



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
генератора случайных чисел***

Студент ИУ6-62Б
(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)
« » 2021 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

Разработка автомобильного спидометра на 200 км/час.

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 2021 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 25 страница, 9 рисунков, 4 источников, 1 таблица, 5 приложений

Ключевые слова СЧЕТЧИК, ГЧХ, СУММАТОР, РЕГИСТР, ВХОД, ВЫХОД.

Объект разработки – генератор случайных чисел по конгруэнтному методу.

Цели 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:

- логика элементов ТТЛ;
- тактовая частота 1 МГц;
- потребляемая мощность не менее 3 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 устройства.....	8
2.1 Блок обработки данных	8
2.2 Блок выполнения умножения	8
2.3 Блок выполнения деления	9
2.4 Блок перевода в двоично-десятичную систему	11
3 Построение временных диаграмм	12
4 Проектирование принципиальной схемы устройства.....	12
4.1 Выбор элементной базы	12
4.2 Выбор устройства приема и хранения данных	12
4.3 Выбор устройства умножения	13
4.4 Вывод информации	18
5 Расчет потребляемой мощности устройства	19
5.1 Расчет статической мощности	19
5.2 Расчет динамической мощности	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	20
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	20
ПРИЛОЖЕНИЕ А Техническое задание	21
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Схема электрическая функциональная.....	22
ПРИЛОЖЕНИЕ В Схема электрическая принципиальная.....	23
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Лист спецификации	24
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Временные диаграммы.....	25

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

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

ВВЕДЕНИЕ

ГСЧ – псевдогенератор случайных чисел, рандомайзер. Есть различное количество методов генерации случайны чисел, один из них – линейный конгруэнтный метод.

Этот метод использует для генерации чисел значения с датчика реального времени, деля их на 3 параметра: модуль, множитель и приращение.

Целью данной курсовой работы является разработка устройство формирующего число по линейному конгруэнтному методу.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1 Анализ требований

Исходя из требований, изложенных в техническом задании, можно сделать вывод, что задачей работы устройства является обработка входного параметра, а именно импульс с колеса и вычисление на выход скорости автомобиля.

1.1 Принцип работы разрабатываемого устройства

Необходимо вывести формулу, по которой будет выполняться вычисление.

Линейный конгруэнтный метод был предложен Д. Г. Лемером в 1949 году. Суть метода заключается в вычислении последовательности случайных чисел, полагая

$$X_{n+1} = (a * X_n + c) \bmod m;$$

Следовательно, для реализации этого метода нам необходимо последовательно реализовать алгоритмы умножения, сложения и получения остатка от деления двух чисел.

1.2 Выбор схемотехнического решения

Первоочередной задачей является запись данных в регистры и подготовкой их к вычислению. Для этого будем использовать регистры хранения.

Далее необходимо реализовать умножение чисел. Для этого воспользуемся схемой матричного умножения двух 4 разрядных чисел, состоящей из конъюнкторов и сумматоров.

Также необходим блок перевода результата из двоичного в двоично-десятичный код, который состоит из преобразователей.

Вывод содержит декодеры и семисегментные индикаторы.

Разработанная структурная схема представлена на рисунке 1

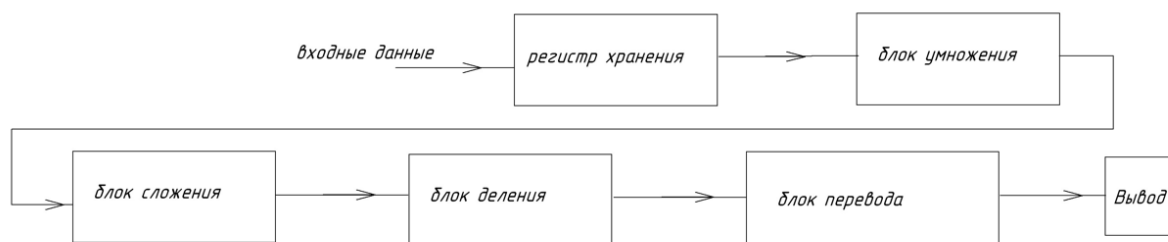


Рисунок 1 – структурная схема устройства

2 Проектирование функциональной схемы устройства

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

Разработанная функциональная схема устройства содержится в приложении Б.

