

1. Краткое описание программы

Назначение программы

Программа **Electronics Workbench** предназначена для моделирования электронных схем (аналоговых и цифровых) и позволяет изображать схемы на экране и моделировать их работу при различных комбинациях входных сигналов. Далее рассматриваются только те возможности программы, которые используются при выполнении данной работы.

Размещение программы

Программа **Electronics Workbench** размещена на диске **C** и запускается при нажатии кнопки **Пуск** и выборе пунктов **Программы/Electronics Workbench**.

Структура окна при работе с программой

После запуска программы на экране появляется окно типовой структуры. В верхней части окна расположены:

- ✓ строка основного меню;
- ✓ линейка пиктограмм основного меню;
- ✓ линейка библиотеки элементов (компонентов) и приборов.

Основную часть экрана занимает рабочая область окна, на которой изображается исследуемая схема.

В нижней части экрана расположена строка состояния.

Основные операции при работе с программой

При моделировании комбинационных схем выполняются следующие действия:



построение схемы на экране;



задание входных сигналов;



моделирование работы схемы.

Построение схемы на экране

Построение схемы выполняется в следующем порядке:

-  выбор и размещение элементов на рабочем поле;
-  соединение элементов;
-  настройка параметров элементов.

Выбор элементов. Для выбора элементов схемы и размещения их на рабочем поле необходимо:

 Установить курсор мыши на кнопку с пиктограммой соответствующей библиотеки (см. ниже) и нажать левую кнопку мыши.

 Найти в открывшемся окне нужный элемент, нажать левую кнопку и, не отпуская ее, перенести элемент на рабочую область экрана.

Элементы на рабочей области могут быть выделены однократным нажатием левой кнопки мыши. Выделенный элемент отображается красным цветом, его можно перемещать, поворачивать, удалять.

Перемещение элемента выполняется буксировкой с помощью левой кнопки мыши.

Для поворота элемента используется одна из трех кнопок в центре верхней линейки:

-  поворот против часовой стрелки;
-  поворот относительно вертикальной оси;
-  поворот относительно горизонтальной оси.

Удаление выполняется с помощью правой кнопки мыши или нажатием клавиши **Del** после выделения элемента.

При выполнении данной работы могут быть использованы элементы и приборы, приведенные в табл. 4.1.

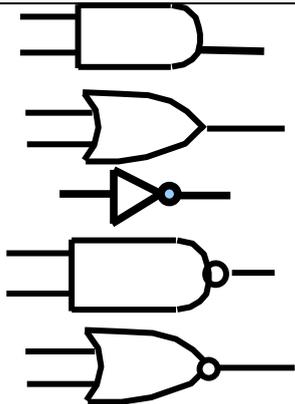
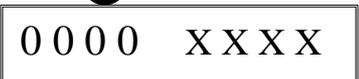
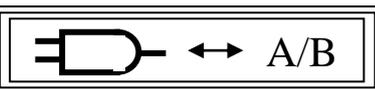
Соединение элементов. Для соединения элементов в схеме необходимо:

- 1** Подвести курсор мыши к нужному входу или выходу элемента так, чтобы появилась черная точка.
- 2** Нажать левую кнопку мыши и, не отпуская ее, подвести курсор к выводу другого элемента так, чтобы появилась черная точка.

3 Отпустить кнопку мыши. На схеме должна появиться соединительная линия.

Для удаления соединительной линии ее необходимо выделить, затем нажать правую кнопку мыши или клавишу **Del**.

Таблица 4.1

Наименование элемента, прибора	Библиотека	Обозначение
Логические элементы: И ИЛИ НЕ И-НЕ ИЛИ-НЕ	Logic Gates	
Источник питания (5 V)	Sources	+ Vcc 
Общий вывод (земля)	Sources	
Ключ (переключатель)	Basic	
Узел (разветвление)	Basic	●
Вольтметр	Indicators	
Логический пробник	Indicators	
Генератор слов (источник сигналов)	Instruments	
Логический преобразователь	Instruments	
Логический анализатор	Instruments	

Настройка элементов. После размещения и соединения элементов при необходимости выполняется настройка элементов и выбор номиналов приборов. Для этого следует сделать двойной щелчок левой кнопкой мыши на изображении элемента. Появляется окно настройки элемента, вид которого зависит от типа элемента.

Задание входных сигналов

Значения входных сигналов могут быть заданы вручную (при помощи ключей) или автоматически (при помощи генератора слов).

При ручном задании комбинация входных сигналов определяется положением ключей. Положение каждого ключа можно изменить нажатием клавиши **Пробел** (если ключ не имеет обозначения) или клавиши с буквой, установленной при обозначении ключа. Обозначения вводятся в поле **Key** латинскими буквами после двойного щелчка на изображении ключа.

