



计算机组成原理

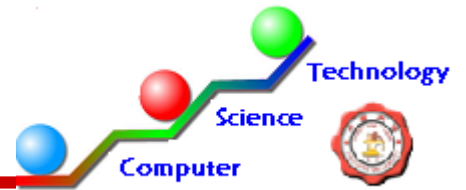
Computer Organization

2023 . 秋

西安交通大学 计算机科学与技术学院

计算机组成原理课程组

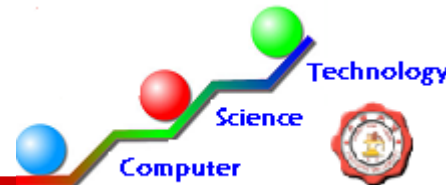
<http://corg.xjtu.edu.cn>



计算机组成原理

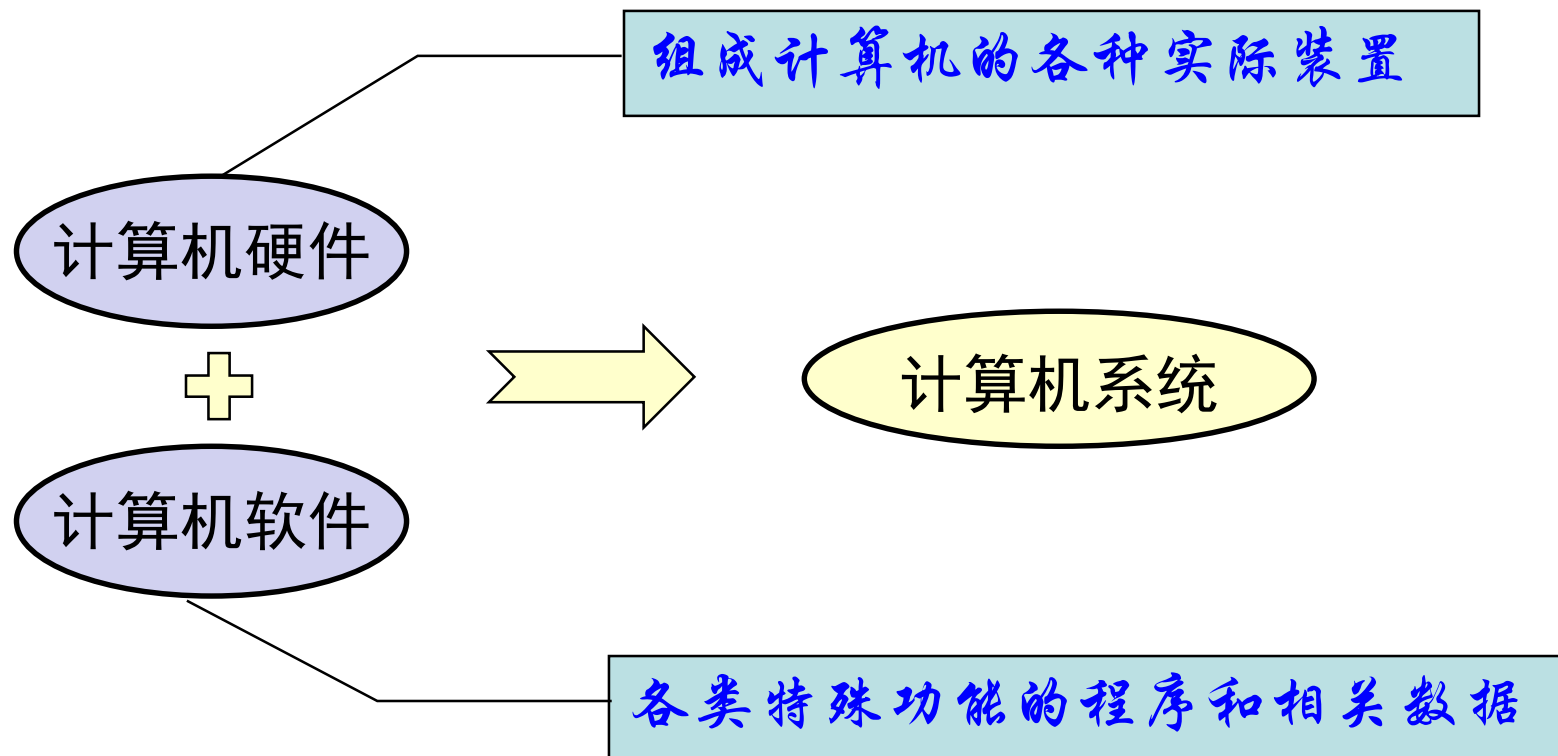
第一章 计算机系统概论

第一章 计算机系统概论



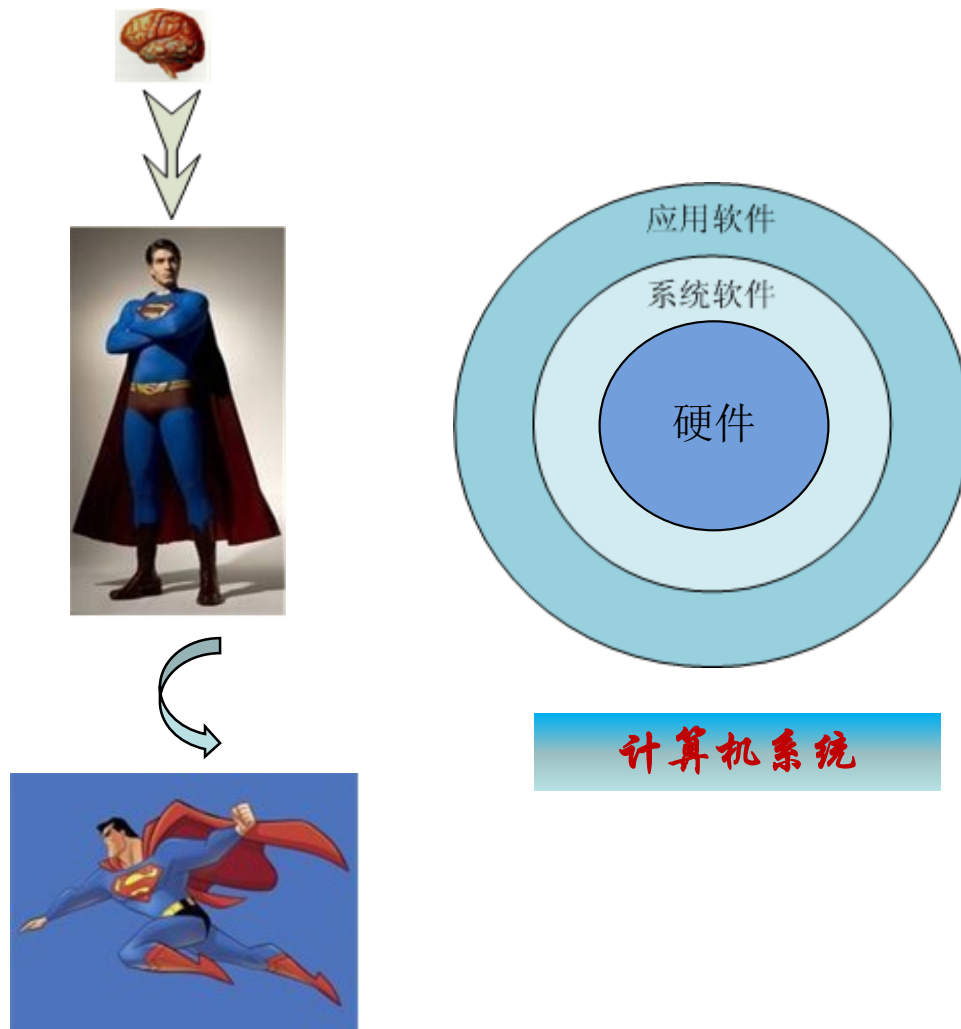
- 1.1 计算机系统简介
- 1.2 计算机系统的发展与应用
- 1.3 计算机硬件的组成
- 1.4 计算机系统的性能
- 1.5 本书主要内容及组织结构

