

Лабораторная работа №5 «Разработка схемы простого цифрового устройства»

**Краткие теоретические сведения**

**Логические элементы.** В этой лабораторной работе изучаются базовые цифровые 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 цифровые микросхемы

Логический элемент	НЕ	И	ИЛИ	И–НЕ																																																														
Схемное 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																																																																		

**Разработка цифрового устройства по таблице истинности.** Пусть работа цифрового устройства задана таблицей истинности (табл. 2). Чтобы записать логическую функцию, нужно:

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

- 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:

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

**Минимизация логических функций.**

Логическую функцию (1) можно упростить.

Чтобы выполнить минимизацию схемы, нужно:

- заполнить карту Карно единичными значениями логической функции (см. табл. 2);
- объединить клетки, содержащие «1», в группы по 2, 4, 8 элементов (рис. 1);
- 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:

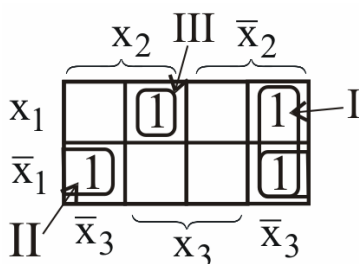


Рис. 1. Заполненная карта Карно

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:

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

## Лабораторная работа №5 «Разработка схемы простого цифрового устройства»

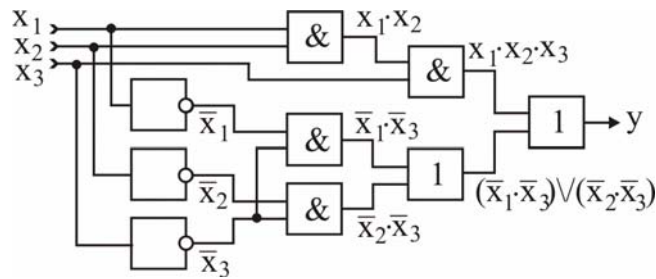


Рисунок 2. Схема устройства, разработанная по логической функции (2)

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

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

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

$$y = \overline{\overline{(\overline{x_2 \cdot \overline{x_3}}) \vee (\overline{x_1 \cdot \overline{x_3}}) \vee (x_3 \cdot x_2 \cdot x_1)}} = \overline{(\overline{x_2 \cdot \overline{x_3}}) \cdot (\overline{x_1 \cdot \overline{x_3}}) \cdot (x_3 \cdot x_2 \cdot x_1)}. \quad (3)$$

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

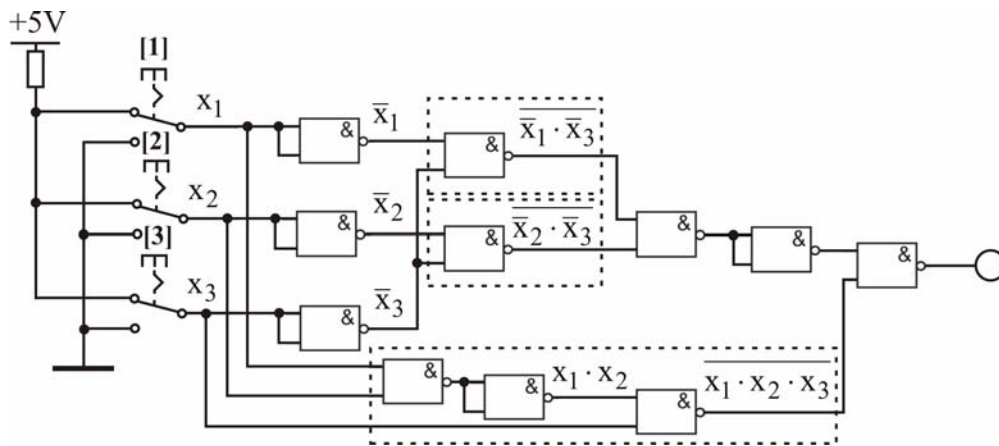


Рисунок 3. Схема устройства в базисе И–НЕ, разработанная по логической функции (3)

### Порядок выполнения работы

1. Измерить таблицы истинности базовых логических элементов микросхем К155ЛИ1 («И»), КМ155ЛЛ1 («ИЛИ»), К155ЛН1 («НЕ»), К155ЛА3 («И–НЕ») – по одному элементу для каждой микросхемы, см. табл. 1.
2. Для заданной таблицы истинности записать логическую функцию
3. Выполнить минимизацию логической функции и привести ее к базису И–НЕ.
4. Разработать минимизированную схему цифрового устройства на однотипной элементной базе (2И–НЕ).
5. Собрать на макете минимизированную схему в базисе И–НЕ, измерить ее таблицу истинности. Сравнить с заданием.

### В отчете по лабораторной работе привести:

- таблицы истинности базовых логических элементов (И, ИЛИ, НЕ, И–НЕ);
  - заданную таблицу истинности и записанную по ней логическую функцию;
  - заполненную карту Карно и минимизированную логическую функцию;
  - логическую функцию, приведенную к базису И–НЕ;
  - схему устройства, разработанного на однотипной элементной базе и его измеренную таблицу истинности.
- Проанализировать полученные результаты, сделать выводы по лабораторной работе.

### Контрольные вопросы и задания

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