



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 ИУ6-65Б
(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 ИУ6-64Б

(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

Разработать программируемое устройство включения и выключения ламп через заданные промежутки.

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)

РЕФЕРАТ

Записка 31 страница, 13 рисунков, 3 таблиц, 9 источников, 5 приложений
СВЕТ, МИКРОСХЕМА, ТТЛ, РЕГИСТР, СЧЕТЧИК.

Объектом разработки является программируемое устройство включения и выключения ламп, далее ПУВВЛ.

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: параллельный;
- разрядность шины данных: 16 бит;
- логика элементов ТТЛ;
- тактовая частота 1 МГц;
- потребляемое напряжение не менее 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 подсчета интервалов.....	9
2.3 Блок сравнения битов четности.....	11
2.4 Блок исправления ошибки	11
3 Моделирование.....	12
4 Проектирование принципиальной схемы устройства.....	14
4.1 Выбор элементной базы	14
4.2 Выбор устройства для приема данных	15
4.3 Выбор устройства для сдвига	15
4.4 Выбор блока исправления ошибки.....	16
4.5 Выбор генератора тактовых импульсов	17
4.6 Выбор разъемов.....	18
4.7 Устранение помех	18
5 Проектирование принципиальной схемы устройства.....	19
5.1 Расчет статической мощности	19
5.2 Расчет динамической мощности	20
5.3 Расчет быстродействия.....	21
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	22
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	23
ПРИЛОЖЕНИЕ А Техническое задание	24
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

ПУВВЛ	– Программируемое устройство включения и выключения ламп через заданные промежутки
ТТЛ	– Транзисторно-транзисторная логика
ЛЭ	– Логический элемент
МС	– Микросхема
ТЗ	– Техническое задание
УГО	– Условное графическое обозначение
ШД	– Шина данных

ВВЕДЕНИЕ

В данной работе производится разработка законченного модуля ПУВВЛ для восьмиразрядных чисел.

ПУВВЛ предназначен для переключения ламп через заданные промежутки времени. На выход устройства идет четыре сигнала горения и не горения ламп.

Актуальность разрабатываемого продукта заключается в необходимости создания устройства, способного выполнять данные функции в учебных целях.

1 Анализ требований

Исходя из требований, изложенных в техническом задании, можно сделать вывод, что задачей работы устройства является формирование устройства, способного занести числа, являющиеся интервалами горения и не горения четырех ламп, и реализовать работу ламп.

1.1 Принцип работы разрабатываемого устройства

С компьютера подаются данные:

- данные в параллельном виде.
- сигналы выбора лампы для записи;

С приходом сигналов выбора лампы для записи, в соответствующие выбору регистры будут записаны два восьмиразрядных числа таким образом, что первое будет числом работы, а второе числом не работы лампы.

Данные с выходов регистров идут на мультиплексоры, необходимые для выбора нужного из двух числа, после чего одно число подается на вычитающий счетчик, по достижению которого нуля, сигнал подается на т-триггер для переключения состояния. Выход триггера является выходным сигналом устройства.

1.2 Выбор схемотехнического решения

Первоочередной задачей является запись данных в регистры. Для хранения данных будет использоваться регистры хранения, по два для каждой лампы.

Для выбора числа будет использоваться мультиплексор 2-1, позволяющий выбрать один из двух приходящих чисел, в зависимости от управляющего сигнала. Для процесса счета будут выбраны вычитающие счетчики, которые могут работать на отсчет от заданного числа до нуля. Для запоминания выходной информации будет выбран триггер, который будет переключаться по приходу управляющего сигнала.

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, блок подсчета интервалов и блок выдачи ответа. 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 дешифратора и регистров.

Разработанная схема подключения блока приема показана на рисунке 2.