计算机系统的组成

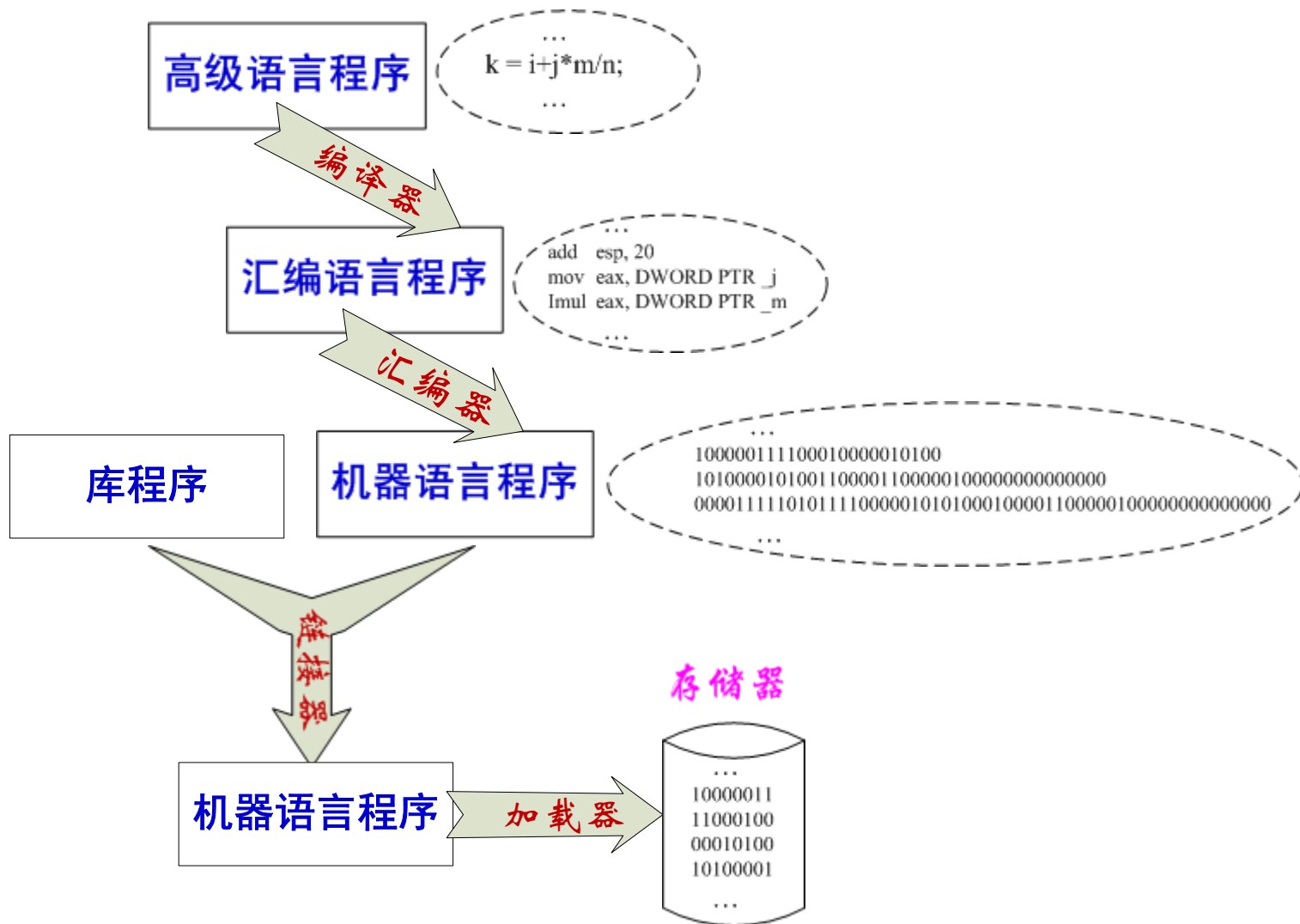


硬件和软件相辅相成，相互依存，缺一不可。

计算机系统组成(续)



