© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ

*Система счисления (СС)*- способ представления (записи) чисел с помощью некоторых символов (*цифр*)

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ИСТОРИЯ СИСТЕМ СЧИСЛЕНИЯ - 1

*Единичная система* – количество предметов изображалось нанесением черточек (засечек) на твердую поверхность (10-11 тыс. лет до н.э.)

*Алфавитные системы (славянская, греческая, финикийская)*– числа от 1 до 9 и целые количества десятков, сотен и т.д. обозначались символами

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ИСТОРИЯ СИСТЕМ СЧИСЛЕНИЯ - 2

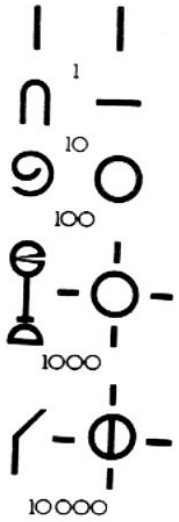
*«Особые числа»:*

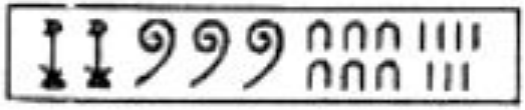
- 1 и 2 – первые числительные, остальные числа получались путем их повторения;
- 3,4 – числительные, связанные с окружающим миром и религией (3 царства, 4 стороны света);
- 5,10,20 – удобство использования для счета (число пальцев);
- 7 – число, связанное с небом (созвездие Б.Медведицы, лунная неделя, планеты-боги, радуга);
- 12 – «дюжина», для счета по пальцам (12 суставов) – время, знаки зодиака;
- 13 – «чертова дюжина», лишнее число
- 60 – время (минуты, секунды), углы
- 100 – «тьма»

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ИСТОРИЯ СИСТЕМ СЧИСЛЕНИЯ - 3

*Первые цифры и запись чисел*

Египетская -  - Критская

*Пример:* 2367 = 

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ИСТОРИЯ СИСТЕМ СЧИСЛЕНИЯ - 4

*Римская система* – значение числа равно:

1) сумме значений идущих подряд нескольких одинаковых «цифр» (группы первого вида);

2) разности значений двух «цифр», если слева от большей «цифры» стоит меньшая. В этом случае от значения большей «цифры» отнимается значение меньшей «цифры». Вместе они образуют группу второго вида. Причем левая «цифра» может быть меньше правой максимум на один порядок: так перед L(50) и C(100) из «младших» может стоять только X(10), перед D(500) и M(1000) -только C(100), перед V(5) — только 1(1);

3) сумме значений групп и «цифр», не вошедших в группы первого или второго вида.

*Примеры:* CDXLIV = (D - C) + (L - X) + (V - I) = 400 + 40 + 4

MCMLXXIV = M + (M - C) + L + (X + X) + (V - I) = 1000 + 900 + 50 + 20 + 4

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ИСТОРИЯ СИСТЕМ СЧИСЛЕНИЯ - 5

*Мультипликативные системы* – для записи одинакового числа единиц, десятков, сотен или тысяч применяются одни и те же символы, но после каждого символа пишется название сооветствующего разряда (Вавилон, племена Майя, Индия)

*Пример:* 323 схематично будет выглядеть так:

***3Y 2X 3***

(где X – обозначение десятков, Y – обозначение сотен)

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ИСТОРИЯ СИСТЕМ СЧИСЛЕНИЯ - 6

*Десятичная система* – возникла с введением нуля – «О» (от греческого Ouden – «ничто») (Индия, V век н.э.)

