

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского»
Балахнинский филиал

УТВЕРЖДАЮ
Директор Балахнинского филиала ННГУ
_____ А.А.Чечерин
« 01 » _____ 20 17 г.



Методические указания
для студентов по выполнению выпускной квалификационной работы
(дипломного проекта)

Направление подготовки (специальность)
09.02.01 КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ

Уровень (ступень) образования
СРЕДНЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ (БАЗОВАЯ ПОДГОТОВКА)

Квалификация выпускника
ТЕХНИК ПО КОМПЬЮТЕРНЫМ СИСТЕМАМ

Форма обучения
ОЧНАЯ

Балахна
2017

Пояснительная записка

Данные методические указания предназначены для оказания помощи студентам специальности 09.02.01 «Компьютерные системы и комплексы» при выполнении дипломного проекта

Целью выполнения дипломного проектирования являются: закрепление и систематизация приобретенных знаний по специальности, их применение в решении конкретных практических задач; приобретение опыта самостоятельной работы с технической информацией, методическими и нормативными документами, специальной литературой, соответствующими методами и технологиями;

Методические указания по выполнению дипломного проекта состоят из следующих разделов:

Общие положения

Тематика и объем дипломного проекта

Содержание дипломного проекта

Оформление пояснительной записки Приложения

- описание элементной базы

методические указания для студентов по выполнению электрических расчетов дипломного проекта

методические указания для студентов по выполнению технологической части дипломного проекта

методические указания для студентов по оформлению текстовой части дипломных проектов

Содержание, объем, и сроки выполнения дипломного проекта определяются утвержденным заданием и графиком учебного процесса.

Общее положение

Выполнение дипломного проекта является завершающим этапом в подготовке специалистов и позволяет продемонстрировать знания, умения и навыки, приобретенные за время обучения в приложении к конкретной задаче.

В ходе выполнения дипломного проекта студент использует свои знания в области общенаучных, обще профессиональных и специальных дисциплин, а также практический опыт, приобретенный в процессе производственной практики, курсового проектирования.

Целями выполнения дипломного проектирования являются:

- закрепление и систематизация приобретенных знаний по специальности, их применение в решении конкретных практических задач;
- приобретение опыта самостоятельной работы с технической информацией, методическими и нормативными документами, специальной литературой, соответствующими методами и технологиями;

В ходе дипломного проектирования решаются следующие задачи:

- развитие творческих способностей, навыков ведения самостоятельных проектно-конструкторских разработок и овладение необходимыми методиками исследований при решении конкретной технической задачи;
- развитие навыков использования вычислительной техники для технических расчетов и графического оформления их результатов;
- накопление опыта работы с научной, научно-технической и патентной литературой;
- закрепление и расширение навыков проведения технико-экономического анализа;
- разработка мероприятий по охране труда и технике безопасности, защите окружающей среды и технической эстетике;
- выяснение подготовленности студентов к самостоятельной работе в условиях современного производства, прогресса науки и техники, роста культуры производства.

Дипломный проект является заключительной учебной деятельностью студента, в которой он самостоятельно принимает решения и затем публично их защищает. Поэтому в процессе выполнения дипломного проекта дипломник обязан проявить творческую активность, инициативу, самостоятельность и чувство ответственности за принятые технические решения, за правильность всех вычислений и оформления дипломного проекта в соответствии с требованиями ГОСТ и ЕСКД.

Тематика и объем дипломного проекта

Выбор и формулировка темы дипломного проекта, а также составление задания по подготовке дипломного проекта студенту - один из достаточно ответственных этапов дипломного проектирования.

Тематика дипломного проекта должна отвечать современным требованиям науки и техники и соответствовать специальности 09.02.01 «Компьютерные системы и комплексы».

При выборе темы дипломного проекта следует исходить из следующих положений, тема должна:

- соответствовать профилю специальности 09.02.01 «Компьютерные системы и комплексы».

- представлять практический интерес для предприятий (организаций) - баз преддипломной практики;

- быть актуальной и соответствовать современному уровню технических задач по проектированию новых средств вычислительной техники и программного обеспечения;

Допускается программная тематика дипломного проекта, в этом случае разработанная студентом программа должна иметь прикладное значение для какой - либо отрасли народного хозяйства или для процесса обучения.

Темы дипломных проектов и их руководители могут быть рекомендованы предприятиями, на которых студенты проходят производственную практику, или цикловой комиссией. Они рассматриваются на заседании ЦК и выдаются студентам не позднее, чем за три недели до окончания производственной технологической практики.

Преддипломная практика должна быть направлена по теме дипломного проектирования. В период преддипломной практики студент обязан ознакомиться с темой, произвести технико-экономическое обоснование необходимости разработки и внедрение данной темы проекта, ознакомиться с существующими аналогичными устройствами, разработать структурную и принципиальную схемы, печатную плату, технологический процесс, произвести электрический и логический расчеты.

При разработке программного дипломного проекта в период преддипломной практики студент обязан произвести технико-экономическое обоснование разработки и внедрения данной темы проекта, ознакомиться с существующими алгоритмами и программами по разрабатываемой теме, выбрать наиболее приемлемую систему программирования, изучить ее особенности, систему команд, разработать структурную схему программы.

По представлению руководителей дипломного проекта темы рассматриваются и утверждаются на заседании ЦК механо-технологических и электронно-вычислительных дисциплин. Закрепление тем дипломного проекта (с указанием руководителей) за студентами

оформляется приказом руководителя образовательного учреждения.

Дипломный проект должен состоять из 2 - 6 листов графической документации и пояснительной записки. Пояснительная записка в целом должна состоять из 40 - 50 страниц печатного текста формата А4, написанного с одной стороны.

Содержание дипломного проекта

Дипломный проект относится к стадии эскизного проекта конструкторской документации и должен содержать совокупность конструкторских документов, содержащие принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также определяющих назначение, основные параметры, габаритные размеры разрабатываемого изделия.

Номенклатура конструкторских документов на стадии эскизного проекта приведена в таблице 1. Номенклатура документов дипломного проекта определяется индивидуально в зависимости от особенностей проектируемого изделия и темы дипломного проекта.

В пояснительной записке должно обязательно быть отражено технико-экономическое обоснование необходимости разработки и внедрения устройства. В расчетной части приводится расчет показателей надежности, быстродействия, согласующих элементов, источника питания и других нестандартных элементов, используемых в проектируемом устройстве.

Для дипломного проекта программной тематики необходимо экономическое обоснование необходимости внедрения программы в производственную, управленческую деятельность или учебный процесс.

Таблица 1.

Вид документа	Шрифт	Определение
Чертеж детали		Документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для изготовления и контроля.
Схема электрическая структурная	Э1	На схеме изображают все основные функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы) и основные взаимосвязи между ними. Ими пользуются при эксплуатации для общего ознакомления.
Схема электрическая функциональная	Э2	На схеме изображают функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы), участвующие в процессе, иллюстрируемой схемой, и связи между этими частями.
Схема электрическая принципиальная	Э3	На схеме изображают все электрические элементы или устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, все электрические связи между ними, а так же электрические элементы (разъемы, зажимы и т.п.), которыми заканчиваются входные и выходные цепи.
Схема электрическая соединений	Э4	На схеме изображают все устройства и элементы, входящие в состав изделия, их входные и выходные элементы (разъемы, платы, зажимы и т.п.), а так же соединения между этими устройствами и элементами.
Схема электрическая подключения	Э5	На схеме изображают изделия, его входные и выходные элементы (разъемы, зажимы и т.п.) и подводимые к ним концы проводов и кабелей внешнего

		монтажа, около которых помещают данные о подключении изделия (характеристики внешних цепей и адрес).
Схема электрическая	Э6	На схеме изображают устройство и элементы, входящие в комплекс, а так же провода, жгуты, кабели, соединяющие эти устройства и элементы.
Схема электрическая	Э7	На схеме изображают составные части изделия, а при необходимости между ними, конструкцию, помещение или местность, на которых эти составные части расположены.
Схема алгоритма	Э8	Документ, на котором в виде условных изображений или обозначений показаны составные части алгоритма работы устройства и связи между ними.
Пояснительная записка	ПЗ	Документ, содержащий описание устройства и принципа действия разрабатываемого изделия, а так же обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений

Оформление пояснительной записки

Выполнение дипломного проекта является завершающим этапом в подготовке специалистов и позволяет продемонстрировать знания, умения и навыки, приобретенные за время обучения в приложении к конкретной задаче. Пояснительная записка должна отвечать требованиями ГОСТов и методическим указанием по оформлению пояснительной записки.

Рекомендуемый состав пояснительной записки:

Титульный лист

Задание на дипломное проектирование .

Содержание - помещается на первом (заглавном) листе и включается в общее количество листов

Введение - состоит из краткого обзора существующего уровня развития техники по теме проекта и обязательного технико-экономического обоснования разработки и внедрения данного проекта

1 Выбор и обоснование схемы - в данном разделе приводится технико-экономическая оценка аналогичного устройства, выпускаемого промышленностью или опубликованного в литературе.

2 Описание структурной схемы - данный раздел включает в себя описание функциональных узлов схемы, описание сигналов используемых в работе схемы и описание принципа работы структурной схемы

3 Описание -принципиальной схемы - данный раздел включает в себя описание процессов происходящих в устройстве, фазы работы устройства, основные сигналы, определяющие начало и окончание фаз и порядок их происхождения.

4 Электрический и логический расчеты — данный раздел включает в себя расчет основных элементов схемы таких как: генераторы, мультивибраторы, интегрирующие и дифференцирующие цепи, ключи на биполярном транзисторе и др.

5 Расчет надёжности - данный раздел содержит две части: теоретическую и практическую. В этом разделе дается основные показатели надежности, расчет показателей надежности

6 Технологическая часть - основной целью технологической части дипломного проекта является формирование, у студентов умений проектировать устройства вычислительной техники. В технологической части дипломного проекта разрабатываются следующие разделы: анализ технологичности изделия, выбор варианта технологического процесса изготовления изделия, выбор и обоснование применяемых материалов, технологический процесс изготовления печатной платы, комплект документов

7 Экономическая часть — в этом разделе производится расчет себестоимости разработки и изготовления устройства, ожидаемого экономического эффекта от внедрения.

Техника безопасности - данный раздел содержит описания требований по технике безопасности при выполнении определенного вида работ с разрабатываемым устройством (сборки, монтажа, наладки, регулировки и т.д.).

Список использованной литературы - дается список литературы и методических указаний, используемых при работе над курсовым проектом

Приложения - в него входят описание элементной базы разрабатываемого устройство, перечень элементов, графическая часть дипломного проекта, комплект документов

При оформлении пояснительной записки следует строго соблюдать требования государственных стандартов ЕСКД

Введение

Введение разрабатывается и оформляется так же, как и остальные разделы, но не имеет своего номера раздела. Общий объем введения должен составлять 2 - 3 печатных листа. К основным вопросам, рассматриваемым во введении, являются:

- основы элементной базы цифровой схемотехники и базовые элементы;
- степень интеграции элементной базы и описание основных функциональных узлов цифровой схемотехники;
- основные аспекты и направления использования цифровой схемотехники в народном хозяйстве.

Основой элементной базы цифровой схемотехники являются полупроводниковые интегральные микросхемы. Базовыми элементами интегральных микросхем могут быть полевые или биполярные транзисторы, что автоматически определяет их технологию: униполярная или биполярная. Микросхемы на биполярных транзисторах имеют быстродействие в 10 - 20 раз выше, чем микросхемы на полевых транзисторах. Однако микросхемы на полевых транзисторах имеют плотность упаковки в 100 - 1000 раз выше, а энергопотребление ниже, чем микросхемы на биполярных транзисторах. В соответствии со всеми достоинствами и недостатками оба вида технологии имеют широкое применение на практике.

Биполярная технология используется в цифровой технике работающей в стационарных условиях, где требуется высокое быстродействие, причем объем аппаратуры и энергопотребление существенно роли не играет.

Униполярная технология используется в цифровой технике, работающей в полевых условиях, или в минимальном объеме аппаратуры. Имеет низкое энергопотребление и приемлемое быстродействие.

По степени интеграции микросхемы подразделяются на следующие группы:

- малая степень интеграции (10-50 элементов в одном кристалле) - это различные логические элементы, преобразователи уровней, триггеры и т.д.;
- средняя степень интеграции (50 - 500 элементов в одном кристалле) - это шифраторы, дешифраторы, мультиплексоры сумматоры, регистры, счетчики и т.д.;

Большая степень интеграции (500 - 100000 элементов в одном корпусе) - это программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), микросхемы памяти, цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи т.д.;

- сверхбольшая степень интеграции (100000 и выше элементов в одном корпусе) - это микроконтроллеры и микропроцессоры.

По функциональному назначению микросхемы подразделяются на цифровые и аналоговые. Аналоговые микросхемы предназначены для преобразования и обработки сигналов

изменяющихся по закону непрерывных функций.

Цифровые микросхемы предназначены для преобразования и обработки сигналов, представленных в цифровом коде.

В современной радиоэлектронике, при обработке информации используются комбинированные методы, сочетающие в себе как аналоговые, так и цифровые методы обработки информации.

Пример данного пункта приведен в приложении 2

1 Выбор и обоснование схемы.

Объем данного раздела составляет 1,5 - 2 печатных листа. Раздел должен состоять из следующих составных частей, расположенных в соответствии с указанной ниже последовательность:

- назначение предлагаемого устройства, его технические характеристики и основные направления и возможности для его практического использования;
- органы управления устройством, режимы его работы, правила эксплуатации устройства и общий порядок работы с ним;
- условия эксплуатации устройства: стационарные, полевые; выбор элементной базы для проектирования изделия и обоснование выбора, серии микросхем используемые при проектировании, требования по энергопотреблению: напряжение питания;
- потребляемая мощность; габаритные размеры устройства;
- сравнительный анализ с существующими аналогичными устройствами. Достоинства, недостатки, особенности применяемых конструктивных и схемотехнических решений.
- обоснование и пояснение основных схемотехнических решений принятых при проектировании устройства и общий принцип его функционирования.

Пример выполнения данного пункта приведен в приложении 2

2 Описание структурной схемы

Объем раздела «Описание структурной схемы» должен составлять от 3 до 6 листов печатного текста. Раздел должен состоять из следующих составных частей, расположенных в соответствии с указанной ниже последовательностью

- разбиение схемы на функциональные узлы;
- описание функциональных узлов;
- составление структурной схемы;
- описание сигналов работы структурной схемы;
- описание принципа работы структурной схемы.

Структурная схема представляет собой перечень самостоятельных функциональных узлов устройства и органов управления, соединенных между собой входными и выходными сигналами.

Описание функциональных узлов должно начинаться со следующего предложения: «Структурная схема устройства состоит из функциональных узлов» после чего идет перечень узлов с их описанием.

Перечень узлов содержит порядковый номер, номер узла, условное обозначение и полное наименование узла. В общем случае порядковый номер и номер узла могут не совпадать, так как порядковый номер проставляется по принципу слева на право, сверху в низ, а номер узла формируется из функциональных соображений.

Описание функционального узла состоит из его назначения, технических характеристик и параметров, общих принципов его функционирования и взаимодействий с другими узлами устройства. Чем более качественно и подробно описан принцип работы узлов, тем будет более просто и легко описывать принцип работы структурной схемы.

На структурной схеме, все самостоятельные функциональные узлы изображаются в форме прямоугольников. Внутри каждого из них указывается порядковый номер функционального узла и его обозначение. Обозначение допускается указывать, как в полном виде - наименование, так и в сокращенном - условное обозначение. Функциональные узлы соединяются между собой линиями (сигналами). Сигналы для функциональных узлов подразделяются на входные и выходные.

Входные сигналы подводятся к функциональному узлу только слева. Выходные сигналы должны отходить от функциональных узлов только справа. Подвод и отвод сигналов сверху или снизу по ЕСКД не допускается

Все входные и выходные сигналы должны иметь идентификаторы (условные обозначения которые проставляются при входах или выходах функциональных узлов). Эти идентификаторы используются при описании принципа функционирования структурной схемы.

Так же на структурной схеме должны быть изображены все органы управления устройством, используемые при описании принципа работы схемы. К таким органам управления устройствам относятся: включатели и выключатели, переключатели режимов работы и диапазонов, световые и звуковые сигнализаторы, индикаторы и т.д.

Описание сигналов должно содержать идентификатор сигнала и его полное наименование, определяющее его смысл и назначение. Допускается при описании сигналов указывать необходимые пояснения, облегчающие понимание принципа работы устройства.

При выполнении структурной схемы необходимо выбрать формат чертежа таким образом, чтобы полностью разместить структурную схему на одном листе. Если для выполнения структурной схемы выбран формат А4, то структурная схема может быть размещена как в самом разделе так и в приложении к пояснительной записке. При выборе другого формата структурная схема может быть размещена только в приложении. Структурная схема должна быть выполнена в полном соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Описание принципа работы структурной схемы должно начинаться с подачи питания на устройство и всех начальных установок происходящих при этом в функциональных узлах. Если устройство имеет несколько различных режимов работы, то каждый режим работы описывается отдельно. При описании принципа работы структурной схемы необходимо обязательное использование наименования узлов и сигналов. Описание структурной схемы должно в полном объеме определять порядок обработки и выходных сигналов, а также порядок формирования внутренних и выходных сигналов. Не допускается при описании структурной схемы использовать наименование микросхем и номера контактов взятых из принципиальной схемы.

В заключение описания структурной схемы целесообразно привести основные конструктивно технологические требования необходимые для успешной работы и реализации устройства.

Пример выполнения данного пункта приведен в приложении 3

3 Описание принципиальной схемы,

Описание работы принципиальной схемы устройства начинается с процессов, происходящих в нем, при подаче на схему или включения питающих напряжений и установки требуемых функциональных элементов в исходное состояние. К таким элементам относятся: триггеры, регистры, счетчики и другие элементы, работа которых определяется не только текущим, но и исходным состоянием электрических сигналов.

Установка элементов в исходное состояние производится с помощью дифференцирующих, интегрирующих и переходных цепей. При этом должна быть полностью указана последовательность прохождения сигналов с указанием номеров элементов микросхем и контактов. Описание начального этапа установки функциональных элементов в исходное состояние при подаче питания должно заканчиваться переходом устройства в режим ожидания поступления входных сигналов определяющих его функционирование. При описании принципа работы схемы должны быть полностью определены все фазы работы устройства, основные сигналы, определяющие начало и окончание фаз, и порядок их прохождения. Если устройство имеет несколько различных режимов работы, то каждый режим должен быть описан отдельно с указанием положений органов управления определяющих каждый режим. Обозначения выводов функциональных элементов указанных на принципиальной схеме и используемых при описании схемы должно полностью соответствовать их обозначению в разделе описание элементной базы.

Пример выполнения данного пункта приведен в приложении 4

4 Электрический и логический расчеты

4.1 Электрический расчет

Электрические расчеты выполняются и оформляются в соответствии с методическими указаниями для студентов по выполнению электрических расчетов курсовых и дипломных проектов.

- Исходные данные для электрического расчета, а также результаты расчета должны представляться в единицах измерения общепринятых для практического указания и использования.

Все электрические расчеты производятся в системе СИ с использованием следующих единиц измерения:

Ток I - ампер, А

Напряжение U - вольт, В

Время t - секунда, с

Частота f - герц, Гц

Сопротивление R - ом, Ом

Емкость C - фарад, ф

Перед выполнением расчета исходные данные переводятся в систему СИ, а после проведения расчетов результаты преобразуются в общепринятые практические единицы измерения.

Электрическим расчетам подлежат все следующие компоненты принципиальной схемы:

- мультивибраторы и генераторы, как в интегральном, так и дискретном исполнении;
- моновибраторы, ждущие мультивибраторы и формирователи импульсов заданной длительности;
- интегрирующие, дифференцирующие и переходные RC цепи;
- ключи на биполярных транзисторах с произвольным видом нагрузки в цепи коллектора (резисторы, обмотки реле, светодиоды).

Расчет каждого электрического компонента производится отдельно под своим порядковым номером.

Расчет каждого компонента начинается с поясняющего рисунка, исходных данных, и заканчивается рассчитанными значениями радиоэлементов, нумерация и условное обозначение радиоэлементов должно полностью соответствовать их обозначению и нумерации на принципиальной схеме.

Напряжение (разность потенциалов)

- характеризует источник энергетической энергии, предназначенный для питания различных электрических устройств;
- условное обозначение – U;
- единицы обозначения – вольт (В).

В цифровой схемотехнике для питания цифровых устройств используются источники постоянного тока с напряжением, как правило, не более 30 Вольт

Электрический ток – направленный поток заряженных частиц протекающих от большого потенциала к меньшему, характеризуется силой тока.

- условное обозначение – I;
- единицы обозначения – ампер (А).

миллиампер (мА)

микроампер (мкА)

- связь $1 \text{ A} = 10^3 \text{ mA} = 10^6 \text{ мкА}$

$1 \text{ мкА} = 10^{-3} \text{ mA} = 10^{-6} \text{ A}$

В цифровой схемотехнике сила тока может лежать в широких пределах от мкА до А в зависимости от сложности цифрового устройства.

Сопротивление (резистор) – предназначен для уменьшения величины протекающего тока.

- условное обозначение – R;
- единицы обозначения – Ом (Ом).

килом (кОм)

мегом (Мом)

- связь $1 \text{ A} = 10^3 \text{ кОм} = 10^6 \text{ МОм}$

$1 \text{ МОм} = 10^{-3} \text{ кОм} = 10^{-6} \text{ Ом}$

Дополнительной характеристикой резисторов является мощность P, $P=U \cdot I$. Мощность измеряется в ваттах, при этом необходимо напряжение измерять в вольтах, а ток в амперах. Мощность резистора всегда необходимо выбирать с запасом по сравнению с мощностью, потребляемой в схеме.

В цифровой схемотехнике используются следующие значения мощностей резисторов.

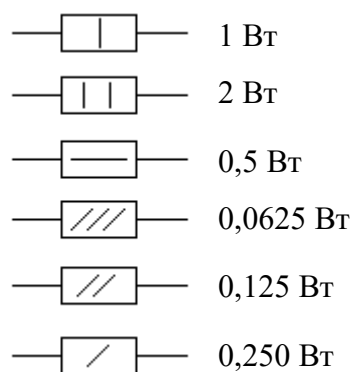


Рисунок 1 – Обозначение резисторов

Закон Ома $U=I \cdot R$. При расчетах используются единицы измерения: Вольт, Ом, Ампер.

Если какая – то из величин задана в других единицах измерения, ее необходимо перевести в казанные единицы. Закон Ома используется в цифровой схемотехнике как правило для расчета тока и сопротивления, так, как величина чаще всего определяется источником питания.

Емкость (конденсатор) – определяет величину заряда, которую способен получить данный элемент. Исходя из этого конденсатор постоянный ток не пропускает, а пропускает переменный ток или переменную составляющую электрического тока. Промывка

- условное обозначение – С;

- единицы обозначения – фарада (Ф).

микрофарада (мкФ)

нанофарада (нФ)

пикофарада (пФ)

- связь $1 \text{ Ф} = 10^6 \text{ мкФ} = 10^9 \text{ нФ} = 10^{12} \text{ пФ}$

$1 \text{ пФ} = 10^{-6} \text{ мкФ} = 10^{-3} \text{ нФ} = 10^{-12} \text{ Ф}$

Дополнительной характеристикой конденсатора является рабочее напряжение. Рабочее напряжение конденсатора должно быть больше, чем напряжение в самой схеме.

Постоянная времени – величина, показывающая связь значений R и C с временем заряда конденсатора.

- условное обозначение – τ ;

- единицы обозначения – секунда (с).

миллисекунда (мс)

микросекунда (мкс)

наносекунда (нс)

- связь $1 \text{ с} = 10^3 \text{ мс} = 10^6 \text{ мкс} = 10^9 \text{ нс}$

$1 \text{ нс} = 10^{-3} \text{ мкс} = 10^{-6} \text{ с} = 10^{-9} \text{ с}$

При задании значений R и C - τ определяется по формуле

$$\tau = R * C$$

При этом значение R указывается в Ом, значение C в фарадах, тогда значение будет в секундах.

Период – основная характеристика периодического сигнала – минимальный интервал времени через который форма выходного сигнала повторяется.

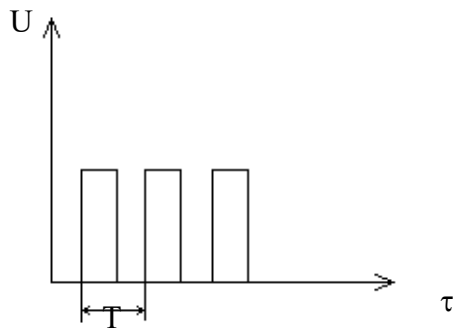


Рисунок 2

- условное обозначение – T ;
- единицы обозначения – с, мс, мкс, нс.

Частота – величина обратная периоду, показывает сколько периодов находится в единицы времени.

- условное обозначение – F ;
- единицы обозначения – герц (Гц).

килогерц (кГц)

мегагерц (МГц)

- связь $1 \text{ Гц} = 10^3 \text{ кГц} = 10^6 \text{ МГц}$

$$1 \text{ МГц} = 10^{-3} \text{ кГц} = 10^{-6} \text{ Гц}$$

Скважность – величина, определяющая отношение длительности периода к длительности импульса

- условное обозначение – Q ;
- единицы обозначения – безразмерная.

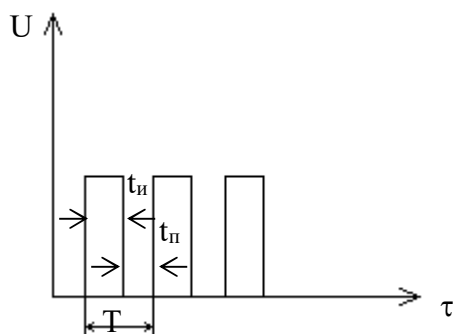


Рисунок 3

$t_{\text{и}}$ – длительность импульса

$t_{\text{п}}$ – длительность паузы

$$q = \frac{T}{t_{\text{и}}} = \frac{t_{\text{и}} + t_{\text{п}}}{t_{\text{и}}} \quad (1)$$

Если скважность $q=2$, то длительности $t_{\text{и}}$ и $t_{\text{п}}$ одинаковы

Если, то скважность $Q>2$, при $t_{\text{и}} > t_{\text{п}}$, $Q<2$,

Минимальное значение Q строго больше единицы

Пороговое напряжение – величина входного напряжения, при котором происходит переключение значений выходов микросхем из 0 в 1 и наоборот. Если на выходе микросхемы напряжение чуть больше порогового, на выходе микросхемы будет логическая единица. Если же напряжение на входе меньше порогового, на выходе будет логический ноль.

Величина порогового напряжения определяется типом логики:

ТТЛ логика $U_{\text{п}} = 1,5\text{В}$

МОП логика $U_{\text{п}} = U_{\text{пп}}/2 \text{ В}$

где $U_{\text{пп}}$ – напряжение питания, которое для МОП логики может быть от 3 до 15 вольт

$U_{\text{п}}$ - пороговое напряжение

Все расчетные электрические величины в цифровой схемотехнике задаются в удобном для работы виде и соответствующих единицах измерения. При выполнении расчетов все единицы переводятся в систему СИ: вольт, ампер, ом, фарада, секунда, герц. После выполнения расчетов выходные значения переводятся обратно в удобные единицы измерения.

4.1.1 RC цепи.

Основные сведения.

RC цепи предназначены для формирования импульсов одной формы из импульсов другой формы. Переходные процессы в RC цепях протекают по одному общему закону, и определяется произведением $R \cdot C$, называемыми постоянной времени τ . Для определения постоянной времени τ в системе СИ пользуются следующими соотношениями:

$$\tau (\text{с}) = R (\text{МОм}) \cdot C (\text{мкФ}),$$

$$\tau (\text{мс}) = R (\text{кОм}) \cdot C (\text{мкФ}),$$

$$\tau (\text{мкс}) = R (\text{МОм}) \cdot C (\text{пФ}).$$

Переходные процессы в RC цепи описываются функцией:

$$U_t = U \cdot \lambda^{-t/\tau} \quad (2)$$

где t – текущее время,

τ – постоянная времени,

U – входное напряжение для RC цепи,

U_t – выходное напряжение,

$\lambda^{-t/\tau}$ – основание натурального логарифма, $\ell = 2,718$ в степени $-t/\tau$.

Теоретически для заряда конденсатора требуется бесконечное время, на практике же считают время, в зависимости от допустимой точности, обычно до $5R \cdot C$. За указанное время процент от полного заряда конденсатора составит:

K (RC)	%
1	63
2	87
2,3	90
3	95
5	99

При проектировании цифровых устройств для расчета RC цепей используется полученная из соотношения (1) формула:

$$t = RC \cdot \lambda_n \frac{U_k - U_n}{U_k - U_t}. \quad (3)$$

где U_k – напряжение по завершению переходного процесса,

U_n – напряжение сразу после включения,

U_t – напряжение в произвольное время в течение переходного процесса,

ℓ_n – натуральный логарифм.

