

*Направление подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»  
Профиль «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети»  
Методическое обеспечение дисциплины Б1.О.16 «Инженерная и компьютерная графика»*



Приложение 3.Б1.0.16

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**Методическое обеспечение дисциплины**

**ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА**

**(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

---

**Смоленск -2019**

Направление подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»  
Профиль «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети»  
Методическое обеспечение дисциплины Б1.О.16 «Инженерная и компьютерная графика»



**Методические материалы составил:**

к.п.н., доцент \_\_\_\_\_ Гончарова И.А. \_\_\_\_\_

« 25 » июня \_\_\_\_\_ 2019 г.

**Заведующий кафедрой «Технологических машин и оборудования»:**

к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ М.В. Гончаров \_\_\_\_\_

« 26 » июня \_\_\_\_\_ 2019 г.

*Направление подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»  
Профиль «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети»  
Методическое обеспечение дисциплины Б1.О.16 «Инженерная и компьютерная  
графика»*



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**Методическое обеспечение лекций по дисциплине**

**ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

---

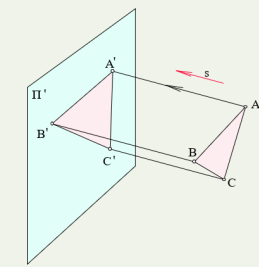
**Смоленск -2019**

### 1.1. Тема: Введение в предмет. Методы проецирования. Комплексный чертёж Гаспара Монжа. Метод координат.

Для того чтобы чертёж был геометрически равноценным изображаемой фигуре (оригиналу), он должен быть построен по определенным геометрическим законам. В начертательной геометрии чертёж строится при помощи метода проецирования, поэтому чертежи носят название проекционных чертежей. При построении этих чертежей широко используются проекционные свойства фигур, благодаря чему изображение обладает такими геометрическими свойствами, по которым можно судить о свойствах самого оригинала.

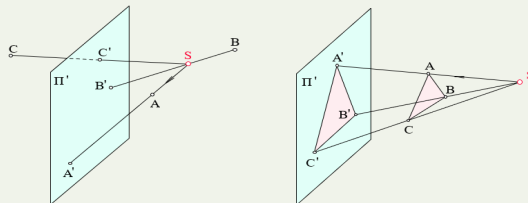
Чертежи должны не только определять форму и размеры предмета, но и быть достаточно простыми и точными в графическом исполнении, помогать всесторонне исследовать предметы и их отдельные детали. Эти требования к чертежам и привели к созданию теории изображений, составляющей основу начертательной геометрии. Правила построения изображений основаны на методе проекций. Поэтому проекционный метод построения изображений является основным методом на чертательной геометрии.

Если центр проекций удален в бесконечность, то все проецирующие лучи становятся параллельными и проецирование называется параллельным. В этом случае задается направление проецирования **S**. Ортогональное (прямоугольное) проецирование есть частный случай параллельного проецирования, когда все проецирующие лучи перпендикулярны к плоскости проекций **П**.

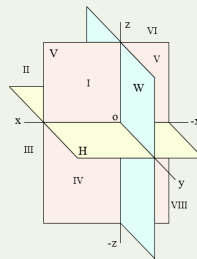


Ортогональная проекция получила наибольшее распространение в технических чертежах. Чертежи, полученные рассмотренными методами проецирования, не обладают свойством обратимости, т.е. по данному чертежу воспроизвести оригинал не решается однозначно.

Аппарат проецирования включает в себя проецирующие лучи, проецируемый объект и плоскость, на которой получается изображение оригинала. Изображение точки **A** на плоскости **П** - точка **A'** получается в пересечении проецирующего луча, проходящего через точку **A**, с плоскостью **П**. Все лучи проецирующие геометрическую фигуру, исходя из одной точки **S**, называемой центром проекций. Если эта точка находится на определенном расстоянии от плоскости проекций, то такое проецирование называется центральным.



Комплексный чертёж (эпюр) точки состоит из двух или трех ортогональных проекций. Эти проекции получают на взаимно перпендикулярных плоскостях проекций. Одна из плоскостей проекций **П** называется *горизонтальной* плоскостью проекций, вторая **V** - *фронтальной*, а третья **W** - *профильной*.

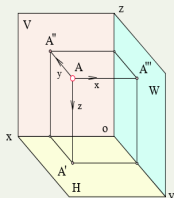


Ось	Зона
№	знака
I	+++
II	++-
III	+--
IV	+-+
V	-++
VI	---
VII	--+
VIII	-+-

Линии пересечения плоскостей проекций называются *осями координат x, y, z*. Плоскости проекций делят пространство на 8 трехгранных углов - *четверти* или *октанта*. Система знаков соответствует "правой системе" координат, принятой в большинстве европейских стран. Зритель, рассматривающий оригинал, находится в первом октанте.

### 1.2. Тема: Точки, прямые и плоскости на комплексном чертеже. Общее и частное положение точки. Общие правила ортогонального проецирования. Общие и частные положения прямых. Линии уровня. Общее и частное положение плоскостей. Плоскости уровня. Изображение геометрических объектов при помощи графических редакторов: Компас 3D, AutoCAD, SolidSQUAD

Спроецируем точку **A** на плоскости проекций **H**, **V** и **W**. Точка **A'** называется *горизонтальной проекцией* точки **A**, точка **A''** - ее *фронтальная проекция*, точка **A'''** - ее *профильная проекция*. Расстояние **AA'** точки **A** от плоскости **H** называется *высотой* точки **A** ( $z_x$  - аппликата), ее расстояние **AA''** от плоскости **V** - *глубиной* точки **A** ( $y_x$  - ордината), а расстояние **AA'''** от плоскости **W** - *широтой* точки **A** ( $x_x$  - абсцисса). Таким образом, какая-либо точка пространства **A** будет определяться тремя ее координатами: **A** ( $x, y, z$ ).



Чтобы получить плоский чертёж точки **A**, плоскости **H** и **W** вращают до совмещения с плоскостью **V**. Прямые **AA''** и **AA'''**, соединяющие проекции точки **A**, называются *линиями связи* и соответственно перпендикулярны к осям **x** и **z**. Проекция точки **A** определяются координатами: **A'** ( $x, y$ ), **A''** ( $x, z$ ), **A'''** ( $y, z$ ). Полученный эпюр точки будет *обратным чертежом*.

#### Основные свойства параллельного проецирования

1. Свойство *однозначности*. Проекцией точки на плоскость есть точка.
  2. Свойство *прямолинейности*. Проекцией прямой линии на плоскость есть прямая.
  3. Свойство *принадлежности*. Если точка принадлежит линии, то проекция точки принадлежит проекции этой линии.
  4. Свойство сохранения *параллельности*. Проекциями параллельных прямых являются параллельные прямые.
  5. Свойство *деления отрезка в отношении*. Если отрезок прямой линии делится точкой в каком-либо отношении, то и проекция отрезка делится проекцией точки в том же отношении.
  6. Свойство *параллельного переноса*. Проекция фигуры не меняется при параллельном переносе плоскости проекций.
- Три последние свойства обеспечивают более простое построение изображения и меньше искажают форму и размеры оригинала по сравнению с центральной проекцией.

### 1.3. Тема: Поверхности. Определитель поверхности. Поверхность вращения. Главные очерковые меридианы поверхностях и поверхностях вращения. Поверхность гранная. Точки и линии на гранных поверхностях. Изображение геометрических объектов при помощи графических редакторов.



Для задания поверхности на чертеже выбирают такую совокупность независимых геометрических условий, которая однозначно определяет данную поверхность в пространстве.

Эта совокупность называется **определителем поверхности**.

Обозначим определитель буквой  $G$ . Формула определителя выглядит так:

$$G = \{ \Gamma \times A \},$$

где  $\Gamma$  – геометрическая часть  
 $A$  – алгоритмическая часть

**Геометрическая часть** - совокупность геометрических фигур, с помощью которых можно образовать поверхность.

**Алгоритмическая часть** - алгоритм формирования поверхности при помощи фигур, входящих в геометрическую часть определителя. Алгоритмическую часть часто задают словесно.

Поверхность на чертеже задают проекциями геометрической части ее определителя.

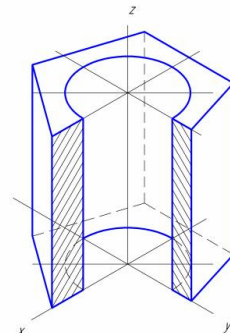
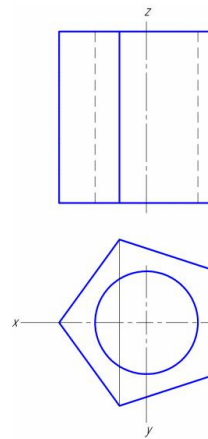
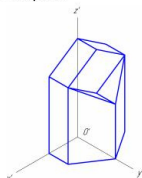
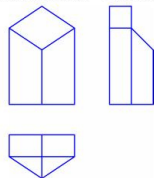
Задание поверхности проекциями геометрической части ее определителя не обеспечивает наглядности изображений. Поэтому прибегают к построению очерков ее проекций.

#### 1.4. Тема: Аксонометрические изображения.

Образование аксонометрических проекций. Изометрия. Построение аксонометрической проекции точки, окружности. Построение изометрии предмета по ортогональным проекциям.

##### Аксонометрические проекции

- Рассмотренные ортогональные проекции наряду с достоинствами имеют существенный недостаток:
- Для представления пространственного геометрического образа приходится одновременно рассматривать несколько проекций, что значительно затрудняет мысленное воспроизведение геометрической фигуры.
- Для наглядности чертеж дополняют изображением, состоящим только из одной проекции, получаемой на одну плоскость – **аксонометрическая проекция**.



#### 1.5. Изображения на комплексном чертеже ГОСТ 2.305-68

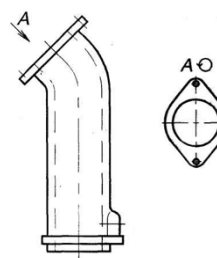
Виды основные и дополнительные. Создание видов при помощи графических редакторов. Виды ассоциативные.

**Общие сведения**

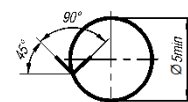
- Применяют метод прямоугольного проецирования
- Предмет располагают между наблюдателем и плоскостью проекций
- Основные плоскости проекций - 6 граней пространственного куба
- Главное изображение на фронтальной плоскости проекций 1
- Дополнительные плоскости применяют, когда искажается изображение на основных
- Общее количество изображений должно быть наименьшим, но обеспечивать полное представление о предмете

Количество изображений на чертеже зависит от сложности детали.

**Дополнительные виды** получают на плоскостях, не параллельных основным плоскостям проекций, например, дополнительный вид А.



Для удобства чтения чертежа дополнительный вид допускается поворачивать, при этом к надписи должен быть добавлен знак, заменяющий слово «повернуто».



#### 1.6. Тема: Правила нанесения размеров на комплексном чертеже.

Общие правила нанесения размеров. Линии выносные и размерные. Размеры линейные, угловые. Размеры окружностей, дуг. Нанесение размеров при помощи графических редакторов.



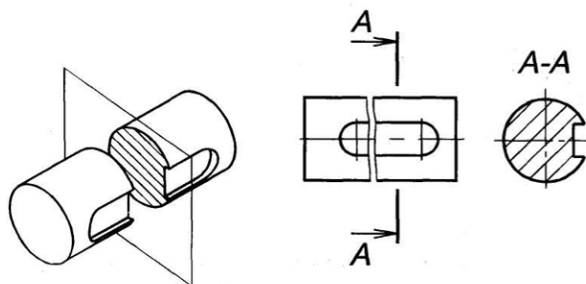
### 1.7. Тема: Сечение.

Понятие сечений. Сечение вынесенное, наложенное, в разрыве. Редактирование чертежей. Изображение конструктивных особенностей изделий средствами компьютерной графики.

#### ГОСТ 2.305-68. Сечения

На сечении показывается только то, что находится непосредственно в секущей плоскости.

**Сечение** - изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. Сечения обычно применяют для выявления поперечной формы предмета.



### 1.8. Тема: Разрезы простые.

Понятие и классификация простых разрезов в зависимости от расположения секущей плоскости. Разрезы вертикальные, горизонтальные, наклонные. Изучение функционала графических редакторов при изображении разрезов на чертеже.

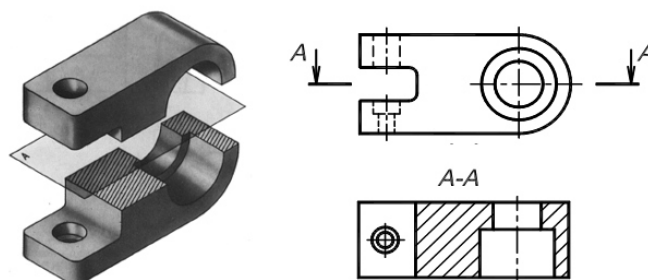
#### Горизонтальный разрез

#### ГОСТ 2.305-68. Изображения. Разрезы.

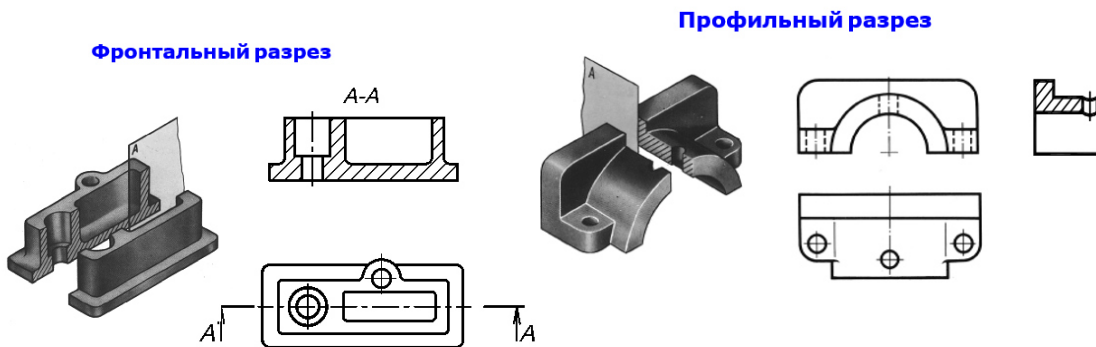
**Разрез** - изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями.

На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней.

Фигура сечения, входящая в разрез, выделяется штриховкой, условно характеризующей материал. Правила выполнения штриховки регламентирует ГОСТ 2.306-68.



Секущая плоскость - горизонтальная плоскость уровня.



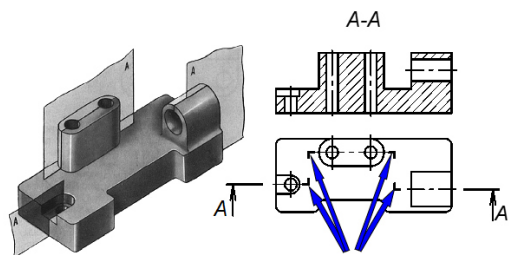
Секущая плоскость - фронтальная плоскость уровня.

Секущая плоскость - профильная плоскость уровня (проходящая через ось симметрии детали).

### 1.9. Тема: Разрезы сложные.

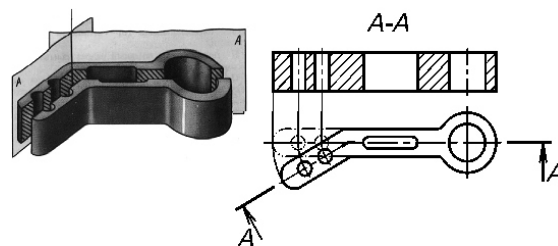
Разрез ступенчатый. Разрез ломаный. Разрез местный. Принципы построения разрезов сложных средствами компьютерной графики.

**Ступенчатый разрез**  
 (секущие плоскости параллельны)



При сложном разрезе штрихи также проводят у мест пересечения секущих плоскостей между собой.

**Ломаный разрез**  
 (секущие плоскости пересекаются)



При ломаных разрезах секущие плоскости условно повертывают до совмещения в одну плоскость

### 1.10. Тема: Виды соединений.

Соединения разъёмные. Соединения неразъёмные. Классификация. Особенности изображений соединений средствами компьютерной графики.

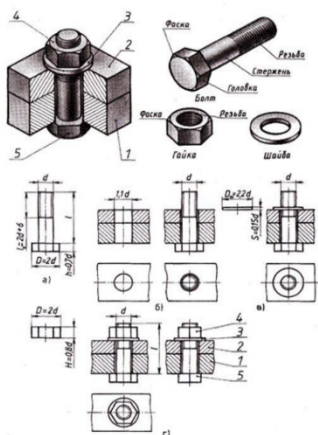


### 1.11. Тема: Резьбовые соединения.

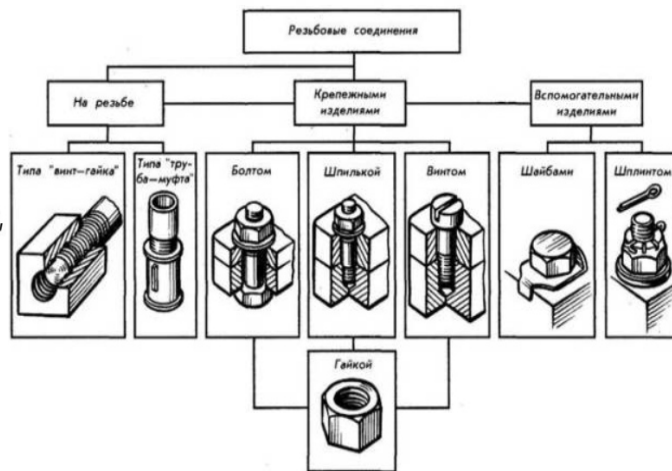
Понятие резьбы. Резьба наружная, резьба внутренняя. Стандартные изделия, содержащие резьбу. Использование библиотек при выполнении резьбовых соединений.



## Болтовое соединение

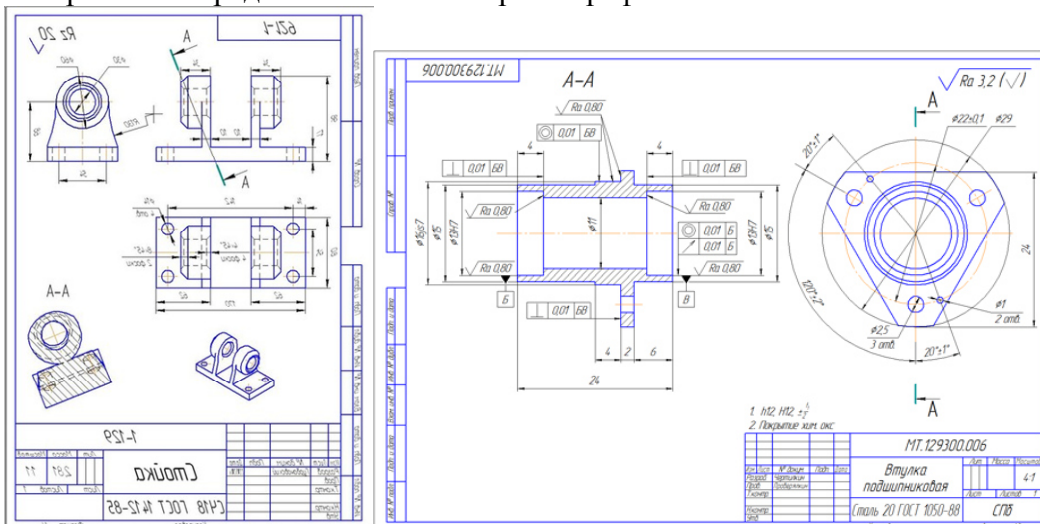


Болтовое соединение — соединение деталей, осуществляемое с помощью болта, гайки и шайбы.



### 1.12. Тема: Чертежи деталей.

Понятие эскизирования. Размеры конструктивных элементов деталей. Зависимость размеров от технологии изготовления деталей. Нанесение обозначений шероховатости поверхностей средствами компьютерной графики.



### 1.13. Тема: Сборочные чертежи.

Обзор возможностей современных графических редакторов при выполнении сборочных чертежей и заполнении спецификации. Детализация сборочного чертежа.

**Сборочный чертёж** — это документ, содержащий изображение сборочной единицы (изделия или его части) и данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля.

Сборочный чертёж должен давать полное представление о форме, функциональном назначении и составе сборочной единицы.

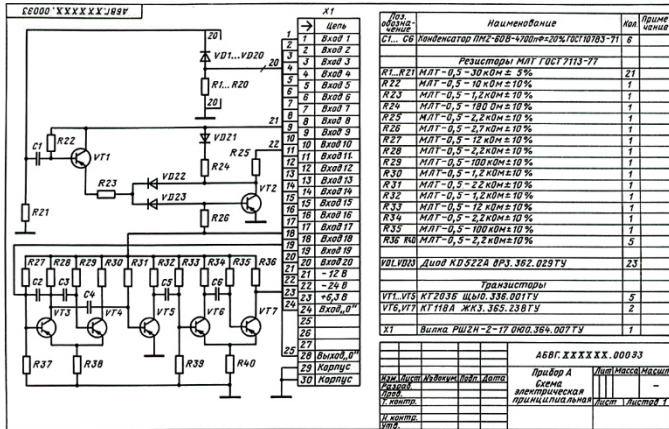
По сборочному чертежу можно представить взаимное расположение составных частей, способы соединения деталей между собой и принцип работы.

**Сборочный чертёж должен содержать:**

- изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающее возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы;
- указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не заданными предельными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т. п., а также указания о выполнении неразъемных соединений;
- номера позиций составных частей, входящих в изделие;
- габаритные размеры изделия, установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры;
- техническую характеристику изделия (при необходимости).

1.14. Тема: Графическое оформление схем.

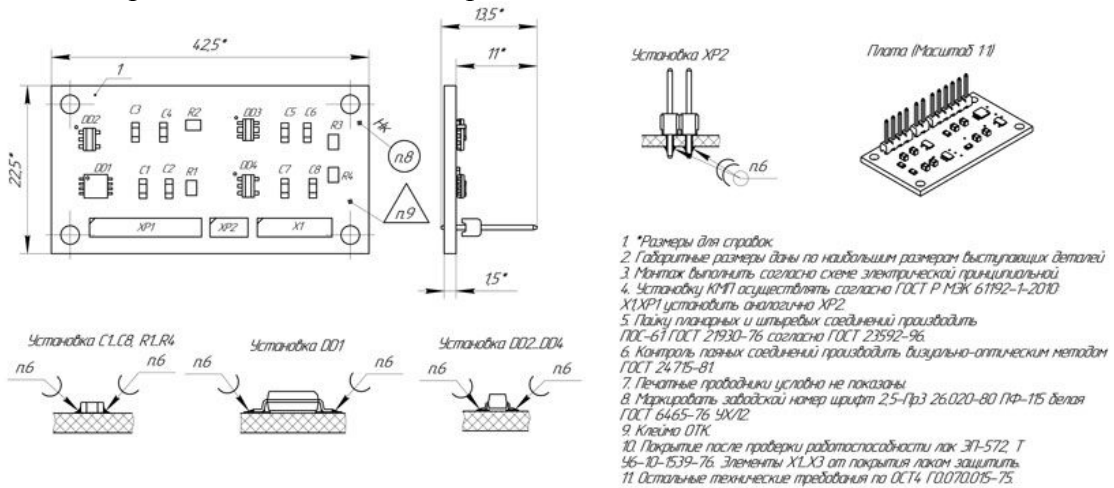
Общие понятия об оформлении схем. Оформление схемы электрической принципиальной.



