нужно использовать полигоны. В схеме которую мы создаем нет корпусов с полигональными падами, поэтому мы покажем это на примере корпуса SOT89.



Полигональный пад может быть создан одним из двух способов:

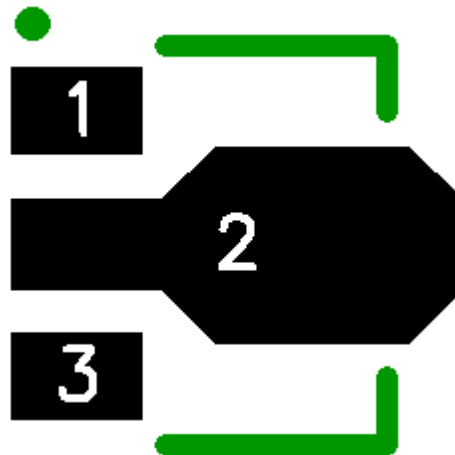
- **В свойствах пада** (или свойствах падов по умолчанию — если все пады должны быть полигональными) выбрать "Форма: Многоугольник" (не забывайте, что нужно отключить опцию "Использовать свойства площадки"). После этого, станет активной кнопка "Координаты". Нажмите ее. В появившемся диалоговом окне можно выбрать тип многоугольника (Равносторонний или По точкам). В первом случае, требуется просто ввести количество точек многоугольника, во втором — ввести координаты всех точек. Разумеется, точки можно добавлять или удалять при необходимости. Координаты точек считаются относительно центра пада.

Одновременно, форма полигонального пада прорисовывается в левом нижнем углу диалогового окна.

- **Нарисовать фигуру** в сигнальном слое (Вверх или Низ), используя только инструмент "Многоугольник" на панели рисования, затем щелкнуть правой кнопкой по фигуре и выбрать "Преобразовать в контактную площадку" в подменю. Полигональный пад будет создан автоматически.

Контактная площадка готова.

Создайте полноценное посадочное место под корпус SOT-89. Второй пад (средний) должен быть полигональный. Дополните посадочное место шелкографией. Должно получиться как на этом рисунке:



2.7 Краевые разъемы

Некоторые посадочные места должны иметь контактные площадки с обеих сторон платы. Например, краевые разъемы (edge connectors). Они имеют такие же контактные площадки как и другие SMD компоненты, только расположены они с обеих сторон платы.

Расположить контактную площадку на нижней стороне можно двумя способами:

- выбрать текущий слой для установки падов "Низ", затем выбрать инструмент "Вывод" и установить пады.
- перевести существующие пады из верхней стороны на нижнюю. Для этого необходимо щелкнуть по паду правой кнопкой и выбрать "Изменить сторону" в подменю.

Пады на нижней стороне отличаются тем, что отображаются более тусклым цветом.

Область, вокруг краевого разъема, обычно должна быть свободна от защитной маски и паяльной пасты. Зачастую, такие контактные площадки не паяются, на них просто наносят защитное покрытие, стойкое к окислению и стиранию.

Нарисуем прямоугольную область вскрытия защитной маски вокруг падов на обеих сторонах платы.

Выберите слой "В. Маска" из ниспадающего меню на панели рисования, затем тип фигуры "Залитый прямоугольник", и нарисуйте прямоугольную область поверх падов в верхнем слое. Если нужно изменить размеры фигуры, захватите за угол левой кнопкой мыши и удерживая ее, перетащите узловую точку в другое положение, затем отпустите левую кнопку.

*Заметьте, нужно использовать только **залитые фигуры**, иначе у Вас не получится создать область вскрытия защитной маски.*

Теперь Вы можете нарисовать фигуру в слое нижней маски аналогично, но можно просто ее скопировать из верхнего слоя и перенести на нижний. Воспользуемся вторым способом. Щелкните правой кнопкой по контуру фигуры и выберите "Копировать", затем щелкните еще раз рядом и выберите Вставить. После этого в свойствах фигуры (правый клик / свойства) измените ее слой на "Н. маска", используя ниспадающее меню Слой и нажмите ОК. После этого перетащите фигуру в нужное место, прямо под аналогичной фигурой в верхнем слое.

2.8 Монтажные отверстия

Иногда кроме контактных площадок нужны еще отверстия для крепления элемента на плату. Рассмотрим их подробнее.

Чтобы добавить монтажное отверстие в посадочное место, выберите "Объекты / Установка отверстия" из главного меню или щелкните по соотв. кнопке на панели элементов. Затем щелкните левой кнопкой в области построения, чтобы добавить объект.

Рассмотрим какие свойства имеет монтажное отверстие. Щелкните правой кнопкой по нему и выберите свойства в подменю. В появившемся диалоговом окне можно указать следующие параметры:

- координаты отверстия
- диаметр отверстия. *Все монтажные отверстия в DipTrace неметаллизированы.*
- внешний диаметр — диаметр области вокруг, в которой запрещены проводники .

Иногда, монтажное отверстие должно быть некруглым, а овальным или прямоугольным. В таком случае, вместо монтажного отверстия нужно использовать фигуры в слое "Вырез в плате". Фигура может быть произвольной формы, единственное ограничение — она должна быть замкнутой.

Чтобы добавить фигуру, выберите слой "Вырез в плате" в ниспадающем меню на панели рисования, затем тип фигуры (многоугольник, эллипс и т.д.) и укажите несколько точек в области построения чтобы задать координаты фигуры.

Если координаты фигуры были введены неверно или их нужно поменять, можно открыть свойства фигуры (правый щелчок по объекту, выбрать Свойства в подменю) и внести изменения.

Диалоговое окно содержит следующие опции:

- Тип — слой, в котором находится фигура;
- Точки — список точек фигуры. Если выбрать одну из точек, ее координаты будут указываться под списком. Эти координаты можно поменять.
- Ширина линии — толщина линии фигуры.

Эти настройки также применимы для фигур в других слоях. Вы можете добавить в посадочное место фигуры в различных слоях: маркировка, графика, барьер трассировки и др.

2.9 Импорт корпусов из DXF

Если в корпусе много выводов сложной полигональной формы, то такое посадочное место проще создать в одном из механических CAD пакетов, а потом импортировать его в DipTrace. В качестве универсального формата обмена между механическими программами используется формат DXF. Редактор Корпусов DipTrace без проблем импортирует файлы этого формата.

Добавьте новый компонент в библиотеку и выберите его, затем выберите "Корпус / Вставить из DXF" из главного меню и укажите [DXF файл](#), который мы конвертируем в корпус. Мы воспользуемся DXF чертежом корпуса SOT23-5, который будет использован на плате при реализации намеченной нами [схемы](#). После того как файл выбран, появится окно импорта DXF.

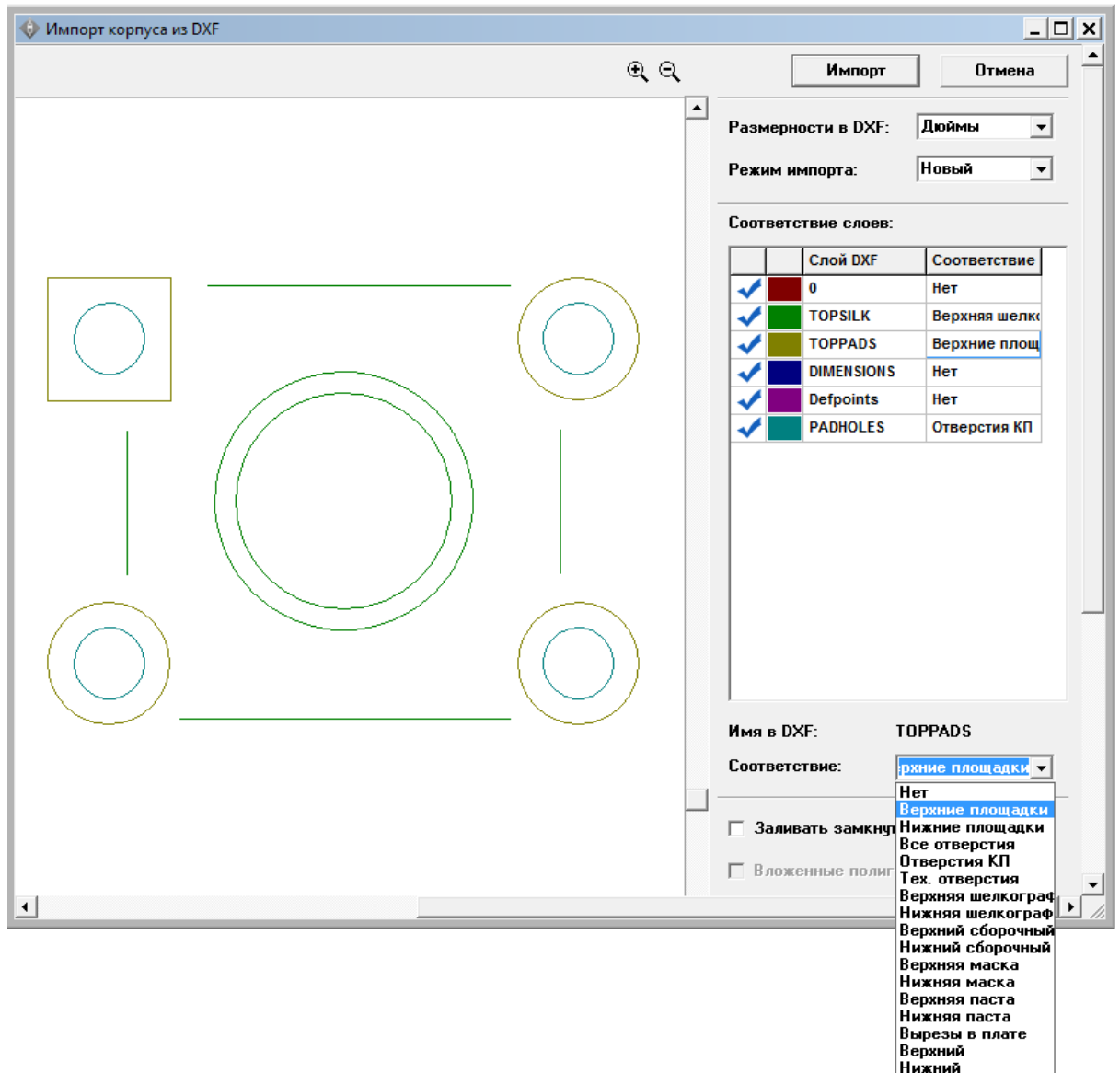
В правой части окна находятся инструменты для настройки импорта. Основную часть занимает предпросмотр DXF файла. С помощью функции масштабирования можно приблизить или отдалить чертеж.

DXF чертеж состоит из нескольких слоев, все они видимы в списке. Вы можете показать или скрыть часть из них, используя синие галочки. Наша задача состоит в том, чтобы указать соответствие DXF слоев слоям Редактора Корпусов. Сделать это просто — выбираем слой из перечня присутствующих в DXF файле, а затем, в ниспадающем списке "Соответствие", который расположен прямо под списком слоев, выбираем слой Редактора Корпусов. Разобраться довольно просто. Заметьте, DXF слой контактных площадок должен соответствовать слою

"Верхние площадки", или "Нижние Площадки", а не слоям "Верхний" и "Нижний". Последние двое служат для импорта фигур, поэтому если Вы выберете их, контактные площадки превратятся в фигуры.

DXF — это безразмерный формат, поэтому единицы измерения нужно установить при импорте. При неправильном выборе, чертеж будет импортирован слишком большим или чрезмерно малым.

Также нужно выбрать режим импорта (новый или добавление). В первом случае, создается новое посадочное место, вся существующая информация затирается. В режиме добавления, к существующим объектам посадочного места будут добавлены новые из DXF файла.



После нажатия кнопки ОК, импортированные объекты появятся в Редакторе Корпусов.

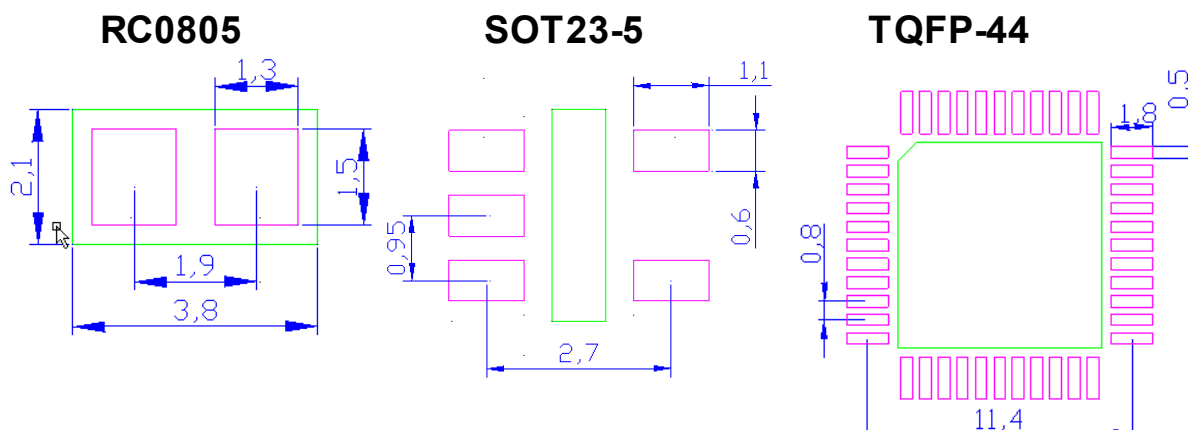
2.10 Практическое задание 1

Создание корпуса

После каждой главы тренингов будут практические задания, помогающие освоить пройденный материал, то есть обрести навыки практического применения теоретических знаний.

Это первое занятие, но вы уже должны были создать несколько разнотипных корпусов, поэтому разработка корпусов на рисунке ниже не будет для Вас проблемой. Эти корпуса будут

использоваться на плате, которую мы создаем. Это простые корпуса для SMD монтажа: RC0805, SOT23-5 и TQFP-44.



Мы не рассматриваем вопрос, как создавать посадочное место, если рекомендаций для него нет и все что Вы имеете это только размеры корпуса. Этот вопрос выходит за рамки данного курса, т.к. предполагается, что читатель имеет базовые знания в PCB дизайне. В создании этих корпусов нет ничего сложного. Если возникают вопросы, обращайтесь к предыдущим главам, в которых мы создавали корпуса каждого из представленных типов.

2.11 Практическое занятие 2

Создание пада со сквозными выводами и отверстиями овальной формы.

В качестве примера, создадим посадочное место для коннектора питания (DC Jack) PJ-002A. Даташит с размерами корпуса и посадочного места можно взять [здесь](#), или на любом другом сайте в интернете.

Добавьте новый корпус в библиотеку используя "Корпус / Добавить в библиотеку". Выберите его из списка корпусов библиотеки, затем удостоверьтесь, что установлен произвольный тип на панели корпусов, так как другие типы не подойдут для этого корпуса. Введите имя корпуса — "PJ-002A".

Щелкните по кнопке "Вывод" на панели элементов и установите 3 контактных площадки в рабочей области. Можно установить пады произвольно, ведь все равно нам придется их перемещать в соответствии с даташитом.

Обратите внимание, что два пада в нашем корпусе (2 и 3) одинаковы, а пад с номером 1 отличается по размеру. Поэтому в качестве настроек по умолчанию мы укажем размеры двух одинаковых падов. Щелкните правой кнопкой по паду №2 или №3 и откройте его свойства, используя подменю после правого клика. В появившемся окне свойств перейдите на вкладку "Тип / Размеры". Включите опцию "Использовать свойства площадки", если она отключена, затем щелкните по кнопке "Свойства площадки для корпуса".

Укажите следующее: "На плате: Сквозные", "Форма: Овал", "Ширина: 5.0 mm", "Высота: 3.0 mm". После этого, установите овальную форму для отверстий и их размеры: "Ширина: 3.0 mm" и "Высота: 1.0 mm". Теперь закройте диалоговое окно для просмотра результата.

Третий пад имеет такие же размеры, как и второй, с той лишь разницей, что он повернут на 90 градусов. Выберите пад и поверните его. Можете использовать горячую клавишу "R" для этого.

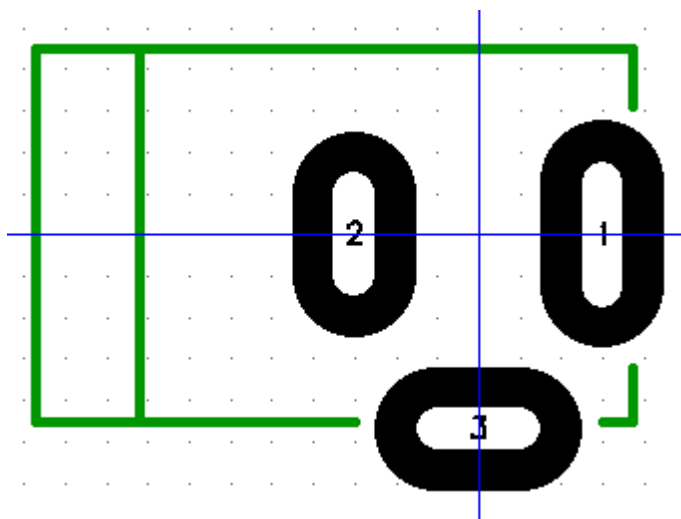
Оставшийся пад №1 имеет чуть большие размеры, чем два предыдущих. Откройте его свойства и уберите отметку "**Использовать свойства площадки**". После этого, станут доступны опции для редактирования размера текущего пада. Увеличьте ширину пада до 5.5 mm, а ширину слотового отверстия до 3.5 mm.

Осталось правильно расположить контактные площадки. Их можно установить по координатам или подобрать такой размер сетки, чтобы пады попадали строго по центру сетки.

Установите первую контактную площадку в точку с координатой (X:3, Y:0), затем второй пад (X:-3, Y:0) и третий пад соответственно (X:0, Y:-4.7). После этого, осталось только добавить шелкографию, чтобы показать габариты коннектора на плате.

Т.к. шелкография **никогда не должна пересекать выводы**, для этого коннектора необходимо использовать несколько линий в слое В. Графика, а не прямоугольник. Установите размер сетки 0.1 mm, выберите слой "В.Графика" из ниспадающего меню на панели рисования и нарисуйте каждую линию одну за другой.

Вот и все, Ваш корпус готов. Вот что Вы должны получить в итоге:



В соответствии с таблицей нужных корпусов, создайте или скопируйте со стандартных библиотек все необходимые для проекта корпусов в одну библиотеку. Не забудьте [сохранить библиотеку](#).

3 Создание библиотеки компонентов

3.1 Редактор Компонентов. Общая характеристика

Редактор Компонентов — это программа, которая позволяет открывать и редактировать библиотеки компонентов, а также добавлять и создавать новые компоненты. Компонент состоит из [графического символа и привязанного посадочного места](#), Редактор Компонентов позволяет создавать полнофункциональный компонент вместе с посадочным местом.

Интерфейс подобен интерфейсу Редактора Корпусов. В нем присутствуют те же панели. Поэтому не будем повторяться в их описании, отметим лишь некоторые особенности.

В низу списка компонентов в левой части окна отображается посадочное место выбранного компонента. Если компонент еще не имеет привязанного корпуса, то данное поле будет пустым.

В нижней части панели свойств компонента, находятся несколько кнопок для вызова часто используемых функций при создании компонента (вызов менеджера выводов, окна привязки корпуса, копирование компонента из другой библиотеки).

Несколько слов о цвете фона в редакторах компонентов и корпусов. Данное примечание общее для обеих редакторов библиотек.

Некоторым пользователям нравится темный цвет фона, а другим наоборот — светлый. В редакторах цвет фона берется из программ **Схемотехника** и **Редактор Плат PCB Layout**. Т.е. цвет фона в Редакторе Компонентов такой же как и в Схемотехнике, а цвет фона в Редакторе Корпусов такой же как и в **PCB Layout**. Если Вы поменяли цветовые настройки в указанных программах и хотите, чтобы изменения вступили в силу, необходимо закрыть **Схемотехнику** и **PCB Layout**, затем перезапустить нужный редактор.

3.2 Создание библиотеки компонентов

Библиотека компонентов создается подобно библиотеке корпусов. Используйте "Библиотека / Сохранить как" для сохранения файла, затем введите имя и комментарий, которые будут отображаться в Схемотехнике при наведении курсора на данную библиотеку на панели библиотек.

Чтобы скопировать компонент из другой библиотеки, выберите "Компонент / Вставить из библиотеки", затем нажмите кнопку "Добавить" и выберите файл библиотеки. Потом кликните левой кнопкой по библиотеке, которая появилась в списке в диалоговом окне, и Вам станет доступен список ее компонентов в верхней правой части окна. Прокрутите его если нужно, найдите нужный компонент и выберите его (можно воспользоваться полем поиска). После выбора компонент будет показан ниже в небольшом окне под списком компонентов. Нажмите ОК для подтверждения выбора и закрытия диалогового окна.

Также Вы можете щелкнуть правой кнопкой мыши по пустому компоненту (Untitled) в этом списке и выберите "Вставить компоненты из библиотеки" в подменю. Появится окно, подобное тому, которое было при копировании компонента из библиотеки, поэтому последовательность наших дальнейших действий будет та же. Кстати, здесь Вы можете выбрать мышью или с помощью клавиши "Ctrl" несколько компонентов одновременно и вставить их за раз.

Для упорядочивания компонентов в списке их сортировать по алфавиту (используйте "Библиотека / Сортировать по имени) или же переместить какой-либо компонент вверх или вниз по списку (правый щелчок по компоненту, затем выберите одну из команд "Переместить вверх", "Переместить вниз" или "Переместить в конец").

В общем интерфейс редактора компонентов подобен редактору корпусов и отличается только особенностями, связанными с типом создаваемых здесь библиотек.

3.3 Создание компонента

Компонент состоит из его графического представления (символа) и привязанного посадочного места (корпуса). Мы уже имеем библиотеку со всеми нужными для нашего проекта корпусами, которые мы создали в Редакторе Корпусов, поэтому сейчас мы создадим символы для этих компонентов и присоединим правильные корпуса к ним.

Начнем с простейших компонентов. Добавим новый пустой компонент с помощью "Компонент / Добавить в библиотеку" к списку компонентов, который отображается в левой части окна, затем выберем его.

Символ компонента состоит из выводов (пинов) и графических элементов (линии, дуги, многоугольники и др.), которые образуют вместе одно целое. Выводы впоследствии будут использоваться в схемотехнике для подключения связей, а графические объекты символа делают схему более понятной и наглядной, позволяют идентифицировать компонент на схеме.

Добавить выводы в компонент можно несколькими способами:

- используя команду "Объекты / Установка выводов / Одиночный" из главного меню или выбрав одну из соответствующих кнопок на панели элементов

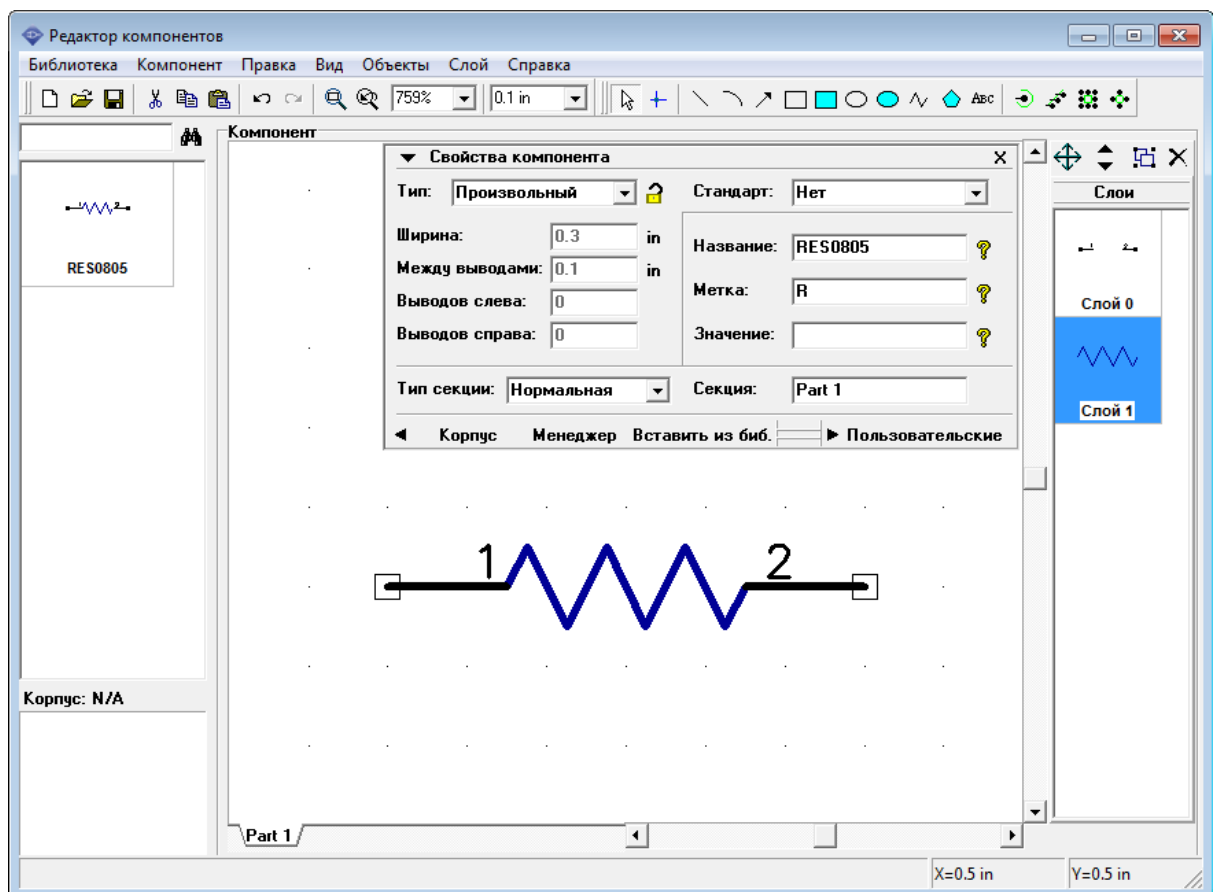
- с помощью шаблонов ("Тип") на панели свойств компонента. После выбора типа, достаточно указать несколько параметров и заготовка с требуемым количеством выводов будет готова (как и в Редакторе Корпусов).

Для создания резистора RES0805 нам необходимо только 2 вывода, поэтому используем первый способ. Щелкните по кнопке "Вывод" на панели элементов и добавьте 2 вывода в области рисования.

Для удобства последующего рисования схемы с использованием нашего резистора, все выводы должны быть расположены по сетке. Наиболее приемлемой является сетка 0.1 дюйма (100 mil, 2.54mm), т.е. концы выводов компонента должны попадать в сетку 0.1 дюйм. Учитывая, что стандартная длина вывода в DipTrace 0.15 дюйма, придется часто использовать сетку 0.05 дюйма при построении символа компонента. Поэкспериментируйте с размерами сетки и найдите наиболее удобный.

Переместим выводы так, чтобы они оказались на одной оси, а расстояние между противоположными концами выводов было 0.6 in. Один из выводов нам придется развернуть, для этого нужно выбрать его и использовать горячую клавишу "R" или "Пробел".

Очевидно, что при длине выводов в 0.15 in, расстояние между ближайшими концами выводов будет 0.3 in. В этом промежутке мы создадим графическое отображение резистора в виде "змейки". Для удобства рисования, уменьшите размер сетки до 0.025 in, используйте линии или полилинию для рисования. В результате, Вы должны получить резистор, подобный таковому в стандартных библиотеках, как на этом рисунке:



Вернемся к выводам резистора и изучим их свойства подробнее. Для этого, щелкните по одному из выводов правой кнопкой и откройте диалоговое окно свойств вывода. Обратите внимание, что каждый вывод имеет имя и номер. Имя вывода отображается (или не отображается) для

пояснения его функциональности. Для резистора назначение выводов очевидно, поэтому показывать их имена не имеет смысла, но для микросхем отображение имени является обязательным. Номер вывода используется для подключения каждого вывода с соответствующей контактной площадкой (падом) в посадочном месте (корпусе).

В этом же диалоговом окне можно задать размер и положение вывода, его тип и электрический тип (используется для проверки электрических правил в Схемотехнике). Поменяйте электрический тип на "Passive" и закройте диалоговое окно свойств вывода.

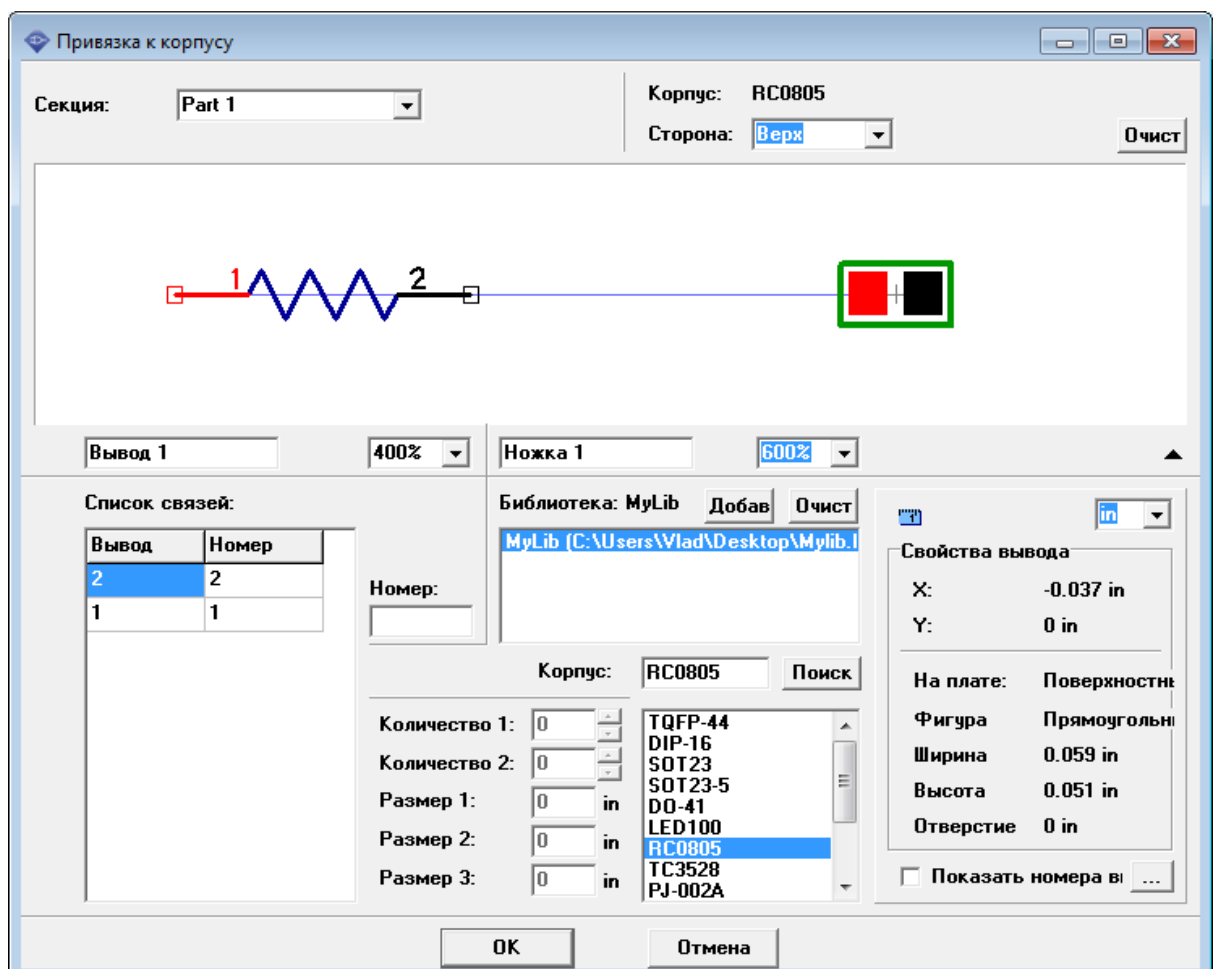
3.4 Привязка корпуса

Все компоненты, кроме сетевых портов (net port), должны иметь привязку к корпусу, если планируется использовать их для разработки печатных плат в дальнейшем. Привязка к корпусу — очень ответственный момент, от которого зависит правильность взаимосвязей на печатной плате.

Суть привязки к корпусу заключается в выборе корректного посадочного места для компонента и проверке соответствия выводов в символе контактным площадкам в посадочном месте.

Посадочные места хранятся в библиотеках корпусов (файлы с расширением ".lib"). Можно использовать стандартные или пользовательские библиотеки корпусов. Ранее мы уже создавали библиотеку корпусов, которую и будем использовать для компонентов нашего проекта. Поэтому сейчас соединим компонент RES0805 с корпусом RC0805, созданным [ранее](#). Заметьте, этот же корпус будет использоваться и для конденсаторов нашей схемы.

Чтобы открыть окно привязки корпуса, выберите "Компонент / Привязка к корпусу" из главного меню, или с помощью кнопки быстрого запуска на панели свойств компонента.



В появившемся диалоговом окне отображается секция компонента и связанное с ним посадочное место (или пустая область, если корпус не подключен), список выводов компонента и их соответствие контактным площадкам, список библиотек, из которых можно выбрать корпус для компонента и список корпусов выбранной библиотеки.

Сначала, мы должны выбрать библиотеку, из которой нужно взять посадочное место. Если такой библиотеки нет в списке библиотек, добавьте файл библиотеки, нажав кнопку "Добавить". Изначально список библиотек был пустой, поэтому добавьте ранее созданную нами библиотеку корпусов, где мы сохранили все корпуса, используемые в проекте.

Затем выберите эту библиотеку — ниже появится список ее корпусов. Выберите нужный корпус из списка. Если список большой, можно воспользоваться поиском. После выбора, корпус появится в окне привязки корпуса. Его, а также секцию компонента, можно масштабировать по отдельности для лучшей визуализации.

В списке соединений в левом нижнем углу отображается список выводов и соответствующих им контактных площадок. При выборе любого вывода из этого списка, он автоматически подсвечивается вместе с подключенной контактной площадкой. Благодаря этому, а также синим линиям связи можно проверить правильность подключения выводов к КП визуально. Номер контактной площадки можно поменять, тем самым подключив вывод к другой КП, при необходимости.

В дополнение к этому, если необходимо подключить один вывод к двум или нескольким КП, это делается следующим образом. Подключение одной КП производится как обычно, затем с помощью мыши от подключенной площадки проводится дополнительное соединение к другой КП, и т.д. Подсветка при наведении на вывод поможет проверить правильность всех подключений.

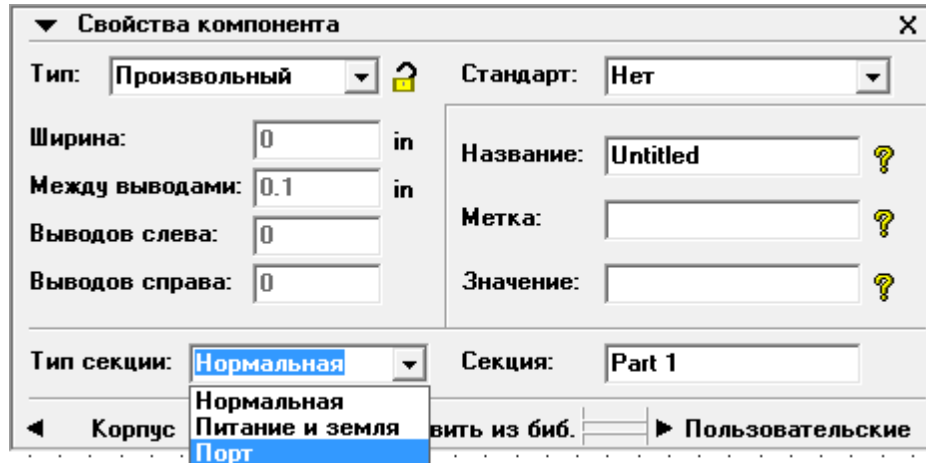
Отдельно стоит упомянуть панель проверки правильности посадочного места. Она обычно минимизирована по умолчанию, но может быть легко восстановлена в правой части диалогового окна. При наведении на любую КП отображаются форма и ее размеры а также ее координаты в корпусе относительно его центра координат. Также может быть включено отображение номеров КП.

После всех проделанных операций нажмите ОК для закрытия диалогового окна и применению изменений.

3.5 Создание сетевых портов

В **Схемотехнике** для объединения разных связей в одну без использования линий связи служат сетевые порты (net port). Примерами использования "нетпортов" можно считать сети GND или VCC.

"Нетпорты" это простые компоненты с одним или несколькими выводами, без привязки к корпусу. Сетевые порты — виртуальные компоненты не имеющие физического соответствия на плате. Для того, чтобы обычный компонент стал сетевым портом необходимо поменять "Тип секции: Порт" на панели свойств компонента.



Отличительной особенностью "нетпортов" в DipTrace является то, что они могут иметь несколько выводов. Это значит, что нетпорт может объединять сразу несколько сетей на разных частях схемы. Примерами могут служить шина данных, интерфейс I2C и т.д. Нужно помнить, что разные участки объединяются в сети при совпадении типа нет-порта и имен выводов.

3.6 Многосекционные компоненты

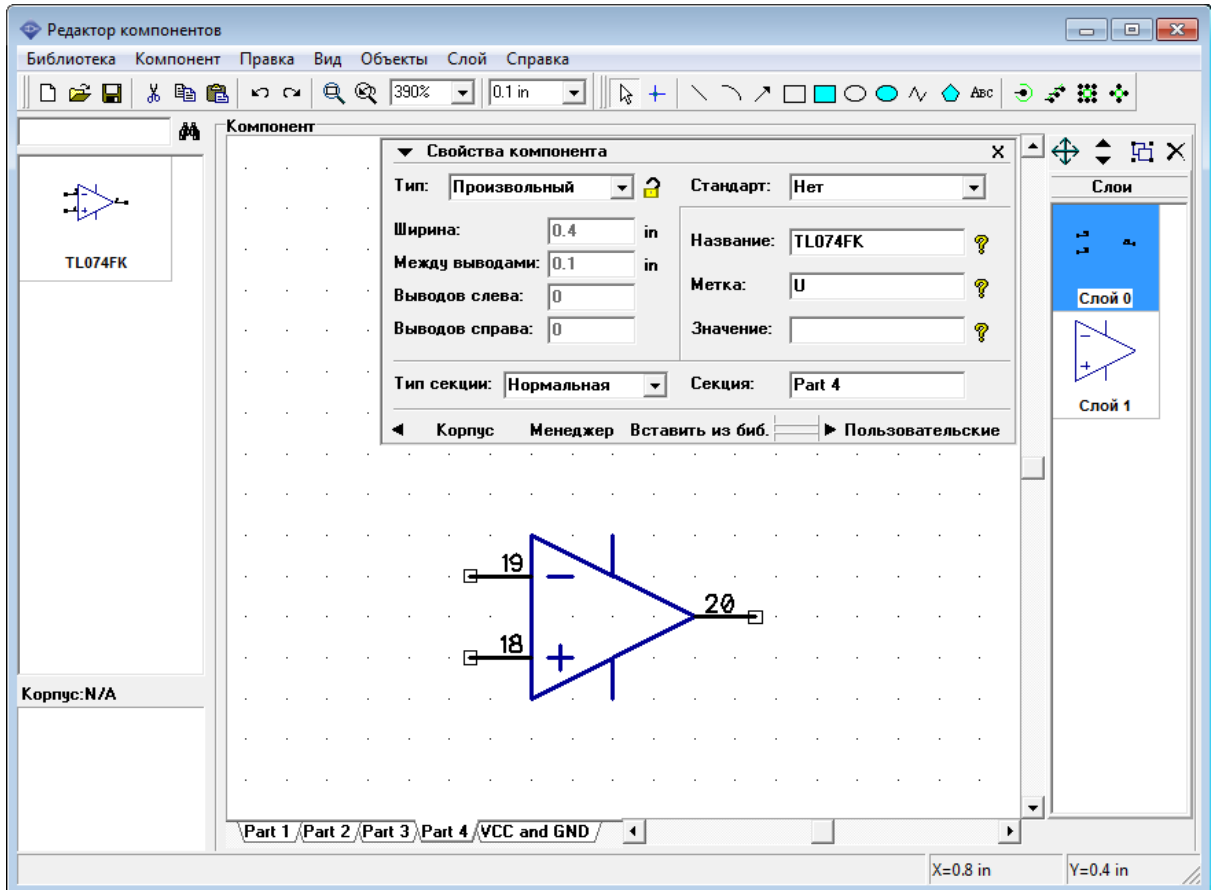
Некоторые компоненты имеют несколько идентичных функциональных узлов, как например 4 элемента И-НЕ (NAND) в одной микросхеме 74hc00, или другие. Количество выводов может быть очень велико, поэтому удобно разбить компонент на несколько частей, функциональных блоков. К тому же, часто не нужно показывать имена выводов питания и земли, или отделить их в отдельную группу. Во всех этих случаях удобно и даже необходимо использовать многосекционные компоненты.

Поскольку в реализуемой нами схеме нет многосекционных компонентов, мы рассмотрим пример создания многосекционного компонента TL074, доступного в стандартных библиотеках. Он содержит 4 операционных усилителя (ОУ) в одном корпусе. Мы создадим по одной секции для каждого усилителя, и дополнительно секцию питания, т.к. она общая для всех ОУ.

Сначала, добавьте новый компонент в библиотеку ("Компонент / Добавить в библиотеку" из главного меню) и выберите его. Затем создайте 4 однотипные секции с помощью инструмента "Компонент / Создать группу однородных" из главного меню. Перечень секций компонента отображается в левом нижнем углу области построения в виде вкладок. Вы можете выбрать любую секцию и работать с ней.

Достаточно создать графический символ только для одной секции, остальные три будут иметь такой же вид. Выберите первую секцию, добавьте два вывода слева (прямой и инверсный входы ОУ) и один вывод справа (выход ОУ). Затем выберите инструмент рисования полилиний и нарисуйте треугольник, отображающий операционный усилитель. Также стоит добавить идентификатор секции и поясняющие метки возле прямого и инверсного входов ОУ, их можно сделать с помощью линий или текста.

Теперь, если Вы выберите какую-либо другую секцию, из имеющихся, она будет такой же, как и та, которую мы нарисовали. Осталось добавить секцию питания. Чтобы ее создать можно использовать команду "Компонент / Вставить новую секцию" из главного меню или щелкнуть правой кнопкой по одной из секций и выбрать "Добавить" в подменю.



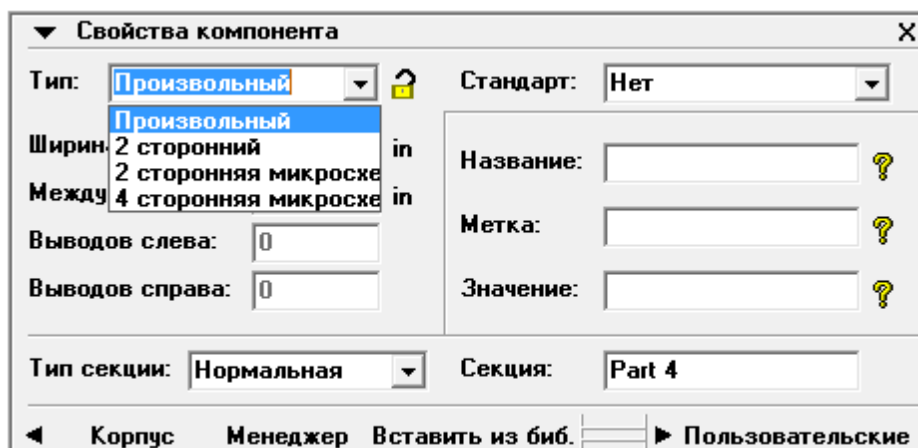
Секция питания содержит два вывода - положительное и негативное питание ОУ. Графику секции можно создать используя прямоугольник с выводами с одной стороны.

В заключение нужно подключить посадочное место к нашему компоненту.

3.7 Типы компонентов

Компоненты с большим количеством выводов обычно создаются в виде прямоугольника с выводами, расположенными с двух или четырех сторон. Выводы могут быть сгруппированы по функциональному назначению в группы (шины) или же идти в порядке их следования в корпусе.

Для создания компонента можно использовать один из четырех типов символа компонента. Выбор типа производится на панели свойств компонента. По умолчанию выбран "Произвольный", но Вы можете поменять его на "2 сторонний", "2 сторонняя микросхема" или "4 сторонняя микросхема". Обратите внимание, если свойства компонента заблокированы, их нельзя поменять. Для разблокировки свойств нажмите кнопку рядом с ниспадающим списком выбора типа компонента.



Произвольный тип допускает абсолютно любое расположение выводов. Это удобно, но точное позиционирование выводов требует больше времени. Обычно данный тип используется при создании компонентов с малым числом выводов, например транзисторов, резисторов и т.д.

2 сторонний — это тип, при котором выводы располагаются в две вертикальные линии напротив друг друга. В свойствах данного типа можно указать расстояние между линиями, шаг выводов и количество выводов слева и справа.

2 сторонняя микросхема — данный тип подобен предыдущему, но в нем добавлен прямоугольный контур микросхемы. Соответственно вводится дополнительный параметр высоты компонента.

4 сторонняя микросхема — тип, при котором выводы расположены с четырех сторон компонента. Соответственно при создании компонента указывается высота и ширина компонента, а также количество горизонтальных и вертикальных выводов.

Использование этих типов удобно при создании нового символа, т.к. достаточно ввести всего лишь несколько параметров для создания символа, а не позиционировать каждый вывод по отдельности. Также выгода от использования типов заключается в удобстве редактирования символов (например, если после ввода имен выводов необходимо увеличить ширину символа, достаточно поменять всего один параметр).

