



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ Информатика и системы управления (ИУ)

КАФЕДРА Компьютерные системы и сети (ИУ6)

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 09.03.03 Прикладная информатика

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

НА ТЕМУ:

***Схемотехническое проектирование
электронного устройства***

Студент _____
(Группа)

(Подпись, дата)

(И.О.Фамилия)

Руководитель курсовой работы

(Подпись, дата)

(И.О.Фамилия)

2022 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой ИУ6
(Индекс)
А.В.Пролетарский
(И.О.Фамилия)
« » 2022 г.

З А Д А Н И Е
на выполнение курсовой работы

по дисциплине Схемотехника

Студент группы ИУ6-62Б

(Фамилия, имя, отчество)

Тема курсовой работы Схемотехническое проектирование
электронного устройства

Направленность КР (учебная, исследовательская, практическая, производственная, др.)
учебная

Источник тематики (кафедра, предприятие, НИР) кафедра

График выполнения работы: 25% к 3 нед., 50% к 10 нед., 75% к 13 нед., 100% к 15 нед.

Задание

Домофон. Устройство проверки соответствия кода

Оформление курсовой работы:

Расчетно-пояснительная записка на 20-30 листах формата А4.

1. Схема электрическая функциональная
2. Диаграммы временные работы устройства
3. Диаграмма электрическая принципиальная
4. Спецификация (перечень) используемых элементов

Дата выдачи задания « 08 » февраля 2022 г.

Руководитель курсовой работы

(Подпись, дата)

(И.О.Фамилия)

Студент

(Подпись, дата)

(И.О.Фамилия)

Примечание: Задание оформляется в двух экземплярах: один выдается студенту, второй хранится на кафедре.

РЕФЕРАТ

Записка 31 страница, 13 рисунков, 7 источников, 5 приложений
ДОМОФОН, МИКРОСХЕМА, ТТЛ, РЕГИСТР, КОМПАРАТОР.

Объектом разработки является модуль устройства домофона, отвечающий за проверку соответствия ключа вводимому числу.

Цель работы – создание функционального устройства, построенного на базе ТТЛ–логики, и разработка необходимой документации на объект разработки.

При проектировании решены следующие задачи: анализ объекта разработки на функциональном уровне, разработка функциональной схемы модуля, выбор элементной базы для реализации объекта, разработка принципиальной схемы модуля, расчет электрических параметров.

Результатом проектирования является комплект конструкторской документации для изготовления устройства. Устройство должно обладать следующими техническими характеристиками:

- тип ввода данных: последовательный;
- разрядность чисел 16 бит;
- разрядность кода – 4;
- логика элементов ТТЛ;
- тактовая частота 1 МГц;
- потребляемое напряжение не более 2 Вт.

СОДЕРЖАНИЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЕ И СОКРАЩЕНИЯ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
1 Анализ требований.....	7
1.1 Принцип работы разрабатываемого устройства.....	7
1.2 Выбор схемотехнического решения	7
2 Проектирование функциональной схемы	9
2.1 Блок приема	9
2.2 Блок сравнения	10
3 Моделирование.....	12
4 Проектирование принципиальной схемы устройства.....	17
4.1 Выбор элементной базы	17
4.2 Выбор устройства для приема данных	17
4.3 Выбор устройства для сравнения чисел	18
4.4 Выбор генератора тактовых импульсов	19
4.5 Выбор разъемов.....	19
4.6 Устранение помех	20
5 Проектирование принципиальной схемы устройства.....	22
5.1 Расчет статической мощности	22
5.2 Расчет динамической мощности	23
5.3 Расчет быстродействия.....	24
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	25
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	26
ПРИЛОЖЕНИЕ А Техническое задание	27
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Схема электрическая функциональная.....	28
ПРИЛОЖЕНИЕ В Схема электрическая принципиальная.....	29
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Лист спецификации	30
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Временные диаграммы.....	31

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ТТЛ	– Транзисторно-транзисторная логика
ЛЭ	– Логический элемент
МС	– Микросхема
ТЗ	– Техническое задание
УГО	– Условное графическое обозначение

ВВЕДЕНИЕ

В данной работе производится разработка законченного модуля тридцати двух разрядного сторожевого таймера.

Домофон предназначен для проверки соответствия вводимого кода, с кодом, сохраненным как кода открывания двери. На выходе устройства идет один сигнал: логические «1» или «0».

Актуальность разрабатываемого продукта заключается в необходимости создания устройства открывания дверей для домашнего использования.

1 Анализ требований

Исходя из требований, изложенных в техническом задании, можно сделать вывод, что задачей работы устройства является формирование сигнала результата работы компараторов.

1.1 Принцип работы разрабатываемого устройства

С компьютера подаются данные:

- последовательность данных с битом начала приема и окончания приема данных.

- внешний сигнал;

По нажатию кнопки приходит сигнал записи по которому число заносится в ближайший регистр, а предыдущее значение регистра заносится в следующий регистр. Таким образом реализуется запись кода из четырех чисел в регистры.

Данные с выходов регистров идут на компараторы, сравнивающие значение с данными, сохраненными в регистрах отвечающих за хранение чисел кода.

1.2 Выбор схемотехнического решения

Первоочередной задачей является запись данных в регистры. Для хранения данных будет использоваться два блока по четыре регистра хранения, необходимых для записи чисел.

Далее необходимо реализовать сравнение чисел. Для этого будем использовать блок из четырех компараторов, постоянно сравнивающих данные с регистров.

