

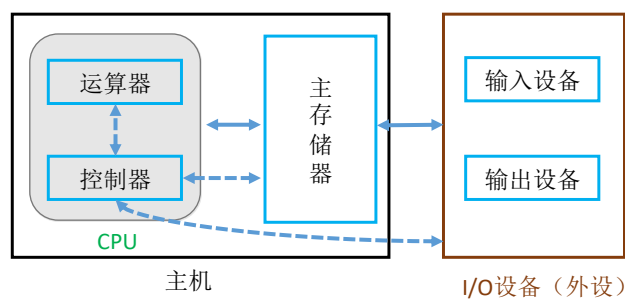
王道考研——计算机组成原理

WWW.CSKAOYAN.COM

第二章 数据的表示和运算

1

现代计算机的结构



数据如何在计算机中表示？

运算器如何实现数据的算数、逻辑运算？



王道考研/CSKAOYAN.COM

2

本节内容

进位计数制

王道考研/CSKAOYAN.COM

3

知识总览

进位计数制

十进制、二进制、八进制、十六进制

★ 其他进制 ——> 十进制

★ 二进制、八进制、十六进制之间的相互转换


★ 十进制 ——> 其他进制

真值和机器数

王道考研/CSKAOYAN.COM

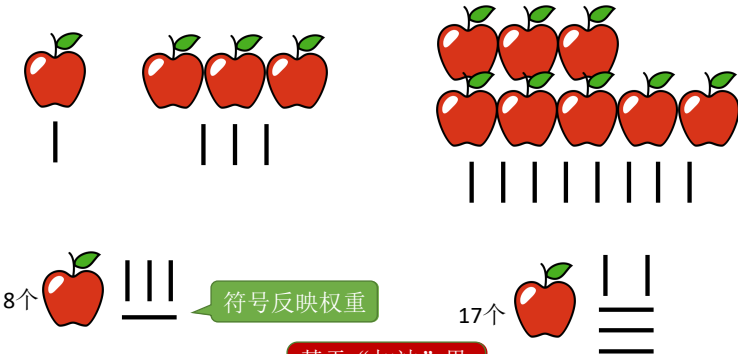
4

最古老的计数方法



罗马数字的几种符号与对应权重

基本字符	I	V	X	L	C	D	M
相应的阿拉伯数字表示为	1	5	10	50	100	500	1000



8个苹果 17个苹果

符号反映权重

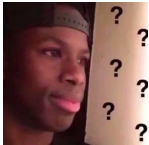
基于“加法”思想的计数方法

I—1、II—2、III—3、IIII—4 (IV)、V—5
X—10、XI—11、XII—12、XIII—13
MDCLXVI—1666、MDCCCLXXXVIII—1888

王道考研/CSKAOYAN.COM

5

十进制计数法



古印度人发明的阿拉伯数字：0，1，2，3，4，5，6，7，8，9

十进制：

975.36

符号反映权重

符号所在的位置也反映权重

基于“乘法”思想的计数方法

$$9 \times 100 + 7 \times 10 + 5 \times 1 + 3 \times 0.1 + 6 \times 0.01$$
$$9 \times 10^2 + 7 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 3 \times 10^{-1} + 6 \times 10^{-2}$$

八进制发明者？（误）


十进制：

$$K_n K_{n-1} \dots K_2 K_1 K_0 \quad K_{-1} K_{-2} \dots K_{-m}$$
$$= K_n \times 10^n + K_{n-1} \times 10^{n-1} + \dots + K_2 \times 10^2 + K_1 \times 10^1 + K_0 \times 10^0$$
$$+ K_{-1} \times 10^{-1} + K_{-2} \times 10^{-2} + \dots + K_{-m} \times 10^{-m}$$

有0~9，共十种符号。

“进位计数制”

逢十进一



王道考研/CSKAOYAN.COM

6

推广：r 进制计数法

r 进制： $K_n K_{n-1} \dots K_2 K_1 K_0 K_{-1} K_{-2} \dots K_{-m}$

$= K_n \times r^n + K_{n-1} \times r^{n-1} + \dots + K_2 \times r^2 + K_1 \times r^1 + K_0 \times r^0$
 $+ K_{-1} \times r^{-1} + K_{-2} \times r^{-2} + \dots + K_{-m} \times r^{-m}$

位权

基数：每个数码位所用到的不同符号的个数，r 进制的基数为 r

①可使用两个稳定状态的物理器件表示

②0, 1 正好对应逻辑值 假、真。方便实现逻辑运算

③可很方便地使用逻辑门电路实现算术运算

二进制：0,1

八进制：0,1,2,3,4,5,6,7

十进制：0,1,2,3,4,5,6,7,8,9

十六进制：0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F

六十进制

1	𐎀	11	𐎁	21	𐎂	31	𐎃	41	𐎄	51	𐎅
2	𐎆	12	𐎇	22	𐎈	32	𐎉	42	𐎊	52	𐎋
3	𐎌	13	𐎍	23	𐎎	33	𐎏	43	𐎐	53	𐎑
4	𐎒	14	𐎓	24	𐎔	34	𐎕	44	𐎖	54	𐎗
5	𐎘	15	𐎙	25	𐎚	35	𐎛	45	𐎜	55	𐎝
6	𐎞	16	𐎟	26	𐎠	36	𐎡	46	𐎢	56	𐎣
7	𐎤	17	𐎥	27	𐎦	37	𐎧	47	𐎨	57	𐎩
8	𐎪	18	𐎫	28	𐎬	38	𐎭	48	𐎮	58	𐎯
9	𐎰	19	𐎱	29	𐎲	39	𐎳	49	𐎴	59	𐎵
10	𐎶	20	𐎷	30	𐎸	40	𐎹	50	𐎺		

二进制： $101.1 \rightarrow 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} = 5.5$

八进制： $5.4 \rightarrow 5 \times 8^0 + 4 \times 8^{-1} = 5.5$

十进制： $5.5 \rightarrow 5 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} = 5.5$

十六进制： $5.8 \rightarrow 5 \times 16^0 + 8 \times 16^{-1} = 5.5$

王道考研/CSKAOYAN.COM

7

任意进制→十进制

r 进制： $K_n K_{n-1} \dots K_2 K_1 K_0 K_{-1} K_{-2} \dots K_{-m}$

$= K_n \times r^n + K_{n-1} \times r^{n-1} + \dots + K_2 \times r^2 + K_1 \times r^1 + K_0 \times r^0$
 $+ K_{-1} \times r^{-1} + K_{-2} \times r^{-2} + \dots + K_{-m} \times r^{-m}$

位权

二进制：10010010.110

八进制：251.5

十六进制：AE86.1

$1 \times 2^7 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 146.75$

$2 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 1 \times 8^0 + 5 \times 8^{-1} = 168.625$

$10 \times 16^3 + 14 \times 16^2 + 8 \times 16^1 + 6 \times 16^0 + 1 \times 16^{-1} = 44678.0625$

2^{12}	2^{11}	2^{10}	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}
4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125

王道考研/CSKAOYAN.COM

8

王道考研,cskaoyan.com

4

配套课程请加微信：tt19222222，关注微信公众号（研者荣耀）获取更多考研资源

二进制↔八进制、十六进制

如：1111000010.01101

二进制 → 八进制

3位一组，每组转换成对应的八进制符号

001	111	000	010	.	011	010
1	7	0	2	.	3	2

八进制

八进制 → 二进制

每位八进制对应的3位二进制

$(251.5)_8 \rightarrow (010\ 101\ 001.101)_2$

二进制 → 十六进制

4位一组，每组转换成对应的十六进制符号

0011	1100	0010	.	0110	1000
3	C	2	.	6	8

十六进制

十六进制 → 二进制

每位十六进制对应的4位二进制

$(AE86.1)_{16} \rightarrow (1010\ 1110\ 0110.0001)_2$

王道考研/CSKAOYAN.COM

9

各种进制的常见书写方式

二进制—— $(1010001010010)_2$	1010001010010 B
八进制—— $(1652)_8$	
十六进制—— $(1652)_{16}$	1652 H 0x 1652
十进制—— $(1652)_{10}$	1652 D

十六进制

adj. **hexadecimal** ;

十进制

n. **decimalism**

王道考研/CSKAOYAN.COM

10

十进制→任意进制

十进制 \rightarrow 任意进制

r 进制: $K_n K_{n-1} \dots K_2 K_1 K_0 \textcolor{blue}{K_{-1} K_{-2} \dots K_{-m}}$

$$= K_n \times r^n + K_{n-1} \times r^{n-1} + \dots + K_2 \times r^2 + K_1 \times r^1 + K_0 \times r^0 + K_{-1} \times r^{-1} + K_{-2} \times r^{-2} + \dots + K_{-m} \times r^{-m}$$

如: 75.3 整数部分=75

$$\frac{K_n \times r^n + K_{n-1} \times r^{n-1} + \dots + K_2 \times r^2 + K_1 \times r^1 + K_0 \times r^0}{r} = K_n \times r^{n-1} + K_{n-1} \times r^{n-2} + \dots + K_2 \times r^1 + K_1 \times r^0 \quad \dots K_0$$