Для предотвращения случайного изменения уже готового компонента, следует заблокировать изменение типа. Для этого существует соответствующая кнопка справа от ячейки выбора типа.

Компоненты, созданные используя "Произвольный" тип, можно автоматически преобразовать в микросхему с двумя или четырьмя рядами выводов. Данная процедура вызывается с помощью пункта меню "Компонент / Поменять тип символа".

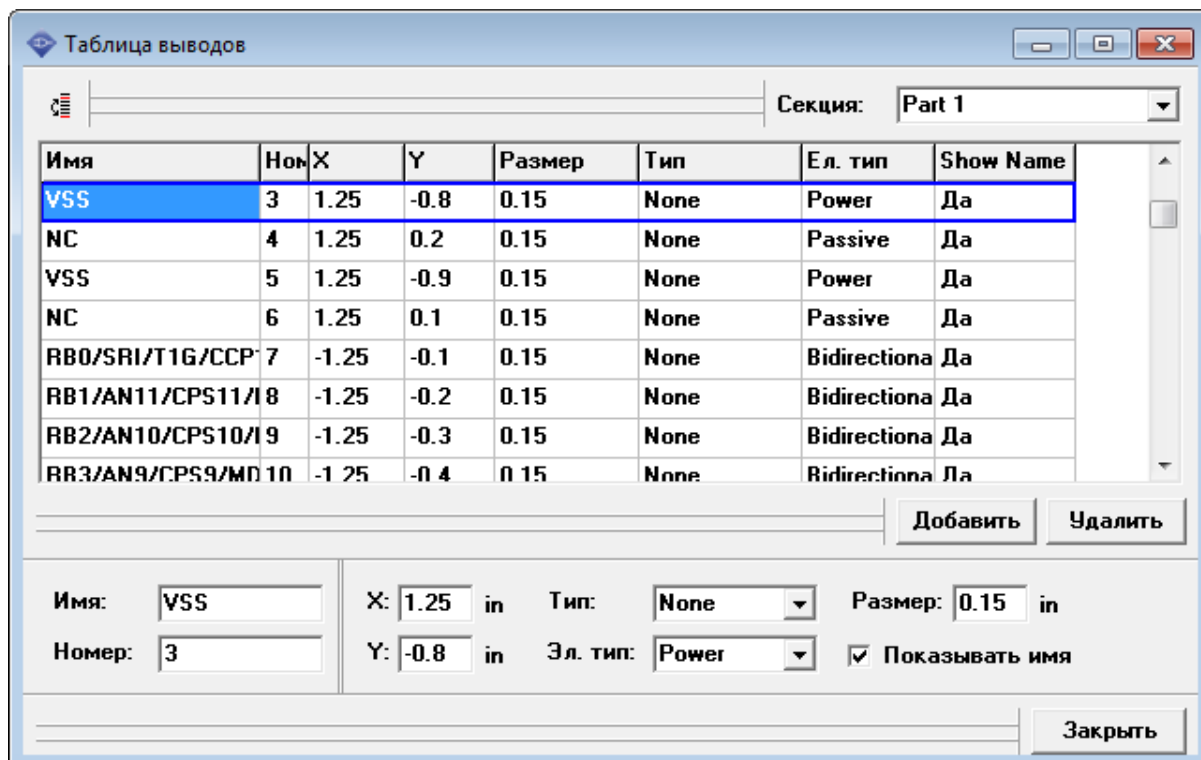
3.8 Таблица выводов

Менеджер выводов позволяет быстро вводить имена и номера выводов компонента, а также определять их электрический тип, отображение имени и др. параметры. Ввод данных производится в табличной форме, что ускоряет работу (не тратится время на выбор каждого вывода в отдельности и открытие окна свойств вывода).

Менеджер выводов можно открыть одним из следующих способов:

- выбрав "Компонент / Таблица выводов" из главного меню
- щелкнув по одному из выводов и выбрав "Таблица выводов" в подменю
- с помощью соответствующей кнопки внизу панели свойств компонента

Окно менеджера выводов выглядит так:



Каждому выводу соответствует одна строка в менеджере выводов. Внизу расположены поля, в которые можно ввести значения для текущего вывода. Для перехода от одного вывода к другому можно использовать клавиши Вверх и Вниз. А во время редактирования имени или номера вывода, нажатие клавиши "Ввод" автоматически переводит к следующему выводу.

Если выбрать несколько выводов то можно поменять какой-либо параметр одновременно для них. Выводы можно легко добавлять или удалять — внизу списка есть соответствующие кнопки.

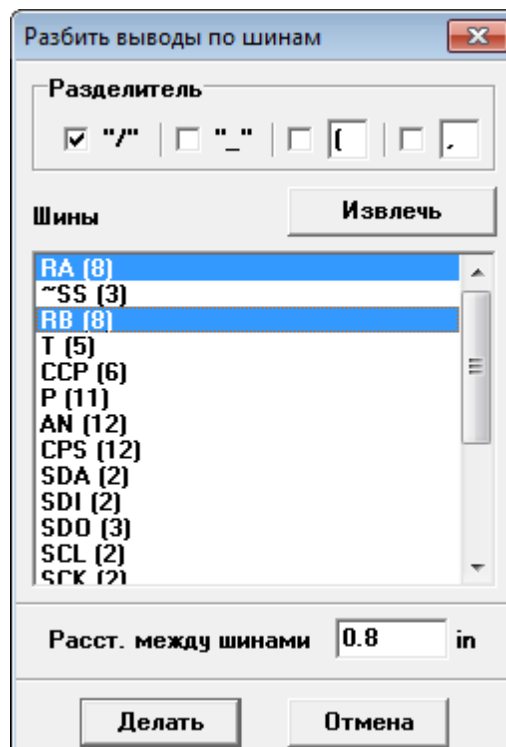
Отображение выводов производится для одной секции, ниспадающий список выбора секции расположен в правом верхнем углу диалогового окна. Также выводы могут быть отсортированы по именам, номерам или положению в символе компонента.

3.9 Дополнительные возможности редактора компонентов

Рассмотрим некоторые полезные функции редактора компонентов.

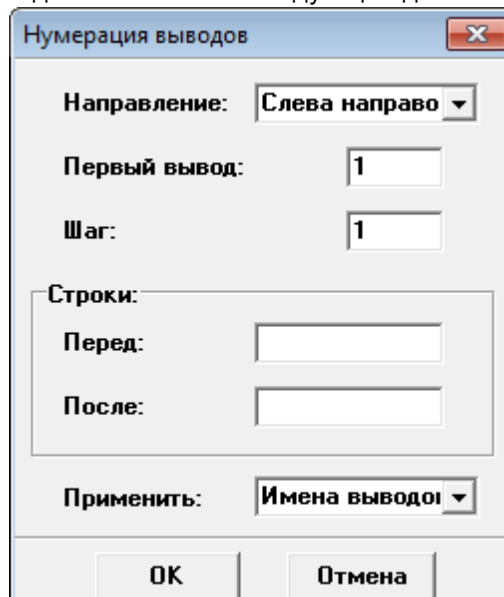
1. Группировка выводов по шинам — позволяет объединить выводы в группы по схожим параметрам. Данная функция считывает имена выводов и находит в них общие признаки, свойственные для шин данных, адресов, портов микроконтроллера и т.д. Если вывод имеет несколько функций (что характерно для большинства микроконтроллеров), учитываются все из них. Разбивка по функциям происходит основываясь на установленных разделителях, таких как "/", "_" и др.

Чтобы вызвать эту функцию выберите "Компонент / Сгруппировать выводы по шинам" из главного меню, или нажмите на горячие клавиши "Ctrl+B". В появившемся диалоговом окне необходимо выбрать разделители и нажать кнопку "Извлечь". В результате, появится список потенциальных шин, т.е. список функций, которые могут быть объединены в шины. Затем, мы выбираем те функции, для которых мы хотим создать шины и нажимаем кнопку "Делать".



В результате, все выводы, содержащие RA в имени вывода (RA0, RA1, ...) будут объединены в один столбец, выводы, содержащие RB — в другой. Останется только переместить их в удобное положение возле контура компонента.

2. Имена и номера выводов могут быть легко перенумерованы. Для вызова соответствующей процедуры, выберите выводы, которые Вы хотите перенумеровать, щелкните правой кнопкой по выводу, который должен быть начальным при перенумеровке и выберите "Нумерация выделенных" в подменю. Появится следующее диалоговое окно:



В нем можно выбрать порядок следования выводов, номер первого вывода и шаг (приращение) между выводами. Также можно добавить префикс и суффикс в имени (номере) вывода и область применения перенумерации (для имен или номеров выводов).

Данная функция очень удобна для быстрой перенумерации выводов больших компонентов, например VGA чипов. Как известно номера выводов VGA идут в матричной последовательности

(A1, B3, D7 и т.д.), поэтому все выводы должны быть перенумерованы. Данная функция решает эту задачу быстро и эффективно.

3. Подсветка выводов в соответствии с электрическим типом. В Схемотехнике есть функция проверки правил подключения выводов разных электрических типов. Для того, чтобы она работала, электрический тип выводов должен быть указан в Редакторе Компонентов. Это может быть сделано с помощью менеджера выводов или с помощью свойств выводов. Но, как показывает практика, зачастую об этом забывают.

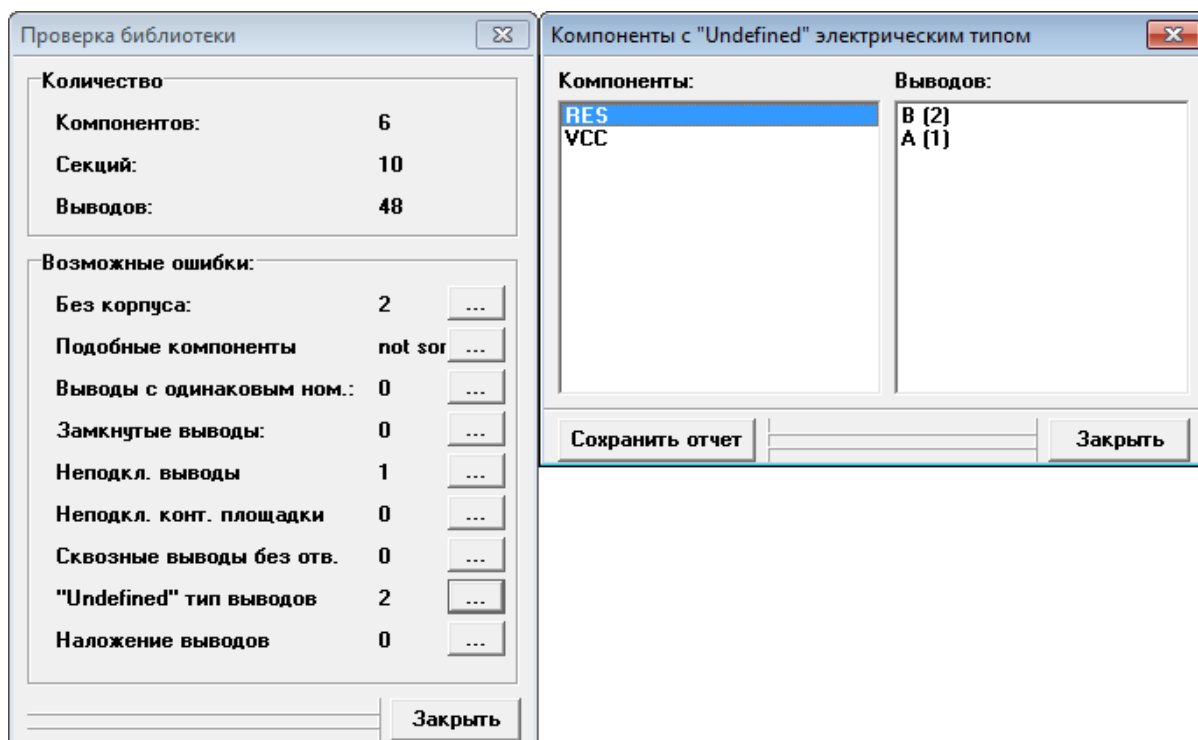
Подсветка выводов разными цветами в соответствии с их электрическим типом решает данную проблему. Для того, чтобы ее включить выберите "Вид / Цвет выводов по электрическому типу / Показывать электрический тип" из главного меню. Цвета различных электрических типов можно установить с помощью "Вид / Цвет выводов по электрическому типу / Цветовые установки".

4. Фильтр выделения объектов. Иногда нужно выбрать все объекты определенного типа или исключить другие объекты из выделения.

Для этого есть специальная функция, — выберите "Правка / Редактировать выделение" из главного меню. Есть четыре режима выделения: "Новое выделение", "Добавить к выделенному", "Убрать из выделенного" и "Оставить выделенным".

5. Проверка библиотеки — одной из важных функций Редактора Компонентов является проверка библиотек, ведь на дальнейших этапах найти ошибки при создании компонентов очень трудно. Разработчики **DipTrace** изучили работу штатных дизайнеров библиотек и добавили все ошибки, которые можно найти автоматически в эту функцию.

Выберите "Библиотека / Проверка Библиотеки" в главном меню. В появившемся диалоговом окне высвечивается общее количество компонентов, секций и выводов в библиотеке и количество возможных ошибок по типам.



Следующие типы ошибок программа находит автоматически:

1. Компоненты без корпусов — покажет все компоненты к которым Вы забыли прикрепить корпус. Но заметьте, что некоторые компоненты, такие как сетевые порты имеют только символ, но не имеют корпуса.

2. Подобные компоненты — проверяет библиотеку на наличие компонентов с похожими именами. Но для того, чтобы эта функция работала корректно, библиотеку нужно сначала отсортировать. Для этого выберите "Библиотека / Сортировать по имени".

3. Выводы с одинаковыми номерами — если два и более выводов имеют одинаковый номер (подключены к одной контактной площадке). В 99% случаев это ошибка. Для того, чтобы узнать подробности о ней просто нажмите на кнопку "..." рядом с нужным пунктом диалогового окна.

4. Замкнутые выводы — если пины закорочены связями внутри корпуса.

5. Неподключенные выводы — если какой-либо вывод не имеет подключенной контактной площадки корпуса. Заметьте, что иногда эта ошибка может высветиться и для правильных компонентов.

6. Неподключенные контактные площадки — если у корпуса есть неиспользуемые контактные площадки (к ним не подключены выводы). Иногда это правильные компоненты.

7. Сквозные выводы без отверстия — в большинстве случаев это ошибка в поверхностных контактных площадках, но каждый случай нужно проверять обязательно.

8. "Undefined" тип выводов — если у компонентов библиотеки есть выводы с неопределенным, то есть "Undefined" электрическим типом.

9. Наложение выводов — некоторые выводы могут накладываться на рисунок символа. В большинстве случаев это ошибка дизайнера.

Помните, для того, чтобы увидеть подробности каждого типа ошибок нажимайте кнопку "...". Список ошибок можно сохранить и как текстовый файл и исправить библиотеку в соответствии с ним.

3.10 Spice установки

Редактор Компонентов позволяет ввести Spice параметры компонентов, которые могут быть использованы при моделировании функционирующей схемы в Spice. На данный момент, DipTrace не имеет своего собственного симулятора, но в интернете Вы найдете множество бесплатных или условно бесплатных программ, которые могут быть использованы для моделирования работы схемы, созданной в DipTrace.

Обратите внимание, параметры Spice можно ввести прямо в **Схемотехнике**. Однако, если компонент используется многократно в разных схемах, проще сделать это в библиотеке, используя Редактор Компонентов.

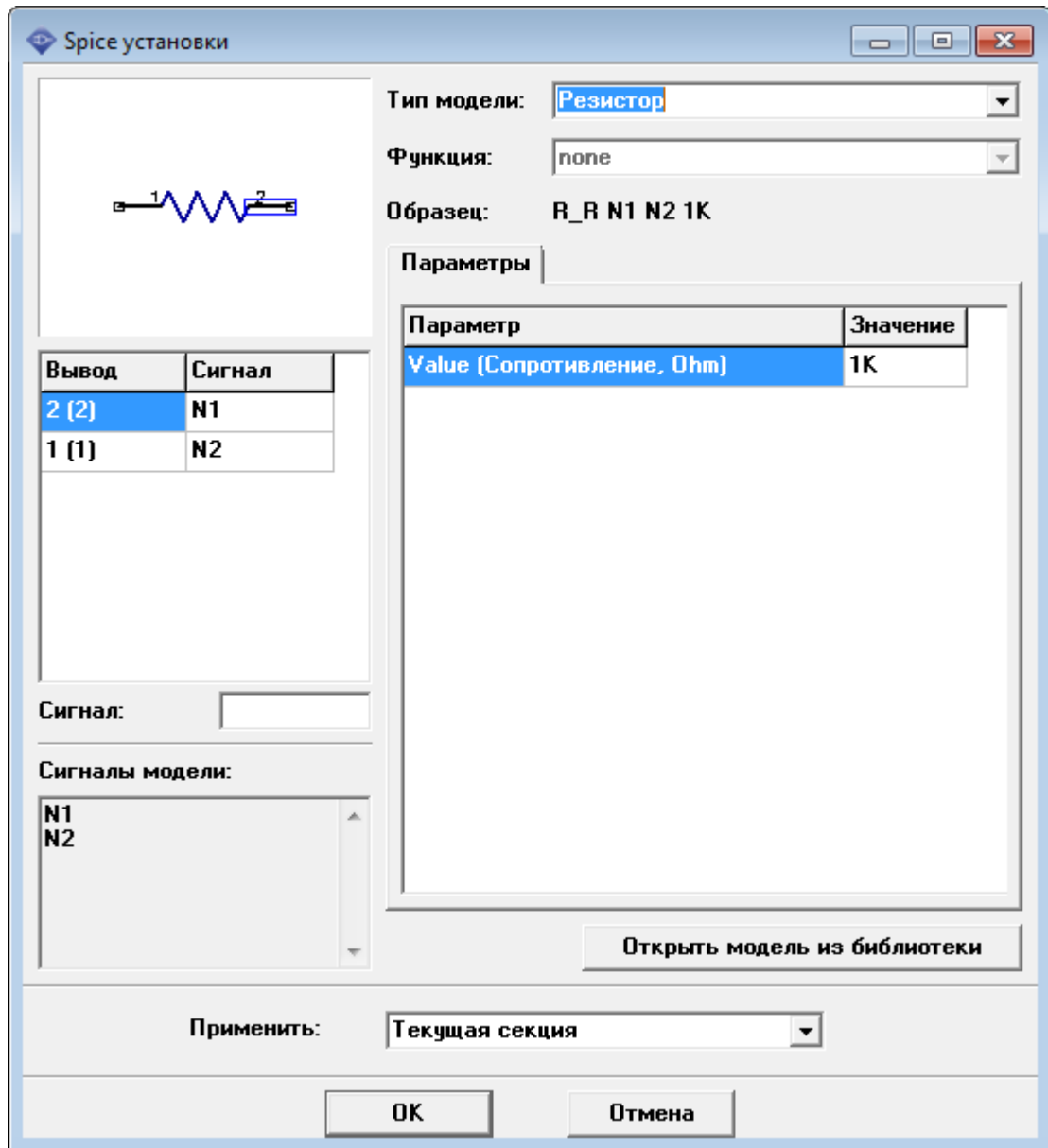
Чтобы открыть диалоговое окно параметров Spice, выберите "Компонент / Spice установки" из главного меню в редакторе корпусов.

Первое, на что следует обратить внимание: существуют предустановленные типы объектов в описании формата Spice. Это резисторы, конденсаторы, источники тока и напряжения и многое другое. В зависимости от выбранного типа модели, меняются параметры, которые нужно указать для нее.

Полупроводниковые изделия (диоды, транзисторы биполярные и полевые и др.) должны иметь модель, которая характеризует их свойства совокупностью определенных параметров. Модель лучше не редактировать самостоятельно, а загрузить с сайта производителя или другого ресурса в интернете.

Микросхемы определяются как совокупность более простых объектов, таких как транзисторы, резисторы и т.д. Их Spice модели также лучше загрузить нежели создавать вручную.

Рассмотрим, для примера, процесс введения spice параметров резистора.



Для резистора нам необходимо выбрать тип модели, затем ввести значение сопротивления в списке параметров. В строке "Образец" мы можем проверить, как выглядит представление резистора на языке spice. Затем нужно убедиться, что выводы компонента правильно подключены к сигналам spice модели. Как известно, у резистора два вывода, и оба они эквивалентны. Но у других компонентов, таких как полярные конденсаторы, диоды, транзисторы и т.д. порядок подключения выводов имеет огромное значение.

В левом нижнем углу окна имеется список доступных сигналов spice модели. Выше находится список выводов компонента. Для каждого вывода компонента нужно ввести имя сигнала из нижнего списка. Для резистора, программа автоматически подобрала сигналы, и можно их не менять, но для других типов моделей обращайте внимание на подключение сигналов к выводам компонента.

Рассмотрим более сложный пример подключения spice модели для транзистора bc846.

Прежде всего, выберите тип модели "Биполярный транзистор". Как Вы видите, для него доступно большее количество параметров, а также появилась новая вкладка "Модель". Перейдите на эту вкладку, затем нажмите кнопку "Открыть", чтобы загрузить модель компонента из файла. Выберите файл модели (мы, например, скачали ее с [сайта производителя](#)).

Также, как и для резистора, проверьте чтобы выводы компонента были подключены к сигналам модели. Возможно, в этот раз Вам придется изменить их подключение.

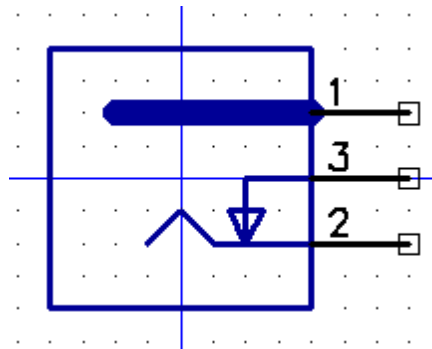
Оставьте параметры модели без изменений. Зачастую, не стоит их менять вообще, если нет четкого представления, что каждый из них обозначает.

Теперь нажмите кнопку ОК для сохранения параметров и закрытия диалогового окна.

3.11 Практическое задание 3

Создание простого одно-секционного компонента.

Для начала, создайте компонент коннектора питания DC Jack. Его корпус мы создали на [втором](#) практическом занятии этих тренингов.



Откройте Редактор Компонентов. Если Вы еще не создали пользовательской библиотеки с компонентами, нужными для проекта робота— создайте ее. На панели свойств компонента введите "PJ-002A" в поле "Название" и "J" — в поле "Метка".

Выберите сетку 0.05 in (или 1.27 mm) с помощью ниспадающего меню на стандартной панели. Добавьте три вывода в произвольном порядке. Расположите их так, как на рисунке выше. Используйте горячую клавишу "R" для вращения выводов.

Создайте шелкографию. Используйте линии, полилинии, прямоугольники. Вероятнее всего, придется поменять размер сетки на 0.025 дюйма для точной прорисовки фигур. Для некоторых линий коннектора питания поменяйте толщину. Не забывайте отцентрировать компонент, для корректного отображения.

Подключите корпус. Для этого, выберите "Компонент / Привязка к корпусу" из главного меню. Затем нажмите кнопку "Добавить" и добавьте библиотеку корпусов, созданную Вами [ранее](#). Выберите ее в списке библиотек, затем просмотрите список ее корпусов. В нем выберите "PJ-002A". Убедитесь, что каждый вывод компонента подключен к нужной контактной площадке корпуса. Теперь закройте диалоговое окно.

Нажмите "Библиотека / Сохранить" чтобы сохранить библиотеку. В диалоговом окне укажите Имя и Комментарий, они будут отображаться, если библиотека находится на панели библиотек в Схемотехнике. Затем сохраните файл библиотеки.

Используйте "Компонент / Добавить в библиотеку" чтобы добавить новый компонент. Попробуйте создать еще несколько простых компонентов аналогичным способом. Не забудьте сохранить библиотеку после этого.

3.12 Практическое задание 4

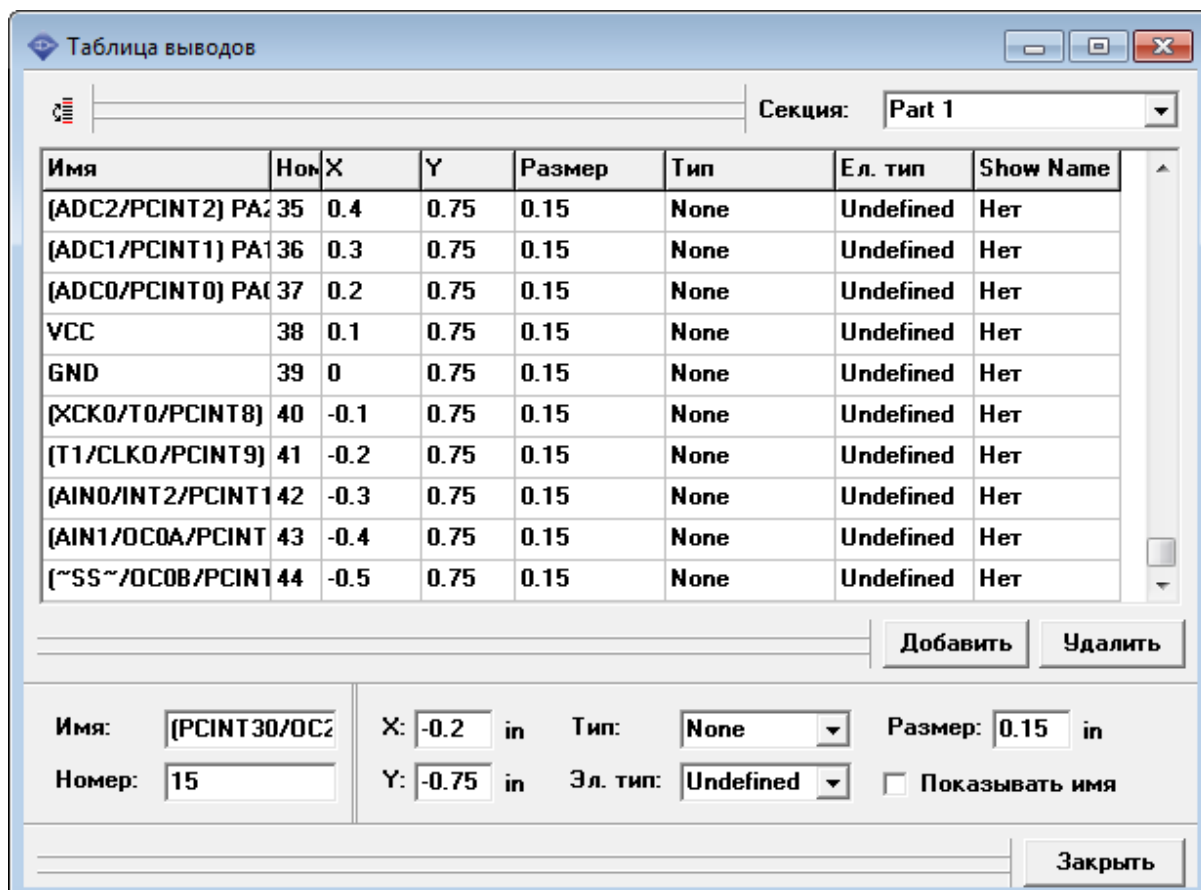
Создание компонента ATMEGA164.

Скачайте даташит для компонента с [сайта производителя](#) или другого источника в интернет. Откройте его и найдите "распиновку" для микроконтроллера в корпусе TQFP-44.

Запустите Редактор Компонентов и загрузите библиотеку компонентов с ранее созданными компонентами. Добавьте новый компонент с помощью "Компонент / Добавить в библиотеку", затем выберите созданную запись "Untitled" в списке компонентов библиотеки (в левой части окна программы). Переименуйте компонент на "ATMEGA164" с помощью панели свойств компонентов.

На этой же панели выберите тип шаблона "2 сторонняя микросхема" (изначально было "Произвольный"). Даташит советует создавать символ микросхемы (с выводами с четырех сторон, но мы используем двухсторонний тип, поскольку он легче воспринимается. После этого станут активными для изменения поля ниже. Введите для "Выводов слева:" и "Выводов справа:" значение 22, чтобы получить суммарно 44 вывода. "Ширина" пусть будет 1 дюйм, а "Высота" 3 дюйма. Эти параметры скорей всего придется менять, после ввода имен выводов.

Теперь выберите "Компонент / Таблица выводов" из главного меню или нажмите кнопку быстрого вызова "[Менеджер](#)" внизу панели свойств компонента. Появится следующее диалоговое окно. Его размеры как и размеры каждой колонки можно легко изменять.



Установите указатель на поле "Имя" и введите имя первого вывода. Затем используйте стрелку вниз на клавиатуре, чтобы перейти к следующему выводу и т.д. пока не введете имена всех выводов. Имена сложные, поэтому сделать это быстро не удастся.

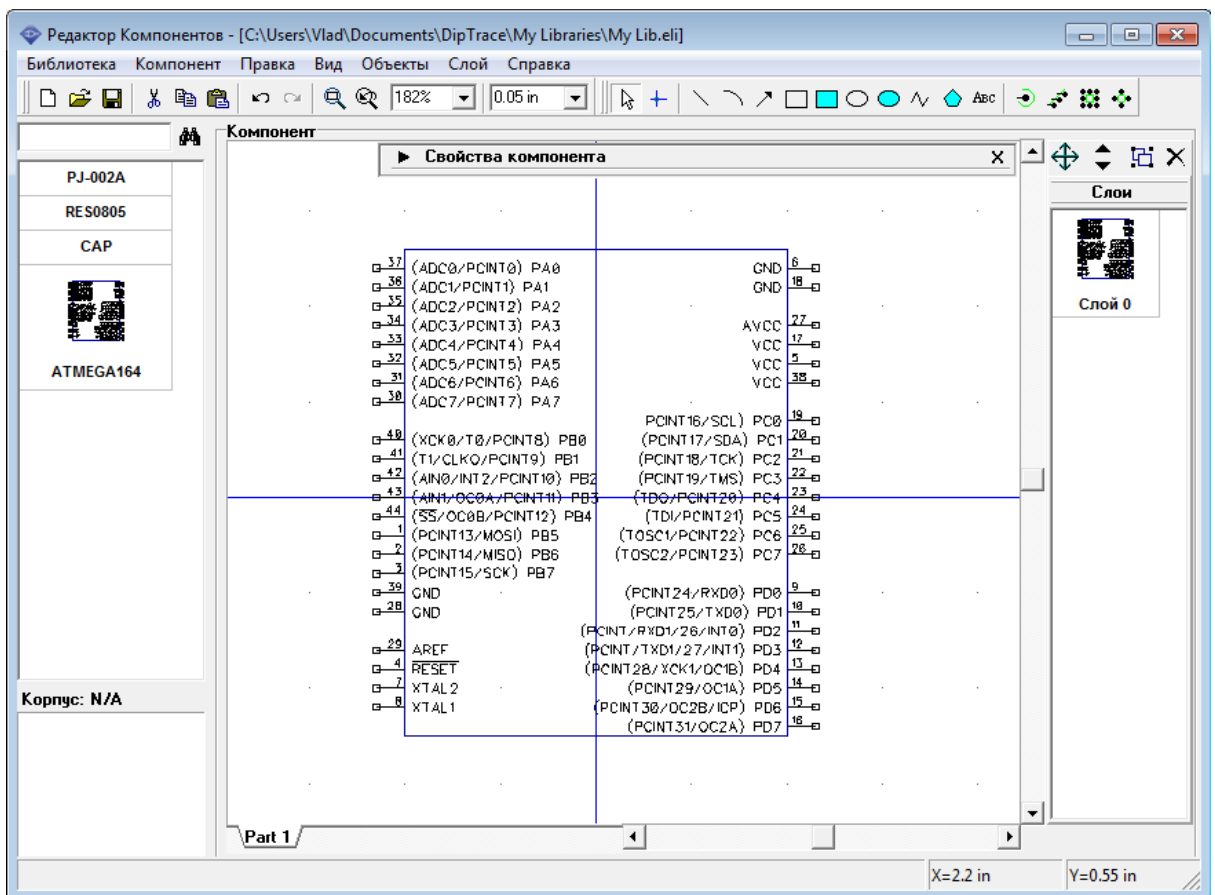
Затем выберите все выводы и включите для них опцию "Показывать имя".

После этого, поочередно выбирайте один или несколько выводов и меняйте их "Эл. Тип" на нужный, в соответствии с описанием вывода в даташите. Эта функция опциональна, но она позволяет корректно задействовать Проверку связей (ERC) в Схемотехнике.

Нажмите "Закрыть" для закрытия окна. Вы увидите, что некоторые имена выводов накладываются друг на друга в компоненте, поэтому измените ширину и высоту на панели свойств компонента так, чтобы б имена высвечивались корректно.

Для удобства восприятия компонента на схеме, желательно [сгруппировать выводы в логические группы](#). Создайте группы выводов PA[x], PB[x], PC[x], PD[x], питания и прочего. Расстояние между группами выводов должно быть как минимум в 2 раза больше, чем между выводами группы.

После окончательной расстановки выводов, возможно, придется немного увеличить высоту символа компонента.



В заключение, необходимо подключить корпус к компоненту. Выберите "Компонент / Привязка к корпусу" из главного меню или нажмите кнопку быстрого запуска внизу панели свойств компонента.

В диалогом окне выберите библиотеку корпусов, которую мы создали в предыдущих разделах, затем выберите корпус TQFP-44. После этого, закройте окно для принятия изменений.

3.13 Практическое задание 5

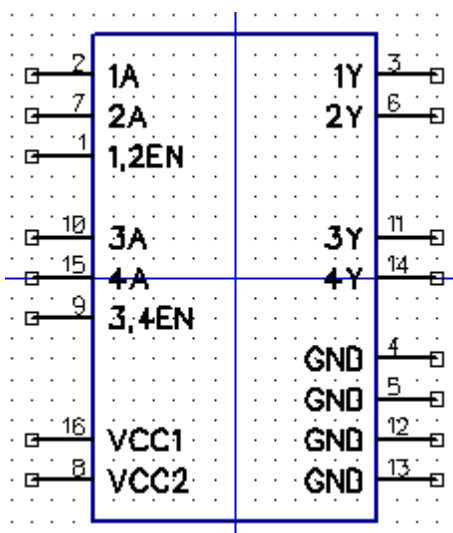
Создание компонентов с помощью шаблонов.

В течении этого практического задания мы создадим компонент L293D и подключим его к ранее созданному корпусу DIP-16.

Добавьте новый компонент в библиотеку ("Компонент / Добавить в библиотеку"). На панели свойств компонента в поле "Название" введите "L293D", а в поле "Метка" — "U".

Теперь поменяйте тип компонента на "2 сторонняя микросхема", затем "Выводов слева: 8", "Выводов справа: 8". Откройте Таблицу выводов ("Компонент / Таблица выводов" из главного меню или правый клик по одному из выводов и выберите "Таблица выводов" в подменю) и введите имена выводов один за другим. Для этого, щелкните по первой ячейке в столбце "Имя" и введите имя первого вывода. Используйте стрелку вниз на клавиатуре, чтобы перейти к следующему выводу, затем введите его имя и т.д. Также поменяйте электрический тип всех выводов и включите показ имен выводов.

После этого, перетаскиванием и вращением выводов сгруппируйте их в группы по функциональному признаку. Расстояние между группами сделайте в 2 раза больше, чем между отдельными выводами. В результате, придется увеличить высоту на панели свойств компонента. Вы должны получить компонент, подобный тому, который изображен ниже.



В заключение, не забудьте [подключить корпус](#) DIP-16 и сохранить библиотеку.

4 Создание принципиальной схемы

4.1 Схемотехника. Общая характеристика

Схемотехника — программа для создания и редактирования принципиальных электрических схем. Программа включает в себя полный набор инструментов для расстановки компонентов и создании связей между ними в удобной форме с разбиением схемы на листы, использованием иерархии и подготовки компонентов для преобразования схемы в плату.

Интерфейс программы включает основное меню, несколько панелей с кнопками для быстрого запуска инструментов, список компонентов текущей библиотеки, менеджер проекта и область построения. Панели инструментов, список компонентов и менеджер проекта могут быть скрыты для увеличения полезного пространства области построения.

Над рабочей областью находится панель библиотек. Прокруткой этого списка пользователь может выбрать нужную ему библиотеку. После этого, список компонентов библиотеки будет отображен слева от рабочей области. Пользователь может выбрать компонент из этого списка и установить его в область построения.

В правой части экрана находится менеджер проекта. Он разбит на три части. Верхняя треть отображает свойства выбранного объекта. В средней части менеджера пользователь может посмотреть список компонентов и сетей проекта, а также выбрать интересующий его объект. После этого, в нижней части менеджера проекта, в зависимости от типа выбранного объекта, отображается список выводов компонента или сети.

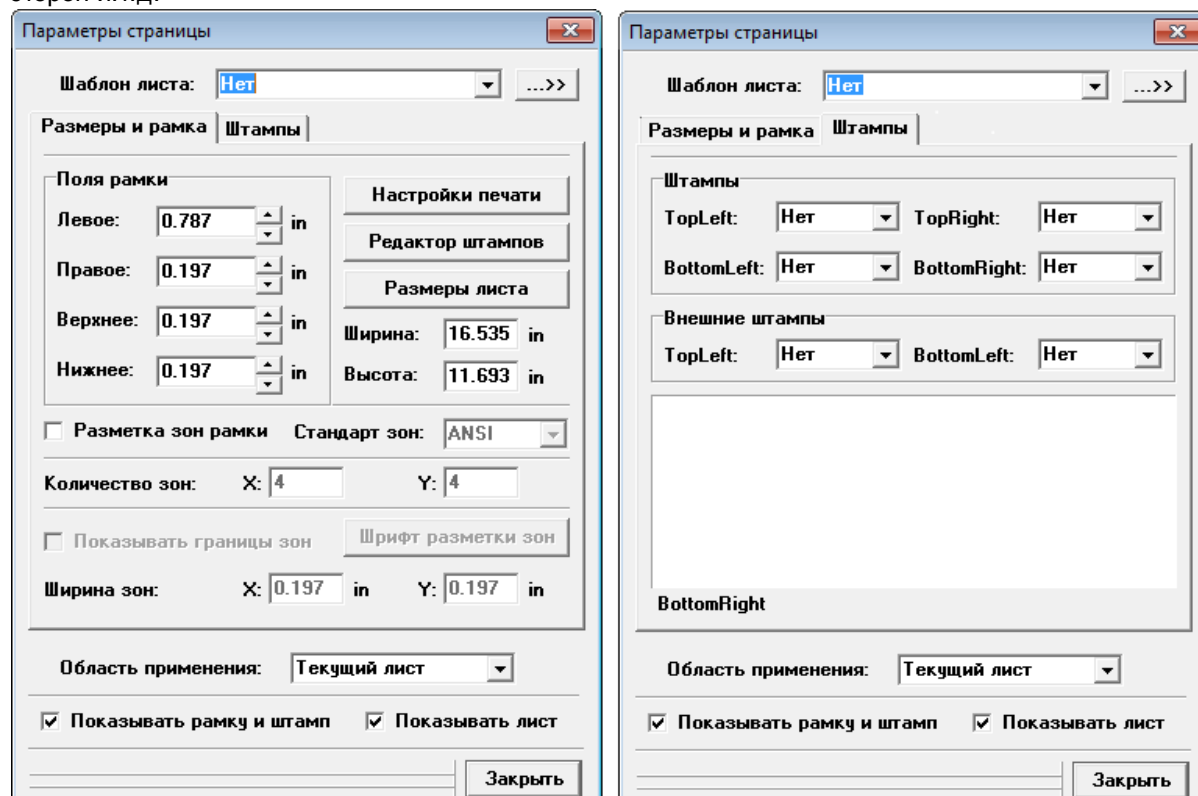
4.2 Настройка рабочего места

Выбор рамки и штампа, создание своего штампа

Вы можете изменить размер листа и выбрать штамп в любое время при создании схемы. Мы сделаем это перед началом работы над проектом.

Кстати каждый лист (в случае многостраничной схемы) может иметь разные размеры и штампы.

Чтобы настроить размер листа и выбрать штамп, откройте диалоговое окно "Файл / Параметры страницы". В появившемся диалоговом окне можно выбрать один из существующих шаблонов листа или сохранить созданный шаблон. Далее на двух вкладках: "**Размеры и рамка**" и "**Штампы**". С помощью этих вкладок можно изменить размеры листа, отступы со все четырех сторон и т.д.



Настройка сетки, положение осей координат

Вы можете использовать любые единицы измерения при создании схемотехники (mm, inch или mil). Выбор единиц измерения производится с помощью пункта "Вид / Единицы измерения" из главного меню. Переход не влияет непосредственно на схему.

Для удобства размещения объектов и проведения линий связи используется сетка. Для включения или выключения сетки используйте горячую клавишу "F11" или "Вид / Сетка" из главного меню. По умолчанию имеется несколько наиболее распространенных размеров сеток, которые можно выбрать из выпадающего меню на стандартной панели или с помощью "Вид / Шаг

сетки". Если необходимо, Вы можете создать другие размеры сетки с помощью "Вид / Изменение стандартных".

Цветовые установки

Цвета всех объектов в программе можно легко настроить. В программе есть три цветовых шаблона (для белого фона, для черного фона и настраиваемый, пользовательский шаблон). Выбор и редактирование цветового шаблона производится с помощью "Вид / Цветовые установки". При попытке редактировать белый или черный шаблоны (они считаются стандартными), пользовательский шаблон включается автоматически, чтобы в любой момент можно было вернуться к стандартным установкам.

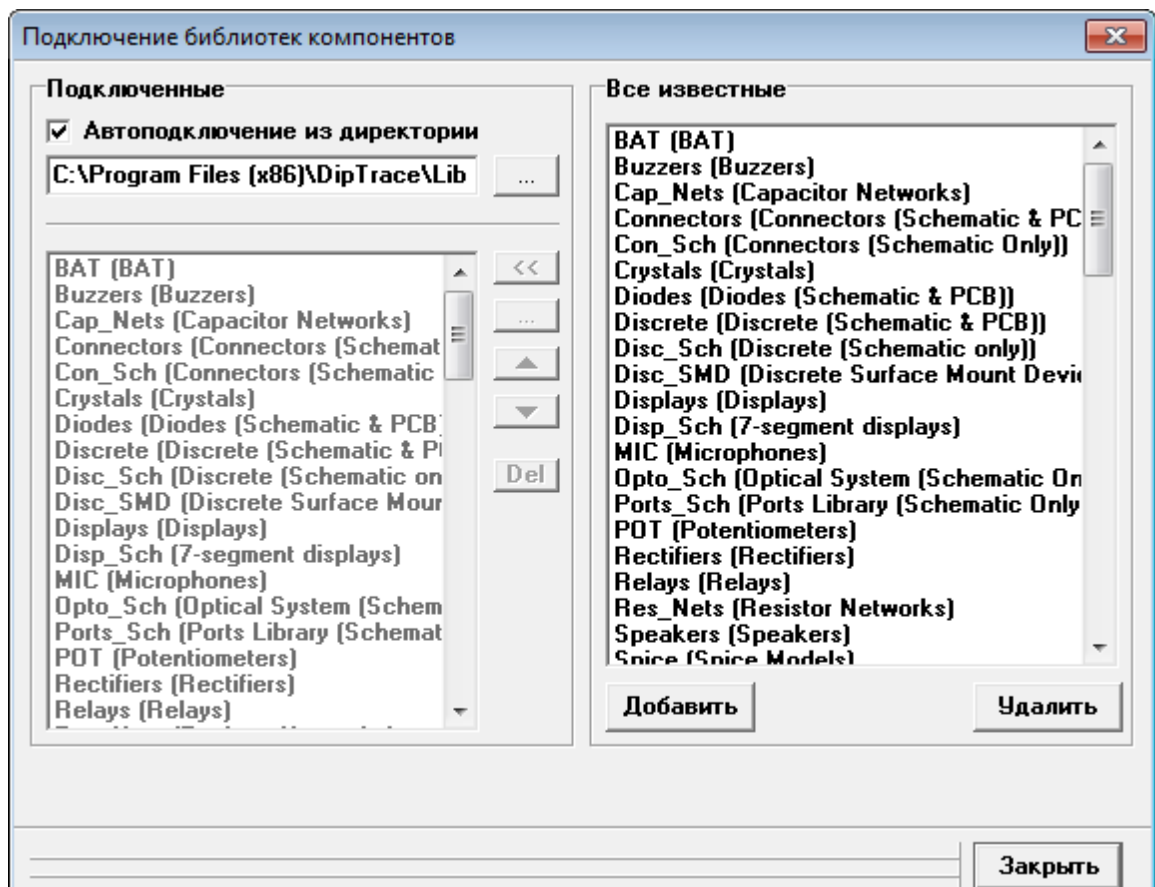
Графический режим

Для ускорения работы Схемотехники на больших проектах, нужно выбрать один из наиболее подходящих графических режимов DirectX или OpenGL. Это позволяет значительно ускорить прорисовку изображения на экране и уменьшить нагрузку на центральный процессор, что благоприятно сказывается на комфорте работы с большими проектами. Для выбора графического режима выберите "Вид / Графический режим" из главного меню.

Обратите внимание, для совместимости с компьютерами, которые имеют устаревший графический ускоритель, сохранен графический режим Windows GDI, которым можно воспользоваться при нестабильной работе драйверов, а также при использовании DipTrace под OS Linux и Mac OSX. Просто выберите наиболее стабильный графический режим.