Разработанная структурная схема представлена на рисунке 1

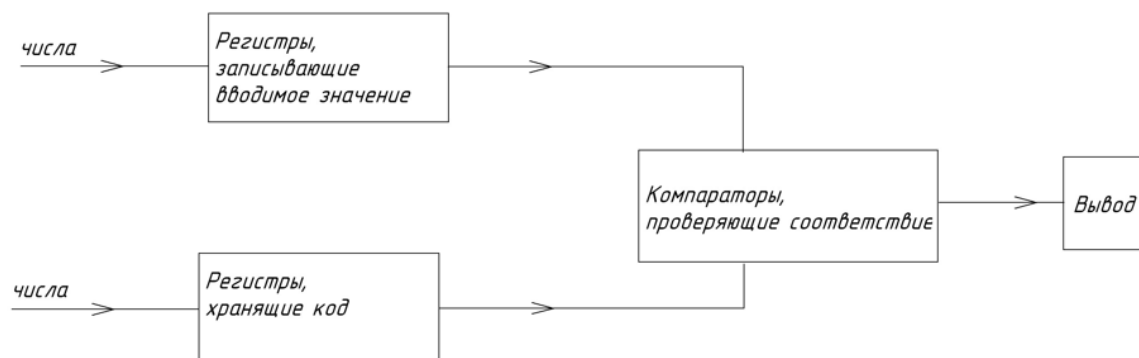


Рисунок 1 – структурная схема устройства

2 Проектирование функциональной схемы устройства

На основании выбранного схемотехнического решения были выделены функции устройства и реализующие их блоки – блок приема чисел, блок сравнения. Опишем подробнее каждый функциональный блок и рассмотрим их взаимодействие.

Разработанная функциональная схема устройства содержится в приложении Б.

2.1 Блок приема

Функциональный блок приема данных состоит из регистров и триггеров, необходимых для подавлениядребезга кнопок.

Разработанная схема подключения блока приема показана на рисунке 2.

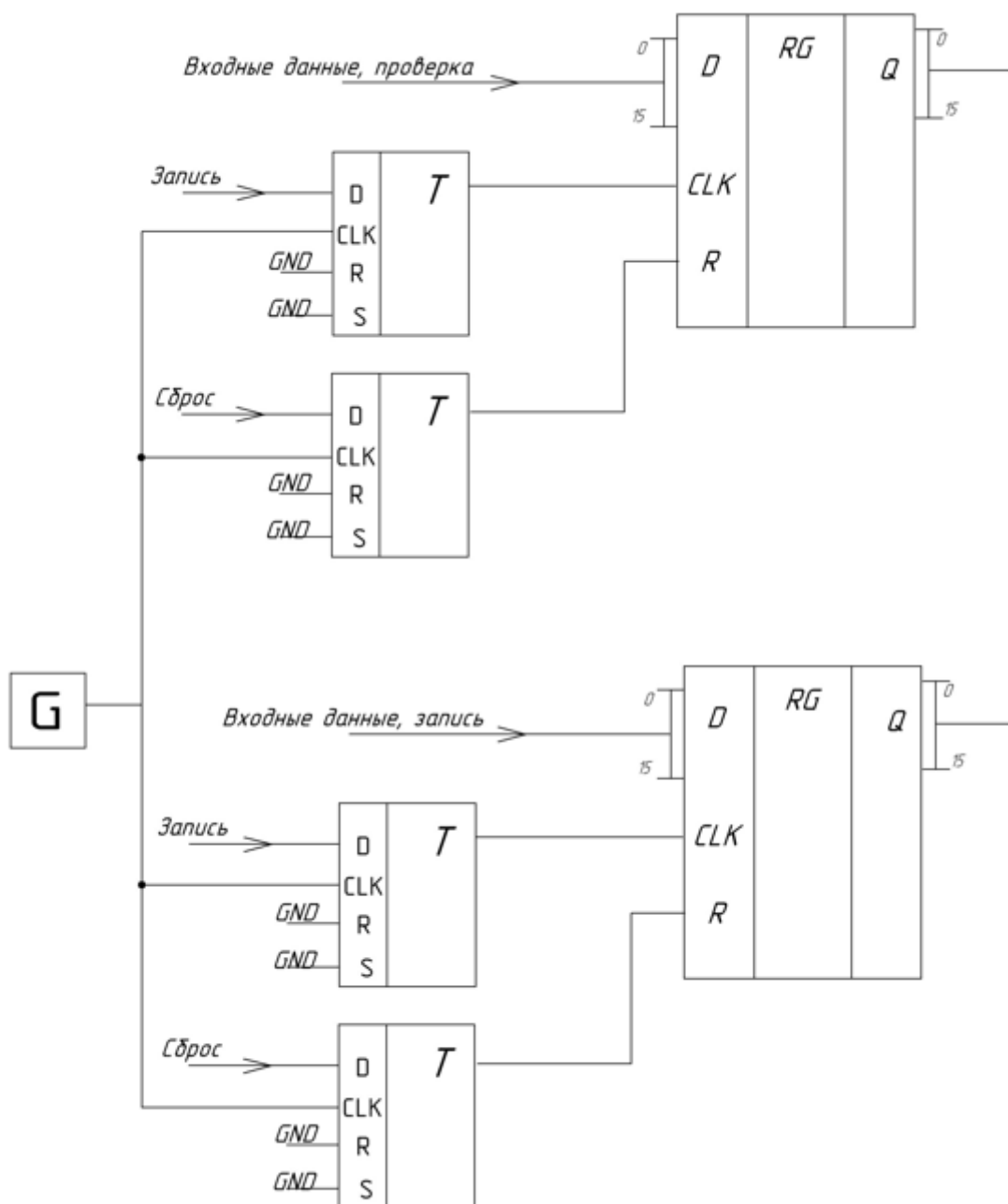


Рисунок 2 – Блок приема данных

На входы данных счетчиков подаются сигналы с кнопок. Далее с приходом сигнала с генератора значение записывается в триггеры, откуда сигналы подаются на определенные управляющие входы регистров.

Регистры управляются триггерами, отвечающими за кнопки записи:

- при «0» регистры настроены на хранение;
- при «1» регистры настроены за запись.

2.2 Блок сравнения

Блок сравнения состоит из четырех компараторов, настроенных на проверку соответствия. Данный блок обеспечивает сравнения записанных чисел с числами, поступающими на проверку. На рисунке 3 представлен функциональный блок отсчета.

