Информатика

Курс лекций часть 4

Масловский Владимир Михайлович, к.т.н., доцент кафедра ИУ-10
РУНЦ «Безопасность» МГТУ им. Р.Э. Баумана, тел. 499 263 6794,
E-mail: zi@bmstu.ru, mvm481@rambler.ru

Логические основы построения цифровых автоматов

1. Основные законы и постулаты цифровых автоматов

2. Представление функций алгебры логики

3. Логический синтез переключательных и вычислительных схем

3.1. Синтез переключательных схем

3.2. Синтез вычислительных схем

4. Основы элементной базы цифровых автоматов

4.1.Логические элементы

4.2 Схемотехника логических элементов

4.3 Элементы интегральных схем

Контрольные вопросы

Слово *логика* означает совокупность правил, которым подчиняется процесс мышления.

Сам термин "логика" происходит от древнегреческого logos, означающего "слово, мысль, понятие, рассуждение, закон". *Формальная логика* - наука о формах и законах мышления. Законы логики отражают в сознании человека свойства, связи и отношения объектов окружающего мира. Логика как наука позволяет строить формальные модели окружающего мира, отвлекаясь от содержательной стороны. Основными формами мышления являются *понятия, суждения* и *умозаключения*.

Понятие - это форма мышления, которая выделяет существенные признаки предмета или класса предметов, отличающие его от других. Например, компьютер, человек, ученики.

Суждения - это форма мышления, в которой утверждается или отрицается связь между предметом и его признаком, отношения между предметами или факт существования предмета и которая может быть либо истинной, либо ложной. Языковой формой выражения суждения является повествовательное предложение. Вопросительные и побудительные предложения суждениями не являются

Логические основы построения цифровых автоматов

Суждения рассматриваются не с точки зрения их смысла и содержания, а только с точки зрения их истинности или ложности. Истинным будет суждение, в котором связь понятий правильно отражает свойства и отношения реальных объектов. "Дважды два равно четырем" - истинное суждение, а вот "Процессор предназначен для печати" - ложное. Суждения могут быть простыми и сложными. "Весна наступила, и грачи прилетели" - сложное суждение, состоящее из двух простых. Простые суждения (высказывания) выражают связь двух понятий. Сложные - состоят из нескольких простых суждений.

Умозаключение - прием мышления, позволяющий на основе одного или нескольких суждений-посылок получить новое суждение (знание или вывод).

Примерами умозаключений являются доказательства теорем в геометрии. Посылками умозаключения по правилам формальной логики могут быть только истинные суждения. Тогда и умозаключение будет истинным. Иначе можно прийти к ложному умозаключению

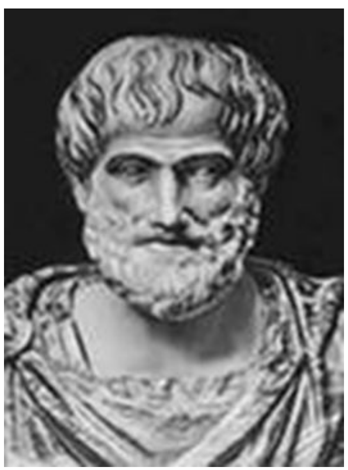
Алгебра логики. История логики

Алгебра — раздел математики, исследующий операции, аналогичные *сложению, умножению, вычитанию* и *делению* и выполняемые не только над числами, но и над другими математическими объектами, например, многочленами, векторами, матрицами, операторами и т.д., над объектами самой различной природы.

Возникла алгебра в связи с поисками общих приемов решения однотипных арифметических задач. В основе найденных алгеброй общих приемов лежат действия над величинами (составление и решение уравнений), выраженных буквами, независимо от их конкретного числового значения. Введение символики имело исключительное значение и явилось огромным шагом вперед в развитии математики, так как введение буквенных обозначений сделало запись сжатой и удобной для построения исчислений. Применение буквенных обозначений облегчило и исследование общих свойств числовых систем и общих методов решения задач при помощи уравнений.

