



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 двухканальный генератор последовательных импульсов BIN(DIV10) и BIN-DEC(DIV16)

***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 29 страница, 10 рисунков, 7 источников, 5 приложений  
ГЕНЕРАТОР, МИКРОСХЕМА, ТТЛ, РЕГИСТР, СЧЕТЧИК.

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: параллельный;
- разрядность чисел 8 бит;
- логика элементов ТТЛ;
- тактовая частота 20 Гц;
- 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 отсчета.....	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 отсчета.....	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**

ГИ	– Двухканальный генератор последовательных импульсов
ТТЛ	– Транзисторно-транзисторная логика
ЛЭ	– Логический элемент
МС	– Микросхема
ТЗ	– Техническое задание
УГО	– Условное графическое обозначение

## **ВВЕДЕНИЕ**

В данной работе производится разработка законченного модуля двухканального генератора последовательных импульсов, далее ГИ.

ГИ предназначен для генерации последовательных сигналов по двух каналам: BIN(DIV10) и BIN-DEC(DIV16). На выходе устройства идут два канала состоящие из двух сигналов разной длительности: логические «1» или «0».

Актуальность разрабатываемого продукта заключается в необходимости создания устройства способного генерировать два канала импульсов на одной частоте.

## **1 Анализ требований**

Исходя из требований, изложенных в техническом задании, можно сделать вывод, что задачей работы устройства является формирование двух сигналов с особенностями счета и времени такта.

### **1.1 Принцип работы разрабатываемого устройства**

С компьютера подаются данные:

- число 8 бит;
- сигнал выбора регистра;
- сигнал остановки работы устройства;

С приходом сигнала выбора регистра, по фронту либо спаду число заносится в выбранный регистр. Таким образом реализуется запись кода из двух чисел в регистры.

Данные с выходов регистров идут на счетчики, которые отсчитывают от заданного значения до нуля с периодичностью, деленной на 10, либо на 16 в зависимости от канала. На первый канал подается число с модулем счета 10, на второй с модулем счета 16.

### **1.2 Выбор схемотехнического решения**

Первоочередной задачей является запись данных в регистры. Для хранения данных будет использоваться два регистра хранения по 8 бит, необходимых для записи чисел.

Далее необходимо реализовать деление частоты на 10 и 16 соответственно. Для этого будем использовать счетчики с модулем счета 16 и 10. После этого, для генерации счета будем использовать счетчики для генерации длительности отсчета, в которые будем подавать значения с регистров и выходы о счетчиков деления частоты. Для реализации выходных импульсов будем использовать т-триггеры, которые меняют свое состояние по достижении счетчиков, отсчитывающих интервалы, нуля.

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 и блок отсчета. 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 инвертора, необходимого для выбора регистра для записи.

Разработанная схема подключения блока приема показана на рисунке 2.