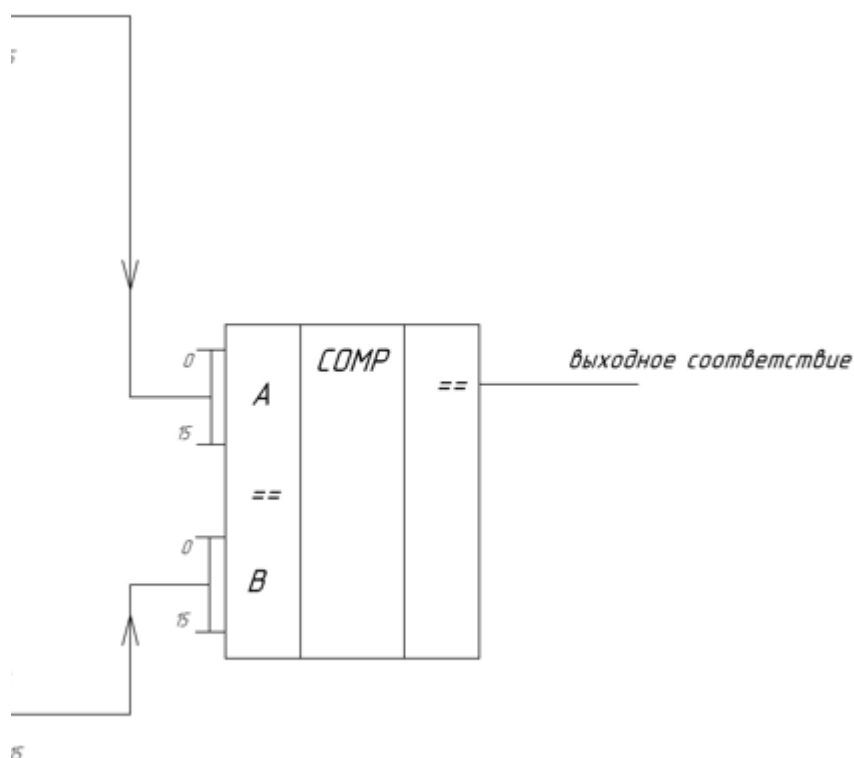


Рисунок 3 – Блок сравнения

На рисунке изображен компаратор, принимающий значения с регистров. При соответствии, на выходе подается сигнал логической единицы, при любых других – ноль.

3 Моделирование

Для моделирования устройства была собрана и протестирована версия устройства с 12 разрядами в программе Multisim [1]. Результаты моделирования показаны на рисунках 4–8. Работа регистров приема данных изображена на рисунке 4.

