

Лекция 5.  
Язык программирования -  
ассемблер.  
Логические основы компьютера

# Булева алгебра

## Виды логических операций

Для логических величин обычно используются три операции:

- Конъюнкция – логическое умножение (И) – and, &,  $\wedge$
- Дизъюнкция – логическое сложение (ИЛИ) – or, |,  $\vee$ .
- Унарная операция – логическое отрицание (НЕ) – not,  $\neg$ .

# Основные аксиомы

Булевой алгеброй называется непустое множество  $A$  с двумя бинарными операциями - конъюнкцией и дизъюнкцией, а также унарной операцией и двумя выделенными элементами: 0 (или Ложь) и 1 (или Истина) такими, что для всех  $a$ ,  $b$  и  $c$  из множества  $A$  верны следующие аксиомы:

$a \vee (b \vee c) = (a \vee b) \vee c$	$a \wedge (b \wedge c) = (a \wedge b) \wedge c$	ассоциативность
$a \vee b = b \vee a$	$a \wedge b = b \wedge a$	коммутативность
$a \vee (a \wedge b) = a$	$a \wedge (a \vee b) = a$	законы поглощения
$a \vee (b \wedge c) = (a \vee b) \wedge (a \vee c)$	$a \wedge (b \vee c) = (a \wedge b) \vee (a \wedge c)$	дистрибутивность
$a \vee \neg a = 1$	$a \wedge \neg a = 0$	дополнительность

# ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

Для всех  $a$  и  $b$  из множества  $A$  верны следующие равенства:

$$a \vee a = a$$

$$a \wedge a = a$$

$$a \vee 0 = a$$

$$a \wedge 1 = a$$

$$a \vee 1 = 1$$

$$a \wedge 0 = 0$$

$$\neg 0 = 1$$

$$\neg 1 = 0$$

дополнение 0 есть 1 и наоборот

$$\neg(a \vee b) = \neg a \wedge \neg b$$

$$\neg(a \wedge b) = \neg a \vee \neg b$$

законы де Моргана

$$\neg\neg a = a.$$

инволютивность отрицания

# Основные свойства

Самая простая нетривиальная булева алгебра содержит всего два элемента, 0 и 1, а действия в ней определяются следующей таблицей:

Конъюнкция

$\wedge$	0	1
0	0	0
1	0	1

Дизъюнкция

$\vee$	0	1
0	0	1
1	1	1

Унарная операция

a	0	1
$\neg a$	1	0

Таблицы истинности:

$a$	$b$	$a \wedge b$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$a$	$b$	$a \vee b$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

# Логические элементы

Вентиль - это устройство, которое выдает результат булевой операции от введенных в него данных (сигналов).

Простейший вентиль представляет собой транзисторный инвертор, который преобразует низкое напряжение в высокое или наоборот. Это можно представить как преобразование логического нуля в логическую единицу или наоборот. Т.е. получаем вентиль НЕ.

Соединив пару транзисторов различным способом, получают вентиля ИЛИ-НЕ и И-НЕ. Эти вентиля принимают уже не один, а два и более входных сигнала. Выходной сигнал всегда один и зависит (выдает высокое или низкое напряжение) от входных сигналов.

В случае вентиля ИЛИ-НЕ получить высокое напряжение (логическую единицу) можно только при условии низкого напряжении на всех входах.

В случае вентиля И-НЕ логическая единица получается, если все входные сигналы или хотя бы один из них будут нулевыми.

Транзистору требуется очень мало времени для переключения из одного состояния в другое (время переключения оценивается в наносекундах). И в этом одно из существенных преимуществ схем, построенных на их основе.

# Логические элементы

## Основные вентили: НЕ, ИЛИ-НЕ, И-НЕ

Обозначения

Таблицы истинности

НЕ



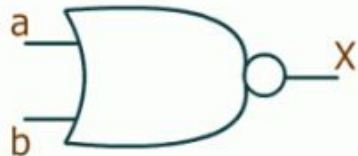
a	X
0	1
1	0

ИЛИ-НЕ



a	b	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

И-НЕ



a	b	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Другие логические элементы:

- Сумматор
- Полусумматор
- Триггер

Триггеры и сумматоры – это относительно сложные устройства, состоящие из более простых элементов – вентиляей.

