«СЕРГИЕВО-ПОСАДСКИЙ ФИЛИАЛ ВСЕРОССИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ИНСТИТУТА КИНЕМАТОГРАФИИ ИМЕНИ С.А. ГЕРАСИМОВА»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ
55.02.01 ТЕАТРАЛЬНАЯ И АУДИОВИЗУАЛЬНАЯ ТЕХНИКА (ПО ВИДАМ)
БАЗОВОЙ ПОДГОТОВКИ

Тема: Анализ и синтез одноразрядного сумматора с использованием интегральных микросхем широкого применения

Студент_____ Григорьев Д.А.
(подпись) (И.О. Фамилия)

Руководитель_____ Леонов Н.А
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рецензент_____ Козлов Н.М.
(подпись) (И.О. Фамилия)

К ЗАЩИТЕ ДОПУЩЕН
зам. директора по УВР
_____Л.Г. Зуденкова
_____ 2020 г.

г. Сергиев Посад
2020

«СЕРГИЕВО-ПОСАДСКИЙ ФИЛИАЛ ВСЕРОССИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ИНСТИТУТА КИНЕМАТОГРАФИИ ИМЕНИ С.А. ГЕРАСИМОВА»

СОГЛАСОВАНО
Председатель предметно-цикловой комиссии профессиональных дисциплин
_____ Е.С Гурахтин_
(подпись) (расшифровка подписи)
_____ 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора по учебно-воспитательной работе
_____ Л.Г. Зуденкова
(подпись) (расшифровка подписи)
_____ 2020 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ЗАДАНИЕ

Студент *Григорьев Даниил Александрович*
группа *316*
(фамилия, имя, отчество студента)
Специальность **55.02.01 Театральная и аудиовизуальная техника (по видам) базовой подготовки**
Тема выпускной квалификационной работы: «Анализ и синтез одноразрядного сумматора с использованием интегральных микросхем широкого применения»

утверждена приказом И.О ректора ВГИК от 20.05.2020 г. № 217
Исходные данные для выпускной квалификационной работы Разработанная схема, интегральные микросхемы широкого применения

Содержание основной части выпускной квалификационной работы
Раздел 1 Исследовательская часть

Раздел 2 Технологическая часть

Раздел 3 Расчёт надежности

Раздел 4 Охрана труда

Практическая (графическая, экспериментальная, творческая…) часть выпускной квалификационной работы (модель, макет, установка, презентация, чертежи, схемы, и т.п.)
Презентация по работе

Задание принял к исполнению 19 апреля 2020 г. _____ _____
Григорьев Д.А
(подпись студента) *(расшифровка подписи)*
Руководитель выпускной квалификационной работы _____ _____
Леонов Н.А
(подпись) *(расшифровка подписи)*

Содержание

Введение....3
1. Исследовательская часть....5
1.1 Логические основы работы ЭВМ....5
1.2 Виды сумматоров....8
1.2.1 Четвертьсумматор....8
1.2.2 Полусумматор....10
1.2.3 Полный одноразрядный двоичный сумматор....11
1.3 Классификация сумматоров....11
1.4 Важнейшие параметры сумматоров....14
1.5 Характерные неисправности и пути их исправления....14
2. Технологическая часть....15
2.1 Расчёт полного одноразрядного сумматора....15
2.2 Выбор элементной базы....20
3. Расчёт надёжности....24
4. Охрана труда....26
4.1 Микроклимат рабочей зоны разработчика....26
4.2 Освещение рабочего места....26
4.2.1 Расчет естественного освещения....26
4.2.2 Расчет искусственного освещения....28
4.3 Воздействие шума на программиста....29
4.4 Опасность повышенного уровня напряженности электромагнитного поля....30
4.5 Электробезопасность, статическое электричество....31
4.6 Пожарная безопасность....31
4.7 Допуск к работе....32
4.8 Техника безопасности при работе с компьютером....33
Заключение....35
Список использованной литературы....36
Перечень сокращений....37

Введение

Цифровая электроника - это быстро развивающаяся область современной вычислительной техники. Всю историю развития вычислительной техники принято делить на три периода - домеханический, механический, электронно-вычислительный. Эти три периода включают в себе промежуток времени от счета на пальцах до вычислений сверхмощных компьютеров. Цифровая электроника в настоящее время все более и более вытесняет традиционную аналоговую. Ведущие фирмы, производящие самую разную электронную аппаратуру, все чаще заявляют о полном переходе на цифровую технологию. Цифровая техника обрабатывает, хранит и отображает информацию, необходимую для решения самых разнообразных проблем. Все перечисленное производится с помощью электронных схем - полупроводниковых интегральных схем. Неизбежной платой за производство новой информации являются затраты энергии. От того, как организованы интегральные схемы зависит, как быстро, точно и какими энергозатратами обеспечивается производство информации. Высокие скорости и низкие энергетические затраты - это две главных цели развития элементной базы цифровой техники. Эти цели достигаются за счет совершенствования системных решений цифровых устройств, принципов и алгоритмов их функционирования. Другая группа средств достижения этих целей включает схемотехнические, структурные и топологические решения базовых логических вентилей и элементарных переключателей. Причем, это относится как к бытовой технике (аудио,-видеоаппаратура, средства связи), так и к профессиональной технике (измерительная, управляющая аппаратура). Ставшие уже привычными персональные компьютеры также полностью реализованы на основе цифровой технологии. Видимо, в ближайшем будущем полностью аналоговые устройства будут применяться только в тех редких случаях, когда требуется получить рекордные значения некоторых параметров электронных устройств (например, быстродействия). Достоинство и недостатки аналоговых и цифровых устройств

Изначально все электронные устройства были только лишь аналоговыми, но со временем, когда требования к электронным устройствам выросли, начали проявляться недостатки аналоговой электроники. Всё дело в том, что аналоговые сигналы чувствительны к всяким паразитным воздействиям — шумам, наводкам, помехам, которые искажают полезный сигнал, а при передаче сигнала на большие расстояния они ослабляются.

В отличие от аналоговых сигналов, цифровые, имеющие всего два уровня разрешённых значений, защищены от воздействия шумов, наводок и помех гораздо лучше. Имеющиеся небольшие отклонения от разрешённых значений никак не

искажают цифровой сигнал, так как всегда существуют зоны допустимых отклонений. Однако у цифровых устройств имеется крупный недостаток. Дело в том, что для распознавания уровня сигнала необходимо, чтобы этот уровень поддерживался в течении определённого интервала. А аналоговый сигнал может принимать любое значение в течении любого, даже самого минимального, периода времени. Поэтому часто аналоговые сигналы называют непрерывными во времени, а цифровые — дискретные по времени сигналы. Отсюда можно сделать вывод, что максимально достижимое быстродействие аналоговых устройств всегда принципиально выше, чём цифровых.

Основной элементарной операцией, выполняемой над кодами чисел в цифровых устройствах, является арифметическое сложение.

Сумматор - логический операционный узел, выполняющий арифметическое сложение кодов двух чисел. При арифметическом сложении выполняются и другие дополнительные операции: учет знаков чисел, выравнивание порядков слагаемых и тому подобное. Указанные операции выполняются в арифметическо-логических устройствах или процессорных элементах, ядром которых являются сумматоры.

В процессе выполнения данной дипломной работы будет предложен комплект конструкторской документации на устройство «Одноразрядный сумматор» на логических элементах.

