

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

## ИЗУЧЕНИЕ БАЗОВЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И УСТРОЙСТВ НА ИХ ОСНОВЕ (4 часа)

### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Настоящая лабораторная работа знакомит студентов с основными логическими функциями и реализующими их элементами, развивает навыки в составлении уравнений, описывающих логические узлы, их минимизации и синтеза схем с конкретным назначением.

### 2. ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

3.1. Изучить принцип работы микросхем: КР1533ЛА1, КР1533ЛА3, КР1533ЛА4, КР1533ИЕ7.

3.2. Изучить способы минимизации булевых функций (БФ).

3.3. Провести минимизацию БФ по заданию преподавателя одним из известных вам способов.

3.4. Получить минимизированное алгебраическое выражение в виде дизъюнктивной нормальной формы (ДНФ).

3.5. Реализовать полученную функцию в элементном базисе И-НЕ.

3.6. Представить диаграмму напряжений, реализуемую данной функцией.

### 3. ПРОГРАММА РАБОТЫ

4.1. Предварительно представить структурную схему эксперимента, состоящую из генератора импульсов, счетчика, исследуемой схемы, и осциллографа.

4.2. Собрать на лабораторном наборном поле согласно предварительному заданию вариант логической схемы.

4.3. Убедиться в правильности функционирования логической схемы, реализующей заданную функцию. Сравнить экспериментальную осциллограмму функции с теоретической диаграммой.

4.4. В случае неправильной работы синтезированной схемы найти ошибки, допущенные при сборке и подключении микросхем или в процессе минимизации БФ, и устранив их, добиться правильного результата.

### 4. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

#### 4.1. Основные законы Булевой алгебры.

##### Законы для одной переменной

$$X + 0 = X. \quad (1.1)$$

$$X \times 0 = 0. \quad (1.2)$$

$$X + 1 = 1. \quad (1.3)$$

$$X \times 1 = X. \quad (1.4)$$

$$X + X = X. \quad (1.5)$$

$$X \times X = X. \quad (1.6)$$

$$X + \bar{X} = 1. \quad (1.7)$$

$$X \times \bar{X} = 0. \quad (1.8)$$

$$\overline{\bar{X}} = X. \quad (1.9)$$

### Законы для двух и более переменных

1. Переместительный закон:

$$X+Y+Z=Y+X+Z=Z+X+Y, \quad (1.10)$$

$$X \times Y \times Z = Y \times X \times Z = Z \times X \times Y. \quad (1.11)$$

2. Сочетательный закон.

$$X+Y+Z=(X+Y)+Z=(Z+Y)+X, \quad (1.12)$$

$$X \times Y \times Z=(X \times Y)Z=(Z \times Y)X. \quad (1.13)$$

3. Распределительный закон:

$$X(Y+Z)=X \times Y+X \times Z, \quad (1.14)$$

$$X+(X \times Z)=(X+Y)(X+Z). \quad (1.15)$$

4. Закон поглощения:

$$X+X \times Y=X(1+Y)=X, \quad (1.16)$$

$$X(X+Y)=X+XY=X. \quad (1.17)$$

5. Закон склеивания:

$$X \times Y+\bar{X} \times Y=Y(X+\bar{X})=Y, \quad (1.18)$$

$$\overline{X \times Y}=\bar{X}+\bar{Y}, \quad (1.22)$$

$$X \times Y=\overline{\bar{X}+\bar{Y}}. \quad (1.23)$$

### 4.2. Метод карт Карно.

Карта Карно представляет собой своеобразную таблицу истинности.

#### Двухрядная карта Карно

	<i>A</i>	0	1
<i>B</i>	0	$\bar{A}\bar{B}$	$A\bar{B}$
1		$\bar{A}B$	$AB$

#### Трёхрядная карта Карно

	<i>AB</i>	00	01	11	10
<i>C</i>	0	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}$	$\bar{A}B\bar{C}$	$AB\bar{C}$	$A\bar{B}\bar{C}$
1		$\bar{A}\bar{B}C$	$\bar{A}BC$	$ABC$	$A\bar{B}C$

