精讲课件

北京航空航天大學
BEIHANG UNIVERSITY

大学计算机基础

（理科类）

第2讲 计算机模型

北京航空航天大学

第1讲回顾

1、计算思维是运用计算机科学的基础概念进行（　　）、（　　）、以及人类（　　）等涵盖计算机科学之广度的一系列思维活动。

2、计算思维的本质是（　　）和（　　）。

3、在计算机中，一切信息都是由0和1表示的，用0和1可以方便地进行（　　）运算和（　　）运算。

4、0和1在物理上是利用（　　）来存储的。因为它们具有典型的（　　）特性：有（　　）和（　　）两种状态，这两种状态正好能表示0和1。

5、（　　）是构造计算机或数字电路的基本元器件。

第1讲回顾（2）

6、逻辑代数又称（　　）。逻辑代数主要处理（　　）运算和（　　）运算。

7、逻辑变量由字母或字母加数字组成。分为（　　）和（　　）两种表示形式。在逻辑代数中，可以用（　　）、（　　）、（　　）来表示逻辑关系。

8、逻辑代数的基本逻辑运算包括逻辑（　　）、逻辑（　　）、逻辑（　　）。复合逻辑运算有（　　）、（　　）、（　　）、（　　）、（　　）等。

9、计算机网络及其模型蕴含了（　　）、（　　）、（　　）和（　　）的计算思维。

第2讲　计算机模型

2.1 计算机的理论模型

2.2 计算机的物理实现

2.3 信息在计算机中的表示

本讲重点和难点

重点

- 了解图灵机模型及其计算思想
- 了解冯·诺依曼计算机的基本思想、组成及其特点
- 掌握不同进制之间的转换方法

难点

- 理解为什么计算机能够进行加减乘除各种算术运算，甚至能够进行各种逻辑运算?
- 理解为什么计算机能够自动工作?

北京航空航天大學
BEIHANG UNIVERSITY

2.1 计算机的理论模型

北京航空航天大学

图灵及其卓越贡献

- **阿兰·麦席森·图灵**（Alan Mathison Turing），英国**数学家、逻辑学家、密码学家，计算机逻辑**的奠基者
  - **两大贡献**
    - **1937** 年，提出**图灵机模型**——计算机的理论模型
    - **1950** 年，提出**图灵测试**——判定机器是否具有智能
- 被誉为“**计算机科学之父**”和“**人工智能之父**”
- 计算机界于1966年设立了最高荣誉奖：**ACM图灵奖**

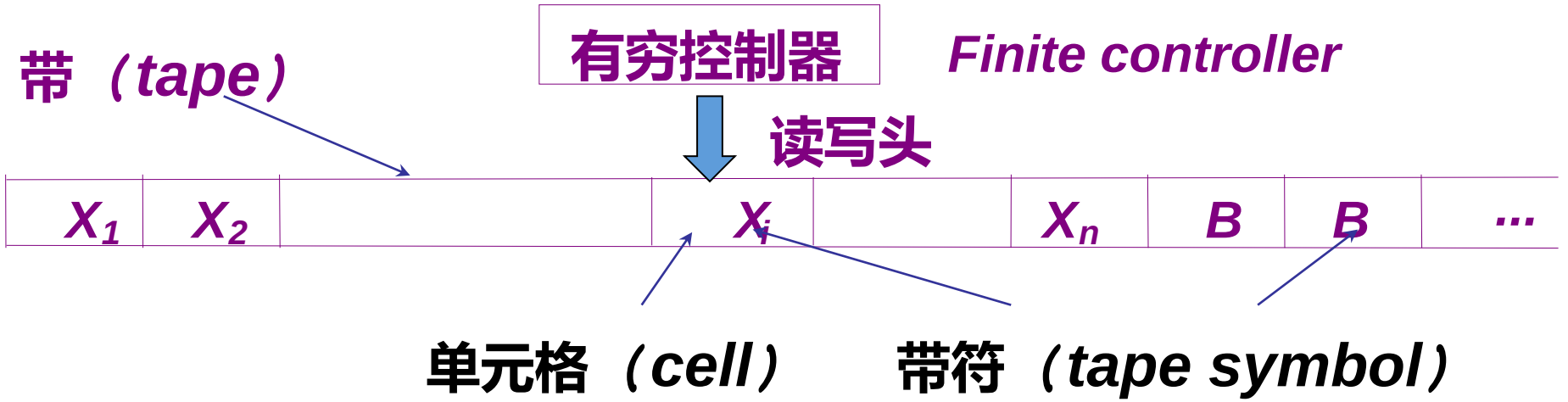
阿兰•麦席森•图灵
Alan Mathison Turing
(1912 - 1954)

图灵机的提出

- 1937年，图灵提出了一种抽象的计算模型——图灵机(Turing machine)
- **图灵机**，又称**图灵计算机**，它将人们使用纸笔进行数学运算的过程进行抽象，由一个**虚拟**的**机器**替代人类进行数学运算
- 图灵机的**基本思想**是**用机器来模拟人们用纸笔进行数学计算的过程**
  - **1、在纸上写上或擦除某个符号**
  - **2、把注意力从纸的一个位置移动到另一个位置**

图灵机模型

- 图灵机模型**由3个部件组成**



- **无穷纸带**（符号集合）：纸带被分为一系列均匀的方格，每个方格中可填写一个符号
- **读写头**（读、改写、左移、右移）
- **有穷控制器**（有限状态机）：根据机器**当前状态**和读写头所指**当前符号**确定：要写入的**新符号**、读写头下一步**动作**、控制器**新状态**

