

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)

А.И. Воронин

## **Цифровая и микропроцессорная техника**

Руководство к организации самостоятельной работы для  
студентов направления подготовки  
11.03.04 "Электроника и наноэлектроника"

2018

**Воронин А.И.**

Цифровая и микропроцессорная техника: Руководство к организации самостоятельной работы для студентов направления подготовки 11.03.04 "Электроника и наноэлектроника" очной формы обучения – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2018.– 43 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
2. Рабочая программа по дисциплине.....	6
3. Варианты индивидуальных заданий первого семестра...8	
4. Пример выполнения индивидуального задания №1 ....	22
5. Пример выполнения индивидуального задания №2.....	26
6. Пример выполнения индивидуального задания №3 ...	32
7. Варианты индивидуального задания второго семестра...36	
8. Пример выполнения индивидуального задания.....	40

## Введение

Дисциплина "Цифровая и микропроцессорная техника" студентами очной формы обучения изучается в первом и втором учебном семестрах. В первом семестре обучения рассматриваются вопросы синтеза цифровых устройств на "жесткой" логике, когда функциональность устройства жестко связана со схмотехникой устройства. Во втором семестре рассматриваются вопросы проектирования устройств на программируемой логике, а именно, на микроконтроллерах.

Цели изучения дисциплины:

- формирование навыков анализа и расчета цифровых устройств на "жесткой" и программируемой логике;
- формирование навыков проектирования электронных приборов на "жесткой" и программируемой логике;
- формирование навыков учета тенденций развития электроники при проектировании цифровых устройств.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **знать** – предмет и принципы цифровой схмотехники как раздела микроэлектроники; функциональное назначение, характеристики, параметры и конструктивно-технологическое исполнение цифровых интегральных микросхем, в том числе и микропроцессоров; архитектуру микропроцессоров и особенности их применения в электронных устройствах различного функционального назначения;
- **уметь** – выполнять синтез, анализ, расчет и оптимизацию цифровых устройств; определять характеристики и параметры интегральных микросхем; применять микроэлектронные изделия при проектировании и модернизации электронной аппаратуры;
- **владеть** – методами схмотехнического проектирования микроэлектронных устройств с использованием средств автоматизированного проектирования; способами программирования и отладки программ микропроцессорных устройств.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ОПК-3- способностью решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей;
- ОПК-7- способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;
- ПК-5- готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.

Руководство содержит темы четырех индивидуальных домашних заданий и примеры их выполнения. Три индивидуальных задания выполняются в первом семестре, одно – во втором.

Номер варианта индивидуального задания выдает преподаватель. Для выполнения заданий необходимо программное обеспечение: программа моделирования электронных схем ASIMEC (разработка кафедры промышленной электроники) и свободно распространяемая по лицензии GNU интегрированная среда разработки MSU51.

## а. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7.0 зачетных единицы и представлена в таблице 1.

Таблица 1. – Трудоемкость дисциплины

№	Виды учебной деятельности	1 семестр	2 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	36	часов
2	Практические занятия	20	18	38	часов
3	Лабораторные работы	16	16	32	часов
4	Всего аудиторных занятий	54	52	106	часов
5	Самостоятельная работа	54	20	74	часов
6	Всего (без экзамена)	108	72	180	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	36	36	72	часов
8	Общая трудоемкость	144	108	252	часов
		4.0	3.0	7.0	З.Е.

Экзамен – 1,2 семестры.

В таблице 2 приведены разделы дисциплины и виды занятий.

Таблица 2 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1 семестр						
1 Предмет, цели и задачи дисциплины ЦМПТ	2	2	0	4	8	ОПК-3, ОПК-7
2 Математический аппарат ЦМПТ	4	2	0	6	12	ОПК-3
3 Цифровые устройства комбинационного типа	6	6	12	20	44	ОПК-3, ОПК-7
4 Цифровые устройства последовательностного типа	6	10	4	24	44	ОПК-3, ОПК-7
Итого за семестр	18	20	16	54	108	
2 семестр						
5 Построения цифровых устройств на основе программируемой логики.	2	0	4	2	8	ОПК-7
6 Языки программирования микропроцессоров	4	6	4	6	20	ОПК-7
7 Структура микропроцессоров	4	8	4	6	22	ОПК-7, ПК-5

8 Периферийные устройства микропроцессоров	8	4	4	6	22	ОПК-7
Итого за семестр	18	18	16	20	72	
Итого	36	38	32	74	180	

## **в. Список рекомендуемой литературы**

3.1 Шарапов А.В. Микроэлектроника. Цифровая схемотехника: Учебное пособие / А.В. Шарапов. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. – 162 с.: ил.,табл. – (Приоритетные национальные проекты. Образование). – ISBN 978-5-86889-400-8 (наличие в библиотеке ТУСУР - 90 экз.)

3.2 Основы микропроцессорной техники: Учебное пособие / Шарапов А. В. - 2008. 240 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/834>, дата обращения: 30.05.2017.

3.3 Сайт Цифровая и микропроцессорная техника-1 [Электронный ресурс]. - <https://sdo.tusur.ru/course/view.php?id=88> (доступ авторизованный).

3.4 Сайт Цифровая и микропроцессорная техника-2 [Электронный ресурс]. - <https://sdo.tusur.ru/course/view.php?id=427> (доступ авторизованный).

### 3. Варианты индивидуального задания первого семестра

Индивидуальное задание оформляется в виде пояснительной записки, которая содержит:

1. Титульный лист.
2. Задание.
3. Словесное описание этапов синтеза цифрового устройства.
4. Временные диаграммы работы и таблицу истинности цифрового устройства.
5. Схему электрическую принципиальную, разработанного цифрового устройства;
6. Моделирование устройства в среде ASIMEC (схема моделирования, осциллограммы работы устройства).

#### Вариант 1

##### ИЗ №1

На логических элементах ТТЛ спроектировать цифровое устройство, реализующее булеву функцию  $F = \overline{A}BC + \overline{B}CD + \overline{A}BCD + \overline{B}CD + ABC\overline{D}$ .

##### ИЗ №2

Ту же функцию реализовать с помощью мультиплексора.

##### ИЗ №3

Спроектировать распределитель импульсов на 35 каналов.

#### Вариант 2

##### ИЗ №1

На логических элементах КМОП реализовать цифровое устройство заданное картой Карно:

		A				
		—————				
		1	0	0	1	
		0	1	0	0	
C		1	1	0	0	
		1	0	0	1	
		—————				
		B				
		D				

##### ИЗ №2

Спроектировать цифровое устройство, вычисляющее разность двух 10-разрядных двоичных чисел А и В при условии, что  $A > B$ .

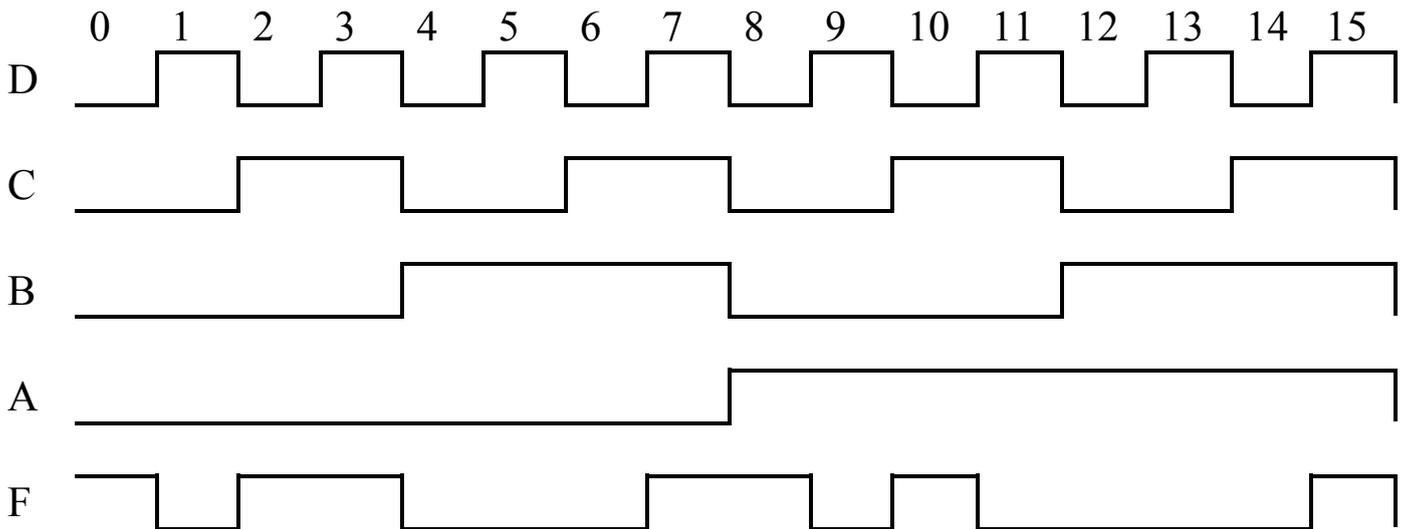
##### ИЗ №3

Спроектировать счетчик с коэффициентом пересчета 237, предусмотреть индикацию состояний счетчика.

### Вариант 3

#### ИЗ №1

На логических элементах серии К555 реализовать цифровое устройство, заданное временными диаграммами:



#### ИЗ №2

Спроектировать преобразователь прямого кода двухбайтового числа в дополнительный.

#### ИЗ №3

Спроектировать устройство, пропускающее на выход каждый 11-й импульс.

### Вариант 4

#### ИЗ №1

На логических элементах серии К564 реализовать цифровое устройство, булева функция которого соответствует числу 8А31Н.

#### ИЗ №2

Спроектировать устройство, зажигающее светодиод, если 4 из 6 входных сигналов принимают единичное значение.

#### ИЗ №3

Организовать делитель частоты импульсов в 37 раз.

### Вариант 5

#### ИЗ №1

На логических элементах КМОП спроектировать цифровое устройство, реализующее булеву функцию

$$F = \overline{ABC} + \overline{BCD} + \overline{ABCD} + \overline{BC} + \overline{ABCD}.$$

**ИЗ №2**

Ту же функцию реализовать с помощью мультиплексора.

**ИЗ №3**

Спроектировать устройство, пропускающее на выход каждый 27 импульс.