2.1 Блок обработки данных

Функциональный блок обработки данных состоит из регистров, триггера и счетчиков. Разработанная схема подключения блока приема показана на рисунке 2.

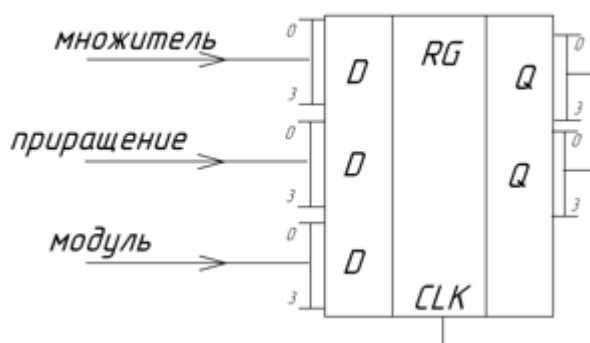


Рисунок 2 – Блок обработки данных

Счетчик работает пока не приходит сигнал с генератора о приходе нового такта, после чего данные сохраняются в регистр и счетчик сбрасывается.

2.2 Блок умножения

Блок состоит из конъюнкторов и сумматоров. На рисунке 3 представлен функциональный выполнения умножения.

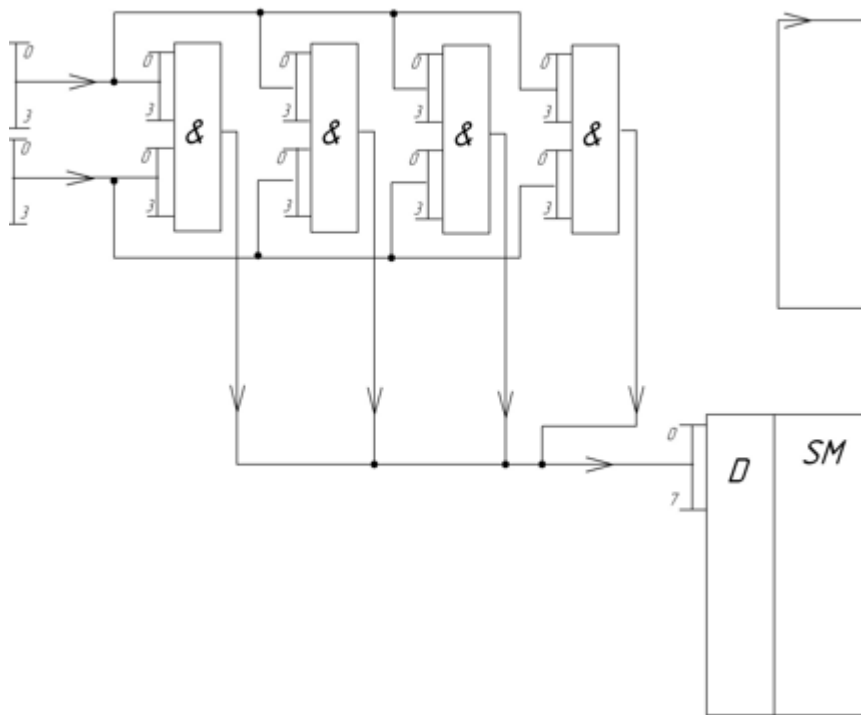


Рисунок 3 – Блок выполнения умножения

Из регистра хранения число поступает на матрицу из конъюнкторов, после чего поступает на сумматоры, в результате работы которых получается произведение двух 4-разрядных чисел.

2.3 Блок сложения и деления

Блок сложения и деления состоит из ряда сумматоров, мультиплексора 2 в 1 и компараторов, проверяющих достигнут ли конец деления. Схема данного блока представлена на 4 рисунке.