商 ... 余数

如：十进制 \rightarrow 二进制

$$r = 2$$

$$75 \div 2 = 37 \dots \boxed{1} K_0$$

$$37 \div 2 = 18 \dots \overline{1} K_1$$

$$18 \div 2 = 9 \dots \boxed{0} K_2$$

$$9 \div 2 = 4 \dots \overline{1} K_3$$

$$4 \div 2 = 2 \dots \boxed{0} K_4$$

$$2 \div 2 = 1 \dots \overline{0} \quad K_5$$

$$1 \div 2 = 0 \dots \overline{1} K_6$$

75D = 1001011B

$$(75)_{10} = (1001011)_2$$

除基

取余

Number	Bit 7 (最高位)	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1 (最低位)
75	1	0	0	1	1	1	1
37	0	1	0	0	1	0	1
18	0	0	1	0	0	1	0
9	0	0	0	1	0	0	1
4	0	0	0	0	1	0	0
2	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0	0	1

王道考研/CSKAOYAN.COM

11

十进制→任意进制

十进制 \rightarrow 任意进制

r 进制: $K_n K_{n-1} \dots K_2 K_1 K_0 \textcolor{blue}{K_{-1} K_{-2} \dots K_{-m}}$

$$= K_n \times r^n + K_{n-1} \times r^{n-1} + \dots + K_2 \times r^2 + K_1 \times r^1 + K_0 \times r^0 + K_{-1} \times r^{-1} + K_{-2} \times r^{-2} + \dots + K_{-m} \times r^{-m}$$

如: 75.3 小数部分=0.3

$$(K_{-1} \times r^{-1} + K_{-2} \times r^{-2} + \dots + K_{-m} \times r^{-m}) \times r = \underbrace{K_{-1} \times r^0}_{\text{整数}} + \underbrace{K_{-2} \times r^{-1} + \dots + K_{-m} \times r^{-(m-1)}}_{\text{小数}}$$

如：十进制 \rightarrow 二进制

$$r = 2$$

$$0.3 \times 2 = 0.6 = \boxed{0} + 0.6 \text{ } K_{-1}$$

$$0.6 \times 2 = 1.2 = \boxed{1} + 0.2 \text{ } K_{-2}$$

$$0.2 \times 2 = 0.4 = \boxed{0} + 0.4 \text{ } K_{-2}$$

$$0.4 \times 2 = 0.8 = 0 + 0.8 \quad K_{-4}$$

$$0.8 \times 2 = 1.6 = 1 + 0.6 \quad K_{-5}$$

• • • • •

$$0.3D = 0.01001... B$$

乘基

取整

0.3
× 2
——
0.6
× 2
——
1.2
0.2
× 2
——
0.4
...

0 1 0

高位
↓
低位

王道考研/CSKAOYAN.COM

12

十进制→二进制（拼凑法）

十进制：260.75、533.125

2 ¹²	2 ¹¹	2 ¹⁰	2 ⁹	2 ⁸	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³
4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125

王道考研/CSKAOYAN.COM

13

真值和机器数

15 → 1111

8 → 1000

+15 → 0 1111

- 8 → 1 1000

真值

机器数

→ 原码、反码、补码、移码

真值：符合人类习惯的数字
机器数：数字实际存到机器里的形式，正负号需要被“数字化”

王道考研/CSKAOYAN.COM

14

知识回顾与重要考点

进位计数制

r进制数

基数=r, 每个数码位可能出现r种字符。逢r进1

r进制数→十进制

$$K_n K_{n-1} \dots K_2 K_1 K_0 \cdot K_{-1} K_{-2} \dots K_{-m}$$
$$= K_n \times r^n + K_{n-1} \times r^{n-1} + \dots + K_2 \times r^2 + K_1 \times r^1 + K_0 \times r^0 + K_{-1} \times r^{-1} + K_{-2} \times r^{-2} + \dots + K_{-m} \times r^{-m}$$

r进制数的数值=各数数码位与位权的乘积之和

二进制<→>八进制

每3个二进制位对应一个八进制位

二进制<→>十六进制

每4个二进制位对应一个十六进制位

十进制→r进制

整数部分：除基取余法，先取得的“余”是整数的低位

小数部分：乘基取整法，先取得的“整”是小数的高位

真值和机器数

真值：实际的带正负号的数值（人类习惯的样子）

机器数：把正负号数字化的数（存到机器里的样子）

注意“补位”

注意：有的十进制小数无法用二进制精确表示，如：0.3

2 ¹²	2 ¹¹	2 ¹⁰	2 ⁹	2 ⁸	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³
4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125

王道考研/CSKAOYAN.COM

15

中国古代的二进制系统

八卦

坤 艮 坎 巽 震 离 兑 乾

四象

太阴 少阴 少阳 太阳

二仪

太阴 太阳

太极

太极生两仪，两仪生四象，四象生八卦

王道考研/CSKAOYAN.COM

16