

**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 » 08 20 17 г.

**Методические указания**  
**для студентов по выполнению курсового проекта по междисциплинарному курсу**  
**ЦИФРОВАЯ СХЕМОТЕХНИКА**

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**

Данное методическое указание разработано в соответствии с Федеральным Государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования по специальности 09.02.01 «Компьютерные системы и комплексы»

Курсовой проект – важнейший этап учебного процесса, способствующий подготовке специалистов.

Целью выполнения курсового 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;

Выполнение курсового проекта является одной из форм самостоятельной работы студентов.

Методические указания по выполнению курсового проекта состоят из следующих разделов:

Содержание курсового проекта

Оформление пояснительной записки

Приложения

- описание элементной базы

методические указания для студентов по оформлению текстовой части курсовых проектов

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

## Содержание курсового проекта

Курсовой 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 курсового проекта определяется индивидуально в зависимости от особенностей проектируемого устройства и темы курсового 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.

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 схемы, и связи между этими частями.

Продолжение таблицы 1

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 курсового проекта является завершающим этапом в подготовке специалистов и позволяет продемонстрировать знания, умения и навыки, приобретенные за время обучения по ПМ.01 «Проектирование цифровых устройств» МДК.01.01 «Цифровая схемотехника» 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 курсовое 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 Описание структурной схемы* - данный раздел включает в себя описание функциональных узлов схемы, описание сигналов используемых в работе схемы и описание принципа работы структурной схемы

*2 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.

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

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

*5 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 курсового проекта,

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 техники 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 изменяю-

щихся 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.

## 1 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 устройства, 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.

## 2 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.

### 3 Электрический расчеты

#### 3.1 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.

#### 3.2 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.

### 3.1.1 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

**3.1.2 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  $1 \text{ A} = 10^3 \text{ mA} = 10^6 \text{ mA}$

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

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

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

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

килом (кОм)

мегом (Мом)

- связь  $1 \text{ A} = 10^3 \text{ kOm} = 10^6 \text{ MOm}$

$$1 \text{ MOm} = 10^{-3} \text{ kOm} = 10^{-6} \text{ Om}$$

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.

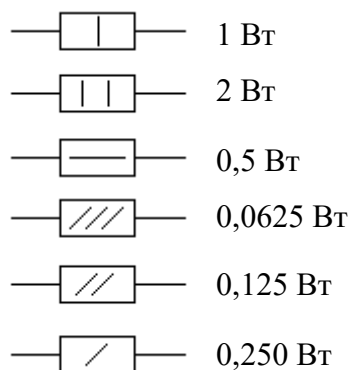


Рисунок 1 – Обозначение резисторов

**3.1.4 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 указанные единицы. Закон Ома используется в цифровой схемотехнике как правило для расчета тока и сопротивления, так, как величина чаще всего определяется источником питания.

**3.1.5 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  $1 \text{ Ф} = 10^6 \text{ мкФ} = 10^9 \text{ нФ} = 10^{12} \text{ пФ}$

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

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

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

- условное обозначение –  $\tau$ ;
- единицы обозначения – секунда (с).

миллисекунда (мс)

микросекунда (мкс)

наносекунда (нс)

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

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

При задании значений  $R$  и  $C$  -  $\tau$  определяется по формуле

$$\tau = R \cdot C$$

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

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

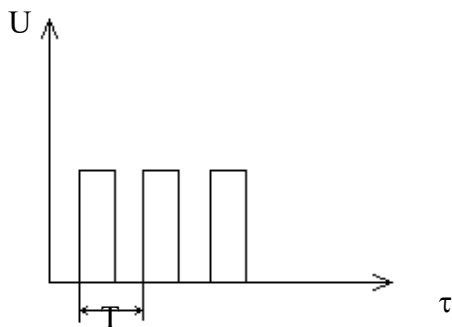


Рисунок 2

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

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

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

килогерц (кГц)

мегагерц (МГц)

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

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

**3.1.9 Скважность** – величина, определяющая отношение длительности периода к длительности импульса

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

$U$



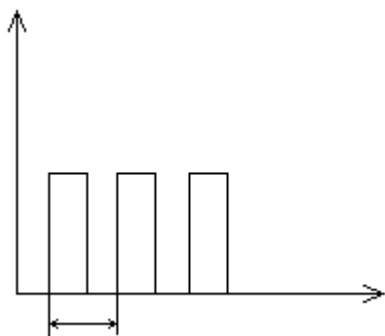


Рисунок 3

$t_{и}$  – длительность импульса

$t_{п}$  – длительность паузы

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

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

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

**Минимальное значение  $Q$  строго больше единицы**

**3.1.10 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  $U_{п} = 1,5V$

МОП логика  $U_{п} = U_{пп}/2$  В

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

$U_{п}$  - пороговое напряжение

**3.1.11** Все расчетные электрические величины в цифровой схематехнике 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.

