Глава 2. ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КОМПЬЮТЕРОМ

- Программа и данные
- Поколения и классификация ЭВМ
- Устройство компьютера и особенности обмена информацией между его узлами
- Архитектура фон Неймана
- Машинный код, выполнение машинной команды
- Типы программ
- Системы счисления. Перевод чисел из одной системы счисления в другую
- Представление чисел в памяти компьютера
- Машинная математика

ПРОГРАММА И ДАННЫЕ

Программирование – это процесс создания программ.
Программа – набор инструкций, посланный вычислительной машине (компьютеру).

Носителем информации является *сообщение*.
Данные – это сообщения, закодированные в форму, пригодную для хранения и обработки их компьютером (на основе двоичного набора знаков – из-за простоты распознавания и хранения на физическом уровне сигналов, имеющих только два состояния: "включен – выключен").
Сейчас реализуется с помощью *CMOS-транзисторов*.

Для кодировки *сообщений* применяется двоичный набор, состоящий из двух знаков 0 и 1 (*binary digit*, сокращенно *bit*).

Порядок выполнения операций над данными строится на основе некоторого *алгоритма*.

Программу можно рассматривать как *алгоритм*, записанный на понятном для компьютера языке, и *данные*, которые компьютер будет обрабатывать в соответствии с этим алгоритмом.

ПОКОЛЕНИЯ ЭВМ

- **Первое** (электронные лампы – 1945-1955 гг.). Быстродействие – от неск. сотен до неск. тысяч операций в сек. Примеры: ENIAC, EDVAC, IBM 701; СССР – МЭСМ, БЭСМ.
- **Второе** (транзисторы – 1955-1965 гг.). Быстродействие – до сотен тыс. и миллионов операций в сек. Системное ПО, программирование на языках высокого уровня. Примеры: IBM 1620, PDP-1.
- **Третье** (интегральные схемы (ИС) – 1965-1980 гг.). Быстродействие – до дес. миллионов операций в сек. Массовое производство ИС. Примеры: IBM серии System/360, PDP-8; СССР – ЭВМ серии ЕС.
- **Четвертое** (сверхбольшие ИС – с 1980 г.). Микроэлектроника. Микропроцессор. Компьютерные сети. Примеры: ПК IBM PC, Apple Macintosh, суперкомпьютеры.
- **Пятое** (?). В настоящее время процесс продолжается в рамках парадигмы сверхбольшой ИС. Цель – "интеллектуализация" компьютера.