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ПРИМЕРЫ СИСТЕМ СЧИСЛЕНИЯ

| Современная | Египетская (иероглифич.) | Египетская (иератическая) | Вавилонская | Греческая (аттическая) | Греческая (ионическая) | Римская | Древнееврейская | Индейцев майя | Древнекитайская (палочк.) | Древнекитайская (иероглифическая) | Индийск. (деванагари) | Арабская (алфавит) | Арабская (современная) | Арабская (гобари) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 𓏺 | 𓏺 | 𒁹 | 𐅁 | Α | I | א | • | 𝍠 | 一 | १ | ١ | ١ | ۱ |
| 2 | 𓏺𓏺 | 𓏺𓏺 | 𒁹𒁹 | 𐅂 | Β | II | ב | •• | 𝍡 | 二 | २ | ٢ | ٢ | ۲ |
| 3 | 𓏺𓏺𓏺 | 𓏺𓏺𓏺 | 𒁹𒁹𒁹 | 𐅃 | Γ | III | ג | ••• | 𝍢 | 三 | ३ | ٣ | ٣ | ۳ |
| 4 | 𓏺𓏺𓏺𓏺 | 𓏺𓏺𓏺𓏺 | 𒁹𒁹𒁹𒁹 | 𐅄 | Δ | IIII | ד | •••• | 𝍣 | 四 | ४ | ٤ | ٤ | ۴ |
| 5 | 𓏺𓏺 | 𓏺 | 𒁹𒁹𒁹 | 𐅅 | Ε | V | ה | — | 𝍤 | 五 | ५ | ٥ | ٥ | ۵ |
| 6 | 𓏺𓏺𓏺 | 𓏺𓏺 | 𒁹𒁹𒁹 | 𐅆 | F | VI | ו | •— | 𝍥 | 六 | ६ | ٦ | ٦ | ۶ |
| 7 | 𓏺𓏺𓏺𓏺 | 𓏺𓏺 | 𒁹𒁹𒁹 | 𐅇 | Ζ | VII | ז | ••— | 𝍦 | 七 | ७ | ٧ | ٧ | ۷ |
| 8 | 𓏺𓏺𓏺𓏺 | 𓏺𓏺 | 𒁹𒁹𒁹 | 𐅈 | Η | VIII | ח | •••— | 𝍧 | 八 | ८ | ٨ | ٨ | ۸ |
| 9 | 𓏺𓏺𓏺𓏺𓏺 | 𓏺𓏺 | 𒁹𒁹𒁹 | 𐅉 | Θ | IX | ט | ••••— | 𝍨 | 九 | ९ | ٩ | ٩ | ۹ |
| 10 | ∩ | 𓎆 | 𒌋 | 𐅊 | Ι | X | י | = | — | 十 | १० | ١٠ | ١٠ | ۱۰ |
| 20 | ∩∩ | 𓎆𓎆 | 𒌋𒌋 | 𐅋 | Κ | XX | כ | 👁 | 𝍩 | 二十 | २० | ٢٠ | ٢٠ | ۲۰ |

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ПОЗИЦИОННЫЕ И НЕПОЗИЦИОННЫЕ СС

В *непозиционных* системах счисления вес цифры не зависит от позиции, которую она занимает в числе (XXXL)

В *позиционных* системах счисления вес каждой цифры изменяется в зависимости от ее позиции в последовательности цифр, изображающих число (243, 324, 432)

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ПОЗИЦИОННЫЕ СС

*Количественное значение* (*величина*) цифры определяется ее видом и положением в записи числа

*Основание системы счисления* – количество различных цифр, используемых для представления числа

Основание 10 у привычной десятичной системы счисления (десять пальцев на руках).
Алфавит: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0.
Основание 60 придумано в Древнем Вавилоне: деление часа на 60 минут, минуты — на 60 секунд, угла — на 360 градусов.
Основание 12 распространили англосаксы: в году 12 месяцев, в сутках два периода по 12 часов, в футе 12 дюймов.

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЛА - 1

Позиция цифры в числе называется *разрядом*.

$$\mathbf{A}_q = \mathbf{a}_{n-1}\times q^{n-1} + \ldots + \mathbf{a}_1\times q^1 + \mathbf{a}_0\times q^0 + \mathbf{a}_{-1}\times q^{-1} + \ldots + \mathbf{a}_{-m}\times q^{-m},$$

где

q — основание системы счисления (*количество используемых цифр*)

$\mathbf{A}_q$ — число в системе счисления с основанием q

**a** — цифры многоразрядного числа $A_q$

n (m) — количество целых (дробных) разрядов числа $A_q$

Пример:

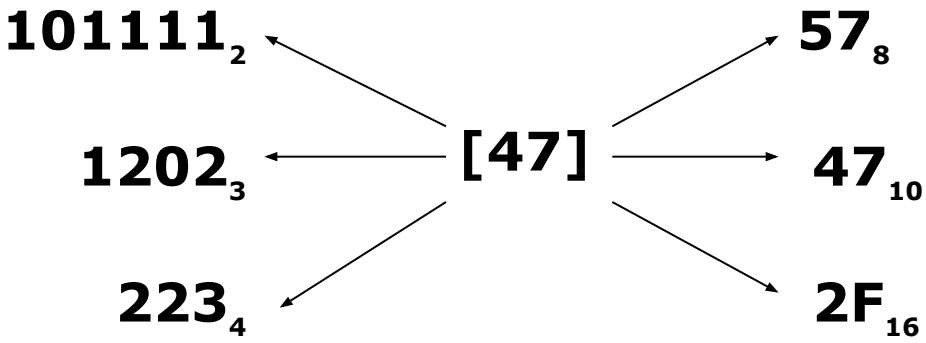
$$\overset{2\ 1\ 0\ -1\ -2}{239{,}45_{10}} = 2\times10^2 + 3\times10^1 + 9\times10^0 + 4\times10^{-1} + 5\times10^{-2}.$$

$a_2\ a_1\ a_0,\ a_{-1}\ a_{-2}$

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЛА - 2

Одно и то же число может быть представлено в различных системах счисления (с разными основаниями)




[.] – значение числа. Для простоты понимания значение числа всегда указывается в десятичной СС

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ПЕРЕВОД ЧИСЛА $N_p \Rightarrow N_q$

Перевод числа из одной СС в другую осуществляется в два этапа:

1) переводится целая часть числа;
2) переводится дробная часть числа.

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ПЕРЕВОД ЧИСЛА $N_p \Rightarrow N_q$.

## (правило перевода целой части числа)

Для перевода целого числа $N_p$ в число $N_q$ необходимо $N_p$ делить на основание $q$ (по правилам, принятым в $СС_p$) до получения целого остатка, меньшего $q$. Полученное частное снова необходимо делить на основание $q$ до получения целого остатка, меньшего $q$ и т.д. до тех пор, пока последнее частное не будет меньше $q$.

Число $N_q$ представится в виде упорядоченной последовательности цифр $СС_q$ (остатков от деления) в порядке, обратном получению, причем старшую цифру числа $N_q$ даст последнее частное

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ПЕРЕВОД ЧИСЛА $N_p \Rightarrow N_q$.

## (правило перевода дробной части числа)

Перевод правильной дроби $N_p$ в число $N_q$ заключается в последовательном умножении дроби $N_p$ на основание $q$ (по правилам, принятым в $СС_p$), причем перемножению подвергается только дробная часть.

Дробь $N_q$ представится в виде упорядоченной последовательности целых частей произведений в порядке их получения.

В общем случае при переводе может возникать погрешность вследствие конечности разрядной сетки. Если требуемая точность перевода есть $q^{-k}$, то число указанных произведений должно быть равно $k$.

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ПЕРЕВОД ЧИСЛА $N_p \Rightarrow N_q$.

## (упражнения)

$349_{10} \rightarrow ?_4$

$0{,}41_{10} \rightarrow ?_2$

$24{,}18_{10} \rightarrow ?_3$

$534_{10} \rightarrow ?_{16}$

...

$3A_{16} \rightarrow ?_4$

$2{,}7_8 \rightarrow ?_{10}$

$3{,}7_8 \rightarrow ?_2$

...

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ПЕРЕВОД ЧИСЛА $N_8 \Rightarrow N_2$, $N_{16} \Rightarrow N_2$

Перевод восьмеричных и шестнадцатеричных чисел в двоичную систему: каждую цифру заменить эквивалентной ей двоичной *триадой* (тройкой цифр) или *тетрадой* (четверкой цифр).

Примеры:

$5371_8 = 101\ 011\ 111\ 001_2$;

5 3 7 1

$1A3F_{16} = 1\ 1010\ 0011\ 1111_2$

1 A 3 F

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ПЕРЕВОД ЧИСЛА $N_2 \Rightarrow N_8$, $N_2 \Rightarrow N_{16}$

Чтобы перевести число из двоичной системы в восьмеричную или шестнадцатеричную, его нужно разбить влево и вправо от запятой на *триады* (для восьмеричной) или *тетрады* (для шестнадцатеричной) и каждую такую группу заменить соответствующей восьмеричной (шестнадцатеричной) цифрой.