Дифференцирующие цепи.

Дифференцирующие RC цепи в основном используются для выделения переднего фронта входного сигнала - формирования короткого импульса по переднему фронту входного импульса произвольной длительности.

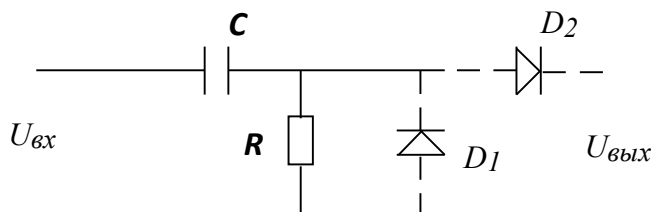


Рисунок 4

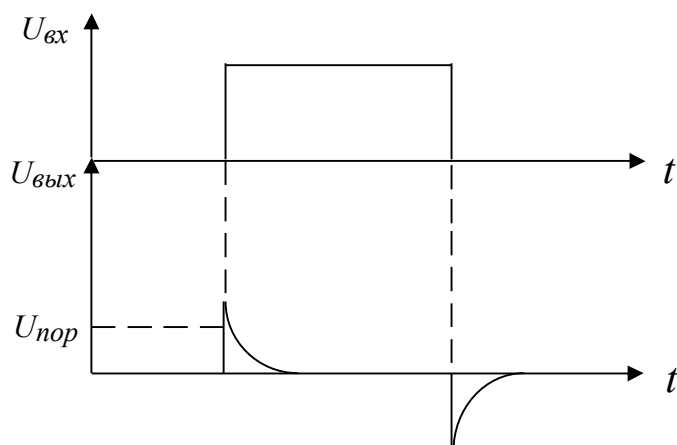


Рисунок 5

Рабочим является первый выходной импульс положительный, отрицательный импульс не используется и для исключения его вредного воздействия на работу микросхем их убирают с помощью диодов.

Для расчета длительности выходных импульсов подставляем в формулу (2) значения $U_k = 0, U_n = U_{вх}, U_t = U_{пор}$, в результате получаем

$U_{пор}$ – пороговое напряжение, переключающее нагрузку из 1 в 0.

$$t = RC \cdot \ln \frac{0 - U_{вх}}{0 - U_{пор}} = RC \cdot \ln \frac{U_{вх}}{U_{пор}}. \quad (4)$$

Длительность выходного импульса измеряется на уровне $U_{пор}$

Пол расчетом дифференцирующей цепи понимается: по заданным исходным данным рассчитать требуемые значения R и C.

Исходные данные:

$U_{вх}$ - входное напряжение или напряжение питания схемы. Определяется по схеме.

Для логики ТТЛ $U_{вх}=5$ Вольт, для логики МОП $U_{вх}$ равно напряжению источника питания и может лежать в пределах от 3 до 15 Вольт.

$U_{пор}$ - пороговое напряжение

для логики ТТЛ $U_{пор} = 1,5V$

для логики МОП $U_{пор} = U_{вх}/2$

$I_{раб}$ - выбирается из учета ограничения входного тока RC цепи, но не более максимального возможного входного тока

$t_{и}$ длительность импульса - определяется из описания схемы. Если значение $t_{и}$ не указано, определяется по формуле

при известных (заданных в схеме) значениях R и C.

Например

логика ТТЛ, $R=10 \text{ кОм}$, $C=0,01 \text{ мкф}$,

$$t_u = 10 \cdot 10^3 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6} \cdot \ln \frac{5}{1,5} = 100 \cdot 1,2 \cdot 10 = 120 \text{ мс}$$

Расчет начинается с определения значения номинала R. В начале определяется R минимальное.

$$R_{min} = \frac{U_{вх}}{I_{раб}}, \text{ после чего выбирается } R \text{ практическое.}$$

$R_{пр} > R_{min}$ из ряда допустимых номиналов $R_{пр}$ выбирается тем больше, чем больше $t_{и}$

Интегрирующие цепи.

Интегрирующие цепи используются для задержки входного импульса, формирования линейно изменяющихся напряжений в различных устройствах вычислительной, цифровой, телевизионной техники.

Для расчета времени задержки входных импульсов подставляем в формулу (2) значения $U_k = U_{зар}$, $U_n = 0, U_t = U_{пор}$,

$$t_3 = RC \cdot \ln \frac{U_{вх}}{U_{вх} - U_{пор}} \quad (5)$$

Время задержки входного импульса оценивается на уровне $U_{пор}$, переключающее нагрузку из 0 в 1.

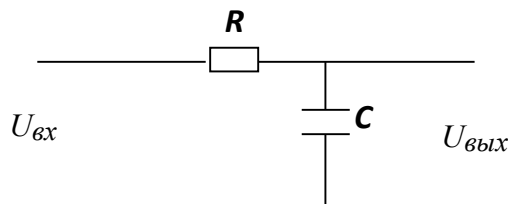


Рисунок 7

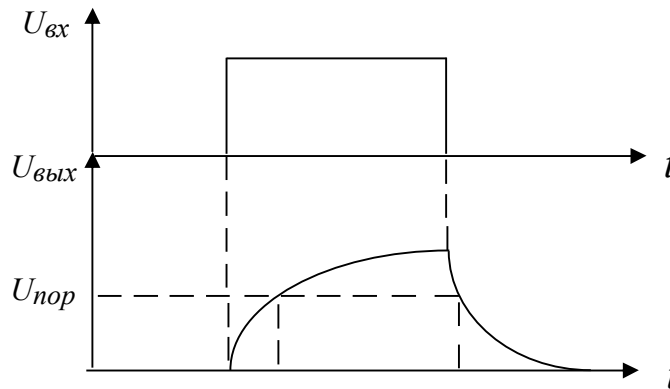


Рисунок 8

Под расчетом интегрирующей цепи понимается: по заданным исходным данным считать значения R и C .

Исходные данные

$U_{пор}$
 $U_{вх}$
 $I_{раб}$

аналогично дифференцирующей цепочке

t_3 – время задержки входного сигнала определяется из описания схемы. Если значение t_3 не указано, определяется по формуле 5 при известных (заданных в схеме) значениях R и C .

4.1.2 Генераторы прямоугольных импульсов (мультивибраторы) на ИМС.

Основные сведения.

Главными характеристиками последовательности прямоугольных импульсов являются:

$t_{и}$ – длительность импульса,

$t_{п}$ – длительность промежутка между импульсами,

$T = t_{и} + t_{п}$ – период повторения импульсов,

$f = \frac{1}{T}$ – частота повторения импульсов,

$Q = \frac{T}{t_{и}}$ – скважность импульсов.

Под расчетом генератора прямоугольных импульсов подразумевается выбор типовой схемы генератора в зависимости от типа используемой логики и расчет номиналов R и C , удовлетворяющих исходным данным для расчета генератора f и Q .

В зависимости от выбранной логики КМОП, ТТЛ используются разные типовые схемы. Это обусловлено тем, что у логики ТТЛ по сравнению с логикой КМОП входное сопротивление элементов гораздо меньше и не одинаково по высокому и низкому уровню.

Мультивибраторы на КМОП логике.

Благодаря простоте и хорошим эксплуатационным характеристикам для мультивибраторов в основном используются элементы: И – НЕ, ИЛИ – НЕ. Наиболее часто используется следующая типовая схема мультивибратора:

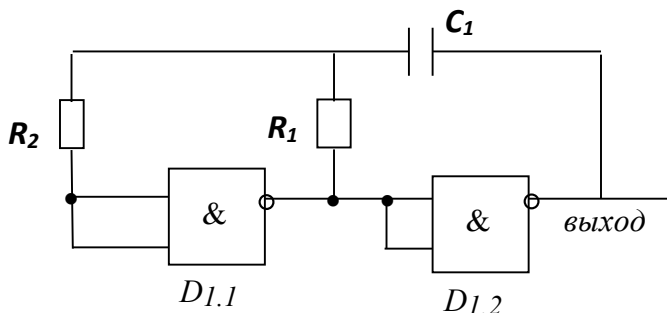


Рисунок 9

Данная схема мультивибратора не предусматривает внешнее управление и формирует последовательность импульсов со скважностью $Q = 2$.

Для внешнего управления работой генератора, необходимо разомкнуть входы $D_{1.1}$ и на один из входов подать сигнал, разрешающий работу генератора (1).

Для формирования последовательности импульсов с заданной скважностью $Q \neq 2$, необходимо вместо R_1 подсоединить следующие элементы:

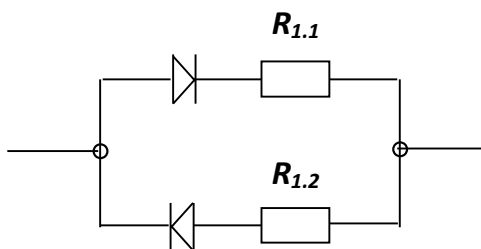


Рисунок 10

В этом случае заряд и разряд конденсатора будет происходить по разным цепям и если $R_{1.1} \neq R_{1.2}$, то $t_{\text{н}} \neq t_{\text{п}}$.

При расчете мультивибратора используются следующие формулы:

$$T = t_{\text{н}} + t_{\text{п}}, \quad (6)$$

$$t_u = -\tau_1 \cdot \ln \frac{U_{\text{нор}}}{U_n + U_{\text{нор}}}, \quad (7)$$

$$t_n = -\tau_2 \cdot \lambda n \frac{U_n - U_{nop}}{2 \cdot U_n - U_{nop}}, \quad (8)$$

где $\tau_1 = R_{1.1} \cdot C_1$, $\tau_2 = R_{1.2} \cdot C_1$,

U_{π} – напряжение питания,

U_{nop} – пороговое напряжение при переходе от 0 и 1 и обратно.

Если $Q = 2$, то $\tau_1 = \tau_2$ и $R_{1.1} = R_{1.2} = R_1$.

Как правило, для большинства микросхем КМОМ $U_{nop} = \frac{U_n}{2}$

и при $Q = 2$

$$T = 2,2 \cdot R_1 \cdot C_1 \quad (9)$$

Выбор конкретных значений номиналов R_1 и C_1 ограничен:

$$R_1 = 10 \text{ кОм} \div 5 \text{ МОм}, \quad C_1 = 100 \text{ пФ} \div 1 \text{ мкФ}.$$

Верхний предел емкости и нижний предел сопротивления обусловлен максимально допустимыми значениями выходного тока микросхем. Нижний предел емкости и верхний предел резистора – влиянием паразитных емкостей и сопротивлений.

Сопротивление R_2 выбирается в пределах $2R_1 \leq R_2 \leq 10 R_1$. R_2 предназначен для ограничения тока разрядки конденсатора и формирования более крутых фронтов импульсов.

Расчет мультивибратора.

Исходные данные для расчета:

f – частота повторения импульсов,

Q – скважность импульсов.

Если $Q = 2$ для расчета R и C можно воспользоваться формулой (8). Тогда

$$R_1 \cdot C_1 = \frac{0,46}{f}, \quad (10)$$

С учетом ограничения тока разряда конденсатора выбираем R_1 и по формуле (9) находим C_1 . Если C_1 лежит в допустимом диапазоне, расчет окончен. В противном случае выбираем другой номинал R_1 и находим C_1 .

После этого выбираем R_2 , $2R_1 \leq R_2 \leq 10 R_1$. Если $Q \neq 2$, порядок расчета такой:

$$\text{Находим: период } T = \frac{1}{f}, \quad t_u = \frac{T}{Q}, \quad t_n = T - t_u$$

Выбираем наименьшее значение из t_n , t_{π} .

Используя одну из формул (6), (7) находим соответствующее τ , например τ_1

Выбираем из учета ограничения тока заряда конденсатора $R_{1.1}$ и по формуле

$C_1 = \frac{\tau_1}{R_{1.1}}$ находим значение C_1 .

Далее по формуле (7) находим τ_2 и по формуле $R_{1.2} = \tau_2 \cdot C_1$ находим $R_{1.2}$.

После этого выбираем $R_2 \cdot \max (R_{1.1}, R_{1.2}) \leq R_2 \leq 10 \max (R_{1.1}, R_{1.2})$. На этом расчет генератора закончен.

Мультивибраторы на ТТЛ логике.

Так же как и в мультивибраторах на КМОП логике, в мультивибраторах на ТТЛ логике в основном используются элементы: И – НЕ, ИЛИ – НЕ, НЕ. Наиболее часто, в силу своей простоты, используются следующие схемы:

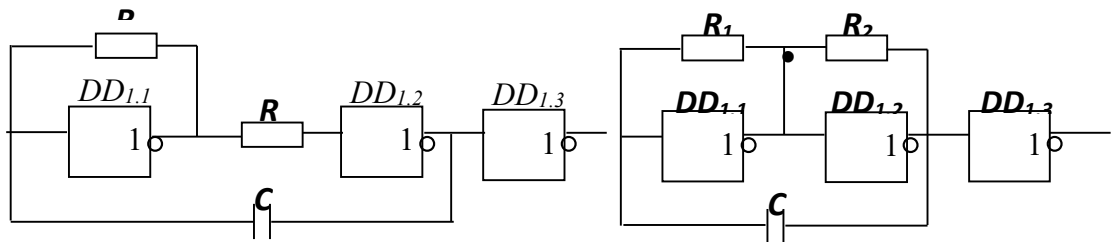


Рисунок 11

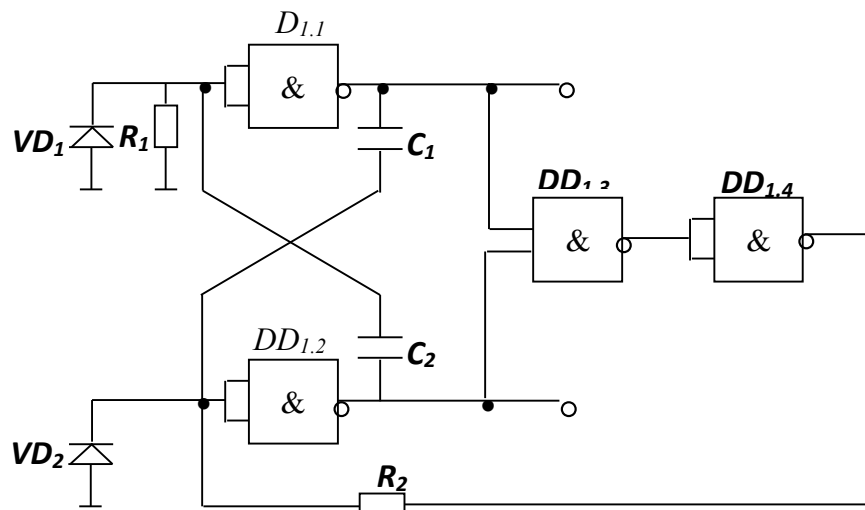
Роль резистора R_2 вспомогательная, он способствует выравниванию интервалов импульс пауза и увеличению крутизны фронтов импульсов. Выходной элемент $DD_{1.3}$ служит для развязки генератора от нагрузки и улучшения формы выходных импульсов. Время задающей цепью генератора является $\tau = R_1 \cdot C_1$. В связи с низким входным сопротивлением логики ТТЛ, для устойчивости работы генератора R_1 выбирают в пределах $300 \text{ Ом} \leq R_1 \leq 680 \text{ Ом}$.

Примерное значение периода генерации при этих условиях определяется по формуле:

$$T = 2,4 \cdot \tau = 2,4 \cdot R_1 \cdot C_1 .$$

Указанные выше схемы используются при скважности $Q = 2$.

При скважности $Q \neq 2$ можно использовать следующую схему.



Диоды VD_1 , VD_2 являются защитными. При их отсутствии отрицательные перепады при перезарядке конденсатора могут вывести элементы $D_{1.1}$, $D_{1.2}$ из строя. Элементы $D_{1.1}$ и $D_{1.2}$ представляют собой мультивибратор. Элементы $D_{1.3}$, $D_{1.4}$ являются цепью запуска, если при включении устройства оба элемента $D_{1.1}$, $D_{1.2}$ окажутся открытыми. Время задающими цепями являются $\tau_1 = R_1 \cdot C_2$, $\tau_2 = R_2 \cdot C_1$.

Период колебания мультивибратора:

$$T = t_1 + t_2,$$

где t_1 – длительность импульса,

t_2 – длительность промежутка.

$$t_1 = \tau_1 \cdot \ln \frac{U}{U_n}, \quad t_2 = \tau_2 \cdot \ln \frac{U}{U_n}.$$

Таким образом

$$T = (R_1 \cdot C_2 + R_2 \cdot C_1) \cdot \ln \frac{U}{U_n},$$

где U – максимальное напряжение выхода микросхем.

U_n – пороговое напряжение, при котором выход микросхемы переключается с 0 на 1.

В общем случае величина U зависит как от используемых микросхем, так и величин резисторов R_1 , R_2 .

Для приближенных расчетов можно считать $U = 4$ В, $U_n = 1,5$ В.

Сама методика расчета мультивибратора на ТТЛ логике аналогична расчету мультивибратора на КМОП логике.

4.1.3 Электронные ключи и эмиттерные повторители на биполярных транзисторах.

Использование электронных ключей и эмиттерных повторителей в цифровых устройствах обусловлено необходимостью:

- Согласования по току и напряжению входных логических сигналов с выходной нагрузкой;
- Нестандартного преобразования логических сигналов, не реализуемого цифровыми микросхемами;
- Увеличения мощности выходного сигнала.

Электронные ключи.

Ключ комитирует (включает и выключает) участки электрической цепи. Его действие основано на том, что во включенном состоянии он обладает очень малым, а в выключенном состоянии весьма большим сопротивлением. В ключевом режиме транзистор обычно выключается по схеме с общим эмиттером.

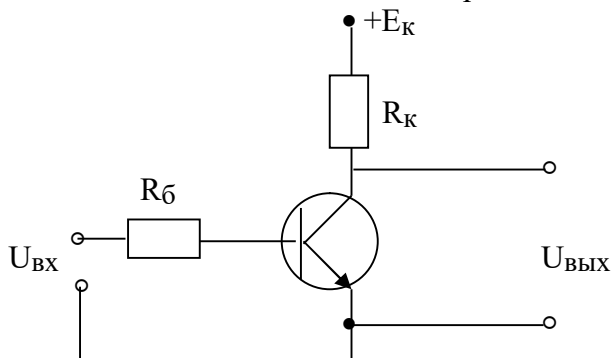


Рисунок 13

Ключ может находиться в одном из двух стационарных состояний:

- во включенном (режим насыщения);
- в выключенном (режим отсечки).

Режим насыщения возникает при положительном входном напряжении, если создаваемый им базовый ток удовлетворяет условию:

$$I_Б \cdot \beta \geq I_{KH}$$

где $I_Б$ – базовый ток;

I_{KH} – ток насыщения коллектора;

β – коэффициент усиления базового тока.

$$E = I_{KH} \cdot R_K + U_{KЭ}$$

Как правило, для транзисторов напряжение между коллектором и эмиттером ($U_{KЭ}$) в режиме насыщения весьма мало ($> 0,4$ В), поэтому в подавляющем большинстве расчетов им можно пренебречь, то есть

$$E \approx I_{KH} \cdot R_K$$

Режим отсечки насыщения возникает при отрицательном входном напряжении, если оно обеспечивает запирающее эмиттерного перехода ($U_{KЭ} \leq 0$). Так как в этом режиме в цепи базы проходит вытекающий из нее обратный ток коллекторного перехода, то указанное условие запишется:

$$-U_{BX} + I_{KO} \cdot R_Б \leq 0$$

где U_{BX} – абсолютное значение отрицательного входного напряжения;

I_{KO} – значение обратного тока при максимальной рабочей температуре.

В режиме отсечки $I_K = I_{KO} \approx 0$

$$U_{\text{вых}} = E - I_{KO} \cdot R_K \approx E$$

Таким образом, для переключения выше рассмотренного ключа требуется двух полярные импульсы. Лишен этого недостатка ключ с внешним смещением, который в исходном состоянии заперт отрицательным источником смещения E_6 , а в отпертое состояние переключается положительным входным сигналом. Однако в обоих этих случаях для работы ключа требуются двух полярные источники питания. Поэтому на практике, при работе транзистора в ключевом режиме режим отсечки заменяют минимально возможным полуоткрытым состоянием ключа, соответствующим логическому состоянию $U_{\text{вх}} = 0$.

Так как транзистор является инерционным элементом, то переход ключа из одного состояния в другое происходит не мгновенно, а с некоторой задержкой, обусловленной наличием входной емкости транзисторов.

Переключение ключа из одного состояния в другое описывается переходными процессами, что учитывается при высоких частотах работы ключей.

Расчет ключа на биполярном транзисторе.

1. Выбор по справочнику соответствующего типа транзистора в зависимости от характеристик нагрузки (типа, напряжения);
2. Формирование данных для расчета ключа;

Исходные данные:

U_0 – входное напряжение, соответствующее логическому нулю,

U_1 – входное напряжение, соответствующее логической единице,

E – напряжение питания.

Справочные данные:

I_{KBO} – обратный ток коллектора в режиме отсечки,

I_{max} – максимальный ток транзистора,

$I_{\text{нас}}$ – ток насыщения транзистора,

$U_{KЭ}$ – напряжение между коллектором и эмитером в режиме насыщения

β – коэффициент усиления базового тока.

3. Выбор рабочего тока коллектора I_{K1} в режиме насыщения:

$$I_{\text{нас}} \leq I_{K1} \leq I_{\text{max}}$$

4. Расчет сопротивления нагрузки R_K :

$$R_K = \frac{E - U_{KЭ}}{I_{K1}} \quad (11)$$

5. Выбор практического значения $R_{Kп}$ по таблице номиналов резисторов:

$$R_{кп} \geq R_k$$

6. Расчет тока базы в режиме насыщения:

$$I_{б1} = \frac{I_{к1}}{\beta} \quad (12)$$

7. Расчет $R_б$ в режиме насыщения:

$$R_б = \frac{U_1}{I_{б1}} \quad (13)$$

8. Выбор практического значения $R_{бп}$ по таблице номиналов резисторов

$$R_{бп} \leq R_б$$

9. Расчет выходных характеристик ключа в режиме U_0 , U_1 :

Режим U_0 :

$$U_{бo} = U_0 + I_{кbo} \cdot R_{бп};$$

$$I_{бo} = \frac{U_{бo}}{R_{бп}};$$

$$U_{кэ1} = U_{кэ};$$

$$I_{ко} = \beta \cdot I_{бo};$$

$$U_{кэo} = E - I_{ко} \cdot R_{кп};$$

Режим U_1 :

$I_{к1}$ выбран в пункте 3,

Полученные выходные характеристики ключа в режиме U_0 и U_1 должны соответствовать напряжениям логического нуля и единицы используемой логики. Если соответствие не соблюдается необходимо изменить исходные данные.

Эмиттерный повторитель.

Эмиттерный повторитель, в отличие от электронного ключа, который инвертирует входной сигнал, повторяет форму входного сигнала. В эмиттерном повторителе нагрузка расположена в цепи эмиттера.

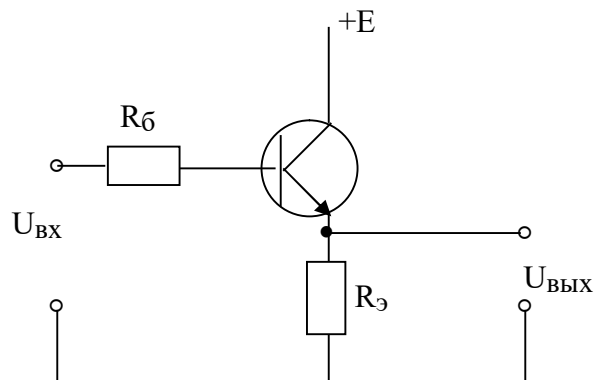


Рисунок 14

В эмиттерном повторителе $U_{вх}$ всегда больше $U_{вых}$. При $R_6 = 0$, разница между входным и выходным напряжением равно напряжению на открытом эмиттерном переходе, т. е. Весьма мала (примерно 0,2 В). Поэтому выходное напряжение по значению и фазе достаточно близко совпадает с входным напряжением, что и обусловило название этого элемента. Эмиттерный повторитель охвачен 100% отрицательной обратной связью, поэтому его входное сопротивление значительно выше выходного. При расчете эмиттерного повторителя используют следующие соотношения:

$$R_{вх} = R_6 + R_3 \cdot (\beta + 1);$$

$$I_3 = I_6 + I_k = I_6 + I_6 \cdot \beta = I_6 \cdot (1 + \beta);$$

$$U_{вых} = U_{вх} - I_6 \cdot \beta - 0,2.$$

где: $R_{вх}$ – входное сопротивление эмиттерного повторителя,

R_3 – сопротивление нагрузки эмиттерного повторителя,

β – коэффициент усиления базового тока,

I_3 – ток эмиттера,

I_6 – ток базы,

I_k – ток коллектора,

0,2 – падение напряжения на открытом эмиттерном переходе.

Расчет эмиттерного повторителя заключается в определении R_6 и R_3 при заданном входном напряжении U_1 , открывающим транзистор и требуемых входных параметрах $U_{вых}$, I_3 . U_0 – входное напряжение закрытого транзистора считается равным нулю.

Пример расчетов данного пункта приведен в приложении 5

4.2 Расчет блока питания

Расчет блока питания производится только в том случае если предлагаемое устройство предназначено для эксплуатации в стационарных условиях и имеет самостоятельный источник питания. В противном случае в этом разделе производится расчет потребляемой мощности устройством, напряжение питания и его источник. При наличии самостоятельного источника питания дополнительно прилагается схема блока питания, выбираются и обосновываются: тип трансформатора, фильтрующие конденсаторы, стабилизаторы и прочие радиоэлементы, используемые в блоке питания.

4.3 Логический расчет

Логический расчет представляет собой графическое изображение временных диаграмм

электрических сигналов основных функциональных узлов устройства поясняющее принцип его действия. Так же к логическому расчету относятся таблицы прожига постоянного запоминающего устройства необходимые для функционирования устройства в целом и другие расчеты, используемые для обоснования принятых схемотехнических решений. Логический расчет должен сопровождаться текстом поясняющим порядок расчета, порядок формирования электрических сигналов и облегчающим понимание принципа функционирования устройства.

Основные электрические понятия, расчетные электрические величины их связь, единицы измерения.

5. Расчет надежности изделия

Объем данного раздела составляет

- теоретическая часть 1,5 - 2 листа
- расчетная часть в программе **QBASIC** → **NADES.BAS** – 3 листа

5.1 Теоретическая часть должна содержать

- понятия и определения показателей надежности;
- методы повышения надежности.

Основным показателем ЭВМ является надежность. Она зависит как от надежности используемой элементной базы, так и от принятых схмотехнических и конструктивных решений.

Надежность- это свойство выполнять заданные функции, сохраняя эксплуатационные показатели в допустимых пределах в течении требуемого промежутка времени и возможность возобновления функционирования утраченного по тем или иным причинам.

Для оценки надежности введены понятия работоспособность и отказ.

Работоспособность- это состояние ЭВМ, при котором она в данный момент времени соответствует всем требованиям, характеризующих нормальное протекание вычислительного процесса.

Отказ- событие, состоящие в полной или частичной утрате работоспособности системы. Так как не всякая неисправность приводит к отказу, то на практике различают основные и второстепенные неисправности. Основные неисправности приводят к отказу, а второстепенные - не приводят, но создают неудобства при эксплуатации.

При определении надежности ЭВМ необходимо знать процесс возникновения отказов устройств, конфигурацию системы, порядок обслуживания и ремонта устройств

Выбор количественных характеристик надежности зависит от вида ЭВМ (восстанавливаемые и невосстанавливаемые). Восстанавливаемые ЭВМ- ЭВМ, которые в процессе выполнения своих функций допускают ремонт. Если произойдет отказ такой ЭВМ, то он вызовет прекращение функционирования изделия только на период устранения отказа. Невосстанавливаемые - ЭВМ, которые в процессе выполнения своих функций не допускают ремонт.

Показатели надежности: Вероятность безотказной работы, вероятность отказа, интенсивность, средняя наработка на отказ.

Значительное повышение надежности достигается созданием новых элементов, таких как интегральные схемы. Однако существуют элементы, надежность которых достаточно низкая и трудно поддается повышению. Поэтому одним из распространенных путей повышения надежности является ведение схемной избыточности.

Схемная избыточность может быть нескольких видов:

а) Структурное резервирование - предполагает включение в схему устройств дополнительных элементов, которые позволяют скомпенсировать отказы отдельных частей устройства и обеспечить их надежную работу. Однако резервирование эффективно только в том случае, когда неисправности являются статически независимыми.

б) Резервирование без восстановления - различается по виду включения резервных элементов (постоянное резервирование, резервирование замещением и скользящее резервирование).