1. Исследовательская часть

1.1 Логические основы работы ЭВМ

Во всех современных компьютерах применяется логическая система, изобретенная Джорджем Булем. Тысячи микроскопических электронных переключателей в кристалле интегральной схемы сгруппированы в системы «вентилей», выполняющих логические операции, т.е. операции с предсказуемыми результатами. На приведенных здесь рисунках показаны элементарные логические вентили И, ИЛИ и НЕ. Все остальные логические схемы компьютера могут быть построены на основе вентилей этих трех типов.

Соединенные в различные комбинации, логические вентили дают возможность компьютеру решать задачи с помощью закодированных импульсов его двоичного языка. На вход каждого логического вентиля поступают электрические сигналы высокого и низкого уровней напряжения, которые он интерпретирует в зависимости от своей функции и выдает один выходной сигнал также либо низкого, либо высокого уровня. Эти уровни соответствуют одному из состояний двоичной системы: да - нет, единица - нуль, истина - ложь. Простой вентиль И, например, выдает на выходе 1 в том и только том случае, когда на все его входы поступает 1, что соответствует логическому значению «истина».

Действуя в соответствии с определенными правилами, логические вентили координируют движение данных и выполнение инструкций в компьютере. Так, определенный элемент данных может пройти от одного блока к другому только в том случае, если на входах конкретного вентиля И оба сигнала будут равны 1.

Изображенные на рисунке 1 вентили выполняют логическую операцию И. Они показаны символическими обозначениями, принятыми в электронике. Хотя у каждого вентиля И здесь изображено по два входа, на самом деле число входов может быть и большим. Однако, как у всех логических вентилей, выход у него только один. Вентиль И по определению выдает значение 1, т. е. логическое значение «истина», в том и только том случае, когда на оба его входа поступает 1, т. е. «истина». Три верхних вентиля дают на выходе 0, или «ложь», поскольку ни у одного из них на оба входа не поступает по 1. Лишь у нижнего вентиля на выходе появляется 1, т. е. «истина».

Как и вентили И, вентили ИЛИ могут иметь больше двух входов, но только один выход. Однако к входам этих вентилей «предъявляются менее строгие требования». Как показано на рисунке 2, на выходе вентиля ИЛИ 1, или «истина», получается и в

том случае, когда по крайней мере на один из его входов поступает 1. Только в одном случае вентиль ИЛИ выдает двоичный 0, или логическое значение «ложь», - когда логическое значение «ложь» поступает на все его входы.

Эти треугольники с кружочком на конце рисунка 3 - символические изображения вентиля НЕ, или инвертера. В отличие от вентилей И, ИЛИ вентиль НЕ имеет лишь один вход, значение которого он меняет на обратное, превращая 0 в 1, а 1 в 0. Вентили НЕ часто комбинируют с вентилями И и ИЛИ, в результате чего получаются вентили И-НЕ («и-не») и ИЛИ-НЕ («или-не»). Такие комбинированные схемы обрабатывают входные сигналы так же, как вентили И, ИЛИ, а затем инвертируют выходной сигнал.

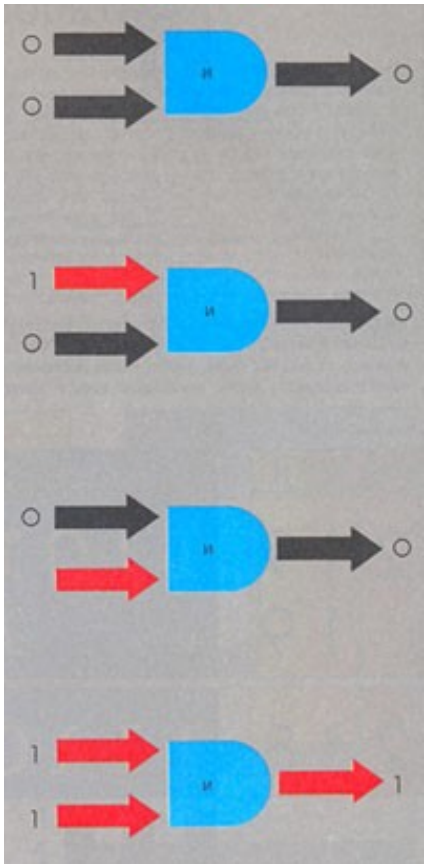

Рисунок 1 – Схема логическое “И”

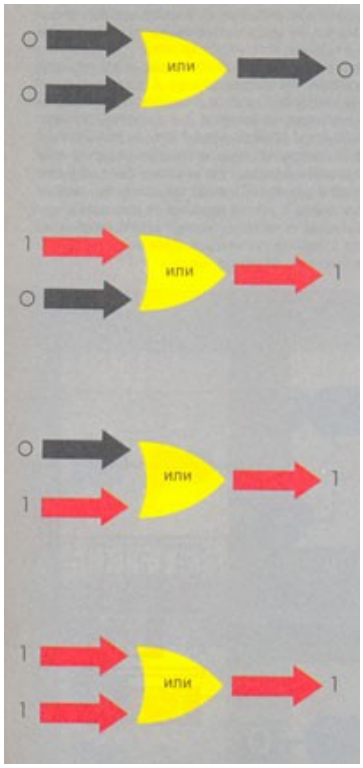

Рисунок 2 – Схема логическое “ИЛИ”

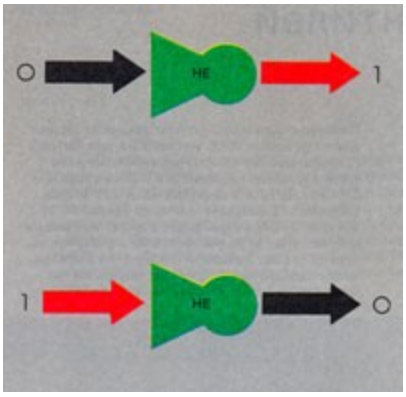

Рисунок 3 - Схема логическое “НЕ”

1.2 Виды сумматоров

1.2.1 Четвертьсумматор

Простейшим двоичным суммирующим элементом является четвертьсумматор. Происхождение названия этого элемента следует из того, что он имеет в два раза меньше выходов и в два раза меньше строк в таблице истинности по сравнению с полным двоичным одноразрядным сумматором. Наиболее известны для данной схемы названия: элемент “сумма по модулю 2” и элемент “исключающее ИЛИ”. Схема изображённая на рисунке 4 имеет два входа a и b для двух слагаемых и один выход S для суммы. Работу её отражает таблица 2 истинности, а соответствующее уравнение имеет вид:

$$S=\bar{a}b + a\bar{b}=a \oplus b \qquad (1)$$

Таблица 2 – Таблица работы четвертьсумматора

a	b	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

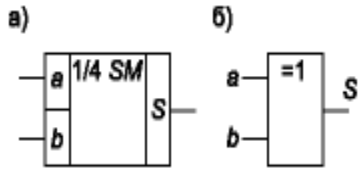

Рисунок 4 – Схема четвертьсумматора

Данный элемент выпускается в виде интегральных схем типа ЛП5 (серии 133, 155, 530, 531, 533, 555, 1531, 1533); ЛП12 (555); ЛП107 (100, 500, 1500); ЛП2 (561,

564); ЛП14 (1561) и т. п.