Как грамматика изучает формы отдельного слова и формы сочетания слов в предложении, отвлекаясь от конкретного содержания языковых выражений; как математика рассматривает количественные и пространственные отношения и формы, отвлекаясь от конкретных материальных предметов, так и *формальная логика* исследует формы отдельных мыслей и формы сочетаний их в отвлечении от конкретного содержания суждений, умозаключений, доказательств и понятий. Составной частью формальной логики является *математическая логика.*
Математическая логика изучает вопросы применения математических методов для решения логических задач и построения логических схем, которые лежат в основе работы любого компьютера. Суждения в математической логике называют *высказываниями* или *логическими выражениями*. Подобно тому, как для описания действий над переменными был разработан раздел математики алгебра, так и для обработки логических выражений в математической логике была создана *алгебра высказываний*, или *алгебра логики*.

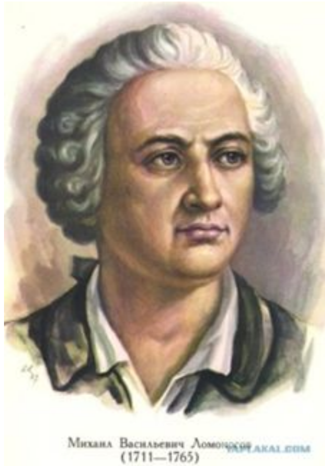
Зародилась логика в лоне единой нерасчлененной науки — античной философии, которая тогда объединяла всю совокупность знаний о мире и о самом человеке и его мышлении. В IV в. до н. э. логика начинает развиваться под влиянием возросшего интереса к ораторскому искусству. Это характерно не только для Древней Греции, но и для Древней Индии, Древнего Китая, Древнего Рима и феодальной России.



Как известно, в первом сочинении *Аристотеля* (384 — 322 до н. э.) по логике проблемы логики рассматривались в связи с теорией ораторского искусства.

Декарт Рене (1596-1650, фр. философ, математик) предложил в логике использовать математические методы.

Логические основы построения цифровых автоматов



Первый русский фундаментальный труд по логике, написанный *М.В. Ломоносовым* (1711 — 1765), называется «Краткое руководство к красноречию».

Основы математической логики заложил немецкий ученый и философ *Готфрид Вильгельм Лейбниц* (1646 — 1716). Он сделал попытку построить первые логические исчисления, считал, что можно заменить простые рассуждения действиями со знаками и привел соответствующие правила.

Но Лейбниц высказал только идею, а развил ее окончательно англичанин *Джордж Буль* (1815 — 1864). Буль считается основоположником математической логики как самостоятельной дисциплины. В его работах логика обрела свой алфавит, свою орфографию и грамматику. Недаром начальный раздел математической логики называют *алгеброй логики,* или *булевой алгеброй.*

Алгебра логики – раздел математики, изучающий высказывания, рассматриваемые со стороны их логических значений (истинности или ложности) и логических операций над ними.

Приведем еще одно определение алгебры логики, устанавливающее связь с высказыванием.

Алгебра логики (логика высказываний) — один из основных разделов математической логики, в котором методы алгебры используются в логических преобразованиях *высказываний*.

Попробуем разобраться что же такое логическое высказывание?

Логическое высказывание — это любое повествовательное предложение, в отношении которого можно однозначно сказать, истинно оно или ложно.

Или же

Высказывания

Высказывание — это термин математической логики, которым обозначается предложение какого-либо языка (естественного или искусственного), рассматриваемого лишь в связи с его истинностью. Например: «Земля — планета солнечной системы.»	Истина
«2+8<5»	Ложь
«Всякий квадрат есть параллелограмм.»	Истина
«Каждый параллелограмм есть квадрат.»	Ложь

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ

В алгебре логики выполняются следующие основные законы, позволяющие производить *тождественные преобразования логических выражений*:

Закон	Для ИЛИ	Для И
Переместительный	$x \vee y = y \vee x$	$x \cdot y = y \cdot x$
Сочетательный	$x \vee (y \vee z) = (x \vee y) \vee z$	$x \cdot (y \cdot z) = (x \cdot y) \cdot z$
Распределительный	$x \cdot (y \vee z) = x \cdot y \vee x \cdot z$	$x \vee (y \cdot z) = (x \vee y) \cdot (x \vee z)$
Правила де Моргана	$\overline{x \vee y} = \bar{y} \cdot \bar{x}$	$\overline{x \cdot y} = \bar{y} \vee \bar{x}$
Идемпотенции	$x \vee x = x$	$x \cdot x = x$
Поглощения	$x \vee (x \cdot y) = x$	$x \cdot (x \vee y) = x$
Склеивания	$(x \cdot y) \vee (\bar{x} \cdot y) = y$	$(x \vee y) \cdot (\bar{x} \vee y) = y$
Операция переменной с ее инверсией	$x \vee \bar{x} = 1$	$x \cdot \bar{x} = 0$
Операция с константами	$x \vee 0 = x;\ x \vee 1 = 1$	$x \cdot 1 = x;\ x \cdot 0 = 0$
Двойного отрицания	$\bar{\bar{x}} = x$	

Рассмотрим основные законы алгебры логики.