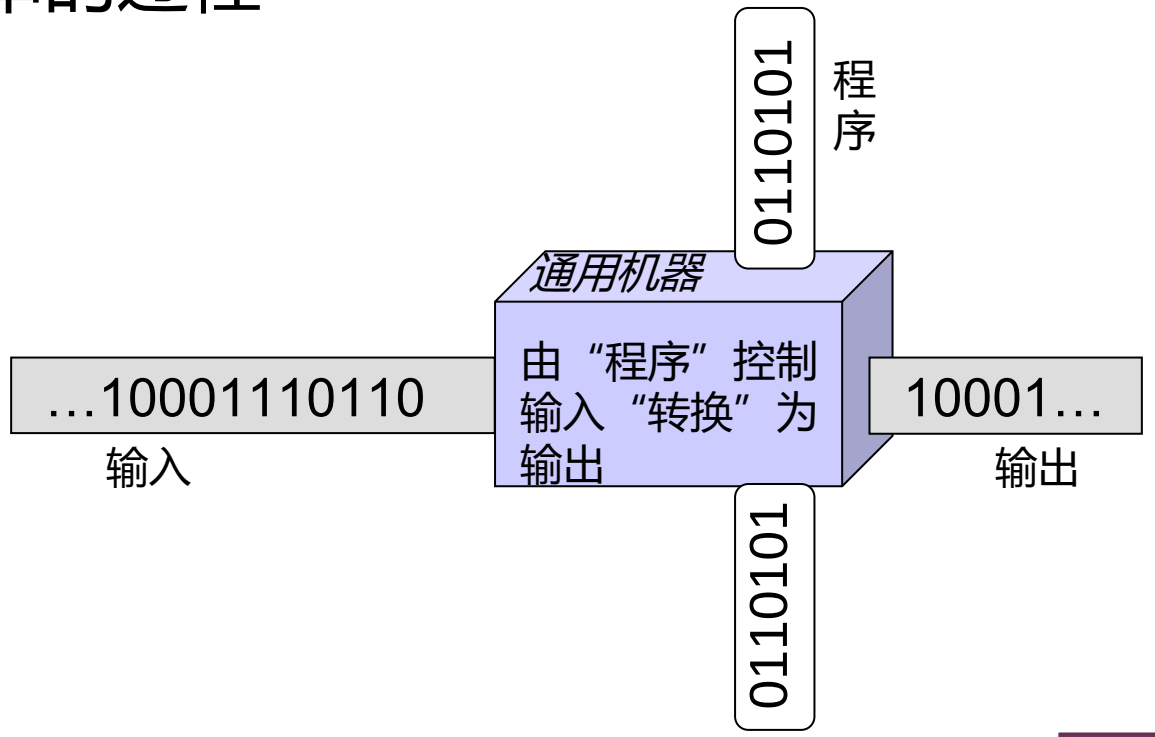
图灵机模型是如何抽象的？

- **将所有具体的输入、输出、转换细节抛弃**，定义一个五元组
- 图灵机是一个**五元组**（K，∑，δ，s，H）
  - K 是**有穷（有限）**个状态的集合；
  - ∑ 是**字母表**，即符号的集合；
  - δ是**转移函数**，即控制器的规则集合（所有操作命令的集合）；
  - s ∈K，是**初始状态**；
  - H∈K，是**停机状态**的集合，**当控制器内部状态为停机状态时图灵机结束计算。**

图灵机的思想

- **图灵机**的基本思想是用机器来**模拟人**用**纸笔**进行**数学运算**的过程
  - **计算**就是执行**指令**，对输入符号串进行变换，经过**有限**个步骤，得到预定的输出符号串的过程

- **图灵机的计算：由控制器控制执行的一系列动作**
  - 读符号、改写符号、读写头左移、读写头右移



图灵机的思想（续）

- **图灵机的思想是数据、指令、程序及程序（指令）自动执行的基本思想**
  - **输入**被制成一串0和1的纸带，送入机器中----**数据**
  - 纸带上符号被读写头改写，最后得到**输出**——仍是**数据**
  - 对读写头的控制由**指令**完成，**指令也用0和1来表示**
  - 输入变为输出可能需要执行若干条指令，可编写一个**程序**来完成
  - 机器读取程序，按程序中的指令顺序读取指令。读一条指令**执行**一条指令，实现**自动计算**

【例2.1】图灵机原理示例

- **【例2.1】**设计一个计算“x+1”的图灵机。
  - **目标**：利用二进制设计一个专门计算“x+1”的图灵机，要求计算完成时，读写头回归原位
  - x由**0**、**1**串组成，“*”为x的分隔符、界定符（当纸带上有多个数时，用*将它们隔开）

- **确定图灵机五元组的内容**
- **制定计算“x+1”的规则集合**
- **执行计算（参见教材）**

进行抽象

- **(1) 确定图灵机五元组的内容**
  - 状态集合K：

    {start，add，carry，noncarry，overflow，return，halt}
  - 字母表∑：**{0，1，*}**
  - 规则集合δ
  - 初始状态s：**start**
  - 停机状态集合H：**{halt}**

制定规则

（2）制定规则

- **规则：如果 A 那么 B，形式化表示为：A →B**
  - 图灵机控制器的规则δ

输入　　输出

（控制器**当前状态**，读写头**当前**位置的**符号**）→ (读写头**要写入的新符号**，读写头移动**动作**指示，控制器**新状态**)

当前状态	当前符号	新符号	读写头移动	新状态
add	0	1	left	noncarry

（add，0）→ (1，left，noncarry)

计算“x+1”的规则集合δ

指令集

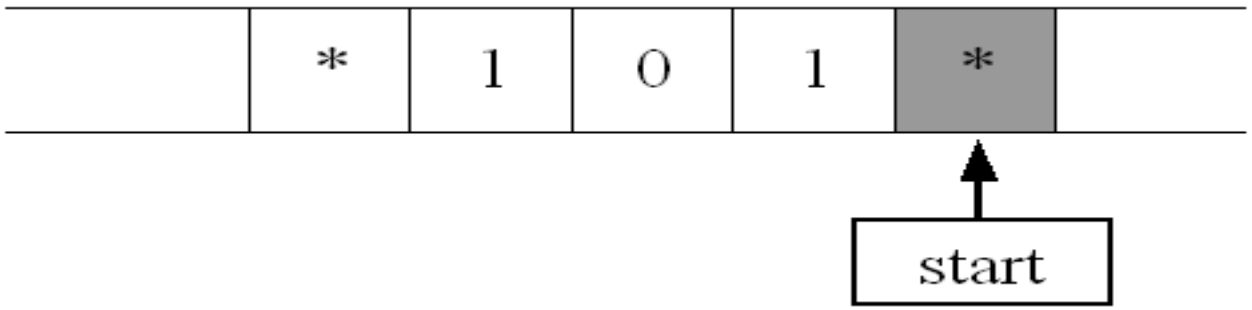
输 入		响 应		
当前状态	当前符号	新符号	读写头移动	新状态
start	*	*	left	add
add	0	1	left	noncarry
add	1	0	left	carry
add	*	*	right	halt
carry	0	1	left	noncarry
carry	1	0	left	carry
carry	*	1	left	overflow
noncarry	0	0	left	noncarry
noncarry	1	1	left	noncarry
noncarry	*	*	right	return
overflow	0或1	*	right	return
return	0	0	right	return
return	1	1	right	return
return	*	*	stay	halt