Реализуем четвертьсумматор в базисах И-НЕ, ИЛИ-НЕ и с использованием только одного инвертора, для чего преобразуем уравнение (1):

$$S=\bar{a}b+a\bar{b}=\bar{a}a+\bar{a}b+\bar{b}b+a\bar{b}=$$
$$=a(\bar{a}+\bar{b})+b(\bar{a}+\bar{b})=a\overline{ab}+b\overline{ab}=\overline{\overline{a\overline{ab}}\cdot\overline{b\overline{ab}}} \quad (2)$$

$$S=\bar{a}b+a\bar{b}=\bar{a}a+\bar{a}b+\bar{b}b+a\bar{b}=$$
$$=\overline{\overline{a(a+b)}+\overline{b(a+b)}}=a+\overline{a+\overline{b}}+b+\overline{a+\overline{b}} \quad (3)$$

$$S=\bar{a}b+a\bar{b}=\bar{a}a+\bar{a}b+\bar{b}b+a\bar{b}=$$
$$=\bar{a}(a+b)+\bar{b}(a+b)=(a+b)(\bar{a}+\bar{b})=(a+b)\overline{ab} \quad (4)$$

Схемы, полученные по уравнениям (2) – (4), приведены на рисунке 5.

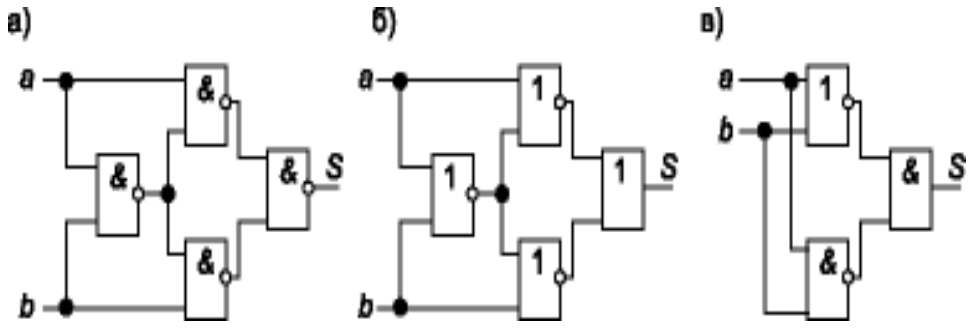

Рисунок 5 – Схемы логики

1.2.2 Полусумматор

Схема полусумматора на рисунке 6 имеет два входа a и b для двух слагаемых и два выхода: S - сумма, P - перенос. Обозначением полусумматора служат буквы HS (half sum - полусумма). Работу его отражает таблица 3 истинности, а соответствующие уравнения имеют вид:

$$\left.\begin{aligned} S &= \bar{a}b + a\bar{b} = a \oplus b \\ P &= ab \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

Таблица 3 - Таблица работы полусумматора

a	b	P	S
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

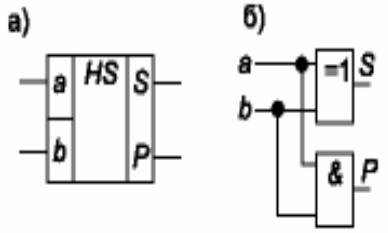

Рисунок 6 – Схема полусумматора

Из уравнений (5) следует, что для реализации полусумматора требуется один элемент “исключающее ИЛИ” и один двухвходовый вентиль “И” рисунок 8б.

1.2.3 Полный одноразрядный двоичный сумматор

Схема полного одноразрядного сумматора изображённого на рисунке 7 имеет три входа: a, b - для двух слагаемых и p - для переноса из предыдущего (более младшего) разряда и два выхода: S - сумма, P - перенос в следующий (более старший) разряд. Обозначением полного двоичного сумматора служат буквы SM. Работу его отражает таблица 4 истинности:

Таблица 4 – Таблица работы SM

№ наб.	a	b	p	P	S
0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1
2	0	1	0	0	1
3	0	1	1	1	0
4	1	0	0	0	1
5	1	0	1	1	0
6	1	1	0	1	0
7	1	1	1	1	1

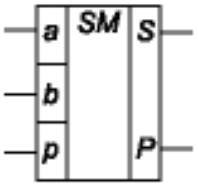

Рисунок 7 – Схема полного одноразрядного сумматора

1.3 Классификация сумматоров

В зависимости от системы счисления различают следующие сумматоры:

- двоичные;
- двоично-десятичные (в общем случае двоично-кодированные);
- десятичные;
- прочие (например, амплитудные).

По количеству одновременно обрабатываемых разрядов складываемых чисел различают следующие сумматоры:

- одноразрядные;
- многоразрядные.

По числу входов и выходов одноразрядных двоичных сумматоров различают следующие виды:

- четвертьсумматоры (элементы «сумма по модулю 2», «элементы», «исключающие ИЛИ»), характеризующиеся наличием двух входов, на которые подаются два одноразрядных числа, и одним выходом, на котором реализуется их арифметическая сумма;
- полусумматоры, характеризующиеся наличием двух входов, на которые подаются одноименные разряды двух чисел, и двух выходов: на одном реализуется арифметическая сумма в данном разряде, а на другом - перенос в следующий (более старший разряд);
- полные одноразрядные двоичные сумматоры, характеризующиеся наличием трех входов, на которые подаются одноименные разряды двух складываемых чисел и перенос из предыдущего (более младшего) разряда, и двумя выходами: на одном реализуется арифметическая сумма в данном разряде, а на другом - перенос в следующий (более старший разряд).

По способу представления и обработки складываемых чисел многоразрядные сумматоры подразделяются на:

- последовательные, в которых обработка чисел ведется поочередно, разряд за разрядом на одном и том же суммирующем узле.
- параллельные, в которых слагаемые складываются одновременно по всем разрядам, и для каждого разряда имеется свой суммирующий элемент.
- параллельные, в которых слагаемые складываются одновременно по всем разрядам, и для каждого разряда имеется свой суммирующий элемент.

Параллельный сумматор в простейшем случае представляет собой n одноразрядных сумматоров, последовательно (от младших разрядов к старшим) соединённых цепями переноса. Однако такая схема сумматора характеризуется сравнительно невысоким быстродействием, так как формирование сигналов суммы и переноса в каждом i-ом разряде производится лишь после того, как поступит сигнал переноса с (1-1)-го разряда. Таким образом, быстродействие сумматора определяется временем распространения сигнала по цепи переноса. Уменьшение этого времени - основная задача при построении параллельных сумматоров.

Для уменьшения времени распространения сигнала переноса применяют

конструктивные решения, когда используют в цепи переноса наиболее быстродействующие элементы; тщательно выполняют монтаж без длинных проводников и паразитных ёмкостных составляющих нагрузки и (наиболее часто) структурные методы ускорения прохождения сигнала переноса.

По способу организации межразрядных переносов параллельные сумматоры, реализующие структурные методы, делят на сумматоры:

- с последовательным переносом;
- с параллельным переносом;
- с групповой структурой;
- со специальной организацией цепей переноса.

Среди сумматоров со специальной организацией цепей переноса можно указать:

- сумматоры со сквозным переносом, в которых между входом и выходом переноса одноразрядного сумматора оказывается наименьшее число логических уровней;
- сумматоры с двухпроводной передачей сигналов переноса;
- сумматоры с условным переносом (вариант сумматора с групповой структурой, позволяющий уменьшить время суммирования в 2 раза при увеличении оборудования в 1,5 раза);
- асинхронные сумматоры, вырабатывающие признак завершения операции суммирования, при этом среднее время суммирования уменьшается, поскольку оно существенно меньше максимального.

Сумматоры, которые имеют постоянное время, отводимое для суммирования, независимое от значений слагаемых, называют синхронными.

