

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**Автономное профессиональное образовательное учреждение Удмуртской  
Республики «Техникум радиоэлектроники и информационных технологий имени  
А.В. Воскресенского»**

**Практические работы**

**по дисциплине МДК.02.02 «Конструкторско-технологическое проектирование  
печатных плат»**

**11.02.17 Разработка электронных устройств и систем**

**Разработал**

**Мастер производственного обучения:**

**Т.Е. Мышкина**

**Ижевск, 2024**

## Практическая работа №1

**Тема:** Создание и настройка проекта в САПР печатных плат

**Задание:**

1. Составить таблицу имеющихся программ для создания печатных плат (выпишите все достоинства и недостатки имеющихся программ)
2. на основании п.1 выберите программу для создания вашей платы
3. Рефлексия.

Критерии оценивания

Оценка «5» ставится, если выполнены все задания

Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий

Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий

Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

## Практическая работа №2

**Тема:** Работа с библиотеками компонентов. Создание библиотеки компонентов.

**Теоретический материал:**

**Библиотека компонентов** — это файл, где хранятся основные компоненты для проекта. Если нужно добавить один из стандартных элементов, то его берут из библиотеки.

Библиотека может идти в комплекте с программным продуктом. Можно ее организовать самостоятельно. При разработке многокомпонентного чертежа удобнее пользоваться библиотекой.

Библиотеки компонентов позволяют:

- Экономить время.
- Эффективно работать в команде.
- Использовать готовые наработки.

Библиотека компонентов создается во всех программах примерно одинаково. Открываем окно библиотека компонентов и начинаем его выполнять

**Задание:**

1. Вам необходимо создать библиотеку компонентов для работы в выбранной вами программе. При создании библиотеки компонентов необходимо соблюдать требования ГОСТ 2.721-74.
2. Выполните схему электрическую принципиальную на предложенный вам прибор, используя библиотеку компонентов созданную вами
3. Рефлексия

Критерии оценивания

Оценка «5» ставится, если выполнены все задания

Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий

Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий

Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

## Практическая работа №3

**Тема:** Создание электрической схемы для проекта.

### Задание:

1. Необходимо проанализировать проектные параметры узла, выданного вам в качестве курсового проекта.
2. Определитесь с элементной базой, необходимой для создания устройства.
3. Разработайте схему электрическую принципиальную для этого устройства.
4. Рефлексия.

### Критерии оценивания

Оценка «5» ставится, если выполнены все задания

Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий

Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий

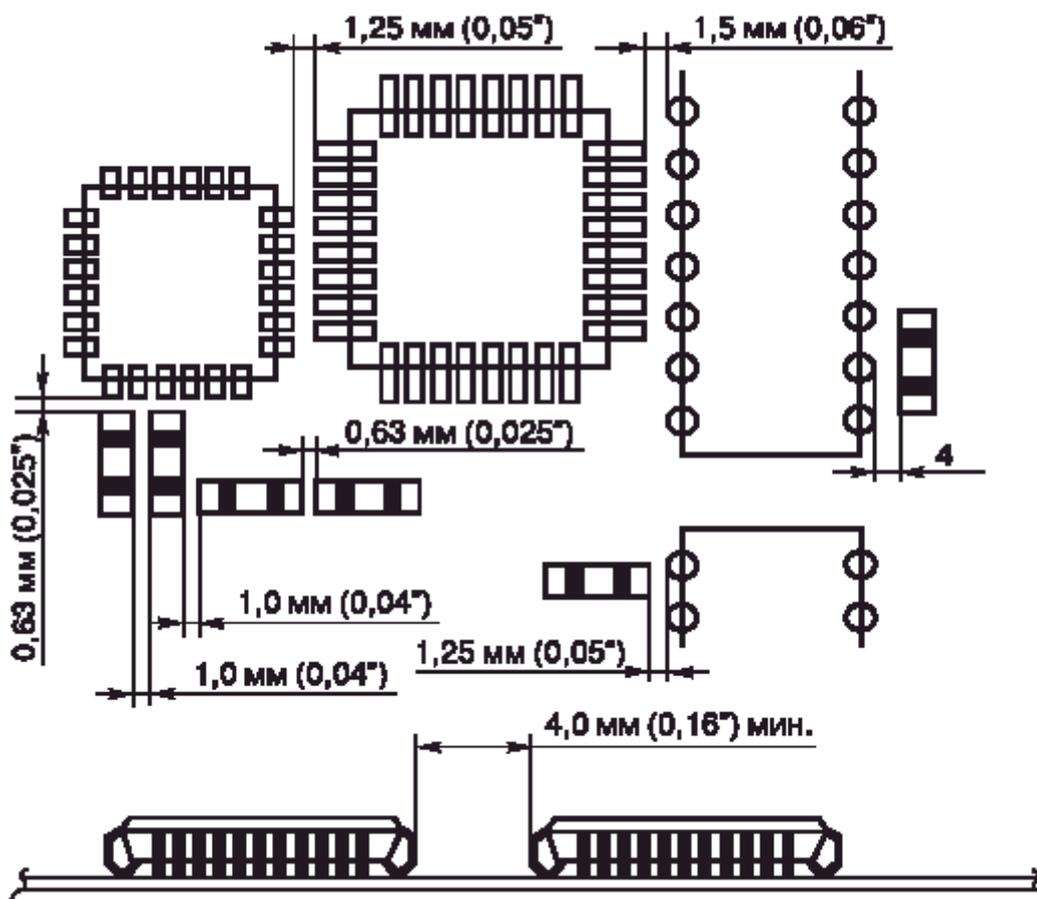
Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