1. Переместительный закон (закон коммутативности) для логического умножения и логического сложения: $a \cdot b = b \cdot a;\ a+b = b+a.$

2. Сочетательный закон (закон ассоциативности) для логического умножения и логического сложения: $(a \cdot b) \cdot c = a \cdot (b \cdot c);\ (a+b)+c = a+(b+c).$

3. Распределительный закон (дистрибутивный закон): $a+b \cdot c=(a+b)(a+c);$

$(b+c) \cdot a=a \cdot b+a \cdot c;$

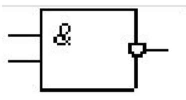
$a+b \cdot c=(a \cdot 1+b \cdot c)=a \cdot (1+b+c)+b \cdot c = a \cdot a+a \cdot b+a \cdot c+b \cdot c=a \cdot (a+b)+c \cdot (a+b)=$

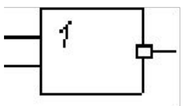
$= (a+b) \cdot (a+c).$

4. Закон поглощения: $a+a \cdot b=a \cdot (1+b)=a;\ a \cdot (a+b)=a \cdot a+a \cdot b=a.$

Логические основы построения цифровых автоматов

5. Закон склеивания: $a \cdot b = a \cdot \overline{b}$; $(a+b) \cdot (a+\overline{b}) = a$; $a + \overline{a} \cdot b = a + b$; $a \cdot (\overline{a} + b) = a \cdot b$.





6. Закон отрицания (закон двойственности, закон де Моргана): $\overline{a+b} = \overline{a} \cdot \overline{b}$;

$\overline{a \cdot b} = \overline{a} + \overline{b}$; $\overline{a+b} = a \downarrow b$ - «стрелка Пирса» (функция «Вебба») ,

$a \cdot b = a / b$ - «штрих Шеффера», .

Логические основы построения цифровых автоматов

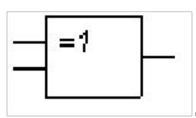
7. Закон двойного отрицания: $a = \bar{\bar{a}}$.

8. Закон умножения на 1 и 0 : $a \cdot 1 = a$; $a \cdot 0 = 0$; $a \cdot a = a$.

9. Закон сложения с 1 и 0: $a + 1 = 1$; $a + 0 = a$; $a + a = a$.

10. Закон исключения и противоречия: $a + \bar{a} = 1$; $a \cdot \bar{a} = 0$.

11. Константы: $\bar{1} = 0$; $\bar{0} = 1$.

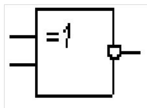
12. Операция «Исключающее ИЛИ» (неравнозначность, сумма по модулю 2): $a \oplus b = a \cdot \bar{b} + \bar{a} \cdot b$ 

.

Логические основы построения цифровых автоматов

13. Операция сравнения (равнозначность, эквивалентность):

$$\overline{a \oplus b} = \bar{a} \cdot \bar{b} + a \cdot b$$



Законы 1 – 10 свидетельствуют о том, что алгебра логики обладает свойством двойственности (дуальности) относительно операций логического сложения и умножения. Двойственность определяется как изменение всех знаков операций И на знаки операций ИЛИ или всех знаков операций ИЛИ на знаки операций И.

Логическую функцию для удобства записи и последующего синтеза выражают в виде суммы произведений переменных или в виде произведений их сумм. Первая запись называется дизъюнктивной нормальной формой (ДНФ), вторая - конъюнктивной нормальной формой (КНФ).

Дизъюнктивная нормальная форма это запись логической функции в виде суммы произведений переменных.

Конъюнктивная нормальная форма это запись логической функции в виде произведения сумм переменных.

Для каждой логической функции может существовать несколько равносильных дизъюнктивных и конъюнктивных форм, однако существует только один вид ДНФ или КНФ, в котором функция может быть записана единственным образом (совершенные нормальные формы СДНФ и СКНФ). В СДНФ функция записывается в виде логической суммы конституент единицы (минтермов), а в СКНФ - в виде логического произведения конституент нуля (макстермов).