По способу выполнения операции сложения и возможности сохранения результата сложения можно выделить три основных вида сумматоров:

- комбинационный, выполняющий микрооперацию "S = A плюс B", в котором результат выдаётся по мере его образования (это комбинационная схема в общепринятом смысле слова);
- сумматор с сохранением результата "S = A плюс B";
- накапливающий, выполняющий микрооперацию "S = S плюс B".

Последние две структуры строятся либо на счётных триггерах (сейчас практически не используются), либо по структуре "комбинационный сумматор - регистр хранения" (сейчас наиболее употребляемая схема).

1.4 Важнейшие параметры сумматоров

Важнейшими параметрами сумматоров являются:

- разрядность;
- статические параметры: Ubx, Ubx, Iвх и так далее, то есть обычные параметры интегральных схем;
- динамические параметры. Сумматоры характеризуются четырьмя задержками распространения;
- от подачи входного переноса до установления всех выходов суммы при постоянном уровне на всех входах слагаемых;
- от одновременной подачи всех слагаемых до установления всех выходов суммы при постоянном уровне на входе переноса;
- от подачи входного переноса до установления выходного переноса при постоянном уровне на входах слагаемых;
- от подачи всех слагаемых до установления выходного переноса при постоянном уровне на входе слагаемых.

1.5 Характерные неисправности и пути их исправления

Характерные неисправности:

- не проходят сигналы, т.е. сбоит один или несколько логических элементов ИЛИ, либо проводник между логическими элементами плохо соединен;
- выходной сигнал не соответствует поступающим значениям;
- не работает вся схема, на входящие сигналы не реагирует.

Пути исправления:

- в случае неисправности логических элементов необходимо их заменить, также, если неисправны проводники нужно исправить их соединение;
- проверить проводники на наличие контакта с входом, проверить правильность соединений;
- проверить питание микросхемы, проверить целостность проводников.

Все неисправности можно обнаружить при помощи мультиметра, поочерёдно проверяя входы и выходы логических элементов, и сравнивая показания прибора с теоретическими расчетами.

2. Технологическая часть

2.1 Расчёт полного одноразрядного сумматора

Отметим два момента:

Первый: в таблице 3 и таблице 4 выходные сигналы P и S не случайно расположены именно в такой последовательности. Это подчеркивает, что PS рассматривается как двухразрядное двоичное число, например, $1 + 1 = 2_{10} = 10_2$, то есть P = 1, а S = 0 или $1 + 1 + 1 = 3_{10} = 11_2$, то есть P = 1, а S = 1.

Второй: выходные сигналы P и S полного двоичного сумматора относятся к классу самодвойственных функций алгебры логики. Самодвойственными называют функции, инвертирующие своё значение при инвертировании всех переменных, от которых они зависят. Обратите внимание, что P и S для четвертьсумматора и полусумматора не являются самодвойственными функциями! Преимущества, вытекающие из этого свойства полного двоичного сумматора, будут рассмотрены при анализе возможностей ИС типа 155ИМ1.

Уравнения, описывающие работу полного двоичного сумматора, представленные в совершенной дизъюнктивной нормальной форме

имеют вид:

$$\left.\begin{aligned} S &= \bar{a}\bar{b}p + \bar{a}b\bar{p} + a\bar{b}\bar{p} + abp \\ P &= \bar{a}bp + a\bar{b}p + ab\bar{p} + abp \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

Уравнение для переноса может быть минимизировано:

= ab + ap + bp. (7)

При практическом проектировании сумматора уравнения (6) и (7) могут быть преобразованы к виду, удобному для реализации на заданных логических элементах с некоторыми ограничениями (по числу логических входов и др.) и удовлетворяющему предъявляемым к сумматору требованиям по быстродействию.

Например, преобразуем уравнения (6) следующим образом:

$$\left.\begin{aligned} S&=(\bar{a}b+a\bar{b})p+(\bar{a}\bar{b}+ab)p=S'\bar{p}+\bar{S}'p \\ P&=ab+\bar{a}bp+a\bar{b}p=ab+S'p=P'+P'' \end{aligned}\right\}$$

(8)

Из выражений (8) следует, что полный двоичный сумматор может быть реализован на двух полусумматорах и одном двухвходовом элементе ИЛИ. Соответствующая схема приведена на рисунке 8.

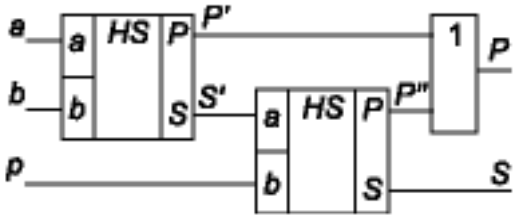

Рисунок 8 – Схема полного двоичного сумматора

Из выражения (8) для S также следует:

S = a ⊕ b ⊕ p.

(9)

Примечание. Так как операция в выражении (9) коммутативна (переменные можно менять местами), то следует, что три входа полного двоичного сумматора абсолютно равноправны и на любой из них можно подавать любую входную переменную. Это полезно помнить, разводя печатные платы, на которых установлены ИС сумматоров.

К настоящему времени разработано большое число схем сумматоров. Доказано (нашим отечественным ученым Вайнштейном), что при использовании только одного инвертора нельзя реализовать полный двоичный сумматор со сложностью $P_{кв} < 16$, а при двух инверторах - $P_{кв} < 14$, где $P_{кв}$ - вес по Квайну, используемый как оценка сложности любых комбинационных схем. Ркв - это общее число всех входов всех логических элементов схемы без учёта инверторов.

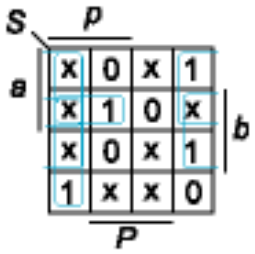

Рисунок 9 - Карта Карно

Покажем, используя два метода, как была получена рациональная (с использованием только одного инвертора) схема полного двоичного сумматора, явившаяся основой схем ИС сумматоров типа 7480, 155ИМ1 и др.

Первый метод основан на использовании значения выходного переноса P как вспомогательной переменной при определении выходной суммы S таблица 5. В таблице 5 при наборах переменных, являющихся нереальными (например, единичное значение переноса при нулевых значениях всех входных переменных), поставлены безразличные значения (крестик) для функции S, которые можно доопределять произвольным образом.

Таблица 5 - Таблица определяющие значения S

№ наб.	a	b	p	P	S
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	x
2	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	x
4	0	1	0	0	1
5	0	1	0	1	x
6	0	1	1	0	x
7	0	1	1	1	0
8	1	0	0	0	1
9	1	0	0	1	x
10	1	0	1	0	x
11	1	0	1	1	0
12	1	1	0	0	x
13	1	1	0	1	0
14	1	1	1	0	x
15	1	1	1	1	1

Из карты Карно для функции S изображённой на рисунке 9 следует:

S = abp + Pa + Pb + Pp = = abp + P(a + b + p). (10)

Второй метод основан на применении диаграмм Венна. На рисунке 10а показана диаграмма Венна для трех переменных a, b, p; области, ограниченные окружностями, соответствуют переменным a, b, p, а области, обозначенные цифрами от 0 до 7 - соответствующим конъюнкциям (например, 5 = abp). Область, заштрихованная на рисунке 10б, очевидно, соответствует функции P = ab + ap + bp.

Функция S представлена заштрихованной областью на рисунке 7в. Её можно представить суммой произведения функции a + b + p рисунке 10г на функцию ab + ap + bp рисунок 10д и функции abp рисунок 10е. Очевидно, что в этом случае получается выражение для S, аналогичное уравнению (10).

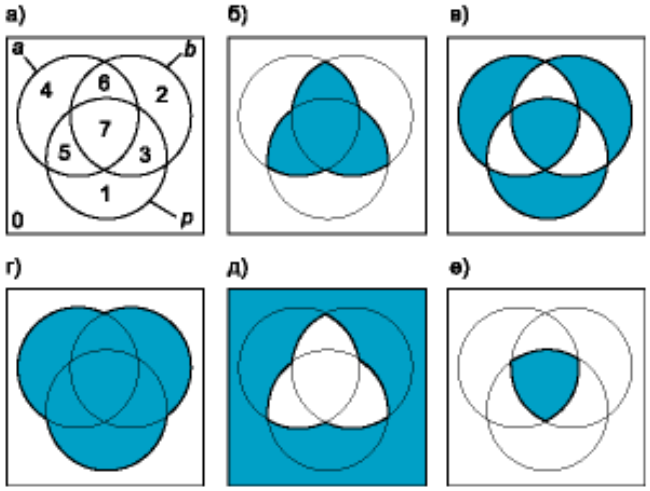

Рисунок 10 – Диаграммы Венна

Схема сумматора, реализованного по уравнениям (7) и (10), приведена на рисунке 10а. В данной схеме используются многовходовые логические элементы И и ИЛИ. Если использовать только двухвходовые элементы, то получаются схемы, приведённые на рисунке 10 б, в.

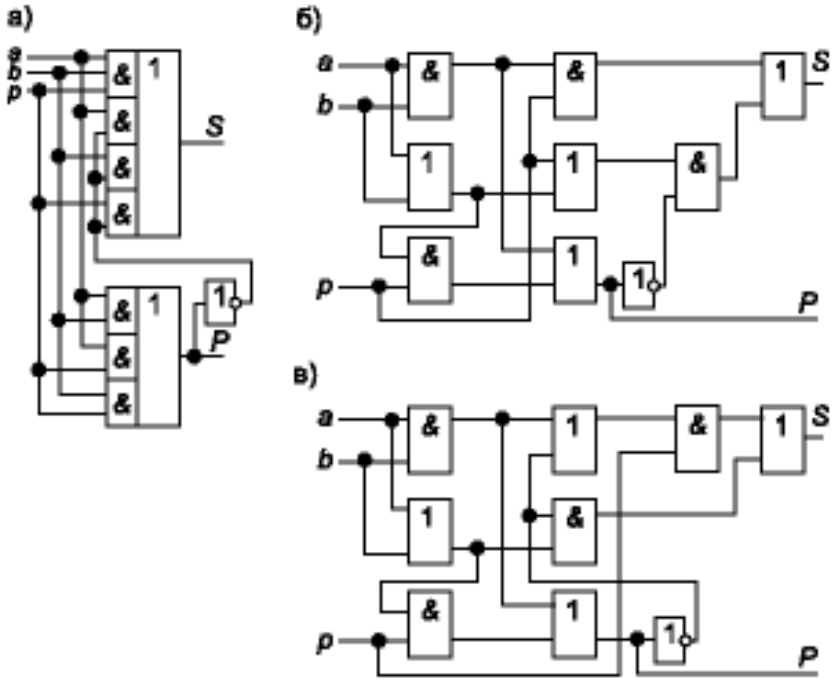

Рисунок 11 – Логическая схема сумматора

2.2 Выбор элементной базы

Прежде чем рассказывать о подборе элементов и дальнейших их свойствах познакомимся с терминологией и элементами конструкции микросхем.

Интегральная микросхема - микроэлектронное изделие, выполняющее определенную функцию преобразования, обработки сигнала или накапливание информации и имеющее высокую плотность упаковки электрически соединенных элементов и кристаллов, которое с точки зрения требований к испытаниям, приемке, поставке и эксплуатации рассматривается как единое целое.

Элемент интегральной микросхемы — это часть интегральной микросхемы, реализующая функцию какого-либо электрорадиоэлемента (например, транзистора, диода, резистора, конденсатора), которая выполнена нераздельно от кристалла или подложки и не может быть выделена как самостоятельное изделие с точки зрения требований к испытаниям, приемке, поставке и эксплуатации.

Компонент интегральной микросхемы — часть интегральной микросхемы, реализующая функции какого-либо электрорадиоэлемента, которая может быть выделена как самостоятельное изделие с точки зрения требований к испытаниям, приемке, поставке и эксплуатации. Компонент является частью гибридной микросхемы.

Цифровая интегральная микросхема — микросхема, предназначенная для преобразования и обработки сигналов, изменяющихся по закону дискретной функции

Аналоговая интегральная микросхема — микросхема, предназначенная для преобразования и обработки сигналов, изменяющихся по закону непрерывной функции.

При разработке технической документации или при составлении описаний конструкций микросхем ГОСТ обязывает пользоваться общими терминами (корпус, подложка, плата, пластина, кристалл), а также некоторыми специальными, которыми определяются особенности внутреннего строения микросхем.

Корпус - часть конструкции интегральной микросхемы, предназначенная для защиты микросхемы от внешних воздействий и для соединения с внешними электрическими цепями посредством выводов. Типы и размеры корпусов микросхем, а также расположение и число их выводов стандартизованы (см. ГОСТ 17467—79).

Подложка - заготовка из диэлектрического материала, предназначенная для нанесения на нее элементов гибридных и пленочных интегральных микросхем межэлементных и (или) межкомпонентных соединений, а также контактных

площадок.

Плата - часть подложки (или вся подложка) гибридной интегральной микросхемы, на поверхности которой нанесены пленочные элементы микросхемы, межэлементные и межкомпонентные соединения и контактные площадки.

Кристалл - часть пластины, в объеме и на поверхности которой сформированы элементы полупроводниковой микросхемы, межэлементные соединения и контактные площадки.

Базовый кристалл - часть полупроводниковой пластины с определенным набором сформированных элементов, в том числе электрически соединенных и не соединенных между собой, предназначенный для дальнейшего проектирования.

Подбор элементов осуществлен таким образом, чтобы при максимуме экономической выгоды получить систему, удовлетворяющую всем поставленным требованиям, с высокой степенью надежности и с высокими эксплуатационными показателями.

При выборе элементов подбор производился из числа наиболее распространенных и доступных, с хорошими массогабаритными показателями и широким диапазоном рабочих температур. При подборе учитывался такой фактор, как надежность элементов. Выбор компонентов производился с учетом возможной дальнейшей модификации разработанного устройства и возможности аппаратной части устройства намного превосходят возможности, изложенные в техническом задании.

В качестве элементной базы для построения арифметического устройства могут быть использованы ИМС серии К155ЛА3, К155ЛП5.

В своих разработках радиолюбители наряду с микросхемами ТТЛ широко используют микросхемы на полевых транзисторах, из которых наибольшее распространение получили серии микросхем КМОП (комплементарные полевые транзисторы со структурой металл-окисел-полупроводник). К ним относятся, например, микросхемы серий К164, К176, К561, К564. Для: таких микросхем напряжения, соответствующие высокому и низкому логическим уровням, составляют соответственно 8,6...8,8 и 0,02...0,05 В (при напряжении питания 9 В).

Особенностью микросхем ТТЛ, а именно наличие в выходном каскаде ЛЭ двухтактной схемы, увеличивает импульсный ток потребления при переключении. Тем самым с ростом частоты переключения увеличивается динамическая мощность потребления и ограничивается время нарастания и спада входных импульсов до 150 нс.