### 3.2. RC цепи.

#### 3.2.1. 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  $\tau$ . Для определения постоянной времени  $\tau$  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,

$\tau$  – 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,

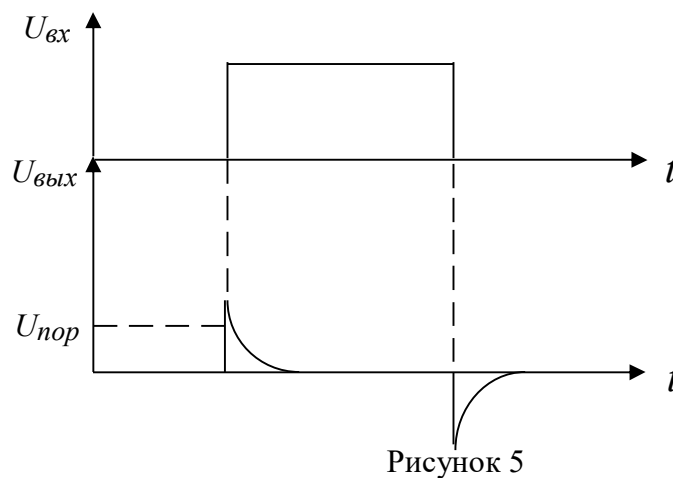
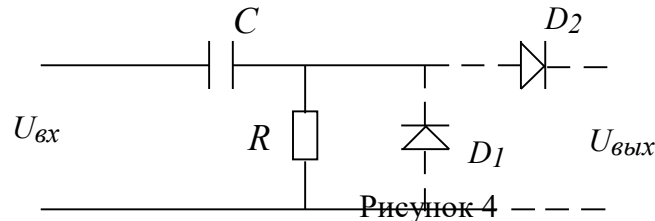


$U_t$  – напряжение в произвольное время в течение переходного процесса,

$\ell_n$  – натуральный логарифм.

### 3.2.2. Дифференцирующие цепи.

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



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  $U_{пор} = 1,5В$

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

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

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  $t_{и}$

### 3.2.3 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.

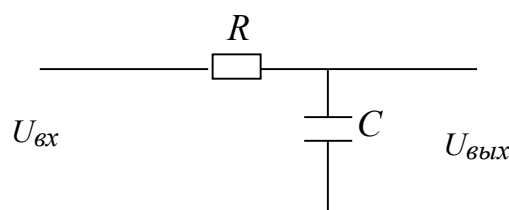


Рисунок 7

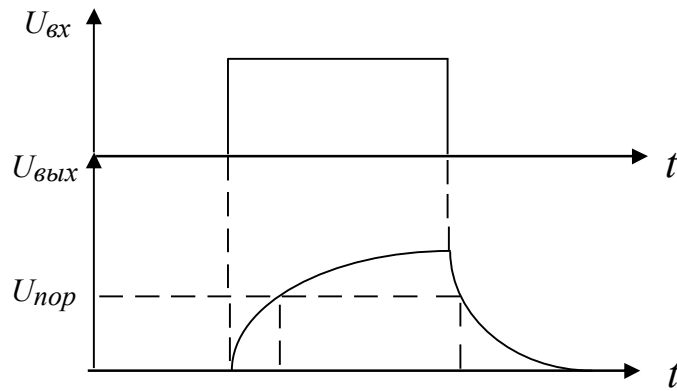


Рисунок 8

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

Исходные данные

$$\left. \begin{array}{l} U_{\text{пор}} \\ U_{\text{вх}} \\ I_{\text{раб}} \end{array} \right\} \text{аналогично дифференцирующей цепочке}$$

$t_3$  – 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  $C$ .

