
РАЗДЕЛ 2

Цифровые устройства

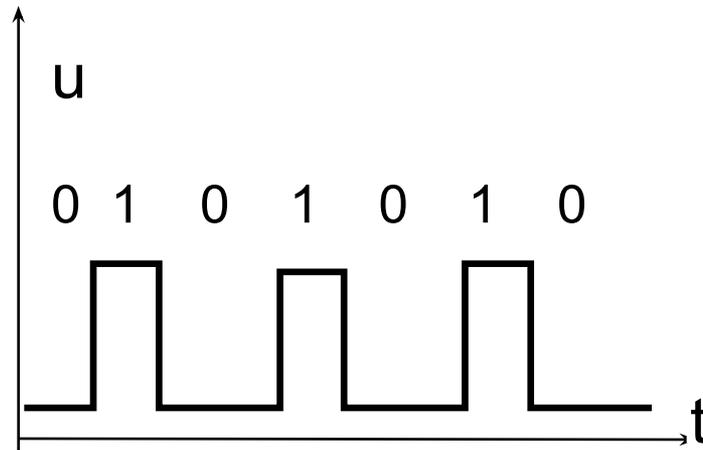
Лекция 8

В этом разделе будут рассмотрены принципы действия цифровых микросхем, а также основные этапы разработки цифровых устройств – их логическое проектирование на базе современных микросхем.

Основные логические звенья

В системах автоматики возникают ситуации, когда от устройства требуется принимать самостоятельное решение о своих дальнейших действиях. Причем устройство должно проанализировать, сопоставить факты и выработать дальнейшее действие. Наличие факта принято условно обозначать **логической 1**, а отсутствие - **логическим 0**. Логическая 1 и логический 0 являются единственными используемыми обозначениями (половина факта или 1/3 факта нет). Логические схемы ~~обмениваются информацией в виде двоичных слов,~~ использующих лишь два знака - **0 и 1**.

- Сигналы, принимающие лишь два возможных значения, дискретны во времени и называются цифровыми.
- Цифровой сигнал представляет собой перепады напряжения между двумя уровнями, при этом принято высокий уровень напряжения обозначать - лог.1, а низкий - лог.0.



Алгебра логики

- Основоположником математической логики считается великий немецкий математик **Лейбниц (XVII в.)**, который впервые построил логические исчисления, усовершенствовал и уточнил символику. На этом фундаменте **Дж.Буль** вывел алгебру логики, в которой в отличие в обычной алгебры, символами обозначают не числа, а высказывания.
- *Алгебра логики изучает логические связи между высказываниями, которые выражаются с помощью приставок, союзов и предлогов (**НЕ, И, ИЛИ** и пр.)*
- Под **высказыванием** понимается повествовательное предложение, о котором можно судить, истинно оно или ложно. Например $7 > 3$ истинно
 $7 < 3$ ложно

- Высказываний бесконечное множество, они являются *логическими переменными*.

Истинно – логическая «1» ($x=1$)

Ложно – логический «0» ($x=0$)

- *Логической функцией* называется функция одной или нескольких переменных x_1, x_2, \dots, x_n :

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Сама функция и независимые переменные могут принимать только два значения: лог.0 и лог.1.

- *Логическими элементами* называют электронные схемы, способные выполнять простейшие логические операции.

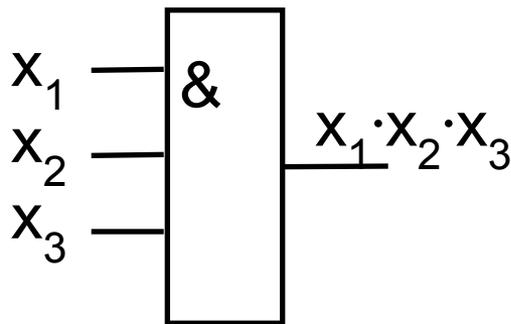
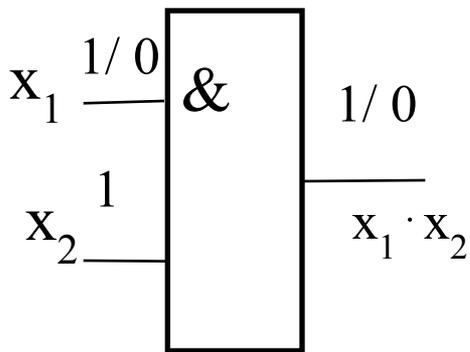
- **При технической реализации переключательных функций логические переменные отождествляются с входными сигналами логических элементов, а значения функций - с выходными сигналами.**
- Любую логическую функцию можно задать двумя способами: *табличным* (с помощью так называемой *таблицы истинности* функции) и *аналитическим* (с помощью формулы, уравнения).
Задать логическую функцию - это означает указать ее значения (0 или 1) при всех возможных комбинациях значений аргументов.