#### Четырёхрядная карта Карно

	<i>AB</i>	00	01	11	10
<i>CD</i>	00	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D}$	$\bar{A}B\bar{C}\bar{D}$	$AB\bar{C}\bar{D}$	$A\bar{B}\bar{C}\bar{D}$
01		$\bar{A}\bar{B}C\bar{D}$	$\bar{A}BC\bar{D}$	$AB\bar{C}D$	$A\bar{B}C\bar{D}$
11		$\bar{A}\bar{B}CD$	$\bar{A}BCD$	$ABCD$	$A\bar{B}CD$
10		$\bar{A}B\bar{C}\bar{D}$	$\bar{A}BC\bar{D}$	$ABC\bar{D}$	$A\bar{B}C\bar{D}$

## Минимизация БФ с помощью карт Карно

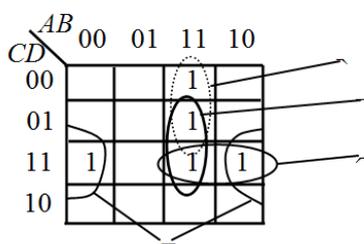
### Порядок минимизации БФ:

1. Записываем алгебраическое выражение БФ.
2. В соответствии с количеством переменных выбираем соответствующую карту Карно.
3. Записываем "1" в те клетки карты Карно, слагаемые которых присутствуют в заданной функции.
4. Объединяем общим контуром  $2^n$  рядом стоящих "1".
5. В полученных контурах исключаем взаимодополняющие себя переменные.
6. Записываем минимизированное выражение БФ.

### Пример

Задана БФ:  $F = ABC\bar{D} + ABC\bar{D} + \bar{A}\bar{B}CD + A\bar{B}CD + ABCD$ .

Для данной БФ четырёхгранговая карта Карно будет иметь следующий вид:



$$\sim - \bar{A}\bar{B}CD + A\bar{B}CD = \bar{B}CD(\bar{A} + A) = \bar{B}CD,$$

$$\sim - ABCD + A\bar{B}CD = ACD(B + \bar{B}) = ACD,$$

$$\sim - ABC\bar{D} + ABCD = ABC(D + \bar{D}) = ABC,$$

$$\sim - ABC\bar{D} + ABCD = ABD(C + \bar{C}) = ABD.$$

В итоге получаем минимизированное выражение заданной БФ:

$$F = \bar{B}CD + ACD + ABC + ABD.$$

В таблице 1.1 приведены значения  $F$  при различных значениях  $A, B, C$  и  $D$ .

Таблица 1.1.

№	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	0
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0
10	1	0	1	0	0
11	1	0	1	1	1
12	1	1	0	0	1
13	1	1	0	1	1
14	1	1	1	0	0
15	1	1	1	1	1

**4.3. ИМС, используемые при выполнении лабораторной работы.**

**ИМС КР1533ЛА1** – 2 элемента 4И-НЕ. На рис.1.3 приведено ее условно-графическое обозначение (УГО) и цоколевка. Работу одной секции данной ИМС характеризует таблица 1.2. Зарубежный аналог – 74ALS20 (7420).

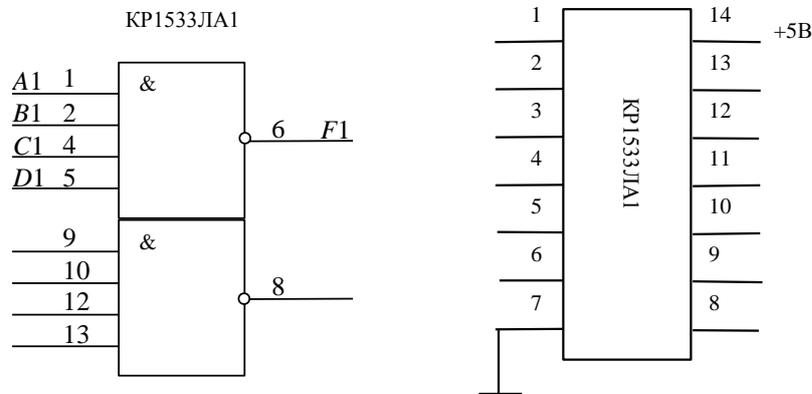


Рис.1.1. УГО ИМС КР1533ЛА1 и ее цоколевка.