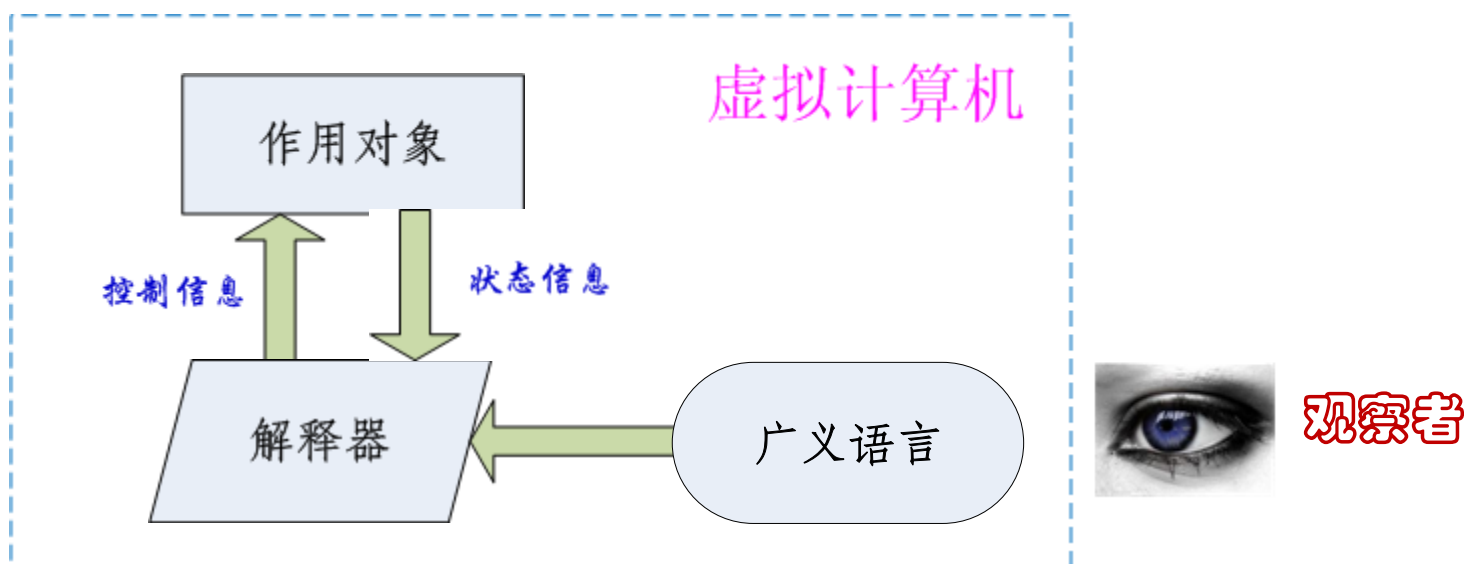
从软件到硬件



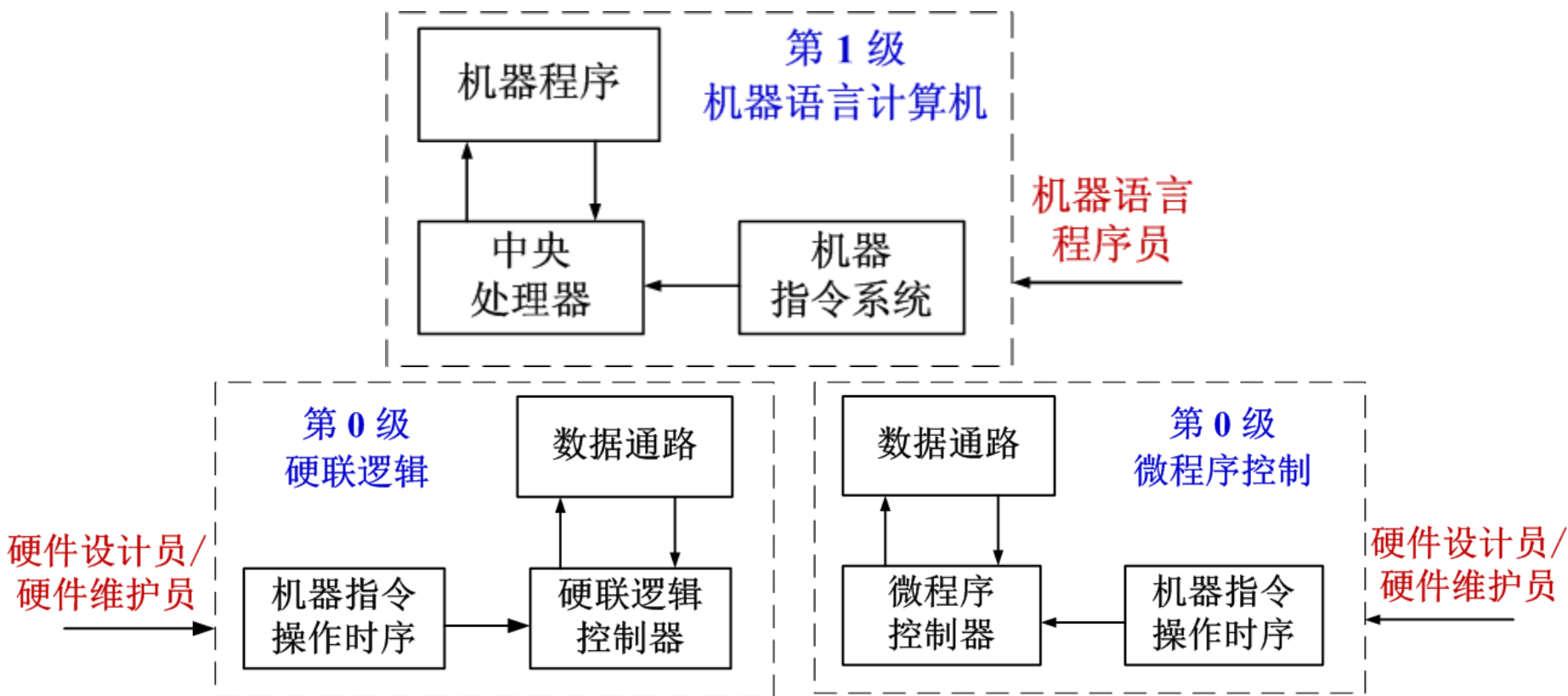
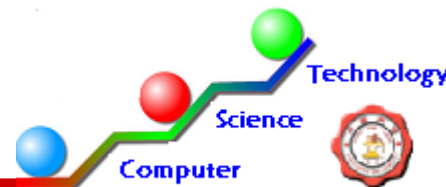
计算机系统的层次结构



- ❑ 为了更好地理解计算机系统的组成和功能，通常，用层次结构来描述一个完整的计算机系统。
- ❑ 各层次的使用者不同，所看到的计算机功能属性也不同。

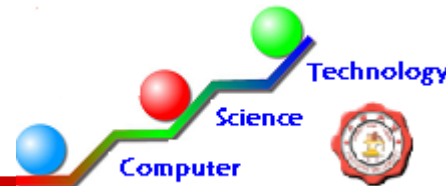


计算机系统的层次结构(续)



本课程主要关注最低两层，讨论这两级机器的结构原理与设计方法。

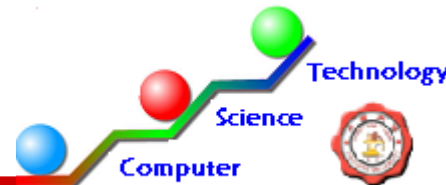
计算机组成与系统结构



- ❑ **计算机系统结构**（Computer Architecture）作为一门学科，主要研究软件和硬件的功能分配，以及确定软件和硬件的界面。
- ❑ **计算机组成**（Computer Organization）研究硬件系统各组成部分的内部构造和相互联系，以实现机器指令级的各种功能和特性。
- ❑ **计算机实现**（Computer Implementation）是对计算机组成的物理实现。研究各部件的物理结构、机器制造技术和工艺等。

计算机组成的任务是在计算机系统结构确定分配给硬件子系统的功能及其概念结构之后，研究各组成部分的内部构造和相互联系，以实现机器指令级的各种功能和特性。

计算机系统发展历程



- ❑ 应用需求促进计算机的产生和发展
- ❑ 器件性能和制造工艺对早期计算机发展起到重要作用
 - 第一代：电子管计算机
 - 第二代：晶体管计算机
 - 第三代：集成电路计算机
 - 第四代：超大规模集成电路计算机
- ❑ 硬件和软件技术相互促进共同发展
 - 硬件和软件相互依存
 - 硬件和软件在逻辑上等价
 - 硬件和软件协同发展
- ❑ 现代计算机的发展主要是体系结构的变革

