

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

ИЗУЧЕНИЕ БАЗОВЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И УСТРОЙСТВ НА ИХ ОСНОВЕ (4 часа)

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Настоящая лабораторная работа знакомит студентов с основными логическими функциями и реализующими их элементами, развивает навыки в составлении уравнений, описывающих логические узлы, их минимизации и синтеза схем с конкретным назначением.

2. ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

3.1. Изучить принцип работы микросхем: КР1533ЛА1, КР1533ЛА3, КР1533ЛА4, КР1533ИЕ7.

3.2. Изучить способы минимизации булевых функций (БФ).

3.3. Провести минимизацию БФ по заданию преподавателя одним из известных вам способов.

3.4. Получить минимизированное алгебраическое выражение в виде дизъюнктивной нормальной формы (ДНФ).

3.5. Реализовать полученную функцию в элементном базисе И-НЕ.

3.6. Представить диаграмму напряжений, реализуемую данной функцией.

3. ПРОГРАММА РАБОТЫ

4.1. Предварительно представить структурную схему эксперимента, состоящую из генератора импульсов, счетчика, исследуемой схемы, и осциллографа.

4.2. Собрать на лабораторном наборном поле согласно предварительному заданию вариант логической схемы.

4.3. Убедиться в правильности функционирования логической схемы, реализующей заданную функцию. Сравнить экспериментальную осциллограмму функции с теоретической диаграммой.

4.4. В случае неправильной работы синтезированной схемы найти ошибки, допущенные при сборке и подключении микросхем или в процессе минимизации БФ, и устранив их, добиться правильного результата.

4. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

4.1. Основные законы Булевой алгебры.

Законы для одной переменной

$$X + 0 = X. \quad (1.1)$$

$$X \times 0 = 0. \quad (1.2)$$

$$X + 1 = 1. \quad (1.3)$$

$$X \times 1 = X. \quad (1.4)$$

$$X + X = X. \quad (1.5)$$

$$X \times X = X. \quad (1.6)$$

$$X + \bar{X} = 1. \quad (1.7)$$

$$X \times \bar{X} = 0. \quad (1.8)$$

$$\overline{\bar{X}} = X. \quad (1.9)$$

Законы для двух и более переменных

1. Переместительный закон:

$$X+Y+Z=Y+X+Z=Z+X+Y, \quad (1.10)$$

$$X \times Y \times Z = Y \times X \times Z = Z \times X \times Y. \quad (1.11)$$

2. Сочетательный закон.

$$X+Y+Z=(X+Y)+Z=(Z+Y)+X, \quad (1.12)$$

$$X \times Y \times Z=(X \times Y)Z=(Z \times Y)X. \quad (1.13)$$

3. Распределительный закон:

$$X(Y+Z)=X \times Y+X \times Z, \quad (1.14)$$

$$X+(X \times Z)=(X+Y)(X+Z). \quad (1.15)$$

4. Закон поглощения:

$$X+X \times Y=X(1+Y)=X, \quad (1.16)$$

$$X(X+Y)=X+XY=X. \quad (1.17)$$

5. Закон склеивания:

$$X \times Y+\bar{X} \times Y=Y(X+\bar{X})=Y, \quad (1.18)$$

$$\overline{X \times Y}=\bar{X}+\bar{Y}, \quad (1.22)$$

$$X \times Y=\overline{\bar{X}+\bar{Y}}. \quad (1.23)$$

4.2. Метод карт Карно.

Карта Карно представляет собой своеобразную таблицу истинности.

Двухранговая карта Карно

	<i>A</i>	0	1
<i>B</i>	0	$\bar{A}\bar{B}$	$A\bar{B}$
1		$\bar{A}B$	AB

Трёхранговая карта Карно

	<i>AB</i>	00	01	11	10
<i>C</i>	0	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}$	$\bar{A}B\bar{C}$	$AB\bar{C}$	$A\bar{B}\bar{C}$
1		$\bar{A}\bar{B}C$	$\bar{A}BC$	ABC	$A\bar{B}C$