Микросхемы серии К155 имеют одну важную особенность: если на входы не подается сигнал, то это равносильно подаче на них единичного сигнала. Нуль на входе воспринимается микросхемой только в том случае, когда он соединен с источником низкого напряжения. Соответственно, на выходах микросхем К155ЛА3 и К155ЛА8 должны быть сигналы логического 0, если на входы не подаются сигналы.

Микросхемы серии К155 питаются от источника постоянного напряжения 5В±5%, потребляя ток (на один корпус) в зависимости от назначения от 10 до 100 мА. Как было отмечено, напряжение высокого уровня фактически составляет около 3,5 В, а низкого -около 0,1 В.

Корпус интегральной микросхемы предназначен для защиты ее от внешних воздействий и обеспечения нормальной работы в течение всего срока службы микросхемы. Для выполнения своего функционального назначения корпус и его конструкция должны отвечать определенным требованиям: обеспечивать необходимую электрическую связь между элементами схемы и выводами, гарантировать электрическую изоляцию между выводами.

Немаловажно, что назначение корпуса - защищать кристалл микросхемы от влияния света, а так же поглощать собственное излучение элементов схемы и служить и служить экраном от внешних магнитных полей.

Конструкция корпуса должна обеспечивать теплоизоляцию кристалла микросхемы, имея достаточную прочность, предохраняющую элементы микросхемы от различных повреждений во время эксплуатации.

Для защиты схемы от электрических помех на выходы питания ставится электролитический конденсатор К-53-14-1,6В-6,8 мкФ. Для защиты от низкочастотных помех, между контактами питания и заземления, ставятся керамические конденсаторы типа КМ-5б-Н90-0,047 мкФ.

Приведём корпус микросхем широкого применения К155 и основные технические характеристики:

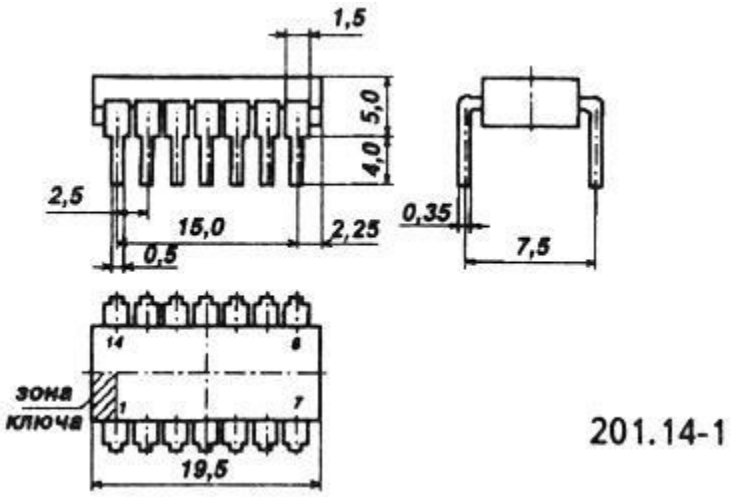

Рисунок 12 – Корпус микросхемы К155

Таблица 6 – Параметры микросхемы

1	Номинальное напряжение питания	5 В ± 5 %
2	Выходное напряжение низкого уровня	не более 0,4 В
3	Выходное напряжение высокого уровня	не менее 2,4 В
4	Помехоустойчивость	не менее 0,4 В
5	Напряжение на антизвонном диоде	не менее -1,5 В
6	Входной ток низкого уровня по входам 2,8,9,11,12,13	не более -1,6 мА
7	Входной пробивной ток	не более 1 мА
8	Ток короткого замыкания	-18...-57 мА
9	Ток потребления	не более 35 мА
10	Потребляемая статическая мощность	не более 184 мВт
11	Время задержки распространения при включении от вывода 11 до 5	не более 80 нс
12	Время задержки распространения при выключении от вывода 11 до 5	не более 70 нс
13	Время задержки распространения по цепи суммы	не более 75 нс
14	Время задержки распространения по цепи переноса	не более 14,5 нс

Зарубежные аналоги N, SN7480J

3. Расчёт надёжности

Расчёт надёжности изделия проводят на этапе эскизного проектирования. В результате предварительного расчёта определяются все основные параметры:

а) Интенсивность отказа изделий. Определяется по формуле (11):

$$\lambda_{Общ} = \sum_{i=1}^{N} \lambda_{io} \cdot n_i \qquad (11)$$

где N число группы “компонентов надёжности”, имеющие разные интенсивности отказов.

λ_{io} - интенсивность отказа элементов в i - ой группе.

n_i - количество элементов в i - ой группе.

б) Время наработки на отказ определяется по формуле (12):

$$T = \frac{1}{\lambda_{Общ}} \qquad (12)$$

в) Вероятность безотказной работы определяется по формуле (13)**:**

$$P(t) = e^{-\lambda_{Общ} \cdot t} \qquad (13)$$

где t - время работы изделия.

В таблице 6 приведены показатели надёжности изделий:

Таблица 7 – Показатели надёжности изделий

Группа элементов	Интенсивность отказа $^1/_{час}$	Количество элементов $^1/_{час}$	$\lambda_{io} \bullet n_i$ $^1/_{час}$
ИМС. Конденсаторы: а)Керамические. б)Электролитические. Контактные разводы. Пайка. Печатная плата.	$0.01 \cdot 10^{-5}$ $0.062 \cdot 10^{-5}$ $0.035 \cdot 10^{-5}$ $0.02 \cdot 10^{-5}$ $0.01 \cdot 10^{-5}$ $0.1 \cdot 10^{-5}$	2 3 2 1 6 21 1	$0.02 \cdot 10^{-5}$ $0.124 \cdot 10^{-5}$ $0.035 \cdot 10^{-5}$ $0.12 \cdot 10^{-5}$ $0.21 \cdot 10^{-5}$ $0.1 \cdot 10^{-5}$

По формуле (14) получим интенсивность отказов для всего изделия:

$$\lambda_{Общ} = 0.829 \cdot 10^{-5} \quad \frac{1}{час}$$

(14)

По формуле (15) определим время наработки на отказ:

$$T = 120627 \text{ час.}$$

(15)

По формуле (16) определим вероятность безотказной работы для 100 часов, 1000 часов и 10000 часов.

P (100) = 0.9991

P(1000) = 0.9917

P(10000) = 0.9209

(16)

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были исследованы различные типы сумматоров, выпускаемых в настоящее время промышленностью, которые применяются при разработке логических схем для современных микроэлектронных устройств. Рассмотрены возможные варианты их схемного решения и функционирования. Был произведён выбор элементной базы и расчёт надёжности готовой ИМС. Выведены формулы логики для реализации наглядного представления работы полного одноразрядного сумматора.

4. Охрана труда

4.1 Микроклимат рабочей зоны разработчика

Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха.

Параметры микроклимата для помещений, где установлены компьютеры.

ВЦ является помещением I категории (выполняются легкие физические работы), поэтому должны соблюдаться следующие требования:

оптимальная температура воздуха - 22° С (допустимая - 20-24° С), оптимальная относительная влажность - 40-60% (допустимая - не более 75%) , скорость движения воздуха не более 0.1м/с.

Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры.

Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м3 /на одного человека в час 20-40м^3 на человека.

Для обеспечения комфортных условий используются как организационные методы, так и технические средства.

Меры по созданию оптимальных значений параметров микроклимата на рабочем месте.

Для создания и автоматического поддержания на ВЦ независимо от наружных условий оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года используется водяное отопление, в теплое время года применяется кондиционирование воздуха.

4.2 Освещение рабочего места

4.2.1 Расчет естественного освещения

Рациональное освещение должно быть спроектировано в соответствии с нормами, приведенными в СНИП 23-05-95.

Проведем расчет естественного освещения для помещений ВЦ, если характеристика зрительной работы высокой точности, разряд зрительной работы - III и подразряд зрительной работы - б. Вид естественного освещения - одностороннее боковое, через оконные проемы.

Определим нормируемое значение коэффициента естественной освещенности (КЕО) с учетом характеристики зрительной работы:

$$e_H^{I,II,III,IV} = e_H^{III} mc,$$

(17)

где e_H^{III} - нормативное значение КЕО $e_H^{III} = 1,5$

m - коэффициент светового климата;

с - коэффициент солнечности климата.

Нормативное значение КЕО для третьего пояса светового климата принимаем равным 1,5 %. Значение коэффициента светового климата т для четвертого пояса равно 0,9, а значение коэффициента солнечного климата с = 0,75

e_H^{IV} = 1,5·0,9·0,75 = 1,0125 %.

Теперь рассчитаем площадь световых проемов по формуле:

$$S_0 = \frac{e_н * K_з * \eta_0 * K_{зд} * S_п}{100 * \tau_0 * r_1} \qquad (18)$$

где $K_з$ - коэффициент запаса равен, 1,2; $K_{зд}$ - коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями =1;

r_1 - коэффициент, учитывающий повышение освещенности за счет отраженного света при боковом освещении;

τ_0 - общий коэффициент светопропускания.

Глубина помещения В = 6м, длина помещения $l_п$ = 8м, высота h = 3,5м.

Соответственно, площадь пола помещения $S_п$ = 48м^2.

Для определения значения световой характеристики окон η_0 необходимо найти следующие отношения: $l_п/B$ = 1,4 и B/h_1=2,8 (где h_1 = 1,80 м высота от уровня рабочей поверхности до верха окна).

Значение световой характеристики принимаем равным 15.

Площадь световых проемов:

$$S_0 = \frac{1,0125 * 1,2 * 15 * 1 * 48}{100 * 0,56 * 1,4} = 11,16$$

Площадь световых проемов равна 11,16 м^2 соответственно количество окон у нас равняется двум.

4.2.2 Расчет искусственного освещения

Равномерное освещение горизонтальной рабочей поверхности достигается при определенных отношениях расстояния между центрами светильников L (L =1,75H) к высоте их подвеса над рабочей поверхностью Hр (в расчетах Hр =H).

Hр = 2 м

Число светильников определяется по формуле:

$$N = \frac{S}{L * M_1} \quad (19)$$

где S - площадь помещения, 48 м²;

M – расстояние между параллельными рядами 2,3 м;

L – расстояние между центрами светильников.

В соответствии с рекомендациями M ≥ 0,6 Hр. Оптимальное значение M=2…3 м.

Найдем количество светильников по формуле:

$$N = \frac{48}{2{,}3 * 3{,}5} = 6$$

.

Для расчета общего равномерного освещения горизонтальной рабочей поверхности используют метод светового потока, учитывающий световой поток, отраженный от потолка и стен:

$$\Phi = \frac{E_н * S * Z * K}{N * \eta} \quad (20)$$

где $E_п$ – нормированная минимальная освещенность, 300 лк;

Z – коэффициент минимальной освещенности, для ламп ЛЛ Z =1,1;

K – коэффициент запаса, 1,5;

Показатель помещения равен:

$$i = \frac{l_н * B}{H_р (l_н + B)} \quad (21)$$

$$i = \frac{8 * 6}{2 * (8 + 6)} = 1{,}7$$

,

следовательно, из таблицы η =0,37.

Тогда световой поток по формуле (4.4) будет равен:

$$Ф=\frac{300 \times 48 \times 1,1 \times 1,5}{6 \times 0,37}=10702 \text{ лм.}$$

Возьму лампу ЛБ 80 со световым потоком 5220 лм. Т.к. В светильнике 2 лампы, то тогда должно выполняться следующее требование:

В данном случае:

Потребляемая мощность всей осветительной установки находится по формуле:

$$P = p \cdot N \cdot n,$$

(22)

где p - мощность лампы, 80 Вт;- число светильников, 6 шт.;

n - число ламп в светильнике, 2 шт.

P=80*6*2=960 Вт.

4.3 Воздействие шума на программиста

Расчет уровня шума на рабочем месте программиста.

Уровень шума на рабочем месте инженеров-программистов и операторов не должен превышать 50дБА, а в залах обработки информации на вычислительных машинах - 65дБА. ГОСТ 12.1.003-76 ССБТ

Уровень шума устройств, источников шума в помещении отражён в таблице 10:

Таблица 7 – Показатели шума

Устройство	Уровень шума, дБ
Винчестер	40
Вентилятор	45
Монитор	17
Клавиатура	10
Принтер	45
Сканер	42

Уровень шума рассчитывается по формуле:

$$L_{\Sigma} = 10Lg\Sigma L^{0,1*L} \quad (23)$$

$$L_{\Sigma} = 10Lg(40^{0,1*40} + 45^{0,1*45} + 17^{0,1*17} + 10^{0,1*10} + 45^{0,1*45} + 42^{0,1*42}) = 49,50 \text{ дБА}$$

Уровень шума в помещении составляет 49,50 дБА

Защита от шума

Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами. Уровень вибрации в помещениях вычислительных центров может быть снижен путем установки оборудования на специальные виброизоляторы.

4.4 Опасность повышенного уровня напряженности электромагнитного поля

Опасность ЭМИ для организма программиста

Электромагнитные поля, характеризующиеся напряженностями электрических и магнитных полей, наиболее вредны для организма человек. Основным источником этих проблем, связанных с охраной здоровья людей, использующих в своей работе автоматизированные информационные системы на основе персональных компьютеров, являются дисплеи.

ПЭВМ как источник излучений

ПЭВМ являются источниками таких излучений как: мягкого рентгеновского; ультрафиолетового 200-400 нм; видимого 400-700 нм, ближнего инфракрасного 700-1050 нм; радиочастотного 3 кГц-ЗО МГц; электростатических полей.

Предельно допустимые значения характеристик ЭМП

Может возникнуть опасность по уровням напряженности электромагнитного поля. На расстоянии 5-10 см от экрана и корпуса монитора уровни напряженности могут достигать 140 В/м по электрической составляющей, что значительно превышает

допустимые значения СанПиН 2.2.2. 542-96. Предельно допустимые значения характеристик ЭМП указаны в таблице 11:

Таблица 8 – характеристики ЭПМ

Наименование параметров	Допустим Значение
Напряженность эм поля на расстоянии 50 см вокруг ВДТ по электрической составляющей должна быть не более:	
- в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц;	**25 В/м**
- в диапазоне частот 2 - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока должна быть не более:	
- в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц;	250нТл
- в диапазоне частот 2 - 400 кГц	25 нТл
Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать	500 В

4.5 Электробезопасность, статическое электричество

Электробезопасность в помещении ВЦ обеспечивается техническими способами и средствами защиты, а так же организационными и техническими мероприятиями.

Электробезопасность обеспечивается в соответствии с ГОСТ 12.1. 030. - 81.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, я рекомендую применять защитное заземление.

Организационные и технические мероприятия по обеспечению электробезопасности

Основным организационным мероприятием является инструктаж и обучение безопасным методам труда, а так же проверка знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе.

