



计算机导论与程序设计——第 2 篇

计算机体系结构 及其编码方式

Computer Introduction and Programming

学习目标



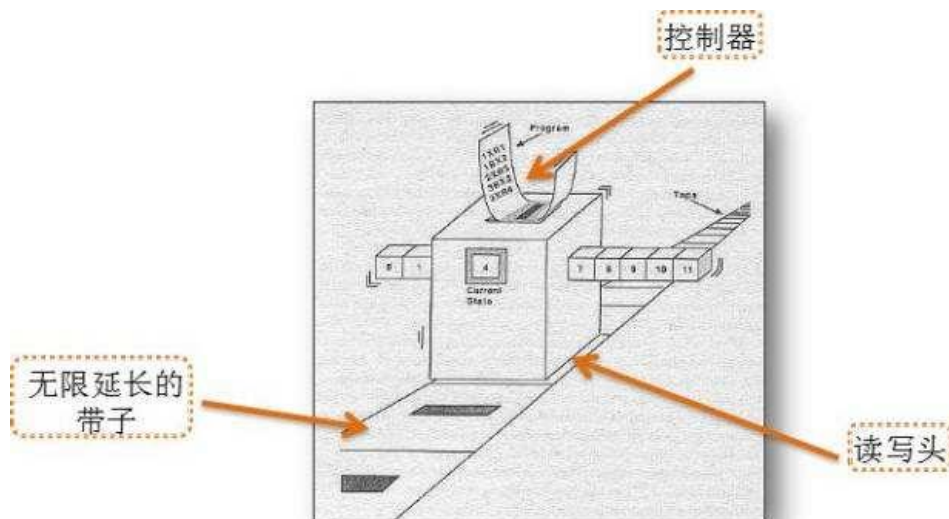
- 了解图灵机模型
- 掌握冯·诺依曼原理
- 掌握二进制及其运算特点
- 了解ASCII码字符集合
- 掌握不同进制数据编码表示方法，转换方法和运算规则

计算理论的奠基人

- 阿兰·图灵(Alan Turing)(1912~1954) 1936年上研究生时发表了一篇论文，提出了图灵机（Turing Machine），奠定了计算机科学的理论基础，是世界上公认的计算机科学奠基人



图灵模型

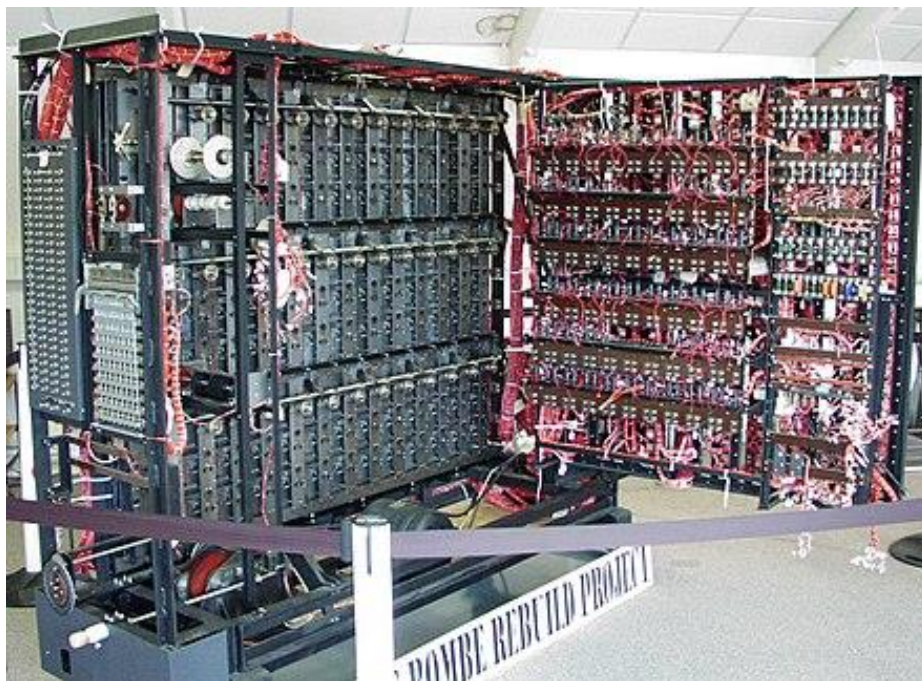


<https://zh.wikipedia.org/wiki/图灵机>

- 所有的计算都可能在一台特殊的机器上执行，这就是现在所说的**图灵机**。
- 尽管图灵对这种机器进行了数学上的描述，但是他更关注计算的哲学定义，而不是建造一台真实的机器。

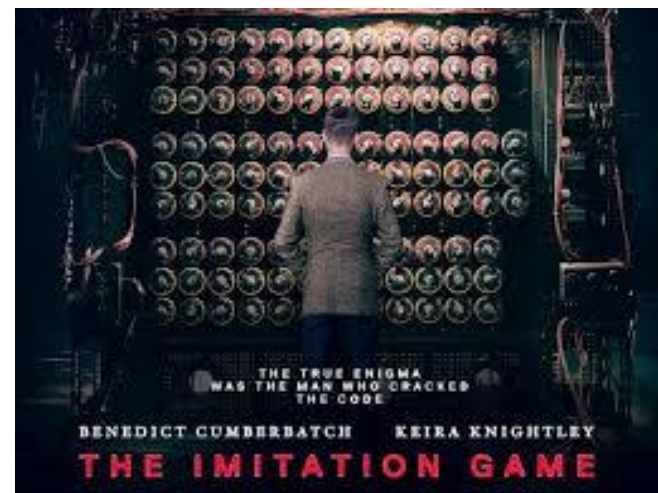
计算理论的奠基人

- 第二次世界大战中，图灵领导的小组制造出了破译德军 Enigma 密码的计算机，并成功地完成了任务。



计算理论的奠基人

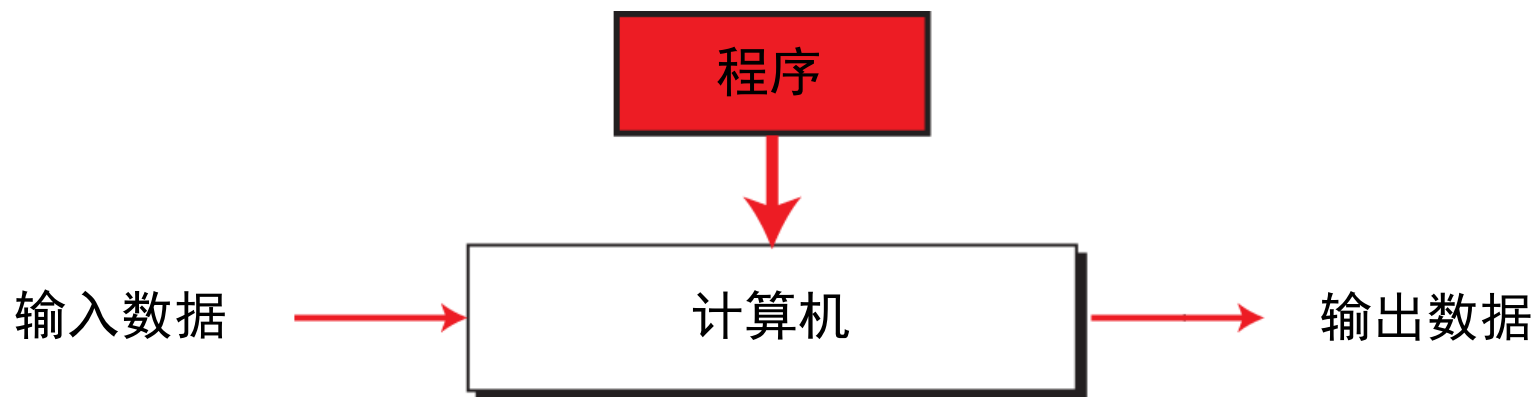
- 第二次世界大战中，图灵领导的小组制造出了破译德军 Enigma 密码的计算机，并成功地完成了任务。