Примеры:

$1101010000111_2 = 1\ \ 5\ \ 2\ \ 0\ \ 7_8$;

1 101 010 000 111

$11011100001101_2 = \ \ 6\ \ \ E\ \ \ 0\ \ \ D_{16}$

110 1110 0000 1101

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ДВОИЧНАЯ АРИФМЕТИКА

| Таблица сложения |
|---|
| 0 + 0 = 0 |
| 1 + 0 = 1 |
| 0 + 1 = 1 |
| 1 + 1 = 10 |

| Таблица вычитания |
|---|
| 0 – 0 = 0 |
| 1 – 0 = 1 |
| 1 – 1 = 0 |
| 10 – 1 = 1 |

| Таблица умножения |
|---|
| 0 × 0 = 0 |
| 1 × 0 = 0 |
| 1 × 1 = 1 |

```
  1 1 0 1 1
+ 1 0 1 1 0 1
-------------
1 0 0 1 0 0 0

1 0 0 1 0 0 0
- 1 0 1 1 0 1
-------------
  1 1 0 1 1
```

```
1 1 0 1 0 1 0 0 1 | 1 0 0 0 1
- 1 0 0 0 1       | -------
                  | 1 1 0 0 1
  1 0 0 1 1
- 1 0 0 0 1
-----------
      1 0 0 0 1
    - 1 0 0 0 1
    -----------
      0 0 0 0 0
```

```
      1 1 0 0 1
      1 0 0 0 1
    -------------
      1 1 0 0 1
    0 0 0 0 0 _
  0 0 0 0 0 _ _
0 0 0 0 0 _ _ _
1 1 0 0 1 _ _ _ _
---------------
1 1 0 1 0 1 0 0 1
```

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# КОДЫ И КОДИРОВАНИЕ ЧИСЕЛ -1

Код – это правило, описывающее отображение одного набора знаков в другой набор знаков.

Кодом также называют *множество образов*, получаемых при этом отображении.

*Примеры:*

[45] = $101101_2$ (двоичное кодирование и двоичный код)

«A», «B», «1», «a», «+»,... = 65, 66, 49, 97, 43,..

(ASCII-код)

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# КОДЫ И КОДИРОВАНИЕ ЧИСЕЛ -2

Примеры кодов:

-*код Бэкона* (1561-1626) – каждый символ представляется комбинацией из пяти символов «A» и «B»:

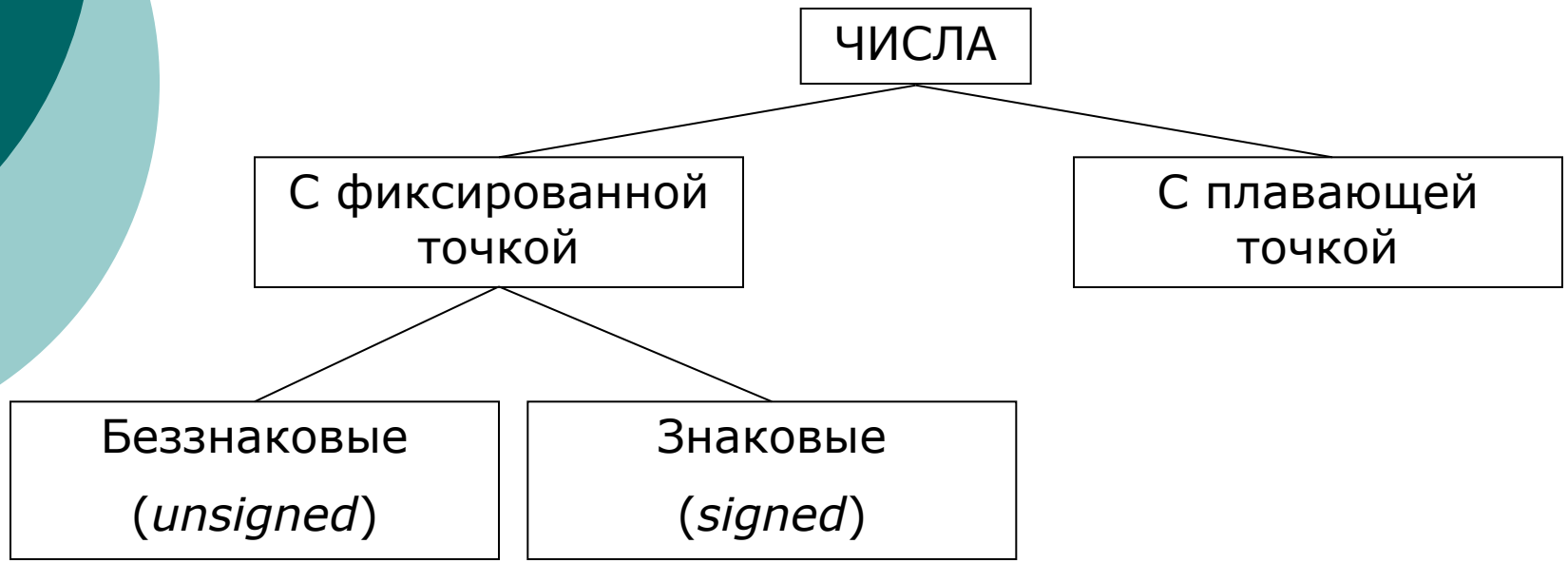
a = AAAAA, k = ABAAB, t = BAABA

-*код Грея* – соседние слова отличаются не более, чем в одном разряде:

| N | Двоичный код | Код Грея | N | Двоичный код | Код Грея |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 000 | 000 | 4 | 100 | 110 |
| 1 | 001 | 001 | 5 | 101 | 111 |
| 2 | 010 | 011 | 6 | 110 | 101 |
| 3 | 011 | 010 | 7 | 111 | 100 |

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЕЛ В ЭВМ -1




В языках программирования высокого уровня (C/C++, Pascal) некоторые типы «по умолчанию» являются знаковыми (например, `int ≡ signed int`), а некоторые – беззнаковыми (например, `char ≡ unsigned char`).

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЕЛ В ЭВМ -2

*Числа с плавающей точкой:*
при выполнении операций местоположение точки в записи числа изменяется таким образом, чтобы слева от точки оставался один разряд, а смещение точки описывалось экспонентой:

$$\begin{array}{r} 4.8 * 10^{1} \\ 5.6 * 10^{1} \\ \hline 10.4 * 10^{1} \end{array} \rightarrow \mathbf{1.04 * 10^{2}}$$

| *Формат (IEEE-754)* | *S* | *E* | *M* | *Диапазон чисел:* |
|---|---|---|---|---|
| Single Precision (32) | 1 (31) | 8 (30 – 23) | 23 (22-00) | от ± $\sim 10^{-44.85}$ до $\sim 10^{38.53}$ |
| Double Precision (64) | 1 (63) | 11 (62 - 52) | 52 (51-00) | от ± $\sim 10^{-323.3}$ до $\sim 10^{308.3}$ |

Достоинства: большой диапазон обрабатываемых значений

Недостатки: сложность в реализации устройства обработки

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЕЛ В ЭВМ -3

*Числа с фиксированной точкой:* местоположение точки в записи числа не изменяется.
Точка, разделяющая целую и дробную часть, *теоретически* может располагаться между любыми двумя разрядами.
На *практике* для *целых* ФЗ-чисел считается, что точка расположена слева от самого младшего разряда: 01011001**.**

48.
56.
---
104.

Достоинства: простота реализации устройства обработки, высокая точность, интуитивная понятность

Недостатки: малый диапазон возможных значений

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЕЛ БЕЗ ЗНАКА

Представление беззнакового (unsigned) числа соответствует его записи в заданной системе счисления (обычно двоичной или шестнадцатеричной)

Машинное представление числа (беззнакового или знакового) выполняется с учетом разрядности *n* машинного слова

Диапазон представления беззнаковых чисел:

$$0 \le x \le 2^n - 1$$

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЕЛ СО ЗНАКОМ

Знаковые (signed) числа представляются в ЭВМ:

- в прямом коде;
- в обратном коде;
- в дополнительном коде

Для обозначения знака числа в этих кодах выделяется специальный знаковый разряд, в котором записывается «0» для положительного числа и «1» для отрицательного числа.