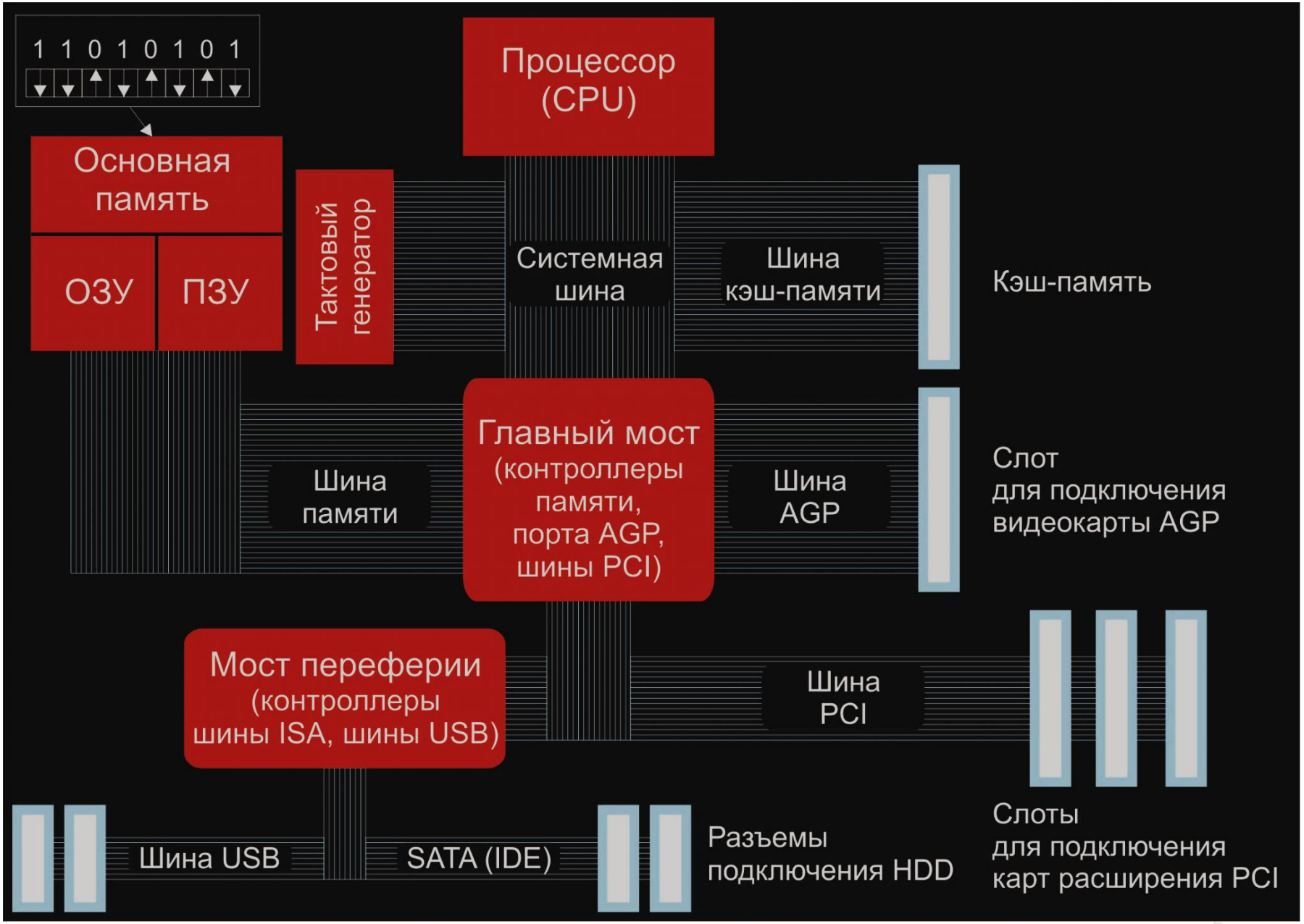
Переход к более высокому поколению – это принципиальное снижение размеров, потребляемой мощности, стоимости и увеличение быстродействия.

КЛАССИФИКАЦИЯ КОМПЬЮТЕРОВ

Мфлопс (MFLOPS, Million of FLoating point Operation Per Second)

МИПС (MIPS, Million Instruction Per Second)

АРХИТЕКТУРА КОМПЬЮТЕРА



АРХИТЕКТУРА КОМПЬЮТЕРА (ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ)

Процессор. Характеристики – *разрядность*, *тактовая частота*, *набор команд*.

Основная память (ОЗУ + ПЗУ). Объем памяти измеряется в *байтах.* **Байт** – группа из восьми бит, обрабатываемая как единое целое. Емкость ячейки памяти – 1 байт. Производные: Кбайт (1024 (2^{10}) байт), Мбайт (1 048 576 (2^{20}) байт) , Гбайт (1 073 741 824 (2^{30}) байт).

Чипсет (Chipset). В состав входят *главный мост* и *мост периферии*.

Компьютерные шины – набор линий-проводников для передачи информации между узлами. Выделяют *системную шину*, *периферийные шины*. Архитектура любой из шин включает линии для обмена данными (*шина данных*), для адресации данных (*шина адресов*), для управления данными (*шина управления*). **Пропускная способность шины (Мбайт/с)** определяется ее *разрядностью*, умноженной на *тактовую частоту*.