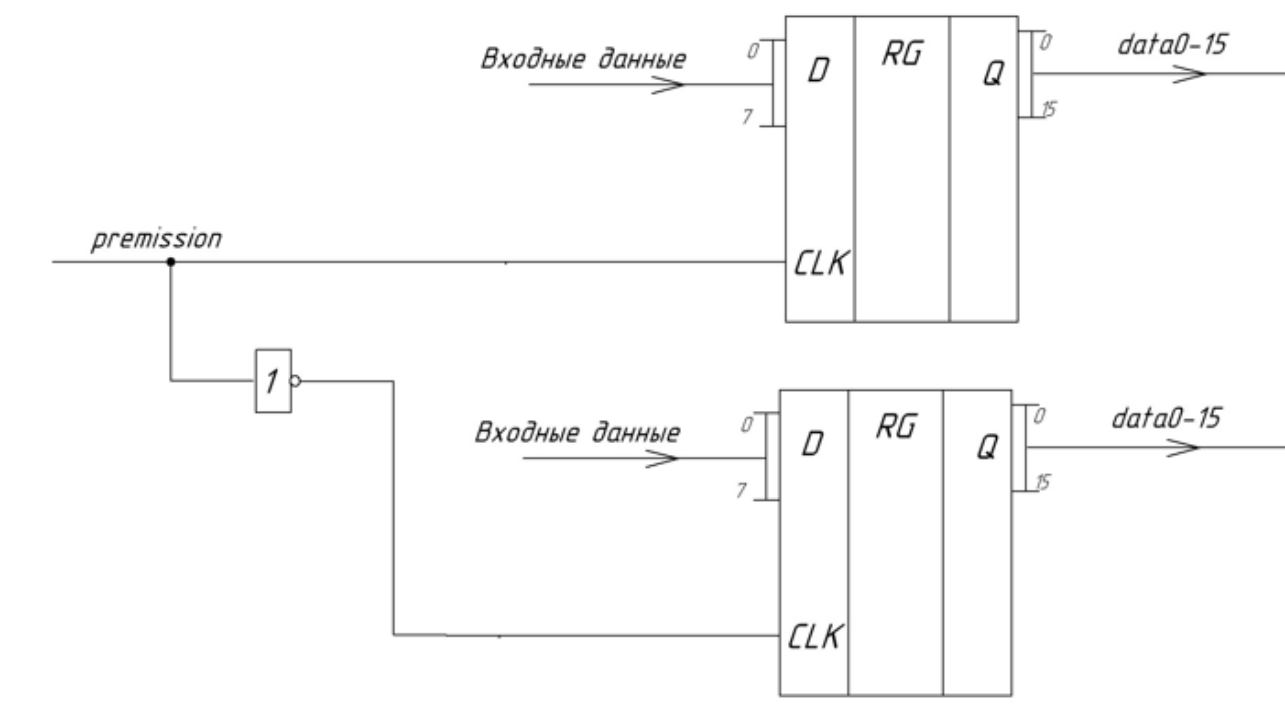


Рисунок 2 – Блок приема данных

На входы данных регистров подаются сигналы со значением числа по 8 разрядной шине. Далее с приходом сигнала выбора регистра по фронту значение записывается в верхний регистр, а по спаду в нижний.

## 2.2 Блок отсчета

Блок отсчета состоит из четырех счетчиков, реализующих деление частоты генератора и отсчет от сохраненных в регистрах чисел, а так же триггеров, необходимых для формирования выходного сигнала устройства. Данный блок обеспечивает сравнения записанных чисел с числами, поступающими на проверку. На рисунке 3 представлен функциональный блок отсчета.