## Практическая работа №4

**Тема:** Размещение компонентов на печатной плате.

### Теоретический материал:

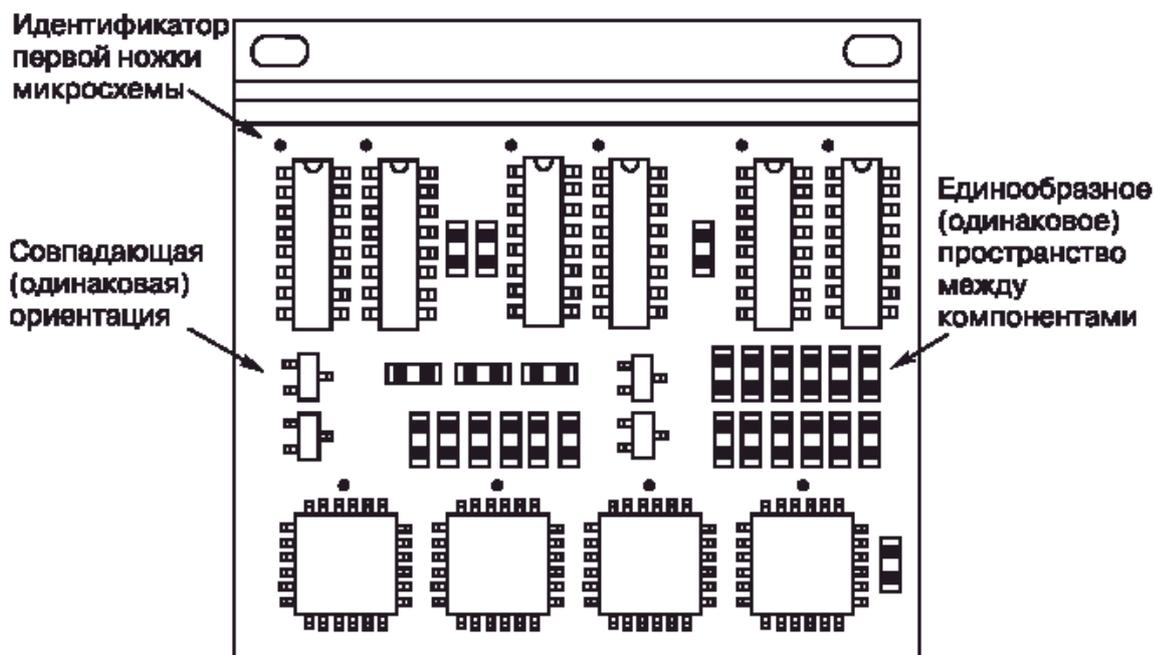
Рекомендации по расположению компонентов на печатной плате:



Пример минимальных рекомендуемых расстояний.