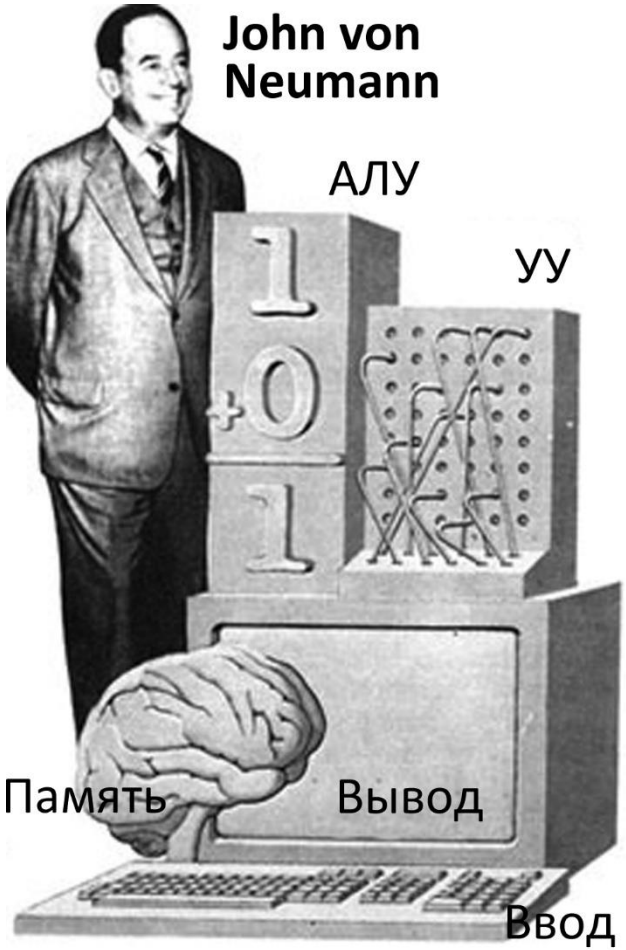
Кэш-память. Предназначена для временного хранения копий блоков данных тех областей ОЗУ, к которым выполнялись последние обращения и весьма вероятны обращения в ближайшие такты. Имеется кэш-память *1-го*, *2-го, 3-го* уровней.

Другие узлы: магнитные диски, флэш-память, клавиатура, мышь, монитор, и т.д.

АРХИТЕКТУРА ФОН НЕЙМАНА

Машина (архитектура) фон Неймана построена на следующих принципах:

- **наличие трех основных элементов** – *памяти* (для хранения информации), *арифметико-логического устройства, АЛУ* (выполняет команды) и *устройства управления, УУ* (указывает команды для выполнения);
- **однородности памяти** – команды и данные хранятся в одной и той же памяти; вид записи команд и данных одинаков;
- **адресности** – структурно память состоит из пронумерованных ячеек, процессору в произвольный момент времени доступна любая ячейка;
- **программного управления** – программа состоит из набора команд, которые выполняются процессором автоматически друг за другом в определенной последовательности;
- **наличие канала связи** между памятью и процессором.



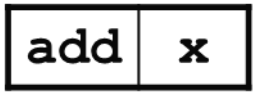
МАШИННЫЙ КОД

Машинная команда состоит из кода выполняемой операции (**оператор**) и адресной части (**операнды**).

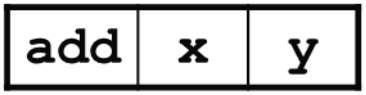
Машинный код – *закодированное* представление команды процессора

7C90104A 00648B0D

Регистры – поименованные ячейки памяти процессора (сумматор – регистр АЛУ).



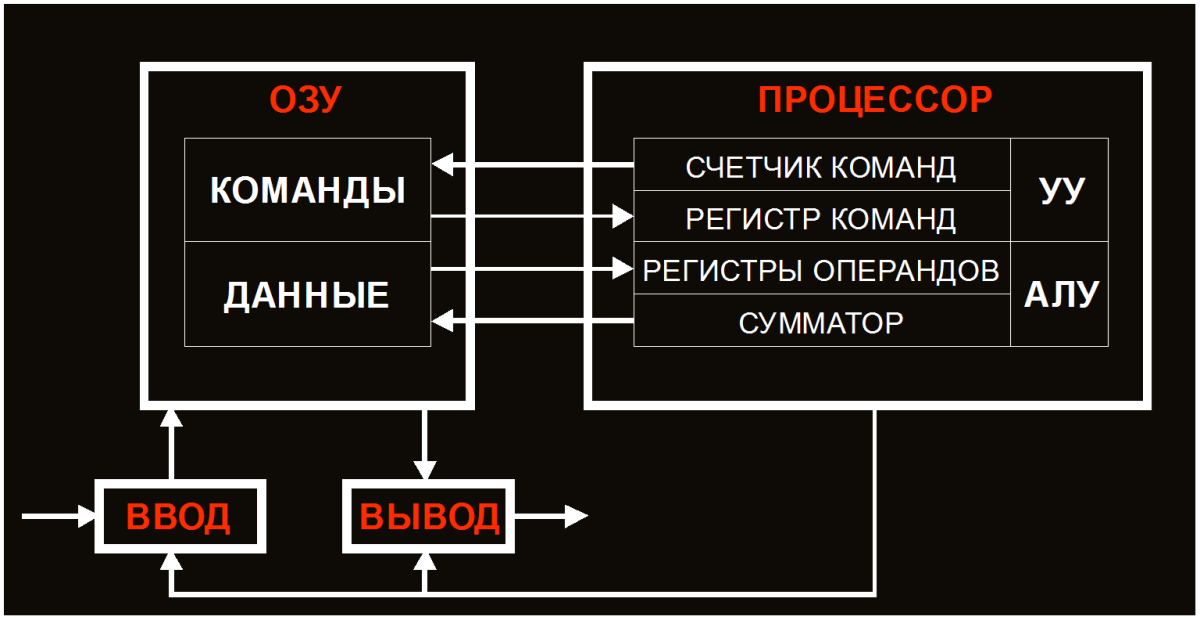
одноадресная команда – содержимое ячейки x ОЗУ сложить с содержимым сумматора, а результат оставить в сумматоре;