□ 按照信息表示形式和处理方式

- 数字计算机：以二进制数字表示和处理数据
- 模拟计算机：以连续的模拟量表示和处理数据
- 混合计算机：可以进行数字信息和模拟物理量处理

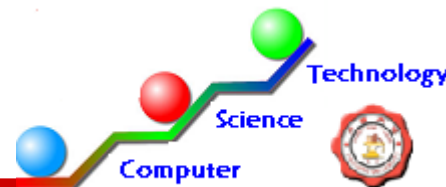
□ 按照不同用途

- 通用计算机：功能多、配置全、用途广、通用性强
- 专用计算机：为了适应某种特殊需要而设计的

□ 按照不同配置

- 巨型机、大中型机、小型机、微型机、工作站与服务器

计算机应用



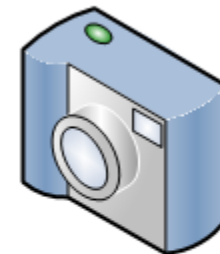
现代计算机主要出现在三类应用中



桌面计算机



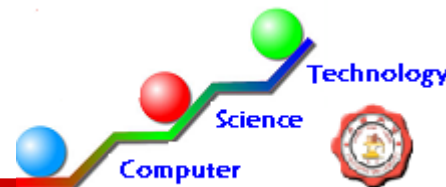
服务器



嵌入式计算机

由于不同的应用有不同的功能和性能需求，所以在使用核心硬件技术的方式上会有所不同。

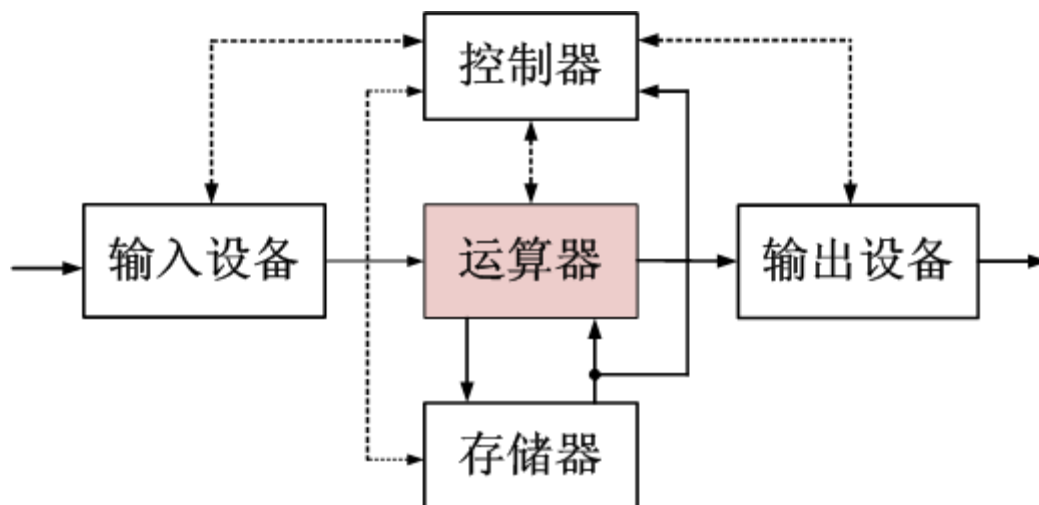
存储程序计算机



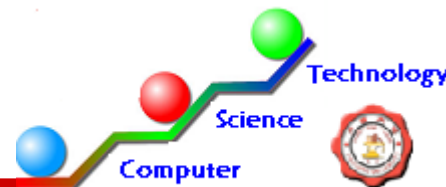
□ 1945年，冯·诺依曼在研制 EDVAC时，提出了存储程序的思想。将采用存储程序思想研制的计算机称为存储程序计算机。

□ 存储程序计算机的特点

○ 计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大部件组成



存储程序计算机（续）



□ 存储程序计算机的特点（续）

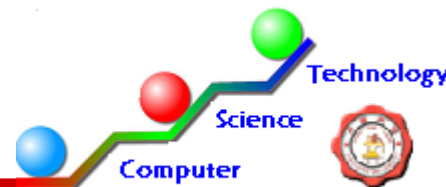
- 指令和数据均用二进制数表示
- 指令和数据以同等地位存放于存储器内，并可按地址访问

思考：CPU需要区分指令和数据吗？如何区分？

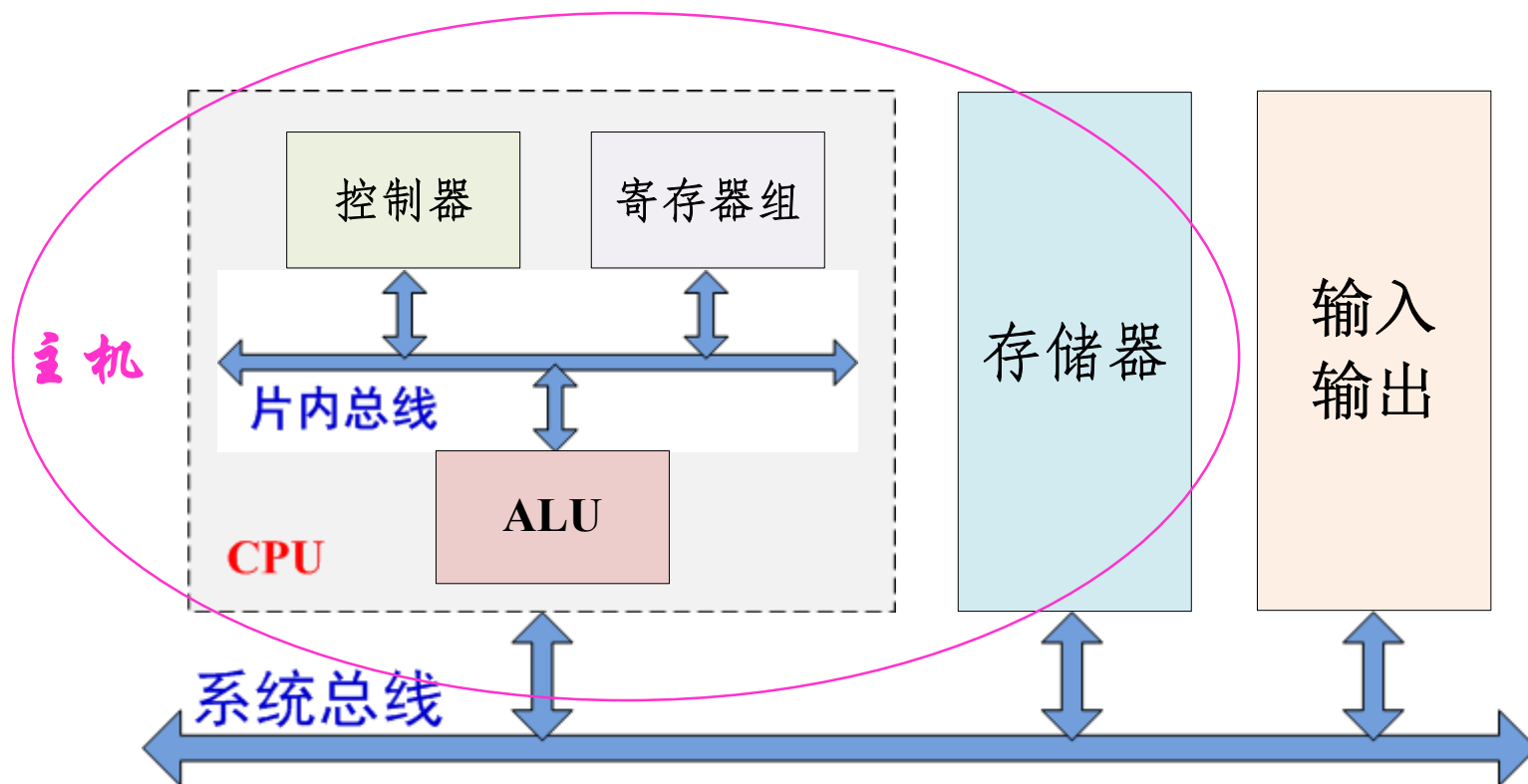
- 指令由操作码和地址码组成
 - ◇ 操作码：操作性质——What
 - ◇ 地址码：操作数来源——Where
- 指令在存储器内按顺序存放

思考：优点？

计算机硬件组成



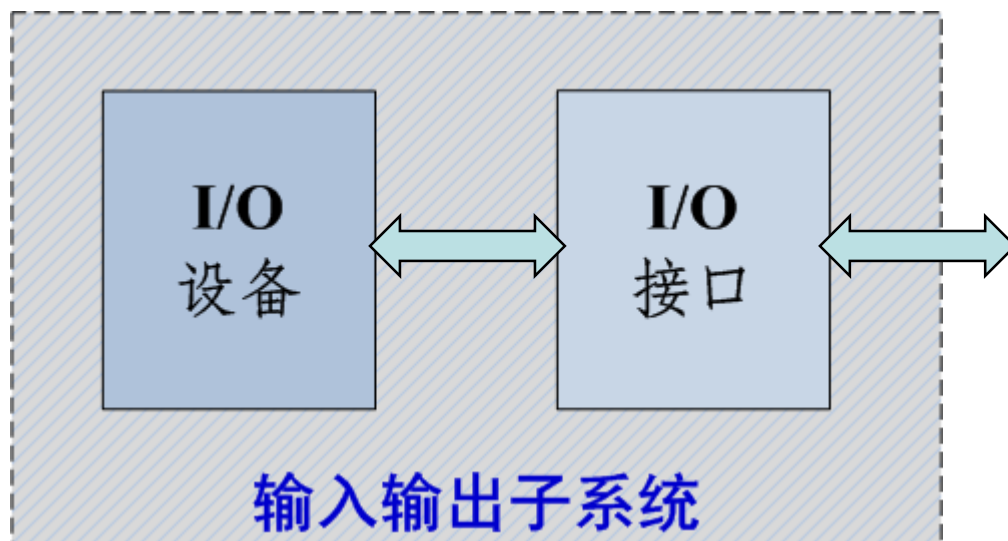
现代计算机大多数采用**总线结构**，总线将计算机各部件连接在一起，形成一个完整的计算机硬件系统。总线也成为各部件间传输信息的公共通道。