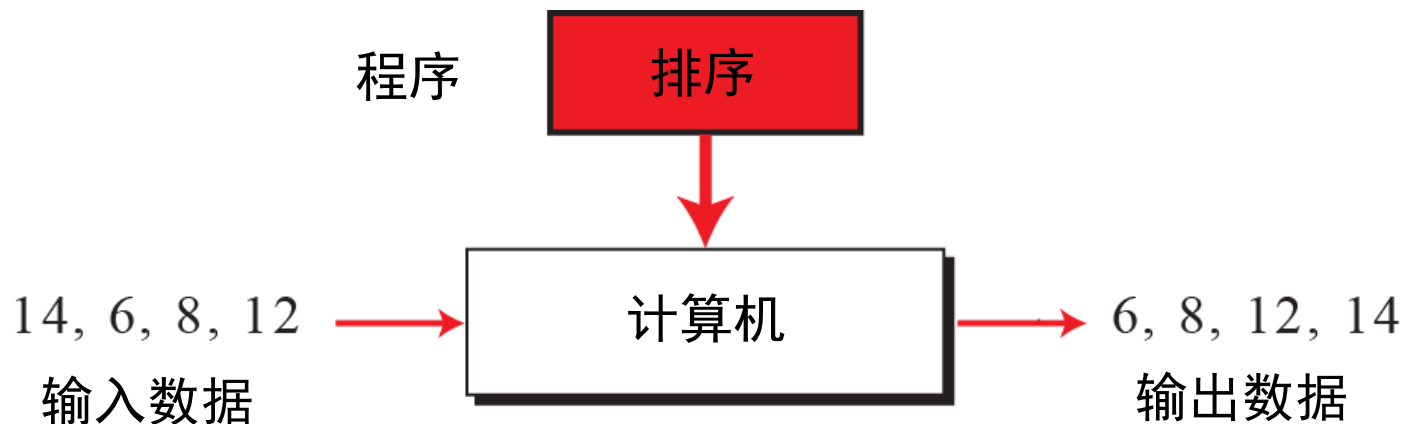
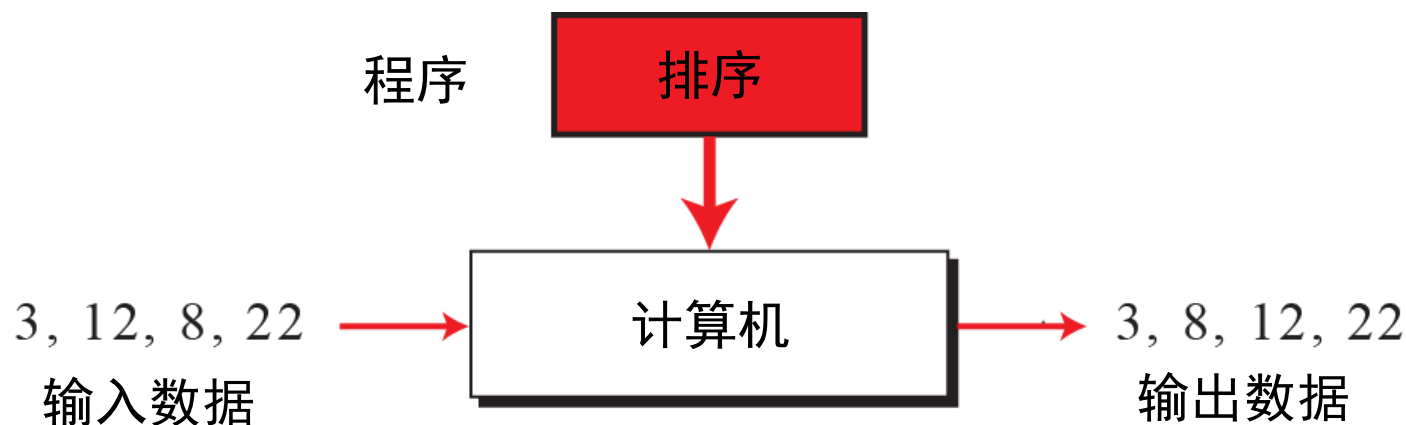
数据处理



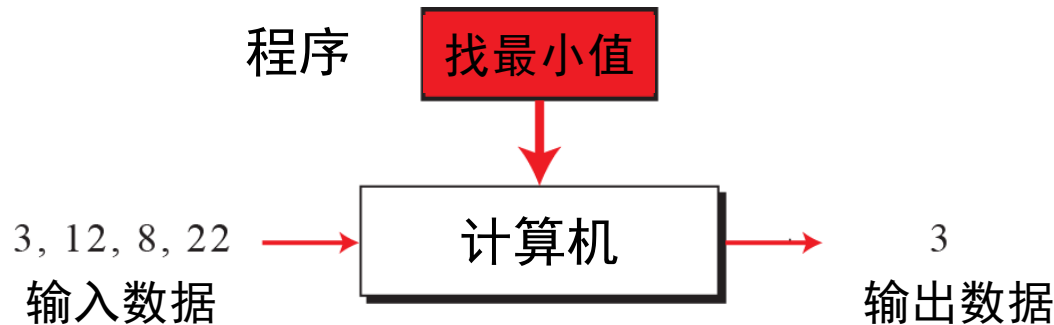
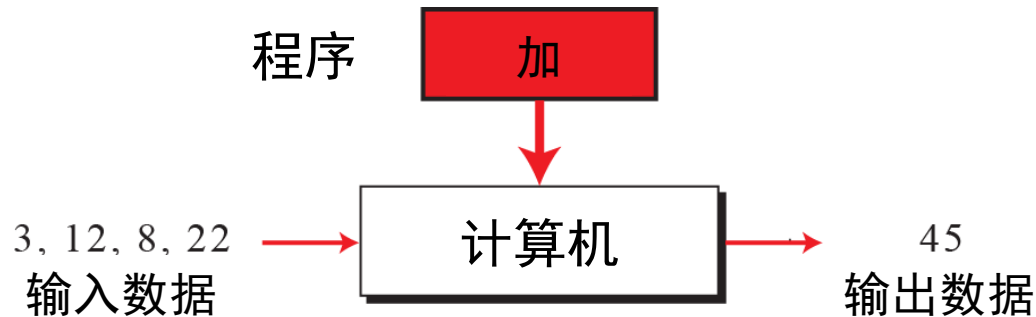
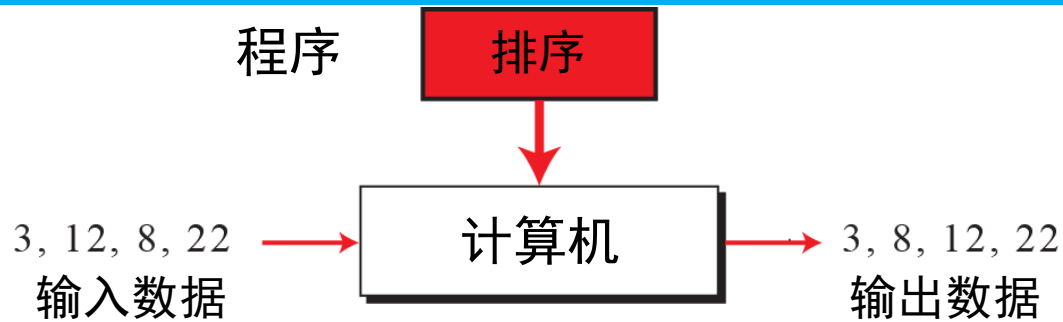
基于图灵模型的计算机