“5＋1”的计算过程：初始状态

（3）执行计算

- 【例】计算“5+1”
- 计算过程从101右边的分隔符“*”开始，根据**当前状态**和**读入的数据**决定是否改写数据，并向左移动读写头

- **初始状态**

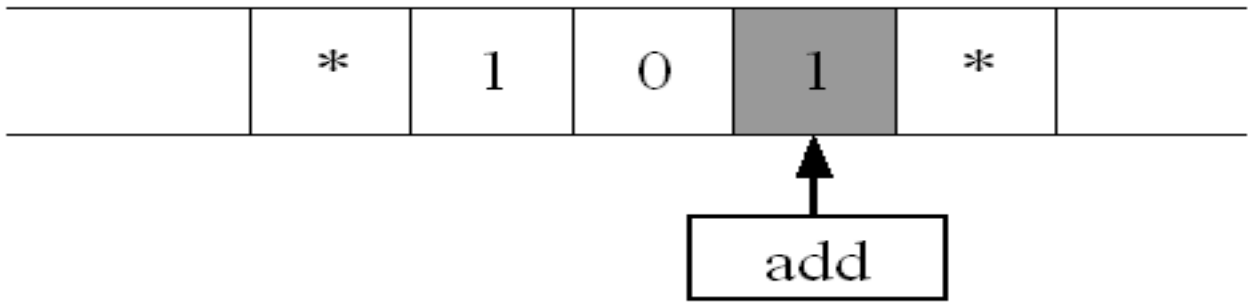


“5＋1”的计算过程：第1步

- **第1步执行指令**

输 入		响 应		
当前状态	当前符号	新符号	读写头移动	新状态
start	*	*	left	add

- 第1步完成后状态



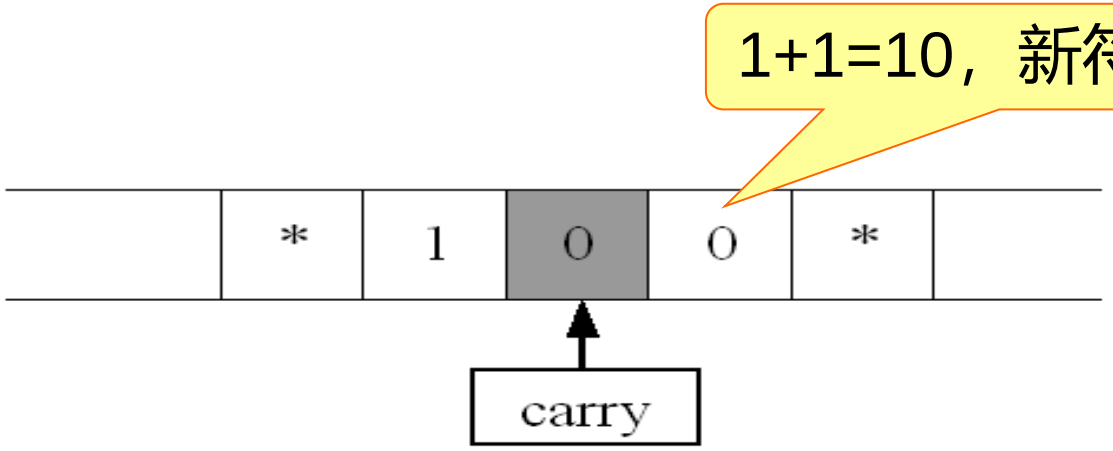
读写头已左移至最低位“1”，新状态为“add”

“5＋1”的计算过程：第2步

- **第2步执行指令**

输 入		响 应		
当前状态	当前符号	新符号	读写头移动	新状态
add	1	0	left	carry

- 第2步完成后状态



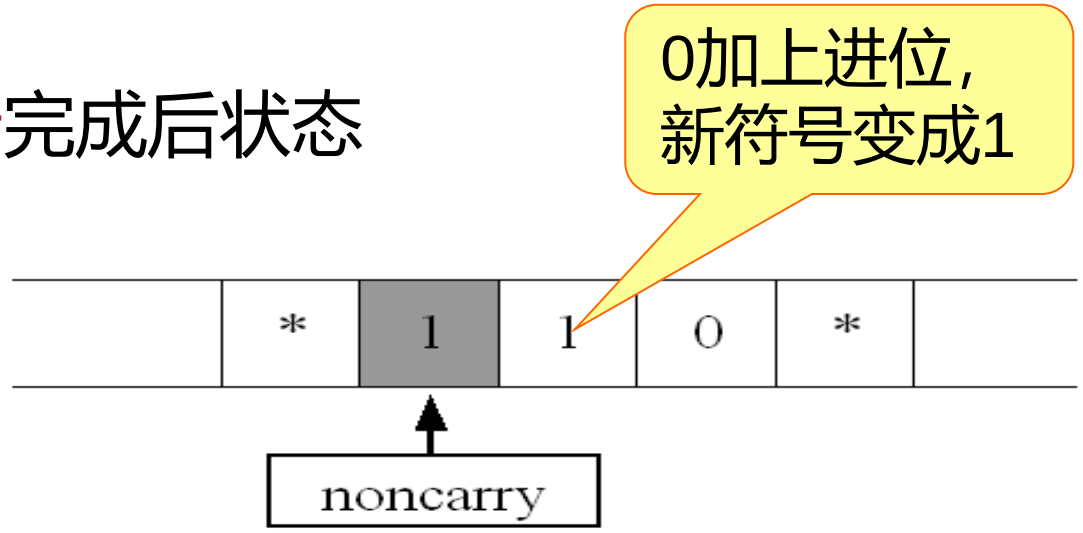
读写头已左移至中间一位“0”，新状态为“carry”(进位)