Конституенты единицы и нуля - это комбинации переменных, при которых функция соответственно обращается в единицу или нуль.

Минтермом (или элементарной конъюнкцией Q_i, или конституентой единицы) называется логическое произведение прямых или инверсных переменных, причем каждая переменная в произведении встречается только один раз: $Q_i = a \cdot b \cdot \overline{c} \ldots n = 1$

Макстермом (или элементарной дизъюнкцией D_i, или конституентой нуля) называется логическая сумма прямых или инверсных переменных, причем каждая переменная встречается в сумме только один раз: $D_i = \left(a + b + \overline{c} \ldots \overline{n}\right) = 0$

Количество минтермов и макстермов заданного числа аргументов совпадает с числом различных наборов аргументов $N = 2^n$.

1. Между индексами i одноименных минтермов и макстермов булевых *n* переменных существуют следующие соотношения: $\overline{Q}_i = D_{2^n-1-i}$ $\overline{D}_i = Q_{2^n-1-i}$

где индекс *i* – десятичное число и соответствует двоичному коду, отвечающему комбинации значений аргументов функции.

2. Логическая сумма всех минтермов любого числа переменных равна единице, т.е.

$$\sum_{i=0}^{2^n-1} Q_i = 1$$

3. Логическое произведение всех макстермов любого числа переменных равно нулю, т.е.

$$\prod_{i=0}^{2^n-1} D_i = 0$$

4. Логическое произведение минтермов, имеющих разные индексы, равно нулю, т.е: $Q_i \cdot Q_j = 0$, при i ? j.

5. Логическая сумма неодинаковых макстермов равна единице, т. е. $D_i + D_j = 1$, при i ? j.

Для построения СДНФ логической функции $F_{CDHФ}$ от n переменных, заданной таблицей истинности, необходимо по каждому набору переменных, на котором функция принимает значение 1, записать конъюнкцию – минтерм вида $Q_i = a \cdot \bar{b} \cdot c, \ldots n$

и все такие конъюнкции соединить знаками дизъюнкции. При этом переменные, имеющие значение нуля, инвертируются

$$a = 0 \rightarrow \bar{a} \quad a = 1 \rightarrow a \qquad F_{CDHФ} = \sum_{i=0}^{2^n - 1} F_i \cdot Q_i$$

где i – десятичные числа, соответствующие тем наборам аргументов, на которых $F = F_i = 1$.

Для построения СКНФ логической функции $F_{СКНФ}$ от n переменных, заданной таблицей истинности, необходимо по каждому набору переменных, на котором функция принимает значение 0, записать дизъюнкцию – макстерм вида $D_i = a + b + c + \ldots + n$

и все такие дизъюнкции соединить знаками конъюнкции. При этом переменные, имеющие значение единицы, инвертируются:

$$a = 1 \rightarrow \overline{a},\ a = 0 \rightarrow a \qquad F_{СКНФ} = \prod_{i=0}^{2^n-1} (F_i + D_i)$$

где i – десятичные числа, соответствующие тем наборам аргументов, на которых $F=F_i=0$.

Для уменьшения числа логических элементов, реализующих функцию, применяются различные методы минимизации. Под минимизацией логической функции понимают нахождение наиболее простого ее представления в виде суперпозиции операций, составляющих какую-либо фиксированную, функционально полную систему.

Логическая функция может быть упрощена непосредственно алгебраическим преобразованием с помощью законов алгебры логики (склеивания и поглощения). Но, как правило, такие преобразования требуют громоздких выкладок, а также знаний и навыков. Для функций, имеющих большое число переменных (больше трех) и большое число слагаемых, существуют специальные методы. Наиболее часто применяют методы с использованием карт Вейча и карт Карно, представляющим собой прямоугольную таблицу с числом клеток 2^n. Каждой строке (столбцу) этой таблицы соответствует определенная комбинация аргументов (переменных), каждая клетка соответствует определенному набору значений аргументов так, что при всяком переходе из одной клетки в соседнюю вдоль строки или столбца изменяется значение лишь одного аргумента функции. Карты Карно отличаются от диаграмм Вейча порядком расположения аргументов, перечисляемых в циклическом коде (коде Грея) двоичных чисел.