Четырёхранговая карта Карно

	<i>AB</i>	00	01	11	10
<i>CD</i>	00	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D}$	$\bar{A}B\bar{C}\bar{D}$	$AB\bar{C}\bar{D}$	$A\bar{B}\bar{C}\bar{D}$
01		$\bar{A}\bar{B}C\bar{D}$	$\bar{A}BC\bar{D}$	$AB\bar{C}D$	$A\bar{B}C\bar{D}$
11		$\bar{A}\bar{B}CD$	$\bar{A}BCD$	$ABCD$	$A\bar{B}CD$
10		$\bar{A}B\bar{C}\bar{D}$	$\bar{A}BC\bar{D}$	$ABC\bar{D}$	$A\bar{B}C\bar{D}$

Минимизация БФ с помощью карт Карно

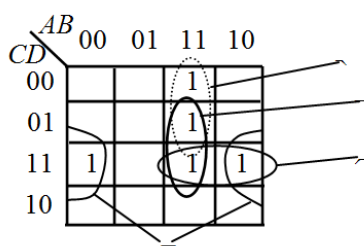
Порядок минимизации БФ:

1. Записываем алгебраическое выражение БФ.
2. В соответствии с количеством переменных выбираем соответствующую карту Карно.
3. Записываем "1" в те клетки карты Карно, слагаемые которых присутствуют в заданной функции.
4. Объединяем общим контуром 2^n рядом стоящих "1".
5. В полученных контурах исключаем взаимодополняющие себя переменные.
6. Записываем минимизированное выражение БФ.

Пример

Задана БФ: $F = ABC\bar{D} + ABC\bar{D} + \bar{A}\bar{B}CD + A\bar{B}CD + ABCD$.

Для данной БФ четырёхгранговая карта Карно будет иметь следующий вид:



$$\sim - \bar{A}\bar{B}CD + A\bar{B}CD = \bar{B}CD(\bar{A} + A) = \bar{B}CD,$$

$$\sim - ABCD + A\bar{B}CD = ACD(B + \bar{B}) = ACD,$$

$$\sim - ABC\bar{D} + ABCD = ABC(D + \bar{D}) = ABC,$$

$$\sim - ABC\bar{D} + ABCD = ABD(C + \bar{C}) = ABD.$$

В итоге получаем минимизированное выражение заданной БФ:

$$F = \bar{B}CD + ACD + ABC + ABD.$$

В таблице 1.1 приведены значения F при различных значениях A, B, C и D .

Таблица 1.1.

№	A	B	C	D	F
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0
2	0	0	1	0	0
3	0	0	1	1	1
4	0	1	0	0	0
5	0	1	0	1	0
6	0	1	1	0	0
7	0	1	1	1	0
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0
10	1	0	1	0	0
11	1	0	1	1	1
12	1	1	0	0	1
13	1	1	0	1	1
14	1	1	1	0	0
15	1	1	1	1	1

4.3. ИМС, используемые при выполнении лабораторной работы.

ИМС КР1533ЛА1 – 2 элемента 4И-НЕ. На рис.1.3 приведено ее условно-графическое обозначение (УГО) и цоколевка. Работу одной секции данной ИМС характеризует таблица 1.2. Зарубежный аналог – 74ALS20 (7420).

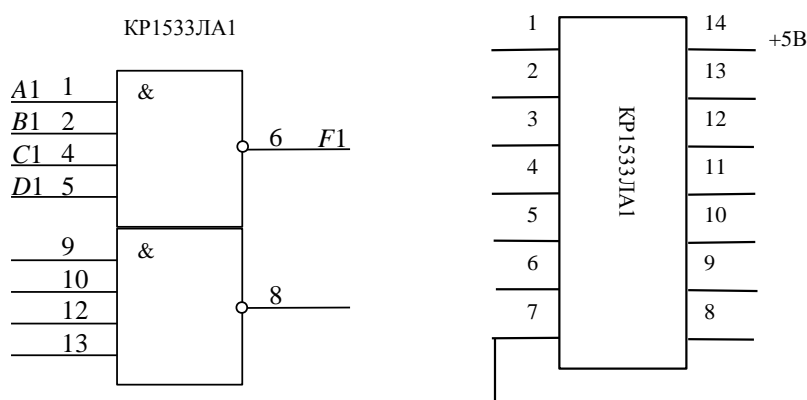


Рис.1.1. УГО ИМС КР1533ЛА1 и ее цоколевка.