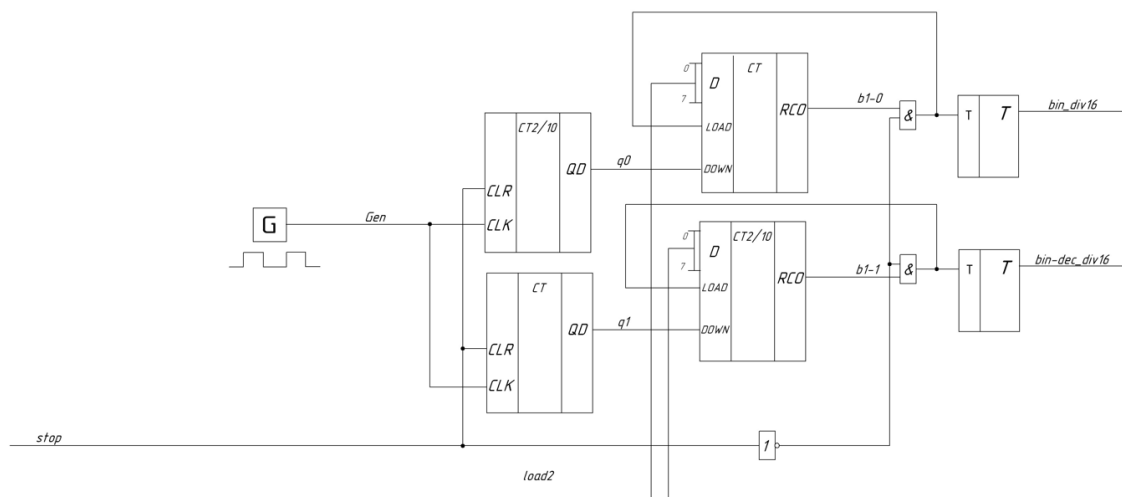


Рисунок 3 – Блок отсчета

На рисунке изображены счетчики, делящие частоту генератора на 10 и 16, а также счетчики отсчитывающие значения, записанные в регистрах до нуля, после чего сигнал подается на триггеры, меняющие значение выходного сигнала на противоположное.

### 3 Моделирование

Для моделирования устройства была собрана и протестирована версия устройства с 8 разрядами в программе Multisim [1]. Результаты моделирования показаны на рисунках 4–6. Работа регистров приема данных изображена на рисунках 4-5. На рисунке 6 изображена работа устройства.