相同的程序，不同的输入数据



相同的输入数据，不同的程序



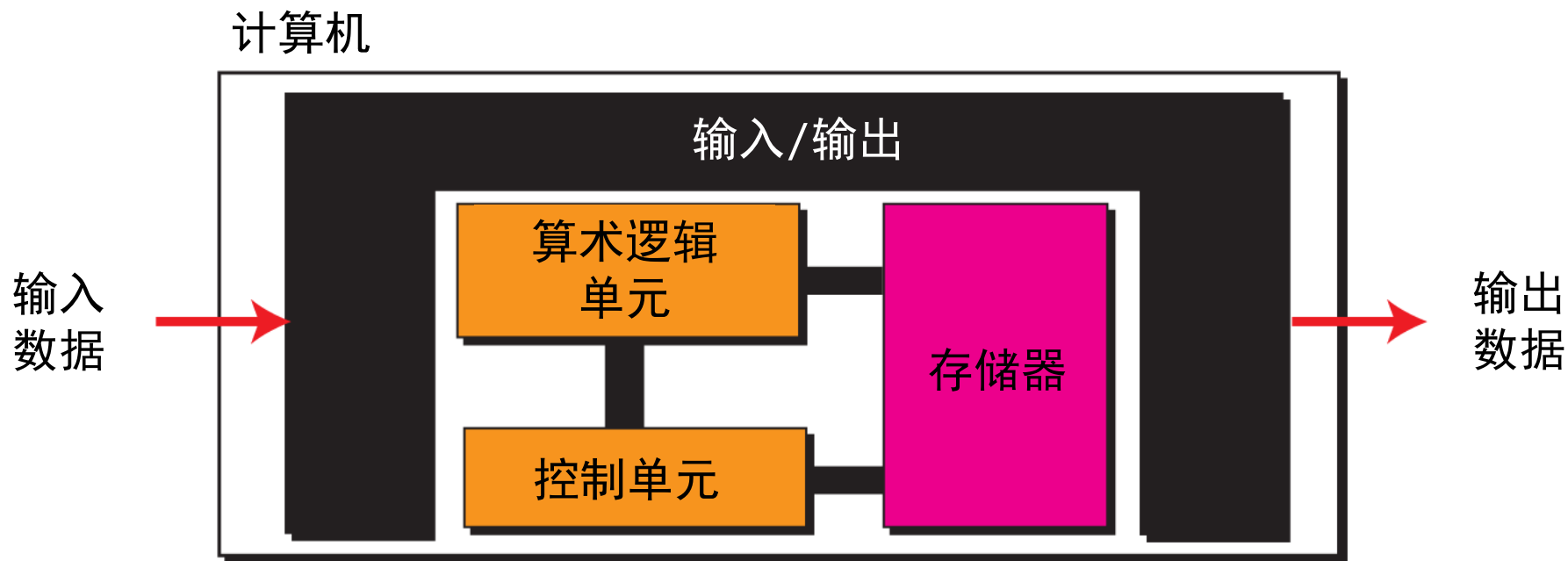
相同的输入数据，相同的程序

希望无论何时，对于同样的输入数据和程序，其输出结果一致。换句话说，当程序在输入相同的数据运行时，希望有相同的输出。

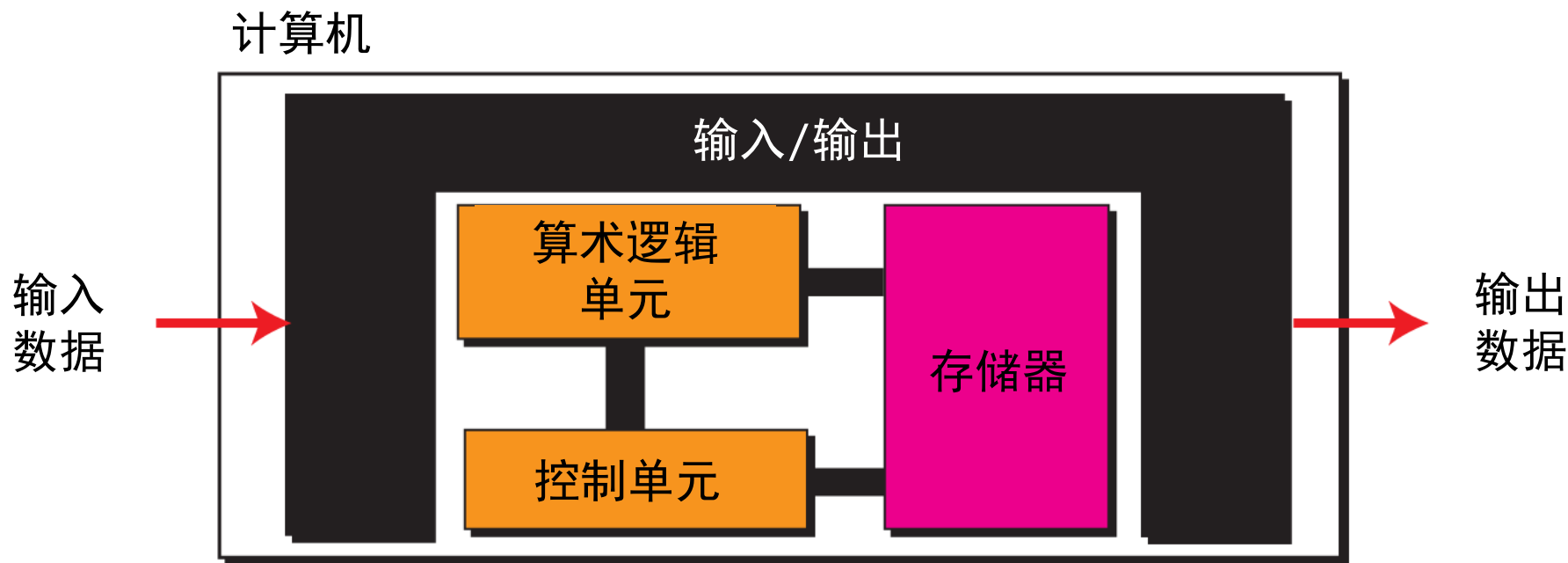
通用图灵机

通用图灵机是对现代计算机的首次描述。只要提供了合适的程序，该机器就能做任何运算。一台很强大的计算机和通用图灵机能进行同样的运算，所需要的只是给两者提供数据以及做运算的程序。实际上，通用图灵机能做任何可计算的运算。