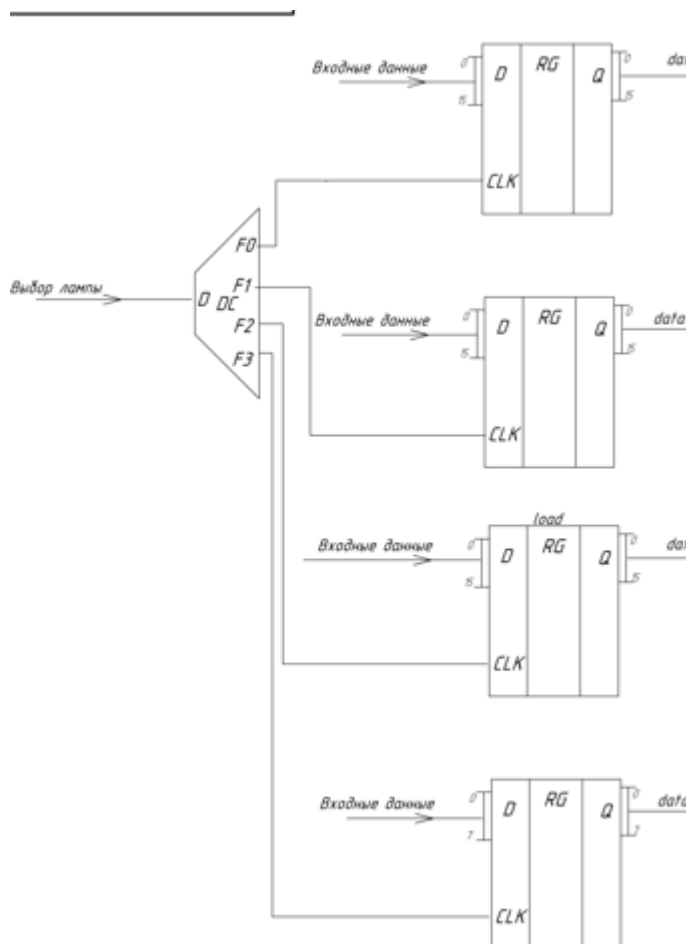


Рисунок 2 – Блок приема данных

На вход данных «D» регистра подается интервал, запись в регистр происходит по приходу сигнала «CLK» с выхода дешифратора.

2.2 Блок подсчета интервалов

Блок подсчета интервалов состоит из ряда мультиплексоров и счетчиков, функциональное представление блока представлено на рисунке 3.

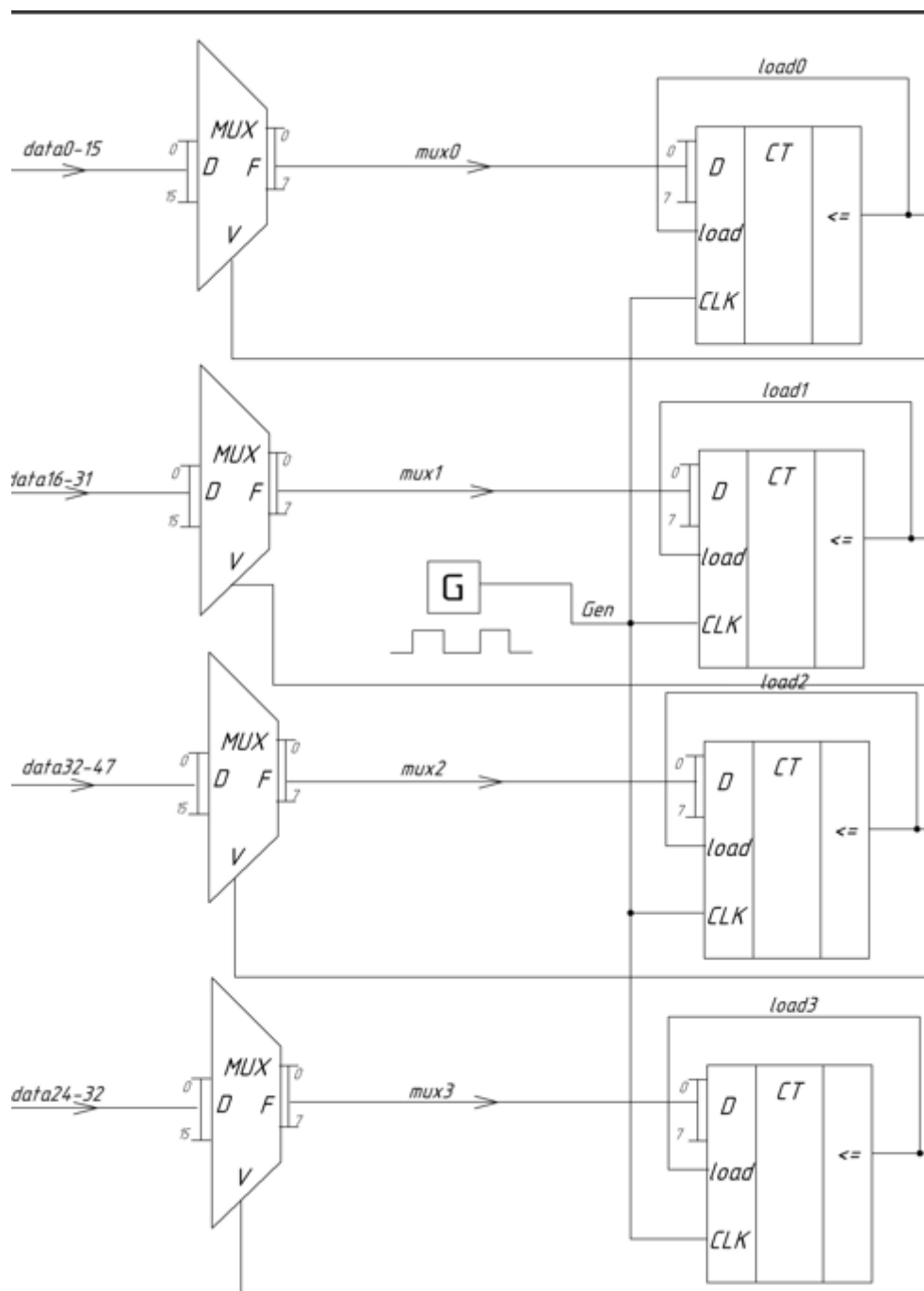


Рисунок 3 – Блок подсчета битов четности

На рисунке изображено функциональное представление блока подсчета интервалов.