При проведении незапланированного и планового ремонта вычислительной техники выполняются следующие действия: отключение компьютера от сети; проверка отсутствия напряжения.

4.6 Пожарная безопасность

- Требования, предъявляемые к пожарной безопасности:

- установка пожарно-сигнальной сигнализации с соответствующими тепловыми и дымовыми датчиками;
- выполнение скрытой электропроводки в стенах;
- устранение неисправных выключателей и розеток;
- запрет на использование оголенных шнуров и проводов для соединения;
- необходимо иметь в доступном видимом месте углекислотные огнетушители (по характеру помещения - минимум 1 шт.)

4.7 Допуск к работе

Допускаются к работе лица не моложе 18 лет, женщинам с момента установления беременности и во время кормления грудью запрещается работать за компьютером.

Администрация обязана:

- направить поступающего на работу на медицинский осмотр;
- провести вводный инструктаж при приёме на работу;
- ежеквартально проводить повторный инструктаж;
- ежегодно проверять знание безопасных приёмов и методов труда;
- допускать к эксплуатации дисплей, имеющий государственный сертификат;
- провести аттестацию рабочего места;
- включить с работником контракт (трудовой договор).
- 1-2 раза в год обследовать всех работающих на компьютере по состоянию зрения.

Признаки при которых необходимо воспользоваться средствами профилактики зрения:

- мерцание в глазах;
- появление колеблющейся завесы;
- световые вспышки перед глазами;
- временное нарушение световосприятия.

По тяжести напряжённости существуют 3 группы работы на компьютере:

- считывание информации;
- ввода информации;
- работа в режиме диалога.

4.8 Техника безопасности при работе с компьютером

Вред здоровью при работе с компьютером и как его избежать

Продолжительная работа с компьютером приводит к накопительному отрицательному воздействию на здоровье, т.е. ущерб долгое время может не проявляться явно, а постепенно и незаметно копится. Самыми опасными воздействиями на здоровье являются:

Высокая нагрузка на органы зрения, вызывающая его ухудшение и появление синдромов «красного глаза» и «сухого глаза».

Заболевание суставов, вызванное неправильной позой при продолжительной работе с компьютером.

Высокая нагрузка на психику и нервную систему, возникающая при долгой концентрации внимания при большом потоке информации длительное время.

Как максимально снизить вредное воздействие на здоровье при работе с компьютером

Соблюдение простых правил при работе с компьютером поможет максимально убрать отрицательное влияние на ваше здоровье.

Соблюдением правильного расстояния до монитора. Правильным расстоянием от глаз до экрана считается то расстояние, при котором пользователь может дотянуться кончиками пальцев прямой руки до верха монитора.

Клавиатура должна находиться в 20-30 см от края стола.

Стул или кресло должны обеспечить прямую осанку, при которой спина немного упирается в спинку кресла или стула.

При работе с клавиатурой и мышью руки должны быть согнуты, а локти располагаться на столе или подлокотниках кресла. При таком положении рук отсутствует напряжение в кистях. При работе с компьютерной мышью, положение рук не должно сильно меняться.

Ноги не должны быть согнуты под стул или кресло, а должны быть выпрямлены вперед с упором в твердую поверхность.

Ежечасно делать короткий перерыв в работе с компьютером и делать небольшую разминку для снятия напряжения в суставах и мышцах. Для снятия напряжения в глазах полезно будет сделать зарядку для органов зрения, которая включает в себя круговые движения открытыми глазами, смена точки фокусировки глаз с близкой до далекой к оглавлению

Техника безопасности при работе с компьютером

Компьютер – это сложное устройство, работающее под напряжением, поэтому на него тоже распространяются техника безопасности к электрическим устройствам. Применимо к компьютеру соблюдайте основные правила:

Не работайте с компьютером при наличии внешних повреждений корпуса или изоляции силовых кабелей. В этом случае требуется замена кабелей или обращение в сервисный центр.

Не кладите на корпус системного блока и не храните на нем разные предметы, особенно тяжелые, т.к. в этом случае может возникнуть вибрация, которая может вызвать нарушения работы компьютера.

Не рекомендуется включать компьютер в розетки без заземления. Розетки и вилки должны быть цельными, без повреждений.

Не включайте компьютер в помещении с высокой влажностью.

Не оставляйте работающий ПК без присмотра длительное время.

Провода и силовые кабеля компьютера должны быть расположены так, чтобы исключить возможность наступить на них или поставить что-то тяжелое.

Нельзя работать с компьютером при открытом корпусе системного блока.

Заключение

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы был выполнен расчёт схемы полного одноразрядного сумматора, а так же был произведён расчёт надёжности.

Входе выполнения работы, были иссследованы разные типы сумматоров, которые применяются при разработке логических схем для современных устройств микроэлектронике.

При выборе элементной базы, были использованы схемы серии К155ЛА3 и К155ЛП5, так как они подходили по всем параметрам , которые учитывались в процессе разработке полного одноразрядного сумматора. Так же в ходе работы я узнал, что микросхемы серии К155 имеют одну важную особенность: если на входы не подаётся сигнал, то это равносильно подаче на них единичного сигнала.

Так микросхемы серии К155 нашли широкое применение в единой системе электронно - вычислительных машин (ЭВМ), так же они отличаются быстродействием.

Был произведён расчёт надёжности в результате которого определялись основные параметры, которые влияют на качество работы элемента в данном случает интегральной микросхемы

В процессе работы были разработаны формулы логики для реализации наглядного представления полного одноразрядного сумматора.

Выпускная квалификационная работа содержит:

- расчёт полного одноразрядного сумматора
- выбор элементной базы
- расчёт надёжности
- охрана труда

Для наглядности расчетов в работе приведены схемы, рисунки и таблицы.

ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ:

1. Колабеков Б.А. цифровые устройства и микропроцессорные системы, м. телеком 2017 336 с.
2. Новиков Ю.В. основы цифровой схемотехники. м издательство «Мир» 2018, 380 с.
3. Отечественные микросхемы и зарубежные аналоги Справочник. Перельман Б.Л.,Шевелев В.И. "НТЦ Микротех", 2017.,376 с.
4. Потемкин И.С. Функциональные узлы цифровой автоматики. - М.: Энергия. – 2015. – 260 с.
5. Самофалов К.Г., Корнейчук В.И., Тарасенко В.П. Электронные цифровые вычислительные машины: Учебник. - Киев: Высшая школа. - 2015. - 480 с.
6. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ: Учеб. пособие для вузов. - М.: Высшая школа. - 2016. - 320 с.
7. Аналоговые и цифровые интегральные микросхемы [Электронный ресурс]. - URL: http://bookre.org/reader?file=473689/ (дата обращения 04.06.2020)
8. Параметры интегральных микросхем серии К155 [Электронный ресурс]. - URL: http://chiplist.ru/ (дата обращения 05.06.2020)
9. Технологии компьютерных систем и программ [Электронный ресурс]. - URL: https://studme.org/164850/informatika/tehnologii_kompyuternyh_sistem_programm/ (дата обращения 04.06.2020)

Перечень сокращений

ИС - интегральная схема;
ИМС - интегральная микросхема;
ИП - источник питания;
ПП - печатная плата;
ЭП - эскизный проект;
ТТ - технические требования;
ТТЛ - транзисторно-транзисторная логика;
ТЭО - технико-экономическое обоснование;
ПК - персональный компьютер;
ВТ - вычислительная техника;
ЗУ - запоминающее устройство;
КТС - комплекс технических средств;
ИС - измерительная система;
ЭВМ - электронно-вычислительная машина.