

## Лабораторная работа

### Исследование цифровых логических элементов (на базе ТТЛ-элементов)

#### Цель работы

1. Изучить принципы построения транзисторно-транзисторных логических схем (ТТЛ).
2. Приобрести практические навыки по использованию и применению логических схем.
3. Экспериментально изучить логические операции умножения (конъюнкции), сложения (дизъюнкции), отрицания (инверсии), которые осуществляются с помощью логических схем И, ИЛИ, НЕ.
4. Экспериментально подтвердить теоретические знания, полученные на лекциях и самостоятельных занятиях по логическим схемам.

#### Общие сведения

Логическими элементами называют электронные устройства, выполняющие простейшие логические операции.

Логические и запоминающие элементы составляют основу устройств цифровой обработки информации – вычислительных машин, цифровых измерительных приборов и устройств автоматики.

Теоретической основой построения электронных цифровых устройств, предназначенных для обработки цифровой информации, является область математики, называемая *алгеброй логики* (булевой алгеброй).

В отличие от обычной алгебры в алгебре логики логическая переменная  $X$  может принимать только два значения – логического нуля 0 и логической единицы 1. Логические операции над логической переменной  $X$  (или  $X_1, X_2, X_3, \dots$ ) описываются логической функцией  $Y(X)$  [или  $Y(X_1, X_2, X_3, \dots)$ ], устанавливающей соответствие между  $X$  (или  $X_1, X_2, X_3, \dots$ ) и значениями  $Y$ , и записываются в виде *таблицы истинности*.

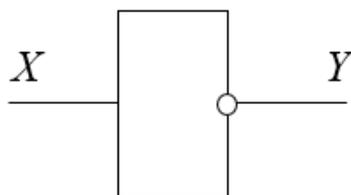
Логическая переменная  $X$  представляется на входе логического элемента напряжением сигнала, принимающим два значения: низкого или высокого уровня (например, 0 или +5 В). Чаще применяют положительную логику, при которой за логическую 1 принят высокий уровень, а за логический 0 – низкий (при отрицательной логике наоборот).

Основой для построения узлов импульсной и цифровой техники служат полупроводниковые ключевые схемы. Ключевая схема (ключ) позволяет подключать нагрузку к источнику или отключать ее и, таким образом, коммутировать ток в нагрузке.

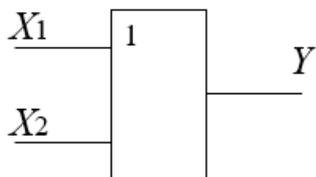
В качестве электронных ключей в логических элементах, как правило, применяют транзисторы. Одним из широко распространенных видов построения электронных схем является так называемая транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ). Электронная схема таких логических элементов состоит из биполярных транзисторов, работающих в ключевом режиме.

Для построения логических устройств любой сложности достаточно иметь три типа элементарных логических элементов, выполняющих операции: логическое отрицание (логическое НЕ), логическое сложение (логическое ИЛИ) и логическое умножение (логическое И).

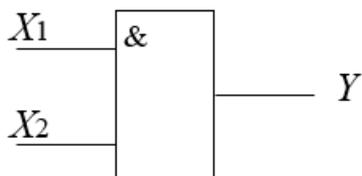
Логический элемент НЕ (инвертор) реализует логическую функцию:  $F = \bar{x}$ . Условное обозначение схемы НЕ изображено ниже



Элемент ИЛИ (дизъюнктор) на два входа реализует логическую функцию:  $F = x_1 + x_2$  или  $F = x_1 \vee x_2$ . Обозначение схемы ИЛИ показано ниже



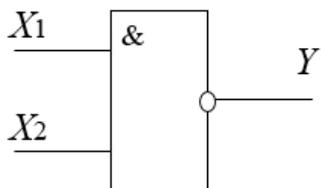
Элемент И (конъюнктор) на два входа реализует логическую функцию:  $F = x_1x_2$  или  $F = x_1 \wedge x_2$ . Условное обозначение схемы И приведено ниже



Из простых элементов можно составить сколь угодно сложные логические устройства, например, счетчики импульсов, регистры, сумматоры, блоки памяти и т. п.

На практике применяют комбинированные элементы, реализующие две логические операции. К ним относится, например, элемент:

И-НЕ (штрих Шеффера), реализующий функцию  $F = x_1x_2$  изображен ниже



Такие элементы называются **функционально полными**, так как позволяют реализовать **любую** логическую функцию.

Предлагаемая для выполнения лабораторная работа направлена на изучение логических операций на примере работы двухвходовой схемы 2И-НЕ и приобретение навыков реализации с помощью этого логического элемента схем, выполняющих три элементарные операции: логическое сложение, логическое умножение, логическое отрицание.

### Основные элементы лабораторной установки

Лабораторная установка, изображенная на рис. 1, включает в себя макет с логическими схемами 2И-НЕ (микросхема 155ЛА3— четыре элемента 2И-НЕ), обозначенные на макете  $D1.1$ ,  $D1.2$ ,  $D1.3$ ,  $D1.4$ , стенд ЛРС, на котором размещается оборудование: источник питания, вольтметр универсальный В7-26.

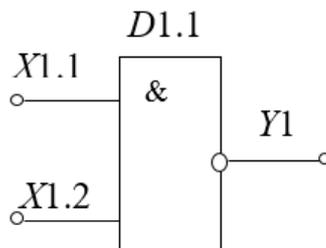


Рис. 1. Двухвходовой логический элемент 2И-НЕ

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с электрической схемой, приборами и элементами лабораторного макета и стенда ЛРС. Ответить на контрольные вопросы и расписаться в журнале по технике безопасности. Получить разрешение на выполнение лабораторной работы.

2. Убедиться, что все тумблеры стенда и макета находятся в положении "ВЫКЛ" (положение тумблера вниз).

3. Подключить лабораторный макет к разъему, который находится на боковой панели стенда ЛРС.

4. Включая тумблер на лабораторном макете, подать питание на логические схемы.

5. Проверить логическое состояние ячейки "2И-НЕ" (рис. 1), для этого подключить входы 1 ( $X1.1$ ) и 2 ( $X1.2$ ) схемы  $D1.1$  к двум клеммам "Логический нуль" и "Логическая единица" (на макете обозначенные "0" и "1" согласно табл. 1) и фиксировать логическое состояние выхода схемы ( $Y1$ ) при различных комбинациях входных сигналов. Логическое состояние определяется с помощью светодиодов, подключенных на выходе схемы. Горящий светодиод соответствует состоянию "логическая единица", погашенный – "логический нуль". Результаты эксперимента занести в табл. 1.

Таблица 1

$X1.1$	$X1.2$	$Y1$
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

6. Отключить провода от входов и выходов схемы  $D1.1$ . Отключить тумблер "ВКЛ" лабораторного макета.

7. Исследовать схему НЕ (логический инвертор).

7.1. Собрать схему НЕ на базе элемента 2И-НЕ (рис. 2).

7.2. Включить тумблер питания "ВКЛ" на лабораторном макете. Подавая на вход  $X1.1$  логический нуль или логическую единицу, фиксировать логическое состояние выхода схемы ( $Y1$ ). Результаты эксперимента занести в табл. 2.

7.3. Выключить тумблер питания макета и разобрать схему НЕ.

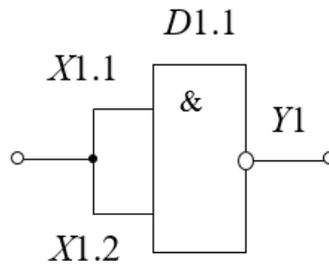


Рис. 2. Схема НЕ

Таблица 2

X1.1	Y1
0	
1	

8. Исследовать схему И.

8.1. Собрать схему двухвходового элемента И на базе двух элементов 2И–НЕ (рис. 3).

8.2. Включить лабораторный макет тумблером "ВКЛ". При различных комбинациях входных сигналов, переключая входы X1.1 и X1.2 с логического нуля на логическую единицу, фиксировать логическое состояние выхода схемы (Y2) в каждом случае. Логическое состояние определить с помощью светодиода. Результаты эксперимента занести в табл. 3.

8.3. Выключить тумблер питания лабораторного макета, разобрать схему.

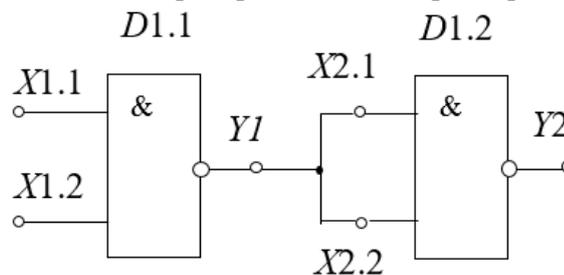


Рис. 3. Схема И

Таблица 3

X1.1	X1.2	Y2
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

9. Произвести исследование схемы ИЛИ, собранной на базе элементов 2И–НЕ.

9.1. Собрать схему ИЛИ (рис. 4). Показать собранную схему преподавателю или инженеру и получить разрешение на включение макета.

9.2. Включить питание лабораторного макета. При различных комбинациях входных сигналов, переключая входы X1.1 и X2.1 с логического нуля на логическую единицу, согласно табл. 4 фиксировать логическое состояние выхода схемы (Y3) в каждом случае. Результаты эксперимента занести в табл. 4.

X1.1	X2.1	Y3
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

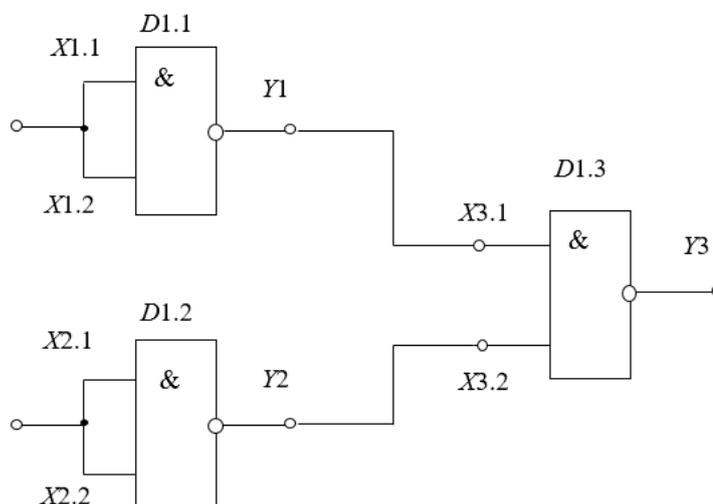


Рис. 4. Схема ИЛИ

10. Предъявить таблицу с результатами экспериментальных исследований преподавателю.

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Принципиальная электрическая схема базового элемента И–НЕ транзисторно-транзисторной логики (на два входа).
3. Структурные схемы логических элементов ИЛИ и НЕ, собранных на базе элемента 2И–НЕ.
4. Таблицы с результатами измерений и логическими состояниями исследуемых элементов.
5. Краткие выводы по работе.

### Контрольные вопросы

При допуске к лабораторным работам:

1. Какова цель работы?
2. Каково назначение и область применения логических элементов?
3. Что такое логическое сложение, умножение, отрицание?
4. Какой элемент является базовым в схемах ТТЛ?
5. Как условно обозначаются логические элементы на принципиальных и структурных схемах?