### 3.3. Генераторы прямоугольных импульсов (мультивибраторы) на ИМС.

#### 3.3.1. Основные сведения.

Главными характеристиками последовательности прямоугольных импульсов являются:

$t_u$  – длительность импульса,

$t_n$  – длительность промежутка между импульсами,

$T = t_u + t_n$  – период повторения импульсов,

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

$Q = \frac{T}{t_u}$  – 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.

### 3.3.2 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:

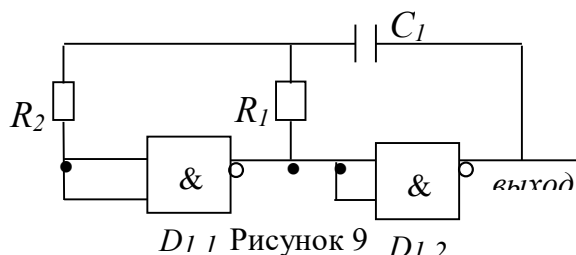


Рисунок 9

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:

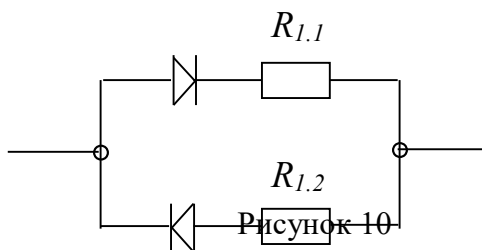


Рисунок 10

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

При расчете мультивибратора используются следующие формулы:

$$T = t_u + t_n, \quad (6)$$

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

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

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

$U_n$  – 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 КМОП  $U_{nop} = \frac{U_n}{2}$

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  $t_u$ ,  $t_n$ .

Используя одну из формул (6), (7) находим соответствующее  $\tau$ , например  $\tau_1$

Выбираем из учета ограничения тока заряда конденсатора  $R_{1,1}$  и по формуле

$$C_1 = \frac{\tau_1}{R_{1,1}} \text{ находим значение } C_1.$$

Далее по формуле (7) находим  $\tau_2$  и по формуле  $R_{1,2} = \tau_2 \cdot C_1$  находим  $R_{1,2}$ .

После этого выбираем  $R_2 \cdot \max(R_{L.1}, R_{L.2}) \leq R_2 \leq 10 \cdot \max(R_{L.1}, R_{L.2})$ . На этом расчет генератора закончен.

### 3.3.3 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:

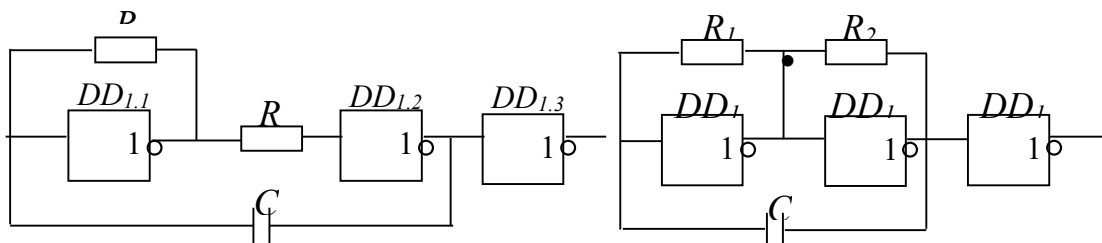


Рисунок 11

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.

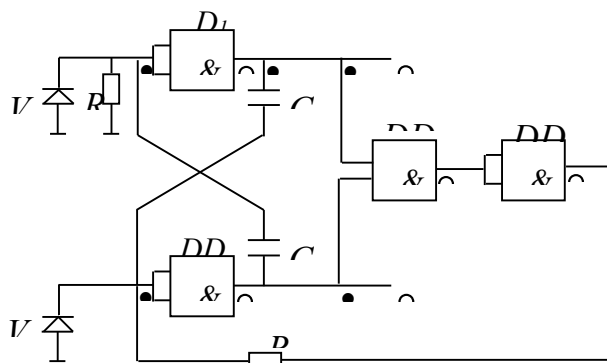


Рисунок 12

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.