1.15. Тема: Графическое оформление печатных плат.

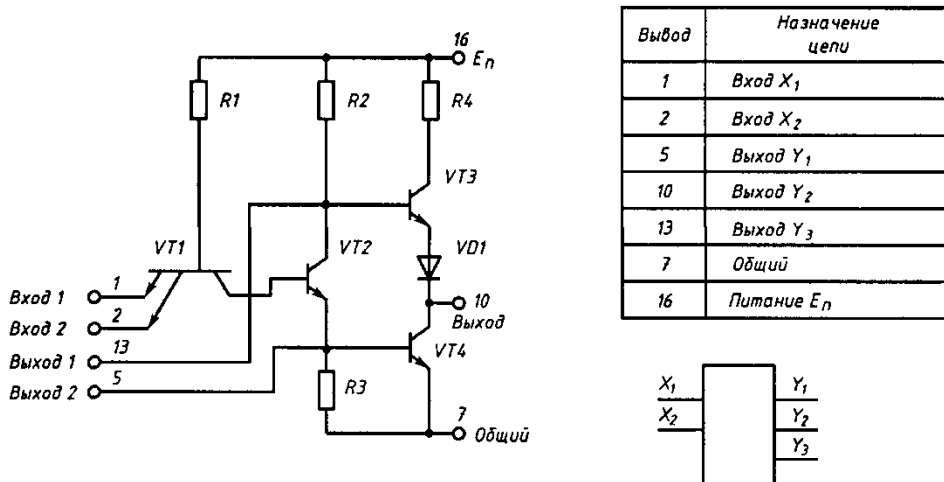
Правила выполнения чертежа печатной платы. Чертеж печатного узла.

Автоматизированное выполнение чертежей печатных плат.



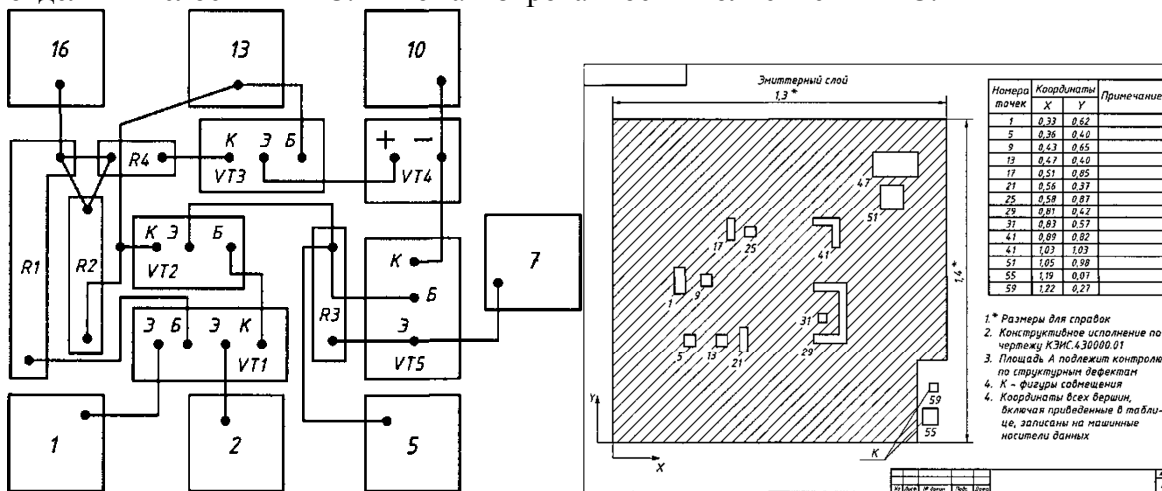
1.16. Чертежи полупроводниковых интегральных микросхем.

Понятие о конструкции ПИМС. Структура элементов ПИМС.



1.17. Топологические чертежи ПИМС.

Порядок выполнения чертежа совмещенной топологии ПИМС. Топологические чертежи отдельных слоев ПИМС. Автоматизированное выполнение ПИМС.



*Направление подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»  
Профиль «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети»  
Методическое обеспечение дисциплины Б1.О.16 «Инженерная и компьютерная графика»*



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**Лабораторный практикум  
по дисциплине**

**ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА**

---

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

**Смоленск – 2019 г.**

## 1. Цели лабораторного практикума

Лабораторный практикум по дисциплине «Инженерная и компьютерная графика» служит для практического подкрепления лекционного материала и привития навыков работы с чертежными инструментами и программой Компас 3D.

Цель лабораторного практикума - изучить теоретические основы построения чертежа и научиться выполнять конструкторскую документацию при помощи прикладных компьютерных программ.

## 2. Теоретическое введение и состав лабораторного оборудования

Лабораторный практикум по дисциплине «Инженерная и компьютерная графика» способствует обучению методам изображения предметов и общим правилам черчения, в том числе с применением компьютерных технологий.

Для проведения занятий лабораторного типа используются специализированные лаборатории: лаборатория чертежный зал № 506 (18 учебных мест). Мультимедийный комплекс: экран, проектор, кронштейн. Лаборатория расположена по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр., д.1, Здание энергетического института (главный корпус).

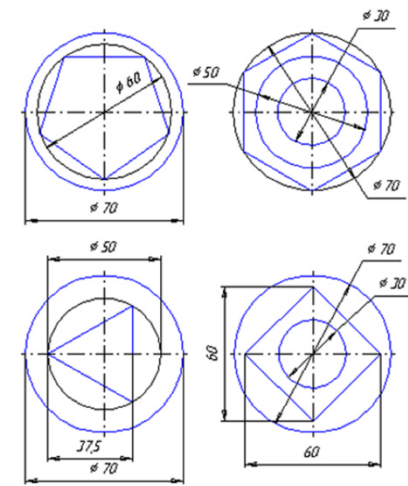
Так же для проведения занятий лабораторного типа используется аудитория А8. Компьютерный класс лаборатории информатизации. Помещение для самостоятельной работы обучающихся. Лаборатория оснащена персональными компьютерами (тип 1) в составе: системный блок: процессор Intel (R) Core (TM) i3-6100 CPU@ 3,70GHz ОЗУ 4,00ГБ. Монитор: ViewSonic 19. Мышь оптическая «Oklik» (30 учебных мест). Лаборатория расположена по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр., д.1, Здание энергетического института (главный корпус).

### Темы и задания на лабораторные работы

#### 2.1. Изучение интерфейса графического редактора Компас 3D V16. Построение простых фигур. Многоугольники.

##### Задание на лабораторную работу:

В соответствии с заданием к занятию выполнить построение многоугольников и чертеж плоской детали по заданному образцу.

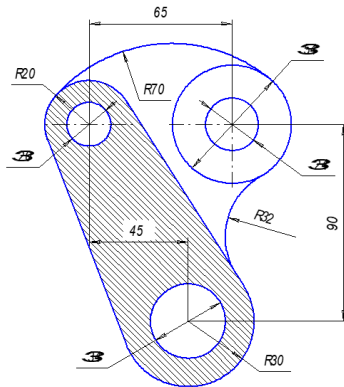




## 2.2. Построение деталей с сопряжением формы.

### Задание на лабораторную работу:

Изучить возможности программы Компас 3D в построении изображений с сопряжением формы.

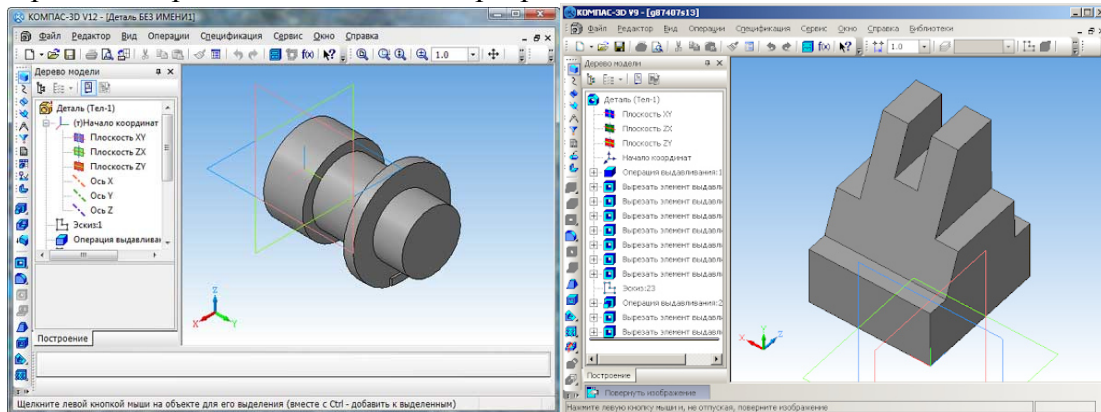


## 2.3. Построение 3D моделей простых геометрических форм.

### Задание на лабораторную работу:

Изучить последовательность выполнения моделей в Компас 3D.

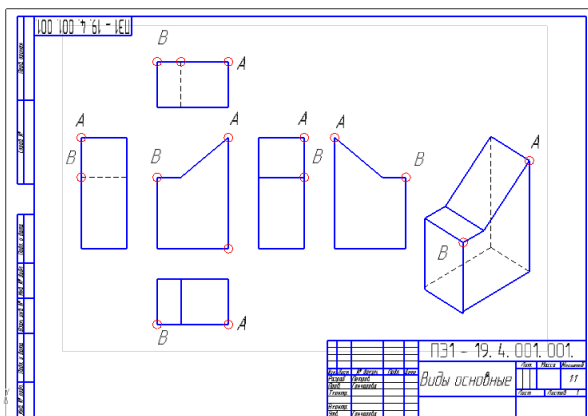
Проанализировать возможности программы Компас 3D в создании моделей.



## 2.4. Виды основные.

### Задание на лабораторную работу:

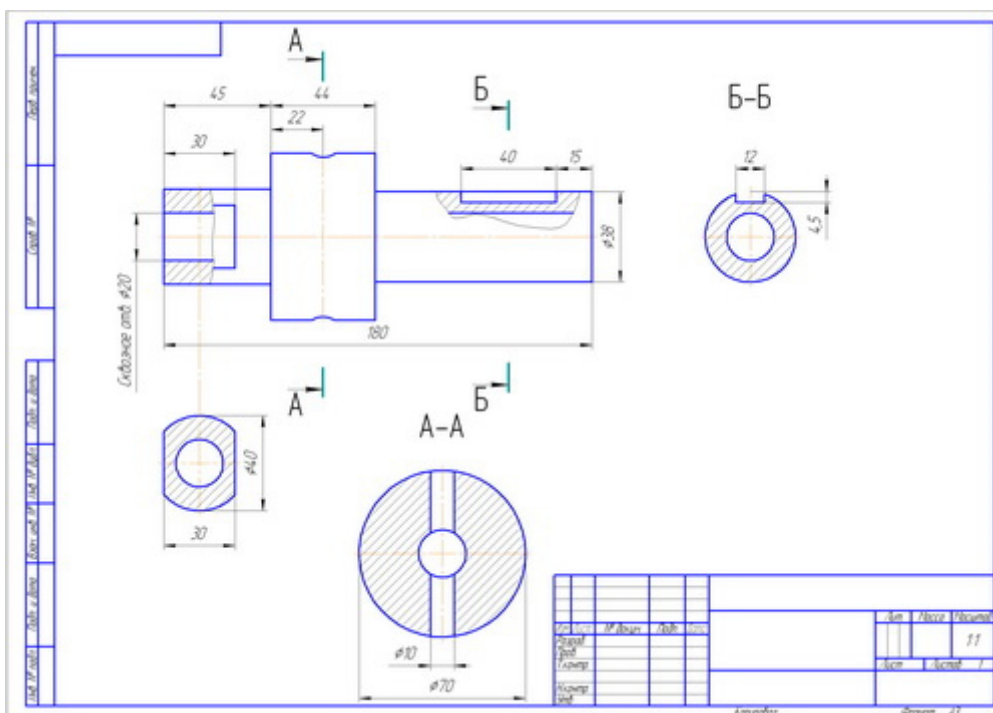
По наглядному изображению построить шесть основных видов детали. Выполнить изометрическое изображение детали. На изометрическом изображении и видах отметить точки A, B, C, D.



## 2.5. Сечение вала. Изучение функций графического редактора по построению сечений.

**Задание на лабораторную работу:**

Выполнить 3D модель вала. Выполнить главный вид и сечения ступеней вала.



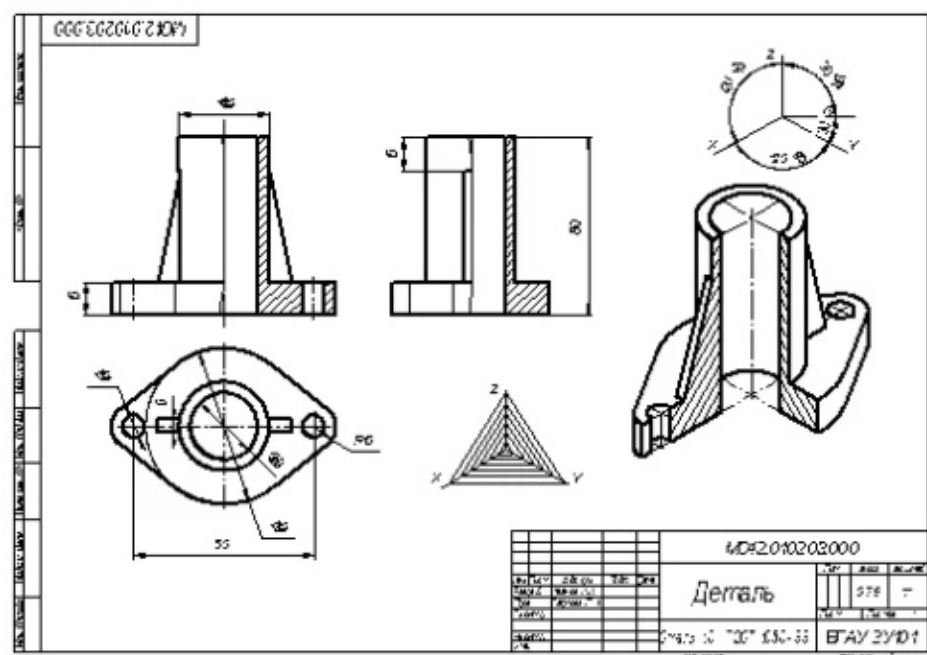
## 2.6. Выполнение детали с разрезами и ребром жесткости посредством графического редактора Компас 3D V16.

**Задание на лабораторную работу:**

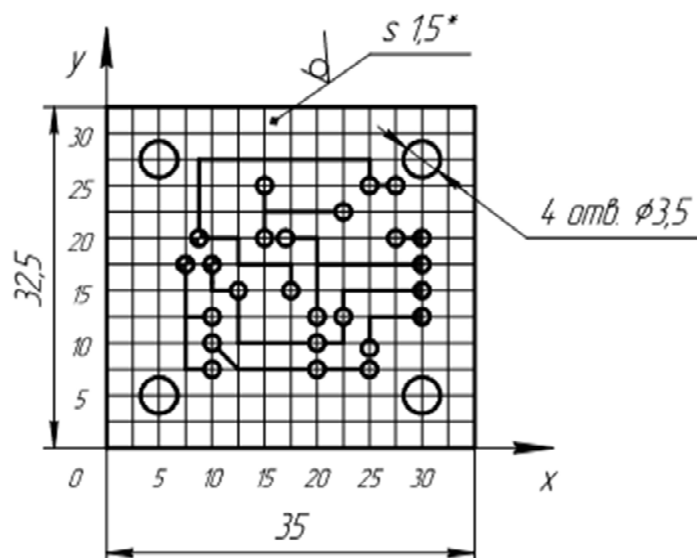
Построить три вида по двум данным (вид спереди, вид сверху, вид слева).

Выполнить вертикальный фронтальный (уже дан в задании) и вертикальный профильный разрезы.

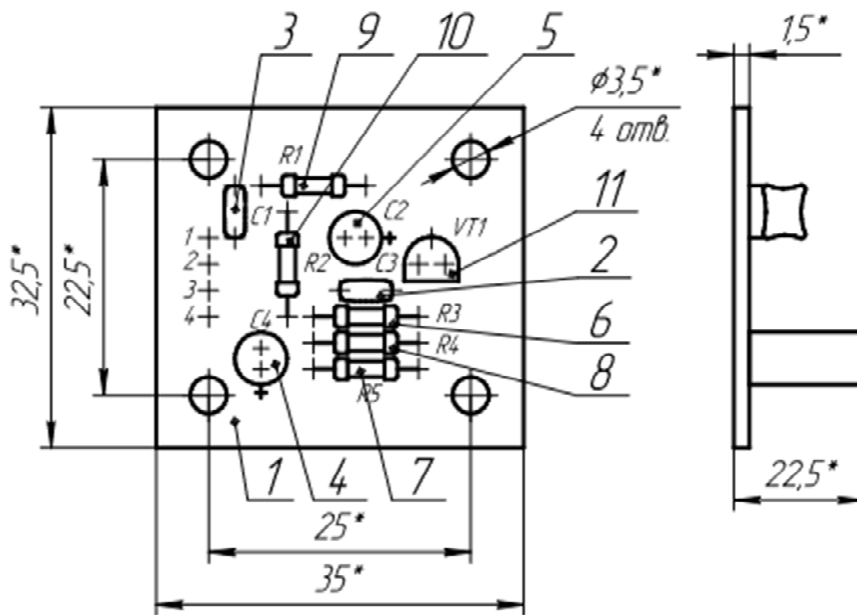
Проставить размеры равномерно по трем видам.



2.7. Автоматизированное выполнение чертежа печатной платы.



2.8. Автоматизированное выполнение сборочного чертежа микросхемы.



*Направление подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»  
Профиль «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети»  
Методическое обеспечение дисциплины Б1.О.16 «Инженерная и компьютерная графика»*



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**Методические рекомендации к расчетно-графической работе  
по дисциплине**

**ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА**

---

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

**Смоленск – 2019 г.**

## **Расчетно-графическая работа «Разработка конструкторской документации. Сборочный чертеж»**

### **ЗАДАНИЯ НА РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКУЮ РАБОТУ**

1. Выполнить схему электрическую принципиальную на листе бумаги формата А3. Перечень элементов совместить со схемой.

2. Выполнить чертеж печатной платы в масштабе 2:1 (для навесных элементов) и 4:1 (для элементов поверхностного монтажа) на листе бумаги формата А3.

3. Составить спецификацию на сборочную единицу. Выполнить сборочный чертеж в масштабе 2:1 (для навесных элементов) и 4:1 (для элементов поверхностного монтажа) на листе бумаги формата А3.

Исходные данные для выполнения работ указаны в главе 5. Образцы выполнения графических работ представлены на рисунках 4.1 – 4.8. Условные изображения и параметры элементов представлены в таблицах 1.1, 3.2, 3.3 и на рисунке 1.6. Внешний вид электронного узла приведен на рисунке 3.1.

### **СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПАЛЬНАЯ**

#### **Виды и типы схем**

**Схема** — графический конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

В зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия, схемы подразделяют на виды (в скобках указаны буквенные обозначения), из которых наиболее часто используются следующие:

- электрические (Э);
- гидравлические (Г);
- пневматические (П);
- кинематические (К).

В зависимости от основного назначения схемы подразделяются на типы, обозначаемые цифрами:

- структурные (1);
- функциональные (2);
- принципиальные (3);
- соединений (4);
- подключения (5);
- общие (6);
- расположения (7);
- объединенные (0).

Наименование и код схемы определяются видом и типом. Код схемы должен состоять из буквенной части, определяющей вид схемы, и цифровой части, определяющей тип схемы. Так, например, схема электрическая принципиальная обозначается кодом Э3, схема гидравлическая соединений — Г4.

Проектирование электронных устройств, как правило, начинают с принципиальной электрической схемы, дающей детальное представление о принципах работы изделия. Она служит основанием для разработки других конструкторских документов: чертежа печатной платы и сборочного чертежа изделия.

## Построение схем

Общие правила выполнения схем устанавливаются стандартом ГОСТ 2.701–84, электрических схем — ГОСТ 2.702–75.

Схемы выполняют без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей изделия не учитывают или учитывают приближенно. В составе схемы выделяют элементы, устройства и функциональные группы.

**Элемент схемы** — составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное назначение и собственные условные графические и буквенные обозначения (резистор, контакт реле, труба, насос, муфта и т.п.).

**Устройство** — совокупность элементов, представляющая единую конструкцию (многоконтактное реле, набор транзисторов, плата, блок, шкаф, механизм и т.п.). Устройство не может иметь в изделии определенного функционального назначения.

**Функциональная группа** — совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию.

Графические обозначения элементов (устройств, функциональных групп) и соединяющие их линии связи следует располагать на схеме таким образом, чтобы обеспечить наилучшее представление о структуре изделия и взаимодействии его составных частей.

Расстояние (просвет) между двумя соседними линиями графического обозначения должно быть не менее 1,0 мм, между соседними параллельными линиями связи — не менее 3,0 мм, между отдельными условным графическими обозначениями (УГО) — не менее 2,0 мм.

При выполнении схем в качестве графических обозначений используют условные графические обозначения (УГО), прямоугольники, упрощенные внешние очертания (в том числе аксонометрические).

УГО изображают в размерах, установленных в стандартах на условные графические обозначения. Графические обозначения выполняются на схемах линиями той же толщины, что и линии связи. УГО элементов изображают на схеме в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах, или повернутыми на угол, кратный 90°. Допускается УГО поворачивать на угол, кратный 45°, или изображать зеркально повернутыми.

Если при повороте или зеркальном отображении УГО может нарушиться смысл или удобочитаемость обозначения, то такие обозначения должны быть изображены в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах. УГО, содержащие цифровые или буквенно-цифровые обозначения, допускается поворачивать против часовой стрелки только на угол 90° или 45°.

Линии связи выполняют толщиной от 0,2 до 1,0 мм в зависимости от формата схемы и размеров графических обозначений. Рекомендуемая толщина линий от 0,3 до 0,4 мм. Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее количество изломов и взаимных пересечений.

