

## Краткие теоретические сведения

**Логические элементы.** В этой лабораторной работе изучаются базовые логические элементы НЕ, И, ИЛИ, И–НЕ. На лабораторном макете они представлены микросхемами К155ЛН1, К155ЛИ1, КМ155ЛЛ1, К155ЛА3 (см. табл. 1).

Таблица 1. Базовые логические элементы и соответствующие им микросхемы

Логический элемент	НЕ	И	ИЛИ	И–НЕ																																																														
Схемное обозначение																																																																		
Обозначение в EWB																																																																		
Зарубежное обозначение																																																																		
Таблица истинности	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Вход</th> <th>Выход</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>x</td> <td><math>\bar{x}</math></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Вход	Выход	x	$\bar{x}$	0	1	1	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Вход</th> <th>Выход</th> </tr> <tr> <th>x<sub>1</sub></th> <th>x<sub>2</sub></th> <th>x<sub>1</sub> · x<sub>2</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Вход		Выход	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>1</sub> · x <sub>2</sub>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Вход</th> <th>Выход</th> </tr> <tr> <th>x<sub>1</sub></th> <th>x<sub>2</sub></th> <th>x<sub>1</sub> ∨ x<sub>2</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Вход		Выход	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>1</sub> ∨ x <sub>2</sub>	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Вход</th> <th>Выход</th> </tr> <tr> <th>x<sub>1</sub></th> <th>x<sub>2</sub></th> <th><math>\overline{x_1 \cdot x_2}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Вход		Выход	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	$\overline{x_1 \cdot x_2}$	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
Вход	Выход																																																																	
x	$\bar{x}$																																																																	
0	1																																																																	
1	0																																																																	
Вход		Выход																																																																
x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>1</sub> · x <sub>2</sub>																																																																
0	0	0																																																																
0	1	0																																																																
1	0	0																																																																
1	1	1																																																																
Вход		Выход																																																																
x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>1</sub> ∨ x <sub>2</sub>																																																																
0	0	0																																																																
0	1	1																																																																
1	0	1																																																																
1	1	1																																																																
Вход		Выход																																																																
x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	$\overline{x_1 \cdot x_2}$																																																																
0	0	1																																																																
0	1	1																																																																
1	0	1																																																																
1	1	0																																																																
Тип микросхемы	155ЛН1	К155ЛИ1	КМ155ЛЛ1	К155ЛА3																																																														
Функциональные особенности	6 инверторов	4 элемента 2И	4 элемента 2ИЛИ	4 элемента 2И–НЕ																																																														
Назначение выводов																																																																		
Корпус	DIP 14	DIP 14	DIP 14	DIP 14																																																														
Зарубежный аналог	SN7404	SN7408	SN7432	SN7400																																																														

**Разработка цифрового устройства по таблице истинности.** Пусть работа цифрового устройства задана таблицей истинности (табл. 2).

Таблица 2. Таблица истинности

	Входной код			Выходной сигнал
	x <sub>3</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>1</sub>	
0	0	0	0	1
1	0	0	1	1
2	0	1	0	1
3	0	1	1	0
4	1	0	0	0
5	1	0	1	0
6	1	1	0	0
7	1	1	1	1

Чтобы записать логическую функцию, нужно:

- выделить строки, в которых выходной сигнал равен логической 1 (в данном случае это строки 0 – 2 и 7);

- для каждой выделенной строки записать логическое произведение, при этом, если входной сигнал равен 0, то он инвертируется:

строка 0:  $\bar{x}_3 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_1$ ; строка 1:  $\bar{x}_3 \cdot \bar{x}_2 \cdot x_1$ ;

строка 2:  $\bar{x}_3 \cdot x_2 \cdot \bar{x}_1$ ; строка 7:  $x_3 \cdot x_2 \cdot x_1$ .

- объединить логические произведения операцией ИЛИ:

$$y = (\bar{x}_3 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_1) \vee (\bar{x}_3 \cdot \bar{x}_2 \cdot x_1) \vee (\bar{x}_3 \cdot x_2 \cdot \bar{x}_1) \vee (x_3 \cdot x_2 \cdot x_1). \quad (1)$$

«Разработка схемы цифрового устройства по таблице истинности»

По полученной логической функции можно разработать схему устройства (рис. 1).