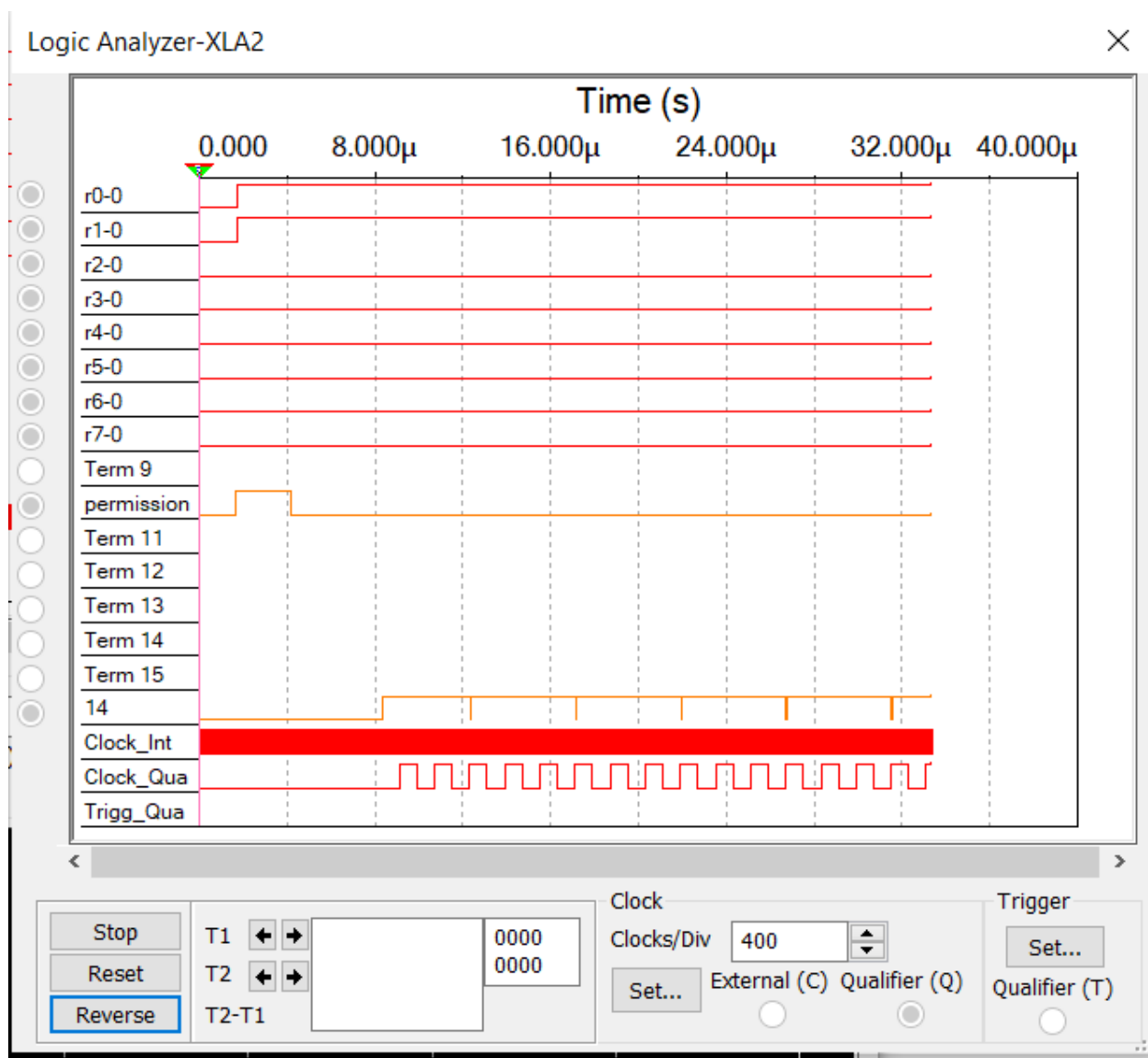


Рисунок 4 – Запись числа в верхний регистр

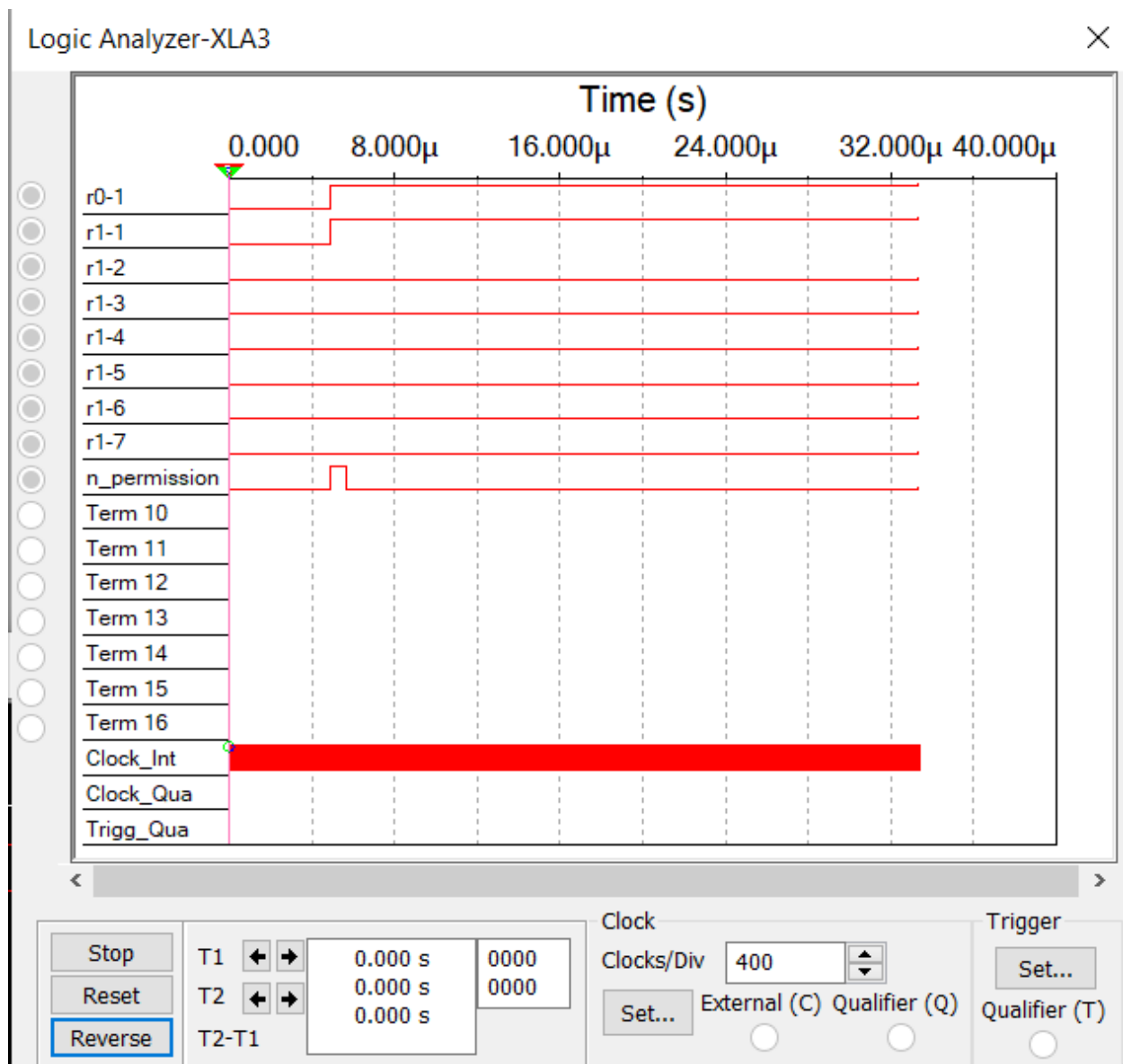


Рисунок 5 – Запись числа в нижний регистр

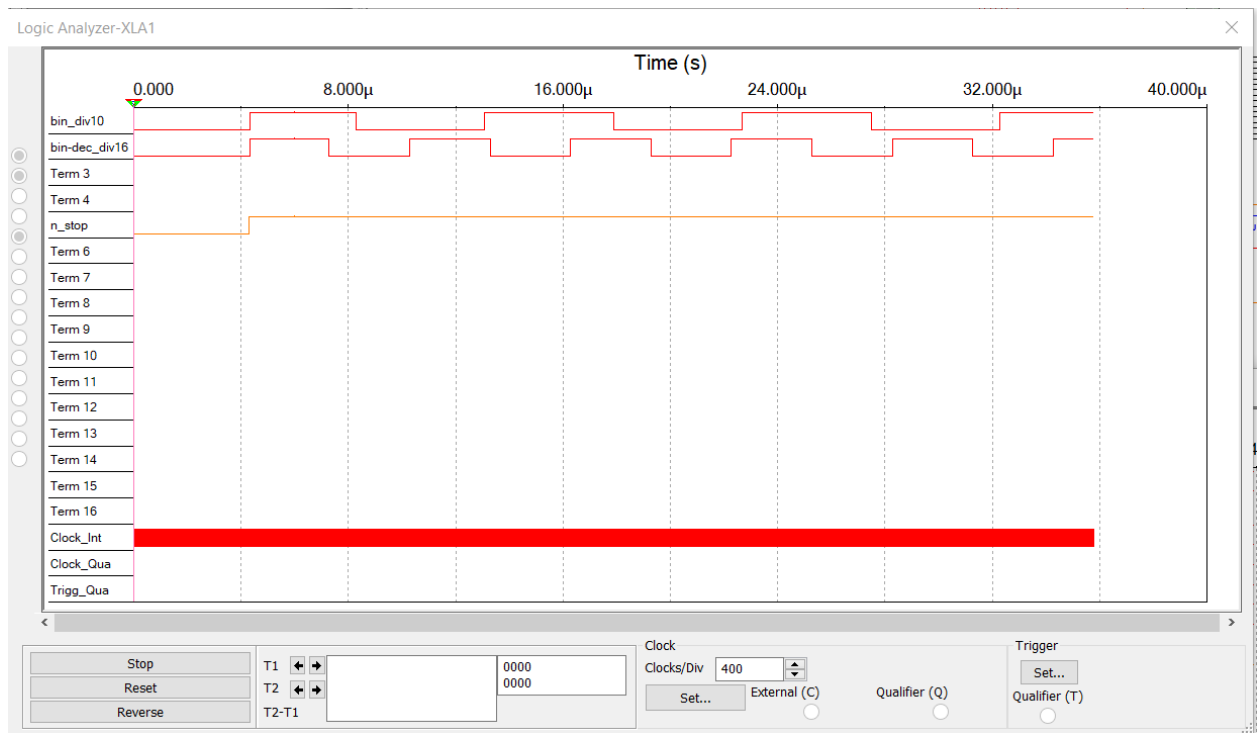


Рисунок 6 – Результат работы устройства

## **4 Проектирование принципиальной схемы устройства**

Разработанная принципиальная схема ГИ 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 K555 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 K555 на уровне серии K155 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 K555ИР27. Регистр имеет восемь входов данных, что удовлетворяет условиям ТЗ. На рисунке 7 показано УГО элемента.