Алгоритм минимизации логической функции состоит из следующих этапов:

1. Логическую функцию следует привести к СДНФ (СКНФ). Для этого необходимо воспользоваться законами алгебры логики 2, 3, 7-10, а в каждый из членов функции, в которых отсутствуют аргументы, ввести выражение вида $x_i + \overline{x_i} = 1$

и воспользоваться равенством $y\left(x_i + \overline{x_i}\right) = yx_i + y\,\overline{x_i}$ для СДНФ

$x_i\,\overline{x_i} = 0$, $x_i\,\overline{x_i} = (y + x_i)\left(y + \overline{x_i}\right)$ для СКНФ),

где i - отсутствующий в члене аргумент.

2. Заполнить минтермами (макстермами) прямоугольную таблицу, количество клеток которой равно числу возможных минтермов 2^n. Минтермы логической функции отмечаются 1 в соответствующих клетках таблицы, а макстермы - 0. Два минтерма, находящиеся в соседних клетках, могут быть заменены одним логическим произведением, содержащим на одну переменную меньше, на основании законов дистрибутивности, склеивания и сложения (умножения) с 1 и 0. В общем случае наличие единиц (нулей) в 2^K соседних клетках позволяет исключить K переменных.

3. В заполненной таблице обводят прямоугольными контурами все единицы (нули). При проведении контуров придерживаются следующих правил: контур должен быть прямоугольным; внутри контура должны быть только клетки, заполненные 1 (0); количество клеток находящихся внутри контура, должно быть целой степенью числа 2, т.е. 1, 2, 4, 8, 16; одни и те же клетки, заполненные 1 (0), могут входить в несколько контуров; самая нижняя и самая верхняя строки таблицы, а также самый левый и самый правый столбцы считаются соседними; контуров должно быть как можно меньше, а сами контуры - как можно большими.

4. Выражение минимальной ДНФ (МДНФ) функции записывается следующим образом. Каждый контур в МДНФ представляется членом, число переменных в котором на K меньше общего n – числа аргументов функции, т.е. равно $n – K$. Каждый член МДНФ составляет лишь из тех аргументов, которые для соответствующего контура являются общими, т.е. имеют значения без инверсии либо с инверсией. В общем случае функция может иметь несколько минимальных форм, которым соответствуют различные, но равноценные по числу членов МДНФ.

Например: Задана функция четырех переменных (аргументов)

$$F = 111000\varnothing\varnothing11000110$$

В СДНФ

$$F = \overset{1}{0000} + \overset{2}{1000} + \overset{3}{0100} + \overset{4}{1100} + \overset{5}{0010} + \overset{6}{1010} + \overset{7}{0110} + \overset{8}{1110} + \overset{9}{0001} + \overset{10}{1001} +$$

$$+ \overset{11}{0101} + \overset{12}{1101} + \overset{13}{0011} + \overset{14}{11011} + \overset{15}{0111} + \overset{16}{111}$$

Наносим на карту Карно, произведем накрытие

X_4

X_3

0011	0111	0110	0010
1011	1111	1110	1010
1001	1101	1100	1000
0001	0101	0100	0000

X_1

X_2

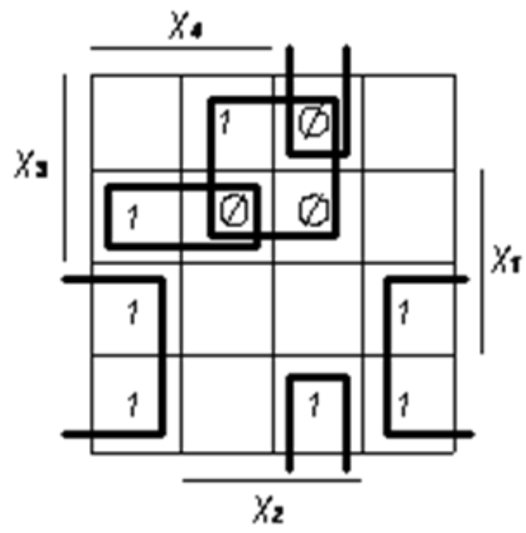
X_4

X_3

12	14	6	4
13	15	7	5
9	11	3	1
8	10	2	0

X_1

X_2



Запишем результат накрытый в виде дезъюнкции конъюнкций (суммы произведений):

$$F = X_3 X_2 + \overline{X_3}\,\overline{X_2} + X_4 X_3 X_1 + \overline{X_4} X_2 \overline{X_1}$$

Функция до минимизации имела 16 наборов переменных, после четыре.