“5＋1”的计算过程：第3步

- **第3步执行指令**

输 入		响 应		
当前状态	当前符号	新符号	读写头移动	新状态
carry	0	1	left	noncarry

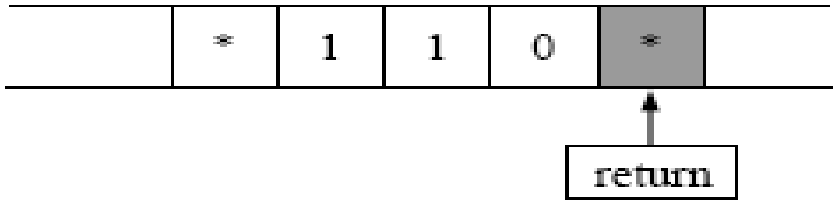
- 第3步完成后状态



- ……

“5＋1”的计算过程：第9步

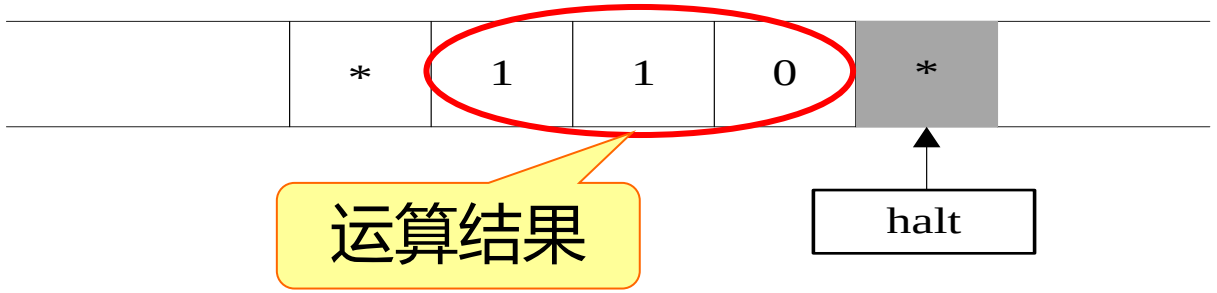
- **第8步完成后状态**



- **第9步：停机（停止计算）**

输 入		响 应		
当前状态	当前符号	新符号	读写头移动	新状态
return	*	*	stay	halt

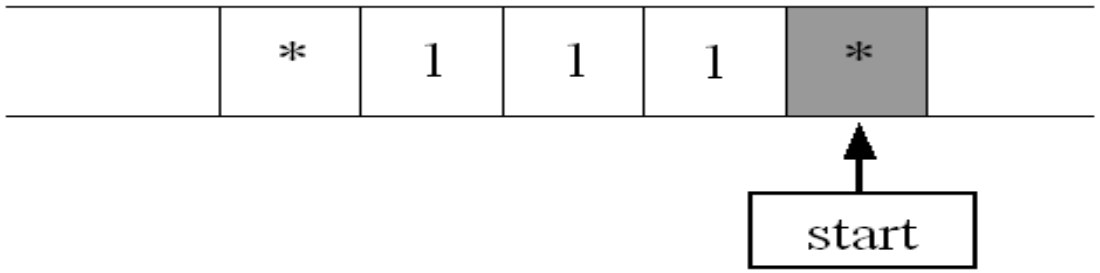
- **停机状态**



【课后思考题】

■ **课后思考**：分析“7 + 1”的计算过程。

◆ **初始状态是怎样的?**



课堂互动1——【随堂测验1】

- **选择题**：图灵机建立了**指令**、**程序**及通用机器**执行程序**的**理论模型**。但它只是一个思想模型，并没有具体实现。**请问这个描述是否正确?**

  A. 不正确

  B. 正确

北京航空航天大學
BEIHANG UNIVERSITY

2.2 计算机的物理实现

北京航空航天大学

冯·诺伊曼其人

约翰•冯•诺依曼
John Von Neuman
(1903 - 1957)

- **约翰·冯·诺依曼**（John Von Neuman，1903 - 1957）
- 美藉匈牙利人，20世纪最重要的**数学家**之一，在**现代计算机**、**博弈论**和**核武器**等诸多领域内有杰出建树的最伟大的**科学全才**之一
- 被誉为“**电子计算机之父**”，“**博弈论之父**”
- 普林斯顿大学、普林斯顿高级研究所教授，美国全国科学院院士
- 历任美国数学会主席、美国原子能委员会会员

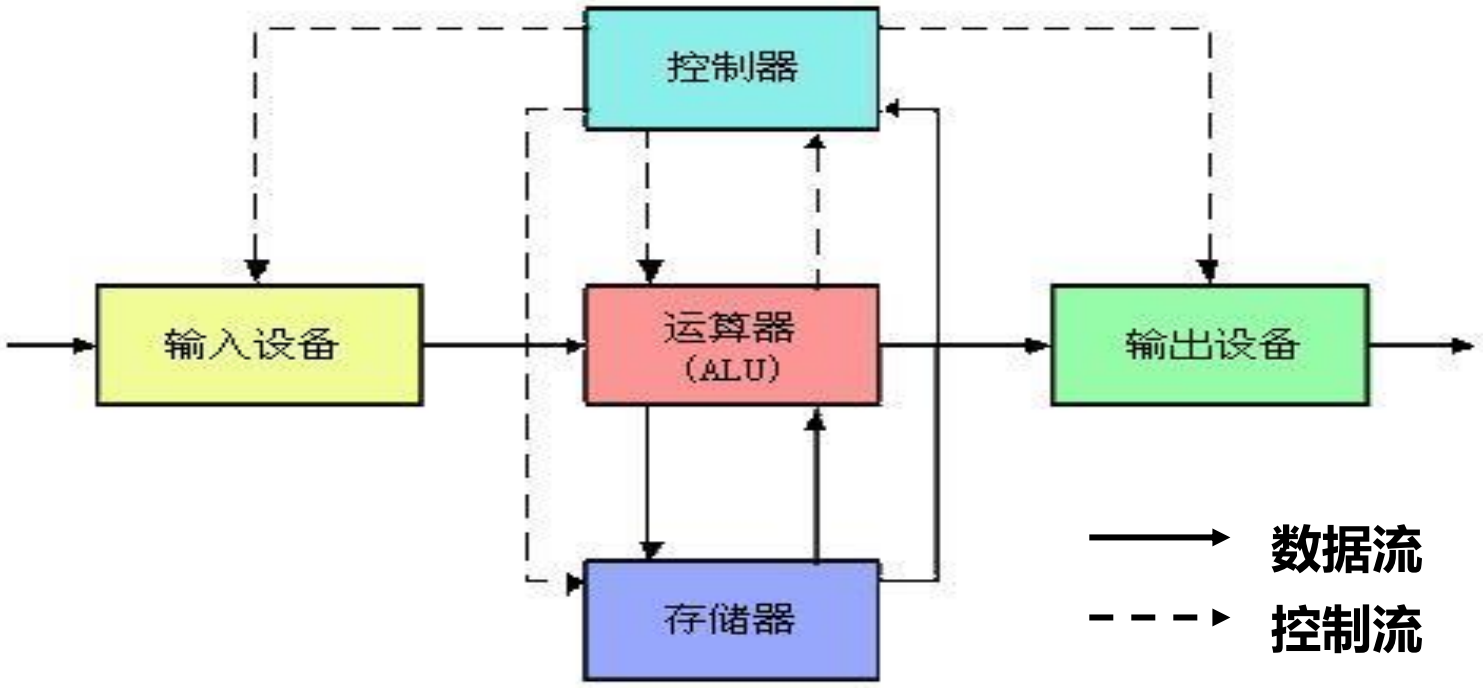
冯·诺依曼思想

- 冯•诺伊曼建立了现代电子数字计算机的**基本结构体系**和**设计原则**，被沿用至今

- **冯·诺依曼思想**
  - **二进制**：在电子计算机中采用二进制——极大简化机器的逻辑线路
  - **存储程序**（Stored Program）：**程序**和**数据**均存储在机器的存储器中。程序设计员只需编写相应的程序，机器就会按程序存储的顺序，**自动计算**——使计算机的结构大大简化，实现**运算控制自动化**和**提高运算速度**

