

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УСТРОЙСТВА ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Учебно-методическое пособие

Составитель В.И. Парфенов

Воронеж
Издательский дом ВГУ
2017

1. ЦИФРОВАЯ ЛОГИКА

В цифровой технике информация (кодированные слова) представляется импульсными сигналами прямоугольной формы, имеющими два фиксированных уровня напряжения. Сигналу «1» (единице) соответствует уровень «высокого» напряжения – потенциал напряжения питания, а сигналу «0» (нулю) – уровень «нулевого» напряжения, т.е. потенциал, близкий к потенциалу корпуса (общей шины). Это относится к устройствам с так называемой положительной логикой. При противоположном способе представления (негативная логика) уровни меняются местами, т.е. низкий уровень напряжения соответствует логической «1», а высокий – логическому «0».

Преобразование информации в цифровых устройствах осуществляется логическими и запоминающими устройствами. Логические элементы выполняют одну или несколько простейших логических операций. Запоминающий элемент обладает способностью сохранять свое состояние при отсутствии сигнала на входе.

Различают два типа цифровых устройств: комбинационные и последовательные. Комбинационные устройства – это устройства, в которых значения выходных сигналов определяются заданными в данный момент времени сочетанием входных воздействий (другими словами, отсутствуют запоминающие элементы). Последовательными устройствами называют устройства, в которых выходные сигналы зависят не только от входных воздействий в заданный момент времени, но и от их предыдущих значений (следовательно, содержат запоминающие элементы).

Логические операции

Для математического описания и анализа работы цифровых устройств применяется алгебра логики (булева алгебра). Под высказыванием понимается всякое предложение, в котором содержится смысл утверждения (истинности) или отрицания (ложности). Если высказывание A – истинно, то это можно обозначить $A=1$. Если высказывание B – ложно, то его можно записать как $B=0$. В основе алгебры логики Буля лежат три основных элементарных операции: ИЛИ (логическое сложение, или дизъюнкция), И (логическое умножение, или конъюнкция), НЕ (логическое отрицание, или инверсия).

Обозначим логическую величину, которая может принимать значение либо «0» либо «1», через X . Тогда аксиомы алгебры логики примут вид

- 1) $1+X=1$; 2) $0 \cdot X=0$; 3) $0+X=X$; 4) $1 \cdot X=X$; 5) $X+X=X$;

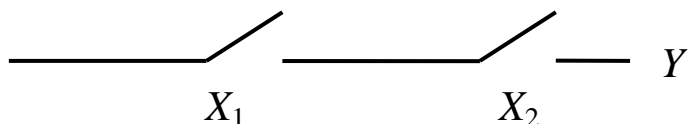


Рис.1.5.

В цифровой электронике операцию логического умножения легко реализовать с помощью двух диодов (с независимыми входами), работающими на одно нагрузочное сопротивление R_H (см. рис.1.6).

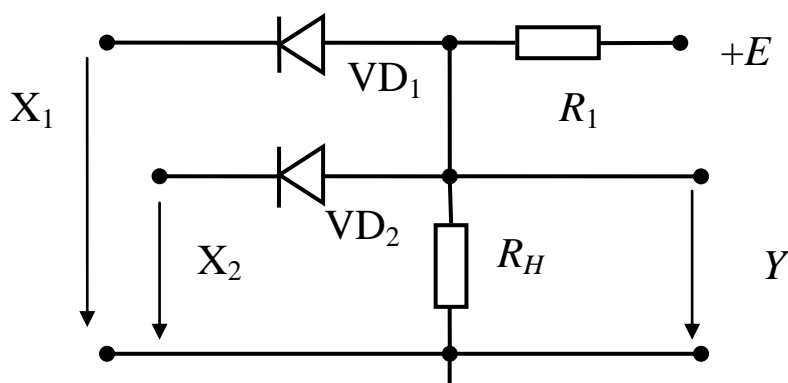


Рис.1.6.

Логический элемент *НЕ* (инвертор) содержит по одному входу и выводу. Эта операция представляется обычно в виде: $Y = \overline{X}$. Таблица истинности для данного элемента выглядит как

Таб.1.3

X	0	1
Y	1	0

Условно-графическое изображение логического элемента, выполняющего данную функцию, приведено на рис.1.7 (как принято в отечественной и зарубежной литературе).

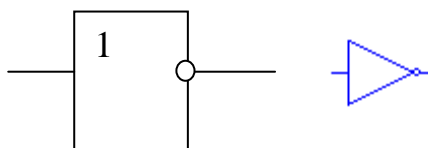


Рис.1.7.

Контактная схема (см. рис.1.8), в отличие от ранее рассмотренных, реализуется с помощью нормально замкнутого контакта.

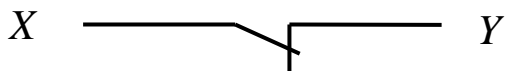


Рис.1.8.

Операцию инверсии обычно выполняют электронные ключи (рис. 1.9).

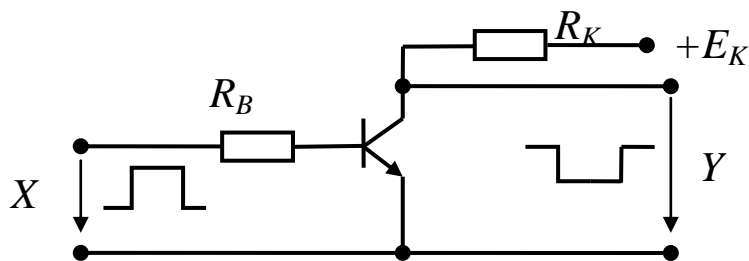


Рис.1.9.

Логический элемент *ИЛИ-НЕ* (функция Пирса): $Y = \overline{X_1 + X_2}$. Таблица истинности для этого элемента приведена ниже (см. Таб.1.4).

Таб.1.4.

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

Условно-графическое изображение логического элемента, выполняющего данную функцию, приведено на рис.1.10 (как принято в отечественной и зарубежной литературе).

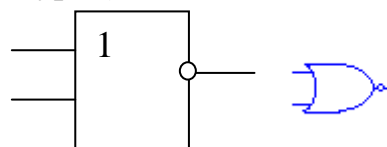


Рис.1.10.

На рис.1.11 приведена контактная схема с двумя нормально замкнутыми последовательно расположенными ключами, позволяющая реализовать такой элемент.

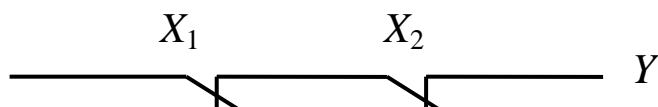


Рис.1.11.

Логический элемент *И-НЕ* (функция Шеффера): $Y = \overline{X_1 \cdot X_2}$. Таблица истинности для этого элемента приведена ниже (см. Таб.1.5).

Таб.1.5.

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

Условно-графическое изображение логического элемента, выполняющего данную функцию, приведено на рис.1.12 (как принято в отечественной и зарубежной литературе).

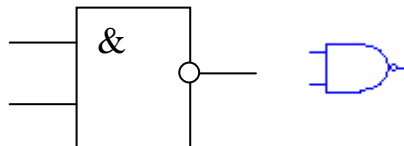


Рис.1.12.

На рис.1.13 приведена контактная схема с двумя нормально замкнутыми параллельно расположенными ключами, позволяющая реализовать такой элемент.

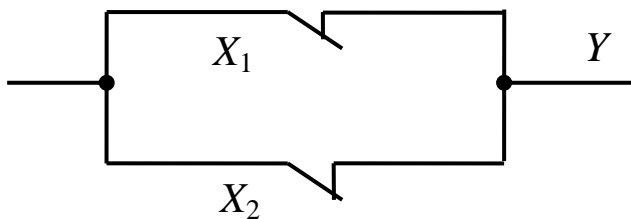


Рис.1.13.

Логический элемент *Исключающее ИЛИ* (сложение по модулю 2): $Y = X_1 \oplus X_2$. Таблица истинности для этого элемента приведена в Таб.1.6, а его условное графическое изображение – на рис. 1.14.

Таб.1.6.

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

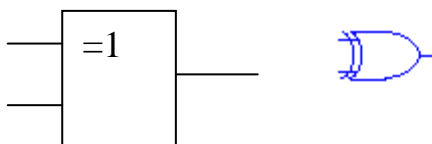
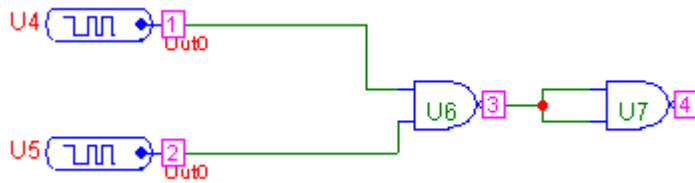


Рис.1.14.

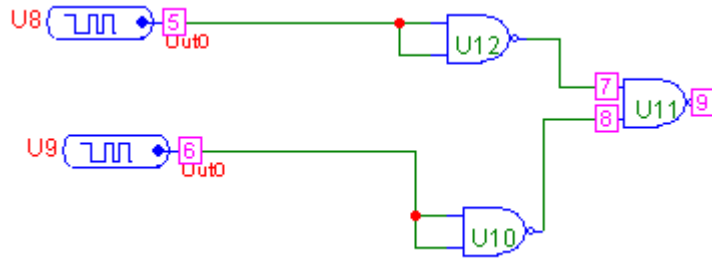
ЗАДАНИЯ

1. Используя таблицы истинности, определить, какую функцию выполняет данное устройство (проверить это экспериментально с использованием пакета MicroCap):

а)



б)



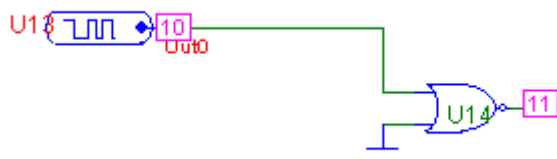
в)



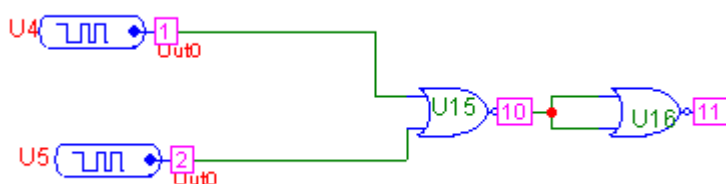
г)



д)



е)



2. Как построить

- а) элемент НЕ из вентилях ИЛИ-НЕ;
- б) элемент ИЛИ из вентилях ИЛИ-НЕ;
- в) элемент ИЛИ из вентилях И-НЕ.

3. Реализовать элемент Исключающее ИЛИ, используя вентили (проверить экспериментально с использованием пакета MicroCap):

- а) И, ИЛИ, И-НЕ;
- б) И, ИЛИ, НЕ.

4. Доказать законы 6-10 алгебры логики.

5. Упростить следующее выражение:

$$\overline{X_1}\overline{X_2}X_3 + \overline{X_1}X_2X_3 + X_1X_2\overline{X_3} + X_1X_2X_3.$$

6. Изобразить схему, реализующую логическое выражение $\overline{X_1} + X_2X_3$, используя элементы:

- а) ИЛИ-НЕ; б) И-НЕ.

7. Используя законы булевой алгебры, доказать следующие соотношения:

- а) $A+B = A(B+C)+B(A+C)$;
- б) $(\overline{A}\overline{B}+\overline{A}B)C = (AC+BC)(\overline{A}\overline{B})$;
- в) $AB+\overline{A}\overline{B}+\overline{A}BC = A\overline{B}\overline{C}+\overline{A}\overline{B}+BC$;
- г) $ABC+\overline{B}\overline{C}D+ACD = A+D$;
- д) $\overline{A}\overline{B}(AC+B)+(A+B)(\overline{A}\overline{B}\overline{C}+\overline{A}BC) = \overline{A}\overline{B}\overline{C}+\overline{A}BC$.

8. Синтезируйте логическую схему, реализующую следующую функцию, используя логические элементы И-НЕ, ИЛИ-НЕ:

- а) $Y = X_1X_2 + \overline{X_2} + \overline{X_1}\overline{X_2}$;
- б) $Y = \overline{(X_2 + X_1 + \overline{X_2})X_2}$;
- в) $Y = X_2 + (\overline{X_2}X_1) + \overline{X_1}\overline{X_2}$;
- г) $Y = \overline{X_1}(X_2 + X_1) + (X_2 + \overline{X_1})$.