5.2 Расчетная часть содержит три основных этапа

На первом этапе считается количество элементов изделия согласно приведенной ниже таблицы 2

Таблица 2

Наименование элемента	Количество элементов	примечание
Резисторы		
$R \leq 100 \text{ кОм}$		
$R > 100 \text{ кОм}$		
Конденсаторы		
Электролитические		
Керамические		
до 0,001 мкф		
от 0,001 до 0,1 мкф		
от 0,1 мкф до 1 мкф и более		
Микросхемы		
Общее количество серий		Пример 561, 155, 176 и т.д.
Серия		
Количество		
Диоды, стабилитроны		
Транзисторы		

Реле электромагнитное		K1
Устройство коммут		
Соединение пайкой		
Приемо-усил. Лампы		
Трансформаторы		
Дроссели		
Катушки индуктивности		
Переключатели		S, SA
Тумблеры, кнопки		SB
Микротумблеры		
Разъемы		X, XW
Электродвигатели		
Панели ламповые		

Второй этап – это занесение в программу **QBASIC NADES.BAS**

- условий эксплуатации изделия

температура при которой работает система - 30°;

коэффициент нагрузки элементов системы – 0,2;

- данные согласно расчетам первого этапа.

Заключительным этапом является вывод расчета на периферийное устройство

Расчет выводится на трех листах

На первом листе выводится

Таблица «Полный расчет надежности системы с учетом условий эксплуатации».

На втором листе выводится

Интенсивность отказов системы и таблица «Вероятности».

На третьем листе выводится

График «Вероятность безотказной работы в течении времени».

Пример выполнения надежности приведен в приложении

Пример выполнения данного пункта приведен в приложении 6

6. Технологическая часть проекта

6.1. Анализ технологичности изделия

Технологичной называется такая конструкция, которая может быть изготовлена при наименьшей затрате овеществленного и живого труда и полностью отвечает предъявляемым к изделию эксплуатационным требованиям.

Среди критериев, оценивающих технологичность конструкции, наиболее применяемыми являются следующие: распределение деталей по преемственности, классам точности, технологической конфигурации и применяемым материалам, распределение узлов (сборок) по сложности и взаимозаменяемости внутри узлов, ориентировочная трудоемкость изготовления деталей и сборки изделий; специальная технологическая оснастка, общая характеристика для оценки технологичности.

При определении технологичности создаваемых конструкций необходимо учитывать все фазы производства, характеризующие изготовление не только деталей, но и изделия в целом.

В качестве основных направлений повышения технологичности в радиоэлектронном аппаратостроении могут быть приняты:

1. Повышение технологичности деталей изделия;
2. Повышение технологичности узлов и изделия в целом.
 - 1.1. Показатели степени технологичности:
 1. Коэффициент стандартизации рассчитываем по формуле 1:

$$n_{ст} = \frac{K_9}{n} \quad (14)$$

где $n_{ст}$ — коэффициент стандартизации;

K_9 — число стандартизированных элементов;

n — общее число электрорадиоэлементов;

2. Коэффициент нормализации рассчитываем по формуле 2:

$$n_{норм} = \frac{K_1}{n} \quad (15)$$

где K_1 — число нормализованных элементов;

$n_{норм}$ — коэффициент нормализации.

3. Коэффициент преемственности рассчитываем по формуле 3:

$$n_{прим} = \frac{K_{11}}{n} \quad (16)$$

где K_{11} — число преемственных элементов;

$n_{\text{преем}}$ – коэффициент преемственности.

4. Коэффициент автоматизации соединений рассчитываем по формуле 4:

$$n_{\text{авт.соед}} = \frac{n_2}{K_2} \quad (17)$$

где n_2 – число монтажных соединений выполненных автоматизированным и механизированным методом;

$n_{\text{авт.соед}}$ – коэффициент автоматизации соединений.

5. Коэффициент использования микросхем рассчитываем по формуле 5:

$$n_{\text{исп}} = \frac{m}{n} \quad (18)$$

где $n_{\text{исп}}$ – коэффициент использования микросхем;

m – число используемых микросхем;

6. Коэффициент механизированного монтажа рассчитываем по формуле 6:

$$n_{\text{мех.монт}} = \frac{K_4}{K_2} \quad (19)$$

где $n_{\text{мех.монт}}$ – коэффициент механизированного монтажа;

K_4 – число монтажных электрорадиоэлементов выполненных механическим методом.

7. Коэффициент автоматизации контроля рассчитываем по формуле 7:

$$n_{\text{авт.конт}} = \frac{n_5}{K_5} \quad (20)$$

где $n_{\text{авт.конт}}$ – коэффициент автоматизации контроля;

n_5 – общее число операций контроля и настройки выполненных автоматизированным способом;

K_5 – число операций контроля и настройки.

8. Коэффициент повторяемости рассчитываем по формуле 8:

$$n_{\text{повт}} = 1 - \frac{K_6}{n} \quad (21)$$

где $n_{\text{повт}}$ – коэффициент повторяемости;

K_6 – общее число типов электрорадиоэлементов.

9. Коэффициент использования оригинальных элементов рассчитываем по формуле 9:

$$n_{\text{орг.элемент}} = 1 - \frac{K_7}{n} \quad (22)$$

где $n_{\text{орг.элемент}}$ – коэффициент прогрессивности;

K_7 – число типов оригинальных элементов.

10. Коэффициент прогрессивности рассчитываем по формуле 10:

$$n_{\text{прогр}} = \frac{d}{n} \quad (23)$$

где d – число деталей полученных прогрессивным способом.

11. Коэффициент унификации рассчитываем по формуле 11:

$$n_{\text{униф}} = \frac{K_9 + K_1 + K_{11}}{n} \quad (24)$$

где $n_{\text{униф}}$ – коэффициент унификации.

12. Коэффициент технологичности рассчитываем по формуле 12:

$$N_t = \frac{K_2 + n_{\text{авт.соед.}} + 0,75n_{\text{авт.конт.}} + 0,31n_{\text{повт.}} + 0,187n_{\text{орг.эл.}} + 0,11n_{\text{прогр}}}{K_2 + n_{\text{авт.соед.}} + n_{\text{мех.монт.}} + n_{\text{авт.конт.}} + n_{\text{повт.}} + n_{\text{прогр.}}} \quad (25)$$

Полученные данные сводим в таблицу

Пример полученной таблицы приведен в приложении 6

6.2 Выбор варианта технологического процесса изготовления изделия

Варианты технологического процесса различаются методами изготовления печатной платы (операция 2). Рассмотрим для примера различные варианты:

а) Типовой процесс изготовления изделия с комбинированным методом изготовления печатных плат

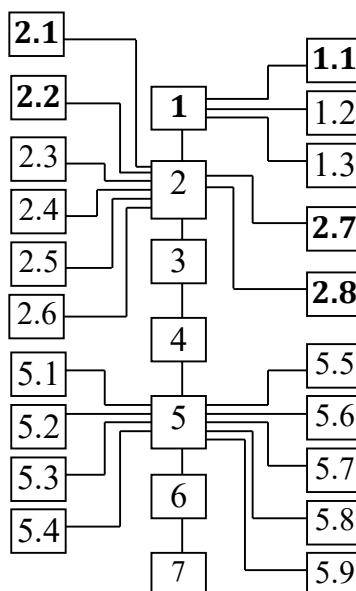


Рисунок 15 Схема технологического изготовления изделия комбинированным мето-

дом

Описание технологического процесса:

1). Подготовка производства.

Включает в себя следующие технологические операции:

- 1.1. Закупка элементов, входящих в состав печатной платы;
- 1.2. Подготовка материала основания печатной платы;
- 1.3. Приготовление лаков, припоев, флюсов, промывочных растворов.

2). Изготовление двухсторонней печатной платы (ДПП) производится комбинированным методом на фольгированном стеклотекстолите с металлизированными отверстиями с применением сухого пленочного фоторезиста СПФ–ВЩ–2 ПО ОСТ 107.460.092.004.01–86.

Включает в себя следующие операции:

- 2.1. Входной контроль;
 - 2.2. Механическая обработка печатной платы;
 - 2.3. Предварительная металлизация;
 - 2.4. Получение рисунка печатной платы;
 - 2.5. Электрохимическая металлизация;
 - 2.6. Удаление защитного рельефа;
 - 2.7. Маркирование
 - 2.8. Контроль.
- 3). Внутренний монтаж.

Пайка резисторов, конденсаторов, диодов, транзисторов, производится автоматизированным методом групповой пайки, например волной припоя. При установке выводы деталей вставляются в отверстия печатной платы и закрепляются со стороны пайки подгибом.

4). Изготовление корпуса изделия.

Наиболее рациональной формой для многих изделий является прямоугольник. Учитывая требования к устройству, а также наличие на предприятии-изготовителе технологий и оснастки, в качестве основного материала, используемого для изготовления корпуса можно выбирать пластмассу. Выбор варианта конструкции осуществляется исходя из технических требований и условий производства.

5). Внешний монтаж.

Включает в себя следующие операции:

- 5.1. Комплектовочная;
- 5.2. Заготовительная;
- 5.3. Подготовка печатной платы к сборке;
- 5.4. Сборочная;
- 5.5. Контрольная;

- 5.6. Монтаж элементов на корпус;
- 5.7. Установка платы в корпус;
- 5.8. Контроль;
- 5.9. Закрытие корпуса крышкой.
- 6). Контроль.

Все контрольные операции осуществляются после каждой технологической операции. После окончания сборки изделия производится контроль правильности сборки изделия и испытание на воздействие климатических факторов окружающей среды.

- 7). Упаковка.

Разрезать полиэтиленовую пленку ножницами толщиной 0,1 мм. Допускается упаковывать в бумагу конденсаторную или кабельную. Сварить продольные и один поперечный швы. Швы должны располагаться на расстоянии 10 мм. от изделия. Обжать пакет для удаления воздуха пластинами из пенополиуретана толщиной 10 мм. Сварить поперечный шов. Контроль качества производится визуально на 100% упакованного изделия. Не допускаются не провары, прожоги, трещины, пористость в упаковке.

б) Технологический процесс изготовления с использованием электрохимического метода изготовления печатных плат

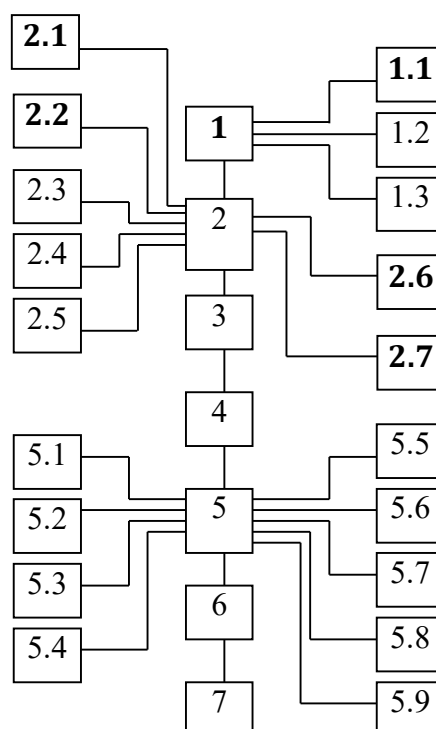


Рисунок 16 Схема технологического изготовления изделия электрохимическим методом

Описание технологического процесса:

- 1). Подготовка производства.

Включает в себя следующие технологические операции:

- 1.1. Закупка элементов, входящих в состав печатной платы;
- 1.2. Подготовка материала основания печатной платы;
- 1.3. Приготовление лаков, припоев, флюсов, промывочных растворов.

2). Изготовление двухсторонней печатной платы производится электрохимическим методом на фольгированном стеклотекстолите с металлизированными отверстиями с применением сухого пленочного фоторезиста СПФ–ВЩ–2 ПО ОСТ 107.460.092.004.01–86.

Включает в себя следующие операции:

- 2.1. Входной контроль;
 - 2.2. Механическая обработка печатной платы;
 - 2.3. Получение рисунка печатной платы;
 - 2.4. Электрохимическое меднение;
 - 2.5. Удаление защитного рельефа и травление подслоя алюминия;
 - 2.6. Маркирование
 - 2.7. Контроль.
- 3). Внутренний монтаж.

Пайка резисторов, конденсаторов, диодов, транзисторов, производится автоматизированным методом групповой пайки. При установке выводы деталей вставляются в отверстия печатной платы и закрепляются со стороны пайки подгибом.

4). Изготовление корпуса изделия.

Наиболее рациональной формой для многих является прямоугольник. Учитывая требования к устройству, а также наличие на предприятии-изготовителе технологий и оснастки, в качестве основного материала, используемого для изготовления корпуса можно выбирать пластмассу. Выбор варианта конструкции осуществляется исходя из технических требований и условий производства.

5). Внешний монтаж.

Включает в себя следующие операции:

- 5.1. Комплектовочная;
- 5.2. Заготовительная;
- 5.3. Подготовка печатной платы к сборке;
- 5.4. Сборочная;
- 5.5. Контрольная;
- 5.6. Монтаж элементов на корпус;
- 5.7. Установка платы в корпус;
- 5.8. Контроль;

5.9. Закрытие корпуса крышкой.

6). Контроль.

Все контрольные операции осуществляются после каждой технологической операции. После окончания сборки изделия производится контроль правильности сборки изделия и испытание на воздействие климатических факторов окружающей среды.

7). Упаковка.

Разрезать полиэтиленовую пленку ножницами толщиной 0,1 мм. Допускается упаковывать в бумагу конденсаторную или кабельную. Сварить продольные и один поперечный швы. Швы должны располагаться на расстоянии 10 мм. от изделия. Обжать пакет для удаления воздуха пластинами из пенополиуретана толщиной 10 мм. Сварить поперечный шов. Контроль качества производится визуально на 100% упакованного изделия. Не допускаются не провары, прожоги, трещины, пористость в упаковке

6.3. Выбор и обоснование применяемых материалов.

6.3.1 Выбор для материала для основания печатных плат

В качестве материала основания ПП применяются слоистые диэлектрики, с одной или с двух сторон фольгированные медной фольгой, или нефольгированные диэлектрики рисунок 3.

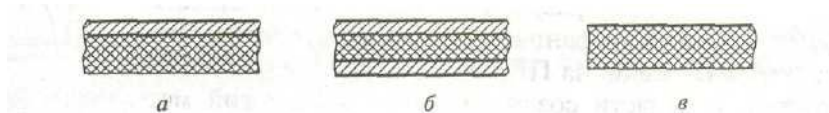


Рисунок 17 Базовые материалы ПП с одной (а), двух (б) сторон фольгированные и нефольгированные диэлектрики (в)

К фольгированным и нефольгированным диэлектрикам предъявляются следующие требования:

- высокие поверхностное, Ом, и удельное объемное сопротивление, Ом·м, характеризующие величину тока утечки;
- высокая электрическая прочность изоляции, определяемая напряжением постоянного тока, при котором происходит пробой;
- низкие значения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь — для передачи высокочастотных сигналов и снижения тепловыделения, обусловленного диэлектрическими потерями;
- стабильность электрических характеристик при повышенной влажности и температуре;
- высокая механическая прочность: предел прочности при растяжении, при изгибе, которые зависят от типа используемой смолы и снижаются при повышении температуры;

- стабильность линейных размеров по осям X, Y и Z при повышенной температуре, зависящая от температуры стеклования T_g , теплоустойчивости и теплопроводности базового материала. Требование высокой температуры стеклования T_g (до 290 °С в перспективе, рассчитанная на рабочую температуру до 280°С) связано с тем, что при нагреве, например, при пайке, происходит значительное расширение стеклопластиков, эпоксидной смолы и других полимеров по оси D интенсивность которого особенно возрастает при превышении температуры стеклования данного материала, что может привести к расслаиванию диэлектрика и разрыву металлизации в отверстиях ПП, так как металл имеет малое расширение по оси Z. Поэтому при высокой температуре стеклования T_g процесс расширения материала ПП сдвигается в область более высоких температур, желательно, превышающих температуру пайки;

- высокая теплоустойчивость, которая зависит от типа наполнителя и состава смолы. Данное требование связано с тем, что

- 1) необходима повышенная устойчивость к воздействию теплового удара, например, при пайке ЭРИ и ПМК к ПП, при котором температура пайки достигает значений деструкции диэлектрика, и может происходить выход газов, порообразование, коробление и пр.;

- 2) в результате воздействия высоких температур в процессе сверления отверстий возможен разогрев диэлектрика, вытекание и наволакивание смолы на стенки отверстий, препятствующее металлизации отверстий в дальнейшем;

- 3) высокая рабочая температура может привести к расслоению стеклоткани и смолы, отслаиванию фольги, образованию пузырей под фольгой и к тому, что характеристики материала не будут удовлетворять требованиям эксплуатации ЭА;

- хорошая механическая обрабатываемость при резке, фрезеровании, зачистке, сверлении и других операциях без образования сколов, трещин и расслоения диэлектрика;

- устойчивость к агрессивным средам (кислотам, щелочам, растворителям и пр.) в ТП изготовления ПП;

- хорошая прочность сцепления (адгезия) фольги с диэлектриком, которая зависит от материала фольги, способа ее получения (прокатка или электролитическое осаждение), состояния поверхности, температуры и времени выдержки при повышенной температуре и пр.;

- негорючесть — требование международных стандартов применения в ЭА только самозатухающих фольгированных диэлектриков;

- низкое водопоглощение для исключения расслоения диэлектрика особенно при нагреве;

- низкое значение ТКЛР, совместимое с ТКЛР выводов и корпусов ЭРИ; в случае, если ТКЛР диэлектрика значительно больше ТКЛР выводов и корпусов ЭРИ или ПМК, воз-

никают значительные напряжения в местах пайки вследствие большого расширения диэлектрика основания ПП по осям X, Y и малого расширения по тем же осям подложки ЭРИ;

- плоскостность (особенно необходимая для установки ПМК);
- низкая стоимость и др.

Фольгированные диэлектрики применяют в субтрактивных методах изготовления ПП, нефольгированные — в аддитивном и полуаддитивном.

Фольгированные диэлектрики, применяемые в качестве основания ПП в субтрактивных методах, являются композиционными материалами и состоят из армирующего наполнителя, синтетического связующего вещества и медной, алюминиевой или резистивной фольги. Наиболее широко в настоящее время применяются гетинакс, стеклотекстолит, полиимид и др.

Гетинакс фольгированный состоит из спрессованных слоев электроизоляционной бумаги (армирующего наполнителя), пропитанных фенольной или эпоксифенольной смолой в качестве связующего вещества, облицованных с одной или двух сторон медной фольгой (например, запись ГФ-1 или ГФ-2 обозначает гетинакс фольгированный односторонний или двухсторонний).

Стеклотекстолит фольгированный представляет собой спрессованные слои стеклоткани, пропитанные эпоксифенольной или эпоксидной смолой (например, запись СФ-1 или СФ-2 обозначает стеклотекстолит фольгированный односторонний или двухсторонний, соответственно).

Большое значение при изготовлении ПП имеет процентное соотношение между стекловолокном и смолой в диэлектрике, так как оно влияет на качество выполнения целого ряда операций, например, таких как:

- сверление монтажных и переходных отверстий — чем больше стекловолокна (абразива), тем быстрее изнашивается сверло;
- подтравливание диэлектрика в отверстиях МПП — чем больше смолы, тем легче подтравливать;
- прессование МПП, так как выбор режимов прессования (давление и время его приложения) зависят от времени желатинизации смолы (определяется экспериментально для каждой партии материала);
- металлизация монтажных или переходных отверстий — чем больше стекловолокна, тем больше торцов стекловолокна выходит в отверстия ПП, поверхность которых достаточно сложно подготовить химическим способом перед химическим осаждением меди в отверстия и, в результате могут появиться непрокрытые медью участки, что приводит к разрыву металлизации и электрических цепей.

По сравнению с гетинаксами стеклотекстолиты имеют лучшие механические и электрические характеристики, более высокую нагревостойкость, меньшее влагопоглощение. Однако им присущ целый ряд недостатков: невысокая нагревостойкость по сравнению с полиимидами, что способствует загрязнению смолой торцов контактных площадок (КП) внутренних слоев при сверлении отверстий; худшая механическая обрабатываемость; более высокая стоимость; существенное различие (примерно в 10 раз) ТКЛР меди и стеклотекстолита в направлении толщины материала, что может привести к разрыву металлизации в отверстиях при пайке или в процессе эксплуатации; различие в ТКЛР эпоксидной смолы и стекла примерно в 20 раз, что может привести к значительным внутренним напряжениям, к короблению ПП и усадке в зоне сверления отверстий.

Для изготовления ПП, способных обеспечить надежную передачу наносекундных импульсов, необходимо применять материалы с улучшенными диэлектрическими свойствами (уменьшенным значением диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь), что непосредственно связано с увеличением быстродействия, поскольку скорость распространения сигналов в проводниках обратно пропорциональна диэлектрической проницаемости материалов, из которых изготовлены основания ПП.

При выборе материала основания ПП необходимо обратить внимание на предполагаемые механические воздействия (вибрации, удары, линейное ускорение и т. п.); класс точности ПП (ширину проводников расстояние между ними); реализуемые электрические функции и требования к электрическим параметрам; объект, на который устанавливается ЭА и условия эксплуатации; быстродействие; стоимость и пр.

В наименовании марки материала буквы означают: С — стеклотекстолит; Т — теплостойкий; Н — негорючий или нормированной горючести; Ф — фольгированный; 1—2 — облицованный фольгой с одной или двух сторон; цифры 5, 9, 12, 18, 35, 50, 70, 100, 105 — толщину фольги в мкм.

В таблице 2 представлены марки материалов основания ПП, наиболее широко применяемые в настоящее время для изготовления ОПП, ДПП.

Для изготовления ПП, эксплуатируемых в условиях повышенной опасности возгорания, применяют огнестойкие гетинаксы и стеклотекстолиты марок ГОВ, ГОФВ, СОНФ, СТНФ.

Фольгированные стеклотекстолиты марок СТФ, СТФТ, СТАП и СТПА-5 обладают повышенной теплостойкостью, а СТАП и СТПА-5 применяют для изготовления ПП с повышенной плотностью печатного монтажа по пол у аддитивной технологии. В комплекте с материалами СТФ и СТАП применяют прокладочные стеклоткани (препреги) марок СТП-4 и СТП-СТАП.

Толщина медной фольги материалов, СОНФ, СОНФ-у, СЭТ и СЭТ-Н может быть 5, 18, 35, 50, 70 и 100 мкм.

Фольгированный стеклотекстолит СФВН обладает очень высокой теплостойкостью (рабочая температура — 280 °С, температура стеклования — 300 °С), низким ТКЛР, стабильностью линейных размеров, высокими поверхностным и удельным объемным сопротивлениями и применяется для ПП с повышенной плотностью печатного монтажа и МПП с числом слоев до 25.

Для печатных плат с металлизированными отверстиями применяют материалы с гальваностойкой фольгой.

Для изготовления ПП 1- и 2-й группы жесткости целесообразно применять материал на основе бумаги, для 3- и 4-й — на основе стеклоткани, полиимида и лавсана.

Материалы, имеющие фольгу толщиной 5 мкм, позволяют изготовить ПП 4- и 5-го классов точности и выше.

Таблица 3 Материалы для изготовления ОПП и ДПП

Материал	Марка	Толщина, мм	Материал	Марка	Толщина, мм
Гетинакс фольгированный	ГФ-1-35	1,0; 1,5;	Диэлектрик фольгированный общего назначения	ДФО-1	0,06;
Гетинакс фольгированный с гальваностойкой фольгой	ГФ-1-35Г	2,0; 2,5;	Диэлектрик фольгированный самозатухающий с гальваностойкой фольгой	ДФО-2	0,08;
	ГФ-2-35Г	3,0		(фольга 35 мкм)	0,1;
	ГФ-1-50Г			ДФС-1	0,13;
Стеклотекстолит фольгированный	СФ-1-35		Стеклотекстолит фольгированный с повышенной гальваностойкостью	ДФС-1	0,15;
То же с гальваностойкой фольгой	СФ-2-35		СФПН-1-50	СФПН-1-50	0,5;
	СФ-1-50	0,5; 1,0;	Стеклотекстолит фольгированный общего назначения	СФПН-2-50	1,0;
	СФ-2-50	1,5; 2,0;		СОНФ-1	0,13;
	СФ-1-(2)-35	2,5; 3,0		СОНФ-1	0,15;
	Г СФ-1-(2)-50 Г			СОНФ-2	0,2;
				СОНФ-2	0,35;
				СОНФ-у	0,5;

Стеклотекстолит тепло-стойкий фольгированный с гальваностойкой фольгой	СТФ-1-35	0,08; 0,1;	Гетинакс фольгирован-ный общего назначения	ГОФ-1-35Г	-
	СТФ-2-35	0,13; 0,2;	Стеклотекстолит с двухсторонним адгезионным слоем	ГОФ-2-35Г	
	СТФ-1-18	0,15; 0,3;		СТЭК	1,0;
	СТФ-2-18	0,25; 0,5;			1,5;
Стеклотекстолит тепло-стойкий негорючий фольгированный с гальваностойкой фольгой	СТНФ-1-35	0,35; 0,8;	Стеклотекстолит тепло-стойкий, армированный, алюминиевым протектором	СТПА-5-1	2,0
	СТНФ-2-35			СТПА-5-2	0,1;
	СТНФ-1-18			(фольга 5 мкм)	0,12;
	СТНФ-2-18				0,13;
Стеклотекстолит листовый	СТЭФ-1-2ЛК	1; 2	Стеклотекстолит с катализатором	СТАМ	0,15;
Стеклотекстолит электро-технический	СТЭФ-ВК-1-1,5		Фольгированный арми-рованный фторопласт	ФАФ-4Д (фольга 35	0,7...2,0
То же	СТЭФ-1	0,3...1,5	Стеклотекстолит фольги-рованный общего назна-чения с гальвано-стойкой	ФС	-
Стеклотекстолит фольги-рованный общего назна-чения нормированной	СОНФМ-1-35	0,5; 1,0;	Стеклотекстолит фольги-рованный теплостойкий нормированной горюче-	СТФТС-1-35	0,5;
	СОНФМ-2-35	1,5; 2,0;		СТФТС-2-35	1,0;
Стеклотекстолит фольги-рованный теплостойкий	СТФТ-1-35	2,5; 3,0	Стеклотекстолит тепло-стойкий фольгированный	СТАП-1-35	1,5;
	СТФТ-2-35	0,5; 1,0;		СТАП-2-35	0,5;
	СТФТ-1-50	1,5; 2,0;		СТАП-1-50	1,0;
Гетинакс фольгирован-ный общего назначения	ГОФВМ-1	2,5; 3,0	Стеклотекстолит фольги-рованный алюминием	СФА-2-35	1,5;
	ГОФВМ-2	1,0; 1,5;			-
Стеклотекстолит фольги-рованный с высокой теп-	СФВН	2,0; 2,5;	Стеклотекстолит фольги-рованный	СЭТ СЭТ-Н	-

В таблице 4 приведены некоторые характеристики фольгированных диэлектриков, применяемых при изготовлении ПП.

Таблица 4. Основные характеристики материала основания ПП

Критерии оценки	ГФ-1 ГФ-2	СФ-1 СФ-2	СТНФ-1, 2 СТФ-1,	ФДМ-1, 2	ФАФ-4Д	СТПА-5 СТАП	Поли-имид
Поверхностное сопротивление, Ом	10^8 *	$2 \cdot 10^{12}$ **	$1 \cdot 10^{12}$ **	10^{14}		$5 \cdot 10^{11}$ *	10^{14}

Удельное объемное сопротивление, Ом·м	5·10 ^{7*}	1,4·10 ^{13**}	2·10 ^{12**}	9·10 ¹¹	10·10 ¹⁶	1·10 ^{11**}	10 ¹⁴
Диэлектрическая постоянная при 1 МГц (Er)	7,0***	5,5* 4,3**	5,4* 4,6**	4,7	2,2	5,4* 4,6**	3,5
Тангенс угла диэлектрических потерь при f= 1	0,07*	0,035 0,014**	0,03...0,035	0,024	0,0002	0,025 0,015**	0,001- 0,002
Сопротивление изоляции, МОм	10 ³	10 ⁴	10 ⁶	10 ⁴			
Электрическая прочность, МВ/м	15...30** *	15...35***		15...35***	25...250* **		30...20 0***
Предел прочности при изгибе, Н/мм ² :							
В продольном направлении	115	280		180			
Стойкость к воздействию ванны для пайки,	260/5	260/20	260/30	260/20		260/30	260/60
Водопоглощение, %	2,9	0,3	0,20-0,25	1,5		15	2,9
Предел рабочих температур, °С	-60+85	-60+85	-60+105	-60+100	+ 113		- 196+40
Горючесть в соответствии с UL94	-	-	V-0			-	
Прочность сцепления фольги с диэлектриком	2,7	3,0	4,5	3...3,6		3,6****	2,6...3,9

* После кондиционирования в условиях 96 ч/40 °С/93 % (96 ч; при температуре 40 °С; относительной влажности 93 %).