Таблица 1.2.

Входы		Выход
A1	B1	F1
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

ИМС КР1533ЛА3 – 4 элемента 2И-НЕ. На рис.1.2 приведено ее УГО и цоколевка. Работу одной секции данной ИМС характеризует таблица 1.3. Зарубежный аналог – 74ALS00 (7400).

Таблица 1.3.

Входы				Выход
A1	B1	C1	D1	F1
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0

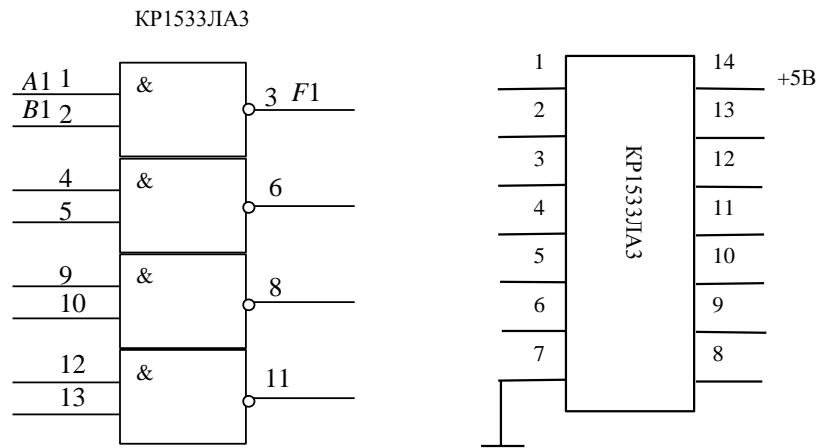


Рис.1.2. УГО ИМС КР1533ЛАЗ и ее цоколевка.

ИМС КР1533ЛА4 – 3 элемента 3И-НЕ. На рис.1.3 приведено ее УГО и цоколевка. Работу одной секции данной ИМС характеризует таблица 1.4. Зарубежный аналог – 74ALS10 (7410).

Таблица 1.4.

Входы			Выход
A1	B1	C1	F1
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

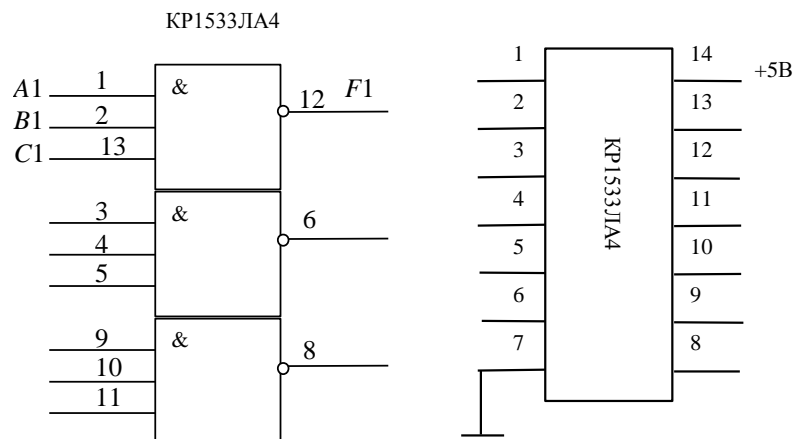


Рис.1.3. УГО ИМС КР1533ЛА4 и ее цоколевка.

ИМС КР1533ИЕ7 (К555ИЕ7) – 4-х разрядный реверсивный счетчик (рассмотрен в лабораторной работе №3). Зарубежный аналог К555ИЕ7 – 74LS193 (74193).

Пример реализации БФ в элементном базисе И-НЕ

На рис.1.4 приведена реализация БФ, полученной в 5.2, в элементном базисе И-НЕ с использованием генератора тактовых импульсов и 4-х разрядного реверсивного счетчика КР1533ИЕ7. На рис.1.5 приведены диаграммы напряжений для схемы, представленной на рис.1.4. В таблице 1.5. приведены ножки микросхем, подключаемых к общей точке и питанию.