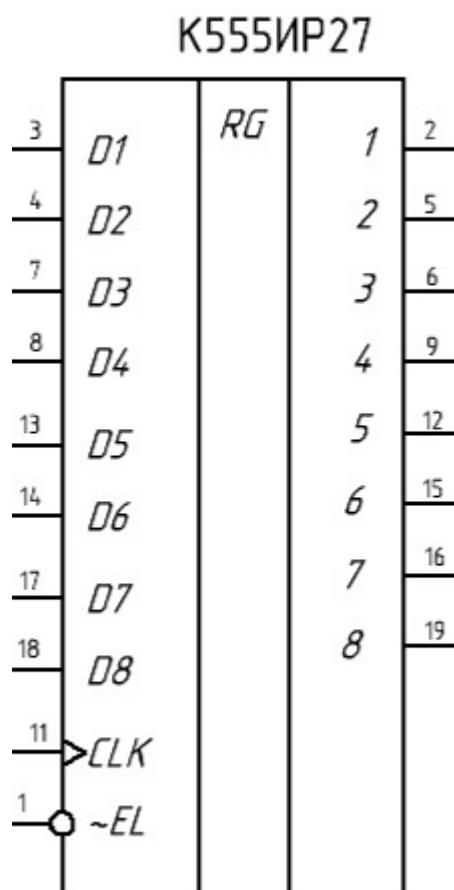


Рисунок 7 – УГО K555ИР27

Входы D1:D8 используются в качестве шины для записи данных параллельного типа, 1:8 – выходы. Вход 11 (*CLK*) – синхровход. Вход 1 ( $\overline{EL}$ ) – инверсный вход разрешения записи

### 4.3 Выбор устройства для отсчета

В качестве устройства для отсчета чисел были выбраны счетчики К555ИЕ7 и К555ИЕ6, имеющие модули счета 16 и 10 соответственно. УГО счетчиков, представлены на рисунках 8-9.

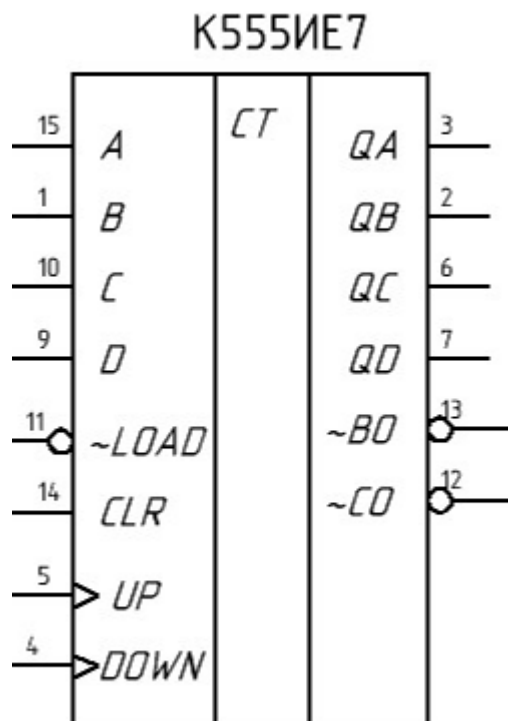


Рисунок 8 – УГО К555ИЕ7

На рисунке 8 изображен двоичный счетчик К555ИЕ7, имеющий входы данных «А»:«D», инверсный вход считывания данных, вход сброса, а также два тактовых входа «UP» и «DOWN», управляющие выбором режима отсчета: счет на сложение или вычитание. Выходы счетчика «QA»:«AD» – выходы числа, « $\sim$ BO» – инверсный выход достижения нуля при режиме вычитания, « $\sim$ CO» – инверсный выход переполнения при сложении.