冯·诺依曼模型

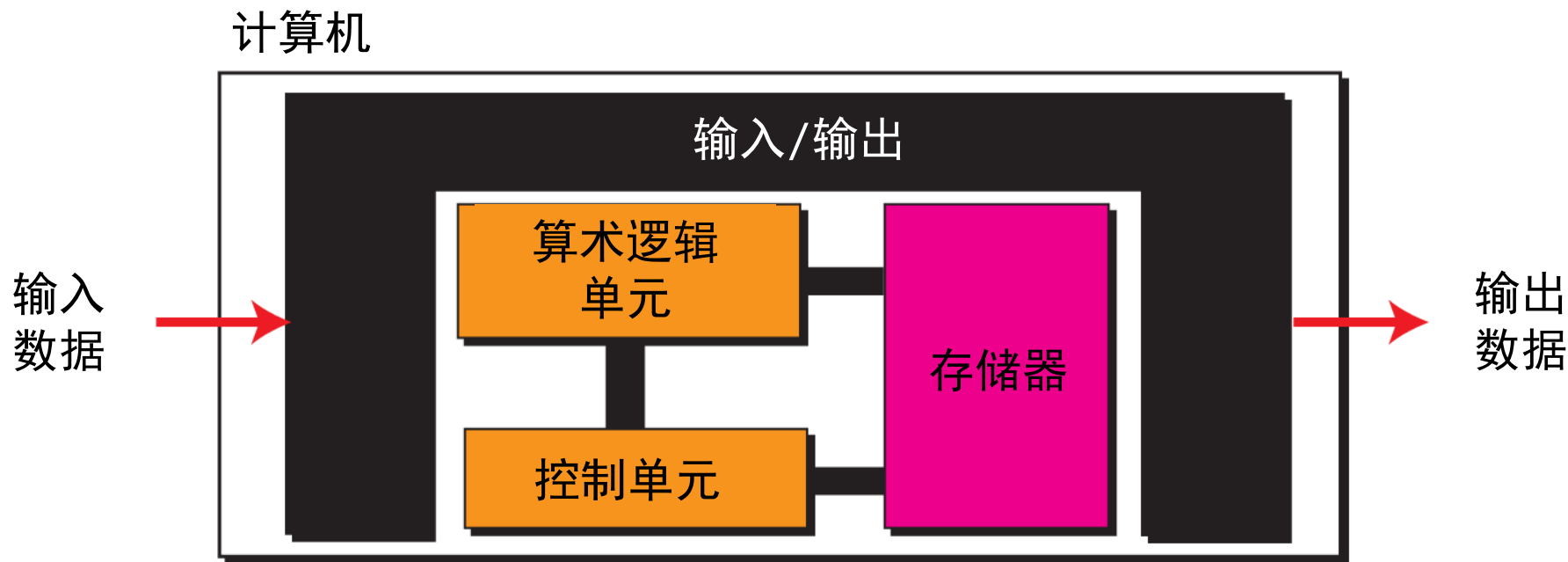


冯·诺依曼模型—存储器



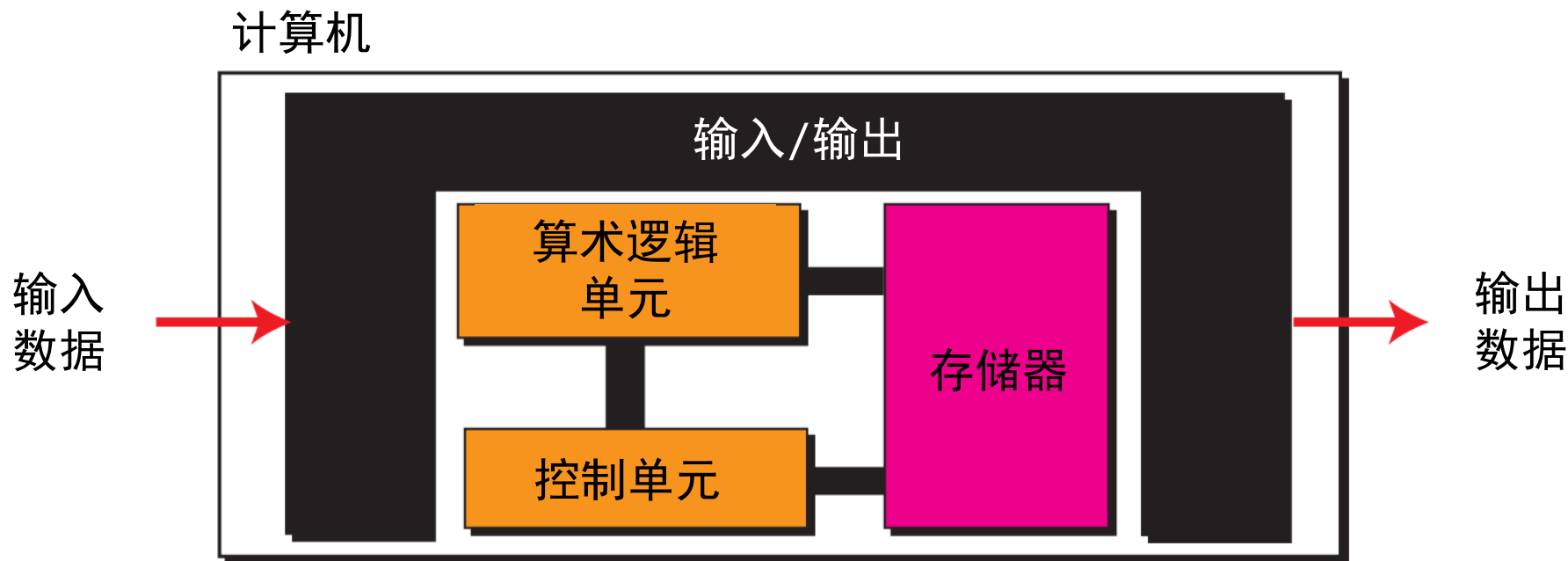
- 存储器是用来存储的区域。在计算机的处理过程中，存储器用来存储数据和程序。

冯·诺依曼模型——算术逻辑单元



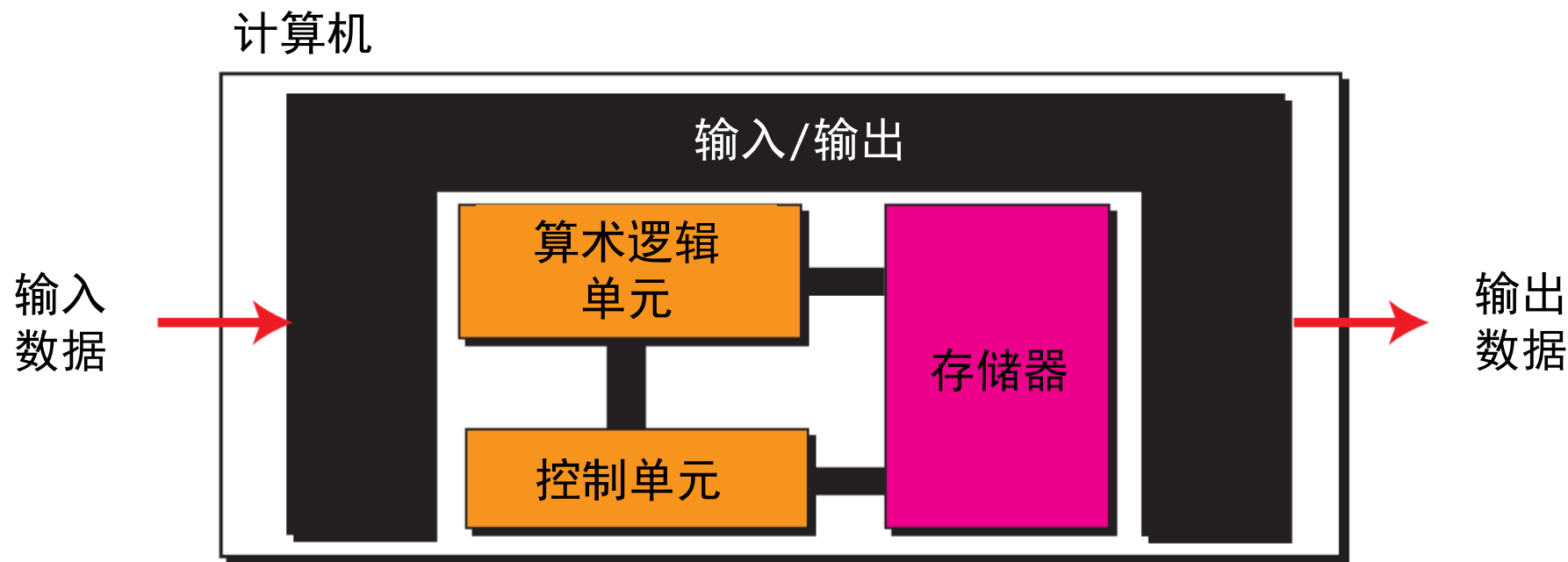
- 算术逻辑单元(Arithmetic Logic Unit: ALU)用于计算和逻辑运算。

冯·诺依曼模型——控制单元



- 控制单元是对存储器、算术逻辑单元、输入/输出等子系统进行控制操作的单元。

冯·诺依曼模型—输入/输出



- 输入子系统负责从计算机外部接收输入数据和程序；输出子系统负责将计算机的处理结果输出到计算机外部。

存储程序概念

早期的计算机结构，只把数据存储在存储器中，程序则是通过操作一系列的开关或改变其配线来实现的。

冯·诺依曼提出了存储程序，程序控制的概念。这意味着数据和程序都储存在存储器中，应该具有相同的格式。

指令的顺序执行

冯·诺依曼模型中的一段程序是由一些指令组成。按照这个模型，控制单元从内存中提取一条指令，解释指令，然后执行指令。指令一条接着一条按顺序执行(即使存在指令的跳转)。指令的顺序执行是基于冯·诺依曼模型的计算机的初始条件。