**Вариант 6****ИЗ №1**

На логических элементах ТТЛ реализовать цифровое устройство заданное картой Карно:

		A					
		-----					
		1	0	0	1		
		0	1	0	0		
		1	1	0	0		
		1	0	0	1		
C							D
		-----					
		B					

**ИЗ №2**

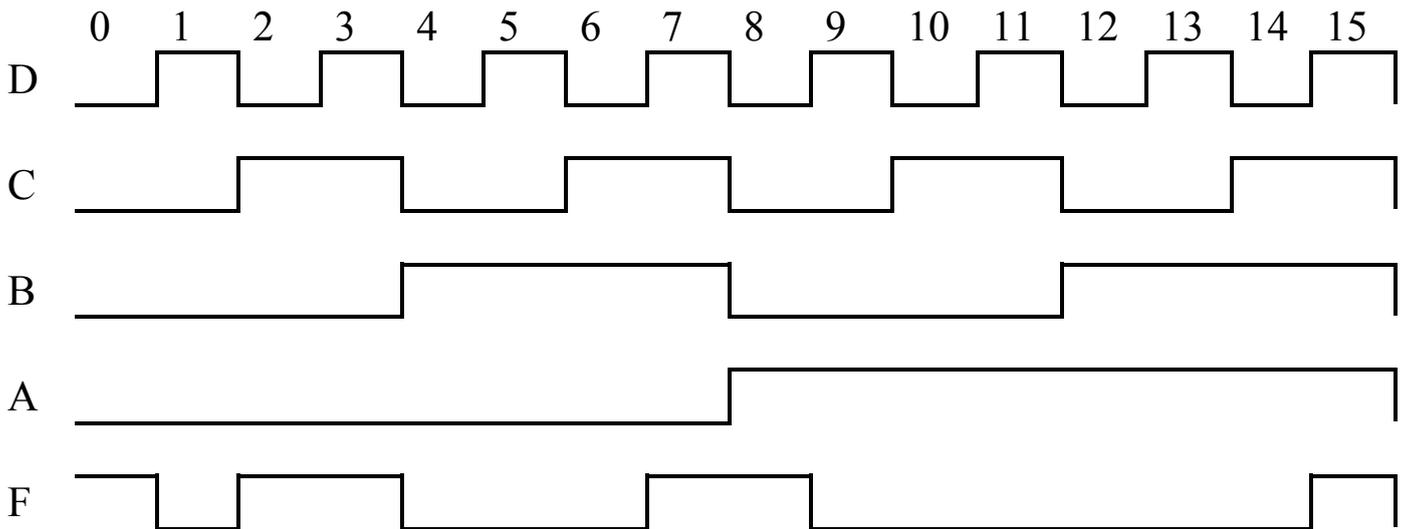
Спроектировать преобразователь дополнительного кода в прямой код однобайтовых чисел со знаком.

**ИЗ №3**

Построить вычитающий двоично-десятичный счетчик с коэффициентом пересчета 57, предусмотреть индикацию состояния счетчика.

**Вариант 7****ИЗ №1**

На логических элементах серии К1533 реализовать цифровое устройство, заданное временными диаграммами:

**ИЗ №2**

Спроектировать устройство, зажигающее светодиод, если 4 из 8 входных сигналов принимают единичное значение.

**ИЗ №3**

Спроектировать устройство, пропускающее на выход каждый 20-й импульс.

**Вариант 8****ИЗ №1**

На логических элементах серии К555 реализовать цифровое устройство, булева функция которого соответствует числу 8А3FН.

**ИЗ №2**

Ту же функцию реализовать с помощью мультиплексора.

**ИЗ №3**

Организовать делитель частоты импульсов в 27 раз.

**Вариант 9****ИЗ №1**

На логических элементах ТТЛ спроектировать цифровое устройство, реализующее булеву функцию  $F = \overline{A}BC + \overline{A}BCD + \overline{B}C + \overline{A}BCD$ .

**ИЗ №2**

Ту же функцию реализовать с помощью мультиплексора.

**ИЗ №3**

Спроектировать распределитель импульсов на 28 каналов.

## Вариант 10

### ИЗ №1

На логических элементах ТТЛ реализовать цифровое устройство заданное картой Карно:

		A					
		-----					
C		1	0	0	1		D
		0	1	0	0		
		1	1	0	0		
		0	0	0	1		
		-----					
		B					

### ИЗ №2

Спроектировать устройство, зажигающее светодиод, если 4 из 6 входных сигналов принимают нулевое значение.

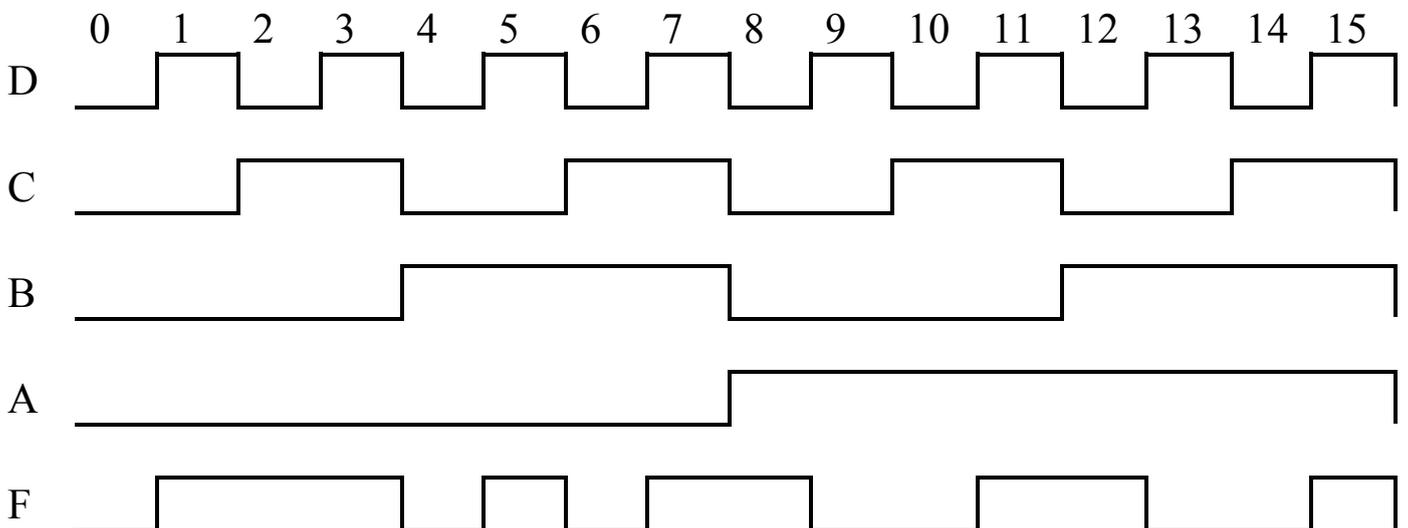
### ИЗ №3

Спроектировать распределитель импульсов на 25 каналов.

## Вариант 11

### ИЗ №1

На логических элементах КМОП реализовать цифровое устройство в базисе ИЛИ-НЕ, заданное временными диаграммами:



**ИЗ №2**

Ту же функцию реализовать с помощью мультиплексора.

**ИЗ №3**

Спроектировать устройство, пропускающее на выход каждый 18-й импульс.

**Вариант 12****ИЗ №1**

На логических элементах серии К555 реализовать цифровое устройство в базисе ИЛИ-НЕ, булева функция которого соответствует числу 0A83FH.

**ИЗ №2**

Спроектировать цифровое устройство, вычисляющее разность двух 12-разрядных двоичных чисел А и В при условии, что  $A > B$ .

**ИЗ №3**

Спроектировать распределитель импульсов на 27 каналов.

**Вариант 13****ИЗ №1**

На логических элементах ТТЛ в базисе ИЛИ-НЕ спроектировать цифровое устройство, реализующее булеву функцию  $F = A \oplus B + ABCD + B \oplus D$ .

**ИЗ №2**

Спроектировать устройство, зажигающее светодиод, если 3 из 6 входных сигналов принимают нулевое значение.

**ИЗ №3**

Спроектировать устройство, пропускающее на выход каждый 18-й импульс.

**Вариант 14****ИЗ №1**

На логических элементах ТТЛ в базисе И-НЕ реализовать цифровое устройство заданное картой Карно:

	A				
	0	0	0	1	
	0	1	0	0	
C	1	1	1	0	D
	0	0	0	1	
	B				

**ИЗ №2**

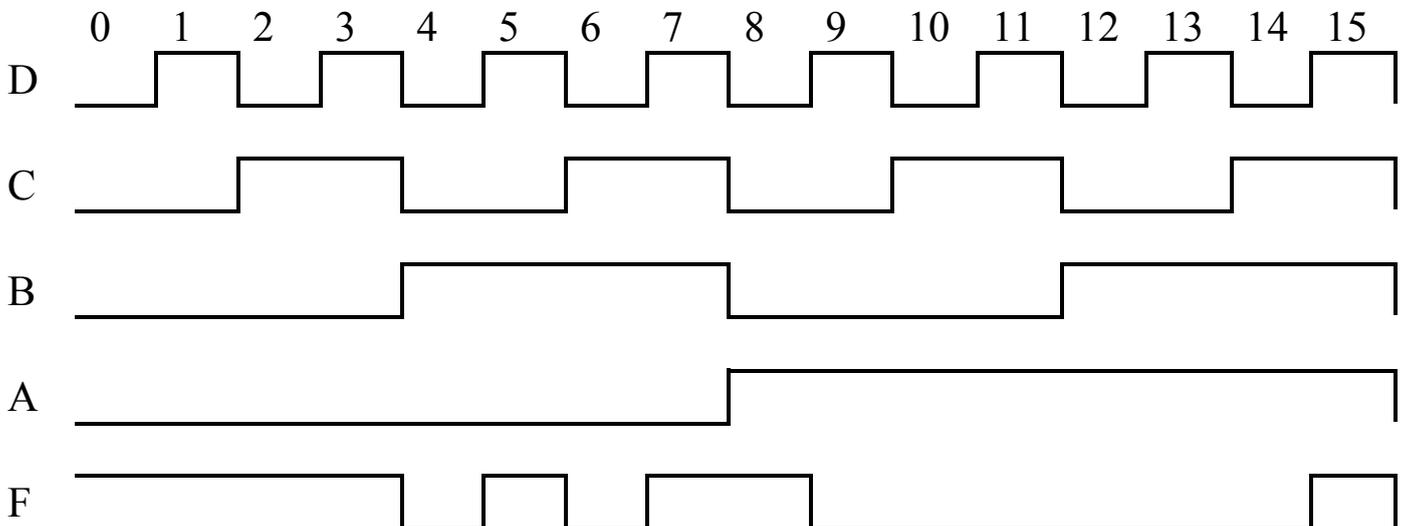
Ту же функцию реализовать с помощью мультиплексора.

