

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

ПОСТРОЕНИЕ КОМБИНАЦИОННЫХ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ И ИХ ИССЛЕДОВАНИЕ

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ, ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ЕЁ ВЫПОЛНЕНИЯ

Целью выполнения лабораторной работы является формирование практических навыков построения логических схем на основе булевых выражений и упрощение булевых выражений с использованием карт Карно.

Основными задачами выполнения лабораторной работы являются:

1. построение булевых выражений по таблицам истинности;
2. построения логических схем на основе булевых выражений;
3. упрощение булевых выражений с использованием карт Карно.

Результатами работы являются:

- булево выражение, полученное по заданной таблице истинности;
- логическая схема, построенная по булеву выражению;
- результат упрощения булева выражения с помощью карт Карно;
- логическая схема, построенная по упрощенному булеву выражению;
- сравнение результатов работы двух логических схем;
- подготовленный отчет.

Необходимое оборудование для выполнения лабораторной работы:

- персональный компьютер с программным обеспечением Micro-Cap.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Построение комбинационных логических схем

Комбинационными называются функциональные узлы, логическое состояние выходов которых зависит только от комбинации логических сигналов на входах в данный момент времени.

Состояние входов и выходов логической схемы может быть описано таблицей истинности или булевым выражением.

Булево выражение в **дизъюнктивной нормальной форме** – это функция, представляющая собой сумму, каждое слагаемое которой является произведением всех входных переменных или их инверсий:

$$Y = A \cdot B \cdot C + A \cdot B \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C}.$$

Данное выражение можно упростить, используя аксиомы и законы булевой алгебры, и получить так называемую минимальную сумму:

$$Y = (C + \bar{C}) \cdot A \cdot B + (B + \bar{B}) \cdot \bar{A} \cdot \bar{C} = A \cdot B + \bar{A} \cdot \bar{C},$$

поскольку $C + \bar{C} = 1$ и $B + \bar{B} = 1$

Конъюнктивная нормальная форма – это функция, представляющая собой произведение членов, каждый из которых является суммой всех переменных или их инверсий:

$$Y = (\bar{A} + B + \bar{C}) \cdot (\bar{A} + B + C) \cdot (A + \bar{B} + C) \cdot (A + B + C).$$

Данное выражение можно упростить и получить минимальное произведение:

$$Y = ((A + \bar{B}) + C \cdot \bar{C}) \cdot ((A + C) + B \cdot \bar{B}) = (A + \bar{B}) \cdot (A + C),$$

т.к. $C \cdot \bar{C} = 0$ и $B \cdot \bar{B} = 0$.

Рассмотрим, как можно преобразовать информацию, представленную в форме таблицы истинности, в булево выражение. В табл. 1 показаны все возможные комбинации трех входов (A, B, C) и выхода (Y). Из табл. 1 видно, что только три из восьми возможных комбинаций двоичных сигналов на входах A, B, C дают на выходе логическую 1. Эти комбинации представлены выражениями: $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ (читается как: не C и не B и A), $\bar{C} \cdot B \cdot A$ и $C \cdot B \cdot \bar{A}$. В булевом

выражении эти три комбинации связываются логической функцией или т.о. булево выражение имеет вид:

$$Y = \bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A + \bar{C} \cdot B \cdot A + C \cdot B \cdot \bar{A}.$$

Таблица 1. Таблица истинности

ВХОДЫ			ВЫХОД
<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>Y</i>
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

Заметим, что полученное булево выражение можно упростить:

$$Y = \bar{C} \cdot A \cdot (\bar{B} + B) + C \cdot B \cdot \bar{A} = \bar{C} \cdot A + C \cdot B \cdot \bar{A}.$$

Это выражение содержит две комбинации входов, но в столбце выхода (табл. 1) имеется три логические 1.

Построим логическую схему для булева выражения, соответствующую табл. 1. На выходе логической схемы должен быть логический элемент *ИЛИ* (OR). Кроме этого, схема (рис. 61) содержит два элемента *И* (AND) и два инвертора (NOT).

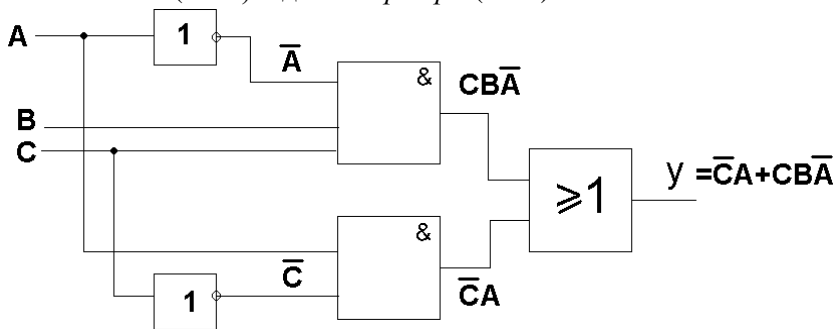


Рис. 61. Логическая схема, соответствующая табл. 1

Легко произвести обратное преобразование – по булеву выражению построить таблицу истинности. Для выражения:

$Y = C \cdot \bar{B} \cdot A + \bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$ в табл.2, находим комбинации входов A, B, C и проставляем логические 1 в столбце значений выхода.

Таблица 2. Таблица истинности

ВХОДЫ			ВЫХОД
C	B	A	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

На рис. 62 представлена логическая схема для табл. 2.

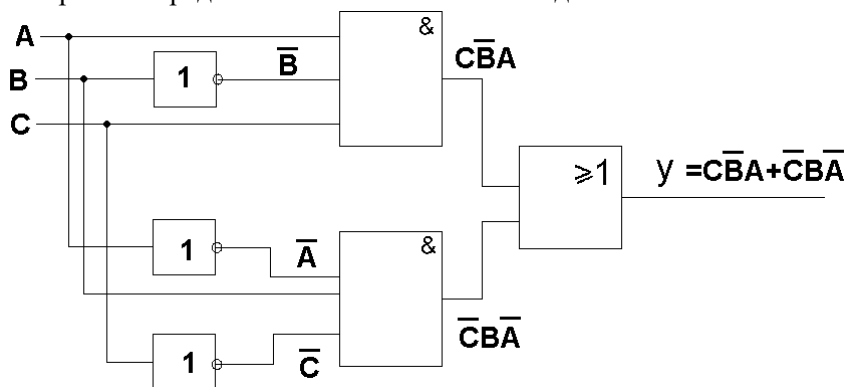


Рис. 62. Логическая схема, соответствующая табл. 3

Рассмотрим булево выражение: $Y = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} + A \cdot B$.

Для реализации логической схемы, соответствующей этому выражению, необходимы три элемента И, два инвертора и один элемент ИЛИ с тремя входами (рис. 63).

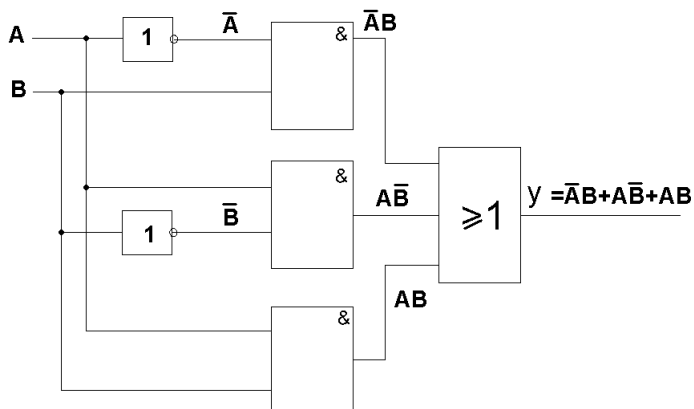


Рис. 63. Логическая схема

Составим таблицу истинности для логической схемы, изображённой на рис. 63.

Таблица 3. Таблица истинности

ВХОДЫ		ВЫХОД
<i>B</i>	<i>A</i>	<i>Y</i>
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Анализ табл. 3 показывает, что она соответствует таблице истинности логического элемента *ИЛИ*. Булево выражение для элемента *ИЛИ* имеет вид: $Y = A + B$, а логическая схема изображена на рис. 64.

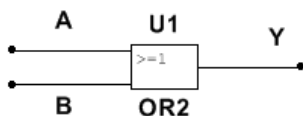


Рис. 64. Логическая схема, соответствующая табл. 3

Приведённый пример показывает, что для реализации исходного булева выражения нет необходимости использовать шесть логических элементов (рис. 63). Используя упрощения булева выражения можно получить более простую логическую схему (рис. 64). Для упрощения

булевых выражений можно воспользоваться методами, использующими карты Карно.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

На выполнение лабораторной работы отводится 4 академических часов: 3 часов на выполнение и сдачу лабораторной работы и 1 час на подготовку отчета.

Порядок выполнения:

1. Изучить краткий теоретический материал.
2. Получить [булево выражение](#) по [таблице истинности](#).
3. По булеву выражению построить [логическую схему](#).
4. Упростить булево выражение с помощью карты Карно.
5. Построить логическую схему для упрощенного булева выражения.
6. Сравнить результаты работы двух логических схем.
7. Оформить отчет.
8. Защитить выполненную работу у преподавателя.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Задано логическое выражение:

$$Y = \overline{A}\overline{B}\overline{C}\overline{D} + \overline{A}B\overline{C}\overline{D} + A\overline{B}\overline{C}\overline{D} + \overline{A}\overline{B}C\overline{D} +$$

$$+ A\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}B\overline{C}D + A\overline{B}\overline{C}D + \overline{A}B\overline{C}D$$

Карта Карно для выражения показано на рис. 65.

	$\overline{C}\overline{D}$	$\overline{C}D$	CD	$C\overline{D}$
$\overline{A}\overline{B}$		1		1
$\overline{A}B$				1
AB		1	1	1
$A\overline{B}$			1	1

Рис. 65. Карта Карно

На карте можно построить три контура, что даст в упрощенном выражении три члена и одна единица не входит ни в один контур и поэтому даст ещё один член, содержащий четыре переменные. Упрощенное булево выражение примет вид:

$$Y = C\bar{D} + AC + ABD + \bar{A}\bar{B}\bar{C}D.$$

На рис. 66 приведена логическая схема, соответствующая упрощенному булеву выражению.

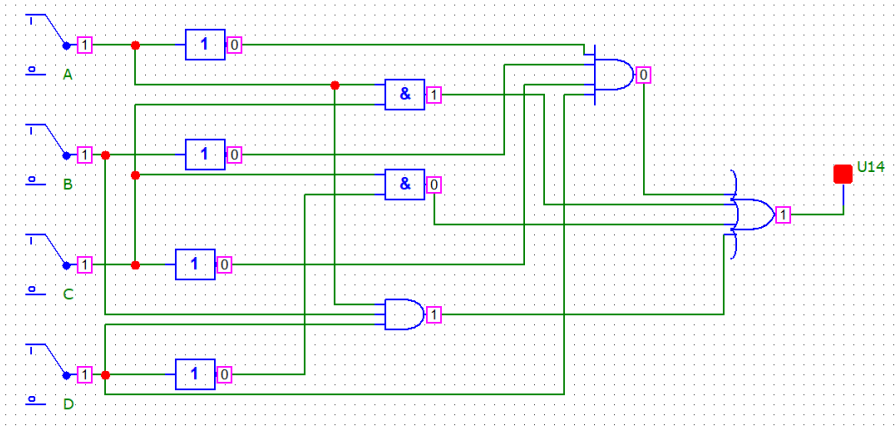


Рис. 66. Логическая схема

На рис. 66 показан результат проверки упрощенного логического выражения: на выходе схемы получена логическая 1, что соответствует комбинации входов $\bar{A}\bar{B}\bar{C}D$.

ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

D	C	B	A	Значение выхода Y для различных вариантов														
				№ варианта														
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0
0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1
0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0
0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1

0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0
0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1
1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0
1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0
1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Перечислите основные двоичные элементы и выполняемые ими функции.
2. Какие булевы функции используются для описания связи входов и выходов основных двоичных логических элементов?
3. Какие функциональные узлы называются комбинационными?
4. Упростите логическое выражение $Y = \overline{A}BC + \overline{A}\overline{B}C + ABC$, используя основные аксиомы и законы булевой алгебры.
5. Для логического выражения $Y = \overline{A}BC + \overline{A}\overline{B}C + ABC$ составьте таблицу истинности.
6. Для логического выражения $Y = \overline{A}BC + ABC + ABC$ постройте логическую схему.
7. Упростите логическое выражение $Y = \overline{A}BC + ABC + ABC$, используя основные аксиомы и законы булевой алгебры и, постройте логическую схему.
8. Упростите логическое выражение $Y = \overline{A}BC + ABC + ABC$, используя карту Карно.
9. Используя карту Карно упростите логическое выражение $Y = \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + A\overline{B}C\overline{D} + A\overline{B}C\overline{D}$.

ФОРМА ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Номер варианта студенту выдается преподавателем. Отчет на защиту предоставляется в печатном виде.

Структура отчета (на отдельном листе(-ах)):

- титульный лист;
- цели и задачи работы;
- формулировка задания (вариант);
- логическая схема для исходного булева выражения;
- карта Карно для исходного булева выражения;
- упрощенное выражение;
- выводы.