指令的顺序执行



存储器

1. 输入第一个数据到存储器中。
2. 输入第二个数据到存储器中。
3. 将两数相加并将结果存储在存储器中。
4. 输出结果。

程序

计算机中数据的表示

计算机需要处理的数据包括数值、字符、文字、图形、图像和声音等，那么这些数据是如何表示和存储的呢？

数字化信息编码

编 码

采用少量的基本符号，选用一定的组合原则，以表示大量复杂多样的信息的方法。

信息编码的两大要素：基本符号的种类和符号的组合规则。

二进制码

计算机广泛采用“0”和“1”两个基本符号组成的二进制码，用来表示各种信息。

采用二进制的原因：

- ① 二进制码在物理上容易实现。
- ② 二进制运算简单，通用性强。
- ③ 两个符号“1”和“0”与逻辑命题的两个值“是”和“否”或“真”和“假”相对应，为计算机实现逻辑运算和逻辑判断提供了便利的条件。

进位计数制

在采用进位计数制的数字系统中，如果只用 r 个基本符号 $(0, 1, 2, \dots, r-1)$ 表示数值，则称其为基 r 数制。例如，

- $r=10$ ，基本符号是 $0, 1, 2, \dots, 9$ ，十进制；
- $r=2$ ，基本符号是 $0, 1$ ，二进制；
- $r=16$ ，基本符号是 $0-9, A-F$ 十六个数码，十六进制。

不同的数制，它们的共同点是：

- ① 每一种数制都有固定的基本符号，称为“数码”。
- ② 加减法的运算规律是“逢 r 进一，借一当 r ”
- ③ 都使用位置表示法。不同位置的数符所代表的值不同。

位置表示法

位置表示法中，在数字中符号所占据的位置决定了其表示的值。

数字的表示：

$$\pm(S_{k-1} \cdots S_2 S_1 S_0 . S_{-1} S_{-2} \cdots S_{-l})_r$$

值等于：

$$n = \pm S_{k-1} \times r^{k-1} + \cdots + S_1 \times r^1 + S_0 \times r^0 + S_{-1} \times r^{-1} + S_{-2} \times r^{-2} + \cdots + S_{-l} \times r^{-l}$$

位置表示法--十进制(decimal)

	10^{k-1}	10^{k-2}	\dots	10^2	10^1	10^0	位置量
\pm	S_{k-1}	S_{k-2}	\dots	S_2	S_1	S_0	数字
	\downarrow	\downarrow		\downarrow	\downarrow	\downarrow	
$N =$	$\pm S_{k-1} \times 10^{k-1}$	$+ S_{k-2} \times 10^{k-2}$	$+ \dots +$	$S_2 \times 10^2$	$+ S_1 \times 10^1$	$+ S_0 \times 10^0$	值

位置表示法--二进制(binary)

	2^{k-1}	2^{k-2}	\dots	2^2	2^1	2^0	位置量
\pm	S_{k-1}	S_{k-2}	\dots	S_2	S_1	S_0	数字
	\downarrow	\downarrow		\downarrow	\downarrow	\downarrow	
$N =$	$\pm S_{k-1} \times 2^{k-1}$	$+ S_{k-2} \times 2^{k-2}$	$+ \dots +$	$S_2 \times 2^2$	$+ S_1 \times 2^1$	$+ S_0 \times 2^0$	值

随堂练习

$$(101.11)_2 = ?$$

位置表示法--十六进制(hexadecimal)

	16^{k-1}	16^{k-2}	\dots	16^2	16^1	16^0	位置量
\pm	S_{k-1}	S_{k-2}	\dots	S_2	S_1	S_0	数字
	\downarrow	\downarrow		\downarrow	\downarrow	\downarrow	
$N =$	$\pm S_{k-1} \times 16^{k-1}$	$+ S_{k-2} \times 16^{k-2}$	$+ \dots +$	$S_2 \times 16^2$	$+ S_1 \times 16^1$	$+ S_0 \times 16^0$	值

随堂练习

$$(2AE)_{16} = ?$$

位置表示法--八进制 (octal)

	8^{k-1}	8^{k-2}	\dots	8^2	8^1	8^0	位置量
\pm	S_{k-1}	S_{k-2}	\dots	S_2	S_1	S_0	数字
	\downarrow	\downarrow		\downarrow	\downarrow	\downarrow	
$N =$	$\pm S_{k-1} \times 8^{k-1}$	$+ S_{k-2} \times 8^{k-2}$	$+ \dots$	$+ S_2 \times 8^2$	$+ S_1 \times 8^1$	$+ S_0 \times 8^0$	值

随堂练习

$$(1256)_8 = ?$$

常用的几种进位计数制

进位制	二进制	八进制	十进制	十六进制
规则	逢2进1	逢8进1	逢10进1	逢16进1
基数	$r=2$	$r=8$	$r=10$	$r=16$
采用数码	0,1	0,1,...,7	0,1,...,9	0,1,...,9,A,B,C,D,E,F
位置量(权)	2^i	8^i	10^i	16^i
单位表示	B	O	D	H

二进制数(Binary)

二进制的特点：

- ① 有两个符号，0和1；
- ② 计数规律为“逢二进一，借一当二”；
- ③ 位权关系为 2^i ；

二进制数的运算规律：

- ① 加法： $0+0=0$ $0+1=1$ $1+0=1$ $1+1=0$ (有进位发生)；
- ② 减法： $0-0=0$ $1-1=0$ $1-0=1$ $0-1=1$ (有借位发生)；
- ③ 乘法： $0\times 0=0$ $0\times 1=0$ $1\times 0=0$ $1\times 1=1$ ；
- ④ 除法： $0\div 0=0$ $0\div 1=0$ $1\div 0=0$ $1\div 1=1$ ；

十六进制数(Hexadecimal)

十六进制的特点：

- ① 有16个符号，0-9以及A, B, C, D, E, F；
- ② 计数规律为“逢十六进一，借一当十六”；
- ③ 位权关系为 16^i ；

随堂练习

用二进制来表示16进制的符号至少需要几位呢？

A 16

B 8

C 4

D 2

十六进制数(Hexadecimal)