Кроме того, не следует размещать компоненты слишком близко к краю печатной платы — расстояние между компонентом и краем платы должно быть не менее 1,25 мм.

Хорошим стилем будет считаться, если компоненты одного типа будут размещены в одном направлении и по возможности сгруппированы вместе:



Пример расположения (ориентации) компонентов на печатной плате

Для проектов, использующих традиционные компоненты выводного монтажа, рекомендуется сетка 2,54 мм (100 mil), для более плотного размещения, при использовании поверхностного монтажа, сетку размещения можно уменьшить до 1,27 мм (50 mil) или даже до 0,63 мм (25 mil). Применение более мелкой сетки часто бывает неоправдано.

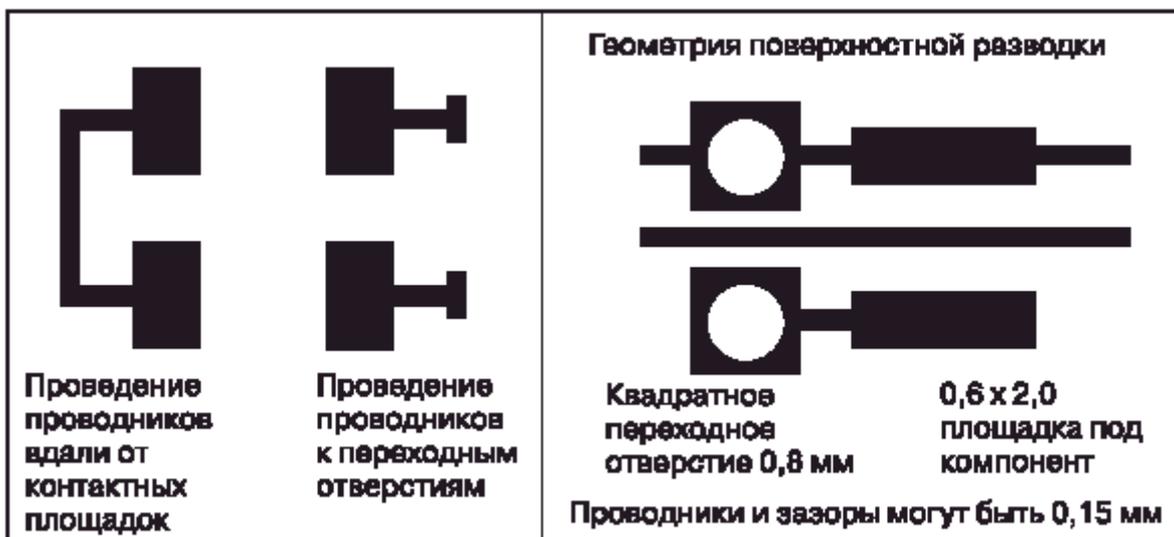
Следует различать двусторонний монтаж компонентов на печатную плату и односторонний. Разработчики должны стараться разместить все компоненты на одной стороне ("основной" стороне) печатной платы. В противном случае это повлечет за собой удорожание монтажа печатных плат.

Широкие проводники, подходящие к контактным площадкам, могут помешать хорошему пропайиванию элементов, так как тепло будет «уходить» с площадки по широкому проводнику - в результате пайка получится «холодной». Поэтому часто используются узкие проводники, соединяющие непосредственно контактную площадку и широкий проводник, как показано