Знаковый разряд всегда располагается слева от цифровых разрядов.

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ПРЯМОЙ КОД

Число представляется в виде его абсолютного значения и кода знака

$$[x]_{\text{пр}} = \begin{cases} |x|, & \text{если } x \geq 0; \\ 2^{n-1} + |x|, & \text{если } x \leq 0 \end{cases}$$

Диапазон представления:

$$1-2^{n-1} \leq x \leq 2^{n-1} - 1$$

Представления «0»:

$$[+0]_{\text{пр}} = 0'00\ldots0_2$$

$$[-0]_{\text{пр}} = 1'00\ldots0_2$$

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ПРЯМОЙ КОД (пример)

Представить в прямом коде для $n$=5, $n$=8

$x = [13]$ $\qquad$ $x = [-13]$

$$/x/ = /13/_{10} = 1101_2 = D_{16}$$

| | | |
|---|---|---|
| $\underline{n=5}$: | $[13] = 0'1101_{пр,2}$ | $[-13] = 1'1101_{пр,2}$ |
| $\underline{n=8}$: | $[13] = 0'0001101_{пр,2} = 0D_{пр,16}$ | $[-13] = 1'0001101_{пр,2} = 8D_{пр,2}$ |

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ОБРАТНЫЙ КОД

Обратный код положительного числа $x \geq 0$ содержит «0» в старшем знаковом разряде и обычное представление $x$ в остальных разрядах.

Если $x \leq 0$, то знаковый разряд содержит «1», а остальные разряды содержат инвертированные значения

$$[x]_{\text{обр}} = \begin{cases} |x|, & \text{если } x \geq 0; \\ (2^{n-1} - 1) - |x|, & \text{если } x \leq 0 \end{cases}$$

Диапазон представления:

$$1 - 2^{n-1} \leq x \leq 2^{n-1} - 1$$

Представления «0»:

$$[+0]_{\text{обр}} = 0'00\ldots0_2$$

$$[-0]_{\text{обр}} = 1'11\ldots1_2$$

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ОБРАТНЫЙ КОД (пример)

Представить в обратном коде для $n$=5, $n$=8

$x = [13]$ $x = [-13]$

$/x/ = /13/_{10} = 1101_2 = D_{16}$

| | |
|---|---|
| $\underline{n=5}$: $[13] = 0'1101_{пр,2} = 0'1101_{обр,2}$ | $[-13] = 1'1101_{пр,2} = 1'0010_{обр,2}$ |
| $\underline{n=8}$: $[13] = 0'0001101_{пр,2} = 0D_{пр,16} = 0'0001101_{обр,2} = 0D_{обр,16}$ | $[-13] = 1'0001101_{пр,2} = 8D_{пр,2} = 1'1110010_{обр,2} = F2_{обр,16}$ |

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ПРАВИЛО СЛОЖЕНИЯ В ОБРАТНОМ КОДЕ

Коды слагаемых суммируются, включая знаковый разряд, с циклическим (круговым) переносом.

Результат верен, если не произошло переполнение.

*Переполнение* происходит тогда, когда перенос в знаковый разряд ($C_s$) не равен переносу из знакового разряда ($C_{s+1}$)

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ КОД

Дополнительный код положительного числа $x \geq 0$ содержит «0» в старшем знаковом разряде и обычное представление $x$ в остальных разрядах (совпадает с прямым и обратным).

Если $x \leq 0$, то знаковый разряд содержит «1», а остальные разряды содержат дополнение модуля исходного числа до $2^{n-1}$.

$$[x]_{\text{доп}} = \begin{cases} |x|, & \text{если } x \geq 0; \\ 2^{n-1} - |x|, & \text{если } x < 0 \end{cases}$$

Диапазон представления:

$$-2^{n-1} \leq x \leq 2^{n-1} - 1$$

Представление «0»:

$$[0]_{\text{обр}} = 0'00\ldots0_2$$

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ КОД (пример)

Представить в дополнительном коде для $n$=5, $n$=8

$x$ = [13] $x$ = [-13]

