



# 计算机组成原理

## 第一章 概论





# 主要内容

- ① 计算机的基本概念
- ② 系统硬件组成
  - 主要部件
  - 系统结构
- ③ 计算机的性能指标



## 1.1 计算机系统的基本组成与特点

---

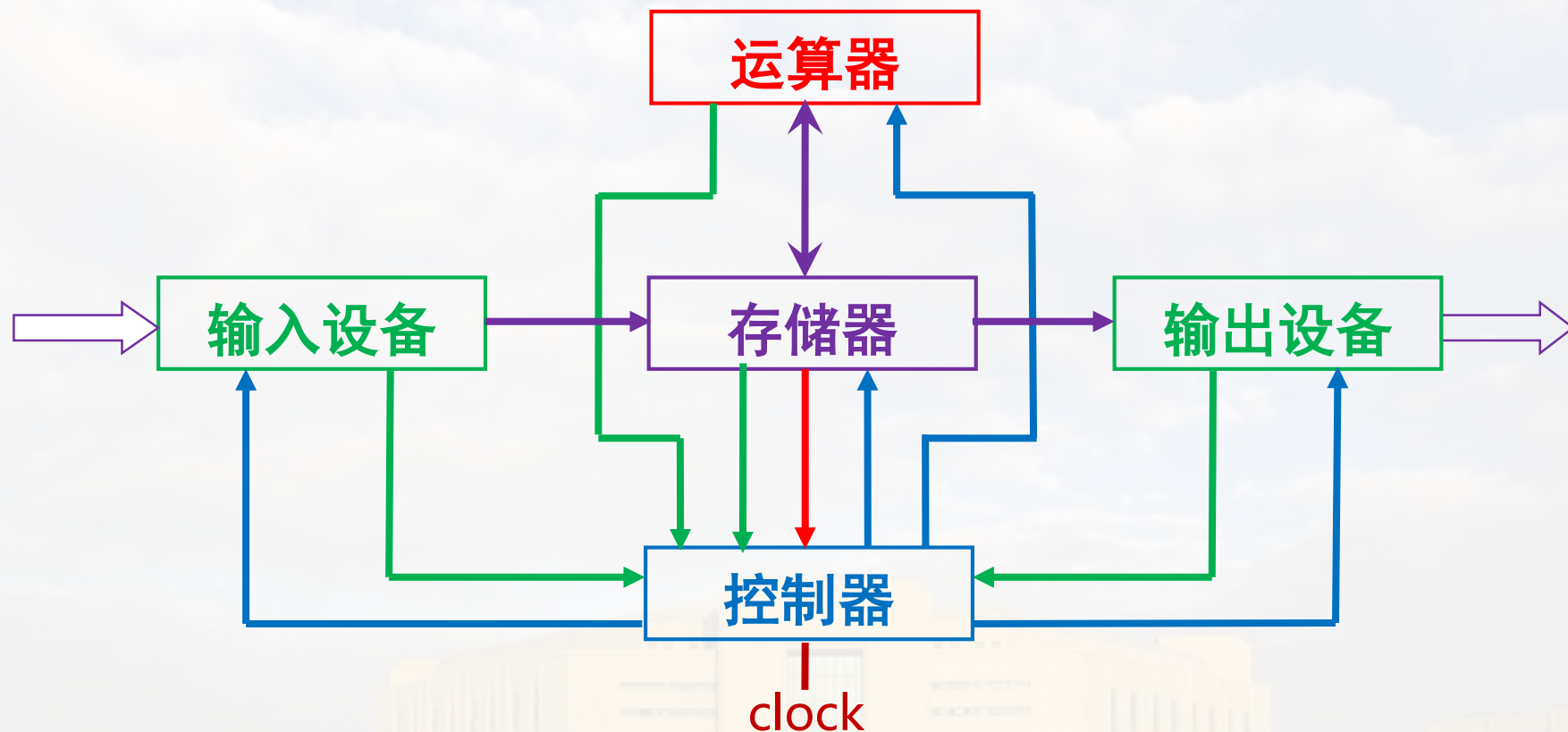
- **01.** 电子数字计算机的基本组成
- **02.** 存储程序与冯·诺依曼体制
- **03.** 计算机的分类
- **04.** 数字计算机的特点

## 1、计算机的基本概念

**电子计算机**一种可以**存储程序**，并且通过**执行程序指令**，可以自动、高速、精确地对数字信息进行各种**复杂处理**，然后输出运算结果的高科技智能 **电子设备**。



## 运算器和控制器，已集成在CPU中！



红色箭头——代表指令信息

蓝色箭头——代表控制信息

紫色箭头——代表数据信息

绿色箭头——代表状态信息

## 计算机内部的两大信息流

信息

**控制流**：控制计算机工作的信息，即指令、命令。

**数据流**：计算机加工处理的对象，即数值型数据、非数值型数据

这本书的两条基本线索是：

a.信息的表示

b.信息的传送及传送中的控制

### 1、存储程序方式

计算机采取：  
事先编制程序、  
存储程序、  
自动连续运行程序  
的工作方式。



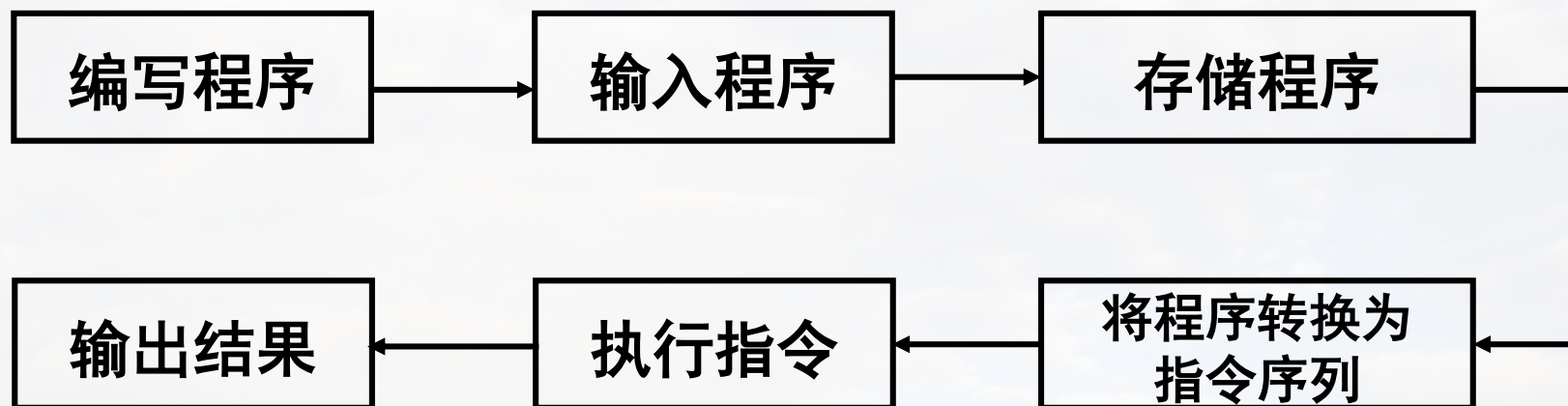


图1-2 计算机的工作流程



### 2、冯·诺依曼体制

- a.采用二进制形式表示数据和指令
- b.采用存储程序方式工作（核心）
- c.由五大部分组成计算机系统的硬件，并规定了这五部分的基本功能

这些思想已成为现代计算机技术的理论基础。

传统诺依曼机串行执行指令。

对传统诺依曼机的改造：增加并行处理功能。

数字计算机又可分为:

**专用计算机**和**通用计算机**。

- **专用机**——是以快速、经济和高集成度为主要指标的特殊计算机，它是针对某一任务设计的计算机，但是它的适应性较差（如：工控机、ATM等）。
- **通用机**——适应性较高，但是牺牲了效率、速度和经济性，如个人电脑。

按照计算机的**体积、简易性、功率损耗、性能指标、存储容量、指令系统规模、机器价格和应用范围**等条件，也可以分为：

※ 巨型机（超算）、

※ 大型机、

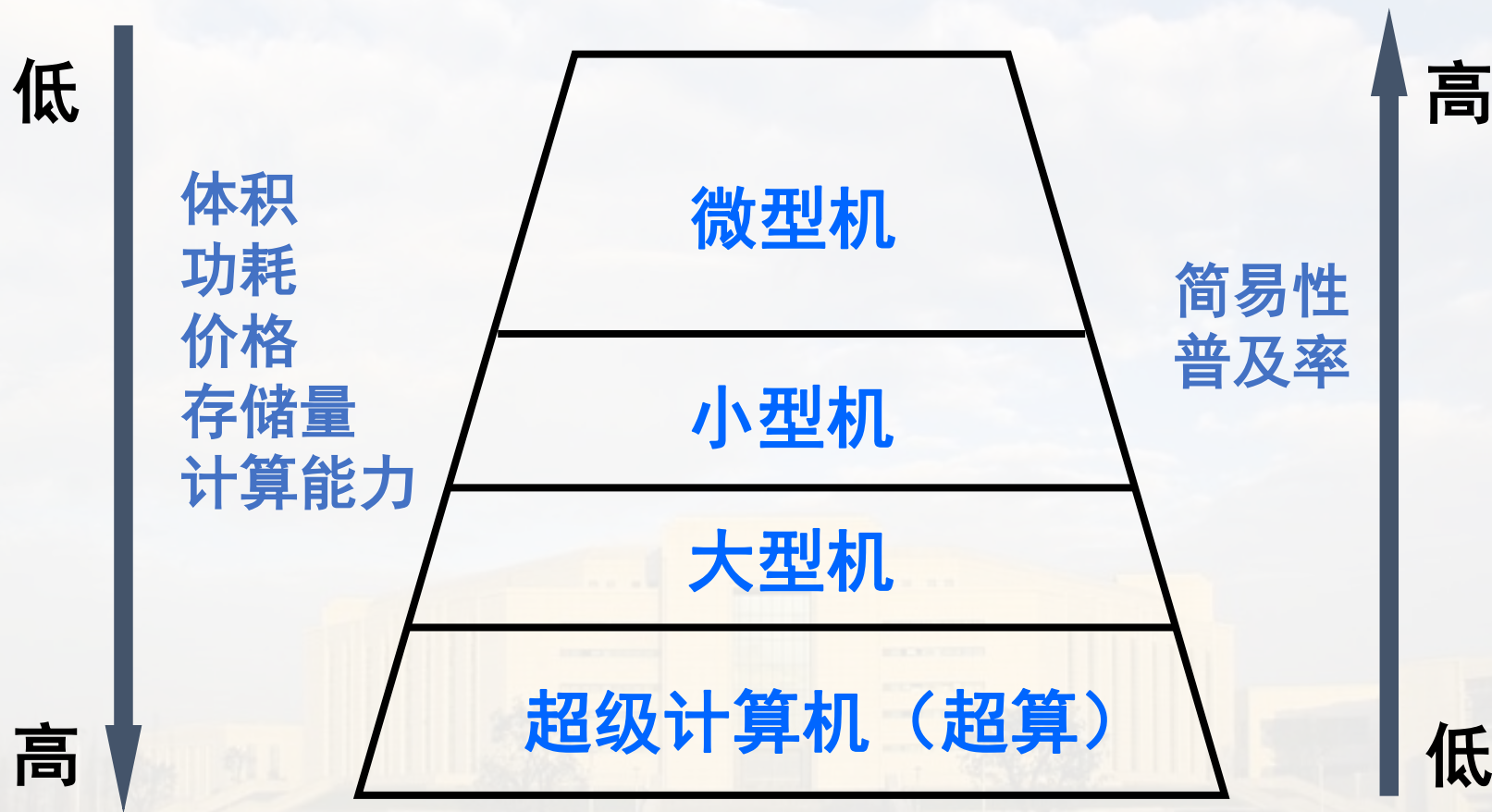
※ 小型机、

※ 微型机，等等

●它们的系统规模和计算能力依次递减。

●随着超大规模集成电路技术的不断发展，类型的划分会动态变化。

## ※几种类型的计算机对比:





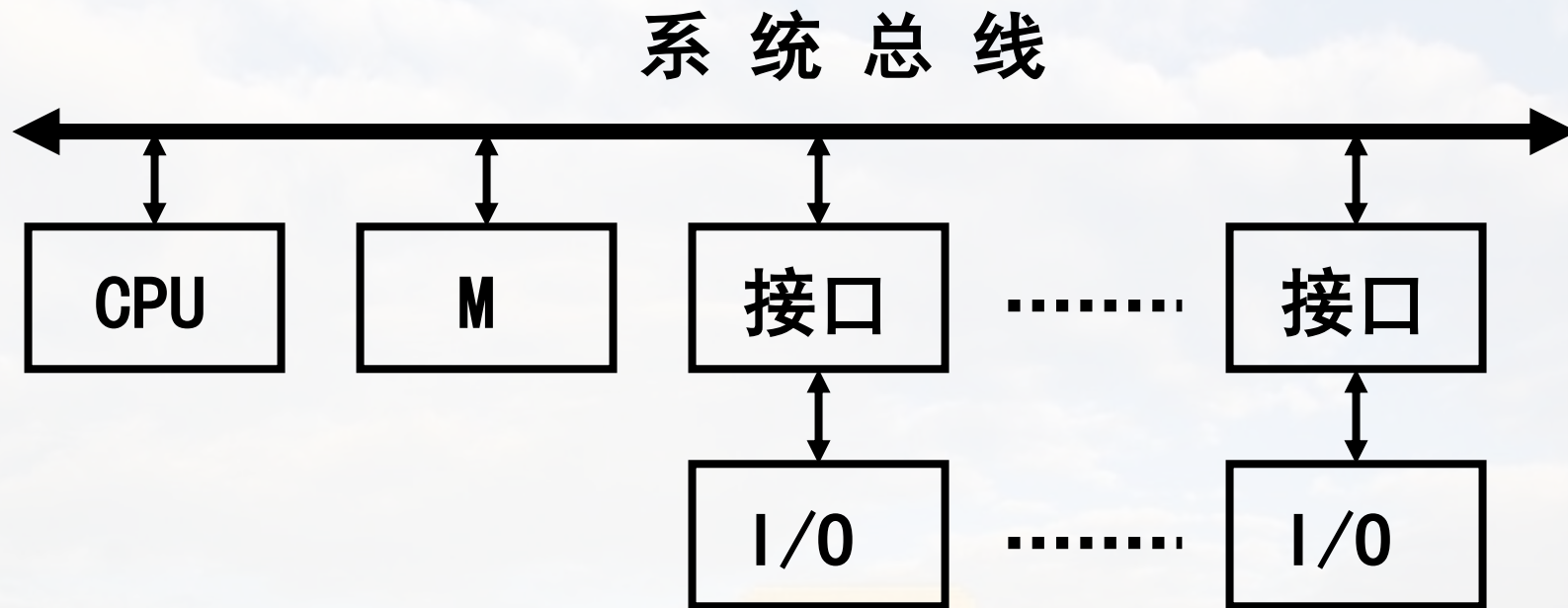
- 1.能在程序控制下自动连续的工作：PC寄存器
- 2.运算速度快
- 3.运算精度高
- 4.具有很强的信息存储能力
- 5.通用性强