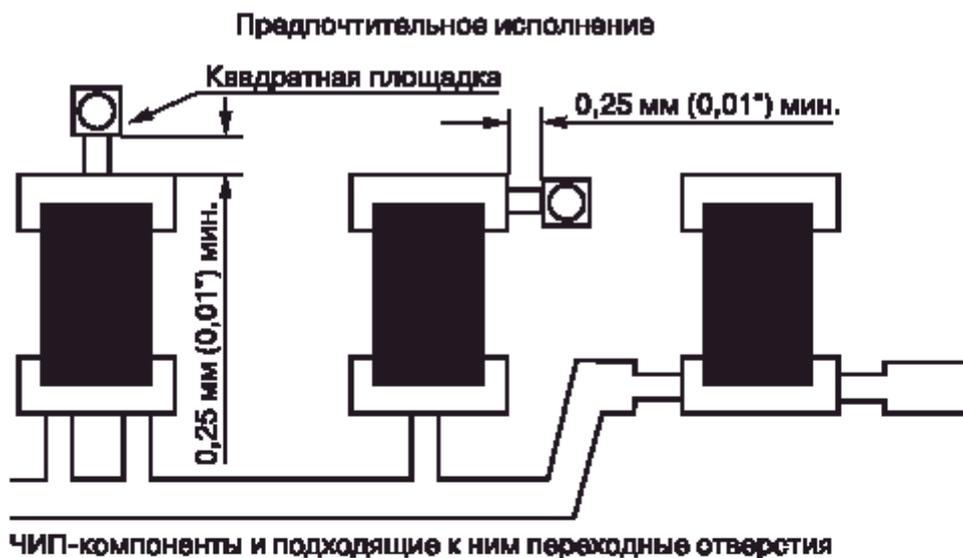


Ширина подводящего «узкого» проводника может варьироваться в пределах от 0,25 до 0,125 мм (зависит от технологических возможностей производителя печатных плат).

Проводить дорожки между соседними площадками рекомендуется, как показано на рисунке (при условии отсутствия жестких требований к длине проводника).



Чрезмерно близкое размещение контактных площадок и переходных отверстий препятствует уходу тепла и припоя с контактной площадки, и как следствие — «холодная» пайка. В этом случае справедливы те же рекомендации, что и для широких проводников. На рисунке представлено рекомендуемое расположение переходных отверстий и контактных площадок на печатной плате.





**Задание:**

1. Расположите компоненты схемы.
2. Определите размеры платы.
3. Рефлексия

**Критерии оценивания**

- Оценка «5» ставится, если выполнены все задания
- Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий
- Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий
- Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

**Практическая работа №5**

**Тема:** Трассировка печатной платы.

**Теоретический материал:**

Трассировка печатных плат — один из этапов проектирования радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), заключающийся в определении мест расположения проводников на печатной плате вручную или с использованием одной из САПР, предназначенной для проектирования печатных плат.

Важные вещи при трассировке:

1. Ширина проводника платы

Применение проводников недостаточной ширины может быть причиной возникновения ряда проблем:

**Проблема №1** – падение напряжения. Все мы помним закон Ома, из которого следует, что чем меньше площадь сечения проводника, тем больше его сопротивление. Чем больше сопротивление проводника, тем больше на нем упадет напряжение.

**Проблема №2** – нагрев проводника. Мощность, выделяемая на проводнике пропорциональна его сопротивлению, то есть чем больше сопротивление, тем больше тепла выделится на проводнике. Дорогу 0,15 мм ток в 5 – 10 А легко испарит.

**Проблема №3** – паразитная индуктивность. Чем меньше сечение проводника, тем больше его индуктивность. То есть любой проводник на самом деле не просто «кусочек меди», это составной компонент из активного сопротивления, индуктивности и паразитной емкости. Если эти параметры слишком высоки, то они начинают негативно отражаться на работе схемы. Чаще они проявляются частотах больше 10 МГц.

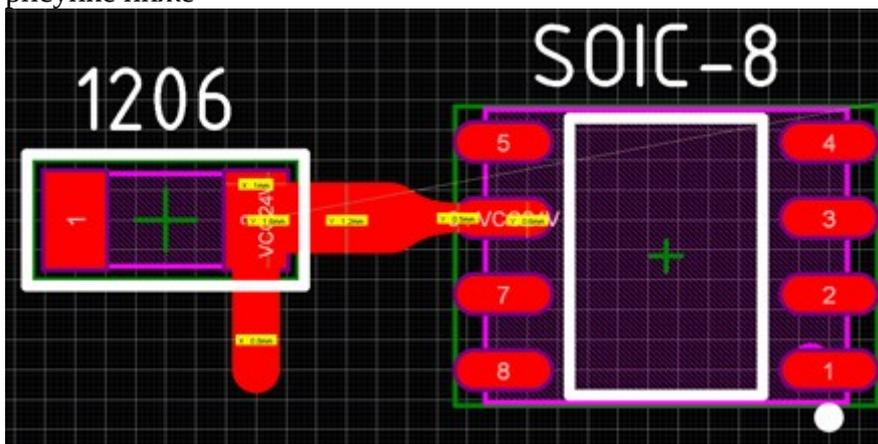
**Проблема №4** – низкая механическая прочность. Дорожка шириной 2 мм более прочно прикреплена к основе платы, чем дорожка 0,15 мм.