**ИЗ №3**

Организовать делитель частоты импульсов в 22 раза.

**Вариант 15****ИЗ №1**

На логических элементах ТТЛ реализовать цифровое устройство в базисе ИЛИ-НЕ, заданное временными диаграммами:

**ИЗ №2**

Спроектировать цифровое устройство, вычисляющее разность двух 11-разрядных двоичных чисел A и B при условии, что  $A > B$ .

**ИЗ №3**

Спроектировать устройство, пропускающее на выход каждый 17-й импульс.

### Вариант 16

#### ИЗ №1

На логических элементах серии К564 реализовать цифровое устройство в базисе ИЛИ-НЕ, булева функция которого соответствует числу 0A8F3H.

#### ИЗ №2

Спроектировать устройство, зажигающее светодиод, если 4 из 8 входных сигналов принимают единичное значение.

#### ИЗ №3

Спроектировать распределитель импульсов на 21 канал.

### Вариант 17

#### ИЗ №1

На логических элементах КМОП в базисе ИЛИ-НЕ спроектировать цифровое устройство, реализующее булеву функцию  $F = \overline{ABC} + \overline{ABC} + B\overline{CD}$ .

#### ИЗ №2

Ту же функцию реализовать с помощью мультиплексора.

#### ИЗ №3

Спроектировать счетчик с коэффициентом пересчета 137, предусмотреть индикацию состояний счетчика.

### Вариант 18

#### ИЗ №1

На логических элементах КМОП в базисе И-НЕ реализовать цифровое устройство заданное картой Карно:

		A				
		-----				
	C	0	0	1	1	D
		0	1	1	0	
		1	1	1	0	
		0	0	0	0	
		-----				
		B				

#### ИЗ №2

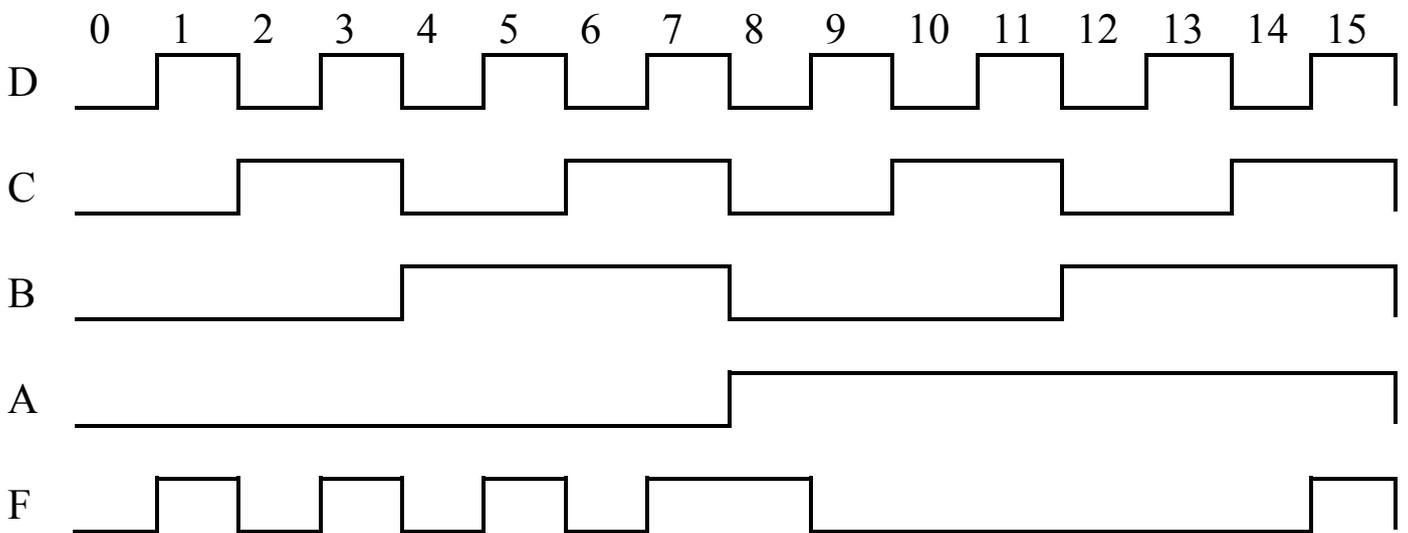
Спроектировать устройство, зажигающее светодиод, если 4 из 6 входных сигналов принимают нулевое значение.

**ИЗ №3**

Организовать делитель частоты импульсов в 18 раз.

**Вариант 19****ИЗ №1**

На логических элементах серии К555 реализовать цифровое устройство в базисе ИЛИ-НЕ, заданное временными диаграммами:

**ИЗ №2**

Ту же функцию реализовать с помощью мультиплексора.

**ИЗ №3**

Спроектировать распределитель импульсов на 33 канала.

**Вариант 20****ИЗ №1**

На логических элементах серии К1531 реализовать цифровое устройство в базисе ИЛИ-НЕ, булева функция которого соответствует числу 0ACF7H.

**ИЗ №2**

Ту же функцию реализовать с помощью мультиплексора.

**ИЗ №3**

Спроектировать устройство, пропускающее на выход каждый 25-й импульс.

### Вариант 21

#### ИЗ №1

На логических элементах ТТЛ спроектировать цифровое устройство, реализующее булеву функцию  $F = \overline{A}BC + \overline{B}CD + \overline{A}BCD + \overline{B}CD + ABC\overline{D}$ .

#### ИЗ №2

Ту же функцию реализовать с помощью мультиплексора 8\*1.

#### ИЗ №3

Спроектировать устройство, пропускающее на выход каждый 27-й импульс.

### Вариант 22

#### ИЗ №1

На логических элементах ТТЛ реализовать цифровое устройство заданное картой Карно:

		A				
		-----				
		1	0	0	1	
		0	1	0	0	
		1	1	0	0	
		1	0	0	1	
		-----				
		B				
C						D

#### ИЗ №2

Спроектировать преобразователь прямого кода двухбайтового числа в дополнительный.

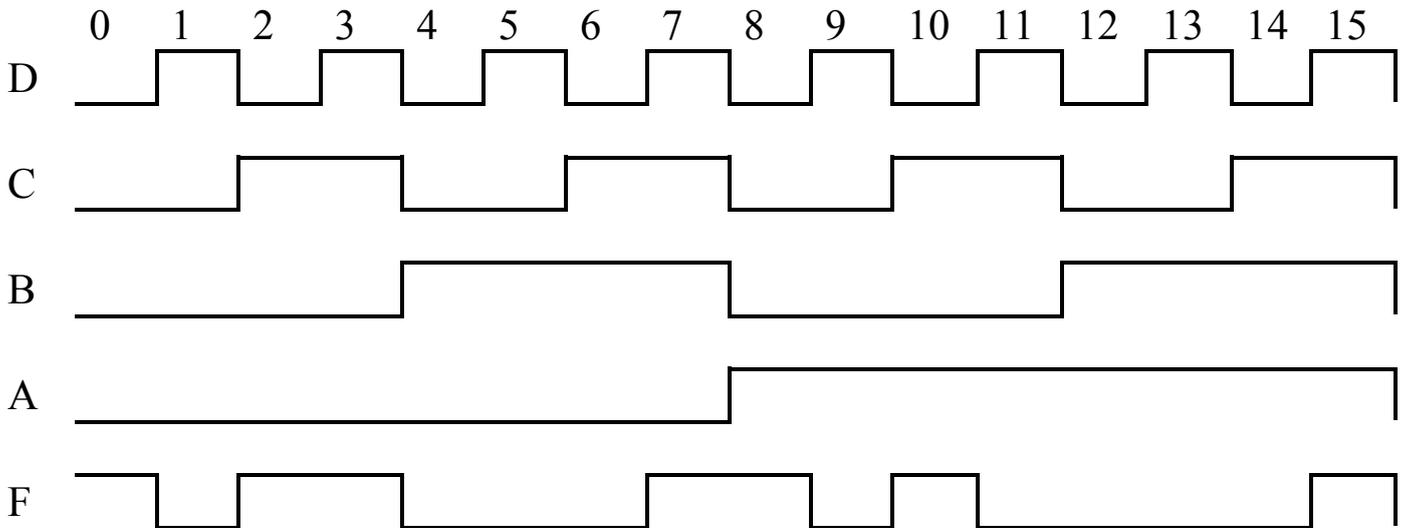
#### ИЗ №3

Организовать делитель частоты импульсов в 33 раза.

### Вариант 23

#### ИЗ №1

На логических элементах серии К561 реализовать цифровое устройство, заданное временными диаграммами:

**ИЗ №2**

Спроектировать устройство, зажигающее светодиод, если 4 из 6 входных сигналов принимают единичное значение.

**ИЗ №3**

Спроектировать устройство, пропускающее на выход каждый 37 импульс.

**Вариант 24****ИЗ №1**

На логических элементах серии К564 реализовать цифровое устройство, булева функция которого соответствует числу 8АЗАН.

**ИЗ №2**

Спроектировать устройство, зажигающее светодиод, если 3 из 6 входных сигналов принимают единичное значение.

**ИЗ №3**

Организовать делитель частоты импульсов в 39 раз.

## Вариант 25

### ИЗ №1

На логических элементах КМОП реализовать цифровое устройство заданное картой Карно:

		A				
		-----				
		1	0	0	1	
		0	1	0	0	
		1	1	0	0	D
C		1	0	0	1	
		-----				
		B				

### ИЗ №2

Спроектировать преобразователь дополнительного кода в прямой код однобайтовых чисел со знаком.