двухадресная команда – сложить содержимое ячеек x и y, а результат поместить в ячейку y;

трехадресная команда – содержимое ячейки x сложить с содержимым ячейки y, сумму поместить в ячейку z);

ВЫПОЛНЕНИЕ МАШИННОЙ КОМАНДЫ



1. из ячейки памяти, адрес которой хранится в счетчике команд, выбирается очередная команда; содержимое счетчика увеличивается на длину команды;
2. эта команда передается в УУ на регистр команд;
3. УУ расшифровывает адресное поле команды;
4. по сигналам УУ операнды считываются из памяти и записываются в АЛУ на регистры операндов;
5. УУ расшифровывает код операции и выдает в АЛУ сигнал выполнить соответствующую операцию над данными;
6. результат операции либо остается в процессоре, либо отправляется в память, если в команде был указан адрес результата.

ТИПЫ ПРОГРАММ

СИСТЕМНОЕ ПО

Операционные системы
файловые системы
драйверы устройств

Базовое ПО
BIOS,
Basic Input/Output System

Служебные программы
утилиты
антивирусные средства

Системы программирования
включают трансляторы, библиотеки, отладчики, среду разработки и т.д.

ПРИКЛАДНОЕ ПО

Обработчики текста
текстовые процессоры
издательские системы

Интегрированные офисные системы

СУБД

Графические системы
ðедакторы векторой графики
редакторы растровой графики

Переводчики, игры, и др.

СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ

Система счисления – способ отображения чисел с помощью символов.
Совокупность символов – алфавит, число символов в алфавите – размерность.
В позиционной системе счисления вес символа (цифры) зависит от его позиции
$\mathbf{V = B^N}$, B – основание системы счисления, N – порядковый номер позиции.

Двоичная система счисления – позиционная (основание – 2).

Перевод числа из двоичной системы в десятичную:

$$(1101.1011)_2 = 1*2^3 + 1*2^2 + 0*2^1 + 1*2^0 + 1*2^{-1} + 0*2^{-2} + 1*2^{-3} + 1*2^{-4} = 13 + 0.5 + 0.125 + 0.0625 = (13.6875)_{10}$$

Перевод *целого числа* из десятичной системы в двоичную осуществляется последовательным делением на 2. В качестве остатка от деления получается очередная цифра двоичного числа, начиная с младшей:

13/2 = 6 (остаток 1 - младшая цифра), 6/2 = 3 (0), 3/2 = 1 (1), 1/2 = 0 (1). Результат - $(1101)_2$

Перевод *дроби* из десятичной системы в двоичную осуществляется умножением на 2. Целая часть полученного числа – очередная цифра двоичного, начиная с первой цифры после запятой:

0.6875*2 = 1.375 (первая цифра - 1), 0.375*2 = 0.75 (0), 0.75*2 = 1.5 (1), 0.5*2 = 1.0 (1). Результат - $(0.1011)_2$

СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ

Восьмеричная система счисления – позиционная (основание – 8, используются цифры 0 1 2 3 4 5 6 7).

Шестнадцатеричная система счисления – позиционная (основание – 16, используются цифры 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 и первые буквы латинского алфавита A B C D E F).