На принципиальной схеме изображают все электрические элементы или устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, все электрические связи между ними, а также электрические элементы (соединители, зажимы и т.п.), которыми заканчиваются входные и выходные схемы. На схеме допускается изображать соединительные и монтажные элементы, устанавливаемые в изделие по конструктивным соображениям.



Принципиальные схемы применяют при изучении принципа действия приборов, при их наладке и ремонте.

Схемы выполняют для изделий, находящихся в выключенном состоянии. В технически обоснованных случаях допускается отдельные элементы схемы изображать в выбранном рабочем положении с указанием на поле схемы режима, для которого изображены эти элементы.

Элементы и устройства изображают на схемах совмещенным или разнесенным способом. При совмещенном способе составные части элементов или устройств изображают на схеме в непосредственной близости друг от друга. При разнесенном способе составные части элементов и устройств или отдельные элементы устройств изображают на схеме в разных местах таким образом, чтобы отдельные цепи изделия были изображены наиболее наглядно. Разнесенным способом допускается изображать как все, так и отдельные элементы или устройства.

При выполнении схем рекомендуется пользоваться строчным способом. При этом условные графические обозначения элементов или их составных частей, входящих в одну цепь, изображают последовательно друг за другом по прямой, а отдельные цепи — рядом, образуя параллельные (горизонтальные или вертикальные) строки. При выполнении схемы строчным способом допускается нумеровать строки арабскими цифрами (рисунок 1.1).

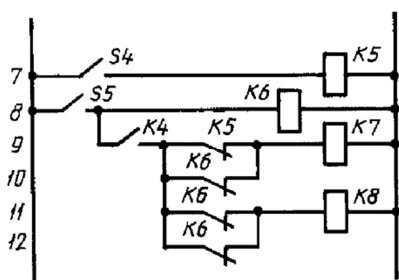


Рисунок 1.1 — Строчный способ выполнения схемы

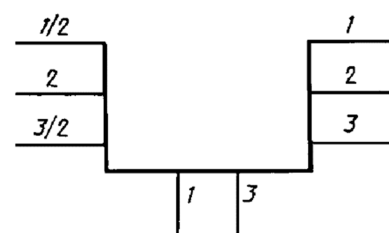


Рисунок 1.2 — Групповые линии связи

Для упрощения схемы допускается несколько электрически не связанных линий связи сливать в линию групповой связи, но при подходе к контактам (элементам) каждую линию связи изображают отдельной линией. При слиянии линий связи каждую линию помечают в месте слияния, а при необходимости, и на обоих концах условными обозначениями (цифрами, буквами или сочетанием букв и цифр). Линии электрической связи, сливаемые в линию групповой связи, как правило, не должны иметь разветвлений, т.е. всякий условный номер должен встречаться на линии групповой связи два раза. При необходимости разветвлений их количество указывают после порядкового номера линии через дробную черту (рисунок 1.2). Линии групповой связи изображают утолщенными.

Всем элементам, устройствам и функциональным группам изделия, изображенным на схеме, присваиваются позиционные обозначения по ГОСТ 2.710–81, содержащие информацию о виде элемента (устройства, функциональной группы) и его порядковом номере в пределах данного вида (рисунки 1.1 и 1.3).

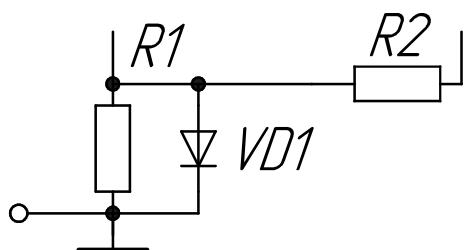


Рисунок 1.3 — Позиционные обозначения

Позиционное обозначение состоит в общем случае из трех частей, которые записываются без пробелов одним размером шрифта. В первой части указывают вид элемента одной или несколькими буквами, например: R — резистор, VT — транзистор;



во второй части — порядковый номер элемента в пределах данного вида, например: R1, R2, VT1, VT2; в третьей части допускается указывать соответствующее функциональное назначение буквенным кодом, например: С4I — конденсатор С4, используемый как интегрирующий. Порядковые номера присваивают, начиная с единицы, в пределах группы с одинаковыми позиционными обозначениями в соответствии с последовательностью расположения элементов на схеме, считая, как правило, сверху вниз в направлении слева направо. Позиционные обозначения проставляют рядом с УГО элементов с правой стороны или над ними.

При изображении на схеме элемента или устройства разнесенным способом позиционное обозначение проставляют около каждой составной части, указывая при этом порядковый номер каждой части через точку (рисунок 1.4).

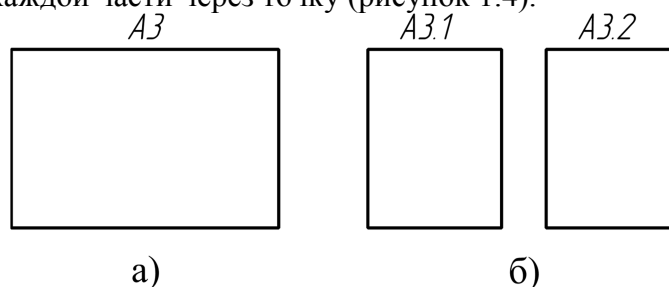


Рисунок 1.4 — Совмещенный (а) и разнесенный (б) способы изображения устройства

Если поле схемы разбито на зоны или схема выполняется строчным способом, то справа от позиционного обозначения или под позиционным обозначением составной части элемента или устройства допускается указывать в скобках обозначения зон или номера строк, в которых изображены все остальные части этого элемента или устройства.

### Перечень элементов

На принципиальной схеме должны быть однозначно определены все элементы и устройства, входящие в состав изделия и изображенные на схеме. Данные об элементах должны быть записаны в перечень элементов. При этом связь перечня с УГО осуществляется посредством позиционных обозначений. В исключительных случаях допускается помещать все сведения об элементах около УГО. В этом случае для номиналов резисторов и конденсаторов применяют упрощенный способ обозначения единиц измерений:

- для резисторов:
  - от 0 до 999 Ом — в омах без указания единиц измерения;
  - от  $1 \cdot 10^3$  до  $999 \cdot 10^3$  Ом — в килоомах с обозначением единицы измерения строчной буквой к;
  - от  $1 \cdot 10^6$  до  $999 \cdot 10^6$  Ом — в мегаомах с обозначением единицы измерения прописной буквой М;
  - свыше  $1 \cdot 10^9$  — в гигаомах с обозначением единицы измерения прописной буквой Г;
- для конденсаторов:
  - от 0 до  $9999 \cdot 10^{-12}$  Ф — в пикофарадах без указания единиц измерения;
  - от  $1 \cdot 10^{-8}$  до  $9999 \cdot 10^{-6}$  Ф — в микрофарадах с обозначением единицы измерения строчными буквами мк.

Перечень элементов помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа. Перечень оформляют в виде таблицы, заполняемой сверху вниз (рисунок 1.5).

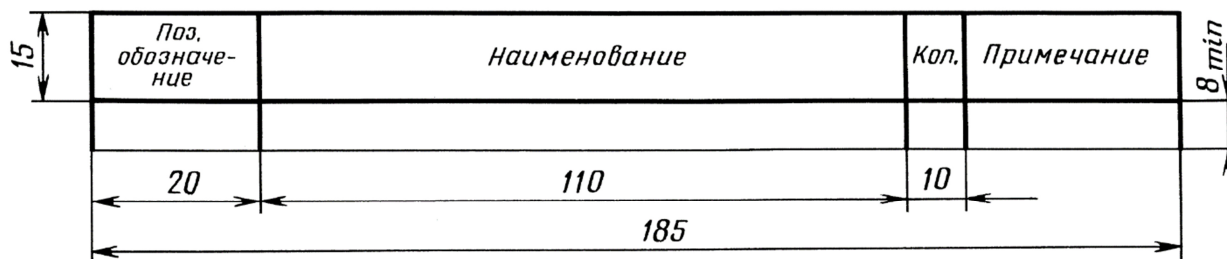


Рисунок 1.5 — Перечень элементов

При выполнении перечня элементов на первом листе схемы его располагают над основной надписью, расстояние от которой должно быть не менее 12 мм. Продолжение перечня помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы.

Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров.

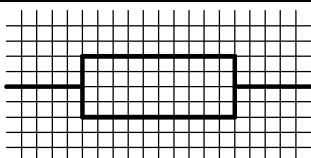
Элементы одного типа с одинаковыми параметрами, имеющие на схеме последовательные порядковые номера, допускается записывать в перечень в одну строку. В этом случае в графу «Поз. обозначение» вписывают только позиционные обозначения с наименьшим и наибольшим порядковыми номерами, например, R3, R4, C8...C12, а в графу «Кол.» — общее количество таких элементов.

При записи элементов одинакового наименования, отличающихся техническими характеристиками и другими данными и имеющих одинаковое буквенное обозначение, допускается в графе «Наименование» записывать наименование этих элементов в виде общего наименования, например: *Резисторы МЛТ ОЖ0.467.180ТУ*.

### Условные графические обозначения

Условные графические обозначения, применяемые в схемах, устанавливаются стандартами ГОСТ 2.721 – 2.797. Основные применяемые в курсовой работе УГО с учетом последних изменений приведены в таблице 1.1. Следует отметить, что размеры УГО в стандартах в настоящее время приводятся в размерах модульной сетки, шаг которой выбирают, как правило, 1 мм.

Таблица 1.1 — Основные условные графические обозначения

№ п.п.	Наименование	Обозначение	Стандарт
1	Резистор постоянный		ГОСТ 2.728–74

2	Конденсатор постоянной емкости		ГОСТ 2.728–74
3	Диод полупроводниковый		ГОСТ 2.730–68
4	Транзистор		ГОСТ 2.730–68
5	Логический элемент И–НЕ		ГОСТ 2.743–91

Модульная сетка служит только для определения размеров элементов и не изображается на схеме. Данное нововведение было внесено в стандарты в связи с началом использования систем автоматизированного проектирования для выполнения схем, в которых широко применяется привязка линий к узлам модульной сетки.

Элементы цифровой техники имеют огромное количество разновидностей, поэтому стандартом ГОСТ 2.743–91 устанавливаются общий вид условного графического обозначения и правила составления обозначений. В самом общем виде УГО может содержать основное и одно или два дополнительных поля, расположенных по обе стороны от основного (рисунок 1.6). Размер УГО по ширине зависит от наличия дополнительных полей и числа помещаемых в них знаков (меток, обозначений функций элемента), по высоте — от числа выводов, интервалов между ними и числа строк информации в основном и дополнительном полях. Выводы элементов делятся на входы, выходы, двунаправленные выходы и выходы, не несущие информации (например, для подключения питания, внешних РС-цепей и т.п.). Входы изображают слева, выходы — справа, остальные выходы — с любой стороны УГО. При необходимости допускается поворачивать УГО на угол 90° по часовой стрелке, т.е. располагать входы сверху, а выходы — снизу.

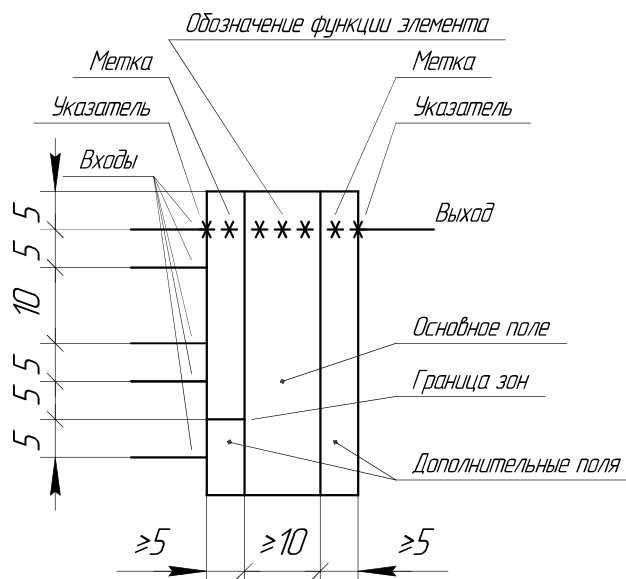


Рисунок 1.6 — Общий вид УГО элементов цифровой техники  
(размеры в шагах модульной сетки)

Функциональное назначение элемента указывают в верхней части основного поля УГО. Его составляют из прописных букв латинского алфавита, арабских цифр и специальных знаков, записываемых без пробелов. Например, генераторы сигналов обозначаются буквой G, операционные усилители — равносторонним треугольником, одна из вершин которого направлена влево.

## ЧЕРТЕЖ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

### Основные термины и определения

**Печатная плата** является деталью, так как она при изготовлении не требует сборочных операций. Печатная плата представляет собой изоляционное основание монтажных проводников и элементов схемы.

**Печатный проводник** — участок токопроводящего покрытия, нанесенный на изоляционное основание.

**Печатный монтаж** — система печатных проводников, обеспечивающих электрическое соединение элементов схемы.

**Контактная площадка** — участок печатного проводника, предназначенного для присоединения объемных проводников и выводов навесных элементов. Навесные элементы — электро- и радиоэлементы, устанавливаемые на печатной плате и имеющие электрический контакт с печатным монтажом. Контакт осуществляется с помощью пайки, микросварки, токопроводящих клеев. При этом миниатюрные элементы не требуют дополнительного крепления. Для крепления более массивных элементов в печатной плате предусматриваются крепежные и монтажные отверстия.

**Крепежное отверстие** — отверстие, предназначенное для крепления платы в блоке и элементов на плате.

**Монтажное отверстие** — металлизированное или неметаллизированное отверстие, предназначенное для монтажа выводов навесного элемента. Монтажное отверстие окружено контактной площадкой.

**Свободные места** — участок печатной платы, где при размещении проводников могут быть выдержаны рекомендуемые значения ширины проводников и расстояния между проводниками и контактными площадками.

**Узкие места** — участок печатной платы, где ширина проводников, расстояния между проводниками и контактными площадками выполняются меньше рекомендуемых (до минимально допустимых) значений на возможно меньшей длине.

**Координатная сетка** — ортогональная сетка из двух параллельных равноудаленных линий, определяющих места расположения соединений на печатной плате.

### Требования к выполнению чертежа печатной платы

Чертеж печатной платы содержит изображение платы с рисунком печатных проводников, размеры, предельные отклонения и шероховатости поверхностей платы и всех ее конструктивных элементов. На чертеже должны быть указаны размеры расстояний между элементами, сведения о материале печатной платы и технические требования к ее изготовлению. При необходимости выполняются дополнительные изображения платы, требующие пояснения или нанесения размеров.

Чертеж печатной платы выполняется в соответствии с ГОСТ 2.417-91 и содержит все сведения, необходимые для ее изготовления и контроля. Чертеж следует выполнять с высокой точностью, т.к. величину изделия или его элементов на чертеже печатной платы в соответствии с ГОСТ 3.307-68 определяют по изображению.

Размеры стороны печатной платы должны быть кратными: 2,5 мм при длине стороны до 100 мм, 5,0 мм при длине до 350 мм, 10 мм при длине более 350 мм. Соотношение линейных размеров сторон не более 1:3.

В качестве материала печатной платы используется, как правило, фольгированный стеклотекстолит толщиной 1,5 мм ГОСТ 10316-78.

Расстояние от края платы до проводника, контактной площадки, отверстия должно быть не менее толщины платы.

Чертеж печатной платы должен иметь наименование «Плата печатная».

На чертеже печатной платы размеры должны быть указаны одним из следующих способов:

- с помощью размерных и выносных линий по ГОСТ 2.307–68;
- нанесением координатной сетки в прямоугольной системе координат;
- нанесением координатной сетки в полярной системе координат;
- комбинированным способом при помощи размерных и выносных линий и координатной сетки в прямоугольной или полярной системе координат;
- в виде таблицы координат элементов проводящего рисунка (проводников, контактных площадок и т.п.).

При нанесении размеров с помощью координатной сетки линии сетки должны нумероваться. Шаг нумерации определяется конструктивно с учетом насыщенности и масштаба изображения и может быть выражен в миллиметрах или линиях сетки.

Координатную сетку в зависимости от способа выполнения документации следует наносить на все поле чертежа или на часть поверхности печатной платы, или рисками по периметру контура. Допускается наносить риски по периметру контура печатной платы или на некотором расстоянии от него.

Шаг координатной сетки в прямоугольной системе координат устанавливается стандартом ГОСТ Р 51040–97. Предпочтительный шаг координатной сетки выбирается из ряда 0,25; 0,5; 0,75; 1,00; 1,25; 2,50; 3,00; 5,00 мм. По конструктивным соображениям допускается применять шаг сетки 2,54 или 0,635 мм.

За начало отсчета в прямоугольной системе координат на главном виде чертежа печатной платы следует принимать:

- центр крайнего левого или правого нижнего отверстия;
- левый или правый нижний угол печатной платы;
- левую или правую нижнюю точку, образованную линиями построения.

На чертежах круглых печатных плат за начало отсчета в прямоугольной системе координат допускается принимать центр печатной платы или точку, образованную линиями пересечения двух касательных к окружности. Координатную сетку в полярной системе координат применяют для чертежей печатных плат с определенной последовательностью расположения повторяющихся печатных проводников с радиальной ориентацией. Шаг координатной сетки в полярной системе координат задают по углу и диаметру и назначают в зависимости от расположения элементов печатной платы.

Если размеры и конфигурация рисунка печатной платы оговорены в технических требованиях чертежа, то допускается элементы печатных плат изображать условно. Участки печатной платы, которые не допускается занимать печатными проводниками и контактными площадками, на чертеже необходимо обводить штрихпунктирной утолщенной линией. Размеры участков определяются по координатной сетке или наносятся на чертеже.

Для нанесения размеров, обозначений шероховатости поверхности и т.п. допускается приводить на чертеже дополнительный вид, на котором рисунок печатной платы следует изображать частично. Допускается рисунок печатной платы не изображать. При этом над таким видом должна быть помещена соответствующая надпись, например «Проводники не показаны».

Круглые контактные площадки с отверстиями, в т.ч. имеющие зенковку, и контактные площадки произвольной формы, размеры которых не указаны, изображают на



чертеже одной окружностью. Допускается контактные площадки, в т.ч. круглые, в зависимости от их размеров изображать на чертеже условно в виде квадрата, прямоугольника, многоугольника и т.п. Размеры и форму контактных площадок указывают в технических требованиях.

Отверстия, близкие по диаметру, изображают окружностью одного диаметра с обязательным указанием условного знака в соответствии с ГОСТ 2.307–68, в виде показанных на рисунке 2.1, либо аналогичных.

Диаметр отверстия, его условный знак, диаметр контактной площадки, наличие металлизации, количество отверстий следует объединять в таблицу.

Согласно ГОСТ 23662-79 шероховатость поверхности монтажных неметаллических отверстий и торцов печатной платы должна быть  $Rz \leq 80$ .

Центры монтажных и крепежных отверстий на печатной плате следует располагать в узлах координатной сетки. Если по конструктивным особенностям навесного элемента это условие выполнить невозможно, то в узле координатной сетки располагают центр одного из отверстий, принятого за основное. Остальные центры по возможности располагают на горизонтальных или вертикальных линиях сетки.

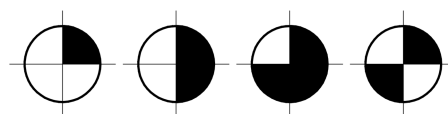


Рисунок 2.1— Условные знаки для обозначения отверстий

Проводники на чертеже должны обозначаться одной линией, являющейся осью симметрии проводника. На чертеже следует указывать численное значение ширины проводника. Широкие проводники могут изображаться двумя линиями, при этом, если они совпадают с линиями координатной сетки, числовое значение ширины на чертеже не указывают.

Отдельные элементы рисунка печатной платы (проводники, экраны, изоляционные участки и т.п.) допускается выделять на чертеже штриховкой, зачернением, растриванием и т.п.

ГОСТ 23751-86 устанавливает пять классов точности печатных плат в соответствии со значениями основных параметров и предельных отклонений элементов конструкции. Для печатных плат с дискретными элементами при малой и средней насыщенности навесными изделиями применяется первый и второй классы точности. Для печатных плат с навесным монтажом рекомендуется применять четвертый класс точности.

### Технические требования

Технические требования на чертеже излагают, группируя вместе однородные и близкие по своему характеру требования, по возможности в следующей последовательности:

- а) метод изготовления платы;
- б) стандарт, устанавливающий требования к механическим характеристикам печатной платы, группа жесткости;
- в) параметры координатной сетки (шаг, оцифровка линий);
- г) требования к конфигурации печатных проводников;
- д) форма контактных площадок;
- е) класс точности изготовления печатной платы по ГОСТ 23751-86;
- ж) покрытие поверхности печатной платы (паяльная маска, лак);
- и) маркировка печатной платы (эмаль, шрифт).

*Направление подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»  
Профиль «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети»  
Методическое обеспечение дисциплины Б1.О.16 «Инженерная и компьютерная  
графика»*



Кроме того, технические требования могут содержать дополнительную информацию, необходимую для правильного прочтения чертежа и изготовления печатной платы.



## СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ

### Спецификация

Спецификация согласно ГОСТ 2.102–68 является основным конструкторским документом сборочных единиц, комплексов и комплектов, который в отдельности или в совокупности с другими записанными в нем конструкторскими документами (сборочный чертеж, схемы) полностью и однозначно определяют данное изделие и его состав.

Правила выполнения спецификации устанавливаются ГОСТ 2.106–96. Спецификацию составляют на отдельных листах на каждую сборочную единицу, комплекс и комплект на листах формата А4.

В спецификацию вносят составные части, входящие в специфицируемое изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к этому изделию и к его неспецифицируемым составным частям.

Спецификация в общем случае состоит из разделов, которые располагают в следующей последовательности:

- документация;
- комплексы;
- сборочные единицы;
- детали;
- стандартные изделия;
- прочие изделия;
- материалы;
- комплекты.

Наличие тех или иных разделов определяется составом специфицируемого изделия. Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают.

В разделе «Документация» вносят документы, составляющие основной комплект конструкторских документов специфицируемого изделия, кроме его спецификации, например, сборочный чертеж, схема и т.п.

В разделы «Комплексы», «Сборочные единицы» и «Детали» вносят комплексы, сборочные единицы и детали, непосредственно входящие в специфицируемое изделие.

В разделе «Стандартные изделия» записывают изделия, примененные по стандартам:

- межгосударственным (ГОСТ);
- государственным (ГОСТ Р);
- отраслевым (ОСТ);
- предприятий (СТП).

В пределах каждой категории стандартов запись рекомендуется производить по группам изделий, объединенных по их функциональному назначению (например, подшипники, крепежные изделия, электротехнические изделия и т.п.), в пределах каждой группы — в алфавитном порядке наименований изделий, в пределах каждого наименования — в порядке возрастания обозначений стандартов, а в пределах каждого обозначения стандарта — в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

В раздел «Прочие изделия» вносят изделия, примененные по техническим условиям. Запись изделий рекомендуется производить по группам, объединенным по их функциональному назначению, в пределах каждой группы — в алфавитном порядке наименований изделий, а в пределах каждого наименования — в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

Допускается объединять разделы «Стандартные изделия» и «Прочие изделия» под наименованием «Прочие изделия», при этом руководствуются правилами заполнения, применяемыми для раздела «Прочие изделия».

Графы спецификации заполняют следующим образом:

в графе «Формат» указывают форматы документов, обозначения которых записывают в графе «Обозначение». Если документ выполнен на нескольких листах различных форматов, то в графе «Формат» проставляют знак \*), а в графе «Примечание» перечисляют все форматы в порядке их увеличения.

в графе «Зона» указывают обозначение зоны, в которой находится номер позиции записываемой составной части (при разбивке поля чертежа на зоны по ГОСТ 2.104–68). Если имеются повторяющиеся номера позиций, то в спецификации в графе «Зона» проставляют \*), а в графе «Примечание» указывают все зоны;

в графе «Поз.» указывают порядковые номера составных частей, непосредственно входящих в специфицируемое изделие, в последовательности записи их в спецификации. Для разделов «Документация», «Комплекты» графу не заполняют;

в графе «Обозначение» указывают:

- в разделе «Документация» — обозначение записываемых документов;
- в разделе «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали», «Комплекты» — обозначение основных конструкторских документов на записываемые в эти разделы изделия;
- в разделах «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы» графу не заполняют. Если для изготовления стандартного изделия выпущена конструкторская документация, в графе указывают обозначение выпущенного основного конструкторского документа:

в графе «Наименование» указывают:

- в разделе «Документация» для документов, входящих в основной комплект документов специфицируемого изделия и составляемых на данное изделие, — только наименование документов, например: «Сборочный чертеж», «Габаритный чертеж», «Технические условия».
- в разделах спецификации «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали», «Комплекты» — наименования изделий в соответствии с основной надписью на основных конструкторских документах этих изделий.
- в разделах «Стандартные изделия» и «Прочие изделия» — наименования и обозначения изделий.

Для записи ряда изделий и материалов, отличающихся размерами и другими данными и примененных по одному и тому же документу (и записываемых в спецификацию за обозначением этого же документа), допускается общую часть наименования этих изделий или материалов с обозначением указанного документа записывать на каждом листе спецификации один раз в виде общего наименования (заголовка). Под общим наименованием записывают для каждого из указанных изделий и материалов только их параметры и размеры.

Примечание — Указанным упрощением не допускается пользоваться, если основные параметры или размеры изделия обозначают только одним числом или буквой. Для подобных случаев запись производят следующим образом:

Шайбы ГОСТ 18123

Шайба 3

Шайба 4

и т.д.

В графе «Примечание» указываются буквенно-цифровые позиционные обозначения элементов согласно принципиальной электрической схеме.

### Содержание сборочного чертежа

Сборочный чертеж электронного узла, содержащего как сборочная единица печатную плату с навесными и установочными элементами, выполняется в соответствии с ГОСТ 2.109–73. Все радиоэлектронные элементы изображают упрощенно, печатные проводники и отверстия, как правило, не изображают, указывая только оси отверстий.

Сборочный чертеж электронного узла содержит:

- а) изображение электронного узла со стороны навесных элементов;
- б) вид слева с навесными элементами, при этом изображается только первый ряд элементов, частично закрытые не изображают;
- в) сведения о способах присоединения навесных элементов к плате;
- г) номера позиций всех составных частей сборочной единицы;
- д) габаритные и присоединительные размеры.

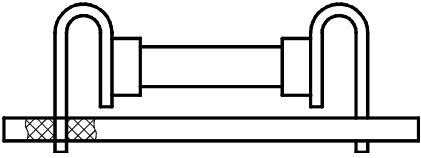
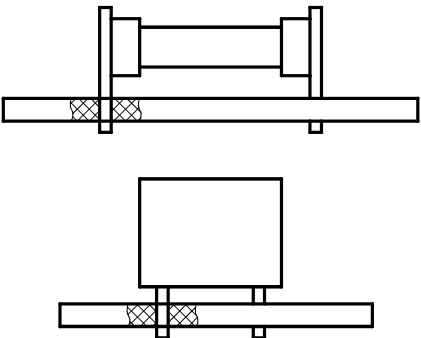
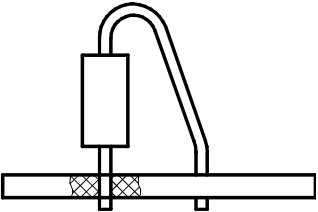
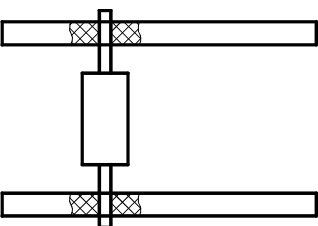
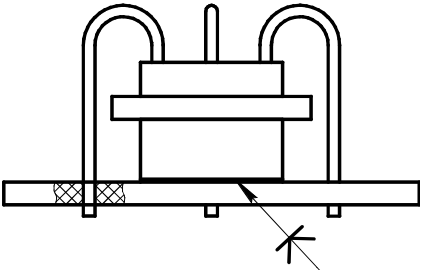
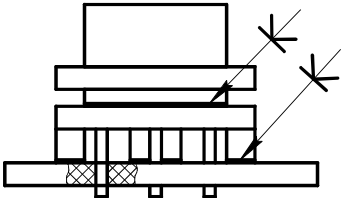
В технических требованиях, располагаемых над основной надписью, приводят правила установки и монтажа навесных элементов, сведения о припое, покрытиях, надписях, ссылку на электрическую схему, по которой выполняется монтаж, и т.п.

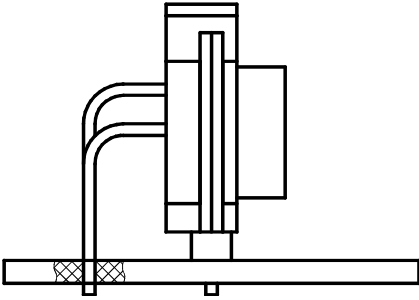
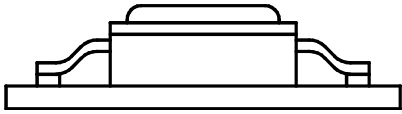
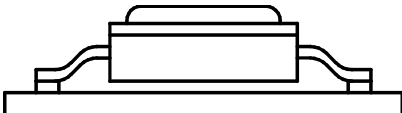

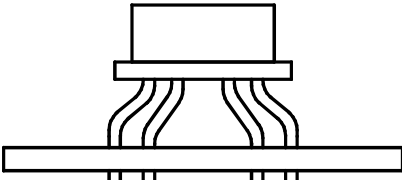
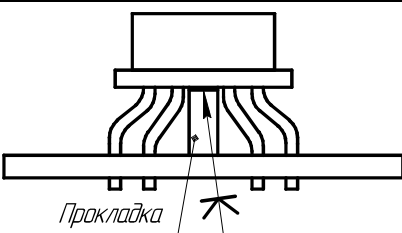
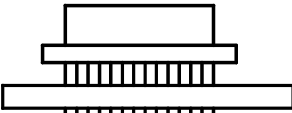
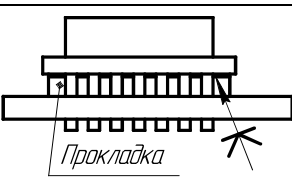
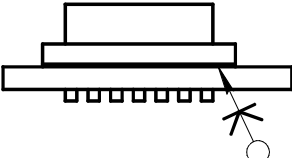
### Монтаж навесных элементов на печатной плате

В технических требованиях указывают варианты установки и монтажа навесных элементов согласно ОСТ4 Г0.010.030-81. Основные варианты приведены в таблице 3.1. Обозначение варианта монтажа элемента составляется из римской цифры — варианта установки — и буквы — варианта формовки.

Таблица 3.1 — Варианты установки навесных элементов

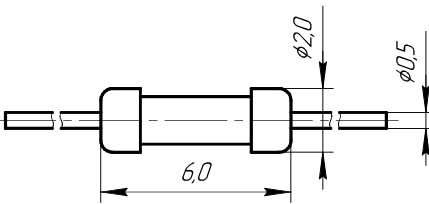
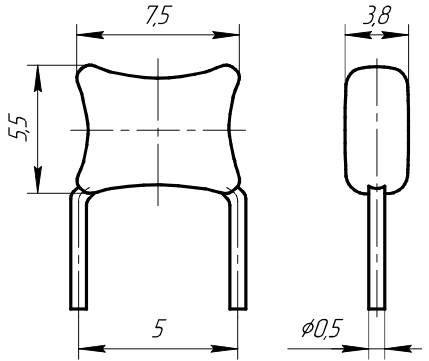
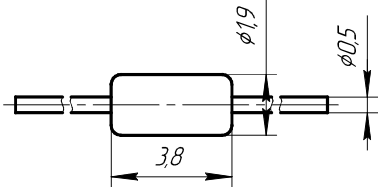
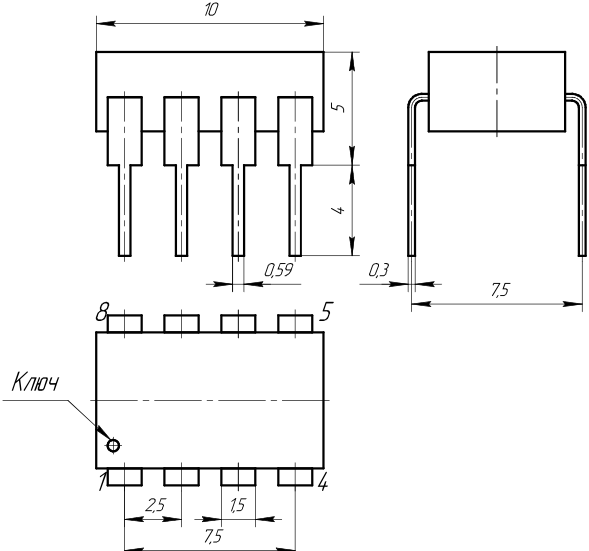
Вариант		Конструктивное выполнение	Примечание
установки	формовки		
I	a		При двустороннем печатном монтаже под элементы с электропроводящим корпусом предусмотреть изоляционные прокладки, если под ними проходят проводники
	б		
II	a		

	б		
	в		
III	—		
IV	—		Применяется для межплатной конструкции электронного узла
V	а		При двустороннем расположении проводников под элементами предусмотреть изоляцию, если под ними проходят проводники
	б		

	в		
VI	а		При двустороннем монтаже предусмотреть изоляцию
	б		
	в		Прокладка может быть изолирующей, либо теплопроводящей
VII	а		
	б		Прокладка используется для увеличения жесткости крепления
VIII	а		
	б		Прокладка используется как теплопроводящая шина
	в		Установка производится на мастику, нанесенную по периметру

На сборочном чертеже печатной платы изображают корпуса навесных элементов, входящих в состав электронного узла. Изображения корпусов применяемых элементов приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 — Конструктивное исполнение корпусов элементов

№ п.п.	Наименование	Конструктивная форма корпуса	ТУ
1	Резистор МЛТ-0,125		ОЖ0.467.180ТУ
2	Конденсатор К10-17Б		—
3	Диод КД521		—
4	2101.8-1*		КР1006ВИ1: БК0.348.685ТУ, КР140УД1408А: БК0.348.095ТУ

5	2101.14-1*		КР1533ЛАЗ: 6К0.348.806ТУ
6	Транзистор КТ3102А		аА0.336.122ТУ
7	Конденсатор К50-35		—

\*) Тип корпуса

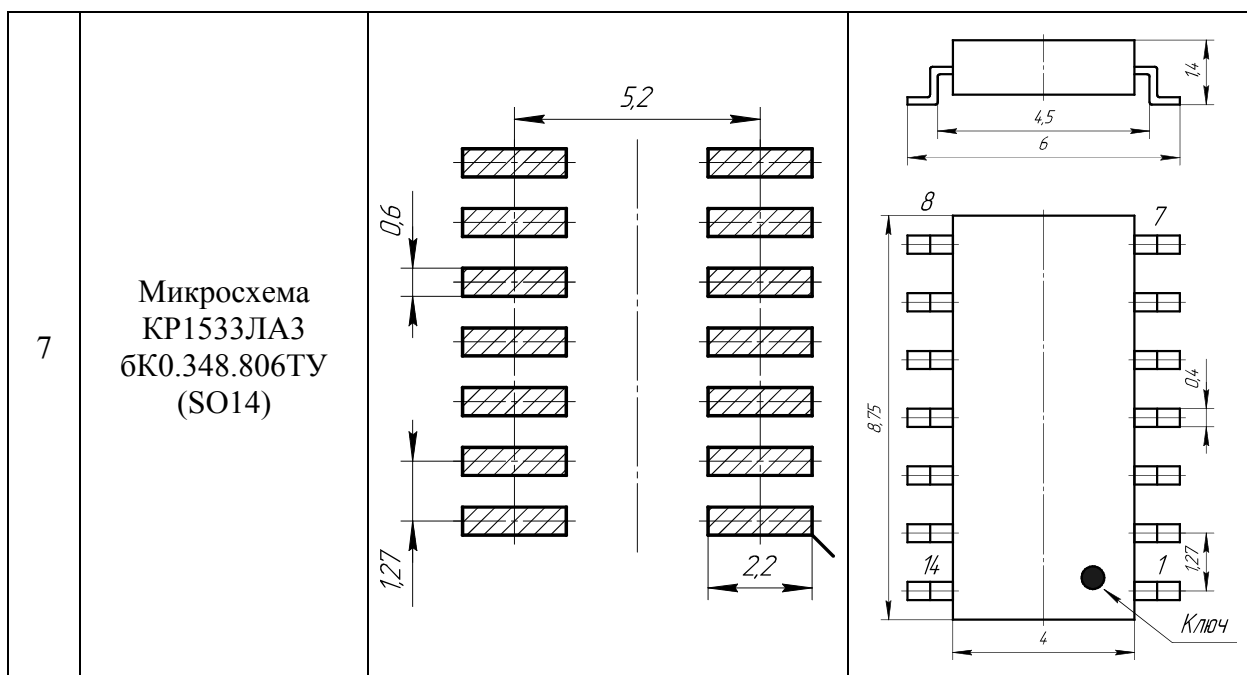
При поверхностном монтаже элементы припаиваются непосредственно к печатным проводникам, поэтому при проектировании и изготовлении печатной платы необходимо строго выдерживать рекомендуемые для каждого элемента размеры и расположение контактных площадок (таблица 3.3), регламентированные международным стандартом IPC-SM-782A.

Таблица 3.3 — Элементы поверхностного монтажа

№ п.п.	Наименование (тип корпуса)	Конфигурация контактных площадок	Конструктивная форма
1	Резистор Р1-12-0,062 ОЖ0.467.169ТУ (0805)		

2	Конденсатор К10–17В номиналом 10–47 нФ (1206)		
3	Конденсатор К10–17В номиналом 47– 100 нФ, конденсатор ЕСРU (1210)		
4	Транзистор КТ3106А2 <sup>1</sup> аА0.336.236ТУ, диод КД409 <sup>2</sup> (SOT23)		
6	Микросхемы LM555, КР140УД1408Б бК0.348.095ТУ (SO8)		





Примечания:

<sup>1</sup> Назначение выводов транзистора: 1 — база (Б), 2 — эмиттер (Э), 3 — коллектор (К)

<sup>2</sup> Назначение выводов диода: 1 — не используется, 2 — анод (А), 3 — катод (К)

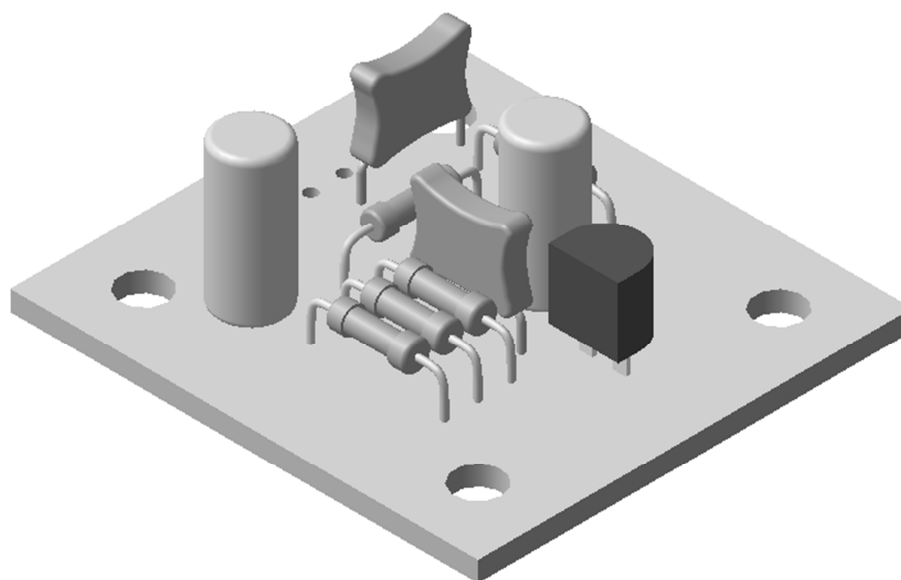
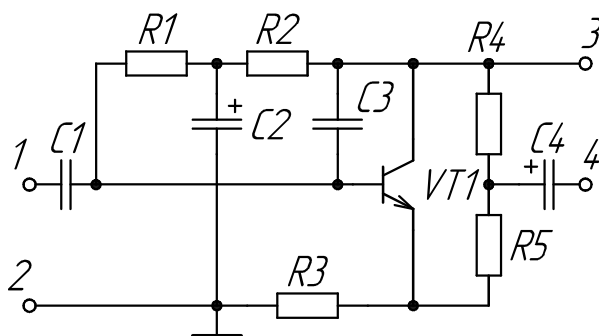


Рисунок 3.1 — Внешний вид электронного узла в сборе (вариант 1\* главы 4)

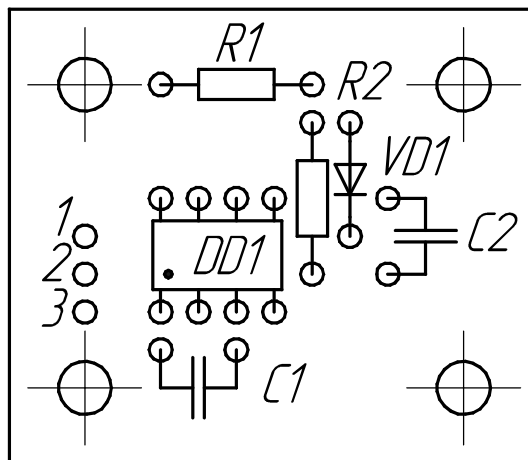
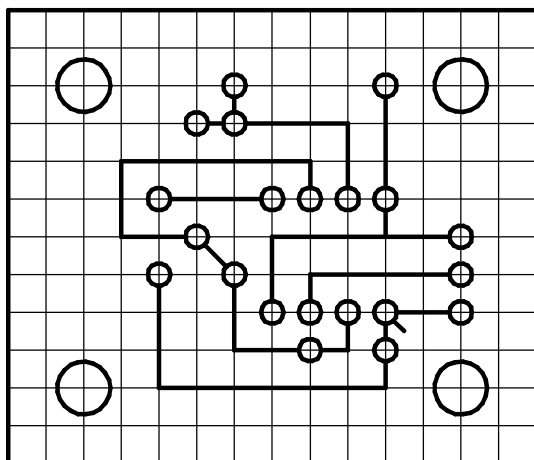
### ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

#### Микрофонный усилитель противоместной схемы

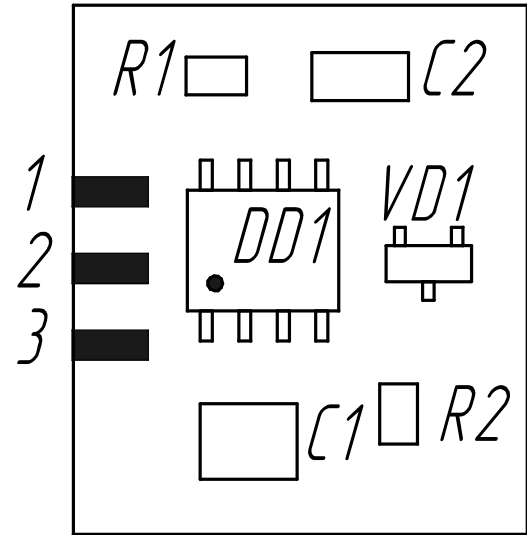
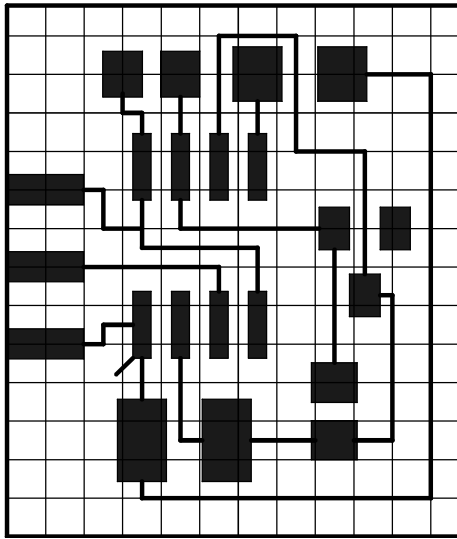


Поз. обозн.	Вариант 1*	Вариант 2*
	МЛТ-0,125	P1-12-0,062
R1	4,7 кОм	4,7 кОм
R2	22 кОм	22 кОм
R3	10 Ом	10 Ом
R4	3,3 кОм	3,3 кОм
R5	82 Ом	82 Ом
	К10-17Б	К10-17В
C1	100 нФ	100 нФ
C3	330 пФ	330 пФ
	К50-35	ЕСРУ
C2	10 мкФ×50 В	10 мкФ×50 В
C4	1 мкФ×50 В	1 мкФ×50 В
VT1	КТ3102А	КТ3106А2

Вариант 1\*



Вариант 2\*



Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
	Конденсаторы		
C1	K10-175-100 нФ±20%	1	
C2	K50-35-50 В-10 мкФ±20%	1	
C3	K10-175-330 пФ±20%	1	
C4	K50-35-50 В-1 мкФ±20%	1	
	Резисторы МЛТ-0,125 ОЖО.467.180ТУ		
R1	МЛТ-0,125-4,7 кОм±5%	1	
R2	МЛТ-0,125-22 кОм±5%	1	
R3	МЛТ-0,125-10 Ом±5%	1	
R4	МЛТ-0,125-3,3 кОм±5%	1	
R5	МЛТ-0,125-82 Ом±5%	1	
VT1	Транзистор КТ3102А аА0.336.122ТУ	1	

ПЭ1-03 КР.001.00133	
Микрофонный усилитель противобомбейной схемы	Лит. Метод. Материал
Схема электрическая принципиальная	Уч. Листов 1
Изм. Исполн.	№ докум.
Разработ.	Обознач. С.А.
Проб.	Слежка Г.И.
Т.контр.	
И.контр.	Гончаров И.А.
Учб.	Слежка Г.И.