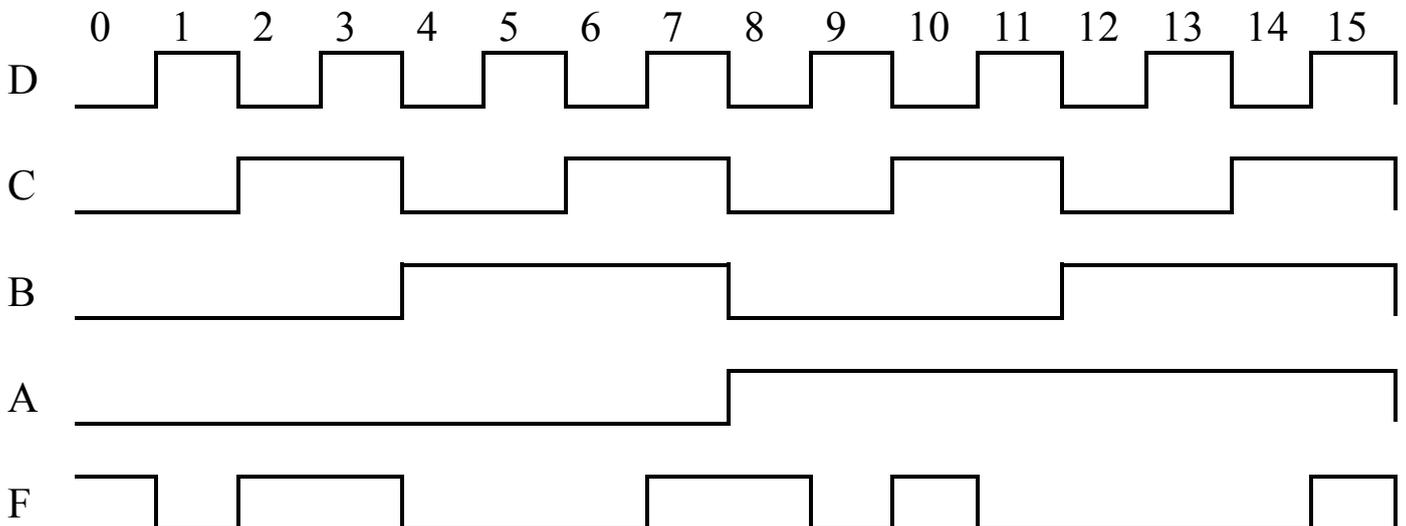
### ИЗ №3

Спроектировать устройство, пропускающее на выход каждый 22-й импульс.

## Вариант 26

### ИЗ №1

На логических элементах КМОП реализовать цифровое устройство, заданное временными диаграммами:



**ИЗ №2**

Ту же функцию реализовать с помощью мультиплексора.

**ИЗ №3**

Организовать делитель частоты импульсов в 27 раз.

**Вариант 27****ИЗ №1**

На логических элементах КМОП реализовать цифровое устройство, булева функция которого соответствует числу 8A3FH.

**ИЗ №2**

Ту же функцию реализовать с помощью мультиплексора.

**ИЗ №3**

Организовать делитель частоты импульсов в 33 раза.

**Вариант 28****ИЗ №1**

На логических элементах серии К555 реализовать цифровое устройство в базисе ИЛИ-НЕ, булева функция которого соответствует числу 0A8F5H.

**ИЗ №2**

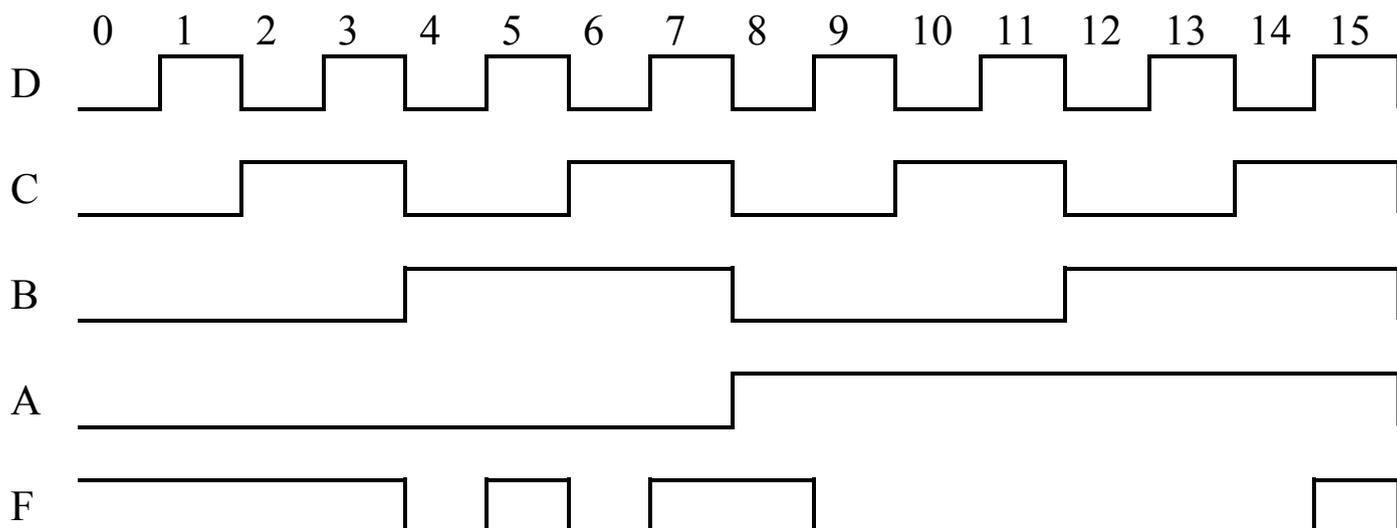
Спроектировать устройство, зажигающее светодиод, если 5 из 8 входных сигналов принимают единичное значение.

**ИЗ №3**

Спроектировать распределитель импульсов на 23 канал.

**Вариант 29****ИЗ №1**

На логических элементах КМОП реализовать цифровое устройство, заданное временными диаграммами:

**ИЗ №2**

Ту же функцию реализовать с помощью мультиплексора.

**ИЗ №3**

Спроектировать устройство, пропускающее на выход каждый 35-й импульс.

#### **4. Пример выполнения индивидуального задания №1**

Министерство образования и науки РФ

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)

#### **Синтез комбинационного цифрового устройства на логических элементах**

Пояснительная записка к индивидуальному заданию №1  
по дисциплине "Цифровая и микропроцессорная техника-1"

Выполнил  
студент гр.  
368-1

\_\_\_\_\_ И.О. Ефимов  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Проверил  
доцент кафедры ПрЭ,  
\_\_\_\_\_ А.И. Воронин  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

### 1. Задание

На логических элементах ТТЛ спроектировать цифровое устройство, реализующее булеву функцию

$$F = \overline{A} \overline{B} C D + \overline{A} B C D + A B C D$$

Устройство реализовать в базисе И-НЕ

### 2. Ход реализации задания

По заданной булевой функции составляем таблицу истинности. Для 4-х переменных таблица истинности содержит 16 строк, в 3-й, 7-й и 15-й строках значение булевой функции равно единице, в остальных – нуль. По таблице истинности построим временные диаграммы работы устройства на одном периоде.

№	A	B	C	D	F
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0
2	0	0	1	0	0
3	0	0	1	1	1
4	0	1	0	0	0
5	0	1	0	1	0
6	0	1	1	0	0
7	0	1	1	1	1
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0
10	1	0	1	0	0
11	1	0	1	1	0
12	1	1	0	0	0
13	1	1	0	1	0
14	1	1	1	0	0
15	1	1	1	1	1

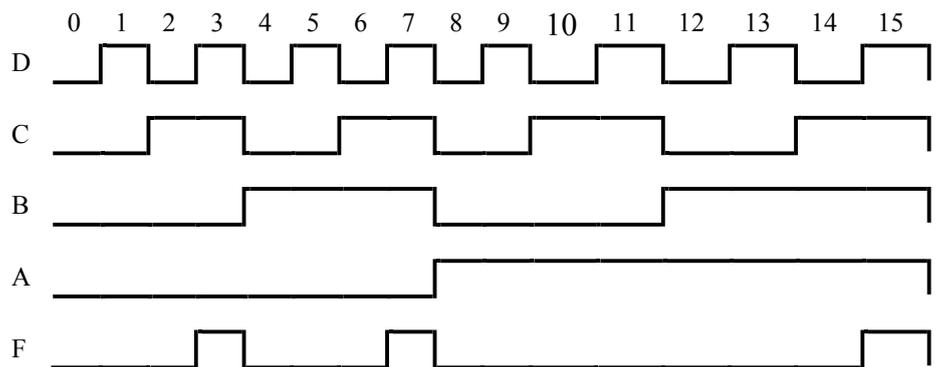


Рис.1 – Таблица истинности и временные диаграммы работы устройства.

Проведем минимизацию булевой функции с помощью карты Карно. Перенесем значения булевой функции (рис.2)

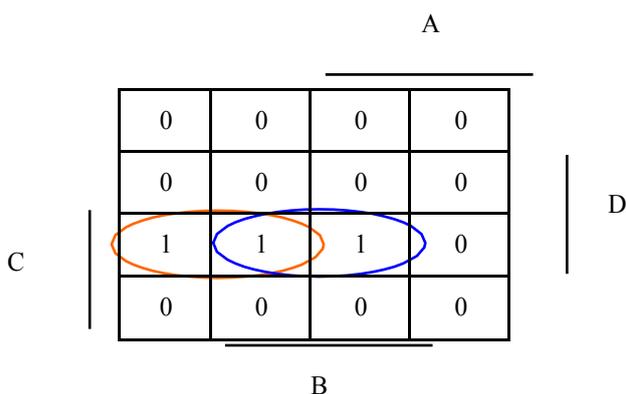


Рис. 2 – Карта Карно.

На карте Карно можно выделить два блока по две единицы, тогда минимизированное выражение булевой функции в ДНФ запишется:

$$F = \overline{A}CD + BCD.$$

Преобразуем полученное выражение к базису И-НЕ, используя правило де Моргана:

$$F = \overline{\overline{A}CD + BCD} = \overline{(\overline{A}CD) * (\overline{BCD})}.$$

Для реализации схемы электрической принципиальной выберем серию ТТЛ К555 - один инвертор (К555ЛН1 – 6 элементов НЕ), логические элементы И-НЕ (К555ЛА4 – 3 элемента 3И-НЕ). Схема электрическая принципиальная приведена в Приложении А.