Таблица 1.2.

Входы		Выход
A1	B1	F1
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

**ИМС КР1533ЛА3** – 4 элемента 2И-НЕ. На рис.1.2 приведено ее УГО и цоколевка. Работу одной секции данной ИМС характеризует таблица 1.3. Зарубежный аналог – 74ALS00 (7400).

Таблица 1.3.

Входы				Выход
A1	B1	C1	D1	F1
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0

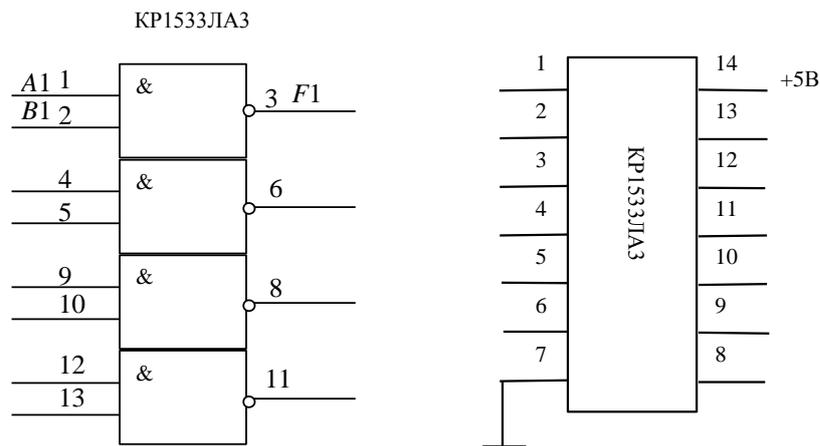


Рис.1.2. УГО ИМС КР1533ЛАЗ и ее цоколевка.

**ИМС КР1533ЛА4** – 3 элемента 3И-НЕ. На рис.1.3 приведено ее УГО и цоколевка. Работу одной секции данной ИМС характеризует таблица 1.4. Зарубежный аналог – 74ALS10 (7410).

Таблица 1.4.

Входы			Выход
A1	B1	C1	F1
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

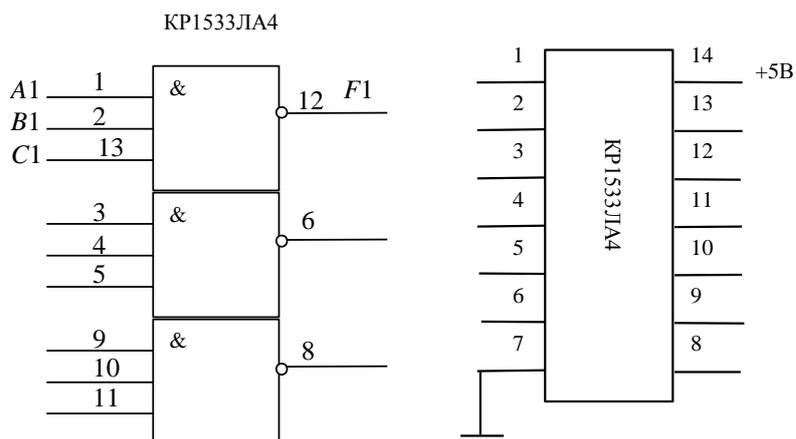


Рис.1.3. УГО ИМС КР1533ЛА4 и ее цоколевка.

**ИМС КР1533ИЕ7 (К555ИЕ7)** – 4-х разрядный реверсивный счетчик (рассмотрен в лабораторной работе №3). Зарубежный аналог К555ИЕ7 – 74LS193 (74193).

### Пример реализации БФ в элементном базисе И-НЕ

На рис.1.4 приведена реализация БФ, полученной в 5.2, в элементном базисе И-НЕ с использованием генератора тактовых импульсов и 4-х разрядного реверсивного счетчика КР1533ИЕ7. На рис.1.5 приведены диаграммы напряжений для схемы, представленной на рис.1.4. В таблице 1.5. приведены ножки микросхем, подключаемых к общей точке и питанию.

