МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
КАФЕДРА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

отчет
по практичской работе №1
по дисциплине «Элементная база цифровых систем»

Студент гр. 1335	____________________	Максимов Ю Е
Преподаватель	____________________	Буренева О И

Санкт-Петербург
2025

Практическая работа 1.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМБИНАЦИОННОГО УЗЛА НА ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ.

Цель занятия – освоение методики проектирования комбинационного узла на логических элементах, получение практических навыков в оформлении функциональной электрической схемы.

Задание на работу

Выполнить проектирование комбинационной схемы, реализующую функцию от четырех переменных, заданную набором входных данных, на которых она принимает единичные значения: составить таблицу истинности функции, выполнить минимизацию функции с использованием карт Карно или метода Квайна – Мак-Класки, основанного на применении операций склеивания и поглощений. Проектирование осуществляется в базисе, заданном перечнем используемых микросхем.

Подготовить схему электрическую функциональную для разработанного устройства.

Вариант

Десятичные значения векторов входных переменных (x_4, x_3, x_2, x_1), на которых переключательная функция y (x_4, x_3, x_2, x_1) равна логической «1»:

2, 3, 5, 6, 10, 12, 14.

На других входных наборах функция равна логическому «0».

ИС: ЛА8 (7401) – 4×2И-НЕ с открытым коллектором.

Выполнение работы

1. Синтез логической схемы.

Составим таблицу истинности, имеющую 2^4 строк (по строке для каждого набора входных переменных) и 4 + 2 столбцов (табл. 1).

Таблица 1 – Таблица истинности функции $y(x_4, x_3, x_2, x_1)$

$№_{10}$	Входные переменные				Функция
	x_4	x_3	x_2	x_1	$y\ (x_4, x_3, x_2, x_1)$
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0
2	0	0	1	0	**1**
3	0	0	1	1	**1**
4	0	1	0	0	0
5	0	1	0	1	**1**
6	0	1	1	0	**1**
7	0	1	1	1	0
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0
10	1	0	1	0	**1**
11	1	0	1	1	0
12	1	1	0	0	**1**
13	1	1	0	1	0
14	1	1	1	0	**1**
15	1	1	1	1	0

От таблицы истинности перейдем к совершенной дизъюнктивной нормальной форме (СДНФ), т. е. к дизъюнкции конституент единицы искомой функций, путем составления логической суммы тех входных наборов, на которых функция принимает единичное значение.

СДНФ:

$$y(x_4, x_3, x_2, x_1) = \overline{x_4} \cdot \overline{x_3} \cdot x_2 \cdot \overline{x_1} \vee \overline{x_4} \cdot \overline{x_3} \cdot x_2 \cdot x_1 \vee \overline{x_4} \cdot x_3 \cdot \overline{x_2} \cdot x_1 \vee \overline{x_4} \cdot x_3 \cdot x_2 \cdot \overline{x_1} \vee$$
$$\vee x_4 \cdot \overline{x_3} \cdot x_2 \cdot \overline{x_1} \vee x_4 \cdot x_3 \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_1} \vee x_4 \cdot x_3 \cdot x_2 \cdot \overline{x_1}.$$

Выполним минимизацию функции с помощью карты Карно (диаграммы Вейча), которая представляет собой развертку гиперкуба на плоскости. Элементы в соседних ячейках отличаются лишь в одном разряде.

Карте Карно соответствует циклический код Грея, в котором каждая следующая комбинация отличается от предыдущей значением одного разряда. При представлении функции с помощью карты Карно необходимо учитывать, что крайние столбцы и строки считаются соседними. Если свернуть карту в пространстве, соединив ее края, получим тор с такими же свойствами.

Алгоритм нахождения МКНФ по карте Карно:

1) необходимо выделить на карте контуры так, чтобы были соблюдены следующие условия:

- контуры должны содержать в ячейках внутри себя только нули,
- контуры должны быть прямоугольными или квадратными,
- они должны включать число ячеек, равное степени 2: 1, 2, 4, 8 или 16;
- крайние столбцы, крайние строки и угловые ячейки считаются соседними;
- каждый контур должен охватывать по возможности наибольшее число ячеек,
- контуры могут пересекаться,
- не должно быть контуров, все ячейки которых входят в другие контуры;
- все нули в ячейках должны быть покрыты контурами.

2) Затем необходимо по контурам составить элементарные дизъюнкции, соответствующие им. Для этого при рассмотрении контура выделяются переменные, которые постоянны в контуре, они входят в элементарную дизъюнкцию, переменные же, входящие в контур вместе со своими инверсиями, исключаются из нее.

Заполним ячейки карты значениями из последнего столбца таблицы истинности (табл. 1). Выделим контуры и для каждого запишем выражение (рис. 1).