Мультиплексоры принимают на входы данных по два числа по 8 бит, являющихся числами, записанными в регистры, и выбирают из них по одному, которые подают на счетчики. Когда счетчик досчитает до 0, происходит перезапись с мультиплексоров, а на самих мультиплексорах происходит выбор другого числа.

2.3 Блок выдачи ответа

Блок выдачи ответа состоит из т-триггеров, тактовые входы которых подключены к выходам счетчиков, отвечающим за достижение нуля. Функциональное представление блока сравнения представлено на рисунке 5

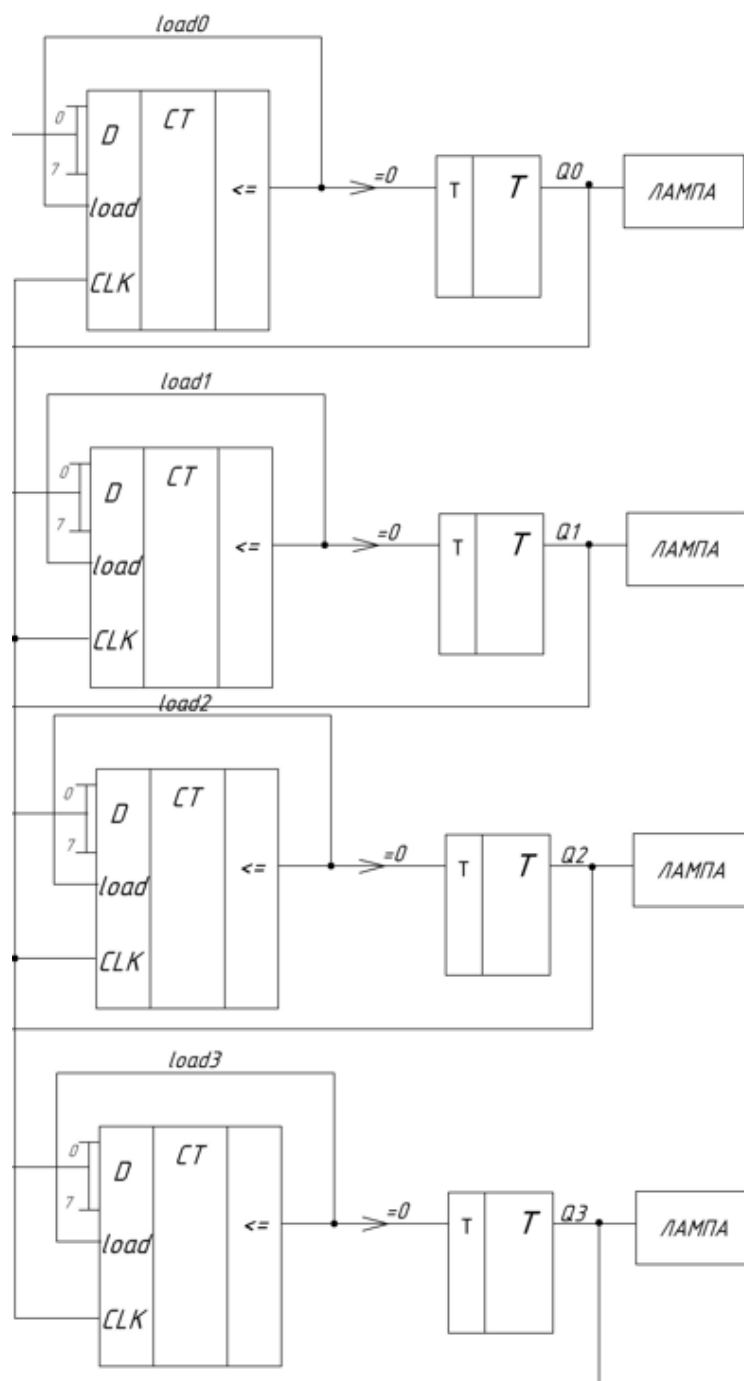


Рисунок 5 – Блок сравнения битов четности

На рисунке 5 изображено функциональное представление блока выдачи ответа. При достижении счетчиками нулей сигнал идет на Т-триггер, после чего триггер меняет свое состояние. С помощью этого реализованы интервалы горения.

3 Моделирование

Для моделирования устройства была собрана и протестирована версия устройства с 16 разрядами в программе Multisim [1]. Результаты моделирования показаны на рисунках 6–8. Работа регистров приема данных изображена на рисунке 7.