计算机采用十六进制的原因：不是为了计算，而是用来简化二进制的书写和便于记忆；

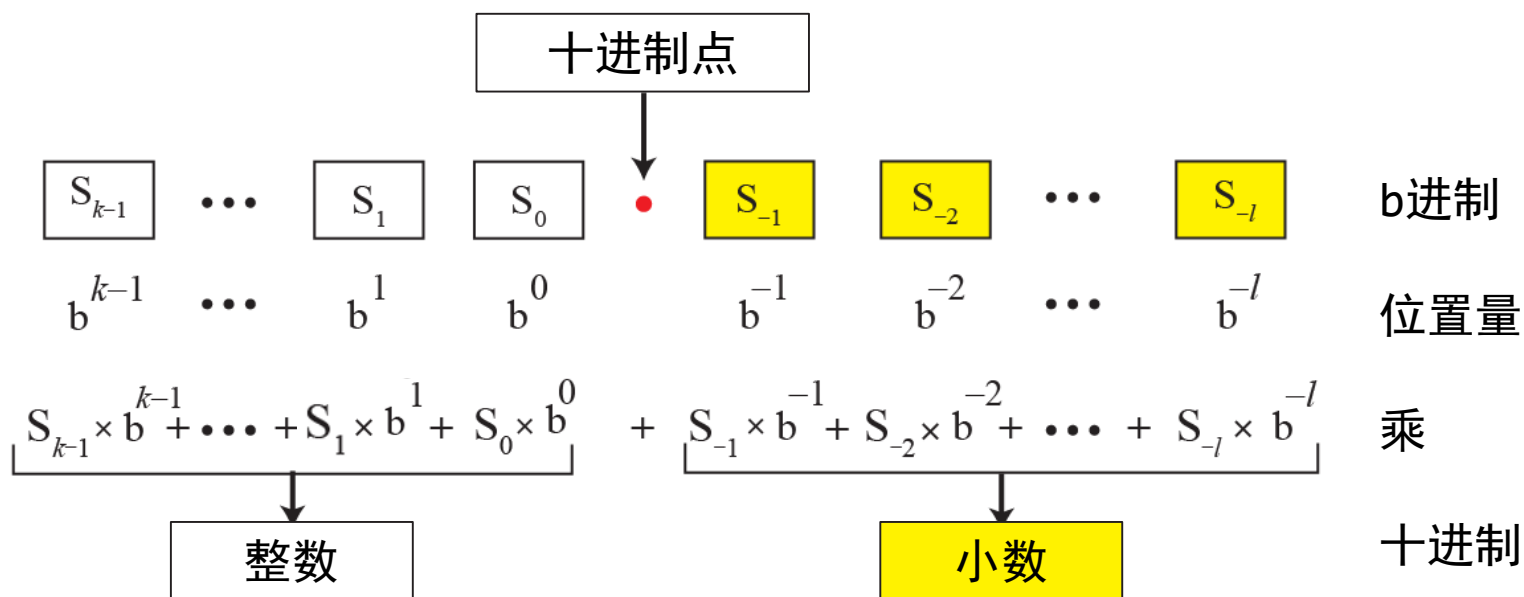
二进制数1000 1010 1110 1001B对应十六进制数8AE9H

内存地址 1111 1111 1111 1111B = FFFFH

十进制、二进制和十六进制对照表

十进制数	二进制数	十六进制数	十进制数	二进制数	十六进制数
0	0000	0	8	1000	8
1	0001	1	9	1001	9
2	0010	2	10	1010	A
3	0011	3	11	1011	B
4	0100	4	12	1100	C
5	0101	5	13	1101	D
6	0110	6	14	1110	E
7	0111	7	15	1111	F

其它进制到十进制的转换



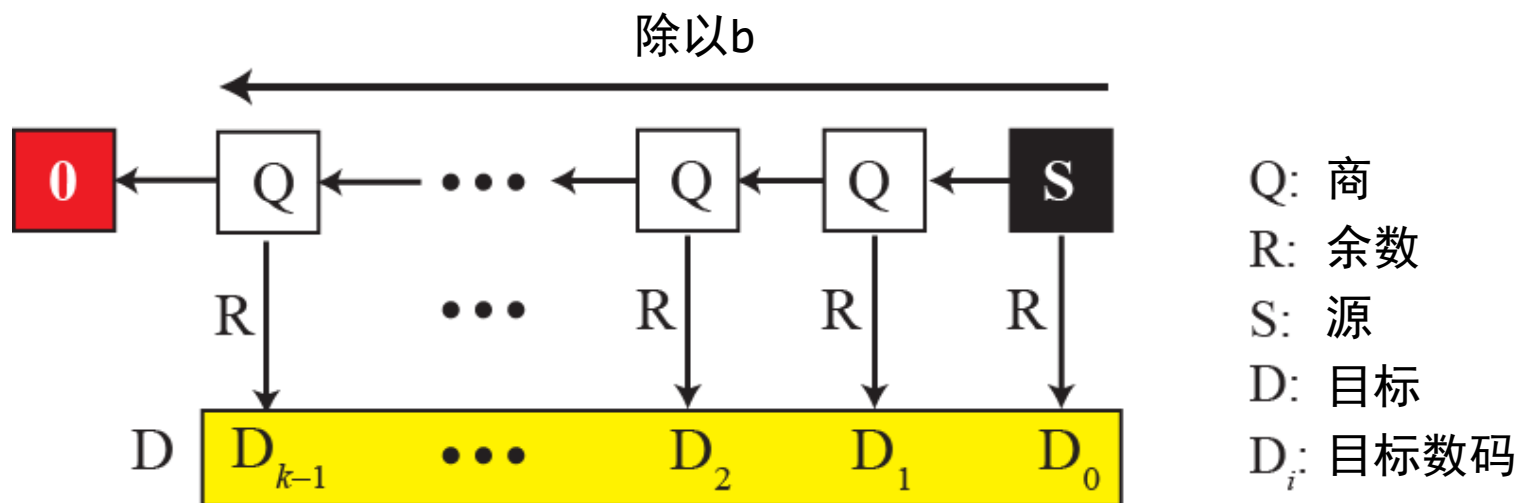
十进制数转换成其它进制

如何把一个十进制数转换成b进制数呢？

需要两个过程：一是用于整数部分，另一个是用于小数部分

十进制数转换成其它进制(整数部分)

整数部分转换方法：“除以b取余数反序排列”；



【例2-1】将35转换为二进制数。

0	⇐	1	⇐	2	⇐	4	⇐	8	⇐	17	⇐	35	十进制
		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
		1		0		0		0		1		1	二进制

随堂练习

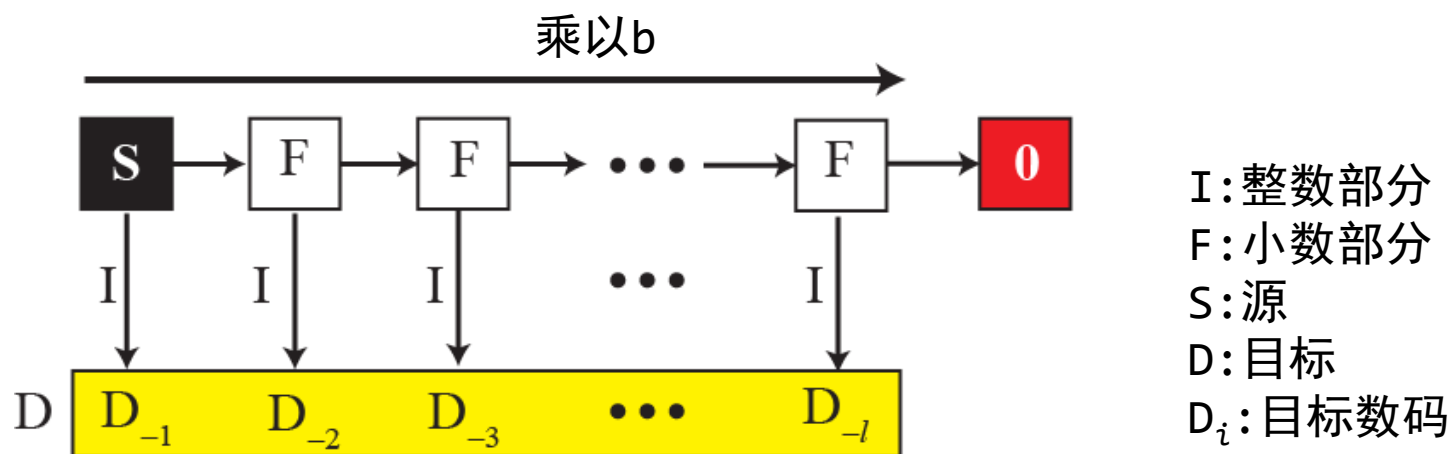
十进制数126转换为八进制数是多少？

随堂练习

十进制数126转换为十六进制数是多少？

十进制数转换成其它进制(小数部分)