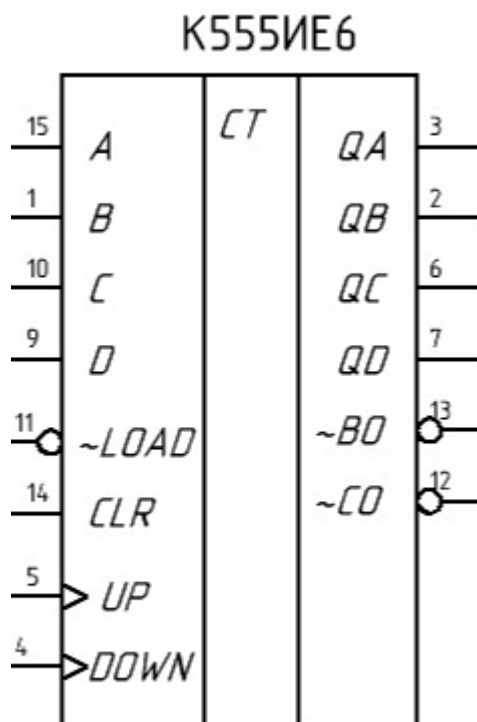


Рисунок 9 – УГО K555IE6

На рисунке 9 изображен двоичный-десятичный счетчик K555IE6, имеющий входы данных «A»:«D», инверсный вход считывания данных, вход сброса, а также два тактовых входа «UP» и «DOWN», управляющие выбором режима отсчета: счет на сложение или вычитание. Выходы счетчика «QA»:«AD» – выходы числа, «~BO» – инверсный выход достижения нуля при режиме вычитания, «~CO» – инверсный выход переполнения при сложении.

#### 4.4 Выбор генератора тактовых импульсов

Для того, чтобы обеспечить схему стабильными тактовыми импульсами, необходимо собрать тактовый генератор с заданной частотой. На рисунке 10 представлена схема генератора.

