

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

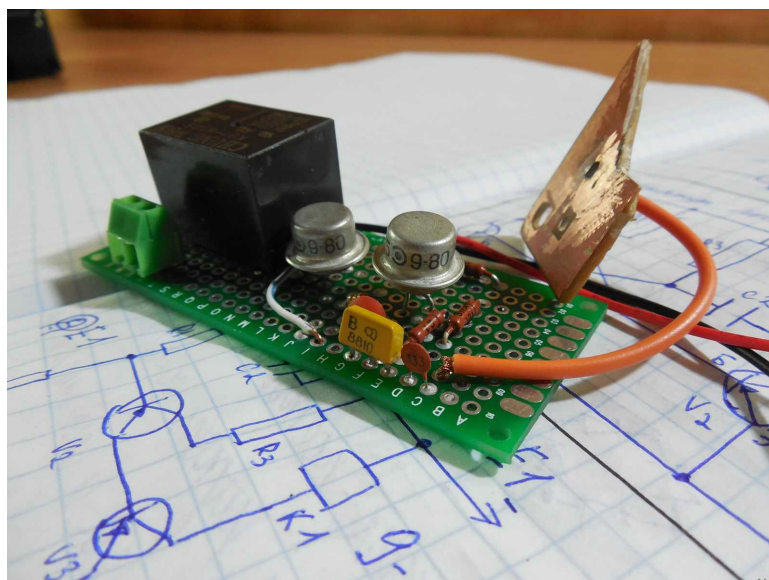
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра твердотельной электроники

ИНФОРМАТИКА. ОСНОВЫ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ
для студентов направления
11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»
(профиль «Микроэлектроника и твердотельная электроника»)
всех формы обучения



Воронеж 2023

УДК 621.396.6(075.8)
ББК 844-02я73

Составитель

канд. техн. наук Н. Н. Кошелева

Информатика. Основы алгебры логики: методические указания к выполнению лабораторных работы для студентов направления 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» (профиль «Микроэлектроника и твердотельная электроника») всех формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Н. Н. Кошелева. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2023. 22 с.

Методические указания содержат описание лабораторных работ по дисциплине «Информатика» с применением электронной лаборатории Electronics Workbench. К каждой работе приведены подробные методические указания по проведению виртуальных экспериментальных исследований логических устройств на основе их имитационного моделирования. Приведены вопросы для самопроверки и библиографический список.

Предназначены для студентов второго курса.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле Основы_алгебры_логики.pdf.

Ил. 7. Табл. 2. Библиогр.: 7 назв.

УДК 621.396.6(075.8)
ББК 844-02я73

Рецензент – Т. В. Свистова, канд. техн. наук, доц. кафедры
твердотельной электроники ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

Лабораторная работа № 1

Исследование реакции логических элементов (ЛЭ) на входные воздействия

Цель работы

Получение практических навыков исследования и проверки работоспособности логических элементов (ЛЭ).

Учебно-материальное обеспечение занятия

Лабораторное оборудование

Система виртуального схемотехнического моделирования ElectronicsWorkbench.

Содержание отчета

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Наименование каждого пункта работы, схемы, результаты измерений и расчётов.
3. Выводы по результатам исследований.

Краткие теоретические сведения

1. **Аксиомы алгебры логики.** Переменные, рассматриваемые в алгебре логики, могут принимать только два значения - 0 или 1. В алгебре логики определены: отношение эквивалентности ($=$); операция ИЛИ (дизъюнкция) ($A+B$, $A\vee B$); операция И (конъюнкция) ($A\cdot B$, $A\wedge B$); операция НЕ (инверсия) ($\bar{A}$)

Аксиомы алгебры логики

$X=0$, если $X\neq 1$ $X=1$, если $X\neq 0$	$\bar{0}=1$ $\bar{1}=0$
$1+1=1$ $0+0=0$ $0+1=1+0=1$	$0\cdot 0=0$ $1\cdot 1=1$ $1\cdot 0=0\cdot 1=0$

Таблица истинности логической операции НЕ

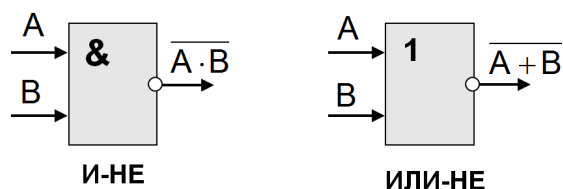
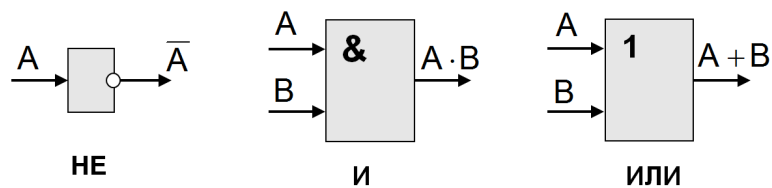
A	$\bar{A}$
0	1
1	0