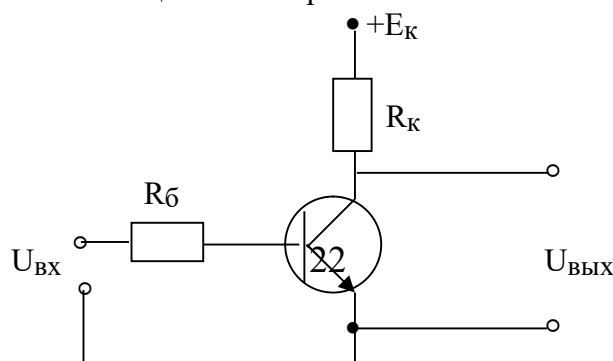
### 3.4. Электронные ключи и эмиттерные повторители на биполярных транзисторах.

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.

#### 3.4.1. 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:

$$I_b \cdot \beta \geq I_{KH}$$

где  $I_b$  – базовый ток;

$I_{KH}$  – ток насыщения коллектора;

$\beta$  – 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:

$$-U_{вх} + I_{KO} \cdot R_b \leq 0$$

где  $U_{вх}$  – абсолютное значение отрицательного входного напряжения;

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

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

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

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  $E_b$ , 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 полупроводниковым состоянием ключа, соответствующим логическому состоянию  $U_{вх} = 0$ .



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.

### 3.4.2 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:

$I_{кбo}$  – обратный ток коллектора в режиме отсечки,

$I_{max}$  – максимальный ток транзистора,

$I_{нас}$  – ток насыщения транзистора,

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

$\beta$  – коэффициент усиления базового тока.

3. Выбор рабочего тока коллектора  $I_{к1}$  в режиме насыщения:

$$I_{нас} \leq I_{к1} \leq I_{max}$$

4. Расчет сопротивления нагрузки  $R_k$ :

$$R_k = \frac{E - U_{кэ}}{I_{к1}} \quad (11)$$

5. Выбор практического значения  $R_{кп}$  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

$$R_{\delta n} \leq R_{\delta}$$

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

Режим  $U_0$ :

$$U_{\delta o} = U_0 + I_{\kappa \delta o} \cdot R_{\delta n};$$

$$I_{\delta o} = \frac{U_{\delta o}}{R_{\delta n}};$$

$$U_{\kappa \delta l} = U_{\kappa \delta};$$

$$I_{\kappa o} = \beta \cdot I_{\delta o};$$

$$U_{\kappa \delta o} = E - I_{\kappa o} \cdot R_{\kappa l};$$

Режим  $U_1$ :

$I_{\kappa l}$  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.

### 3.5 Эммитерный повторитель.

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

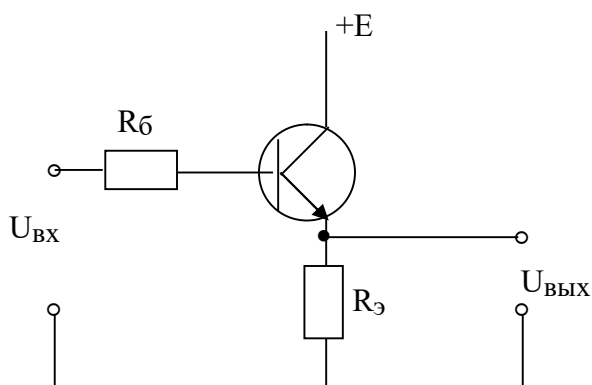


Рисунок 14

В эмиттерном повторителе  $U_{вх}$  всегда больше  $U_{вых}$ . При  $R_{\delta} = 0$ , 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. Эммитерный повторитель охвачен 100% отрицательной обратной связью, поэтому его входное сопротивление значительно выше выходного. При расчете эмиттерного повторителя используют следующие соотношения:

$$R_{вх} = R_{\delta} + R_{\varepsilon} \cdot (\beta + 1);$$

$$I_{\varepsilon} = I_{\delta} + I_{\kappa} = I_{\delta} + I_{\delta} \cdot \beta = I_{\delta} \cdot (1 + \beta);$$

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

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

$R_{\text{н}}$  – сопротивление нагрузки эмиттерного повторителя,

$\beta$  – коэффициент усиления базового тока,

$I_{\text{э}}$  – ток эмиттера,

$I_{\text{б}}$  – ток базы,

$I_{\text{к}}$  – ток коллектора,

0.2 – падение напряжения на открытом эмиттерном переходе.