Логический синтез переключательных и вычислительных схем

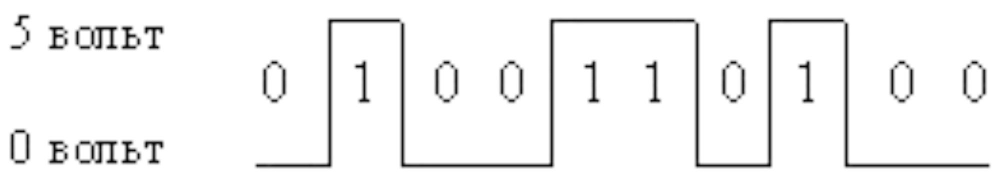
Рассмотрим какая же связь между алгеброй логики и двоичным кодированием?

Математический аппарат алгебры логики очень удобен для описания того, как функционируют аппаратные средства компьютера, поскольку основной системой счисления в компьютере является двоичная, в которой используются цифры 1 и 0, а значений логических переменных тоже два: “1” и “0”.

Из этого следует два вывода:

1. одни и те же устройства компьютера могут применяться для обработки и хранения как числовой информации, представленной в двоичной системе счисления, так и логических переменных;
2. на этапе конструирования аппаратных средств алгебра логики позволяет значительно упростить логические функции, описывающие функционирование схем компьютера, и, следовательно, уменьшить число элементарных логических элементов, из десятков тысяч которых состоят основные узлы компьютера.

В каком виде записываются в памяти компьютера и в регистрах процессора данные и команды?
Данные и команды представляются в виде двоичных последовательностей различной структуры и длины. Существуют различные физические способы кодирования двоичной информации. Мы уже рассмотрели способы записи двоичной информации на магнитных дисках и на CD-ROM. В электронных устройствах компьютера **двоичные единицы чаще всего кодируются более высоким уровнем напряжения, чем двоичные нули** (или наоборот), например:



Что такое логический элемент компьютера?

__Логический элемент компьютера__ **— это часть электронной логической схемы, которая реализует элементарную логическую функцию.**

Логическими элементами компьютеров являются электронные схемы И, ИЛИ, НЕ, И—НЕ, ИЛИ—НЕ и другие (называемые также **вентилями**), а также **триггер.**
С помощью этих схем можно реализовать любую логическую функцию, описывающую работу устройств компьютера. Обычно у вентилей бывает от двух до восьми входов и один или два выхода.
Чтобы представить два логических состояния — “1” и “0” в вентилях, соответствующие им входные и выходные сигналы имеют один из двух установленных уровней напряжения. Например, +5 вольт и 0 вольт.
Высокий уровень обычно соответствует значению “истина” (“1”), а низкий — значению “ложь” (“0”).

Каждый логический элемент имеет свое условное обозначение, которое выражает его логическую функцию, но не указывает на то, какая именно электронная схема в нем реализована. Это упрощает запись и понимание сложных логических схем.

Работу логических элементов описывают с помощью таблиц истинности.

Таблица истинности **это табличное представление логической схемы (операции), в котором перечислены все возможные сочетания значений истинности входных сигналов (операндов) вместе со значением истинности выходного сигнала (результата операции) для каждого из этих сочетаний.**

С х е м а И

Схема И реализует конъюнкцию двух или более логических значений. Условное обозначение на структурных схемах схемы **И** с двумя входами представлено на рисунке

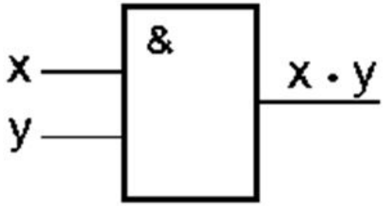


Таблица истинности схемы **И**

x	y	x·y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Единица на выходе схемы И будет тогда и только тогда, когда на всех входах будут единицы. Когда хотя бы на одном входе будет ноль, на выходе также будет ноль.

Связь между выходом z этой схемы и входами x и y описывается соотношением: $\mathbf{z = x \cdot y}$
(читается как **"x и y"**). Операция конъюнкции на структурных схемах обозначается знаком **"&"** (читается как **"амперсэнд"**), являющимся сокращенной записью английского слова **and.**

С х е м а ИЛИ

Схема ИЛИ реализует дизъюнкцию двух или более логических значений. Когда хотя бы на одном входе схемы **ИЛИ** будет единица, на её выходе также будет единица.