** После кондиционирования в условиях 96 ч/40 °С/93 % + 1 ч/23 °С/75 %.

*** Верхние пределы указаны для тонких пленок.

**** После гальванической металлизации.

6.3.2 Выбор вспомогательных материалов

Технологический процесс изготовления предусматривает применение вспомогательных материалов.

а) Покрытие осуществляется лаком, применяемым для защиты от коррозии и придания радиоаппаратуре и ее деталям эстетического вида.

Применяются металлические, химические и лакокрасочные покрытия, по сравнению с другими, характеризуются удобством нанесения, меньшей стоимостью и в ряде случаев долговечностью. При выборе лака так же учитываются его характеристики и стоимость.

Для защиты монтажа печатной платы применяют лаки: УР–231, Э–4100. Параметры сравнения свойств лаков помещены в таблицах.

Таблица 8 – Сравнительные параметры лака УР–231 и Э–4100

Наименование показателей	УР–231	Э–4100
Электрическая прочность при $t=80^{\circ}\text{C}$, В/мм	52	54
Тангенс угла диэлектрических потерь: при $F=1000$ Гц; в нормальных условиях; при $t=80^{\circ}\text{C}$	32,5 0,02 0,08	32 0,013 5,6
Влагопоглощаемость за 24 часа, %	—	1,2
Удельное объемное диэлектрическое сопротивление, ом·см: в нормальных условиях при $t=80^{\circ}\text{C}$	$7,8 \cdot 10^4$ $2,7 \cdot 10^4$	$1,7 \cdot 10^5$ $2 \cdot 10^7$
Диэлектрическая проницаемость, см: в нормальных условиях при $t=80^{\circ}\text{C}$	4,23 4,2	4,3 4,4

б) Для пайки применяется припой ПОС–61 ГОСТ 21931–76, состав которого: 61% олова и 39% свинца.

Для удаления пленки окислов с контактных площадок во время пайки, используется флюс ФКСп ГОСТ 2015–78, что позволяет получить более качественную пайку.

Промывка платы производится этиловым спиртом ГОСТ 18300–73. Для промывки также используется бязь, отбеленная ИРТ–255 ГОСТ 11680–78.

в) Прочие вспомогательные материалы

Таблица 6 - Вспомогательные материалы

Вода питьевая	ГОСТ 2874-82
Кислота соляная техническая	ТУ 6-01-1194-79
Тринатрий фосфат	ГОСТ 201-76
Сода кальцинированная	ГОСТ 5100-85
Препарат СО-20	ГОСТ 10730-82
Аммоний надсерноокислый	ГОСТ 20478-75
Кислота соляная	ГОСТ 3118-77
Палладий двухлористый	ТУ 6-09-2025-84

Продолжение таблицы 6

Олово двухлористое	ГОСТ 36-78
Натрий хлористый	ГОСТ 4233-77
Олово четыреххлористое	ТУ 6-09-3084-82
Кислота ортофосфорная	ГОСТ 6552-80
Спирт бутиловый технический	ГОСТ 5208-81
Медь сернокислая	ГОСТ 4165-78
Калий-натрий виннокислый	ГОСТ 5845-79
Натрий гидроокись	ГОСТ 4328-77
Никель двуххлористый	ГОСТ 4038-79
Натрий углекислый	ГОСТ 84-76
Натрий серноватистый кислый	ГОСТ 27068-86
Формалин	ГОСТ 1625-75
Кислота серная	ГОСТ 4204-77
Добавка БЭСМ	ТУ 6-02-2-918-87
Препарат ОС-20	ГОСТ 10730-82
Полотно иглопробивное №622	ТУ 17-14-109-80
Аноды АМФ медные	ГОСТ 767-70
Кислота муравьиная	ГОСТ 1706-78
Пенегаситель АС-30	ТУ 6-02-937-79
Спирт этиловый реентифицированный	ГОСТ 18300-72
Фоторезист сухой пленочный СПФ-ВЩ-2	ТУ 16-503.244-84
Лак НЦ -134	ТУ 6-10-1291-77
Метиловый фиолетовый индикатор	ТУ 6-09-945-76
Растворитель 646	ГОСТ 18188-72
Кислота борфтористоводородная	ТУ 6-09-2577-77
Олово борфтористое	ТУ 6-09-2683-77
Свинец борфтористое	ТУ 6-09-4409-77
Синтанол ДС-10	ТУ 6-14-577-77
Добавка ДС- натрий	ТУ 028.007
Вода дистиллированная	ГОСТ 6709-72
Аммиак водный технический	ГОСТ 9-77
Флюс ФКСп	ЮГ 0.021.011 ТУ

Теплоноситель Л 2502-ОЖ	ТУ 6-05-1963-84
Смола ЭД -20	ГОСТ 10587-84
Дибутилфталат	ТУ 6-05-5119-81
Полиэтилен- полиамин марки А	ТУ 6-02-594-85
Эмаль ЭП-572, чёрная	ТУ 6-10-1539-76
Ацетон технический	ГОСТ 2768-84
Припой ПОС-61	ГОСТ 1499-70
Спирт	ТУ 3-66-65
Марля отбеленная	ГОСТ 9412-67
Лак НЦ-34, красный	ТУ 6-10-1291-72
Трубка ПВХ 230, белая	МРТУ 6-05-919-63
Лак Э-4100, бесцветный	МРТУ 6-10-857-69
Отвердитель №1	ТУ 6-10-1263-72
Этилциллозолъ	ГОСТ 8313-76
Уайт-спирит	ГОСТ 3134-52
Ксилол чистый, каменноугольный	ГОСТ 9949-62
Мастика ЛН	Юго 054006
Жидкость ПФМС-4	МРТУ 6-02-275-63
Бензин Б-70	ГОСТ 1012-72

г) Оборудование и оснастка

Таблица 7

Стол	ИЩЦ7830-4009
Штангенциркуль	ГОСТ 166-80
Лупа ЛП1-4*	ГОСТ 1594-55
Микрометр МК 25-2	ГОСТ 5507-78
Микроскоп МБС-2	ГОСТ 8074-82
Стол	ИЩЦ 6473-0000
Линейка автоматическая АГ-44	ГГМ 1.211.036 ТУ
Линия химико-технологической подготовки	ГНГМ 1.240.006
Ванна винипластовая	ИЩЦ50.31.24.00
Установка для нанесения фоторезиста	АРСМ 3.289.006
Скальпель СО-4	ТУ 64-1-17-72

Перчатки	ТУ 77 РСФСР 06-7745-84
Цапфонбор	ШЩ 7366-4126
Фотошаблоны	ОСТ 4ГО.073-211-84
Втулка для совмещения фотошаблона	ШЩ 788-4075
Установка экспонирования пп	АРСМ 3.258.000
Линия для проявления фоторезиста	ГГМ 1.250.001
Кювета винипластовая	ШЩ 52.15.00
Микроскоп МБС-2	ГОСТ 3-31210-78
Стол ретуши	ШЩ 64.113.00.00
Кисть колонковая КЖХ	ОСТ 17-888-81
Лупа ЛИ-3-10х	ГОСТ 8309-78
Микроскоп МБС-2	ГОСТ 8284-78
Вытяжной шкаф	ЩЩ 50.28.00.00
Печь сушильная	АРСМ 3.009.000
Линия травления	ГГМ 1.240.001
Лупа ЛИ-3-10	ГОСТ 8309-75
Установка жидкостного оплавления	ТУ 00.999.136
Линия ультразвуковой промывки	ТУ 2.950.017
Электропаяльник ЭПСН-25/42	ГОСТ 7219-83
Установка для проверки металлизации в отверстиях	ИАВД 71004.0000
Пинцет ПА 250*2,5	ТУ 64-1-3775
Баночка	ШЩ 7879-4228
Паяльник	ШЩ43.63.00.00
Прибор ПКТП	ЩК 2.763.036
Комплект для монтажной пайки	
Салфетка	ОСТ 14-133-72
Вытяжной шкаф	ЩЩ 63.168.00.00
Индикатор	ГОСТ 9696-82
Верстак	ГОСТ0.1336
Установка для контроля чистоты отмывки пп	
Камера окрасочная	ШЩ 51004000
Краскораспылитель пневматический ручной СО-71	ГОСТ 7385-73
Ножницы 175	РСТ РСФСР 145-71

6.4. Технологический процесс изготовления печатной платы

По ГОСТ 23751—86 предусмотрены следующие типы конструкции ПП:

односторонние ПП. Применяются в бытовой технике, технике связи и в блоках питания на ЭРЭ. Имеют низкую стоимость, высокую надежность, низкую плотность компоновки;

двусторонние ПП. Применяются в измерительной, вычислительной технике, технике управления и автоматического регулирования, технике связи, высокочастотной технике;

многослойные ПП. Применяются в технике управления и автоматического регулирования, вычислительной и бортовой аппаратуры для коммутации ИМС, БИС, СБИС, МСБ, в ЭА с высокими требованиями по быстродействию, плотности монтажа, волновому сопротивлению, времени задержки сигнала и т. д.

гибкие ПП, ГЖП и ГПК. Применяются в ЭА и высокой надежности при реализации уникальных и сложных технических решений, конструкция которых исключает применение жестких ПП.

6.4.1 Выбор типа конструкции печатной платы.

При выборе типа конструкции ПП учитывают:

1) тип элементной базы: традиционная (корпусная); бескорпусная; поверхностно-монтируемые компоненты; смешанная (традиционная и ПМК);

2) вариант компоновочной структуры ячейки;

3) возможность выполнения всех коммутационных соединений, что зависит от функциональной и конструкторской сложности узла. При незначительной конструкторской сложности (от 8 до 12 ИМС) при традиционном монтаже применяются ДПП, при средней (от 30 до 50 ИМС) ДПП и МПП, при высокой (свыше 50 ИМС) — МПП, так как увеличивается число внутрисхемных связей, а применение МПП повышает надежность ЭА, например, сокращая число разъемных соединений. Применение МПП позволяет коммутировать ИЭТ (гибридные, полупроводниковые ИМС, БИС/СБИС, МСБ), повысить плотность монтажа, упростить сборку ЭА. Для обеспечения высокого быстродействия ЭА необходимо увеличить плотность монтажа, выбрать соответствующий материал основания ПП, увеличить число слоев

4) технико-экономические показатели (стоимость, технологичность, уровень унификации и стандартизации и др.);

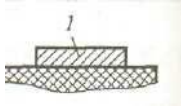

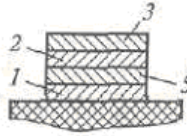
5) возможность автоматизации процессов изготовления, контроля и диагностики,



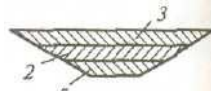


установки ЭРИ с учетом применяемого в конкретном производстве технологического оборудования.

6.4.2 Выбор метода изготовления печатной платы.

Выбрав тип конструкции ПП, зная элементную базу и конструкторскую сложность, можно определить метод изготовления ПП (таблица 8).

Таблица 8 Основные характеристики ПП и методы их изготовления

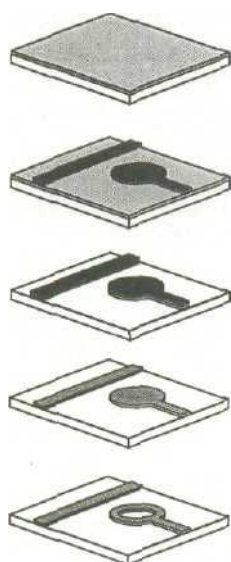
Тип ПП	Метод изготовления	Материал для изготовления основания ПП	Элементная база	Конструкторская сложность	Класс точности	Уровень модульности	Конструкция печатного проводника
ОПП и слои МПП	Химический негативный	ГФ1-35Г СФ1-35Г СТФ СОНФМ СТНФ	Корпусные ИМС и ЭРЭ (традиционная элементная база)	Малая	1 и 2	1	
	Химический позитивный	ДФО ДФС СОНФМ СФПН СТФТ					
ДПП на диэлектрическом основании и слои МПП	Комбинированный позитивный	FR-4 МИ 1222 СФ-2-35Г СТАЛ СТФТС СТПА-5-2 СТНФ СТФТ	1. Корпусные ИМС и ЭРЭ 2. ПМК	Средняя	3 (при толщине фольги 35мкм) ; 4 и 5 при 18 мкм и менее	1	
	Комбинированный негативный	ДФС СФПН СОНФ					

	Аддитив- ный	СТАМ СТЭФ	1.Корпусные ИМС и ЭРЭ 2.ПМК	Высокая	5	1	
	Фото фор- мирование	СТЭК СТАМ					
	Электро- химиче- ский	СТЭФ FR-4 СТАМ СТПА-5-2 СТАП			5	1	 Материал СТПА-5-2
Рель- ефные платы (РП)	Субтрак- тивный	СТЭК СТЭФ	1.Корпусные ИМС и ЭРЭ 2.ПМК 3.Бескорпусная	Высо- кая	4 и 5	1	
	Полуад- дитивный	СТЭК СТЭФ					
	Аддитив- ный	СТАМ					
ГПП		ПИ-40А ПФ-1 ПФ-2 ЛФ ЛФР	1.ПМК 2.Бескор- пусная	Высо- кая	5 и выше	0 и 1	 Гибкие ОПП и гибкие ДПП (без от- верстий), хи- мический негативный метод
одно- сторон- ние	Химиче- ский негатив- ный, ПФ-1, ЛФ, ЛФР						

Двусторонние	Тентинг-процесс Комбинированный позитивный Химический негативный (без отверстий)						
Тип ПП	Метод изготовления	Материал для изготовления основания ПП	Элементная база	Конструкторская сложность	Класс точности	Уровень модульности	Конструкция печатного проводника
ДПП на металлическом основании	Электрохимический	Алюминий, медь, сталь, титан	1. Корпусные ИМС и ЭРЭ 2. ПМК 3. Бескорпусная	Высокая	4 и 5	1	
	Аддитивный				5		

В настоящее время применяют два вида технологии получения элементов проводящего рисунка ПП и слоев ПП:

- 1) на основе субтрактивных методов с использованием фольгированных диэлектриков.
- 2) на основе аддитивного метода с использованием нефольгированных диэлектриков.



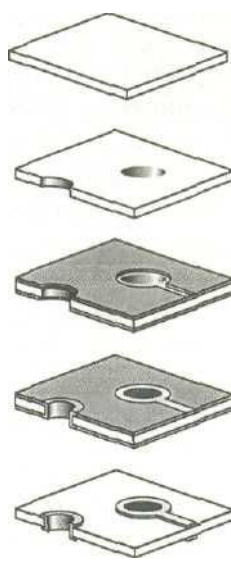
Получение заготовки из одностороннего фольгированного диэлектрика

Нанесение защитного рельефа схемы (маски)

Травление меди с проблемных мест

Удаление маски

Пробивка отверстий



Получение заготовки из нефольгированного материала

Сверление отверстий

Нанесение защитного рельефа схемы (маски)

Толстослойное химическое меднение

Удаление маски

Рисунок 18 Методы получения печатного рисунка ПП: а- субтрактивный; б- аддитивный

6.4.3 Односторонние печатные платы

6.4.3.1 ОПП на жестком фольгированном основании

Основные характеристики ОПП на жестком фольгированном основании и методов их изготовления приведены в таблице 9

Таблица 9 Основные характеристики ОПП на жестком фольгированном основании

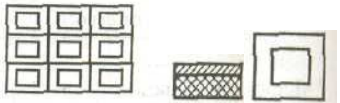
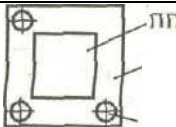
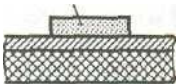
Показатель	Характеристика
Элементная база	Традиционная
Область применения	Бытовая техника, средства связи
Класс точности	1; 2
Группа жесткости	1
Рекомендуемые максимальные размеры, мм	500 x 500
Материал основания	Гетинакс фольгированный ГФ-1 Стеклотекстолит фольгированный СФ-1
Минимальный диаметр отверстия, мм	0,8
Минимальная ширина проводника, мм	0,45
Тип производства	Мелкосерийное, серийное, крупносерийное

Основными методами изготовления ОПП на жестком фольгированном основании являются:

- химический негативный;
- химический позитивный.

Последовательность основных этапов ТП изготовления ОПП данными методами приведена в таблице 10 и 11

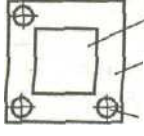

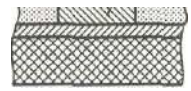
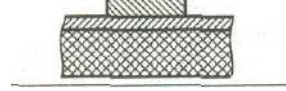
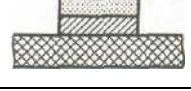
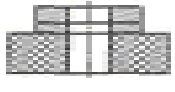

Таблица 10 Основные этапы химического негативного метода

№ п/ п	Основной этап ТП	Возможный способ получения	2. Эскиз этапа
1	Входной контроль и термостабилизация диэлектрика		
2	Раскрой материала		 <p>Групповая заготовка Единичная заготовка</p> <p>ПП</p>
3	Получение заготовок и фиксирующих (базовых) отверстий	Штамповка	 <p>Технологическое поле</p> <p>Базовые отверстия</p>
4	Подготовка поверхности заготовки	Механический способ	
5	Получение защитного рельефа	1. Сеткография (СГ). 2. Офсетная печать Подготовительные этапы: изготовление трафаретов для СГ; изготовление офсетной формы	<p>Защитный рельеф</p> 
6	Сушка	1. Ультрафиолетовая сушка (УФ). 2. Термическая сушка	

7	Травление меди с пробельных мест		
8	Удаление защитного рельефа		
9	Получение монтажных отверстий	1. Штамповка. 2. Сверление	
10	Нанесение паяльной маски	Сеткография Подготовительные этапы: изготовление трафаретов для нанесения паяльной маски	Паяльная маска 
11	Сушка	1.УФ сушка. 2.Термическая сушка	
12	Лужение	Сплав Розе, ПОС-61	
13	Отмывка от флюса		
14	Маркировка	1. Сеткография. 2. Каплеструйный метод Подготовительные этапы: изготовление трафарета	
15	Контроль электрических параметров		
16	Вырубка по контуру и получение крепежных отверстий	Штамповка	

Таблица 11 Основные этапы химического позитивного метода

№ п/ п	Основной этап ТП	3. Эскиз этапа
1	Входной контроль и термостабилизация диэлектрика	

2	Раскрой материала	
3	Получение заготовок и фиксирующих (базовых) отверстий	 <p>ПГ Технологическое поле</p> <p>Базовые отверстия</p>
4	Подготовка поверхности заготовки	Механический способ
5	Получение защитного рельефа	<p>Защитный рельеф</p> 
6	Нанесение металлорезиста на проводники	<p>Металлорезист</p> 
7	Удаление защитного рельефа	
8	Травление меди с пробельных мест	
9	Получение монтажных отверстий	
10	Вырубка по контуру и получение крепежных отверстий	 <p>ПП</p>

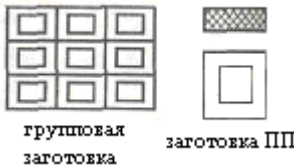

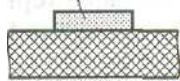
6.4.3.2 ОПП на жестком нефольгированном основании

Одним из простых и дешевых методов изготовления ОПП на жестком нефольгированном диэлектрике является метод с применением активирующих паст, которые изготавливают на основе неблагородных металлов; наносят на диэлектрик селективно сеткографическим способом в соответствии с рисунком схемы. Затем выполняют металлизацию рисунка, в результате которой происходит замещение активирующей пасты на медь, после чего — толстослойное химическое меднение. Односторонние ПП получают по 1- и 2-му классу точности. Их применяют в бытовой технике. Основные характеристики ОПП на жестком нефольгированном основании приведены в таблице 11, а основные этапы ТП — в таблице 12.

Таблица 12 Основные характеристики ОПП на жестком нефольгированном основании


Показатель	Характеристика
Элементная база	Традиционная
Область применения	Бытовая техника
Класс точности	1; 2
Группа жесткости	1
Рекомендуемые максимальные размеры,	500 x 500
Материал основания	Гетинакс нефольгированный
Минимальный диаметр отверстия, мм	0,8
Минимальная ширина проводника, мм	0,5
Тип производства	Серийное

Таблица 13. Основные этапы ТП изготовления ОПП с активирующими пастами на жестком нефольгированном основании

№ п/п	Основной этап ТП	Возможный способ получения	Эскиз этапа изготовления ПП
1	Входной контроль диэлектрика (гетинакса)		
2	Раскрой материала		 <p>групповая заготовка заготовка ПП</p>
3	Получение заготовок и фиксирующих (базовых) отверстий	Штамповка	 <p>ПП -Технологическое поле Базовые отверстия</p>
4	Подготовка поверхности заготовки	Химический способ	
5	Получение рисунка схемы активирующими пастами	Сеткография (СГ) активирующими пастами Подготовительные эта-	<p>Активирующая паста</p> 

		пы: изготовление трафаретов для СГ	
6	Металлизация рисунка схемы	Метод замещения активирующих паст медью	
7	Толстослойное химическое меднение		
8	Получение монтажных отверстий	1. Штамповка. 2. Сверление	
9	Нанесение паяльной маски	Сеткография Подготовительные этапы: изготовление трафаретов для нанесения паяльной маски	Паяльная маска 
10	Сушка	1.УФ сушка. 2.Термическая сушка	

Продолжение таблицы 13

11	Лужение	Сплав Розе, ПОС-61	
12	Отмывка от флюса		
13	Маркировка	1. Сеткография. 2. Каплеструйный метод Подготовительные этапы: изготовление трафарета	
14	Контроль электрических параметров		
15	Вырубка по контуру и получение крепежных отверстий	Штамповка	

Достоинствами данного метода изготовления ОПП являются:

- отсутствие операции травления меди с пробельных мест;
- применение материалов основания (гетинаксов), стойких к растворам толсто-слоистого химического меднения;
- простота и дешевизна изготовления.

6.4.4 Двусторонние ПП

Различают ДПП общего применения и прецизионные, которые отличаются сложностью конструкции, разрешающей способностью и точностью элементов печатного рисунка, материалами, областью применения, стоимостью и другими характеристиками, причем те и другие изготавливают на фольгированном и нефольгированном жестком и гибком основании.

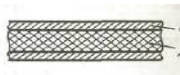
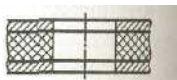
Таблица 14 Основные характеристики прецизионных ДПП и общего применения на жестком фольгированном основании




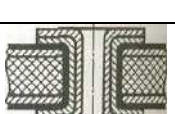

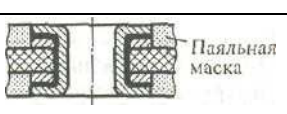
Показатель	Характеристика	
	ДПП общего применения	Прецизионные ДПП
Область применения	Промышленная электроника, вычислительная техника, спецтехника, средства связи,	Вычислительная техника, спецтехника, промышленная электроника
Класс точности	1; 2; 3	4, 5 и выше
Группа жесткости	I—IV	I—IV

Рекомендуемые максимальные габариты, мм	500 x 600	500 x 600
Материал основания	СФ, СФ-2Н, СТФТ, СТФ, FR-4 и др. (фольга 35; 50 мкм)	Стеклотекстолит фольгированный (фольга 5; 9; 18 мкм, например, СТПА-5, FR-4)
Диаметр отверстия, мм	0,4...1,5	0,4.-1,5
Минимальная ширина проводника, мм	0,25	0,1 и менее
Тип производства	Мелкосерийное, серийное, крупносерийное	Мелкосерийное, серийное
Методы изготовления	Комбинированный позитивный, комбинированный негативный	Электрохимический. Комбинированный позитивный


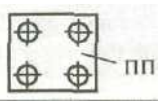
6.4.4.1 Комбинированный позитивный метод

Таблица 15 Основные этапы изготовления ДПП комбинированным позитивным методом.

№ п/п	Основной этап ТП	Возможный способ получения	Эскиз этапа изготовления ДПП
1	Входной контроль и термостабилизация диэлектрика		
2	Получение заготовок	1. Резка. 2. Штамповка. 3. Лучом лазера (для прецизионных ПП)	 <p>Фольга Диэлектрик</p>
3	Получение фиксирующих отверстий	Сверление	
4	Получение монтажных и переходных отверстий	Сверление	

5	Металлизация предварительная	1.Магнетронное напыление. 2.Термолиз меди. 3.Химическое меднение 3...5 мкм 4.Химико-гальваническое меднение	
6	Подготовка поверхности	1 Суспензия пемзового абразива. 2. Подтравливание	
7	Получение защитного рельефа	1.Сеткография. 2.Фотохимический с органо-проявляемым СПФ. 3. Фотохимический с щелоче-проявляемым СПФ. 4. С сухим пленочным фоторезистом лазерного экспонирования (для прецизионных ПП)	
8	Электрохимическая металлизация	1.Гальваническое меднение и нанесение металлорезиста (олово—свинец или олово). 2.Гальваническое меднение и нанесение полимерного травильного резиста	
9	Удаление защитного рельефа	-	
10	Травление меди с пробельных мест с удалением травильного резиста	1.Травление с удалением металлорезиста. 2.Травление с удалением полимерного резиста	
11	Нанесение паяльной маски	1.Фотохимический (СПФ-защита). 2.Сеткография	

Продолжение таблицы 15

12	Нанесение покрытия на участки проводящего рисунка, свободные от маски	1. Горячее лужение (сплав Розе). 2. Химический никель иммерсионное золото. 3. Органическое защитное покрытие	Сплав Розе 
13	Отмывка флюса		
14	Получение крепежных отверстий и обработка по контуру	1. Лазерная обработка. 2. Сверление отверстий и фрезерование по контуру	
15	Промывка	Ультразвуковая	
16	Контроль электрических параметров		

Подготовка поверхностей заготовок (таблица 18, п. 6) перед нанесением СПФ является ответственной операцией, которую проводят чтобы:

удалить заусенцы после сверления отверстий и наростов гальванической меди;
обеспечить необходимую адгезию СПФ к медной поверхности подложки;
обеспечить химическую стойкость защитного рельефа на операциях проявления и травления;

- получить матовую поверхность с низкой отражающей способностью, которая обеспечивает более однородное экспонирование фоторезиста.

Применяют два способа подготовки поверхности:

- 1) механическая зачистка абразивными крутами с последующей химической обработкой в растворе персульфата аммония;
- 2) механическая зачистка водной суспензией пемзового абразива.

Затем проводят операции сенсibilизации и активирования поверхности диэлектрика (химическое меднение).

Для получения защитного рельефа используется сухой пленочный резист (СПФ) толщиной 15...50 мкм.

Начиная с п. 10 таблицы 18, возможны две последовательности выполнения этапов ТП:

- без удаления металлорезиста (олово—свинца) после операции травления с после-

дующим его инфракрасным или жидкостным оплавлением; этот процесс называется «маска поверх оплавленного припоя», так как паяльная маска наносится поверх оплавленного сплава олово—свинец;

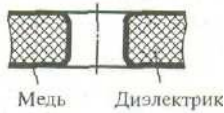

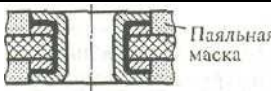
- с удалением металлорезиста (олово—свинца, олова или никеля) или полимерного травильного резиста после операции травления с последующим нанесением паяльной маски на медный проводник; этот процесс называется «маска поверх открытой меди».

6.4.4.2 Электрохимический (полуаддитивный) метод

В настоящее время широко применяется электрохимический метод изготовления прецизионных ДПП и ДПП общего применения на нефольгированном жестком, гибком основании, а также слоев МПП. Данный метод имеет несколько вариантов исполнения, в зависимости от которого ПП могут быть изготовлены по 3-, 4-, или 5-му и выше классам точности.

Таблица 16 Последовательность основных этапов различных вариантов изготовления ПП.

№ п/п	Основной этап ТП	Возможный способ получения	Эскиз этапа изготовления ДПП
1	Входной контроль диэлектрика		
2	Получение заготовок	1. Резка. 2. Штамповка. 3. Резка лучом лазера (для прецизионных ПП)	 Диэлектрик
3	Получение фиксирующих отверстий	Сверление	 ПП Технологическое поле Базовые отверстия
4	Получение монтажных и переходных отверстий	Сверление	
5	Подготовка поверхности	1. Физические методы. 2. Химические методы	

6	Металлизация заготовок	ДПП общего применения . 1.Магнетронное напыление. 2. Термолиз меди и предварительное электролитическое меднение. 3.Прямая металлизация Прецизионные ДПП 1. Химическое меднение 3...5 мкм. 2. Химико-гальваническое меднение 5...10 мкм. 3. Прямая металлизация	
7	Подготовка поверхности	1.Суспензия пемзового абразива. 2.Подтравливание	
8	Нанесение защитного рельефа	ДПП общего применения 1. Сеткографический способ. 3.Фотохимический способ Прецизионные ДПП 1. ФХ и ФХ с ФР лазерного	
9	Электрохимическая металлизация	2.Гальваническое меднение и нанесение металлорезиста (олово—свинец или олово). 2.Гальваническое меднение и нанесение полимерного травильного резиста	
10	Удаление защитного рельефа	-	
11	Травление меди с пробельных мест с удалением травильного резиста	1.Травление с удалением металлорезиста. 2.Травление с удалением полимерного резиста	
12	Нанесение паяльной маски	1.Фотохимический (СПФ-защита).	