冯·诺伊曼计算机的组成

- **五大部件构成：运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备**

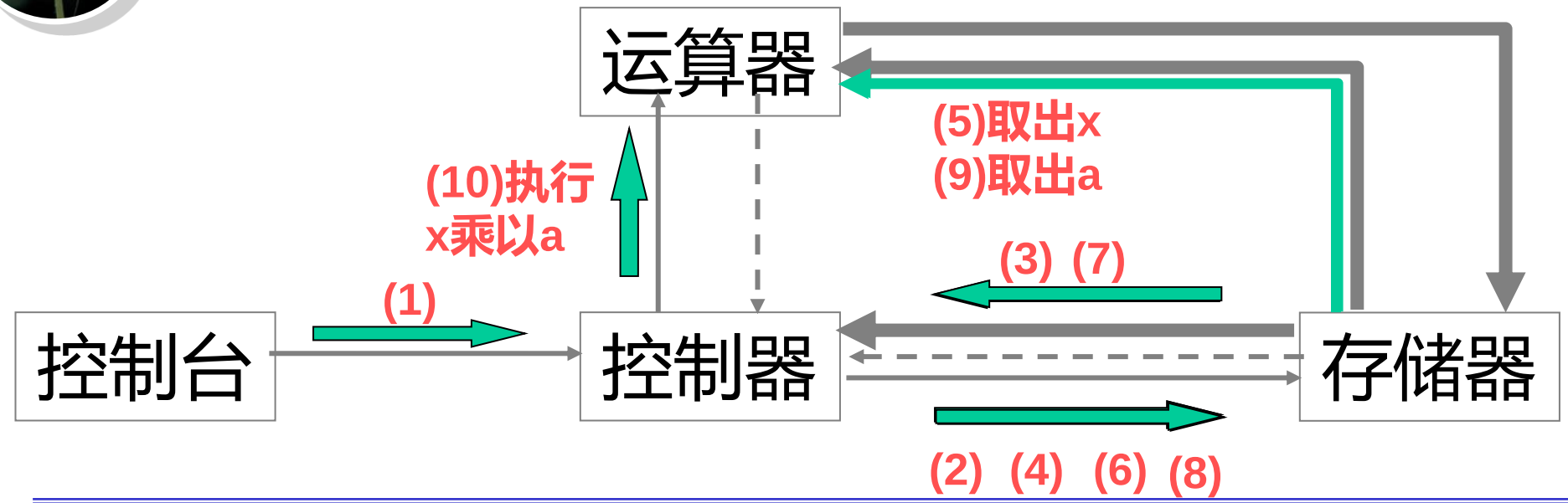


- **运算器（ALU）**：执行算术运算和逻辑运算、移位操作
- **控制器**：读取指令、分析指令并执行指令
- **存储器**：存储数据和指令
- **输入设备**：将程序和指令输入计算机中
- **输出设备**：将计算机处理结果显示或打印

【例2.2】分析计算x*a的工作过程

【例2.2】结合冯·诺依曼计算机的结构，分析计算x*a的工作过程。

计算x*a的工作过程



存储地址	存储内容(以语义形式表述)
0	指令：取出 125 号单元的操作数(即操作数 x)至运算器中
1	指令：乘以 126 号单元的操作数(即操作数 a，得 $x \times a$ 在运算器中)
…	…
125	数据：数 x
126	数据：数 a
…	…

1、启动控制器工作

(1)启动控制器工作
(2)发送第1条指令地址：0
(3)取出指令并分析指令
(4)执行指令：发送操作数x所在地址:125
(5)执行指令：取出操作数x

2、取指，执行指令

3、取指和执行下一条指令

(6)发送下一条指令地址：1
(7)取出指令并分析指令
(8)执行指令：发送操作数a所在地址：126
(9)执行指令：取出操作数a
(10)执行指令：通知运算器计算x乘以a
(11)继续后续指令的取指、执行...

思 考（1）

① 为什么计算机能够像人一样进行加减乘除各种算术运算，甚至能够进行各种逻辑运算呢?

- **运算器**是计算机中**执行各种算术运算、逻辑运算及移位操作的部件**
- **加法器**是构成**算术**运算电路的基本单元电路。因为，二进制数之间的减、乘、除算术运算，都可以**转化为加法**运算来进行。加法器是由各种**门电路**构造的
- **门电路**可以实现各种**逻辑**运算（与、或、非、与非、或非……）

思 考（2）

② 计算机为什么能够自动工作呢?

- 因为计算机具有**控制器**这个关键部件——**指挥计算机的各个部件按照指令的功能要求协调工作的部件**
- 控制器由**指令寄存器**、**指令译码器**、**程序计数器**和**操作控制器**这4个部件组成
- 控制器的**功能**：读取指令、分析指令并执行指令
- **指令**和**数据**事先存于**存储器**中，可按地址寻访。计算机从存储器中读取指令和数据，实现程序的**连续自动**执行

- **因为有控制器、存储器和运算器的密切配合，计算机才能够自动工作**

课堂互动2——【随堂测验2】

- 现代计算机中，中央处理器（CPU）是一个核心部件，它决定了计算机的速度和性能。它由哪两部分组成?

A. 运算器和控制器

B. 运算器和存储器

2.3 信息在计算机中的表示

- 2.3.1 计算机中的数据及其单位
- 2.3.2 进位计数制及其转换方法

2.3.1 计算机中的数据及其单位

- 在计算机中，需要用多位二进制数码表示一个数，其中每一个数码称为1**位**（bit，比特）
  - **位**是计算机中数据的**最小单位**
- 8个二进制位称为1个**字节**（Byte），**1Byte = 8bit**
  - **字节**是现代计算机中数据存储和处理的**基本单位**

存储容量的单位

- **存储器的容量统一以字节（Byte，B）为单位**

字节	1 Byte = 8 bit
千字节	1 KB = 1024 B = 2^{10}B
兆字节	1 MB = 1024 KB = 2^{20}B
吉字节	1 GB = 1024 MB = 2^{30}B
太字节	1 TB = 1024 GB = 2^{40}B
拍字节	1 PB = 1024 TB = 2^{50}B
艾字节	1 EB = 1024 PB = 2^{60}B

思考：相邻的两个存储单位之间是怎样的倍数关系?

- **目前机械硬盘容量最大已达到14TB、16TB**
- **单条内存容量最大达到32GB**

2.3.2 进位计数制及其转换方法

- **进位计数制**（简称**进位制**，**进制**或**数制**）：**是用数码和带有权值的数位来表示有大小关系的数值型信息的表示方法**
  - 如果采用R个基本符号（例如：0，1，2，…，R−1）表示数值，则称**R进制**
  - 日常生活中：**十进制**，**十二进制**、**六十进制**等
  - 计算机内部：**二进制**
  - 编程或撰写文档：**八进制**或**十六进制**

进位制中的三个要素

任意一个**R进制**数D均可展开为：

$$(D)_R = \sum_{i=-m}^{n-1} k_i \times R^i$$

数码：第i位的系数

位权

- **数码、基数和位权是进位制中的三个要素**
  - **数码**：**数制中表示基本数值大小的基本符号**
  - **基数**（Radix）：**某种进位制所包含的数字符号的个数**
  - **位权**：**数制中某一位上的R^i所表示数值的大小（数码所处位置的价值）**

    称为第i位的**位权**（权值）
    - ✓ **若某进制的基数为R，则第i位的位权为R^i**
    - ✓ 例如，十进制数“795”，其个位数5的位权是10^0，十位数9的位权是10^1，百位数7的位权是10^2

常用的进位制及表示方法

几种常用的进位制的表示

进位制	基数	数 码	位权	形式表示
二进制 (binary)	2	0，1	2^i	B
八进制 (octal)	8	0，1，2，3，4，5，6，7	8^i	O
十进制 (decimal)	10	0，1，2，3，4，5，6，7，8，9	10^i	D
十六进制 (hexadecimal)	16	0，1，2，3，4，5，6，7，8，9，A，B，C，D，E，F（小写也可）	16^i	H

不同进制数的表示方法

- **方法1**：在数字电路和计算机中，用**括弧加进制的基数或字母下标**的方式表示不同进制的数
  - ✓ 如$(25)_{10}$、$(1101.101)_{2}$、$(37F.5B9)_{16}$
  - ✓ 或者$(25)_{D}$、$(1101.101)_{B}$、$(37F.5B9)_{H}$
- **方法2**：在数的后面加上该进制英文单词的**首字母**
  - ✓ 如25**D**、1101.101**B** 、37F.5B9**H**
- 若数的后面没有任何附加的数字或字母，一般表示十进制
  - ✓ 如25

不同进制数的对照表

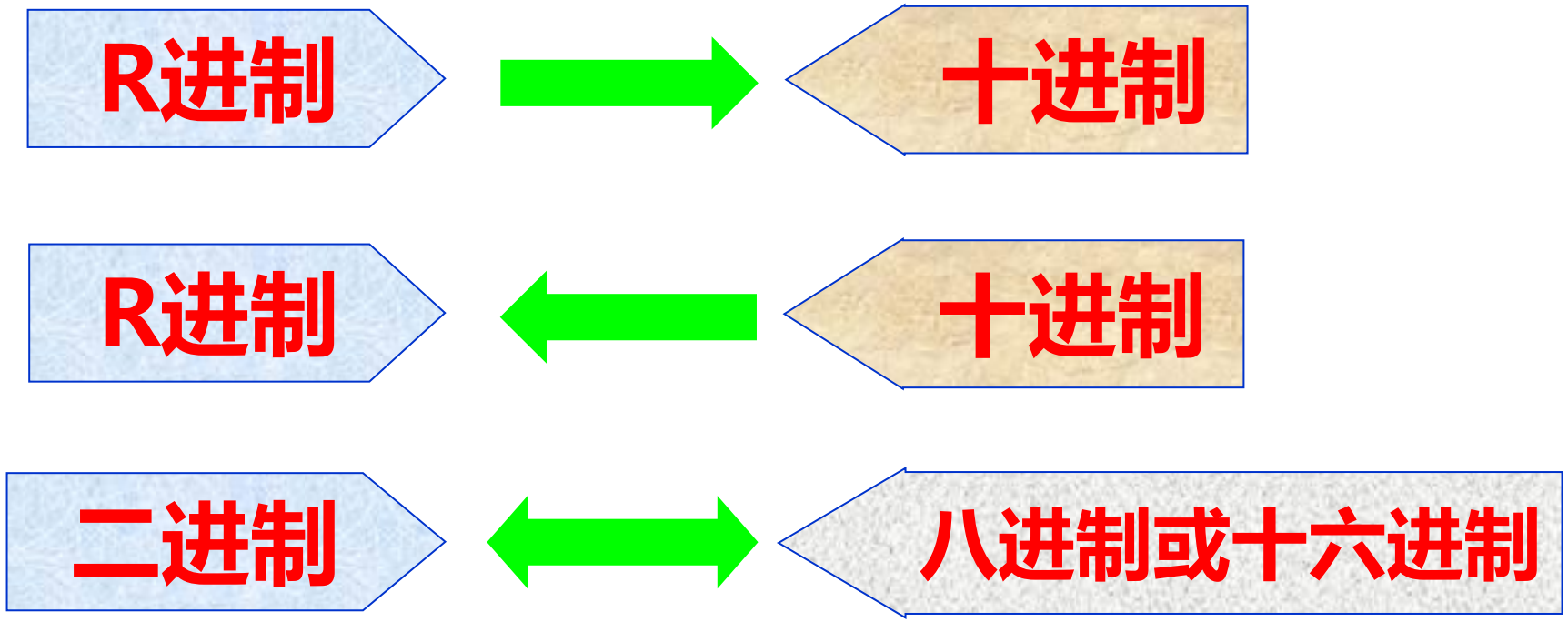
十进制	二进制	八进制	十六进制
00	0000	00	0
01	0001	01	1
02	0010	02	2
03	0011	03	3
04	0100	04	4
05	0101	05	5
06	0110	06	6
07	0111	07	7
08	1000	10	8
09	**1001**	**11**	**9**
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F

基数越大，使用的位数越少

- 同一个数值（例如**9**）用**不同**的**进制**表示，会表达成**不同**的**数码串**；
- 一个相同的数码串（如**11**），因其使用的**进制不同**而表示**不同**大小的**数值**

在书写数值型数据时，一定要标明其使用的进制！

不同进制间的转换方法



- **转换基本原则**
  - 对**整数**部分和**小数**部分分别进行转换

1、R进制数转换为十进制数

任意一个R进制数D均可展开为：

$$(D)_R = \sum_{i=-m}^{n-1} k_i \times R^i$$

方法

通式展开法——把R进制数按权展开求和

【例】$(1101.011)_2$=

$1\times2^3+1\times2^2+0\times2^1+1\times2^0+0\times2^{-1}+1\times2^{-2}+1\times2^{-3}$

$=8+4+0+1+0.0+0.25+0.125=(13.375)_{10}$

【例】$(1FD.6C)_{16}$=

$1\times16^2+15\times16^1+13\times16^0+6\times16^{-1}+12\times16^{-2}$

$=(509.421875)_{10}$

课堂互动3——【举手发言】

- **问题**：什么是位权？位权起什么作用？

2、十进制数转换为R进制数

十进制 → **R进制**

方法

（1）**整数**转换用“**除基取余法**”，**直到商为零**；每次相除所得余数为对应的R进制整数的各位数码。余数从**右**到**左**排列，**首次**取得的余数排在**最右**边（结果的最**低**位）。

（2）**小数**转换用“**乘基取整法**”，直到乘积的**小数部分为零**，或**达到所要求的位数**（当小数部分永不可能为零时）。每次相乘所得整数从小数点之后自**左**往**右**排列，取有效精度，**首次**取得的整数排在**最左**边。

【例2. 3】十进制数转换为二进制数

【例2.3】将$(62.625)_{10}$转换为二进制数。

【例2.3】转换过程

- **先转换整数部分**

2	62	… 余数	=0 = k_0(LSB)
2	31	… 余数	=1 = k_1
2	15	… 余数	=1 = k_2
2	7	… 余数	=1 = k_3
2	3	… 余数	=1 = k_4
2	1	… 余数	=1 = k_5(MSB)
	0		

商为0，转换结束

- **余数按从最高位到最低位的顺序写出来**

$(111110)_2$

最后取得的余数

最先取得的余数

【例2.3】转换过程（续）

- **再转换小数部分**

.625

× 2

1 .250　　进位“1 ”= k_{-1}　(MSB)

0 .250

× 2

0 .500　　进位“0”= k_{-2}

× 2

1 .000　　进位“1”= k_{-3}　(LSB)