### 3. Экспериментальная часть

По полученной булевой функции в среде ASIMEC реализуем схему эксперимента. Для генерации аргументов булевой функции А,В,С,Д в схеме эксперимента используется двоичный счетчик с выходами 8 – переменная А, 4 – В, 2 – С, 1 – D. Схема эксперимента представлена на рис.3, осциллограммы – на рис. 4.

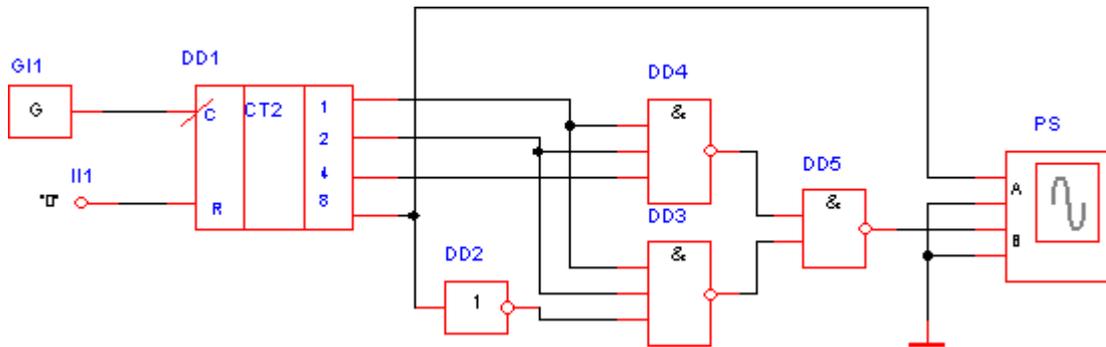


Рис. 3 – схема эксперимента.

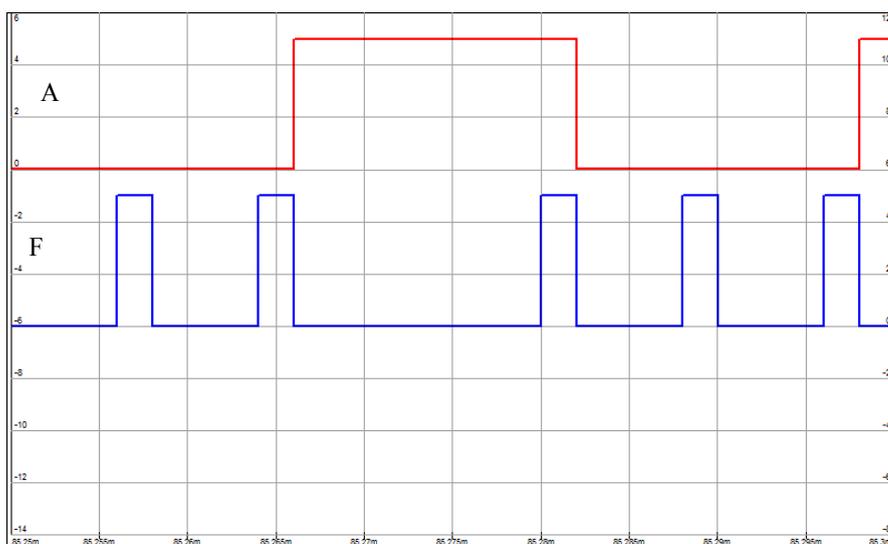


Рис. 4 – осциллограммы устройства.

Вывод: полученные в ходе эксперимента осциллограммы соответствуют теоретическим временным диаграммам разработанного цифрового устройства.



## **5. Пример выполнения индивидуального задания №2**

Министерство образования и науки РФ

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)

### **Синтез комбинационного цифрового устройства мультиплексоре**

Пояснительная записка к индивидуальному заданию №2  
по дисциплине "Цифровая и микропроцессорная техника-1"

Выполнил  
студент гр. 368-1

\_\_\_\_\_ И.О. Ефимов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Проверил  
доцент кафедры ПрЭ,

\_\_\_\_\_ А.И. Воронин  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

## 1. Задание

Спроектировать цифровое устройство на мультиплексоре, реализующее булеву функцию  $F = \overline{A}\overline{B}CD + \overline{A}BCD + ABCD$ .

## 2. Ход реализации задания

При реализации булевой функции на мультиплексоре минимизация не требуется. Булеву функцию четырех переменных можно реализовать на мультиплексоре с тремя адресными входами. При этом каждая элементарная конъюнкция дает номер информационного входа, к которому подключается переменная D. На остальных входах мультиплексора необходимо зафиксировать логический нуль.

Таким образом, к информационным входам мультиплексора №№ 1,3,7 подключается переменная D, к информационным входам №№ 0,2,4,5,6 – логический нуль.

По заданной булевой функции составляем таблицу истинности. Для 4-х переменных таблица истинности содержит 16 строк, в 3-й, 7-й и 15-й строках значение булевой функции равно единице, в остальных – нуль. По таблице истинности построим временные диаграммы работы мультиплексора на одном периоде.

№	A	B	C	D	F
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0
2	0	0	1	0	0
3	0	0	1	1	1
4	0	1	0	0	0
5	0	1	0	1	0
6	0	1	1	0	0
7	0	1	1	1	1
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0
10	1	0	1	0	0
11	1	0	1	1	0
12	1	1	0	0	0
13	1	1	0	1	0
14	1	1	1	0	0
15	1	1	1	1	1

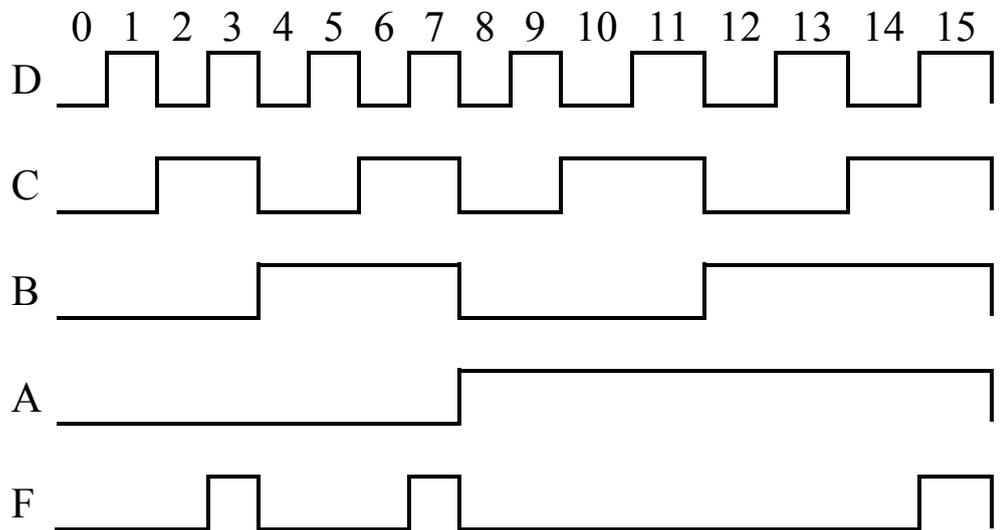


Рис.1 – Таблица истинности и временные диаграммы работы мультиплексора.

Для реализации задания выбираем мультиплексор К555КП7. На входе разрешения (Е) зафиксируем логический нуль и используем прямой выход мультиплексора. Схема электрическая принципиальная приведена в Приложении А.

### 3. Экспериментальная часть

В среде ASIMEC реализуем схему эксперимента. Для генерации аргументов булевой функции А,В,С,Д в схеме эксперимента используется двоичный счетчик с выходами 8 – переменная А, 4 – В, 2 – С, 1 – Д. Схема эксперимента представлена на рис.3, осциллограммы – на рис. 4.

Для реализации схемы мультиплексора 8\*1 используются логические элементы DD6...DD14. Мультиплексор реализован по булевой функции:

$$F = \sum_{i=0}^7 \tilde{A} \tilde{B} \tilde{C} X_i,$$

где  $X_i$  -  $i$ -й информационный вход мультиплексора,

$\tilde{A} \tilde{B} \tilde{C}$  - всевозможные элементарные конъюнкции, подаваемые на адресные входы мультиплексора.

Вывод: полученные в ходе эксперимента осциллограммы соответствуют теоретическим временным диаграммам разработанного цифрового устройства.