		2.Сеткография	
13	Нанесение покрытия на участки проводящего рисунка, свободные от маски	1. Горячее лужение (сплав Розе). 2. Химический никель иммерсионное золото. 3. Органическое защитное покрытие	Сплав Розе 
14	Отмывка флюса		
15	Получение крепежных отверстий и обработка по контуру	1. Лазерная обработка. 2. Сверление отверстий и фрезерование по контуру	
16	Промывка	Ультразвуковая	
17	Контроль электрических параметров		

Существуют несколько вариантов изготовления ДПП электрохимическим методом.

1-й вариант. На нефольгированное основание, покрытое адгезионным слоем со сквозными монтажными и переходными отверстиями наносят проводящий слой, который получен методом химического осаждения меди {подслой меди толщиной 3...5 мкм). Далее процесс изготовления см. по таблице 15. В качестве металлорезиста применяют сплав олово—свинец или полимерный травильный резист. Получают прецизионные ДПП 5-го класса точности. Недостатками данного варианта являются: потребность в сложных и дорогостоящих химикатах для операции химического осаждения меди на диэлектрик; растворы химического меднения трудно поддаются утилизации и экологически опасны; травлению подвергается медь, растворы которой также экологически опасны, а средства регенерации травильных растворов сложны, дороги и энергоемки; соли олова и свинца относятся к экологически опасным.





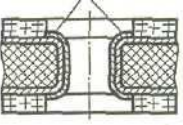

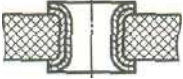
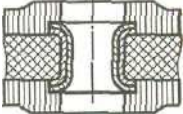
2-й вариант. На нефольгированное основание, покрытое адгезионным слоем со сквозными монтажными и переходными отверстиями наносят проводящий слой, сформированный методом химико-гальванического осаждения меди (подслой меди толщиной 5... 10 мкм). Далее процесс изготовления см. по таблице 15. Получают прецизионные ДПП 5-го класса точности. Недостатки: большие затраты материальных средств как на реализацию самих процессов, так и на обеспечение их экологической безопасности.

3-й вариант. На поверхность нефольгированного диэлектрика наносят адгезионный

слой и напыляют вакуумно-дуговым методом медь, на которой в дальнейшем формируют проводящий рисунок схемы в соответствии с ТП, приведенным в таблице 15. Получают ДПП 3-го класса точности. Недостаток — ограничение по конструктивно-технологическим характеристикам печатных плат (отношение толщины платы к диаметру отверстия не более трех). Достоинством этого варианта является снижение экологической опасности.

4-й вариант. На нефольгированное основание, покрытое адгезионным слоем со сквозными монтажными и переходными отверстиями наносится проводящий слой, сформированный методом термолитиза меди (обработка ПП в аммиачной соли гипофосфита меди; толщина подслоя меди - 0,3 мкм) с последующим предварительным электролитическим меднением (подслой меди толщиной 5...7 мкм). 5-й вариант. Токопроводящий подслей из алюминия формируют на поверхности заготовки из нефольгированного диэлектрика

Таблица 17 Разновидность электрохимического (полуаддитивного) процесса 5-й вариант изготовления ДПП)

№	Операция	Эскиз операции
1	Получение заготовок из нефольгированного диэлектрика марки СТЭК-1,5 (ТУ16-503.201-80)	
2	Сверление в заготовках монтажных и переходных отверстий	
3	Нанесение подслоя алюминия методом термолитиза	
4	Получение рисунка ПП фотохимическим способом (формирование защитного рельефа)	
5	Электрохимическое меднение	
6	Удаление защитного рельефа	
7	Травление подслоя алюминия	
8	Нанесение паяльной маски	

9	Горячее лужение контактных площадок	
10	Маркировка ПП	
11	Механическая обработка контура ПП	

Медь, покрывающая проводники, контактные площадки и стенки отверстий, выполняет функцию резиста на операции травления, на которой происходит стравливание тонкого слоя алюминия на участках, не защищенных медью, т. е. травление алюминия с пробельных мест осуществляют, используя медь рисунка схемы в качестве травильного металлорезиста. Под слоем меди остается подслои алюминия и никеля. Продукты травления алюминия менее токсичны, легко химически перерабатываются в коагулянты для очистки промышленных стоков, для получения красок и т.д.

Медные проводники покрывают паяльной маской, оставляя открытыми только контактные площадки с отверстиями; паяльная маска не вздувается при пайке. Этот вариант обеспечивает возможность изготовления печатных плат 4- и 5-го классов точности. Размер ПП при этом ограничен размерами реактора для алюминирования.

Достоинства 5-го варианта метода:

- высокое качество ДПП при сохранении конструктивно-технологических характеристик;
- снижение загрязнения окружающей среды в связи с травлением алюминия только с пробельных мест, а не меди;
- исключение использования в качестве травильного металлорезиста сплава олово—свинец;
- экономия около 0,2 кг меди на каждом 1 м² изготавливаемой ДПП, так как в отличие от обычных ПП стравливается не медь, а алюминий и притом не со всей поверхности, а только с пробельных мест (около 0,03 кг с 1 м²);
- снижение стоимости ущерба окружающей среде, поскольку исключается операция химического меднения, для которой требуются дефицитные, дорогостоящие и трудноутилизируемые химикаты.

Для усиления коррозионной стойкости платы (как вариант) на слой алюминия на проводники, контактные площадки и стенки отверстий дополнительно осаждают слой никеля толщиной 3...5 мкм. Этот слой является промежуточным между слоем алюминия и осаждаемым позже слоем меди; никель снижает контактную разность потенциалов между алюминием и медью и уменьшает контактную коррозию этих металлов.

Широкое применение в настоящее время пол у аддитивной технологии на наружных слоях МПП вызвано необходимостью получения тонких проводников (шириной 0,08...0,04 мм и менее) для установки BGA-компонентов с малым шагом расположения выводов (0,5...0,25 мм) и большим числом выводов (1000 и более).

Преимущества электрохимического метода:

- достаточно высокая адгезионная прочность при высоких температурах;
- возможность осаждения в отверстия или на поверхность слоя меди любой толщины, что позволяет получить сверхточные структуры проводников с незначительным коэффициентом подтравливания;
- возможность изготовления многоуровневых схем и ПП для установки ПМК.

Аддитивный метод

Аддитивным методом изготавливают прецизионные ДПП на нефольгированном основании по 5-му классу точности. В отличие от субтрактивных методов в аддитивном методе применяют нефольгированный диэлектрик, на который селективно осаждают медь. Толщина химически осажденной на диэлектрик меди составляет порядка 25...35 мкм, удельное электрическое сопротивление — $2,8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м (выше чем у гальванической — $1,72 \cdot 10^{-8}$ Ом·м), относительное удлинение — 4...6 %, прочность сцепления с диэлектриком — не менее 0,4 Н/3 мм.

При аддитивном методе в качестве материала основания ДПП применяют нефольгированный стеклотекстолит:

- с клеевыми пленками (адгезионными) на поверхности типа СТЭФ;
- с введенным в объем диэлектрика катализатором, который способствует осаждению меди на диэлектрик — типа СТАМ;
- с эмалью.

Технологический процесс изготовления зависит от применяемого материала.

Преимущества аддитивного метода:

- высокий класс точности — 5-й;
- равномерность меди на поверхности и в отверстиях при отношении толщины ДПП к диаметру отверстия 10:1;
- короткий технологический цикл;
- сокращение количества оборудования по сравнению с субтрактивными методами;
- снижение расхода меди, так как ее осаждают селективно в соответствии с рисунком ДПП;

- возможность использования для химического меднения солей меди из травильных отходов.

К недостаткам аддитивного метода относятся:

- высокое удельное электрическое сопротивление химической меди;
- наличие адгезионного слоя на поверхности, подверженного старению;
- тенденция химической меди к растрескиванию под воздействием сильных термических ударов и др.

Пример выполнения данного пункта приведен в приложении 6

7. Экономическая часть

1. Основные материалы

Расчет стоимости каждого материала определяется произведением нормы его расхода на цену. Суммирование полученных результатов по всему перечню материалов дает их общую стоимость, к ней делается надбавка, учитывающая транспортно-заготовительные расходы в размере 20-25%.

К основным материалам относятся: стеклотекстолит, припой, флюс, хлорное железо, спирт этиловый, нитроэмаль и так далее. К прочим относятся: дистиллированная вода, клей, проволока, салфетка, пластилин и так далее.

Основным материалом является стеклотекстолит СФ 2- 35- 1,5 ГОСТ 10361-78.

Размер платы:

Площадь платы определяется по формуле (m^2)

$$S = a \cdot b \quad (1)$$

где a - длина платы, мм

b - ширина платы, мм

Объем платы определяется по формуле (m^3)

$$V = S \cdot h \quad (2)$$

Чистый вес платы определяется по формуле (кг)

$$P_{\text{чист}} = V \cdot \rho \quad (3)$$

где ρ - плотность стеклотекстолита ($г/см^3$)

Черный вес стеклотекстолита определяется по формуле, с учетом $K_{\text{отх}} = 1,35$ кг

$$P_{\text{черн}} = P_{\text{чист}} \cdot K_{\text{отх}} \quad (4)$$

Потребность в припое ПОС-61 ГОСТ 21931-76 определяется по формуле, из расчета 0,015г припоя на одну точку пайки (кг)

$$N_{\text{прип}} = q \cdot n_{\text{паяк}} \quad (5)$$

где $N_{\text{прип}}$ - норма расхода припоя на пайку печатной платы с металлизированными отверстиями

q - норма расхода припоя на одну пайку (0,015г)

$n_{\text{паяк}}$ - количество паяк

Потребность во флюсе определяется по формуле, из расчета 0,15 гр на одну точку пайки (кг)

$$H_{\text{флюс}} = K \cdot n_{\text{паяк}} \quad (6)$$

где K - норма расхода флюса на одну пайку, кг

Потребность в хлорном железе определяется по формуле, из расчета 57 грамм на 1 м² стравливаемой фольги, кг. Площадь стравливаемой фольги определяется по формуле (м²)

$$S_{\text{страв}} = 2S \cdot 0,75 \quad (7)$$

$$H_{\text{хл жел}} = 57 \cdot S_{\text{страв}} \quad (8)$$

Расход нитроэмали определяется по формуле, из расчета 0,025 литра на 10 см² защищенной площади, л. Защищенная площадь определяется по формуле (м²)

$$S_{\text{защ}} = 2S - S_{\text{страв}} \quad (9)$$

$$H_{\text{нит эм}} = \frac{0,025 \cdot S_{\text{защ}}}{10} \quad (10)$$

где α - норма расхода нитроэмали, л = 0,025

Норма расхода этилового спирта находится по формуле, из расчета 0,085 на один м² общей площади (л)

$$H_{\text{эт сп}} = 2S \cdot 0,085 \quad (11)$$

Потребность припоя ПОС-61 ГОСТ 21931-76 на лужение контактных площадок с нормой расхода 0,085г на см² защищенной площади определяется по формуле (г)

$$H_{\text{прип}}^{\text{на луж}} = S_{\text{защ}} \cdot 0,085 \quad (12)$$

Потребность во флюсе при лужении контактных площадок определяется по формуле, нормой расхода 4 кг на м² защищенной площади (кг)

$$H_{\text{флюс}}^{\text{на луж}} = S_{\text{защ}} \cdot 4 \quad (13)$$

Полученные данные сводим в таблицу.

Таблица 1 - стоимость основных материалов

Наименование материала	ГОСТ	Единица измерения	Норма расхода	Отпускная цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4	5	6
Стеклотекстолит СФ2-35-1,5	1031-78	кг			
Припой ПОС-61	21930-86	кг			
Флюс ФТК	2015-76	кг			
Хлорное железо	9165-85	кг			
Нитрозмаль ПФ-115	20863-78	л			
Спирт этиловый	18300-78	л			
Итого:					
Транспортно - заготовительные расходы (20 - 25%)		%			
Прочие материалы (10-12%)		%			
Всего					

2. Покупные изделия и полуфабрикаты

Расчет по данной статье делается по всему перечню покупных изделий и полуфабрикатов. К ней делается надбавка в размере 15-20% на транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 2 - стоимость покупных материалов.

Наименование изделия	Цена за единицу изделия (руб.)	Количество (шт.)	Сумма (руб.)
1	2	3	4
Резисторы			
C2-33H-0,25			
C2-33H-0,125			
C2-33H-0,125-1			
Микросхемы			
K1533 ЛН1			
K537 PУ8А			
K1533 ТМ2			
K1533 ЛА3			
K585 АП26			
K1533 ЛН1			
K585 ЛП26			
K1533ТМ2			
K533 ИР35			
K1533 ИП5			
K1533 ЛА3			
Индикатор			
ЗЛЗ41А			
Конденсаторы			
K53-45			
K10-17			

Блок			
Б19-2			
Ячейка			
Я40.3.03			
ИТОГО			
Транспортно-заготовительные расходы.(15-20%)			
ВСЕГО			

3. Основная заработная плата производственных рабочих

По данной статье учитывается заработная плата производственных рабочих, непосредственно связанных с технологическим процессом изготовления продукции. К основной заработной плате относятся выплаты, связанные с отработанным временем: тарифные ставки, премии рабочих, доплаты к заработной плате, за работу в праздничные и выходные дни, ночное время, коэффициенты к зарплате и другие доплаты.

При расчете учитывается подготовительно-заключительное время:

для монтажных работ - 16 минут,

для заготовительных работ - 24 минуты.

Для рабочих-сдельщиков заработная плата определяется:

$$З_{п}^{осн} = P_c \cdot V, \text{ (руб.)} \quad (14)$$

где P- расценок, V-объем произведенной продукции в рублях

Зарботная плата рабочих-повременщиков определяется:

$$З_{п}^{осн} = T_{ч.} \cdot t_{ч.}, \text{ (руб.)} \quad (15)$$

где T_{ч.} - часовая тарифная ставка, t_{ч.} - трудоемкость.

Трудоемкость продукции - это показатель характеризующий затраты рабочего времени на изготовление единицы продукции выполнение какой-либо работы, измеряется в нормо-часах.

В данном разделе я рассчитываю проектно-технологическую трудоемкость, для этого определяю нормы времени, операции разбиваются на составляющие элементы. Норму устанавливают поштучно-калькуляционному времени.

При расчете заработной платы рабочих, занятых изготовлением печатной платы учитываем проектно-технологическую трудоемкость.

Определяю норму штучно-калькуляционного времени по изготовлению печатной платы.

Таблица 3 - норма штучно-калькуляционного времени.

Наименование операций	Время на один элемент, (мин)	Норма $t_{шт}$, (мин)
1	2	3
Резка листов изоляционного материала на полосы ножницами		
Обрубка платы по контуру		
Зачистка кромок платы напильником		
Сверление крепежных отверстий (4 шт.)		
Сверление монтажных отверстий (665 шт.)		
Доводка платы до требуемых размеров		
Зачистка поверхности платы от окислов		
Обезжиривание платы		
Ретуширование платы		
Травление печатной платы		
Лужение платы и покрытие ее лаком		
Сушка и термообработка платы		
Итого:		
С учетом коэффициента 1,3		

Норма рассчитана на выполнение работ в условиях среднесерийного производства. Нормы следует применять с учетом коэффициента 1,3

Определяем норму на изготовление платы по формуле (мин)

$$N_{ВР.} = t_{Н}^{шт} + \frac{t_{Н}^{ПЗВ}}{n} \quad (16)$$

где $t_{Н}^{шт}$ - норма штучного времени на единицу продукции

$t_{Н}^{ПЗВ}$ - подготовительно-заключительное время

n - количество печатных плат.

Часовая тарифная ставка (Тч) рабочего сдельщика 5-го разряда равна 8,27руб. Зарплата производственного рабочего - сдельщика по изготовлению печатной платы составит определяем по формуле (руб)

$$З_{п}^{ОСН} = Тч \cdot Н_{вр} \quad (17)$$

Произведем нормирование работ монтажа печатной платы по операциям.

Комплектовочная операция

Таблица 4 - норма оперативного времени на комплектовочную операцию

Переход	Количество N (шт.)	Т _{ПЕР} (мин.)	Т _{ПЕР.} · N (мин.)
Достать упаковочную тару со стеллажа			
Принести упаковочную тару на рабочее место			
Распаковать упаковочную тару			
Достать из упаковочной тары коробку с требуемыми ЭРЭ			
Распаковать коробку с требуемыми ЭРЭ			
Достать из коробки тару - спутник			
Достать необходимое количество ЭРЭ и уложить в технологическую тару			
Уложить тару - спутник в коробку			
Уложить коробку в упаковочную тару			
Закрыть упаковочную тару			
Унести упаковочную тару на стеллаж			
		Т _{ОПЕР.} =	

Определяю норму штучного времени по формуле

$$Т_{шт.} = Т_{ОПЕР.} + \alpha \frac{(T_{опер.})}{100} \quad (18)$$

α - дается на обслуживание рабочего места, перерыва на личные надобности

$$\alpha = 9,6\%$$

Заготовительная операция

Таблица 5 - норма оперативного времени на заготовительную операцию

Переход	Количество N (шт.)	T _{ПЕР.} (мин.)	T _{ПЕР.} · N (мин.)
Извлечь ЭРЭ из тары			
Зачистить выводы			
Лудить выводы			
Формовать выводы			
Уложить ЭРЭ в тару			
		T _{ОПЕР.} =	

T_{шт.} =

Сборочно-монтажная операция

Таблица 6 - норма оперативного времени на сборочно-монтажную операцию

Переход	Количество N (шт.)	T _{ПЕР.} (мин.)	T _{ПЕР.} · N (мин.)
1	2	3	4
Достать плату из тары			
Установить плату на технологическую стойку			
Достать ЭРЭ из тары			
Установить ЭРЭ на плату			
Установить ИМС на плату			
Нанести флюс			
Пайка волной припоя			
Промывка			
Сушка			
Снять плату с технологической стойки			
Уложить плату в тару			
		T _{ОПЕР.} =	

T_{шт.} =

Регулировочная операция

Таблица 7 - норма оперативного времени на регулировочную операцию

Переход	Количество N (шт.)	T _{ПЕР.} (мин.)	T _{ПЕР.} · N (мин.)
1	2	3	4
Извлечь плату из тары			
Установить плату на технологическую стойку			
Подключить осциллограф			
Подключить частотомер			
Регулировка			
Отключить осциллограф			
Отключить частотомер			
Снять плату с технологической стойки			
Уложить плату в тару			
		T _{ОПЕР.} =	

T_{ШТ.} =

Контрольная операция

Таблица 8 - норма операционного времени контрольной операции

Переход	Количество N (шт.)	T _{ПЕР.} (мин.)	T _{ПЕР.} · N (мин.)
Извлечь плату из тары			
Проверить пайку визуально			
Уложить плату в тару			
		T _{ОПЕР.} =	

T_{ШТ.} =

Далее полученные данные сводим в таблицу

Таблица 9 - заработная плата по отдельным монтажным операциям

Операции	Норма времени на одно изделие	
	(мин)	(час)
Комплектовочная		
Заготовительная		
Сборочно-монтажная		
Регулировочная		
Контрольная		
Итого		

Норма штучного времени на одно изделие составляет

Полученные данные по расчету заработной платы рабочих, занятых на монтаже печатной платы «Название изделия», сводим в таблицу

Таблица 10 - заработная плата рабочих

Наименование работ	Разряд работ	Часовая тарифная ставка (руб)	Трудоемкость в часах	Заработная плата (руб)
1	2	3	4	5
Комплектовочная				
Заготовительная				
Сборочно-монтажная				
Регулировочная				
Контрольная				
Итого				

Заработную плату рабочих-сдельщиков по изготовлению и монтажу печатной платы определяем по формуле (руб.)

$$З_{П}^{ОСН} = З_{М.П.}^{ОСН} + З_{И.П.}^{ОСН} \quad (19)$$

4. Расчет дополнительной заработной платы производственных рабочих определяем по формуле (руб.)

Дополнительная заработная плата-это выплаты, несвязанные с рабочим временем (оплата очередных и дополнительных отпусков, ученических отпусков, оплата сокращенного рабочего дня, выполнение государственных обязанностей, и другие оплаты), составляет 20-25% от основной заработной платы.

$$З_{П}^{ДОП} = (20\%) \cdot З_{П}^{ОСН} \quad (20)$$

5. Страховые взносы с заработной платы производственных рабочих

В этой статье учитываются отчисления в пенсионный фонд -22%, фонд социального страхования-2,9%, фонд обязательного медицинского страхования-5,1% и страхование от несчастного случая на производстве – 1,1% , определяем по формуле (руб.)

$$О_{СН} = 31,1\% \cdot (З_{П}^{ОСН} + З_{П}^{ДОП}) \quad (21)$$

6. Расчет стоимости расходов на эксплуатацию и содержание оборудования

В этой статье учитываются амортизационные отчисления, отчисления на реновацию оборудования (полное восстановление), а также учитываются затраты на содержание и текущий ремонт оборудования; определяем по формуле (руб.)

$$А = 14\% \cdot С_{ОФ} \quad (22)$$

$$А = (40-65\%) З_{П}^{ОСН} \quad (23)$$

7. Расход на освоение и подготовку производства

В этой статье учитываются пуско-наладочные работы, связанные с комплексным опробованием вновь вводимого оборудования, его наладка и испытание. Эти расходы учитываются в течение двух лет с момента пуска.

8. Цеховые расходы

Цеховыми называются расходы, которые не могут быть отнесены непосредственно к изделиям. Эти расходы идут на содержание зданий, сооружений, цехового персонала, вспомогательных рабочих. Если не представляется возможным расчет статьи, то сумма цеховых расходов определяется в размере 120-160 % от основной заработной платы; цеховые расходы определяем по формуле (руб.).

$$Р_{ЦЕХ} = (120-160\%) \cdot З_{П}^{ОСН} \quad (24)$$

9. Общезаводские расходы

К этой статье относятся расходы на управление предприятием: административно-управленческие расходы (заработная плата инженерно технических работников и служащих, командировочные, канцелярские расходы), общепроизводственные расходы (содержание, амортизация, текущий ремонт общезаводских средств, испытания, опыты, исследования, рационализация и охрана труда общезаводского характера) и т.д. Общезаводские расходы определяем по формуле (руб.)

$$P_{\text{ЗАВ.}} = (140-180\%) \cdot Z_{\text{П}}^{\text{ОСН}} \quad (25)$$

10. Прочие производственные расходы

В этой статье учитываются отчисления: 1,5% - научно-исследовательские работы, от заводской себестоимости. Прочие производственные расходы определяем по формуле (руб.)

$$P_{\text{ПРОЧ.}} = 1,5\% \cdot S_{\text{ЗАВ.}} \quad (26)$$

$$S_{\text{ЗАВ.}} = M + П + Z_{\text{П}}^{\text{ОСН}} + Z_{\text{П}}^{\text{ДОП}} + O_{\text{СН}} + A + P_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ.}}, \text{ руб.} \quad (27)$$

11. Внепроизводственные расходы

Эти расходы связаны с реализацией продукции и составляют 1-3% от заводской себестоимости. Внепроизводственные расходы определяем по формуле 28, руб.

$$P_{\text{ВНЕПР.}} = (1-3\%) \cdot S_{\text{ЗАВ.}} \quad (28)$$

Полученные данные сводим в таблицу

Таблица 11 - калькуляция полной себестоимости изделия

Наименование статей	Сумма (руб.)
Основные материалы	
Покупные изделия и полуфабрикаты	
Основная заработная плата рабочих	
Дополнительная заработная плата рабочих	
Страховые взносы с заработной платы производственных рабочих	
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	
Цеховые расходы	
Общезаводские расходы	

Заводская себестоимость	
Прочие производственные расходы	
Внепроизводственные расходы	
Полная себестоимость	

12. Расчет балансовой прибыли

Прибыль - это результат деятельности предприятия, характеризующий эффективность производства.

Балансовая прибыль составляет 15 – 20 % от полной себестоимости изделия и определяем по формуле (руб.)

$$\Pi_p = (15 - 20)\% \cdot S_{\Pi} \quad (29)$$

13. Расчет рентабельности предприятия

Рентабельность - (доходность, прибыльность) - важный показатель эффективности производства. Рентабельность продукции исчисляется по отдельным видам изделий и по всей продукции предприятия и определяется в % по формуле

$$R_{\text{прод.}} = \frac{\Pi_p}{S_{\Pi}} \cdot 100\% \quad (30)$$

14. Расчет налога на добавленную стоимость

Налог на добавленную стоимость (НДС) - исчисляется по приросту стоимости продукции на данной стадии производства.

Налог на добавленную стоимость составляет 18 % от суммы полной себестоимости изделия и прибыли предприятия и определяется в руб. по формуле

$$\text{НДС} = 18\% \cdot (S_{\Pi} + \Pi_p) \quad (31)$$

15. Расчет отпускной цены изделия

Цена - это денежное выражение стоимости товара. Отпускная цена изделия представляет собой сумму себестоимости, прибыли и НДС, рассчитывается в руб. по формуле

$$C_{\text{опт.}} = S_{\Pi} + \Pi_p + \text{НДС} \quad (32)$$

Вывод: Отпускная цена разработки «Название устройства» составила ... рублей с учетом НДС. Нормативные данные взяты на 01.01.20 г.

Приложение 1

Норма штучного времени по изготовлению печатной платы

Таблица 1

Наименование операций	Время на один элемент, (мин.)
1	2
Резка листов изоляционного материала на полосы ножницами	1,1
Обрубка платы по контуру	0,18
Зачистка кромок платы напильником	0,43
Сверление крепежных отверстий (4 шт.)	0,352
Сверление монтажных отверстий (665 шт.)	0,074
Доводка платы до требуемых размеров	0,7
Зачистка поверхности платы от окислов	0,72
Обезжиривание платы	0,52
Ретуширование платы	7,74
Травление печатной платы	2,25
Лужение платы и покрытие ее лаком	1,78
Сушка и термообработка платы	0,67
Итого:	
С учетом коэффициента 1,3	

Приложение 2

Нормы штучного времени на монтаже печатной платы по операциям:

1. Комплектовочная

Таблица 2

Переход	T _{пер} (мин.)
Достать упаковочную тару со стеллажа	0,12
Принести упаковочную тару на рабочее место	1,0
Распаковать упаковочную тару	0,1
Достать из упаковочной тары коробку с требуемыми ЭРЭ	0,07
Распаковать коробку с требуемыми ЭРЭ	0,06
Достать из коробки тару - спутник	0,03
Достать необходимое количество ЭРЭ и уложить в технологическую тару	0,15

Уложить тару – спутник в коробку	0,02
Уложить коробку в упаковочную тару	0,1
Закрыть упаковочную тару	0,05
Унести упаковочную тару на стеллаж	1,0

2. Заготовительная

Таблица 3

Переход	Т _{пер.} (мин.)
Извлечь ЭРЭ из тары	0,1
Зачистить выводы	0,03
Лудить выводы	0,04
Формовать выводы	0,08
Уложить ЭРЭ в тару	0,1

3. Сборочно-монтажная

Таблица 4

Переход	Т _{пер.} (мин.)
Достать плату из тары	0,4
Установить плату на технологическую стойку	0,25
Достать ЭРЭ из тары	0,1
Установить ЭРЭ на плату	0,26
Установить ИМС на плату	0,4
Нанести флюс	0,16
Пайка волной припоя	0,12
Промывка	0,6
Сушка	1,5
Снять плату с технологической стойки	0,25
Уложить плату в тару	0,4

4. Регулировочная

Таблица 5

Переход	T _{пер.} (мин.)
Извлечь плату из тары	0,4
Установить плату на технологическую стойку	0,25
Подключить осциллограф	1,2
Подключить частотомер	1,2
Регулировка	10,0
Отключить осциллограф	0,2
Отключить частотомер	0,2
Снять плату с технологической стойки	0,25
Уложить плату в тару	0,4

5. Контрольная

Таблица 6

Переход	T _{пер.} (мин.)
Извлечь плату из тары	0,4
Проверить пайку визуально	0,55
Уложить плату в тару	0,4

Приложение 3

для сдельщиков

1 разряд – 68,07

2 разряд – 74,19

3 разряд – 77,15

4 разряд – 88,73

5 разряд – 97,61

6 разряд - 109,33

Приложение 4

Единые нормы амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов

Таблица 8

Группы и виды основных фондов	Шифр	Норма амортизационных отклонений
Вычислительная техника		
Машины и комплексы электронные цифровые вычислительные с программным управлением общего назначения, специализированные и управляющие на базе типов процессоров	48000	13,6
Аналоговые и клавишные электронно-вычислительные машины	48001	10,9
Микро-ЭВМ и процессоры унифицированные	48004	10,9
ЭВМ (ДВК) персональные компьютеры	48004	13,6
Устройство программного управления	48006	11,6
Аналого-цифровые вычислительные комплексы и системы	48009	11,6

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

(титульный лист, содержание, список использованной литературы)

*Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государствен-
ный
университет им. Н.И. Лобачевского»
Балахнинский филиал ННГУ
Специальность 09.02.01 Компьютерные системы и комплексы*

Дипломный про- ект

Тема:

Разработал студент группы

Руководитель

Консультант

.

