МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ
ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №4
«Комбинационные логические схемы»
по дисциплине **«Архитектура аппаратных средств»**

Введение

Время выполнения лабораторной работы (аудиторные часы) – 4 часа
Время самостоятельной работы студента (дополнительные часы) – 4 часа

Минимальная оценка – 3 балла.
Максимальная оценка – 5 баллов.

Цель работы: знакомство студентов с логическими схемами, реализацией логических функций при помощи логических элементов и синтезом логических схем, выполняющих заданные функции.

Оборудование и программное обеспечение: системный блок, клавиатура, мышь, монитор, доступ к сети Интернет.

1 Теоретические сведения

1.1 Аксиомы алгебры логики

Переменные, рассматриваемые в алгебре логики, могут принимать только два значения – 0 или 1. В алгебре логики определены: отношение эквивалентности (обозначается знаком =) и операции: сложения (дизъюнкции), обозначаемая знаком v или +, умножения (конъюнкции), обозначаемая знаком & или точкой, и отрицания (или инверсии), обозначаемая надчеркиванием или апострофом '.

Алгебра логики определяется следующей системой аксиом:

$$\begin{cases} x = 0, & \text{если} \quad x \neq 1, \\ x = 1, & \text{если} \quad x \neq 0; \end{cases} \qquad \begin{cases} \bar{0} = 1, \\ \bar{1} = 0; \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1 \vee 1 = 1, \\ 0 \vee 0 = 0, \\ 0 \vee 1 = 1 \vee 0 = 1; \end{cases} \qquad \begin{cases} 0 \cdot 0 = 0, \\ 1 \cdot 1 = 1, \\ 1 \cdot 0 = 0 \cdot 1 = 0. \end{cases}$$

1.2 Логические выражения

Запись логических выражений обычно осуществляют в конъюнктивной или дизъюнктивной нормальных формах. В дизъюнктивной форме логические выражения записываются как логическая сумма логических произведений, в конъюнктивной форме – как логическое произведение логических сумм. Порядок действий такой же, как и в обычных алгебраических выражениях.

Логические выражения связывают значение логической функции со значениями логических переменных.

1.3 Логические тождества

При преобразованиях логических выражений используются логические тождества:

$$\bar{\bar{x}} = x; \quad x \vee 1 = 1; \quad x \vee 0 = x; \quad x \cdot 1 = x; \quad x \cdot 0 = 0; \quad x \vee x = x; \quad x \cdot x = x; \quad x \vee x \cdot y = x;$$

$$xy \vee x\bar{y} = x; \quad (x \vee y)(x \vee \bar{y}) = x; \quad x \vee \bar{x}y = x \vee y;$$

$$\overline{xy} = \bar{x} \vee \bar{y}, \quad \overline{x \vee y} = \bar{x}\bar{y}.$$

1.4 Логические функции

Любое логическое выражение, составленное из n переменных x_n,, x_{n-1} , …, x_1 с помощью конечного числа операций алгебры логики, можно рассматривать как некоторую функцию n переменных. Такую функцию называют логической. В соответствии с аксиомами алгебры логики функция может принимать в зависимости от значения переменных значение 0 или 1. Функция n логических переменных может быть определена для 2^n значений переменных, соответствующих всем возможным значениям n-разрядных двоичных чисел.

Основной интерес представляют следующие функции двух переменных x и y:

$f1(x, y) = x \cdot y$ – логическое умножение (конъюнкция),

$f2(x, y) = x \vee y$ – логическое сложение (дизъюнкция),

$f3(x, y) = \overline{x \cdot y}$ – логическое умножение с инверсией,

$f4(x, y) = \overline{x \vee y}$ – логическое сложение с инверсией,

$f5(x, y) = x \oplus y = x\bar{y} \vee \bar{x}y$ – суммирование по модулю 2,

$f6(x, y) = \overline{x \oplus y} = xy \vee \overline{xy}$ – равнозначность.