Условное обозначение на структурных схемах схемы **ИЛИ** с двумя входами представлено ниже Знак **"1"** на схеме — от устаревшего обозначения дизъюнкции как **">=1"** (т.е. значение дизъюнкции равно единице, если сумма значений операндов больше или равна 1). Связь между выходом **z** этой схемы и входами **x** и **y** описывается соотношением: **z = x v y** (читается как **"x или y"**).

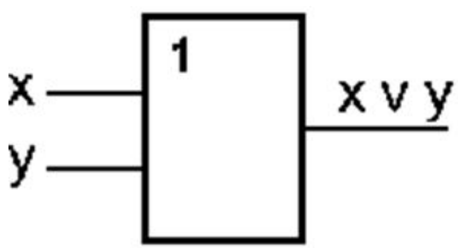


Таблица истинности схемы **ИЛИ**

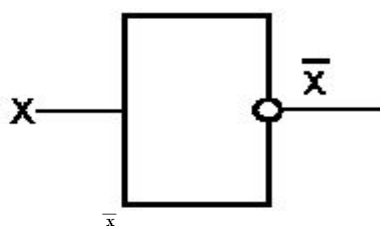
x	y	x v y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

С х е м а НЕ

Схема **НЕ** (инвертор) реализует операцию отрицания. Связь между входом **x** этой схемы и выходом **z** можно записать соотношением Z = $\bar{x}$, где

$\bar{x}$ читается как **"не x"** или **"инверсия x".**

Если на входе схемы **0,** то на выходе **1.** Когда на входе **1,** на выходе **0.** Условное обозначение на структурных схемах инвертора — на рисунке



$\bar{x}$

Таблица истинности схемы **НЕ**

x	
0	**1**
1	**0**

С х е м а И—НЕ

Схема **И—НЕ** состоит из элемента **И** и инвертора и осуществляет отрицание результата схемы **И.** Связь между выходом **z** и входами **x** и **y** схемы записывают следующим образом: $z = \overline{x \cdot y}$

где $\overline{x \cdot y}$ читается как **"инверсия x и y".** Условное обозначение на структурных схемах схемы **И—НЕ** с двумя входами представлено на рисунке

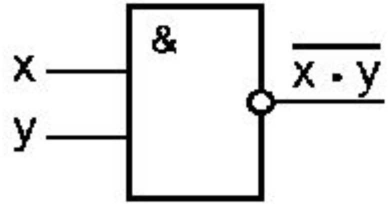


Таблица истинности схемы И—НЕ

x	y	$\overline{x \cdot y}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Схема ИЛИ—НЕ

Схема **ИЛИ—НЕ** состоит из элемента **ИЛИ** и инвертора и осуществляет отрицание результата схемы **ИЛИ.** Связь между выходом **z** и входами **x** и **y** схемы записывают следующим образом:

$$z = \overline{x \vee y}$$

где $\overline{x \vee y}$ читается как **"инверсия x или y ".** Условное обозначение на структурных схемах схемы **ИЛИ—НЕ** с двумя входами представлено на рисунке

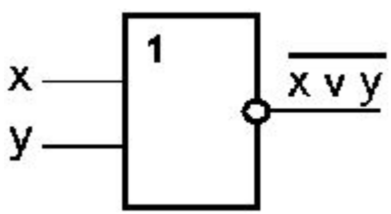


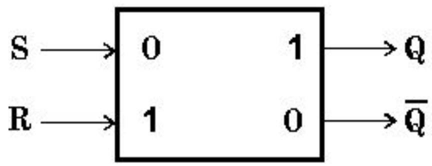
Таблица истинности схемы ИЛИ—НЕ

x	y	$\overline{x \vee y}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

<u>Триггер</u> **— это электронная схема, широко применяемая в регистрах компьютера для надёжного запоминания одного разряда двоичного кода. Триггер имеет два устойчивых состояния, одно из которых соответствует двоичной единице, а другое — двоичному нулю.**

Термин **триггер** происходит от английского слова **trigger** — защёлка, спусковой крючок. Для обозначения этой схемы в английском языке чаще употребляется термин **flip-flop**, что в переводе означает “хлопанье”. Это звукоподражательное название электронной схемы указывает на её способность почти мгновенно переходить (“перебрасываться”) из одного электрического состояния в другое и наоборот.