Логические функции одного и двух аргументов

- **Конъюнкция** – логическое умножение, логическая связь типа «И». Функция объединяет 2 простых высказывания с помощью союза «И».

Запись: $Y = X_1 \cdot X_2$, либо $Y = X_1 \wedge X_2$

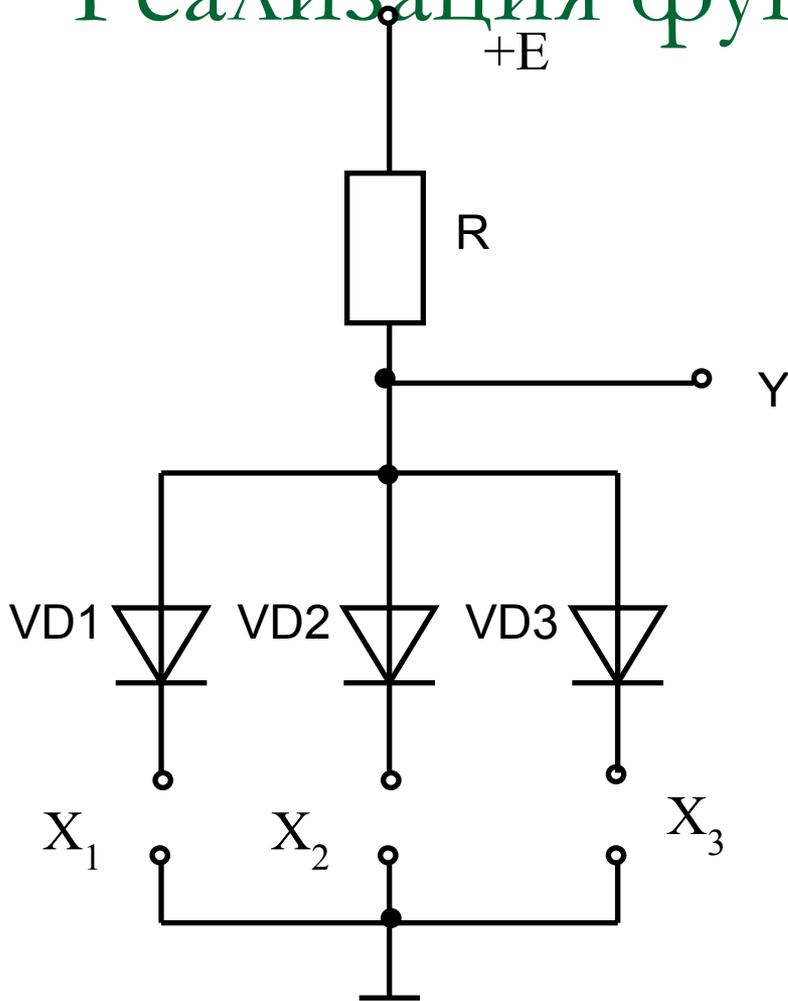
Таблица истинности:



X_1	X_2	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Запомнить: на выходе лог. элемента «И» уровень лог.1 устанавливается лишь в случае равенства лог.1 всех входных сигналов

Реализация функции «И» на диодах



- Если $X_1 = X_2 = X_n = 0$; ток протекает через все диоды; $Y=0$.
- Если $X_1=0, X_2 = X_3=1$; ток протекает через диод $VD1$; $Y=0$.
- $X_1 = X_2 = X_3 = 1$; токов в цепи нет, диоды закрыты, $Y=E=1$.

Маркировка ИМС

К155ЛИ1

- К – ИМС широкого применения;
- 1 – полупроводниковый прибор;
- 55 – порядковый номер разработки серии ИМС;
- Л – логический элемент;
- И – функция «И»;
- 1 – порядковый номер разработки ИМС, выполняющей данную функцию.

ИМС одной серии имеют одинаковую конструкцию, технологию изготовления, напряжение питания, уровни напряжения логического 0 и логической 1.

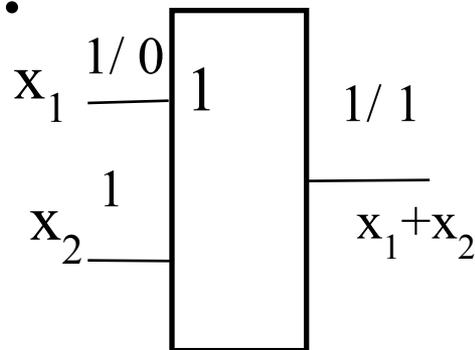
К1533ЛИ6 содержит 2 логических элемента, имеющих 4 входа;

К155ЛИ6 содержит 4 двухвходовых элемента

- **Дизъюнкция** – логическое сложение, логическая связь типа «ИЛИ». Функция объединяет 2 простых высказывания с помощью союза «ИЛИ».

Запись: $Y = X_1 + X_2$, либо $Y = X_1 \vee X_2$

Таблица истинности:

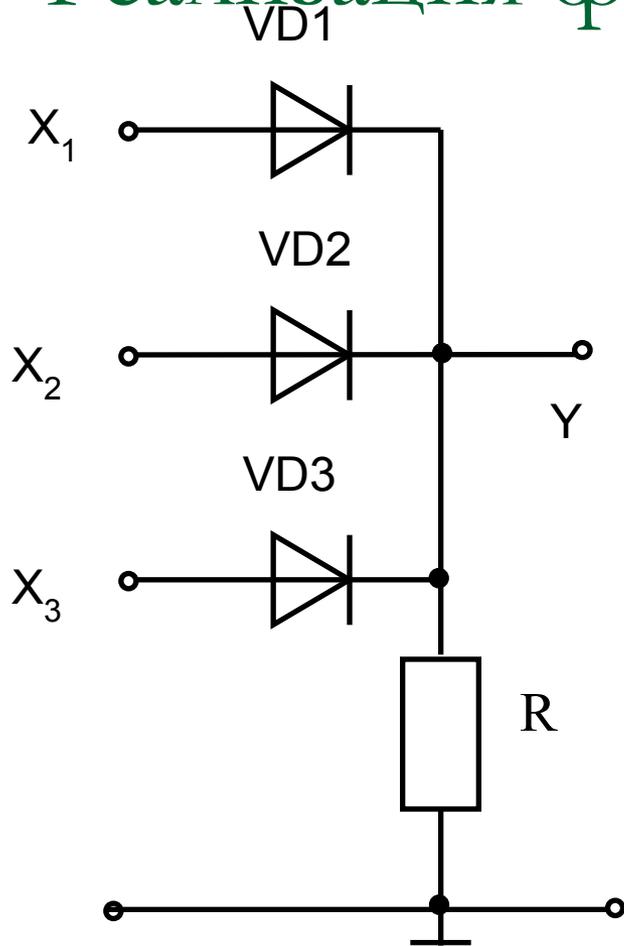


X_1	X_2	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Маркировка: К155ЛЛ1, К555ЛЛ1 (содержат четыре двухвходовых лог. элемента ИЛИ). При этом первая буква Л - логическая ИМС, вторая Л - условно присвоена лог.элементам *ИЛИ*.

Запомнить: на выходе этого лог. элемента «ИЛИ» уровень лог. 1 устанавливается в случаях, когда присутствует лог. 1 хотя бы на одном входе.

Реализация функции «ИЛИ» на диодах



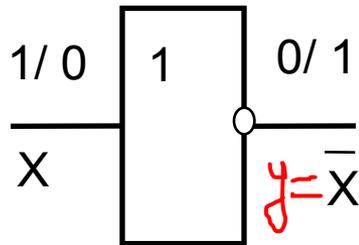
- Если $X_1 = X_2 = X_3 = 0$; токов в цепи нет; $Y=0$.
- Если $X_1=1, X_2 = X_3=0$; ток протекает через диод VD1; $Y=E=1$.
- $X_1 = X_2 = X_3 = 1$, ток протекает через все диоды, $Y=E=1$.

- **Инверсия** – логическое отрицание, логическая связь типа «НЕ».

Запись: $Y = \bar{X}$

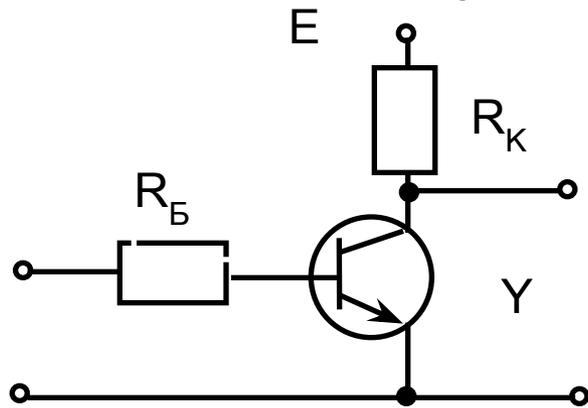
Маркировка: КР1533ЛН1

Таблица истинности:



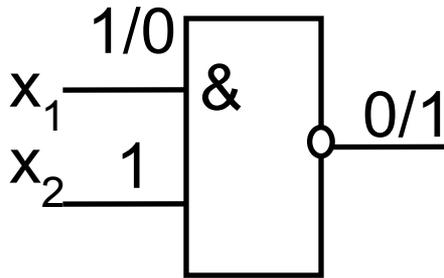
X	Y
0	1
1	0

Реализация функции «НЕ» на транзисторе



- Если $X = 0$; VT – закрыт, $I_K = 0$, $Y = E$;
- Если $X = 1$; VT – открыт, $Y = 0$

Комбинированные логические звенья

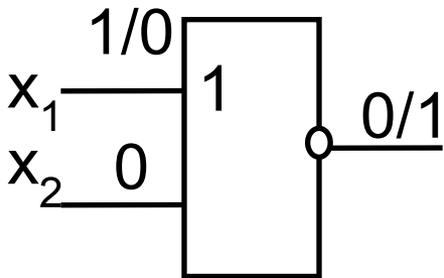


И-НЕ

$$Y = \overline{X_1 \cdot X_2}$$

К155ЛА3

X_1	X_2	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



ИЛИ-НЕ

$$Y = \overline{X_1 + X_2}$$

К155ЛЕ1

X_1	X_2	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Основные законы и тождества алгебры логики

- - *тождества* (аксиомы)

КОНЪЮНКЦИИ ДИЗЪЮНКЦИИ

$$X \cdot 0 = 0 \quad X + 0 = X$$

$$X \cdot 1 = X \quad X + 1 = 1$$

$$X \cdot X = X \quad X + X = X$$

$$X \cdot \bar{X} = 0 \quad X + \bar{X} = 1$$

—

■ - *ЗАКОНЫ:*

закон двойного отрицания: $\overline{\overline{X}} = X$;

переместительные законы: $X_1 \cdot X_2 = X_2 \cdot X_1$

$$X_1 + X_2 = X_2 + X_1$$

распределительные законы:

$$X_1 \cdot (X_2 + X_3) = X_1 \cdot X_2 + X_1 \cdot X_3$$

$$X_1 \cdot (X_2 \cdot X_3) = (X_1 \cdot X_2) \cdot X_3$$

$$X_1 + (X_2 \cdot X_3) = (X_1 + X_2) \cdot X_3$$

Правила де Моргана

$$\overline{X_1 \cdot X_2} = \overline{X_1} \vee \overline{X_2};$$

$$\overline{X_1 \vee X_2} = \overline{X_1} \cdot \overline{X_2}.$$

- *Базисом* лог. уравнения называется совокупность лог. операций, входящих в уравнение, например

$$Y(X_1, X_2) = X_2 \vee \overline{X_1} \cdot \overline{X_2} \vee X_1 - \text{базис "И - ИЛИ - НЕ"};$$

$$Y(X_1, X_2) = X_2 \vee \overline{X_1} - \text{базис "ИЛИ - НЕ"}.$$

Из соотношений де Моргана вытекает, что все три логические операции можно выполнять, не пользуясь всеми тремя логическими элементами. Достаточно иметь элементы одного типа *ИЛИ - НЕ* или только *И - НЕ*.

-
- *При проектировании автоматических устройств важно уметь составлять таблицу истинности для любой лог. функции, заданной аналитически и наоборот - уметь записать аналитическое выражение для функции. заданной таблицей истинности*
-