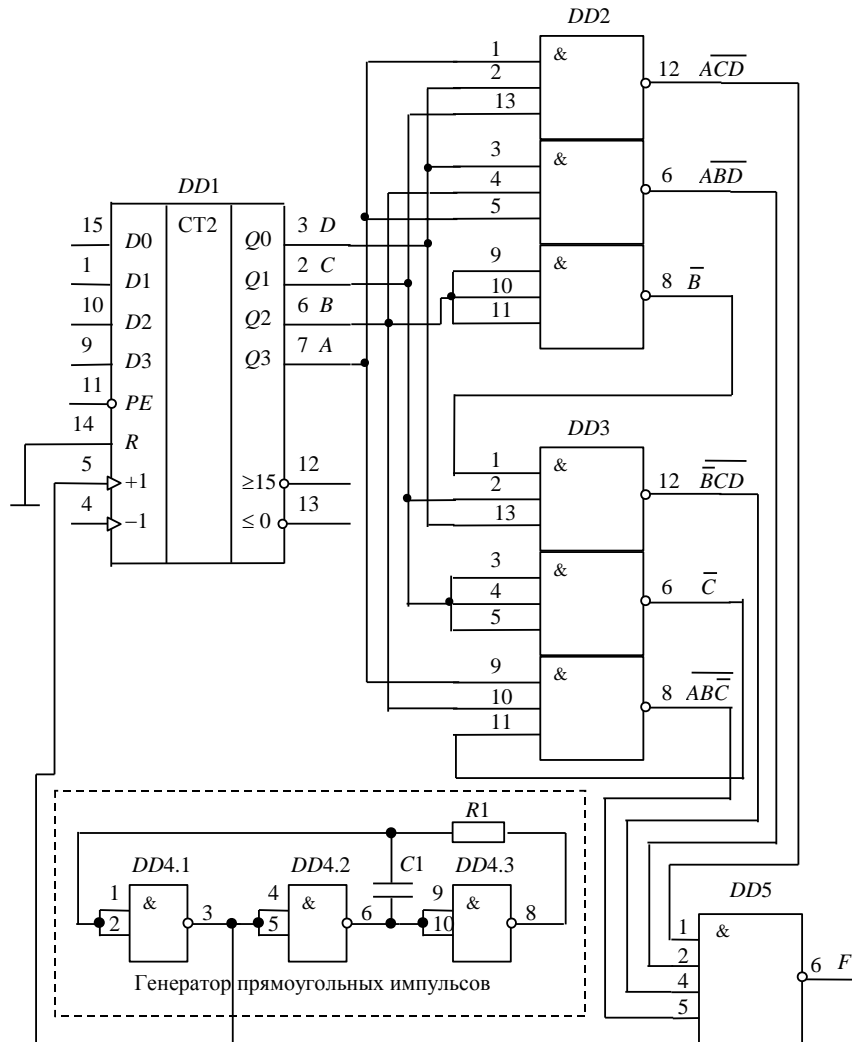


Рис.1.4. Схема реализации БФ в элементном базисе И-НЕ.

Тип ИМС	КР1533ИЕ7	КР1533ЛА4	КР1533ЛА3	КР1533ЛА1
Обозначение на схеме	DD1	DD2, DD3	DD4	DD5
Общий (GND)	8	7	7	7
+ 5В (VCC)	16	14	14	14

В среде Multisim по умолчанию ножки (pins) питания микросхем скрыты, подключение их к шине питания не требуется. В качестве генератора прямоугольных импульсов целесообразно использовать элемент DIGITAL_CLOCK (в меню SOURCE → DIGITAL_SOURCE). Генератор прямоугольных импульсов и счетчик DD1 представляют собой схему формирования последовательностей двоичных импульсов (сигналов), аналог которой представлен на рис. 1.5.

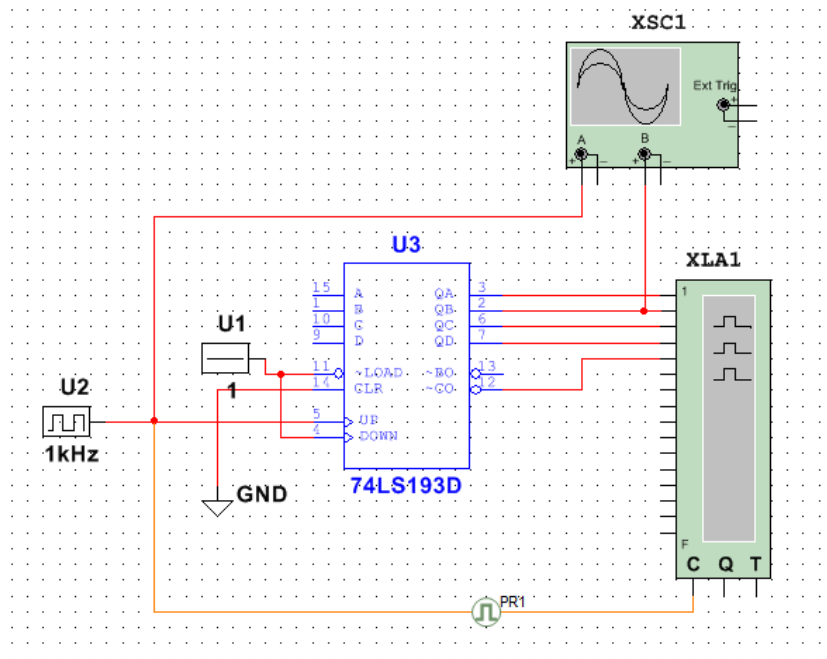


Рис. 1.5. Схема формирователя двоичных сигналов.

Элементы схемы формирователя двоичных сигналов:

U1 – DIGITAL_CONSTANT – источник постоянного сигнала уровней логических 0 или 1 (в меню SOURCE → DIGITAL_SOURCE);

U2 – DIGITAL_CLOCK – источник прямоугольных импульсов (в меню SOURCE → DIGITAL_SOURCE);

U3 – двоичный счетчик К555ИЕ7 (74LS193) – формирует четыре последовательности прямоугольных импульсов;

GND – общая точка цифровой схемы (обозначение в каталоге DGND);

PR1 – place digital probe – цифровой пробник, служит для определения логического уровня;

XLA1 – Logic Analyzer – цифровой анализатор, позволяет строить диаграммы логических сигналов (использовать с осторожностью!);

XSC1 – двухканальный осциллограф, рекомендуется для наблюдения и измерения параметров цифровых сигналов.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Прокомментируйте основные параметры логических элементов.
2. Какие значения напряжений соответствуют уровням логических 0 и 1 для ТТЛ и КМОП микросхем?
3. Каким образом можно обеспечить уровень логических 0 и 1 на входах ТТЛ и КМОП микросхем?
4. Как поступают на практике с неиспользуемыми входами логических элементов?
5. Запишите функцию и приведите таблицу истинности для следующих логических элементов: а) ИЛИ; б) И; в) НЕ; г) ИЛИ-НЕ; д) И-НЕ; е) исключающее ИЛИ.
6. Приведите простейшую электрическую схему логического элемента: а) ИЛИ; б) И; в) НЕ. Поясните принцип работы.

7. Как поступают на практике неиспользуемыми элементами и входами микросхем ТТЛ?
8. В каких случаях допускается соединение выходов логических элементов ТТЛ?
9. Приведите УГО логического элемента с открытым коллектором. Укажите области применения таких элементов.
10. В чем заключается отличие тристабильного буфера от обычных логических элементов? Приведите таблицу истинности такого элемента.
11. Синтезируйте сумматор по модулю 2 на логических элементах в базисе: а) И-НЕ; б) ИЛИ-НЕ.
12. Что такое тупиковая форма функции?
13. Пояснить возможность возникновения опасных состояний на примере синтезированной Вами схемы.
14. Как составить таблицу истинности для трех аргументов $X_1X_2X_3$, если функция принимает значение 1, тогда когда X_2 принимает значение 1. Напишите булево выражение для функции, принимающей значение 1.

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Предварительное задание (процесс минимизации заданной БФ, теоретическая диаграмма процесса формирования заданной функции, таблица истинности).
3. Краткая программа работы.
4. Результаты выполнения программы:
 - принципиальная схема, синтезированная по тупиковой функции, объяснение ее работы;
 - таблица истинности, результаты эксперимента полученной функции.
5. Выводы.