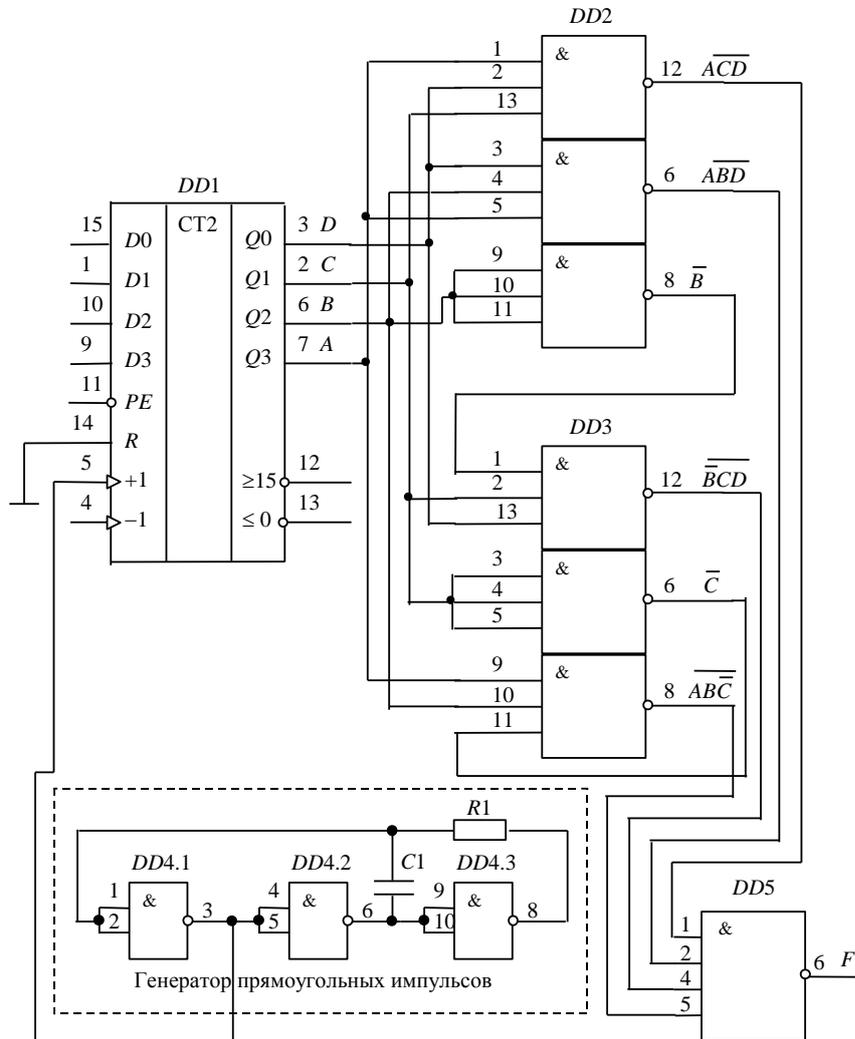


Рис.1.4. Схема реализации БФ в элементном базисе И-НЕ.

Тип ИМС	КР1533ИЕ7	КР1533ЛА4	КР1533ЛА3	КР1533ЛА1
Обозначение на схеме	DD1	DD2, DD3	DD4	DD5
Общий (GND)	8	7	7	7
+ 5В (VCC)	16	14	14	14

В среде Multisim по умолчанию ножки (pins) питания микросхем скрыты, подключение их к шине питания не требуется. В качестве генератора прямоугольных импульсов целесообразно использовать элемент DIGITAL\_CLOCK (в меню SOURCE → DIGITAL\_SOURCE). Генератор прямоугольных импульсов и счетчик DD1 представляют собой схему формирования последовательностей двоичных импульсов (сигналов), аналог которой представлен на рис. 1.5.