Расчет эмиттерного повторителя заключается в определении  $R_{\text{б}}$  и  $R_{\text{н}}$  при заданном входном напряжении  $U_{\text{в}}$ , открывающим транзистор и требуемых входных параметрах  $U_{\text{вых}}$ ,  $I_{\text{э}}$ .  $U_0$  – входное напряжение закрытого транзистора считается равным нулю.

#### 4. 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 схемотехнических 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 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 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

## ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1  
(Электрический расчет)



### 3 Электрический и логический расчёты

#### 3.1. Расчет интегрирующей цепи $R_9 C_6$

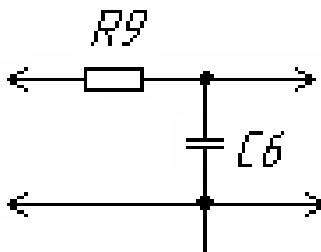


Рисунок 2 - интегрирующая цепь

Исходные данные:

$$U_{num}=6B$$

$$U_{пор}=3B$$

$$I_{max}=0,3 \text{ мкА}$$

$$T_u=200 \text{ нс}$$

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

$$R_{min} = U_{num} / I_{max} \quad (1)$$

где  $U_{num}$  - напряжение питания, В;

$I_{max}$  - максимальный ток потребления, А.

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

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

$$R_{прак}=3 \text{ МОм}$$

Рассчитываем емкость конденсатора  $C$ , ф, интегрирующей цепи по формуле

$$C = \frac{t_u}{R * \ln \frac{U_{num}}{U_{num} - U_{пор}}} \quad (2)$$

где  $t_u$  – время длительности импульса, с;

$U_{пор}$  – пороговое напряжение, В.



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

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

Результат расчета: R3, R4, R14, R17, R15, R16 = 510 кОм

### 3.3 Схемы установки времени для S2

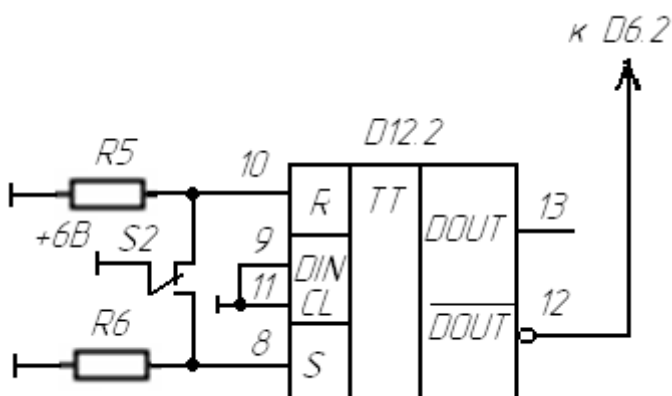


Рисунок 4 - схема установки времени для S2

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

### 3.4 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

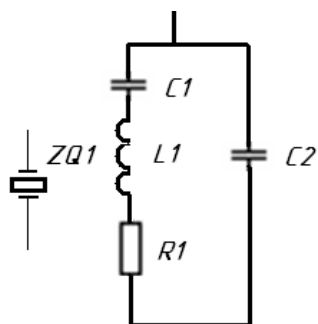


Рисунок 5 – УГО и эквивалентная схема кварцевого резонатора

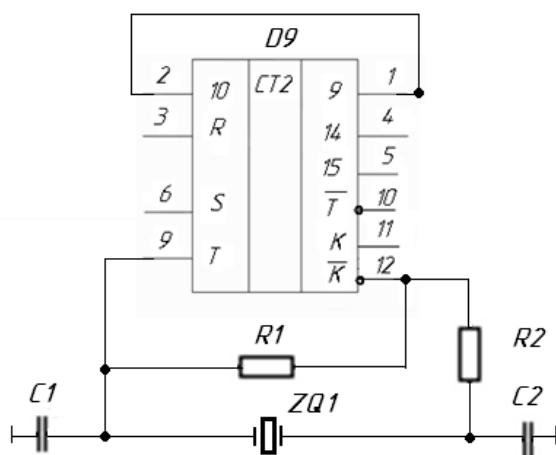


Рисунок 6 – Стандартная схема включения генератора с кварцевым резонатором

Микросхема K176ИЕ5 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 пикофарад, ёмкость второго - в интервале 30...100 пФ.

По стандартной схеме включения устанавливаем:  $R1=200\text{кОм}$ ,  $R2=10\text{Мом}$ ,  $C1=30\text{пФ}$ ,  $C2=30\text{пФ}$ .