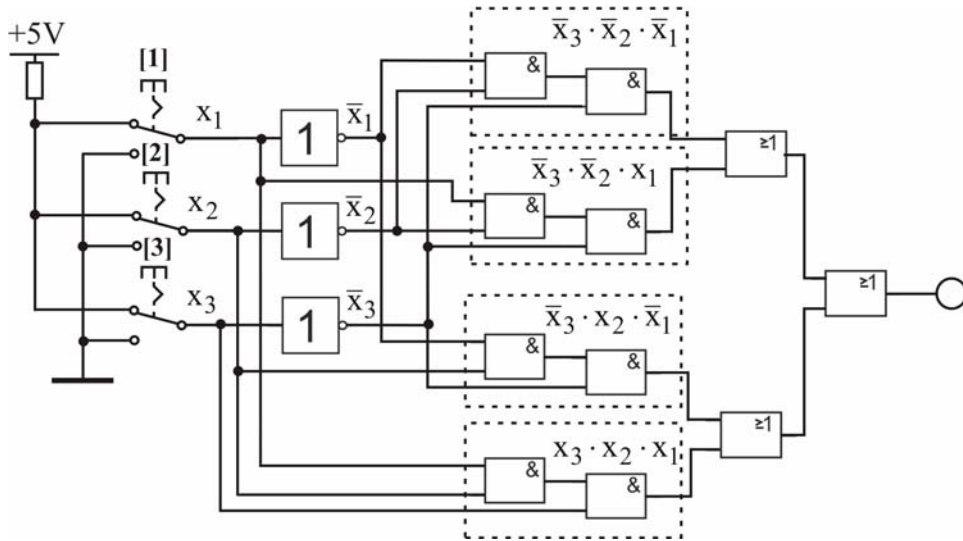


Рисунок 1. Схема устройства, разработанная по логической функции (1)

**Минимизация логических функций.** Логическую функцию (1) и схему на рис. 1 можно упростить.

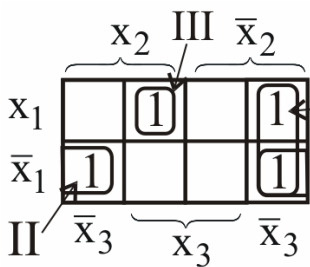


Рис. 2. Заполненная карта Карно

Чтобы выполнить минимизацию схемы, нужно:

- заполнить карту Карно единичными значениями логической функции;
- объединить клетки, содержащие «1», в группы по 2, 4, 8 элементов (рис. 2);
- для каждой группы записать логическое произведение, при этом, если элемент входит в группу и с инверсией, и без инверсии, то он в произведении опускается; если какие-то элементы не вошли в группу (клетка III), то для них логическое произведение записывается полностью:

группа I:  $\bar{x}_2 \cdot \bar{x}_3$ ; группа II:  $\bar{x}_1 \cdot \bar{x}_3$ ; клетка III:  $x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$ ;

- последний шаг – объединение логических произведений операцией ИЛИ:

$$y = (\bar{x}_2 \cdot \bar{x}_3) \vee (\bar{x}_1 \cdot \bar{x}_3) \vee (x_3 \cdot x_2 \cdot x_1). \quad (2)$$

**Приведение схемы устройства к однотипной элементной базе.** Для приведения схемы к однотипной элементной базе используются свойство двойной инверсии и правила де Моргана:

$$\bar{\bar{a}} = a, \quad \overline{a \cdot b} = \bar{a} \vee \bar{b}, \quad \overline{a \vee b} = \bar{a} \cdot \bar{b}.$$

Логическую функцию (2) можно преобразовать в базис И-НЕ так:

$$y = \overline{\overline{(\bar{x}_2 \cdot \bar{x}_3) \vee (\bar{x}_1 \cdot \bar{x}_3) \vee (x_3 \cdot x_2 \cdot x_1)}} = \overline{(\bar{x}_2 \cdot \bar{x}_3) \cdot (\bar{x}_1 \cdot \bar{x}_3) \cdot (x_3 \cdot x_2 \cdot x_1)}. \quad (3)$$

Схема устройства для логической функции (3) показана на рис. 3.