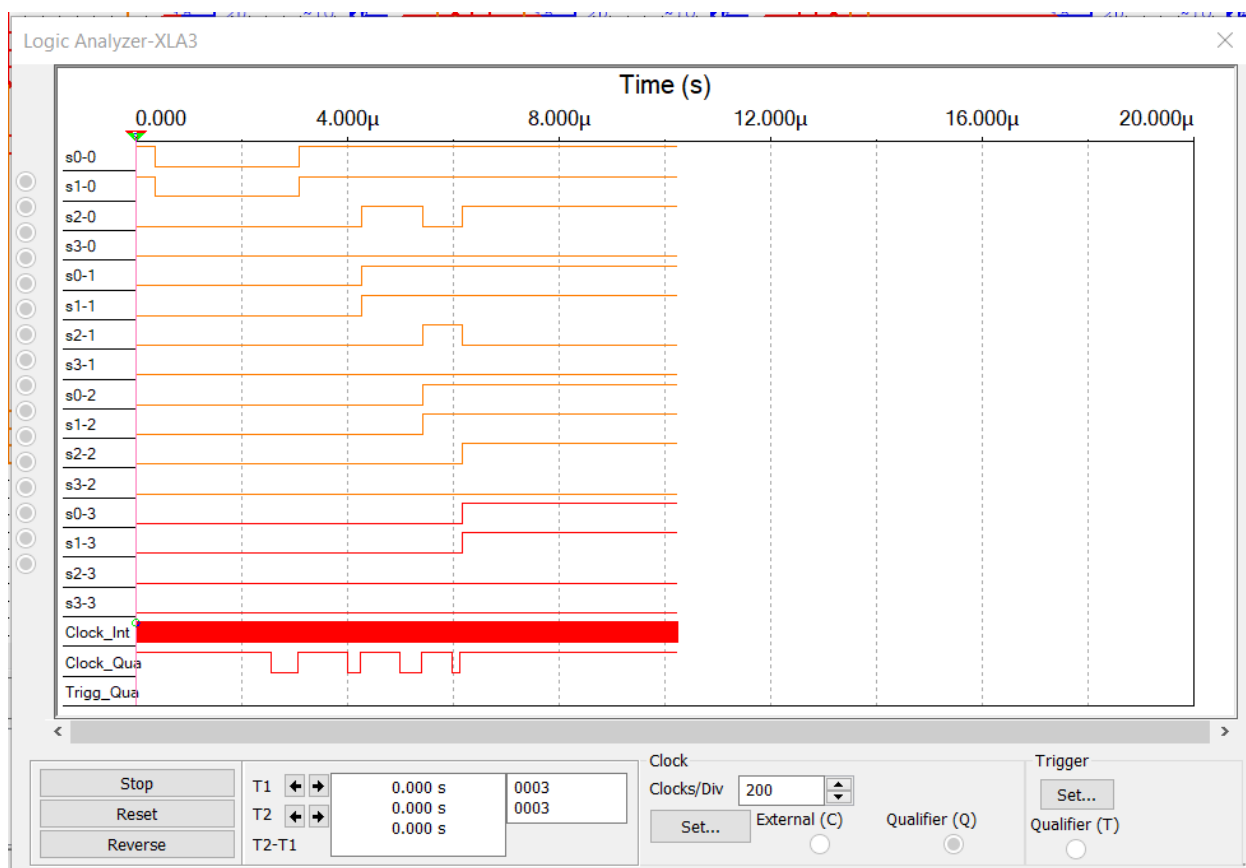


Рисунок 4 – Запись кода для активации в регистры

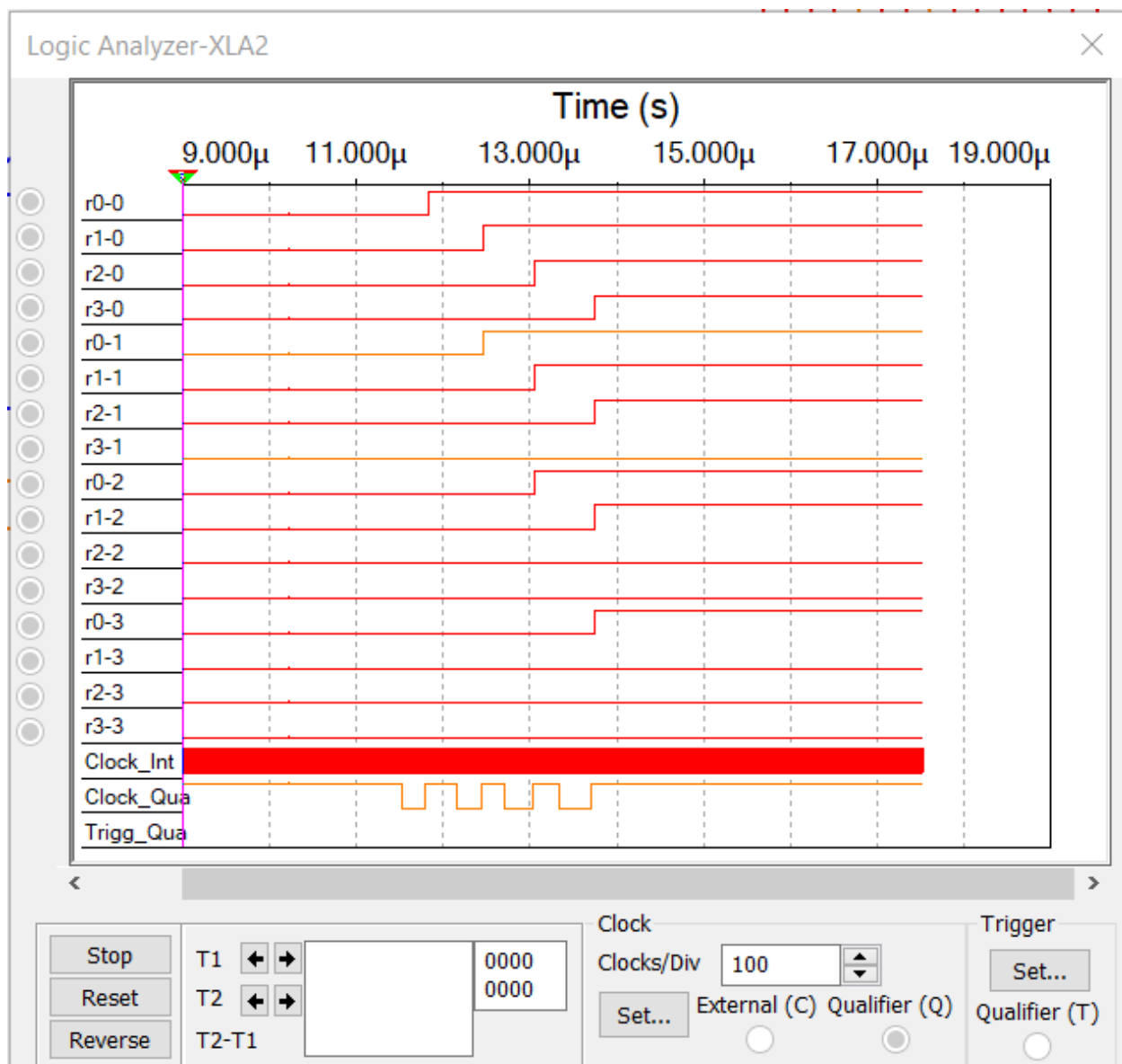


Рисунок 5 – Запись чисел для сравнения в регистры (частичное соответствие)