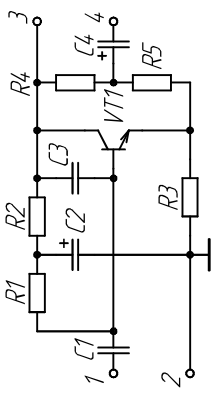


Рисунок 4.1 — Принципиальная электрическая схема (вариант 1\*)

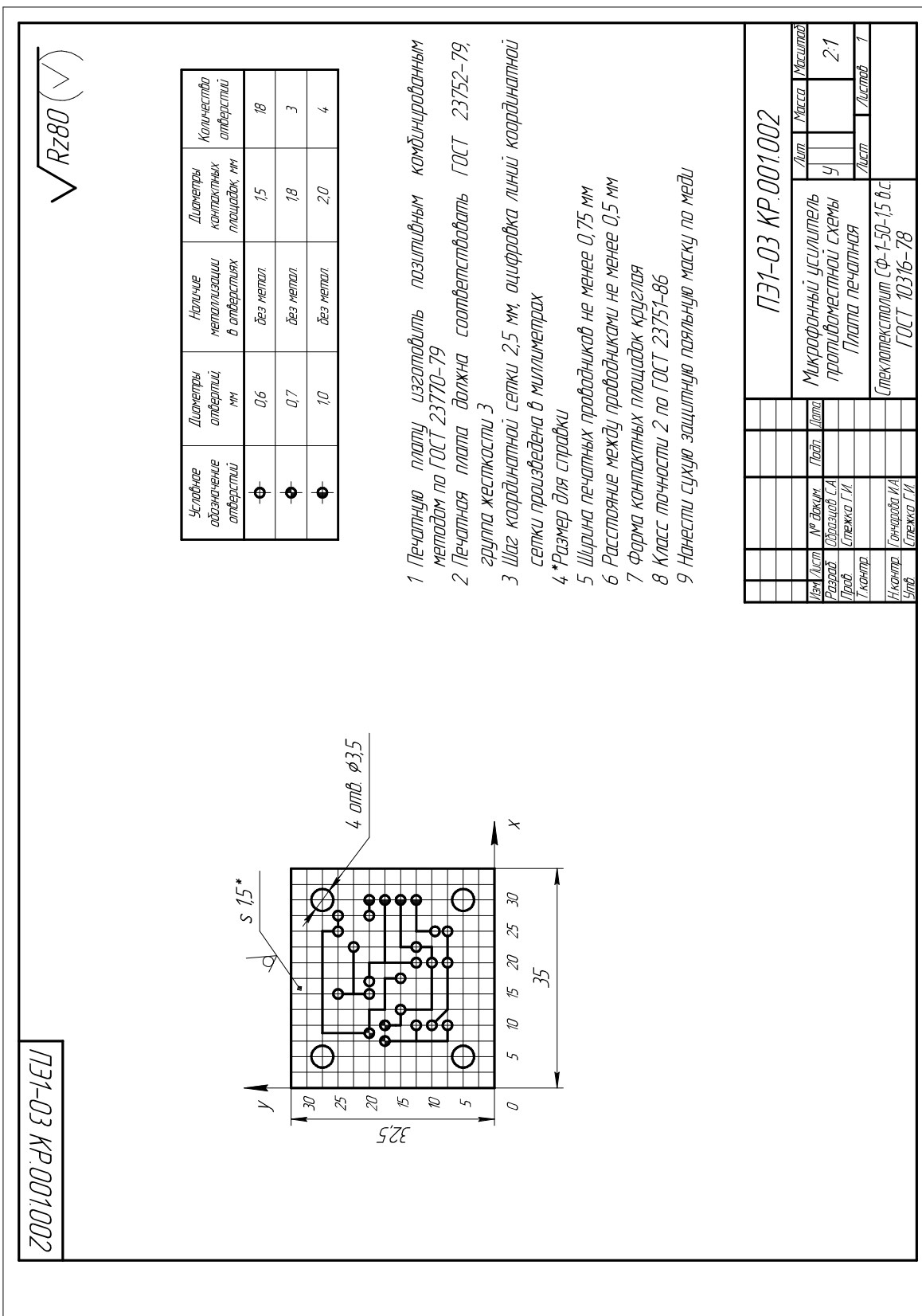
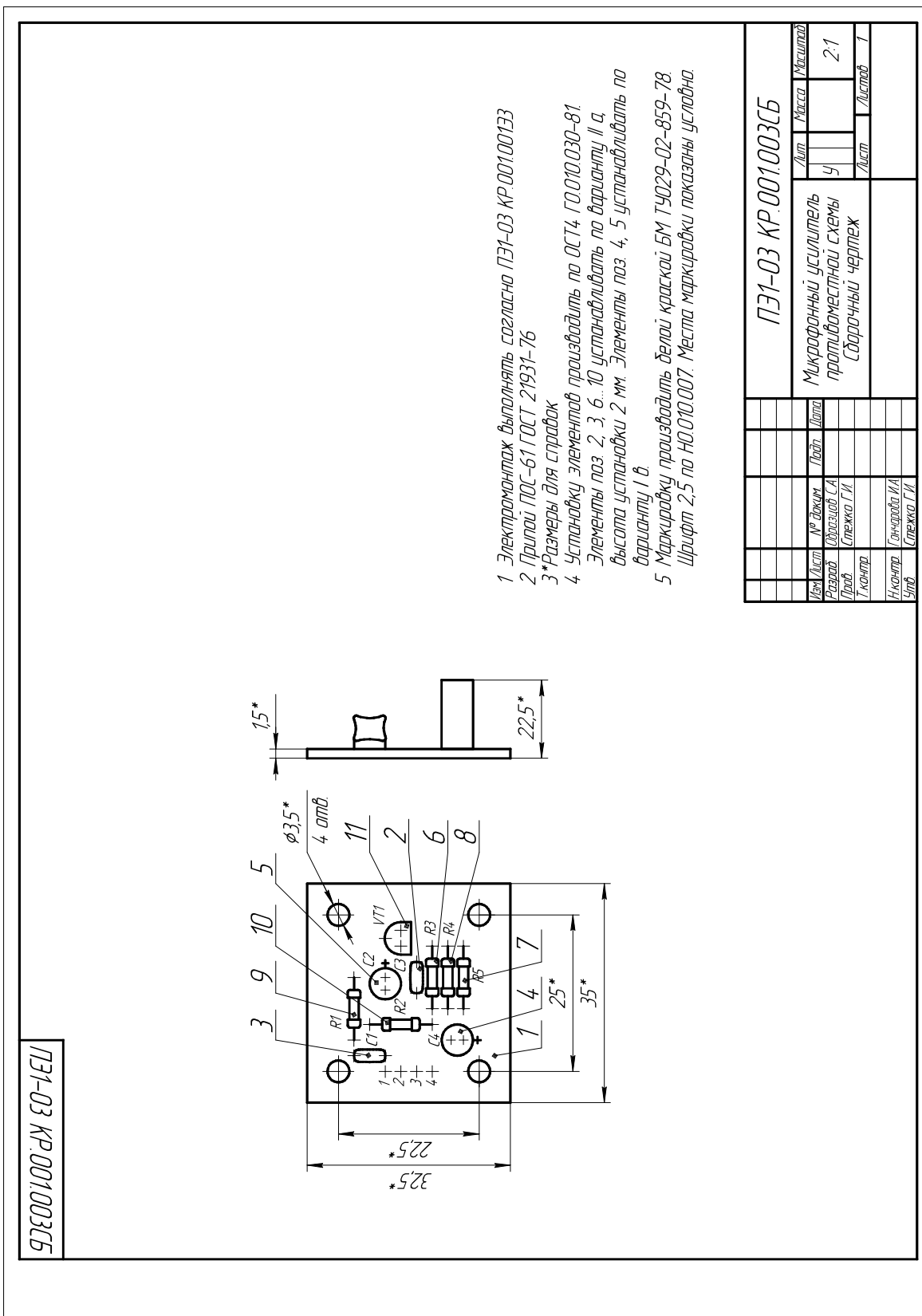


Рисунок 4.2 — Чертеж печатной платы (вариант 1\*)

Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
				<u>Документация</u>		
A4			ПЭ1-03 КР.001.003СБ	Сборочный чертеж		
A4			ПЭ1-03 КР.001.001ЭЗ	Схема электрическая принципиальная		
				<u>Детали</u>		
A4		1	ПЭ1-03 КР.001.002	Плата печатная	1	
				<u>Прочие изделия</u>		
				<u>Конденсаторы</u>		
		2		К10-17Б-330 пФ±20%	1	С3
		3		К10-17Б-100 нФ±20%	1	С1
		4		К50-35-50 В-1 мкФ±20%	1	С4
		5		К50-35-50 В-10 мкФ±20%	1	С2
				<u>Резисторы МЛТ ОЖО.467.180ТЧ</u>		
		6		МЛТ-0,125-10 Ом±5%	1	R3
		7		МЛТ-0,125-82 Ом±5%	1	R5
		8		МЛТ-0,125-3,3 кОм±5%	1	R4
		9		МЛТ-0,125-4,7 кОм±5%	1	R1
		10		МЛТ-0,125-22 кОм±5%	1	R2
		11		Транзистор КТ3102А аА0.336.122ТЧ	1	VT1
<b>ПЭ1-03 КР.001.003</b>						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Образцов С.А.			Лит.	Лист
Проб.		Стежко Г.И.			У	Листов
И.контр.		Гончарова И.А.			1	
Утв.		Стежко Г.И.			Микрофонный усилитель противоместной схемы	

Рисунок 4.3 — Спецификация (вариант 1\*)





Вариант 4.4 — Сборочный чертеж (вариант 1\*)

ПЭ1-03 КР.002.00133

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
	Конденсаторы		
C1	K10-17B-100 нФ±20%	1	
C2	ЕСРУ-50 В-10 мкФ±20%	1	
C3	K10-17B-4,70 пФ±20%	1	
C4	ЕСРУ-50 В-4,7 мкФ±20%	1	
	Резисторы Р1-12 ОЖО.467.169ТУ		
R1	Р1-12-0,062-5,6 кОм±5%	1	
R2	Р1-12-0,062-24 кОм±5%	1	
R3	Р1-12-0,0625-8,2 Ом±5%	1	
R4	Р1-12-0,062-3,3 кОм±5%	1	
R5	Р1-12-0,062-82 Ом±5%	1	
VT1	Транзистор КТ3106А2 аАО.336.236ТУ	1	

ПЭ1-03 КР.002.00133	
Микрофонный усилитель пропальбоместной схемы	Лист _____ Всего _____ Листов 1

Рисунок 4.5 — Принципиальная электрическая схема (вариант 2\*)

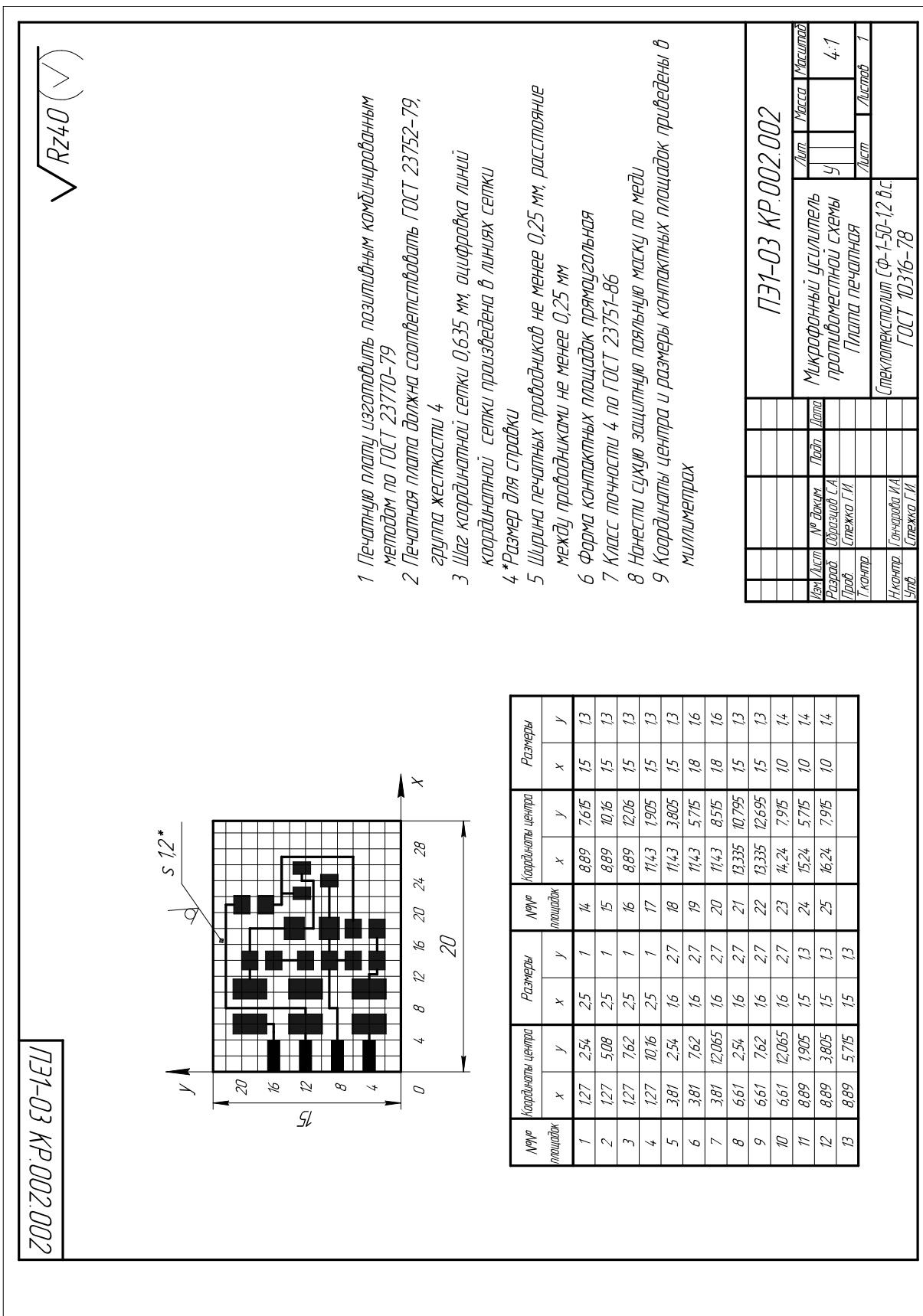
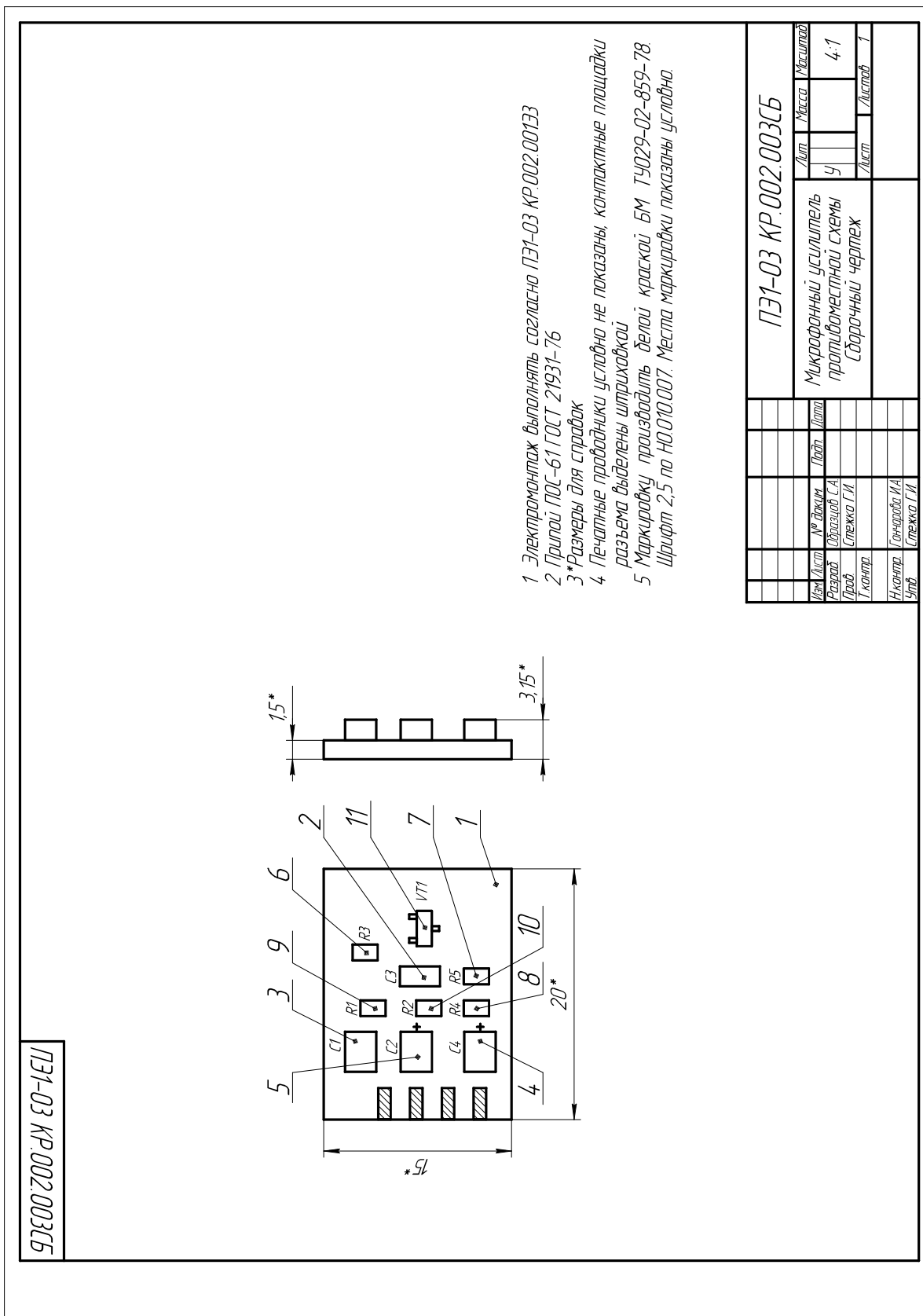


Рисунок 4.6 — Чертеж печатной платы с поверхностным монтажом (вариант 2\*)

Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<i>Документация</i>		
A4			ПЭ1-03 КР.002.003СБ	Сборочный чертеж		
A4			ПЭ1-03 КР.002.001ЗЗ	Схема электрическая принципиальная		
				<i>Детали</i>		
A4		1	ПЭ1-03 КР.002.002	Плата печатная	1	
				<i>Прочие изделия</i>		
				<i>Конденсаторы</i>		
		2		К10-17В-470 пФ±20%	1	С3
		3		К10-17В-100 нФ±20%	1	С1
		4		ЕСРУ-50 В-4,7 мкФ±20%	1	С4
		5		ЕСРУ-50 В-10 мкФ±20%	1	С2
				<i>Резисторы Р1-12 ОЖ0.467.169ТУ</i>		
		6		Р1-12-0,062-8,2 Ом±5%	1	Р3
		7		Р1-12-0,062-82 Ом±5%	1	Р5
		8		Р1-12-0,062-3,3 кОм±5%	1	Р4
		9		Р1-12-0,062-5,6 кОм±5%	1	Р1
		10		Р1-12-0,062-24 кОм±5%	1	Р2
		11		Транзистор КТ3106А2	1	VT1
				аА0.336.236ТУ		
<b>ПЭ1-03 КР.002.003</b>						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Образцов С.А.			Лит.	Лист
Пров.		Стежко Г.И.			У	Листов
Н.контр.		Гончарова И.А.			1	
Утв.		Стежко Г.И.				
					<b>Микрофонный усилитель противоместной схемы</b>	

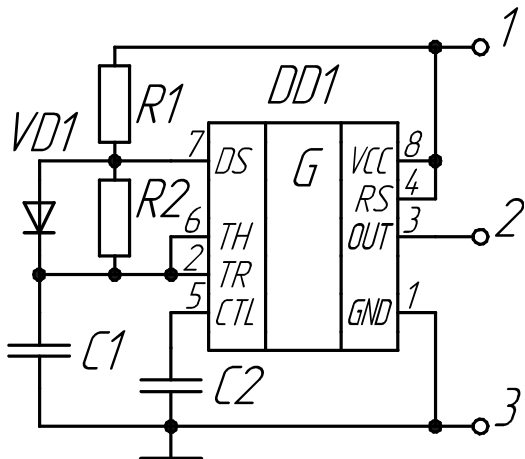
Рисунок 4.7 — Спецификация (вариант 2\*)



Вариант 4.8 — Сборочный чертеж с компонентами  
 поверхностного монтажа (вариант 2\*)

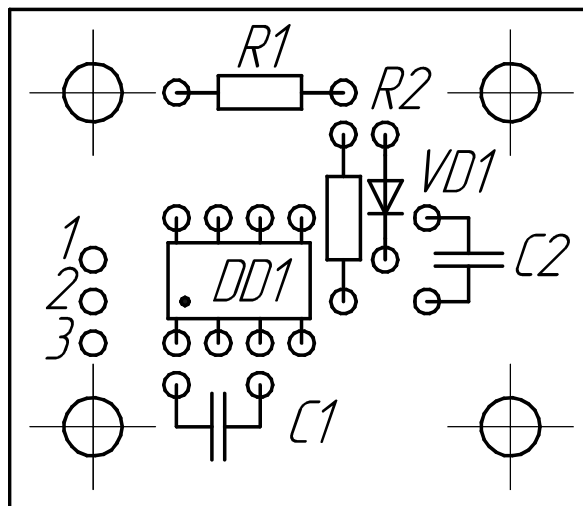
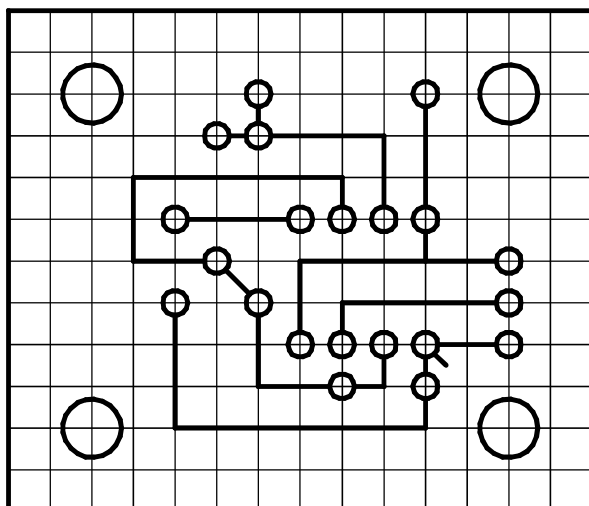
### ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