Нормоконтроль

Дата защиты:

Оценка

г. Балахна

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
(Введение, Выбор и обоснование)

Введение

Развитие электроники с начала 60-х годов связано с совершенствованием и развитием интегральных микросхем (ИМС). В течение истории развития технологии и схемотехники цифровых ИМС можно условно выделить 4 этапа:

1 Этап. (60-е годы) – разработка базовых серий ИМС малой степени интеграции, выполняющих простые логические функции. Такие ИМС принципиально повысили надежность вычислительной техники. Их применение стандартизировало многие процессы проектирования вычислительных средств. Были введены новые приемы конструирования вычислительной аппаратуры с использованием средств автоматизации конструирования на базе электронно-вычислительных машин (ЭВМ).

2 Этап. (70-е годы) – разработка ИМС средней степени интеграции, таких как шифраторы, дешифраторы, мультиплексоры, де-мультиплексоры, регистры, счетчики, матрицы ОЗУ с числом эквивалентных элементов не более тысячи. При этом функциональный состав разработанных на предыдущем этапе серий значительно расширился за счет таких ИМС.

3 Этап. (Конец 70-х годов) характеризуется массовым производством микросхем малой и средней степени интеграции, что дало дополнительный толчок к выпуску первых больших интегральных схем (БИС) с числом элементов до десяти тысяч. Появилось большое разнообразие нормальных калькуляторов, начиная с простейших – школьных и кончая программируемыми – инженерными.

4 Этап. В настоящее время технологические возможности позволяют изготавливать серийно БИС с числом элементов, превышающим сотни тысяч. Это потребовало использование мощных систем машинного проектирования, однако и с их использованием возникают сложные проблемы. Поэтому сейчас характерны различные БИС с повторяющей регулярной структурой (например, матричный). Обычно это запоминающие устройства (ОЗУ), постоянные запоминающие устройства (ПЗУ). Успешно реализуются и сверхбольшие ИМС, являющиеся однокристалльными микро ЭВМ. Такие СБИС являются основой современных персональных компьютеров.

Максимального совершенства на данном этапе развития микроэлектроники достигли ИС трех типов логики: эмиттерно – связанной логики (ЭСМ) – сверхскоростной, но с высоким потреблением электроэнергии; транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ) – универсальной; КМОП – экономичной. Появился большой ассортимент универсальных операционных усилителей, компараторов, цифро-аналоговых и аналого-цифровых преобразователей, стабилизаторов напряжений, коммутаторов и т. д.

Совместное применение аналоговых и цифровых микросхем позволяет на компьютерах

производить обработку как цифровой, так и аналоговой информации.

Особого сравнения заслуживают сравнения микросхемы логики ТТЛ и КМОП.

Микросхемы транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ) находят широкое применение в цифровой технике. В них удачно сочетаются высокое быстродействие, нагрузочная способность, помехоустойчивость, сравнительно низкая потребляемая мощность и не высокая стоимость. В зависимости от требований, предъявляемых к аппаратуре, выпускается несколько серий ТТЛ микросхем, электрически полностью совместимых друг с другом.

Логика структуры КМОП реализована на полевых транзисторах и по сравнению с ТТЛ имеет следующие преимущества:

- очень низкое потребление электроэнергии;
- возможность работы при диапазоне напряжений питания от 3,3 до 15В;
- более высокая помехозащищенность;
- очень высокая плотность упаковки элементов в одном кристалле.

Наиболее широко используются 176 и 561 серии.

Низкое энергопотребление и высокая плотность упаковки делают эту логику незаменимой при разработке электронных часов, карманных калькуляторов, оперативной памяти больших объемов, космической техники.

В соответствии с достоинствами и недостатками все эти виды логик находят широкое применение в различных сферах вычислительной техники.

Примером применения КМОП - логики является схема разрабатываемого в данном дипломном проекте устройства «Шахматные часы».

1 Выбор и обоснование схемы

Устройство «Шахматные часы» предназначено для отсчёта времени, затраченного партнёрами при игре в шахматы.

Шахматные часы бывают кварцевые, механические и электронные. Механические часы больше подвержены посторонним влияниям (завод, сильные удары по кнопке, изнашивание механизма), которые искажают точный отсчет времени, а также уступают электронным и кварцевым часам по точности хода.

Устройство «Шахматные часы», представленное в дипломном проекте, предназначено для учёта времени, затраченного партнёрами на игру до 24 часов. Отсчёт времени каждым из партнёров производится по индивидуальным табло - индикаторам, показывающим время (часы, минуты, секунды) в цифровой форме. При включении часы автоматически устанавливаются на ноль и находятся в таком состоянии до нажатия кнопки запуска часов любым из партнёров. Запуск и остановка часов производятся соответствующими кнопками, причём при запуске часов партнёрами (после выполнения очередного хода) часы нажимаю-

щего кнопку останавливаются. В случае перерыва в игре есть кнопка паузы, которая позволяет остановить работу. Для последующего запуска часов достаточно нажать любую из кнопок запуска.

Кроме обычного режима отсчёта времени часы обеспечивают световую индикацию, автоматическую индикацию и фиксацию времени в коротких партиях при молниеносной игре после окончания регламента времени у одного из партнёров, при этом запуск часов кнопками запуска блокируется.

Время работы от четырёх последовательно соединённых элементов при пяти - шестичасовом ежедневном использовании один год.

В предлагаемой конструкции электронные шахматные часы являются встроенными. Достоинствами данного устройства являются малые габариты (170х115х50 мм; масса-450 г), а также выполнение переносной доски и шахматных часов в виде единого блока позволяет обеспечить устойчивость устройства, постоянное взаимное расположение игрового поля, индикаторов и органов управления часов в условиях тряски, качки или толчков. Благодаря этим достоинствам шахматные часы являются удобными для пользования в транспорте, в туристических походах и т.п.

Особенностью работы данных часов является то, что если же один из партнёров не уберёт руку с кнопки после её нажатия (что особенно возможно при молниеносной игре), то это не мешает другому партнёру нажать на свою кнопку, остановив тем самым свои часы и запустив часы партнёра, не снявшего руки с кнопки. Для этой цели в схему введены соответствующие конденсаторы.

В данной схеме используются: счётчики, необходимые для деления частоты, поступающие с кварцевого генератора, логические элементы(2 И-НЕ,3 И-НЕ), триггеры, переключатели.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
(Описание структурной схемы)

2 Описание структурной схемы

Цифровой ревербератор разрабатывается с целью улучшения качества модуляции радиостанций.

Структурная схема состоит из девяти функциональных узлов:

Узел 1. Усилитель-ограничитель (УО) – устройство, которое ослабляет громкие сигналы и усиливает тихие сигналы. На выходе формируется сигнал с относительно постоянным уровнем.

Узел 2. ШИМ-модулятор (ШМ) – устройство, для изменения скважности импульсов, а, следовательно, для изменения среднего напряжения на выходе ШИМ.

Узел 3. ОЗУ – устройство для временного хранения данных и переборки адресов.

Узел 4. Устройство хранения (УХ) – устройство для записи и хранения информации.

Узел 5. Тактовый генератор (ТГ) – устройство, генерирующее управляющие сигналы заданной частоты.

Узел 6. Счетчик адреса (СА) – устройство, передающее управляющие сигналы на мультиплексор по младшим и старшим разрядам.

Узел 7. Мультиплексор (М) – устройство, позволяющее передавать комбинации управляющих сигналов, поступающих со счетчика адреса.

Узел 8. Устройство формирования (УФ) – устройство, формирующее сигнал CAS.

Узел 9. Устройство блокировки тактового генератора (УБТГ) - устройство, блокирующее тактовый генератор в режиме приема, не позволяющее ревербератору давать наводки на приемный такт.

В структурной схеме используются следующие сигналы:

СУО – сигнал устройства управления

СШМ – сигнал ШИМ-модулятора

СУБТГ – сигнал блокировки тактового генератора

ССА – сигнал счетчика адреса

СОЗУ – сигнал запоминающего устройства

CAS – управляющий сигнал

RAS – управляющий сигнал

TX – сигнал передачи

Рассмотрим работу устройства по его структурной схеме:

Входной сигнал поступает на усилитель-ограничитель, который изменяет уровень сигнала (громкий ослабляет, а тихий усиливает). С выхода усилителя-ограничителя сигнал поступает на вход ШИМ-модулятора

ШИМ-модулятор модулирует сигнал и отправляет его на вход микросхемы ОЗУ. В свою очередь ОЗУ обрабатывает полученный сигнал и с его выхода сигнал поступает на вход устройства хранения, где он записывается. Устройство формирования формирует управляющий сигнал CAS, при поступлении которого на вход устройства хранения вся сохраненная в нем информация подается на выход устройства.

При поступлении сигнала передачи, включается устройство блокировки тактового генератора, которое управляет работой тактового генератора и подает на его вход управляющие сигналы.

Тактовый генератор обрабатывает полученные сигналы и формирует сигнал управления RAS, который управляет работой ОЗУ, счетчика адреса и мультиплексора.

По спаду импульса RAS счетчик адреса передает комбинацию сигналов с младших и старших разрядов на мультиплексор, который в свою очередь формирует сигнал, передаваемый на ОЗУ.

ОЗУ принимает управляющие сигналы и обработав снова передает на устройство хранения, которое передаст сохраненную информацию на выход схемы при поступлении сигнала CAS, который придет с задержкой.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
(описание принципиальной схемы)

3 Описание принципиальной схемы

Рассмотрим принцип работы устройства по его принципиальной схеме.

При включении питания устанавливается низкий уровень напряжения на выходе элемента DD2.4. Поступая на вход R счётчика DD4, он разрешает его работу. При этом на выходе 9 счётчика присутствует напряжение низкого уровня, разрешающее работу генератора импульсов на элементах DD2.1, DD2.2. Их частота определяется резистором R17 и конденсатором C15. Импульсы поступают на вход CP счётчика DD4. Счёт продолжается, пока на его выходе 9 низкий уровень не сменится высоким, что запретит работу генератора. Хотя на выходе элемента DD2.3 уровень станет низким, но, поскольку на выводе 1 элемента DD2.4 он высокий, на входе R счётчика DD4 останется низкий уровень. В таком состоянии устройство может оставаться сколько угодно долго.

Когда на сотовый телефон, рядом с которым находится микрофон BM1, поступает вызов и звучит звонок, сигнал, принятый микрофоном, усиленный транзисторами VT1 -VT3, VT6 и выпрямленный диодами VD1 и VD6, приходит на пороговое устройство, выполненное на стабилитроне VD7 и транзисторе VT11. При напряжении на входе этого устройства более 3,5 В транзистор VT11 открывается и на вывод 1 элемента DD1.1 поступает напряжение низкого логического уровня, что запускает одновибратор, собранный из элементов DD1.1 и DD1.2. Он генерирует импульс низкого логического уровня длительностью около 9 с, определяется цепью C1R5.

Нарастающий перепад импульса запускает одновибратор на элементах DD1.3, DD1.4. Короткий импульс низкого уровня поступает на вывод 1 элемента DD2.4, а так как на выводе 2 установлен низкий уровень, то на выходе элемента DD2.4 и входе R счётчика DD4 возникнет импульс высокого уровня. Он установит счётчик в исходное состояние с высоким уровнем на выходе 0 и низким на всех остальных выходах, в том числе на выходе 9, что разрешит работу генератора импульсов на элементах DD2.1, DD2.2.

Высоким уровнем на выходе 0, а затем на выходе 1 счётчика DD4 открываются транзисторы VT7 и VT9, замыкающие приблизительно на 2 с цепь питания обмотки реле K1. Kontakтами K1.1, подключёнными параллельно кнопке "Ответ" сотового телефона, имитируется нажатие на эту кнопку. Телефон "поднимает трубку". Примерно через 7 с после этого высокий уровень будет установлен на выходе 8 счётчика DD4. Это откроет транзисторы VT8 и VT10, сработает реле K2, его контакты K2.1, подключённые параллельно кнопке "Отбой" телефона, замкнутся. Телефон "положит трубку".

Если не позднее 7 с после ответа на вызов звонящий нажмёт на своём телефоне кнопку "#", на выходах декодера DA1 появится код этой кнопки (1100). В результате на выходе эле-

мента DD5.1 будет установлен низкий уровень, что запустит одновибратор из элементов DD5.2 и DD5.3. На выходе элемента DD5.3 будет сформирован импульс низкого логического уровня длительностью около 40 с, определяется цепью C18 R30. Элемент DD5.4 проинвертирует его, в результате на входе CN счётчика DD4 будет установлен высокий уровень, что запретит счёт и задержит на время импульса подачу сигнала "Отбой".

Кроме того, высоким уровнем с выхода элемента DD5.4 будет открыт транзистор VT5. Это даст возможность разрешить работу дешифратора DD3 сигналом с выхода StD декодера DA1, подтверждающим приём очередного -сигнала и открывающим транзистор VT4. Если звонящий вслед за кнопкой "#" нажал на своём телефоне, например, на кнопку "1", на выходе 1 перешедшего в активный режим дешифратора DD3 уровень станет низким. Это должно привести в действие управляемое сигналом с этого выхода исполнительное устройство. Выходы 1-9 дешифратора соответствуют одноимённым кнопкам телефона, выход 10 - кнопке "*", выход 11 - кнопке "0", а выход 12 - кнопке "#".

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
(Электрический и логический расчет)

4 Электрический и логический расчёты

4.1 Электрический расчёт

4.1.1 Расчет интегрирующей цепи R₉ C₆

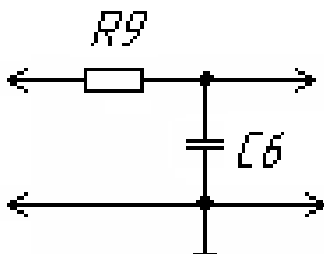


Рисунок 2 - интегрирующая цепь

Исходные данные:

$$U_{\text{пит}}=6\text{В}$$

$$U_{\text{пор}}=3\text{В}$$

$$I_{\text{тах}}=0,3 \text{ мкА}$$

$$T_{\text{и}}=200 \text{ нс}$$

Рассчитываем минимальное сопротивление R_{min} , Ом, интегрирующей цепи по формуле

$$R_{\text{min}} = U_{\text{пит}} / I_{\text{тах}} \quad (1)$$

где $U_{\text{пит}}$ - напряжение питания, В;

$I_{\text{тах}}$ - максимальный ток потребления, А.

$$R_{\text{min}}=6/0,3 \cdot 10^{-6}=2 \cdot 10^6 \text{ Ом}=2 \text{ МОм}$$

Из таблицы номиналов выбираем $R_{\text{прак}} \geq R_{\text{min}}$

$$R_{\text{прак}}=3 \text{ МОм}$$

Рассчитываем емкость конденсатора C , ф, интегрирующей цепи по формуле

$$C = \frac{t_{\text{и}}}{R \cdot \ln \frac{U_{\text{num}}}{U_{\text{num}} - U_{\text{пор}}}} \quad (2)$$

где $t_{\text{и}}$ – время длительности импульса, с;

$U_{\text{пор}}$ – пороговое напряжение, В.

$$C=200 \cdot 10^{-9} / 3 \cdot 10^6 \cdot 0,7=0,095 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}=0,095 \text{ пФ}$$

Из таблицы номиналов выбираем ёмкость конденсатора $C_6=0,33 \text{ пФ}$

Результат расчета: $R_9=3 \text{ МОм}$, $C_6=0,33 \text{ пФ}$

4.1.2 Схемы установки времени для S1, S5, S6

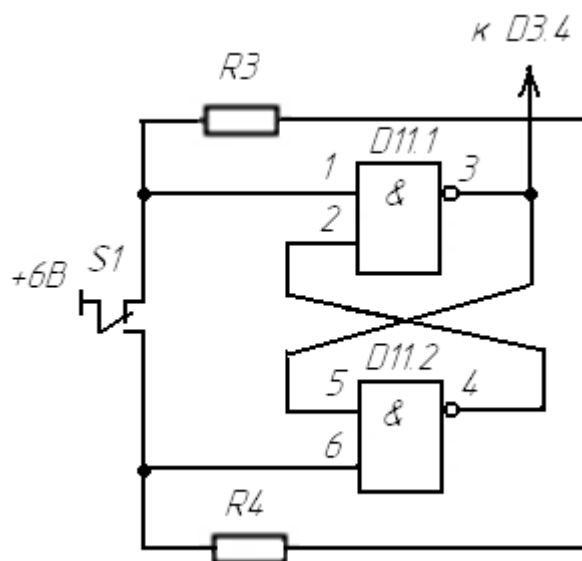


Рисунок 3 – схема установки времени для S1

Рассмотрим процесс установки времени для S1.

При отпущенной кнопки S1 на выходе триггера, собранном на мс D11.1 и D11.2 присутствует сигнал логической 1. При нажатии кнопки S1 он сменяется сигналом логического 0. Следовательно, при каждом нажатии, а затем отпуске кнопки S1 на счётный вход счётчика D4 (контакт 4) через мс D3.2 поступает перепад напряжения, вызывающий срабатывание счётчика и изменение его показания на 1.

Аналогично осуществляется процесс установки для S5, S6

Для ограничения входного тока микросхемы K176ЛА7 до величины 30 мкА используются резисторы R3 и R4, R14 и R15, R17 и R16 соответственно для S1, S5, S6.

Рассчитываем сопротивление резисторов R, Ом, по формуле

$$R=U/I \quad (3)$$

где U – напряжение питания, В;

I – потребляемый ток микросхемы K176ЛА7, А.

$$R=6/30 \cdot 10^{-6}=200 \text{ кОм}$$

Из таблицы номиналов выбираем резисторы R3 и R4, R14 и R15, R17 и R16 номиналом 510 кОм.

Результат расчета: $R_3, R_4, R_{14}, R_{17}, R_{15}, R_{16} = 510 \text{ кОм}$

4.1.3 Схемы установки времени для S2

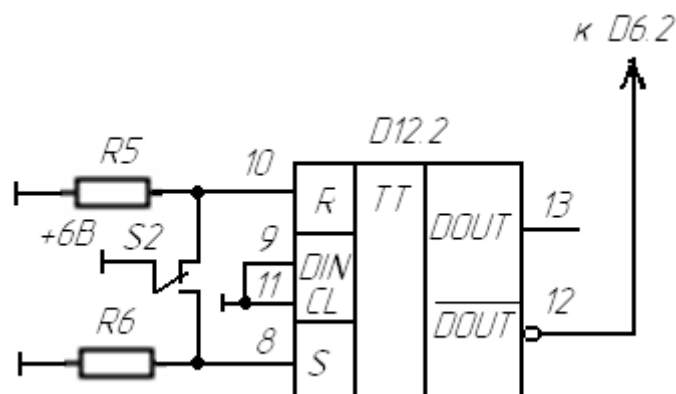


Рисунок 4 - схема установки времени для S2

Рассмотрим процесс установки времени для S2

При отпущенной кнопки S2 на выходе триггера, собранном на мс D12.2 присутствует сигнал логической 1. При нажатии кнопки S2 он сменяется сигналом логического 0. Следовательно, при каждом нажатии, а затем отпуске кнопки S2 на счётный вход счётчика D7 (контакт 4) через мс D6.2 поступает перепад напряжения, вызывающий срабатывание счётчика и изменение его показания на 1.

Для ограничения входного тока микросхемы K176TM2 до величины 30 мкА используются резисторы R5 и R6. Сопротивление резисторов рассчитывается по формуле 3

$$R = 6/30 \cdot 10^{-6} = 200 \text{ кОм}$$

Из таблицы номиналов выбираем резисторы R5 и R6 номиналом 510 кОм.

Результат расчета: R5, R6 = 510 кОм

4.1.4 Расчёт генератора с кварцевым резонатором

Кварцевому резонатору свойственны 2 резонансные частоты, при которых обеспечивается равенство абсолютного значения реактивного сопротивления – это частота последовательного резонанса и частота параллельного резонанса

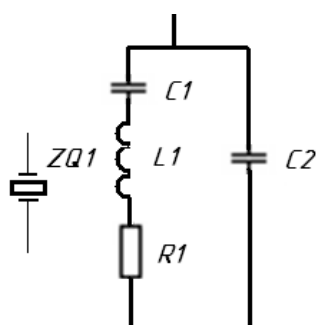


Рисунок 5 – УГО и эквивалентная схема кварцевого резонатора

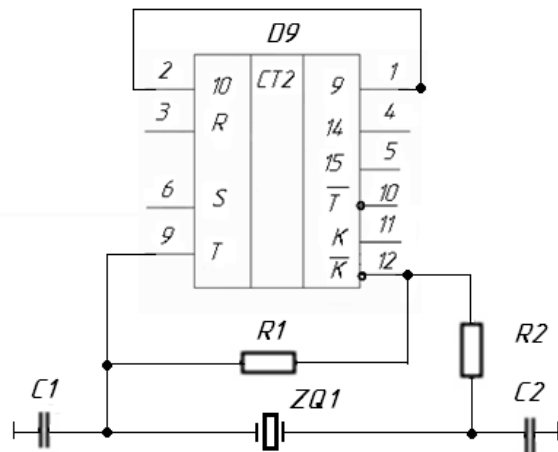


Рисунок 6 – Стандартная схема включения генератора с кварцевым резонатором

Микросхема K176IE5 содержит каскады для работы в кварцевом генераторе с внешним резонатором на частоту 32 768 Гц и пятнадцатиразрядный двоичный делитель частоты. Выходной сигнал кварцевого генератора можно контролировать на выходах К и К. Сигнал частотой 32 768 Гц поступает на вход девятиразрядного двоичного делителя частоты. С его выхода 9 сигнал частотой 64 Гц может быть подан на вход 10

шестиразрядного делителя. На выходе 14 пятого разряда этого делителя формируются импульсы частотой 2 Гц, а на выходе 15 шестого разряда - 1 Гц. Вход R микросхемы служит для установки исходной фазы колебаний на выходах микросхемы. При подаче на вход R уровня 1 на выходах 9, 14, 15 возникает уровень 0, а после снятия установочного уровня появляются сигналы соответствующей частоты, причем спад первого импульса положительной полярности на выходе 15 возникает через 1 с.

Конденсаторы C1 и C2 служат для точной установки частоты кварцевого генератора. Ёмкость первого из них может находиться в пределах от единиц до ста пикофард, ёмкость второго - в интервале 30...100 пФ.

По стандартной схеме включения устанавливаем: R1=200кОм, R2=10Мом, C1=30пФ, C2=30пФ.

.1.5 Схема включения светодиода HL1

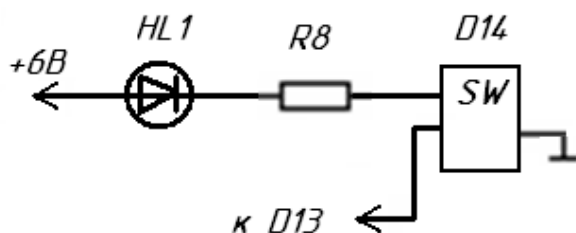


Рисунок 7 - Схема включения светодиода HL1

Исходные данные:

$$U_{\text{пит}}=6\text{В}$$

$$U_{\text{пор}}=3\text{В}$$

Выбираем в качестве светодиода HL1 светодиод марки АЛ310А со следующими параметрами: $U_{\text{пр}}=2\text{В}$, $I_{\text{пр}}=10\text{ мА}$

По исходным данным рассчитываем внутреннее сопротивление светодиода $R_{\text{внутр}}$, Ом, по формуле

$$R_{\text{внутр}} = U_{\text{пр}} / I_{\text{пр}} \quad (4)$$

где $U_{\text{пр}}$ – прямое напряжение светодиода, В;

$I_{\text{пр}}$ – прямой ток светодиода, А.

$$R_{\text{внутр}}=2/10*10^{-3}=0,2\text{кОм}$$

Сопротивление R_{D14} рассчитываем из параметров ИМС: $U_{\text{вх}}=0,3\text{ В}$, $I_{\text{потр}}=1\text{ мА}$

$$R_{D14}=0,3/1*10^{-3}=0,3*10^3\text{ Ом}=300\text{ Ом}$$

Рассчитываем минимальное сопротивление резистора $R_{\text{мин}}$, Ом, по формуле

$$R_{\text{мин}}=U_{\text{пит}}/(I_{\text{пр}}-R_{VD}-R_{D14}) \quad (5)$$

где R_{VD} – сопротивление диода, Ом;

R_{D14} – сопротивление микросхемы К176КТ1, Ом.

$$R_{\text{мин}}=6/10*10^{-3}-200-300=100\text{ Ом}$$

Из таблицы номиналов выбираем $R_{\text{прак}} \geq R_{\text{мин}}$

$$R_{\text{прак}}=430\text{ Ом}$$

Рассчитываем ток диода I_d , А, по формуле

$$I_d = U_{\text{пит}} / (R_{VD} + R_{D14} + R_8) \quad (6)$$

где R_8 – сопротивление резистора, Ом;

$$I_{\text{тах}}=6/(200+300+430)=0,006\text{ А}=6\text{ мА}$$

Таким образом $I_d < I_{\text{тах}} = 10\text{ мА}$

Результат расчета: $I_d = 6\text{ мА}$, $R_{\text{прак}}=430\text{ Ом}$

4.1.6 Расчёт цепи заряда-разряда конденсатора R_7 , C_3 , R_{12}

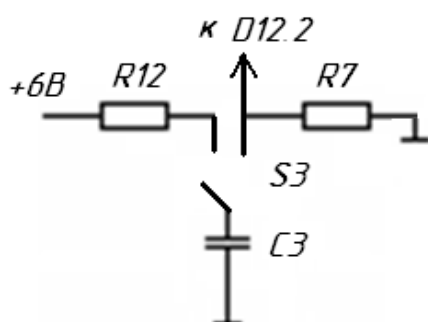


Рисунок 8 – цепь заряда-разряда конденсатора R_7 , C_3 , R_{12}

Исходные данные:

$$U_{пит}=6В$$

$$U_{пор}=3В$$

$$T_{разр}=7 \text{ мкс}$$

Рассчитываем R_7 C_3 -цепь разряда конденсатора

Исходя из параметров микросхемы $T=7 \text{ мкс}$.

Из таблицы номиналов выбираем конденсатор ёмкостью 1000 пФ.

Рассчитываем сопротивление R_7 , Ом, по формуле

$$R_7 = \frac{\tau}{C * \ln \frac{U_{пит}}{U_{пит} - U_{пор}}} \quad (7)$$

где T – время заряда конденсатора, с.

$$R_7 = 7 * 10^{-6} / (1000 * 10^{-12} \ln 2) = 10 * 10^3 \text{ Ом} = 10 \text{ кОм}$$

Из таблицы номиналов выбираем $R_{прак} \geq R_7$

$$R_{прак} = 10 \text{ кОм}$$

Рассчитаем время заряда конденсатора $T_{зар}$, с, исходя из параметров микросхемы

$$T_{разр} \sim T_{зар} / 10 \quad (8)$$

$$T_{зар} = 7 \text{ мкс} / 10 = 0,7 \text{ мкс}$$

Рассчитываем сопротивление R_{12} , Ом, по формуле 8

$$R_{12} = 0,7 * 10^{-6} / (1000 * 10^{-12} \ln 2) = 1 * 10^3 \text{ Ом} = 1 \text{ кОм}$$

Из таблицы номиналов выбираем $R_{прак} \geq R_{12}$

$$R_{прак} = 1 \text{ кОм}$$

Результат расчета: $R_7 = 10 \text{ кОм}$, $T_{зар} = 0,7 \text{ мкс}$, $R_{12} = 1 \text{ кОм}$, $T_{разр} = 7 \text{ мкс}$

Цепь заряда-разряда конденсатора R_7 , C_3 , R_{12} рассчитывается аналогично выше-рассмотренной цепи.

