

## 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*.

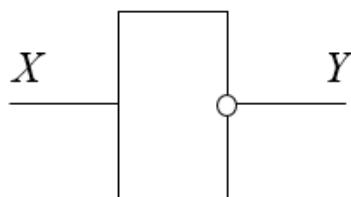
Логическая переменная  $X$  представляется на входе логического элемента напряжением сигнала, принимающим два значения: низкого или высокого уровня (например, 0 или +5 В). Чаще применяют положительную логику, при которой за логическую 1 принят высокий уровень, а за логический 0 – низкий (при отрицательной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

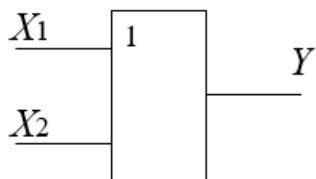
В качестве электронных ключей в логических элементах, как правило, применяют транзисторы. Одним из широко распространенных видов построения электронных схем является так называемая транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ). Электронная схема таких логических элементов состоит из биполярных транзисторов,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

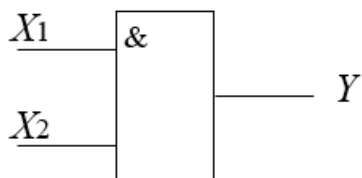
Логический элемент НЕ (инвертор) реализует логическую функцию:  $F = \bar{x}$ . Условное обозначение схемы НЕ изображено ниже



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



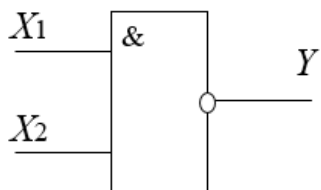
Элемент И (конъюнктор) на два входа реализует логическую функцию:  $F = x_1x_2$  или  $F = x_1 \wedge x_2$ . Условное обозначение схемы И приведено ниже



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.

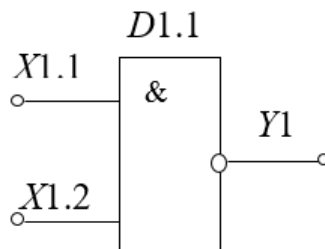


Рис. 1. Двухвходовой логический элемент 2И-НЕ

### 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.

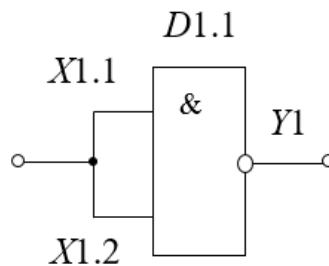


Рис. 2. Схема НЕ

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.

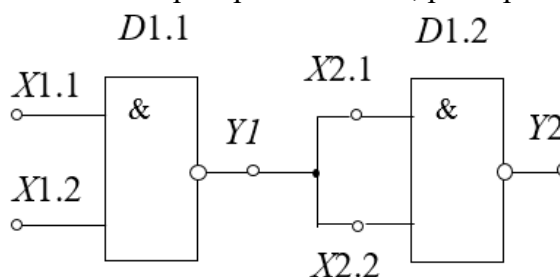


Рис. 3. Схема И

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	

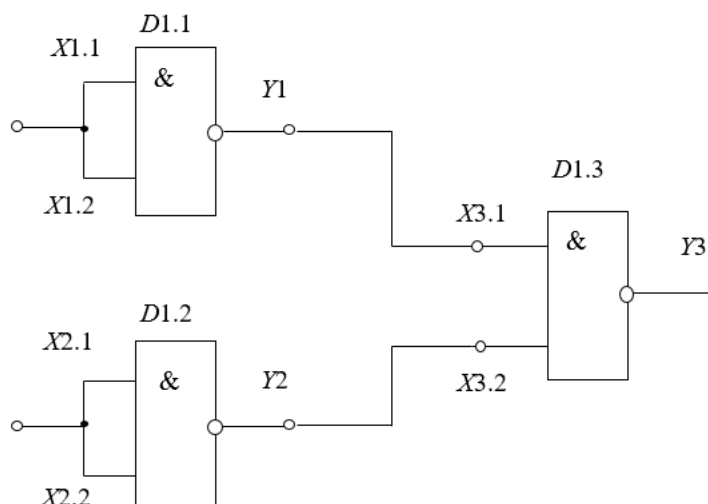


Рис. 4. Схема ИЛИ

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?