Триггер способен хранить один двоичный разряд, за счет того, что может находиться в двух устойчивых состояниях. В основном триггеры используются в регистрах процессора.

Сумматоры широко используются в арифметико-логических устройствах (АЛУ) процессора и выполняют суммирование двоичных разрядов.

# Битовые операции

1. Переведем пару произвольных целых чисел до 256 (один байт) в двоичное представление.

$$\begin{aligned} 67_{10} &= 0100\ 0011_2 \\ 114_{10} &= 0111\ 0010_2 \end{aligned}$$

2. Расположим биты второго числа под соответствующими битами первого и выполним обычные логические операции к цифрам, стоящим в одинаковых разрядах первого и второго числа.

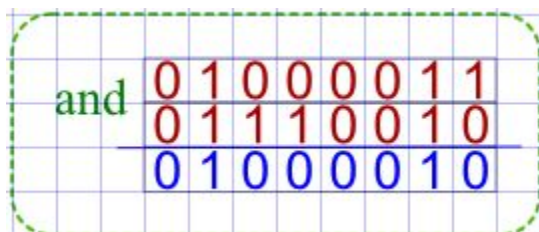


Diagram illustrating the bitwise AND operation. The first number (67) is 01000011 and the second number (114) is 01110010. The result is 01000010.

and	0	1	0	0	0	1	1	
	0	1	1	1	0	0	1	0
	0	1	0	0	0	0	1	0

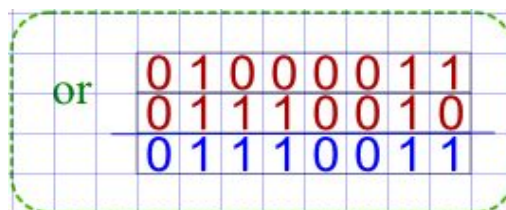


Diagram illustrating the bitwise OR operation. The first number (67) is 01000011 and the second number (114) is 01110010. The result is 01110011.

or	0	1	0	0	0	1	1	
	0	1	1	1	0	0	1	0
	0	1	1	1	0	0	1	1

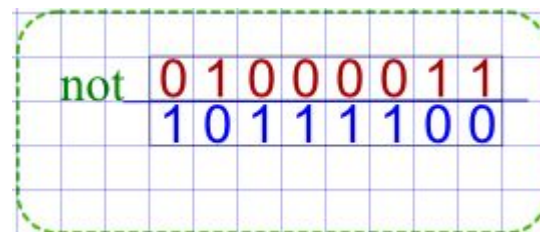


Diagram illustrating the bitwise NOT operation. The first number (67) is 01000011. The result is 10111100.

not	0	1	0	0	0	1	1	
	1	0	1	1	1	1	0	0

3. Переведем результат в десятичную систему счисления.

$$01000010 = 2^6 + 2^1 = 64 + 2 = 66$$

$$01110011 = 2^6 + 2^5 + 2^4 + 2^1 + 2^0 = 64 + 32 + 16 + 2 + 1 = 115$$

$$10111100 = 2^7 + 2^5 + 2^4 + 2^3 + 2^2 = 128 + 32 + 16 + 8 + 4 = 188$$

4. В результате побитовых логических операций получилось следующее:

$$67 \text{ and } 114 = 66$$

$$67 \text{ or } 114 = 115$$

$$\text{not } 67 = 188$$



# Назначение побитовых логических операций

## Проверка битов

Другими словами,  $x \text{ and } 255 = x$ .

## Обнуление битов

Чтобы обнулить какой-либо бит числа, нужно его логически умножить на 0.

$$1111 \ 1110 = 254 = 255 - 1 = 255 - 2^0$$

$$1111 \ 1101 = 253 = 255 - 2 = 255 - 2^1$$

Т.е. чтобы обнулить четвертый с конца бит числа  $x$ , надо его логически умножить на 247 или на  $(255 - 2^3)$ .