$/x/ = /13/_{10} = 1101_2 = D_{16}$

| | |
|---|---|
| $\underline{n=5:}$ $[13] = 0'1101_{пр,2} = 0'1101_{обр,2} = 0'1101_{доп,2}$ | $[-13] = 1'1101_{пр,2} = 1'0010_{обр,2} = 1'0011_{доп,2}$ |
| $\underline{n=8:}$ $[13] = 0'0001101_{пр,2} = 0D_{пр,16} = 0'0001101_{обр,2} = 0D_{обр,16} = 0'0001101_{доп,2} = 0D_{доп,16}$ | $[-13] = 1'0001101_{пр,2} = 8D_{пр,2} = 1'1110010_{обр,2} = F2_{обр,16} = 1'1110011_{доп,2} = F3_{доп,16}$ |

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# ПРАВИЛО СЛОЖЕНИЯ В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ КОДЕ

Коды слагаемых суммируются, включая знаковый разряд. Перенос (если он есть) отбрасывается.

Результат верен, если не произошло переполнение.

*Переполнение* происходит тогда, когда перенос в знаковый разряд ($C_s$) не равен переносу из знакового разряда ($C_{s+1}$)

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# УВЕЛИЧЕНИЕ РАЗРЯДНОСТИ ЧИСЕЛ ПРИ ПРИСВАИВАНИИ

*Для беззнаковых (unsigned) чисел* поле расширения в переменной-результате заполняется нулями

*Для знаковых (signed) чисел* поле расширения в переменной-результате заполняется знаковым битом

В языках высокого уровня способ расширения выбирается и реализуется компилятором по типу данных автоматически

В Ассемблере программист самостоятельно выбирает способ реализации расширения разрядности переменной

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

# УМНОЖЕНИЕ ЦЕЛОГО ЧИСЛА НА КОНСТАНТУ ПОСРЕДСТВОМ СДВИГОВ

Сдвиг *беззнаковых* (*unsigned)* или *знаковых* (*signed)* числа **влево** на *n* двоичных разрядов приводит к его **умножению** на $2^n$

Если переменную *V* необходимо умножить на константу *C*, то константа *C* представляется в виде суммы степеней числа 2, а результат умножения записывается как сумма сдвигов числа *V* на показатели степеней.

*Пример:* $V = V * 25;$ $C = 25 = 11001_2 = 16+8+1 = 2^4 + 2^3 + 2^0$

$\boldsymbol{V = V*(16+8+1) = V*16 + V*8 + V =}$ **(V<<4) + (V<<3) + V**

Достоинства: сдвиги и сложения выполняются быстрее, чем умножение

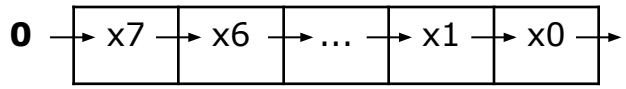
Недостатки: формула зависит от конкретного значения C, т.е. нельзя таким способом перемножить две переменных.

© Научно-образовательный центр математического и программного обеспечения информационных систем реального времени при кафедре МОП ЭВМ ТРТУ

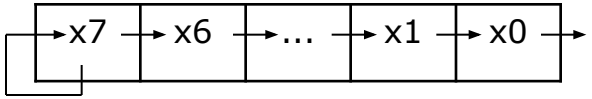
# ДЕЛЕНИЕ ЦЕЛОГО ЧИСЛА НА $2^n$ ПОСРЕДСТВОМ СДВИГОВ

Сдвиг *беззнаковых* (*unsigned)* или *знаковых* (*signed)* числа **вправо** на *n* двоичных разрядов приводит к его **делению** на $2^n$

Для сдвига вправо *беззнаковых (unsigned)* чисел используется *логический* сдвиг:




Для сдвига вправо *знаковых (signed)* чисел используется *арифметический* сдвиг:




*Пример:* $V = V / 16;$ $C = 16 = 10000_2 = 2^4$ ***V = (V>>4);***

Достоинства: сдвиги выполняются быстрее, чем деление. Компилятор автоматически выбирает правильную команду сдвига (по типу данных)

Недостатки: фактор сдвига зависит от конкретного значения *C*, таким способом нельзя выполнить деление на переменную или число ≠ $2^n$