Генератор слов позволяет подавать на вход схемы установленную при настройке последовательность входных сигналов в режиме однократного или циклического повторения, а также в пошаговом режиме.

Для настройки генератора слов на пошаговый режим работы необходимо дважды щелкнуть мышью на изображении генератора. Затем в окне настройки установить значение последней комбинации входных сигналов в поле **Final** (для схемы на 4 входа это значение равно **000F**). Далее последовательно выбрать **Pattern – Up courier – Accept**. При нажатии на кнопку **Step** на вход схемы будут подаваться комбинации входных сигналов в порядке возрастания. Эти комбинации отображаются в окне настройки слева в виде четырехразрядного шестнадцатеричного числа, а внизу - в виде шестнадцатиразрядного двоичного числа.

Моделирование работы схемы

После построения схемы на экране можно проверить значение выходных сигналов при различных комбинациях входных сигналов. Переход в режим моделирования осуществляется при нажатии клавиши **ОЛ** в правом верхнем углу экрана. Значения выходных сигналов регистрируются при помощи логического пробника, вольтметра или логического анализатора. Для возврата в исходное состояние повторно нажимается клавиша **ОЛ**.

2. Подготовка к выполнению работы

При подготовке к выполнению работы следует:

- ① Повторить теоретический материал по синтезу частично определенных комбинационных схем.
- ② Ознакомиться с возможностями программы **Electronics Workbench** при моделировании комбинационных схем.
- ③ Провести синтез частично определенной комбинационной схемы в соответствии с вариантом задания, указанным в табл. 4.2. Номер варианта определяется по двум последним цифрам номера зачетной книжки. Если число, составленное из этих цифр, меньше или равно 50, то номер варианта равен этому числу, иначе номер варианта меньше полученного числа на 50. При синтезе необходимо учесть, что в программе **Electronics Workbench** используются элементы на два входа. Если для построения схемы необходимы элементы на большее число входов, то следует преобразовать логическую функцию с использованием сочетательного закона.

Например:

$$F = abc \vee acd \vee bd = (ab)c \vee (ac)d \vee bd = ((ab)c \vee (ac)d) \vee bd .$$

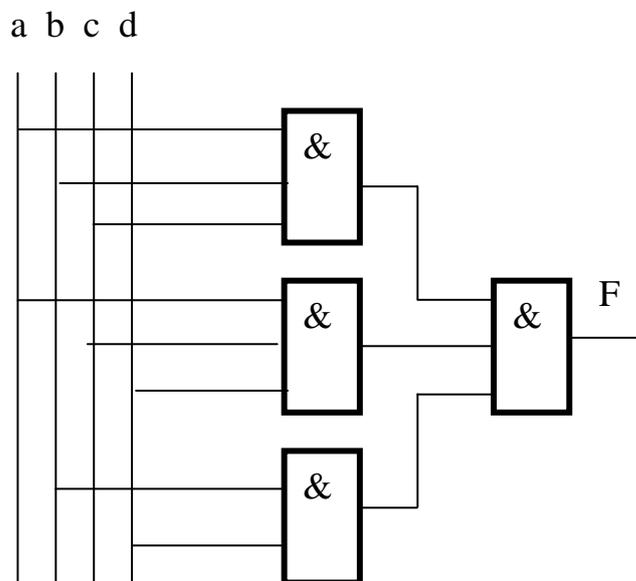


Рис. 4.1. Схема с элементами на произвольное число входов

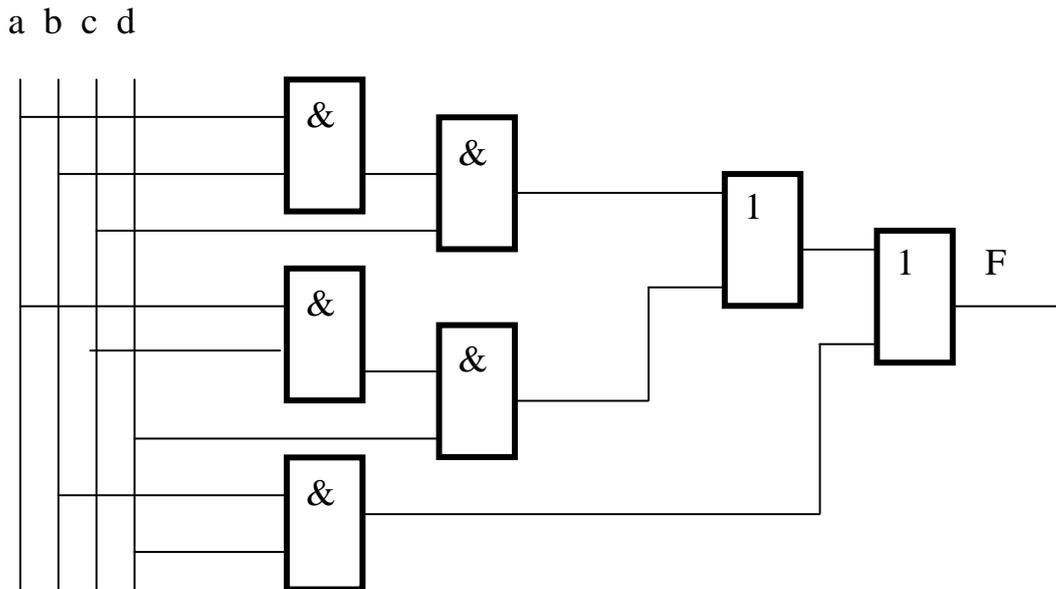


Рис.4.2. Схема с элементами на два входа

На рис. 4.1 и рис. 4.2 показаны варианты схемы, реализующей функцию **F** на элементах с произвольным количеством входов (рис. 3.1) и на элементах с двумя входами (рис. 3.2).

Таблица 4.2

Варианты задания

Номер варианта	Номера единичных наборов	Номера нулевых наборов
1	3, 6, 7, 9, 11	1, 2, 4, 8, 12
2	2, 6, 7, 10, 15	0, 3, 8, 9, 14
3	2, 3, 6, 12, 14	1, 4, 7, 9, 13
4	2, 3, 7, 8, 10	0, 5, 6, 12, 13
5	1, 9, 11, 14, 15	0, 3, 4, 6, 10
6	5, 10, 13, 14, 15	0, 1, 2, 7, 10
7	4, 10, 11, 12, 14	1, 3, 5, 6, 15
8	1, 8, 10, 11, 15	2, 4, 5, 7, 13
9	1, 4, 5, 9, 11	0, 3, 6, 10, 14
10	0, 4, 5, 13, 15	1, 2, 7, 10, 11
11	0, 1, 4, 12, 14	3, 5, 6, 11, 15
12	0, 1, 5, 8, 11	2, 4, 7, 14, 15
13	3, 9, 11, 12, 13	1, 2, 4, 6, 8
14	7, 8, 12, 13, 15	0, 2, 3, 5, 9
15	6, 8, 9, 12, 14	1, 3, 4, 7, 13
16	2, 8, 9, 10, 13	0, 5, 6, 7, 12

Лабораторная работа № 4

Номер варианта	Номера единичных наборов	Номера нулевых наборов
17	2, 6, 7, 8, 10	0, 3, 5, 9, 13
18	3, 6, 7, 12, 14	1, 2, 4, 8, 9
19	2, 5, 7, 13, 15	0, 4, 6, 8, 12
20	2, 3, 6, 9, 11	1, 4, 7, 12, 13
21	0, 8, 10, 14, 15	1, 2, 5, 7, 11
22	4, 11, 12, 14, 15	0, 1, 3, 6, 10
23	5, 9, 11, 13, 15	0, 2, 4, 7, 14
24	1, 9, 10, 11, 14	3, 4, 5, 6, 15
25	0, 4, 5, 8, 10	1, 2, 7, 11, 15
26	1, 4, 5, 12, 14	0, 3, 6, 10, 11
27	0, 1, 5, 13, 15	2, 4, 7, 10, 14
28	0, 1, 4, 9, 11	3, 5, 6, 14, 15
29	2, 6, 7, 8, 10	0, 3, 5, 9, 13
30	3, 6, 7, 12, 14	1, 2, 4, 8, 9
31	2, 3, 7, 13, 15	0, 5, 6, 8, 12
32	2, 3, 6, 9, 11	1, 4, 7, 12, 13
33	4, 7, 8, 10, 12	2, 3, 5, 9, 13
34	3, 7, 8, 12, 14	1, 4, 6, 9, 10
35	3, 4, 7, 13, 15	1, 5, 8, 10, 14
36	3, 4, 8, 9, 11	1, 6, 7, 13, 14
37	0, 2, 10, 12, 15	1, 4, 5, 7, 11
38	1, 6, 11, 14, 15	0, 2, 3, 8, 12
39	5, 11, 12, 13, 15	1, 2, 4, 6, 7
40	1, 4, 9, 12, 15	3, 5, 6, 8, 14
41	2, 5, 6, 10, 12	1, 4, 7, 11, 15
42	0, 1, 5, 6, 14	2, 3, 8, 11, 12
43	1, 2, 5, 13, 15	0, 4, 6, 7, 12
44	1, 2, 6, 9, 11	0, 3, 5, 8, 15
45	0, 1, 2, 13, 14	3, 5, 6, 9, 11
46	4, 10, 12, 13, 14	2, 3, 5, 7, 9
47	0, 8, 9, 13, 14	1, 3, 4, 6, 10
48	7, 9, 10, 13, 15	2, 4, 5, 8, 14
49	3, 9, 10, 11, 14	1, 6, 7, 8, 13
50	3, 7, 9, 11, 15	1, 4, 6, 10, 14

3. Порядок выполнения работы

После загрузки программы выполнить следующие задания:

Задание 1. Исследовать логику работы элемента **И** на два входа. Для этого собрать схему, представленную на рис. 3.3.

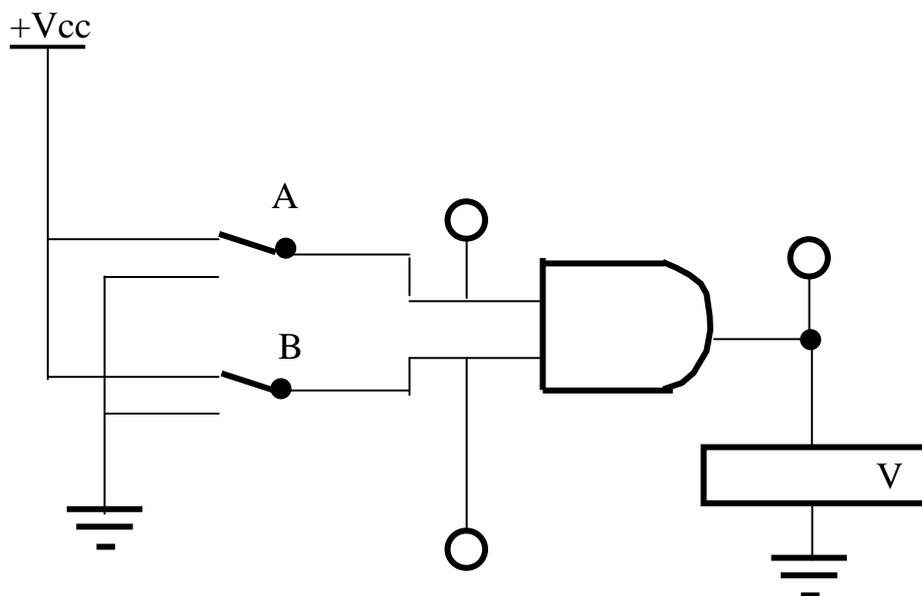


Рис. 4.3. Схема для проверки логики работы элемента И

Для построения схемы использовать следующие элементы и приборы:

- ★ источник питания;
- ★ элемент "общий" (2 шт.);
- ★ ключ (2 шт.);
- ★ логический пробник (3 шт.). Логические пробники используются как индикаторные лампочки;
- ★ логический элемент И;
- ★ вольтметр.

После размещения элементов и их соединения ввести обозначения ключей (см. п. «Соединение элементов»).

Перейти в режим моделирования (клавиша **О/Г**). Подать на вход схемы все комбинации входных сигналов, изменяя положение ключей А и В нажатием клавиш А и В. Для каждой комбинации определить значение выходного сигнала по состоянию логических пробников и показаниям вольтметра.

Полученные данные записать в виде таблицы истинности. Сравнить полученную таблицу с таблицей истинности элемента **И**. Исследуемую схему, условное графическое обозначение и полученную таблицу истинности занести в отчет.

Задание 2. Исследовать логику работы элемента **ИЛИ** на два входа. Для этого собрать схему, аналогичную рис. 4.3. При этом достаточно заменить элемент **И** элементом **ИЛИ**. При помощи ключей подать на входы схемы все возможные комбинации входных сигналов. Для каждой комбинации определить значение выходного сигнала по состоянию логических пробников. Полученные данные записать в виде таблицы истинности. Сравнить полученную таблицу с таблицей истинности элемента **ИЛИ**.

Задание 3. Исследовать логику работы элемента **НЕ**. Для этого собрать схему, состоящую из элемента **НЕ**, источника питания, ключа, элемента «Общий» и двух логических пробников. Изменяя входные сигналы, составить таблицу истинности исследуемого элемента.

Задание 4. Исследовать логику работы синтезированной комбинационной схемы. Собрать синтезированную схему на экране. Для задания входных сигналов сначала использовать ключи. К выходу схемы подключить логический пробник. При помощи ключей подать на входы схемы все возможные комбинации входных сигналов. Для каждой комбинации определить значение выходного сигнала по состоянию логических пробников. Полученные результаты сравнить с данными, приведенными в варианте задания на синтез схемы.

Затем к входам схемы подключить генератор слов (библиотека **Instruments**). При подключении использовать четыре крайних справа выхода в нижней части обозначения генератора слов. Настроить генератор слов на пошаговый режим работы (см. п. «Задание входных сигналов»). К выходу схемы подключить логический пробник. Подать на вход схемы все комбинации входных сигналов и для каждой из них определить значение выходного сигнала по состоянию логического пробника. Составить таблицу истинности и сравнить ее с таблицей индивидуального задания.

Задание 5. Подключить к входам и выходу комбинационной схемы логический анализатор (библиотека **Instruments**). Логический анализатор позволяет построить временную диаграмму входных и выходных сигналов схемы при задании входных сигналов с помощью генератора слов, т.е. он является аналогом многолучевого осциллографа.

Для подключения использовать верхние входы анализатора. Двойным

Лабораторная работа № 4

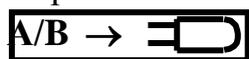
щелчком мыши вызвать панель настройки анализатора и при необходимости изменить масштаб времени (для изменения масштаба нажать кнопку **Set** на панели настройки). Задавая входные сигналы при помощи генератора слов, получить временные диаграммы сигналов. Для этого необходимо согласовать частоты генератора слов и логического анализатора. Сравнить значения сигналов на временной диаграмме с данными таблицы истинности.

Задание 6. Построить на экране синтезированную комбинационную схему при помощи логического преобразователя.

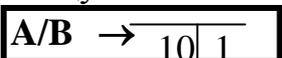
Логический преобразователь (конвертер) позволяет выполнить одну из 6 функций:

- по заданной схеме построить таблицу истинности;
- по заданной таблице истинности построить логическую функцию в СДНФ;
- по заданной таблице истинности построить логическую функцию в ДНФ минимального вида;
- по заданной логической функции построить таблицу истинности ;
- по заданной логической функции построить схему на элементах И, ИЛИ, НЕ. При этом схема строится на элементах с двумя входами;
- по заданной логической функции построить схему на элементах И-НЕ.

Для этого поместить на рабочее поле логический преобразователь (библиотека **Instruments**) и дважды щелкнуть левой кнопкой мыши на его условном графическом обозначении. В нижнем поле окна настройки записать полученную при синтезе логическую функцию. При этом знак конъюнкции не вводится, знак дизъюнкции вводится в виде знака "+", а инверсия обозначается апострофом. Знак апострофа вводится **после** инвертируемой буквы. Для построения схемы на элементах И, ИЛИ, НЕ нажать кнопку



. Сравнить выданную на экран схему с ранее составленной схемой. Выдать на экран таблицу истинности записанной логической функции.

Для этого нажать кнопку . Сравнить полученную таблицу с таблицей, по которой была синтезирована схема.

Не изменяя таблицы истинности, удалить логическую функцию в нижнем поле окна настройки. Нажать клавишу  Сравнить полученную логическую функцию с исходной функцией.

Задание 7. Исследовать логику работы элемента **НЕ**, построенного на элементе **И-НЕ**. (Использовать тождество $a \& a = a$). При выполнении задания использовать материал лабораторной работы № 2.

Задание 8. Исследовать логику работы элемента **И**, построенного на элементах **И-НЕ**. (Использовать закон отрицания конъюнкции и тождество $(a \& a = a)$).

Задание 9. Исследовать логику работы элемента **ИЛИ**, построенного на элементах **И-НЕ**. (Использовать тождество $a \& a=a$ и закон отрицания дизъюнкции).

4. Содержание отчёта

В отчет о выполненной работе включить следующие материалы:

- ☞ Тема и цель работы.
- ☞ Индивидуальное задание для синтеза комбинационной схемы.
- ☞ Материалы по синтезу комбинационной схемы.
- ☞ Результаты выполнения заданий. Для каждого задания привести исследуемые схемы, логические функции, условные графические обозначения элементов и таблицы истинности.
- ☞ Анализ полученных результатов.
- ☞ Выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

- ✈ Как записать логическую функцию по таблице истинности?
- ✈ Какие операции используются при минимизации логических функций?
- ✈ В чем сущность минимизации логических функций методом Карно?
- ✈ Как составить функциональную схему по заданной логической функции?
- ✈ Как преобразовать логическую функцию для ее реализации на элементах И-НЕ?
- ✈ Сформулируйте и поясните закон инверсии.