## Установка битов в единицу

Для установки битов в единицу используется побитовая логическая операция ИЛИ.

$$0000 \ 0001 = 2^0 = 1$$

$$0000 \ 0010 = 2^1 = 2$$

Чтобы установить второй по старшинству бит числа  $x$  в единицу, надо его логически сложить с 64 ( $x \text{ or } 64$ ).

and	0?	0?	1?	0?	0?	1?	1?	0?
	1	1	1	1	1	1	1	1
	0	0	1	0	0	1	1	0

and	0	0	1	0	0	1	1	0
	1	1	1	1	1	0	1	1
	0	0	1	0	0	0	1	0

or	0	0	1	0	0	1	1	0
	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	1	0	1	1	1	0

# Язык программирования АССЕМБЛЕР

Assembler — язык программирования низкого уровня, представляющий собой формат записи машинных команд, удобный для восприятия человеком.

Команды языка ассемблера один в один соответствуют командам процессора и, фактически, представляют собой удобную символьную форму записи (мнемокод) команд и их аргументов. Также язык ассемблера обеспечивает базовые программные абстракции: связывание частей программы и данных через метки с символьными именами и директивы.

# Представление данных в компьютере

Директивы ассемблера позволяют включать в программу блоки данных (описанные явно или считанные из файла); повторить определённый фрагмент указанное число раз; компилировать фрагмент по условию; задавать адрес исполнения фрагмента, менять значения меток в процессе компиляции; использовать макроопределения с параметрами и др.

Каждая модель процессора, в принципе, имеет свой набор команд и соответствующий ему язык (или диалект) ассемблера.



Двойное машинное слово - 32 бита (4 байта)

# Системы счисления

Десятичная	Двоичная	Шестнадцатеричная
0	0000	00
1	0001	01
2	0010	02
3	0011	03
4	0100	04
5	0101	05
6	0110	06
7	0111	07
8	1000	08
9	1001	09
10	1010	0A
11	1011	0B
12	1100	0C
13	1101	0D
14	1110	0E
15	1111	0F
16	10000	10

В позиционных системах счисления, к которым относятся и широко распространенная десятичная система, числовое значение цифры зависит от ее местоположения или позиции в последовательности цифр изображающих число.

Единственной, дошедшей до нашего времени, системой, не относящейся к позиционной системе счисления, является римская система счисления.

Любое число в позиционной системе счисления изображается последовательностью цифр:

$$X = a_{n-1} a_{n-2} \dots a_1 a_0,$$

где  $a_i \in \{0, 1, \dots, q-1\}$ ,  $q$  – основание системы счисления.

# Перевод чисел из одной системы счисления в другую

Правило №1: Десятичное значение числа, записанного в любой системе исчисления, определяется по формуле:

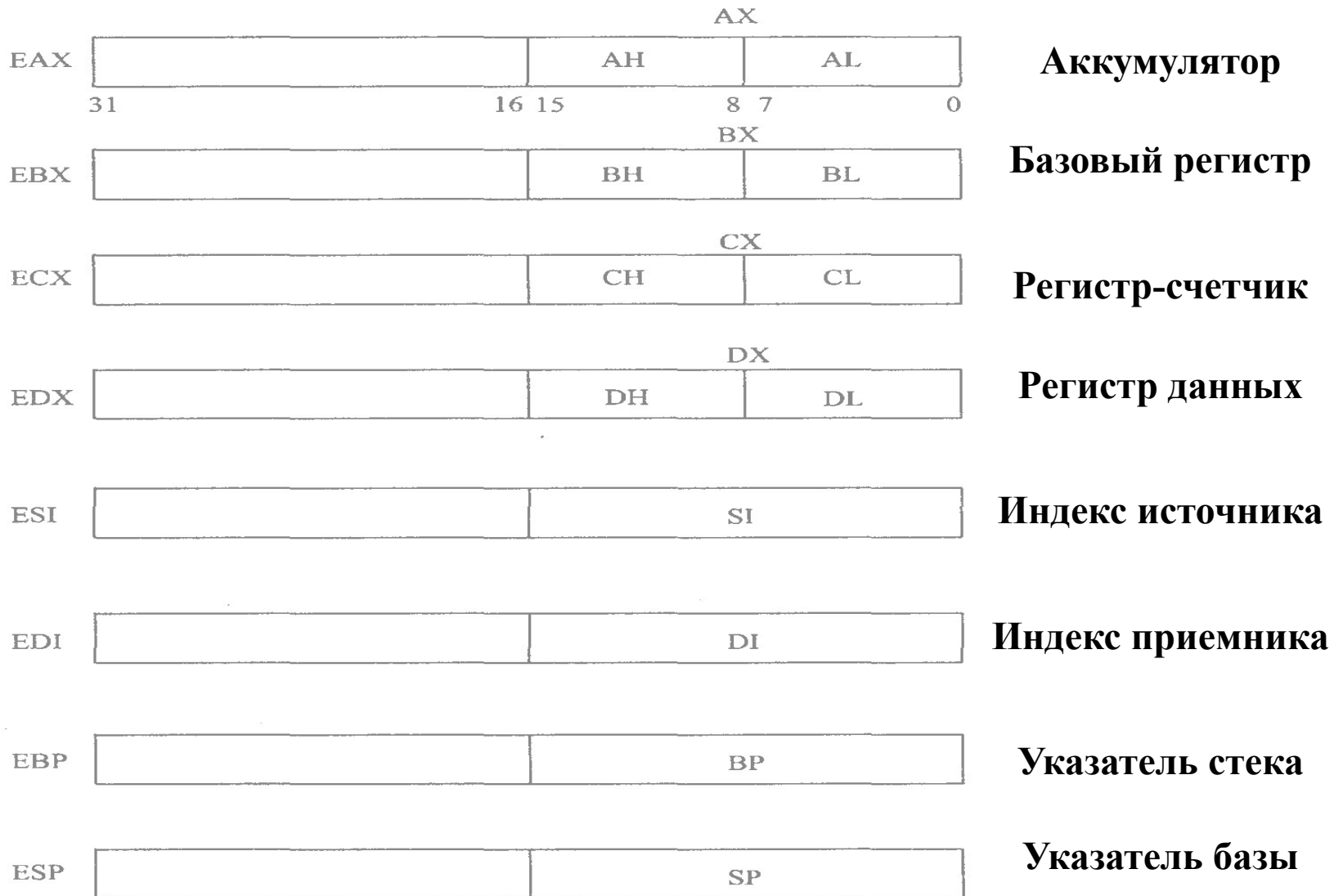
$$X_{10} = a_{n-1} \dots a_0 q = \sum_{i=0}^{n-1} a_i \cdot q^i,$$

где  $a_i$  - разряды исходного числа;  $q^i$  - вес  $i$ -ого разряда;  $i$  - номер текущего разряда;  $n$  - число разрядов исходного числа.

Правило №2: Для перевода целого десятичного числа  $X$  в систему счисления с основанием  $q$  необходимо последовательно делить исходное число  $X$  и образующиеся частные на основание  $q$  до получения частного равного нулю. Искомое представление числа есть последовательность остатков от операций деления, причем первый остаток дает младшую цифру искомого числа.

Правило №3: Для перевода двоичного числа в систему счисления с основанием 16 необходимо исходное число справа налево сгруппировать по 4 бита, а затем каждую группу записать одной шестнадцатеричной цифрой.

# Регистры общего назначения



# Синтаксис языка ассемблер

Общепринятого стандарта для синтаксиса языков ассемблера не существует. Однако, существуют стандарты де-факто — традиционные подходы, которых придерживаются большинство разработчиков языков ассемблера. Основными такими стандартами являются Intel-синтаксис и AT&T-синтаксис.

Общий формат записи инструкций одинаков для обоих стандартов: ``[метка:] опкод [операнды] [;комментарий]``

Опкод — непосредственно мнемоника инструкции процессору. К ней могут быть добавлены префиксы (повторения, изменения типа адресации и пр.). В качестве операндов могут выступать константы, названия регистров, адреса в оперативной памяти и пр.. Различия между стандартами Intel и AT&T касаются, в основном, порядка перечисления операндов и их синтаксиса при различных методах адресации.