

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
"Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники"

Кафедра радиоэлектронных средств

**Н.В. АЛЬФЕРОВИЧ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ  
НА КОРПУСНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМАХ**

Учебное пособие  
для студентов специальностей  
"Моделирование и компьютерное проектирование РЭС",  
"Радиотехника" и "Радиотехнические системы"  
всех форм обучения

Минск 2004

УДК 621.396.6(075.8)  
ББК 32.844 я 73  
А 59

Рецензент:  
технический директор Научно-производственного унитарного предприятия  
"Измерительные системы и приборы" профессор С.Н. Юрко

А59

**Альферович Н.В.**

Проектирование радиоэлектронных средств на корпусных интегральных микросхемах: Учеб. пособие для студ. спец. "Моделирование и компьютерное проектирование РЭС", "Радиотехника" и "Радиотехнические системы" всех форм обучения /Н.В. Альферович. - Мн.: БГУИР, 2004. - 107 с.: ил.

ISBN 985-444-513-5

В пособии излагаются сведения по проектированию, разработке и оформлению конструкторской документации на электрические схемы, содержащие корпусные интегральные микросхемы, а также правила по оформлению конструкторской документации, последовательности проектирования и разработки чертежа печатной платы и сборочного чертежа узла РЭС на корпусных интегральных микросхемах с использованием двухсторонних печатных плат.

УДК 621.396.6(075.8)  
ББК 32.844 я 73

ISBN 985-444-513-5

© Альферович Н.В., 2004  
© БГУИР, 2004

## Введение

Знание основных научно-технических проблем конструирования РЭС, основных этапов проектирования и методов оптимизации конструкторских решений, основных физических процессов и принципов построения РЭС необходимо студентам для формирования навыков по разработке документации при конструировании функциональных узлов на печатных платах.

Умение разработать и оформить конструкторскую документацию в соответствии с ГОСТ ЕСКД, использовать в процессе конструирования методы оптимизации РЭС, дать оценку эффективности конструкторско-технологических решений позволяет студентам подняться на качественно новый уровень знаний.

С развитием электронной техники происходит и развитие элементной базы - она заменяется на интегральную с использованием ИМС малой, средней, большой и сверхбольшой степенями интеграции. Элементная база превращается из устройств преобразования формы сигналов в устройства функциональной логической обработки и хранения данных, представленных физическими сигналами.

В настоящее время широко используются системы автоматизированного проектирования для улучшения организации и повышения производительности труда за счет внедрения различных систем автоматизации инженерного труда. Знание и умение пользоваться программными и техническими средствами САПР позволят студентам решать задачи проектирования по отраслям техники.

В учебном пособии предлагается материал, необходимый для разработки комплекта конструкторской документации на функциональный узел (ФУ) с использованием ИМС. Изложены основные правила и рекомендации для разработки схем электрических функциональных и принципиальных. Рассмотрена последовательность разработки печатной платы и ФУ на ИМС. Приводятся расчеты надежности ФУ и оценка качества РЭС на ИМС.

## 1 Общие требования к выполнению схем

Схема – это графический конструкторский документ, на котором показаны в виде условных графических обозначений (УГО) или обозначений составные части изделия и связи между ними.

Правила выполнения и оформления схем регламентируют стандарты седьмой классификационной группы ЕСКД. Виды и типы схем, общие требования к их выполнению должны соответствовать ГОСТ 2.701-84 “ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению”. Правила выполнения всех типов электрических схем даны в ГОСТ 2.702-75 “ЕСКД. Правила выполнения электрических схем “. При выполнении электрических схем цифровой вычислительной техники (и при использовании корпусных ИМС) руководствуются правилами ГОСТ 2.709-81 “ЕСКД. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники”. Обозначение цепей в электрических схемах выполняют по ГОСТ 2.709-89 “ЕСКД. Система обозначений цепей в электрических схемах”, а буквенно-цифровые обозначения в электрических схемах производят по ГОСТ 2.710-81 “ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах”.

К электрическим схемам предъявляются следующие требования:

- а) схемы выполняют без соблюдения масштаба и без учета действительного пространственного расположения составных частей изделия;
- б) необходимое количество схем определяется разработчиком и должно быть минимальным, но достаточным для проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта изделия;
- в) на схемах используют стандартные УГО. При использовании нестандартных графических изображений некоторых элементов на схеме даются соответствующие пояснения;
- г) количество изломов и пересечений линий связи должно быть минимальным. Расстояние между параллельными линиями должно быть также минимальным, но не менее 3 мм;
- д) на схемах допускается помещать технические данные, характеризующие схему в целом и отдельные элементы. Эти сведения размещают около графических изображений или на свободном поле схемы, как правило, над основной надписью;
- е) разрешается выполнять схему на нескольких листах, выполненных как продолжение предыдущего листа.

Классификация, обозначение схем и общие требования к их выполнению для изделий всех отраслей промышленности определяются по ГОСТ 2.701-84. Стандартом установлены

термины, используемые в конструкторской документации, и их определения. Рассмотрим некоторые из них.

**Элемент схемы** - составная часть схемы, выполняющая определенную функцию в изделии, которая не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное назначение (резистор, конденсатор, ИМС, реле и др.).

**Устройство** - совокупность элементов, представляющая единую конструкцию (блок, плата). Может не иметь в изделии определенного функционального назначения.

**Функциональная группа** - совокупность элементов, выполняющая в изделии определенную функцию и не объединенная в единую конструкцию (усилитель, модулятор).

**Функциональная цепь** - линия, канал, тракт определенного назначения (канал звука, видеоканал).

**Линия взаимосвязи** - отрезок линии на схеме, указывающий на наличие связи между функциональными частями изделия.

**Линия электрической связи** - линия на схеме, указывающая путь прохождения тока, сигнала и т.д.

### **1.1 Классификация и обозначение схем**

В зависимости от элементов и связей между ними схемы подразделяют на виды, обозначаемые буквами (Э, Г, П, К, С). Например: Э – электрические схемы. Другие виды схем в данной работе не рассматриваются.

По основному назначению схемы подразделяются на типы, которые обозначаются арабскими цифрами:

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

Наименование схемы определяется ее видом и типом, а код схемы состоит из буквы (вид схемы) и цифры (тип схемы), например:

Э1 – схема электрическая структурная;

Э2 – схема электрическая функциональная;

Э3 – схема электрическая принципиальная.

Схемы электрические Э4 - Э8 в работе не рассматриваются.

## **1.2 Построение схемы**

Расположение УГО на схеме определяется удобством чтения схемы и должно обеспечивать наилучшее представление о структуре изделия и взаимосвязи его составных частей. Количество схем должно быть минимальным, они должны быть выполнены компактно, без ущерба для однозначности и удобства чтения. Схемы выполняют на одном или нескольких листах основного формата в соответствии с ГОСТ 2.301-68 и ГОСТ 2.004-88. Форматы листов схем должны быть удобны для использования схем на производстве и при эксплуатации изделий.

Линии связи выполняются в виде горизонтальных и вертикальных отрезков, имеющих минимальное количество изломов и взаимных пересечений. Для упрощения рисунка схемы допускается применять наклонные линии, ограничивая их длину. Расстояние между двумя соседними параллельными линиями связи должно быть не менее 3 мм, расстояние между двумя соседними линиями графического изображения – не менее 1 мм, между отдельными условными графическими обозначениями – не менее 2 мм.

При выполнении схем на нескольких листах для функциональной и принципиальной электрических схем, рекомендуется на каждом листе изображать определенную функциональную группу, цепь.

## **1.3 Графические обозначения и размеры УГО элементов**

Электрические элементы и устройства на схеме изображаются в виде УГО, установленных стандартами ЕСКД или построенных на их основе. Стандартизованные или построенные на их основе УГО на схемах не поясняют, а не стандартизованные графические изображения требуют пояснения на свободном поле схемы.

Кроме УГО можно применять другие категории графических изображений: прямоугольники произвольной формы, например, с пояснительным текстом.

Стандартные УГО элементов выполняются по размерам, указанным в соответствующих стандартах. Если размеры стандартом не установлены, то УГО на схеме должны иметь такие же размеры, как на изображении в стандартах. При выполнении иллюстрированных схем на больших форматах УГО пропорционально увеличиваются.

При выборе размеров УГО схем руководствуются теми же рекомендациями, что и при выборе форматов. Выбранные размеры УГО и толщина линий графических обозначений должны быть постоянными во всех схемах одного типа на данное изделие.

УГО следует выполнять линиями той же толщины, что и линии связи.

#### **1.4 Ориентация УГО элементов**

Размещение УГО на схеме должно обеспечивать наиболее простой рисунок схемы с минимальным количеством изломов и пересечений линий электрической связи.

УГО рекомендуется изображать в положении, указанном в стандартах, или повернутыми на угол, кратный  $90^0$ , за исключением случаев, оговоренных в соответствующих стандартах.

УГО, которые содержат цифровые или буквенно-цифровые обозначения, допускается поворачивать против часовой стрелки только на угол  $90^0$  или  $45^0$ .

#### **1.5 Линии**

В зависимости от назначения и типа схем линиями изображают электрические связи (функциональные, логические); пути прохождения электрического тока; материальные проводники (провода, кабели, шины); экранирующие оболочки и т.д.

Линии на схемах всех типов выполняются в соответствии с правилами, установленными ГОСТ 2.701-84 и ГОСТ 2.721-74 «ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения».

Толщину линий выбирают в зависимости от формата схемы и размеров УГО. На одной схеме рекомендуется применять не более трех типоразмеров линий по толщине: тонкую -  $b$ , утолщенную -  $2b$ , толстую -  $3b...4b$ , где  $b$  – толщина линии, выбранная в зависимости от раз-

меров схемы. Выбранные толщины линий должны быть одинаковыми во всем комплекте схем на изделие.

Электрические связи, как правило, выполняют тонкими линиями (*b*) толщиной 0,2 – 1 мм. Для выделения наиболее важных цепей можно использовать утолщенные и толстые линии.

УГО и линии связи выполняются сплошными линиями одной и той же толщины. Оптимальная толщина линий 0,3 - 0,4 мм в соответствии с ГОСТ 2.303-68.

### **1.6 Линии групповой связи. Графическое слияние линий связи**

Для уменьшения количества линий, изображенных на схеме, рекомендуется использовать условно графическое слияние отдельных линий в групповые линии по правилам, установленным ГОСТ 2.721-74.

При использовании групповых линий должны выполняться следующие правила. Каждая сливаемая линия должна быть обозначена условным порядковым номером, допускается обозначать линии буквами или сочетанием букв и арабских цифр. Цифры и буквы выполняют одним размером шрифта.

Спариваемые линии не должны иметь разветвлений, т.е. каждый условный номер должен быть применен на линии групповой связи два раза. Условные порядковые номера не присваивают, если сливаемые линии уже имеют обозначения, например номера проводов.

При большой насыщенности схемы линиями связи рекомендуется применять графическое слияние электрически не связанных линий в отдельные линии групповой связи. При использовании этого метода необходимо соблюдать следующие требования:

- каждая сливаемая линия в месте слияния должна быть обозначена (рисунок 1, а);
- линии, сливаемые в линию групповой связи, как правило, не должны иметь разветвлений. При необходимости разветвлений их количество указывают через дробную черту после обозначения (рисунок 1, б);

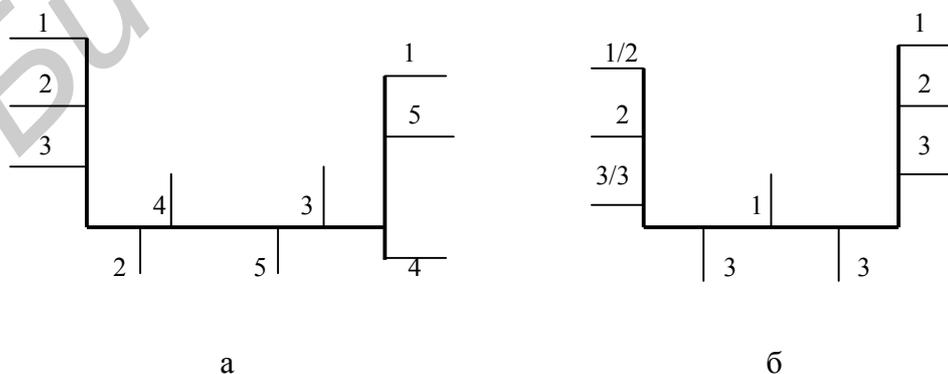


Рисунок 1 – Графическое слияние линий связи

- линии групповой связи допускается выполнять утолщенными;

- во всем комплекте схем сливаемые линии, как правило, изображают под углом  $90^\circ$  (рисунок 2, а) или  $45^\circ$  (рисунок 2, б) к групповой линии. Точка излома линии связи должна быть удалена от линии групповой связи не менее чем на 3 мм (см. рисунок 2, б).

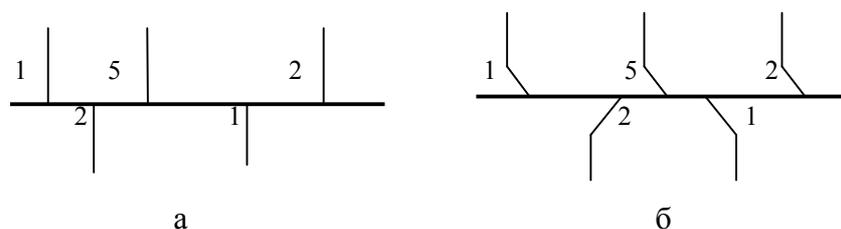


Рисунок 2 – Изображение спариваемых линий

В соответствии с рекомендациями ГОСТ 2.721-74 расстояние между соседними линиями, отходящими от линии групповой связи, должно быть не менее 2 мм.

### **1.7 Текстовая информация**

При необходимости на схеме помещают текстовую информацию: наименования или характеристики электрических сигналов, обозначение электрических цепей, технические характеристики изделия, приведенные в виде текста, таблиц, диаграмм и т. д. Расположение и формы записи текстовых данных на электрических схемах устанавливает ГОСТ 2.701-84, а содержание и назначение определяются типом схемы и устанавливаются в правилах выполнения схем соответствующих типов. Текстовые данные приводят на схеме в тех случаях, когда содержащиеся в них сведения нецелесообразно или невозможно выразить графически или условными обозначениями. Содержание текста должно быть кратким и точным. В надписях не должны использоваться сокращения слов, за исключением общепринятых или установленных стандартами.

Текстовые данные в зависимости от их содержания и назначения могут располагаться: рядом с графическим обозначением (по возможности справа или сверху) или внутри графических обозначений, рядом с линиями, в разрыве линий или в конце линий, на свободном месте.

Таблицы, расположенные на свободном поле схемы, должны иметь наименования, раскрывающие их содержание, например ХР1. Надписи, предназначенные для нанесения на самом изделии, заключают в кавычки около соответствующего графического обозначения элемента, например: "Настройка".

Все надписи на схемах выполняются чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-81.

Допускается на одной схеме для выделения разных категорий данных применять шрифты разных размеров, например, условные буквенно-цифровые обозначения, квалифицирующие символы графических обозначений, заголовки таблиц можно выполнять шрифтом большего размера.

## 2 Схема электрическая структурная

Схема электрическая структурная (Э1) отображает принцип работы изделия в самом общем виде. На схеме изображают все основные функциональные части изделия (элементы, устройства, функциональные группы), а также все основные взаимосвязи между ними. Действительное расположение составных частей изделия не учитывают и способ связи (проводная, индуктивная и т. д.) не раскрывают. Построение схемы должно давать наглядное представление о последовательности взаимодействия функциональных частей в изделии. Направление хода процессов, происходящих в изделии, обозначают стрелками на линиях взаимосвязи.

Функциональные части на схеме изображают в виде прямоугольников или УГО. При обозначении функциональных частей в виде прямоугольников их наименования, типы и обозначения вписывают внутрь прямоугольников. На схемах простых изделий функциональные части располагают в виде цепочки в соответствии с ходом рабочего процесса в направлении слева направо. Функциональным частям на схеме разрешается присваивать порядковые номера сверху вниз в направлении слева направо.

Для сокращения длины сложной схемы и повышения наглядности рекомендуется основные цепи располагать горизонтально, а вспомогательные цепи – вертикально или горизонтально в промежутках между основными цепями.

На схеме допускается указывать технические характеристики функциональных частей, делать поясняющие надписи и диаграммы, определяющие последовательность процессов во времени, а также параметры в характерных точках (величины токов, напряжений, формы импульсов и т. д.). Данные помещают рядом с графическими обозначениями или на свободном поле схемы. Дополнительную информацию указывают в таблице на свободном поле схемы.

## 3 Схема электрическая функциональная

Схема электрическая функциональная (Э2) поясняет процессы, происходящие при различных предусмотренных режимах работы изделия. Количество схем, степень их детализации и объем помещаемых сведений определяются разработчиком.

На схеме изображают функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы) и связи между ними. Графическое построение схемы должно наглядно отражать последовательность функциональных процессов, происходящих в изделии. Действительное расположение в изделии элементов и устройств может не учитываться. Отдельные функциональные части на схеме допускается изображать в виде прямоугольников. В этом случае части схемы с поэлементной детализацией изображают по правилам выполнения электрических принципиальных схем, а при укрупненном изображении функциональных частей - по правилам выполнения структурных схем.

Элементы и устройства на схеме допускается изображать совмещенным или разнесенным способом, а схему выполнять в многолинейном или однолинейном изображении по правилам выполнения электрических принципиальных схем.

Функциональные цепи на одной схеме различаются и по толщине линий. Рекомендуется применять на одной схеме не более трех типоразмеров линий.

На схеме указывают технические характеристики функциональных частей, электрические и другие параметры в характерных точках, поясняющие надписи. Электрические цепи на схеме обозначают по ГОСТ 2.709-89. Если схема электрическая структурная насыщена УГО и линиями связи, то линии связи допускается сливать в одну линию и изображать так, как указано в ГОСТ 2.702-75. Функциональные части изделия на схеме изображают в виде прямоугольников, а двоичные логические элементы - по ГОСТ 2.743-91. УГО функциональных частей допускается поворачивать на угол  $90^0$ .

#### **4 Схема электрическая принципиальная**

Схема электрическая принципиальная (ЭЗ) представляет собой наиболее полную электрическую схему изделия, на которой изображают все электрические элементы и устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, все связи между ними, а также элементы подключения (разъемы, зажимы и т.д.), которыми заканчиваются входные и выходные цепи. На схеме могут быть изображены соединительные и монтажные элементы, устанавливаемые в изделии по конструктивным соображениям.

Электрические элементы на схеме изображают в виде УГО, начертание и размеры которых установлены в стандартах ЕСКД. Схемы выполняют для изделий, находящихся в отключенном состоянии. УГО элементов и устройств схемы выполняют совмещенным или разнесенным способом (рисунок 3). При совмещенном способе составные части элементов или устройств изображают на схеме так, как они расположены в изделии, т. е. в непосредственной близости друг к другу. При разнесенном способе УГО составных частей элементов располагают в разных местах схемы с учетом порядка прохождения по ним сигнала (тока) так, чтобы отдельные цепи были изображены наиболее наглядно. Разнесенным способом можно вычерчивать как отдельные элементы или устройства, так и всю схему. При изображении элементов, выполненных разнесенным способом, разрешается на свободном поле схемы изображать УГО элементов, выполненных совмещенным способом. В состав схемы кроме изображения УГО входят надписи, характеризующие входные и выходные цепи, позиционные обозначения элементов и перечень элементов электрической принципиальной схемы.



Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание

Dimensions: Total height 15, minimum height 8min. Row widths: 20, 110, 10. Total width 185.

Рисунок 4 – Текстовый элемент по ГОСТ 2.104-68. Перечень элементов

Перечень элементов оформляют в виде таблицы и заполняют сверху вниз. При размещении перечня элементов на первом листе схемы его располагают над основной надписью на расстоянии не менее 12 мм от нее. Продолжение перечня элементов размещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы.

Если перечень элементов выпущен в виде самостоятельного документа, то ему присваивают код ПЭЗ. При этом в основной надписи перечня элементов под наименованием изделия делают запись “Перечень элементов” шрифтом на один-два размера меньшим того, каким записано наименование изделия. В графе “Обозначение” основной надписи указывают код “ПЭЗ”. Перечень элементов записывают в спецификацию (раздел “Документация”) после схемы, к которой он выпущен.

#### 4.3 Порядок записи элементов в перечень

Элементы (см. рисунок 4) записывают по группам (видам) в алфавитном (латынь) порядке буквенных позиционных обозначений, располагая по возрастанию порядковых номеров в пределах каждой группы, а при цифровых обозначениях – в порядке их возрастания. Между отдельными группами элементов или между элементами в большой группе (в графе “Наименование”) рекомендуется оставлять несколько незаполненных строк для внесения изменений. Для сокращения перечня элементов допускается однотипные элементы с одинаковыми параметрами и последовательными порядковыми номерами записывать одной строкой, указывая в графе “Поз. обозначение” только позиционные обозначения с наименьшим и наибольшим порядковыми номерами, например, C1, C2; R1...R6; DD4...DD10, а в графу “Кол.” – общее количество таких элементов.

В графах перечня необходимо указывать следующие данные:

в графе “Поз. обозначение” – позиционное обозначение элемента, устройства или функциональной группы;

в графе “Наименование” – наименования элемента (устройства) в соответствии с документом, на основании которого этот элемент (устройство) применен, а также обозначение этого документа (основной конструкторский документ - ГОСТ, ТУ);

в графе "Примечание" – технические данные элемента, не содержащиеся в его наименовании (при необходимости);

в графе "Зона" (в случае разбивки поля схемы на зоны) - обозначение зоны.

## 5 Схемы электрические с использованием цифровых интегральных микросхем

Схемы изделий цифровой техники выполняют в соответствии с правилами, установленными ГОСТ 2.708-81, с учетом требований ГОСТ 2.701-84, ГОСТ 2.702-75, ГОСТ 2.721-74.

Условно-графические обозначения выполняют по ГОСТ 2.743-91 "ЕСКД Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники".

### 5.1 Особенности выполнения схем

При большой насыщенности листов схем допускается делить поле листа на колонки, ряды, зоны (рисунок 5) или применять метод координат (рисунок 6).

При делении поля на зоны колонки обозначают по верхней кромке листа слева направо порядковыми номерами с постоянным количеством знаков в номере (01, 02..., 10..., 20), а ряды – по вертикали сверху вниз прописными буквами латинского алфавита. Ширину колонки принимают равной ширине минимального основного поля УГО элемента, а высоту ряда – равной минимальной высоте УГО элемента. Линии разметки колонок и рядов допускается не наносить на поле чертежа. Обозначение зоны состоит из обозначения ряда и колонки, например В01, С10.

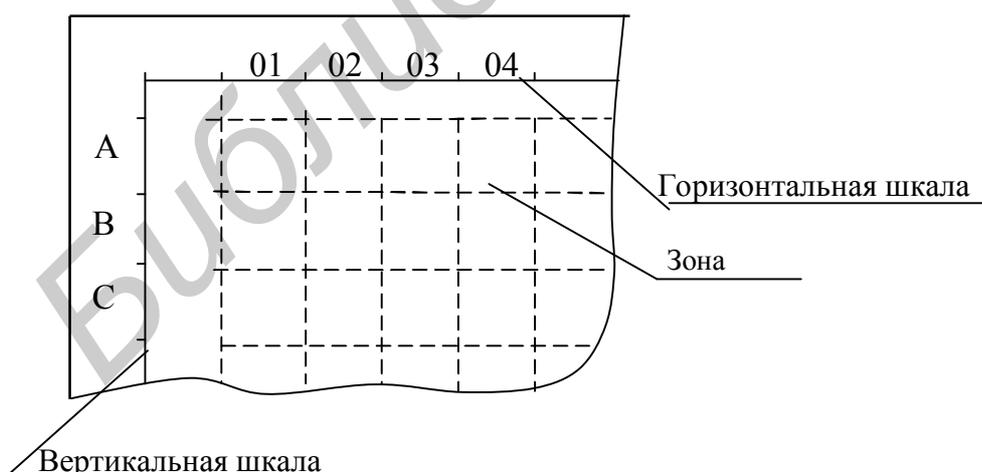


Рисунок 5 - Деление поля листа на зоны

При координатном методе (рисунок 6) вертикальные и горизонтальные координаты обозначают прописными буквами латинского алфавита (кроме букв O и I, если по написанию они похожи на цифры).

Допускается давать дополнительную разметку ряда и колонки на вертикальные и горизонтальные шкалы. Деления шкал обозначают порядковыми номерами с постоянным их количеством в пределах каждого ряда колонки. Расстояние между делениями шкалы должно быть не менее 2 мм.

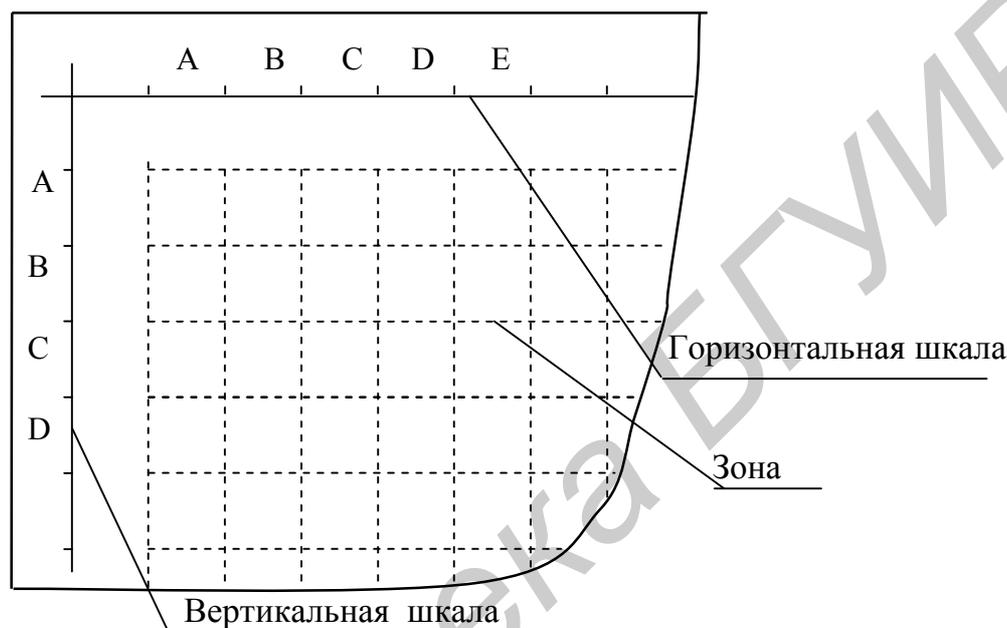


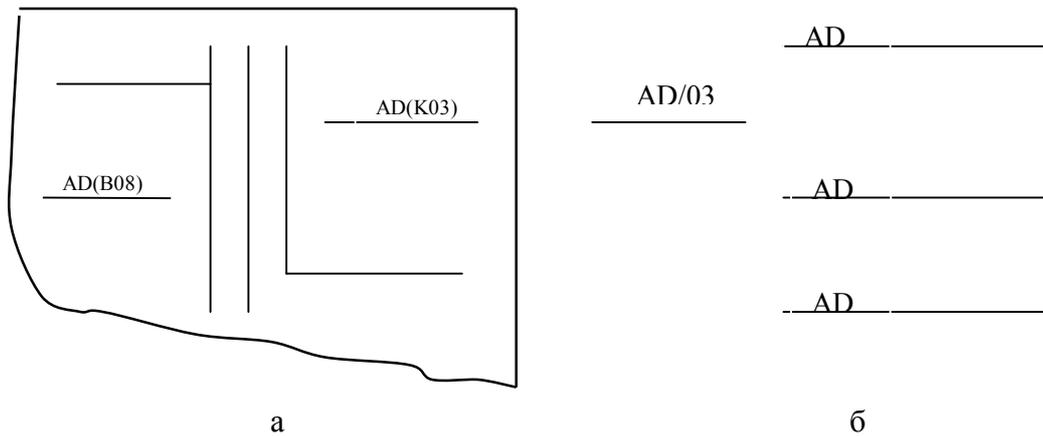
Рисунок 6 – Координатный метод деления поля листа на зоны

Электрические связи с входными выводами изделия показываются входящими линиями схемы, начиная с левой стороны или сверху, а связи с выходящими выводами показываются выходящими линиями, заканчивая их на правой стороне или внизу листа.

При насыщенных листах схем допускается:

- а) входящие и выходящие линии связи начинать и обрывать внутри листа;
- б) прерывать в пределах листа отдельные линии связи между удаленными УГО, изображенными на одном листе. Всем прерванным линиям на данном листе в местах обрыва линий (над линией, на уровне или в разрыве линий) дают обозначения (цифровые, буквенные или буквенно-цифровые). Ими могут быть обозначения сигнала, порядкового номера, адресное обозначение (координаты места выхода линии связи из элемента либо координаты места обрыва линии).

На прерванной внутри листа линии после обозначения следует указать в круглых скобках адрес места продолжения линии или ее разветвлений (рисунок 7).



а - прерванная линия связи без разветвлений; б - прерванная линия связи с тремя разветвлениями

Рисунок 7 – Обозначение прерванной линии связи

На выходящих линиях связи, переходящих на другие листы чертежа схемы, после обозначения линии указывают в круглых скобках адрес места продолжения прерванной линии (рисунок 8).

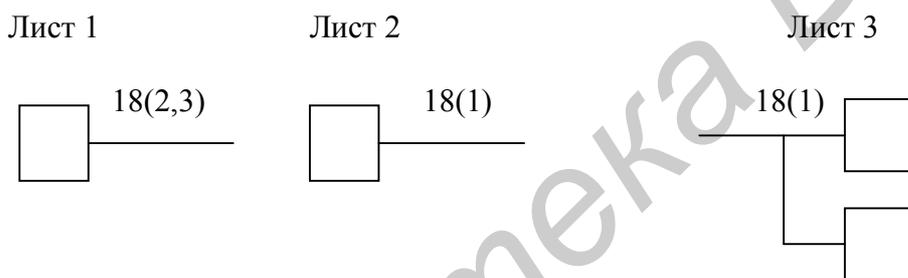


Рисунок 8 – Обозначение выходящих и входящих линий связи, имеющих продолжение на нескольких листах схемы

При необходимости направление потоков информации показывают стрелками на линиях взаимосвязи (рисунок 9).

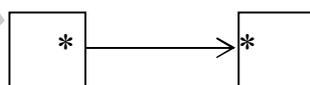


Рисунок 9 - Направление потока информации на линии взаимосвязи

На поле схемы допускается приводить таблицу сигналов с указанием необходимой информации (рисунок 10).

ХР1	
Конт.	Цепь
10	+ 27 В
11, 12, 15, 16, 17	0 В
13, 14	+ 12 В

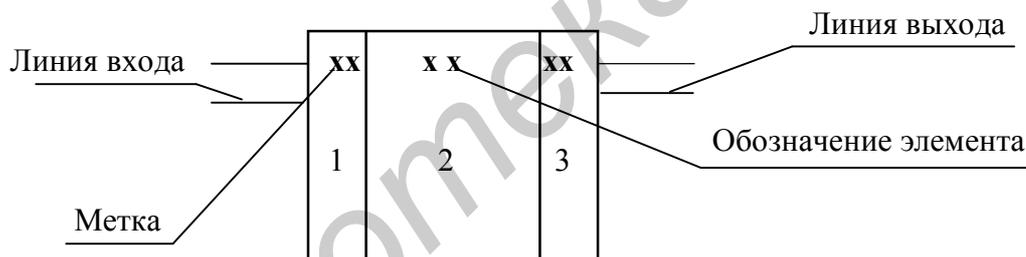
Рисунок 10 – Пример заполнения таблицы сигналов

Каждой таблице присваивают позиционное обозначение элемента, взамен которого она использована. Над таблицей можно указать вид контакта (соединителя), гнезда (розетки XS) или штыря (вилки XP) по ГОСТ 2.755-87.

Форма таблицы не регламентируется и определяется разработчиком. Располагать информацию в таблице сигналов необходимо по алфавиту (или в порядке возрастания номеров контактов). Если несколько контактов соединены между собой, то в графе "Конт." их номера отделяют друг от друга запятой.

## 5.2 Построение и изображение условных графических обозначений

Двоичные логические элементы на схеме изображают в виде УГО, установленных ГОСТ 2.743-91 (рисунок 11). При выполнении схем цифровой и аналоговой техники УГО всех элементов и устройств изображают в виде прямоугольников в соответствии с рекомендациями ГОСТ 2.743-82 и ГОСТ 2.759-82. В частном случае УГО элемента и устройства может иметь форму квадрата. Изображение на схеме нелогических элементов (дискретных) в виде прямоугольников выполняют в соответствии с рекомендациями ГОСТ 2.708-81, ГОСТ 2.743-82 и ГОСТ 2.759-82.



1, 3 - дополнительные поля; 2 - основное поле

Рисунок 11 – УГО логического элемента

В основном поле УГО должна быть следующая информация:

- в первой строке – символ функции согласно ГОСТ 2.703-68;
- во второй строке – полное или сокращенное наименование, тип или код устройства или элемента;
- в последующих строках – буквенно-цифровое обозначение или порядковый номер; обозначение конструктивного расположения; адресное обозначение УГО элемента на листе схемы (определяется координатой левого верхнего угла данного УГО) и другая необходимая информация.

Характер и расположение информации в последующих строках поясняют на поле схемы.

УГО элементов цифровой техники строят на основе прямоугольника. В самом общем виде УГО может содержать основное и два дополнительных поля, расположенных по обе стороны основного поля. Размер прямоугольника по ширине зависит от наличия дополнительных полей и количества помещаемых в них знаков (меток, обозначений функций элемента), по высоте зависит от количества выводов, интервалов между ними и числа строк информации в основном и дополнительных полях. Ширина основного поля должна быть не менее 10 мм, а ширина дополнительных полей не менее 5 мм (при большом количестве знаков в метках и обозначении функции элемента эти размеры соответственно увеличиваются), расстояние между выводами не менее 5 мм, расстояние между выводами и горизонтальной стороной обозначения (или границей зоны) – не менее 2,5 мм и кратно этой величине. При разделении групп выводов интервалом его величина должна быть не менее 10 мм и кратна 5мм.

Буквенно-цифровое обозначение допускается помещать над УГО.

Номера контактов (выводов) устройств указывают над линиями связи или в их разрыве рядом с соответствующим УГО элемента (рисунок 12).



Рисунок 12 – Пример обозначения номеров контактов (выводов) на линии связи

Если логический элемент имеет группу равноценных входов (выходов), то номера контактов для таких входов (выходов) можно указывать в произвольном порядке.

Допускаемые упрощения в схеме:

а) в группе элементов, изображенных совместно и содержащих одинаковую информацию в основном поле УГО, разрешается помещать общую информацию в первом (верхнем) элементе (рисунок 13);



Рисунок 13 – Отображение общей информации  
(изображение на рисунке справа)

б) для уменьшения объема графических построений допускается применять упрощенное обозначение УГО и изображение элементов и их связей. В схемах с однотипными повторяющимися элементами с большим числом выводов одного функционального назначения разрешается один элемент изображать полностью, а остальные повторять сокращенно. Линии связи

объединяют в одну групповую линию связи (в зоне сокращаемой группы) и указывают обозначения начала и конца первого и последнего выводов (рисунок 14).

Элементы (устройства, функциональные группы), входящие в изделие, на схеме должны иметь буквенное, буквенно-цифровое или цифровое обозначение. Буквенно-цифровое обозначение предназначено для записи в сокращенной форме сведений об элементах, устройствах и функциональных группах в документации на изделие или нанесения непосредственно на изделие.

Типы буквенно-цифровых обозначений и правила их построения устанавливает ГОСТ 2.710-81.

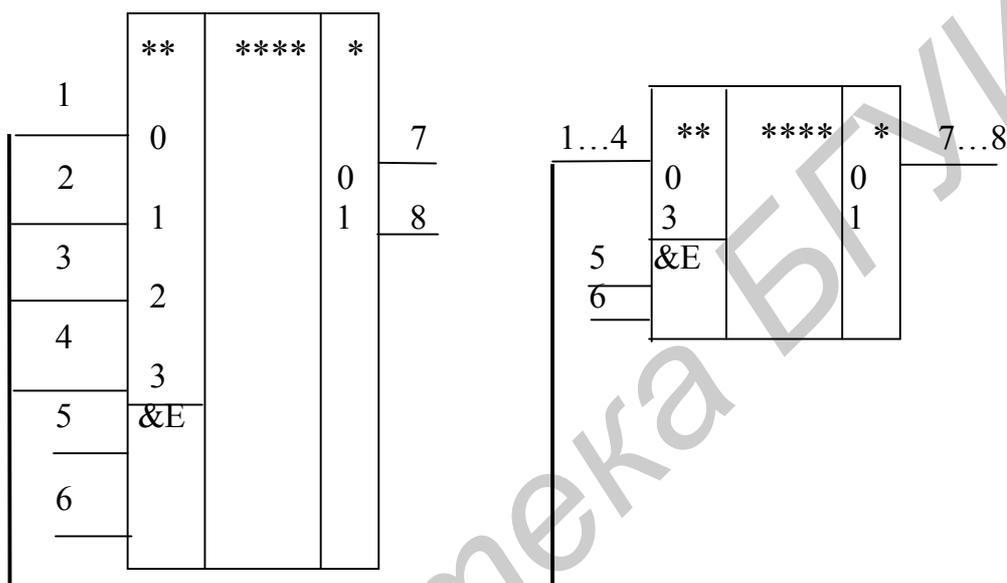


Рисунок 14 - Пример обозначения групповой линии связи с повторяющимися однотипными элементами

### 5.2.1 Буквенные коды выводов элементов

Все элементы разбиты по видам на группы (таблица 1), имеющие обозначения из одной группы. Для уточнения вида элементов применяют двухбуквенные и многобуквенные коды. При применении двухбуквенных и многобуквенных кодов первая буква должна соответствовать группе видов, к которой принадлежит элемент. Дополнительные обозначения должны иметь пояснения на поле схемы.

### 5.2.2 Обозначение цепей в электрических схемах

ГОСТ 2.709-89 устанавливает обозначения и правила нанесения обозначений цепей в электрических схемах изделия. Обозначение участков цепи служит для их опознания и может отражать их функциональное назначение в электрической схеме.

### 5.2.3 Элементы цифровой техники (ГОСТ 2.743-91)

Элемент схемы - это изделие или часть изделия, реализующее функцию или систему функций алгебры логики (например, элементы И, ИЛИ, И – ИЛИ – НЕ, микросхема интегральная, набор элементов).

К элементам цифровой техники относят также элементы, не выполняющие функции алгебры логики, но применяемые в логических цепях (генераторы, усилители и т.п.). Выводы элементов цифровой техники делятся на входы, выходы, двунаправленные выводы и выводы, не несущие информации. Входы изображают слева, а выходы – справа (см. рисунок 14). При необходимости разрешается поворачивать изображение УГО на угол  $90^0$  по часовой стрелке, т.е. располагать входы сверху, а выходы снизу (рисунок 15).

Таблица 1 – Двухбуквенное обозначение элементов

Первая буква обязательная	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенное обозначение
С	Конденсаторы	-	-
D	Схемы интегральные, микросборки	Схемы интегральные, аналоговые Схемы интегральные, цифровые; логический элемент Устройства хранения информации Устройства задержки	DA DD DS DT
R	Резисторы	Терморезисторы Потенциометры Варисторы	RK RP RU
V	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон  Прибор электровакуумный Транзистор Тиристор	VD  VL VT VS
X	Соединения контактные	Штырь Гнездо Соединение разборное Соединение ВЧ	XP XS XT XW

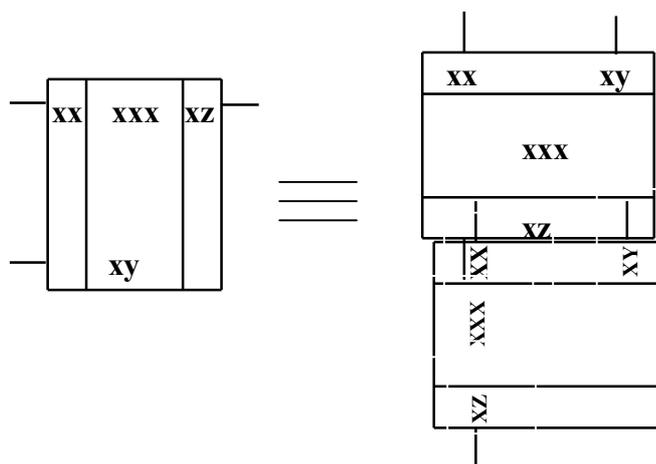


Рисунок 15 - УГО элементов цифровой техники (при повороте изображения)

Функциональное назначение элемента цифровой техники указывают в верхней части основного поля УГО (рисунок 16). Его составляют из прописных букв латинского алфавита (Т), арабских цифр и специальных знаков (обозначений функций), записываемых без пробелов (количество знаков в обозначении функции не ограничено). В последующих строках обозначают информацию в соответствии с ГОСТ 2.708-81. В дополнительных полях обозначают информацию о функциональных назначениях выводов (S.J.K...). Все надписи выполняются основным шрифтом в соответствии с ГОСТ 2.304-81.

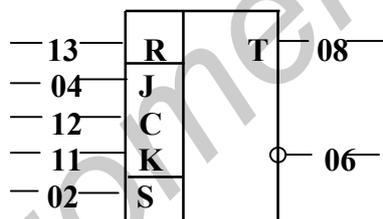


Рисунок 16 - Пример нанесения обозначений на К555 ТВ1 (КМ555 ТВ1)

На рисунке 16 приведены буквенные обозначения функциональных выводов триггера:

S – установка в состояние "логическая 1";

J – разрешение установки JK–триггера в состояние "логическая 1" (J – вход);

K – разрешение установки JK– триггера в состояние "логический 0" (к-вход);

R - установка в состояние "логический 0";

C - вход синхронизации.

## 5.2.4 Обозначение выводов

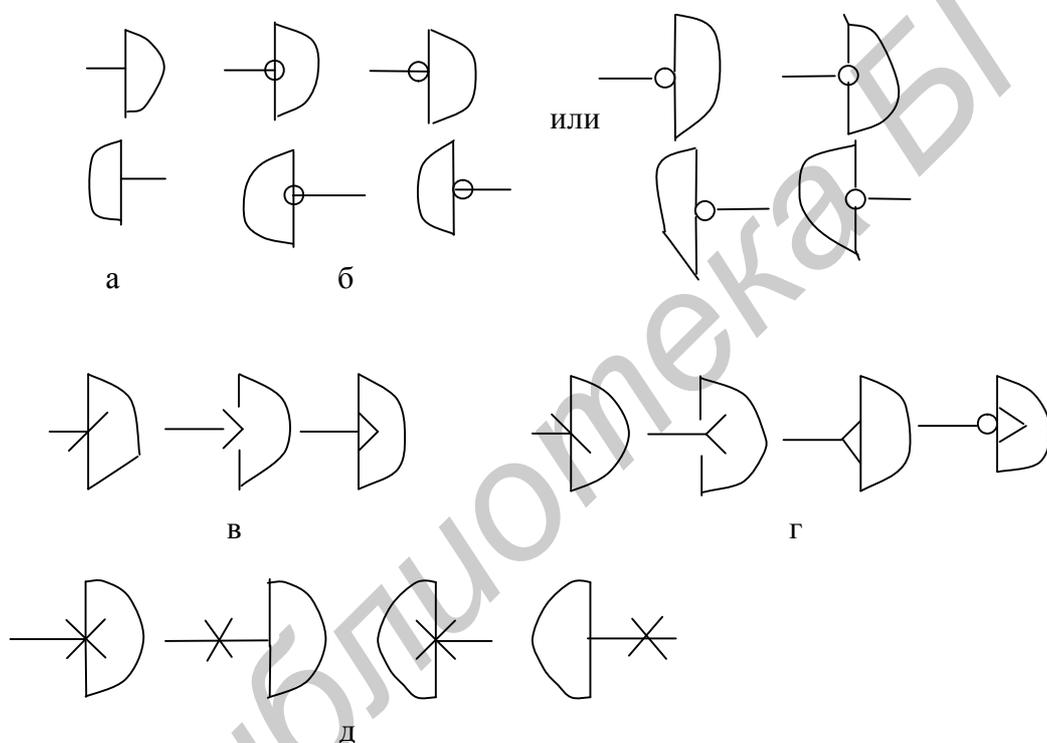
Вывод элемента должен иметь условное обозначение (рисунок 17), которое выполняют в виде указателей и меток. Размер указателя должен быть не более 3 мм (при выполнении схем вручную). Указатели проставляют на линии контура УГО в том случае, если он проставлен перед символом функции.

Для указания сложной функции выводов допускается построение составной метки, образованной из основных меток. Пример составной метки:

**SEA** - выбор адреса.

Допускается в качестве меток вывода применять обозначение функций, порядковый номер, а также весовые коэффициенты разрядов. Например: **INR** – прерывание.

Буквенное обозначение метки допускается не проставлять при однозначном понимании УГО, например информационный вход третьего разряда: **D3**  $\equiv$  **3**.



а - прямой статический вход и выход; б - инверсный статический вход и выход; в - динамический прямой вход; г - динамический инверсный выход; д - вывод, не несущий логической информации

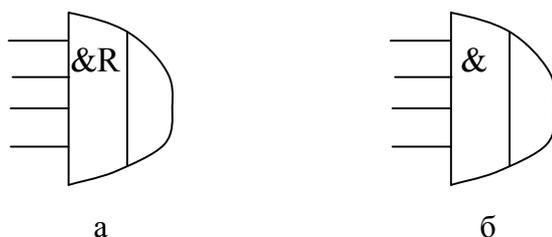
Рисунок 17 - Обозначение выводов элементов

Выводы элементов, изображенные на рисунке 17: слева – входы, а справа – выходы.

Вместо номера разряда можно проставлять его весовой коэффициент из ряда  $P^n$ , где  $P$  – основание системы исчисления, а  $n$  – номер разряда из натурального ряда. В двоичной системе исчисления, где ряд весов имеет вид  $2^0, 2^1, 2^2, 2^3 \dots = 1, 2, 4, 8 \dots$ , информационный вход нулево-

го разряда обозначается D1 или 1, информационный вход третьего разряда обозначается как D8 или 8.

Группы выводов элементов подразделяются на логически равнозначные, т.е. взаимозаменяемые без изменения функции элемента, и логически не равнозначные. Логически равнозначные выводы разрешается объединять в группу и присваивать ей метку, обозначающую взаимосвязь между выводами внутри группы и (или) функциональное назначение всей группы (рисунок 18). Метку в этом случае следует проставлять на уровне первого вывода группы.



а - группа выводов объединена по И и выполняет функцию сброса элемента (R – установка в состояние “логический 0”); б - группа выводов объединена по И

Рисунок 18 - Объединение логически равнозначных выводов

### 5.2.5 Элементы аналоговой техники

К элементам аналоговой техники (ГОСТ 2.759-82) относятся всевозможные усилители, функциональные и ЦАП, электронные ключи, коммутаторы и т.д. Рядом с позиционным обозначением обычно указывают тип элемента, а около выводов - их номера.

Условные графические обозначения этой группы построены аналогично символам элементов цифровой техники: как и последние, они содержат основное поле и одно или два дополнительных поля. Размеры УГО также определяются числом выводов, числом знаков на метках и обозначений функции и т.д. Входы элементов аналоговой техники располагают слева, а выходы - справа.

При необходимости УГО разрешается повернуть на угол  $90^0$  по часовой стрелке (входы - сверху, выходы – снизу). Прямые входы и выходы обозначают линиями, присоединяемыми к контуру УГО без каких-либо знаков, инверсные - с кружком в месте присоединения.

Назначение выводов указывают метками, расположенными на дополнительных полях. Обозначение некоторых меток допускается использовать и в качестве дополнительных характеристик элемента (в этом случае их помещают после символа функции) или сигнала (например, знаки аналогового и цифрового сигналов изображают над выводами элемента, чтобы отличить сигнал одного вида от другого).

В основном поле УГО элемента аналоговой техники указывают его функциональное назначение. Обозначение функции состоит из букв латинского алфавита, арабских цифр и специальных знаков. Символы сложных функций составляют из простых, располагая их в последовательности обработки сигнала (например, обозначение функции дифференцирующего усилителя составляют из символов дифференцирования и усиления).

## 6 Система условных обозначений интегральных микросхем

Интегральные микросхемы (ИМС) по конструктивно-технологическому исполнению делятся на три группы: полупроводниковые, гибридные и прочие. По характеру выполняемых функций в радиоэлектронных средствах ИМС подразделяются на подгруппы (усилители, генераторы, триггеры и т.д.) Классификация интегральных микросхем по функциональному признаку приведена в таблице 2.

Таблица 2 - Классификация ИМС по функциональному признаку

Подгруппа		Вид наименования	Буквенное обозначение	Двухбуквенное обозначение
наименование	буквенное обозначение			
Логические элементы	Л	Элемент И-НЕ	А	ЛА
		Элемент ИЛИ-НЕ	Е	ЛЕ
		Элемент И	И	ЛИ
		Элемент ИЛИ	Л	ЛЛ
		Элемент НЕ	Н	ЛН
		Элемент И-ИЛИ	С	ЛС
		Элемент И-НЕ/ИЛИ-НЕ	Б	ЛБ
		Элемент И-ИЛИ-НЕ	Р	ЛР
		Элемент И-ИЛИ-НЕ/И-ИЛИ	К	ЛК
		Элемент ИЛИ-НЕ/ИЛИ	М	ЛМ
		Расширители	Д	ЛД
Прочие	П	ЛП		
Многофункциональные элементы	Х	Аналоговые	А	ХА
		Цифровые	Л	ХЛ
		Комбинированные	К	ХК
		Прочие	П	ХП
Триггеры	Т	Типа JK(универсальные)	В	ТВ
		Типа RS	Р	ТР
		Типа D (с задержкой)	М	ТМ
		Типа Т (счетные)	Т	ТТ
		Динамические	Д	ТД
		Шмидта	Л	ТЛ
		Комбинированные (типа TD, RST и др.)	К	ТК
Прочие	Т	ТП		
Усилители	У	Высокой частоты	В	УВ

		Низкой частоты	Н	УН
		Импульсных сигналов	И	УИ
		Постоянного тока	Т	УТ
		Операционные и дифференциальные	Д	УД
		Прочие	П	УП

Согласно ГОСТ 17.467 – 88 “Микросхемы интегральные. Основные размеры”, условное обозначение корпусов ИМС должно состоять из слова “Корпус”, цифры типоразмера (2) ИМС, включающей подтип корпуса(21), и двузначного числа (02), обозначающего номер типоразмера; цифрового индекса, определяющего действительное количество выводов (выводных площадок); порядкового регистрационного номера и обозначения стандарта.

Пример условного обозначения:

Корпус 2102.14 – 5 ГОСТ 17.467 – 88

Условные обозначения корпусов, присвоенные до 01.01.1989, остаются неизменными, соответствие их типоразмеров - по ГОСТ 17567-88.

Количественные и качественные меры определения сложности ИМС в настоящее время стандартизированы. В соответствии с ГОСТ 17021-88 определен термин степени интеграции ИМС - это показатель степени сложности ИМС, характеризуемый числом содержащихся в ней элементов и компонентов. Степень интеграции ИМС определяется по формуле

$$K = \lg N,$$

где  $N$  – число элементов, входящих в ИМС.

В соответствии с этой формулой ИМС первой степени интеграции содержит до 10 элементов, ИМС второй степени интеграции – от 11 до 100 элементов, ИМС третьей степени интеграции – от 101 до 1000 элементов, ИМС четвертой степени интеграции – от 1001 до 10000 элементов и тд.

Количественную оценку сложности цифровых ИМС определяют числом логических элементов или вентилей, из которых состоит ИМС. Под логическим элементом следует понимать устройство, выполняющее операции булевой алгебры в двоичной системе. Логический элемент в зависимости от назначения, типа логики, технологии изготовления ИМС, как правило, от 5 до 15. Аналоговые ИМС насыщены элементами во много раз меньше, чем цифровые, особенно униполярные.

## 7 Обозначение изделий конструкторских документов

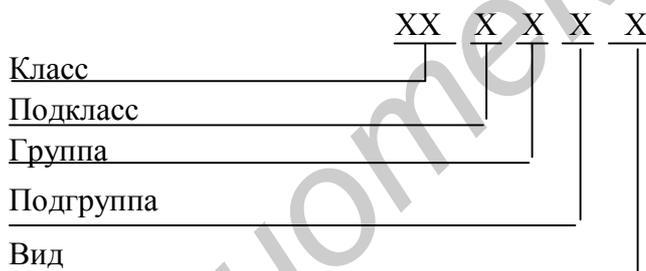
Единая классификационная система обозначений изделий и их конструкторских документов устанавливается ГОСТ 2.201-80. Конструкторские документы сохраняют присвоенное

им обозначение независимо от того, в каких изделиях они применяются, причем эти обозначения записывают без сокращений и изменений, за исключением случаев, предусмотренных ГОСТ 2.113-75. Если конструкторский документ выполнен на нескольких листах, его обозначение должно быть указано на каждом листе. Деталям, на которые не выпущены чертежи согласно ГОСТ 2109-73, присваиваются самостоятельные обозначения по общим правилам. Согласно ГОСТ 2.201-80, структура обозначения изделия и основного конструкторского документа должна быть следующей:



Четырехзначный буквенный код организации разработчика назначается по классификатору организаций-разработчиков. Код классификационной характеристики присваивают изделию и конструкторскому документу в соответствии с классификатором ЕСКД.

Структура кода:



Порядковый регистрационный номер присваивают по квалификационной характеристике от 001 до 999 в пределах кода организации-разработчика или организации, осуществляющей централизованное присвоение.

## 8 Типы конструкций печатных плат

### 8.1 Односторонние печатные платы

Односторонняя печатная плата (ОПП) - это плата, имеющая одно изоляционное основание, на одной из сторон которого выполнен токопроводящий печатный рисунок. ОПП характеризуются:

- возможностью обеспечения повышенных требований к точности выполнения проводящего рисунка;
- отсутствием металлизированных отверстий;
- установкой изделий электронной техники (ИЭТ) на поверхность печатной платы на стороне, противоположной стороне пайки;
- низкой стоимостью.

## **8.2 Двухсторонние печатные платы**

Двухсторонняя печатная плата (ДПП) имеет одно изоляционное основание, на обеих сторонах которого выполнен токопроводящий рисунок. Допускается использование объемных металлических конструкций (отрезки проволоки, арматура переходов по ГОСТ 22318-77 и т. п.) для соединения элементов проводящего рисунка, расположенного на противоположных сторонах печатной платы. При использовании перемычек их общее количество не должно быть более 5% от общего количества печатных проводников.

Двухсторонние печатные платы бывают двух типов:

- без металлизации монтажных и переходных отверстий;
- с металлизированными монтажными и переходными отверстиями.

ДПП второго типа характеризуются высокими коммутационными возможностями, повышенной прочностью сцепления выводов навесных ИЭТ, высокой стоимостью.

## **9 Общие требования по конструированию печатных плат.**

### **Выбор размеров печатных плат**

Размеры и конфигурацию печатной платы выбирают в зависимости от установочных размеров ИЭТ, условий эксплуатации, использования автоматизированных методов установки навесных ИЭТ, пайки и методов контроля.

В соответствии с ГОСТ 2.307-78 размеры на чертеже печатной платы указывают одним из следующих способов:

- 1 - нанесением координатной сетки в прямоугольной системе координат;
- 2 - нанесением координатной сетки в полярной системе координат;
- 3 - комбинированным способом: при помощи размерных и выносных линий и координатной сетки в прямоугольной или полярной системе координат.

Координатную сетку на чертеже следует наносить на все поле печатной платы или рисками по периметру контура печатной платы.

При задании размеров нанесением координатной сетки все линии сетки должны нумероваться. Допускается не наносить линии координатной сетки или наносить их через определенные интервалы (не более 5). Допускается наносить линии координатной сетки через одну, при этом в технических требованиях чертежа записывают пояснения типа: “Линии координатной сетки нанесены через одну”.

В соответствии с ГОСТ 10317-79 основной шаг координатной сетки 2,5 мм, дополнительные – 1,25мм; 0,625мм (0,5мм).

В соответствии с ГОСТ 10317-79 размер каждой стороны печатной платы должен быть кратным:

- 1) 2,5 мм при длине стороны 100 мм;
- 2) 5 мм при длине стороны 350 мм;
- 3) 10 мм при длине стороны более 350 мм.

Максимальный размер любой из сторон печатной платы должен быть не более 470 мм.

Соотношение линейных размеров сторон печатной платы должно быть не более 3:1 (допускается увеличение указанного соотношения). Количество типоразмеров печатных плат следует ограничивать. Рекомендуется разрабатывать платы прямоугольной формы.

Стандарт ГОСТ 23751-86 устанавливает 5 классов точности печатных плат в соответствии со значениями основных параметров и предельных отклонений элементов конструкции (оснований печатных плат, печатных проводников, контактных площадок, отверстий). Рекомендуемые области применения классов точности согласно ГОСТ 23751-86:

- 1-й и 2-й класс применяются для печатных плат с дискретными ИЭТ при малой и средней насыщенности поверхности печатной платы навесными элементами;
- 3-й класс применяется для печатных плат с микросхемами и микросборками, имеющими штыревые и планарные выводы, а также с безвыводными элементами ИЭТ при средней и высокой насыщенности печатной платы навесными элементами;
- 4-й класс применяется для печатных плат с ИМС, имеющими штыревые и планарные выводы, а также с безвыводными ИЭТ при высокой насыщенности поверхности печатной платы навесными ИЭТ.

Наименьшие номинальные значения основных размеров элементов конструкции печатных плат для узкого места в зависимости от класса точности приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Номинальные значения основных размеров элементов

## конструкции печатных плат

Условное обозначение	Номинальное значение основных размеров для класса точности				
	1	2	3	4	5
t, мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
s, мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
b, мм	0,30	0,20	0,10	0,05	0,025
$\gamma^*$	0,40	0,40	0,33	0,25	0,20

Условные обозначения, используемые в таблице 3:

t, мм – ширина печатного проводника;

s, мм – расстояние между краями соседних элементов проводящего рисунка;

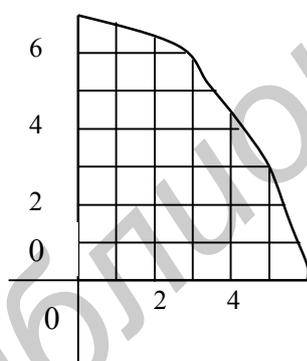
b, мм – гарантийный поясок;

$\gamma^*$  - отношение номинального значения диаметра наименьшего из металлизированных отверстий к толщине печатной платы.

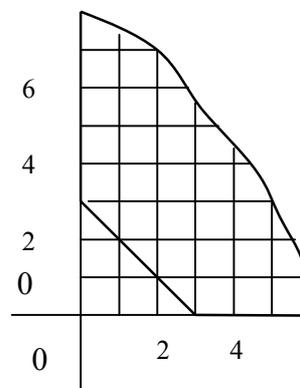
Для свободного места указанные значения допускается устанавливать по более низкому классу, а для первого класса – увеличивать в два раза.

Допуски на линейные размеры сторон выбирают по ГОСТ 25346-82 и ГОСТ 25347-82.

За нуль (начало координат (НК)) в прямоугольной системе координат принимают (рисунок 19):



а



б

а – начало координат – левый нижний угол платы;

б – начало координат, образованное линиями построения

Рисунок 19 - Начало координат печатной платы

Центры всех отверстий на чертеже печатной платы, включая крепежные, должны располагаться в узлах координатной сетки. Центры отверстий для многовыводных ИЭТ (где расстояние между выводами не кратно шагу координатной сетки) располагаются в соответствии с размерами, указанными в документации на эти изделия. В этом случае центр отверстия, при-

нятого за основное (рекомендуется принимать первый вывод ИЭТ), располагается в узле координатной сетки, а остальные – по чертежу (размещается на свободном поле листа).

Размеры и конфигурацию крепежных и технологических отверстий выбирают в соответствии с ГОСТ 11284-85, а размеры монтажных, переходных и не металлизированных отверстий - в соответствии с ГОСТ 10317-79.

При любом варианте установки ИЭТ диаметры монтажных, переходных, металлизированных и неметаллизированных отверстий рекомендуется выбирать из следующего ряда:

0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 2,0; 2,1; 2,2; 2,3; 2,4; 2,5; 2,6; 2,7; 2,8; 3,0 мм.

Стандарт ОСТ 4.070.010-78 содержит рекомендации для выбора диаметров отверстий и контактных площадок под выводы устанавливаемых ИЭТ (таблица 4).

Таблица 4 - Диаметры отверстий и контактных площадок

Диаметр вывода элемента	Диаметр отверстия	Диаметр контактной площадки	Минимальное расстояние между центрами отверстий
0,4; 0,5	0,9	3,0	2,5
0,6; 0,7	1,1	3,0	2,5
0,8; 0,9	1,3	3,0	3,75
1,0; 1,1	1,5	3,0	3,75
1,2; 1,3; 1,4	1,8	3,0	3,75
1,5; 1,6	2,0	4,0	5,0
1,7; 1,8; 1,9	2,2	4,0	5,0

Диаметры монтажного отверстия необходимо выбирать больше диаметра вывода на 0,5 мм. Отверстия под выводы ИМС навесных элементов зенкуют с двух сторон. ИЭТ, имеющие прямоугольные выводы, устанавливаются в круглые отверстия. Установочные, проходные и технологические отверстия не имеют контактных площадок.

Толщину основания печатной платы определяют в зависимости от условий эксплуатации (ГОСТ 16019-2001), механических нагрузок на печатную плату, ее конструктивных особенностей и необходимо увязывать с диаметром используемых отверстий в соответствии с ГОСТ 23751-86.

Шероховатость поверхности монтажных неметаллизированных отверстий и торцов печатной платы рекомендуется выбирать  $R_z \leq 80$ , металлизированных отверстий -  $R_z \leq 40$  (ГОСТ 2.309-73).

Контактные площадки должны быть прямоугольной, круглой или близкой к ним формы. Для обозначения первого вывода многовыводного ИЭТ контактную площадку выполняют по форме, отличной от других.

Проводники на печатной плате изображают одной линией. Проводники шириной 2,5 мм и более изображают двумя линиями (если они совпадают с линиями координатной сетки, то ширина проводника на чертеже не указывается). Действительная ширина проводника оговаривается в технических требованиях чертежа.

На изображении печатной платы допускается наносить надписи, значки и т.п., в этом случае делается запись в технических требованиях чертежа.

## **10 Конструирование печатных плат для корпусных интегральных микросхем**

### **10.1 Последовательность конструирования печатной платы**

Разработку печатной платы рекомендуется производить в следующей последовательности:

1 - изучение технического задания (ТЗ) на изделие, в состав которого входит разрабатываемая печатная плата;

2 - в зависимости от условий эксплуатации и в соответствии с ГОСТ 23752-79 определяется группа жесткости;

3 - выбор типа и класса точности печатной платы в соответствии с ГОСТ 23751-86;

4 - выбор (расчет) линейных размеров печатной платы в соответствии с ГОСТ 10317-79;

5 - выбор материала основания печатной платы в соответствии с ГОСТ 1036-78, ОСТ 4 077.000;

6 - выбор конструктивного покрытия проводников, контактных площадок и металлизированных отверстий в соответствии с ОСТ 4 ГО.014.000;

7 - размещение элементов проводящего рисунка;

8 - выбор метода маркировки и ее расположения в соответствии ГОСТ 2.314-68, клеймение - по ГОСТ 2.314-68;

9 - разработка конструкторской документации.

Группа жесткости, используемый материал, дополнительная защита от климатических, механических и других воздействующих факторов определяются в соответствии с рекомендациями ГОСТ 23752-79 и записываются в технические требования чертежа.

### **Выбор типа печатной платы**

При выборе типа печатной платы необходимо учитывать:

- возможности автоматизации процессов изготовления, контроля и диагностики установки навесных ИЭТ;

- технико-экономические показатели;

- стоимость основных материалов.

### **Выбор материала основания**

Материал основания для печатной платы выбирается в соответствии с техническими условиями (ТУ) или ГОСТ 10316-78 и с учетом обеспечения физико-механических и электрических параметров печатной платы. Для печатных плат, эксплуатируемых в условиях 1-й и 2-й групп жесткости (ГОСТ 23752-79), рекомендуется применять материал основания на основе бумаги (гетинакс), а для 3-й и 4-й групп жесткости - на основе стеклоткани (стеклотекстолит). В таблице 5 приведены материалы оснований, рекомендуемые для изготовления печатных плат.

Таблица 5 - Материалы основания для изготовления печатных плат

Наименование	Марка материала	Тип печатной платы	Примечание
Фольгированный гетинакс	ГФ-1-35 (50), ГФ-2-35 (50)	Односторонняя и двухсторонняя плата	ГОСТ 10316-78
Фольгированный стеклотекстолит	СФ-1 35 (50), СФ-1 35 (50), СФ-1Н 50 (50Г), СФ-2Н-50 (50Г), СФ-1-35Г (50Г), СФ-2 35Г (50Г)	То же	То же
Фольгированный стеклотекстолит повышенной нагревостойкости	СФНП-1-50, СФНП-2-50	-"	ТУ6-05-1776-50
Теплостойкий фольгированный стеклотекстолит	СТЭФ-1-2ЛК	-"	-

Условное обозначение фольгированных материалов должно состоять из марки материала, его толщины и обозначения стандарта.

Пример условного обозначения фольгированных материалов:

гетинакс ГФ-1-35-2,0 ГОСТ 10316-78;

стеклотекстолит СФ-2Н-50Г-1,5 ГОСТ 10316-78.

## **Выбор конструктивного покрытия**

Для стабильности электрических, механических и других параметров печатной платы применяют металлические и конструктивные неметаллические покрытия. Конструктивные металлические покрытия выбирают в соответствии с ОСТ 4 ГО.014. 000. Вид и толщину покрытия указывают на чертеже. Рекомендуется использовать металлы и сплавы, приведенные в таблице 6.

Для защиты печатной платы от воздействия влаги используют лакокрасочные покрытия.

Таблица 6 - Конструктивные покрытия печатных плат

Вид покрытия	Толщина покрытия, мкм	Назначение покрытия
Сплав Розе	1,5 - 3	Защита от коррозии, обеспечение паяемости
Сплав олово-свинец	9 - 15	То же
Серебряное	6 - 12	Улучшение электрической проводимости
Серебро-сурьма	6 - 12	Улучшение электрической проводимости и повышение износостойкости концевых контактов
Золото и его сплавы	0,5 - 3	Улучшение электрической проводимости, уменьшение переходного сопротивления и повышение износостойкости контактов
Палладиевое	1 - 5	Снижение переходного сопротивления и повышение износостойкости концевых контактов

## **Размещение и установка ИЭТ**

Выбор варианта установки ИЭТ и их размещения осуществляется конструктором в соответствии с ГОСТ 29137-91. При расположении навесных ИЭТ необходимо учитывать:

- рациональное взаимное расположение ИЭТ (простота трассировки);
- обеспечение автоматизированной сборки, пайки, монтажа;
- обеспечение высокой надежности, малых габаритов, массы, минимальной стоимости и т.д.

При установке ИЭТ на печатную плату для каждого вывода элемента должно быть отдельное монтажное отверстие или контактная площадка. Элементы с выводами прямоугольного или квадратного сечения устанавливаются в круглые отверстия.

В функциональных узлах одноплатной конструкции ИЭТ необходимо размещать параллельно поверхности печатной платы с одной стороны, корпусные ИМС с планарными выводами допускается располагать с двух сторон печатной платы.

На печатной плате корпуса ИМС необходимо размещать параллельно осям координатной сетки X,Y с одинаковой ориентацией корпусов (рисунок 20).

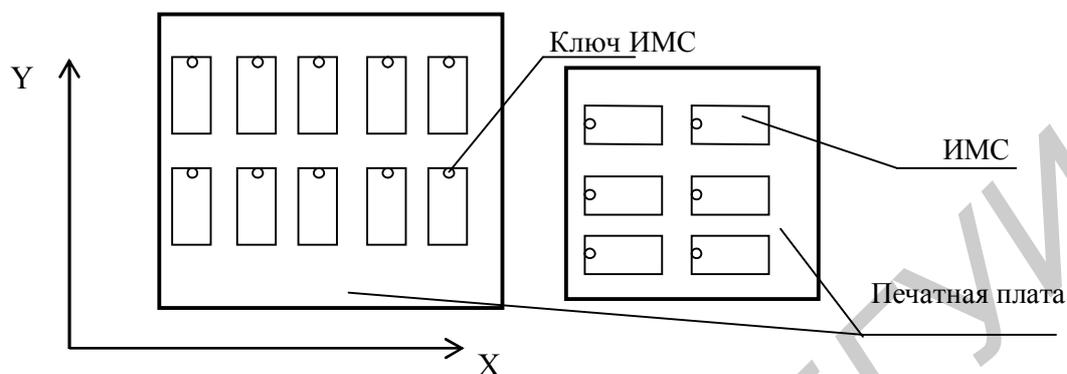


Рисунок 20 - Ориентация ИМС на печатной плате

Расстояния между оформленными выводами ИЭТ или расстояния между выводами соседних элементов должны быть кратны шагу координатной сетки (2,5 или 1,25 мм).

Навесные ИЭТ крепятся к печатной плате запайкой выводов (включая незадействованные выводы) в металлизированные отверстия или к контактным площадкам (для ИМС с планарными выводами). Способ крепления ИЭТ оговаривается в конструкторской документации на изделие.

Выбор варианта установки ИЭТ производится в соответствии с ГОСТ 29137-91 (в технически обоснованных случаях конструктор использует оригинальный вариант установки ИЭТ с обязательным пояснением на поле чертежа).

## **10.2 Рекомендации по размещению ИМС на печатной плате и трассировке печатных проводников**

10.2.1. При размещении ИМС на печатной плате необходимо обеспечивать минимальную длину соединительных проводников между ними.

10.2.2. Для уменьшения помех, обусловленных индуктивностью шин питания и заземления, рекомендуется увеличивать ширину шин до 2 - 5 мм, располагая их друг под другом на соседних слоях для получения возможно большей емкости фильтра.

10.2.3. Для уменьшения помех, обусловленных емкостной и индуктивной паразитными связями между печатными проводниками, рекомендуется увеличивать расстояния между смежными проводниками и располагать их в смежных слоях во взаимно перпендикулярных направлениях.

10.2.4. Длина печатного проводника не должна превышать допустимых величин, определяемых из условия помехоустойчивости ИМС и их максимального быстродействия.

### **10.3 Методы установки и закрепления корпусных**

#### **ИМС на печатной плате**

Корпусные ИМС могут иметь штыревые выводы (корпуса типа 1202.14) и планарные выводы (корпуса типа 4102.14). Различные конструкции выводов ИМС требуют разных методов их установки и закрепления (запайки выводов) на печатной плате (ГОСТ 29137-91).

ИМС на печатной плате должны располагаться рядами параллельно осям координат, штырьковые выводы ИМС должны находиться в отверстиях, расположенных в узлах координатной сетки печатной платы.

ИМС с планарными выводами должны располагаться так, чтобы их выводы были симметричны относительно контактных площадок, а контактные площадки должны быть симметричны осям координат.

Метод установки и крепления ИМС должен обеспечивать доступ к любой микросхеме, а ее первый вывод устанавливается на контактную площадку, имеющую форму, отличную от других (прямоугольная и т.п.). Выбор шага установки ИМС на печатную плату определяется типоразмером корпуса ИМС, сложностью электрической принципиальной схемы, требуемой плотностью компоновки, температурным режимом и другими факторами.

Шаг установки корпусных интегральных микросхем выбирается с учетом применения координатной сетки (ГОСТ 10317-72), при этом шаг, кратный 2,5 мм, выбирается для ИМС с шагом расположения выводов 1,25 мм.

Рекомендации по выбору шага установки ИМС для различных типоразмеров корпуса приведены в таблице 7, а параметры некоторых типоразмеров корпусов ИМС – в таблице 8.

Таблица 7 - Рекомендации по выбору шага установки ИМС

Тип корпуса ИМС	Среднее число задействованных выводов	Шаг установки ИМС на печатную плату, мм
1202,14	5	20 x 15
То же	6	22,5 x 17,5
2102,14	7	20 x 15
То же	9	22,5 x 15

3103,12	6	15 x 12,5
То же	8	15 x 15
-"-	10	15 x 17,5
4102,14	10	17,5 x 10
То же	11	20 x 10
-"-	12	20 x 12,5

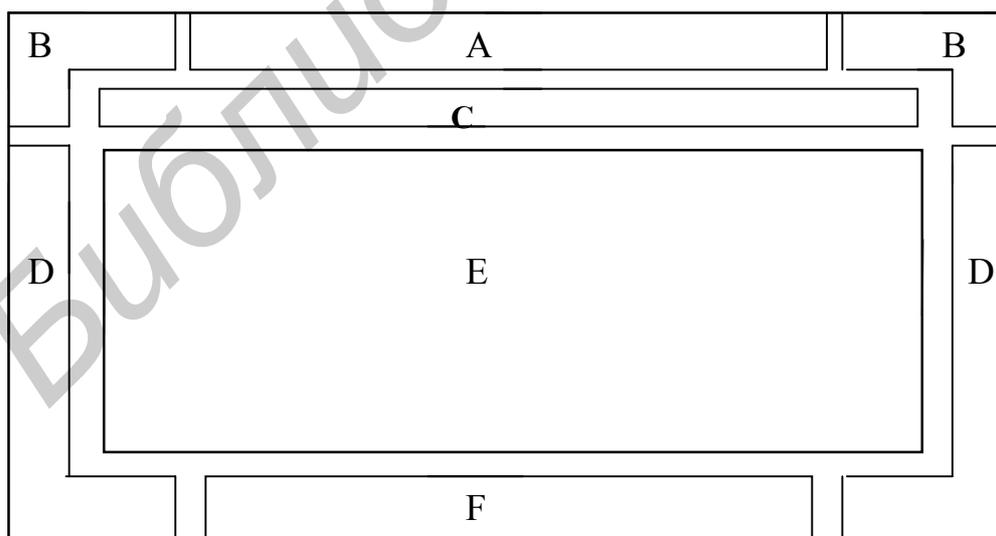
Таблица 8 - Параметры корпусов ИМС по ГОСТ 17467-88

Тип корпуса	Характеристика корпуса	Размеры корпуса, мм	Количество выводов	Масса, г
1202,14	Прямоугольный металлостеклянный	19,5x7,5x7,5	14	1,5
2102,14	Прямоугольный пластмассовый	19,5x7,5x5,0	14	1,0
4102,14	Прямоугольный металлостеклянный	9,5x5x2,5	14	1,0
3103,12	Круглый металлостеклянный	∅ 9,5	12	1,5

## 11 Определение габаритных размеров печатных плат

### 11.1 Зонная структура печатных плат

На начальном этапе конструирования печатной платы монтажную площадь платы разбивают на зоны с учетом видов компоновки: кассетной, открытой и смешанной. Зонная структура разбиения площади платы показана на рисунке 21.



А - зона паспорта устройства; В - зона крепления рычагов; С - зона элементов контроля и диагностики; D - зона распределительных шин; E - зона монтажного поля; F - зона концевых печатных контактов

Рисунок 21 – Зонная структура платы кассетной конструкции

Рассмотрим назначение каждой из зон.

**Зона А** предназначена для нанесения паспортных данных на устройство.

**Зона В** предназначена для установки рычагов расчленения печатной платы с соединителем внешних связей и для крепления устройства. Размеры зоны зависят от конструкции рычагов.

**Зона С** - это вспомогательный участок, предназначенный для размещения на нем контрольных гнезд, ручек, съемников и т.д., установка которых должна быть технически обоснована. Размер зоны С определяется типом и количеством размещенных элементов и не должен быть больше 10 мм.

**Зона D** - это зона распределительных шин “питание - корпус“, предназначенная для их прокладки вокруг монтажного поля печатной платы (зона E). Распределительные шины выполняются тем же методом, что и основные печатные проводники. Ширина шин “питание-корпус” зависит от тока, потребляемого устройством, и выбирается в зависимости от допустимого тока, проходящего по шине “питание-проводник”, от метода изготовления печатной платы, ее габаритных размеров и типа соединителя (ГОСТ 23751-79). Значения допустимого электрического тока для печатных проводников приведены в таблице 9.

Таблица 9 - Зависимость допустимого тока от ширины печатного проводника при комбинированном позитивном методе изготовления печатной платы

Ширина проводника, мм	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	1,00	1,50	2,00	3,00
Допустимый электрический ток (А) при толщине фольги 35 мкм	0,24	0,32	0,40	0,48	0,64	0,80	0,96	1,12	1,28	1,60	2,40	3,20	4,80
Допустимый электрический ток (А) при толщине фольги 50 мкм	0,29	0,36	0,48	0,57	0,76	0,95	1,14	1,33	1,52	1,90	2,85	3,80	5,70

Распределительные шины соединяются с крайними выводами соединителя типа СНП или ГРПМ. Допускается соединять шину с несколькими контактами соединителя. В каждой

зоне распределительных шин (зона D) выполняют по одному отверстию диаметром 3,2 мм на расстоянии 7,5 мм от нижнего края платы и 5 мм от кромки платы (рисунок 22). Эти отверстия являются технологической базой при изготовлении платы и могут быть использованы в качестве базовых отверстий для точной фиксации платы при автоматизированном контроле. Выполнение этих отверстий обязательно независимо от конструктивного исполнения платы.

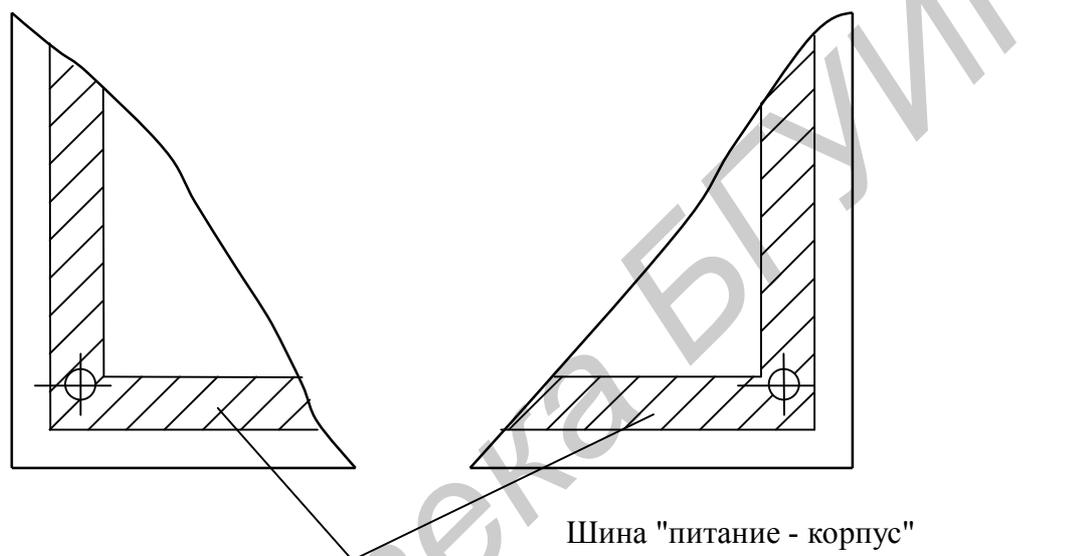


Рисунок 22 - Форма шин “питание - корпус”

Переход от распределительной шины в зону E и зону C выполняют с помощью печатных проводников или с помощью навесной шины, которая соединяется с распределительной шиной при помощи пайки. Навесная шина разрабатывается конструктором по топологии переменной части монтажа.

В качестве материала шины можно применять А-ПН-0,5 ГОСТ 19904-74, 5-П-10КП ГОСТ 16523-70, а также сплавы на основе меди и другие материалы.

**Зона E** предназначена для установки ИМС и других ИЭТ. В случае использования ИМС монтажное поле печатной платы условно делят на зоны, в каждой из которой находится посадочное поле под одну микросхему (рисунок 25). Координаты зоны задаются арабскими цифрами и буквами латинского или русского алфавита. Таким образом, каждая ИМС имеет свои

единственные координаты. Цифры и буквы выполняют тем же методом, что и печатные проводники, или наносят краской.

**Зона F** предназначена для организации внешних соединений. При кассетной компоновке для внешних связей используют соединители типа СНП с разным числом контактов. Контакты у этих соединителей располагаются с двух сторон печатной платы (например, при соединителе с числом контактов 24 на каждой стороне печатной платы расположено по 12 контактов). Форма и размеры концевых печатных проводников (контактов на печатной плате) для соединителя СНП приведены на рисунке 23, а формирование контура и размеры соединителя - на рисунке 24.