小数部分为0，转换结束

- **进位**按从最高位到最低位的顺序写出来

$(.101)_2$

最先取得　最后取得

【例2.3】转换结果

$(62.625)_{10}=(111110.101)_2$

$(k_5k_4k_3k_2k_1k_0.\ k_{-1}k_{-2}k_{-3})_2$

- 将整数部分除以R得到的余数按从**最高位**到**最低位**的顺序写出来，即为转换后的R进制**整数**部分
- 将小数部分乘以N得到的向整数的进位按从**最高位**到**最低位**的顺序写出来，即为转换后的R进制**小数**部分

课堂互动4——【课堂练习】

【课堂练习】将十进制数$(197.734375)_{10}$转换成十六进制数 。

■ **三分钟内完成**

3、二进制数与八进制数相互转换

- 当一个数很大时，若用二进制表示，位数太多，可以用**八进制**或**十六进制**表示
- $2^3=8$，因此3位二进制数对应1位八进制数，而1位八进制数对应3位二进制数

- **二进制数转换成八进制数**
  - 以小数点为界，向左或向右，**每3位**二进制数用相应的**一位**八进制数取代
  - **注意**：**两头不足3位的二进制数先用0补足**
- **八进制数转换成二进制数**
  - 以小数点为界，向左或向右，每**一位**八进制数用相应的**3位**二进制数取代

【例2.4】二进制数转换成八进制数

【例2.4】将二进制数11010011.1101101转换成八进制数。

解： $(011\ 010\ 011.110\ 110\ 100)_2=(323.664)_8$

整数高位补0

小数低位补0

$(\ 3\quad 2\quad 3\ .\ 6\quad 6\quad 4\ )_8$

【例2.5】八进制数转换成二进制数

【例2.5】将八进制数174.536转换成二进制数。

$$(1\ 7\ 4\ .\ 5\ \ 3\ \ 6)_8$$

解： $(174.536)_8=(\underline{001}\ \underline{111}\ \underline{100}.\underline{101}\ \underline{011}\ \underline{110})_2$

4、二进制数与十六进制数相互转换

- **二进制数-十六进制数之间的转换方法跟二进制数-八进制数之间的转换类似**
- **区别**
  - **4位二进制数对应1位十六进制数**
  - **3位二进制数对应1位八进制数**

5、八进制数与十六进制数相互转换

八进制 ⟷ 十六进制

- **想一想，用什么方法最简单？以什么作为桥梁？**

方法

（1）八进制数转换为十六进制数

- 以**二进制**为桥梁，首先将**八**进制数转换为**二**进制数，再将二进制数转换为**十六**进制数

（2）十六进制数转换为八进制数

- 也以**二进制**为桥梁，先将**十六**进制数转换为**二**进制数，再将二进制数转换为**八**进制数

课堂互动5——【课堂练习】

【课堂练习】

(1) 将八进制数2731.62转换成十六进制数。

(2) 将十六进制数19C.5F转换成八进制数。

■ **三分钟内完成**

北京航空航天大學
BEIHANG UNIVERSITY

本讲小结

北京航空航天大学

主要内容

2.1 计算机的理论模型

2.2 计算机的物理实现

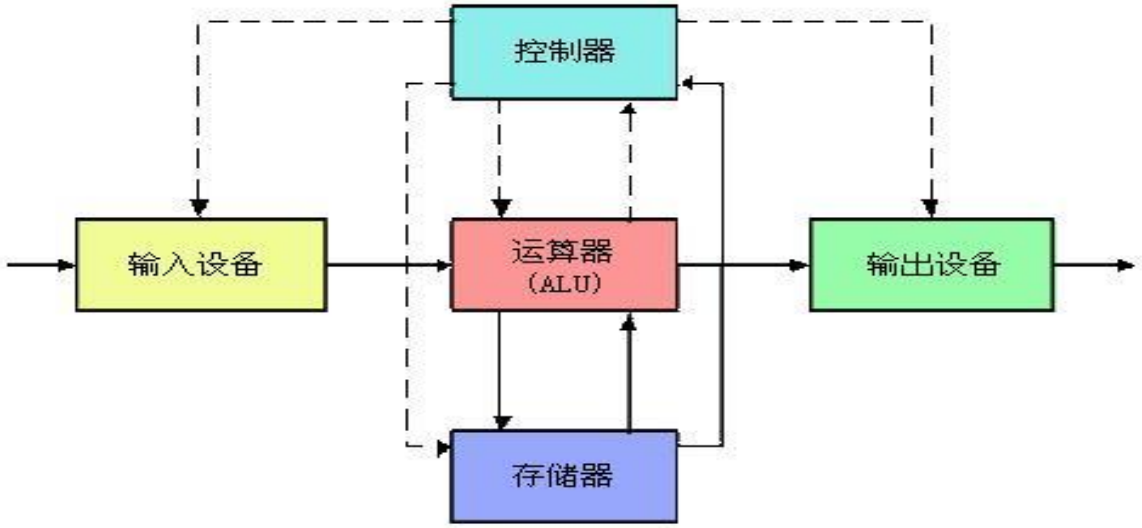
2.3 信息在计算机中的表示

2.1 计算机的理论模型

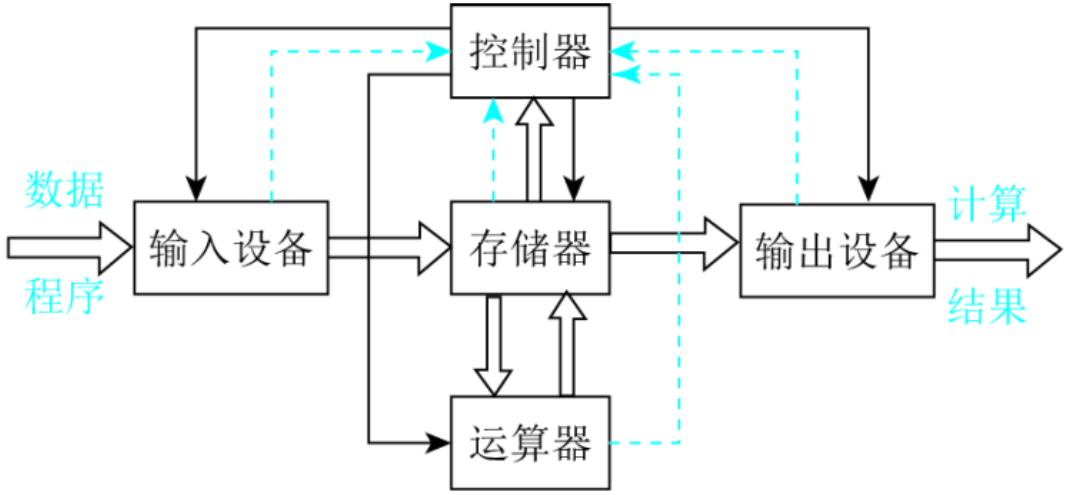
- **计算机的理论模型——图灵机模型**
  - 图灵机模型的**组成**
    - ✓ **无穷纸带**
    - ✓ **读写头**
    - ✓ **有穷控制器**
  - **图灵机中的计算：** 图灵机执行**指令**，对**输入**符号串进行变换，经过有限个步骤，得到预定的**输出**符号串的过程
  - **图灵机的思想：** **数据、指令、程序**及程序/指令**自动执行**的基本思想