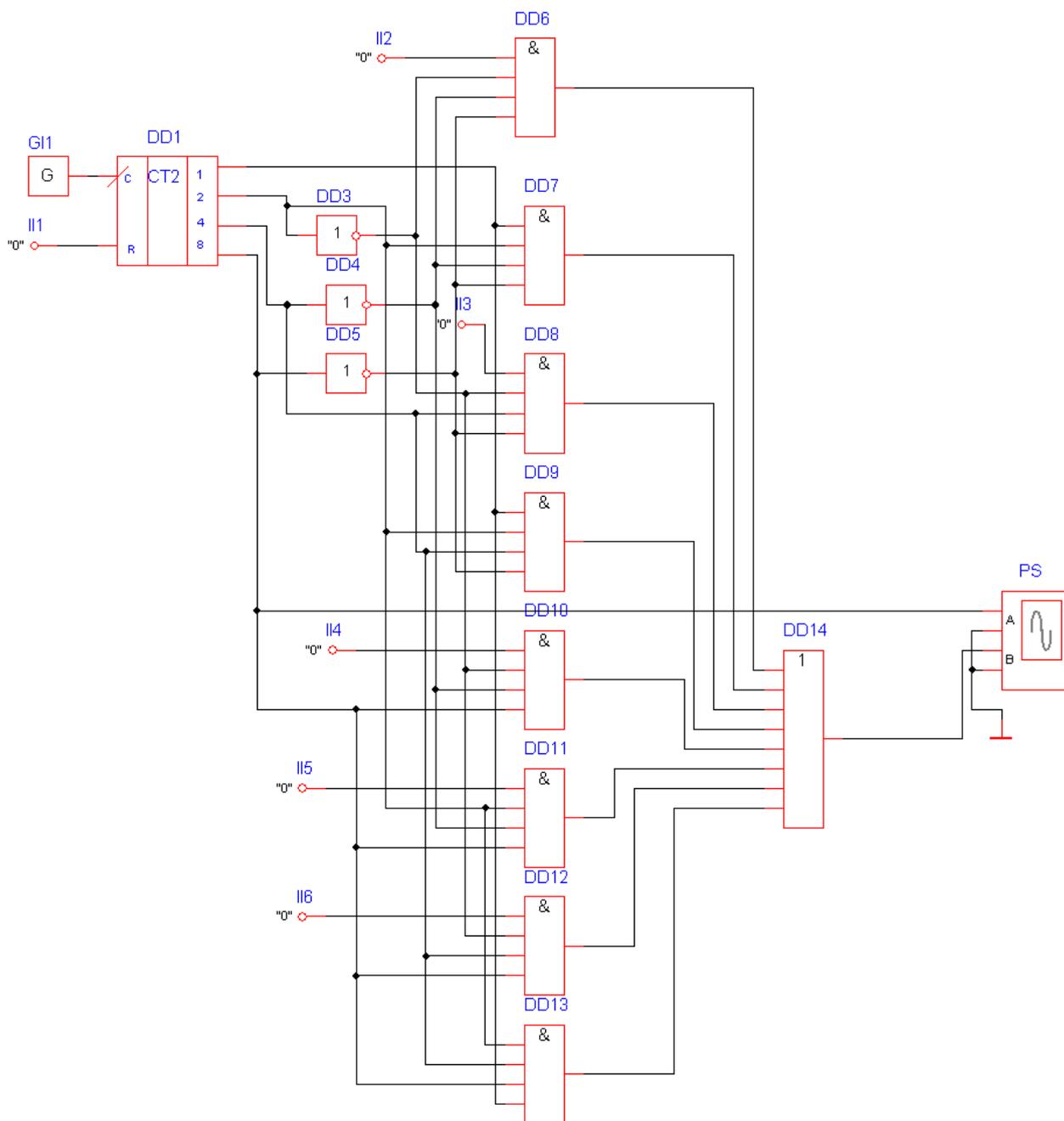


Рис. 3 – схема эксперимента.

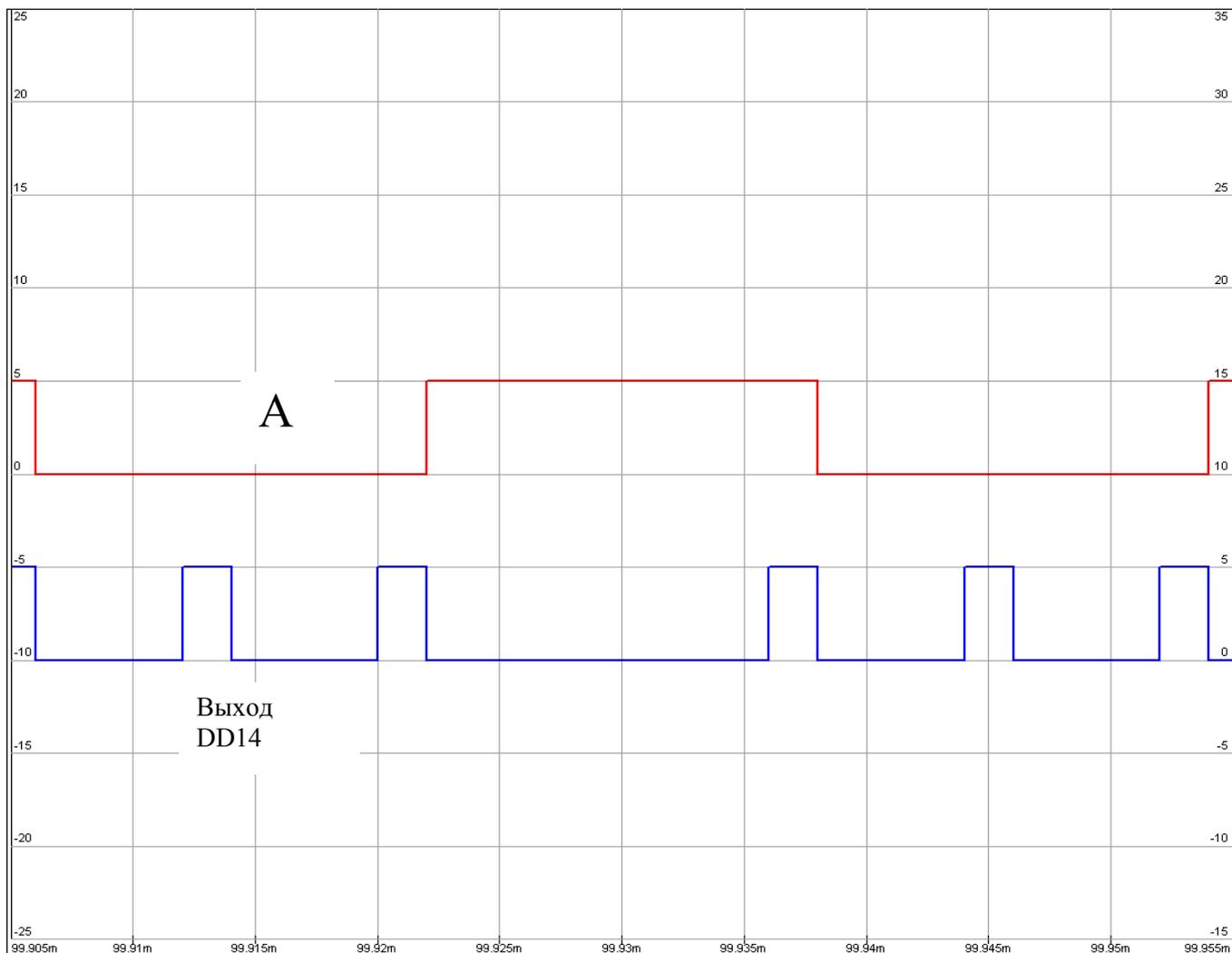


Рис. 4 – осциллограммы мультиплексора



**6. Пример выполнения индивидуального задания №3**  
Министерство образования и науки РФ

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)

**Делитель частоты**

Пояснительная записка к индивидуальному заданию №3  
по дисциплине "Цифровая и микропроцессорная техника – 2"

Выполнил  
студент гр. 368-1

\_\_\_\_\_ И.О. Ефимов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Проверил  
доцент кафедры ПрЭ,

\_\_\_\_\_ А.И. Воронин  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

### 1. Задание

Спроектировать цифровое устройство, пропускающее на выход каждый седьмой импульс.

### 2. Ход выполнения задания

Цифровое устройство соответствующее заданию, можно спроектировать на счетчике с коэффициентом пересчета 7 и RS триггере, формирующим на выходе импульс равный по длительности тактовому импульсу. Функциональная схема временная диаграмма работы устройства представлена на рис.1.

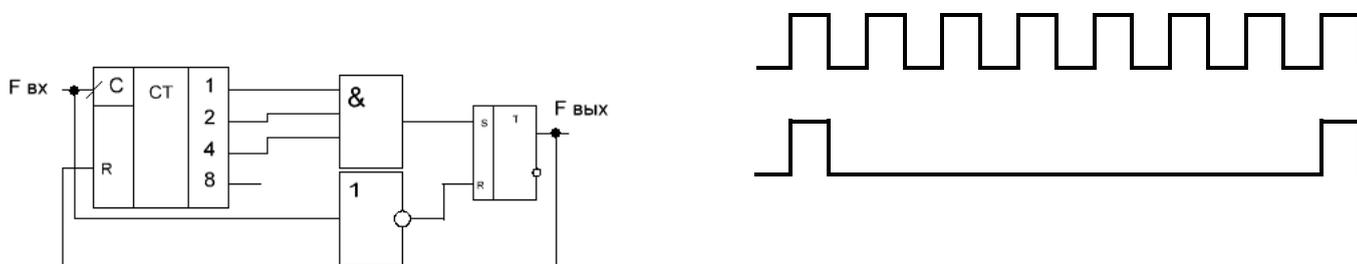


Рис.1 – Функциональная схема и временные диаграммы устройства

Как только двоичный счетчик переходит в 7-е состояние (совпадают логические 1 на входах элемента 3И), в единичное состояние устанавливается *RS*-триггер, который сбрасывает счетчик в нулевое состояние. Нулевой уровень следующего счетного импульса сбрасывает *RS*-триггер в нуль. Схема электрическая принципиальная приведена в Приложении А. В качестве счетчика выбрана микросхема К555ИЕ19, элемента 3И-НЕ – К555ЛА, триггера - К555ТР2. После выбора элементов схема делителя изменена.

### 3. Экспериментальная часть

В среде ASIMEC реализуем схему эксперимента. Схема эксперимента представлена на рис.2, осциллограммы – на рис. 4.

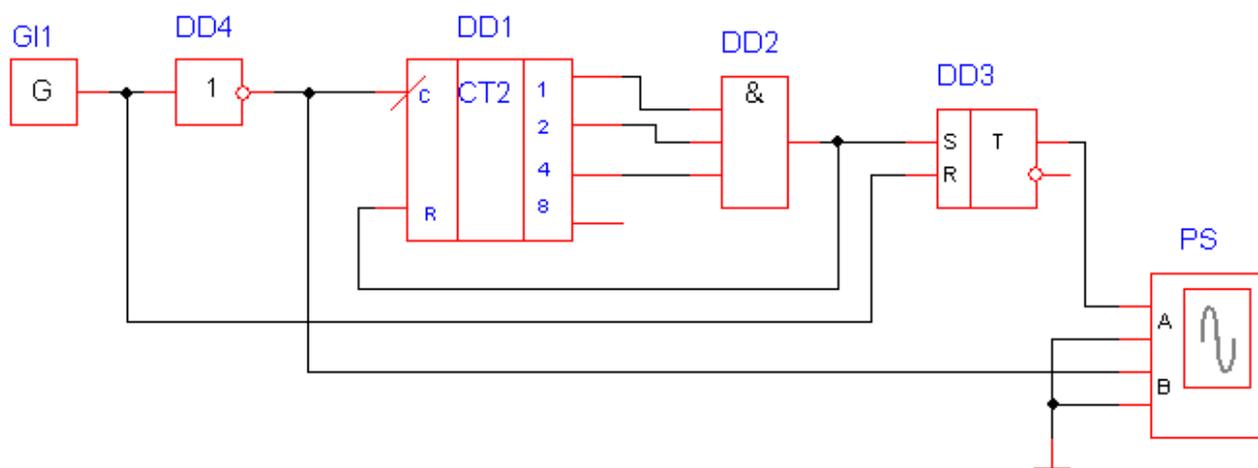


Рис.2 – Схема эксперимента.

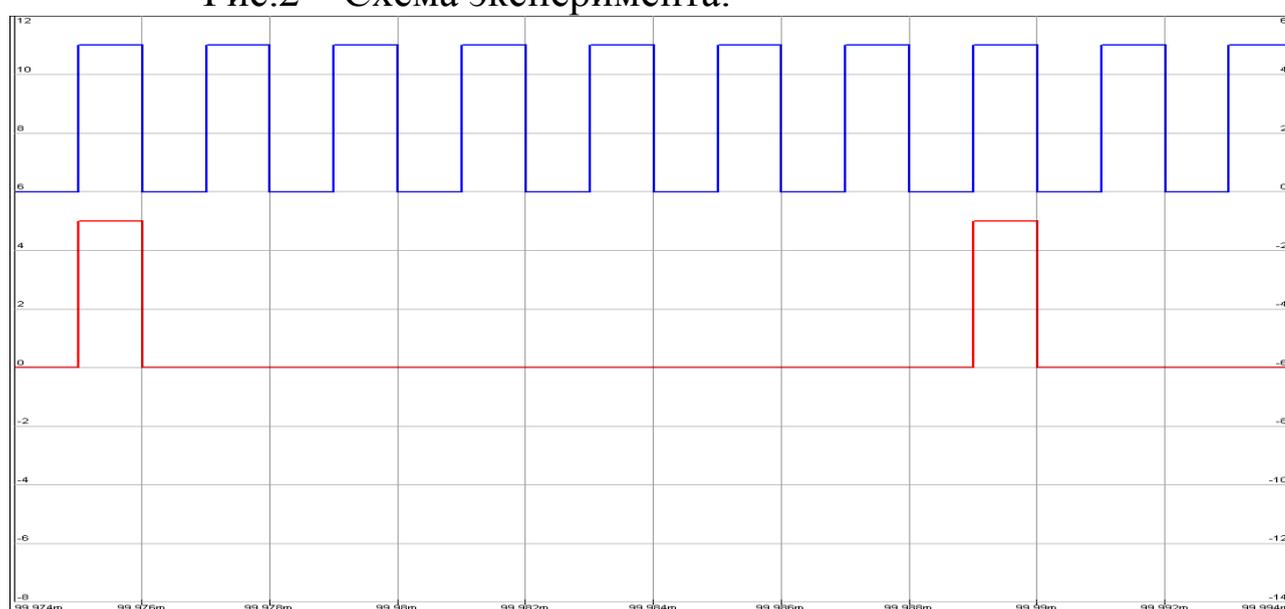
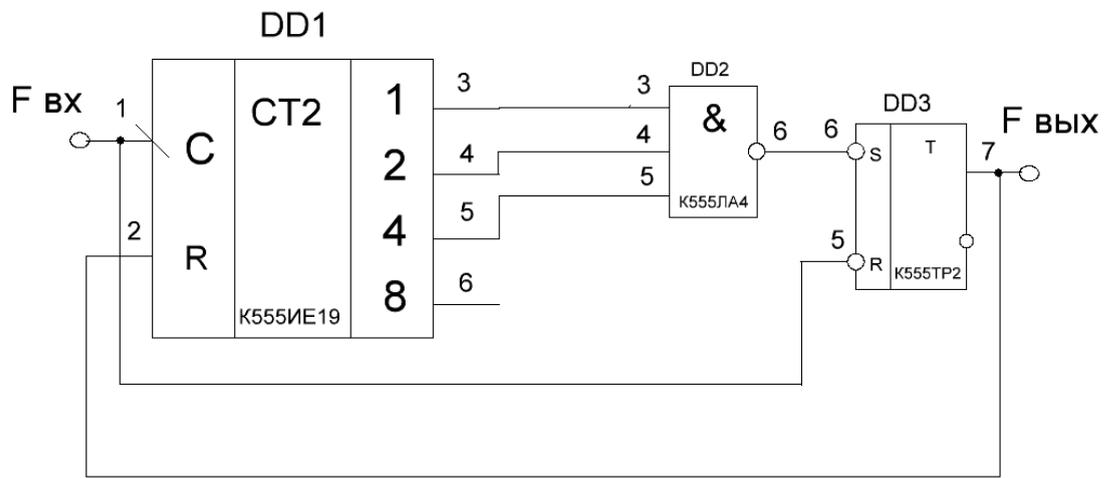


Рис.2 – Осциллограммы эксперимента.

Вывод: полученные в ходе эксперимента осциллограммы соответствуют теоретическим временным диаграммам разработанного цифрового устройства.

## Приложение А



Выходы 14 микросхем DD2, DD3 и вывод 16 микросхемы DD1 подключить к цепи "+5 В".

Выходы 7 микросхем DD2, DD3 и вывод 8 микросхемы DD1 подключить к цепи "общий".

					<b>ФЭТ 000 000 001</b>		
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		Ефимов О.И.		22.02.12	Делитель частоты Схема электрическая принципиальная		
<i>Провер.</i>		Воронин А.И.					
<i>Т. контр.</i>					<i>Лист</i> 1		<i>Листов</i> 1
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>							
<i>Утверд.</i>							

## 7. Варианты индивидуального задания второго семестра

Индивидуальные задания защищаются, на защиту представляется пояснительная записка (электронный вариант), работающая программа. Пояснительная записка должна содержать:

1. Титульный лист;
2. задание;
3. алгоритм работы программы, расчеты временных задержек (при необходимости);
4. Функциональную схему устройства (при необходимости);
5. листинг программы.

Защита 3-5 минут. В докладе раскрыть работу программы по алгоритму, продемонстрировать программу на эмуляторе.

### Вариант 1

#### Индивидуальное задание №1

Разработать программу, сортирующую числа массива ячеек РПД микроконтроллера МК51 (с 32 по 63 ячейки) в порядке их убывания

### Вариант 2

#### Индивидуальное задание №1

Если на тумблерах порта ввода P1 микроконтроллера МК51 набрано четное число, на светодиодах порта вывода P2 должен наблюдаться эффект бегущего огонька, а если нечетное - бегущей тени.

### Вариант 3

#### Индивидуальное задание №1

На светодиодах, подключенных к порту P2 микроконтроллера МК51, получить световой эффект бегущего огонька со сменой направления. Скорость эффекта должна регулироваться тумблерами порта ввода P1.

### Вариант 4

#### Индивидуальное задание №1

Светодиоды, подключенные к порту P1 микроконтроллера МК51, должны мигнуть число раз, набранное в двоично-десятичном коде на тумблерах портов P2, через одну секунду каждый.

### Вариант 5

#### Индивидуальное задание №1

Реализовать на микроконтроллере МК51 программу, фиксирующую в ячейках 20H и 21H РПД наибольшее число из массива двухбайтовых чисел без знака (30H-3FH).

### **Вариант 6**

#### **Индивидуальное задание №1**

В порт P1 вывести содержимое ячеек РПД (с 48 по 57) микроконтроллера МК51 последовательно через секунду каждое.

### **Вариант 7**

#### **Индивидуальное задание №1**

Отрицательные числа массива однобайтовых чисел со знаком в дополнительном коде 20Н-27Н РПД микроконтроллера семейства МК51 переписать в предварительно обнуленный массив 28Н-2FH.

### **Вариант 8**

#### **Индивидуальное задание №1**

На светодиодах порта вывода P2 МК51 получить эффект бегущей тени со сменой направления. Скорость эффекта должна удваиваться при подаче логического нуля на вход T0.

### **Вариант 9**

#### **Индивидуальное задание №1**

Произведение двоично-десятичных чисел с портов P0 и P1 микроконтроллера МК51 вывести в порты P2 и P3 в двоично-десятичном коде.

### **Вариант 10**

#### **Индивидуальное задание №1**

Для микроконтроллера МК51 поменять местами массивы РПД 20Н-27Н и 28Н-2FH, заменив отрицательные числа на положительные.

### **Вариант 11**

#### **Индивидуальное задание №1**

Для микроконтроллера МК51 числа со знаком, записанные в ячейках РПД 20Н-27Н в прямом коде, преобразовать в дополнительный код и разместить массив в области 28Н-2FH.

### **Вариант 12**

#### **Индивидуальное задание №1**

В массиве 20Н-27Н РПД микроконтроллера МК51 подготовлены для передачи семиразрядные сообщения. Добавить в качестве восьмого разряда каждого байта бит контроля четности.

### **Вариант 13**

#### **Индивидуальное задание №1**

На семисегментных индикаторах, подключенном к портам МК51, проимитировать работу вычитающего двоично-десятичного счетчика с коэффициентом счета 15.

### **Вариант 14**

#### **Индивидуальное задание №1**

Реализовать на микропроцессоре МК51 программу, фиксирующую в ячейке 8Н количество слов массива текстовой информации (20Н-7FH).

### **Вариант 15**

#### **Индивидуальное задание №2**

Разработать программу, фиксирующую в ячейке 5Н МК51 наименьшее по модулю отрицательное число из массива однобайтовых чисел со знаком (20Н-3FH).

### **Вариант 16**

#### **Индивидуальное задание №1**

Должны потухнуть светодиоды порта вывода P1 микроконтроллера МК51, если контрольная сумма массива ячеек РПД с 20Н по 27Н совпадает с контрольной суммой массива ячеек с 28Н по 2FH.

### **Вариант 17**

#### **Индивидуальное задание №1**

Разработать программу, сортирующую отрицательные числа массива ячеек РПД микроконтроллера МК51 (с 32 по 63 ячейки) в порядке их убывания.

### **Вариант 18**

#### **Индивидуальное задание №1**

Карта опроса 16 датчиков (массив однобайтовых чисел без знака) записана в ОЗУ МП серии МК51 начиная с ячейки 20Н. Начиная с ячейки 30Н сформировать копию массива, изменив порядок следования чисел на обратный.

### **Вариант 19**

#### **Индивидуальное задание №1**

Положительные числа массива 20Н-27Н РПД микроконтроллера семейства МК51 переписать в предварительно обнуленный массив 28Н-2FH, а среднее арифметическое вывести в порт P1.

### **Вариант 20**

#### **Индивидуальное задание №1**

Карта опроса 64 датчиков (битовая информация) записана в ячейки 20Н-27Н РПД микроконтроллера МК51. Должны замигать светодиоды, подключенные к порту вывода P1, если число датчиков с нулевым уровнем превышает 15.

### **Вариант 21**

#### **Индивидуальное задание №1**

Разработать программу, сортирующую числа массива ячеек РПД микроконтроллера МК51 (с 32 по 127 ячейки) в порядке их убывания.

### **Вариант 22**

#### **Индивидуальное задание №1**

Разработать программу, фиксирующую в ячейке 28Н РПД микроконтроллера МК51 наибольшее положительное число из массива однобайтовых чисел со знаком (30Н-3FH).

### **Вариант 23**

#### **Индивидуальное задание №2**

Записать в массив В памяти данных микроконтроллера МК51 двоично-десятичный код двоичных чисел массива А, больших числа, набранного на тумблерах порта P1 в двоично-десятичном коде.

### **Вариант 24**

#### **Индивидуальное задание №1**

Отрицательные числа массива однобайтовых чисел со знаком в дополнительном коде с 30 по 40 ячейки РПД микроконтроллера семейства МК51 переписать в обратном порядке в массив с 50 по 60.

### **Вариант 25**

#### **Индивидуальное задание №1**

На семисегментных индикаторах, подключенным к портам МК51,

проимитировать работу вычитающего двоично-десятичного счетчика с коэффициентом счета 22.

## **8. Пример выполнения индивидуального задания №1**

Министерство образования и науки РФ

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)

Пояснительная записка к индивидуальному заданию №1  
по дисциплине "Цифровая и микропроцессорная техника – 2"

Выполнил  
студент гр. 368-1

И.О. Ефимов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Проверил  
доцент кафедры ПрЭ,

А.И. Воронин

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Задание:

Разработать программу для МК51, считывающую 8-разрядный двоичный код с порта P1 и выводящей двоично-десятичный код на порты P2, P3 после нажатия кнопки.

Реализация задания.

1. Определим количество разрядов для преобразования 8 разрядного кода в двоично-десятичный. В десятичном эквиваленте максимальное число в n-разрядном двоичном коде:  $2^n - 1 = 2^8 - 1 = 255$ . Таким образом, понадобится два разряда для отображения сотен двоично-десятичного кода (пусть это будут разряды порта P3: P3.1, P3.0), две тетрады порта P2 для отображения десятков (P2.7...P2.4) и единиц (P2.3...P2.0). Кнопку «СТАРТ» подключим к выводу микроконтроллера P3.7. На Рис.1 показана функциональная схема устройства на МК51 для реализации задания.

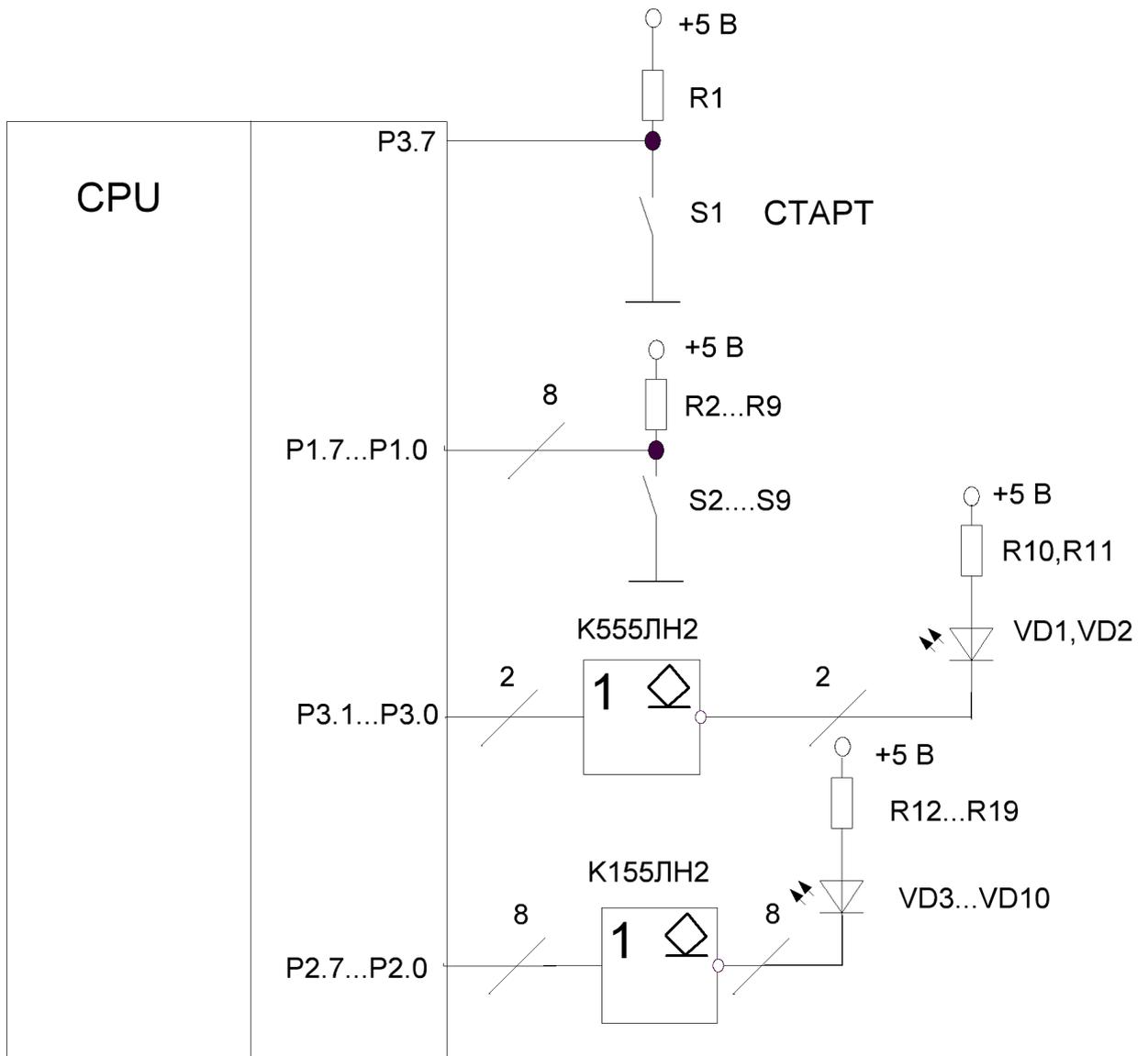


Рис 1. Функциональная схема устройства

Резисторы R1...R9 служат для увеличения помехозащищенности TTL входов микроконтроллера. Кнопка S1 "СТАРТ" подключена к P3.7 при нажатии и затем отжатии кнопки должно выполняться задание. При нажатии S1 программно необходимо выполнить временную задержку для устранения "дребезга" контактов кнопки, иначе программа будет выполняться несколько раз. Для устранения "дребезга" достаточно временной задержки 0,5 сек. Так как эмулятор не имитирует этот эффект, в программе задержку не реализуем.

Порт P1 должен быть настроен на ввод, линейка переключателей S2...S9 предназначена для ввода двоичного кода.

Порт P2 и P3.1, P3.0 служат для вывода двоично-десятичного кода на линейку светодиодов VD1...VD10 выводится двоично-десятичный код. На светодиоды VD1,VD2 выводятся сотни двоично-десятичного кода, на старшую тетраду порта P3 – десятки, на младшую тетраду – единицы.

В качестве буферных элементов для усиления по току выводов портов используем инверторы с открытым коллектором, например микросхемы К555ЛН2.

На Рис.2 представлен алгоритм работы прикладной программы.

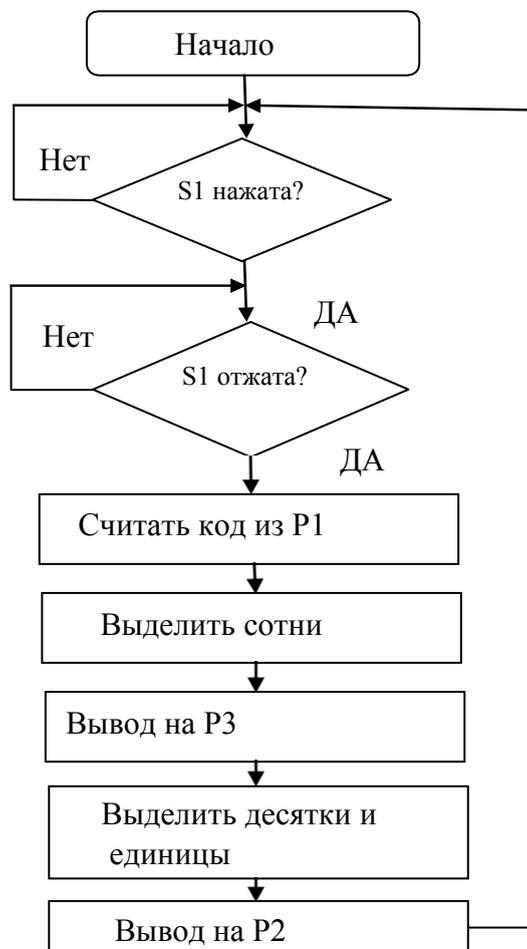


Рис 2. Алгоритм прикладной программы

Ниже приводится исходный текст программы на языке Ассемблер МК51:

```
    ORG 0      ; адрес начала программы M1:
JB   P3.7, $  ; проверка нажатия и
JNB  P3.7, $  ; отпущения кнопки S1
MOV  B, #100  ; загрузка в В делителя 100
MOV  A, P1    ; считывание кода из порта P1
DIV  AB       ; выделение сотен
MOV  P3, A    ; вывод сотен на порт P3
XCH  A, B     ; остаток в аккумулятор
MOV  B, #10   ; загрузка в В делителя 10
DIV  AB       ; выделение десятков
SWAP A        ; число десятков в старшую тетраду А
ADD  A, B     ; единицы в младшую тетраду А
MOV  P2, A    ; вывод десятков и единиц в порт P2
JMP  M1       ; возврат к началу программы
END           ; конец трансляции
```