**Вывод:** стоит использовать максимально возможную ширину проводников. Если проводник можно провести с шириной 0,6 мм, то это лучше, чем провести его шириной 0,15 мм.

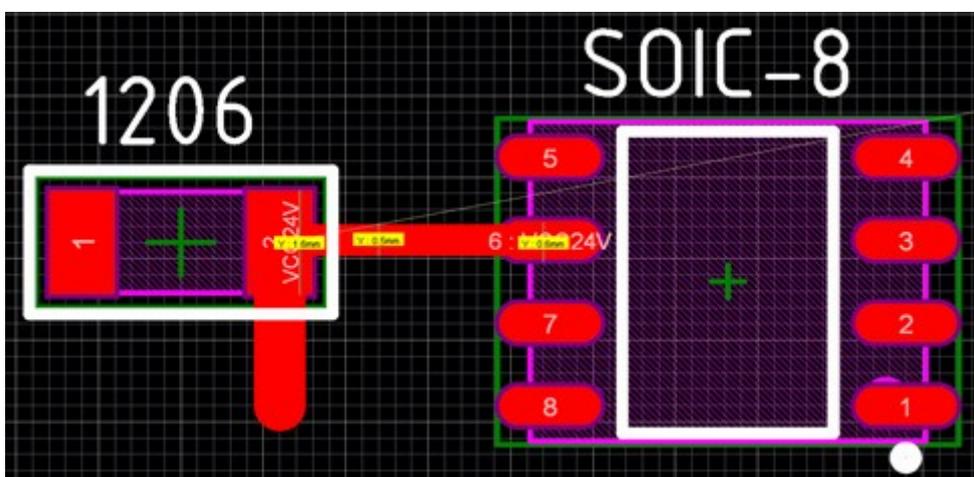
### 2. Подключение к выводам

Под выводами подразумевается контактная площадка компонента, переходные отверстия и прочие объекты, которые на плате мы соединяем с помощью проводников (дорожек).

Ширина проводника, подключаемого к контактной площадке, в идеале должна составлять примерно 80% от ширины этой площадки, схематично это правило отображено на рисунке ниже



Стоит понимать, что данный вариант является идеальным и трудно реализуемым при реальном изготовлении платы. В этом случае переход толщины проводника не выполняют, а принимают ширину дорожки относительно минимальной площадки