### 3.5 Схема включения светодиода HL1

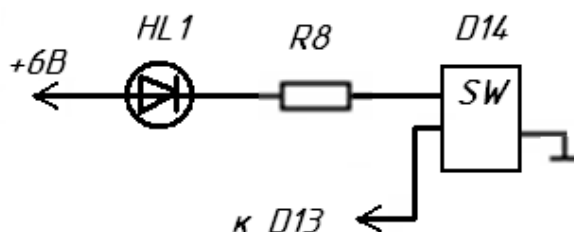


Рисунок 7 - Схема включения светодиода HL1

Исходные данные:

$$U_{пит}=6\text{В}$$

$$U_{пор}=3\text{В}$$

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

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

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

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

$I_{пр}$  – прямой ток светодиода, А.

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

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

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

Рассчитываем минимальное сопротивление резистора  $R_{min}$ , Ом, по формуле

$$R_{min} = U_{num} / (I_{np} - R_{VD} - R_{D14}) \quad (5)$$

где  $R_{VD}$  – сопротивление диода, Ом;

$R_{D14}$  – сопротивление микросхемы K176KT1, Ом.

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

Из таблицы номиналов выбираем  $R_{npak} \geq R_{min}$

$$R_{npak} = 430 \text{ Ом}$$

Рассчитываем ток диода  $I_{\partial}$ , А, по формуле

$$I_{\partial} = U_{num} / (R_{VD} + R_{D14} + R_8) \quad (6)$$

где  $R_8$  – сопротивление резистора, Ом;

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

Таким образом  $I_{\partial} < I_{max} = 10 \text{ мА}$

Результат расчета:  $I_{\partial} = 6 \text{ мА}$ ,  $R_{npak} = 430 \text{ Ом}$

### 3.6 Расчёт цепи заряда-разряда конденсатора $R_7$ , $C_3$ , $R_{12}$

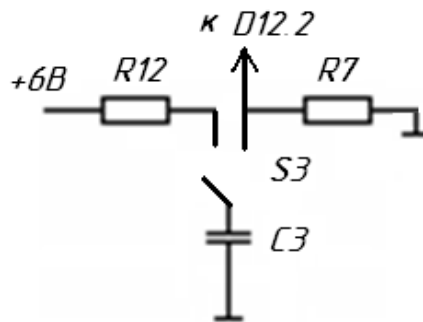


Рисунок 8 – цепь заряда-разряда конденсатора  $R_7$ ,  $C_3$ ,  $R_{12}$

Исходные данные:

$$U_{num} = 6 \text{ В}$$

$$U_{пор} = 3 \text{ В}$$

$$T_{разр} = 7 \text{ мкс}$$

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

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

где  $\tau$  – время заряда конденсатора, с.

$$R_7 = 7 * 10^{-6} / (1000 * 10^{-12} \ln 0,7) = 10 * 10^3 \text{ Ом} = 10 \text{ кОм}$$

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

$$R_{прак} = 10 \text{ кОм}$$

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

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

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

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

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

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

$$R_{прак} = 1 \text{ кОм}$$

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

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 2  
(элементная база курсового проекта)



K176ЛА7

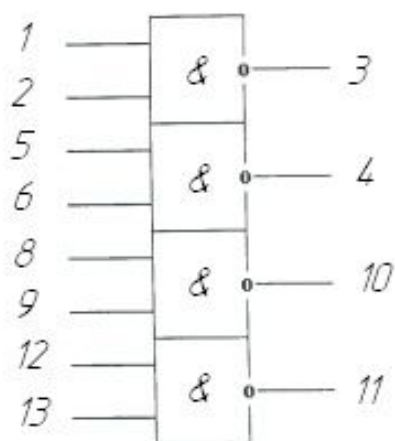


Рисунок 13 – микросхема K176ЛА7

Микросхема K176ЛА7 содержит 4 логических элемента, реализующих функцию 2 И-НЕ.