4.3 Работа с библиотеками

Прежде чем мы начнем создавать принципиальную схему устройства, нам необходимо подключить библиотеки компонентов. Для этого откройте окно подключения библиотек с помощью "Библиотека / Подключение библиотек" из главного меню.



Прежде всего, стоит отметить, что в этом окне есть два списка библиотек: "Подключенные" и "Все известные". Первый список — это перечень библиотек, которые отображаются на панели над областью построения. Второй список — это все библиотеки, известные программе, которые она может использовать, например, при поиске и т.д. Разумеется, библиотеки из активного списка автоматически отображаются и в списке всех библиотек.

Обратите внимание на опцию "Автоподключение из директории". Нужно просто нажать на кнопку "...", которая рядом с названием опции и вбрать путь к библиотекам (например, к стандартным библиотекам DipTrace). Если опция "Автоподключение из директории" активна, то список подключенных библиотек редактировать нельзя. После ее отключения, можно добавлять или удалять библиотеки по одной, перемещать библиотеки вверх и вниз по списку и копировать библиотеки из списка всех библиотек в список активных.

Что касается списка всех библиотек, он всегда редактируем, т.е. можно добавлять библиотеки с помощью соответствующих кнопок.

Добавьте сначала все стандартные библиотеки в активный список с помощью опции "Автоподключение из директории", затем отключите эту опцию и добавьте ранее созданную нами библиотеку в список подключенных. Для этого воспользуйтесь кнопкой "..." (Добавить с диска). Закройте диалоговое окно и найдите эту библиотеку на панели библиотек.

Запомните, Схемотехника работает с библиотеками компонентов (файлы с расширением ".eli"), а Редактор Плат PCB Layout — с библиотеками корпусов (файлы с расширением ".lib").

4.4 Установка компонентов

Подключив библиотеки, мы можем добавить несколько компонентов на схему. Для этого есть несколько способов:

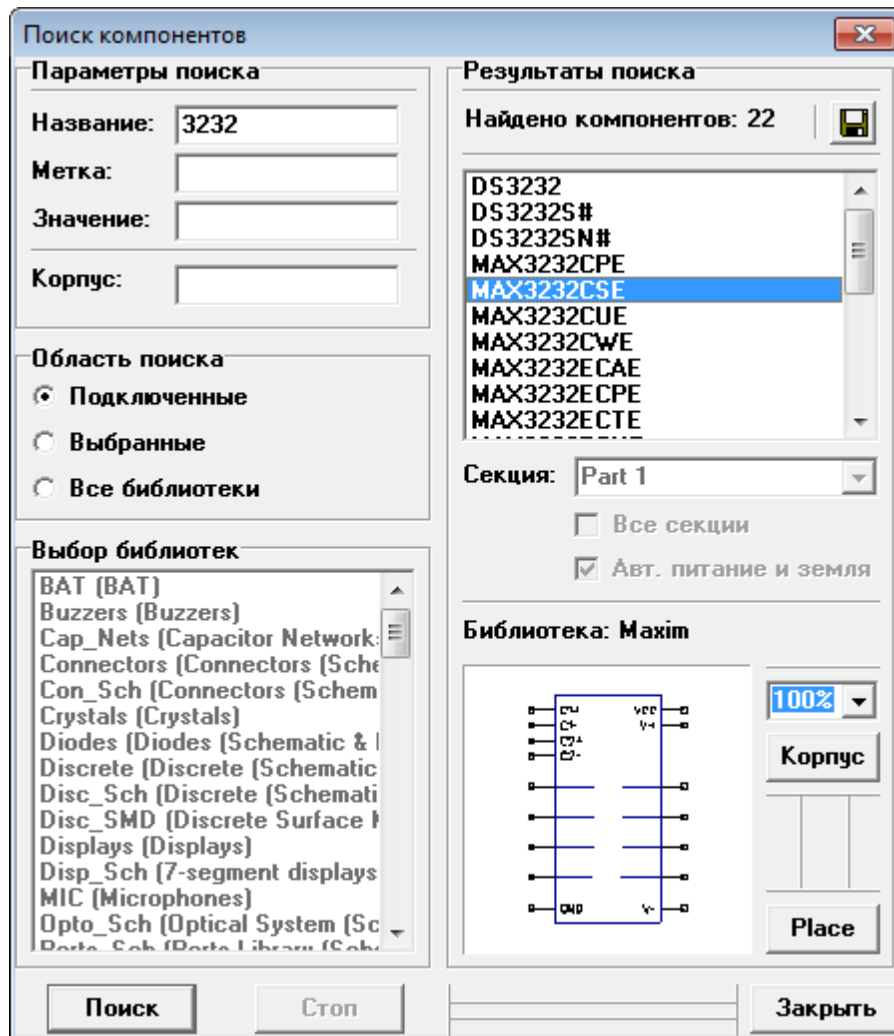
1. Выбрать библиотеку на панели библиотек, затем найти нужный компонент в списке компонентов текущей библиотеки, щелкнуть по нему левой кнопкой мыши один раз чтобы выбрать и еще раз чтобы установить в области построения. Если нужно установить несколько компонентов, щелкните несколько раз левой кнопкой в рабочей области. Как видите, после выбора компонента из списка, он следует вместе с курсором, поэтому Вы можете установить компонент именно там, где Вам нужно, видя его контуры.

Если список компонентов выбранной библиотеки слишком большой, Вы можете воспользоваться поиском по библиотеке. Поле поиска находится прямо над списком. Введите первые несколько букв имени компонента и нажмите на кнопку справа от поля или "Enter". Если компонент, удовлетворяющий поисковому запросу будет найден, список автоматически переместится к первому найденному результату. Разумеется, если Вы не используете поиск, Вы можете воспользоваться прокруткой или стрелками Вверх и Вниз, чтобы найти компонент вручную.

Если у компонента несколько секций, то можно установить все сразу или поочередно, секция за секцией. Для выбора метода используйте настройки внизу списка компонентов. Обратите внимание, данные опции активны только при выборе многосекционного компонента. По умолчанию, выбрана опция "Все секции", но если Вам нужно установить не все, отключите ее. После этого станет активным ниспадающее меню выбора секции.

В самом низу под настройками выбора секций находится небольшое окно предпросмотра посадочного места выбранного компонента. Оно помогает выбрать нужный компонент из списка.

2. Поиск в библиотеках. Если Вы не знаете в какой библиотеке находится нужный компонент, или вообще не знаете его точное имя, воспользуйтесь поиском по библиотекам. Найдя нужный компонент, вы сможете установить его на схему прямо из окна поиска. Выберите "Объекты / Поиск компонентов" из главного меню. Появится следующее диалоговое окно.



Введите название (или лучше его часть, чтобы иметь больше результатов поиска) компонента. Затем выберите где искать компонент и нажмите кнопку "Поиск". Через несколько секунд (в зависимости от количества библиотек) будет выведен список компонентов, удовлетворяющих поисковому запросу. Вы можете просмотреть его и выбрать нужный компонент из списка. Выбранный компонент отобразится внизу окна. Также указана библиотека, в которой он найден. Нажав на соответствующую кнопку можно увидеть корпус данного компонента. Если искомый компонент найден, нажмите на кнопку "Place", чтобы установить его.

3. "Объект / Вставить компонент" из главного меню. Компонент может быть легко добавлен на схему из известной библиотеки следующими образом. Выберите "Объект / Вставить компонент". Появится диалоговое окно Вставка Компонента. В левой части окна находится список библиотек, из которых можно выбрать компонент. Библиотеки можно добавлять или удалять из списка с помощью соответствующих кнопок. После выбора библиотеки, список компонентов этой библиотеки появится в верхнем правом углу окна. Выберите нужный компонент из этого списка и компонент появится в области предпросмотра в нижнем правом углу окна. Чтобы убедиться в правильности выбора, нажмите кнопку ">>" для проверки посадочного места выбранного компонента. А теперь нажмите кнопку "Установить".

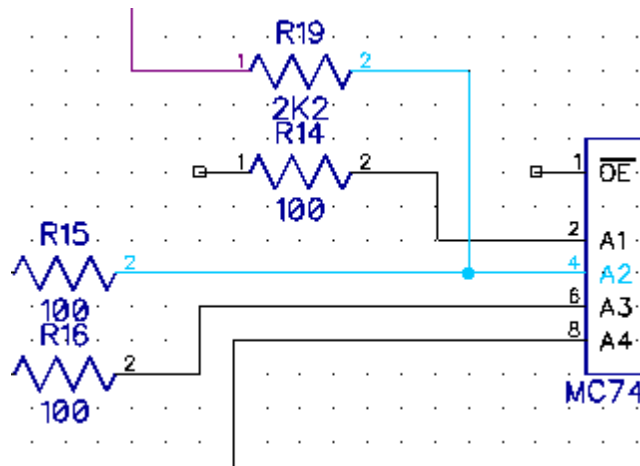
Когда компонент на схеме, рядом с ним, как правило, отображается его метка (RefDes) и один из параметров (тип, значение или пользовательские параметры). Настроить отображение маркировки для компонентов всей схемы можно с помощью "Вид / Надписи компонентов" из главного меню. Настройки маркировки для отдельных компонентов можно изменить через окно свойств нужного компонента.

Если нужно, чтобы на установленных компонентах отображались номера выводов, выберите опцию "Вид / Номера выводов / Показывать" из главного меню. Аналогично, можно скрыть номера выводов для всех компонентов схемы с помощью "Вид / Номера выводов / Скрыть". Как правило, для большинства компонентов нужно скрыть номера выводов, а лишь для некоторых — показать. В этом случае скройте номера выводов по умолчанию для схемы и отобразите их лишь для отдельных компонентов. Для этого щелкните правой кнопкой по компоненту и выберите "Номера выводов / Показать" в подменю.

4.5 Сети и шины

Сети, как и компоненты, это основополагающие единицы на любой схеме. выводы компонентов могут быть объединены в сети следующими способами:

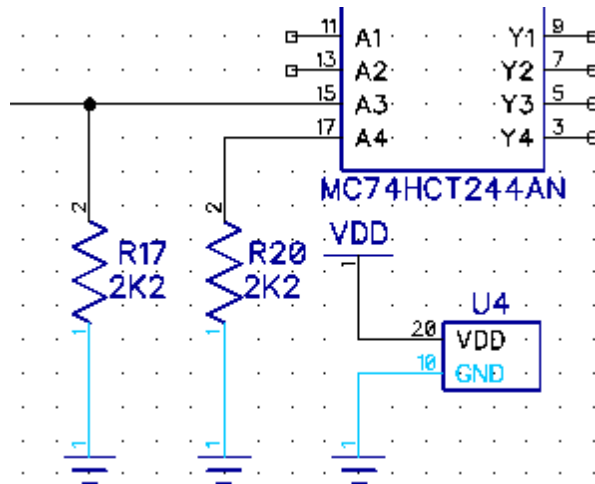
1. Непосредственные соединения выводов. Чтобы создать связь, щелкните левой кнопкой по первому выводу, затем задавая направление курсором, проведите линии до второго вывода и щелкните по нему левой кнопкой. После подключения к сети, небольшой квадрат на конце вывода исчезает, что свидетельствует о подключении.



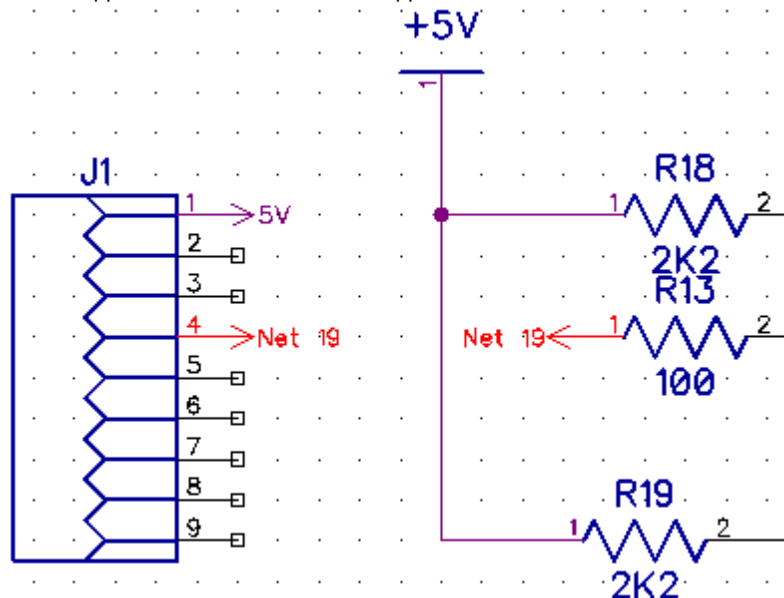
Обратите внимание, если вывод просто касается какой-либо линии связи, это не свидетельствует о том, что он подключен к ней. Квадрат должен обязательно исчезнуть. А при наведении курсора на сеть, она полностью подсвечивается, вместе со всеми выводами.

В DipTrace есть два режима проведения связей: автоматический и ручной. Выбор режима осуществляется на панели установки связей в правом верхнем углу экрана (на панели менеджера проекта). Эта панель высвечивается только, когда активирован режим установки связей. Для того, чтобы активировать этот режим выберите: "Объекты / Схема / Установка связей" из главного меню или просто нажмите левой кнопкой на каком-либо выводе на схеме. При автоматическом режиме проведения связей программа сама прокладывает линии между выводами, при ручном — каждую точку нужно указывать вручную.

2. Соединения с помощью сетевых портов. Любой вывод или соединение может быть подключено к "нетпорту". Наиболее часто сетевые порты используются для соединения сетей GND или VCC (земли и питания), хотя могут встречаться порты любого типа, в том числе с несколькими выводами. Как правило, на схеме используется несколько одинаковых "нетпортов". Ведь выводы подключенные к порту одного типа, автоматически объединяются в одну сеть. Тоже самое происходит и при использовании "нетпортов" с несколькими выводами.



3. "Соединения без связей". Их удобно использовать при высокой плотности схемы. В таком случае линия соединения не создается вовсе. Достаточно задать имя сети на одном конце и подключить второй вывод к сети с таким же выводом.



Для того, чтобы создать соединение без линий связи, щелкните правой кнопкой по выводу компонента и выберите "Добавить в сеть" в подменю. Затем в появившемся окне, пользуясь ниспадающим списком, выберите сеть к которой хотите подключить вывод и поставьте галочку "Соединить без связи". Нажмите ОК.

Вы увидите, что рядом с выводом появилась стрелка, а также имя сети к которой данный вывод подключен.

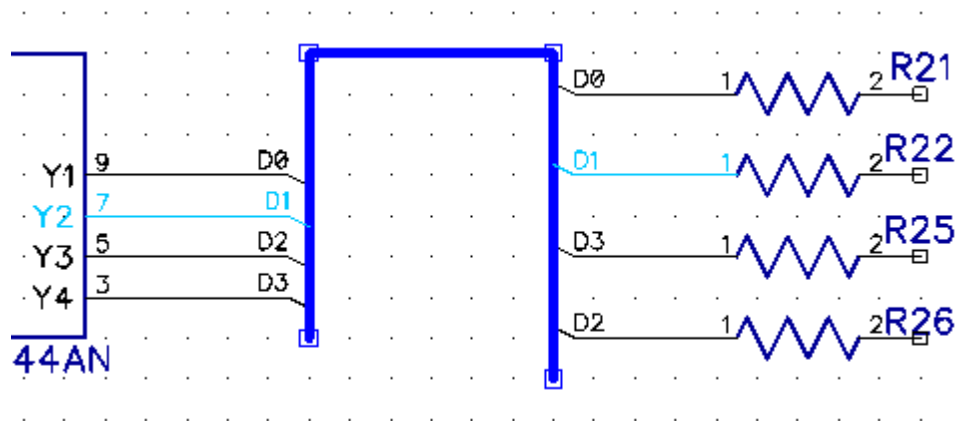
Вообще стоит отметить, что соединения с одним именем автоматически объединяются в одну сеть. Вы всегда можете проконтролировать какие выводы объединяются в сеть с помощью подсветки при наведении курсора на нее. Функция "Объединить сети по имени" работает также для сетей на разных листах схемы, за исключением иерархических блоков.

Если нужно объединить сети на разных уровнях иерархии в DipTrace используются **глобальные сети**.

4. Глобальные сети. Чтобы создать глобальную сеть нажмите правой кнопкой на нужной сети внутри иерархического блока и выберите "Свойства" в подменю. В появившемся диалоговом окне

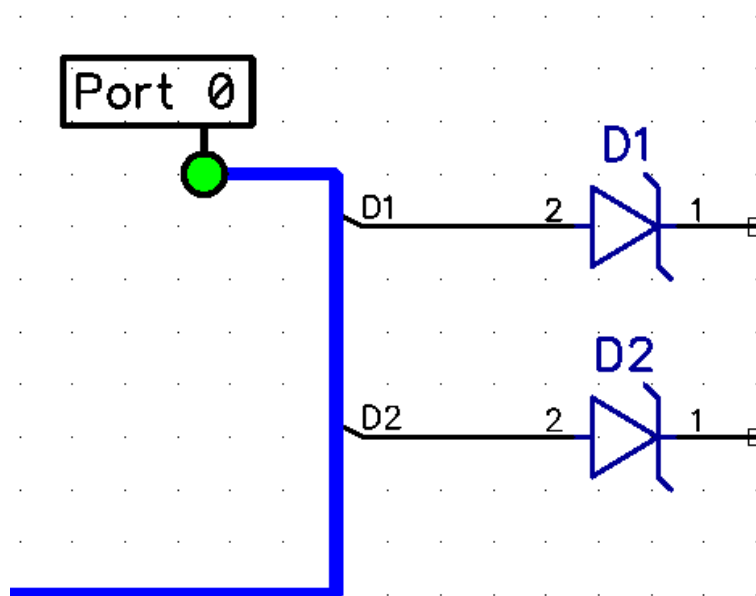
отметьте "Объединить сети по имени" и "Глобальная сеть для иерархии". Теперь эту сеть нужно переименовать — введите такое же имя, как и у сети на листе основной схемы и нажмите ОК. Глобальная сеть готова. Кстати, глобальные сети создаются автоматически, при использовании однотипных сетевых портов на разных уровнях иерархии.

4. Соединения с помощью шин. При таком способе несколько сетей, как правило подобных по функциональному назначению, объединяются в шину. В любом месте схемы всегда можно получить отдельную сеть из шины и подключить ее к выводу. Шина занимает намного меньше пространства и делает схему куда более понятной и читабельной.



Шины на разных листах можно соединить межстраничными переходами. Для этого нужно установить по одному переходу на каждом листе, выберите "Объекты / Схема / Межстраничный переход" из главного меню, чтобы установить их. Оба перехода должны иметь одинаковое имя и к ним должна быть подключена шина. О правильном подключении свидетельствует, то что переход становится зеленым.

Обратите внимание, если шина как-то прикасается к переходу, или даже проходит через него, но переход не светится зеленым — шина не подключена.

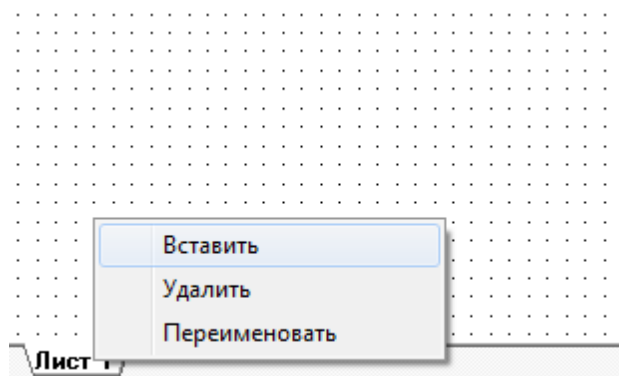


При перетаскивании межстраничного перехода, шина должна автоматически трансформироваться, сохраняя подключение с межстраничным переходом. Серая рамка вокруг имени межстраничного перехода свидетельствует, что переходы соединены между собой. Если рамки нет — они не соединены.

4.6 Многолистовая схема

Для достаточно простой схемы вполне хватит пространства на одном листе. Однако для сложных схем необходимо использовать многостраничные схемы. Кроме того многостраничная схемотехника необходима при использовании иерархии.

Чтобы добавить новый лист на схему, Вы можете воспользоваться командой "Правка / Добавить лист" из главного меню или щелкнуть правой кнопкой по закладке листа в левом нижнем углу области построения и выберите "Вставить" в появившемся подменю.



Обратите внимание, что команда "Вставить" добавляет новый лист перед выбранным. Также в этом подменю можно переименовать и удалить выбранный лист схемы.

При использовании многостраничной схемотехники стоит обратить внимание, как соединения на разных листах могут быть объединены в одну сеть:

- Соединение по имени. Соединения с одним именем объединяются в одну сеть независимо от того, на одном или на разных листах схемы они находятся.
- Используя сетевые порты.
- Шины и межстраничные переходы

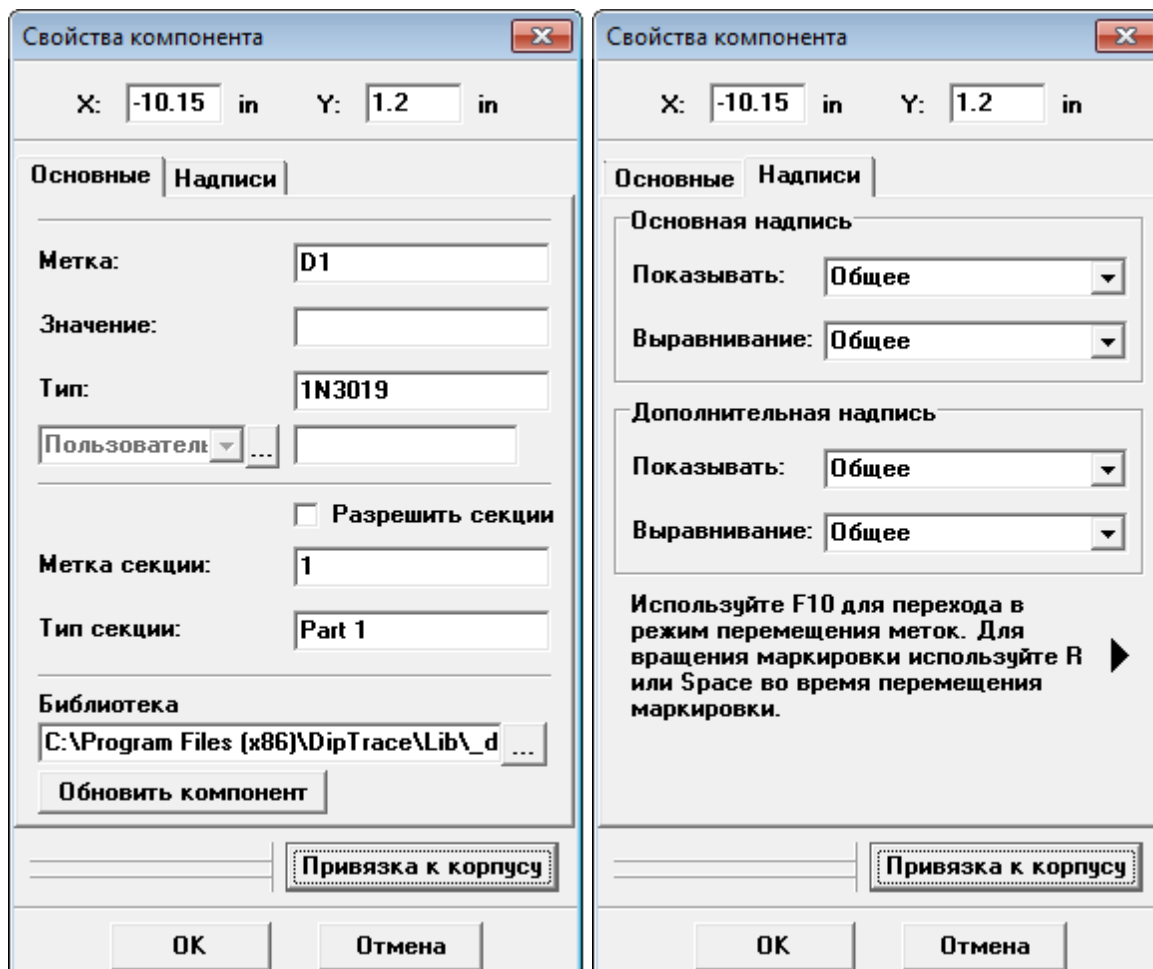
Многолистовая структура схемы в DipTrace является основой для иерархии. В иерархической схеме используются несколько другие правила подключения сетей на разных листах-блоках. Подробнее об этом читайте позже, в разделе создания иерархической схемы.

4.7 Свойства компонента

После добавления компонента(ов) на схему, часто приходится изменить один или несколько его свойств. Например, ввести новое значение, поменять позиционное обозначение (метку) и т.д.

Для открытия свойств компонента щелкните по нему правой кнопкой и выберите Свойства в подменю. Появится следующее диалоговое окно:

Вверху окна отображаются координаты компонента, их можно менять для изменения его положения. Окно имеет две вкладки:



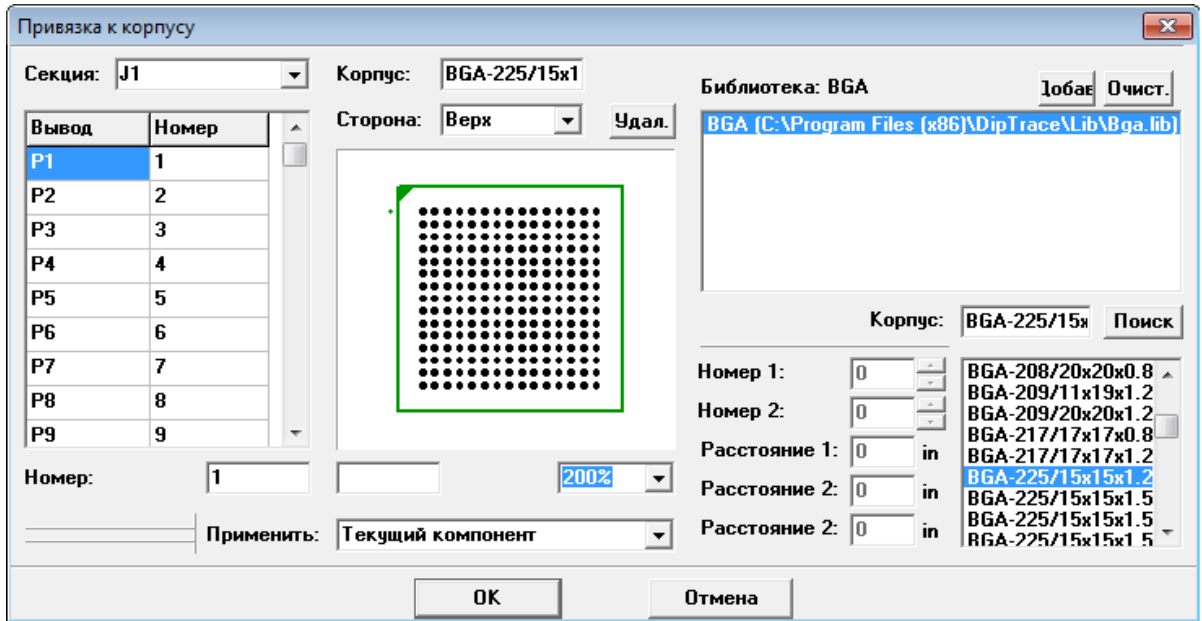
На вкладке **"Основные"** отображаются и редактируются метка, значение и тип компонента. Также можно выбрать одно из дополнительных свойств (если таковые имеются для выбранного компонента). Ниже есть настройки для многосекционных компонентов (для компонентов с одной секцией они неактивны).

Поле для редактирования пути к библиотеке, из которой взят данный компонент находится в нижней части окна. Путь к библиотеке заполняется автоматически при установке компонента на схему. Он используется при обновлении компонента. Однако если Вы перенесли библиотеку в другой каталог, нужно ввести ее новый адрес.

На вкладке **"Надписи"** расположены опции для выбора основной и дополнительной маркировки и настройки расположения надписей. Если выбраны "Общие" настройки для компонента, то будут отображаться надписи, установленные по умолчанию в программе, как и для остальных компонентов схемы. Настройки по умолчанию можно посмотреть и редактировать, выбрав "Вид / Надписи компонентов" в главном меню.

Опции надписей позволяют перемещать их с помощью введения параметра смещения. Однако на практике, намного проще и удобнее перемещать маркировки мышкой. Для этого просто нажмите "F10" и перетаскивайте надписи любых компонентов в нужное место. Если надпись нужно повернуть, используйте горячие клавиши "R" или "Пробел" во время перетаскивания.

В самом низу расположена кнопка для вызова окна привязки к корпусу. Большинство компонентов из стандартных библиотек имеют привязку посадочного места, но не все. Поэтому Вы можете подключить корпус прямо через окно свойств компонента. Или же выбрать другой, более подходящий корпус для компонента вместо уже подключенного.



В центральной части окна привязки корпуса находится поле предпросмотра посадочного места. Масштаб и сторону корпуса можно легко менять, а сам корпус удалить нажатием соответствующей кнопки.

Обратите внимание, в верхней части окна есть редактируемое поле с именем корпуса. Оно заполняется автоматически, но пользователь может и сам его редактировать. Это полезно при создании схемы, которая в будущем будет экспортирована в "нетлист" (список соединений) и трассирована в сторонних программах. В таком случае, нет необходимости создавать и подключать посадочное место, достаточно ввести имя корпуса для передачи этой информации в "нетлист".

В верхней правой части окна находится список библиотек, из которых можно выбирать посадочное место. Вы можете добавлять библиотеки в этот список с помощью кнопки "Добавить", или же очистить список с помощью кнопки "Очистить".

Выбрав нужную библиотеку, появится список корпусов выбранной библиотеки. Он находится в правом нижнем углу окна. После этого можно выбрать один из корпусов из списка, он появится в предпросмотре привязанного корпуса.

В левой части окна находится таблица соответствия выводов компонента и контактных площадок корпуса. Если корпус выбран правильно, обычно не приходится менять таблицу соответствия. Однако, это можно сделать при необходимости. Для этого, щелкните по ячейке с именем вывода и введите соответствующий номер в поле "Номер".

После выбора нового корпуса для компонента, Вы можете применить изменения для текущего компонента или для всех компонентов такого типа. Нажмите ОК для внесения изменений.

Заметьте, что диалоговое окно привязки корпуса может быть вызвано напрямую из подменю компонента.

4.8 Менеджер проекта

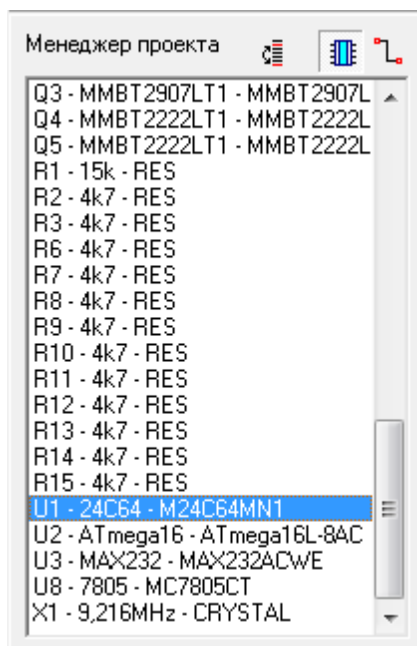
Справа от области построения находится большая панель, разделенная на три секции. Для простоты определения, будем называть всю панель "менеджер проекта", хотя технически это не так.

Верхняя секция отображает **свойства** выбранного объекта или функции, в зависимости от того, что именно выбрано, панель будет показывать разные параметры. Это могут быть параметры сети,

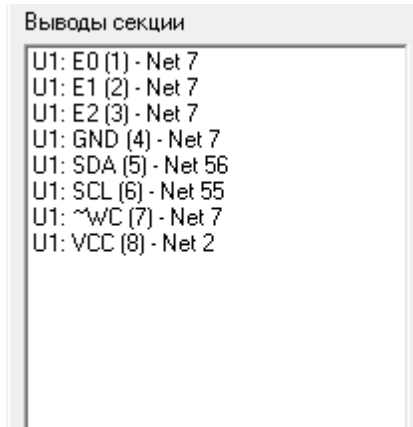
компонента, режима создания связей и т.д. Если выбрано несколько объектов разного типа, то на панели будут доступны для просмотра и редактирования только общие параметры.

Компонент:	
Метка:	X3
Значение:	
Тип:	12SMXA
Дополнительно:	...
Тип секции:	Part 1
Надпись 1:	Общее ▾
Надпись 2:	Тип и секц ▾

Непосредственно **Менеджер проекта** находится под панелью свойств. Он позволяет просматривать список всех компонентов и сетей проекта. Объекты выстроены в список, который может быть легко переупорядочен с помощью соответствующей кнопки над ним. После редактирования схемы, если Вы добавили или удалили какой-либо компонент, ее нужно упорядочить. Рядом расположены кнопки переключения между списком компонентов и списком сетей.



Двойной щелчок по объекту из списка (будь то компонент или сеть) смещает рабочую область так, чтобы выбранный объект оказался в центре. Если объект находится на другом листе схемы, программа автоматически перейдет на него. Кроме того, объект будет подсвечен. Таким образом можно легко находить нужные компоненты или сети на большой запутанной схеме. А прямо под списком компонентов и сетей расположен список выводов выбранного объекта.



Вы можете также щелкнуть дважды по одному из этих выводов чтобы перейти к нему на схеме. Они подсвечиваются. Менеджер проекта в **Редакторе Плат PCB Layout** работает одинаково.

4.9 Иерархическая схема

Если схема большая и имеет несколько однотипных повторяющихся узлов, то ее можно разбить на функциональные блоки, связанные между собой. Именно в таких случаях очень удобно применять иерархию. Иерархическая структура в DipTrace проста, но эффективна. Ее основой служит [многолистовая схема](#), где какой-либо из листов становится иерархическим блоком. Только первый лист схемы не может быть иерархическим блоком, поскольку он всегда содержит основную схему, куда иерархические блоки и помещаются.

Как мы уже сказали схема должна иметь более чем один лист, что бы стать иерархической, поэтому добавьте новый лист, используя команду "Правка / Добавить лист", или горячие клавиши "Ctrl+Ins". Выберите второй (или любой другой последующий) лист с помощью закладок в левом нижнем углу области построения и поменяйте его тип на иерархический блок ("Правка / Тип страницы / Иерархический блок").

Теперь создайте схему иерархического блока. Обратите внимание на следующие особенности:

1. Все сети внутри иерархического блока уникальные, т.е. они не являются частями других сетей за пределами блока. Даже если сети имеют одинаковые имена (за исключением глобальных сетей). Для подключения сетей внутри блока к основной схеме используются иерархические выводы. Для добавления иерархических выводов можно использовать команду "Объекты / Иерархия / Добавить вывод" из главного меню либо нажать кнопку "Добавить иерархический вывод" на панели элементов.
2. Порядок расположения иерархических выводов имеет значение, поскольку после добавления иерархических блоков на основную схему, порядок выводов будет автоматически воссоздан. Все иерархические выводы могут быть переименованы, это имя также будет отображаться в иерархическом блоке как имена пинов. Сам блок можно также переименовать, ведь он будет иметь на основной схеме то же имя, что и имя листа. Для этого, щелкните правой кнопкой по закладке листа и выберите "Переименовать" в подменю.
3. В **DipTrace** возможна многоуровневая иерархия, т.е. внутри одного иерархического блока будет другой (другие) блок(и). Поэтому нужно быть внимательным и не допускать закольцованности (т.е. ситуаций, когда невозможно разложить иерархию), хотя DipTrace и проверяет схему на подобные ошибки.
4. Только глобальные сети могут соединять выводы на разных уровнях иерархии. Чтобы создать глобальную сеть нажмите правой кнопкой на нужной сети внутри иерархического блока и выберите "Свойства" в подменю. В появившемся диалоговом окне отметьте "Объединить сети по имени" и "Глобальная сеть для иерархии". Теперь эту сеть нужно переименовать — введите такое же имя, как и у сети на листе основной схемы, с которой мы хотим объединить эту сеть. Затем нажмите ОК. Глобальная сеть готова. Кстати, глобальные сети создаются автоматически, при использовании однотипных "нетпортов" на разных уровнях иерархии. Если сеть глобальная, то Вы всегда увидите слово "Глобальная" рядом с именем глобальной сети в скобках.

После завершения работы над схемой блока, перейдите на первый или другой лист основной схемы (ведь иерархия не исключает возможности использования нескольких обычных листов для описания основной схемы) и добавьте иерархический блок(и). Затем подключите выводы иерархического блока к компонентам и сетям основной схемы как обычные выводы обычного компонента. Обратите внимание, во время преобразования иерархической схемы в плату, позиционные обозначения компонентов (метки) и имена сетей изменяются. Это происходит потому, что один и тот же иерархический блок может быть использован дважды или более раз. Следовательно количество одинаковых элементов и сетей пропорционально увеличивается. Однако на плате в DipTrace разные объекты не могут иметь одну метку, поэтому программа добавляет к ней индекс с номером блока. Вместе с тем, метка и имена сетей из главной схемы остаются без изменений.

4.10 Спецификация

По окончании проектирования схемы, обычно передаются данные в программу проектирования печатных плат и формируется перечень элементов (Bill of Materials или просто BOM). Рассмотрим процесс создания BOM более подробно.

Для открытия диалогового окна создания спецификации выберите "Объекты / Спецификация" из главного меню. Появится следующее окно:

Вы можете создать таблицу элементов таким образом, что каждый компонент будет представлен отдельной строкой или же сгруппировать одинаковые или однотипные компоненты. Можно также экспортировать спецификацию посекционно, т.е. одна строка для каждой секции компонента. Выбор режима группировки производится с помощью ниспадающего меню "Строки таблицы".

Далее следует указать, какие столбцы должны присутствовать в таблице спецификации. Для добавления столбца в таблицу используйте нужную кнопку в правом верхнем углу экрана. После этого выберите появившийся пункт в перечне столбцов и укажите какую информацию он будет выводить, используя ниспадающий список "Показывать". Разумеется, ненужные столбцы таблицы можно удалить. А с помощью кнопки "Вставить" добавить новый столбец перед выбранным. Ширина столбца, равно как и выравнивание содержимого в нем можно настроить.

Закончив с установкой основных параметров таблицы BOM, вы можете указать дополнительные настройки: высота строк, тип и размер шрифта, добавить наименование строки, нумерацию и общее количество компонентов.

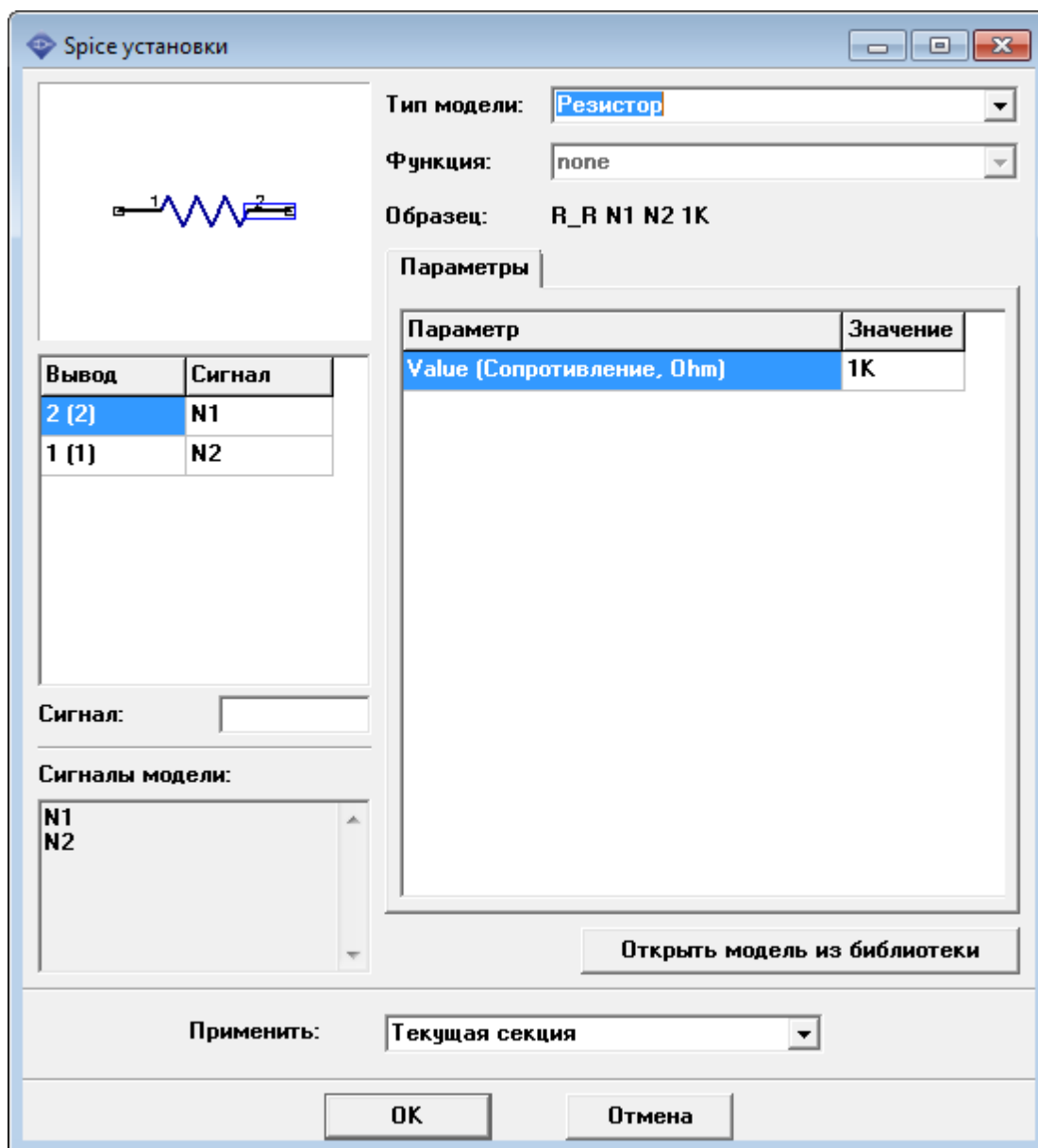
Теперь Вы можете добавить таблицу спецификации на схему или экспортировать ее в отдельный файл. В случае установки таблицы на схему, возможно добавить ее на текущий лист, все листы или создать новый лист специально для нее. В последнем случае необходимо указать размер листов для спецификации.

При экспорте в файл поддерживаются форматы Excel CSV и текстовый *.bom.

4.11 Spice установки

Параметры Spice для какого-либо компонента можно ввести не только в Редакторе Компонентов, но и прямо в Схемотехнике. Это удобно, если на схеме используется один или два компонента определенного типа. Разумеется, если какой-то компонент используется на схеме многократно, удобней ввести его Spice параметры в Редакторе Компонентов, а не добавлять их каждый раз.

Для открытия диалогового окна параметров Spice щелкните правой кнопкой по компоненту и выберите "Spice установки" в подменю. Появится окно, аналогичное тому, которое мы видели в редакторе компонентов. Введение и редактирование параметров также подобно тому, как это делается в [редакторе компонентов](#).



Обратите внимание, среди стандартных библиотек DipTrace есть библиотека простейших компонентов, которая называется **"Spice"**. Все компоненты в ней имеют установленные Spice параметры. Вы можете использовать ее при создании своих схем, при этом для многих компонентов достаточно поменять 1-2 параметра в настройках Spice, а не заполнять их снова.

4.12 Практическое занятие 6

Настройка Схемотехники

На этом занятии мы:

1. настроим программу Схемотехника (фон, цвета, сетка и т.д.)
2. настроим рамку и штамп
3. подключим библиотеки.

Для запуска программы выберите Пуск -> Все программы -> DipTrace -> Schematic. При первом запуске программа показывает окно выбора фона, однако в дальнейшем Вы можете поменять его через "Вид / Цвета". Установите черный цвет фона по умолчанию.

Большинство настроек сосредоточено именно в меню "Вид". Там же есть настройки сетки. При рисовании схемотехники нам будет достаточно стандартных значений сетки. Можете посмотреть настройки, но изменять их пока не стоит.

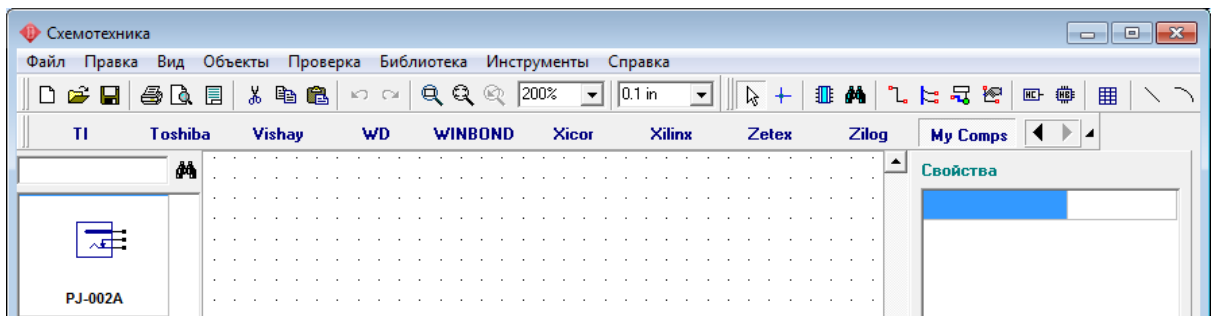
Для [настройки размера листа и штампов](#) откройте "Файл / Параметры страницы". Включите отображение границ листа и рамки (опции "Показывать рамку и штамп" и "Показывать лист"). Затем щелкните по кнопке "Размеры листа" и укажите их. Выберите: "Страница: А3 (420mm x 297mm)". После этого перейдите на вкладку "Штампы" и выберите штамп для каждого угла рамки в соответствующих ниспадающих меню.

Если Вам не подходит ни один из существующих штампов, вернитесь на вкладку "Размеры и рамка", затем щелкните по кнопке "Редактор штампов" для вызова окна создания нового штампа. В нем сначала нажмите кнопку "Добавить", затем переименуйте штамп в соответствующем поле. Добавьте нужное количество столбцов и строк, затем щелкая по ячейке над каждым столбцом, укажите его ширину, а щелкнув по ячейке левее каждой строки — ее высоту. Вверху окна отображается общее количество столбцов и строк, а также размеры штампа. Разбив пространство на строки и столбцы, вы можете выбрать несколько ячеек и сгруппировать их в одну с помощью кнопки "Создать новое поле по выбранным ячейкам" (желтая кнопка под таблицей). Сделайте это для всех ячеек. Поэкспериментируйте с разными кнопками, чтобы разобраться что каждая из них делает и в каком случае они применимы. Добавьте разделительные линии между полями с помощью соответствующих кнопок. Не забудьте сохранить штамп после редактирования. Закройте редактор штампов, а затем окно настроек листа и штампов.

Теперь займитесь [подключением библиотек](#). Сначала, выберите "Библиотека / Подключение библиотек" из главного меню. В диалоговом окне выберите опцию "Автоподключение из директории" и укажите путь к стандартным библиотекам нажав кнопку "..." ниже указанной опции. По умолчанию, стандартные библиотеки находятся в папке "C:\Program Files\DipTrace\Lib", но они могут быть и в любой другой директории в зависимости от того, куда Вы установили программу.

Заметьте, что в Windows 7 DipTrace устанавливается в папку "C:\Program Files (x86)\Diptrace" по умолчанию.

После этого, нам нужно подключить ранее созданную библиотеку с компонентами для нашего проекта (файл с расширением ".eli"). Отключите опцию "Автоподключение из директории". После этого станут активными кнопки между списками активных и всех известных библиотек. Щелкните по кнопке "..." (Добавить с диска) и укажите путь к Вашей библиотеке. После этого нажмите кнопку "Заккрыть" и убедитесь, что нужные библиотеки появились на панели библиотек.



На рисунке видно как библиотека "My Comps" появилась на панели библиотек. В этой библиотеке хранятся все компоненты необходимые для создания принципиальной схемы нашего проекта.

4.13 Практическое занятие 7

Создание принципиальной схемы

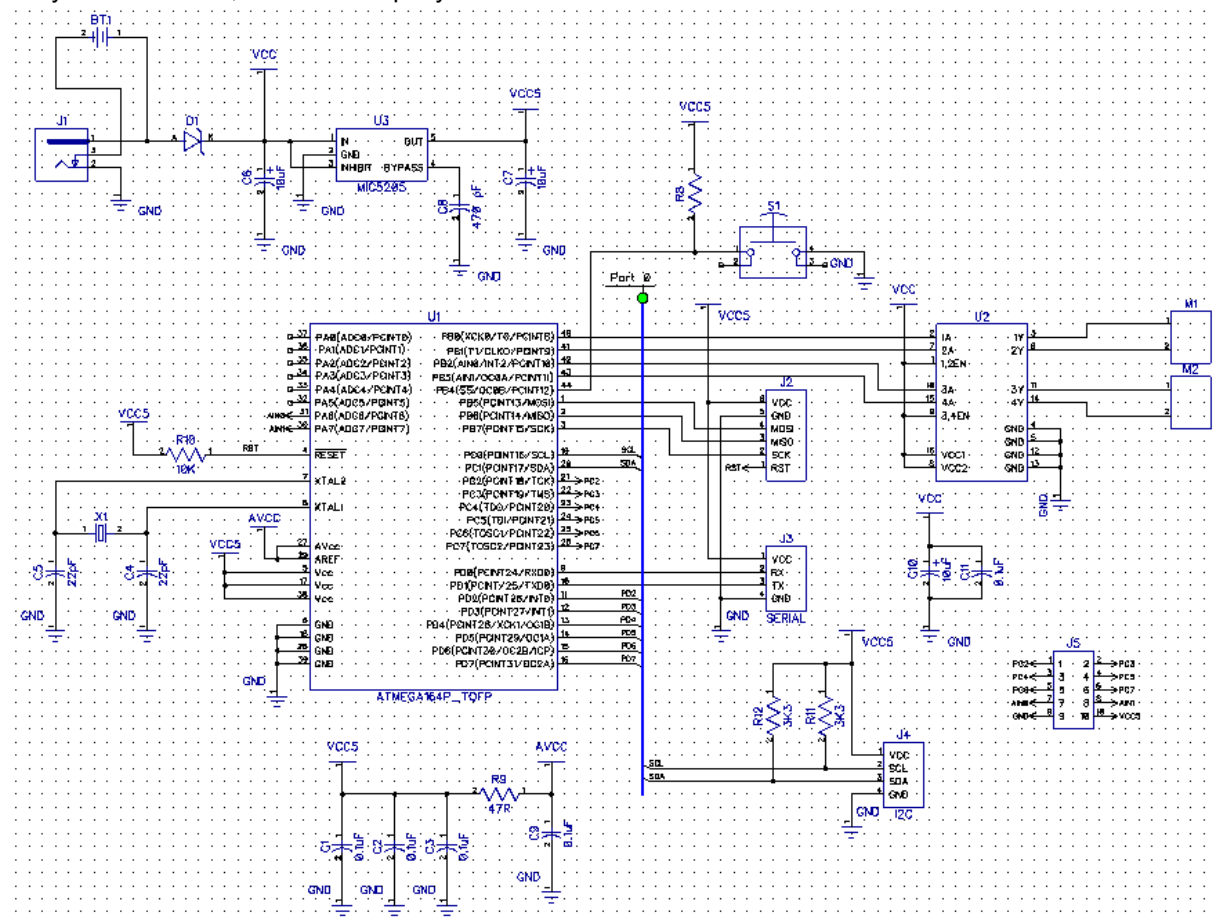
На этом занятии Вы научитесь устанавливать компоненты на схему и создавать связи между ними.

Выберите вашу библиотеку на панели библиотек. Как только она выбрана, список компонентов библиотеки отображается слева от рабочей области. В этой библиотеке мы сохранили все компоненты с прикрепленными корпусами, необходимые для создания схемы и платы нашего проекта. Теперь установите несколько компонентов из этого списка.

Попробуйте [альтернативные способы установки](#), рассмотренные в теоретической части ранее. Потренируйтесь перемещать, вращать и зеркально отражать установленные компоненты относительно осей X или Y. Эти действия наиболее часто использоваться для построения удобной для восприятия схемы.

Чтобы переместить компонент, выделите его левой кнопкой мыши и удерживая кнопку перетащите в новое положение, затем отпустите кнопку. Для вращения, выделите компонент и используйте горячие кнопки Пробел или "R" для вращения. Также можно щелкнуть правой кнопкой по компоненту и выбрать "Вращение" в подменю. Там же в подменю есть опция "Отражение" для вертикального или горизонтального отражения компонента.

Теперь расставьте все необходимые компоненты с библиотеки в нужном количестве. И соедините их в схему, используя линии связи, сетевые порты, шины и соединения без связей, чтобы получилась схема, похожая на рисунок ниже:

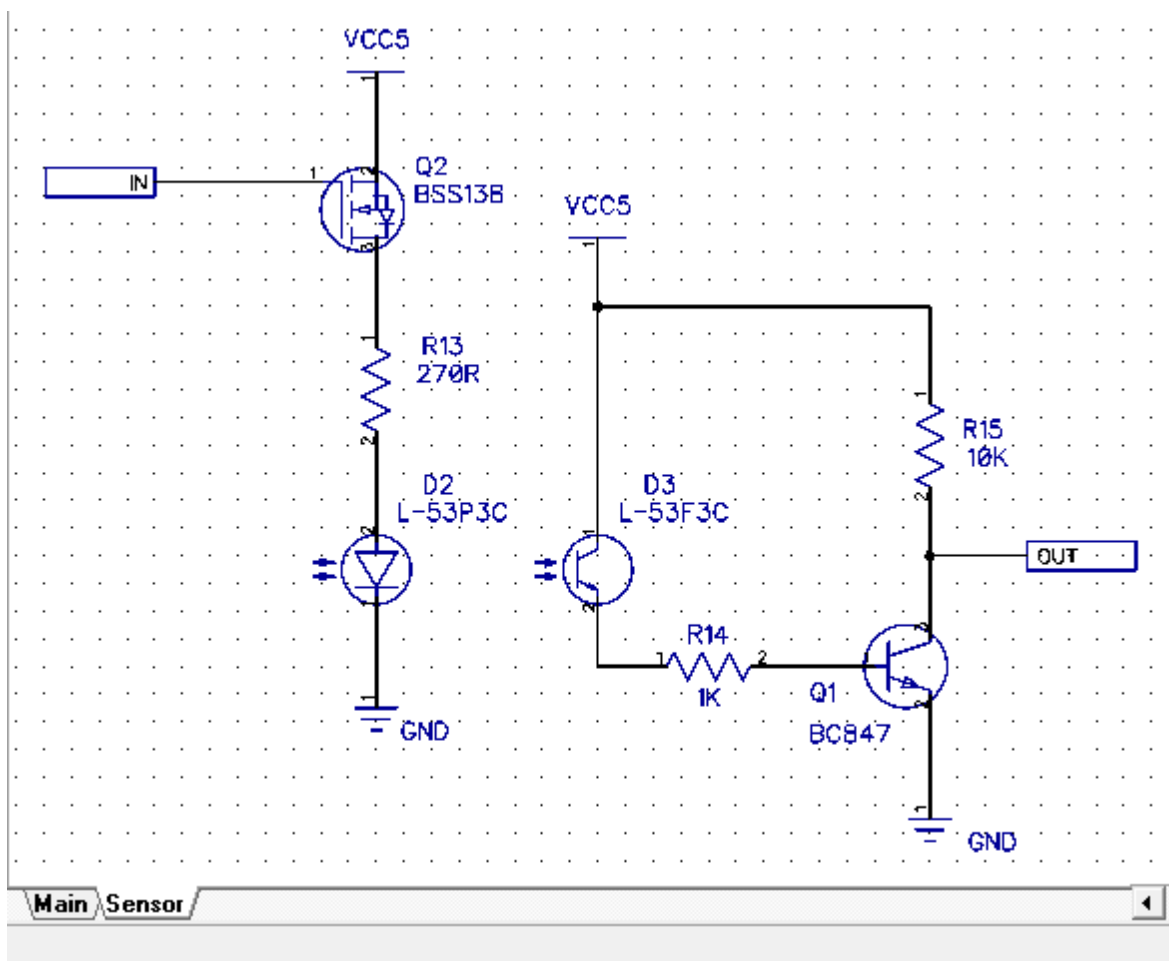


4.14 Практическое занятие 8

Работа с листами и создание иерархической схемы.

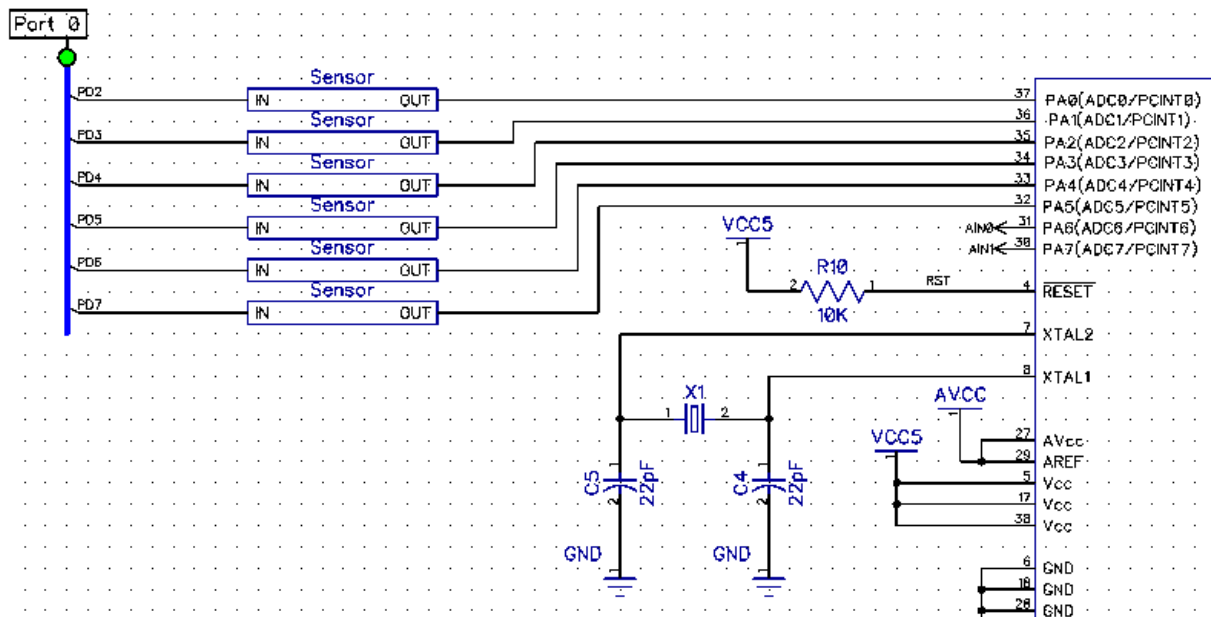
Созданная на предыдущем практическом занятии схема еще незавершена. В ней отсутствуют сенсоры, необходимые роботу для ориентирования. Наиболее удобный способ создать их на схеме — использовать [иерархическую структуру](#). Поскольку все шесть сенсоров одинаковые, то достаточно будет одного иерархического блока, который мы установим на схеме шесть раз.

Создайте новый лист ("Правка / Добавить Лист" или другим способом). Затем переименуйте его в "Sensor". Поменяйте тип листа на иерархический блок. Затем добавьте несколько нужных компонентов из ранее созданной библиотеки и подключите их к сетям на первом листе с помощью иерархических выводов. Глобальные сети для земли и питания появятся автоматически в следствии использования однотипных сетевых портов во всей схеме. В итоге должно получиться вот что:



Для того, чтобы использовать иерархический блок в основной схеме, подключите вход и выход блока к иерархическим выводам. Обратите внимание, что питание и землю подключать к иерархическим выводам не нужно. А сами выводы не забудьте переименовать в "IN" и "OUT".

Вернитесь на основную схему и добавьте иерархический блок несколько раз. Подключите входы и выходы блоков к сетям как показано на рисунке. А также создайте участок шины, соединенный с другой шиной с помощью [межстраничного перехода](#).



Конечный пример схемы, как мы помним, был приведен [вначале](#) этого сборника. Если нужно более детально рассмотреть схему, можете воспользоваться функциями масштабирования, доступными в Вашем PDF-просмотрщике.

5 Редактор плат PCB Layout

5.1 Редактор Плат. Общая характеристика

Редактор плат или **PCB Layout** — программа для создания и редактирования топологии печатной платы. Она включает в себя полный набор инструментов для проектирования печатной платы начиная с загрузки компонентов и сетей и заканчивая экспортом файлов для изготовления плат.

Интерфейс программы включает основное меню, несколько панелей с кнопками для быстрого запуска инструментов, список компонентов текущей библиотеки, менеджер проекта и область построения. Панели инструментов, список компонентов и менеджер проекта могут быть скрыты для увеличения свободного пространства области построения.

Прямо над рабочей областью находится список библиотек. Прокручивая его, пользователь может выбрать нужную ему библиотеку. После этого, список корпусов этой библиотеки будет отображен слева от рабочей области. Чтобы установить корпус, выберите его в списке, а потом кликните левой кнопкой в нужном месте области построения.

Справа находится менеджер проекта. Он разбит на три части. Верхняя треть содержит вкладки со слоями, свойствами объектов и настройками выделения объектов. В средней части менеджера пользователь может посмотреть список компонентов и сетей проекта и выбрать интересующий его объект. После этого, в нижней части менеджера, в зависимости от типа выбранного объекта, отображается список выводов компонента или же сети, как в **Схемотехнике**.

5.2 Настройка области построения

5.2.1 Единицы измерения и сетка

DipTrace может одинаково хорошо работать как в метрической, так и в имперской системах измерений. Точность данных от этого не страдает, т.к. программа хранит их во внутренних независимых величинах.

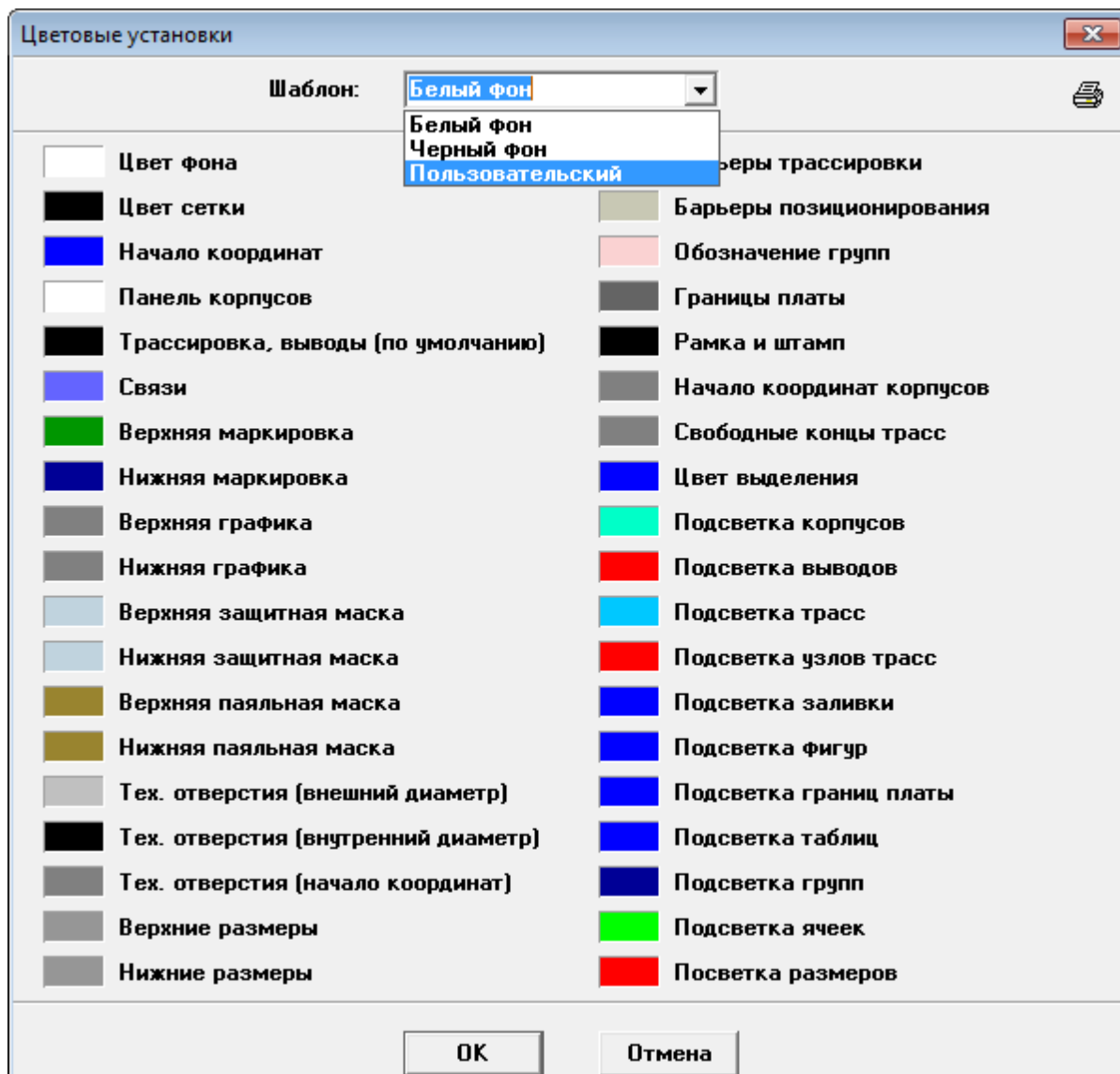
Для выбора единиц измерения используйте "Вид / Единицы измерения" из главного меню.

Обратите внимание, что поля которые выводят значения некоторых параметров (сетка, координаты и др.) имеют ограниченную длину или фиксированное количество цифр после запятой. В таких случаях предпочтительней использовать меньшие единицы измерения, чтобы исключить возможные неточности. Например, иногда использование "mils" (мил) вместо "inches" (дюймов) приводит к отображению куда более точного значения, ведь мил — это одна тысячная часть дюйма. Поэтому будьте внимательны при использовании больших единиц измерения, т.к. значение, которое отображается в ограниченном поле в этом случае не всегда абсолютно соответствует действительности.

Для создания объектов, расстановки компонентов на схеме или плате, а также при трассировке удобно использовать сетку. Включить или выключить ее можно с помощью пункта главного меню "Вид / Сетка" или горячей клавиши "F11", по умолчанию сетка включена. Выбрать размер сетки можно с помощью ниспадающего меню на стандартной панели. Размер сетки автоматически пересчитывается и отображается в выбранных единицах измерения.

В **DipTrace** можно изменить имеющиеся размеры сетки или добавить новый. Это делается с помощью "Вид / Изменение стандартных" в главном меню. В пункте "Вид" можно также настроить разные шаги сетки по осям X и Y.

5.2.2 Настройка цвета



PCB Layout позволяет индивидуально настроить цвет фона и объектов при проектировании печатной платы. Для установки цветовых настроек нужно выбрать "Вид / Цветовые установки" из главного меню.

Доступны три цветовые схемы: белая, черная и пользовательская. Выбрать нужную схему можно с помощью ниспадающего меню в верхней части диалогового окна.

Для изменения цвета объектов необходимо щелкнуть по пиктограмме напротив нужного типа объектов и появится стандартное окно Windows для выбора нового цвета. Изменить параметры шаблонов "Белый фон" и "Черный фон" нельзя, ведь эти цветовые профили считаются базовыми. При попытке их изменения, пользовательская цветовая схема автоматически активируется. Это сделано чтобы можно было в любой момент восстановить цвета по умолчанию. Также как и в **Схемотехнике**.

Для применения изменений нажмите ОК.

Обратите внимание, что цвет сквозных падов задается в диалоговом окне цветов, а цвет поверхностных падов зависит от цвета слоя (Верхний и Нижний).

Цвет слоев настраивается на вкладке "Слои" (над Менеджером проекта) или же в диалоговом окне "Свойства слоев" (кнопка под списком слоев). Процесс изменения цвета аналогичен таковому при редактировании цветовой схемы — жмете на прямоугольник рядом с нужным слоем и выбираете цвет. Во списке всех слоев проекта, с помощью синих галочек можно отдельно включать или отключать отображение каждого слоя. Это удобно при работе с многослойными платами.

На этой вкладке настраиваются все свойства слоев в DipTrace: режим отображения, уровень контрастности при контрастном режиме и т.д.

5.3 Компоненты и сети платы

5.3.1 Разработка платы без схемы

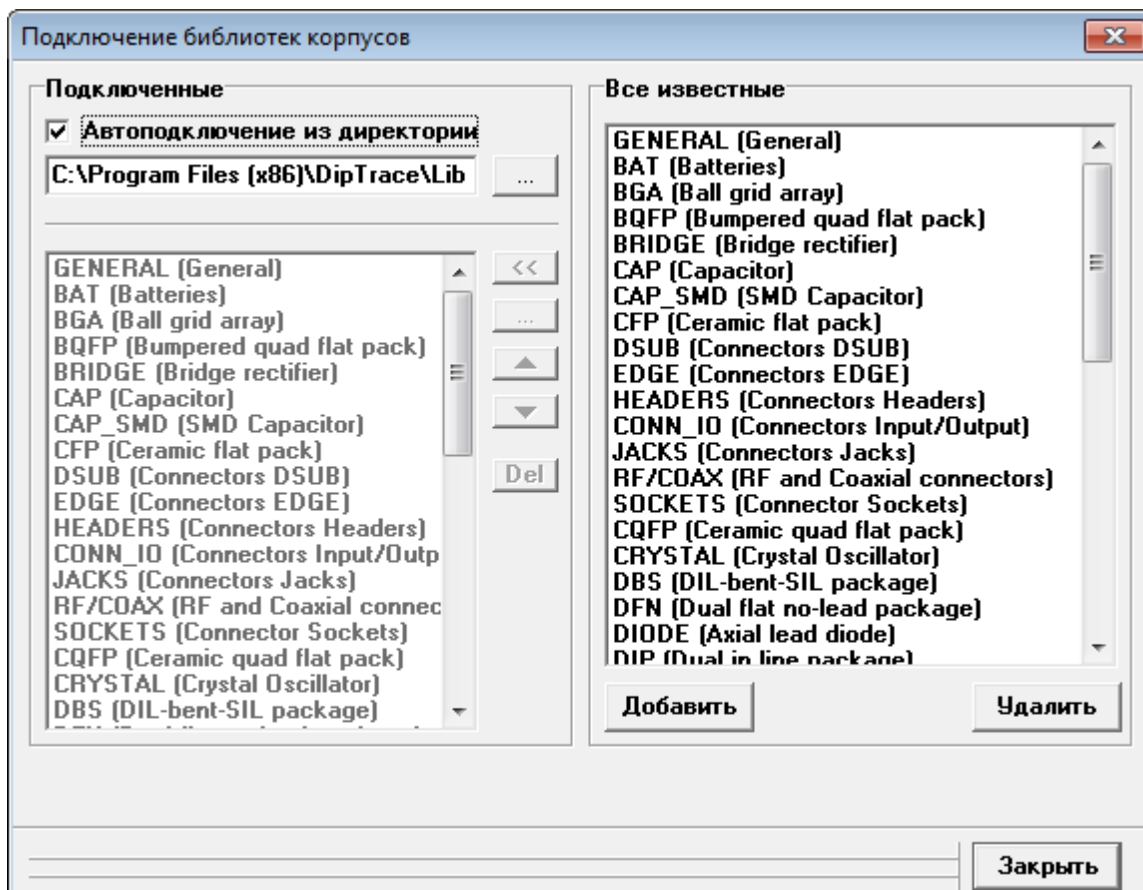
Иногда необходимо разработать простую плату без создания принципиальной электрической схемы. Наиболее часто такой способ используется при прототипировании или для простых "хобби-проектов". Рассмотрим как это делается в **DipTrace**.

5.3.1.1 Настройка библиотек

Работать с библиотеками в **PCB Layout** так же просто как и в Схемотехнике, тем более что система их подключения абсолютно такая же и даже диалоговое окно одинаковое. Единственное отличие это то, что Редактор Плат работает с библиотеками корпусов, а не компонентов.

Прежде всего нам нужно указать программе, где находятся библиотеки корпусов. Для этого выберите "Библиотека / Подключение библиотек" из главного меню.

В появившемся диалоговом окне Вы увидите два списка. Правый список — это список всех библиотек, известных программе. Он может использоваться при поиске корпусов. Левый список — это список активных библиотек, т.е. библиотек, отображаемых на панели библиотек.



Чтобы добавить или удалить библиотеки в список "Все известные" есть специальные кнопки. Кроме того, все библиотеки со списка активных автоматически добавляются в список известных.

Чтобы настроить список активных библиотек, можно или получить их все из папки или же добавить/удалить с соседнего списка всех известных. В первом случае, активируйте опцию "Автоподключение из директории", затем выберите папку используя кнопку "...". Во втором случае — отключите опцию "Автоподключение из директории" и используйте кнопки посередине окна (между списками) для настройки списка активных библиотек.

Воспользуемся первой опцией и укажем путь к стандартным библиотекам. Обычно они находятся в папке "C:/Program Files/DipTrace/Lib", но если Вы установили DipTrace в другую папку, укажите другой путь.

В Windows 7 стандартный путь установки находится в директории Program files (x86).

После этого, Вы можете отключить опцию "Автоподключение из директории" и добавить пользовательскую библиотеку нажав кнопку "..." (Добавить с диска). Используйте всплывающие подсказки для определения назначения каждой кнопки.

После настройки списка библиотек закройте диалоговое окно. Если все было сделано верно, на панели над областью создания появится список стандартных библиотек DipTrace и Ваша пользовательская библиотека корпусов.

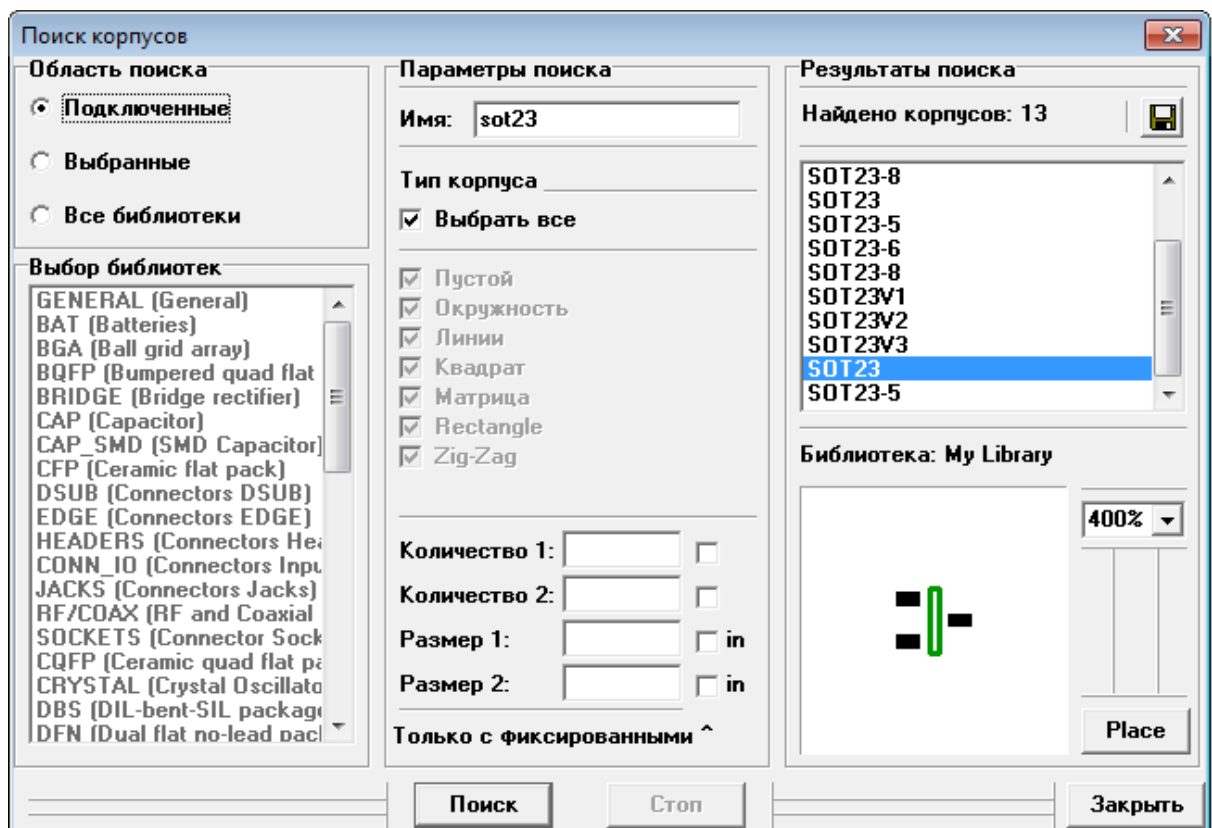
5.3.1.2 Поиск и установка корпусов

Вы можете установить корпус в рабочей области, используя несколько способов:

1. Выберите библиотеку корпусов на панели. После выбора список ее корпусов (посадочных мест под компоненты) появится в левой части окна программы. Выберите один из корпусов левой кнопкой мыши, переместите указатель в нужную точку области построения и снова щелкните левой кнопкой, чтобы установить его. Вы можете установить несколько таких же корпусов продолжая щелкать левой кнопкой в других точках рабочей области.

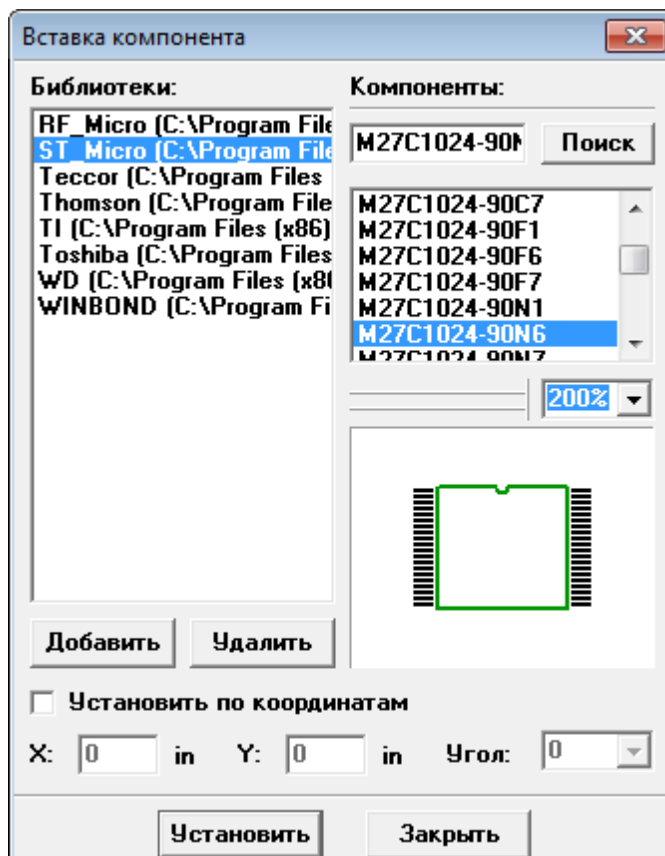
В списке корпус отображается в уменьшенном виде для того, чтобы было легче найти нужный. Также если Вы знаете точное имя корпуса, можете ввести его имя (или первые буквы имени) в строке поиска над списком корпусов. Программа найдет первый корпус с такими буквами в имени и прокрутит список к найденному экземпляру. Обратите внимание, что этот поиск работает только внутри выбранной библиотеки.

2. Расширенный поиск. Эта опция позволяет найти интересующий компонент не только в активных, но и во всех известных программе библиотеках. Разумеется, Вы должны знать хотя бы часть имени желаемого корпуса. Выберите "Объекты / Поиск корпусов" из главного меню.



В левой части диалогового окна Вы можете выбрать в каких библиотеках искать корпус, в средней части необходимо указать поисковый запрос. Затем нажмите кнопку "Поиск" и через несколько секунд Вы увидите результат поиска в виде списка в правой части диалогового окна. Каждый корпус можно увидеть в окне предпросмотра (справа внизу) и установить на плату нажатием кнопки "Place".

3. Выберите "Объекты / Вставить компонент" из главного меню. Выберите нужную библиотеку, а затем компонент в ней, чтобы установить его на плату. Заметьте, что можно выбирать и библиотеки компонентов, DipTrace автоматически извлечет нужный корпус.



В левой части диалогового окна отображается список библиотек, а справа список корпусов выбранной библиотеки и предпросмотр выбранного корпуса. Чтобы добавить (удалить) библиотеку из списка слева используйте нужную кнопку. Выбрав библиотеку, можно воспользоваться поиском по библиотеке или же найти нужный корпус самостоятельно прокрутив список корпусов.

Для установки корпуса на плату используйте кнопку "Установить", для отмены операции — "Заккрыть".

4. Создание посадочных мест прямо в Редакторе Плат. Для простейших плат иногда можно обойтись без использования библиотек, т.е. использовать возможности только **PCB Layout**. Вы можете установить пад или монтажное отверстие, используя кнопки на панели объектов, добавить любые фигуры, будь то линия, прямоугольник, текст и т.д. на нужный слой. Затем выделите созданные объекты, щелкните правой кнопкой по одному из них и выберите "Объединить в корпус" в подменю. Программа автоматически создаст новый корпус и присвоит ему метку (RefDes). При необходимости, Вы можете мультиплицировать этот корпус используя копировать/вставить или же копировальную матрицу ("Правка / Создать матрицу" из главного меню).

Если обнаружена ошибка в корпусе, можно разгруппировать его (функция "Разбить корпус" в подменю), исправить и затем сгруппировать в корпус снова. Однако настоятельно не рекомендуется пользоваться этим приемом, если Вы работаете с платой, которая имеет привязку к схеме! Ну и само собой разумеющееся, для проектов, в которых повторяются одни и те же компоненты, все-таки более рационально создать библиотеку с корпусами, а затем использовать ее многократно.

5.3.1.3 Установка связей

После установки корпусов в рабочей области, необходимо создать связи между выводами.

Вы можете сразу создавать трассы между выводами, а логические связи появятся автоматически. Однако бывают случаи, когда сначала необходимо создать связи без рисования трасс, например, чтобы подключить статические межслойные переходы к медной заливке. В таком случае,

используйте следующий метод. В режиме по умолчанию (когда никакая функция не выбрана) щелкните по одному из выводов корпуса левой кнопкой, затем щелкните по другому выводу той же кнопкой и т.д. Чтобы закончить создание сети, щелкните правой кнопкой.

Есть и другие способы. Щелкните правой кнопкой мыши по выводу корпуса и выберите "Добавить в сеть" в подменю. Можете указать сеть из списка или сделать это визуально.

Обратите внимание, если на проекте еще нет ни одной сети, то эта функция будет скрыта.

Аналогично, можно выбрать несколько статических переходов и подключить их к требуемой сети за одно действие.

Очень удобно использовать "**Таблицу связей**". Выберите "Трассировка / Таблица связей" из главного меню.

Компонент	Вывод
C1	PLUS
Q1	C
R2	A

В появившемся диалоговом окне можно выбрать любую сеть из проекта с помощью ниспадающего меню в верхней части окна. Список контактных площадок, включенных в сеть указан ниже. Пады можно легко удалять и добавлять к сети. Кроме того, сама сеть легко переименовывается, добавляется или удаляется с помощью соответствующих кнопок справа от ее имени.

Дальнейшие шаги по разработке проекта не зависят от того, каким образом были получены компоненты и соединения на плате — из принципиальной схемы или прямо в Редактор Плат, — и будут рассмотрены ниже.

5.3.1.4 Импорт схем

Иногда схемотехника проекта может быть создана в сторонних программах, а печатная плата должна быть разработана в DipTrace. Чтобы не рисовать схему заново в DipTrace, можно импортировать список соединений ("нетлист") в одном из поддерживаемых форматов: Accel, Allegro, Mentor, OrCAD, PADS, P-CAD, Protel, Tango. Если сторонняя программа, в которой была создана схема, может экспортировать один из этих форматов, то "нетлист" можно без проблем импортировать в DipTrace.

Для запуска импорта выберите "Файл / Импорт / Netlist/ ..." из главного меню. Затем выберите соответствующий формат и файл.

5.3.2 Взаимодействие со Схемотехникой

5.3.2.1 Преобразование схемы в плату

Если проект сложный, то не стоит создавать все соединения между компонентами прямо в **Редакторе Плат**, ведь будет очень легко ошибиться. И чем сложнее плата, тем больше вероятность допустить ошибку, рисуя соединения непосредственно в **PCB Layout**.

В таких случаях правильным вариантом будет сначала создать принципиальную схему в Схемотехнике, затем загрузить ее в PCB Layout. Также такой путь предоставляет больше возможности для визуализации информации, ведения документооборота на предприятии и обновления проекта путем внесения изменений в схему с последующим обновлением платы из схемы или наоборот.

Если у Вас уже есть принципиальная схема, созданная в DipTrace, достаточно открыть файл Схемотехники в Редакторе Плат PCB Layout для загрузки компонентов и сетей. Альтернативным способом преобразования схемы в плату является функция "Преобразовать в плату" в главном меню Схемотехники.

В случае, если все компоненты на схеме имеют привязанное посадочное место, загрузка компонентов в PCB Layout пройдет успешно. Однако, если один или несколько компонентов не имеют посадочного места, появится предупреждающее сообщение с перечнем компонентов, которые нужно доработать. Вы можете продолжить загрузку схемотехники и в этом случае, однако следует помнить, что список компонентов и сетей будет неполный. Поэтому следует сначала доработать схему, а затем обновить плату позже.

В результате загрузки схемотехники Вы увидите посадочные места компонентов и линии связей между ними в рабочей области.

5.3.2.2 Обновление платы со схемы

Довольно часто при работе над проектом возникает необходимость внести изменения в схему и обновить плату в соответствии с этими изменениями. Для того, чтобы сделать это в DipTrace, выберите "Файл / Обновить структуру из схемы" из главного меню Редактора Плат и выберите одну из следующих опций:

- **По компонентам.** Это обновление по так называемым скрытым идентификаторам. Каждый компонент или сеть на схеме и на плате имеют скрытые идентификаторы. Даже если Вы меняете метки компонентов (RefDes), идентификаторы остаются неизменными. Это означает, что и в таком случае можно корректно обновить список сетей без нарушения существующей расстановки компонентов и разводки платы. Обновление по компонентам должно также применяться при обновлении платы из иерархической схемы.

- **По меткам компонентов.** Однако, если Вы создали плату не из схемы, а например импортировали из другого формата, удаляли, копировали и вставляли компоненты, тогда скрытые идентификаторы могут не совпадать со схемой. Обновление по компонентам в таком случае

приведет к полному или частичному нарушению проекта, вместо существующих (и возможно уже трассированных) компонентов будут установлены новые, а разводка будет потеряна. Если что-либо имело место — нужно использовать обновление "По меткам компонентов".

- **Исходная схема.** Фактически этот тип обновления является тем же что и "По компонентам", только обновление происходит из последней использованной схемы. Информацию о том, какая именно схема считается исходной, можно проверить с помощью пункта "Информация о плате" ("Файл / Информация о плате" в главном меню).

5.3.3 Практическое занятие 9

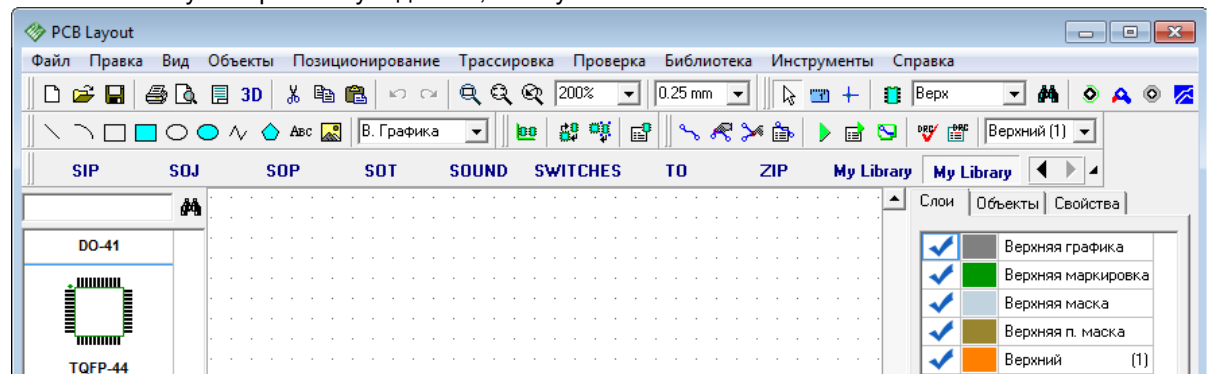
Преобразование схемы в плату

На этом занятии мы добавим несколько компонентов и сетей на плату непосредственно в Редакторе Плат PCB Layout. Затем, загрузим компоненты и сети со схемы.

Запустите PCB Layout. По умолчанию, рабочая область будет пуста, пока не откроете какой-либо файл.

[Настройте библиотеки.](#) Сначала, выберите "Библиотека / Подключение библиотек" из главного меню. В диалоговом окне выберите опцию "Автоподключение из директории" и укажите путь к стандартным библиотекам нажав рядом на кнопку "...". По умолчанию, стандартные библиотеки находятся в папке "C:\Program Files\DipTrace\Lib" (Program Files (x86) для Windows 7), но они могут быть и в другой папке в зависимости от того, куда Вы установили программу.

Теперь стандартные библиотеки подключены и нам нужно подключить ранее созданную пользовательскую библиотеку корпусов. Отключите опцию "Автоподключение из директории". После этого станут активными кнопки между списками подключенных и всех известных библиотек. Щелкните по кнопке "..." (Добавить с диска) и укажите путь к Вашей библиотеке. После этого нажмите кнопку "Закрыть" и убедитесь, что нужные библиотеки появились на панели библиотек.



Выберите любую библиотеку на панели, затем выберите какой-нибудь корпус левой кнопкой мыши из списка корпусов библиотеки и переместите курсор в рабочую область. Обратите внимание, что рисунок выбранного корпуса двигается вместе с курсором. Щелкните левой кнопкой мыши в рабочей области для того, чтобы установить корпус. Вы можете установить несколько корпусов, щелкая левой кнопкой в нужном месте.

Установите еще несколько корпусов, желательно из разных библиотек. Также попробуйте [другие способы установки](#).

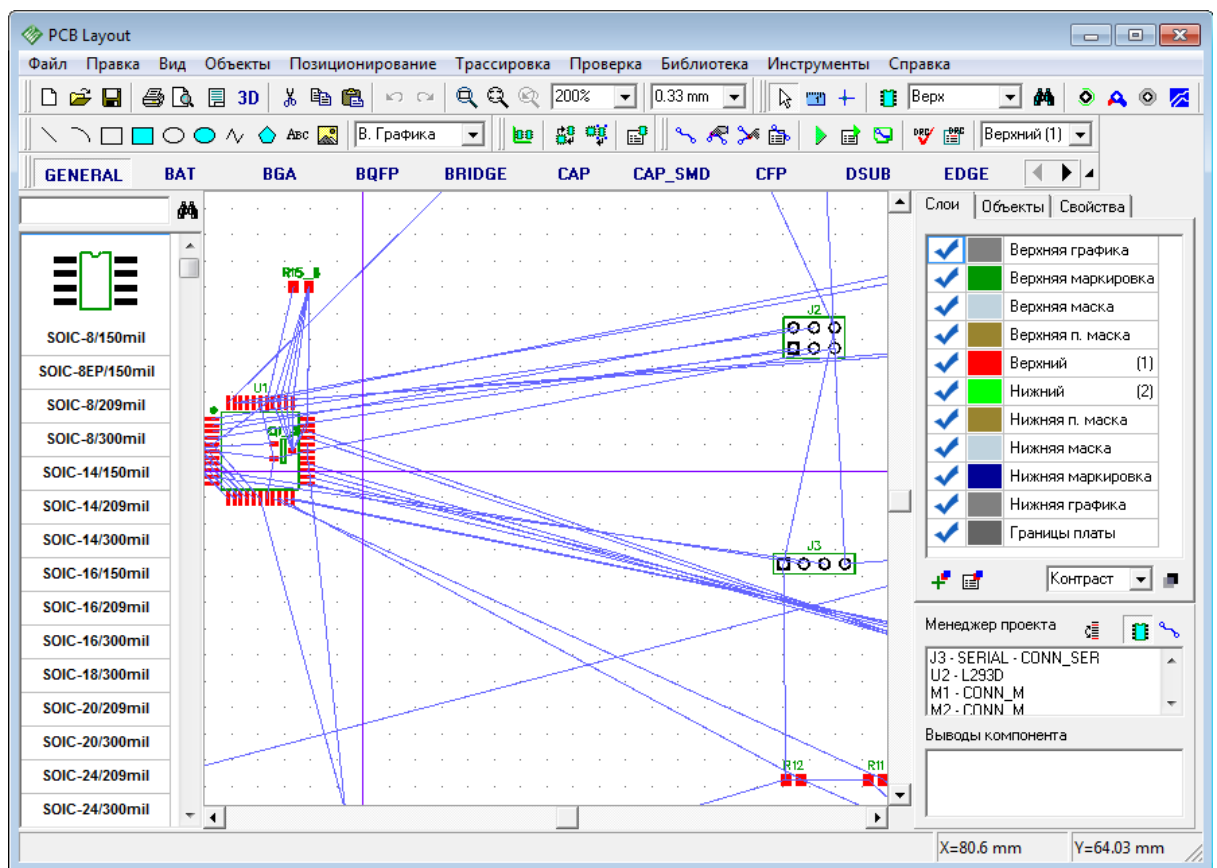
Щелкните левой кнопкой по одному из выводов любого компонента. Программа автоматически перейдет в режим создания сетей. Затем щелкните по другому выводу (другого или этого компонента). Будет создана новая сеть и Вы увидите синюю линию логической связи. Продолжая щелкать по другим выводам, Вы можете добавить еще несколько выводов в эту сеть. Для завершения создания сети, щелкните правой кнопкой в любой свободной точке области построения.

Создайте еще несколько сетей. Обратите внимание, что при попытке подключения к одному из выводов, который уже включен в одну из сетей, программа предложит объединить сети, перенести вывод в новую сеть или отменить действие. Для удаления вывода из сети, щелкните по выводу и выберите "Удалить из сети" в подменю.

Откройте "Трассировка / Таблица связей". Здесь Вы можете посмотреть список сетей, а также их выводов. Выводы можно добавить или удалить к/из выбранной сети. В этом же окне можно добавлять и удалять сети.

Поэкспериментировав с созданием сетей вручную, удалите все компоненты в рабочей области. Для этого используйте "Ctrl+A" чтобы выбрать все объекты, затем кнопку "Del", чтобы удалить.

Выберите "Файл / Открыть" из главного меню и выберите файл схемотехники нашего проекта. Если все компоненты на схеме содержат подключенные корпуса, загрузка пройдет без каких-либо ошибок и предупреждений. В противном случае, программа выведет сообщение, что определенные компоненты не содержат подключенного корпуса. В таком случае, Вам необходимо вернуться в Схемотехнику и исправить схему (подключить оставшиеся корпуса).



После загрузки схемы, на рабочей области будут располагаться все компоненты, а между ними синими линиями отображаться нужные связи. Чтобы предотвратить случайное изменение связей, заблокируйте структуру, используя "Трассировка / Заблокировать структуру связей". Пока компоненты располагаются абсолютно хаотично. Обычно их упорядочивают рядом с границами платы, но если границы платы еще не установлены и вы нажмете на кнопку "Упорядочить компоненты", или выберите "Позиционирование / Упорядочить компоненты" из главного меню, то компоненты будут упорядочены в центре начала координат.

5.4 Подготовка к позиционированию и трассировке

5.4.1 Границы платы

Прежде чем приступить к расстановке компонентов, необходимо задать границы платы. Печатная плата может быть простой формы или же иметь сложный контур с вырезами и т.д.

В проекте может быть только одна граница платы! Попытка создать еще одну приводит к удалению существующей. Одной из частых ошибок является использование "Выреза в плате" вместо "Границы платы". Эти объекты визуально очень похожи, но имеют абсолютно разное применение.

Чтобы создать границу платы воспользуйтесь одним из следующих способов:

- **Нажмите кнопку "Определение границ платы"** на панели трассировки или выберите "Объекты / Границы платы" из главного меню. Затем поочередно укажите узловые точки контура платы в рабочей области и нажмите "Ввод". Контур платы может состоять также из линий и дуг. Чтобы создать дугу, в режиме рисования контура платы щелкните правой кнопкой и выберите "Режим дуги". В результате следующая точка будет средней точкой дуги. Для выхода из режима создания дуги в контуре платы, щелкните правой кнопкой и выберите "Режим дуги" снова.

- **Создание контура платы по точкам.** Выберите "Объекты / Координаты вершин" из главного меню. В появившемся диалоговом окне можно добавить/удалить точки контура платы и ввести их координаты. Также в этом диалоговом окне можно создать границы платы, используя один из стандартных вариантов (прямоугольная, круглая или прямоугольная с закруглениями по углам). При этом, нужно ввести всего несколько параметров: длина, ширина и радиус.

- **Импортировать границы платы из DXF.** Этот способ целесообразно применять при сложном контуре платы или же когда исходные данные для проектирования уже заданы в другом пакете (например, механическом САД приложении).

Если в плате должны быть вырезы любой формы, их можно без усилий сделать в DipTrace. Для этого выберите слой "Вырез в плате" из выпадающего меню на панели рисования, затем выберите подходящий тип фигуры и нарисуйте замкнутый контур выреза в плате. Он может состоять из нескольких фигур, содержать прямые линии и дуги, главное чтобы контур был замкнут. Плата может иметь несколько вырезов.

5.4.2 Настройка слоев

5.4.2.1 Общие параметры

По умолчанию, плата в DipTrace имеет два сигнальных слоя (Верхний и Нижний) и фиксированное количество несигнальных слоев (Маркировка, Графика, Маска, и т.д.). Этого набора будет достаточно для простых плат и проектов средней сложности. Но если плата более сложная, то потребуется добавить несколько сигнальных/экранных слоев, что сделать совсем несложно.

Количество экранных слоев в проекте неограниченно, а количество сигнальных слоев зависит от выбранной лицензии и неограниченно только для полной версии. На данный момент в DipTrace нельзя добавлять несигнальные слои (Маркировка, Графика, Маска, и т.д.), но такая возможность будет предусмотрена в одном из ближайших релизов.

Сигнальные слои — это слои, которые используются для проведения дорожек, заливки и установки любых других объектов (текст, фигуры, таблицы и др.). Экранные слои могут использоваться для установки одной или нескольких заливок, например полигонов земли и

питания. Дорожки на экранных слоях не создаются автотрассировщиком, но могут быть созданы вручную в некоторых случаях.

Не рекомендуется делать Верхний и Нижний слои экранными. А вот внутренние слои платы могут быть как сигнальными так и экранными в зависимости от задумки разработчика.

Рассмотрим типовые структуры печатных плат и принципы настройки слоев для них.

1. Если планируется получить однослойную печатную плату, то не стоит вносить никаких изменений в существующий список слоев. Просто следует использовать только один слой для расстановки и трассировки проводников. Другой сигнальный слой нужно оставить неиспользованным. Не важно какой из двух слоев Вы выберете (Верхний или Нижний), главное оставить пустым другой. Например, компоненты со сквозными контактными площадками установите на Верхний слой, а дорожки проводите в Нижнем. Если же компоненты поверхностные, то и дорожки и компоненты должны быть в одном слое.

При использовании ручной трассировки, пользователь решает как будут проведена каждая дорожка. Если же трассировать плату автотрассировщиком, следует для начала его настроить чтобы получить разводку в одном слое. Подробнее об этом смотрите в настройках автотрассировщика. О них мы поговорим немного позже.

На однослойных платах, кроме простейших, будут полезны перемычки, которые значительно упростят разводку платы в одном слое. Перемычки могут использоваться как при ручной, так и при автоматической трассировке, но только если используется Grid router. Хотя перемычки часто используются и на многослойных платах. Как ими пользоваться мы узнаем немного позже.

2. Двухслойные платы — наиболее распространенные для небольших и средних по сложности проектов. Компоненты и проводники могут находиться на обеих сторонах платы. Рекомендуется оставить настройки слоев стандартными за исключением, разумеется, настроек отображения.

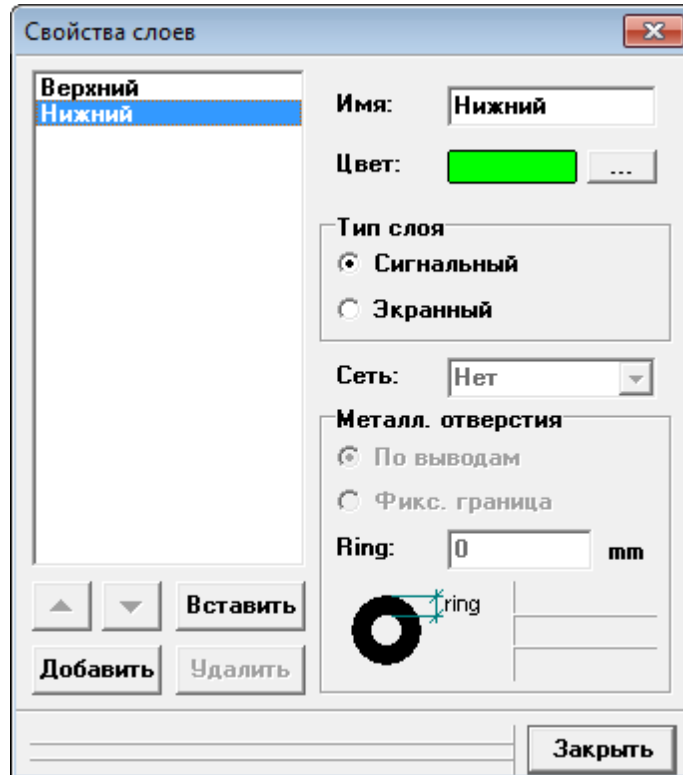
3. Многослойные платы получают путем добавления внутренних слоев к уже существующим слоям Верхний и Нижний. Тип внутренних слоев может быть сигнальным или экранным.

Рекомендуется, чтобы на плате было парное число слоев, а сама плата была симметричной в разрезе. Для программы, это не имеет значения, но может быть важно для производителя.

5.4.2.2 Работа со слоями

Давайте рассмотрим процесс добавления, удаления и изменения типа слоев и настройки параметров их отображения.

Начиная с версии 2.2 настройки слоев доступны после выбора "Трассировка / Свойства слоев" в главном меню, или нажав кнопку на вкладке "Слои" менеджера проекта в правой верхней части экрана



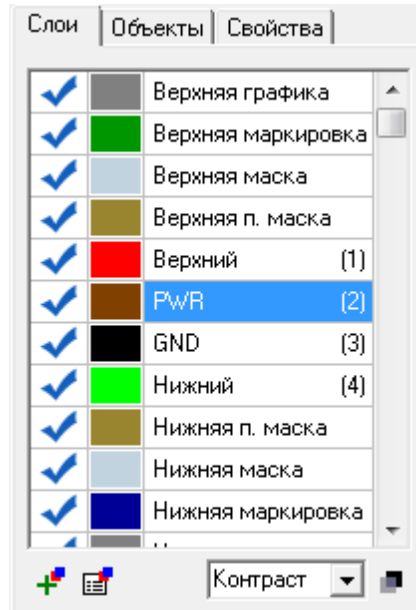
В левой части диалогового окна расположен список сигнальных/экранных слоев. Выбрав один из них, можно настроить имя слоя, цвет проводников и тип слоя. Экранные слои можно подключить к сети и установить параметры металлизированных сквозных отверстий, пересекающих его.

Поскольку экранные слои располагаются внутри платы, форма пада в них повторяет форму отверстия в сквозной контактной площадке. Для круглого отверстия будет круглая форма пада, для овального отверстия — овальная. Не имеет смысла делать площадку иной формы, т.к. его все равно ее не будет видно на плате, ведь она на внутреннем слое. Для экранных слоев также можно настроить ширину кольца вокруг отверстия, которое может быть равно размеру падов или же иметь фиксированное значение по отношению к размеру отверстия.

В левом нижнем углу диалогового окна находятся кнопки, которые позволяют добавлять, удалять, вставлять и менять местами слои на плате. Разумеется, Верхний и Нижний слои нельзя удалить или переместить по списку.

После настройки слоев, нажмите кнопку "Заккрыть", чтобы применить изменения и закрыть диалоговое окно свойств.

Настройки отображения слоев производятся прямо на вкладке "Слои" в правом верхнем углу окна программы (над менеджером проекта).



Здесь можно включить или выключить отображение отдельных слоев, как сигнальных так и несигнальных, а также индивидуально настроить цвет каждого из них. Для включения/отключения отображения слоя, щелкните по синей "галочке" напротив выбранного слоя, а для настройки цвета слоя — по цветному прямоугольнику слева от его имени. Помните, что цвет поверхностных контактных площадок зависит от цвета слоя, на котором они установлены.

Обратите внимание, справа от имени каждого сигнального и экранного слоя в скобках указаны горячие клавиши для быстрого перехода к этому слою. Для слоев Верхний и Нижний можно использовать также клавиши "Т" и "В" соответственно.

Если плата двух- или многослойная, то работать с ней будет очень трудно, если программа будет показывать одновременно все слои. Поэтому в DipTrace существует несколько режимов отображения слоев: "Активный", "Все слои" и "Контрастный". Режим отображения можно выбрать с помощью ниспадающего списка на панели слоев. Уровень контрастности может быть определен от 0 до 100%. Для его настройки воспользуйтесь кнопкой в правом нижнем углу панели слоев.

5.4.3 Межслойные переходы и стили переходов

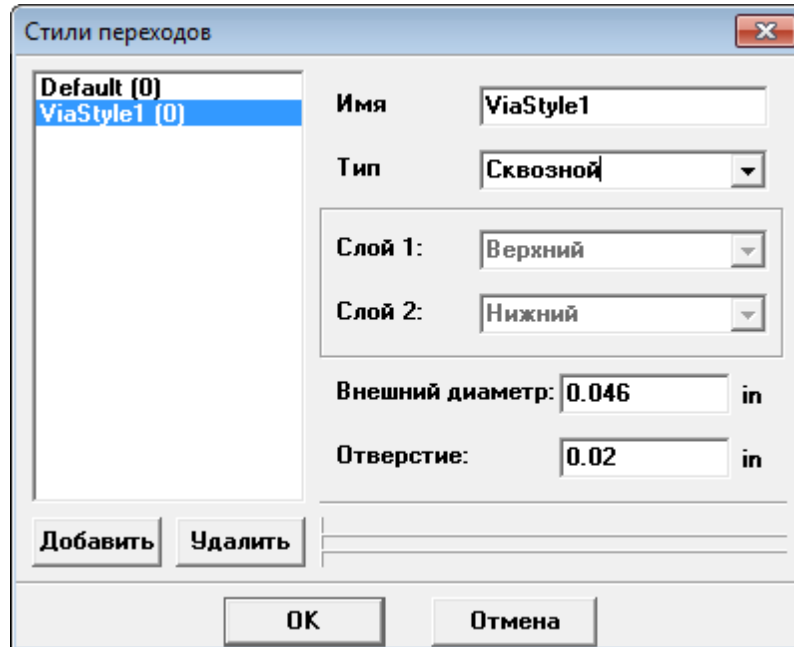
Переходные отверстия или межслойные переходы (vias (от англ. "via")) служат для перевода трассы из одного слоя в другой.

По способу создания, переходы в DipTrace делятся на динамические и статические. Динамический межслойный переход создается программой автоматически, при переходе дорожки из одного слоя в другой при ручной трассировке. Статический переход может быть установлен пользователем или создаваться некоторыми функциями программы — "Установка переходов" (Fanout) и автотрассировщиком Shape router.

По физическим свойствам (присутствию перехода в слоях) vias делятся на **сквозные** и **несквозные** (или глухие). Первый тип — это переходы, которые пересекают плату насквозь из верхнего слоя в нижний, делая в плате отверстие. Несквозные — это переходы, которые присутствуют не во всех слоях платы. Разумеется, в двух-слойной плате все vias сквозные, но в многослойной плате могут использоваться как сквозные так и несквозные.

В одном проекте могут использоваться несколько типов vias, отличающихся по размеру и физическим свойствам. Но их параметры нужно предварительно задать. Для этого откройте "Трассировка / Стили переходов" из главного меню. Вы увидите следующее диалоговое окно стилей переходов.

В его левой части находится список стилей в текущем проекте. По умолчанию будет только стиль "Default", к которому принадлежат все переходы проекта, он создается автоматически. В скобках указывается количество виасов данного стиля. Для стиля "Default" доступны для редактирования только два параметра: внешний диаметр перехода и диаметр отверстия.

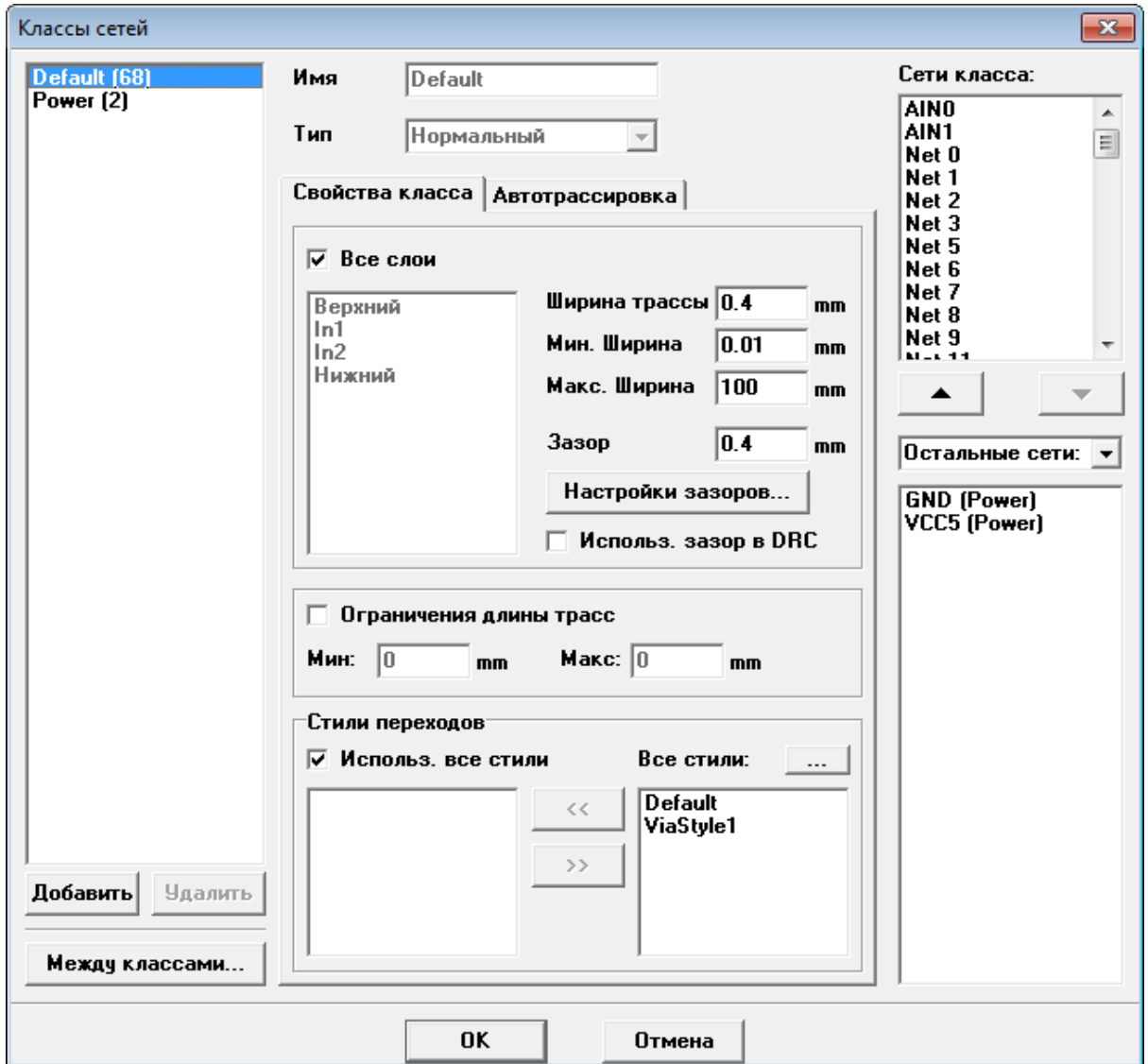


Вы можете добавить новый стиль нажав кнопку "Добавить". Затем выберите его в списке, после чего можно будет изменить имя, тип и размеры виасов этого стиля. Если выбрать "Несквозной" тип перехода, то необходимо будет указать пару слоев этого перехода (верхний и нижний слои через которые будет проходить виас).

5.4.4 Классы сетей

Для проектов средней и большой сложности практически невозможно помнить все параметры и требования, предъявляемые к разным сетям платы. Особенно если дизайнер платы работает над несколькими проектами параллельно. Например, некоторые сети должны выдерживать большой ток, а другие — иметь повышенную изоляцию (зазор) по отношению к соседним сетям и т.д.

Для быстрой настройки этих параметров служит функция "Классы сетей". Чтобы открыть окно настроек классов сетей, выберите "Трассировка / Классы сетей" из главного меню.



Изначально, все сети находятся в классе "Default". Исключением может быть ситуация, когда Вы загружаете проект, созданный в предыдущих версиях DipTrace, когда система классов сетей не поддерживалась. В этом случае программа может автоматически сгруппировать сети в нет классы по свойствам.

В левой части диалогового окна Вы видите список нет классов в проекте. Его можно редактировать, используя кнопки сразу под списком. "Default" класс нельзя ни переименовать, ни удалить. В скобках рядом с именем класса указывается количество сетей, принадлежащих к нему.

Для выбранного класса сетей, в центре окна указываются его параметры: имя, тип (в текущей версии не меняется, но в будущем может быть использован для указания дифференциальных пар, шин и т.д.), параметры трассировки, используемые межслойные переходы и т.д. В правом верхнем углу окна находится список сетей, принадлежащих к данному классу, а в правом нижнем углу — список всех остальных сетей.

Рассмотрим параметры классов сетей подробнее. Они находятся на двух вкладках: **"Свойства класса"** и **"Автотрассировка"**.

5.4.4.1 Свойства класса

На вкладке "**Свойства класса**" указаны общие параметры, такие как ширина трассы, зазоры, ограничения длины трассы и использование межслойных переходов.

Свойства класса | Автотрассировка

Все слои

Верхний
In1
In2
Нижний

Ширина трассы 0.4 mm

Мин. Ширина 0.01 mm

Макс. Ширина 100 mm

Зазор 0.4 mm

Настройки зазоров...

Исполъз. зазор в DRC

Ограничения длины трасс

Мин: 0 mm Макс: 0 mm

Стили переходов

Исполъз. все стили

Все стили: ...

<< >>

Default
ViaStyle1

Параметры ширины трассы и зазоров могут быть общими для всех слоев платы или же индивидуальны для каждого. Если опция "Все слои" включена, то ширина трасс, зазоры и другие параметры одинаковы для сетей класса на всех слоях. Если она отключена — параметры сетей данного класса могут отличаться в зависимости от того на каком слое они проведены. Для того чтобы определить их, уберите галочку "Все слои", список слоев станет активным. Выбирайте поочередно каждый из слоев платы и вводите параметры для каждого из них.

Параметр "**Ширина трассы**" указывает требуемую ширину трассы сетей данного класса. Однако допускаются сужения и расширения трасс в некоторых местах. Параметры "Мин. Ширина" и "Макс. Ширина" устанавливают пределы, допустимые при изменении ширины трассы.

Параметр "**Зазор**" устанавливает какими должны быть зазоры между различными объектами. Можно указать общее значение, или же нажать кнопку "Настройки зазоров" и указать различные значения для зазоров между разными типами объектов.

Параметры зазоров из настроек классов сетей применяются автотрассировщиком. Но их также можно включить и в проверку **правил дизайна (DRC)**, выбрав соответствующую опцию.

"**Ограничения длинны трасс**" может применяться для ограничения разницы длинны сетей в классе. Это актуально для разводки высокоскоростных шин данных, диф. пар и др.

Настройка "**Стили Переходов**" позволяет выбрать какие стили из всех доступных в проекте можно использовать при трассировке данного класса сетей. Если выбрана опция "Исполъз. все

стили", при трассировке сетей данного класса будут применяться все стили переходов проекта. Если эта опция отключена, то можно указать какие именно стили будут использоваться.

5.4.4.2 Автотрассировка

На вкладке "**Автотрассировка**" находятся свойства автотрассировки сетей данного класса.

The screenshot shows the 'Автотрассировка' (Auto Routing) configuration window. It features two tabs: 'Свойства класса' (Class Properties) and 'Автотрассировка' (Auto Routing). The 'Автотрассировка' tab is active and contains the following settings:

- Приоритет:** 0
- Макс. переходов в сети:** 10000
- Макс. избыточная длина:** 10000 mm

Below these settings is a section titled 'Слои трассировки (сигнальные)' (Routing layers (signal)). It includes a checked checkbox 'Настр. трассировщика' (Router settings) and a 'Все слои:' (All layers:) section. The 'Все слои:' section contains a list of layers: 'Верхний' (Top), 'In1', 'In2', and 'Нижний' (Bottom). There are also '<<' and '>>' buttons for moving layers between lists.

Опция "Приоритет" позволяет изменить приоритет разводки сетей класса. Имеет диапазон значений от 0 до 200. Чем больше число в этом поле, тем более качественной может получиться трассировка.

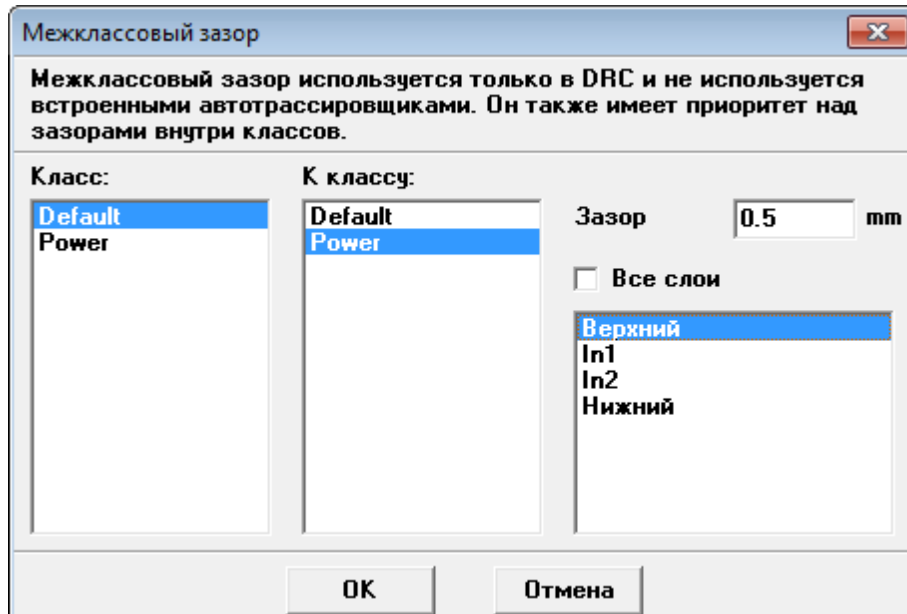
Опция "Макс. переходов в сети" ограничивает количество межслойных переходов для сети. Если выставить значение опции равным 0, то автотрассировщик будет разводить сети класса вообще не используя переходы.

Опция "Макс. избыточная длина" устанавливает максимально допустимое превышение кратчайшего пути при трассировке сети.

Опция "Слои трассировки (сигнальные)" позволяет указать в каких слоях трассировать сети данного класса. Если включена опция "Настр. трассировщика", то берутся настройки текущего автотрассировщика ("Трассировка / Параметры автотрассировки" из главного меню). Если же она отключена, то нужно указать слои, в которых трассировать сети (переместить имена слоев из правого списка в левый с помощью соответствующих кнопок).

5.4.4.3 Межклассовый зазор

Если в проекте используется несколько классов сетей, то может случиться такая ситуация, что параметры зазоров каждого класса могут конфликтовать друг с другом. В таких случаях нужно установить параметры "Между классами". Для открытия этих параметров щелкните по соответствующей кнопке в окне Классы сетей.



В данном диалоговом нужно выбрать два класса из разных списков и ввести значение зазора между ними. Зазоры могут отличаться по слоям.

5.4.5 Загрузка и сохранение правил

Опытный разработчик плат, имеющий за плечами немало проектов, наверняка может составить несколько шаблонов-заготовок печатных плат на основе типовых проектов, которые встречаются в его практике наиболее часто. Каждый раз, когда нужно разработать новую плату, можно просто загрузить уже готовый шаблон правил дизайна, который включает в себя все настройки проверки дизайна, слои, стили переходов и классы сетей, чтобы не создавать их заново.

Возможность сохранения перечисленных правил также актуальна, если Вы заказываете печатные платы у одного производителя. Ограничения на параметры минимальных зазоров, ширины трасс и диаметра отверстий могут быть введены один раз и потом использоваться для дальнейших проектов.

Чтобы сохранить шаблон со всеми правилами, выберите "Трассировка / Сохранить правила" из главного меню.

Если нужно загрузить правила в текущий проект, выберите "Трассировка / Загрузить правила" из главного меню, затем укажите файл с сохраненными настройками (это файл с расширением ".rul") или файл другого проекта DipTrace (с расширением ".dip"), чтобы извлечь из него настройки.

5.4.6 Барьеры позиционирования и трассировки

Иногда необходимо ограничить расстановку компонентов или проведение трасс в какой-либо области на печатной плате. Для этого в DipTrace служат функции "Барьер позиционирования" и "Барьер трассировки". Эти ограничения будут учитываться функциями автопозиционирования и автотрассировки, а также проверяться функцией DRC (опционально, только ограничения области трассировки).

Для того, чтобы указать ограничения для расстановки компонентов нужно создать фигуру в слое

"Барьерозиционирования". Выбор слоя производится из ниспадающего меню на панели рисования. Могут быть использованы любые фигуры, позволяющие создавать замкнутый контур. Теперь DipTrace не поставит в заданной области ни одного компонента, но автотрассировщик будет проводить там дорожки.

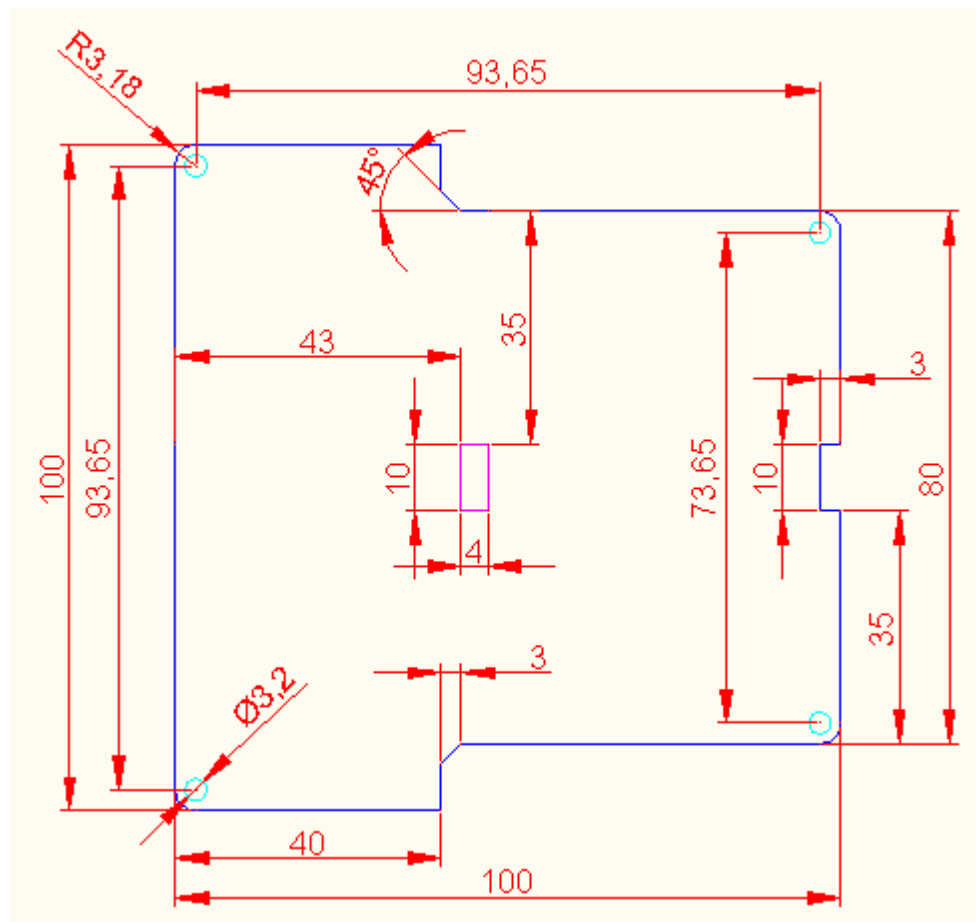
Барьеры трассировки создаются аналогично, но фигуры должны быть установлены на слой "Барьер Трассировки". Барьеры могут быть произвольной формы, главное чтобы контур был замкнут. Нажав правой кнопкой на фигуре и выбрав "Свойства фигуры из подменю" можно выбрать на каком слое будет располагаться барьер и изменить его свойства.

5.4.7 Практическое занятие 10

Создание границ платы

На этом уроке Вы научитесь:

- создавать границы платы разными способами, а также вырезы в плате произвольной формы. Для реализации нашего проекта робота нужно будет создать границы платы в соответствии с приведенным ниже чертежом:

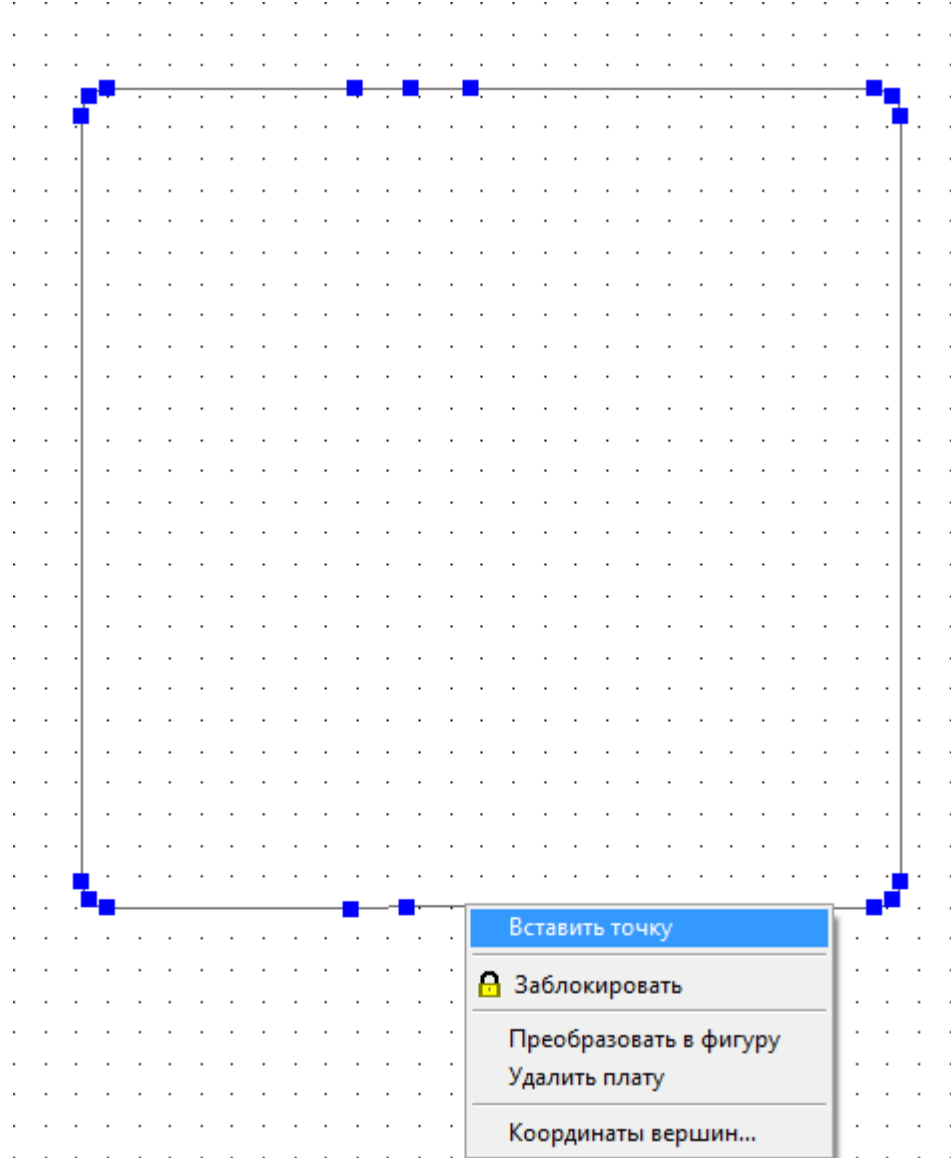


Создайте новый файл, выбрав "Файл / Новый" из главного меню. Используйте метрические единицы измерения, если необходимо переключитесь в "mm", выбрав "Вид / Единицы измерения" из главного меню.

Способ 1: Выберите "Объекты / Координаты вершин". В диалоговом окне щелкните по опции "Создать прямоугольную плату с закруглениями", затем введите: "Ширина: 100 mm", "Высота: 100 mm" и "Радиус: 3.18 mm". Нажмите ОК чтобы закрыть окно.

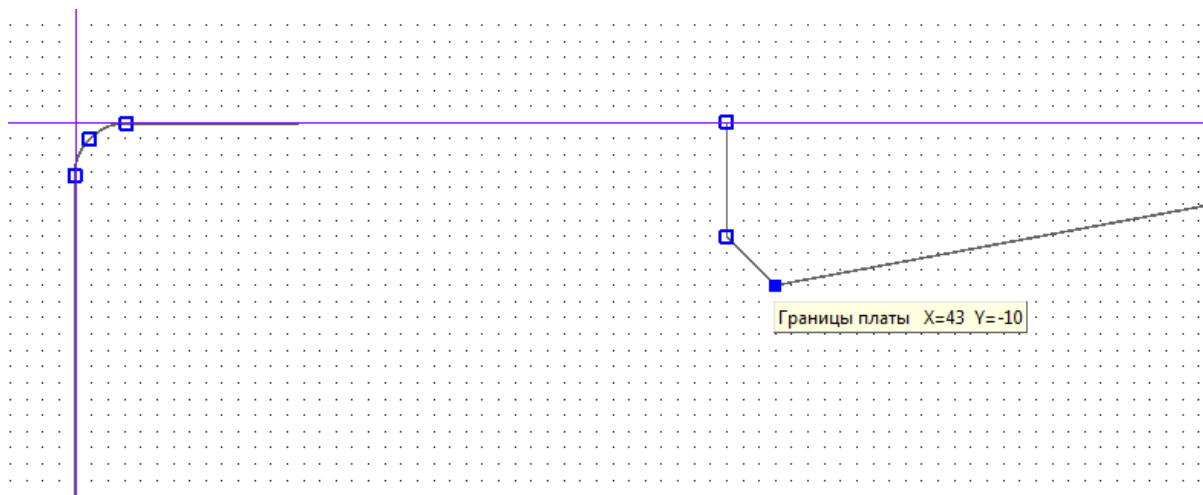
Вы увидите квадратную плату с закруглениями на углах. Щелкните по верхней горизонтальной

линии контура платы правой кнопкой и выберите "Вставить точку" в подменю. Будет добавлена точка в контуре платы. Аналогичным образом добавьте еще две точки рядом, затем добавьте три точки на нижней горизонтальной линии контура платы.



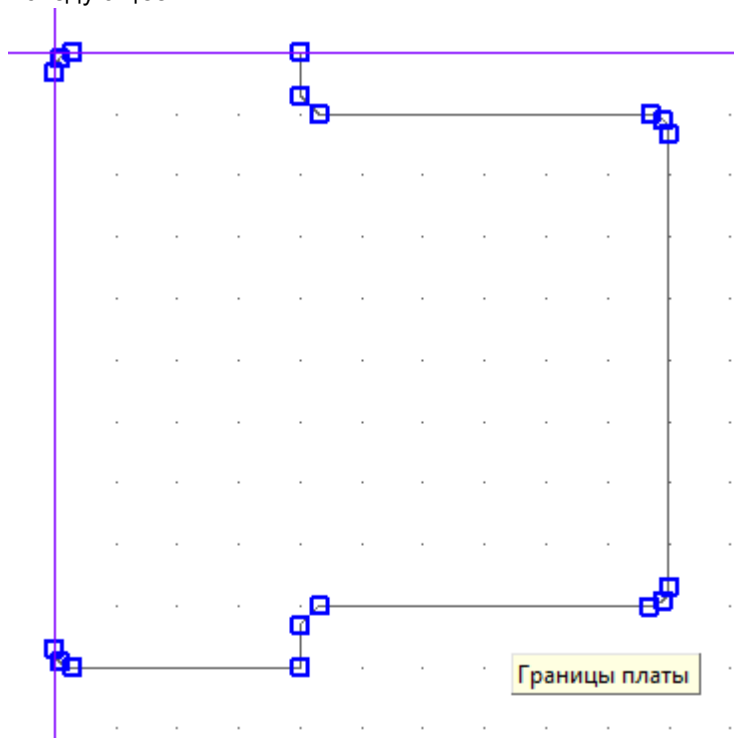
Переместите точку начала координат в точку, удобную для расчета положения узловых точек контура платы. Для этого выберите с помощью "Вид / Изменить начало координат / ...". Если точка начала координат не отображается, включите ее с помощью горячей клавиши "F1".

Установите размер сетки 1 mm, т.к. удобно использовать ее для правки контура платы в данном случае. Если такой сетки нет, добавьте ее с помощью "Вид / Изменение стандартных". Затем выберите нужную сетку из ниспадающего меню на стандартной панели. Убедитесь, что сетка включена (горячая клавиша "F11"). Захватив левой кнопкой мыши перетаскивайте узловые точки контура платы. Используйте всплывающие подсказки и координаты объектов в правом нижнем углу основного окна программы.



После того, как Вы перетащили точки в верхней горизонтальной линии контура, сделайте тоже самое на нижней горизонтальной линии. Затем откройте диалоговое окно "Объекты / Координаты вершин". Кстати, доступ к нему возможен из подменю контура платы. Просмотрите список точек контура платы. Выбрав точку из списка, можно менять ее координаты. Некоторые точки являются частью дуги, о чем свидетельствует соотв. опция. Найдите точку, принадлежащую дуге правого верхнего угла платы и опустите ее (уменьшите координату Y) на 10 mm. Сделайте то же самое с двумя соседними точками. Координаты по оси X менять не надо.

Закройте диалоговое окно, Вы должны увидеть, что дуга контура платы опустилась на 10 mm. Повторите процедуру, но на этот раз поднимите правую нижнюю дугу на 10 mm, чтобы в результате получить следующее:



Добавьте еще 4 точки на правой линии контура платы и перетащите их в соответствии с чертежом.

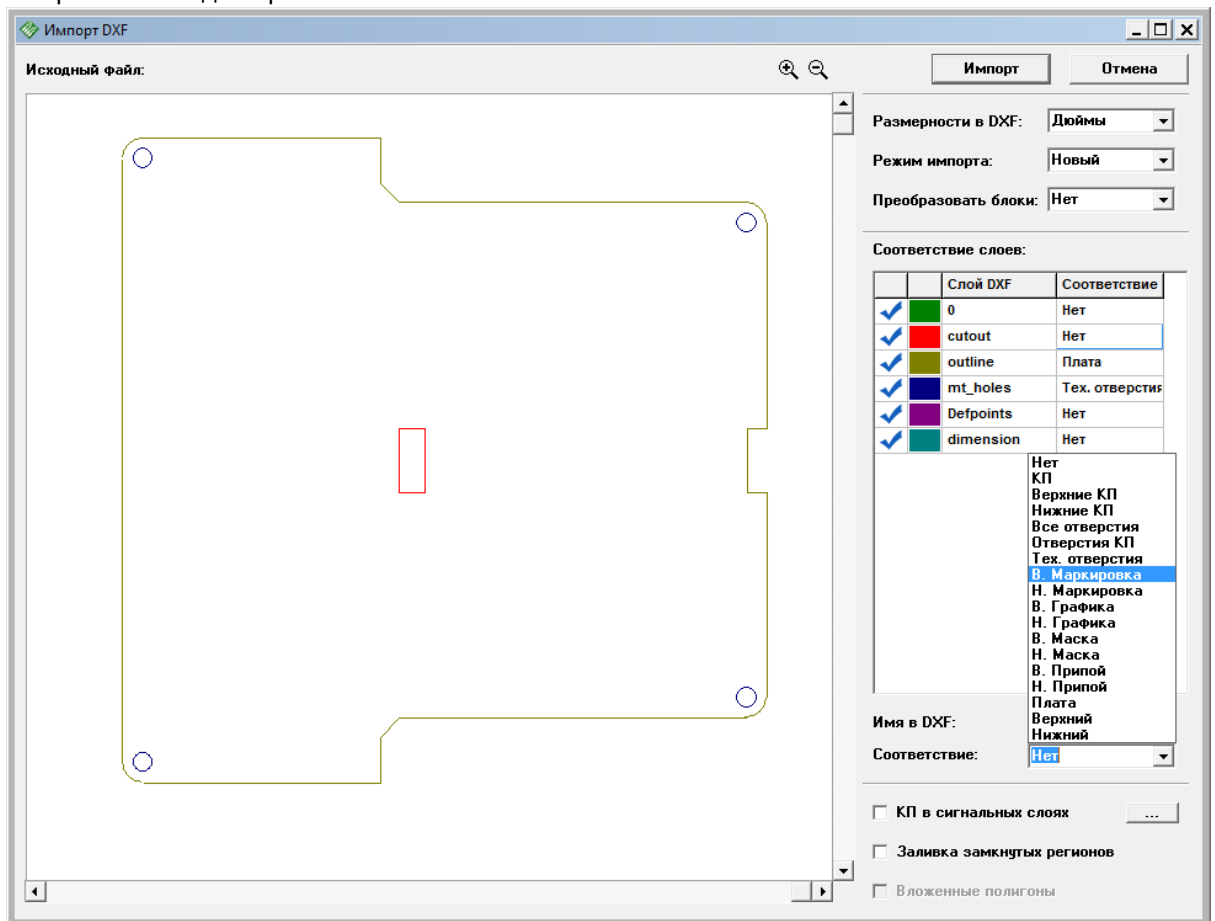
Способ 2: Попробуем создать контур платы другим способом. Сначала удалите существующую границу платы. Нажмите кнопку "Определение границ платы" на панели трассировки и пошагово укажите точки контура платы. Вы можете использовать сетку для более точной установки каждой последующей точки.

По умолчанию, контур платы создается из прямых линий. Чтобы получить дугу, щелкните правой кнопкой во время создания контура и выберите "Режим дуги" в подменю. Следующая введенная точка будет средней точкой дуги. После создания дуги программа автоматически продолжит создавать линейные участки границы платы.

Для завершения границы соедините контур с начальной точкой или же щелкните правой кнопкой по предпоследней точке и выберите "Ввод" в подменю.

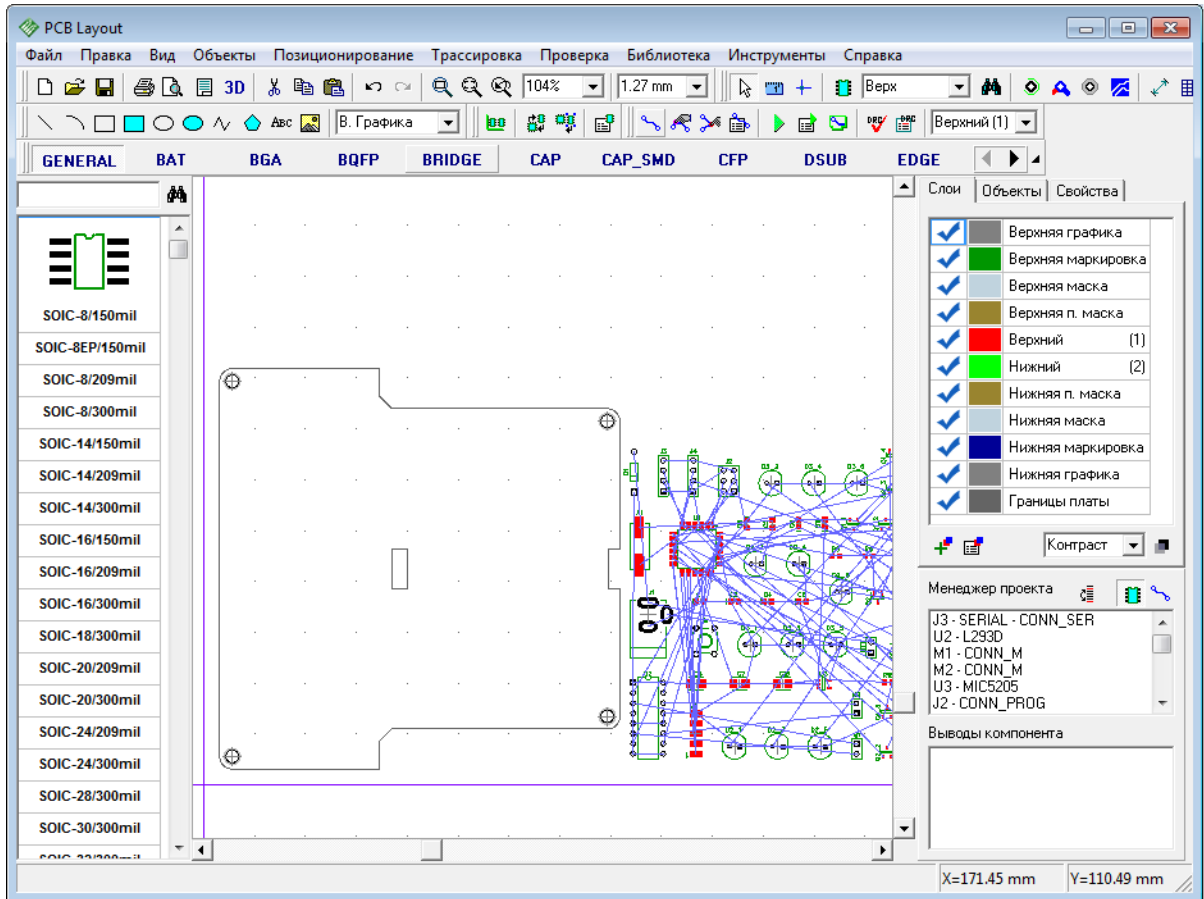
Создание границы платы данным способом менее трудоемко, но ввести точные координаты всех точек будет очень сложно.

Способ 3: Удалите существующую границу платы (правый клик по ее контуру и выберите "Удалить плату" в подменю). Затем импортируйте [DXF файл](#) с контуром платы. Для этого выберите "Файл / Импорт / DXF" и импортируйте чертеж. Не забудьте назначить каждому DXF слою соответствие в DipTrace. К сожалению слой "Вырез в плате" недоступен в диалоговом окне DXF импорта, поэтому вырез обычно экспортируют в слой "В. Маркировка" или "Верхняя графика", а потом в свойствах импортированной фигуры изменяют слой на "Вырез в плате" прямо на области построения в Редакторе Плат.



Не забудьте выбрать корректные единицы измерения перед импортом, а в поле "Режим импорта" выберите "Добавить", чтобы границы платы появились рядом с компонентами платы, которые уже размещены в области построения.

Теперь расположите компоненты рядом с границей платы. Для этого просто выберите "Позиционирование / Упорядочить компоненты" из главного меню. Должно получиться как на рисунке:



Если у Вас не получается этого сделать, нужно изменить настройки позиционирования. Но это мы рассмотрим позже.

5.4.8 Практическое занятие 11

Подготовка к трассировке

На этом уроке Вы научитесь:

- добавлять слои и настраивать их параметры;
- добавлять и редактировать стили переходов;
- создавать классы сетей и редактировать их параметры;
- добавлять барьеры трассировки.

Плата, которую мы создаем двухслойная. Однако это не мешает добавить несколько слоев, чтобы поэкспериментировать с их настройками. Затем ненужные слои удалим.

Откройте **Редактор Плат PCB Layout** и загрузите промежуточный файл проекта (в нем уже должны быть компоненты, вместе с импортированной границей платы). Откройте вкладку "Слои" в правом верхнем углу окна программы, если она еще не открыта. Если панель менеджера проекта скрыта, нажмите "F3", чтобы восстановить ее. Щелкните по кнопке "[Свойства слоев](#)" ниже списка слоев.

В появившемся диалоговом окне, нажмите кнопку "Добавить", чтобы добавить новый слой. Не меняя настроек, нажмите ОК и закройте диалоговое окно настройки слоя. Вы увидите новый слой в списке слоев. Это внутренний сигнальный слой, он может быть использован для проведения трасс в ручном или автоматическом режимах. Теперь выберите его из списка слева и переименуйте, если название по умолчанию "Слой 1" Вас не устраивает.

Теперь добавьте еще один слой. Сделайте его, экранным, переименуйте слой в "GND" и подключите к сети проекта с таким же именем, используя ниспадающий список "Сеть" в настройках слоя. Закрыв диалоговое окно, Вы увидите новый слой в списке слоев.

Перейдем к настройке стилей переходов. Откройте "Трассировка / Стили переходов" из главного меню. В списке стилей, присутствует стиль перехода по умолчанию — "Default". Вы можете поменять его размеры: внешний диаметр и диаметр отверстия, например, на 1 mm и 0.5 mm соответственно. Затем создайте еще один стиль переходов с меньшими размерами, например, 0.6 mm и 0.3 mm. А после этого создайте еще один стиль переходов, на этот раз с несквозными отверстиями. Размеры укажите такие же, как и для предыдущего стиля. Не забудьте указать пару слоев для стиля переходов. Например, "Слой 1: Верхний", а "Слой 2: один из внутренних слоев вашей платы".

Теперь настроим классы сетей. Откройте "Трассировка / Классы сетей" из главного меню. По умолчанию, все сети находятся в классе "Default". Создайте класс "Power" и добавьте в него сети GND и VCC5. После этого, настройте параметры зазоров и ширину трасс для двух классов. Укажите величину зазоров 0.3 mm для обоих классов, а ширину трасс для класса Default — 0.3 mm, а для класса Power — 0.5 mm.

Если со слоями Вы уже разобрались, удалите лишние слои и стили переходов, чтобы вернуться к двухслойному дизайну. Однако сохраните настройки классов сетей, т.к. они будут применены при разводке платы проекта.

5.5 Позиционирование

5.5.1 Ручная расстановка

Следующим этапом после загрузки схемы в **PCB Layout** или ручного добавления компонентов и связей непосредственно в Редакторе Плат, будет расстановка элементов на плате. Для этого можно использовать ручной или автоматический режим.

В ручном режиме расстановки компонентов пользователь имеет полный контроль над тем, где и как установить каждый компонент. Однако этот режим требует значительно больше времени, чем автоматический. Оптимальный вариант — это комбинация двух режимов, когда критические компоненты устанавливаются вручную и блокируются, а затем запускается автопозиционирование для расстановки остальных компонентов, для которых положение не так важно.

Рассмотрим возможности DipTrace для ручной расстановки компонентов на плате. Существуют следующие варианты:

— **Обычное перетаскивание** компонентов в области построения с помощью мыши. Для этого нужно щелкнуть левой кнопкой по компоненту, захватить его и удерживая кнопку, переместить компонент в нужное положение на плате. Если нужно повернуть компонент во время перемещения, используйте горячие клавиши "R" или "Пробел".

Компонент перемещается в области построения с шагом, кратным размеру сетки. Поэтому зачастую необходимо установить нужный размер сетки. Совпадение корпусов с сеткой возможно по выводам и по началу координат корпуса. По умолчанию используется первый способ, но при необходимости можно настроить наиболее предпочтительный вариант. Для этого достаточно сделать правый клик на компоненте и выбрать "Привязка к сетке" в подменю, а далее определить "По выводам" или "По началу координат". Можно выбрать сразу несколько компонентов и определить эту опцию один раз для всех.

При отключении сетки (горячая клавиша "F11") перемещение происходит свободно. Если нужно переместить несколько компонентов одновременно, это делается аналогично перемещению одного компонента с той лишь разницей, что сначала все компоненты нужно выделить, указав мышью область, в которой они расположены, или с помощью клавиши "Ctrl".

Когда компоненты выделены, зажимаете левую кнопку мыши и перетаскиваете их. Однако если нужно повернуть несколько компонентов одновременно, для этого нужно сначала сгруппировать их, а затем повернуть группу как единое целое. Если компоненты не сгруппированы, то каждый из них будет вращаться вокруг своей оси.

Вращать компоненты можно не только на стандартные углы 15, 30, 45, 90 градусов но и на произвольный угол. Для этого щелкните правой кнопкой по нужному компоненту и выберите: "Задать угол" или "Режим вращения". Первая функция позволяет ввести точный угол поворота корпуса, а вторая — вращать корпус визуально, определяя угол "на глаз".

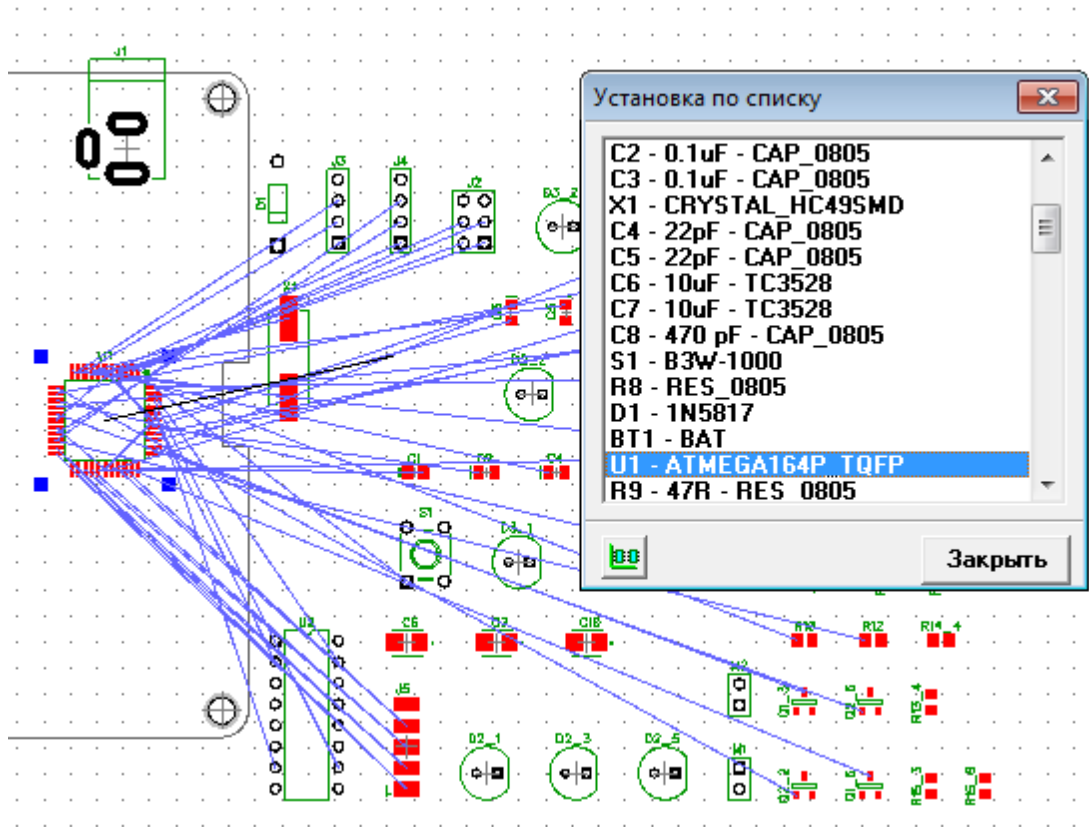
При необходимости, компонент легко перемещается с одной стороны платы на другую. Для этого выберите один или несколько компонентов, щелкните по одному из них и выберите "Изменить сторону" в подменю.

— для **точного позиционирования** компонентов на плате можно указать их координаты через окно свойств компонента. Этот способ расстановки очень точный, но требует значительно больше времени чем другие. Также существует возможность изменения координат компонента(ов) через панель свойств в правой верхней части окна программы.

Компонент:	
Метка:	U1
Значение:	
Тип:	ATMEGA164P_1
Корпус:	TQFP_44/10x10
Пользовательский:	...
X:	121.738
Y:	61.41
Угол:	270
Основная надпись:	Общее ▾
Дополнительная надпись:	Общее ▾

Например, можно выбрать несколько компонентов и поменять только одну координату для них, тем самым точно выровняв их в линию. Панель свойств появляется на месте панели "Слой", когда выбраны какие-либо компоненты дизайна.

— **"Позиционирование по списку"**. Это вариант расстановки компонентов при котором нужный компонент выбирают со списка и перетаскивают в нужное место на плате. После установки компонент автоматически удаляется из списка. Функция очень проста и удобна, особенно для более сложных проектов.

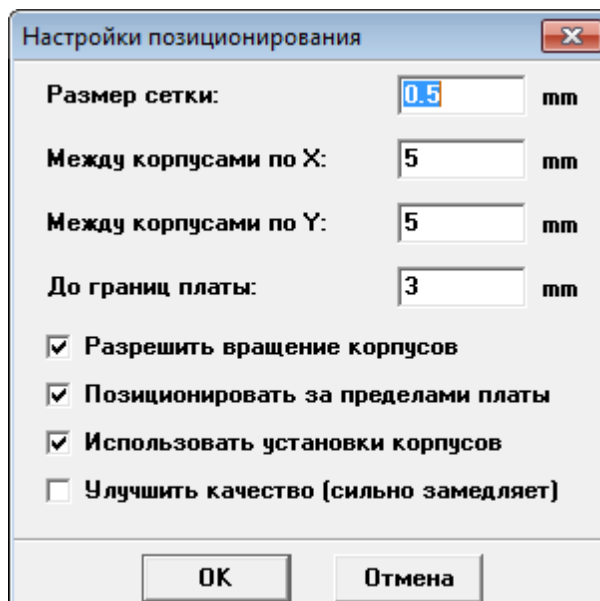


5.5.2 Автопозиционирование

Для ускорения расстановки компонентов на плате можно использовать автоматическое позиционирование. Алгоритм его работы создан таким образом, чтобы получить минимальную суммарную длину всех соединений проекта, что в последствии упростит трассировку платы. Конечно, автоматическое позиционирование никогда не заменит опытного разработчика плат, но оно весьма полезно так как позволяет быстро установить некритичные компоненты.

Запуск функции автоматического позиционирования производится из главного меню: "Позиционирование / Запуск авто-позиционирования". Но перед запуском нужно обязательно разобраться в ее настройках.

- **"Упорядочить компоненты"** — упорядочивает компоненты таким образом, чтобы они располагались компактно внутри или за пределами платы. Не путайте эту функцию с позиционированием, ведь при упорядочивании оптимизация не производится, благодаря чему функция работает моментально.
- **"Запуск автопозиционирования"** — запуск авторасстановки. Производится оптимизация расположения компонентов в соответствии с настройками. Функция свободно перемещает все компоненты платы, кроме заблокированных.
- **"Автопозиционирование выделенных"** — то же, что и полное автопозиционирование, но производится расстановка только выбранных компонентов.
- **"Настройки позиционирования"** — окно настроек позиционирования.



Следует обратить внимание на несколько важных опций: "Позиционировать за пределами платы" используется совместно с функцией "Упорядочить компоненты" для быстрого и компактного перемещения компонентов за пределы платы перед началом расстановки; "Использовать установки корпусов" позволяет использовать настройки зазоров между компонентами, которые указаны в свойствах компонента, а не введенные ранее; "Улучшить качество" рекомендуется применять только на несложных платах.

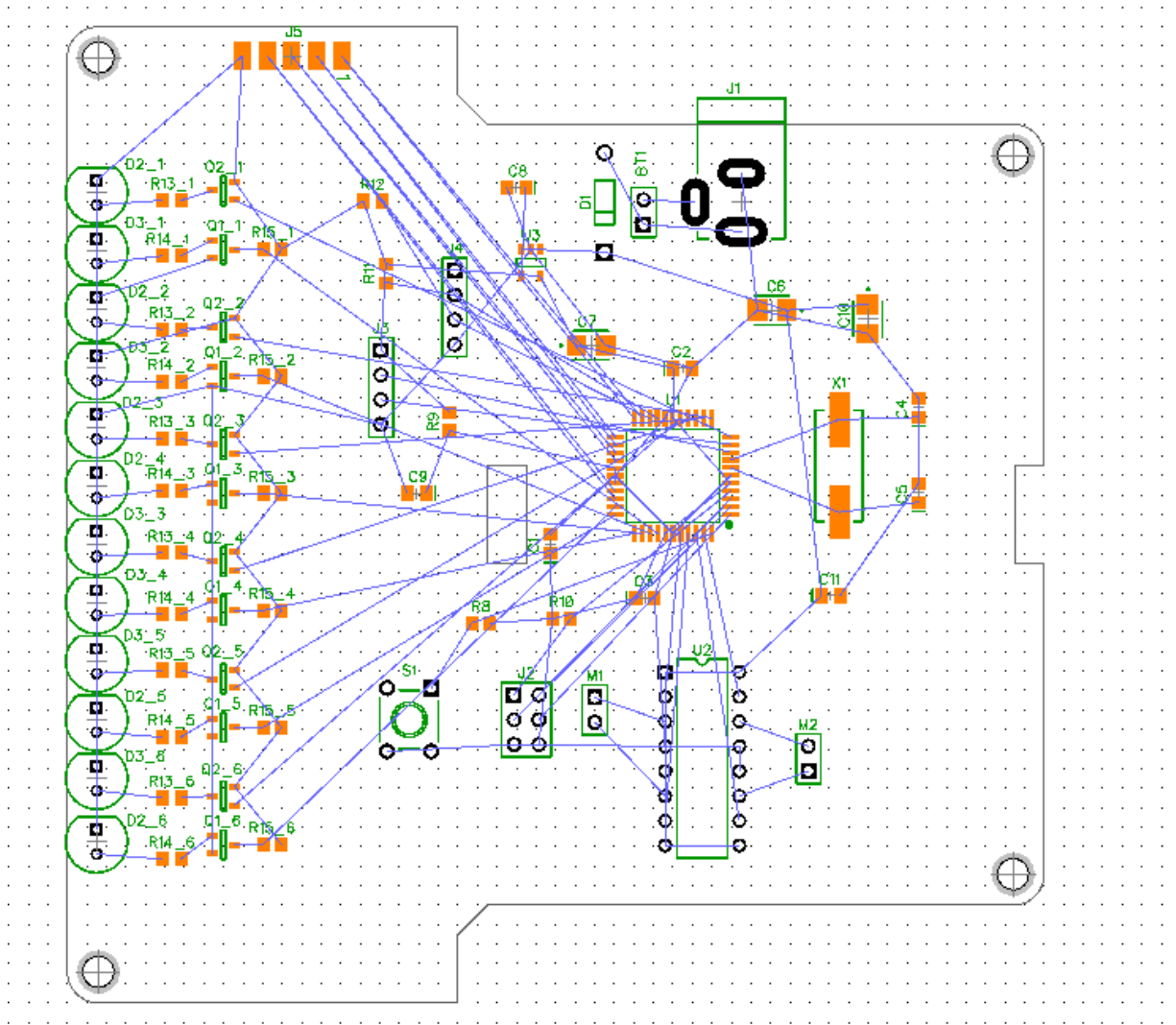
5.5.3 Практическое занятие 12

Позиционирование компонентов

На данный момент, у Вас должен быть проект с компонентами, связями и границами платы. Все слои, классы сетей и стили переходов должны быть настроены (см. предыдущие практические занятия тренингов). Теперь пришло время расставить компоненты на плате.

Сначала выберите размер сетки 1 mm, если такой размер еще не задан, создайте его используя "Вид / Изменение стандартных" из главного меню. Теперь отцентрируйте все корпуса по началу координат, для этого используйте "Ctrl+A", чтобы выбрать все объекты на плате, а затем щелкните по одному из компонентов правой кнопкой и выберите "Привязка к сетке / По началу координат" в подменю. Установите микроконтроллер U1 ближе к центру платы, блоки датчиков в левой части платы возле границ, разъемы по периметру платы. Выберите каждый из указанных компонентов и удерживая левую кнопку мыши перетащите его в нужную точку, затем отпустите левую кнопку. Если нужно повернуть компонент, нажмите "R" или "Пробел" во время перетаскивания. Конденсаторы по питанию установите возле соотв. выводов питания микросхем. Например, установите C1, C2, C3 вблизи ножек 5, 17, 38 микроконтроллера U1.

Теперь заблокируйте расставленные компоненты — выделите их а потом нажмите правой кнопкой на каком-либо компоненте и выберите "Заблокировать выделенное" в подменю. Теперь откройте "Позиционирование / Настройки позиционирования" и проверьте параметры (удостоверьтесь, что опция установки компонентов за пределами платы отключена). Затем запустите авторасстановку с помощью "Позиционирование / Запуск Авто-позиционирования". Плата должна выглядеть похожей на рисунок ниже:



Если результат авторасстановки Вас не устроит, можете сделать необходимые правки и расставить оставшиеся компоненты вручную. Зачастую плат с таким количеством свободного места не создают, но ведь это обучающий пример.

5.6 Трассировка платы

DipTrace предлагает пользователю выбор между использованием ручного режима создания медных соединений между компонентами и автоматического.

В пакет DipTrace включены для автотрассировщика: более производительный Shape Router и менее эффективный, но позволяющий трассировать однослойные платы с перемычками, Grid Router.

Несмотря на преимущества автотрассировки в скорости и простоте работы, ручной режим трассировки необходим при создании сложных плат. Также может использоваться комбинация из двух методов, например ответственные цепи трассируются вручную, затем оставшиеся сети — автотрассировщиком.

Рассмотрим подробнее оба метода трассировки.

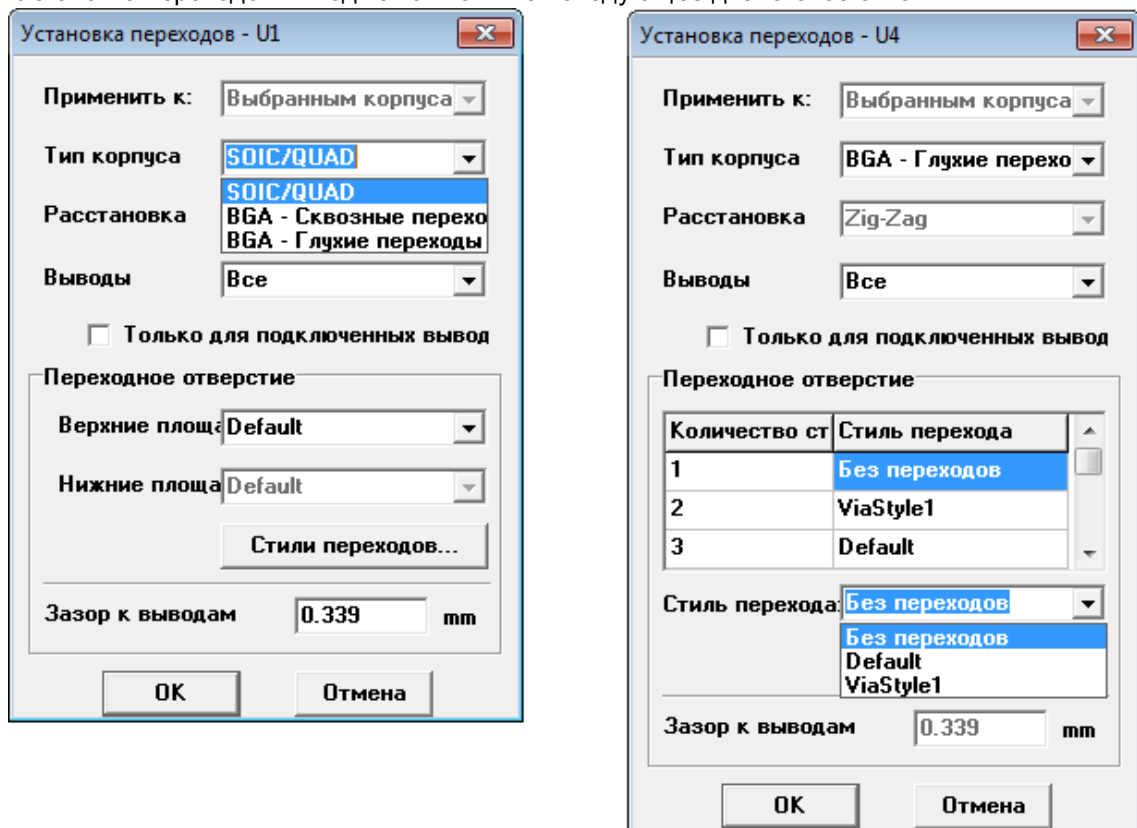
5.6.1 Ручная трассировка

5.6.1.1 Установка переходов (Fanout)

Одним из приемов, который часто используется на многослойных платах является установка межслойных переходов для компонентов поверхностного монтажа. Установку переходов производят перед началом трассировки. Кроме того fanout также используется автотрассировщиком Shape Router.

Fanout — это совокупность короткого участка трассы от поверхностного вывода до переходного отверстия и самого подключенного к этой трассе межслойного перехода. Благодаря установке переходов поверхностные площадки можно подключать во внутренних слоях и на противоположной стороне платы.

Наиболее часто fanout используется для подключения выводов питания и земли к полигонам на внутренних слоях платы. Это можно сделать автоматически для всех выводов выбранной сети одним нажатием! Рассмотрим как использовать опцию установки переходов в DipTrace. Щелкните правой кнопкой по одному из компонентов, для которого Вы хотите создать fanout, и выберите "Установка переходов" в подменю. Появится следующее диалоговое окно:



Существует три типа установки переходов:

"SOIC/QUAD" — создает переходы по периметру вокруг корпуса. Переходные отверстия могут создаваться внутри, снаружи или по обе стороны от контактных площадок. Это определяется в ниспадающем меню "Расстановка". А опция ""Выводы" позволяет определить для каких выводов создать переходы. Разумеется, можно выбрать "Все". Для переходов можно определить какой либо стиль.

"BGA - сквозные переходы" — создает межслойные переходы для всех шариков-выводов корпуса BGA, при этом все переходные отверстия сквозные, т.е. проходящие с верхнего в нижний слой.

"BGA - глухие переходы" — создает переходные отверстия подобно предыдущему типу, но переходы могут быть не сквозными. При этом появляется возможность указать стиль перехода для каждого ряда выводов в BGA матрице, либо не создавать переходы для определенных рядов выводов. Для этого нужно просто выбрать ряд в списке и стиль переходов для этого ряда выводов.

5.6.1.2 Создание дорожек

Для того, чтобы создать трассу, нужно выбрать режим "Ручная трассировка", щелкнуть левой кнопкой мыши по контактной площадке и провести трассу до следующего пада сети или до пересечения с другой трассой сети.

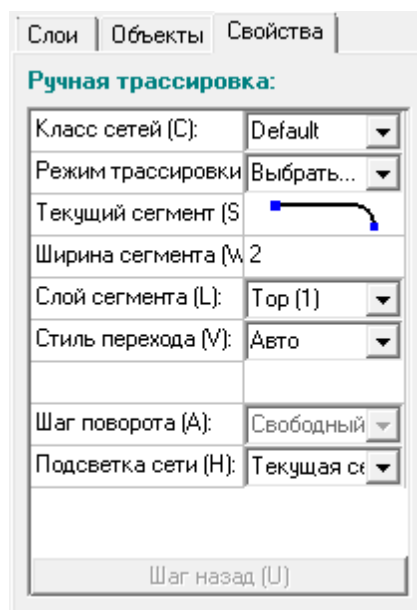
Ширина создаваемой дорожки будет такой-же как и предыдущая (ранее проведенная) трасса. Однако, можно легко поменять ширину трассы или даже ее отдельного сегмента. Для этого используйте горячую клавишу "W". Появится всплывающее окно для выбора одного из шаблонов ширины сети или ввода пользовательского значения. Если нужно поменять ширину трассы снова, нажмите "W" еще раз.

При подведении широкой трассы к узкой контактной площадке, трасса автоматически сужается до корректной ширины.

Если создаваемая дорожка принадлежит к какой-либо сети, то отображаемые линии связи (тонкие синие линии) будут автоматически перестраиваться в процессе создания трассы, а после создания — исчезнут.

Есть несколько режимов ручной трассировки: "Все сегменты" (режим, включающий все варианты сегментов), "Линии/Углы", "Дуги/Кривые" и пользовательский режим, позволяющий собрать нужные сегменты с разных режимов в одном. Режимы трассировки можно легко изменять горячей клавишей "M" а клавиша "S" позволит быстро выбрать нужный сегмент из активного режима во время трассировки.

Когда активен режим ручной трассировки, справа, на панели менеджера проекта отображается панель свойств ручной трассировки. Параметры можно изменять прямо на ней, либо же, используя горячие клавиши, которые указаны в скобках рядом с названием функции.



На панели отображается текущий класс сети, режим трассировки, текущий сегмент, ширина сегмента, слой, стиль переходов для перевода трассы в другой слой, выбор угла, опции подсветки и кнопка "Шаг назад"

При проведении трассы, для перевода ее в другой слой щелкните правой кнопкой по ее дорожке и выберите "Слой сегмента" в подменю, а затем выберите слой. Также можно воспользоваться горячей клавишей "L" или выбрать слой на вкладке свойств. Но легче всего просто нажать горячую клавишу, соответствующую слою (от 1 до 9) а также "T" и "B" для верхнего и нижнего слоев платы соответственно.

При переводе трассы из одного слоя в другой автоматически создается межслойный переход. Если в проекте определено несколько стилей, программа автоматически выбирает тот, который больше подходит для перевода трассы в данной ситуации. Однако пользователь может самостоятельно указать нужный стиль на вкладке свойств.

При проведении трасс можно перевести ее сегмент в слой "перемычки". Это делается в том случае, когда нельзя завершить разводку в доступных слоях, а добавлять новые слои нельзя. Перемычки (jumpers) — это гибкие или жесткие проводники, которые соединяют две части сети на плате. Физически перемычки представлены в DipTrace в виде двух переходных отверстий и линии в слое маркировки, которая визуализирует перемычку на плате.

Для перевода трассы в слой перемычки, нажмите правой кнопкой мыши в режиме ручной трассировки и выберите "Верхняя перемычка" или "Нижняя перемычка" в подменю, или просто нажмите "J".

5.6.1.3 Редактирование дорожек

Кроме создания трасс часто нужно редактировать уже имеющиеся. Например, Вам нужно раздвинуть трассы, увеличить зазоры, проложить еще несколько дорожек в узком месте, отредактировать разводку, полученную автотрассировщиком, и т.д.

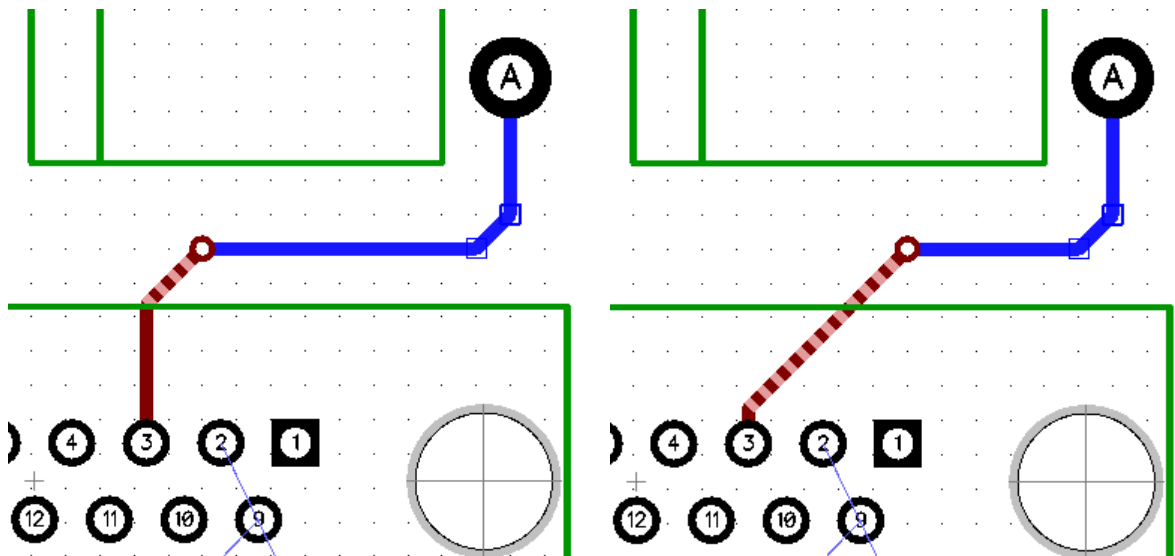
DipTrace предлагает разнообразные инструменты для редактирования трасс. Для этого существует два режима: "Редактирование трассы" и "Свободное редактирование трассы".

Чтобы активировать режим редактирования, выберите "Трассировка / Ручная трассировка / Редактирование трассы" из главного меню, или нажмите кнопку на панели трассировки.

В рабочей области просто захватите сегмент нужной трассы левой кнопкой мыши и перетащите его параллельно в любую сторону, относительно исходного положения. При этом программа автоматически переключится в режим редактирования трассы. Но бывают ситуации, когда нужный участок дорожки находится под компонентом, в таком случае нужно активировать режим **"Редактирования трассы"** заранее, с помощью соотв. кнопки на панели трассировки, только тогда можно будет выбрать трассу, а не компонент над ней.

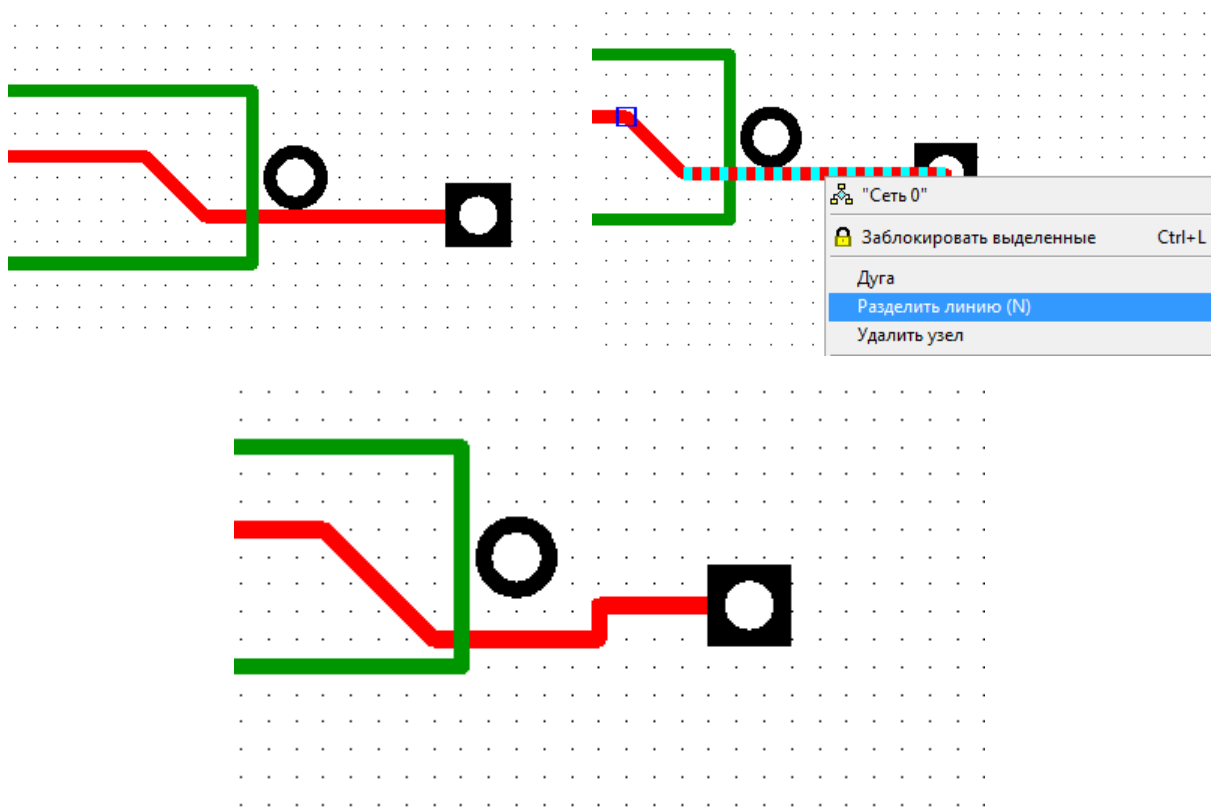
Можно также выбрать узловую точку на стыке двух сегментов трассы и перетаскивать ее. Если трасса состоит из ортогональных и диагональных прямых, программа автоматически перейдет в режим "Редактирования трассы". Если трасса состоит из дуг или произвольных прямых, программа перейдет в режим "Свободное редактирование трассы".

При редактировании сегмента трассы соседние с ней сегменты автоматически перестраиваются. Если сегмент имеет динамические межслойные переходы на его концах, то они также перемещаются вместе с редактируемым сегментом.



Кроме перетаскивания сегмента трассы, существуют дополнительные возможности:

- разделение сегмента на два (создание узловой точки). Наведите курсор на сегмент трассы в нужной точке и нажмите горячую клавишу "N" (или правый клик и "Разделить линию" в подменю). Пример использования данной опции ниже:



Если добавленная узловая точка не будет использована в течении последующего редактирования трассы, она будет автоматически удалена.

- перевод сегмента(ов) трассы или трасс целиком в другой слой. Щелкните правой кнопкой по сегменту трассы, выберите один из пунктов подменю: "Перевод линии", "Перевод Трассы" или "Перевод сети", а затем выберите слой. Межслойные переходы автоматически создаются или удаляются, при переводе дорожки между слоями.

Можно изменить слой для нескольких линий одновременно. Нужно только сначала выделить их левой кнопкой мыши, удерживая клавишу "Ctrl", а затем щелкнуть правой кнопкой по одной из линий трасс и выбрать нужный пункт. Выделенные сегменты трасс отображаются пунктирной зарисовкой.

- изменение ширины линии, трассы или сети целиком. Просто выберите нужную линию, или несколько линий, используя клавишу "Ctrl", а затем в главном меню выберите нужный пункт: "Ширина линии", "Ширина трассы" или "Ширина сети". Можно также использовать горячую клавишу "W". Функция также работает и для нескольких выделенных линий одновременно.

В режиме "**Свободного редактирования трасс**" пользователь может перетаскивать узловые точки и дорожки в произвольном направлении под любым углом. Для того, чтобы перейти в этот режим нужно выбрать соответствующую кнопку на панели трассировки или выбрать "Трассировка / Ручная трассировка / Свободное редактирование" из главного меню. Каждый режим имеет свои преимущества и недостатки.

5.6.2 Автоматическая трассировка

DipTrace имеет **два** встроенных автотрассировщика: **Grid Router** и **Shape Router**. Оба трассировщика хороши для своих целей. Например, **Grid Router** позволяет трассировать простые платы, используя перемычки. **Shape Router** — высокопроизводительный бессеточный современный автотрассировщик, эффективный как для двухслойных так и для многослойных плат, хотя и не может использовать перемычки.

Мы все же рекомендуем всегда использовать Shape Router за исключением случаев, когда нужно трассировать однослойную плату с перемычками.

Чтобы выбрать текущий автотрассировщик, используйте "Трассировка / Выбор автотрассировщика" из главного меню.

В этом же пункте меню можно выбрать дополнительные настройки: "Запустить DRC после автотрассировки" — запускает проверку нарушений зазоров после автотрассировки. "Перерисовка трасс при автотрассировке" — перерисовка трасс на промежуточных стадиях трассировки. Обе эти опции включены по умолчанию, однако пользователь может их отключить для сокращения времени, затрачиваемого на автоматическое создание трасс.

Для запуска автотрассировщика нажмите кнопку "Запуск автотрассировки" на панели трассировки или же выберите пункт меню "Трассировка / Запуск автотрассировки". Можно также использовать горячие клавиши "Ctrl+F9".

Результат трассировки платы во многом зависит от настроек автотрассировщика. Рассмотрим основные параметры автотрассировщиков. Для вызова окна настроек выберите "Трассировка / Параметры автотрассировки" из главного меню. Обратите внимание, что окно настроек автотрассировки разное в зависимости от выбранного автотрассировщика.

5.6.2.1 Grid Router

Сеточный трассировщик — это устаревший трассировщик, который мы рекомендуем использовать только для трассировки однослойных плат с перемычками, т.к. **Shape Router** перемычки не поддерживает.

Для выбора сеточного трассировщика используйте "Трассировка / Выбор автотрассировщика / Grid Router" из главного меню. Затем откройте настройки автотрассировщика с помощью "Трассировка / Параметры автотрассировки".

Настройки Grid Router

Автонастройка: **Выбор** По умолчанию

Построение трасс | Коррекция

Углы: 90 & 45 град.

Количество слоев: 2

Использовать все доступные слои

Запретить межслойные переходы

Приоритеты направлений в слоях ...