#### Автоколебательный мультивибратор

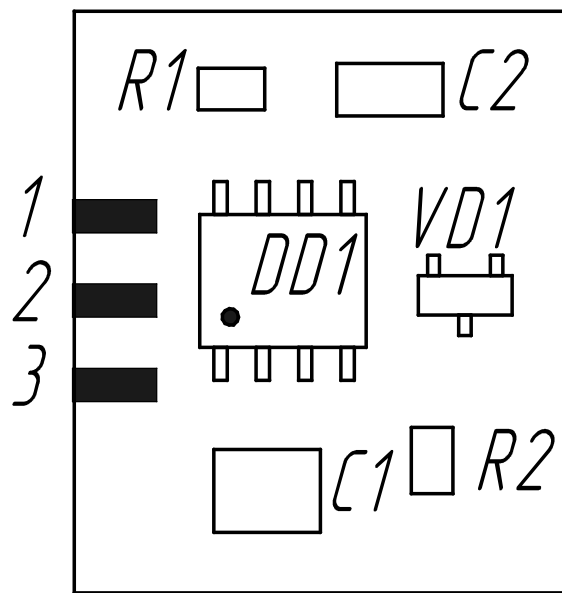
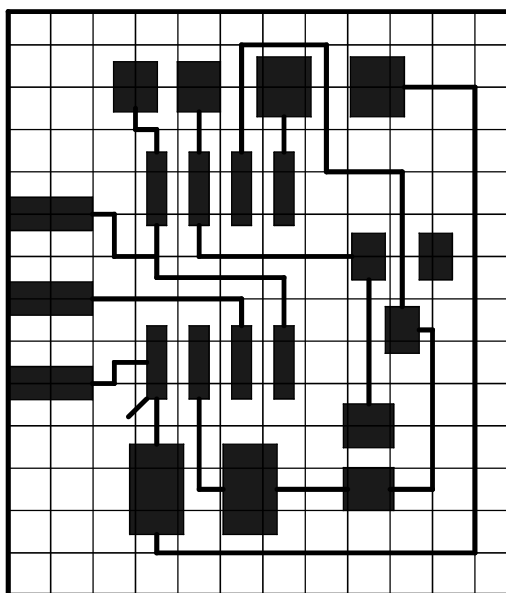


Поз. обозн.	Вариант 1	Вариант 2
	МЛТ-0,125	P1-12-0,062
R1	10 кОм	10 кОм
R2	4,7 кОм	4,7 кОм
	К10-17Б	К10-17В
C1	100 нФ	100 нФ
C2	10 нФ	10 нФ
VD1	КД521А	КД409А9
DD1	КР1006ВИ1	LM555

Вариант 1

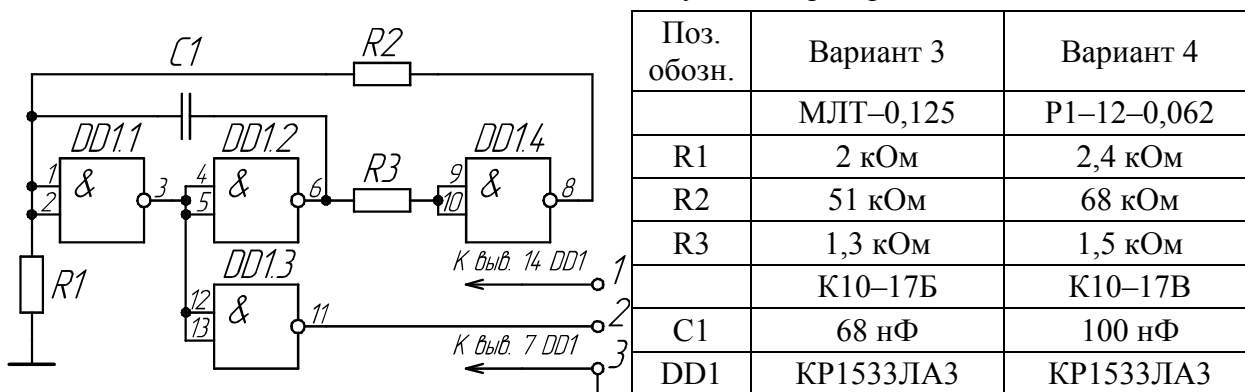


Вариант 2

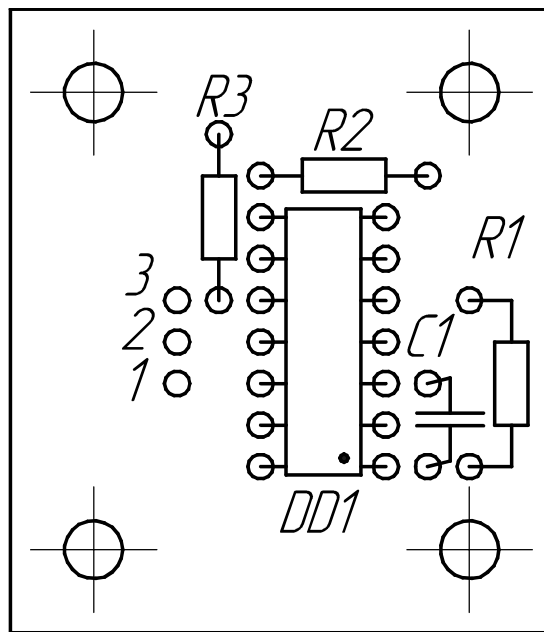
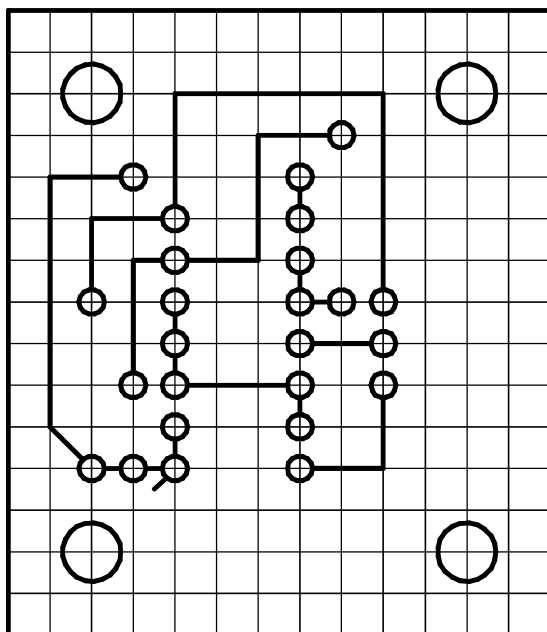




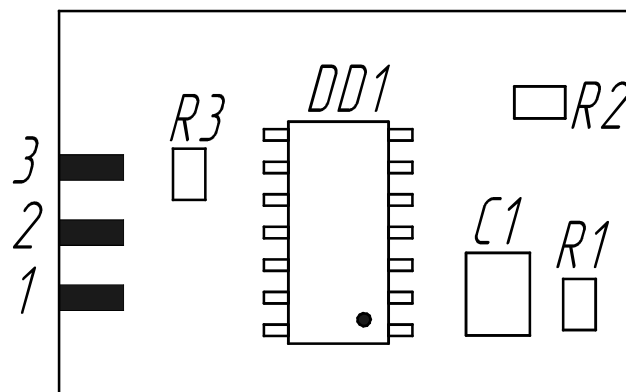
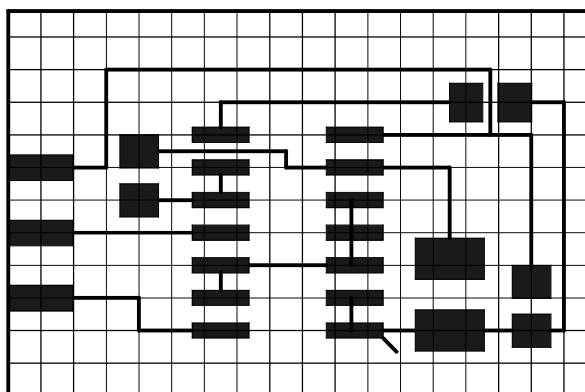
Автоколебательный мультивибратор



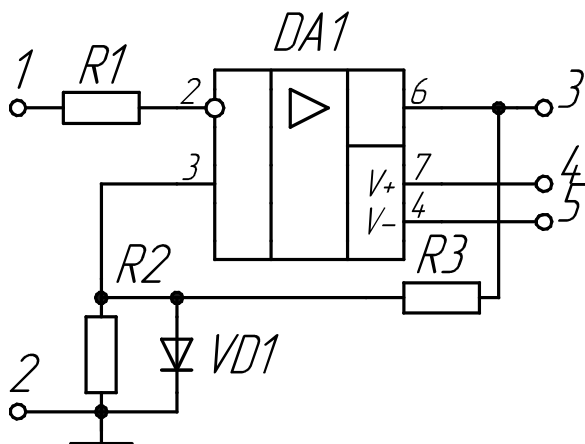
Вариант 3



Вариант 4

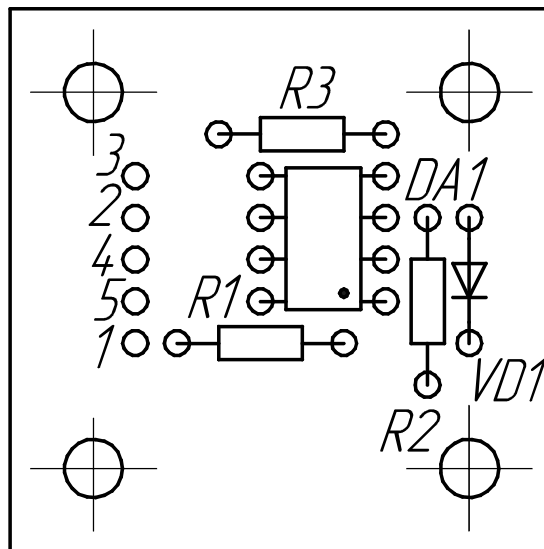
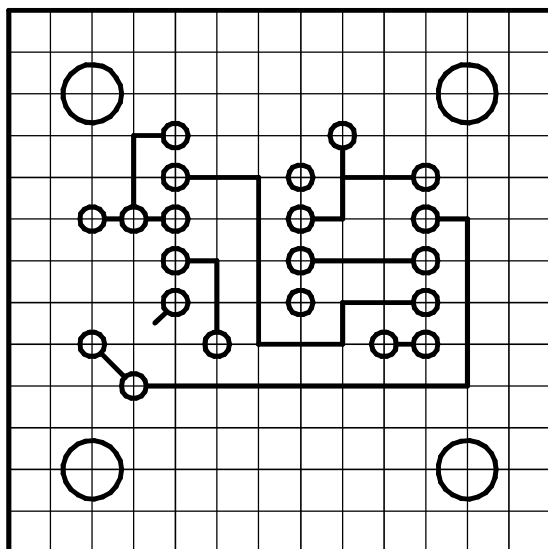


Гистерезисный компаратор

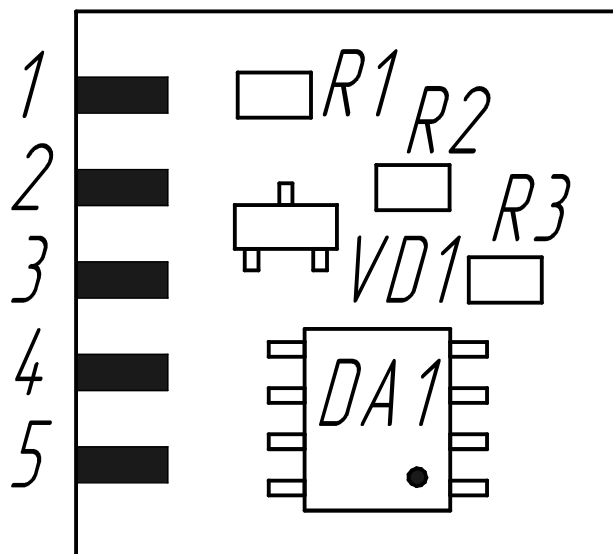
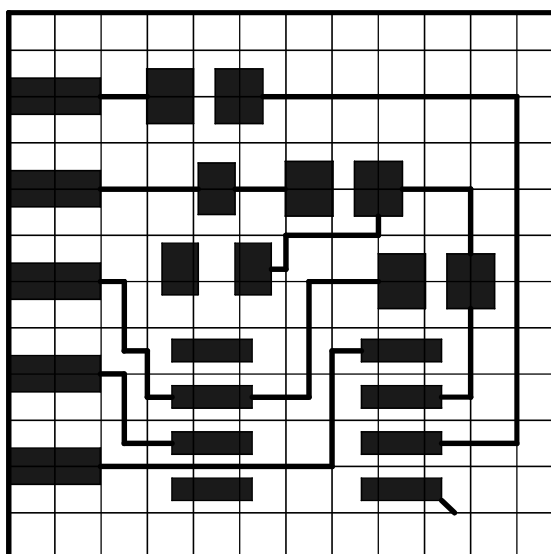


Поз. обозн.	Вариант 5	Вариант 6
	МЛТ-0,125	P1-12-0,062
R1	10 кОм	8,2 кОм
R2	100 кОм	82 кОм
R3	11 кОм	11 кОм
VD1	КД521	КД409А9
DA1	КР140УД1408Б	КР140УД1408А

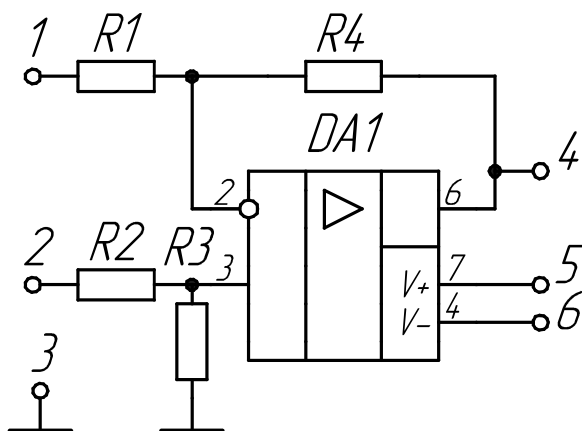
Вариант 5



Вариант 6

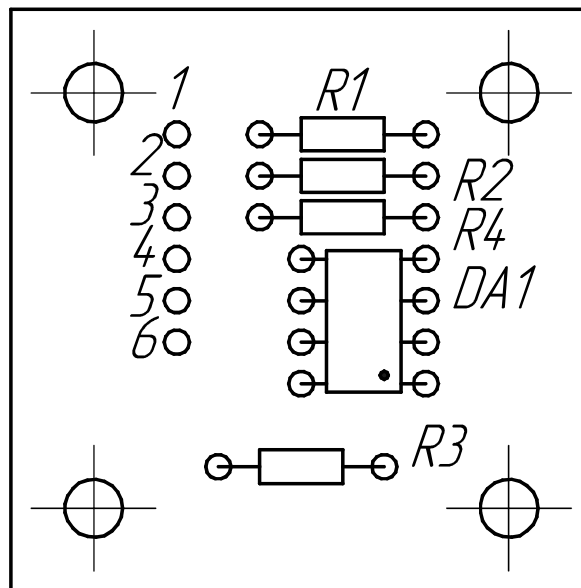
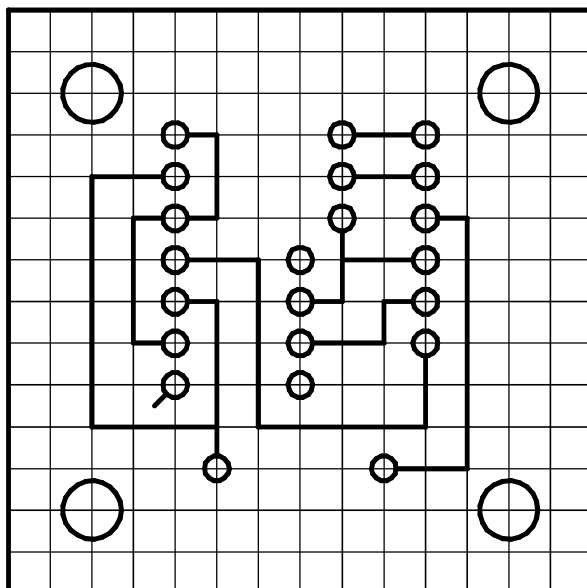


Дифференциальный усилитель

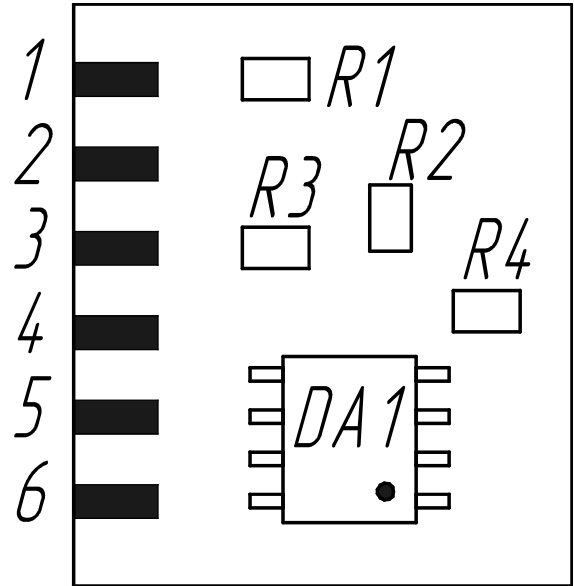
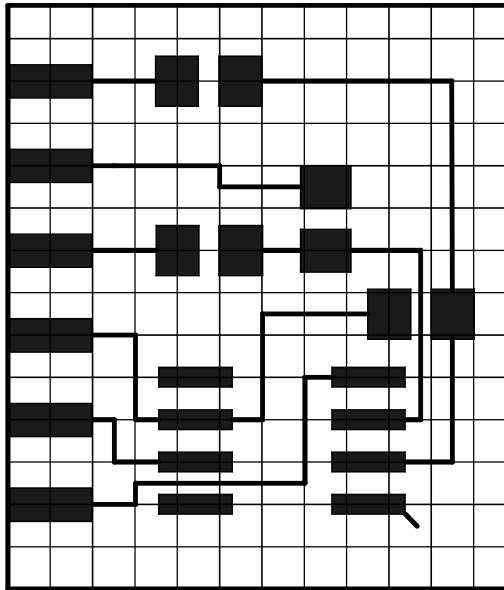


Поз. обозн.	Вариант 7	Вариант 8
	МЛТ-0,125	Р1-12-0,062
R1	10 кОм	9,1 кОм
R2	100 кОм	91 кОм
R3	10 кОм	9,1 кОм
R4	100 кОм	91 кОм
DA1	КР140УД1408Б	КР140УД1408А

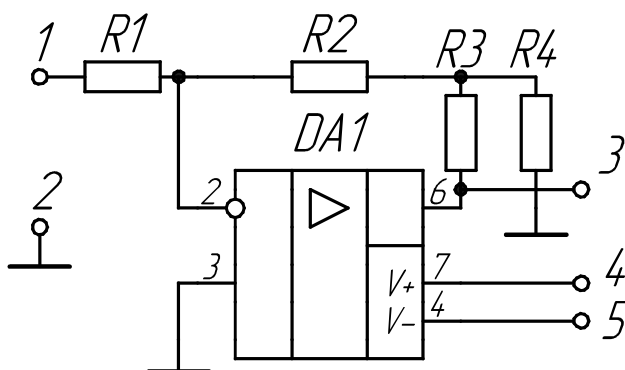
Вариант 7



Вариант 8

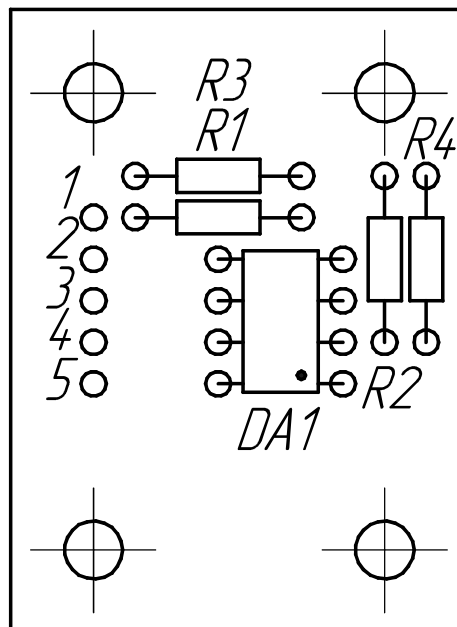
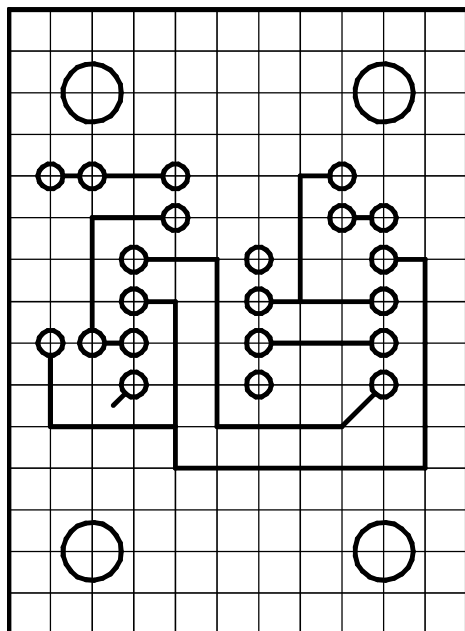