1.5 Логические схемы

Физическое устройство, реализующее одну из операций алгебры логики или простейшую логическую функцию, называется логическим элементом. Схема, составленная из конечного числа логических элементов по определенным правилам, называется логической схемой.

Основным логическим функциям соответствуют выполняющие их схемные элементы.

1.6 Таблица истинности

Так как область определения любой функции n переменных конечна (2^n значений), такая функция может быть задана таблицей значений $f(v_i)$, которые она принимает в точках v_i, где $i = 0, 1, \ldots, 2^n-1$. Такие таблицы называют таблицами истинности. В таблице 1 представлены таблицы истинности, задающие указанные выше функции.

Таблица 1

i	Значения		Функции					
	X	У	f1	f2	f3	f4	f5	f6
0	0	0	0	0	1	1	0	1
1	0	1	0	1	1	0	1	0
2	1	0	0	1	1	0	1	0
3	1	1	1	1	0	0	0	1

$i = 2x+y$ - число, образованное значениями переменных.

1.7 Комбинационные схемы

Комбинационной схемой называется логическая схема, реализующая однозначное соответствие между значениями входных и выходных сигналов. Для реализации комбинационных схем используются логические элементы, выпускаемые в виде интегральных схем. В этот класс входят интегральные схемы дешифраторов, шифраторов, мультиплексоров, демультиплексоров, сумматоров.

1.8 Дешифраторы

Дешифратор - логическая комбинационная схема, которая имеет n информационных входов и 2^n выходов. Каждой комбинации логических уровней на входах будет соответствовать активный уровень на одном из 2^n выходов. Обычно n равно 2, 3 или 4. На рисунке 1 изображен дешифратор с n = 3, активным уровнем является уровень логического нуля. На входы C, B, A можно подать следующие комбинации логических уровней: 000, 001, 010, ..., 111, всего 8 комбинаций.

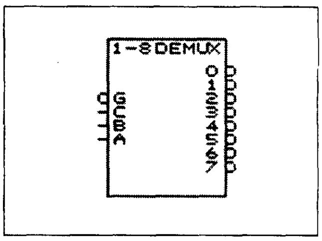

Рисунок 1 – Дешифратор с 3 входами и 8 выходами

Схема имеет 8 выходов, на одном из которых формируется низкий потенциал, на остальных - высокий. Номер этого единственного выхода, на котором формируется активный (нулевой) уровень, соответствует числу N, определяемому состоянием входов C, B, A следующим образом: $N = C \cdot 2^2 + B \cdot 2^1 + A \cdot 2^0$. Например, если на входы подана комбинация логических уровней 011, то из восьми выходов микросхемы (Y0, Y1, ..., Y7) на выходе с номером N = 3 установится нулевой уровень сигнала (Y3 = 0), а все остальные выходы будут иметь уровень логической единицы. Этот принцип формирования выходного сигнала можно описать следующим образом:

$$Y_i = \begin{cases} 0, & \text{если} \quad i = k; \\ 1, & \text{если} \quad i \neq k; \\ k = 2^2 \cdot C + 2^1 \cdot B + 2^0 \cdot A. \end{cases}$$

Видно, что уровень сигнала на выходе Y3 описывается выражением:

$$Y3 = \overline{\overline{C} \cdot B \cdot A} = 0.$$

В таком же виде можно записать выражения для каждого выхода дешифратора:

$$Y0 = \overline{\overline{C} \cdot \overline{B} \cdot \overline{A}}, \qquad Y4 = \overline{C \cdot \overline{B} \cdot \overline{A}},$$

$$Y1 = \overline{\overline{C} \cdot \overline{B} \cdot A}, \qquad Y5 = \overline{C \cdot \overline{B} \cdot A},$$

$$Y2 = \overline{\overline{C} \cdot B \cdot \overline{A}}, \qquad Y6 = \overline{C \cdot B \cdot \overline{A}},$$

$$Y3 = \overline{\overline{C} \cdot B \cdot \overline{A}}, \qquad Y7 = \overline{C \cdot B \cdot A}.$$

Помимо информационных входов A, B, C дешифраторы обычно имеют дополнительные входы управления G. Сигналы на этих входах, например, разрешают функционирование дешифратора или переводят его в пассивное состояние, при котором, независимо от сигналов на информационных входах, на всех выходах установится уровень логической единицы. Можно сказать, что существует некоторая функция разрешения, значение которой определяется состояниями управляющих входов.

Разрешающий вход дешифратора может быть прямым или инверсным. У дешифраторов с прямым разрешающим входом активным уровнем является уровень логической единицы, у дешифраторов с инверсным входом - уровень логического нуля. На рисунке 1 представлен дешифратор с одним инверсным входом управления. Принцип формирования выходного сигнала в этом дешифраторе с учетом сигнала управления описывается следующим образом:

$$Y_i = \begin{cases} \overline{1 \cdot \overline{G}}, & \text{если} \quad i = k; \\ 1, & \text{если} \quad i \neq k; \\ k = 2^2 \cdot C + 2^1 \cdot B + 2^0 \cdot A. \end{cases}$$

У дешифратора с несколькими входами управления функция разрешения, как правило, представляет собой логическое произведение всех разрешающих сигналов управления.

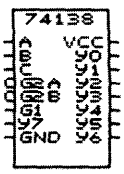

Рисунок 2 – Дешифратор с несколькими входами управления

Например, для дешифратора 74HC138 с одним прямым входом управления G1 и двумя инверсными G2A и G2B (рисунок 2) функции выхода Y_i и разрешения G имеют вид:

$$Y_i = \begin{cases} \overline{1 \cdot \overline{G}}, & \text{если} \quad i = k; \\ 1, & \text{если} \quad i \neq k; \\ k = 2^2 \cdot C + 2^1 \cdot B + 2^0 \cdot A, \end{cases}$$

$$G = G1 \cdot \overline{G2A} \cdot \overline{G2B}.$$

Обычно входы управления используются для каскадирования (увеличения разрядности) дешифраторов или при параллельной работе нескольких схем на общие выходные линии.

2. Задание на проведение лабораторной работы

На сайте https://nandgame.com/ пройдите первые два уровня конструирования логических схем (рисунок 3).

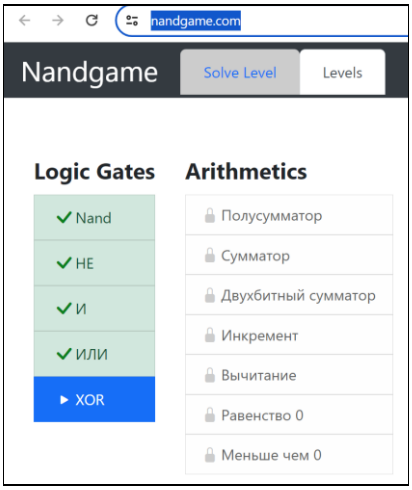

Рисунок 3 Логические схемы

На минимум (3 балла) реализовать работу логических элементов (Logic Gates). На максимум (5 баллов) также реализовать работу арифметических схем (Arithmetics).

Объяснить полученный результат.

3. Отчет по лабораторной работе

Отчет по выполненной работе производится в виде показа выполненных заданий и устного ответа на контрольные вопросы.

4. Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Что такое логическая переменная и логический сигнал?
2. Какие значения могут принимать переменные и логический сигнал?
3. Что такое логическая функция?
4. Какие операции могут быть в алгебре логики?
5. Для чего нужны логические выражения?
6. Для чего нужны логические тождества?
7. Назначение логических схем.
8. Что такое таблица истинности?
9. Что такое комбинационная схема и как они реализуются?
10. Какие логические функции выполняет дешифратор?
11. Каково назначение входов управления в дешифраторе, как влияет сигнал управления на выходные функции дешифратора?