Использовать перемычки

Запрет перемычек под корпусами

Расположение перемычек: Вертикально

Смещение матрицы и выбор

Число вариантов для перебора: 1

Количество оптимизаций: 2

Проходимость межслойного перехода: 76.2 mm

Первый предел поиска: 2

Второй предел поиска: 4

Максимальное число перестроений: 5

OK Отмена

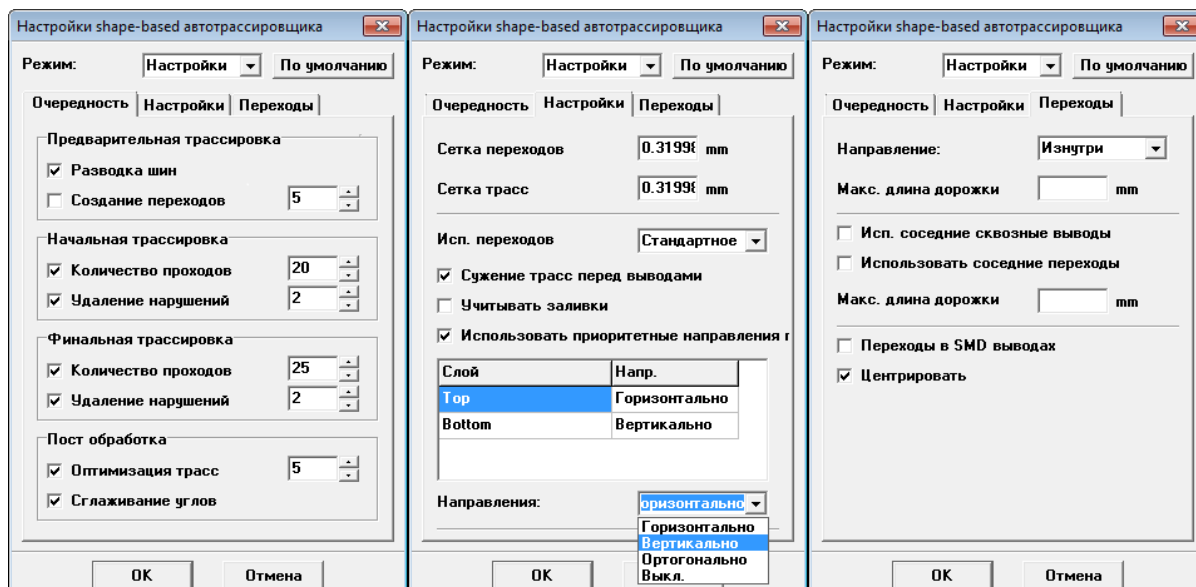
Чтобы трассировать плату в одном слое с перемычками, отключите опцию "Использовать все доступные слои" и укажите количество используемых слоев "1". После этого разрешите установку перемычек с помощью опции "Использовать перемычки". Возможно будет также полезно активировать опцию "Запрет перемычек под корпусами".

После изменения настроек, закройте диалоговое окно. Для запуска автотрассировщика также можно использовать сочетание клавиш "Ctrl+F9".

5.6.2.2 Shape Router

Shape Router — современный производительный и быстрый автотрассировщик.

Окно настроек автотрассировщика выглядит следующим образом:



5.6.2.3 Дополнительные возможности

Сложные проекты очень трудно сразу правильно автотрассировать, так как результаты могут оказаться неудовлетворительными. Например, на плате могут присутствовать сигналы, требующие более точной трассировки (опорная частота, высокоскоростные шины и т.д.). Также могут быть одновременно аналоговая и цифровая части. Кроме того очень важно качество подачи питания, от чего могут "страдать" чувствительные схемы, и многие другие проблемы.

Использование классов сетей, разумеется, значительно улучшает результаты работы автотрассировщика. Вы можете разбить имеющиеся сети на несколько групп (классов) и присвоить им разные параметры. Разумеется, разбивать сети на классы нужно осмысленно, в соответствии с их логическим назначением. Подробнее параметры нет классов рассмотрены [ранее](#). Автотрассировщик использует параметры классов при трассировке.

Кроме того, иногда имеет смысл трассировать вручную критические узлы, затем запустить автотрассировку для разводки оставшихся соединений. DipTrace сохраняет всю имеющуюся трассировку при запуске автотрассировщика. Подобную комбинированную схему работы мы использовали при позиционировании компонентов на плате.

Кроме того автотрассировщик DipTrace позволяет использовать частичную разводку. Вы можете выделить один или несколько компонентов, затем щелкнуть правой кнопкой по одному из них и выбрать "Трассировать присоединенные" в подменю. После этого будут трассированы все сети, подключенные к выбранному компоненту (компонентам). Или же щелкнуть правой кнопкой по выводу компонента, принадлежащему какой-либо сети и выбрать "Трассировать сеть" в подменю. Выбранная сеть будет разведена автотрассировщиком. Благодаря этим приемам можно легко контролировать последовательность трассировки компонентов или сетей на плате.

Как уже упоминалось ранее, можно использовать [барьеры трассировки](#) для запрета трассировки сетей в некоторых областях платы. В частности, с помощью барьера трассировки можно отделить аналоговую часть схемы от цифровой и разрешить их соединение только в определенной части платы.

5.6.2.4 Интеграция с Electra/Specetra

DipTrace позволяет использовать другие автотрассировщики для разводки печатной платы, которые используют стандартный формат обмена *.dsn. Этот формат был разработан для автотрассировщика Specetra, но также совместим с Electra, Topor, Freerouter.

Когда проект готов к трассировке и принято решение применить другой автотрассировщик, для начала нужно экспортировать проект в формат DSN. Для этого выберите "Файл / Экспорт / Autorouter DSN" либо "Трассировка / Интеграция с Electra/Specetra / Export Autorouter DSN" из главного меню.

Когда плата готова автотрассировщик создаст файл с расширением *.ses. Он содержит информацию о трассах и переходных отверстиях в трассированной плате. Чтобы импортировать этот файл обратно в DipTrace выберите "Файл / Импорт / Autorouter SES" или "Трассировка / Интеграция с Electra/Specetra / Import Autorouter SES".

Важно, чтобы с момента экспорта DSN файла и до момента импорта SES файла обратно в DipTrace Вы не изменяли исходный файл проекта.

5.6.3 Практическое занятие 13

Трассировка платы

На этом занятии мы изучим приемы ручной и автоматической трассировки платы. Эти приемы в любом случае пригодятся для трассировки критических сетей и редактирования трасс, например, в случае неудовлетворительного результата автотрассировки.

Откройте **Редактор Плат PCB Layout** и загрузите промежуточный файл проекта, если он еще не открыт. У нас есть плата с правильно установленными на ней компонентами. Чтобы создать трассу, перейдите в режим ручной трассировки нажав соответствующую кнопку на панели трассировки. Убедитесь, что активный слой тот, в котором Вы хотите начать трассу. Имя активного слоя отображается в ниспадающем меню на панели трассировки. Если необходимо, поменяйте активный слой (можно воспользоваться панелью слоев).

Соедините сначала критические сети: от кварцевого резонатора X1 до микроконтроллера U1, развязку фильтрующих конденсаторов возле выводов питания U1 и узла питания и стабилизации напряжения. Ширина трасс питания должна быть минимум 0.5 mm. Она может быть оперативно изменена в процессе проведения трассы, для этого используйте горячую клавишу "W". Но если классы сетей определены правильно и для силовых сетей установлена большая ширина, то менять ее в процессе трассировки не придется.

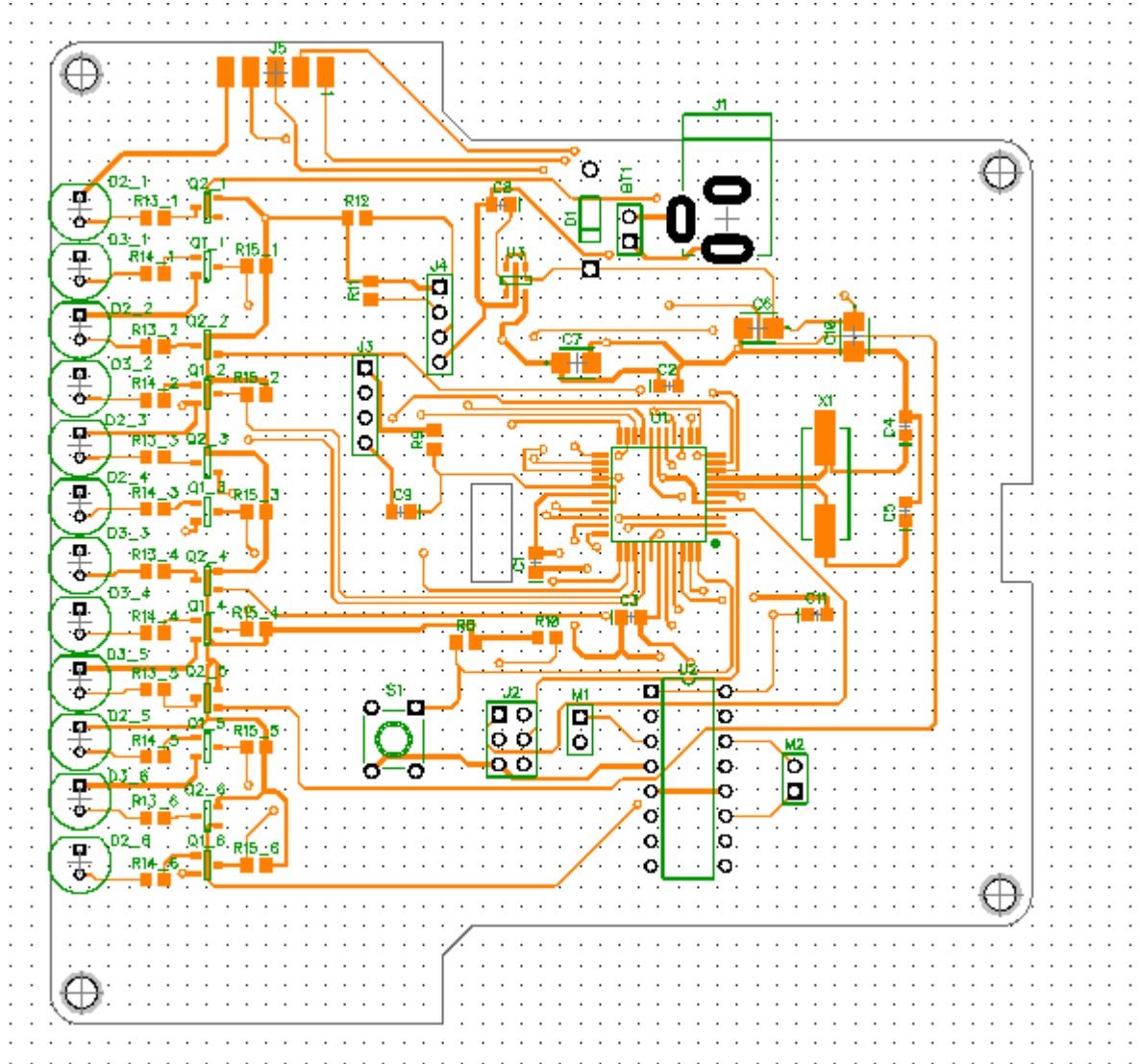
Для перехода трассы с Верхнего слоя в Нижний и обратно используйте горячие клавиши "T", "B" или "1", "2". Не забывайте о различных режимах проведения трасс (на панели свойств ручной трассировки).

Если необходимо отредактировать трассу ([сдвинуть, добавить узловую точку](#)), щелкните в нужной точке трассы и перетащите ее в другое положение или выберите желаемое действие в подменю. Однако если трасса проходит под компонентом, необходимо предварительно выбрать режим "Редактирование трассы" на панели трассировки, иначе Вы сможете выбрать только компонент, а не дорожку под ним, которую нужно редактировать.

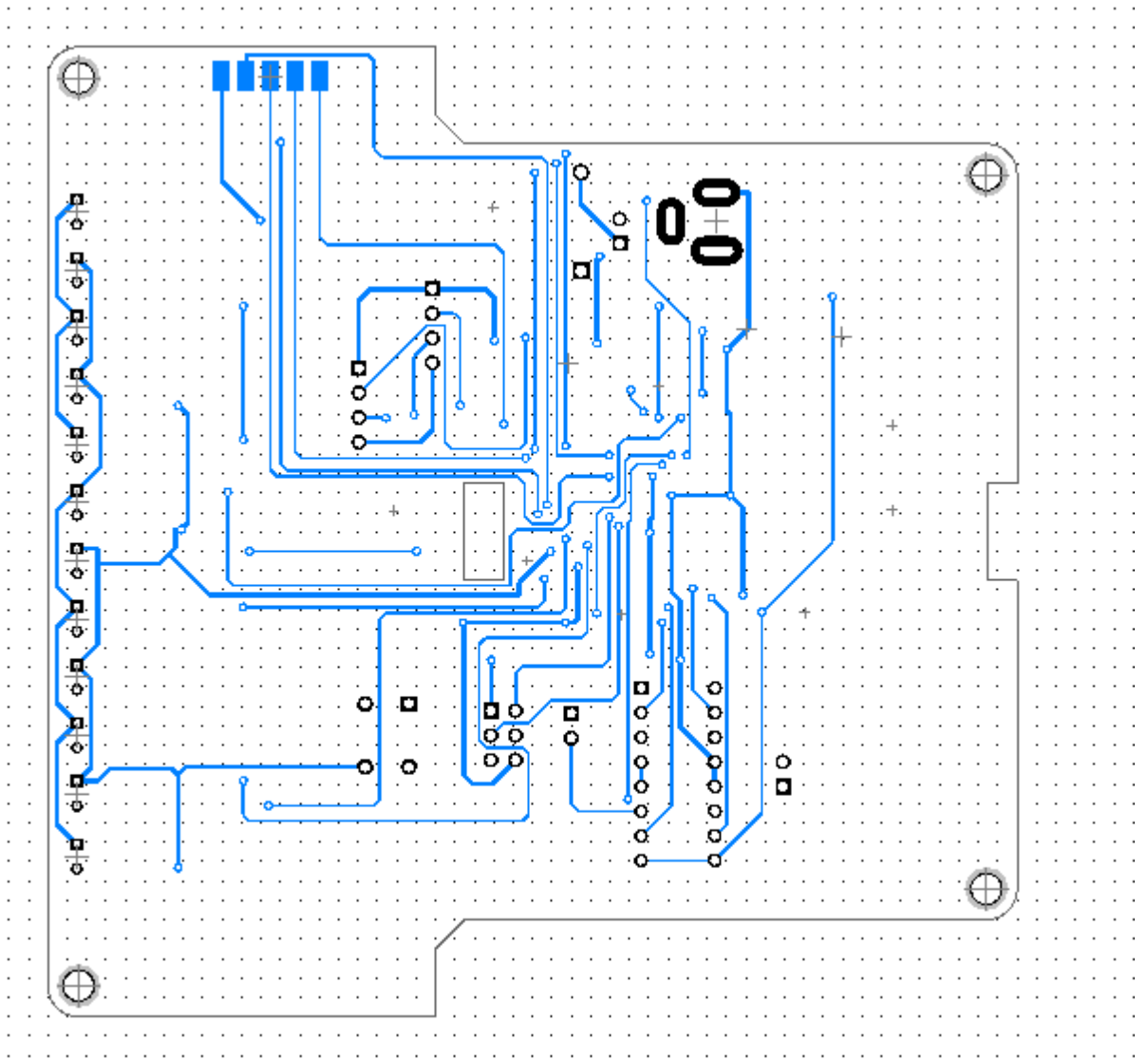
После трассировки критических связей вручную, выделите их и заблокируйте.

Можно запретить автотрассировщику трассировать некоторые сети. Для этого нажмите правой кнопкой по одному из выводов нужной сети и выберите "Свойства Сети" в подменю. В появившемся диалоговом окне, используя ниспадающий список "Режим трассировки", установите "Не трассировать". Но сейчас мы этой функцией пользоваться не будем и трассируем все сети за один раз.

Теперь выберите Shape Router ("Трассировка / Выбор автотрассировщика / Shape Router) и запустите автотрассировку оставшихся связей с помощью соотв. кнопки на панели трассировки или нажав "Ctrl+F9".



Данная плата трассирована на двух слоях. Обратите внимание, что на нижнем слое преобладают вертикальные линии, а на верхнем — горизонтальные, что соответствует [параметрам автотрассировщика](#):



Плата должна быть трассирована полностью. Если имеются какие-либо неразведенные сети, попробуйте немного изменить расстановку компонентов, проверьте настройки классов сетей и параметры автотрассировщика. Затем запустите автотрассировку снова. Но на таком проекте как этот, учитывая размеры платы и ширину трасс, не должно быть никаких проблем.

Сохраните результат.

5.7 Медная заливка

5.7.1 Общая информация

На свободных от проводников областях платы можно разместить одну или несколько медных заливок (англ. "copper pour").

Они могут использоваться для нескольких целей:

- электрическое соединение выводов сети через полигон заливки;
- экранирование / защита сигнальных связей от помех;
- передача и распределение тепла от нагреваемых компонентов;
- экономия реактивов, используемых для травления печатных плат.

Однако если планируется изготавливать платы с помощью фрезерования (CNC milling), от использования заливки, вероятно, следует отказаться.

На практике, заливки наиболее часто применяются для соединения сетей питания и земли, например, на внутренних экранных слоях. Но их использование не ограничивается многослойными платами. В двухслойных проектах заливки размещают на обеих сторонах платы.

Чтобы получить заливку в DipTrace, достаточно нарисовать ее контур, ввести несколько параметров и подключить к ней нужную сеть. Программа автоматически зальет все свободное пространство внутри контура и создаст необходимые зазоры между заливкой и другими объектами, которые к ней не подключены.

Контактные площадки и переходные отверстия могут быть подключены к заливке с помощью различных термобарьеров. Они предназначены для обеспечения достаточного прогрева проводников в местах пайки при автоматическом монтаже компонентов на плату. Термобарьеры облегчают пайку компонентов на плату т.к. медь имеет очень хорошую теплопроводность. Однако, если контактная площадка определенного компонента служит теплоотводом, то ее следует подключать к заливке без термобарьера, чтобы обеспечить максимальную передачу тепла.

Настройки термобарьеров находятся на вкладке "Соединения" в диалоговом окне свойств заливки. Можно определить разные параметры термобарьеров для SMD и сквозных падов. Эти настройки применяются для всех выводов сети.

Но можно настроить параметры каждого отдельного термобарьера. Нажмите правой кнопкой на выводе или переходе и выберите "Соединение с заливкой" в подменю. В появившемся диалоговом окне можно настроить термобарьер для выбранного пада и при необходимости применить новые параметры для подобных падов или падов, принадлежащих текущему корпусу.

Отдельно следует рассмотреть ситуацию когда в одном слое присутствует несколько заливок. Если полигоны заливок принадлежат к разным сетям и при этом их контуры накладываются друг на друга, то возможны следующие варианты:

- если одна заливка полностью находится внутри другой, то программа автоматически создаст зазор между внутренним и наружным полигоном.
- если две и более заливки пересекаются, но ни одна из них не находится внутри другой, программа не может определить какой полигон заливать первым, а какой должен "подстраиваться" под уже залитый. В таком случае рекомендуется отредактировать границы так, чтобы они не пересекались.

5.7.2 Практическое занятие 14

Медная заливка (Copper Pour)

На этом уроке Вы научитесь:

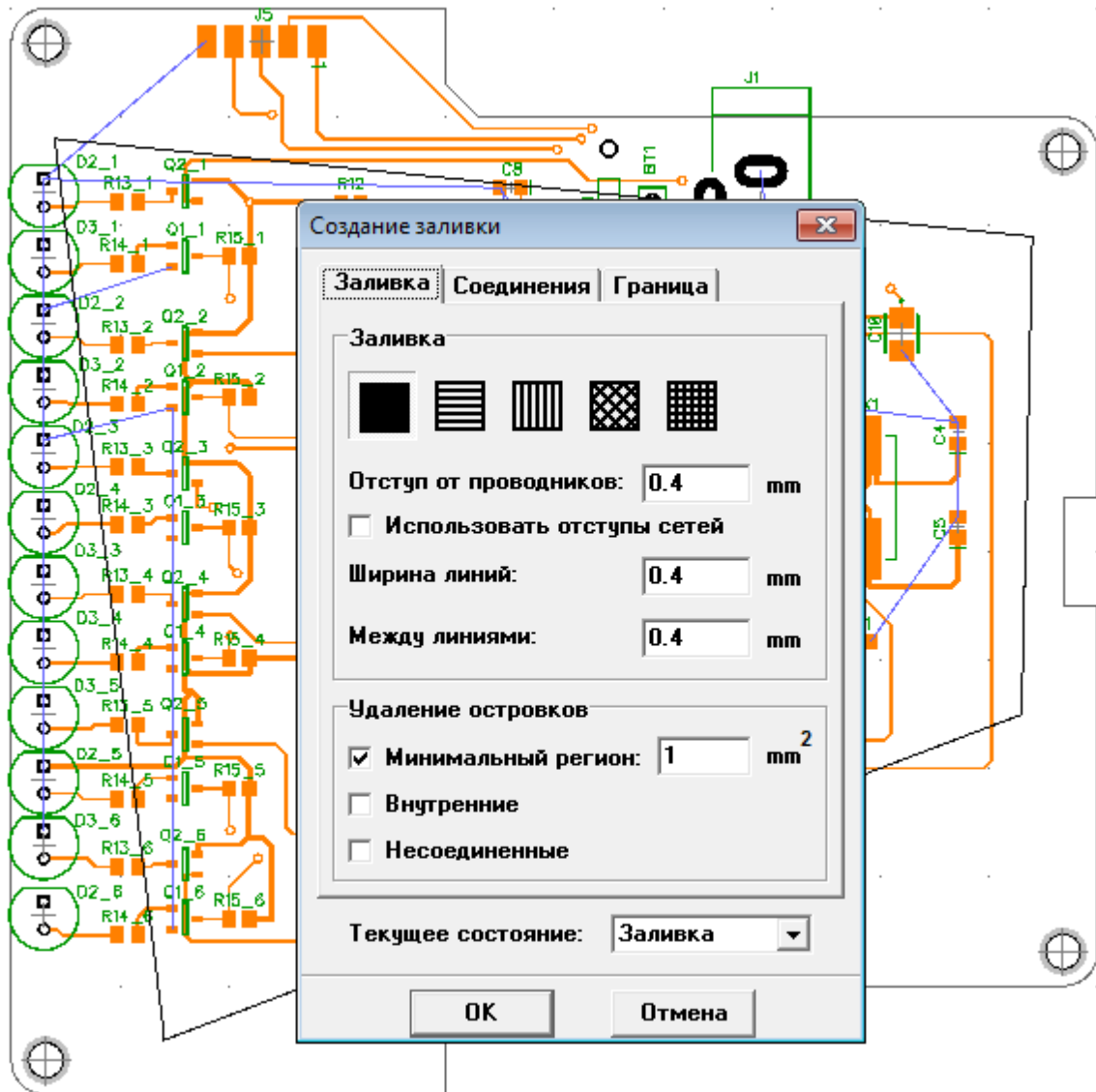
- добавлять заливку на плату;
- настраивать подключение и параметры заливки;
- устанавливать тип термобарьеров.

Откройте ранее созданный файл, содержащий плату с трассированными сетями. Как Вы помните, мы не делали исключений и трассировали все сети автоматически, в том числе GND и VCC5. Теперь же мы собираемся соединить сеть GND с помощью медной заливки. Мы не будем создавать дополнительный внутренний слой для этого, а установим заливку на двух сторонах платы, то есть на Верхнем и Нижнем слое.

Для начала нужно детрассировать сеть земли GND. Чтобы найти ее быстро воспользуйтесь [менеджером проекта](#). Переключите его в режим отображения сетей. Найдите в списке сеть GND и кликните по ней два раза — дорожки сети подсветятся на плате. Нажмите правой кнопкой мыши в любой точке дорожки сети и выберите "Детрассировать сеть" из подменю.

Теперь нажмите кнопку "Заливка пустых областей" на панели элементов, или выберите "Объекты /

Заливка пустых областей" в главном меню и задайте 4 точки контура заливки внутри платы, затем щелкните правой кнопкой и нажмите Ввод. Появится диалоговое окно создания заливки. Во вкладке "Заливка" устанавливается ширина линий, расстояния между проводниками и опции "островков", во вкладке "Соединения" заливка подключается к какой-либо сети, настройка границ заливки осуществляется во вкладке "Граница". Нам нужно, чтобы вся плата была покрыта заливкой, но как вы видите на рисунке, мы не рисовали точный контур будущей заливки.



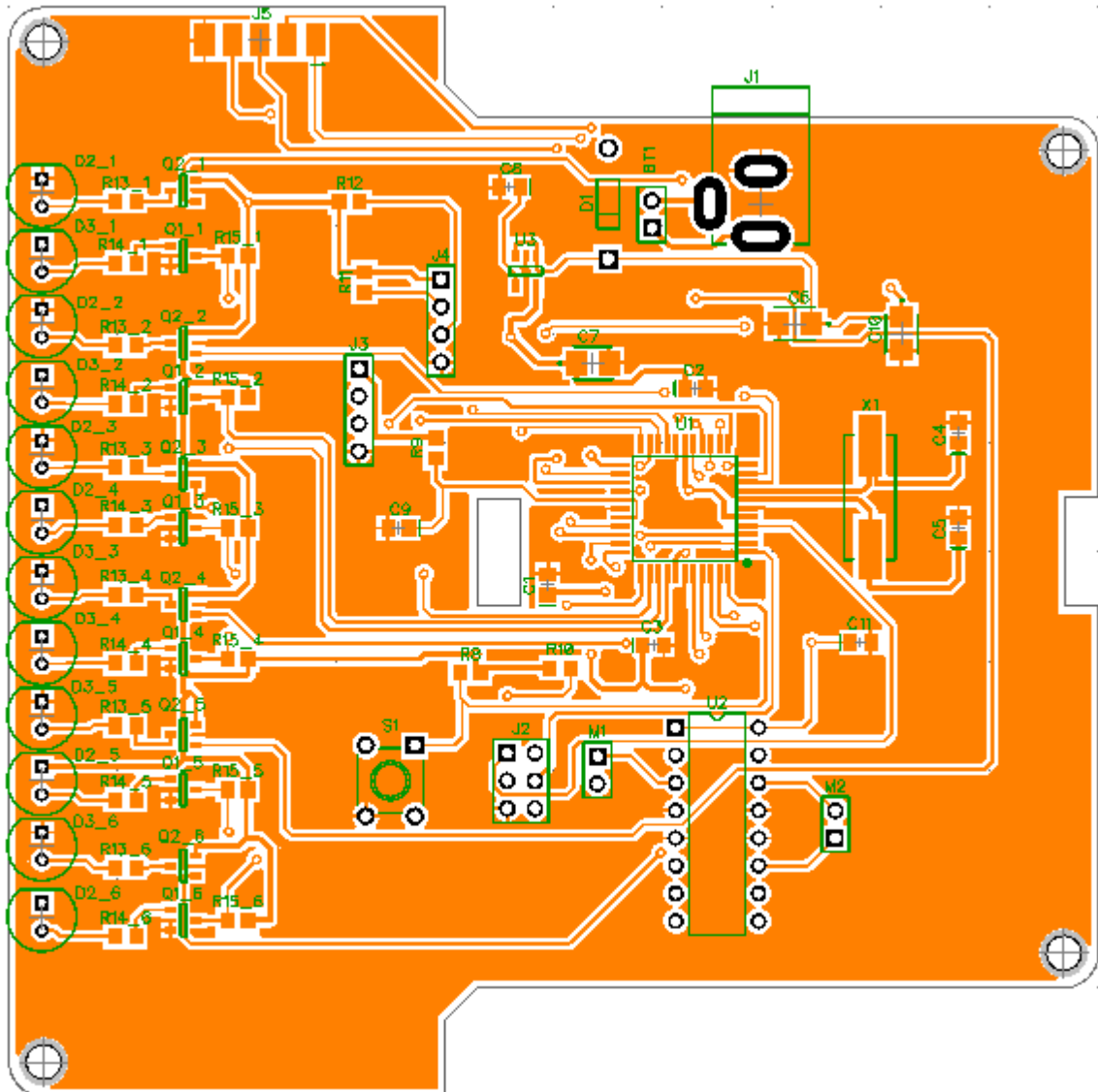
Рисовать точный контур в нашем случае вовсе не обязательно, просто установите несколько точек в произвольных местах платы, а остальное **DipTrace** сделает автоматически. Для этого отметьте опцию "**По границам платы**" и установите отступ во вкладке "**Границы**". Если поставить галочку "Сохранять привязку", то границы заливки будут изменяться вместе с границами платы.

На вкладке "**Заливка**" оставьте сплошной тип заливки. Установите параметр отступа от проводников (0.4 mm например). Он должен быть немного большим чем зазоры в настройках DRC. Это позволит избежать ошибок при проверке платы и снизит вероятность замыканий в готовом продукте. Установите "Ширину линий" и "Между линиями" приблизительно равными параметру отступа от проводников. Обратите внимание, чем меньше эти значения, тем точнее будет заливка, но будет дольше длиться ее обновление и проверка DRC. Проверьте чтобы опции "Внутренние" и "Неподсоединенные" в секции "Удаление островков" были отключены. Обычно островки заливки удаляются, но мы их пока оставим, ведь они могут помочь соединить разные части заливки на

разных слоях с помощью межслойных переходов.

Перейдите на вкладку **"Соединения"** и подсоедините заливку к сети GND, выбрав ее в ниспадающем меню "Соединить с сетью". Включите опцию "Скрыть связи соединенной сети", она скрывает все линии связи подключенной к заливке сети внутри контура заливки. В противном случае они будут отображаться внутри полигона заливки. Теперь установите термпереходы — "Тип соединения: 4 spoke".

Нажмите ОК и заливка, покрывающая весь верхний слой платы, соединенная с падами термобарьерами из четырех лучиков появится на верхнем слое. Теперь переключитесь в нижний слой и установите заливку с **точно такими же параметрами** там.



Цвет заливки зависит от цвета слоя. Наша заливка уже готова, но она наверняка содержит много неподключенных зон. Но все ошибки мы исправим позже, при проверке проекта, тогда же удалим неподключенные островки, если такие останутся.

5.8 После трассировки

5.8.1 Маркировка корпусов

Промышленно изготавливаемые платы имеют маркировку (шелкографию, или silkscreen) компонентов на плате. Она помогает правильно идентифицировать компоненты при пайке, настройке, тестировании и ремонте изделия. Также маркировка содержит дополнительную информацию (полярность элементов, положение первого вывода, текстовые надписи, логотип компании и т.д.).

В DipTrace можно выбрать две маркировки для каждого компонента на плате: Основная и Дополнительная. Глобальные настройки маркировки компонентов устанавливаются в "Вид / Надписи корпусов" из главного меню. Эти настройки применяются для всех посадочных мест, кроме тех, которые имеют индивидуальные настройки маркировки.

Например, Вы можете выбрать метки в качестве основной маркировки корпусов, а дополнительную маркировку вообще отключить. Это типовая ситуация, т.к. на платах обычно показываются только метки (RefDes) компонентов. Однако, ничто Вам не мешает указать значение или любой другой параметр как дополнительную надпись.

Кроме выбора содержания основной и дополнительной маркировки, можно указать ее исходное положение (опция "Выравнивание"). В дальнейшем, Вы можете свободно перемещать маркировку независимо от ее исходного положения, но установить положение по умолчанию (для всех компонентов сразу) все же удобнее. Можно указать тип и размер шрифта для надписей. Для этого выберите "Вид / Надписи корпусов / Шрифт /..." из главного меню. Рекомендуем использовать векторный шрифт, т.к. он наиболее точно передается в Gerber файлы. Размер шрифта выбирается исходя из наличия свободного пространства на плате, но он не должен быть слишком мелким, чтобы сохранить читаемость.

Если маркировка какого-либо компонента должна отличаться от настроек по умолчанию, это можно сделать через окно свойств компонента. Щелкните правой кнопкой на посадочном месте и выберите Свойства, чтобы открыть диалоговое окно. Затем перейдите на вкладку "Надписи" и поменяйте содержимое и выравнивание каждого типа надписей. Затем закройте диалоговое окно.

Если нужно переместить маркировку, выберите "Вид / Надписи корпусов / Позиционирование" или просто нажмите горячую клавишу "F10". После этого перетащите любую надпись мышью в другое место на плате, как обычный объект на плате. Если нужно повернуть маркировку, нажимайте клавишу "R" или "Пробел" во время перетаскивания маркировки. Для выхода из этого режима используйте правый клик мыши.

Надписи корпусов на нижней стороне платы выглядят аналогично, за исключением того, что по умолчанию они зеркально отражены.

Пользователь видит плату насквозь, какбуд-то она прозрачная. Поэтому, текст, как и другие объекты, зеркально отражены.

Если нужно добавить дополнительные надписи, будь-то номер версии (реvisions) платы, дата, имя компании и т.д., это можно сделать с помощью обычного текста. Выберите инструмент "Текст" на панели рисования, затем слой, на который установить текст (обычно "В. Графика" или "Н. Графика", но можно поместить надпись на любой другой слой), укажите начальную точку в области построения и создайте надпись. Вы также можете переместить текст с одного слоя в другой из окна свойств текста.

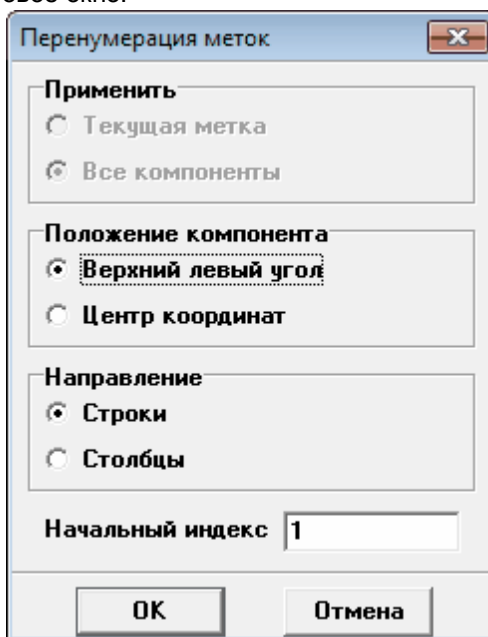
Тип и размер шрифта простого текста также может быть изменен. Для этого в подменю текста выберите "Тип шрифта" или "Шрифт".

5.8.2 Перенумерация меток

На платах средней и большой сложности достаточно трудно визуально найти нужный компонент, основываясь только на маркировке. По крайней мере, если она не упорядочена.

Функция "**Перенумерация меток**" упорядочивает метки (RefDes) на плате. Если рассматривать каждый RefDes как совокупность буквенного префикса и цифрового суффикса, функция перенумеровывает метки с одинаковыми префиксами таким образом, чтобы нумерация начиналась с левого верхнего угла платы и нарастала в сторону правого нижнего угла.

Для запуска перенумерации выберите "Инструменты / Перенумерация меток" из главного меню. Появится следующее диалоговое окно:



В качестве альтернативного способа запуска функции, можно выбрать "Перенумерация меток" из подменю компонента.

В окне можно выбрать следующие настройки:

- **применить перенумерацию для всех компонентов** или только для тех, чей RefDes имеет одинаковый префикс с выбранным компонентом. Опция активна только при запуске функции из подменю компонента.
- **определять координаты компонентов по центру координат** или левому верхнему углу компонента.
- **задавать направление перенумерации.**
- **указывать начальный индекс.**

После настройки параметров, нажмите кнопку ОК для запуска процесса перенумерации.

5.8.3 Установка размеров

Для контроля размеров платы, расстояний между объектами и т.д., а также для оформления документации в DipTrace есть специальные инструменты.

Программа может измерить линейные размеры по оси X и Y, а также кратчайшее расстояние между двумя точками в области построения, радиус арки, или установить комментарий и координаты к определенной точке.

Чтобы установить размер на плату, нажмите кнопку "Установить размер" на панели объектов. Появится дополнительная панель с кнопками для выбора типа размера. Выберите один из пяти

типов, затем укажите начальную и конечную точку размера в области построения. Пользоваться этим инструментом достаточно просто, ведь программа помогает, наводя курсор на некоторые основные точки, как то центр, или края объекта.

5.8.4 Панелизация

Для экономии средств при мелко-серийном заказе печатных плат можно использовать функцию панелизации. Она позволяет объединить на одной панели несколько плат меньшего размера.

Если Вы спросите, почему просто не использовать копирование и вставку, то вспомните, что при вставке новые компоненты получают новые метки, т.е. оригинальная плата и ее копия будут отличаться. Кроме того в **DipTrace** допускается только одна [граница платы](#). Для решения этих проблем была разработана функция панелизации. При этом возможны два варианта ее реализации:

1. На панели объединяются несколько одинаковых плат, т.е. панель представляет собой матрицу из небольших однотипных плат. Предполагается, что плата уже спроектирована до начала панелизации. Для создания панели плат следует использовать функцию "Правка / Панелизация" из главного меню. Вы увидите следующее диалоговое окно:

Панелизация	
Столбцы:	3
Строки:	2
Расстояние по X:	2 mm
Расстояние по Y:	2 mm
Отступы	
Слева	4 mm
Справа	4 mm
Сверху	4 mm
Снизу	4 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Показывать границы	
Размеры панели	
Ширина:	312 mm
Высота:	210 mm
OK Отмена	

Можно указать количество строк и столбцов в матрице, расстояние между отдельными платами и отступ от границ панели к ближайшей плате с каждой стороны панели. Опционально можно включить отображение границ панели в слое "Границы платы".

После изменения настроек и закрытия диалогового окна Вы увидите, панель в рабочей области. При этом, исходная плата отображается как и ранее, а ее копии условно представлены в виде контуров плат. **Не переживайте, при экспорте в Gerber или N/C drill все копии будут экспортированы корректно**, т.е. будут содержать все объекты, как и оригинал.

Иногда бывает необходимо дополнительно добавить объекты на готовую панель, например несколько реперных точек (англ. "fiducial"). В таком случае, добавьте объект после создания панели, затем щелкните по нему правой кнопкой мыши и выберите в подменю "Не панелизировать". Это гарантирует, что объект не будет мультиплицирован подобно другим объектам на основной плате.

2. Метод Копировать/Вставить. В этом случае на панели объединяются разные платы. Метод копирования и вставки сработает, если соблюдать следующую последовательность:

Сначала откройте первый проект и измените его границу платы на фигуру (правый щелчок по контуру платы и выбрать "Преобразовать в фигуру" в подменю). После этого, выберите все объекты на плате (можно использовать "Ctrl+A" для удобства) и скопируйте все в буфер обмена ("Ctrl+C"). После этого откройте второй проект (в который будет производиться копирование) и выберите опцию "Правка / Не менять метки при копировании" из главного меню. Это предотвратит RefDes от изменения при вставке копии. Теперь можно вставлять первую плату из буфера обмена ("Ctrl+V"). Потом перетащите ее в нужное место на панели.

Аналогично можно скопировать и вставить и третью и т.д.

Рекомендуем не вносить никаких изменений после панелизации и тем более не производить обновления из схемы. Т.е. платы уже должны быть абсолютно готовы и проверены перед панелизацией.

5.8.5 Практическое занятие 15

Маркировка корпусов

Запустите **PCB Layout** и откройте файл с готовой трассировкой и заливкой. Давайте настроим маркировку компонентов на плате.

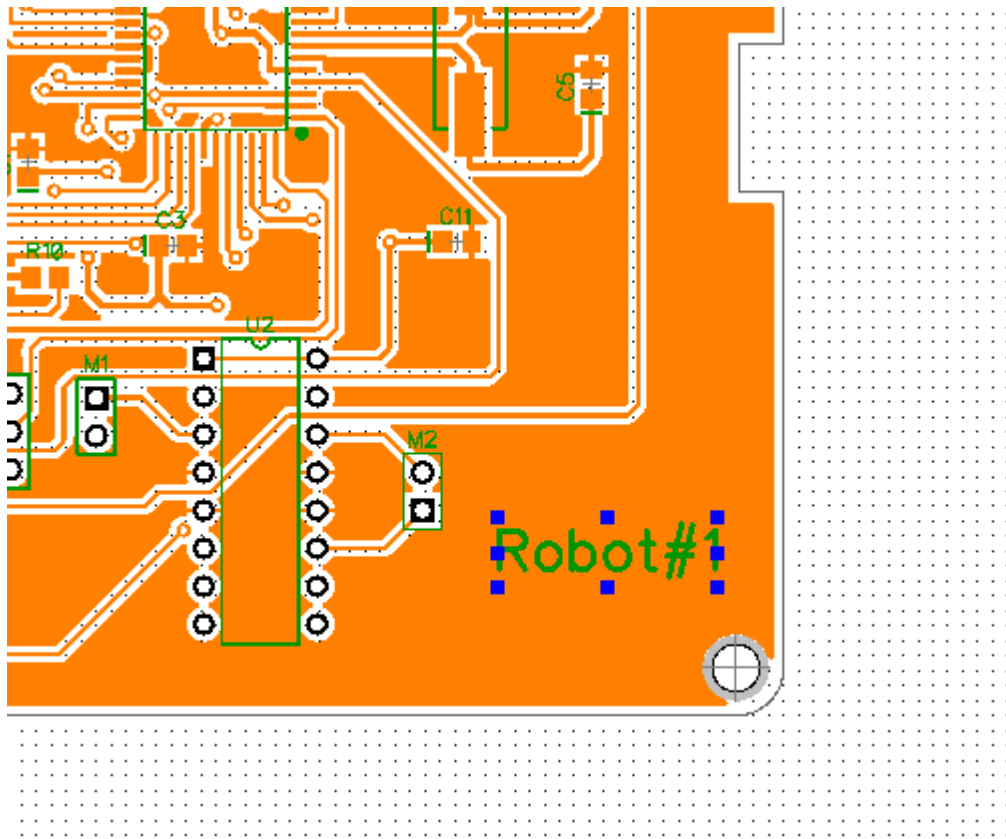
Сначала выберите тип и размер шрифта для маркировки. Укажите векторный шрифт ("Вид / Надписи корпусов / Шрифт / Векторный"), т.к. он передается в Gerber файлы наиболее точно. Размер шрифта выберите так, чтобы на плате для него было достаточно места, но в тоже время текст был читаем. Размера 4 или 5 pt будет вполне достаточно для этой платы.

Проверьте, что отображаются только метки корпусов. Для этого установите "Вид / Надписи корпусов / Основная / Метки" и "Вид / Надписи корпусов / Дополнительная / Нет".

Нажмите "F10" чтобы перейти в режим перемещения маркировки. Затем захватите с помощью мыши и перетащите в новое положение те RefDes, которые накладываются друг на друга, чтобы плата была понятной. Если необходимо его повернуть, используйте "R" или "Space" во время перетаскивания. Затем захватите и перетащите другой RefDes и т.д.

Помните, что маркировка не должна покрывать места пайки.

Добавим еще пару дополнительных текстовых надписей. Выберите слой "В. Графика" из ниспадающего меню на панели рисования, затем выберите инструмент создания текста и напишите, например, имя проекта или другую информацию на свободном месте платы. После создания текста, щелкните правой кнопкой по нему и выберите "Шрифт" в подменю. Укажите другой размер шрифта, если стандартный оказался слишком велик. Проверьте, что шрифт векторный (правый клик по тексту и выберите "Тип шрифта" в подменю).



Теперь сохраните файл для дальнейшей работы с ним.

5.9 Проверка проекта

После завершения трассировки плату нужно проверить на наличие ошибок. Проверки позволяют удостовериться в работоспособности изделия перед отправкой файлов на производство. **DipTrace** позволяет найти ошибки следующих типов:

- **Проверка зазоров между различными объектами**, минимальных и максимальных размеров отверстий и других нарушений. Чтобы запустить проверку, выберите "Проверка / Показать ошибки трассировки" из главного меню, чтобы настроить параметры проверки — "Проверка / Параметры проверки ошибок".

- **Проверка целостности соединений**, которая находит неподключенные, нетрассированные и слившиеся связи, обрывы соединений, выполненных с помощью заливки и т.д. Для запуска этой проверки выберите "Проверка / Проверка целостности сетей".

- **Сравнение со схемой**, которая находит отличия в списке соединений между трассированной платой и схемой. Однако эта проверка не сравнивает идентичность корпусов на плате и компонентов на схеме! Для запуска проверки используйте "Проверка / Сравнение со схемой".

5.9.1 Проверка ошибок трассировки (DRC)

Проверка DRC очень важна для того, чтобы убедиться в правильности разработанной платы. Она позволяет выявить нарушения на этапе проектирования еще до того, как плата запущена в производство или еще хуже — получен неработоспособный продукт.

Проверка осуществляется на основании правил, которые устанавливает пользователь. В

результате проверки выдается список присутствующих ошибок с описанием их характера и величины. Двойной щелчок по ошибке в списке локализует ее в рабочей области. Ошибки отображаются на плате в виде красных или мажентовых кругов в зависимости от типа ошибки: красный круг это нарушение зазоров, мажентовый — размеров. В случае, если ошибок во время проверки не обнаружено, выдается сообщение об их отсутствии.

Рассмотрим правила проверки (параметры проверки). Они включают в себя ограничения, вызванные техническими возможностями конкретного производителя (минимальная ширина дорожек, минимальные зазоры, минимальный диаметр отверстия и др.), а также специфические требования направленные на то, чтобы повысить качество готовой платы. Чтобы настроить правила проверки выберите "Проверка / Параметры проверки ошибок". Все установки собраны в этом диалоговом окне:

Параметры DRC

Шаблон: Нет ...>> Показывать список ошибок / сообщение

Все слои Расстояния Минимальные размеры

Таблица параметров (вкладка "Расстояния"):

	Трасса	Переход	Вывод	SMD	Медь	Отверстие	mm
Трасса	0.2						mm
Переход	0.2	0.2					mm
Вывод	0.2	0.2	0.2				mm
SMD	0.2	0.2	0.2	0.2			mm
Медь	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2		mm
Отверстие	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	mm
Плата	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	mm

Проверять правила между классами Проверять перемычки
 Проверять длину трасс (по классам) Зазоры между выводами одного корпуса
 Проверять заливку Зазоры между выводами одной сети
 Проверять барьеры трассировки Шелкография поверх площадок

OK Отмена

Правила проверки могут быть общими для всех слоев или отличаться на разных слоях. Как правило, для многослойных плат минимальные зазоры и размеры объектов должны быть больше во внутренних слоях. Настройки собраны на двух вкладках: "Расстояния" и "Размеры".