Таблица истинности логической операции ИЛИ			Таблица истинности логической операции И		
A	B	$A+B$	A	B	$A \cdot B$
0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	1	0
1	0	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1

2. Логические тождества. При преобразованиях логических выражений используются логические тождества:

название	для И	для ИЛИ
Двойное отрицание	$\overline{\bar{A}}=A$	
Исключения третьего	$A \cdot \bar{A}=0$	$A+\bar{A}=1$
Операции с константами	$A \cdot 0=0$	$A+0=A$
	$A \cdot 1=A$	$A+1=1$
Повторения	$A \cdot A=A$	$A+A=A$
Поглощения	$A \cdot (A+B)=A$	$A+A \cdot B=A$
Переместительный	$A \cdot B=B \cdot A$	$A+B=B+A$
Сочетательный	$A \cdot (B \cdot C)=(A \cdot B) \cdot C$	$A+(B+C)=(A+B)+C$
Распределительный	$A+B \cdot C=(A+B) \cdot (A+C)$	$A \cdot (B+C)=A \cdot B+A \cdot C$
Законы де Моргана	$\overline{A \cdot B}=\bar{A}+\bar{B}$	$\overline{A+B}=\bar{A} \cdot \bar{B}$

Логические элементы



ГОСТ	ANSI	ГОСТ	ANSI
 Буфер	 BUF	 ИЛИ	 OR
 Инвертор	 INV	 ИЛИ-НЕ	 NOR
 И	 AND	 Исключающее ИЛИ	 XOR
 И-НЕ	 NAND	 Исключающее ИЛИ-НЕ	 XNOR

Порядок выполнения работы

1. Изучить работу ЛЭ 2И

Соберите схему, изображенную на рис. 1;
 включите схему;
 переключая входное напряжение, заполните таблицу истинности.

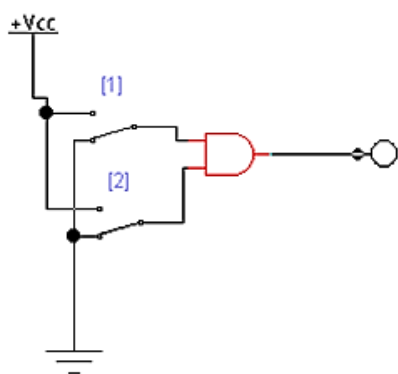


Рис. 1. Схема для исследования логического элемента 2И

Таблица 1

U _{ВХ1}	U _{ВХ2}	U _{ВЫХ}
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Приведем порядок действий в программе EWB для составления схемы.

Добавление земли и питания

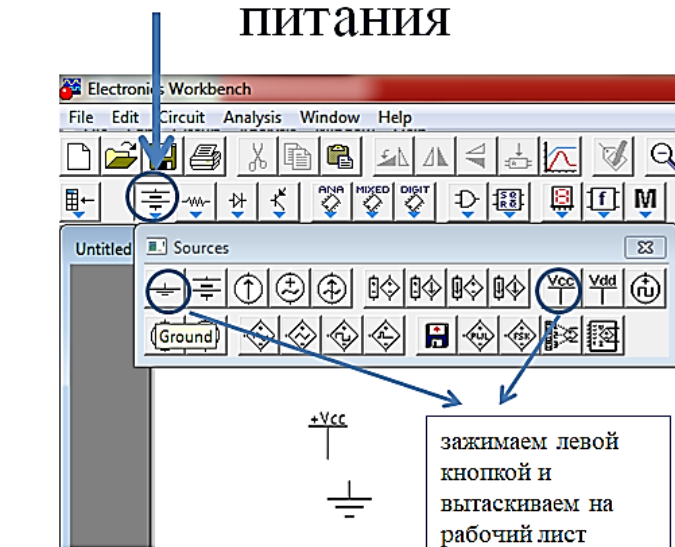


Рис. 2. Добавление земли и питания

Добавление элементов

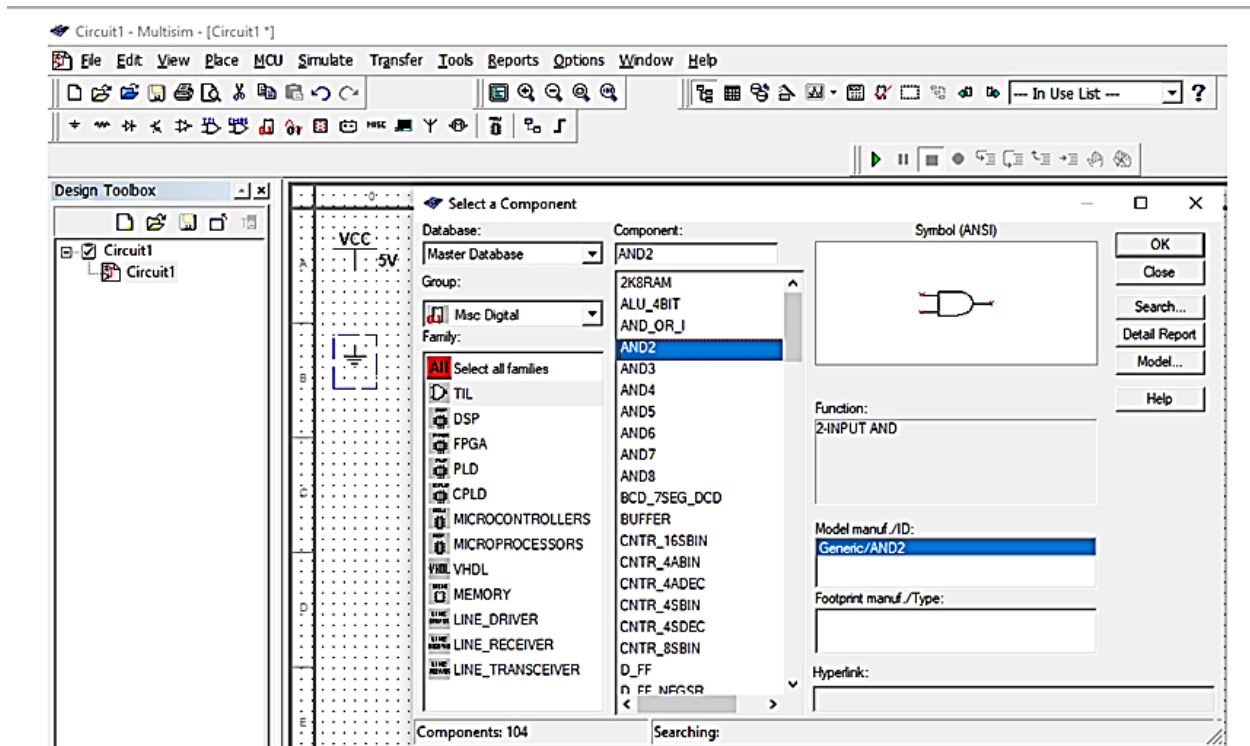
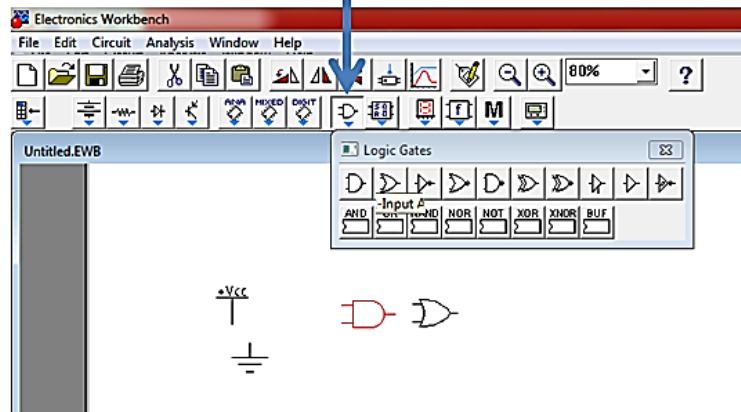


Рис. 3. Добавление логических элементов

Добавление переключателя

Название переключателя

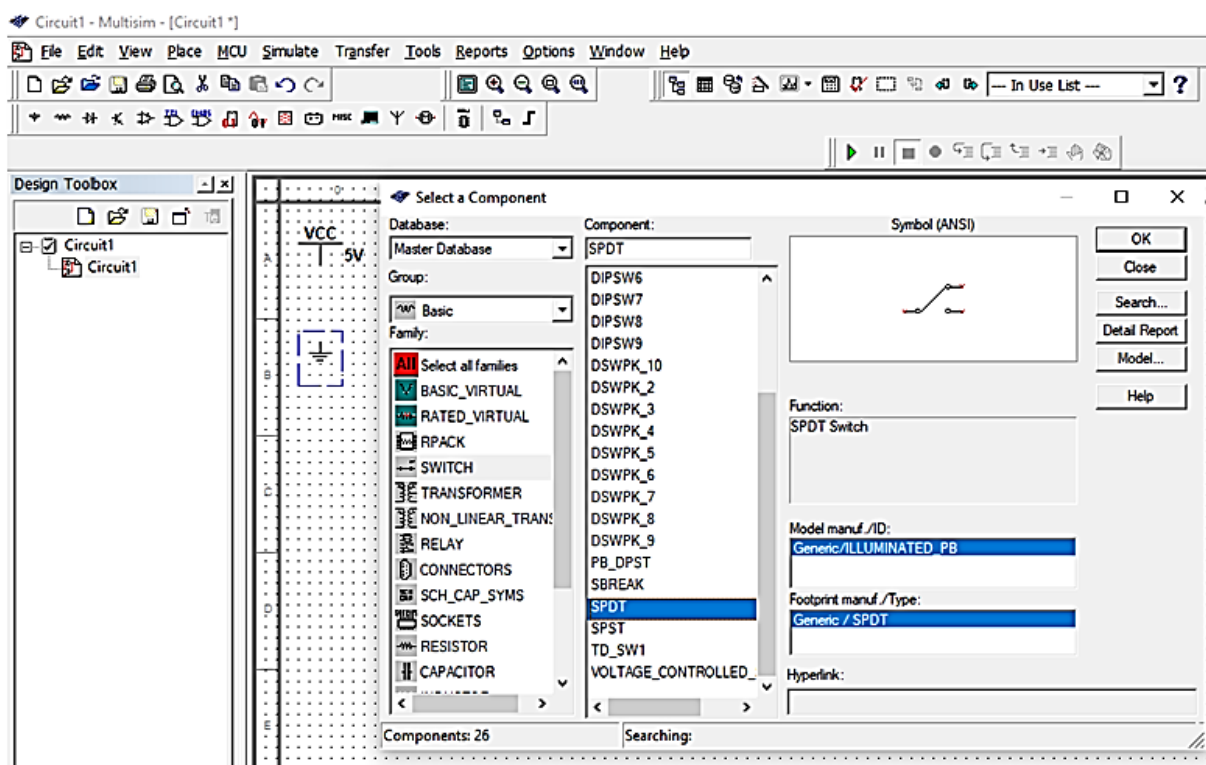
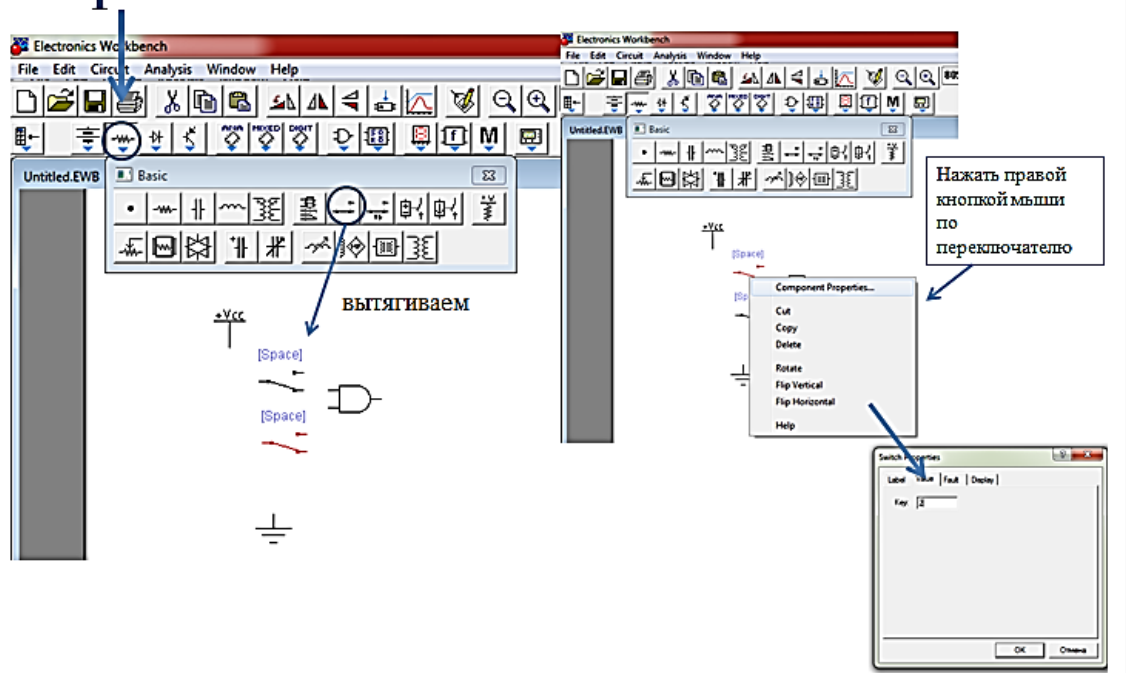
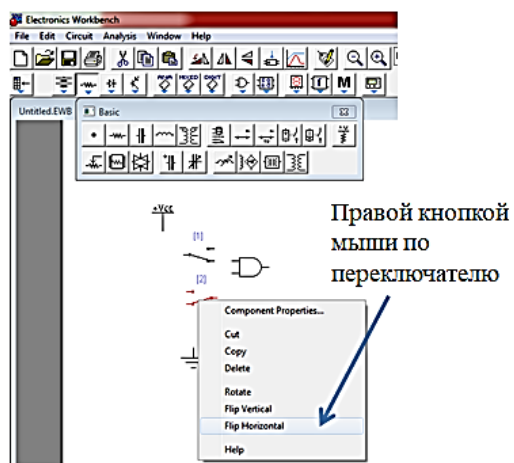
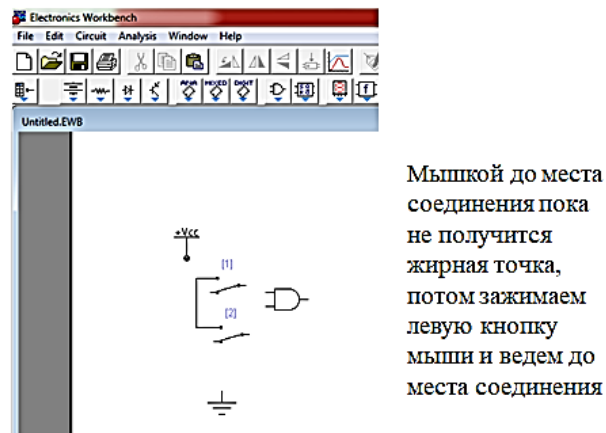


Рис. 4. Добавление элементов схемы

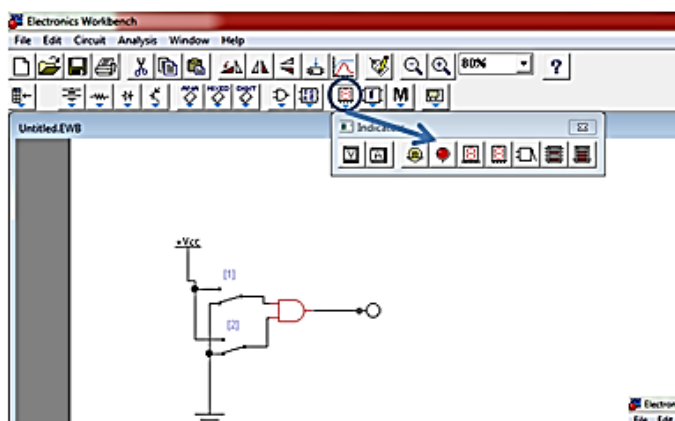
Переворот переключателя



Соединительные линии



Добавление индикатора



Переключение осуществляется
кнопками, которые мы задали
(в нашем случае 1 и 2)

Запуск

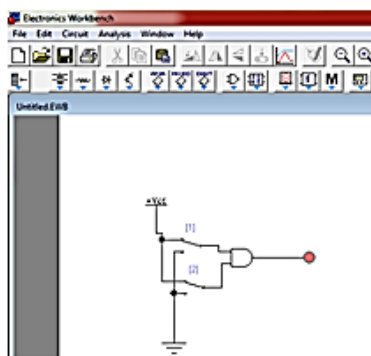
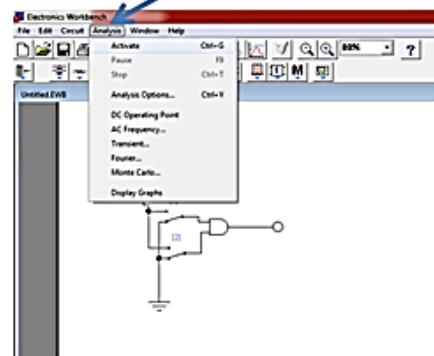


Рис. 5. Добавление соединительных линий, индикатора и запуск программы

2. Изучить работу ЛЭ 3И

Соберите схему;
включите схему;
переключая входное напряжение, заполните таблицу истинности.

3. Изучить работу ЛЭ 2И-НЕ

Соберите схему;
включите схему;
переключая входное напряжение, заполните таблицу истинности.

4. Изучить работу ЛЭ 2ИЛИ

Соберите схему;
включите схему;
переключая входное напряжение, заполните таблицу истинности.

5. Изучить работу ЛЭ инвертора

Соберите схему;
включите схему;
переключая входное напряжение, заполните таблицу истинности.

6. Изучить работу ЛЭ 3ИЛИ

Соберите схему;
включите схему;
переключая входное напряжение, заполните таблицу истинности.

7. Изучить работу ЛЭ 3ИЛИ-НЕ

Соберите схему;
включите схему;
переключая входное напряжение, заполните таблицу истинности.

Контрольные вопросы

1. Приведите таблицу истинности логического элемента 2И
2. Приведите таблицу истинности логического элемента 2ИЛИ
3. Приведите таблицу истинности логического элемента 2И-НЕ
4. Приведите таблицу истинности логического элемента 2ИЛИ-НЕ
5. Приведите таблицу истинности логического элемента НЕ
6. Приведите таблицу истинности логического элемента 3И
7. Приведите таблицу истинности логического элемента 3ИЛИ
8. Приведите таблицу истинности логического элемента 3И-НЕ
9. Приведите таблицу истинности логического элемента 3ИЛИ-НЕ

Лабораторная работа № 2

Синтез логической схемы по заданной таблице истинности

Цель работы:

Получение практических навыков синтеза логической схемы по заданной таблице истинности.

Учебно-материальное обеспечение занятия

Лабораторное оборудование

Система виртуального схемотехнического моделирования
ElectronicsWorkbench.

Содержание отчета

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Наименование каждого пункта работы, схемы и результаты измерений и расчётов.
3. Выводы по результатам исследований.

Краткие теоретические сведения

Выполнение синтеза логической схемы по заданной таблице истинности.

Получение логического выражения на основе СДНФ и СКНФ

Логические выражения можно получить двумя способами:

- на основе совершенной дизъюнктивной нормальной формы (СДНФ);
- на основе совершенной конъюнктивной нормальной формы (СКНФ).

Совершенная дизъюнктивная нормальная форма (СДНФ)

Функция представляется суммой групп. Каждая группа состоит из произведения, в которую входят все переменные.

Например: $f(x_1, x_2, x_3) = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 + x_1 \cdot x_2 \cdot \bar{x}_3 + x_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot x_3$

СДНФ составляется на основе таблицы истинности по следующему правилу: для каждого набора переменных, при котором функция равна 1, записывается произведение, в котором с отрицанием берутся переменные, имеющие значение «0».

Совершенная конъюнктивная нормальная форма (СКНФ)

Функция представляется произведением групп. Каждая группа состоит из суммы, в которую входят все переменные.

Например: $f(x_1, x_2, x_3) = (x_1 + x_2 + x_3) \cdot (x_1 + x_2 + \bar{x}_3) \cdot (x_1 + \bar{x}_2 + x_3)$

СКНФ составляется на основе таблицы истинности по правилу: для каждого набора переменных, при котором функция равна 0, записывается сумма, в которой с отрицанием берутся переменные, имеющие значение 1.

1. По заданной таблице истинности (табл. 2) составить функции методами СКНФ и СДНФ.

Таблица 2

Индивидуальные задания

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
X	X	X	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0
0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1
0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1
0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1
1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0
1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0
1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1

Вариант	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
X	X	X	Y1	Y1	Y2	Y2	Y2	Y2	Y2	Y2	Y2	Y2	Y3
1	2	3	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	0
0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1
0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1
0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1
0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0
1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

Рассмотрим пример выполнения следующей таблицы истинности

X1	X2	X3	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

1. Для выполнения первого пункта задания

Для рассматриваемого примера

СДНФ (функция 1, с инверсией 0)

$$Y = \overline{X1} \cdot \overline{X2} \cdot X3 + \overline{X1} \cdot X2 \cdot X3 + X1 \cdot \overline{X2} \cdot \overline{X3} + X1 \cdot X2 \cdot X3$$

СКНФ (функция 0, с инверсией 1)

$$Y = (X1 + X2 + X3) \cdot (X1 + \overline{X2} + X3) \cdot (\overline{X1} + X2 + \overline{X3}) \cdot (\overline{X1} + \overline{X2} + X3)$$

2. Проверить работоспособность с помощью системы виртуального схемотехнического моделирования ElectronicsWorkbench

Соберите схему СДНФ;

включите схему;

переключая входное напряжение, заполните таблицу истинности.

3. Минимизировать методом алгебраических преобразований

Основой способа является последовательное использование законов булевой алгебры и правил преобразований. Кроме законов, известных нам из обычной алгебры, в булевой алгебре типовыми приемами можно считать следующие:

- многократное прибавление или умножение какого-либо переменного, или нескольких переменных, что не изменяет функцию, поскольку:

$$X + X + \dots = X;$$

$$XXX \dots = X;$$

$$X1 \cdot X2 \cdot X3 + X1 \cdot X2 \cdot X3 + \dots = X1 \cdot X2 \cdot X3;$$

$$X1 \cdot X2 \cdot X3 \cdot X1 \cdot X2 \cdot X3 \dots = X1 \cdot X2 \cdot X3.$$

- умножение членов уравнения на сумму $\bar{X} + X = 1$.

ПРИМЕР:

Общий множитель $\bar{X1} \cdot X3$

Общий множитель $X2 \cdot X3$

Этот множитель можем использовать несколько раз, т.к. по законам алгебры логики $A+A+\dots=A$

$$Y = \bar{X1} \cdot \bar{X2} \cdot X3 + \boxed{\bar{X1} \cdot X2 \cdot X3} + X1 \cdot \bar{X2} \cdot \bar{X3} + X1 \cdot X2 \cdot X3 =$$

ищем слагаемые отличающиеся одним множителем

$$= \bar{X1} \cdot X3 \cdot (\bar{X2} + X2) + X1 \cdot \bar{X2} \cdot \bar{X3} + X2 \cdot X3 (\bar{X1} + X1) =$$

выносим за скобки

$$\boxed{=1} \quad \quad \quad \boxed{=1}$$
$$= \bar{X1} \cdot X3 + X1 \cdot \bar{X2} \cdot \bar{X3} + X2 \cdot X3$$

4. Проверить работоспособность с помощью системы виртуального схемотехнического моделирования ElectronicsWorkbench

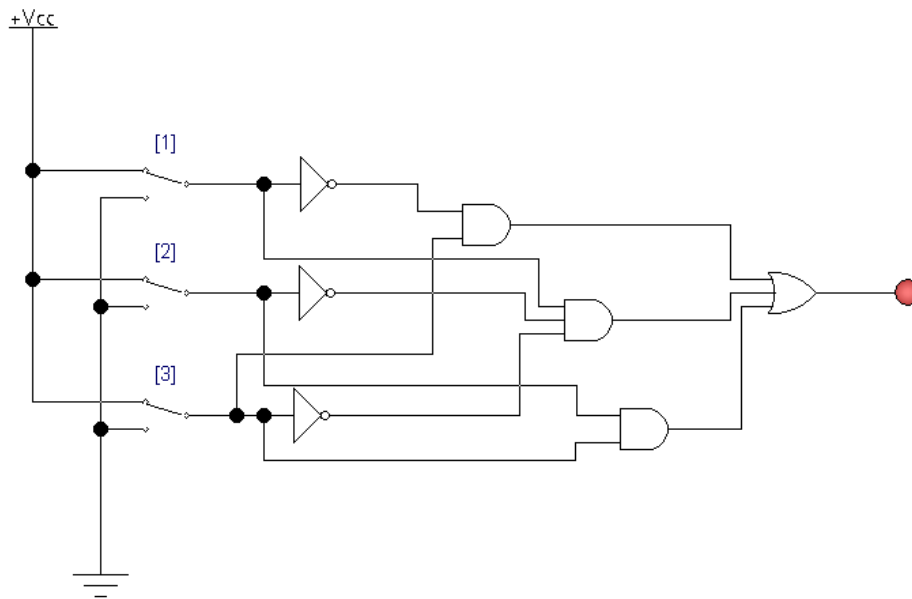
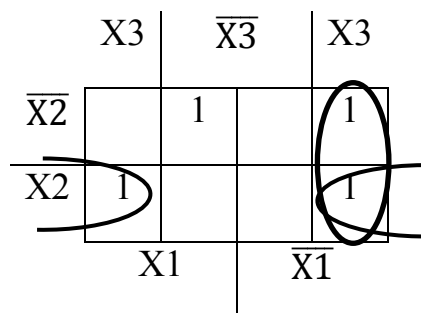


Рис. 6. Схема заданной функции

Соберите схему функции СДНФ, минимизированной методом алгебраических преобразований;
включите схему;
переключая входное напряжение, заполните таблицу истинности.

5. Минимизировать с помощью карт Карно

Для рассматриваемого примера



В таблице показаны компактные группы $\overline{X_1} \cdot X_3 + X_1 \cdot \overline{X_2} \cdot \overline{X_3} + X_2 \cdot X_3$

6. Проверить работоспособность с помощью системы виртуального схемотехнического моделирования ElectronicsWorkbench

Соберите схему функции СДНФ, минимизированной с помощью карт Карно;
включите схему;
переключая входное напряжение, заполните таблицу истинности.

Контрольные вопросы

1. Записать функцию СДНФ для заданной таблицы истинности. Минимизировать методом алгебраических преобразований. Минимизировать с помощью карты Карно.

X1	X2	X3	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

2. Записать функцию СДНФ для заданной таблицы истинности. Минимизировать методом алгебраических преобразований. Минимизировать с помощью карты Карно.

X1	X2	X3	Y
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

3. Записать функцию СДНФ для заданной таблицы истинности. Минимизировать методом алгебраических преобразований. Минимизировать с помощью карты Карно.

X1	X2	X3	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

4. Записать функцию СДНФ для заданной таблицы истинности. Минимизировать методом алгебраических преобразований. Минимизировать с помощью карты Карно.

X1	X2	X3	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

5. Записать функцию СДНФ для заданной таблицы истинности. Минимизировать методом алгебраических преобразований. Минимизировать с помощью карты Карно.

X1	X2	X3	Y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

6. Записать функцию СДНФ для заданной таблицы истинности. Минимизировать методом алгебраических преобразований. Минимизировать с помощью карты Карно.

X1	X2	X3	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

7. Записать функцию СДНФ для заданной таблицы истинности. Минимизировать методом алгебраических преобразований. Минимизировать с помощью карты Карно.

X1	X2	X3	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

8. Записать функцию СДНФ для заданной таблицы истинности. Минимизировать методом алгебраических преобразований. Минимизировать с помощью карты Карно.

X1	X2	X3	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

9. Записать функцию СДНФ для заданной таблицы истинности. Минимизировать методом алгебраических преобразований. Минимизировать с помощью карты Карно.

X1	X2	X3	Y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

10. Записать функцию СДНФ для заданной таблицы истинности. Минимизировать методом алгебраических преобразований. Минимизировать с помощью карты Карно.

X1	X2	X3	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Лабораторная работа № 3

Приведение логической схемы к заданному базису

Цель работы

Получение практических навыков приведения логической схемы к заданному базису.

Учебно-материальное обеспечение занятия

Лабораторное оборудование

Система виртуального схемотехнического моделирования ElectronicsWorkbench.

Содержание отчета

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Наименование каждого пункта работы, схемы и результаты измерений и расчётов.
3. Выводы по результатам исследований.

1. Для заданной минимизированной функции СДНФ приведем базис И-НЕ, ИЛИ-НЕ

1. И-НЕ

$$\overline{\overline{X1} \cdot X3 + X1 \cdot \overline{X2} \cdot \overline{X3} + X2 \cdot X3} = \overline{\overline{\overline{X1} \cdot X3} \cdot \overline{X1 \cdot \overline{X2} \cdot \overline{X3}} \cdot \overline{X2 \cdot X3}}$$

2. ИЛИ-НЕ

$$\overline{\overline{X1} \cdot X3 + X1 \cdot \overline{X2} \cdot \overline{X3} + X2 \cdot X3} = \overline{\overline{X1} + \overline{X3} + \overline{X1 + X2} + \overline{X3 + \overline{X2} + \overline{X3}}}$$

2. Составляем схему функции в программе ElectronicsWorkbench в произвольном базисе

3. Составляем схему функции в программе ElectronicsWorkbench в базисе И-НЕ. Проверяем таблицу истинности, переключая значения напряжения на входах

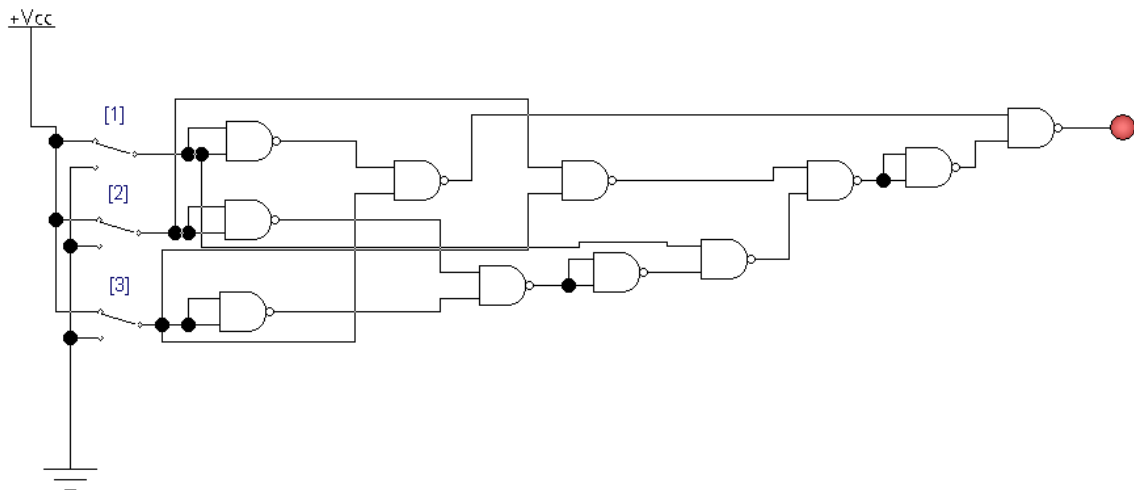


Рис. 7. Схема функции в базисе И-НЕ

4. Составляем схему функции в программе ElectronicsWorkbench в базисе ИЛИ-НЕ. Проверяем таблицу истинности, переключая значения напряжения на входах

Контрольные вопросы

1. Привести к базису И-НЕ функцию из лабораторной работы № 2
2. Привести к базису ИЛИ-НЕ функцию из лабораторной работы № 2

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карлащук В. И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Electronics Workbench и её применение / В. И. Карлащук. – М.: Солон – Р, 2003. – 726 с.
2. Алиев И. И. Виртуальная электротехника. Компьютерные технологии в электротехнике и электронике / И. И. Алиев. – М.: Радиософт, 2003. – 112 с.
3. Лачин В. И. Электроника / В. И. Лачин, Н. С. Савелов. – Ростов: Феникс, 2000. – 448 с.
4. Карлащук В. И. Электронная лаборатория на IBM PC: лабораторный практикум на базе Electronics Workbench и MATLAB / В. И. Карлащук. – М.: Солон – Р, 2004. – 799 с.
5. Панфилов Д. И. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: практикум на Electronics Workbench. Том 1. Электротехника / Д. И. Панфилов. – М.: Додека, 1999. – 304 с.
6. Харкевич А. А. Основы радиотехники / А. А. Харкевич. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 512 с.
7. Догадин Н. Б. Основы радиотехники: учеб. пособие / Н. Б. Догадин. – СПб.: Изд-во «Лань», 2007. – 272 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа № 1. Исследование реакции логических элементов (ЛЭ) на входные воздействия	3
Лабораторная работа № 2. Синтез логической схемы по заданной таблице истинности.....	11
Лабораторная работа № 3. Приведение логической схемы к заданному базису.....	18
Библиографический список.....	20

ИНФОРМАТИКА. ОСНОВЫ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ
для студентов направления
11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»
(профиль «Микроэлектроника и твердотельная электроника»)
всех формы обучения

Составитель:

Кошелева Наталья Николаевна

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 16.11.2023.

Уч.-изд. л. 1,1.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84