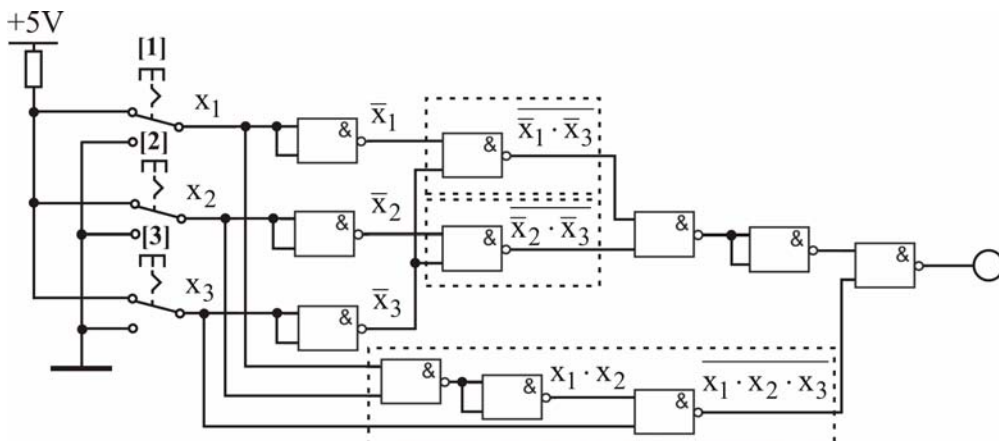


Рисунок 3. Схема устройства в базисе И-НЕ, разработанная по логической функции (3)

## «Разработка схемы цифрового устройства по таблице истинности»

### Порядок выполнения работы

1. В EWB измерить таблицы истинности базовых логических элементов (И, ИЛИ, НЕ, И–НЕ).
2. Для заданной таблицы истинности записать логическую функцию и разработать схему устройства.
3. Проверить схему, для этого собрать устройство в EWB и измерить его таблицу истинности.
4. Выполнить минимизацию логической функции и привести ее к базису И–НЕ.
5. Разработать минимизированную схему цифрового устройства на одноконтурной элементной базе.
6. Проверить схему, для этого собрать устройство в EWB и измерить его таблицу истинности.
7. Измерить таблицы истинности микросхем К155ЛН1, К155ЛИ1, КМ155ЛЛ1, К155ЛА3 на макете.
8. Собрать на макете минимизированную схему и схему, приведенную к базису И–НЕ, измерить таблицы истинности. Сравнить с заданием.

В отчете по лабораторной работе привести:

- таблицы истинности базовых логических элементов (И, ИЛИ, НЕ, И–НЕ), измеренные в EWB;
- заданную таблицу истинности и записанную по ней логическую функцию;
- разработанную схему устройства и его таблицу истинности, измеренную в EWB;
- заполненную карту Карно и минимизированную логическую функцию;
- логическую функцию, приведенную к базису И–НЕ;
- схему устройства, разработанного на одноконтурной элементной базе и его таблицу истинности;
- все таблицы истинности, измеренные на лабораторном макете.

Проанализировать полученные результаты.

### Варианты заданий

Вар.	Входной код	0	1	2	3	4	5	6	7
1	Выходной код	0	0	0	0	1	1	0	1
2		0	0	1	1	0	0	0	1
3		0	1	1	1	0	0	0	0
4		0	0	0	0	1	0	1	1
5		1	1	0	0	0	1	0	0
6		0	0	0	0	0	1	1	1
7		0	1	0	0	1	1	0	0
8		1	0	1	0	0	0	1	0
9		0	0	1	0	1	0	1	0
10		0	0	0	0	1	1	1	0
11		0	1	0	1	0	0	0	1
12		0	0	1	0	0	0	1	1
13		1	0	0	0	1	0	1	0
14		0	0	0	1	0	1	0	1
15		1	0	0	1	0	1	0	0
16		1	1	0	0	1	0	0	0
17		0	1	0	0	1	1	1	0
18		1	0	1	1	0	0	0	0
19		0	1	0	1	1	1	0	1
20		1	0	1	0	1	0	1	1

### Вопросы для допуска к лабораторной работе

1. Назначение микросхем К155ЛН1, К155ЛИ1, КМ155ЛЛ1, К155ЛА3 и их таблицы истинности.
2. Назначение выводов микросхем К155ЛН1, К155ЛИ1, КМ155ЛЛ1, К155ЛА3.
3. Результаты выполнения п. 1 – 6 работы.

### Контрольные вопросы и задания

1. По таблице истинности записать логическую функцию.
2. По логической функции разработать не минимизированную схему устройства.
3. Выполнить минимизацию логической функции.
4. Разработать минимизированную схему устройства по логической функции.
5. Привести логическую функцию к базису И–НЕ.
6. Разработать схему устройства на одноконтурной элементной базе.