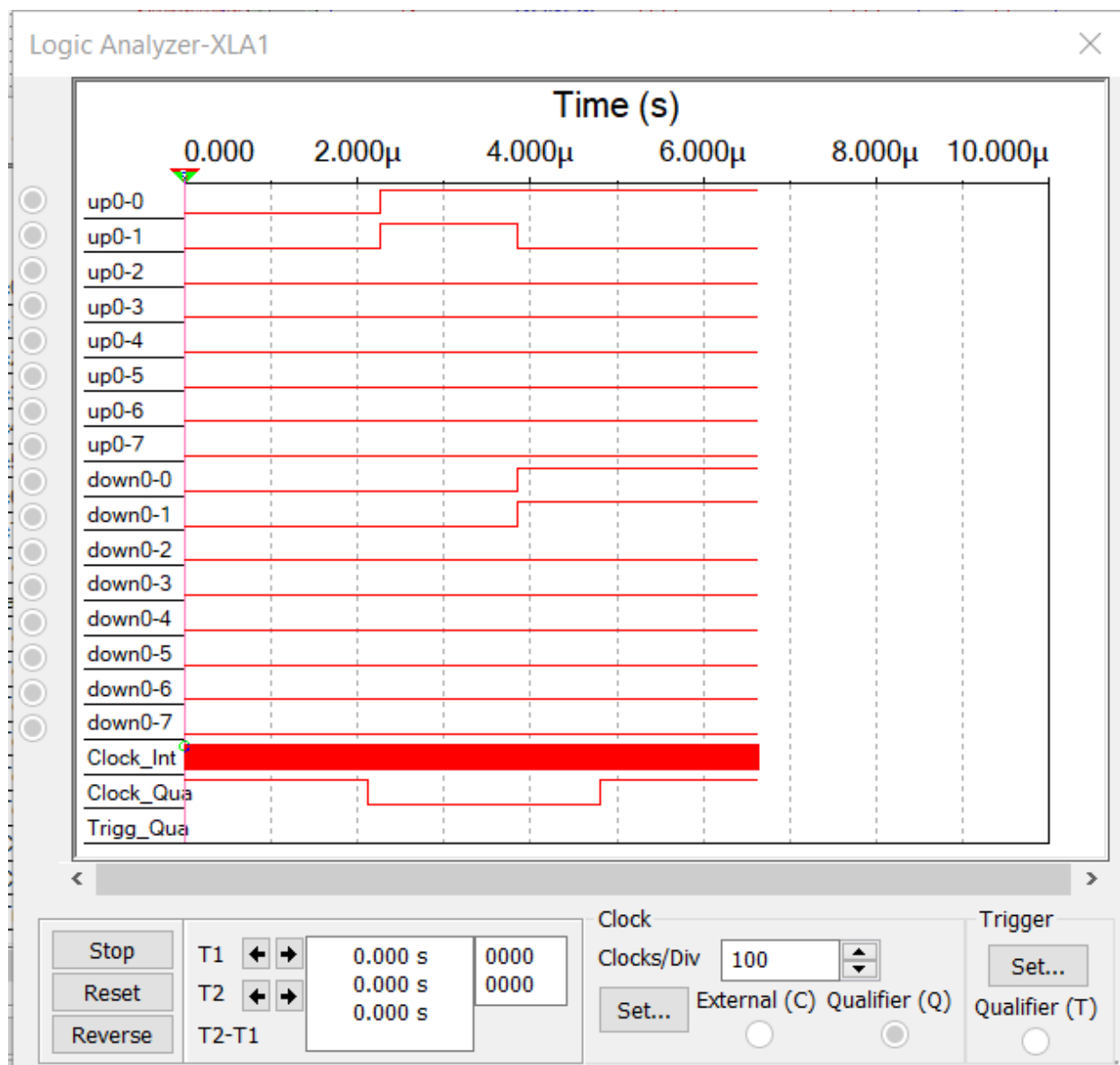


Рисунок 7 – Запись данных в регистр

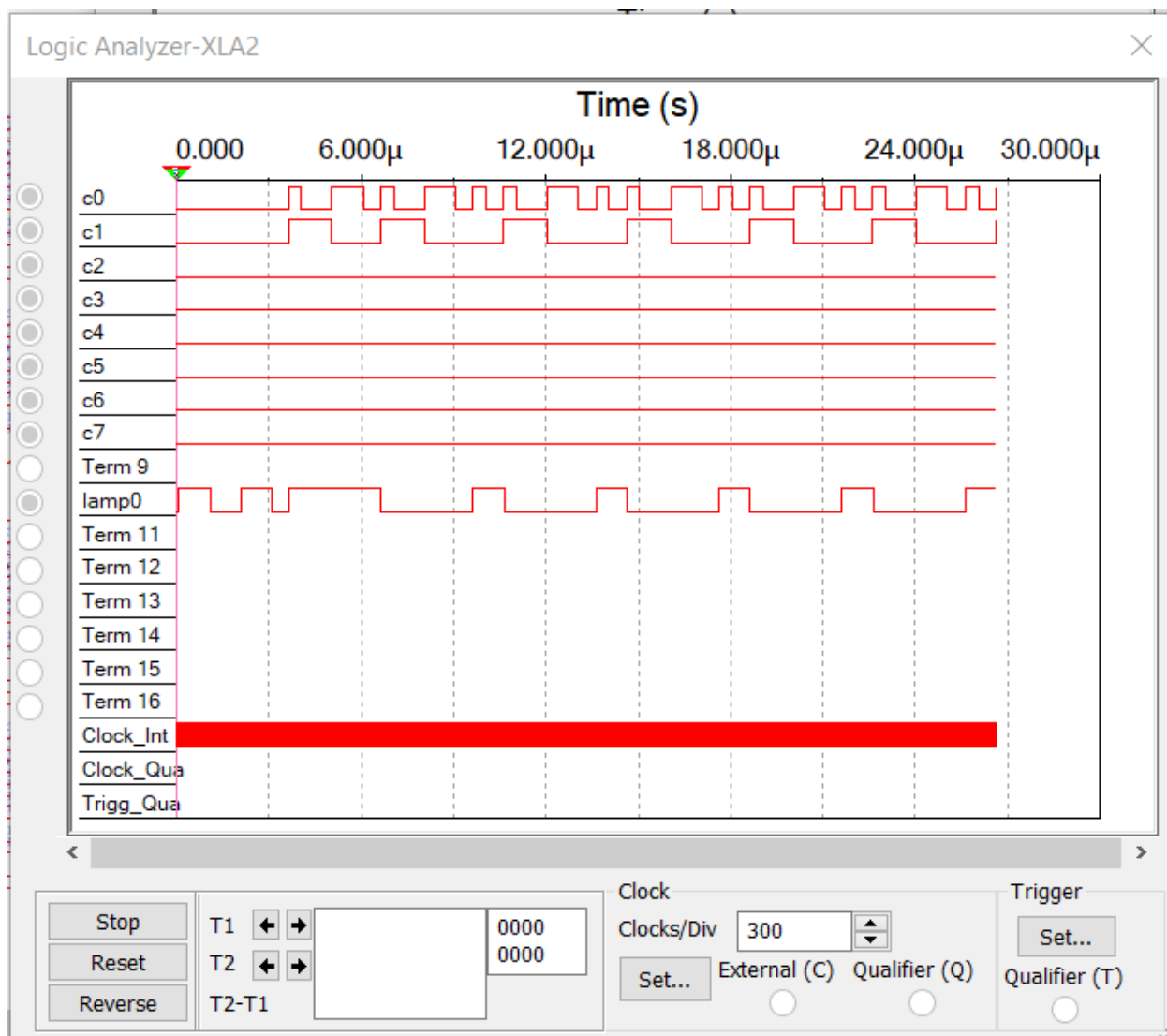


Рисунок 8 – Результат работы устройства для одной лампы

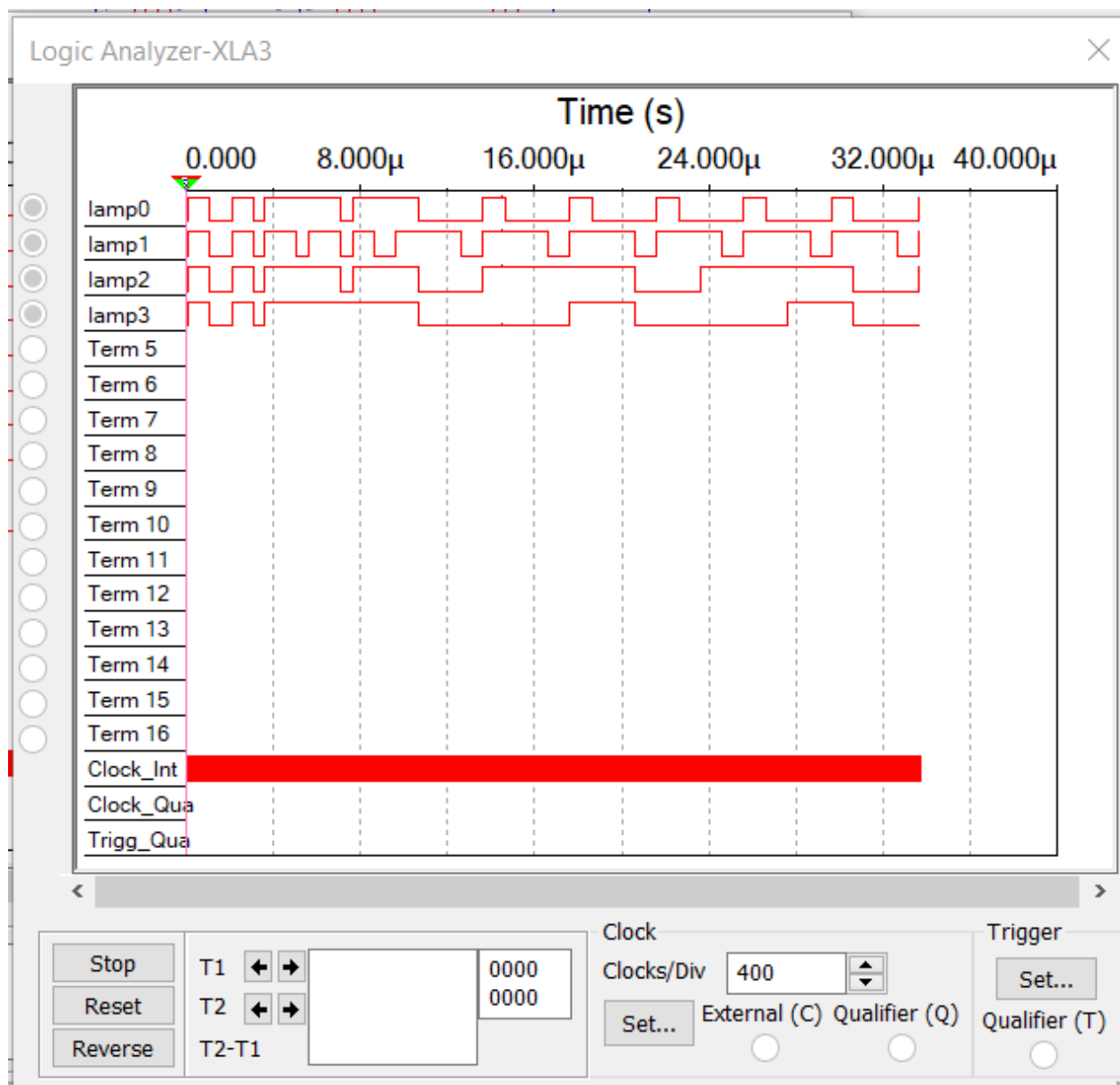


Рисунок 9 – Результат работы устройства для 4 ламп

4 Проектирование принципиальной схемы устройства