Таблица 19 -назначение выводов

<i>N</i> выв.	<i>Назначение</i>	<i>N</i> выв.	<i>Назначение</i>
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

Таблица 20 –таблица истинности

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

*Параметры и эксплуатационные данные:*

$I_{пот}$  - не более 0,1 мА

$U^0_{вых}$  – не более 0,3 В

$U^1_{вых}$  – не менее 8,2В

$I^0_{вх.}$  – не более 30 мкА

$I^1_{вх.}$  - не более 30 мкА

K176ЛА9

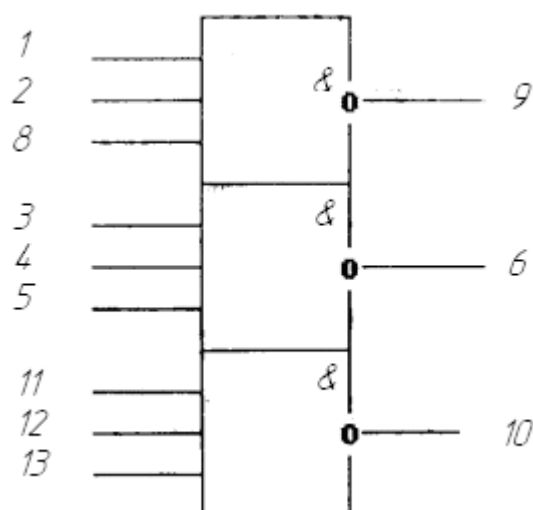


Рисунок 14 – микросхема K176ЛА9

Микросхема K176ЛА9 содержит 3 логических элемента, реализующих функцию 2 И-НЕ. Вывод 7 является общим, а к выводу 14 подключается питание.

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

Параметры и эксплуатационные данные:

$I_{пот}$  - не более 0,1 мА

$U^{0}_{вых}$  – не более 0,3 В

$U^{1}_{вых}$  – не менее 8,2В

$I^{0}_{вх.}$  – не более 0,3 мкА

$I^{1}_{вх.}$  - не более 0,3 мкА

### K176ИЕ3

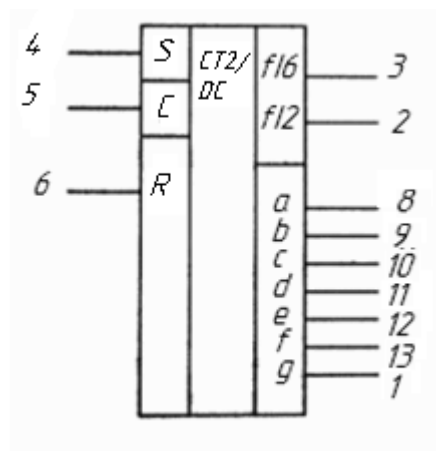


Рисунок 15 – микросхема K176ИЕ3

Интегральная микросхема K176ИЕ3 отличается от K176ИЕ4 тем, что ее счетчик имеет коэффициент пересчета 6, а уровень 1 на выходе 2 появляется при установке счетчика в состояние 2.

Параметры и эксплуатационные данные:

$U^0_{\text{вых}}$  – 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



## K176IE4

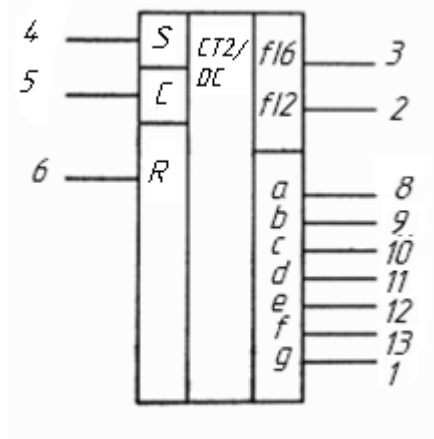


Рисунок 16 – микросхема K176IE4

Микросхема K176IE4 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 a—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 a—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 K176IE3 и K176IE4, 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.

Параметры и эксплуатационные данные:

$U^0_{\text{вых}}$  – 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

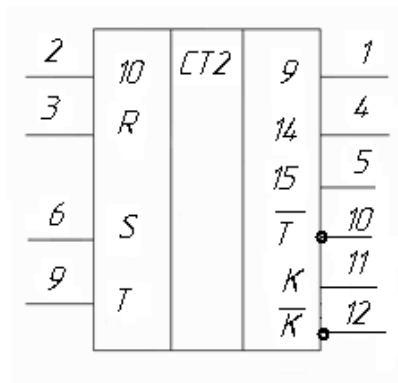


Рисунок 17 – микросхема K176IE5

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 K и K. 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.