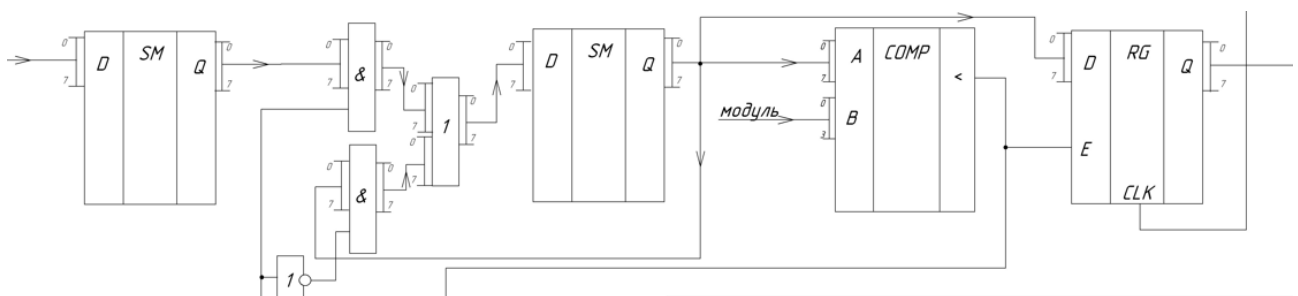


Рисунок 4 – блок сложения и деления

2.4 Блок перевода в двоично-десятичную систему

Блок состоит из двоично-десятичных преобразователей, дешифраторов и семисегментных индикаторов. Схема данного блока представлена на 5 рисунке.

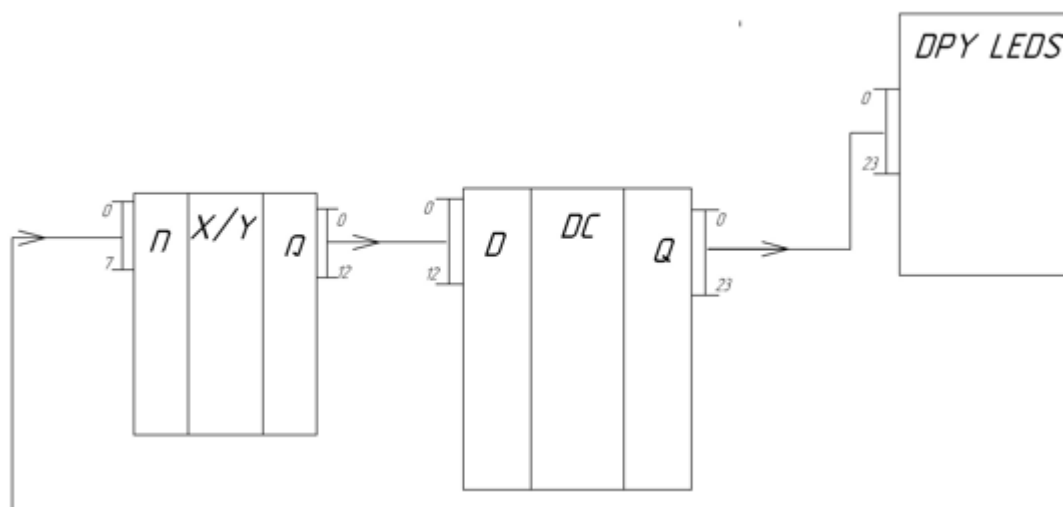


Рисунок 5 – Блок перевода в двоично-десятичную систему и вывода результата

3. Построение временных диаграмм

Для избегания ошибок при проектировании принципиальной схемы устройства необходимо предварительно построить временные диаграммы работы создаваемого устройства.

Временные диаграммы представлены в приложении Г.

4. Проектирование принципиальной схемы

Принципиальная схема разрабатываемого управляемого одноканального генератора последовательностей импульсов приведена в приложении Г. Схема выполнена согласно ГОСТ 2.743-91 [2]. Справочные данные об использованных микросхемах приведены в приложении Д. Далее описана реализация блоков функциональной схемы в виде реальных схемотехнических элементов, а также обоснование выбора этих элементов.

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.

4.2 Выбор устройства приема и хранения данных

Для хранения данных при разработке функциональной схемы был выбран 8-разрядный регистр хранения. УГО регистра приведено на рисунке 5.

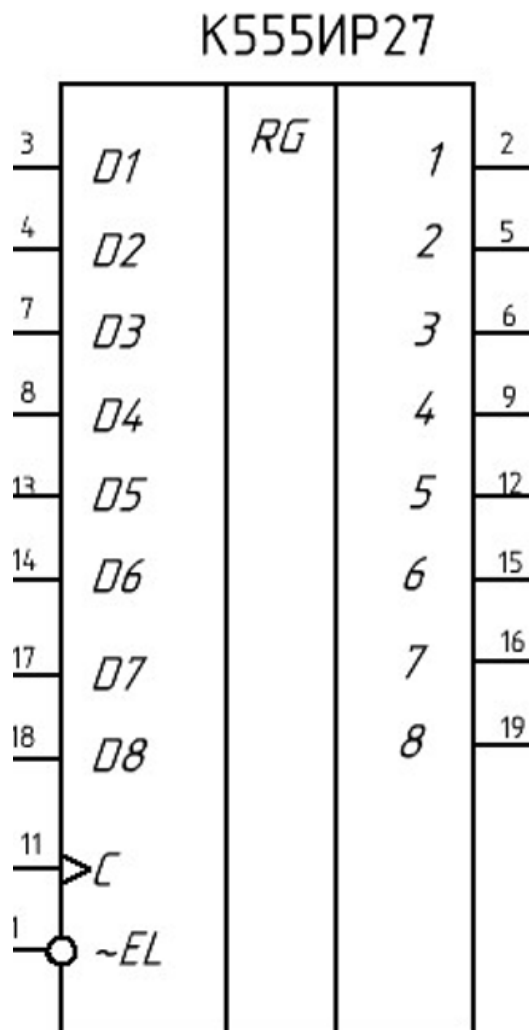


Рисунок 5 – УГО K555IP27

На рисунке 5 изображено УГО K555IP27 – регистра хранения. Регистр имеет 8 входов данных D1-D8, а также тактовый вход C, работающий по фронту и инверсный вход разрешения записи EL.

4.3 Выбор устройства умножения и деления

Для выполнения умножения чисел необходимо использовать конъюнкторы, сумматоры и мультиплексоры 2-1. Для этой работы использовался сумматор ИМЗ, мультиплексор КП16. УГО сумматора и мультиплексора приведены на 6 и 8 рисунках.

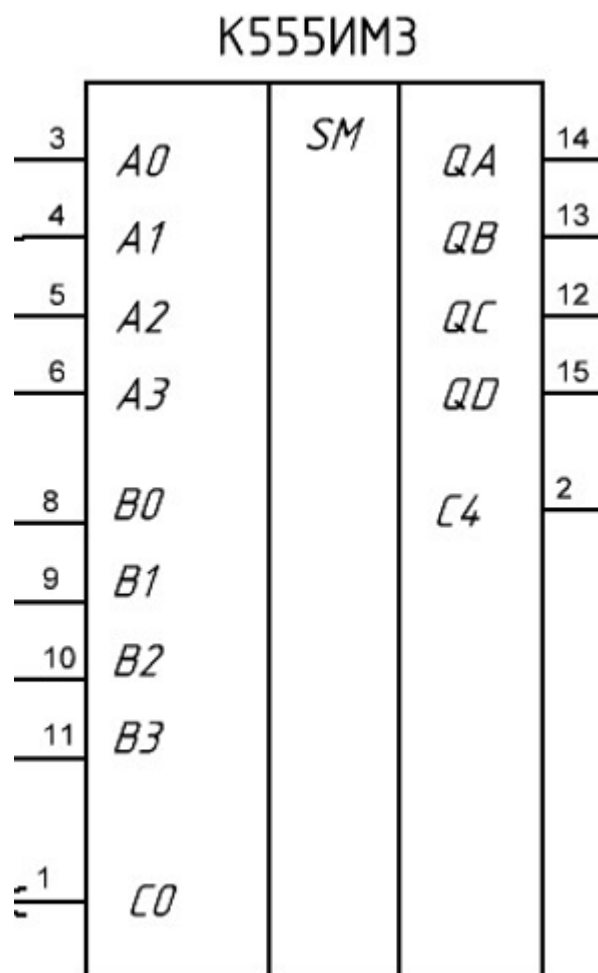


Рисунок 6 – УГО сумматора K555ИМ3

В данном устройстве нам необходим сумматор на 8 разрядов, но ИМК K555ИМ3 представляет собой 4-х разрядный сумматор, в следствии чего есть необходимость наращивания до 8 разрядов. Схема наращивания сумматоров представлена на рисунке 7.