Результат расчета: $R_{11} = 10 \text{ кОм}$, $T_{зар} = 0,7 \text{ мкс}$, $R_{13} = 1 \text{ кОм}$, $T_{разр} = 7 \text{ мкс}$

4.2 Логический расчёт

1 Временная диаграмма, поясняющая работу счетчика 7-с кода (микросхема 176ие4)

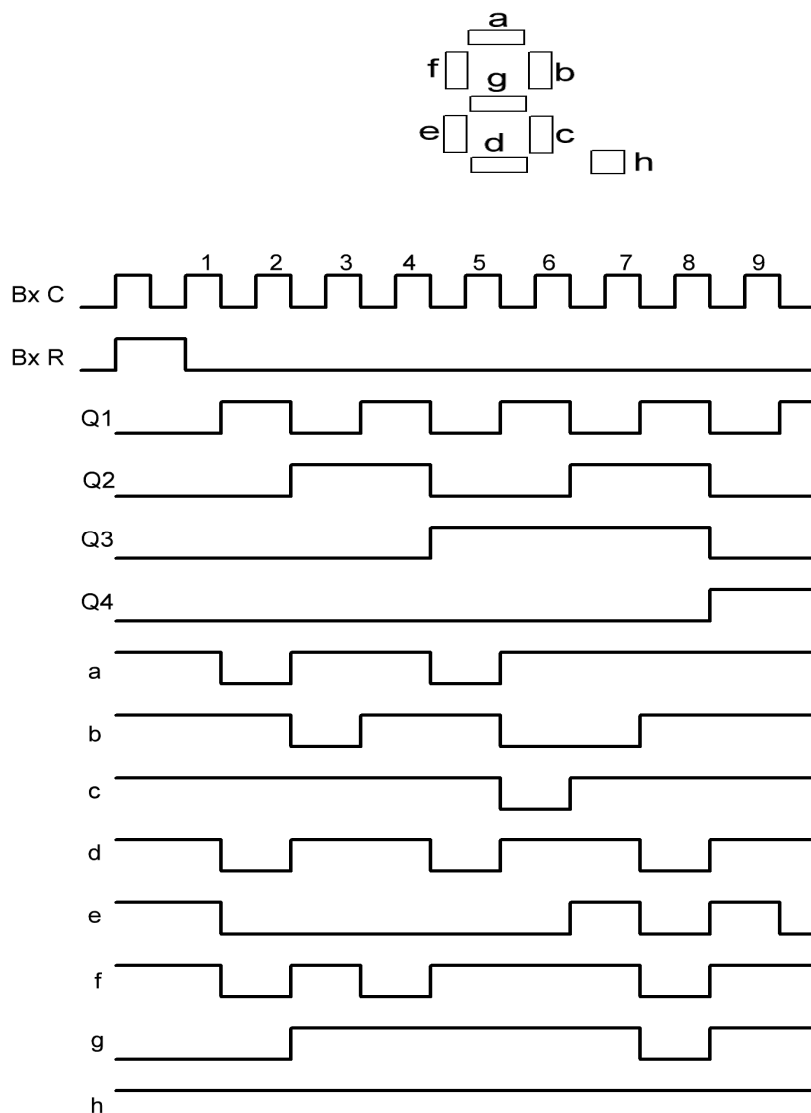
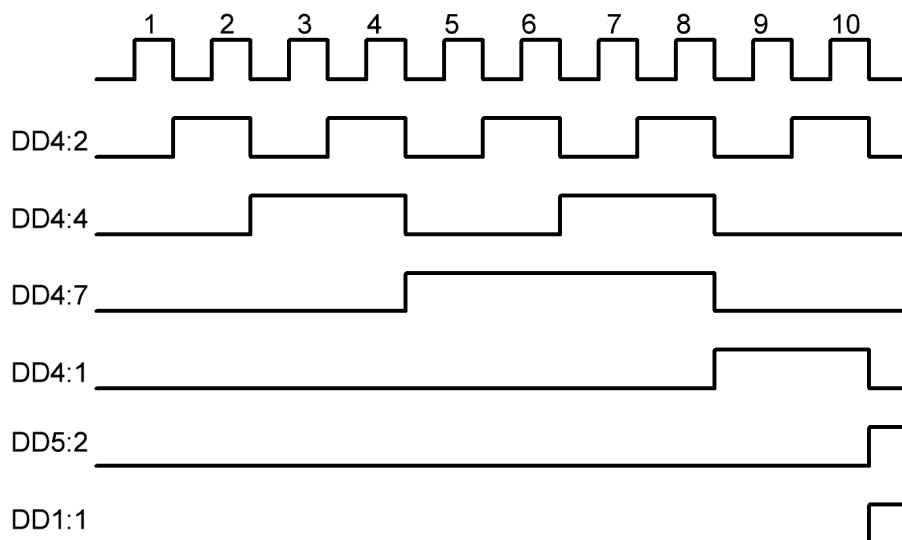


Рисунок - Временная диаграммы микросхемы К176 ИЕ4

Микросхема К176ИЕ4. Принимает сигналы, эти сигналы она подсчитывает и переводит в двоичный код, который вследствие переводится в 7-с код. 7-с код поступает на контакты индикатора, происходит отображение чисел.

При подачи на контакт индикатора единицы то сегмент будет гореть. При подаче нуля сегмент не будет гореть. Временная диаграмма поясняет работу индикатора, показанная на рис

2 Пример работы таймера на 10 мин



Работа таймера обеспечивается подсчетом временных интервалов десятичного счетчика DD4 и DD5. DD4 подсчитывает единицы минут. DD5 посчитывает десятичные минуты. Сброс счетчика выполняется выбором достигнутого состояния счетчиков дешифратором (кнопки SB1 – SB5). При достижении счетчик временного интервала через дешифратор происходит сброс сигнала и устанавливается в ноль. Временная диаграмма поясняет работу таймера при формировании интервала времени 10 мин показана на рис

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
(Расчет надежность)

5 Расчет надежности

Основным показателем ЭВМ является надежность. Она зависит как от надежности используемой элементной базы, так и от принятых схемотехнических и конструктивных решений.

Надежность – это свойство выполнять заданные функции, сохраняя эксплуатационные показатели в допустимых пределах в течение требуемого промежутка времени и возможность возобновления функционирования утраченного по тем или иным причинам.

В любой момент времени ЭВМ может находиться в исправном и ли неисправном состояниях. Если ЭВМ в данный момент времени удовлетворяет всем требованиям основных и второстепенных параметров, то такое состояние называется исправным. Неисправное состояние ЭВМ – это состояние, при котором она в данный момент не удовлетворяет хотя бы одному из основных или второстепенных требований. Однако не каждая неисправность приводит к невыполнению ЭВМ заданных функций. Поэтому для оценки надежности введены понятия работоспособность и отказ.

Работоспособность – это состояние ЭВМ, при котором она в данный момент времени соответствует всем требованиям, характеризующих нормальное протекание вычислительного процесса.

Отказ – событие, состоящее в полной или частичной утрате работоспособности системы. Т.к. не всякая неисправность приводит к отказу, то на практике различают основные и второстепенные неисправности. Основные неисправности приводят к отказу, а второстепенные – не приводят, но создают неудобства при эксплуатации.

Возникновение отказа во времени - это случайное событие, что позволяет использовать для оценки надежности методы теории вероятности и математической статистики.

Классификация отказов:

1 По характеру возникновения:

а) внезапные – отказы, возникающие в результате мгновенного изменения одного или нескольких параметров элемента. Устранение внезапного отказа производится заменой отказавшего элемента или его ремонтом.

б) постепенные – отказы, возникающие в результате постепенного изменения параметров элементов до тех пор, пока значение одного из параметров не выйдет за допустимые пределы. Устранение постепенного отказа производится заменой, ремонтом или регулировкой.

2 По характеру устранения:

а) устойчивые, т.е. для устранения такого отказа необходим ремонт или замена эле-

мента, т.е. необходимо вмешательство человека.

б) самоустраняющиеся, т.е. устраняются без вмешательства человека. Проявляются в форме сбоя или перемещающегося отказа), они следуют один за другим). Сбой – однократно возникающий, самоустраняющийся отказ.

Проявление сбоев обусловлено внешними и внутренними факторами. К внешним факторам относятся колебания напряжения питания, температурные колебания, вибрации. К внутренним факторам относятся: несинхронность работы отдельных устройств, внутренние шумы и наводки.

3 По внешним проявлениям:

а) явные – обнаруживаются при внешнем осмотре;

б) скрытые – обнаруживаются специальными методами контроля.

При определении надежности ЭВМ необходимо знать процесс возникновения отказов устройств, конфигурацию системы, порядок обслуживания и ремонта устройств.

Выбор количественных характеристик надежности зависит от вида ЭВМ (восстанавливаемые и невосстанавливаемые). Восстанавливаемые ЭВМ – ЭВМ, которые в процессе выполнения своих функций допускают ремонт. Если произойдет отказ такой ЭВМ, то он вызовет прекращение функционирования изделия только на период устранения отказа. Невосстанавливаемые – ЭВМ, которые в процессе выполнения своих функций не допускает ремонт.

Показатели надежности: вероятность безотказной работы, вероятность отказа, интенсивность, средняя наработка на отказ.

Значительное повышение надежности достигается созданием новых элементов, таких как интегральные схемы. Однако существуют элементы, надежность которых достаточно низкая и трудно поддается повышению. Поэтому одним из распространенных путей повышения надежности является введение схемной избыточности.

Схемная избыточность может быть нескольких видов:

а) структурное резервирование - предполагает включение в схему устройств дополнительных элементов, которые позволяют скомпенсировать отказы отдельных частей устройства и обеспечить их надежную работу. Однако резервирование эффективно только в том случае, когда неисправности являются статически независимыми.

б) резервирование без восстановления - различается по виду включения резервных элементов (постоянное резервирование, резервирование замещением и скользящее резервирование).

При постоянном резервировании предполагается, что любой отказавший элемент не оказывает влияние на выходные сигналы и поэтому его прямого обслуживания не произво-

дится.

При резервировании с замещением предполагается обнаружение отказавшего элемента и подключение исправного. Подключение может осуществляться как вручную, так и автоматически.

При скользящем резервировании любой резервный элемент может заменять любой основной элемент. Для данного вида резервирования необходимо иметь устройство, которое автоматически находит неисправный элемент и подключает вместо него резервный.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7
(технологическая часть дипломного проекта)

6 Технологическая часть проекта

6.1 Анализ технологичности изделия

Технологичной называется такая конструкция, которая может быть изготовлена при наименьшей затрате овеществленного и живого труда и полностью отвечает предъявляемым к изделию эксплуатационным требованиям.

Среди критериев, оценивающих технологичность конструкции, наиболее применяемыми являются следующие: распределение деталей по преемственности, классам точности, технологической конфигурации и применяемым материалам, распределение узлов (сборок) по сложности и взаимозаменяемости внутри узлов, ориентировочная трудоемкость изготовления деталей и сборки изделий; специальная технологическая оснастка, общая характеристика для оценки технологичности.

При определении технологичности создаваемых конструкций необходимо учитывать все фазы производства, характеризующие изготовление не только деталей, но и изделия в целом.

В качестве основных направлений повышения технологичности в радиоэлектронном аппаратостроении могут быть приняты:

1. Повышение технологичности деталей изделия;
2. Повышение технологичности узлов и изделия в целом.
- 3.1. Показатели степени технологичности:
 - 1) Коэффициент стандартизации рассчитываем по формуле

$$n_{cm} = \frac{K_9}{n} \quad (8)$$

где n_{cm} — коэффициент стандартизации;

K_9 — число стандартизированных элементов;

n — общее число электрорадиоэлементов;

- 2) Коэффициент нормализации рассчитываем по формуле

$$n_{норм} = \frac{K_1}{n} \quad (9)$$

где K_1 — число нормализованных элементов;

$n_{норм}$ — коэффициент нормализации.

- 3) Коэффициент преемственности рассчитываем по формуле

$$n_{прием} = \frac{K_{11}}{n} \quad (10)$$

где k_{11} – число преемственных элементов;

$n_{\text{преем}}$ – коэффициент преемственности.

4) Коэффициент автоматизации соединений рассчитываем по формуле

$$n_{\text{авт.соед}} = \frac{n_2}{K_2} \quad (11)$$

где n_2 – число монтажных соединений выполненных автоматизированным и механизированным методом;

$n_{\text{авт.соед}}$ – коэффициент автоматизации соединений.

5) Коэффициент использования микросхем рассчитываем по формуле

$$n_{\text{исп}} = \frac{m}{n} \quad (12)$$

где $n_{\text{исп}}$ – коэффициент использования микросхем;

m – число используемых микросхем;

6) Коэффициент механизированного монтажа рассчитываем по формуле

$$n_{\text{мех.монт}} = \frac{K_4}{K_2} \quad (13)$$

где $n_{\text{мех.монт}}$ – коэффициент механизированного монтажа;

K_4 – число монтажных электрорадиоэлементов выполненных механическим методом.

7) Коэффициент автоматизации контроля рассчитываем по формуле

$$n_{\text{авт.конт}} = \frac{n_5}{K_5} \quad (14)$$

где $n_{\text{авт.конт}}$ – коэффициент автоматизации контроля;

n_5 – общее число операций контроля и настройки выполненных автоматизированным способом;

K_5 – число операций контроля и настройки.

8) Коэффициент повторяемости рассчитываем по формуле

$$n_{\text{повт}} = 1 - \frac{K_6}{n} \quad (15)$$

где $n_{\text{повт}}$ – коэффициент повторяемости;

K_6 – общее число типов электрорадиоэлементов.

9) Коэффициент использования оригинальных элементов рассчитываем по формуле

$$n_{орг.элемент} = 1 - \frac{K_7}{n} \quad (16)$$

где $n_{орг.элемент}$ – коэффициент прогрессивности;

K_7 – число типов оригинальных элементов.

10) Коэффициент прогрессивности рассчитываем по формуле 1

$$n_{прог} = \frac{d}{n} \quad (17)$$

где d – число деталей полученных прогрессивным способом.

11) Коэффициент унификации рассчитываем по формуле

$$n_{униф} = \frac{K_9 + K_1 + K_{11}}{n} \quad (18)$$

где $n_{униф}$ – коэффициент унификации.

12) Коэффициент технологичности рассчитываем по формуле

$$N_m = \frac{K_2 + n_{автоед} + 0,75 n_{авгмонт} + 0,31 n_{повт} + 0,187 n_{оригл} + 0,11 n_{прог}}{K_2 + n_{автоед} + n_{межмонт} + n_{авгмонт} + n_{повт} + n_{прог}} \quad (19)$$

Полученные данные сводим в таблицу 3

6.2 Выбор варианта технологического процесса изготовления изделия

Данная ПП будет производиться по комбинированному позитивному методу изготовления.

Типовой процесс изготовления изделия с комбинированным позитивным методом изготовления печатных плат

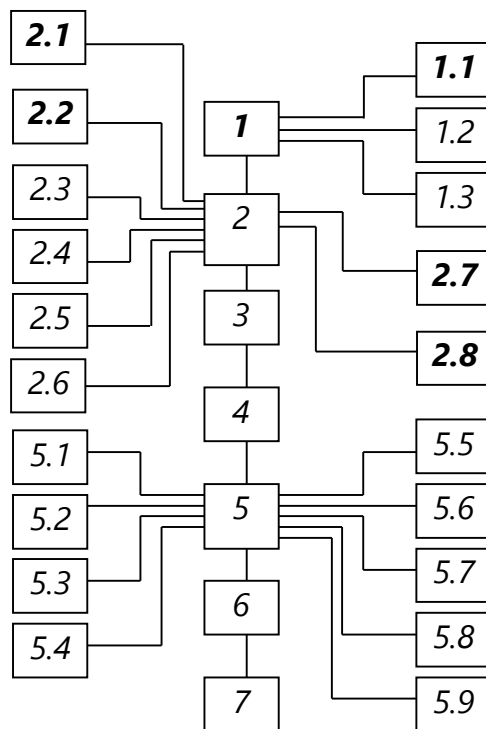


Рисунок 11- Схема технологического изготовления изделия комбинированным позитивным методом

Описание технологического процесса:

1) Подготовка производства.

1.1. Закупка элементов, входящих в состав печатной платы;

1.2. Подготовка материала основания печатной платы;

1.3. Приготовление лаков, припоев, флюсов, промывочных растворов.

2) Данная ПП будет двухсторонней так как односторонняя будет иметь большие габариты, а многослойная требует большую трудоемкость и выполнена из стеклотекстолита фольгированного с гальваностойкой фольгой марки СФ-2-35 Г

Следуя выбранному материалу основания данная ПП будет разрабатываться комбинированным позитивным методом.

Данный метод включает в себя следующие операции:

2.1. Входной контроль;

2.2. Механическая обработка печатной платы;

- 2.3. Электрохимическая металлизация;
- 2.4. Получение рисунка печатной платы;
- 2.5. Предварительная металлизация;
- 2.6. Удаление защитного рельефа;
- 2.7. Маркирование;
- 2.8. Контроль.

3) Внутренний монтаж.

Пайка резисторов, конденсаторов, диодов, транзисторов, производится автоматизированным методом групповой пайки, например волной припоя. При установке выводы деталей вставляются в отверстия печатной платы и закрепляются со стороны пайки подгибом.

4) Изготовление корпуса изделия.

Наиболее рациональной формой для многих изделий является прямоугольник. Учитывая требования к устройству, а также наличие на предприятии-изготовителе технологий и оснастки, в качестве основного материала, используемого для изготовления корпуса можно выбирать пластмассу. Выбор варианта конструкции осуществляется исходя из технических требований и условий производства.

5) Внешний монтаж.

Включает в себя следующие операции:

- 5.1. Комплектовочная;
- 5.2. Заготовительная;
- 5.3. Подготовка печатной платы к сборке;
- 5.4. Сборочная;
- 5.5. Контрольная;
- 5.6. Монтаж элементов на корпус;
- 5.7. Установка платы в корпус;
- 5.8. Контроль;
- 5.9. Закрытие корпуса крышкой.

6) Контроль.

Все контрольные операции осуществляются после каждой технологической операции. После окончания сборки изделия производится контроль правильности сборки изделия и испытание на воздействие климатических факторов окружающей среды.

7) Упаковка.

Разрезать полиэтиленовую пленку ножницами толщиной 0,1 мм. Допускается упаковывать в бумагу конденсаторную или кабельную. Сварить продольные и один поперечный швы. Швы должны располагаться на расстоянии 10 мм. от изделия. Обжать пакет для удале-

ния воздуха пластинами из пенополиуретана толщиной 10 мм. Сварить поперечный шов. Контроль качества производится визуально на 100% упакованного изделия. Не допускаются не провары, прожоги, трещины, пористость в упаковке.

6.3 Выбор и обоснование применяемых материалов

6.3.1 Выбор материала

Для основания ПП применяется слоистые диэлектрики, с одной или с двух сторон фольгированные медной фольгой, или нефольгированные диэлектрики.

Фольгированные диэлектрики применяются в субстративных методах изготовления ПП, нефольгированные - в аддитивном и полуаддитивном.

Фольгированные диэлектрики применяются в качестве основания ПП, являются композиционными материалами и состоят из армирующего наполнителя. В настоящее время широко применяется гетинакс, стеклотекстолит, полиимид и др.

Гетинакс фольгированный - спрессованные слои электроизоляционной бумаги, пропитанные фенольной или эпоксифенольной смолой в качестве связующего вещества, облицованные с одной или двух сторон медной фольгой.

Стеклотекстолит фольгированный представляет собой спрессованные слои стеклоткани, пропитанные эпоксифенольной или эпоксидной смолой.

Большое значение при изготовлении ПП имеет процентное соотношение между стекловолокном и смолой в диэлектрике.

Таблица 4 - Основные характеристики материала основания ПП

Критерии оценки	ГФ-1 ГФ-2	СФ-1 СФ-2	СТНФ-1, 2 СТФ-1, 2	ФДМ-1, 2	ФАФ-4Д	СТПА-5 СТАП	Полиимид
1	2	3	4	5	6	7	8
Поверхностное сопротивление, Ом	10^8^*	$2 \cdot 10^{12}^{**}$	$1 \cdot 10^{12}^{**}$	10^{14}		$5 \cdot 10^{11}^{**}$	10^{14}
Удельное объемное сопротивление, Ом·м	$5 \cdot 10^7^*$	$1,4 \cdot 10^{13}^{**}$	$2 \cdot 10^{12}^{**}$	$9 \cdot 10^{11}$	$10 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{11}^{**}$	10^{14}
Диэлектрическая постоянная при 1 МГц (Е _г)	7,0 ^{***}	5,5 [*] 4,3 ^{**}	5,4 [*] 4,6 ^{**}	4,7	2,2	5,4 [*] 4,6 ^{**}	3,5

Продолжение таблицы 4

Тангенс угла ди- электрических по- терь при $f = 1$ МГц*	0,07*	0,035 0,014**	0,03...0,035	0,024	0,0002	0,025 0,015**	0,001- 0,002
Сопротивление изо- ляции МОм	10^3	10^4	10^6	10^4			
Электрическая прочность, МВ/м	15...30***	15...35***		15...35***	25...250***		30...200***
Предел прочности при изгибе, Н/мм ² :							
В продольном направлении	115	280		180			
Стойкость к воздей- ствию ванны для пайки, °С/с	260/5	260/20	260/30	260/20		260/30	260/60
Водопоглощение, % мг. менее	2,9 60	0,3 6,4	0,20-0,25 15	1,5		15	2,9
Предел рабочих температур, °С	-60+85	-60+85	-60+105	-60+100	+ 113		-196+400
Горючесть в соот- ветствии с UL94	-	-	V-0			-	
Прочность сцеп- ления фольги с ди- электриком на по- верхности 3 мм. Н	2,7	3,0	4,5	3...3,6		3,6****	2,6...3,9

* После кондиционирования в условиях 96 ч/40 °С/93 % (96 ч; при температуре 40 °С; относительной влажности 93 %).

** После кондиционирования в условиях 96 ч/40 °С/93 % + 1 ч/23 °С/75 %.

*** Верхние пределы указаны для тонких пленок.

**** После гальванической металлизации.

Стеклотекстолит имеет более высокое объемное сопротивление, а также обладает высоким сопротивлением изоляции. Также достоинством этого материала является высокая стойкость к воздействию ванны для пайки. Данный материал обладает свойством низкого

водопоглощения. Работает в большом диапазоне температур.

Исходя из соображений, выбирается материал основания ПП стеклотекстолит марки СФ-2-35Г

С – стеклотекстолит.

Ф – фольгированный.

2 – двухсторонний.

35- толщина медной фольги в мкм.

Г- с гальваностойкой фольгой.

6.3.2 Выбор вспомогательных материалов

Технологический процесс изготовления предусматривает применение вспомогательных материалов:

а) Покрытие осуществляется лаком, применяемым для защиты от коррозии и придания радиоаппаратуре и ее деталям эстетического вида.

Для защиты монтажа печатной платы применяют лаки: УР–231, Э–4100.

Таблица 5 – Сравнительные параметры лака УР–231 и Э–4100

Наименование показателей	УР–231	Э–4100
Электрическая прочность при $t=80^{\circ}\text{C}$, В/мм	52	54
Тангенс угла диэлектрических потерь: при $F=1000$ Гц; в нормальных условиях; при $t=80^{\circ}\text{C}$	32,5 0,02 0,08	32 0,013 5,6
Влагопоглощаемость за 24 часа, %	—	1,2
Удельное объемное диэлектрическое сопротивление, ом·см: в нормальных условиях при $t=80^{\circ}\text{C}$	$7,8 \cdot 10^4$ $2,7 \cdot 10^4$	$1,7 \cdot 10^5$ $2 \cdot 10^7$
Диэлектрическая проницаемость, см: в нормальных условиях при $t=80^{\circ}\text{C}$	4,23 4,2	4,3 4,4
Диэлектрическая проницаемость, см: в нормальных условиях при $t=80^{\circ}\text{C}$	4,2	

Выбираем лак УР-231 т.к. он дешевле и по параметрам подходит для использования в данном устройстве, а так же придает деталям эстетический вид.

б) Для пайки применяется припой ПОС–61 ГОСТ 21931–76, состав которого: 61% олова и 39% свинца.

Для удаления пленки окислов с контактных площадок во время пайки, используется флюс ФКСп ГОСТ 2015–78, что позволяет получить более качественную пайку.

Промывка платы производится этиловым спиртом ГОСТ 18300–73. Для промывки также используется бязь, отбеленная ИРТ–255 ГОСТ 11680–78.

в) Прочие вспомогательные материалы

Таблица 6 - Вспомогательные материалы

Вода питьевая	ГОСТ 2874-82
Кислота соляная техническая	ТУ 6-01-1194-79
Тринарий фосфат	ГОСТ 201-76
Сода кальцинированная	ГОСТ 5100-85
Препарат СО-20	ГОСТ 10730-82
Аммоний надсерноокислый	ГОСТ 20478-75
Кислота соляная	ГОСТ3118-77
Палладий двухлористый	ТУ 6-09-2025-84
Олово двухлористое	ГОСТ 36-78
Натрий хлористый	ГОСТ 4233-77
Олово четыреххлористое	ТУ 6-09-3084-82
Кислота ортофосфорная	ГОСТ 6552-80
Спирт бутиловый технический	ГОСТ 5208-81
Медь серноокислая	ГОСТ 4165-78
Калий-натрий виннокислый	ГОСТ 5845-79
Натрий гидроокись	ГОСТ 4328-77
Никель двуххлористый	ГОСТ 4038-79
Натрий углекислый	ГОСТ84-76
Натрий серноватистый кислый	ГОСТ 27068-86

Продолжение таблицы 6

Формалин	ГОСТ 1625-75
Кислота серная	ГОСТ 4204-77
Добавка БЭСМ	ТУ 6-02-2-918-87
Препарат ОС-20	ГОСТ 10730-82
Полотно иглопробивное №622	ТУ 17-14-109-80
Аноды АМФ медные	ГОСТ 767-70
Кислота муравьиная	ГОСТ 1706-78
Пеногаситель АС-30	ТУ 6-02-937-79
Спирт этиловый рентификованный	ГОСТ 18300-72
Фоторезист сухой пленочный СПФ-ВЩ-2	ТУ 16-503.244-84
Лак НЦ -134	ТУ 6-10-1291-77
Метилловый фиолетовый индикатор	ТУ 6-09-945-76
Растворитель 646	ГОСТ 18188-72
Кислота борфтористо водородная	ТУ 6-09-2577-77
Олово борфтористое	ТУ 6-09-2683-77
Свинец борфтористое	ТУ 6-09-4409-77
Синтанол ДС-10	ТУ 6-14-577-77
Добавка ДС- натрий	ТУ 028.007
Вода дистиллированная	ГОСТ 6709-72
Аммиак водный технический	ГОСТ 9-77
Флюс ФКСп	ЮГ 0.021.011 ТУ
Теплоноситель Л 2502-ОЖ	ТУ 6-05-1963-84
Смола ЭД -20	ГОСТ 10587-84
Дибутилфталат	ТУ 6-05-5119-81
Полиэтилен- полиамин марки А	ТУ 6-02-594-85
Эмаль ЭП-572, чёрная	ТУ 6-10-1539-76
Ацетон технический	ГОСТ 2768-84
Припой ПОС-61	ГОСТ 1499-70
Спирт	ТУ 3-66-65
Марля отбеленная	ГОСТ 9412-67

Продолжение таблицы 6

Лак НЦ-34, красный	ТУ 6-10-1291-72
Трубка ПВХ 230, белая	МРТУ 6-05-919-63
Лак Э-4100, бесцветный	МРТУ 6-10-857-69
Отвердитель №1	ТУ 6-10-1263-72
Этилциллозоль	ГОСТ 8313-76
Уайт-спирит	ГОСТ 3134-52
Ксилол чистый, каменноугольный	ГОСТ 9949-62
Мастика ЛН	Юго 054006
Жидкость ПФМС-4	МРТУ 6-02-275-63
Бензин Б-70	ГОСТ 1012-72

Таблица 7 - Оборудование и оснастка

Лупа ЛП1-4*	ГОСТ 1594-55
Микрометр МК 25-2	ГОСТ 5507-78
Микроскоп МБС-2	ГОСТ 8074-82
Стол	ЩЩ 6473-0000
Линейка автоматическая АГ-44	ГГМ 1.211.036 ТУ
Линия химико-технологической подготовки	ГНГМ 1.240.006
Ванна винипластовая	ШЩ50.31.24.00
Установка для нанесения фоторезиста	АРСМ 3.289.006
Скальпель СО-4	ТУ 64-1-17-72
Перчатки	ТУ 77 РСФСР 06-7745-84
Цапфонбор	ШЩ 7366-4126
Фотошаблоны	ОСТ 4Г0.073-211-84
Втулка для совмещения фотошаблона	ШЩ 788-4075
Установка экспонирования пп	АРСМ 3.258.000
Линия для проявления фоторезиста	ГГМ 1.250.001
Кювета винипластовая	ШЩ 52.15.00
Микроскоп МБС-2	ГОСТ 3-31210-78
Стол ретуши	ШЩ 64.113.00.00

Продолжение таблицы 7

Кисть колонковая КЖХ	ОСТ 17-888-81
Лупа ЛИ-3-10 ^x	ГОСТ 8309-78
Микроскоп МБС-2	ГОСТ 8284-78
Вытяжной шкаф	ЩЩ 50.28.00.00
Печь сушильная	АРСМ 3.009.000
Линия травления	ГГМ 1.240.001
Лупа ЛИ-3-10	ГОСТ 8309-75
Установка жидкостного оплавления	ТУ 00.999.136
Линия ультразвуковой промывки	ТУ 2.950.017
Электропаяльник ЭПСН-25/42	ГОСТ 7219-83
Установка для проверки металлизации в отверстиях	ИАВД 71004.0000
Пинцет ПА 250*2,5	ТУ 64-1-3775
Баночка	ШЩ 7879-4228
Паяльник	ШЩ43.63.00.00
Прибор ПКТП	ЩК 2.763.036
Комплект для монтажной пайки	
Салфетка	ОСТ 14-133-72
Вытяжной шкаф	ЩЩ 63.168.00.00
Индикатор	ГОСТ 9696-82
Верстак	ГОСТ0.1336
Установка для контроля чистоты отмывки пп	
Камера окрасочная	ШЩ 51004000
Краскораспылитель пневматический ручной СО-71	ГОСТ 7385-73
Ножницы 175	РСТ РСФСР 145-71

6.4 Технологический процесс изготовления печатной платы

В настоящее время в радиоэлектронной промышленности существуют следующие типы конструкций печатных плат:

Односторонние печатные платы (ОПП) - изготавливаются приклеиванием фольги к одной стороне диэлектрической подложки. Преимуществами являются простота и низкая стоимость изго-

товления, а недостатки - низкая трассировочная способность, одностороннее расположение широких проводников и большое расстояние между ними. Применяют при монтаже бытовой аппаратуры, измерительной и вычислительной технике.