Параметры и эксплуатационные данные:

$I_{пот}$  - не более 0,25 мА

$U^{0}_{вых}$  – не более 0,3В

$U^{1}_{вых}$  – не менее 8,2В



$$I^0_{вх.} = 0,5 \text{ мкА}$$

$$I^1_{вх.} = 0,5 \text{ мкА}$$

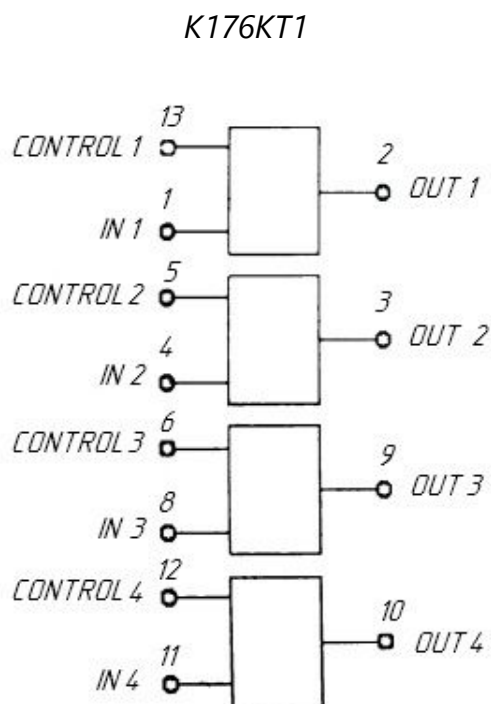


Рисунок 18 – микросхема K176KT1

Микросхема K176KT1 представляет собой 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 вход-

ной 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.

Параметры и эксплуатационные данные:

$I_{пот}$  - не более 1 мА

$U^{0}_{вых}$  – не более 0,3 В

$U^{1}_{вых}$  – не менее 8,2В

$I^{0}_{вх.}$  – не более 0,4 мкА

$I^{1}_{вх.}$  - не более 0,4 мкА

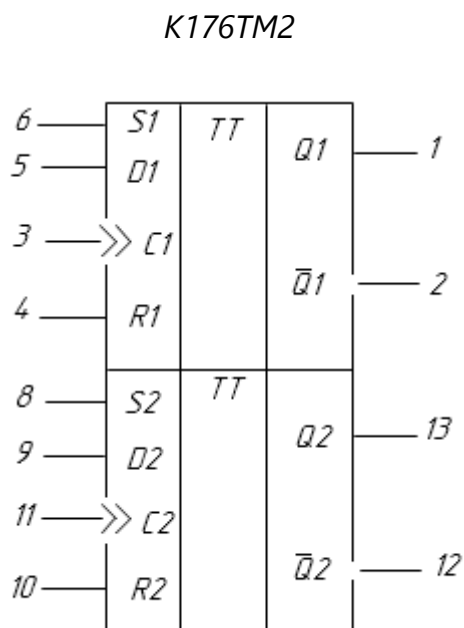


Рисунок 19 – микросхема K176TM2

Микросхема K176TM2 представляет собой 2 D-триггера с асинхронной RS-

установкой.

*D-триггеры К176ТМ2 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 К176ТМ2 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 одноктактный 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 одноктактных триггера соответственно в 0 или 1, независимо от входов D, C.*

Таблица 22 – назначение выводов

<i>N выв.</i>	<i>Назначение</i>	<i>N выв.</i>	<i>Назначение</i>
<i>1</i>	<i>Выход</i>	<i>8</i>	<i>Вход</i>
<i>2</i>	<i>Выход</i>	<i>9</i>	<i>Вход</i>
<i>3</i>	<i>Вход</i>	<i>10</i>	<i>Вход</i>
<i>4</i>	<i>Вход</i>	<i>11</i>	<i>Вход</i>

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	L	H
L	L	/	H	H	L

*S\**-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.

Параметры и эксплуатационные данные:

$I_{пот}$  - не более 0,3 мА

$U^{0}_{вых}$  – не более 0,8 В


$U^{1}_{вых}$  – не менее 4,2В

$I^{0}_{вх.}$  – не более 30 мкА

$I^{1}_{вх.}$  - не более 30 мкА

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

Автор:

Преподаватель  И.В. Гурылева  
(подпись)

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

Председатель цикловой комиссии  И.В. Гурылева  
(подпись)