计算机硬件组成—输入输出

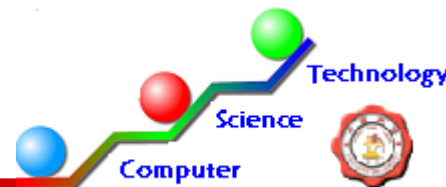


I/O 子系统完成**人—机交互**功能。包括各种 I/O 设备及相应的接口。每一种 I/O 设备都通过 I/O 接口与主机联系，它接收控制器发来的各种控制命令，并完成相应的操作。

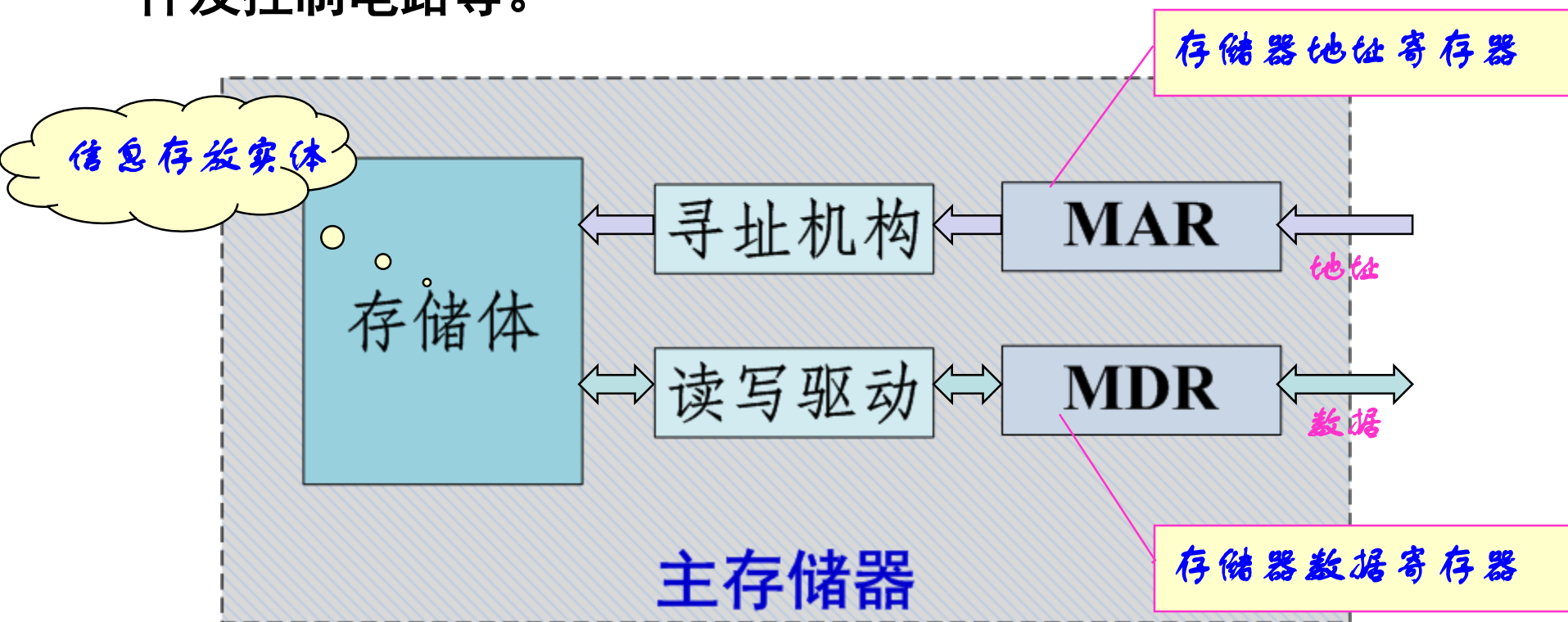


- 输入设备：将人们熟悉的信息形式转换为机器能识别的信息形式
- 输出设备：将机器运算结果转换为人们熟悉的信息形式

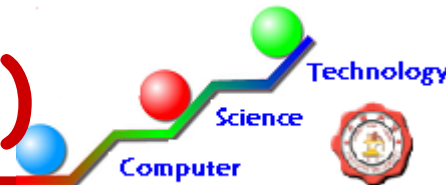
计算机硬件组成—主存储器



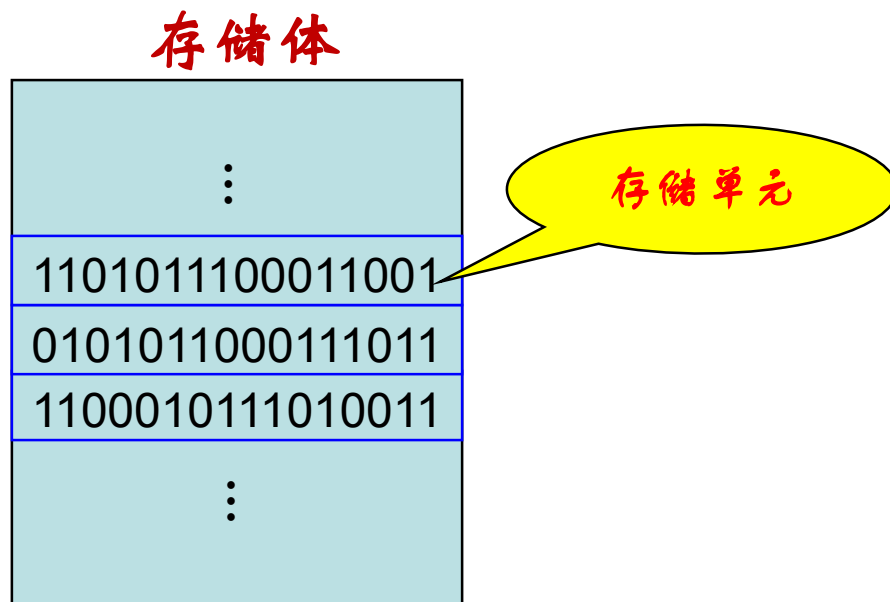
主存储器（简称主存）是计算机的主要工作存储器，存放正在运行的程序和数据。主存包括存储体、各种逻辑部件及控制电路等。



计算机硬件组成—主存储器(续)