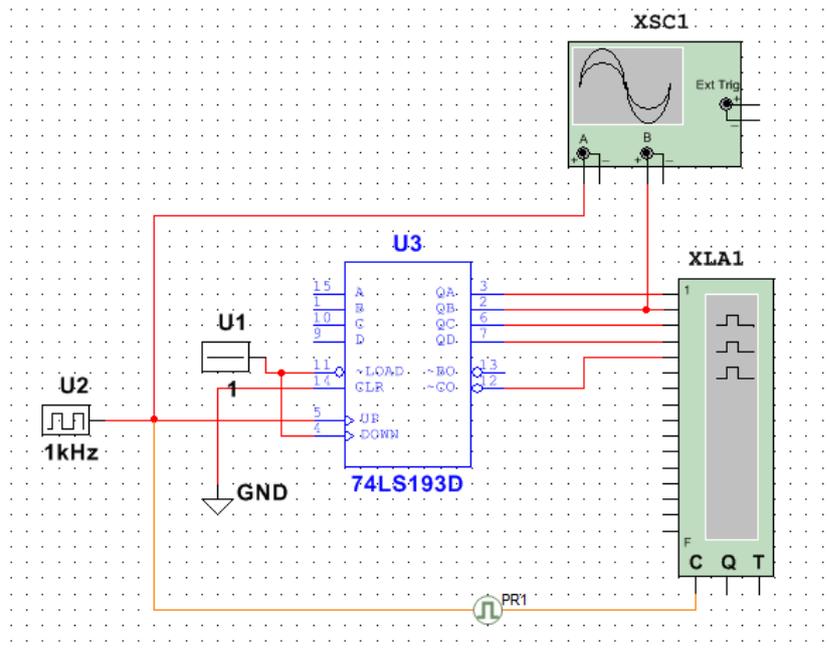


Рис. 1.5. Схема формирователя двоичных сигналов.

Элементы схемы формирователя двоичных сигналов:

U1 – DIGITAL\_CONSTANT – источник постоянного сигнала уровней логических 0 или 1 (в меню SOURCE → DIGITAL\_SOURCE);

U2 – DIGITAL\_CLOCK – источник прямоугольных импульсов (в меню SOURCE → DIGITAL\_SOURCE);

U3 – двоичный счетчик К555ИЕ7 (74LS193) – формирует четыре последовательности прямоугольных импульсов;

GND – общая точка цифровой схемы (обозначение в каталоге DGND);

PR1 – place digital probe – цифровой пробник, служит для определения логического уровня;

XLA1 – Logic Analyzer – цифровой анализатор, позволяет строить диаграммы логических сигналов (использовать с осторожностью!);

XSC1 – двухканальный осциллограф, рекомендуется для наблюдения и измерения напряжений цифровых сигналов.

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Прокомментируйте основные параметры логических элементов.
2. Какие значения напряжений соответствуют уровням логических 0 и 1 для ТТЛ и КМОП микросхем?
3. Каким образом можно обеспечить уровень логических 0 и 1 на входах ТТЛ и КМОП микросхем?
4. Как поступают на практике с неиспользуемыми входами логических элементов?
5. Запишите функцию и приведите таблицу истинности для следующих логических элементов: а) ИЛИ; б) И; в) НЕ; г) ИЛИ-НЕ; д) И-НЕ; е) исключающее ИЛИ.
6. Приведите простейшую электрическую схему логического элемента: а) ИЛИ; б) И; в) НЕ. Поясните принцип работы.

7. Как поступают на практике неиспользуемыми элементами и входами микросхем ТТЛ?
8. В каких случаях допускается соединение выходов логических элементов ТТЛ?
9. Приведите УГО логического элемента с открытым коллектором. Укажите области применения таких элементов.
10. В чем заключается отличие тристабильного буфера от обычных логических элементов? Приведите таблицу истинности такого элемента.
11. Синтезируйте сумматор по модулю 2 на логических элементах в базисе: а) И-НЕ; б) ИЛИ-НЕ.
12. Что такое тупиковая форма функции?
13. Пояснить возможность возникновения опасных состояний на примере синтезированной Вами схемы.
14. Как составить таблицу истинности для трех аргументов  $X_1X_2X_3$ , если функция принимает значение 1, тогда когда  $X_2$  принимает значение 1. Напишите булево выражение для функции, принимающей значение 1.

## **6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

1. Цель работы.
2. Предварительное задание (процесс минимизации заданной БФ, теоретическая диаграмма процесса формирования заданной функции, таблица истинности).
3. Краткая программа работы.
4. Результаты выполнения программы:
  - принципиальная схема, синтезированная по тупиковой функции, объяснение ее работы;
  - таблица истинности, результаты эксперимента полученной функции.
5. Выводы.