Перевод восьмеричных и шестнадцатеричных чисел в двоичную систему (и обратно) осуществляется заменой каждой цифры эквивалентной ей двоичной триадой (тройкой цифр) или тетрадой (четверкой цифр).

$$(537.1)_8 = \begin{matrix} 101 & 011 & 111. & 001 \\ 5 & 3 & 7. & 1 \end{matrix} = (101\ 011\ 111.001)_2$$

$$(1A3.F)_{16} = \begin{matrix} 0001 & 1010 & 0011. & 1111 \\ 1 & A & 3. & F \end{matrix} = (1\ 1010\ 0011.1111)_2$$

"10"	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
"2"	1	10	11	100	101	110	111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111	10000
"8"	1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	15	16	17	20
"16"	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЕЛ (ЦЕЛЫХ) В ПАМЯТИ

Представление (вид) числа в памяти определяется тем **типом**, к которому оно принадлежит. В частности, тип числа задает количество двоичных разрядов, отводимых под хранение числа.

Для хранения числа в памяти отводится целое число ячеек емкостью 1 байт – 8 бит (разрядов). Число занимает всю ячейку, независимо от того, сколько двоичных разрядов требуется для его представления.

Целые беззнаковые типы (представление числа 5)

BYTE (1 байт, 0...255)	**WORD** (2 байта, 0...65535)
`0000 0101`	`0000 0000 0000 0101`

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЕЛ (ЦЕЛЫХ) В ПАМЯТИ

Для хранения чисел со знаком старший разряд отводится под знак (0 – если число положительное, 1 – если отрицательное).

Целые знаковые типы (представление числа 5)

SHORTINT (1 байт, -128...127)

```
0 000 0101
```

SMALLINT (2 байта, -32768...32767)

```
0 000 0000 0000 0101
```

Отрицательные числа представлены в виде **дополнительного кода**.
Для получения дополнительного кода необходимо сначала поменять все разряды числа на обратные, а затем к полученному результату прибавить 1.

Целые знаковые типы (представление числа –5)

SHORTINT (1 байт, -128...127)

```
1 111 1011
```

SMALLINT (2 байта, -32768...32767)

```
1 111 1111 1111 1011
```

МАШИННАЯ МАТЕМАТИКА

Все математические операции с числами основаны на сложении.

Сложение осуществляется поразрядно с соблюдением правила: "Если в результате сложения двух соответствующих разрядов чисел получилось число большее или равное основанию системы счисления (2), то следует из полученного числа отнять основание системы счисления и записать в строке итога полученный результат. Кроме того, необходимо запомнить единицу с тем, чтобы добавить ее при сложении следующего разряда".

```
  0 1 0 0  1 0 0 1     (73)10
+ 0 0 1 0  0 1 0 1     (37)10
-----------------------------
  0 1 1 0  1 1 1 0    (110)10
```

Вычитание заменяется сложением чисел, одно из который берется с обратным знаком (используется дополнительный код).

```
  0  0 0 0  0 1 1 1     (7)10
+ 1  1 1 1  1 0 1 1    (-5)10
-----------------------------
  0  0 0 0  0 0 1 0     (2)10
```

МАШИННАЯ МАТЕМАТИКА

Умножение заменяется сложением чисел, сдвинутых на разное число двоичных разрядов подобно тому, как это делается при умножении чисел "в столбик".

```
    1 0 . 1      (2.5)10
x     1 . 1      (1.5)10
  ---------
    1 . 0 1
+ 1 0 . 1
  ---------------
  1 1 . 1 1    (3.75)10
```

Деление выполняется через вычитание (путем многократного прибавления к делимому дополнительного кода делителя).

```
  1 1 1 1 | 1 1          15 / 3 = 5
- 1 1     |-------
          | 1 0 1
  -------
      1 1
-     1 1
  -------
        0
```

Возведение в степень выполняется через умножение и т.д.

Имеется **математический сопроцессор** – специальное устройство, ускоряющее вычисления с плавающей точкой.

МАШИННАЯ МАТЕМАТИКА

Работа компьютера (в том числе выполнение арифметических операций) основана на **логических действиях.**

Например, возможны только четыре комбинации соответствующих разрядов при сложении двух чисел, представленных в двоичном виде.

Разряд I слагаемого	Разряд II слагаемого
0	0
1	0
0	1
1	1

Правила по установке соответствующего разряда итогового числа построено по законам логики:
"Если складываются разряды с равным состоянием (ноль с нулем или единица с единицей), то итоговый разряд устанавливается равным нулю. В противном случае, он устанавливается равным единице. Если складываются два разряда, равные единице, то вырабатывается сигнал переноса единицы в следующий разряд".

Логическая конструкция "Если условие обращается в истину, то выполнить некую последовательность действий" называется **импликацией**.
Более сложную конструкцию: "Если …, то…, иначе" реализуют с помощью оператора: **if – then – else**.