Усилитель с Т-образной цепью обратной связи

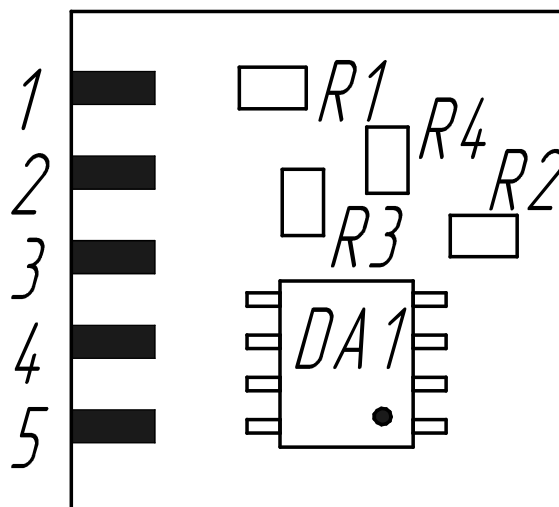
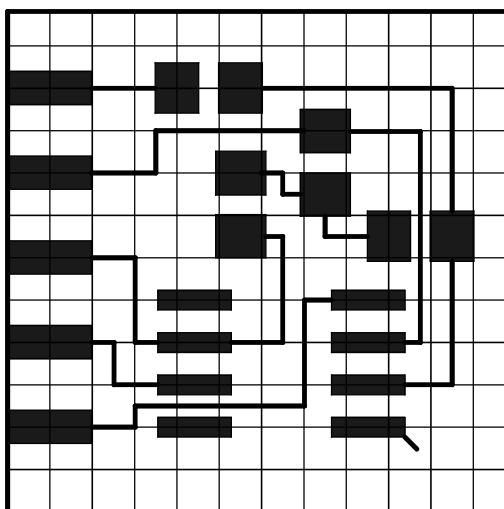


Поз. обозн.	Вариант 9	Вариант 10
	МЛТ-0,125	Р1-12-0,062
R1, R2	10 кОм	9,1 кОм
R3	20 кОм	18 кОм
R4	200 кОм	180 кОм
DA1	КР140УД1408Б	КР140УД1408А

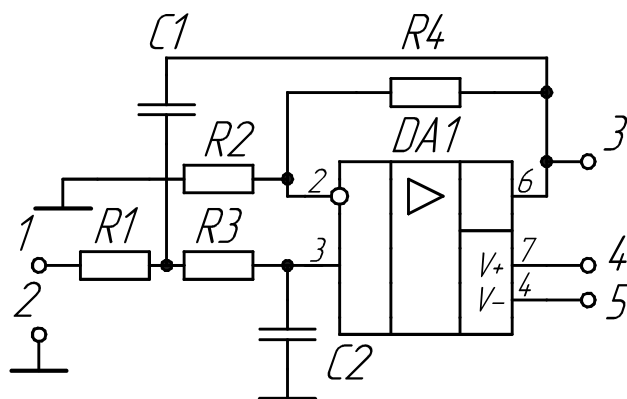
Вариант 9



Вариант 10

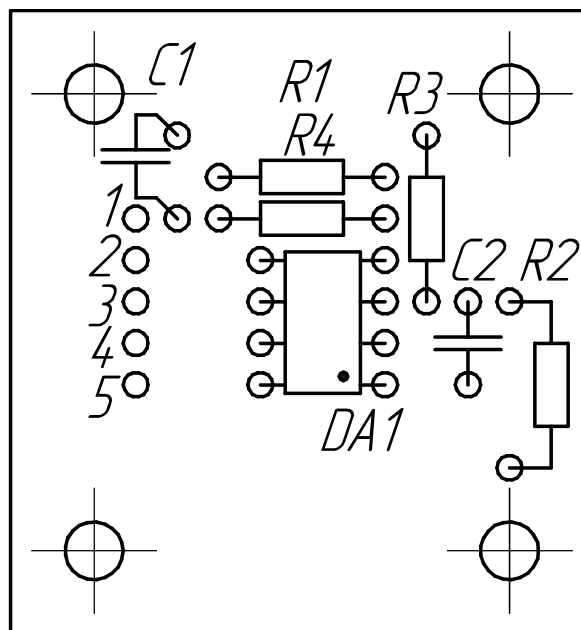
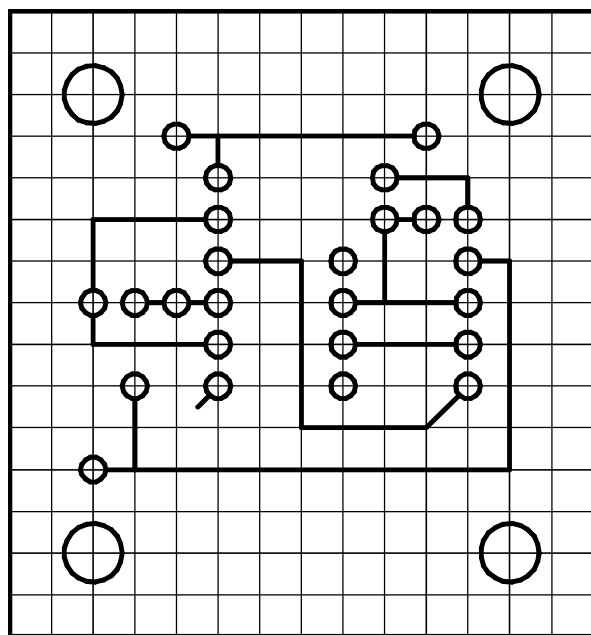


Фильтр второго порядка



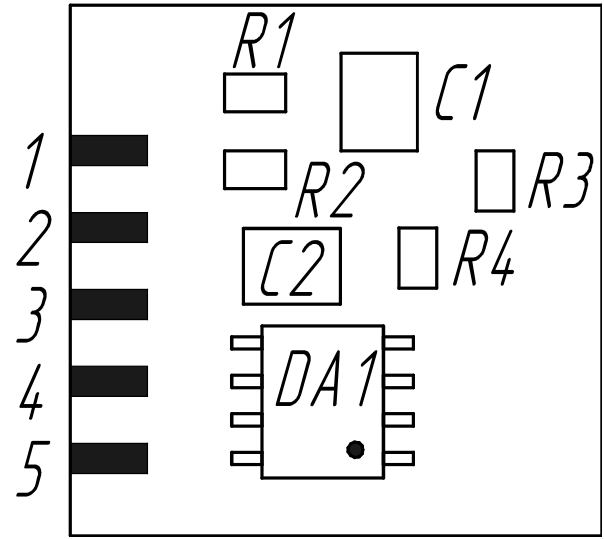
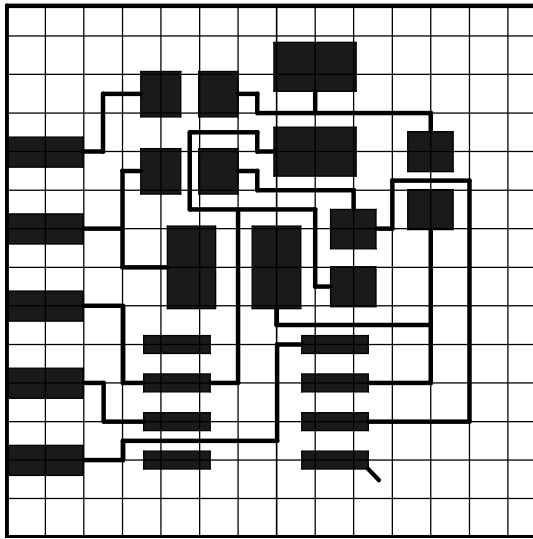
Поз. обозн.	Вариант 11	Вариант 12
	МЛТ-0,125	P1-12-0,062
R1, R2	100 кОм	91 кОм
R3	10 кОм	9,1 кОм
R4	51 кОм	47 кОм
	К10-17Б	К10-17В
C1	0,22 мкФ	0,18 мкФ
C2	0,5 мкФ	0,47 мкФ
DA1	КР140УД1408Б	КР140УД1408А

Вариант 11

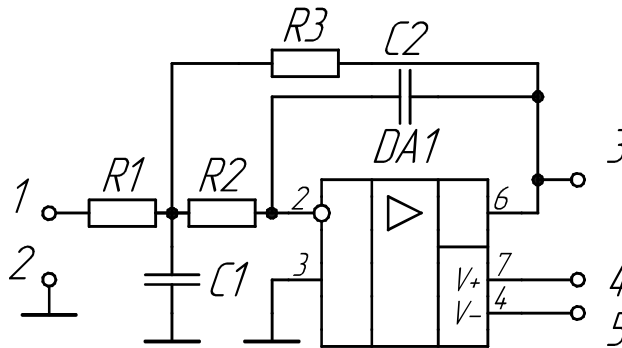


Вариант 12



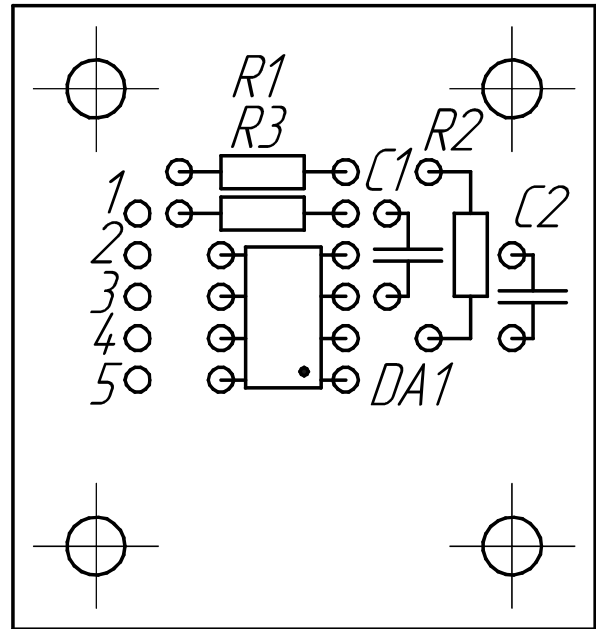
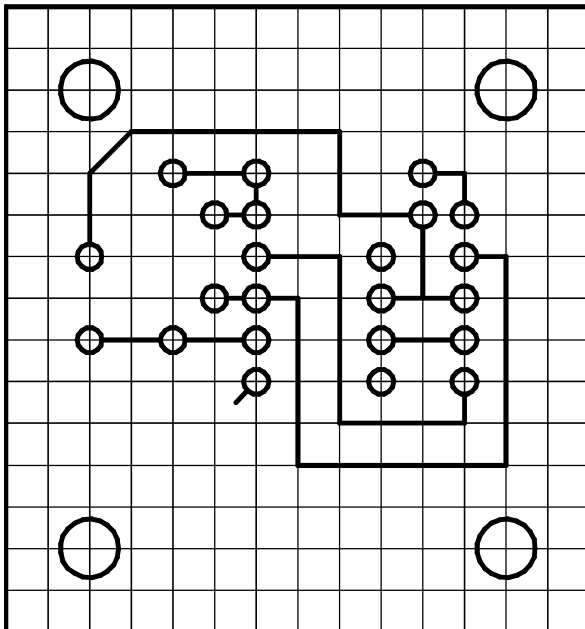


Фильтр второго порядка

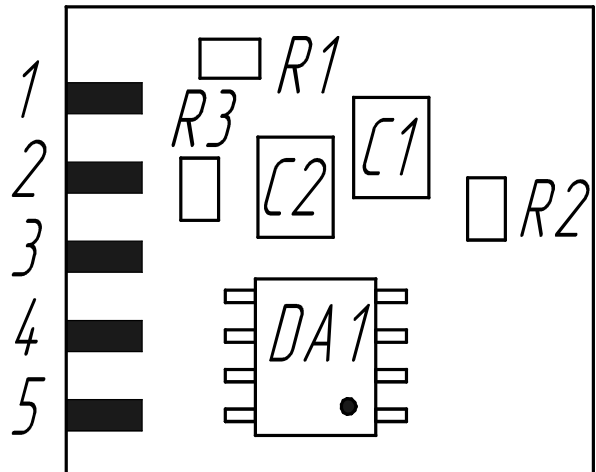
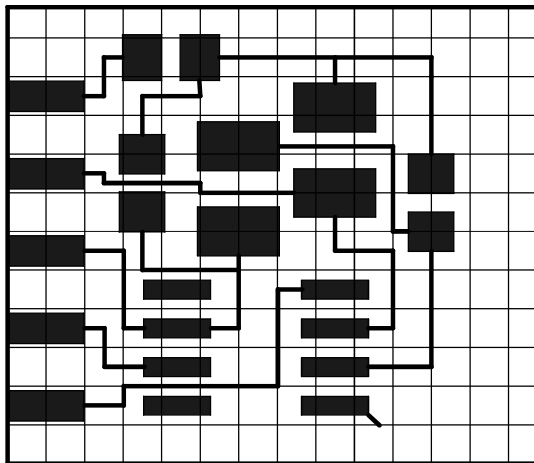


Поз. обозн.	Вариант 13	Вариант 14
	МЛТ-0,125	Р1-12-0,062
R1	10 кОм	9,1 кОм
R2, R3	51 кОм	47 кОм
	К10-17Б	К10-17В
C1	68 нФ	56 нФ
C2	47 нФ	39 нФ
DA1	КР140УД1408Б	КР140УД1408А

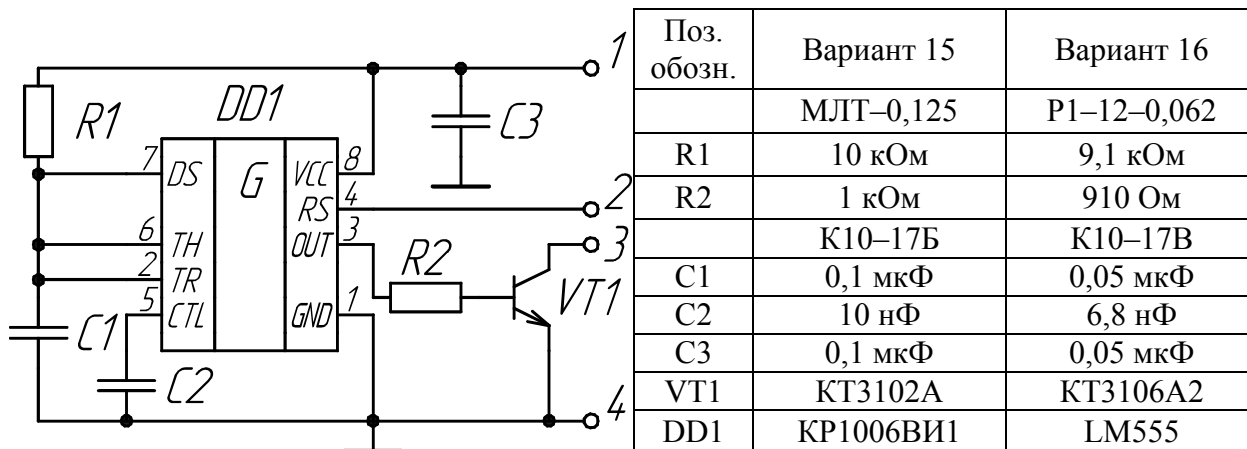
Вариант 13



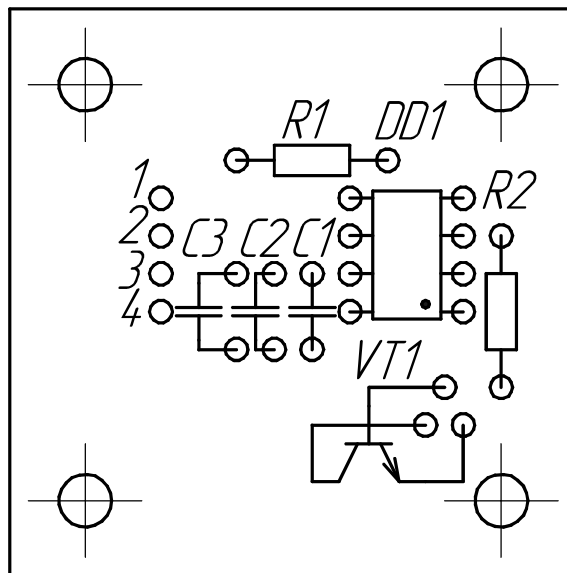
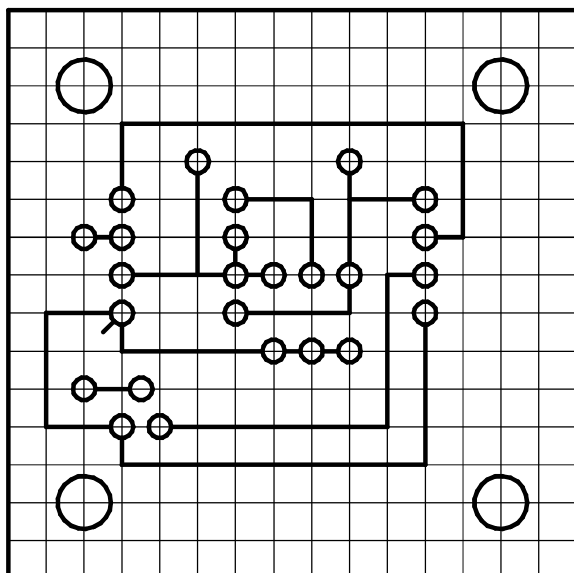
Вариант 14



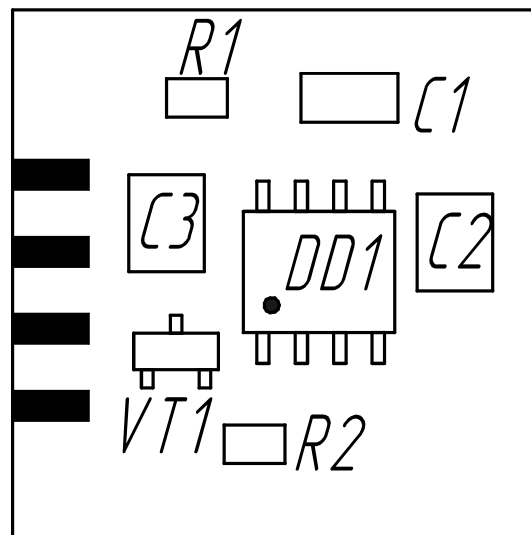
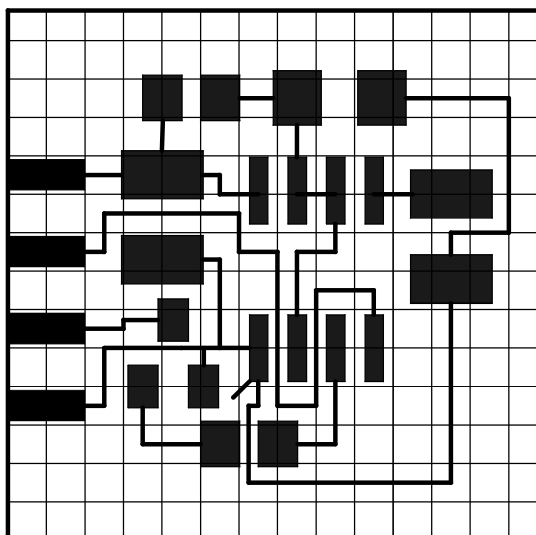
Формирователь импульсов



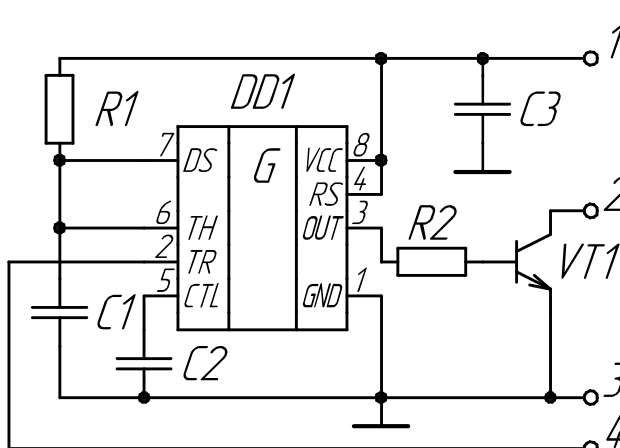
Вариант 15



Вариант 16

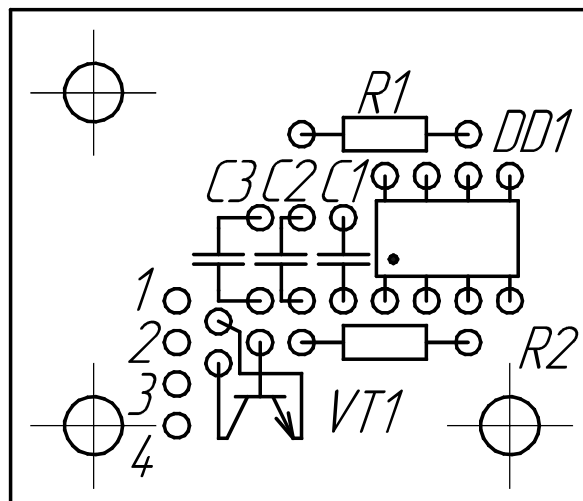
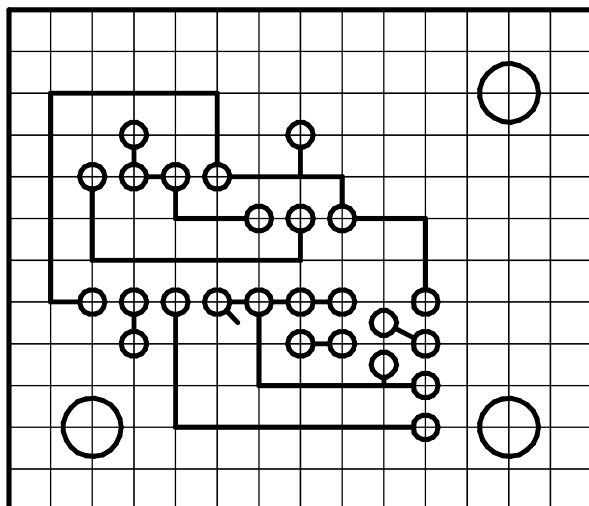


Ждущий мультивибратор

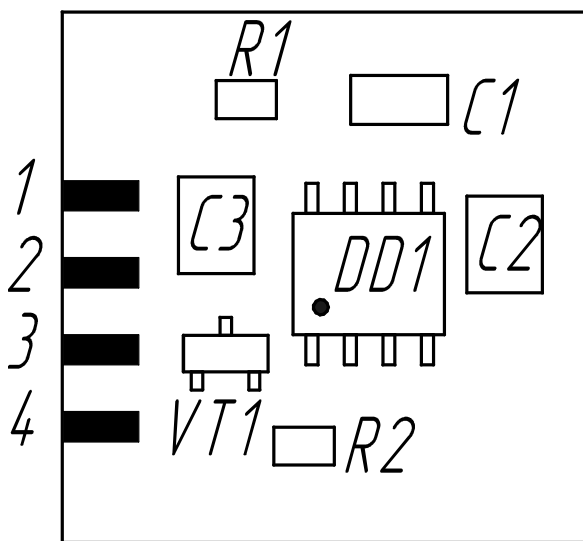
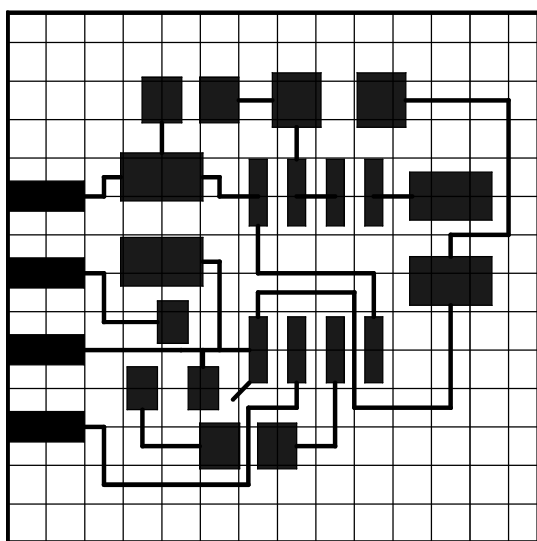


Поз. обозн.	Вариант 17	Вариант 18
	МЛТ-0,125	P1-12-0,062
R1	10 кОм	9,1 кОм
R2	1 кОм	910 Ом
	К10-17Б	К10-17В
C1	0,1 мкФ	0,05 мкФ
C2	10 нФ	6,8 нФ
C3	0,1 мкФ	0,05 мкФ
VT1	КТ3102А	КТ3106А2
DA1	КР140УД1408Б	КР140УД1408А

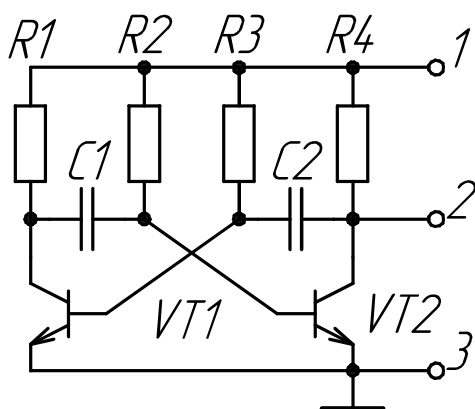
Вариант 17



Вариант 18

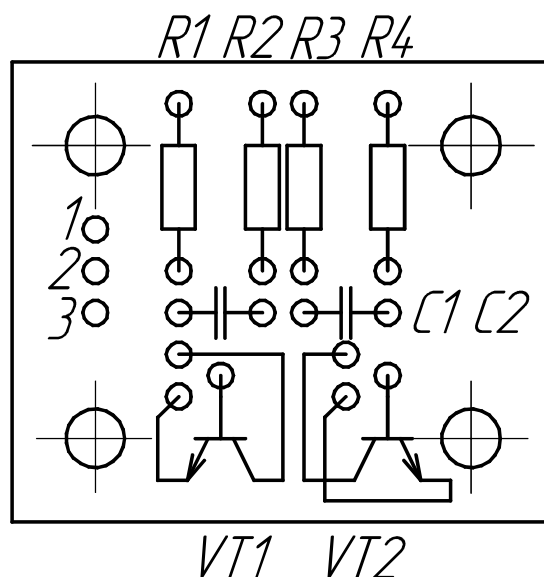
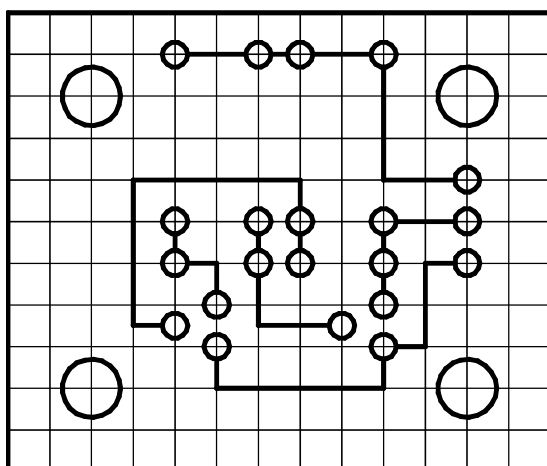


Симметричный мультивибратор

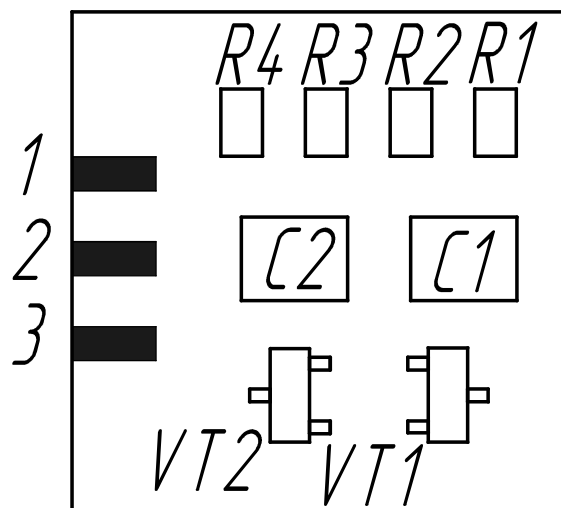
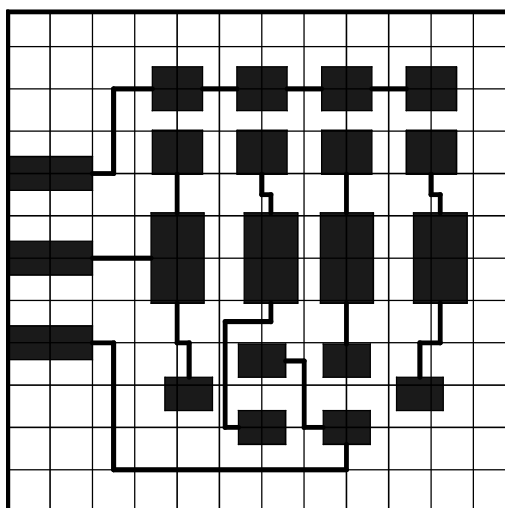


Поз. обозн.	Вариант 19	Вариант 20
	МЛТ-0,125	Р1-12-0,062
R1	1 кОм	910 Ом
R2, R3	20 кОм	18 кОм
R4	1 кОм	910 Ом
C1, C2	К10-17Б 0,1 мкФ	К10-17В 0,05 мкФ
VT1, VT2	КТ3102А	КТ3106А2

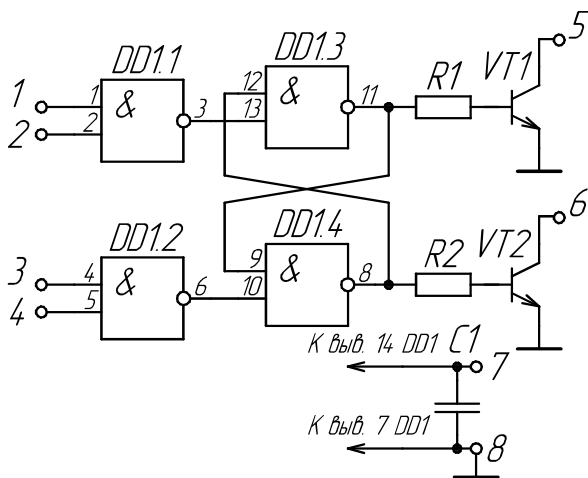
Вариант 19



Вариант 20

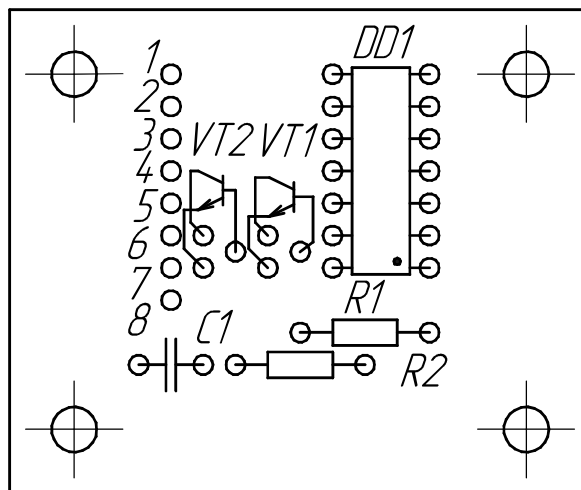
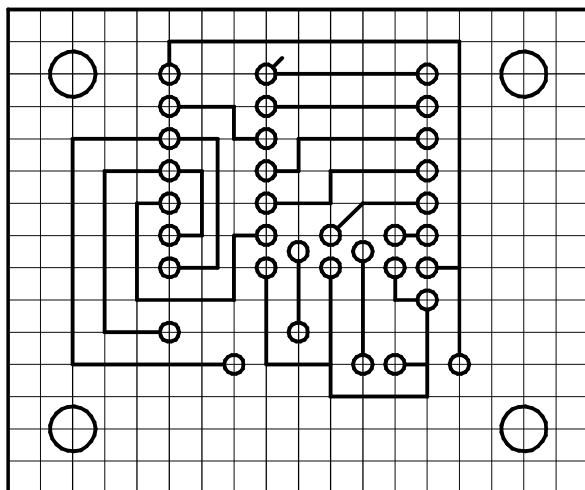


RS-триггер

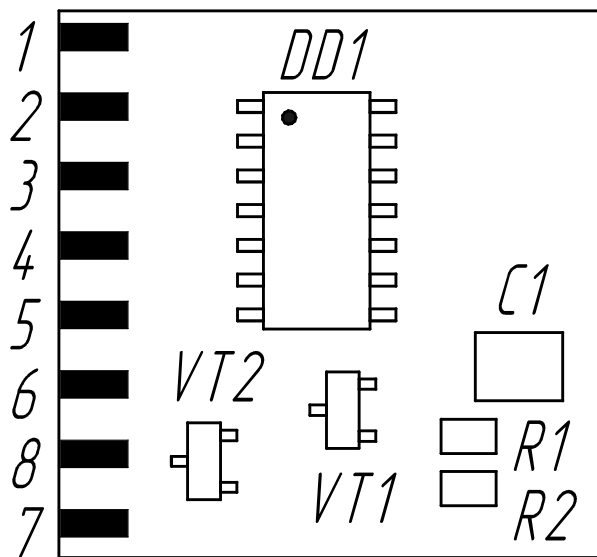
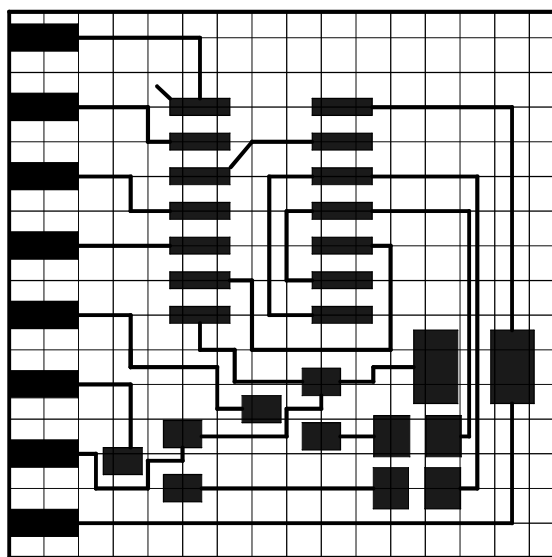


Поз. обозн.	Вариант 21	Вариант 22
	МЛТ-0,125	P1-12-0,062
R1	1 кОм	910 Ом
R2	20 кОм	18 кОм
C1	К10-17Б 0,1 мкФ	К10-17В 0,05 мкФ
VT1, VT2	КТ3102А	КТ3106А2
DD1	КР1533ЛА3	КР1533ЛА3

Вариант 21

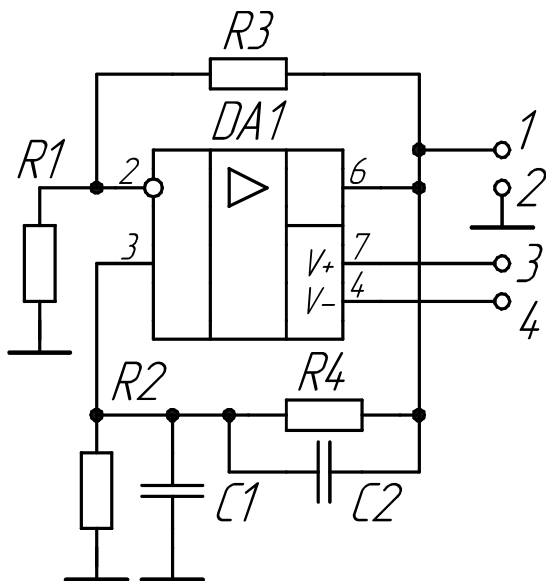


Вариант 22



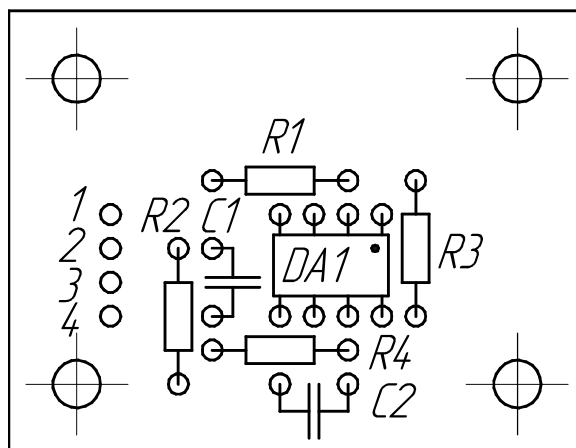
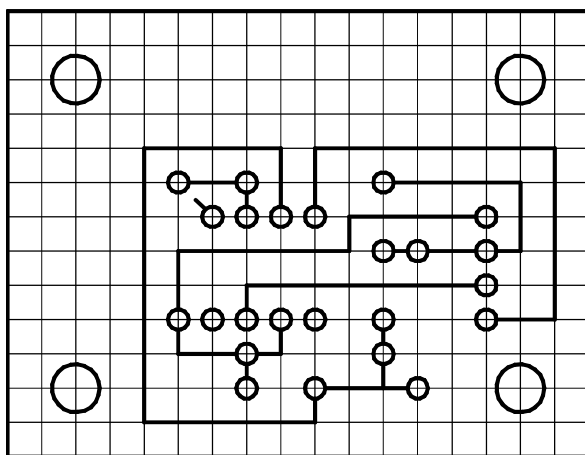


Генератор синусоидального напряжения

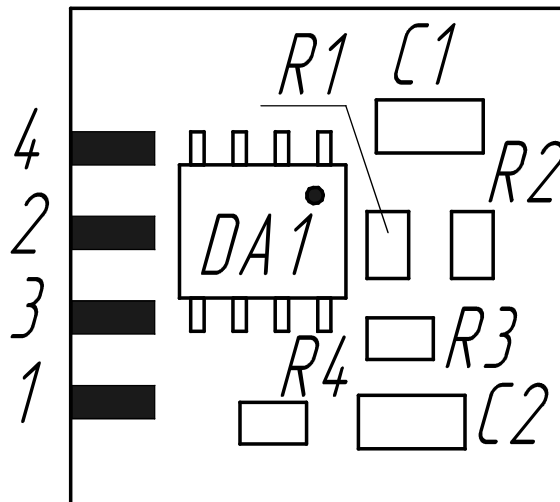
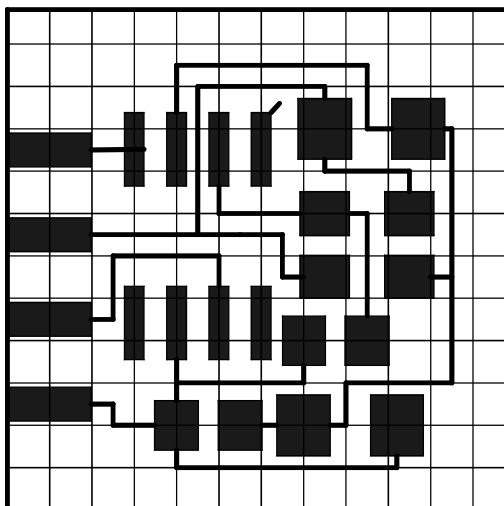


Поз. обозн.	Вариант 23	Вариант 24
	МЛТ-0,125	P1-12-0,062
R1, R2	10 кОм	9,1 кОм
R3	30 кОм	33 кОм
R4	10 кОм	9,1 кОм
C1, C2	К10-17Б 10 нФ	К10-17В 6,8 нФ
DA1	КР140УД1408Б	КР140УД1408А

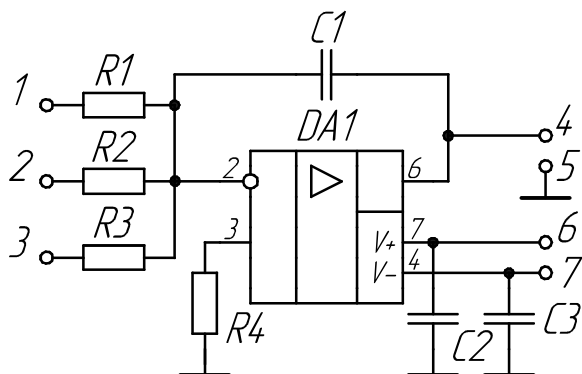
Вариант 23



Вариант 24

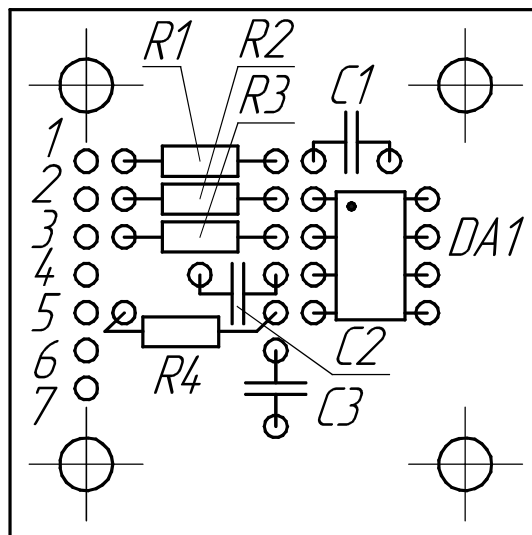
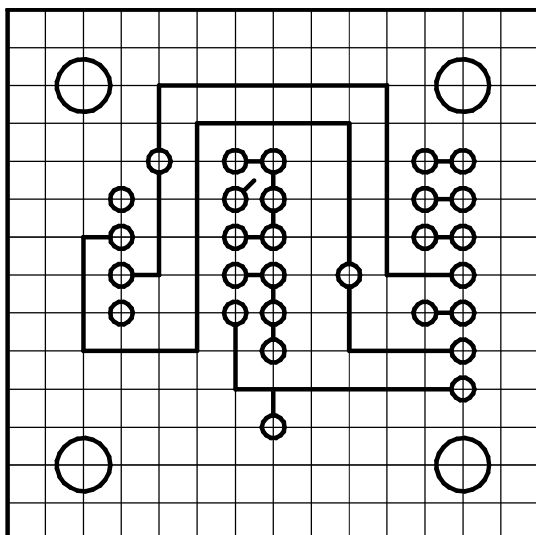


Суммирующий интегратор

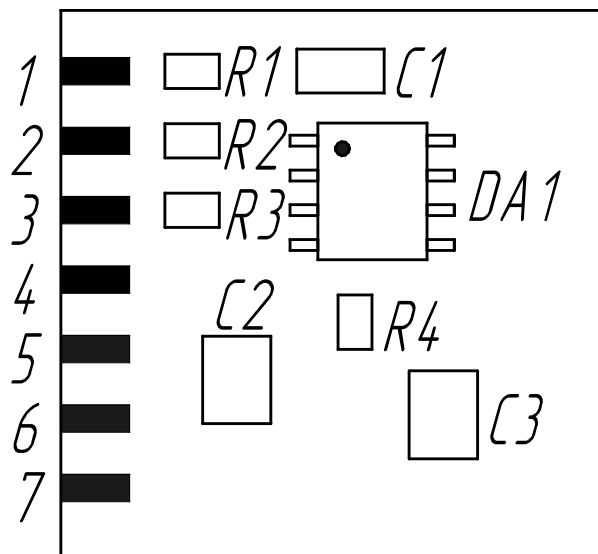
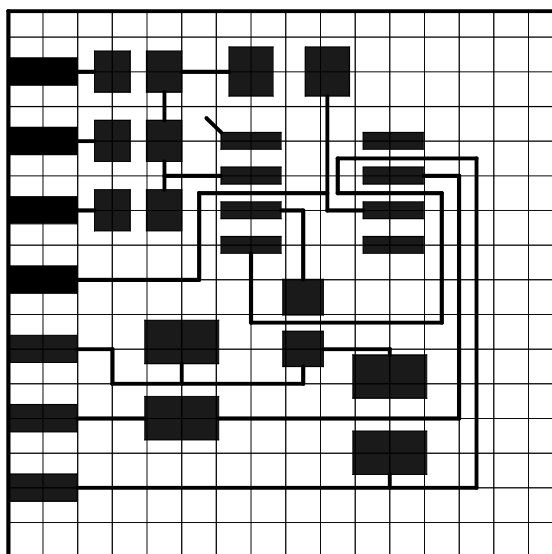


Поз. обозн.	Вариант 25	Вариант 26
	МЛТ-0,125	Р1-12-0,062
R1... R4	10 кОм	9,1 кОм
C1	К10-17Б	К10-17В
C2, C3	0,1 мкФ	0,05 мкФ
DA1	КР140УД1408Б	КР140УД1408А

Вариант 25



Вариант 26



## ЛИТЕРАТУРА

1. Усатенко С.Т. Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник / С. Т. Усатенко, Т. К. Каченюк, М. В. Терехова. — М.: Издательство стандартов, 1992.
2. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА: Справочник / Под ред. Э. Т. Романычевой. — М.: Радио и связь, 1989.
3. Чекмарев А. А. Справочник по машиностроительному черчению / А. А. Чекмарев, В. К. Осипов. — М.: Высшая школа, 2003.
4. Информационный указатель стандартов 2005. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2005.
5. Чертеж печатной платы. Сборочный чертеж платы. Методические указания к курсовой работе по курсу «Инженерная и компьютерная графика» / Сост.: В. Т. Лисенков, А. И. Исаков. — Смоленск: СФМЭИ, 2001.
6. ГОСТ 2.004–88. ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ. — М.: Издательство стандартов, 1988.
7. ГОСТ 2.105–95. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1996.
8. ГОСТ 2.106–96. ЕСКД. Текстовые документы. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1997.
9. ГОСТ 2.123–93. ЕСКД. Комплектность конструкторских документов на печатные платы при автоматизированном проектировании. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1995.
10. ГОСТ 2.701–84. ЕСКД. Правила выполнения схем. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2000.
11. ГОСТ 2.702–75. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2000.
12. ГОСТ 2.417–91. ЕСКД. Платы печатные. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1998.
13. ГОСТ Р 51040–97. ЕСКД. Платы печатные. Шаги координатной сетки. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1997.
14. ГОСТ 2.309–73. ЕСКД. Обозначение шероховатостей поверхностей. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2003.