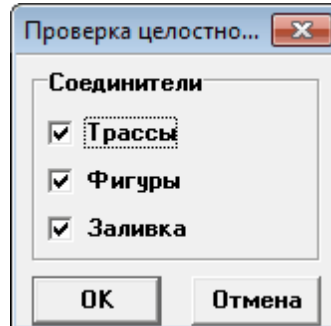
На вкладке "**Расстояния**" можно установить зазоры между разными видами объектов в удобном табличном формате. На вкладке "Размеры" можно ввести отдельные параметры, ограничивающие минимальные и максимальные размеры объектов. Также стоит отметить, что в случае необходимости можно отключить проверку зазоров или размеров.

Дополнительные опции проверки находятся ниже. Мы рекомендуем отмечать все, чтобы выявить абсолютно все возможные ошибки на плате.

Параметры [межклассовых зазоров](#) сетей устанавливаются в диалоговом окне классов сетей. При проверке можно использовать параметры из свойств какого-либо класса сетей, если отметить соответствующую опцию в [настройках](#).

5.9.2 Проверка целостности сетей

Проверка целостности сетей позволяет обнаружить неподключенные соединения, неразведенные связи, обрывы и замыкания сетей.



Например, Вы можете использовать заливку для подключения выводов в сеть, при этом визуально сложно проверить все ли выводы сети действительно к ней подключены. Наличие или отсутствие линий связи не поможет это определить.

Данная проверка находит неподключенные выводы и выводит список отдельных регионов. Для ее вызова выберите "Проверка / Проверка целостности сетей" из главного меню.

5.9.3 Сравнение со схемой

Сравнение со схемой находит отличия в списке сетей на схеме и на плате, а также проверяет идентичность выводов каждой сети. Однако эта проверка не находит отличия в корпусах, поэтому будьте внимательны, если Вы меняли или редактировали корпуса непосредственно в **Редакторе Плат PCB Layout**.

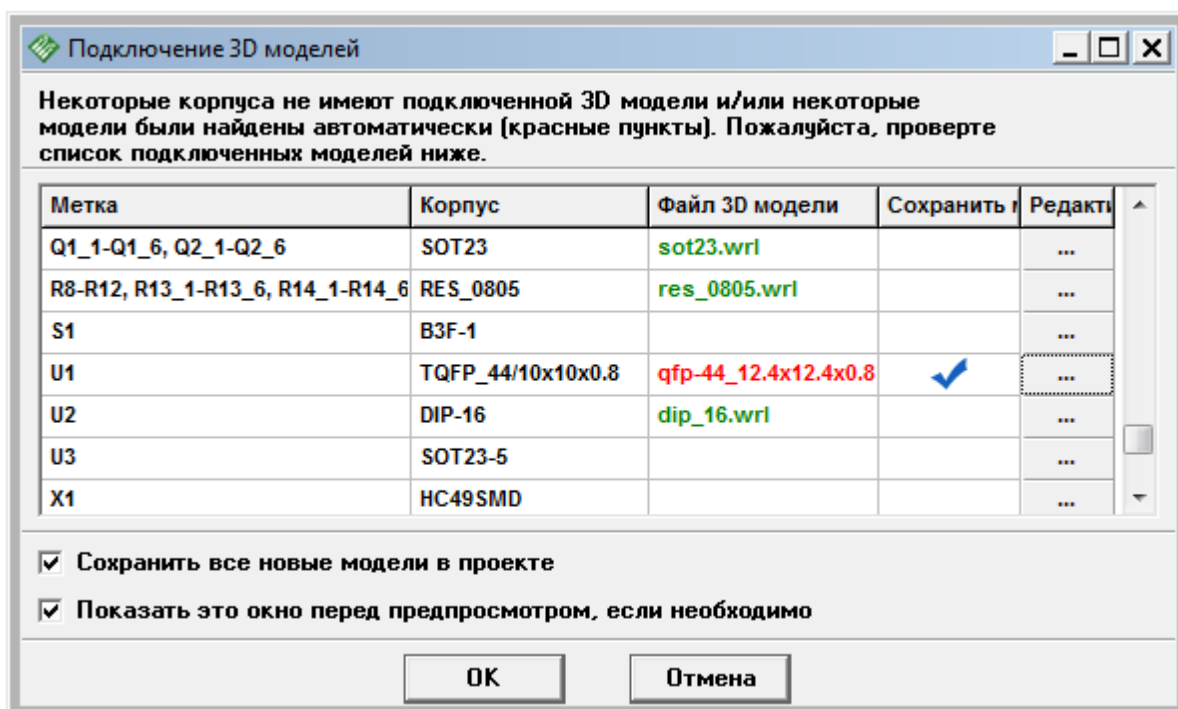
Для запуска проверки выберите "Проверка / Сравнение со схемой", затем укажите имя и путь к файлу схемотехники. Если ошибок не найдено, программа выдает сообщение об их отсутствии, в противном случае выводится список несоответствующих на схеме и на плате сетей.

5.9.4 3D предпросмотр

Благодаря опции встроенного 3D предпросмотра, DipTrace позволяет увидеть трехмерную модель Вашей платы со всеми установленными на ней электронными компонентами. Плату можно вращать по трем осям, масштабировать в реальном времени, а также изменять ее цвет, толщину и другие параметры. 3D предпросмотр позволяет оценить возможные недостатки готового изделия еще до отправки производственных файлов.

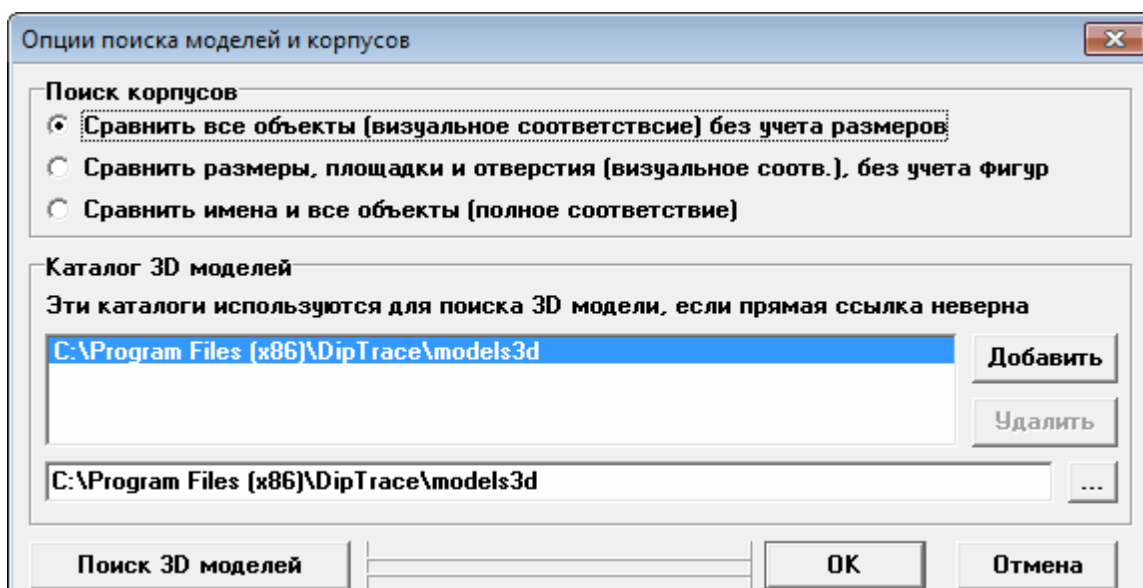
Для того, чтобы запустить 3D предпросмотр выберите "Инструменты / 3D предпросмотр / 3D Визуализация" из главного меню, или нажмите на соответствующую кнопку на стандартной панели.

Для нормальной работы 3D предпросмотра необходимо чтобы каждый корпус на плате имел прикрепленную 3D модель. Если в проекте есть компоненты без прикрепленной модели, появится специальное диалоговое окно:



В данном диалоговом окне Вы видите список компонентов проекта, указаны метки, корпуса и 3D модели. Если поле "Файл 3D модели" пусто, то у данного компонента ее нет. Если модель в списке отмечена красным — программа нашла ее автоматически, а значит пользователю необходимо открыть ее и визуально проверить соответствует ли она данному посадочному месту. Для этого нужно нажать кнопку редактировать напротив нужного пункта в списке. После этого появиться диалоговое окно 3D модели. В нем можно просмотреть модель непосредственно на посадочном месте в 3D, настроить цвет и расположение, а также при необходимости найти и прикрепить к корпусу другую модель. Модели для подключения к посадочным местам можно найти вручную. Для этого нужно ввести адрес модели в соответствующее поле, либо выбрать модель из списка доступных, где они отсортированы в алфавитном порядке.

DipTrace имеет более чем 2500 3D моделей компонентов, которые распространяются бесплатно. Точность автоматического поиска моделей и задействованные при поиске папки можно настраивать. DipTrace поддерживает *.vml и *.3ds модели.



5.9.5 Практическое занятие 16

Проверка проекта

На этом занятии мы проверим наш проект на наличие ошибок, изучим как обнаружить нарушения величины зазоров, размеров объектов, целостности сетей и сравним плату со схемой.

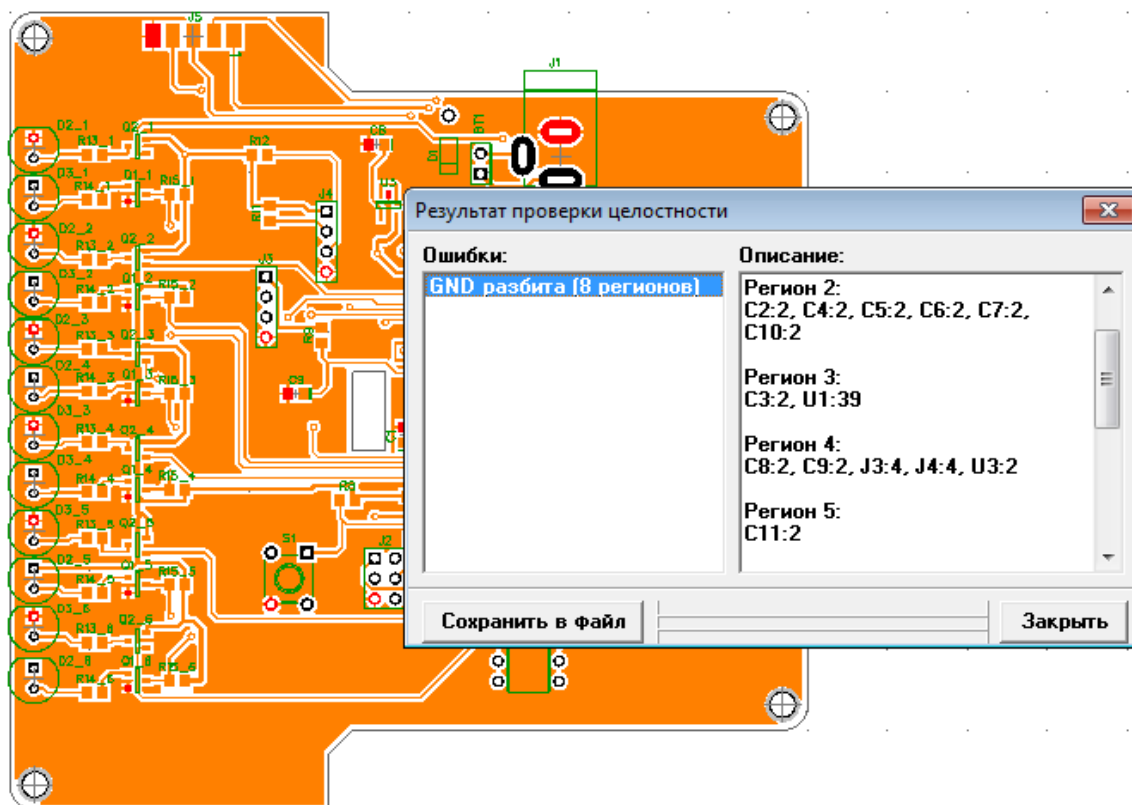
"Проверка ошибок трассировки"

Откройте файл проекта над которым мы работаем в течении практических заданий тренингов затем установите нужные правила проверки, для этого выберите "Проверка / Параметры проверки ошибок" из главного меню. Параметры должны быть такими: зазоры между всеми объектами должны быть не менее 0.3 mm, минимальные размеры проводника — 0.3 mm, отверстия — 0.4 mm, а металлизации (Ring) — 0.2 mm или же больше.

Теперь можно запустить проверку, для этого воспользуйтесь кнопкой на панели трассировки, или выберите "Проверка / Показать ошибки трассировки" из главного меню, или нажмите горячую клавишу "F9". Если на плате есть ошибки — проверка обязательно их покажет. Ошибки можно отобразить по слоям.

Заметьте, что каждая ошибка в списке отображается с описанием (текущим размером и параметром, установленным в правилах проверки).

Исправьте все нарушения, если таковые имелись, редактируя трассы. Если все сделано правильно, то при следующем запуске проверки DRC Вы увидите сообщение об отсутствии ошибок трассировки на плате. Но это еще не все. Теперь самое время перейти к следующему этапу процедур проверки — "**Проверка целостности сетей**". Выберите "Проверка / Проверка целостности сетей" в главном меню, чтобы запустить эту процедуру. Отметьте все три опции в маленьком диалоговом окне настроек проверки и нажмите ОК. В результате Вы увидите список ошибок. В нашем случае — одна ошибка, связанная с медной заливкой, которую мы установили ранее. Кликните на ошибке в списке и правее появится ее детальное описание. В него включены все регионы на которые разделена заливка с перечислением неподключенных контактных площадок по каждому региону.



Как видно на рисунке, наша сеть GND, соединенная через заливку, оказалась разделена на 8 не связанных между собой регионов. Пользуясь менеджером проекта нужно найти неподключенные пады и найти способ подключить их в единую сеть через медную заливку.

Для начала измените режим отображения слоев на "Все слои". Теперь мы можем воспользоваться межслойными переходами для подключения островков заливки на разных сторонах платы в одну сеть, а также установим несколько переходов равномерно в разных местах платы для более качественного электрического соединения и нормального распределения тепла между островками заливки. По этой же причине межслойные переходы будут соединены с заливкой напрямую, без использования термобарьеров.

Теперь нужно выбрать все неподключенные переходы на плате. Для этого нажмите "Ctrl+A" для того, чтобы выделить все объекты в области построения. Затем выберите "Правка / Редактировать выделение" из главного меню. В диалоговом окне определите: "Режим: Оставить выделенным", отметьте "Межслойные переходы" и определите "Неприсоединенные" в ниспадающем списке. Это позволит автоматически выбрать все неподключенные переходы на плате. Теперь нажмите ОК. Затем кликните правой кнопкой мыши по какому-либо из выбранных переходов и подключите их к сети GND (воспользуйтесь функцией "Добавить в сеть / Выбранные переходы" из подменю).

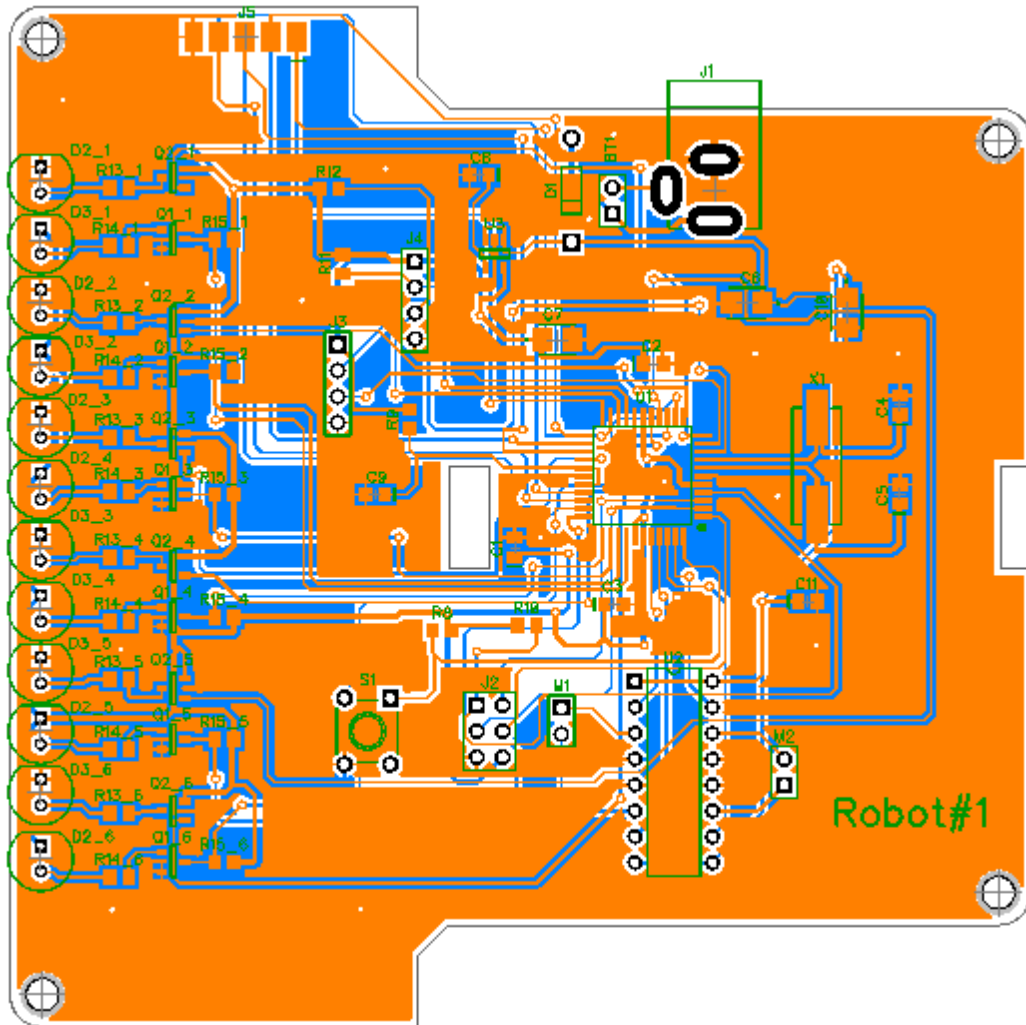
После подключения переходов к сети нужно изменить тип их термобарьера. Кликните правой кнопкой по одному из выбранных переходов и в подменю выберите "Соединение с заливкой". В появившемся диалоговом окне отключите опцию "Использовать свойства заливки" и выберите "Сплошной" тип соединения.

Теперь выберите пад №2 коннектора J1. Эта контактная площадка должна иметь более надежное соединение с заливкой сети GND, но изменить его тип на сплошной мы не можем (иначе пайка будет невозможной). Поэтому, не меняя типа термобарьера, мы изменим ширину его "лучиков" на 0.7 mm. Для этого воспользуйтесь диалоговым окном "Соединение с заливкой". Теперь обновите медную заливку на верхнем и на нижнем слое платы.

Запустите проверку целостности сетей снова. На этот раз ошибок не должно быть. После этого

еще раз запустите проверку правил трассировки DRC, чтобы удостовериться, что подключение соответствует правилам. Если нужно подкорректируйте плату, чтобы не было ошибок дизайна.

Теперь удалите неподключенные островки заливки. Нажмите правой кнопкой мыши по контуру заливки и выберите Свойства из подменю. Во вкладке "Заливка" активируйте опцию "Несоединенные" и нажмите ОК. Сделайте тоже самое и на противоположном слое платы и все ненужные части заливки исчезнут.



"Сравнение со схемой" — это третья процедура проверки в **Редакторе плат PCB Layout**. Выберите "Проверка / Сравнение со схемой" в главном меню и укажите файл схемотехники нашего проекта. Если и эта проверка ошибок не покажет, тогда наша плата уже фактически готова к изготовлению. Но до того мы еще проверим ее визуально, используя функцию 3D предпросмотра.

5.9.6 Практическое занятие 17

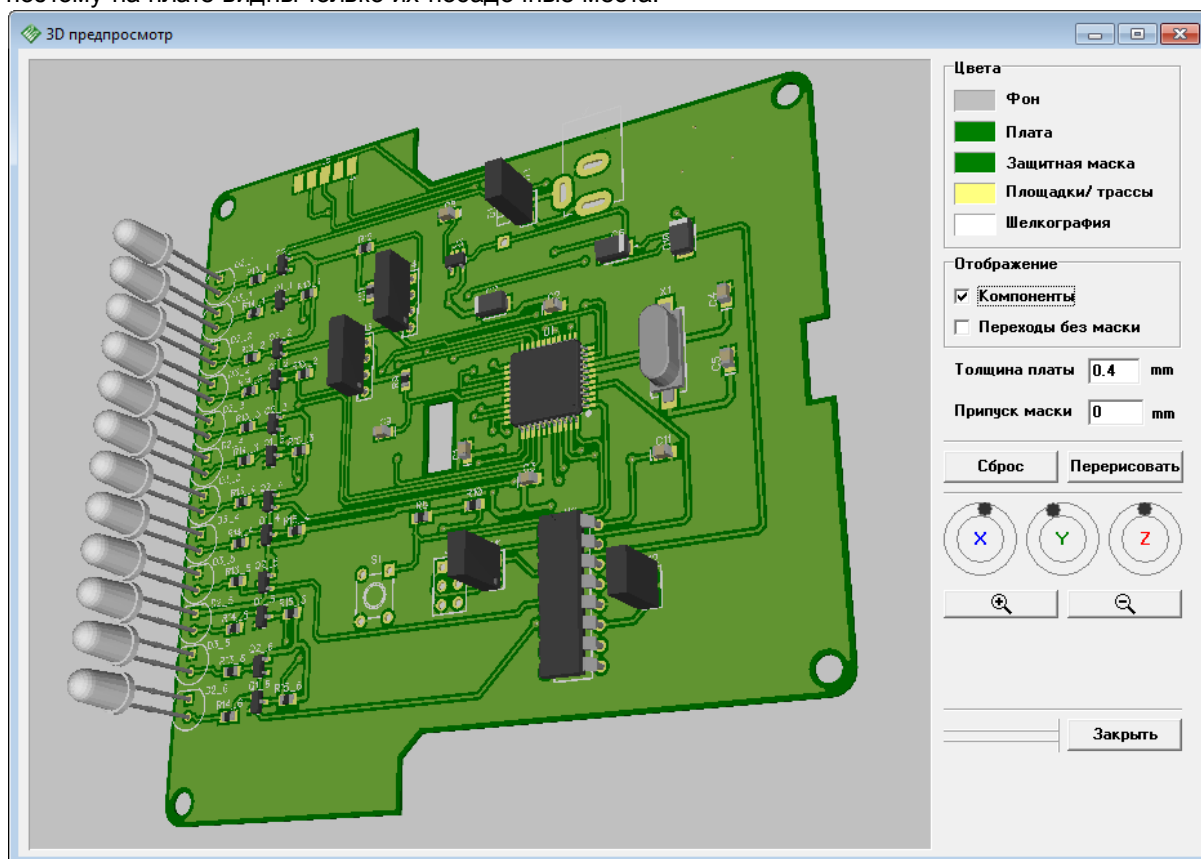
3D предпросмотр

В течении этого практического занятия мы научимся просматривать плату нашего проекта в 3D предпросмотрщике **DipTrace** и подключать 3D модели к корпусам платы.

Откройте проект платы робота, с которым мы работаем в этой книге тренингов. Затем нажмите на кнопку с надписью 3D на стандартной панели, или выберите "Инструменты / 3D Предпросмотр / 3D визуализация из главного меню. В появившемся диалоговом окне Вы увидите, что большая часть 3D моделей отсутствует. 3D предпросмотр будет работать даже в таком случае, но плата будет

показана только с посадочными местами, без непосредственно корпусов на ней. Нажмите кнопку "Редактировать" рядом с нужным компонентом в списке и появится окно подключения 3D модели к корпусу. В соответствующем поле можно ввести расположение нужной модели, или нажать на кнопку "Все модели" и выбрать подходящий файл из списка всех стандартных 3D моделей. В нашем случае программе не удалось найти необходимые модели автоматически из-за неточностей в названиях созданных вручную корпусов и соответствующих моделей.

Сейчас нужно подсоединить каждый корпус к его 3D модели, которая есть в списке стандартных. Вполне возможно некоторые модели корпусов придется вращать в разных осях. Сделать это несложно — в окне подключения модели нужно просто ввести нужный параметр в соответствующее поле (углы по разным осям, масштаб и смещение). Разобравшись со всеми корпусами, которые доступны по умолчанию, нажмите ОК и вы сможете просматривать трехмерную модель платы. Как видим для некоторых корпусов найти 3D модель не удалось, поэтому на плате видны только их посадочные места.

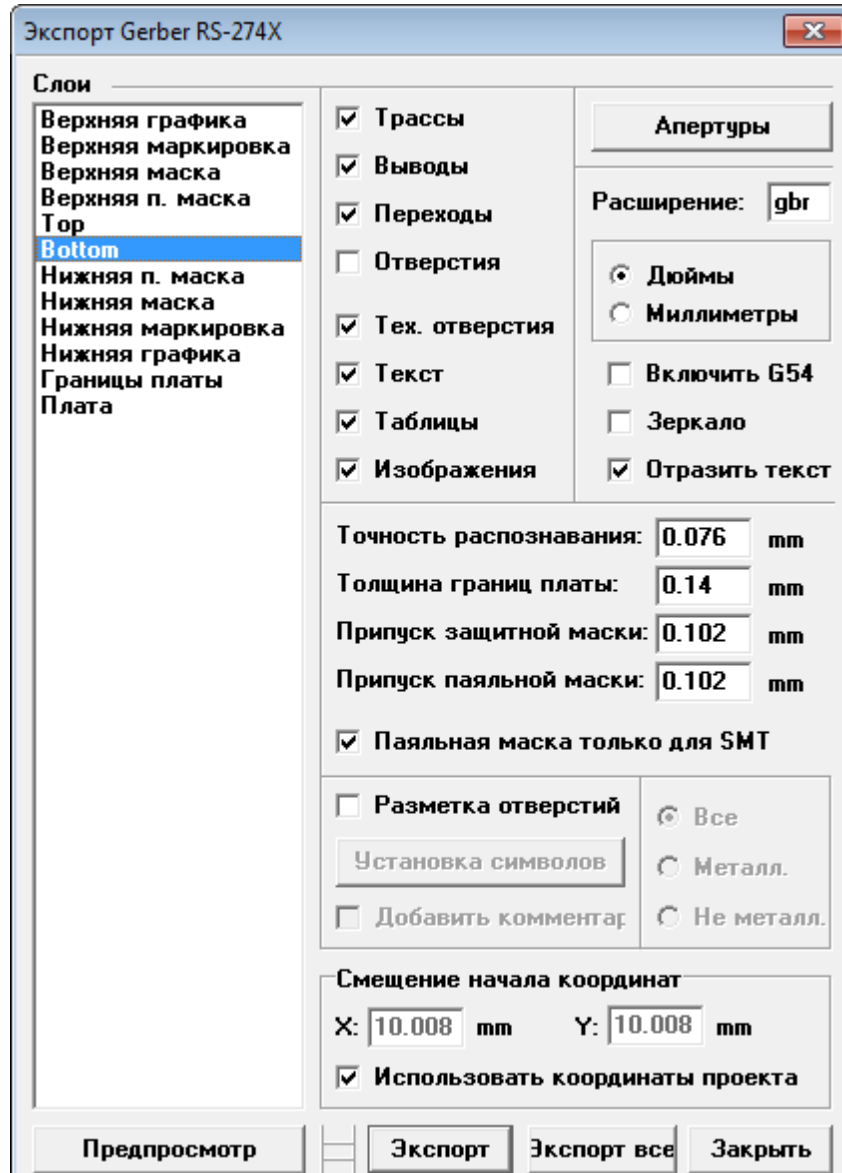


5.10 Экспорт производственных файлов

5.10.1 Gerber файлы

Для заказа печатных плат на производстве по всему миру обычно принимаются Gerber RS-274X и Excellon N/C Drill файлы. Это наиболее распространенные форматы при заказе печатных плат, хотя существуют и другие (HPGL, ODB++ и др), но по популярности они очень далеки.

Каждый слой на печатной плате экспортируется в отдельный Gerber файл. Неиспользуемые слои экспортировать не нужно. Так, например, для двухслойной платы с защитной маской и шелкографией с обеих сторон должны быть экспортированы следующие слои: Верхний, Нижний, Верхняя маска, Нижняя маска, Верхняя маркировка, Нижняя маркировка и Границы платы. Если шелкография на плате только с одной стороны — нужно экспортировать только один файл слоя маркировки. Если на плате больше сигнальных слоев — их нужно экспортировать дополнительно — каждый слой в отдельный файл, и т.д.



Слои верхней и нижней графики используются для хранения дополнительной информации и создания сборочных чертежей. Для изготовления плат они не нужны. Слои Верхней п. маски и Нижней п. маски используются для изготовления трафарета нанесения паяльной пасты при автоматической пайке компонентов на плату. Экспортируйте эти слои только, если Вы заказываете эту опцию у производителя, иначе они не пригодятся. Слой Границы платы создает залитую область платы — этот слой нужно экспортировать всегда.

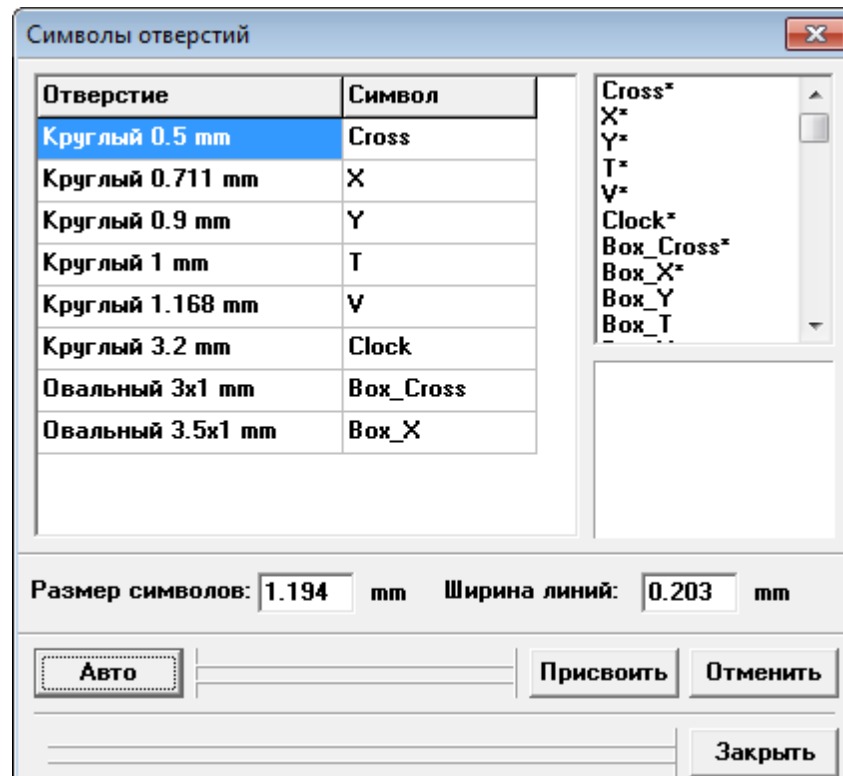
Перед экспортом платы каждый слой нужно выбрать и проверить, удостовериться что нужные объекты включены в него. Так для сигнальных слоев все объекты, кроме отверстий должны быть включены (выбраны). В слои верхней и нижней защитной маски обязательно включите выводы, а переходы можно или включить или исключить из слоя — для переходов не важно покрыты они защитной маской или нет, чего нельзя сказать о контактных площадках.

Контактные площадки (и переходы) в **Редакторе Плат PCB Layout** автоматически не покрываются защитной маской (слои Верхняя и Нижняя маска). Поэтому нет необходимости вводить эту информацию в Редакторе Корпусов при создании библиотеки. Фигура, непокрытая защитной маской, будет такой же как и фигура контактной площадки в выбранном слое, но немного **большей** чем сама площадка, на величину равную параметру "**Припуск защитной маски**".

Все то же самое, но с точностью до наоборот актуально и для слоев припоя (Верхняя и Нижняя п. маска). Паяльная паста для падов (за размещение которой отвечают эти слои) должна быть немного **меньше**, чем сам пад на величину равную "**Припуску паяльной маски**". Также имеется опция, которая позволяет создать паяльную пасту только для SMT падов. Когда эта опция включена то для сквозных падов паяльная паста не создается.

Параметры припуска защитной и паяльной маски для одного или нескольких падов можно установить отличными от параметров данного слоя. Для этого в подменю выбранного пада нужно выбрать "Свойства маски и припоя". В таком случае, при экспорте в Gerber, используются именно эти настройки. Не забудьте просмотреть то, как слои будут экспортированы. Для этого выбирайте по одному слою со списка и нажимайте кнопку "Предпросмотр".

Некоторые производители могут требовать экспорта в Gerber формат файла символов сверловки (legend). Чтобы получить этот файл, выберите опцию "Разметка отверстий" в диалоговом окне Gerber экспорта. При этом будут выделены только сигнальные слои и все отверстия в них. Далее следует назначить каждому диаметру отверстия соответствующий символ, для этого нажмите кнопку "Установка символов".



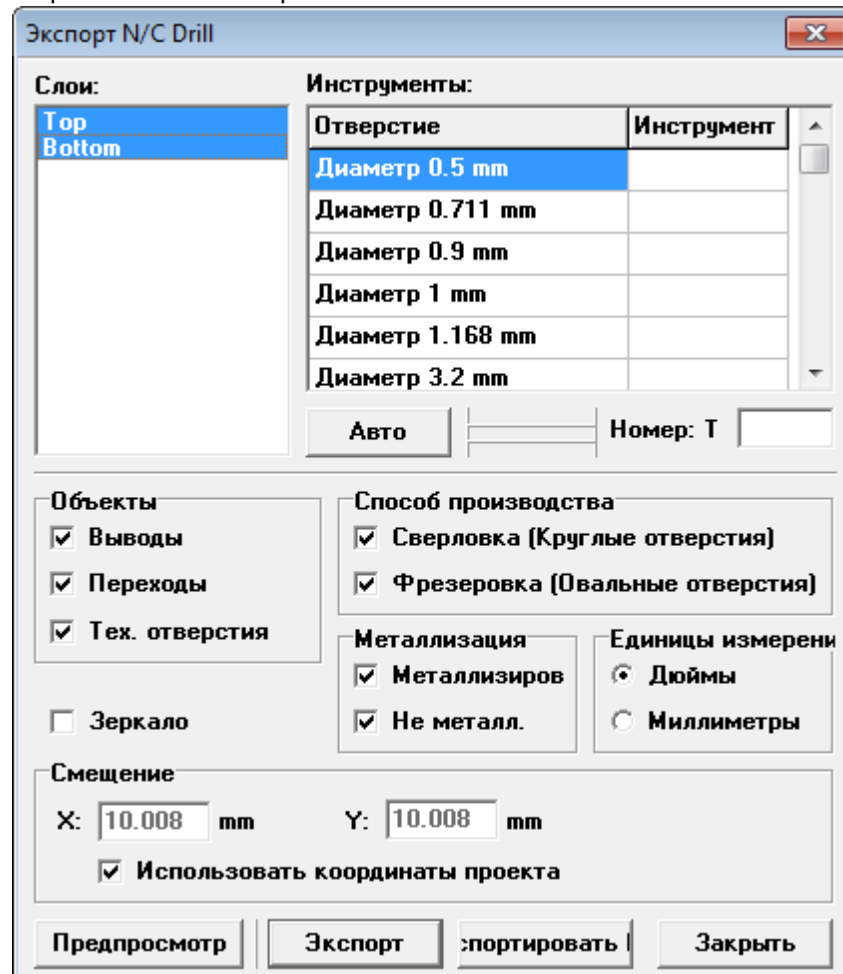
В большинстве случаев, можно назначить символы автоматически (кнопка "Авто"). После этого Вы можете добавить таблицу с параметрами отверстий, для этого выберите опцию "Добавить комментарий". Настроив все параметры, экспортируйте символы сверловки в Gerber файл. Не забудьте отключить опцию "Разметка отверстий" после этого, иначе Вы не сможете экспортировать остальные Gerber файлы.

Вы можете экспортировать каждый слой по отдельности или же все слои сразу (кнопка "Экспорт все"), а затем удалить лишние (пустые слои). При экспорте всех слоев программа автоматически присваивает имена и расширение всем файлам, что весьма удобно. Каждый файл называется в соответствии со слоем, который в него экспортирован. Но Вы можете ввести любое другое имя.

Рекомендуем всегда проверять полученные Gerber файлы с помощью другого просмотрщика. Чтобы максимально обезопасить себя от ошибок. В интернете достаточно бесплатных просмотрщиков Gerber файлов, таких как Pentalogix viewmate, GC Preview и многие другие.

5.10.2 N/C Drill файлы

Кроме экспорта Gerber файлов, необходимо экспортировать N/C Drill файлы. Для экспорта этого типа файлов выберите "Файл / Экспорт / N/C Drill" из главного меню.



В появившемся диалоговом окне вы увидите список слоев платы в левом верхнем углу окна. Сначала выберите все слои, чтобы экспортировать только сквозные отверстия. Проверьте все настройки, назначьте номер инструмента для каждого типа отверстия (воспользуйтесь кнопкой "Авто"), выберите все типы объектов и т.д.

Обычно, металлизированные и неметаллизированные отверстия экспортируются в разные файлы, поэтому сначала выберите "Металлизированные" и экспортируйте один файл для них. Потом, если у вас есть и неметаллизированные отверстия в проекте, выберите "Не металл." и экспортируйте их во второй файл.

Если на плате все отверстия сквозные, то больше ничего экспортировать не нужно. Однако если в проекте есть еще и несквозные отверстия (например глухие или несквозные межслойные переходы), то выберите начальный и конечный слои, через которые проходят отверстия и экспортируйте файл. Сделать это нужно для каждого вида несквозных отверстий. По одному файлу на каждый использованный стиль переходов.

5.10.3 DXF экспорт

Для обмена с другими CAD программами широко используется формат DXF. Это ASCII формат, который очень распространен и легко импортируется практически любой CAD программой.

Кроме того DXF файлы используются при производстве плат методом фрезерования. Именно из DXF получают исполняемый код (G-code) для станков с числовым управлением (CNC). DipTrace не экспортирует G-Code напрямую, но DXF файлы, полученные в DipTrace легко конвертируются в G-code с помощью бесплатной утилиты [Ace Converter](#).

Для открытия диалогового окна экспорта DXF выберите "Файл / Экспорт / DXF" из главного меню. В диалоговом окне выберите те слои, которые Вы планируете экспортировать. Можно использовать кнопку "Выделить все" чтобы выбрать все доступные слои.

Обратите внимание, что именно слои "Обводка_Top" и "Обводка_Bottom" используются для создания простых плат методом фрезерования, поскольку в этих слоях дорожки представлены в виде их контуров.

5.10.4 Pick & Place экспорт

Для автоматической расстановки компонентов на плате необходимо экспортировать и Pick & Place файл. Для этого выберите "Файл / Экспорт / Pick and Place" в главном меню.

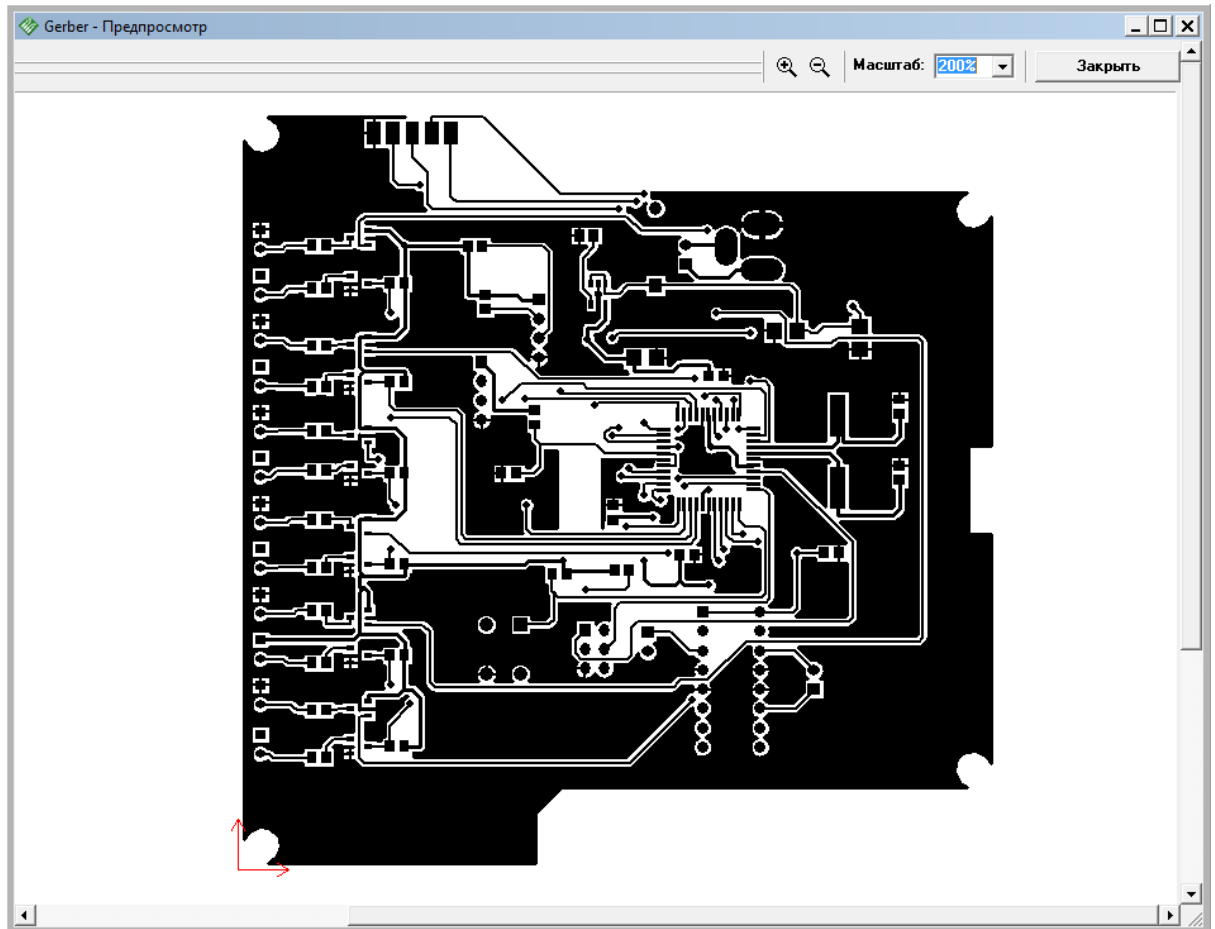
5.10.5 Практическое занятие 18

Экспорт производственных файлов

В течении заключительного практического занятия мы подготовим производственные файлы для заказа плат.

Откройте файл, который мы сохранили после предыдущего занятия. Плата уже прошла все этапы проверки и полностью готова. Теперь выберите "Файл / Экспорт / Gerber" из главного меню.

В диалоговом окне есть список слоев платы. Выберите каждый слой по отдельности и удостоверьтесь, что нужные объекты включены в него при экспорте. Так, для слоев Верхний и Нижний нужно отключить экспорт отверстий, а для слоев Верхняя и Нижняя паяльная маска отключить экспорт переходов. Затем просмотрите каждый слой по отдельности, используя функцию предпросмотра.



Убедитесь, что опция "Разметка отверстий" отключена. Параметры "Припуск защитной маски" и "Припуск паяльной пасты" оставьте без изменений, они равны 0,102 mm или 4 mil по умолчанию. Также проверьте секцию "Смещение начала координат", должны использоваться координаты проекта. Если опция отключена — включите ее. В качестве единиц измерения укажите дюймы или оставьте миллиметры. Это зависит от требований производителя.

Нажмите кнопку "Экспорт все". Программа создаст необходимые аперттуры автоматически и сохранит каждый слой в отдельный файл. Пользователю останется только указать папку для их сохранения. Имя файла соответствует названию слоя.

Теперь закройте диалоговое окно и выберите "Файл / Экспорт / N/C Drill" в главном меню.

В диалоговом окне выберите слои Верхний (Top) и Нижний (Bottom). Поскольку плата нашего робота двухслойная, то и все отверстия на ней будут сквозными. Однако обычно металлизированные и неметаллизированные отверстия экспортируются отдельно. Проверьте все настройки (смещение, единицы измерения и т.д.), они должны быть такими же, как и при экспорте Gerber файлов. Теперь выберите все объекты и все виды отверстий, кроме секции "Металлизация". Ведь как Вы помните металлизированные и неметаллизированные отверстия экспортируются в разные файлы. Экспортируйте их. А потом отключите секцию "Металлизация" и выберите "Не металл." и экспортируйте эти отверстия.

Полученного набора файлов (Gerber и N/C Drill) достаточно для заказа плат у производителя. Но перед отправкой рекомендуем просмотреть файлы в любом стороннем просмотрщике Gerber формата.

Однако иногда для производства и автоматического монтажа компонентов на плату нужны другие файлы: Drill Legend, Pick & Place, DXF. Экспортировать файлы этих форматов на много легче чем Gerber. Детально описывать процесс мы не будем, ведь интерфейс диалоговых окон экспорта

максимально простой и функциональный, поэтому разобраться будет несложно, исходя из информации доступной в разделе "Экспорт производственных файлов".

Надеемся данный учебный курс был Вам полезен. Спасибо за то, что Вы выбрали DipTrace.