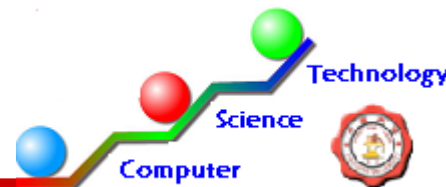


存储体由许多**存储单元**组成，每个存储单元又包含若干个**存储元**（或称存储元、存储元件），每个存储元能存放一位二进制代码“0”或“1”。

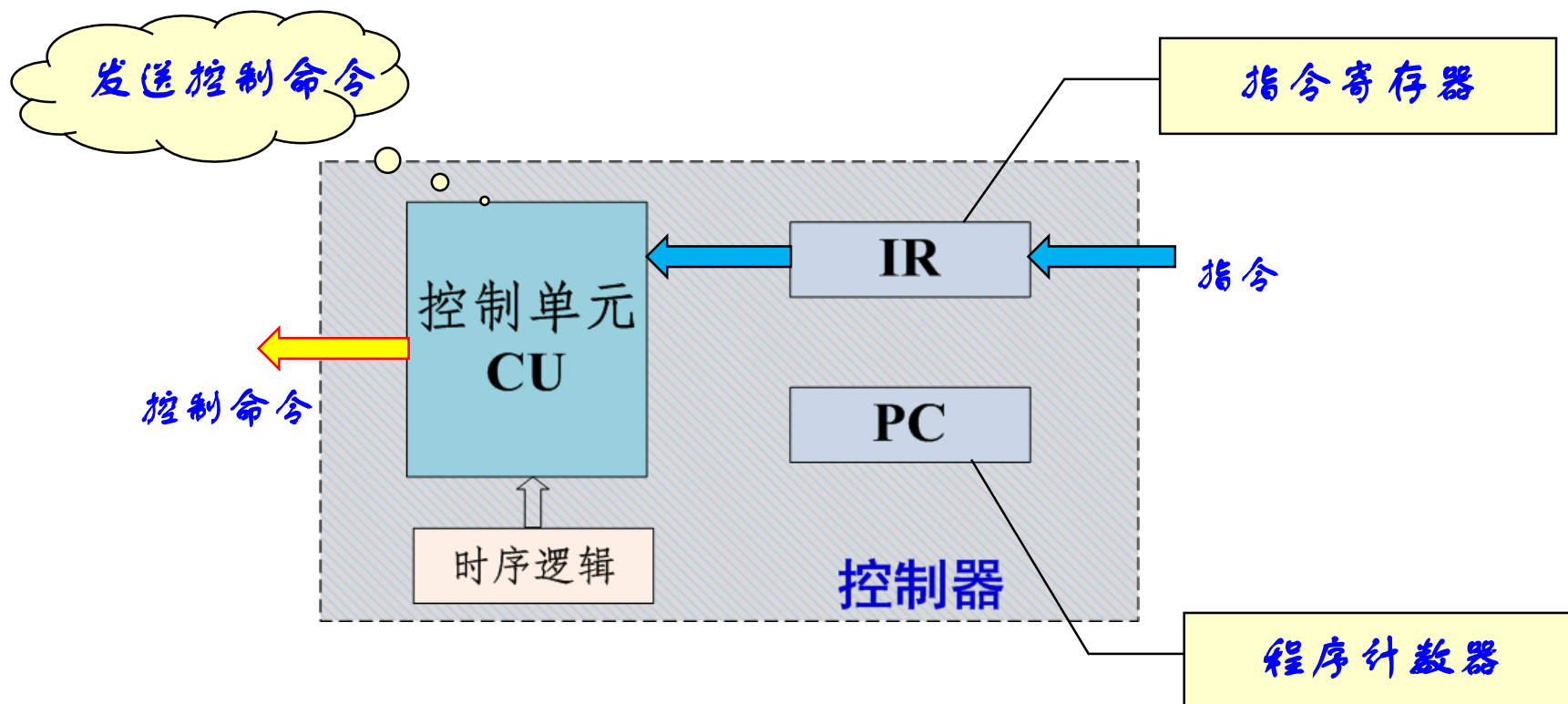


存储单元是具有特定存储地址的存储单位

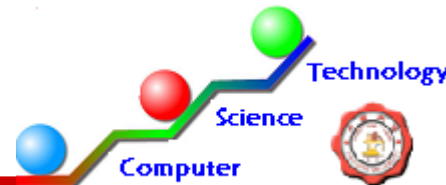
计算机硬件组成—控制器



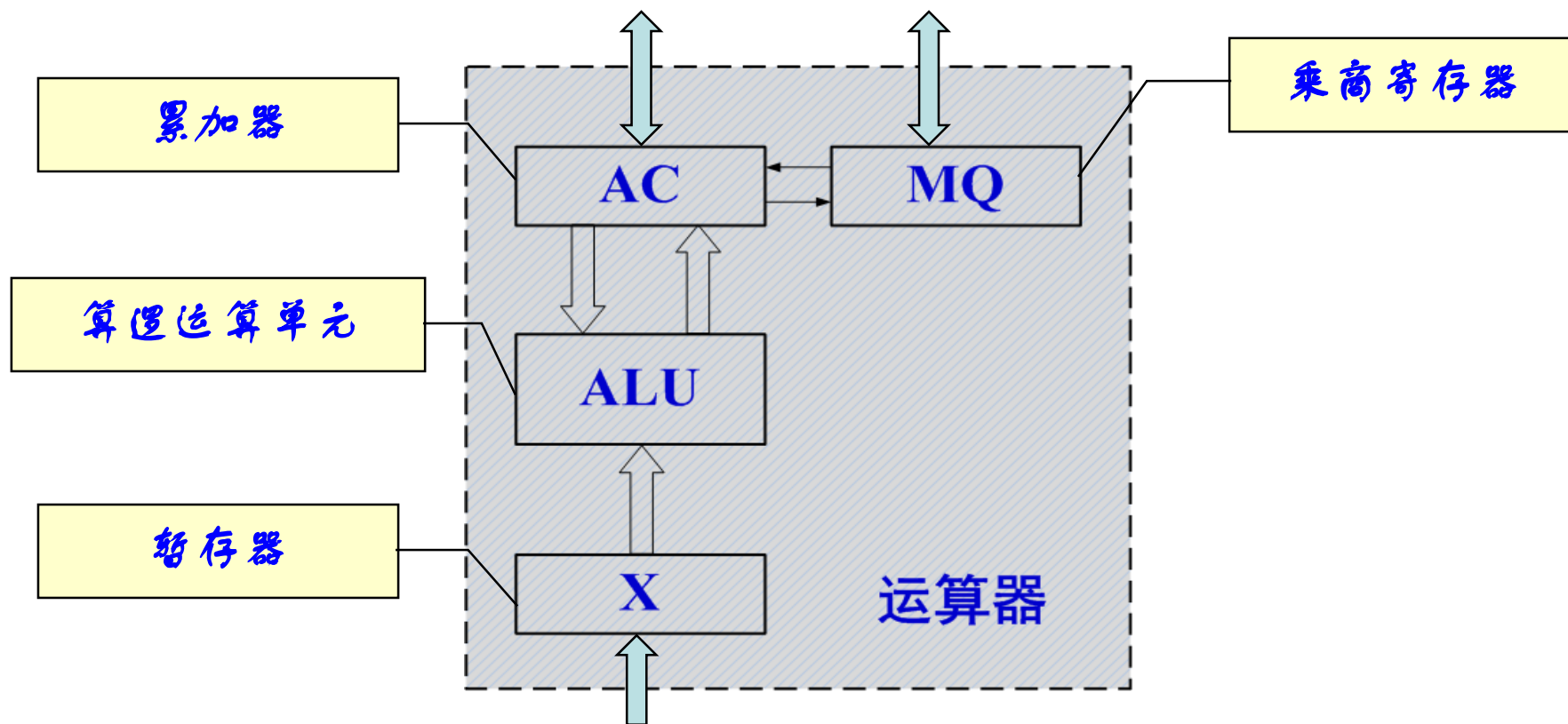
控制器是计算机的**指挥中心**，由它发出各种控制命令指挥各部件自动、协调地工作。控制器由程序计数器 PC、指令寄存器 IR、时序逻辑以及控制单元 CU 组成。



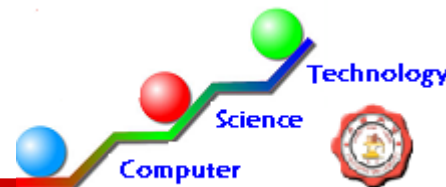
计算机硬件组成——运算器



运算器的作用是进行**数据加工处理**。运算器的核心是算术逻辑运算单元 ALU，还包含一些寄存器，用来暂存参与运算的数据以及运算结果。



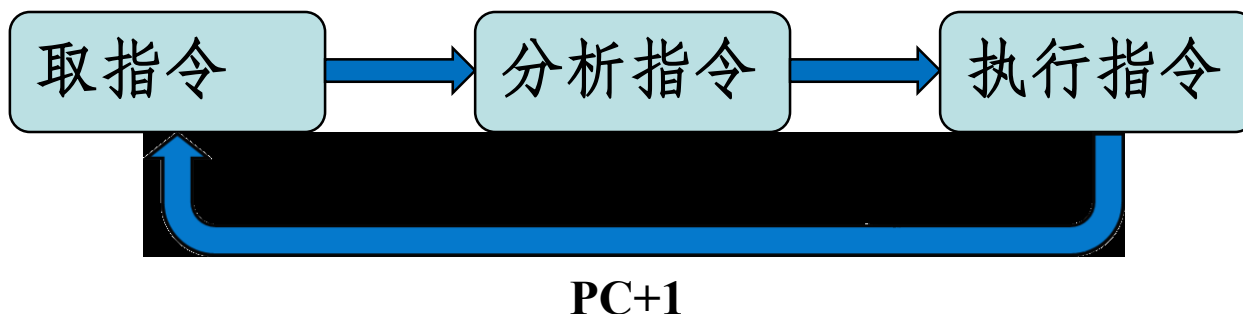
计算机运行程序



□ 硬件运行程序的必要条件

- 程序已被转换为机器指令序列，即可执行程序
- 可执行程序已经加载到主存储器中，并将起始地址置于PC

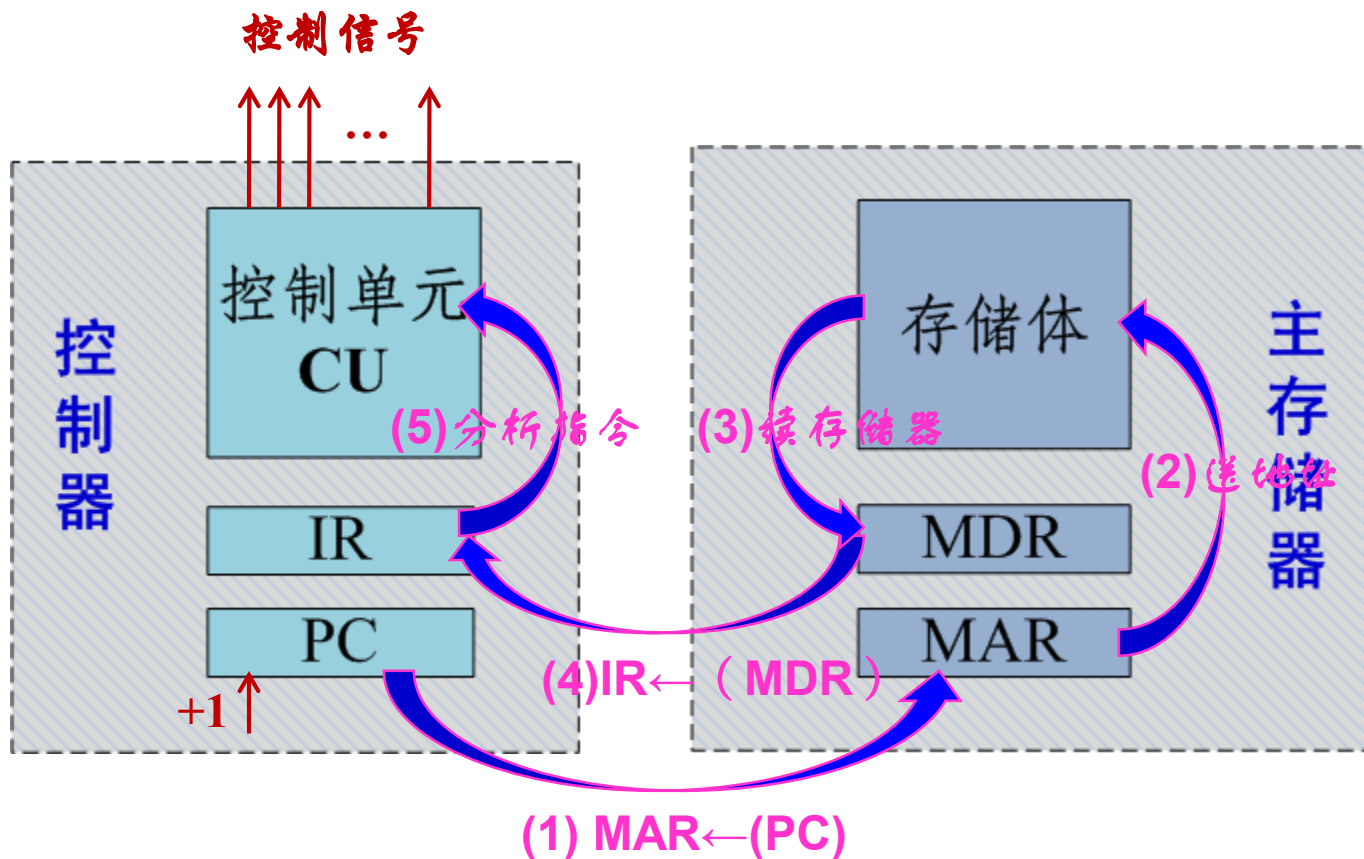
□ 程序运行过程



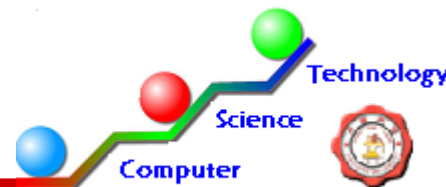
计算机运行程序（续）



□ 取指令、分析指令

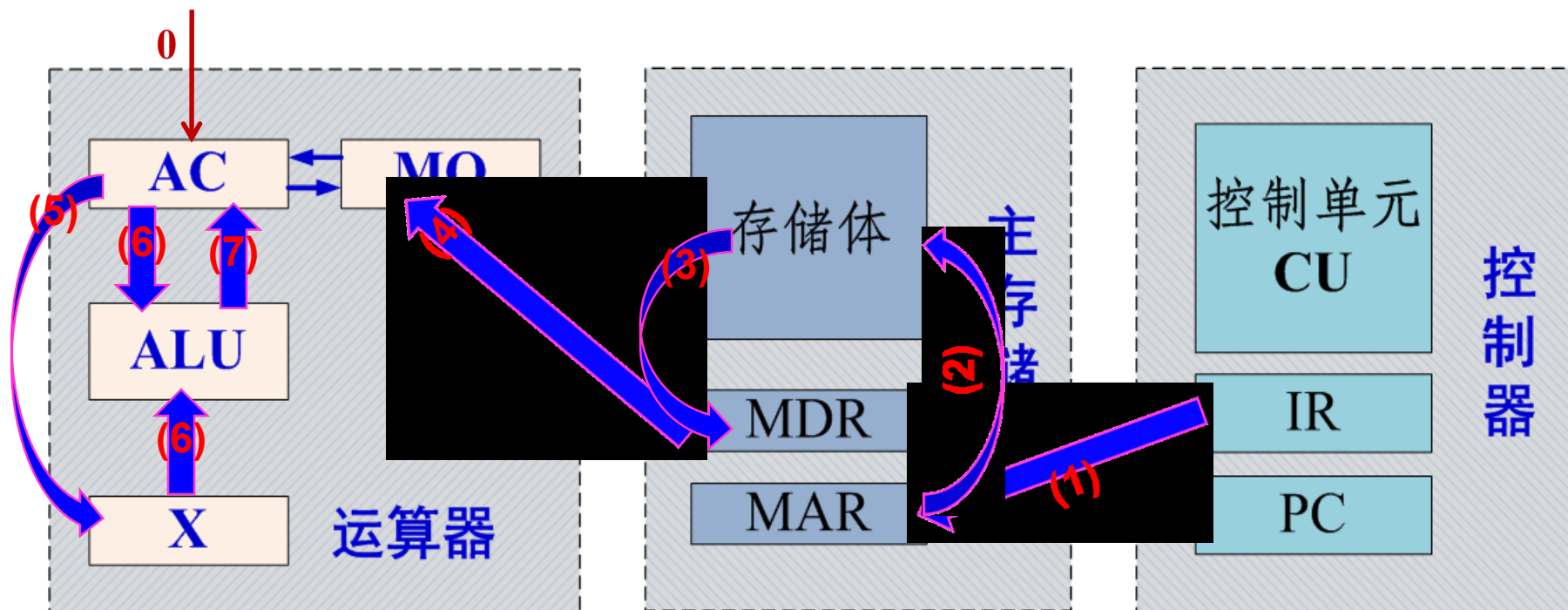


计算机运行程序（续）



□ 执行指令

以乘法指令为例。 `imul eax, dword ptr [m (00404010)]`

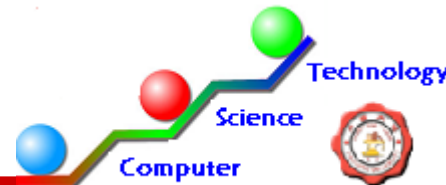


计算机系统性能



- 按照计算机系统的性能=功能+质量
- 在计算机系统满足一般功能特性前提下，性能高低通常以时间特性（或者称为速度特性）作为基本衡量标准。
- 一个完整的计算机系统是由硬件子系统和软件子系统所构成。硬件子系统性能和软件子系统性能共同决定一台计算机系统的性能。
- 计算机系统的性能只能通过各类软件在硬件上运行而体现出来。

硬件技术指标——字长



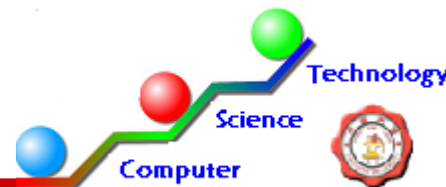
□ 机器字长

CPU能同时处理的数据位数，即数据字长。

□ 相关概念

- 存储字长：一个存储单元可存放的二进制代码位数。
- 指令字长：一条指令所具有的二进制代码位数。
- 字节（Byte）：计算机中另一种数据表示单位。一个标准字节被规定为 8 位二进制代码。

硬件技术指标——字长（续）



□ 机器字长指标的意义

○ 对结构的影响

机器字长 = 数据通路宽度 = 寄存器位数、ALU位数

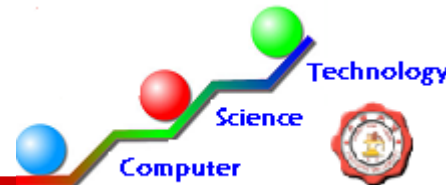
○ 对性能的影响

字长越长，数据表示范围越大，精度越高，运算速度越快。

○ 对造价的影响

字长越长，硬件需求量越多，造价越高。

硬件技术指标——字长（续）



□ 三种字长的关系

○ 当前计算机通常规定：

机器字长 = 字节的 2^n 倍

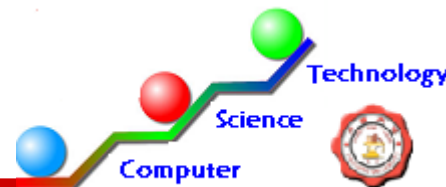
○ 例如，常见机器字长为 8 位、16 位、32 位、64 位等，对应地计算机分别被称为 8 位机、16 位机、32 位机、64 位机

○ 存储器按字节编址时，存储字长为一个字节；按字编址时，存储字长等于机器字长

○ 通常，**指令字长 = 字节的整数倍**

例如，单字节指令、双字节指令、三字节指令等

硬件技术指标——运算速度



运算速度是衡量计算机系统性能的一项重要指标，其它很多指标最终可能也仅仅是为这一指标服务的。

- 常用单位时间内执行指令的平均条数来描述
- 也可测量程序运行时间，吉普森法：

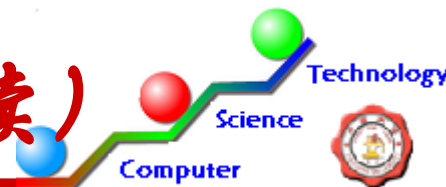
$$T_M = \sum_{i=1}^n f_i t_i$$

T_M —— 程序综合运行时间

f_i —— 第 i 种指令占程序全部指令的百分比数

t_i —— 第 i 种指令的执行时间

硬件技术指标——运算速度 (续)



□ 常用单位

○ MIPS (Million Instruction Per Second):

每秒执行百万条指令数

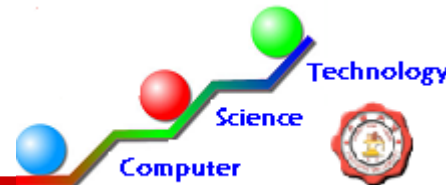
○ CPI (Cycle Per Instruction):

执行一条指令所需的时钟周期数

○ FLOPS (Floating Point Operation Per Second):

每秒浮点运算次数

硬件技术指标——主存容量



主存容量指主存中可存放的二进制代码的总数。容量的具体表示与主存的编址方式有关。

□ 按字节编址

存储容量 = 存储字节数

单位：字节 (B)

例如：64KB

□ 按字编址

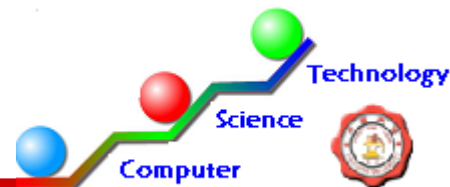
存储容量 = 存储字数 × 存储字长

单位：字 (W)、位 (b)

例如：64K×32位

注意：
两个数字乘开不符合主存操作特点，
没有实际意义！

本章作业（第1次作业）



1.4

1.6

1.7

1.8



注意：每周布置作业，下周四提交！

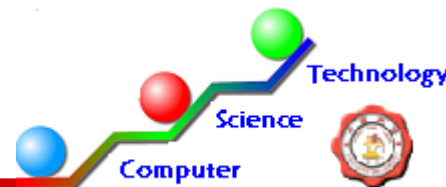
考研题(1)



- ◆ (2/150分) 冯·诺依曼计算机中指令和数据均以二进制形式存放在存储器中，CPU区别它们的依据是：
- A. 指令操作码的译码结果
 - B. 指令和数据的寻址方式
 - C. 指令周期的不同阶段
 - D. 指令和数据所在的存储器单元

(2009年全国硕士研究生入学考试计算机统考试题)

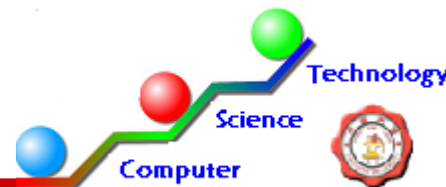
考研题(2)



- ◆ (2/150分) 下列寄存器中，汇编语言程序员可见的是：
- A. 存储器地址寄存器 (MAR)
 - B. 程序计数器 (PC)
 - C. 存储器数据寄存器 (MDR)
 - D. 指令寄存器 (IR)

(2010年全国硕士研究生入学考试计算机统考试题)

考研题(3)



- (2/150分) 下列选项中，描述浮点数操作速度指标的是
- | | |
|---------|-----------|
| A. MIPS | B. CPI |
| C. IPC | D. MFLOPS |

(2011年全国硕士研究生入学考试计算机统考试题)