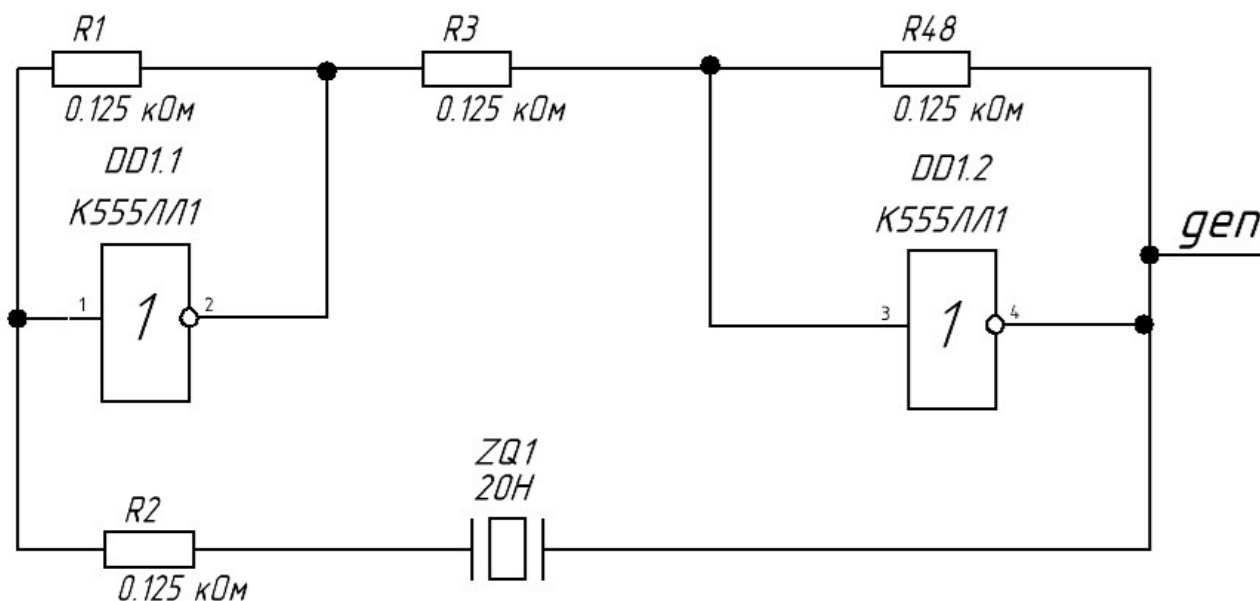


Рисунок 10 – Генератор тактовых импульсов

#### 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 10 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 3 контактов-выходов, в которые поступают результаты работы устройства и земля.

#### 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 6 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 5В. Суммарная мощность, потребляемая устройством, состоит из статической и динамической мощностей.

### 5.1 Расчет статической мощности

Рассчитаем статическую мощность, потребляемую спроектированным устройством по формуле:

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

где  $U_{\text{cc}}$  – напряжение питания (равно 5В),  $I_{\text{cc}}$  – 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
КРК555ИЕ7	3	157.5	472.5
КРК555ИЕ6	3	157.5	472.5
КР1564ЛИ1	1	34.65	34.65
КРК555ИР27	2	147	294
КРК555ТМ2	1	42	42
КРК555ЛН1	1	23.63	23.63
		<b>Итого:</b>	1339.28

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:

$$P_{\text{стат.микро.}} = 200 \text{ (мВт)} + 1339.28 \text{ (мВт)} = 1529.28 \text{ (мВт)}$$

### 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
КРК555ИЕ7	3	4.5
КРК555ИЕ6	3	4.5
КР1564ЛИ1	1	1.5
КРК555ИР27	2	3
КРК555ТМ2	1	1.5
КРК555ЛН1	1	1.5
<b>Итого:</b>		16.5

Таким образом, суммарная потребляемая мощность в динамическом режиме равна 18 мВт.

Мощность, потребляемая устройством равна:

$$P_{\text{сум.}} = 1529.28 + 16.5 = 1545.78 \text{ (мВт)}$$

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
КРК555ИЕ7	47	40
КРК555ИЕ6	47	40
КР1564ЛИ1	24	24
КРК555ИР27	27	27
КРК555ТМ2	40	25
КРК555ЛН1	20	20

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

$$\begin{aligned} t_{зд.р.} &= 2 \cdot t_{ИЕ7} + 2 \cdot t_{ИЕ6} + t_{ЛИ1} + t_{ИР27} + t_{ТМ2} + 2 \cdot t_{ЛН1} = \\ &= 2 \cdot 47 + 2 \cdot 47 + 24 + 27 + 40 + 2 \cdot 20 = 319 \text{ (нс)} \end{aligned}$$

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

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

Устройство представляет собой двухканальный генератор последовательных импульсов. ГИ 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 8 бит;
- логика элементов ТТЛ;
- тактовая частота 20 Гц;
- 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](http://rfanat.qrz.ru/s21/ms_74xx.html) (дата обращения 03.05.22)
- 5 Справочный материал микросхемы K555ИР27 [Электронный ресурс] <https://okbexiton.ru> URL: <https://eandc.ru/pdf/mikroskhema/k555ir27.pdf>
- 6 Справочный материал микросхемы K555ТМ2 [Электронный ресурс] <https://okbexiton.ru> URL: <https://eandc.ru/pdf/mikroskhema/k555tm2.pdf>
- 7 Справочный материал микросхемы K555ИЕ7 [Электронный ресурс] <https://okbexiton.ru> URL: <https://eandc.ru/pdf/mikroskhema/k555ie7.pdf>
- 8 Справочный материал микросхемы K555ИЕ6 [Электронный ресурс] <https://okbexiton.ru> URL: <https://eandc.ru/pdf/mikroskhema/k555ie6.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**