2.2 计算机的物理实现

- **计算机的物理实现——冯·诺依曼计算机**
  - **“冯•诺伊曼计算机”体系结构**由美藉匈牙利人**冯·诺依曼**提出
  - **冯·诺依曼计算机**构成
    - ✓ 运算器，控制器，存储器，输入设备，输出设备



早期的结构**以运算器为中心**



现代计算机**以存储器为中心**

冯·诺依曼思想

- **冯·诺依曼思想**
  - **二进制**
    - ✓ 在电子计算机中采用二进制，将极大简化机器的逻辑线路
  - **存储程序**的思想
    - ✓ **程序**和**数据**均以同等地位存储在存储器中
    - ✓ 机器能够根据程序**自动**进行计算

2.3 信息在计算机中的表示

信息在计算机中的表示

- 在计算机内部，一切数据（文本、声音、图形、图像、视频）都是用**二进制**表示的
- **位**：计算机中数据的**最小单位**
- **字节**：现代计算机中数据**存储**和**处理**的基本单位

1 Byte = 8 bit，1 KB = 1024 B

常用的存储单位

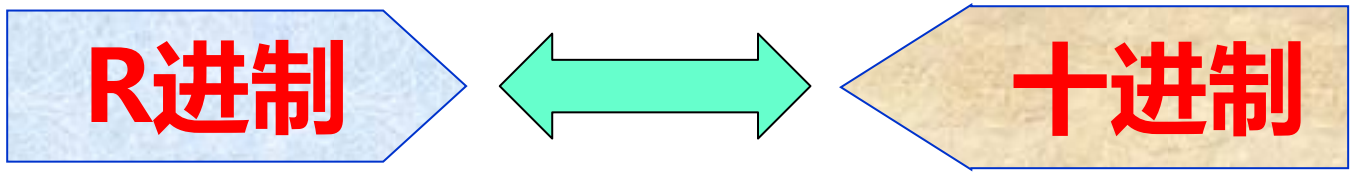
- ✓ 字节，千字节，兆字节，吉字节
- ✓ 太字节，拍字节，艾字节

- **相邻的两个存储单位之间是2^{10}的倍数关系**

进位制

- **进位制**：**是用数码和带有权值的数位来表示有大小关系的数值型信息的表示方法**
- 进位制中的**三个要素**
  - **数码**：数制中表示基本数值大小的**基本符号**
  - **基数**：某种进位制所包含的数字符号的**个数**
  - **位权**：数制中某一位上的R^i所表示**数值**的**大小**（**数码所处位置的价值**）
- 几种常用的进位制
  - **二进制，八进制**
  - **十进制，十六进制**

不同进制之间的转换方法（1/4）



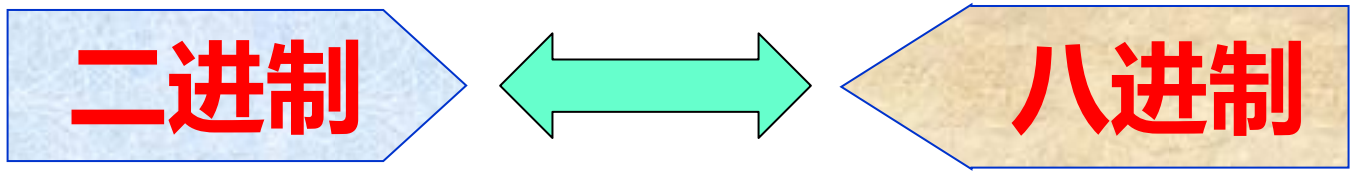
1、R进制数转换为十进制数

- **通式展开法**——把R进制数按权展开求和

2、十进制数转换为R进制数

- **整数**部分的转换采用**除基取余法**，**直到商为零**
- **小数**部分的转换采用**乘基取整法**，直到乘积的**小数部分为零**，或**达到所要求的位数**

不同进制之间的转换方法（2/4）



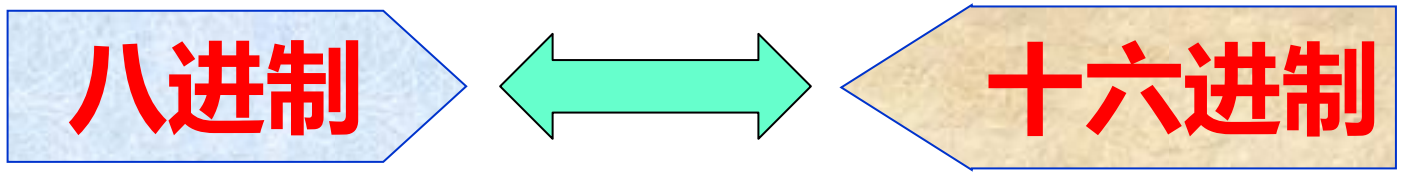
3、二进制数转换成八进制数

- 以小数点为界，向左或向右，**每3位**二进制数用相应的一位八进制数取代
- **注意**：**两头不足3位的二进制数先用0补足**

4、八进制数转换成二进制数

- 以小数点为界，向左或向右，每一位八进制数用相应的**3位**二进制数取代

不同进制之间的转换方法（3/4）



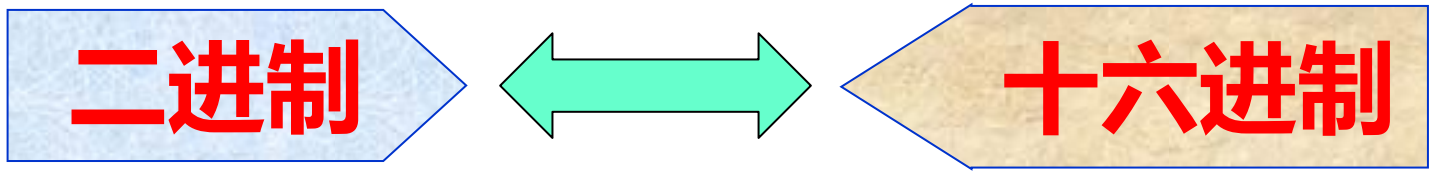
5、八进制数转换为十六进制数

- 以**二进制**为桥梁，首先将**八**进制数转换为**二**进制数，再将二进制数转换为**十六**进制数

6、十六进制数转换为八进制数

- 以**二进制**为桥梁，先将**十六**进制数转换为**二**进制数，再将二进制数转换为**八**进制数

不同进制之间的转换方法（4/4）



7、二进制数转换成十六进制数

- 以小数点为界，向左或向右，**每4位**二进制数用相应的一位十六进制数取代
- **注意**：**两头不足4位的二进制数先用0补足**

8、十六进制数转换成二进制数

- 以小数点为界，向左或向右，每一位十六进制数用相应的**4位**二进制数取代