### 3. Ширина зазора

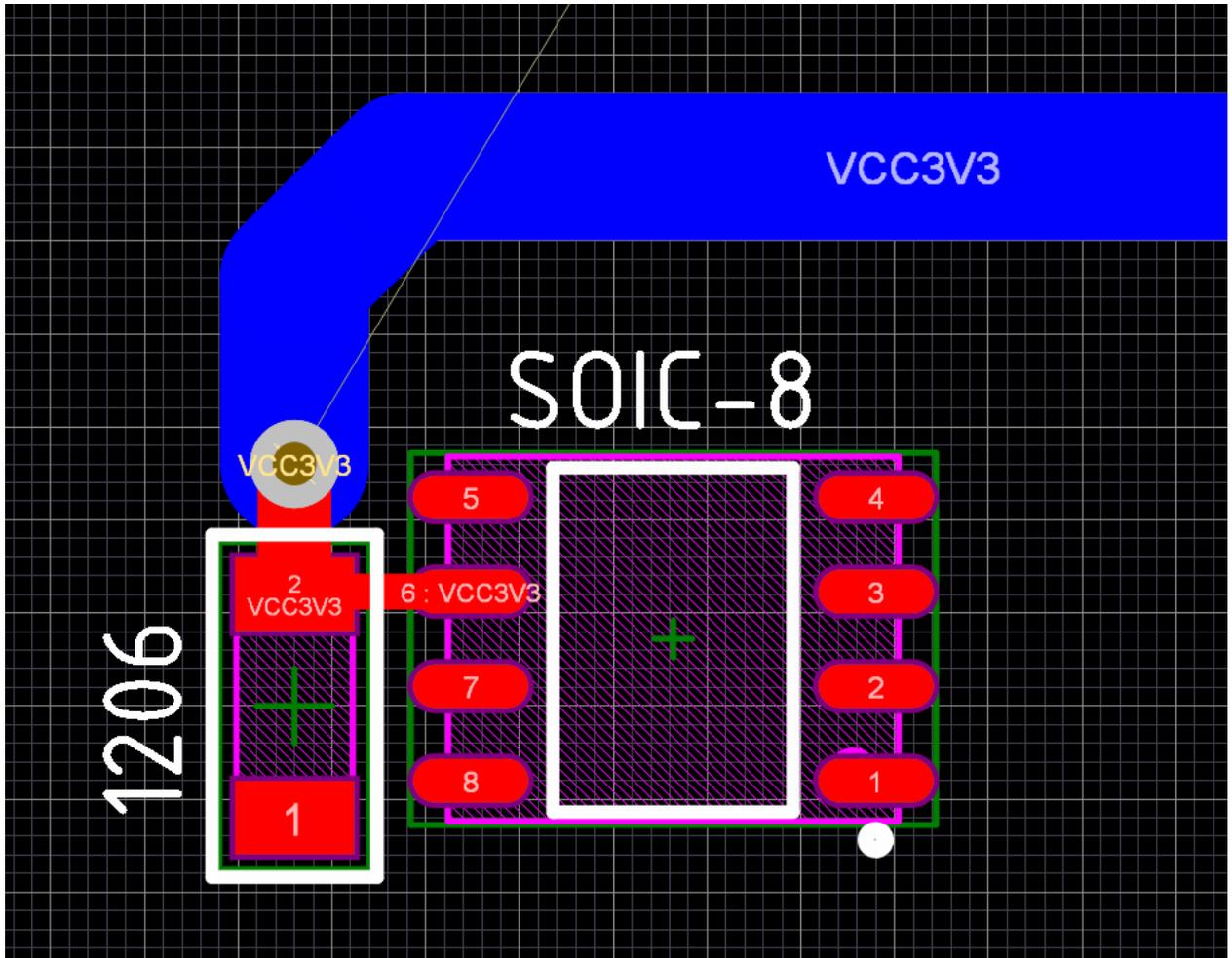
Минимальное значение зазора между медными проводниками на печатной плате, нам диктуют технологические требования.

Если зазор недостаточно большой, то может возникнуть электрический пробой. Напряжение пробоя зависит от типа материала и от толщины/ширины изолятора. Расстояние (зазор) между проводниками влияет на критическое значение напряжения пробоя.

Вывод: чем больше расстояние между проводниками, тем большее напряжение необходимо чтобы пробить его.

### 4. Цепь питания

Для цепи питания дорожки максимально широкие. Питание должно приходить на микросхему через керамический конденсатор, который по возможности ставят ближе к выводу этой микросхемы.



#### 5. Переходные отверстия

Используйте минимальное количество переходных отверстий: если вам нужно соединить 2 контакта на разных слоях, то не используйте более 1-го переходного отверстия. Если 2 контакта находятся на одном слое, и вы не можете соединить их напрямую, то используйте максимум 2 переходных отверстия.

#### 6. Земля

Использовать полигон для разводки цепи GND, а в идеале отдельный слой, который полностью выделен для данной цепи, например, нижний слой.

Ручная трассировка состоит в прокладывании дорожек, т.е. соединении компонентов между собой на усмотрение разработчика с соблюдением основных правил трассировки.

Автоматическая трассировка легка в применении. Для того чтобы произвести автоматическую трассировку необходимо задать команду и машина сама прорисует все трассы.

#### **Задание:**

1. Произведите трассировку по имеющемуся расположению компонентов.
2. Рефлексия

## Практическая работа № 6

**Тема:** Проверка платы на наличие ошибок.

**Задание:**

1. Провести проверку работоспособности платы. Для этого необходимо задать команду проверки трассировки в рабочей программе.
2. Устранить ошибки, при неправильной трассировке.
3. Рефлексия

Критерии оценивания

Оценка «5» ставится, если выполнены все задания

Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий

Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий

Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

## Практическая работа №7

**Тема:** Создание сборочного чертежа печатной платы.

**Задание:**

1. По разработанной трассировке платы выполнить чертеж платы
2. Рефлексия

Критерии оценивания

Оценка «5» ставится, если выполнены все задания

Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий

Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий

Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

## Практическая работа №8

**Тема:** Подготовка файлов для производства печатной платы.

**Теоретический материал:**

Плата готова, DRC-контроль проведен - можно приступить к выводу необходимых для завода файлов. Для производства нужны файлы двух типов:

- **Gerber** - файловый формат, представляющий собой способ описания проекта печатной платы для изготовления фотошаблонов. По сути файл представляет собой текстовое описание последовательности команд, направленных на прорисовку различных элементов топологии (контактных площадок, переходных отверстий, линий, дуг, текстовых надписей) с помощью графопостроителя. Фактически данные в формате Gerber представляют собой программный код, управляющий выбором инструмента рисования, перемещением его в точку с заданными координатами и выполнением самой операции рисования. При изготовлении фотошаблонов, рисование на светочувствительной плёнке производится световым пятном заданной формы — апертурой.
- **Excellon** - файловый формат, представляющий собой способ описания данных о диаметрах и координатах отверстий на печатной плате в виде текста.

То есть, говоря простым языком, Gerber-файлы описывают рисунок слоев платы, что необходимо для изготовления фотшаблонов, а Excellon содержит всю информацию по отверстиям - координаты, диаметры, наличие металлизации.

Для получения Gerber-файлов необходимо выбрать меню "Файл - Экспорт - Gerber-формат". Откроется окно настроек экспорта:

В разделе "**Слой**" выбираются слои для экспорта. На рисунке выше я выбрал слои, необходимые для изготовления двухсторонней платы с маской и маркировкой.

Нужно сделать пояснение по слоям "SMD-маска". Это слои для изготовления трафаретов для паяльной пасты. К изготовлению платы они не имеют отношения и нужны в случае, если вы планируете наносить паяльную пасту на площадки, расставлять компоненты и запаивать всю плату в специальной печи или феном.

Имя файла каждого слоя отображается рядом с названием слоя. Ниже вводится первая часть имени файла - как правило это название проекта (общая для всех слоев). Вторая часть - название слоя, настраивается нажатием на кнопку "Дополнительно".

Раздел "**Опции**":

- **Зеркально** - зеркальное отражение слоев. Как правило, при заказе никакие слои не нужно отражать зеркально если производитель об этом не просит.
- **Отразить контур платы** - записать в файлы маски (для обоих слоев) данные о контуре (контур формируется автоматически). Ненужная, на мой взгляд, функция. Правильнее будет нарисовать контур в отдельном слое. На рисунке светло голубым цветом показан контур (передан отдельным слоем). Желтым - маска, красным - медный слой. Обратите внимание на добавившуюся линию в слое маски после включения этой опции.

Сверловка - определить, где надо сверлить отверстия. То есть в местах отверстий останутся протравленные участки. Как правило, этот параметр не нужен. Сверловка передается отдельным файлом. Но эта опция может быть полезна если сверлить отверстия вручную.

Центровка (0,15 мм) - опция доступна совместно с опцией "Сверловка". Наносятся только метки центра отверстий для сверловки (кернение), что облегчает сверловку вручную.

### **Задание:**

1. Подготовьте файлы для экспорта
2. Рефлексия

Критерии оценивания

Оценка «5» ставится, если выполнены все задания

Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий

Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий

Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий