

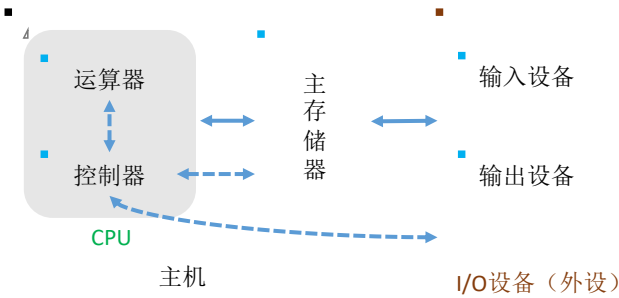
王道考研——计算机组成原理

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

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


8个



...

符号反映权重

17个



...

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

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

十进制：

975.36

$9 \times 100 + 7 \times 10 + 5 \times 1 + 3 \times 0.1 + 6 \times 0.01$

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

基于“乘法”思想的计数方法

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。

逢十进一



“进位计数制”



王道考研/CSKAOYAN.COM

6

公众号：考研拼课
配套课程请关注

推广：r 进制计数法

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

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
- ② 0, 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

六十进制

1	𐎶	11	𐎵	21	𐎶𐎵	31	𐎶𐎶𐎵	41	𐎶𐎶𐎶𐎵	51	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎵
2	𐎶	12	𐎶𐎵	22	𐎶𐎶𐎵	32	𐎶𐎶𐎶𐎵	42	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎵	52	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎵
3	𐎶	13	𐎶𐎶	23	𐎶𐎶𐎶	33	𐎶𐎶𐎶𐎶	43	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	53	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶
4	𐎶	14	𐎶𐎶𐎶	24	𐎶𐎶𐎶𐎶	34	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	44	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	54	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶
5	𐎶	15	𐎶𐎶𐎶𐎶	25	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	35	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	45	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	55	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶
6	𐎶	16	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	26	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	36	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	46	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	56	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶
7	𐎶	17	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	27	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	37	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	47	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	57	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶
8	𐎶	18	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	28	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	38	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	48	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	58	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶
9	𐎶	19	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	29	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	39	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	49	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	59	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶
10	𐎶	20	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	30	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	40	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	50	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶		

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

王道考研/CSKAOYAN.COM

7

任意进制→十进制

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

二进制: 10010010.110

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

八进制: 251.5

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

十六进制: AE86.1

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

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

公众号：考研拼课
配套课程请关注

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

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

八进制→ 二进制

每位八进制对应的3位二进制

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

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** **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 5
配套课程请关注

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

$$\begin{array}{ccccccc} K_n \times r^n + K_{n-1} \times r^{n-1} + \cdots + K_2 \times r^2 + K_1 \times r^1 + K_0 \times r^0 & = & K_n \times r^{n-1} + K_{n-1} \times r^{n-2} + \cdots + K_2 \times r^1 + K_1 \times r^0 & \dots & K_0 \\ \text{r} & & \text{商} & & \text{...余数} \end{array}$$

如：十进制 \rightarrow 二进制

$$r = 2$$

除基

取余

$$75 \div 2 = 37 \dots 1 \quad K_0$$

$$4 \div 2 = 2 \dots 0 \quad K_4$$

$$\begin{array}{r} 2 \overset{1}{7} 5 \\ 2 \overset{-1}{3} 7 \\ 2 \overset{-1}{1} 8 \\ 2 \overset{-1}{9} \\ 2 \overset{-1}{4} \\ 2 \overset{-1}{2} \\ 2 \overset{-1}{1} \\ 0 \end{array}$$

1
1
0
1
0
0
1

↑ 低位

高位

$$37 \div 2 = 18 \dots 1 \quad K_1$$

$$2 \div 2 = 1 \dots 0 \quad K_5$$

$$18 \div 2 = 9 \dots 0 \quad K_2$$

$$1 \div 2 = 0 \dots 1 \quad K_6$$

$$9 \div 2 = 4 \dots 1 \quad K_3$$

75D = 1001011B

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

王道考研/CSKAOYAN.COM

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

$$r = 2$$

乘基

取整

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

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

$$\begin{array}{r} 0.3 \\ \times 2 \\ \hline 0.6 \\ \times 2 \\ \hline 1.2 \\ 0.2 \\ \times 2 \\ \hline 0.4 \\ \vdots \end{array}$$

0 高位
1
0 低位

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

$$0.2 \times 2 = 0.4 = 0 + 0.4 \quad K_2$$

$$0.4 \times 2 = 0.8 = 0 + 0.8 \quad K_{\text{eq}}$$

$$0.8 \times 2 = 1.6 = 1 + 0.6 \quad K$$

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

王道考研/CSKAOYAN.COM

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

公众号：考研拼课
配套课程请关注

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

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

王道考研/CSKAOYAN.COM