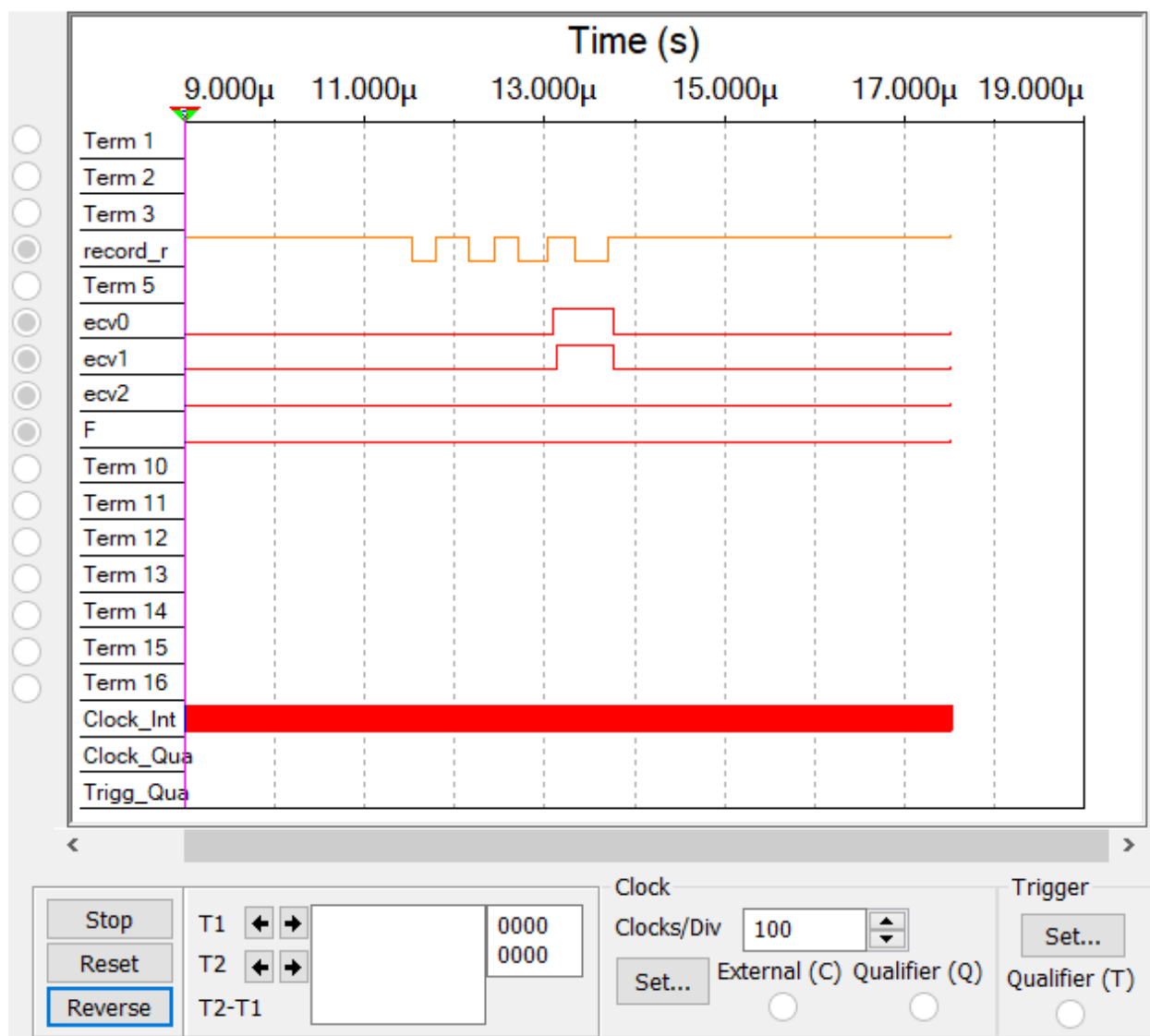


Рисунок 6 – Результат работы устройства при частичном соответствии

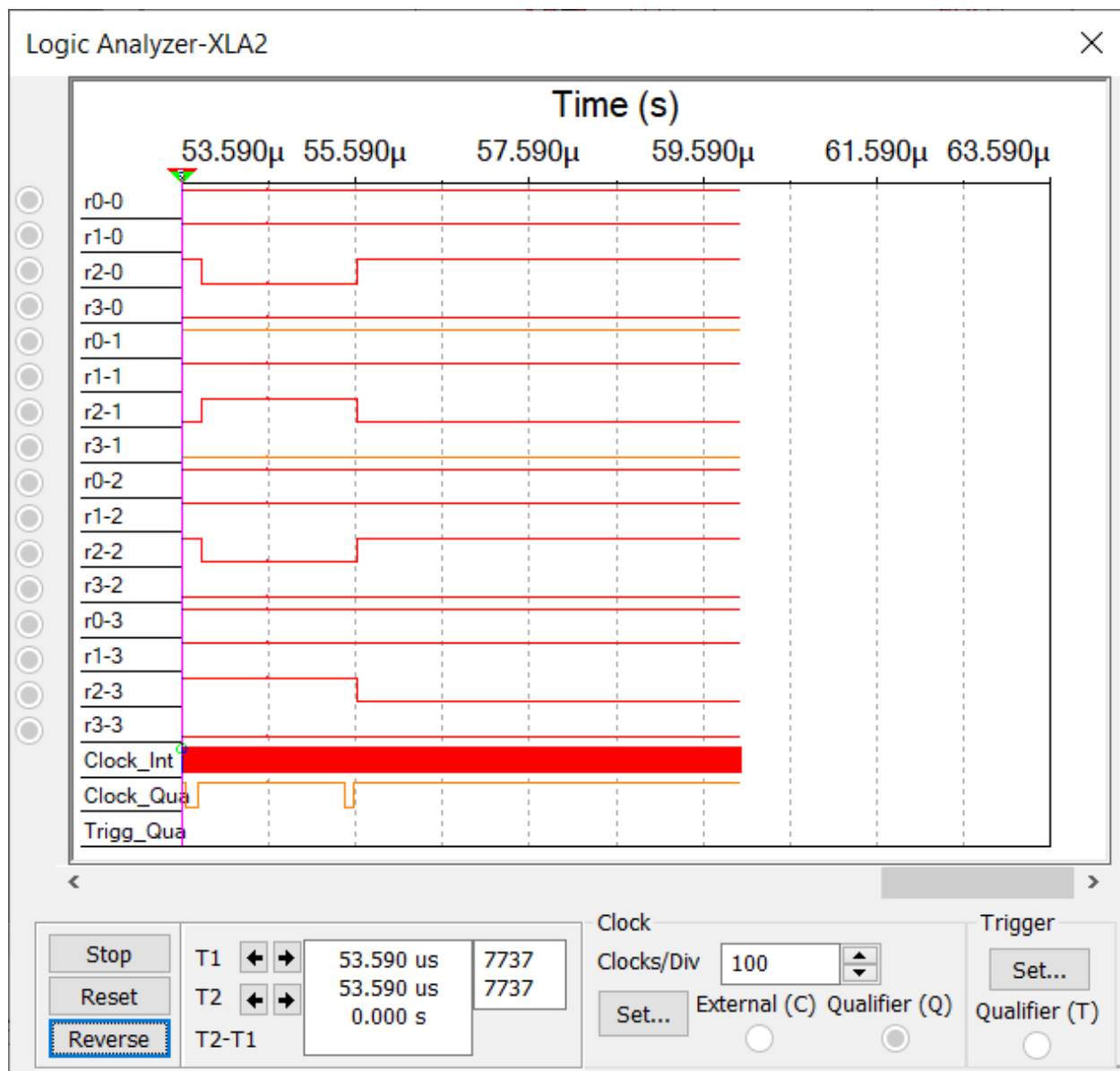


Рисунок 7 – Запись чисел для сравнения в регистры (полное соответствие)