$x_2\,x_1$ / $x_4\,x_3$	$\overline{x}_2 \cdot \overline{x}_1$	$\overline{x}_2 \cdot x_1$	$x_2 \cdot x_1$	$x_2 \cdot \overline{x}_1$
$\overline{x}_4 \cdot \overline{x}_3$	0	0	1	1
$\overline{x}_4 \cdot x_3$	0	1	0	1
$x_4 \cdot x_3$	1	0	0	1
$x_4 \cdot \overline{x}_3$	0	0	0	1

$x_4 \vee x_2 \vee x_1$ $x_3 \vee x_2$ $\overline{x}_4 \vee \overline{x}_1$ $\overline{x}_3 \vee \overline{x}_2 \vee \overline{x}_1$

Рисунок 1 – Минимизация функции с помощью карты Карно

Объединим полученные дизъюнкции логическим умножением (конъюнкция) и получим МКНФ:

$$y(x_4, x_3, x_2, x_1) = (x_4 \vee x_2 \vee x_1) \cdot (x_3 \vee x_2) \cdot (\overline{x}_4 \vee \overline{x}_1) \cdot (\overline{x}_3 \vee \overline{x}_2 \vee \overline{x}_1).$$

2. Функциональная схема.

Преобразуем полученное выражение МКНФ в заданный базис, используя правило де Моргана ($a \vee b = \overline{\overline{a} \cdot \overline{b}}$ и $a \cdot b = \overline{\overline{a} \vee \overline{b}}$).

$$y(x_4, x_3, x_2, x_1) = (x_4 \vee x_2 \vee x_1) \cdot (x_3 \vee x_2) \cdot (\overline{x}_4 \vee \overline{x}_1) \cdot (\overline{x}_3 \vee \overline{x}_2 \vee \overline{x}_1) =$$
$$= \overline{\overline{x}_4 \cdot \overline{x}_2 \cdot \overline{x}_1} \cdot \overline{\overline{x}_3 \cdot \overline{x}_2} \cdot \overline{x_4 \cdot x_1} \cdot \overline{x_3 \cdot x_2 \cdot x_1}.$$

Заданная интегральная схема ЛА8 (7401) представляет собой четыре логических элемента 2И-НЕ. Учтем ограничение на число входов заданной ИС (=2), применяя правило двойного отрицания ($\overline{\overline{a}} = a$):

$$y(x_4, x_3, x_2, x_1) = \overline{\overline{x}_4 \cdot \overline{x}_2 \cdot \overline{x}_1} \cdot \overline{\overline{x}_3 \cdot \overline{x}_2} \cdot \overline{x_4 \cdot x_1} \cdot \overline{x_3 \cdot x_2 \cdot x_1} =$$
$$= \overline{\overline{\overline{\overline{x}_4 \cdot \overline{x}_2}} \cdot \overline{x}_1} \cdot \overline{\overline{x}_3 \cdot \overline{x}_2} \cdot \overline{x_4 \cdot x_1} \cdot \overline{\overline{\overline{x_3 \cdot x_2}} \cdot x_1}.$$

Потребуются четыре логических элемента 2И-НЕ для инвертирования переменных и восемь - для операций. Всего 12 элементов, т.е. три корпуса микросхемы ЛА8 (4×2И-НЕ).

По полученному выражению составим функциональную схему, реализующую переключательную функцию от четырех переменных (рис. 2).

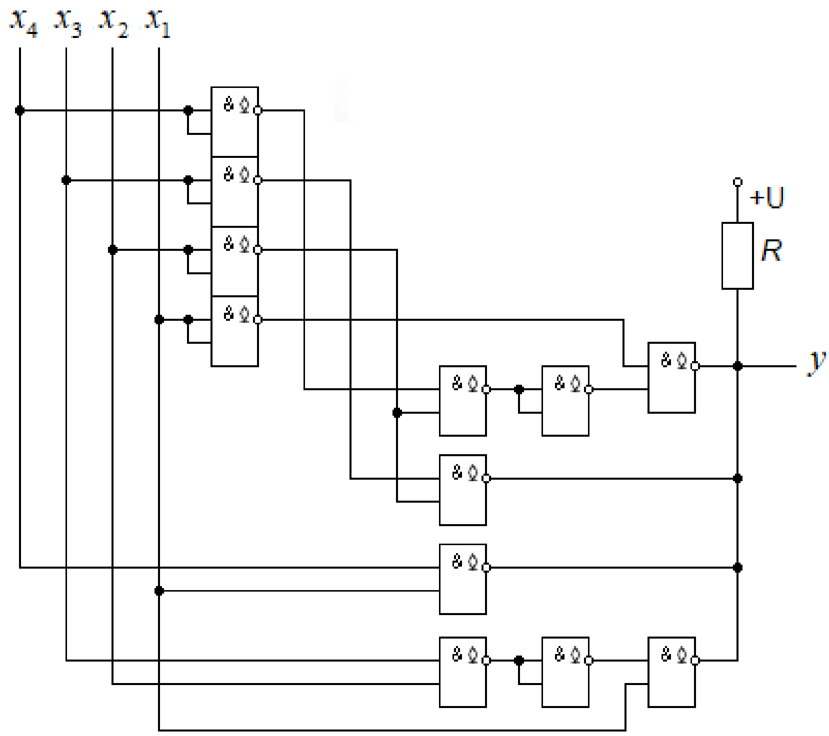

Рисунок 2 – Функциональная схема, реализующая функцию y