Разработанная принципиальная схема УКДХ 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 К555ИР23. Регистр имеет 8 входов данных, и не имеет излишнего функционала. На рисунке 10 показано УГО элемента.

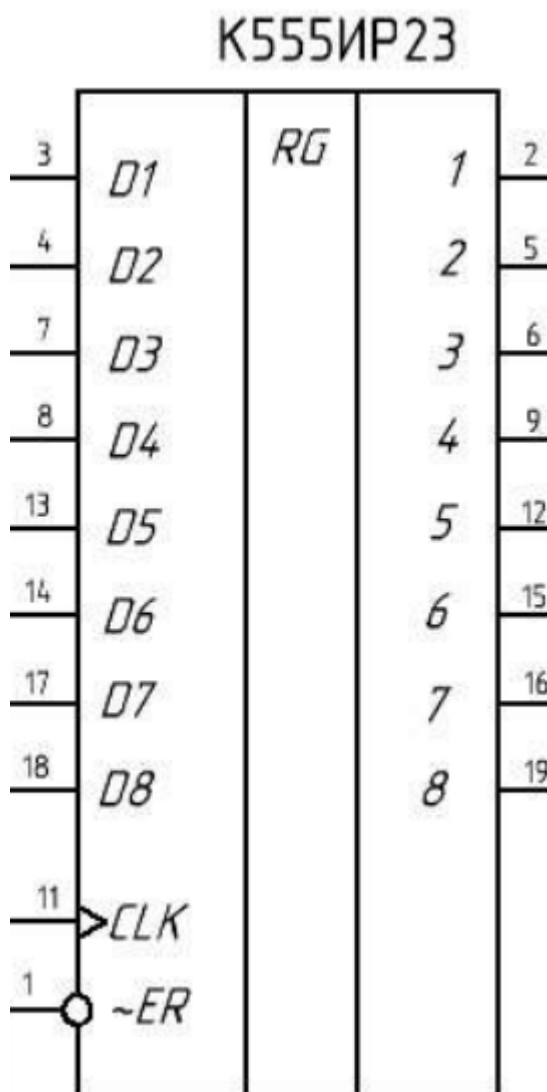


Рисунок 10 – УГО К555ИР23

Входы D1:D8 используются в качестве шины для записи данных параллельного типа, Q1:Q8 – выходы. Вход 11 (*CLK*) – синхровход. Вход 1 (\overline{ER}) – инверсный вход сброса.

4.3 Выбор устройства для отсчета

В блоке отсчета происходит выбор числа и отсчет этого числа до нуля. Для выбора был выбран мультиплексор К555КП16, а для подсчёта вычитающий счетчик К555ИЕ7, представленные на рисунках 11 и 12.

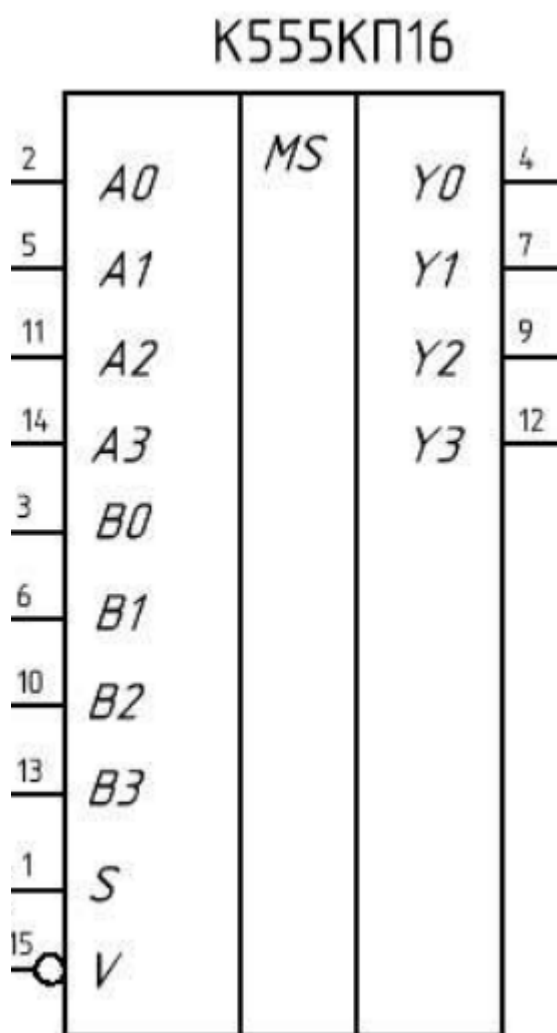


Рисунок 11 – УГО К555КП16

Мультиплексор имеет 2 по 4 входа данных A0-A3, B0-B3, вход S – управляющий и разрешающий вход V.

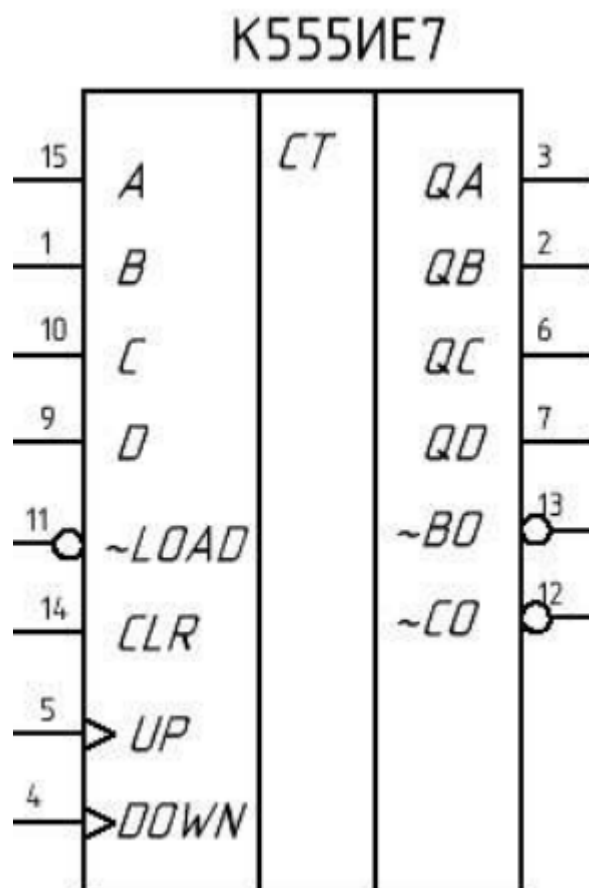


Рисунок 12 – УГО K555IE7

Счетчик имеет 4 входа данных A:D, вход разрешения записи LOAD, вход сброса и два синхровхода, для работы на увеличение и уменьшение.

4.4 Выбор блока выдачи ответа

Блок выдачи ответа состоит из триггеров K555TM2, настроенных как Т-триггеры. Уго K555TM2 изображено на рисунке 13.

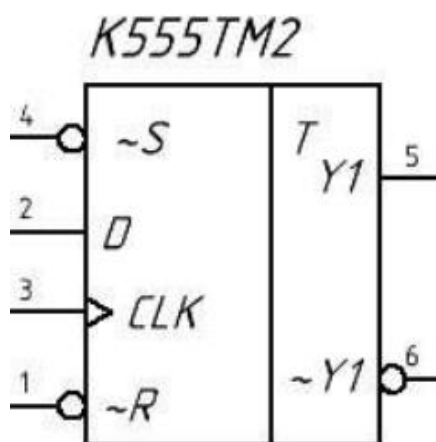


Рисунок 12 – УГО K555TM2

На рисунке изображен синхронный D-триггер со входами сброса и установки. Для того, чтобы сделать Т-триггер нужно замкнуть инверсный выход триггера со входом данных D.

4.5 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.

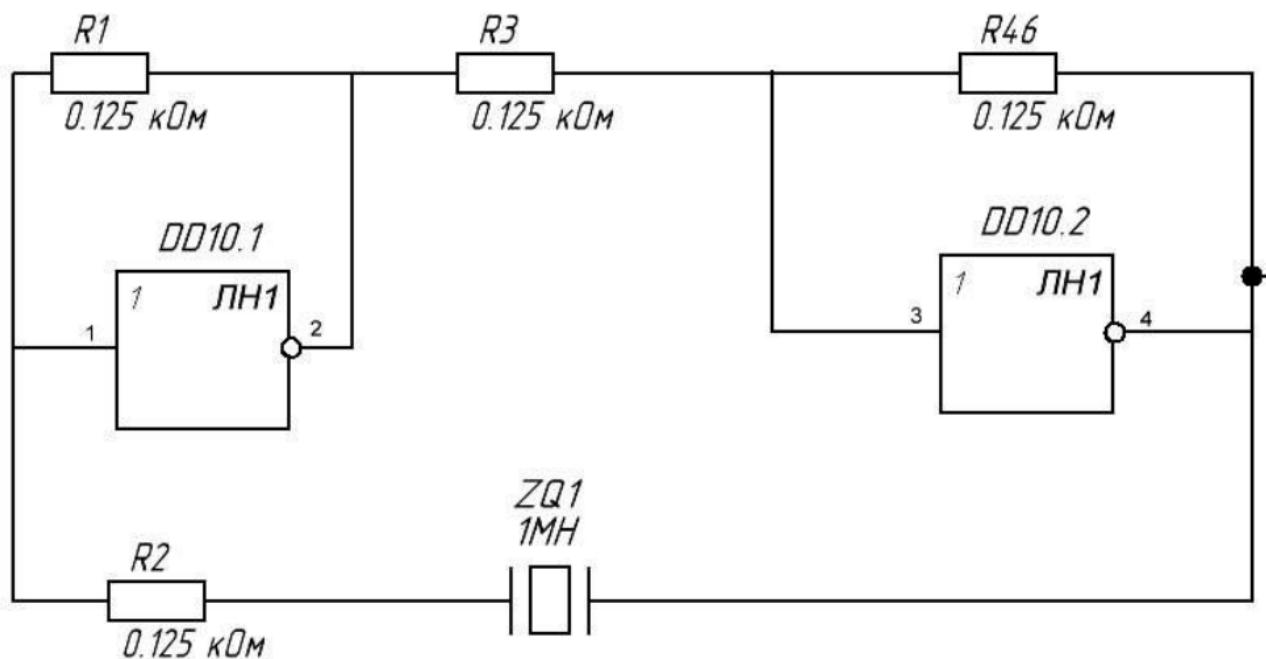


Рисунок 13 – Генератор тактовых импульсов

4.6 Выбор разъемов

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

- 1) разъем XS1.1 имеет 11 контактов-входов, через которые поступают сигналы данных для ввода;
- 2) разъем XS1.2 имеет 2 контактов-входов, через которые поступают сигналы логических «0» и «1»;

4) разъем XS2 имеет 4 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 10 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 (0В), а инверсные входы – с линией питания (+5В).

5 Расчет потребляемой мощности устройства

Рассчитаем мощность, потребляемую сумматором последовательного действия. На все МС подано напряжение 6В. 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
K555ИР23	8	210	1680
K555КП16	8	88	704
K555ИЕ7	8	157.5	1260
K555ЛН1	1	23.63	23.63
KPK555ТМ2	2	42	84
KPK555ЛЛ1	1	42	42
		Итого:	3793.63

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:

$$P_{\text{стат.микро.}} = 200 \text{ (мВт)} + 3793.63 \text{ (мВт)} = 3993.63 \text{ (мВт)}$$

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
K555ИР23	8	12
K555КП16	8	12
K555ИЕ7	8	12
K555ЛН1	1	1.5
KPK555ТМ2	2	3
KPK555ЛЛ1	1	1.5
Итого:		42

Таким образом, суммарная потребляемая мощность в динамическом режиме равна 42 мВт.

Мощность, потребляемая устройством равна:

$$P_{\text{сум.}} = 3993.63 + 42 = 4035.63 \text{ (мВт)}$$

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
K555ИР23	34	28
K555КП16	27	23
K555ИЕ7	47	40
K555ЛН1	20	20
KPK555ТМ2	40	25
KPK555ЛЛ1	22	22

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

$$\begin{aligned} t_{зд.р.} &= 2 \cdot t_{ИР23} + t_{КП16} + t_{ИЕ7} + t_{ЛН1} + t_{ТМ2} + t_{ЛЛ1} = \\ &= 2 \cdot 34 + 27 + 47 + 20 + 40 + 22 = 224 \text{ (нс)} \end{aligned}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Устройство представляет собой устройство ПУВВЛ – программируемое устройство включения и выключения ламп через заданные промежутки.

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

Устройство имеет следующие технические характеристики:

- Разрядность устройства: 16 бит;
- логика элементов ТТЛ;
- тактовая частота 1 МГц;
- мощность потребления не менее 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 К555КП16 [Электронный ресурс] <https://eandc.ru> URL: <https://eandc.ru/pdf/mikroskhema/k555kp16.pdf>
Справочный материал микросхемы К555ИЕ7 [Электронный ресурс] <https://eandc.ru> URL: <https://eandc.ru/pdf/mikroskhema/k555ie7.pdf>
- 6 Справочный материал микросхемы К555ИР23 [Электронный ресурс] <https://eandc.ru> URL: <https://eandc.ru/pdf/mikroskhema/k555irk23.pdf>
- 7 Справочный материал микросхемы К555ТМ2 [Электронный ресурс] <https://eandc.ru> URL: <https://eandc.ru/pdf/mikroskhema/k555tm2.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