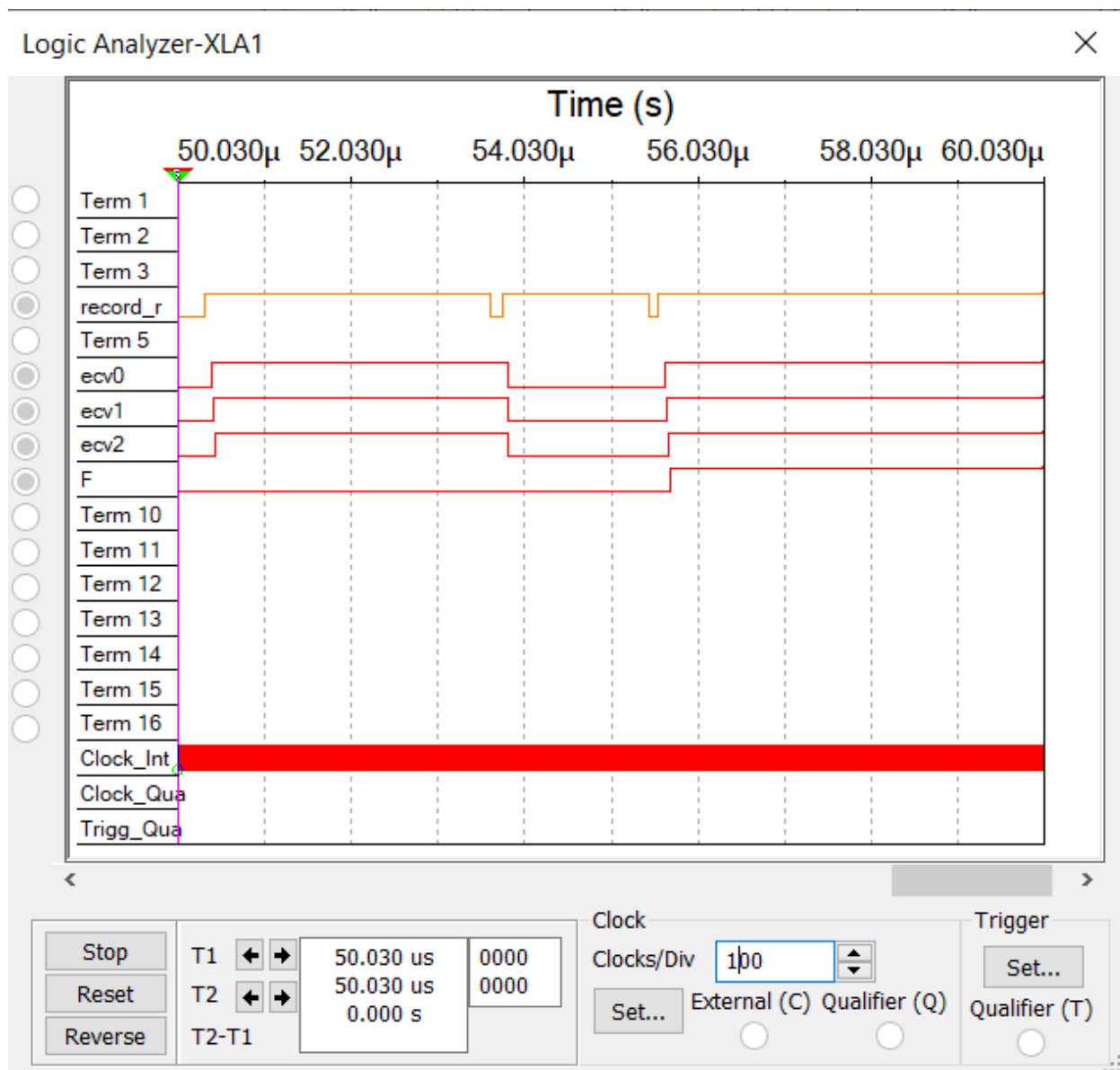


Рисунок 8 – Результат работы устройства при полном соответствии

4 Проектирование принципиальной схемы устройства

Разработанная принципиальная схема WatchDog содержится в приложении В.

4.1 Выбор элементной базы

В наши дни большинство микросхем изготавливаются по технологиям КМОП и ТТЛ. ТТЛ-микросхемы имеют высокое, в сравнении с КМОП, энергопотребление.

Выбирая элементную базу, следует учитывать основные критерии оценки элементов - быстродействие и суммарную потребляемую мощность. Согласно ТЗ, к объекту разработки предъявляется требование использования ТТЛ-логики.

Транзисторно-транзисторная логика (сокращенно ТТЛ или TTL по-английски) — технология построения электронных схем на основе биполярных транзисторов и резисторов. Название транзисторно-транзисторный появилось по причине того, что транзисторы использовались одновременно для выполнения логических функций (И, НЕ, ИЛИ) и для усиления выходного сигнала. Преимуществами ТТЛ является высокое быстродействие (десятки мегагерц) и относительно низкую чувствительность к воздействию статических зарядов.

4.1.1 Выбор серии

В качестве серии микросхем была выбрана серия К555. У нас в стране обширна номенклатура выпускаемых интегральных микросхем. Для построения устройств автоматики и вычислительной техники широкое применение находят цифровые микросхемы серии К 155, которые изготавливают по стандартной технологии биполярных микросхем транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). Имеется свыше 100 наименований микросхем серии К 155. При всех своих преимуществах - высоком быстродействии, обширной номенклатуре, хорошей помехоустойчивости - эти микросхемы обладают большой потребляемой мощностью. Поэтому им на смену выпускают микросхемы серии К555, принципиальное отличие которых - использование транзисторов с

коллекторными переходами, зашунтированными диодами Шоттки. В результате транзисторы микросхем серии К555 не входят в насыщение, что существенно уменьшает задержку выключения транзисторов. К тому же они значительно меньших размеров, что уменьшает емкости их р-п-переходов. В результате при сохранении быстродействия микросхем серии К555 на уровне серии К155 удалось уменьшить ее потребляемую мощность примерно в 4...5 раз.

4.2 Выбор устройства для приема данных

В качестве элемента, который будет хранить исходные значения, был выбран регистр хранения К555ТМ8. Регистр имеет четыре входа данных, чего достаточно для записи числа от 0 до 9, а так же вход сброса, необходимый для обнуления записанных в регистре данных, что удовлетворяет требованиям ТЗ. На рисунке 9 показано УГО элемента.