Двусторонние печатные платы (ДПП) - представляют собой диэлектрическую подложку с приклеенной с двух сторон медной фольги. ДПП отличаются сложностью конструкции, разрешающей способностью, материалами; обладают повышенной плотностью монтажа и надёжностью.

Многослойные печатные платы (МПП) - изготавливаются путём послойного склеивания нескольких диэлектрических подложек, разделённых медной фольгой. К преимуществам МПП относятся высокая плотность монтажа, что уменьшает габариты и массу аппаратуры; устойчивость к внешним воздействиям; стабильность электрических сигналов. Также к основным достоинствам относится наличие экранирующих слоёв между слоями ПП, которые позволяют экранировать схему от внешних и внутренних воздействий. Изготовление МПП является значительно трудоемким, и предъявляются высокие требования к точности изготовления элементов печатного рисунка.

6.4.1 Выбор типа конструкции печатной платы

При изготовлении печатной платы для данного устройства используется комбинированный позитивный метод, так как является основным при изготовлении двусторонних печатных плат. Преимуществом позитивного комбинированного метода является хорошая адгезия проводника, повышенная надёжность монтажных и переходных отверстий, высокие электроизоляционные свойства. Последнее объясняется тем, что при длительной обработке в химически агрессивных растворах (растворы химического меднения, электролиты и др.) диэлектрическое основание защищено фольгой...

6.4.2 Выбор метода изготовления ПП

Данный метод состоит из следующих этапов:

1 Входной контроль

Осуществляется визуально с помощью лупы с целью выявления неровностей, искривлений, проколов и других дефектов.

2 Получение заготовок методом резки гильотинными ножницами

Фольгированные диэлектрики выпускаются размерами 1000-1200 мм, поэтому их необходимо обрезать. Для резки фольгированных диэлектриков используем гильотинные прецизионные ножницы.

Из листов фольгированного диэлектрика гильотинными ножницами нарезаем заготовки требуемых размеров с припуском на технологическое поле по 10-30 мм с каждой стороны. Далее с торцов заготовки необходимо снять напильником заусенцы во избежание повреждения рук во время технологического процесса. Качество снятия заусенцев определяется визуально.

Резка заготовок не должна вызывать расслаивания диэлектрического основания, образования трещин, сколов, а также царапин на поверхности заготовок.

3 Получение фиксирующих отверстий методом сверления

Заготовка зажимается в креплениях сверлильного станка и затем происходит сверление. Данный этап возможно автоматизировать.

4 Получение монтажных и переходных отверстий методом сверления

В соответствии с трассировкой печатной платы производится сверление отверстий при помощи сверлильного станка с ЧПУ. Применяемые свёрла чаще всего изготавливают из твердого углеродистых сталей марки У-10, У-18, У-7. В основном используют две формы сверла: сложнопрофильные и цилиндрические. Так как стеклотекстолит является высокоабразивным материалом, то стойкость сверл невелика. Так, например, стойкость тонких сверл - около 10 000 сверлений.

5 Металлизация предварительная

При изготовлении данного изделия применяется химическое меднение.

Химическое меднение является первым этапом металлизации отверстий. При этом возможно получение плавного перехода от диэлектрического основания к металлическому покрытию, имеющих разные коэффициенты теплового расширения. Процесс химического меднения основан на восстановлении ионов двухвалентной меди из ее комплексных солей. Толщина слоя химически осажденной меди 0,2-0,3 мкм. Химическое меднение можно проводить только после специальной подготовки - каталитической активации, которая может проводиться одноступенчатым и двухступенчатым способом.

При двухступенчатой активации печатную плату сначала обезжиривают, затем декапируют торцы контактных площадок. Далее следует первый шаг активации - сенсбилизация, для чего платы опускают на 2-3 мин в соляно-кислый раствор дихлорида олова. Второй шаг активации - палладирование, для чего платы помещают на 2-3 мин в соляно-кислый раствор дихлорида палладия. Адсорбированные атомы палладия являются высокоактивным катализатором для любой химической реакции.

При одноступенчатой активации предварительная обработка (обезжиривание и декапирование) остается такой же, а активация происходит в коллоидном растворе, который содержит концентрированную серную кислоту и катионы палладия при комнатной температуре.

6 Подготовка поверхностей заготовок перед нанесением СПФ

Подготовка поверхностей является ответственной операцией, которую проводят чтобы:

- удалить заусенцы после сверления отверстий и наростов гальванической меди;
- обеспечить необходимую адгезию СПФ к медной поверхности подложки;

- обеспечить химическую стойкость защитного рельефа на операциях проявления и травления;
- получить матовую поверхность с низкой отражающей способностью, которая обеспечивает более однородное экспонирование фоторезиста.

Применяют два способа подготовки поверхности:

- механическая зачистка абразивными кругами с последующей химической обработкой в растворе персульфата аммония;
- механическая зачистка водной суспензией пемзового абразива.

Затем проводят операции сенсibilизации и активирования поверхности диэлектрика.

7 Получение защитного рельефа

Для получения защитного рельефа используется сухой пленочный резист (СПФ) толщиной 15...50 мкм. СПФ состоит из слоя полимерного фоторезиста, помещенного между двумя защитными пленками. Для обеспечения возможности нанесения сухопленочных фоторезистов на автоматическом оборудовании пленки поставляются в рулонах. На поверхность заготовки СПФ наносится в установках ламинирования. Адгезия СПФ к металлической поверхности заготовок обеспечивается разогревом пленки фоторезиста на плите до размягчения с последующим прижатием при протягивании заготовки между вальками. Установка снабжена термопарой и прибором контроля температуры нагрева пленки фоторезиста. На установке можно наносить СПФ на заготовки шириной до 600 мм со скоростью их прохождения между вальками 1,0-3,0 м/мин. Фоторезист нагревается до температуры 110-1200 С. В процессе нанесения одну защитную пленку с фоторезиста удаляют, в то время как другая остается и защищает фоторезист с наружной стороны.

8 Электрохимическая металлизация

Осуществляется способом гальванического меднения и нанесение металлорезиста (олово—свинец или олово).

Слой химически осажденной меди обычно имеет небольшую толщину (0,2-0,3 мкм), рыхлую структуру, легко окисляется на воздухе, непригоден для токопрохождения, поэтому его защищают гальваническим наращиванием (“затяжкой”) 1-2 мкм гальванической меди.

Для этого необходимо декапировать платы в 5%-ном растворе соляной кислоты в течение 1-3 сек при температуре 18-250С, промыть платы в холодной проточной воде в течение 2-3 мин при температуре 18-250С, зачистить платы венской известью в течение 2-3 мин при температуре 18-250С, промыть платы в холодной проточной воде в течение 2-3 мин при температуре 18-250С, снова декапировать заготовки в 5%-ном растворе соляной кислоты в течение 1-3 сек при температуре 18-250С, промыть платы в холодной проточной воде в течение

ние 1-2 мин при температуре $20\pm 20^{\circ}\text{C}$, промыть платы в дистиллированной воде в течение 1-2 мин при температуре произвести гальваническую затяжку в течение 10-15 мин при температуре $20\pm 20^{\circ}\text{C}$, промыть платы холодной проточной водой в течение 1-2 мин при температуре $18-25^{\circ}\text{C}$, сушить платы сжатым воздухом при температуре $18-25^{\circ}\text{C}$ до полного их высыхания, контролировать качество гальванической затяжки (отверстия не должны иметь непокрытий, осадок должен быть плотный, розовый, мелкокристаллический).

9 Удаление защитного рельефа

Слой защитного лака удаляется с поверхности платы. В зависимости от применяемого лака существуют различные растворители. Некоторые лаки возможно снять ацетоном.

10 Травление меди с пробельных мест с удалением травильного резиста

Осуществляется способом с удалением металлорезиста (олово - свинца, олова или никеля) или полимерного травильного резиста после операции травления с последующим нанесением паяльной маски на медный проводник; этот процесс называется «маска поверх открытой меди», или SMOBS-процесс (solder mask over bare copper), или защитная маска по меди. На рисунке представлены SMOTL- и SMOBS-процессы, начиная с операции гальванического осаждения сплава олово - свинец или олова.

11 Нанесение паяльной маски

Осуществляется методом сеткографии.

12 Нанесение покрытия на участки проводящего рисунка, свободные от маски

Наносится органическое защитное покрытие.

13 Отмывка флюса

Фоторезист удаляется с поверхности платы. При большом объеме выпуска плат это следует делать в установках снятия фоторезиста (например, APC-2.950.000). При небольшом количестве плат фоторезист целесообразней снимать в металлической кювете щетинной кистью в растворе хлористого метилена.

14 Получение крепежных отверстий и обработка по контуру

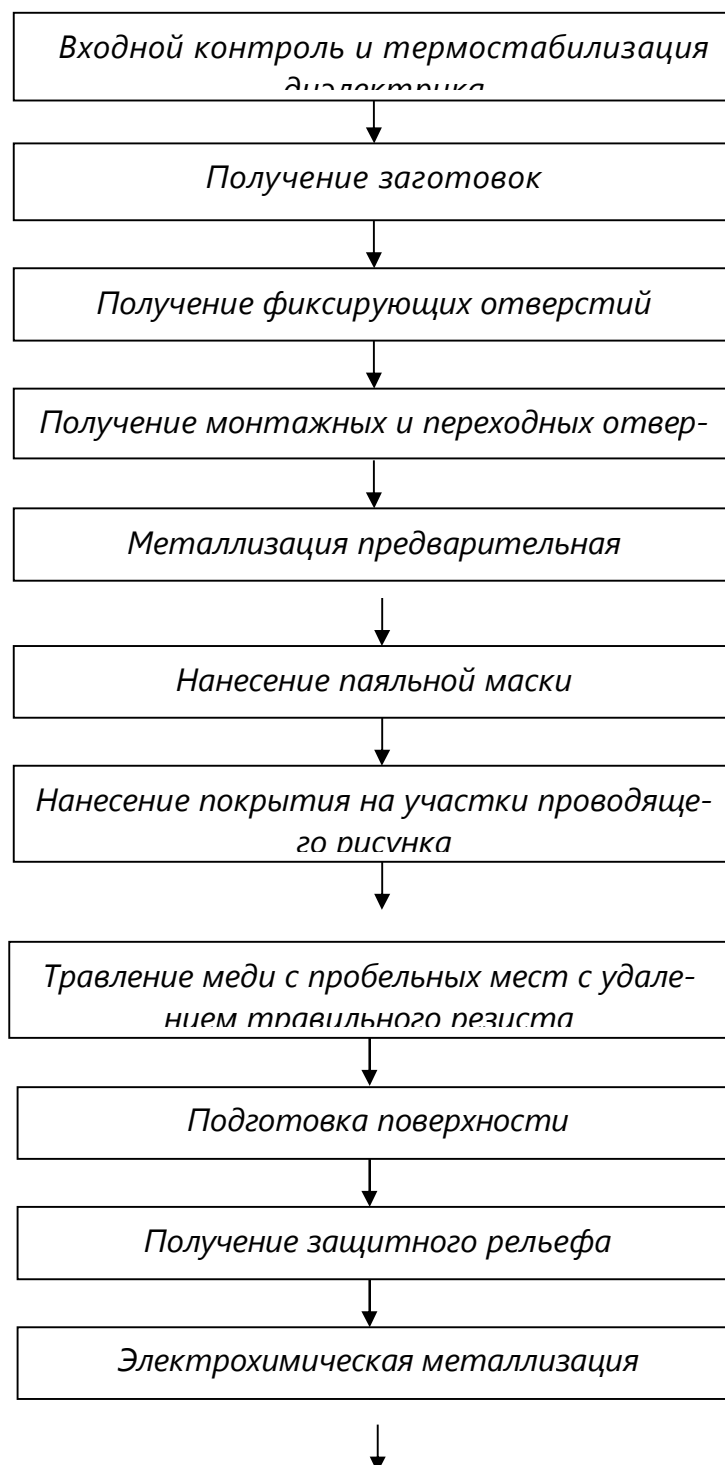
Сверление отверстий осуществляется при помощи сверлильного станка. Обработка по контуру осуществляется фрезерованием.

15 Промывка

Промывка осуществляется при помощи ультразвука.

16 Контроль электрических параметров.

6.4.3 Последовательность основных этапов комбинированного метода изготовления показаны на рисунке



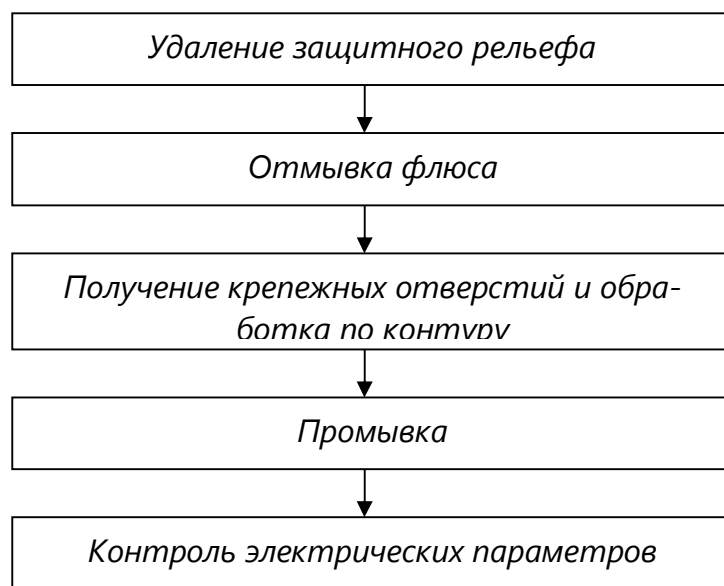


Рисунок 12 - Этапы изготовления ДПП с металлизированными отверстиями.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8
(элементная база дипломного проекта)

K176ЛА7

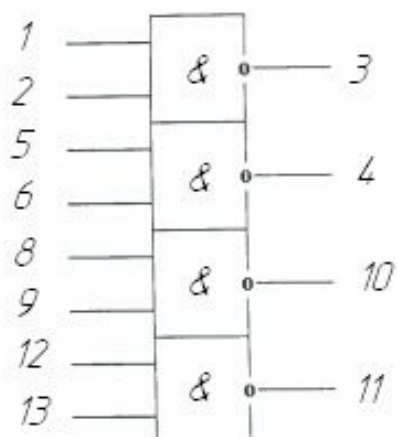


Рисунок 13 – микросхема K176ЛА7 4 логических элемента, реализующих функцию 2 И-НЕ.

Таблица 19 -назначение выводов

N выв.	Назначение	N выв.	Назначение
1	Вход	8	Вход
2	Вход	9	Вход
3	Выход	10	Выход
4	Выход	11	Выход
5	Вход	12	Вход
6	Вход	13	Вход
7	Общий	14	Осс

Электрические и эксплуатационные характеристики

Ипот - не более 0,1 мА

$U^0_{\text{вых}}$ – не более 0,3 В

$U^1_{\text{вых}}$ – не менее 8,2В

$I^0_{\text{вх.}}$ – не более 30 мкА

$I^1_{\text{вх.}}$ - не более 30 мкА

K176ЛА9

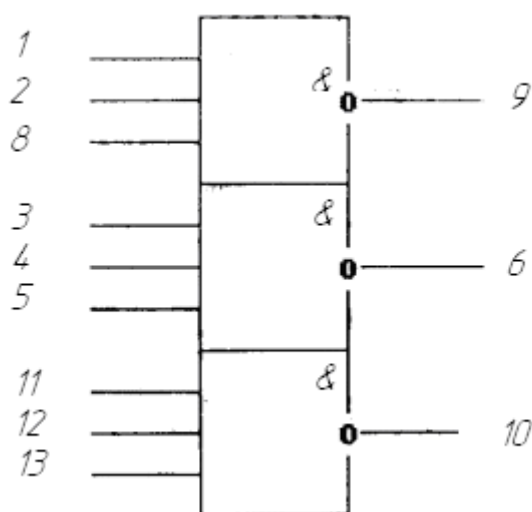


Рисунок 14 – микросхема K176ЛА9 3 логических элемента, реализующих функцию 3 И-НЕ.

Таблица 21 -Таблица истинности

Вход 3	Вход 4	Вход 5	Выход 6
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

Электрические и эксплуатационные характеристики

Ипот - не более 0,1 мА

$U^0_{\text{вых}}$ – не более 0,3 В

$U^1_{\text{вых}}$ – не менее 8,2В

$I^0_{\text{вх.}}$ – не более 0,3 мкА

$I^1_{\text{вх.}}$ - не более 0,3 мкА

176ИЕЗ

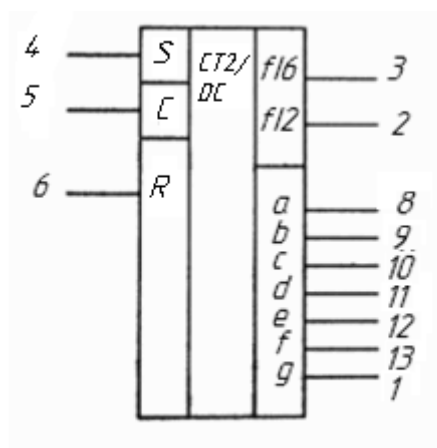


Рисунок 15 – микросхема К176ИЕЗ

Интегральная микросхема К176ИЕЗ отличается от К176ИЕ4 тем, что ее счетчик имеет коэффициент пересчета 6, а уровень 1 на выходе 2 появляется при установке счетчика в состояние 2.

Электрические и эксплуатационные характеристики

$U^0_{\text{вых}}$ – не более 0,3 В

$U^1_{\text{вых}}$ – не более 8,2 В

$I^0_{\text{вх}}$ – не менее 0,5 мкА

$I^1_{\text{вх}}$ – не более 0,5 мкА

$I_{\text{пот}}$ - не более 0,25 мкА

К176ИЕ4

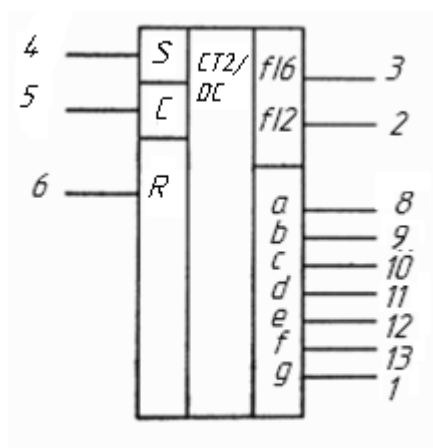


Рисунок 16 – микросхема К176ИЕ4

Микросхема К176ИЕ4 содержит декаду и преобразователь ее состояний в двоичном коде в сигналы управления семисегментным индикатором. Триггеры декады устанавливаются в нулевое состояние при подаче уровня 1 на вход R, а переключаются спадом положительных импульсов на входе C. На выходах а—g микросхемы формируются выходные сигналы, обеспечивающие на семисегментном индикаторе свечение цифр, соответствующих состоянию декады. При подаче уровня 0 на управляющий вход S состояние декады определяется уровнями 1 на выходах а—g, а при поступлении уровня 1 — уровнями 0 на тех же выходах. На выходе 4 микросхемы после четырех входных импульсов возникает уровень 1, который служит для организации сброса счетчика часов, собранного на микросхемах К176ИЕЗ и К176ИЕ4, при достижении им состояния 24. Выход f/2 микросхемы - выход переноса, на котором спад положительного импульса формируется в момент перехода декады из состояния 9 в состояние 0.

Электрические и эксплуатационные характеристики

$U^0_{\text{вых}}$ – не более 0,3 В

$U^1_{\text{вых}}$ – не более 8,2 В

$I^0_{\text{вх}}$ – не менее 0,5 мкА

$I^1_{\text{вх}}$ – не более 0,5 мкА

$I_{\text{пот}}$ - не более 0,25 мкА

K176IE5

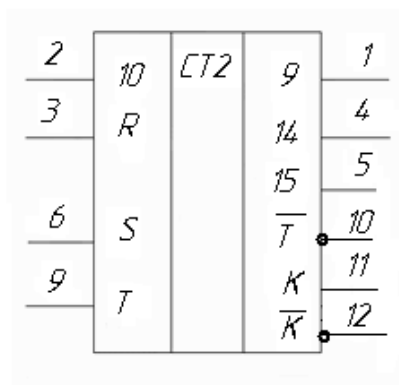


Рисунок 17 – микросхема K176IE5

Микросхема K176IE5 содержит каскады для работы в кварцевом генераторе с внешним резонатором на частоту 32 768 Гц и пятнадцатиразрядный двоичный делитель частоты. Выходной сигнал кварцевого генератора можно контролировать на выходах К и К. Сигнал частотой 32 768 Гц поступает на вход девятиразрядного двоичного делителя частоты. С его выхода 9 сигнал частотой 64 Гц может быть подан на вход 10 шестиразрядного делителя. На выходе 14 пятого разряда этого делителя формируются импульсы частотой 2 Гц, а на выходе 15 шестого разряда — 1 Гц. Вход R микросхемы служит для установки исходной фазы колебаний на выходах микросхемы. При подаче на вход R уровня 1 на выходах 9, 14, 15 возникает уровень 0, а после снятия установочного уровня появляются сигналы соответствующей частоты, причем спад первого импульса положительной полярности на выходе 15 возникает через 1 с.

Электрические и эксплуатационные характеристики

Ипот - не более 0,25 мА

$U^0_{\text{вых}}$ – не более 0,3В

$U^1_{\text{вых}}$ – не менее 8,2В

$I^0_{\text{вх.}}$ = 0,5мкА

$I^1_{\text{вх.}}$ = 0,5мкА

K176КТ1

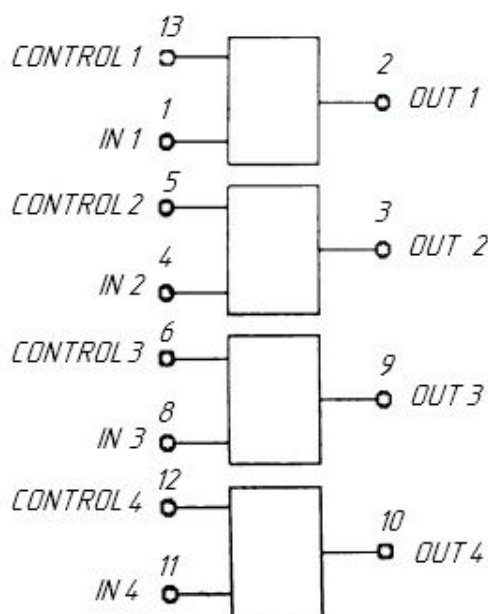


Рисунок 18 – микросхема K176КТ1 4канальный двунаправленный аналоговый мультиплексор.

Каждый ключ имеет три вывода - два информационных А и В и один управляющий С. При подаче лог. 0 на вход С информационные выводы разомкнуты между собой и ток утечки между ними не превышает 2 мкА. При подаче лог. 1 на вход С сопротивление ключа уменьшается до нескольких сотен Ом. Это сопротивление нелинейно и зависит от напряжения между информационным выводом, на который подается входной сигнал, и общим проводом. Микросхема предназначена для коммутации цифровых и аналоговых сигналов с токами до 10 мА. Управляемые КМОП ключи обладают способностью проводить ток в двух направлениях, поэтому КМОП мультиплексоры могут использоваться одновременно и как демультиплексоры.

При наличии сигнала на сигнал Control на линии С входные и выходные сигналы коммутируются, что обеспечивает имитацию информации как в одну так и в другую сторону.

Электрические и эксплуатационные характеристики

$I_{пот}$ - не более 1 мА

$U_{вых}^0$ – не более 0,3 В

$U_{вых}^1$ – не менее 8,2В

$I_{вх}^0$ – не более 0,4 мкА

$I_{вх}^1$ - не более 0,4 мкА

K176TM2

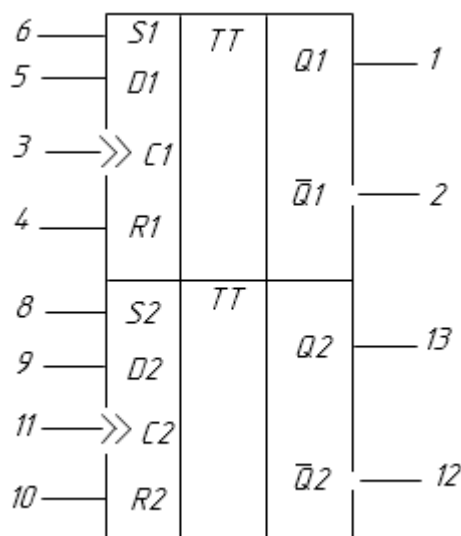


Рисунок 19 – микросхема K176TM22 D-триггера с асинхронной RS-установкой.

D-триггеры K176TM2 имеют динамические входы и могут работать в счетном режиме, то есть менять свое состояние на противоположное на каждый импульс, приходящий на счетный вход триггера.

Микросхемы K176TM2 содержат по два D-триггера. Установка триггеров в нулевое и единичное состояние производится подачей лог. 1 на входы R и S. По спадам тактовых импульсов отрицательной полярности на входе C происходит установка триггера в состояние, соответствующее уровню на входе D перед спадом. Триггер непосредственно не реагирует на изменение сигналов на входе D, играет роль лишь сигнал на этом входе перед спадом импульса отрицательной полярности на входе C.

Работает следующим образом: по фронту первого импульса синхронизации на входе C логический уровень, присутствующий на входе D, записывается в первый одноканальный D-триггер.

По фронту второго импульса, на выходе Q устанавливается уровень, присутствовавший на входе D перед первым синхроимпульсом. Таким образом, на выходе двухтактного триггера сигнал задерживается на 1 такт.

Входы R и S являются асинхронными и имеют активные высокие уровни. Поступление высокого уровня на эти входы устанавливают оба одноканальных триггера соответственно в 0 или 1, независимо от входов D, C.

Таблица 22 – назначение выводов

N выв.	Назначение	N выв.	Назначение
1	Выход	8	Вход
2	Выход	9	Вход
3	Вход	10	Вход
4	Вход	11	Вход
5	Вход	12	Выход
6	Вход	13	Выход
7	Общий	14	Ucc

Таблица 23 – таблица истинности

Входы		Выходы			
R	S	C	D	Q	Qi
H	L	X	X	H	L
L	H	X	X	L	H
	L	/	L	L	H
L	L	/	H	H	L

C*-изменение уровня.

00-комбинация хранения, 01-сброс в 0, 10-установка в 1, 11-запрещённая комбинация

С приходом переднего фронта синхроимпульса на вход С значение D передаётся на Q.

Электрические и эксплуатационные характеристики

Ипот - не более 0,3 мА

$U^0_{\text{вых}}$ – не более 0,8 В


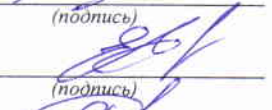
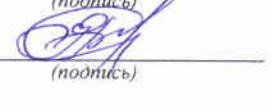
$U^1_{\text{вых}}$ – не менее 4,2В

$I^0_{\text{вх.}}$ – не более 30 мкА

$I^1_{\text{вх.}}$ - не более 30 мкА

Методические указания для студентов по выполнению выпускной квалификационной работы составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО по специальности 09.02.01 Компьютерные системы и комплексы.

Авторы:

Преподаватель	 (подпись)	Гурылева И.В.
Преподаватель	 (подпись)	Гагарина Е.Н.
Преподаватель	 (подпись)	Бунова О.С.

Методические указания для студентов по выполнению выпускной квалификационной работы рассмотрены и одобрены на заседании цикловой комиссии механо-технологических и электронно-вычислительных дисциплин «30» 06 2017 г., протокол № 11

Председатель цикловой комиссии 
(подпись) И.В. Гурылева