

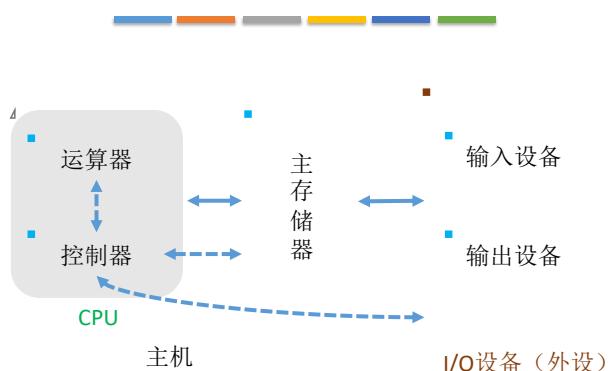
王道考研——计算机组成原理

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

公众号：考研拼课
配套课程请关注

本节内容

进位计数制

王道考研/CSKAOYAN.COM

3

知识总览

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

进位计数制

王道考研/CSKAOYAN.COM

4

公众号：考研拼课
配套课程请关注

最古老的计数方法



8个  符号反映权重 17个 

基于“加法”思想的计数方法

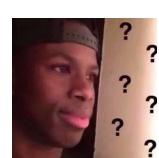
罗马数字的几种符号与对应权重

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

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 符号反映权重

十进制: 975.36 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: $K_n K_{n-1} \dots K_2 K_1 K_0 K_{-1} K_{-2} \dots K_{-m}$ 位权
 $= K_n \times 10^n + K_{n-1} \times 10^{n-1} + \dots + K_2 \times 10^2 + K_1 \times 10^1 + K_0 \times 10^0$
 $+ K_{-1} \times 10^{-1} + K_{-2} \times 10^{-2} + \dots + K_{-m} \times 10^{-m}$

进位计数制

有0~9, 共十种符号。
逢十进一



王道考研/CSKAOYAN.COM

6

推广: r 进制计数法

位权

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

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

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	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: 0,1,2,3,4,5,6,7	八进制: $5.4 \rightarrow 5 \times 8^0 + 4 \times 8^{-1} = 5.5$
十进制: 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	十进制: $5.5 \rightarrow 5 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} = 5.5$
十六进制: 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F	十六进制: $5.8 \rightarrow 5 \times 16^0 + 8 \times 16^{-1} = 5.5$

六十进制

1 11 < 11 21 << 11 31 << 11 41 < 11 51 < 11	2 12 < 11 22 << 11 32 << 11 42 < 11 52 < 11
3 13 < 11 23 << 11 33 << 11 43 < 11 53 < 11	4 14 < 11 24 << 11 34 << 11 44 < 11 54 < 11
5 15 < 11 25 << 11 35 << 11 45 < 11 55 < 11	6 16 < 11 26 << 11 36 << 11 46 < 11 56 < 11
7 17 < 11 27 << 11 37 << 11 47 < 11 57 < 11	8 18 < 11 28 << 11 38 << 11 48 < 11 58 < 11
9 19 < 11 29 << 11 39 << 11 49 < 11 59 < 11	10 < 11 30 << 11 40 < 11 50 < 11

王道考研/CSKAOYAN.COM

7

任意进制 \rightarrow 十进制

位权

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

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

二进制: 1 0 0 1 0 0 1 0 . 1 1 0	$1 * 2^7 + 1 * 2^4 + 1 * 2^1 + 1 * 2^{-1} + 1 * 2^{-2} = 146.75$
八进制: 251.5	$2 * 8^2 + 5 * 8^1 + 1 * 8^0 + 5 * 8^{-1} = 168.625$
十六进制: AE86.1	$10 * 16^3 + 14 * 16^2 + 8 * 16^1 + 6 * 16^0 + 1 * 16^{-1} = 44678.0625$

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

二进制 \leftrightarrow 八进制、十六进制

如: 1111000010.01101

二进制 \rightarrow 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 \rightarrow 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 \rightarrow 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 \rightarrow 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 0x1652

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

公众号 : 考研拼课
配套课程请关注

十进制→任意进制

十进制 \rightarrow 任意进制

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

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

如: 75.3 整数部分=75

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

r 商 余数

如: 十进制 \rightarrow 二进制 $r = 2$

$75 \div 2 = 37 \dots 1$	K_0	$4 \div 2 = 2 \dots 0$	K_4	除基	取余
$37 \div 2 = 18 \dots 1$	K_1	$2 \div 2 = 1 \dots 0$	K_5	$2 \div 2 = 1 \dots 0$	K_6
$18 \div 2 = 9 \dots 0$	K_2	$1 \div 2 = 0 \dots 1$	K_6	$2 \div 2 = 1 \dots 0$	K_7
$9 \div 2 = 4 \dots 1$	K_3	$75D = 1001011B$		$2 \div 2 = 1 \dots 0$	K_8
		$(75)_{10} = (1001011)_2$		$2 \div 1 = 0 \dots 1$	

王道考研/CSKAOYAN.COM

11

十进制→任意进制

十进制 \rightarrow 任意进制

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

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

如: 75.3 小数部分=0.3

$$(K_{-1} \times r^{-1} + K_{-2} \times r^{-2} + \dots + K_{-m} \times r^{-m}) \times r = K_{-1} \times r^0 + K_{-2} \times r^{-1} + \dots + K_{-m} \times r^{-(m-1)}$$

整数 小数

如: 十进制 \rightarrow 二进制 $r = 2$

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

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

$$0.2 \times 2 = 0.4 = 0 + 0.4 K_{-3}$$

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

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

.....

$$0.3D = 0.01001\dots B$$

乘基	取整
0.3×2	0
0.6×2	1
1.2×2	0
0.2×2	1
0.4×2	0
0.8×2	1
1.6×2	0

高位 低位

王道考研/CSKAOYAN.COM

12

公众号：考研拼课
配套课程请关注

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

$15 \rightarrow 1111$

$8 \rightarrow 1000$

$+15 \rightarrow 01111$

$-8 \rightarrow 11000$

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

公众号 : 考研拼课
配套课程请关注

知识回顾与重要考点

基数=r, 每个数码位可能出现r种字符。逢r进1

进位计数值

注意: 有的十进制小数无法用二进制精确表示, 如: 0.3

$$K_n K_{n-1} \dots K_2 K_1 K_0 \cdot K_{-1} K_{-2} \dots K_{-m}$$

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

$$+ K_{-1} \times r^{-1} + K_{-2} \times r^{-2} + \dots + K_{-m} \times r^{-m}$$

r进制数→十进制 \ominus r进制数的数值=各数码位与位权的乘积之和

二进制<→八进制 \ominus 每3个二进制位对应一个八进制位

二进制<→十六进制 \ominus 每4个二进制位对应一个十六进制位

注意“补位”

十进制→r进制 \ominus 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 \ominus 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)

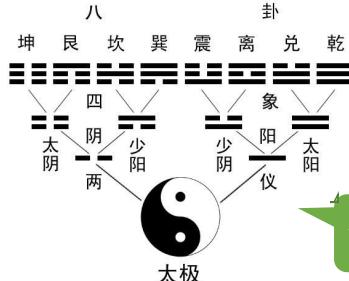
2^{12}	2^{11}	2^{10}	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}
4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125

王道考研/CSKAOYAN.COM

15

中国古代的二进制系统





太极生两仪, 两仪生四象, 四象生八卦

王道考研/CSKAOYAN.COM

16

公众号：考研拼课
 配套课程请关注