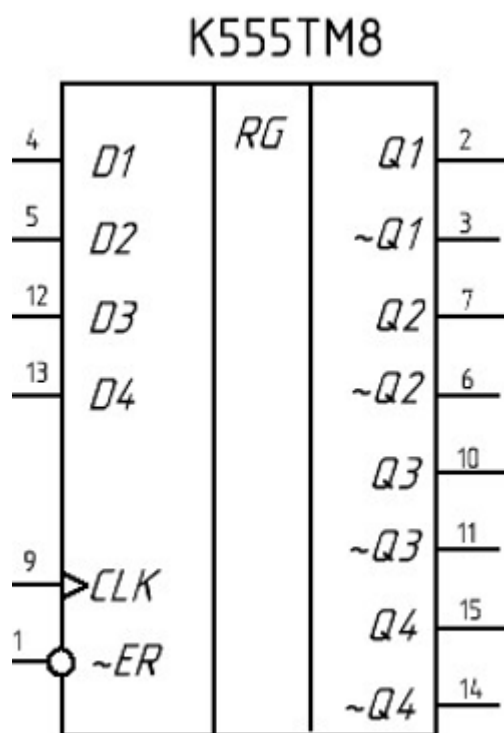


Рисунок 9 – УГО К555ИР11

Входы D1:D4 используются в качестве шины для записи данных параллельного типа, Q1:Q4 – выходы. Вход 9 (CLK) – синхровход. Вход 1 (\overline{ER}) – инверсный вход сброса.

4.3 Выбор устройства для сравнения чисел

В качестве устройства для сравнения чисел был выбран компаратор К555СП1, способный сравнивать два четырехразрядных числа. УГО компаратора, представлено на рисунке 10.

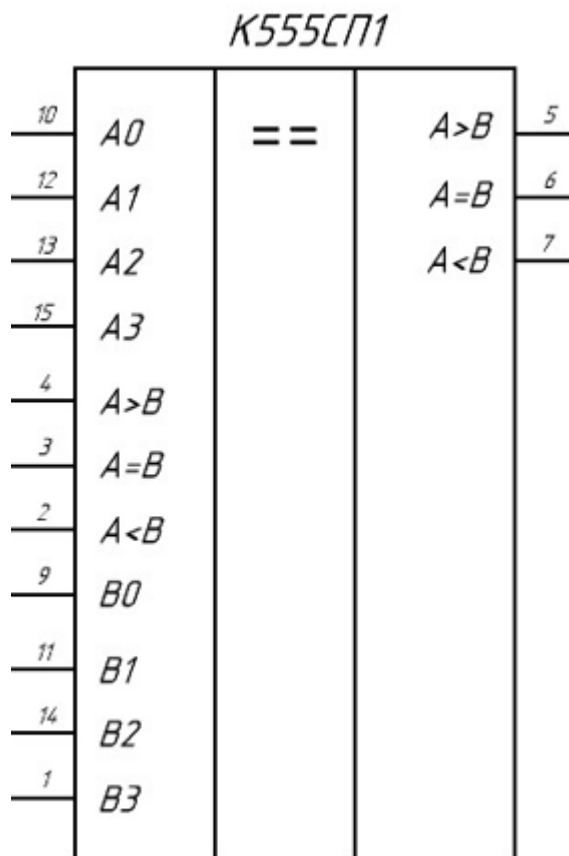


Рисунок 10 – УГО К555СП1

На рисунке 10 изображен компаратор К555СП1, имеющий входы чисел A0:A3, B0:D3, а также входы выбора режима «A>B», «A=B» и «A<B».

4.4 Выбор генератора тактовых импульсов

Для того, чтобы обеспечить схему стабильными тактовыми импульсами, необходимо собрать тактовый генератор с заданной частотой. На рисунке 13 представлена схема генератора.

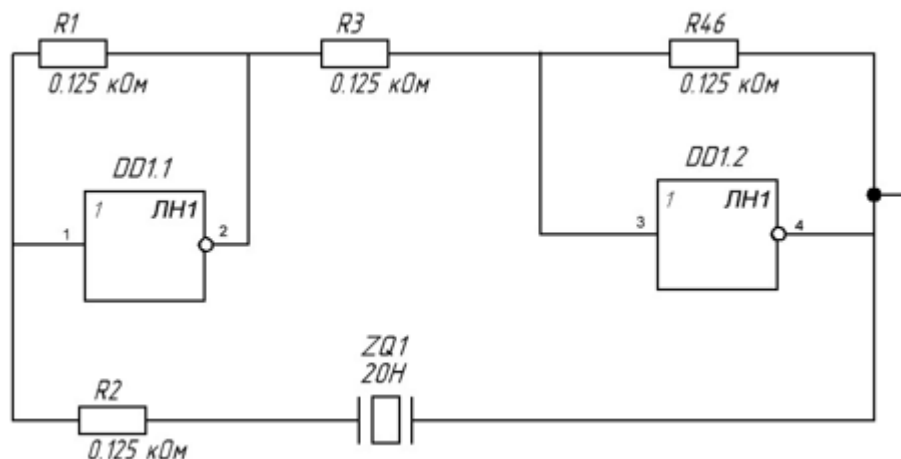


Рисунок 13 – Генератор тактовых импульсов

4.5 Выбор разъемов

Устройство требует наличия трех разъемов, имеющих следующие функциональные назначения – ввод данных, сигналы управления и выдача выходных сигналов:

- 1) разъем ХР1.1 имеет 4 контактов-входов, через которые поступают сигналы данных;
- 2) разъем ХР1.2 имеет 2 контактов-входов, через которые поступают сигналы логических «0» и «1»;
- 3) разъем ХР2 имеет 2 контактов-выходов, в которые поступают результаты работы устройства.

4.7 Устранение помех

Источник питания может быть нестабилен и выдавать скачки напряжения, из-за чего работа устройства может быть прервана. Для устранения такого явления между линией питания +5В и линией заземления 0В необходимо установить электролитические конденсаторы. Один конденсатор, с наибольшим значением, должен быть расположен в близости от разъема питания, а его емкость равна 10 мкФ.