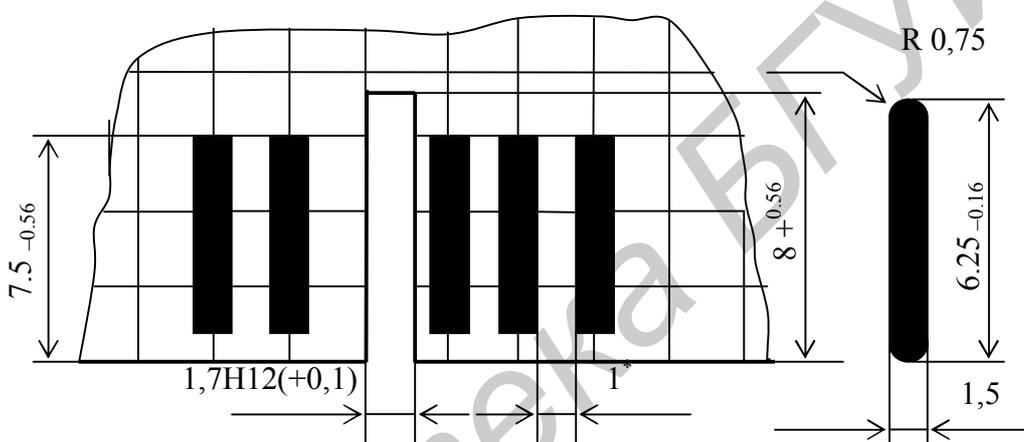


Рисунок 23 – Размеры и форма концевых печатных контактов (типа СНП)  
(1\* - размер для справок)

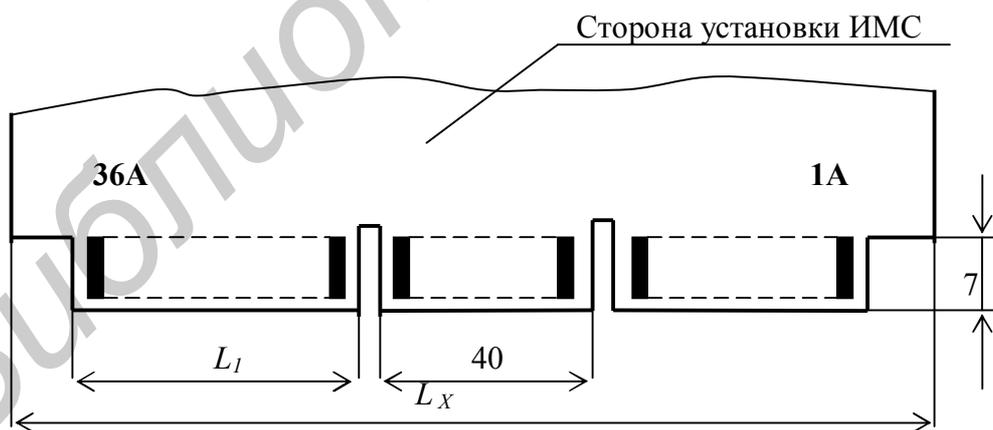


Рисунок 24 – Формирование контура платы и простановка размеров

Размер  $L_1$  выбирается в зависимости от типа соединителя ответной части. Размеры зоны определяются шагом установки ИМС по двум координатам (X,Y). Поле печатной платы, разбитое на зоны, показано на рисунке 25.

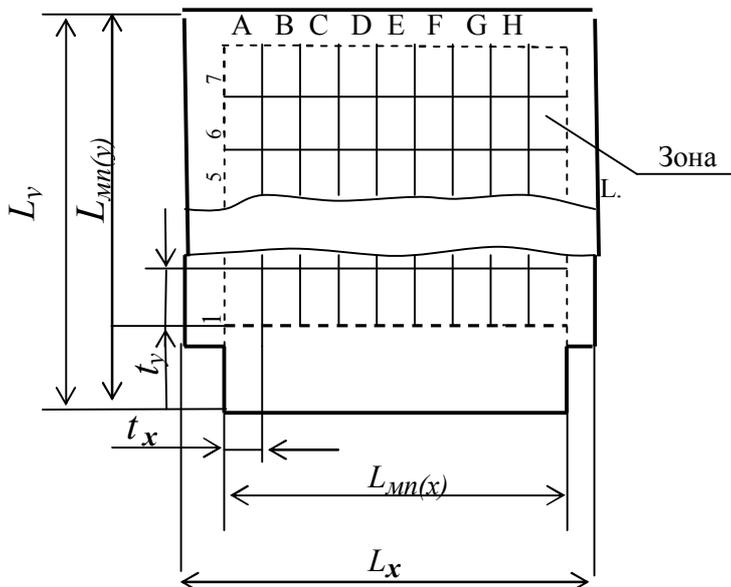


Рисунок 25 – Монтажное поле платы, разбитое на зоны

### 11.2 Расчет размеров монтажного поля печатной платы

Минимальные размеры монтажного поля (см. рисунок 21) по координатам X, Y определяются по следующим формулам:

размер монтажного поля по координате X:

$$L_{mn}(x) = t_x (n_x - 1) + l_x;$$

размер монтажного поля по координате Y:

$$L_{mn}(y) = t_y (n_y - 1) + l_y,$$

где  $t_x$ ,  $t_y$  – шаг установки ИМС по осям X и Y соответственно (см. таблицу 7);

$n_x$  – количество ИМС в ряду;

$n_y$  – количество рядов;

$l_x$ ,  $l_y$  – размер между крайними выводами корпуса ИМС по координатам X и Y.

### 11.3 Расчет и выбор линейных размеров печатной платы

Рассчитав размеры монтажного поля (E), можно определить минимальные линейные размеры печатной платы при установке ИМС с одной стороны платы (рисунок 26).

Линейный размер печатной платы по оси X:

$$L_x \geq t_x (n_x - 1) + x_1 + x_2 + l_x.$$

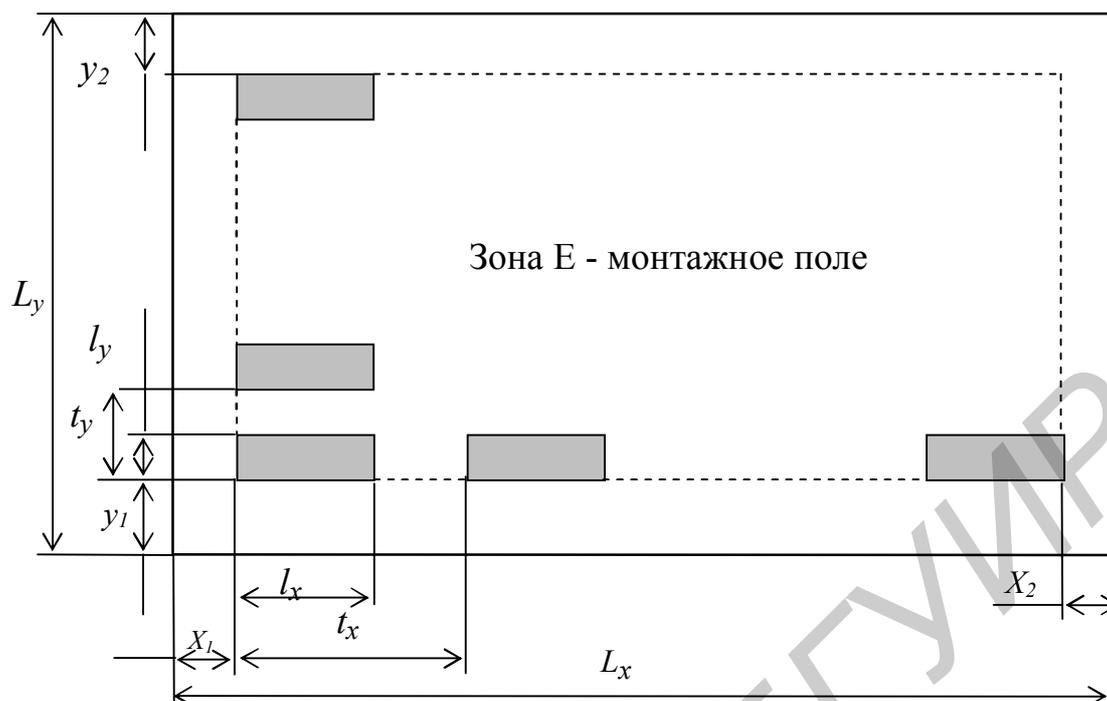


Рисунок 26 – Определение минимальных размеров печатной платы  
Линейный размер печатной платы по оси Y:

$$L_y \geq t_y (n_y - 1) + y_1 + y_2 + l_y,$$

где  $t_x$ ,  $t_y$  - шаг установки ИМС по осям X и Y;

$n_x$  - количество ИМС в одном ряду;

$n_y$  - количество рядов ИМС;

$l_x$ ,  $l_y$  - размер между крайними выводами корпуса ИМС по осям X и Y;

$x_1$ ,  $x_2$  - краевые поля на плате ( $x_1 = x_2 = 2,5; 5$  мм);

$y_1$  – краевое поле для элементов внешней коммутации: определяется суммой установочного размера соединителя по оси Y и 2,5 мм;

$y_2$  – краевое поле для элементов контроля, как правило  $y_2 \leq 10$  мм. При отсутствии элементов контроля  $y_2 = 5$  мм.

Рассчитанные линейные размеры печатной платы необходимо привести в сторону увеличения размеров в соответствии с ГОСТ 10317-79.

## 12 Оформление чертежей печатных плат

### 12.1 Общие требования

Оформление чертежей печатных плат должно производиться в соответствии с ГОСТ 2.109-73 и ГОСТ 2.417-91.

Чертеж должен содержать основные проекции платы с печатными проводниками и отверстиями.

Чертеж ОПП и ДПП имеет название “Плата печатная”. Ему присваивается класс БГУИ.ХХХХХХ.ХХХ. Чертежи выполняются в масштабе 1:1, 2:1, 4:1, 5:1, 10:1.

На чертеже наносят координатную сетку (ГОСТ 10317-79) линиями толщиной 0,2 - 0,5мм с выбранным шагом в масштабе, указанным в основной надписи чертежа.

Линии координатной сетки нумеруют арабскими цифрами через один или несколько шагов, но не более пяти. Допускается простановка номеров линий координатной сетки по четырем сторонам чертежа печатной платы.

Проводники шириной менее 2,5 мм изображают сплошной утолщенной линией, толщина которой равна двум толщинам контурных линий, а проводники шириной более 2,5 мм могут изображаться двумя линиями, и если они совпадают с линиями координатной сетки, то ширина печатного проводника на чертеже не указывается. Проводники заданной ширины указывают на чертеже.

Круглые отверстия и круглые отверстия с зенковкой рекомендуется изображать одной окружностью. Диаметры отверстий, зенковки и контактных площадок под штыревые выводы ИМС выбирают в зависимости от толщины печатной платы (таблица 10).

Таблица 10 - Выбор диаметров отверстий в зависимости от толщины печатной платы (в мм)

Толщина печатной платы	1,0	1,5	2,0
Диаметр металлизированного отверстия	0,8 <sup>+0,1</sup>	0,8 <sup>+0,1</sup>	1,0 <sup>+0,12</sup>
Диаметр контактной площадки	1,8 <sub>-0,1</sub>	1,8 <sub>-0,1</sub>	2,3 <sub>-0,1</sub>

Размеры отверстий, их количество, размеры контактных площадок и другие сведения помещают в таблице на поле чертежа (таблица 11).

Таблица 11 - Таблица для размещения дополнительной информации

Условное обозначение отверстий	Диаметры отверстий, мм	Наличие металлизации	Диаметр контактных площадок	Количество отверстий
30	30	35	30	25
150				

Чтобы различать на чертеже отверстия разных размеров, применяют условные обозначения (таблица 12).

Таблица 12 - Рекомендуемые условные обозначения отверстий на печатной плате

Диаметр отверстия, мм	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5
-----------------------	-----	-----	-----	-----	-----

Условные обозначения отверстий					
--------------------------------	---	--	---	---	---

Для простановки установочных размеров под ИМС контактную группу в увеличенном масштабе изображают на свободном поле чертежа.

Маркировку платы располагают на чертеже с одной или двух сторон. Размер шрифта и способ маркировки указывают в технических требованиях чертежа. При необходимости можно указывать границы участков платы, которые не допускается занимать проводниками. Границы участков обозначают штрихпунктирной линией.

## **12.2 Последовательность и примерный состав технических требований к чертежу печатной платы**

Технические требования к чертежу размещают над “Основной надписью”, запись требований производится сверху вниз:

- 1\* Размер для справок.
- 2 Печатную плату изготовить (указать метод изготовления).
- 3 Печатная плата должна соответствовать ГОСТ 23752-79, группа жесткости (указать группу жесткости).
- 4 Класс точности (указать класс) по ГОСТ 23751-86.
- 5 Шаг координатной сетки ...мм, ГОСТ 10317-79.
- 6 Форма контактных площадок произвольная,  $b_{min} = \dots$ (указать).
- 7 Покрытие контактных площадок, печатных проводников и металлизированных отверстий ...(указать в соответствии с ОСТ4 ГО.014.000).
- 8 Маркировать краской МКЭЧ, черный по ОСТ4 ГО.054.205, шрифт 3 по НО.010.007.
- 9 Остальная маркировка показана условно (если она показана на чертеже).
- 10 Неуказанные предельные отклонения размеров  $\pm \dots$ (указать).
- 11 Плата должна соответствовать ГОСТ 23751-86.
- 12 Остальные технические требования по СТБ 1014-95.

## **13 Оформление сборочных чертежей функциональных узлов на печатных платах**

### **13.1 Общие требования**

Чертеж должен содержать основные проекции платы с установленными ИЭТ. Чертежу присваиваются класс БГУИ.ХХХХХХ.ХХХ и наименование изделия. Например:

Модулятор квадратурный

## Сборочный чертеж

Сборочный чертеж печатной платы 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;
- размеры, предельные отклонения, другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному чертежу;
- номера позиций составных частей, входящих в изделие;
- габаритные размеры изделия, установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры и размеры, выполняемые по данному чертежу.

Печатные проводники на чертеже не изображают. Навесные ИЭТ изображают упрощенно (без выводов) и располагают параллельно поверхности платы, ИМС располагают ключами в одну сторону и параллельно сторонам контура платы.

### **13.2 Последовательность и примерный состав технических требований к чертежу печатной платы**

- 1\* Размер для справок.
- 2 Установку элементов производить по ГОСТ 29137-91.
- 3 Шаг координатной сетки 2,5мм (или 1,25мм). Элементы (указать, какие ЭРЭ) установить по ГОСТ 29137-91. Позиционные обозначения элементов показаны условно.
- 4 Технические требования к монтажу ЭРЭ по ГОСТ 23592-79.
- 5 ПОС 61 ГОСТ 21931-76 (ПОСК 50-18 ГОСТ 21931-76; Пср 2,5 ГОСТ 19746-74).
- 6 При пайке, промывке и лакировке недопустимо попадание флюса, припоя, спирта и лака на корпуса элементов.
- 7 Клей ЭЛ-19 ОСТ4 ГО.029.204 (клей ТК 200 ТУ 6-01-1241-80; клей К-400 ОСТ4 ГО.029.204; клей ГИПК-231 ТУ 6-05-251-96-79).
- 8 Покрытие - лак ЭП-730.9 УХЛ. 2.3, кроме поверхностей, обозначенных штрихпунктирной линией.
- 9 Маркировать краской МКЭЧ, черный по ОСТ4 ГО.054.205. Шрифт 3 по НО.010.007.
- 10 Клеймить краской БМКЧ, черный по ОСТ4 ГО.054.205 У1.
- 11 Остальные технические требования - по СТБ 1022-96.

### **13.3 Спецификация**

Спецификация – это документ, определяющий состав изделия и всей конструкторской документации, относящейся к этому изделию, который необходимо составлять на отдельных

листах формата А4 на каждую сборочную единицу. Первый лист спецификации оформляют по форме 1 с основной надписью по форме 2 а, последующие листы – по форме 1 а с основной надписью по форме 2 а (ГОСТ 2.104-68). В зависимости от состава специфицируемого изделия спецификация может состоять из разделов, которые необходимо располагать сверху вниз в следующей последовательности:

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

Наименования разделов записывают в виде заголовков в графе "Наименование" строчными буквами (кроме первой) и подчеркивают. Ниже заголовка оставляют одну свободную строку и выше – не менее одной свободной строки.

В раздел "Документация" вносят все документы специфицируемого изделия, кроме его спецификации.

В разделы "Комплексы", "Сборочные единицы" и "Детали" вносят комплексы, сборочные единицы и детали специфицируемого изделия.