小数部分转换方法：“乘以b取整数正序排列”；

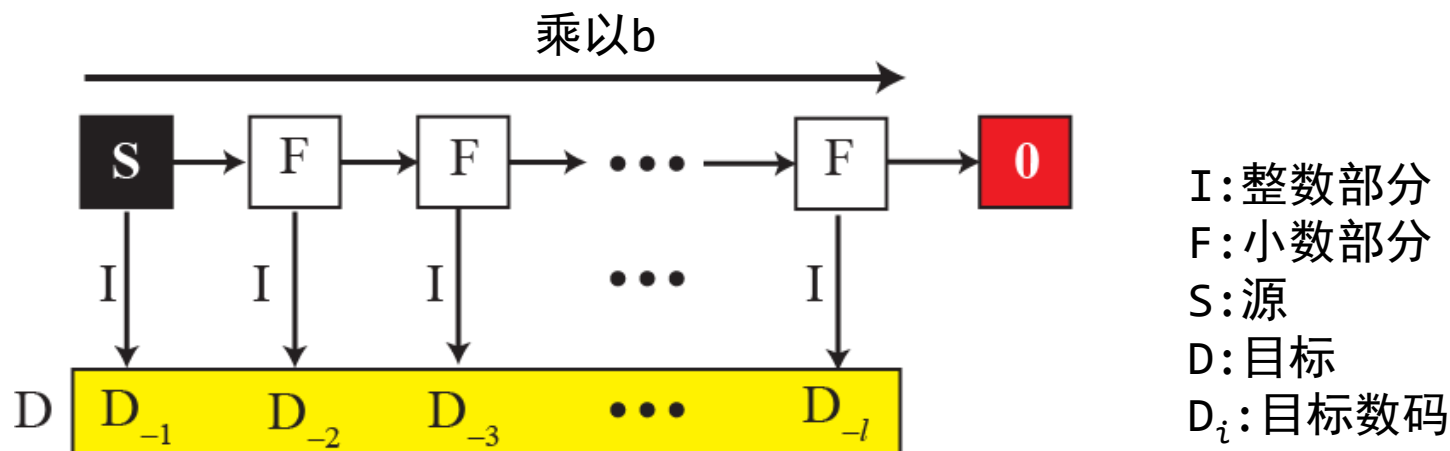


注意：

小数可能永不为0。

当创建了足够多的数位后停止。

十进制数转换成其它进制(小数部分)



注意:

小数可能永不为0。

当创建了足够多的数位后停止。

【例2-2】将十进制数0.625转换为二进制数。

十进制	0.625	⇒	0.25	⇒	0.50	⇒	0.00
	↓		↓		↓		
二进制	1		0		1		

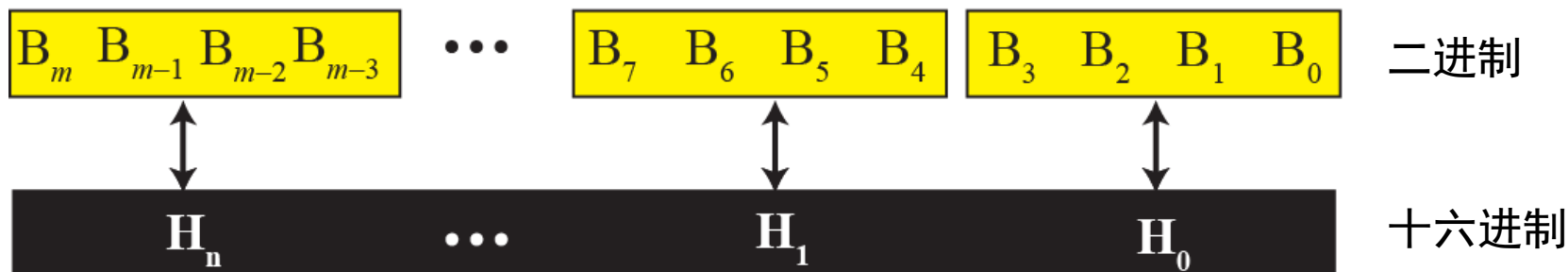
随堂练习

将0.634转换成八进制数且精确到小数4位是多少？

二进制数转换成十六进制

B_i : 二进制数码(位)

H_i : 十六进制数码

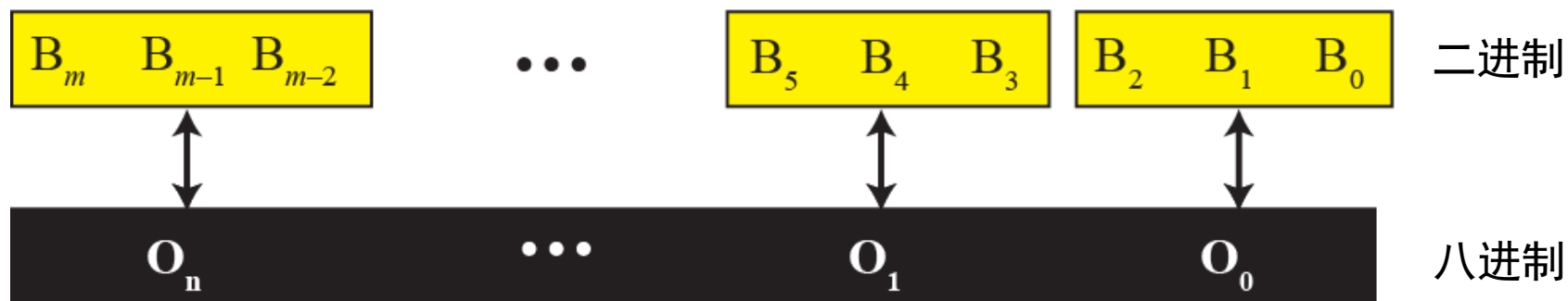


【例2-3】将二进制数 $(10011100010)_2$ 转换为十六进制数。

$$(100 \quad 1110 \quad 0010)_2 = (4E2)_{16}$$

二进制数转换成八进制

B_i : 二进制数码(位) O_i : 八进制数码

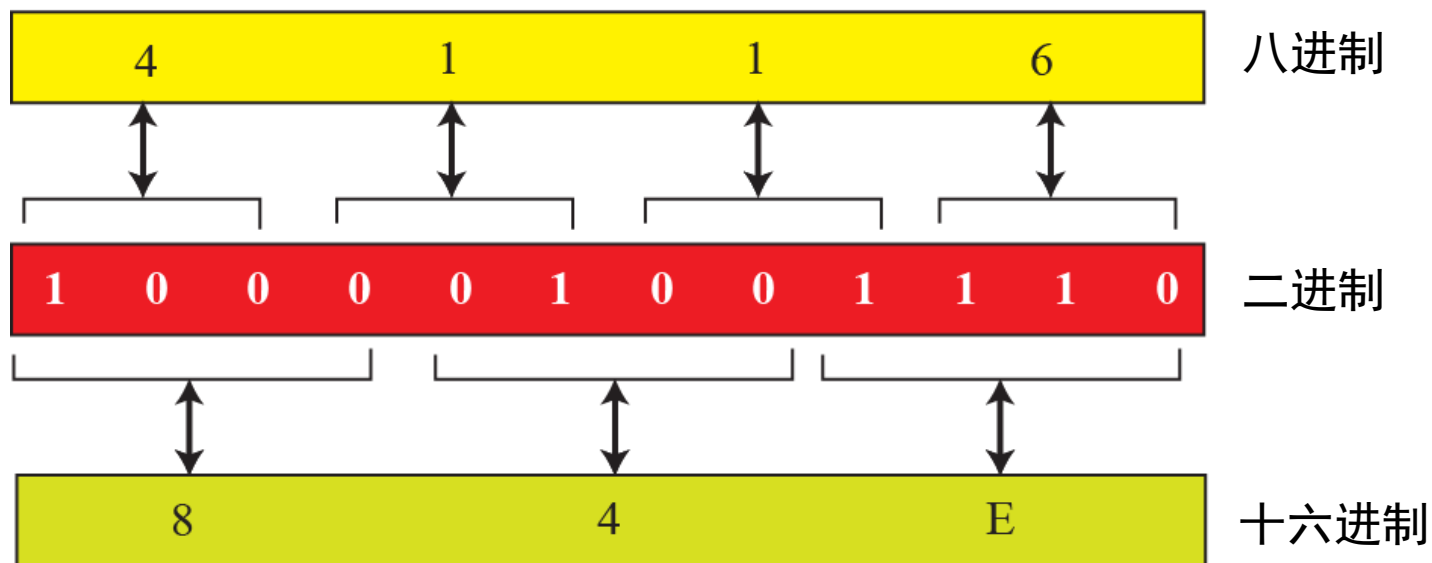


【例2-4】将二进制数 $(101110010)_2$ 转换为八进制数。

$$(101 \ 110 \ 010)_2 = (562)_8$$

八进制-十六进制的转换

转换方法：使用二进制做中介；



数值格式的表示

- 整数的表示范围

- ① 计算机通常采用固定的二进制位数(码长)来表示数，因此，数的表示范围是有限的；
- ② 为了区分正数和负数，约定最高位(即最左边的那一位)为0时表示正数，为1时表示负数，即符号数字化。