Самый распространённый тип триггера — так называемый RS-триггер (S и R, соответственно, от английских *set* — установка, и *reset* — сброс). Условное обозначение триггера — на рисунке.

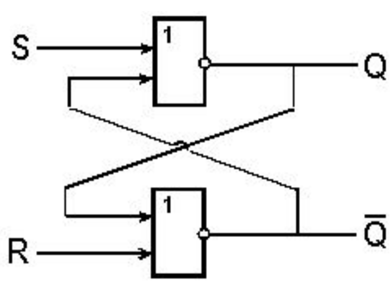


Он имеет два симметричных входа S и R и два симметричных выхода Q и $\overline{Q}$

причем выходной сигнал Q является логическим отрицанием сигнала $\overline{Q}$

На каждый из двух входов S и R могут подаваться входные сигналы в виде кратковременных импульсов ⎍1⎍

Наличие импульса на входе будем считать единицей, а его отсутствие — нулем. На рисунке ниже показана реализация триггера с помощью вентилей ИЛИ—НЕ и соответствующая таблица истинности.



S	R	Q	$\overline{Q}$
0	0	запрещено	
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	хранение бита	

Проанализируем возможные комбинации значений входов R и S триггера, используя его схему и таблицу истинности схемы ИЛИ—НЕ

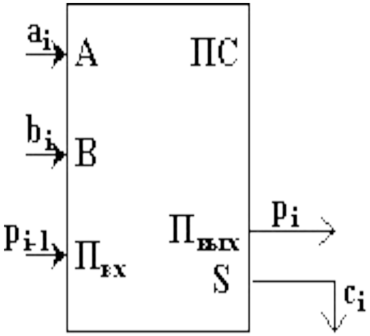
1. Если на входы триггера подать S=“1”, R=“0”, то (независимо от состояния) на выходе Q верхнего вентиля появится “0”. После этого на входах нижнего вентиля окажется R=“0”, Q=“0” и выход $\overline{Q}$ станет равным “1”.
2. Точно так же при подаче “0” на вход S и “1” на вход R на выходе $\overline{Q}$ появится “0”, а на Q — “1”.
3 Если на входы R и S подана логическая “1”, то состояние Q и $\overline{Q}$ не меняется.
4. Подача на оба входа R и S логического “0” может привести к неоднозначному результату, поэтому эта комбинация входных сигналов запрещена.

Поскольку один триггер может запомнить только один разряд двоичного кода, то для запоминания байта нужно 8 триггеров, для запоминания килобайта, соответственно, 8 x 2^{10}= 8192 триггеров. Современные микросхемы памяти содержат миллионы триггеров.

Сумматор — это электронная логическая схема, выполняющая суммирование двоичных чисел.

Сумматор служит, прежде всего, центральным узлом арифметико-логического устройства компьютера, однако он находит применение также и в других устройствах машины.

Многоразрядный двоичный сумматор, предназначенный для сложения многоразрядных двоичных чисел, **представляет собой комбинацию одноразрядных сумматоров,** с рассмотрения которых мы и начнём. Условное обозначение одноразрядного сумматора на рисунке



При сложении чисел А и В в одном *i*-ом разряде приходится иметь дело с тремя цифрами:

1. цифра a_i первого слагаемого;

2. цифра b_i второго слагаемого;

3. перенос p_{i-1} из младшего разряда.

В результате сложения получаются две цифры:

1. цифра c_i для суммы;

2. перенос p_i из данного разряда в старший.

Таким образом, **одноразрядный двоичный сумматор есть устройство с тремя входами и двумя выходами**, работа которого может быть описана следующей таблицей истинности:

Входы			Выходы	
Первое слагаемое	Второе слагаемое	Перенос	Сумма	Перенос
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Если требуется складывать двоичные слова длиной два и более бит, то можно использовать последовательное соединение таких сумматоров, причём **для двух соседних сумматоров выход переноса одного сумматора является входом для другого.**

Например, схема вычисления суммы C = (c_3 c_2 c_1 c_0) двух двоичных трехразрядных чисел A = (a_2 a_1 a_0) и B = (b_2 b_1 b_0) может иметь вид: