

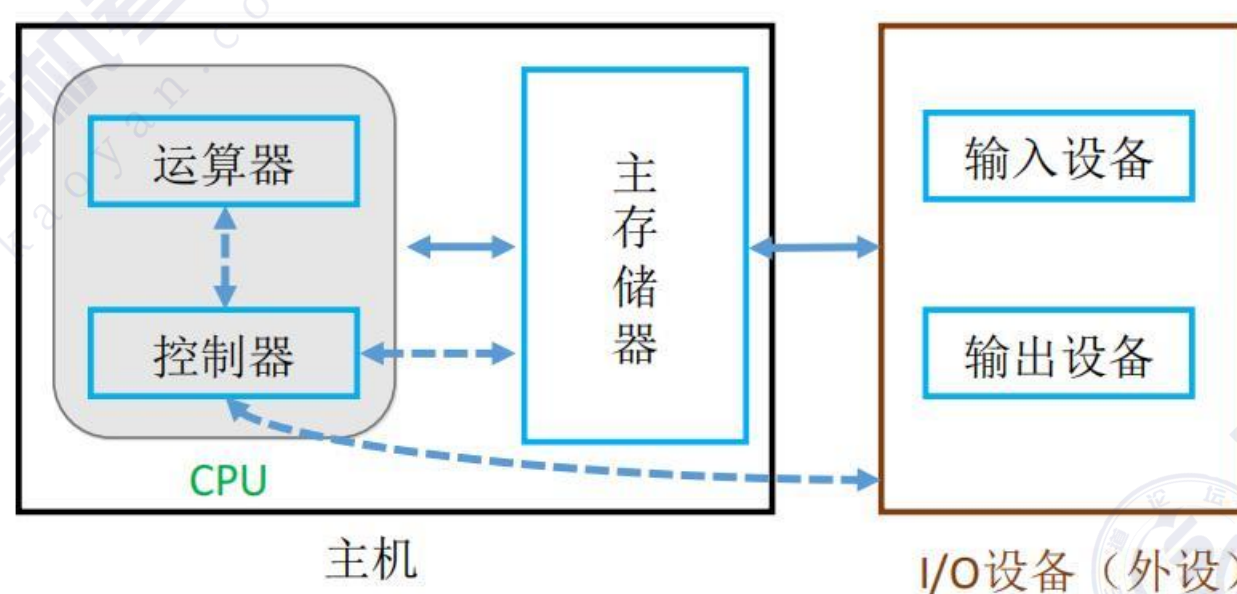
王道考研——计算机组成原理

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

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

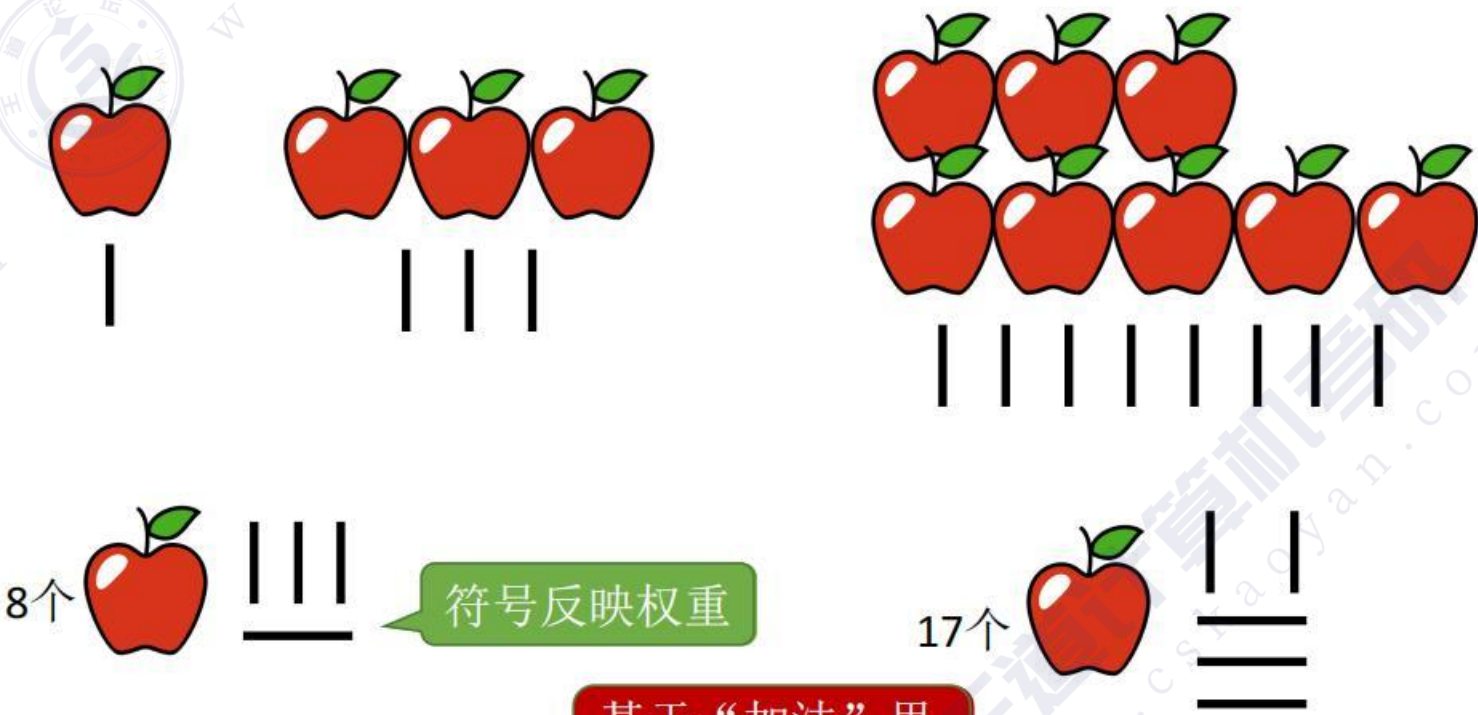
4

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

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）




“进位计数制”

有0~9，共十种符号。逢十进一

十进制： $K_n K_{n-1} \dots K_2 K_1 K_0 K_{-1} K_{-2} \dots K_{-m}$

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

位权



王道考研/CSKAOYAN.COM

推广：r 进制计数法

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

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

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

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

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

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

六十进制

1	𐎶	11	𐎵𐎶	21	𐎶𐎵	31	𐎶𐎴𐎶	41	𐎶𐎴𐎵	51	𐎶𐎴𐎴
2	𐎶𐎶	12	𐎵𐎶	22	𐎵𐎵	32	𐎵𐎴𐎶	42	𐎵𐎴𐎵	52	𐎵𐎴𐎴
3	𐎶𐎶𐎶	13	𐎴𐎶	23	𐎴𐎵	33	𐎴𐎴𐎶	43	𐎴𐎴𐎵	53	𐎴𐎴𐎴
4	𐎶𐎶𐎶𐎶	14	𐎴𐎶𐎶	24	𐎴𐎵𐎶	34	𐎴𐎴𐎵𐎶	44	𐎴𐎴𐎵𐎵	54	𐎴𐎴𐎵𐎴
5	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	15	𐎴𐎶𐎶𐎶	25	𐎴𐎵𐎶𐎶	35	𐎴𐎴𐎵𐎶𐎶	45	𐎴𐎴𐎵𐎵𐎶	55	𐎴𐎴𐎵𐎵𐎵
6	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	16	𐎴𐎶𐎶𐎶𐎶	26	𐎴𐎵𐎶𐎶𐎶	36	𐎴𐎴𐎵𐎶𐎶𐎶	46	𐎴𐎴𐎵𐎵𐎶𐎶	56	𐎴𐎴𐎵𐎵𐎵𐎶
7	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	17	𐎴𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	27	𐎴𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶	37	𐎴𐎴𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶	47	𐎴𐎴𐎵𐎵𐎶𐎶𐎶	57	𐎴𐎴𐎵𐎵𐎵𐎶𐎶
8	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	18	𐎴𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	28	𐎴𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	38	𐎴𐎴𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	48	𐎴𐎴𐎵𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶	58	𐎴𐎴𐎵𐎵𐎵𐎶𐎶𐎶
9	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	19	𐎴𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	29	𐎴𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	39	𐎴𐎴𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	49	𐎴𐎴𐎵𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	59	𐎴𐎴𐎵𐎵𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶
10	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	20	𐎴𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	30	𐎴𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	40	𐎴𐎴𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	50	𐎴𐎴𐎵𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶		

王道考研/CSKAOYAN.COM

7

任意进制 \rightarrow 十进制

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

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

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

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

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

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

八进制 \rightarrow 二进制

每位八进制对应的3位二进制

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

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

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

任一数码位 $K_i < r$

$$\frac{K_n \times r^n + K_{n-1} \times r^{n-1} + \dots + K_2 \times r^2 + K_1 \times r^1 + K_0 \times r^0}{r} = \underbrace{K_n \times r^{n-1} + K_{n-1} \times r^{n-2} + \dots + K_2 \times r^1 + K_1 \times r^0}_{\text{商}} \dots \underbrace{K_0}_{\text{余数}}$$

 $r = 2$

除基	取余
2 75	1
2 37	1
2 18	0
2 9	1
2 4	0
2 2	0
2 1	1
0	

$$2 \div 2 = 1 \dots \boxed{0} \text{ } K_5$$

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

75D = 1001011B

75D = 1001011B

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

王道考研/CSKAOYAN.COM

$$= K_n \times r^n + K_{n-1} \times r^{n-1} + \dots + K_2 \times r^2 + K_1 \times r^1 + K_0 \times r^0 + K_{-1} \times r^{-1} + K_{-2} \times r^{-2} + \dots + K_{-m} \times r^{-m}$$
$$(K_{-1} \times r^{-1} + K_{-2} \times r^{-2} + \dots + K_{-m} \times r^{-m}) \times r = \underbrace{K_{-1} \times r^0}_{\text{整数}} + \underbrace{K_{-2} \times r^{-1} + \dots + K_{-m} \times r^{-(m-1)}}_{\text{小数}}$$
 $r = 2$

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

乘基	取整	
$\begin{array}{r} 0.3 \\ \times 2 \\ \hline 0.6 \end{array}$	0	高位
$\begin{array}{r} 0.6 \\ \times 2 \\ \hline 1.2 \\ 0.2 \end{array}$	1	
$\begin{array}{r} 0.2 \\ \times 2 \\ \hline 0.4 \\ \dots \end{array}$	0	低位

$$\begin{array}{r} \times 2 \\ \hline 12 \end{array}$$

1.2	1
0.2	
2	

\times	2		
	0.4	0	低位

● ● ● ● ● ●

王道考研/CSKAOYAN.COM

6

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

+15 → 0 1111

8 → 1000

-8 → 1 1000

→ 原码、反码、补码、移码

真值 机器数

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

进位计数值

注意：有的十进制小数无法用二进制精确表示，如：0.3

r进制数 基数=r，每个数码位可能出现r种字符。逢r进1

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

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

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

r进制数→十进制

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

注意“补位”

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）

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

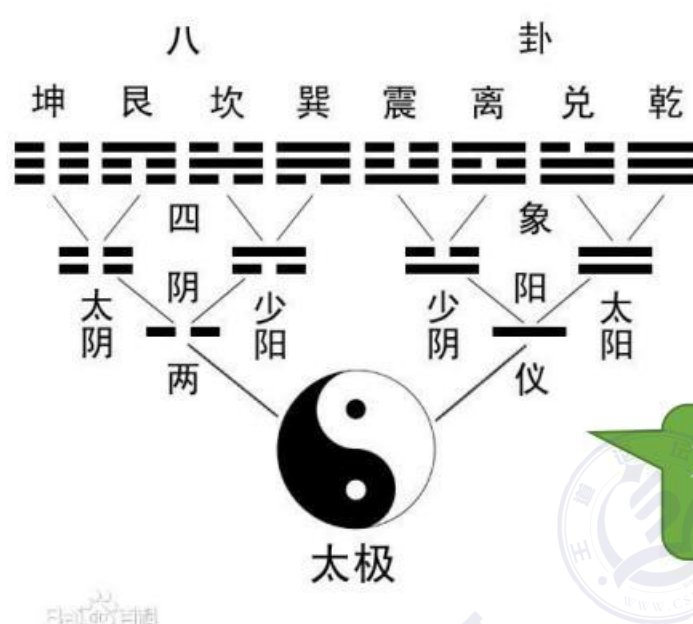
王道考研/CSKAOYAN.COM

15

中国古代的二进制系统



算命 十元一次
你算什么东西？



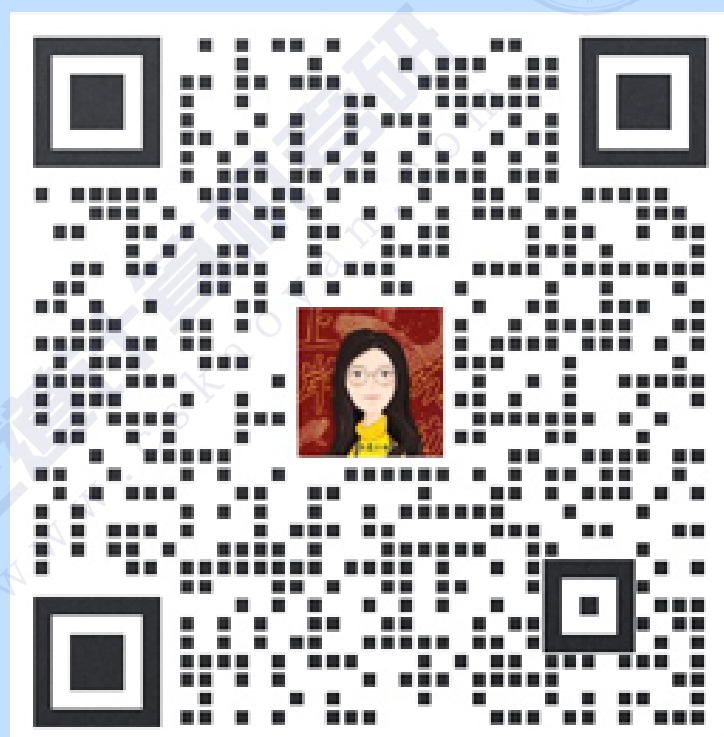
太极生两仪，两仪生四象，四象生八卦

王道考研/CSKAOYAN.COM

16

你还可以在这里找到我们

快速获取第一手计算机考研信息&资料



购买2024考研全程班/领学班/定向班
可扫码加微信咨询



微博: @王道计算机考研教育



B站: @王道计算机教育



小红书: @王道计算机考研



知乎: @王道计算机考研



抖音: @王道计算机考研



淘宝: @王道论坛书店