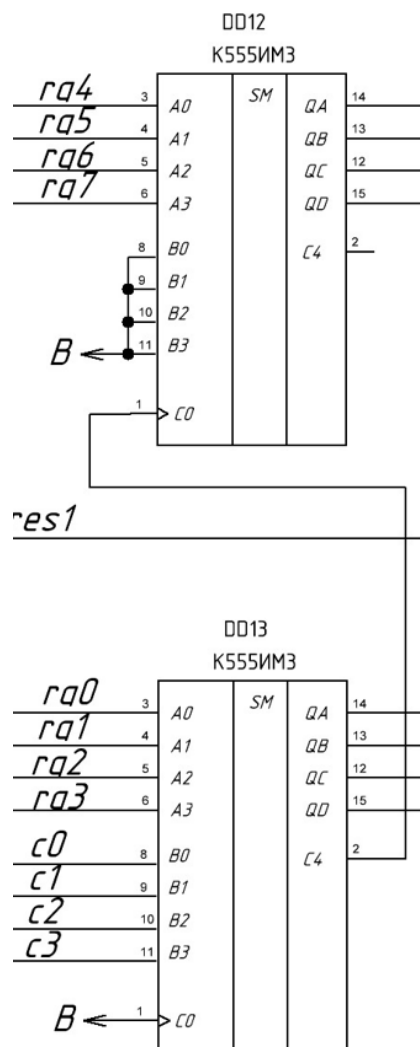


Рисунок 7 – схема наращивания 4-х разрядных сумматоров до 8 разрядов

На рисунке 7 изображена схема наращивание сумматора ИМЗ до 8 разрядов, где DD12 является сумматором старших разрядов, а DD13 – младших. Тогда, если сумма младших разрядов будет больше 15(произойдет переполнение и сработает выход C4), то на вход C0 DD12 подастся логическая единица, необходимая для учета бита переноса из 4 разряда в 5. Для реализации вычитания так же используются сумматоры ИМЗ. Для этого необходимо вычитаемое число подавать в обратном коде и подавать на вход C0 логическую 1.

Таблица 1 – таблица переходов сумматора ИМЗ

A+B	C4 младшего сумматора	Q1 (DD13)	Q2 (DD12)
A+B<16	0	A+B	0000
A+B=16	1	0	0001
A+B>16	1	A+B-16	Старшие разряды A+B +1

По таблице 1 можно понять принцип работы 8 разрядного сумматора.

К примеру, при сложении чисел A="0010 1110" и B="0000 0010" произойдет следующее:

- 1) A+B = 0011 0000;
- 2) C4 младшего сумматора = 1;
- 3) Q1 = 0000;
- 4) Q2 = 0011.

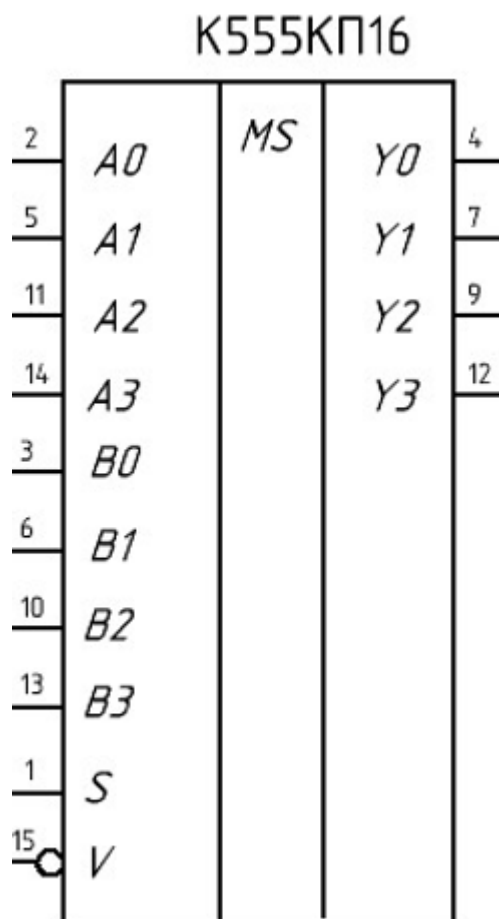


Рисунок 8 – УГО мультиплексора 2-1 K555КП16

На рисунке 8 изображено УГО мультиплексора 2 в 1. Данный мультиплексор имеет по 4 входа данных для чисел А и В, а так же управляющие вход *S*, который работает следующим образом:

- При $S=0$ на выходы мультиплексора поступают данные со входов *A0-A3*;
- При $S=1$ на выходы мультиплексора поступают данные со входов *B0-B3*.

4.4 Вывод информации

Вывод информации осуществляется на семисегментные индикаторы с использованием дешифратора.

Схема подключения представлена на рисунке ниже.

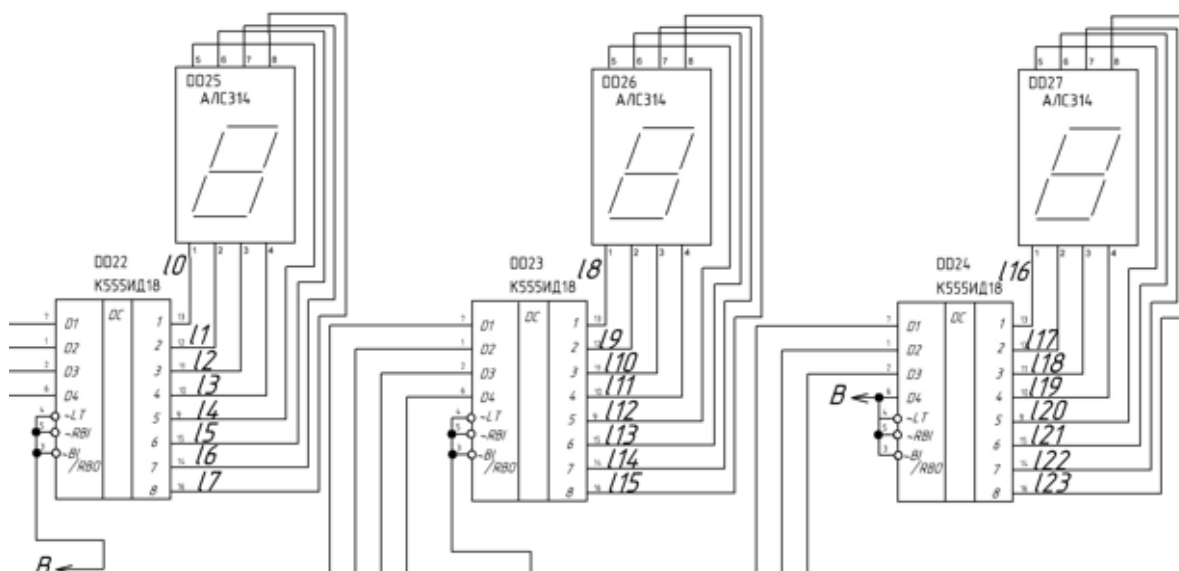


Рисунок 9 – Семисегментные индикаторы

На рисунке 9 изображена схема подключения семисегментных индикаторов. К555ИД18 – дешифраторы, преобразующие двоичный код в понятный для семисегментного индикатора формат. АЛС314 – семисегментный индикатор на 8 входов.

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_{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	Кол-во	Макс. Мощность, Вт	Суммарная мощность, мВт
K555ЛН1	1	24м	24
K555ЛИ1	4	40м	120
K555КП16	2	88м	176
K555ИР27	4	147м	588
K555ИМ3	7	120м	840
K555ПР7	3	547м	1641
K555ИД18	3	68м	204
АЛС314	3	40м	120
		Итого:	3711

5.2 Расчет динамической мощности

Рассчитаем динамическую потребляемую мощность каждой микросхемы по формуле [4]:

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

где C_0 — входная ёмкость ИМС, $U_{\text{пит}}$ – напряжение питания (+5 В), C_n — емкость нагрузки, $f_{\text{вх.}}$, $f_{\text{вых.}}$ — входная и выходная частота, N – количество элементов, работающих на этой частоте.

Расчет динамической мощности: $P_{\text{дин}} = 0.0516 =$ мВт, а суммарная 3.765 Вт.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Устройство представляет собой генератор случайных чисел линейным конгруэнтным методом для 4-разрядных чисел. ГСЧ полностью реализован на микросхемах логики ТТЛ.

Устройство имеет следующие технические характеристики:

- логика элементов ТТЛ;
- тактовая частота 1 МГц;
- потребляемая мощность не менее 3 Вт.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Документация Multisim [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ni.com/pdf/manuals/374483d.pdf> (дата обращения 10.09.22)
- 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 10.09.22)
- 3 Микросхемы ТТЛ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.microshemca.ru/microshemci/> (дата обращения 10.09.22)
- 4 Динамические свойства ТТЛ-схем [Электронный ресурс]. URL: https://studopedia.ru/9_83859_dinamicheskie-svoystva-ttl-shem.html (дата обращения 10.09.22)

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