Для снижения скачков напряжения, обусловленных переходными процессами в микросхемах, необходимо установить параллельные

конденсаторы. Для разрабатываемой схемы устройства потребуется 8 конденсаторов емкостью 0.1 мкФ.

Помехи в разрабатываемом устройстве могут возникать также из-за неиспользуемых входов, которые могут создавать помехи в цепях. Для устранения такого явления все неиспользуемые прямые входы были соединены с общей линией земли (0V), а инверсные входы – с линией питания (+5V).

5 Расчет потребляемой мощности устройства

Рассчитаем мощность, потребляемую сумматором последовательного действия. На все МС подано напряжение 5В. Суммарная мощность, потребляемая устройством, состоит из статической и динамической мощностей.

5.1 Расчет статической мощности

Рассчитаем статическую мощность, потребляемую спроектированным устройством по формуле:

$$P_{\text{стат.микро.}} = U_{cc} \times I_{cc}, \quad (1)$$

где U_{cc} – напряжение питания (равно 5В), I_{cc} – ток потребления микросхемы. Результаты расчета показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет мощности, потребляемой в статическом режиме

Тип ИМС	Количество ИМС данного типа, шт	Максимальная мощность, потребляемая ИМС, мВт	Суммарная мощность, мВт
КРК555ТМ2	2	42	84
КРК555ЛН1	1	23.63	23.63
КРК555ТМ8	8	94.4	755.2
КРК555СП1	4	104.4	417.6
		Итого:	904.43

Учтем рассеиваемую мощность на сопротивлении R5:

$$P_{R1} = \frac{U_{R5}^2}{R5} = \frac{5^2}{125} = 0.2 \text{ (Вт)}$$

Таким образом, суммарная потребляемая мощность в статическом режиме равна:

$$P_{\text{стат.микро.}} = 200 \text{ (мВт)} + 904.43 \text{ (мВт)} = 1104.43 \text{ (мВт)}$$

5.2 Расчет динамической мощности

Рассчитаем динамическую потребляемую мощность каждой микросхемы по формуле:

$$P_{\text{дин.}} = C_0 U_{\text{пит.}}^2 f_{\text{вх.}} + C_{\text{нагр.}} U_{\text{пит.}}^2 f_{\text{вых.}} = U_{\text{пит.}}^2 (C_0 f_{\text{вх.}} + C_{\text{нагр.}} f_{\text{вых.}}), \quad (2)$$

где C_0 – входная емкость МС, $U_{\text{пит.}}$ – напряжение питания (5В), $C_{\text{нагр.}}$ – емкость нагрузки, $f_{\text{вх.}}$ – входная частота и $f_{\text{вых.}}$ – выходная частота. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Расчет мощности, потребляемой в динамическом режиме

Тип ИМС	Количество микросхем	Потребляемая динамическая мощность, мВт
KPK555TM2	2	3
KP555ЛН1	1	1
KPK555TM8	8	12
KPK555СП1	4	6
	Итого:	22

Таким образом, суммарная потребляемая мощность в динамическом режиме равна 22 мВт.

Мощность, потребляемая устройством равна:

$$P_{\text{сум.}} = 1104.43 + 22 = 1126.43 \text{ (мВт)}$$

Полученная мощность удовлетворяет указанным в ТЗ требованиям.

5.3 Расчет быстродействия

В таблице 4 представлено быстродействие используемых элементов

Таблица 4 — Быстродействие используемых элементов

Тип ИМС	t_{3P}^{01} , нс	t_{3P}^{10} , нс
KPK555TM2	40	25
KPK555ЛН1	20	20
KPK555TM8	35	30
KPK555СП1	39	36

Рассчитаем максимальное время задержки формирования выходного сигнала с момента начала отсчета длительности нового уровня сигнала на выходе:

$$\begin{aligned} t_{зд.р.} &= t_{TM2} + 2 \cdot t_{ЛН1} + 4 \cdot t_{TM8} + 4 \cdot t_{СП1} == 40 + 2 \cdot 20 + 4 \cdot 35 + 4 \cdot 39 \\ &= 376 \text{ (нс)} \end{aligned}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения курсового проекта получены функциональное и принципиальное описание устройства, а также временные диаграммы симуляции его работы.

Устройство представляет собой модуль домофона, проверяющий соответствие на совпадение кода открывания. Домофон полностью реализован на отечественных микросхемах логики ТТЛ.

Было произведено моделирование разработанного устройства в программе Multisim. По результатам моделирования было выяснено, что устройство работает корректно.

Устройство имеет следующие технические характеристики:

- тип ввода данных: последовательный;
- разрядность чисел 16 бит;
- разрядность кода – 4;
- логика элементов ТТЛ;
- тактовая частота 1 МГц;
- потребляемое напряжение не более 2 Вт.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Документация Multisim [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ni.com/pdf/manuals/374483d.pdf> (дата обращения 03.05.22)
- 2 ГОСТ 2.743-91 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-2-743-91-eskd> (дата обращения 03.05.22)
- 3 Отечественные микросхемы и их зарубежные аналоги [Электронный ресурс]. URL: <https://schem.net/sprav/sprav48.php> (дата обращения 03.05.22)
- 4 Справочник по микросхемам TTL серий [Электронный ресурс]. URL: http://rfanat.qrz.ru/s21/ms_74xx.html (дата обращения 03.05.22)
- 5 Справочный материал микросхемы K555TM8 [Электронный ресурс] <https://okbexiton.ru> URL: <https://eandc.ru/pdf/mikroskhema/k555tm8.pdf>
- 6 Справочный материал микросхемы K555TM2 [Электронный ресурс] <https://okbexiton.ru> URL: <https://eandc.ru/pdf/mikroskhema/k555tm2.pdf>
- 7 Справочный материал микросхемы K555СП1 [Электронный ресурс] <https://okbexiton.ru> URL: <https://eandc.ru/pdf/mikroskhema/k555sp1.pdf>

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Техническое задание на разработку
Листов 4

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Схема электрическая функциональная
Листов 1

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Схема электрическая принципиальная
Листов 1

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
Временные диаграммы
Листов 1

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
Спецификация
Листов 1