随堂练习

用8位二进制能够表示的最大正数是多少？

A 256

B 255

C 128

D 127

数值格式的表示

- 相关术语

- ① 真值：实际的二进制数据；
- ② 原码：把真值的符号数字化处理；
- ③ 反码：一个负数的原码保留符号位不变，其余按位取反就成为该数的反码；
- ④ 补码：一个负数的反码末位加1就成为该数的补码；
- ⑤ 一个正数的原码、反码和补码形式是一样的。

随堂练习

如果采用8位二进制表示数据，那么-123的原码是 [填空1] ，反码是 [填空2] ，补码是 [填空3] ？

数值格式的表示

数值	原码	反码	补码
0	00000000	00000000	00000000
0	10000000	11111111	00000000
+1	00000001	00000001	00000001
-1	10000001	11111110	11111111
-15	10001111	11110000	11110001
-127	11111111	10000000	10000001
-128			10000000

数值格式的表示

- 使用补码表示的优点

- ① 把负数转化为正数，使减法变成加法，从而使正负数的加减运算转化单纯的正数相加运算；
- ② 只要计算结果在数据的表示范围内，包括符号在内(产生的最高位的进位可以丢掉)，结果总是正确的；
- ③ 两个补码计算后产生的结果仍然是补码；
- ④ 补码“求补”后得到原码，符号还原得到真值。

随堂练习

下列说法正确的是：

A

计算机可以表示任意大小的数值

B

计算机表示数的大小受限于使用的二进制位数

C

计算机存储数值使用原码

D

计算机存储数值使用补码

字符的表示

- 数字、字母和符号统称为字符；
- 字符必须按特定规则用二进制编码表示，才能被计算机识别和处理；
- 计算机中最常用的字符编码是ASCII码，即American Standard Code for Information Interchange(美国信息交换标准代码)。
- ASCII码采用7位二进制编码，可以表示 2^7 即128个字符。

高位 低位	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	“	2	B	R	b	r
0011	EXT	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	‘	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1101	CR	GS	—	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

汉字的表示

- 汉字也需要进行统一的编码，才能被计算机识别和处理。
- 国标码
 - ① 国家标准GB2312—80提供了中华人民共和国国家标准信息交换用汉字编码，简称国标码。
 - ② 由三部分组成：第一部分是各类符号、各类数字以及各种字母等，共687个，第二部分为常用汉字，有3755个汉字，通常占常用汉字的90%左右，按拼音字母顺序排列，以便于查找。第三部分为二级常用汉字，有3008个，按部首顺序排列。

汉字的表示

- 机内码

- ① 指一个汉字被计算机系统内部处理和存储而使用的代码。
- ② 国标码使用两个字节表示一个汉字。汉字操作系统将国标码的每个字节的最高位均置为1，标识为汉字机内码，简称汉字内码。

1	国标码第一个字节	1	国标码第二个字节
---	----------	---	----------

汉字的表示

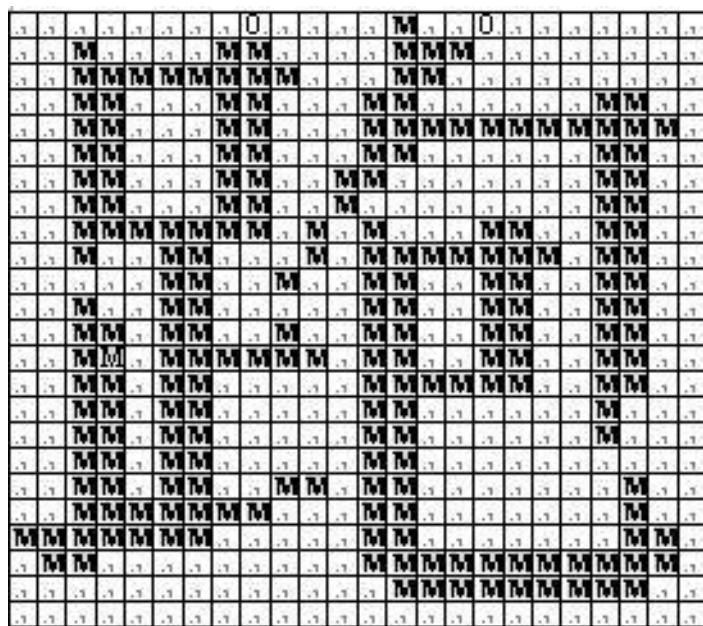
- 字形码

- ① 描述汉字字形信息的编码。

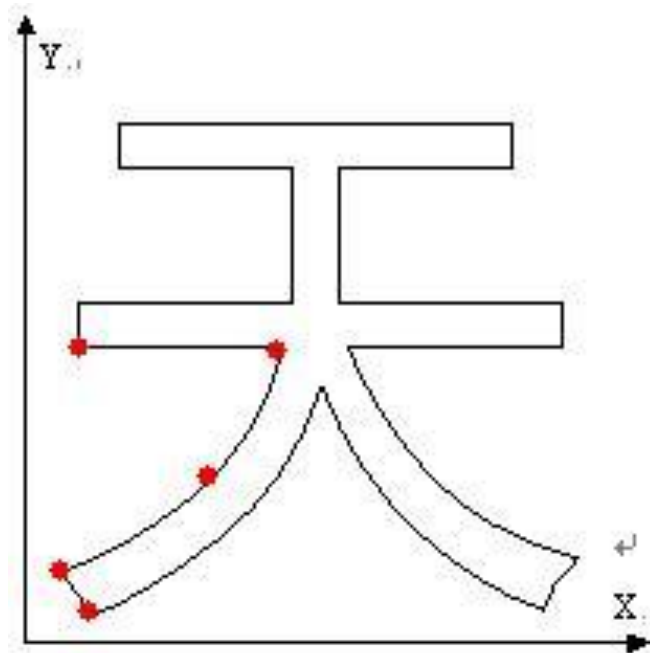
- ② 分为两大类：字模编码和矢量编码。字模编码是将汉字字形点阵进行编码，其表示简单，但在放大、缩小、变形后不够美观；矢量汉字就是将汉字的形状、笔划、字根等用数学函数进行描述的方法。这样的字形信息便于缩放和变换，并且字形美观。

汉字的表示

点阵字模



矢量法



汉字的表示

- 输入法

- ① 指在键盘上利用数字、符号或字母将汉字以代码的形式输入。
- ② 存在多种输入编码方案。
- ③ 每种输入法都有汉字输入码与汉字国标码的对照表，根据对照表转换成唯一的汉字国标码，然后按照唯一的机内码存储。

课后作业

1. 在spoc平台 (<https://xdspoc.xidian.edu.cn/>) 的课程学习资料，包括：计算的历史、现状、发展趋势与前沿技术概述；学习线上课程资源链接中与计算的历史、现状、发展趋势与前沿技术相关的内容；
2. 练习不同进制数据编码表示方法，转换方法和运算规则。
3. 查资料学习实数的表示范围，浮点数与误差。

课程QQ群



群名称：计算机导论07班

群 号：873366082