В разделе "Стандартные изделия" записывают изделия по группам в зависимости от функционального назначения (например, крепежные детали 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 стандартов – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

В раздел "Прочие изделия" записываются изделия из каталогов, прейскурантов и других источников, за исключением стандартных изделий.

В раздел "Материалы" записывают все материалы специфицируемого изделия в следующей последовательности: кабели, провода, шнуры, пластмассы и пресс-материалы, бумажные и текстильные материалы, лаки, краски, прочие материалы. В пределах вида материалов их записывают в алфавитном порядке наименований, в пределах наименования – по возрастанию размеров или других параметров.

### **13.4 Правила заполнения граф спецификации**

В графе "Формат" указывают форматы документов, имеющих обозначение в графе "Обозначение". Для деталей, на которые нет чертежей, в графе указывают БЧ. Для документов, записанных в разделы "Стандартные изделия", "Прочие изделия" и "Материалы", графу "Формат" не заполняют.

В графе "Зона" указывают обозначение зоны, где находится номер позиции записываемой части изделия (если поле чертежа разбито на зоны по ГОСТ 2.104-68). В графе "Поз." указывают порядковые номера составных частей в последовательности их записи в спецификацию. Графу не заполняют для разделов "Документация" и "Комплекты".

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

В графе "Обозначение" указывают: в разделе "Документация" – обозначение записываемых документов по ГОСТ 2.201-80, в разделах "Стандартные изделия", "Прочие изделия" и "Материалы" графу не заполняют.

В графе "Наименование" указывают:

- в разделе "Документация" для документов, входящих в основной комплект документов специфицированного изделия и составляемых на данное изделие, - только их наименования, например: "Сборочный чертеж", "Габаритный чертеж", "Технические условия" и т.п. ;

- в разделах "Комплексы", "Сборочные единицы", "Детали", "Комплекты" – наименования изделий в соответствии с основной надписью на основных конструкторских документах этих изделий. В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное (плата печатная);

- в разделе "Стандартные изделия" – наименования и обозначения изделий в соответствии со стандартами на эти изделия, например, винт М2х6.01.016 ГОСТ 14703-74;

- в разделе "Прочие изделия" – наименования и условные обозначения изделий в соответствии с документами на их поставку с указанием этих документов;

- в разделе "Материалы" – обозначение материалов на основе стандартов и технических условий.

После каждого раздела спецификации необходимо оставлять несколько свободных строк для дополнительных записей. Допускается резервирование номеров позиций, которые представляют в спецификацию при заполнении резервных строк. Наличие разделов спецификации зависит от специфицируемого изделия.

## 14 Требования к конструкции плат и функциональных узлов, обеспечивающие возможность автоматизации и механизации процессов сборки и монтажа

Автоматизированный способ обеспечивает установку ЭРЭ без гарантированного зазора между корпусом платой или с зазором. Зазор обеспечивается формовкой выводов ЭРЭ. Рекомендуемые линейные размеры платы не более 400x400 мм. Монтажные отверстия располагают в узлах координатной сетки с шагом 2,5 мм. На платах должны быть фиксирующие отверстия (отверстия, позволяющие правильно ориентировать плату при автоматизированной сборке). Предельные отклонения расстояний между фиксирующим и другим монтажным отверстием не более  $\pm 0,05$  для автоматической установки ЭРЭ и не более  $\pm 0,1$  мм для механизированной установки. Допуск на выполнение монтажных отверстий должен соответствовать 3-му классу точности.

Для одинаковых типоразмеров корпусов в изделии рекомендуется применять единые варианты установки и установочный размер. ИМС располагают рядами параллельно краям платы ключами в одну сторону. В технически обоснованных случаях допускается поворот ИМС со штыревыми выводами на угол  $90^{\circ}$  или  $180^{\circ}$ .

Проектирование печатных плат с учетом групповой пайки отличается некоторыми особенностями:

- печатные платы должны быть прямоугольной формы;
- не рекомендуется наличие вырезов в узлах и по периметру платы;
- ЭРЭ располагают с одной стороны печатной платы; ИМС с планарными выводами допускается располагать с двух сторон печатной платы;
- не рекомендуется установка ЭРЭ в пазы и окна на печатной плате;
- ЭРЭ на печатной плате должны быть закреплены формовкой выводов "зиг-замком" или подгибкой выводов ЭРЭ со стороны пайки;
- печатные проводники со стороны пайки рекомендуется ориентировать перпендикулярно стороне с концевыми печатными контактами или разъема, при этом линейный размер этой стороны не должен быть более 300 мм. Если этот размер больше 300 мм, а линейный размер другой стороны меньше 300 мм, то печатные проводники на стороне пайки ориентируются параллельно стороне с концевыми контактами или разъему;
- максимальная длина печатного проводника на стороне пайки не должна быть больше 100 мм при ширине проводника 2,5 мм;
- поверхность печатной платы должна быть защищена изолирующей маской, кроме мест пайки и разъемов.

## 15 Оценка и анализ уровня основных показателей качества конструкций радиоэлектронных средств. Основные показатели качества конструкций РЭС

**Качество продукции** – это совокупность свойств, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

**Свойство продукции** – это объективная особенность продукции, проявляющаяся при ее создании и эксплуатации. К свойству можно отнести точность, стабильность, экономичность, надежность и т.д. Количественной характеристикой свойств продукции является показатель качества продукции.

Показатели качества классифицируются по восьми группам:

1 Показатели назначения, определяющие полезный эффект от использования продукции по назначению и область ее применения. К ним относятся показатели, характеризующие ее конструкцию, состав, структуру.

2 Показатели надежности и долговечности – безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость и долговечность.

3 Показатели технологичности - эффективность конструктивно-технологических решений для обеспечения высокой производительности труда при изготовлении и ремонте продукции. К ним относятся: коэффициент сборности изделия, коэффициент использования рациональных материалов, удельные показатели трудоемкости производства.

4 Эргономические показатели, характеризующие систему “человек -изделие - среда”. К ним относят гигиенические, антропометрические, физиологические, психофизические, психологические показатели.

5 Эстетические показатели - художественность и оригинальность формы изделия, гармоничность и целостность конструкции, цветовое и декоративное решение.

6 Показатели стандартизации и унификации характеризуют степень использования в изделии стандартизованных деталей, узлов, блоков и уровень унификации составных частей изделия.

7 Патентно-правовые показатели - степень патентной защиты и патентной чистоты изделия.

8 Экономические показатели характеризуют затраты на проведение НИР и ОКР, связанных с разработкой данного изделия, его производством и экономической эффективностью эксплуатации.

При определении уровня качества изделия необходимо также учитывать связи между всеми показателями.

Показатели качества могут быть единичными, комплексными и базовыми. Единичный показатель качества – это показатель качества продукции, который относится только к одному из ее свойств, например, неравномерность частотной характеристики, коэффициент нелинейных искажений и т.д. Комплексный показатель качества продукции – это показатель, который относится к нескольким ее свойствам и в целом характеризует качество промышленного изделия.

Относительной характеристикой качества продукции, основанной на сравнении совокупности показателей ее качества с соответствующей совокупностью базовых показателей, является уровень качества продукции.

Методика определения показателей качества устройств РЭС приводится в ОСТ4 ГО.091.219 „Узлы и блоки РЭА. Методика оценки нормативов показателей технологичности продукции”. Стандарт устанавливает состав показателей, методику их расчета и нормативы показателей технологичности конструкций узлов и блоков ЭВА.

Основным показателем, который используется для оценки технологичности конструкции, является комплексный показатель технологичности  $K$ , определяемый с помощью базовых показателей:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{i=s} k_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^{i=s} \varphi_i} = \frac{k_1 \varphi_1 + k_2 \varphi_2 + \dots + k_s \varphi_s}{\varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_s},$$

где  $i$  – порядковый номер показателя в ранжированной последовательности (место в таблице 13);

$s$  – общее количество относительных частных показателей в таблице 13 для данной стадии проектирования;

$k_i$  – значение показателя по таблице 13 состава базовых показателей соответствующего класса блоков;

$\varphi_i$  – функция, нормирующая весовую значимость показателя в зависимости от порядкового номера в таблице 13.

Таблица 13 - Состав базовых показателей технологичности для электронных блоков

Номер в ранжированной последовательности $i$	Показатели технологичности	Обозначение	$\varphi_i$	Опытный образец	Установочная серия
1	Коэффициент использования микросхем и микросборок	$K_{и.мс}$	1,000	О	О
2	Коэффициент автоматизации и механизации монтажа	$K_{а.м}$	1,000	О	О
3	Коэффициент механизации подготовки ЭРЭ	$K_{мп\ ЭРЭ}$	0,750	О	О
4	Коэффициент механизации контроля и настройки	$K_{м.к.н}$	0,500	О	О
5	Коэффициент повторяемости ЭРЭ	$K_{пов\ ЭРЭ}$	0,310	О*	О
6	Коэффициент применяемости ЭРЭ	$K_{п\ ЭРЭ}$	0,187	О	О
7	Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	$K_{ф}$	0,110	О	О

О\* - коэффициент, который подлежит определению.

Коэффициент использования микросхем и микросборок определяется по формуле

$$K_{и.мс} = \frac{H_{мс}}{H_{мс} + H_{ЭРЭ}},$$

где  $H_{мс}$  - общее количество микросхем и микросборок в изделии;

$H_{ЭРЭ}$  - общее количество ЭРЭ в изделии, шт.

Коэффициент автоматизации и механизации монтажа

$$K_{а.м} = \frac{H_{а.м}}{H_{м}},$$

где  $H_{а.м}$  - количество монтажных соединений, которые могут осуществляться механизированным или автоматизированным способом, т.е. имеется оборудование для выполнения монтажных соединений;

$H_{м}$  - общее количество монтажных соединений.

Коэффициент механизации подготовки ЭРЭ

$$K_{мп\ ЭРЭ} = \frac{H_{мп\ ЭРЭ}}{H_{ЭРЭ}},$$

где  $H_{мп\ ЭРЭ}$  - количество ЭРЭ (шт.), подготовка которых к монтажу может осуществляться механизированным или автоматизированным способом, т.е. имеется оборудование для выполнения таких операций. В число таких ЭРЭ входят элементы, не требующие специальной подготовки к монтажу (реле, разъемы, патроны и т.д.);

$N_{\text{ЭРЭ}}$  - общее количество ЭРЭ, шт.

Коэффициент механизации контроля и настройки

$$K_{\text{м.к.н}} = \frac{N_{\text{м.к.н}}}{N_{\text{к.н}}},$$

где  $N_{\text{м.к.н}}$  - количество операций контроля и настройки, которые можно осуществить механизированным или автоматизированным способом;

$N_{\text{к.н}}$  - общее количество операций контроля и настройки.

Коэффициент повторяемости ЭРЭ

$$K_{\text{пов ЭРЭ}} = 1 - \frac{N_{\text{Т ЭРЭ}}}{N_{\text{ЭРЭ}}},$$

где  $N_{\text{Т ЭРЭ}}$  - общее количество типоразмеров ЭРЭ в изделии;

$N_{\text{ЭРЭ}}$  - общее количество ЭРЭ, шт.

Коэффициент применяемости электрорадиоэлементов

$$K_{\text{н ЭРЭ}} = 1 - \frac{N_{\text{Т.ор ЭРЭ}}}{N_{\text{Т ЭРЭ}}},$$

где  $N_{\text{Т.ор ЭРЭ}}$  - количество типоразмеров оригинальных ЭРЭ в изделии.

Коэффициент прогрессивности формообразования деталей

$$K_{\phi} = \frac{D_{\text{ПР}}}{D},$$

где  $D_{\text{ПР}}$  - количество деталей (шт.), заготовок или самих деталей, полученных прогрессивными методами формообразования (штамповка, прессование, порошковая металлургия, пайка и т.п.);

$D$  - общее количество деталей.

Если отношение рассчитанного комплексного показателя технологичности  $K$  к нормативному

$$\frac{K}{K_{\text{н}}} \geq 1,$$

то изделие считается технологичным.

Значения нормативных комплексных показателей технологичности выбираются из таблицы 14.

Таблица 14 - Нормативный комплексный показатель технологичности

Наименование классов блоков	Стадии разработки рабочей документации	
	Опытный образец	Установочная серия
Электронные	0,40 - 0,70	0,45- 0,75
Радиотехнические	0,40 - 0,60	0,75 - 0,80

## **16 Расчет надежности конструкции РЭС с использованием ПЭВМ**

### **16.1 Основные определения теории надежности**

Надежность – свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки.

В зависимости от назначения объекта и условий его эксплуатации надежность может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость при сочетании этих свойств изделий.

Под качеством продукции понимается совокупность ее свойств, обеспечивающих выполнение заданных функций. Одним из свойств этой совокупности является надежность. Надежность - сложное свойство, включающее безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Для конкретных объектов и условий эксплуатации эти свойства могут иметь различную относительную значимость.

Основными понятиями надежности являются:

- безотказность – свойство изделия непрерывно сохранять работоспособность;
- долговечность – свойство изделия сохранять работоспособность до наступления предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта;
- ремонтпригодность – свойство изделия, заключающееся в приспособленности к выполнению его ремонтов и технического обслуживания;
- восстановление – процесс обнаружения и устранения отказа с целью восстановления надежности;
- восстанавливаемое изделие – изделие, работоспособность которого в случае возникновения отказа подлежит восстановлению в рассматриваемой ситуации;
- невосстанавливаемое изделие – изделие, работоспособность которого в случае возникновения отказа не подлежит восстановлению в рассматриваемой ситуации;
- наработка – продолжительность или объем работы, выполненны изделием. Изделие может работать непрерывно или с перерывами. Во втором случае учитывается суммарная на-

работка. Нарботка может измеряться в единицах времени, циклах, единицах выработки и других единицах;

- срок службы – календарная продолжительность эксплуатации изделия от определенно-го момента времени до наступления предельного состояния;

- отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособности изделия.

### **16.2 Основные показатели надежности**

Рассмотрим наиболее часто используемые показатели надежности:

- вероятность безотказной работы  $P(t)$  - представляет собой вероятность того, что в пре-делах заданной наработке отказ объекта не возникает;

- средняя наработка до отказа (среднее время безотказной работы) – математическое ожидание наработки объекта до первого отказа;

- средняя наработка между отказами – математическое ожидание наработки объекта ме-жду отказами для установившегося процесса эксплуатации;

- средняя наработка на отказ  $T_0$  – отношение суммарной наработки объекта к математи-ческому ожиданию числа отказов в течение этой наработки;

- заданная наработка (заданное время безотказной работы)  $t$  – наработка, в течение кото-рой объект должен безотказно работать для выполнения своих функций. Для расчета иногда берут не заданное время безотказной работы, а время непрерывной работы за то время, в тече-ние которого объект мог бы работать;

- вероятность нормального функционирования  $P(t)_{н.ф}$  (общая надежность) - это вероят-ность того, что система будучи исправной в начальном состоянии с вероятностью  $P_0$  прорабо-тает безотказно заданное время  $t$  (при этом  $P_0 = \kappa_2$  – стационарное значение вероятности ис-правного состояния системы в начальный момент времени перед применением, численно рав-ное коэффициенту готовности  $\kappa_2$ , или  $\kappa_2$  – это вероятность того, что объект окажется работо-способным в произвольно выбранный момент времени в установившемся процессе эксплуата-ции).

Для ремонтпригодной аппаратуры рассчитывается вероятность безотказной работы с учетом восстановления  $P(t, \tau)$ , которая является вероятностью того, что система выполнит свои функции за время  $t$  с учетом восстанавливаемости и наличия  $N$  запасных элементов (число которых равно количеству предполагаемых отказов и при расчетах принимается рав-ным 10–15).

Время восстановления  $\tau$  - случайное время отыскания и устранения одного отказа.

Среднее время восстановления  $T_{\text{в}}$  – математическое ожидание времени восстановления работоспособности.

Вероятность восстановления  $V(\tau)$  – вероятность того, что фактическая продолжительность работ по восстановлению работоспособности изделия не превысит заданной.

Интенсивность восстановления  $\mu = \frac{1}{T_{\text{в}}}$  - плотность вероятности момента окончания восстановления объекта, определяемая при условии, что до данного момента восстановление не завершено.

Интенсивность (опасность) отказов  $\lambda$  - это вероятность отказов неремонтируемого изделия в единицу времени после заданного момента времени при условии, что до этого момента отказ не возник. Интенсивность отказов определяется числом отказов в единицу времени, отнесенным к среднему числу элементов, исправно работающих в данный отрезок времени.

### **16.3 Последовательность расчета надежности изделия**

Для расчета надежности принимают следующие допущения:

- отказы элементов - случайные и независимые события;
- учет влияния условий эксплуатации производится приближенно;
- параметрические отказы не учитываются;
- вероятность безотказной работы элементов изменяется по экспоненциальному закону, т.е. интенсивность отказов не зависит от времени.

Последнее основано на том, что в изделии, где имеют место случайные отказы, действует экспоненциальный закон распределения – закон Пуассона и вероятность безотказной работы до первого отказа в течение времени  $t$  будет равна:

$$P(t) = e^{-\lambda t} .$$

Учитывая, что основные функциональные узлы и элементы в изделии соединены последовательно и значения их надежности не зависят друг от друга, т.е. отказ одного элемента приводит к отказу изделия, но не меняет надежности других, то надежность можно определить как

$$P(t) = \prod_{i=1}^N P_i(t)$$

или

$$P(t) = e^{-\sum_{i=1}^N \lambda_i t},$$

где  $\lambda_i$  - интенсивность отказов  $i$ -го элемента с учетом режима и условий работы.

Учет влияния режима работы и условий эксплуатации изделия при расчетах производится с помощью поправочного коэффициента эксплуатации  $k_{\text{э}}$ .

Тогда

$$\lambda_{i0} = \lambda_{i0} k_{\text{э}},$$

где  $\lambda_{i0}$  - интенсивность отказов в лабораторных условиях работы и при коэффициенте нагрузки  $k_{\text{э}}=1$ .

Коэффициент эксплуатации для лабораторных условий  $k_{\text{э}} = 1$ , а для помещений с регулируемой температурой и влажностью  $k_{\text{э}} = 1,1$ .

Для более точной оценки  $k_{\text{э}}$  необходимо учитывать внешние и внутренние воздействующие факторы: температуру корпусов элементов, относительную влажность, уровень вибраций и т.д.:

$$k_{\text{э}} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \dots \alpha_i,$$

где  $\alpha_i$  - поправочный коэффициент, учитывающий  $i$ -й фактор: температуру, коэффициент электрической нагрузки, влажность, механические воздействия и т.д.

Выбрав интенсивности отказов всех элементов, определяем суммарную интенсивность отказов элементов изделия:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^N \lambda_{i0} k_{\text{э}} = \sum_{i=1}^N \lambda_{oi} k_{\text{э}}.$$

Средняя наработка на отказ:

$$T_o = \frac{1}{\Lambda}.$$

Вероятность безотказной работы:

$$P(t) = e^{-\Lambda t} = e^{-\frac{t}{T_o}}.$$

Среднее время восстановления:

$$T_{\theta} = \sum_{i=1}^{\kappa} q_i \tau_i,$$

где  $q_i = \frac{n \lambda_i}{\lambda}$  - вероятность отказа из-за выхода из строя элемента  $i$  - й группы;

$\kappa$  - число групп элементов.

Вероятность восстановления:

$$V(\tau) = 1 - e^{-\frac{\tau_{\text{дон}}}{T_{\theta}}},$$

где  $\tau_{\text{дон}}$  - допустимое (заданное) время восстановления изделия.

Коэффициент готовности:

$$\kappa_2 = \frac{T_o}{T_o + T_{\theta}}.$$

Коэффициент ремонтпригодности:

$$\kappa_p = 1 - \kappa_2.$$

Вероятность нормального функционирования:

$$P(t)_{\text{н.ф}} = \kappa_2 P(t) = \frac{T_o}{T_o + T_{\theta}} e^{-\frac{t}{T_o}}.$$

Вероятность безотказной работы с учетом восстановления:

$$P(t\tau) = e^{-\left[\frac{1-v(\tau)}{T_o}\right]t}.$$

#### 16.4 Схема расчета показателей надежности на ЭВМ

Исходные данные для расчета надежности:

- схема электрическая принципиальная;
- значения коэффициентов электрической нагрузки,  $K_n$ ;
- справочные значения интенсивностей отказов элементов  $\lambda_{oi}$ ;
- условия эксплуатации изделия, ГОСТ 16019-2001, ГОСТ 15150-75;
- заданное время работы или время непрерывной работы  $t_3$ ;
- достаточное количество отказов элементов 10 – 15;

- случайное время восстановления,  $r_i$ .

Для удобства работы рекомендуется элементы разбить на группы с приблизительно одинаковыми  $\lambda_{oi}$  (резисторы, конденсаторы, диоды, ИМС и т.д.). Все справочные и расчетные данные рекомендуется свести в таблицу 15.

Таблица 15 - Исходные данные для расчета

Наименование элементов и их количество в группе, шт.	Интенсивности отказов $\lambda_{oi}, 1/ч$	Коэффициент эксплуатации $K_э$	Случайное время восстановления $\tau_i, ч$
1. Резисторы (10)	$5 \times 10^{-7}$	1	0,5
2. Микросхемы (5)	$0,45 \times 10^{-6}$	1	1,5

Данные таблицы 15 вводятся в ПЭВМ (программа SNAD).

Интенсивности элементов выбираются из таблицы 15, а ориентировочные значения случайного времени восстановления для элементов различных групп - из таблицы 16.

Таблица 16 - Интенсивности отказов элементов РЭС при достоверности  $P = 0,6$

№. п.п.	Наименование элемента (группа, вид, тип)	Интенсивность отказов $\times 10^{-6}, 1/ч$
1	2	3
1	Полупроводниковые (ПП) цифровые интегральные схемы (ИС) 1-й степени интеграции	0,40
2	ПП цифровые ИС 2-й степени интеграции	0,45
3	ПП цифровые ИС 3-й степени интеграции	0,50
4	ПП цифровые ИС 4-й степени интеграции	0,60
5	ПП аналоговые ИС 1-й степени интеграции	0,45
6	ПП аналоговые ИС 2-й степени интеграции	0,55
7	ПП аналоговые ИС 3-й степени интеграции	0,65
8	Транзисторы кремниевые малой мощности	0,40
9	Транзисторы германиевые малой мощности	0,45
10	Транзисторы маломощные в ключевом режиме	0,40
11	Диоды высокочастотные кремниевые	0,20
12	Диоды высокочастотные германиевые	0,30
13	Диоды импульсные в ключевом режиме	0,15
14	Диоды выпрямительные маломощные, $I_{ср.выпр} \leq 300 mA$	0,20
15	Стабилитроны маломощные, $P_{max} \leq 1Вт$	0,9
16	Светодиоды	0,7
17	Резисторы постоянные непроволочные, $P_{ном} \leq 0,5Вт$ , ток постоянный	0,05
18	Резисторы постоянные непроволочные, $P_{ном} \leq 0,5Вт$ , ток переменный	0,1
19	Терморезисторы	0,20
20	Конденсаторы танталовые	0,02
21	Конденсаторы керамические	0,05

22	Конденсаторы пластиковые	0,07
23	Конденсаторы нейлоновые	0,01
24	Лампочки сигнальные, накаливания	8,00
25	Лампочки сигнальные, неоновые	10,00
26	Соединители (разъемы) штепсельные	0,20**
27	Гнезда, клеммы	0,70*
28	Тумблеры, кнопки	0,40*
29	Переключатели	0,40*
30	Переключатели малогабаритные	0,30*
31	Микропереключатели типа МП	0,30*
32	Лепесток контактный	0,20
33	Провод монтажный	0,30***

Продолжение таблицы 16

1	2	3
34	Кабели (шнуры)	0,60***
35	Кабели (шнуры) питания	2,00***
36	Держатели предохранителей	0,20
37	Предохранители	5,00
38	Прокладки, шайбы изолирующие	0,75
39	Соединение пайкой, ток постоянный	0,04
40	Соединение пайкой, ток пульсирующий	0,40
41	Соединение накруткой	0,02
42	Плата печатного монтажа	0,20
43	Конструкции несущие РЭУ	3,00
44	Конструкции несущие легкоъемных субблоков	0,10
45	Соединение винтами 3 - 5 мм	0,001

**Примечания к таблице 16:**

1 Значения интенсивностей отказов соответствуют нормальным климатическим условиям и наработке, указанной в технической документации.

2 Значения, отмеченные символами:

\* - на один контакт при номинальном электрическом режиме;

\*\* - на один штырек при номинальном электрическом режиме и числе сочленений (расчленений), указанных в ТУ;

\*\*\* - на каждый полный и неполный метр длины при номинальной плотности тока в проводе.

Таблица 17 - Значения случайного времени восстановления

№ п.п.	Наименование элемента	Случайное время восстановления $\tau_i$ , ч
1	Цифровые ИМС малой и средней степени интеграции	1,5
2	Цифровые ИМС большой и сверхбольшой степени инте-	0,5

	грации	
3	Аналоговые ИМС малой и средней степени интеграции	1,2
4	Транзисторы средней и малой мощности	0,8
5	Резисторы постоянные	0,5
6	Конденсаторы неполярные	1,1
7	Диоды (кроме выпрямительных)	0,6
8	Соединители	2,0
9	Предохранители	0,1
10	Печатные платы	3,0
11	Монтажные провода	0,5
12	Пайки	0,5
13	Шнуры питания	0,3

### **17 Состав конструкторской документации на разрабатываемый функциональный узел**

Комплект конструкторской документации по данной работе должен содержать:

- 1) расчетно - пояснительную записку;
- 2) спецификацию на разработанный функциональный узел;
- 3) сборочный чертеж;
- 4) схему электрическую функциональную;
- 5) схему электрическую принципиальную;
- 6) перечень элементов схемы электрической принципиальной;
- 7) чертеж печатной платы (деталь).

### **18 Индивидуальное задание**

**Цель:** изучить основные правила построения электрических схем с использованием корпусных интегральных микросхем; научиться правильно составлять перечень элементов электрической принципиальной схемы; разработать чертеж печатной платы, сборочный чертеж и спецификацию на чертеж функционального узла; выполнить оценку качества и расчет надежности.

Исходные данные для выполнения работы:

1. Схема электрическая функциональная изделия и тип корпуса ИМС.
2. Категория и группа РЭУ.
3. Условия эксплуатации (ГОСТ 15150-75):
  - климатическая зона;
  - категория помещения.
4. Заданное время работы  $t_3$ , ч.

5. Требуемое время наработки на отказ  $T_o$ , не менее ч.

6. Заданное время восстановления  $\tau$ , ч.

### **19 Рекомендуемый порядок выполнения работы**

1. Получить у преподавателя вариант задания (см. приложение А).

2. Выполнить чертеж схемы электрической функциональной в соответствии с требованиями ГОСТ ЕСКД (формат А3).

3. Разработать чертеж схемы электрической принципиальной в соответствии с требованиями ГОСТ ЕСКД (формат А3).

4. Разработать и выполнить чертеж печатной платы ФУ, используя исходные данные (формат А3 х 2).

5. Разработать спецификацию и выполнить сборочный чертеж печатной платы ФУ.

6. Выполнить расчет надежности и произвести оценку качества изделия.

7. Оформить расчетно-пояснительную записку.

### **20 Рекомендуемый перечень межгосударственных, государственных и отраслевых стандартов**

1 СТБ 1014-95 Изделия машиностроения. Детали. Общие технические требования.

2 ГОСТ 2.001-93 ЕСКД. Общие положения.

3 ГОСТ 2.104-68 ЕСКД. Основные надписи.

4 ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы.

5 ГОСТ 2.108-68 ЕСКД. Спецификация.

6 ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам.

7 ГОСТ 2.301-68 ЕСКД. Форматы.

8 ГОСТ 2.302-68 ЕСКД. Масштабы.

9 ГОСТ 2.303-68 ЕСКД. Линии.

10 ГОСТ 2.304-81 ЕСКД. Шрифты чертежные.

11 ГОСТ 2.307-68 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.

12 ГОСТ 2.309-73 ЕСКД. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.

13 ГОСТ 2.316-68 ЕСКД. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц.

14 ГОСТ 2.417-91 Правила выполнения чертежей печатных плат.

- 15 ГОСТ 2.701-84 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
- 16 ГОСТ 2.702-75 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.
- 17 ГОСТ 2.708-81 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники.
- 18 ГОСТ 3.1201-85 ЕСТД. Система обозначения технической документации.
- 19 ГОСТ 19101-77 ЕСПД. Виды программ и программных документов.
- 20 ГОСТ 19.103-77 ЕСПД. Обозначение программ и программных документов.
- 21 ГОСТ 19.105-78 ЕСПД. Общие требования к программным документам.
- 22 ГОСТ 19.106-78 ЕСПД. Требования к программным документам, выполненным печатным способом.
- 23 ГОСТ 19.401-78 ЕСПД. Текст программы. Требования к содержанию и оформлению.
- 24 ГОСТ 19.402-78 ЕСПД. Описание программы.
- 25 ГОСТ 19.404-79 ЕСПД. Пояснительная записка. Требования к содержанию и оформлению.
- 26 ГОСТ 10317-79. Платы печатные. Основные размеры.
- 27 ГОСТ 17021-88. Микросхемы интегральные. Термины и определения.
- 28 ГОСТ 17447-72. Микросхемы интегральные для цифровых вычислительных машин и устройств дискретной автоматики.
- 29 ГОСТ 17467-88. Микросхемы интегральные. Основные размеры.
- 30 ГОСТ 18725-83. Микросхемы интегральные. Общие технические условия.
- 31 ГОСТ 19480-89. Микросхемы интегральные. Термины, определения и буквенные обозначения электрических параметров.
- 32 ГОСТ 20406-75. Платы печатные. Термины и определения.
- 33 ГОСТ 23622-79. Элементы логических ИМС. Основные параметры.
- 34 ГОСТ 23751-86. Платы печатные. Основные параметры конструкций.
- 35 ГОСТ 23752-79. Платы печатные. Общие технические условия.
- 36 ГОСТ 24460-80. Микросхемы интегральных цифровых устройств. Основные параметры.
- 37 ОСТ 4ГО.002.006. Коммутационные изделия. Руководство по выбору.
- 38 ОСТ 4ГО.010.011. Платы печатные. Методы конструирования.

## Литература

1. Гелль П.П., Иванов-Есипович Н.К. Конструирование и микроминиатюризация радио-электронной аппаратуры: Учебник для вузов. – Л.: Энергоиздат, 1984.
2. Единая система конструкторской документации: Справ. пособие/ С.С. Борушек, А.А. Волков и др. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
3. Преснухин Л.Н., Шахнов В.А. Конструирование электронных вычислительных машин и систем. – М.: Высш. шк., 1986.
4. Разработка и оформление конструкторской документации РЭС: Справочник / Э.Т. Романычева, А.К. Иванова и др. – М.: Радио и связь, 1989.
5. Терминология Единой системы конструкторской документации: Справочник / С.С. Борушек, Б.Я. Кабаков и др. – М.: Изд-во стандартов, 1990.
6. Боровиков С.М., Погребняков А.В. Теоретические основы конструирования и надежности: Сборник задач. - Мн.: БГУИР, 2001.
7. Воробьева Ж.С., Образцов Н.С. и др. Методическое пособие по разработке печатного монтажа. – Мн.: МРТИ, 1993.
8. Печатные платы в конструкциях РЭС/ Под ред. Ж.С. Воробьевой - Мн.: БГУИР, 1999.
9. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник /Под ред. С.В. Якубовского - М.: Радио и связь, 1989.
10. Интегральные микросхемы: Справочник /Под ред. Б.В. Тарабрина. - М.: Радио и связь, 1983.
11. Единая система конструкторской документации: Справ. пособие / С.С. Борушек, Волков А.А. и др. - М.: Изд-во стандартов, 1989.

*Учебное издание*

Альферович Николай Викентьевич

**Проектирование радиоэлектронных средств  
на корпусных интегральных микросхемах**

Учебное пособие  
для студентов специальностей  
"Моделирование и компьютерное проектирование РЭС",  
"Радиотехника" и "Радиотехнические системы"  
всех форм обучения

Редактор Н.А. Бебель

Корректор Е.Н. Батурчик

---

Подписано в печать 27.01.2004.	Формат 60x84 1/8.	Бумага офсетная.
Печать ризографическая.	Гарнитура «Таймс».	Усл. печ. л.12,79.
Уч.-изд. л. 8,5.	Тираж 250 экз.	Заказ 150.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
Лицензия ЛП № 156 от 30.12.2002.  
Лицензия ЛВ № 509 от 03.08.2001.  
220013, Минск, П. Бровки, 6.