## 1.2 计算机系统的硬件组成

---

- 01. 主要功能部件
- 02. 硬件系统结构
- 03. 软件系统



硬件系统的基本组成模型

## 1、存储器

### (一) 功能

存储数据和数字化后的程序。

**注意：**不论是数据,还是程序,存储器存储的全是用0或1表示的**二进制代码**。

存储器包括如下**名词概念**：

★**存储单元**：在存储器中保存一个n位二进制数的n个触发器,组成一个存储单元。

★**地址**：存储器是由许多存储单元组成,每个存储单元的编号,称为地址。





# 一、主要功能部件

- **存储容量:** 存储器所有存储单元的总数。

存储容量越大,表示储存的信息越多, 通常用单位 “KB、MB、GB、TB、PB” 等表示。

- **内存储器（主存）：**

存放直接为CPU提供服务的数据与程序的存储器。

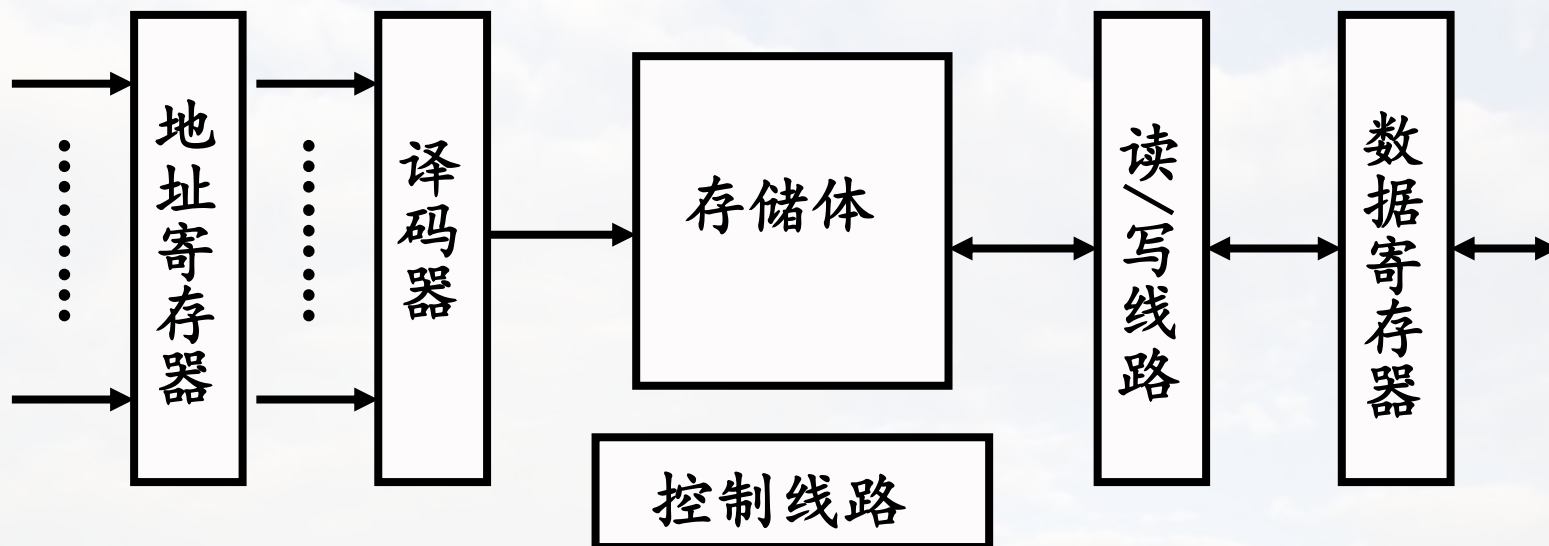
目前主要采用半导体存储芯片，其特点为：工作速度较快，存储容量比外存小。

- **外存储器(辅存)：**

为计算机配备的存储容量很大的辅助存储器。

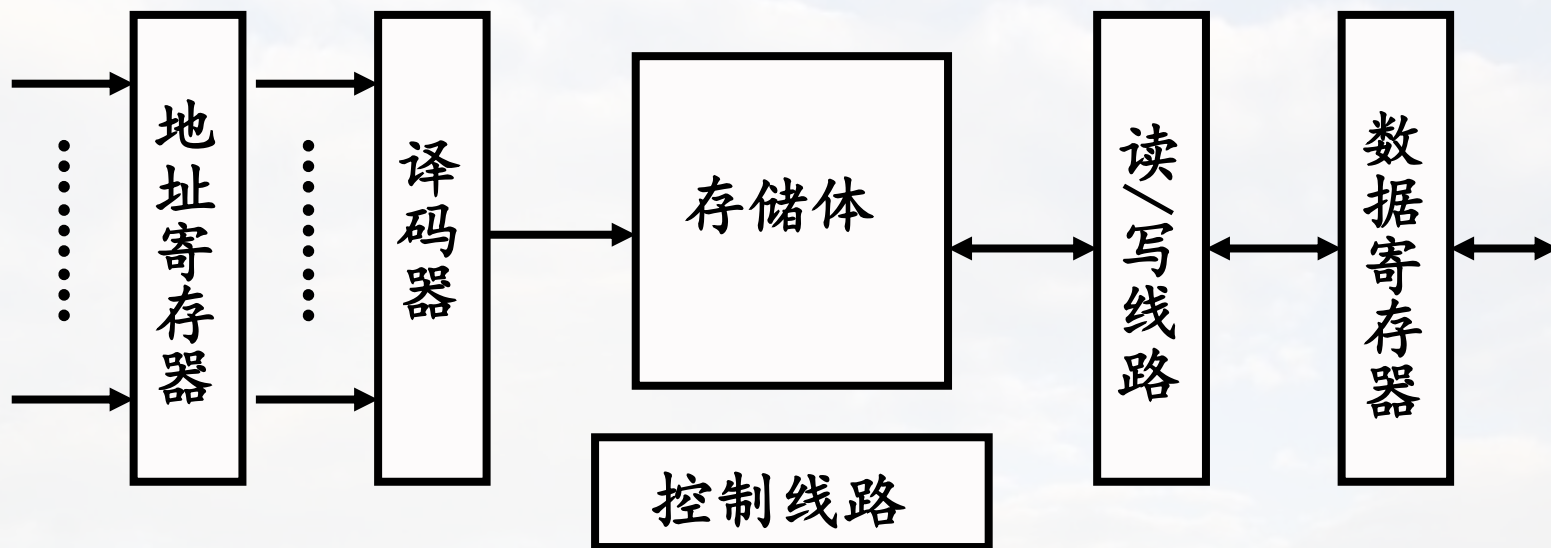
如：磁盘存储器、光盘存储器等，其主要特点是存储容量大，价格便宜，工作速度较慢。

## (二) 组成 (主存储器)



**存储体:** 存放信息的实体

**寻址系统:** 对地址码译码, 选择存储单元



读/写线路和数据寄存器:完成读/写操作,  
暂存读/写数据

控制线路: 产生读/写时序, 控制读/写操作

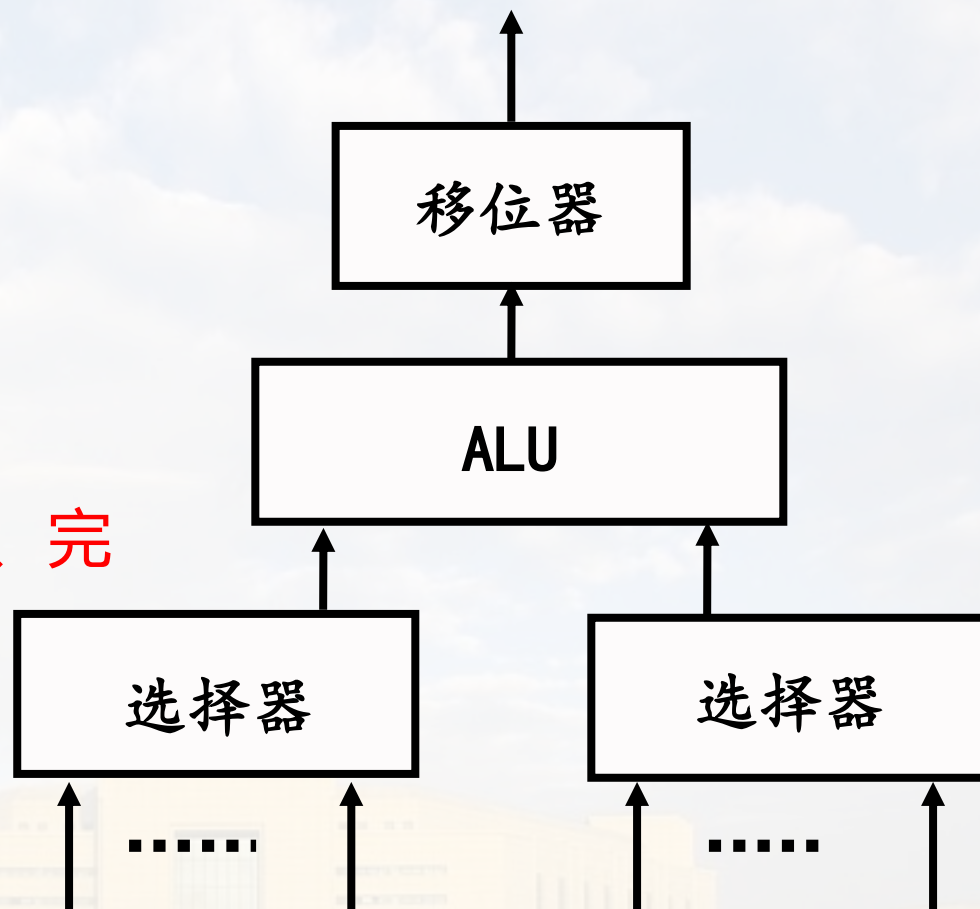
## 2、CPU

由**运算器**、**控制器**组成。

### (一) 运算器

1) 功能：**加工信息、完成两类数据计算。**

2) 组成：





## 2、CPU

### (一) 运算器

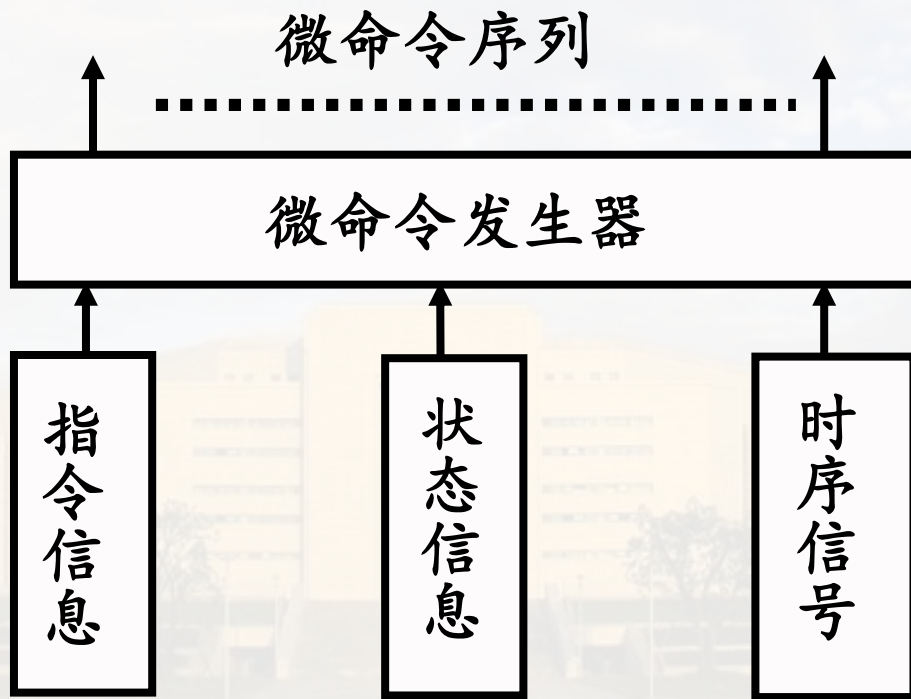
- 运算器的核心是**算术逻辑单元**ALU(Arithmetic Logic Unit), 用来进行算术或逻辑运算以及位移循环等操作, 它是CPU的执行部件。
- ALU是一种以**全加器**为核心的具有多种运算功能的组合逻辑电路。
- 单次运算的位数越多,计算的精度就越高,但是位数越多,所需的电子器件也越多。目前计算机的运算器长度一般是8位、16位、32位或64位。

## 2、CPU

### (二) 控制器

1) 功能: 产生控制命令(微命令), 控制全机操作

2) 组成:



## 2、CPU

### (二) 控制器

3) 微命令产生方式（指令执行控制方式）：

- 组合逻辑控制方式：由组合逻辑电路产生微命令
- 微程序控制方式：由微指令产生微命令

4) 本书将学习

两种控制器组成原理与控制机制；

模型机的数据通路结构和指令执行过程。

## 3、输入/输出设备

### 1) 功能：转换信息

输入：原始信息 → 代码，送入主机

输出：处理结果 → 人所能接受的形式，并输出  
(代码)



## 4、总线 (Bus)

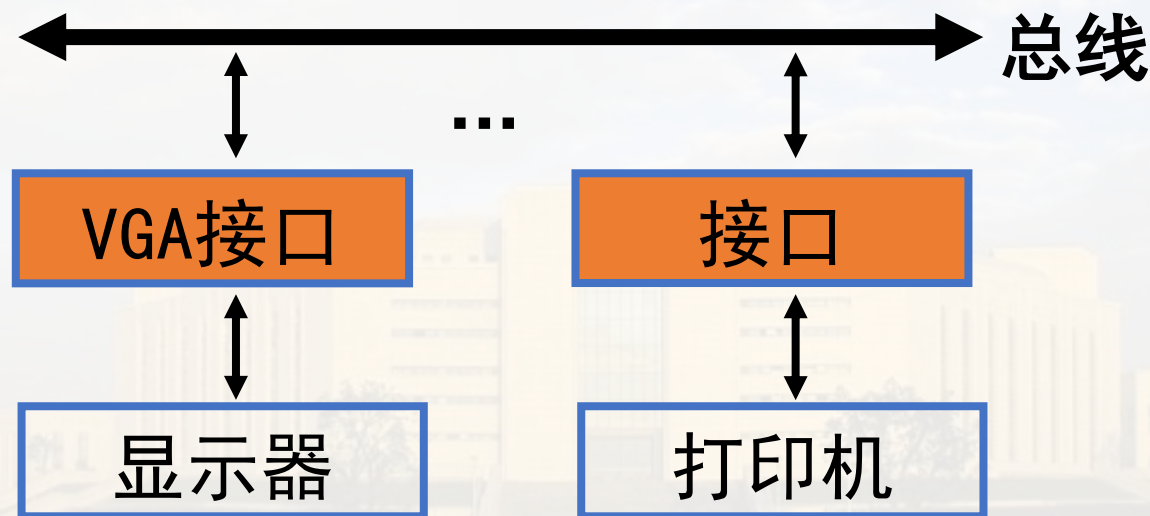
能为多个部件**分时共享**的一组信息传送线路。

传送的信息不同，分三类：

- ① 传送信息的**数据总线DB** (Data Bus);
- ② 指示欲传信息的来源或目的地址的**地址总线AB** (Address Bus);
- ③ 管理总线上活动的**控制总线CB** (Control Bus)。

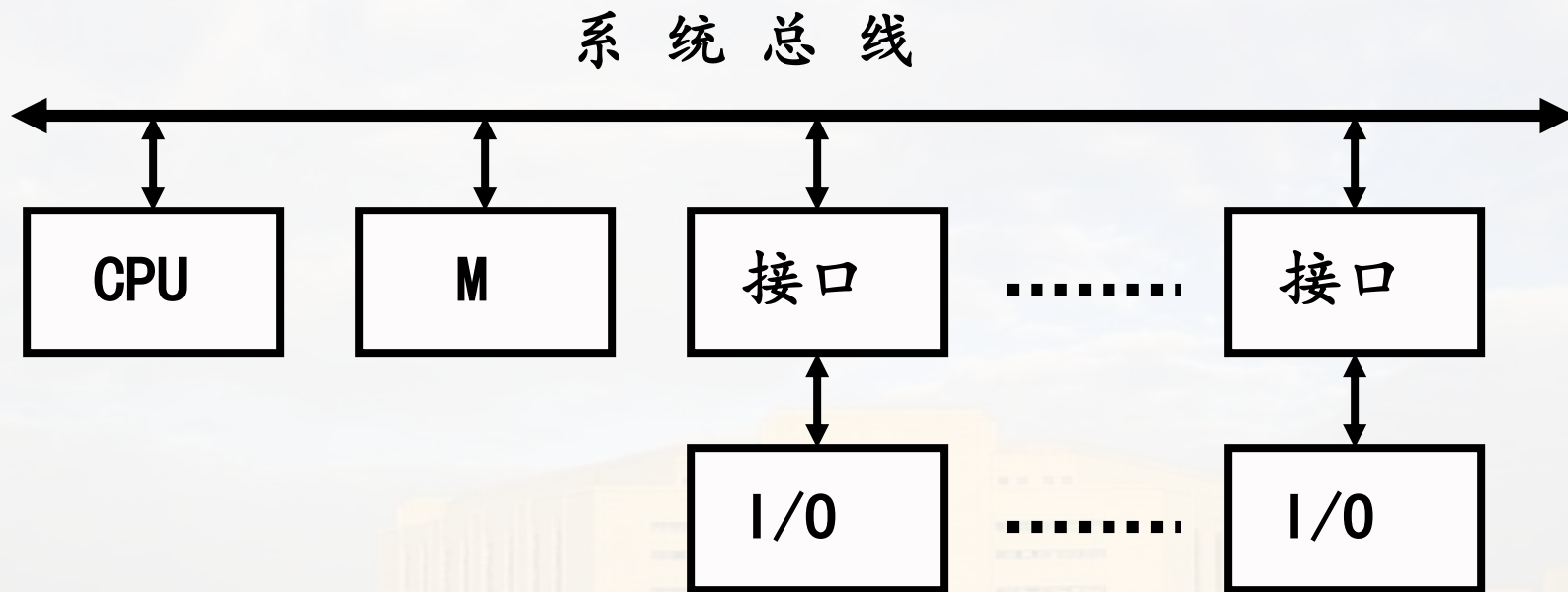
## 5、接口

接口泛指设备部件（硬、软）之间的交接部分。主机（总线）与外围设备或其他外部系统之间的部件(接口逻辑)，称为输入/输出（I/O）接口，或称为外围设备接口。具有缓冲、转换、连接等功能。



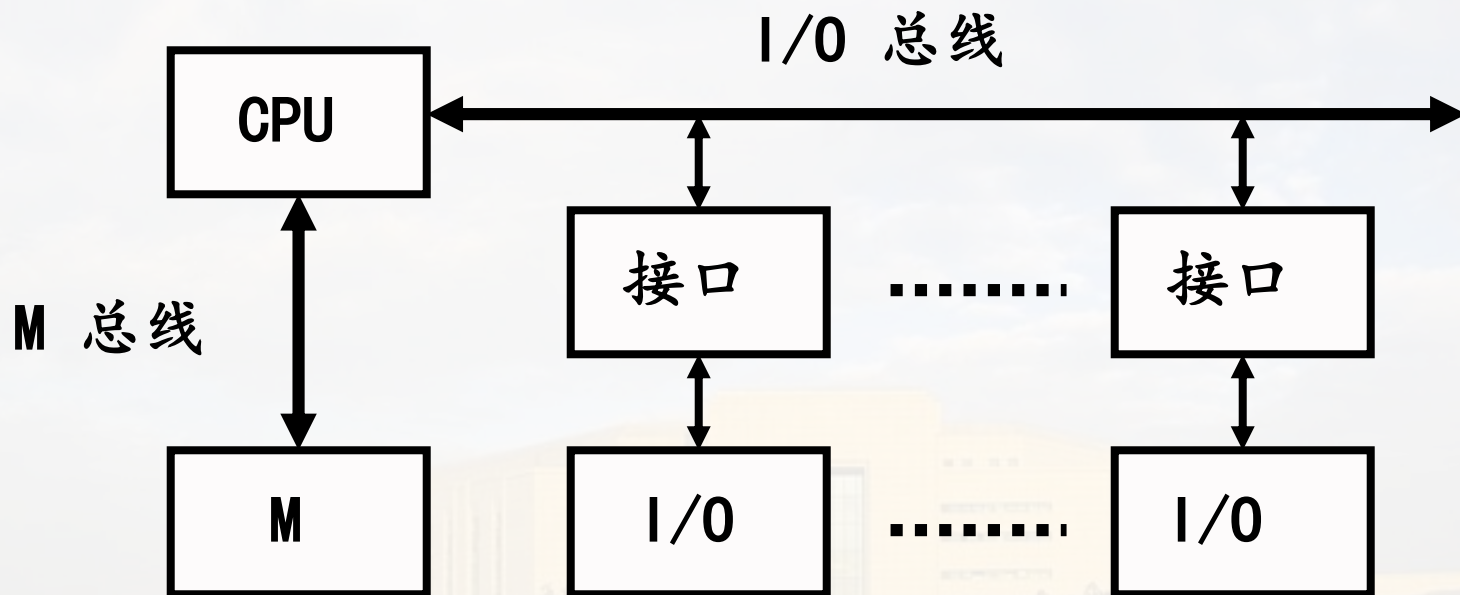
# 1、以总线为基础的系统结构

## 1) 单总线结构



### 1、以总线为基础的系统结构

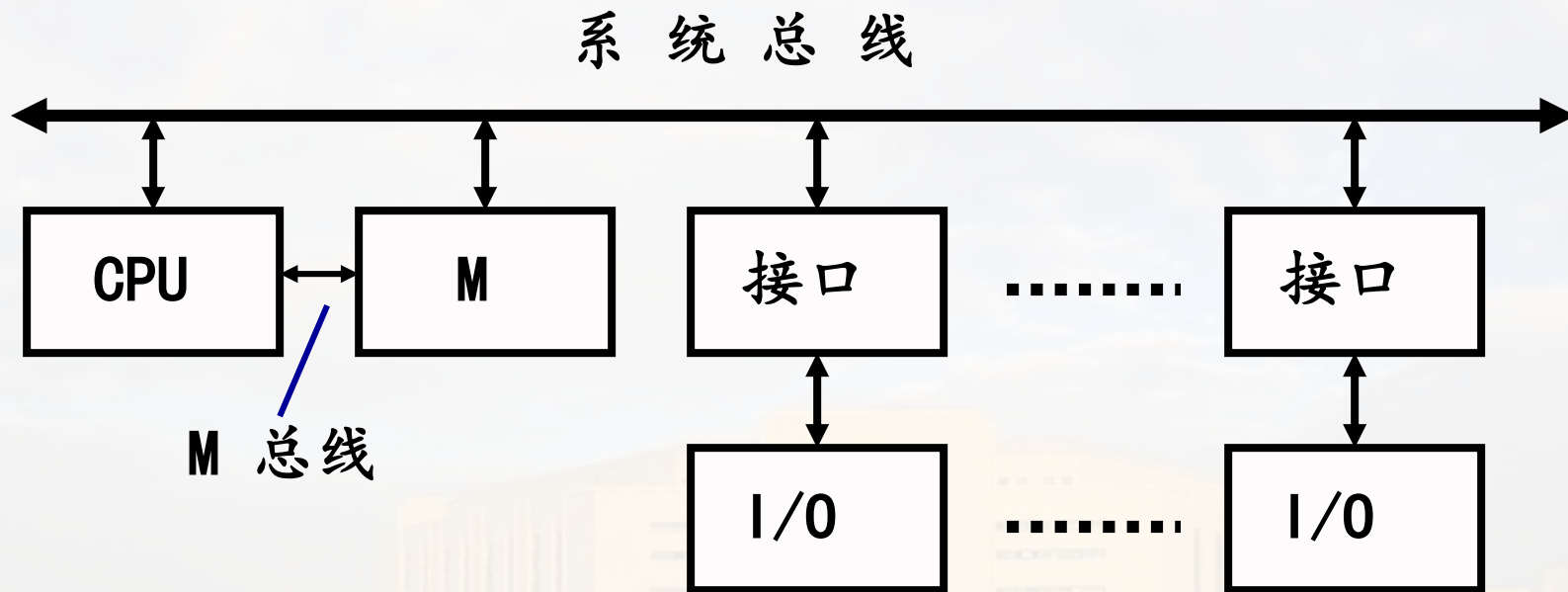
#### 2) 以CPU为中心的双总线结构





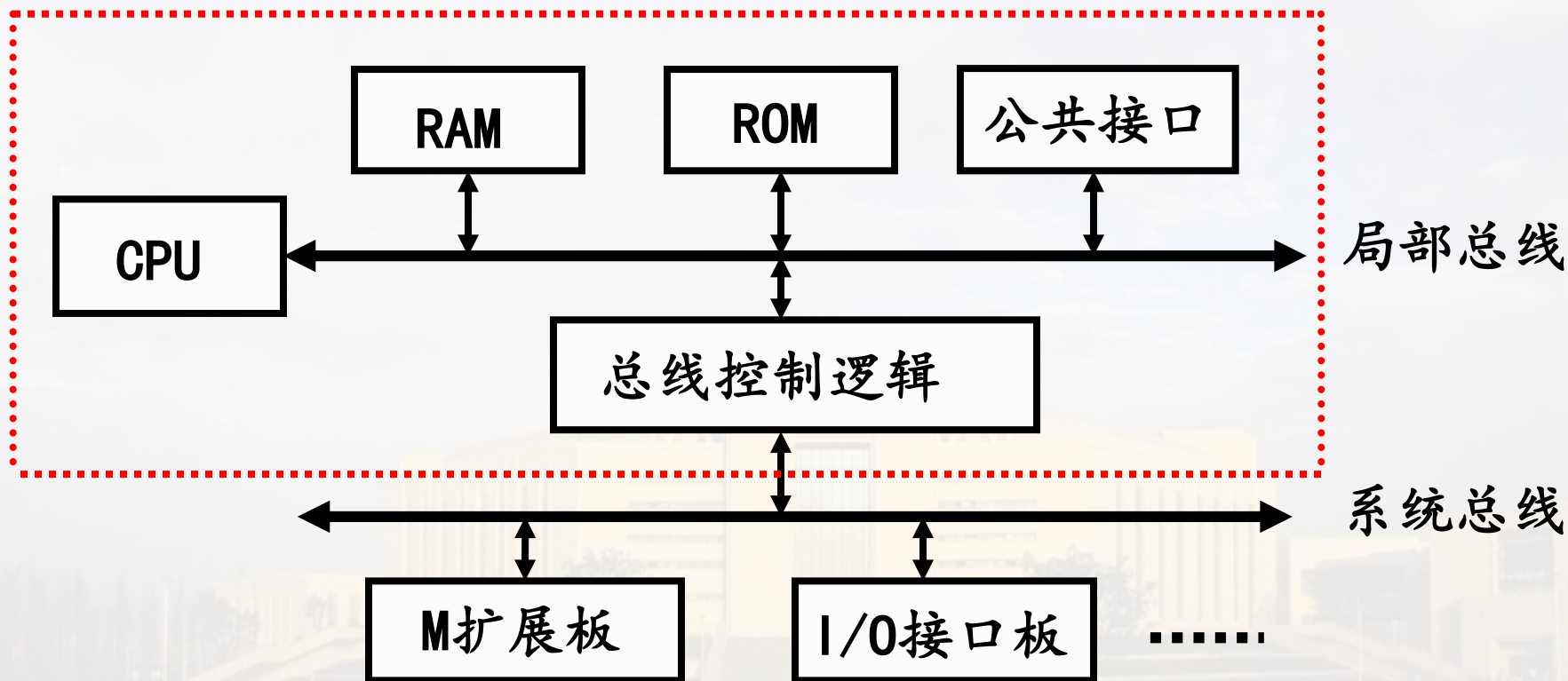
### 1、以总线为基础的系统结构

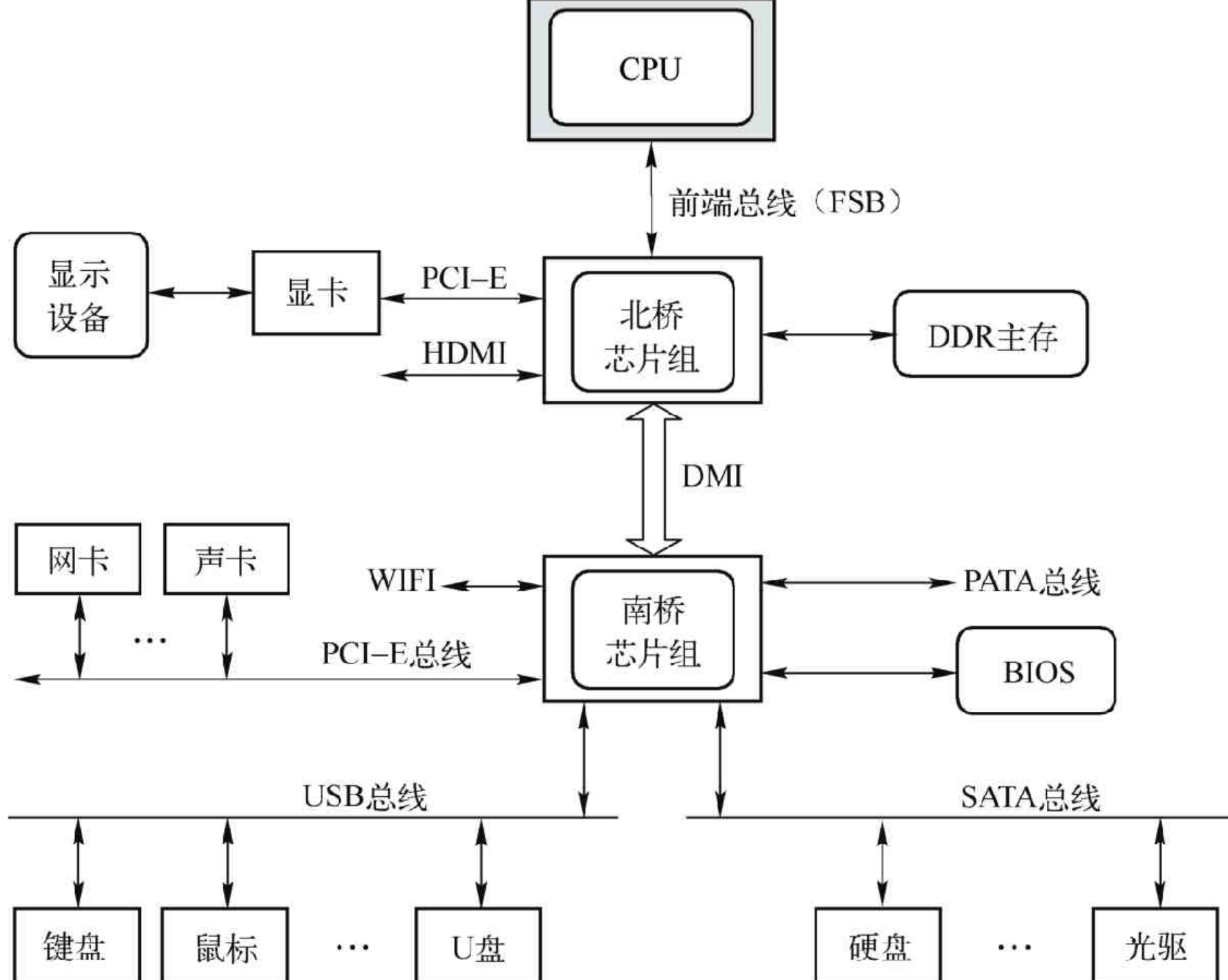
#### 3) 以M为中心的双总线结构



### 1、以总线为基础的系统结构

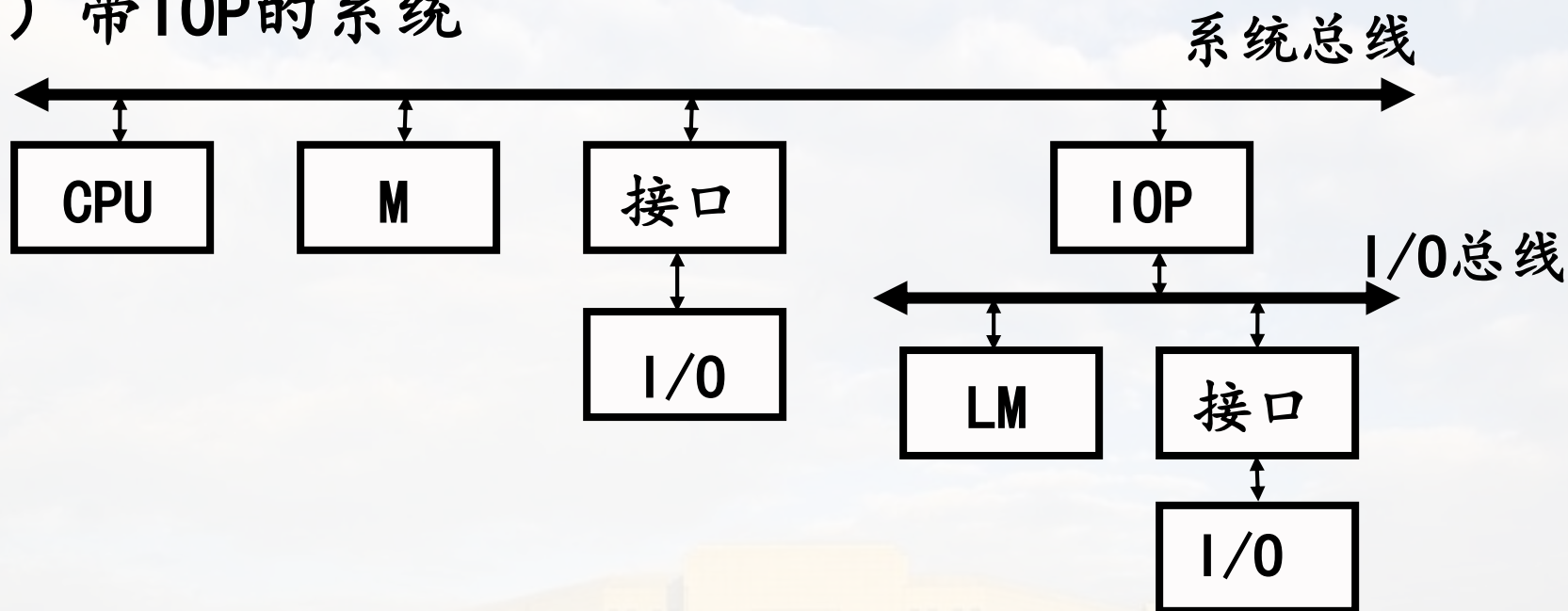
#### 4) 多级总线结构



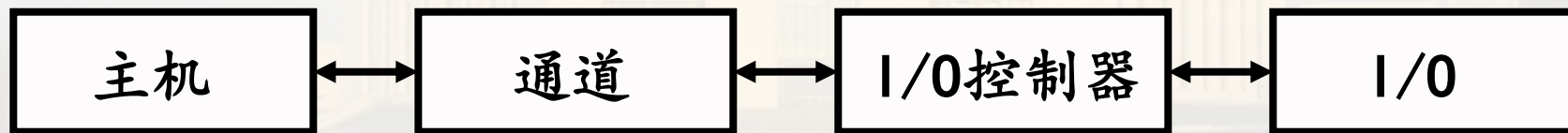


### 2、采用通道或IOP的大型系统结构

#### 1) 带IOP的系统

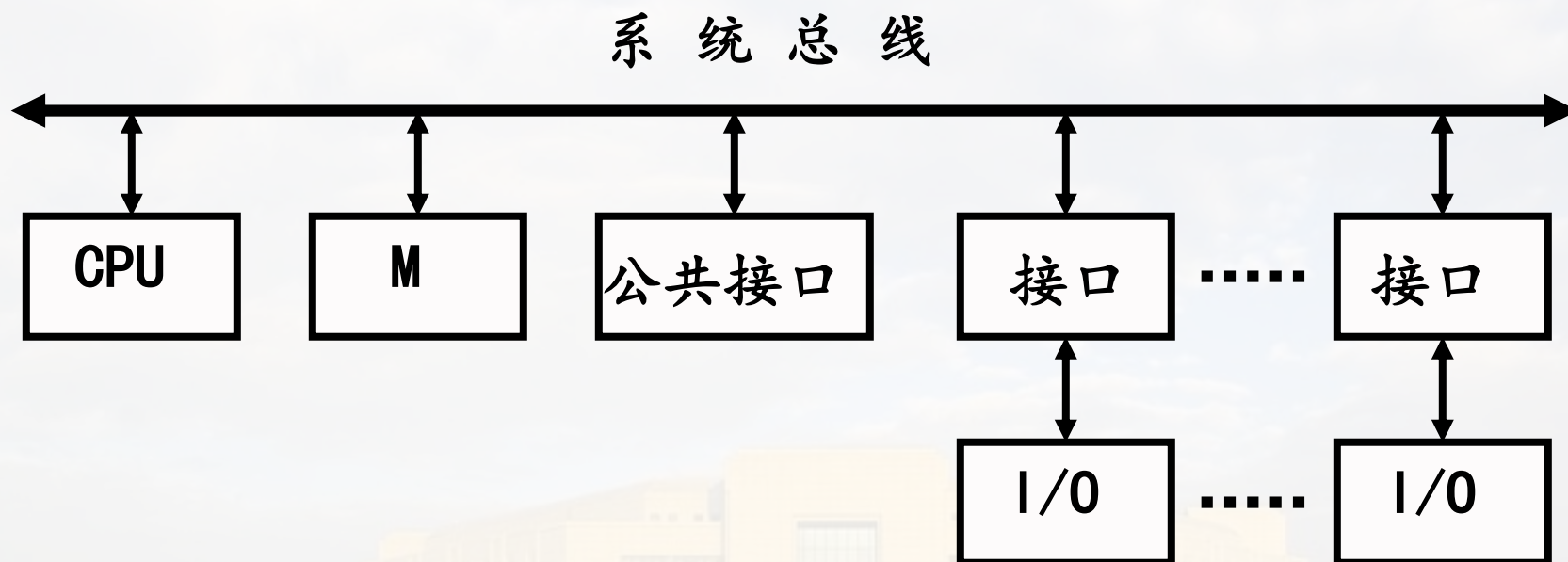


#### 2) 带通道的系统





### 3、模型机系统结构



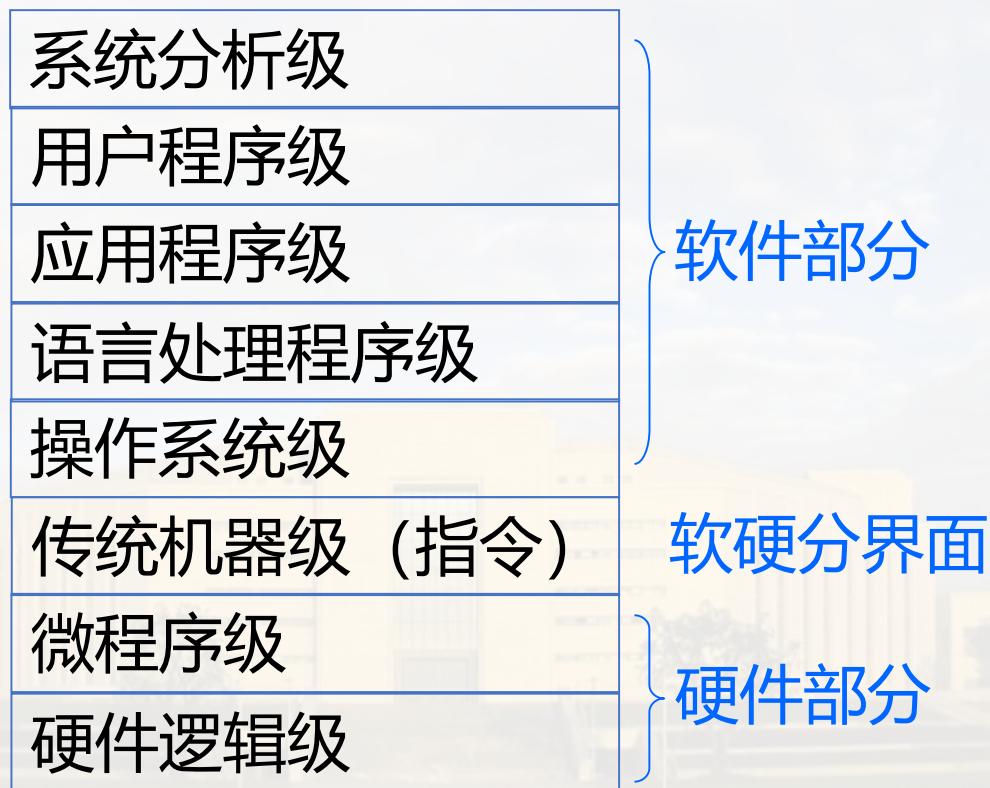
### 1、软件类别

软件分为：系统程序和应用程序。

- **系统程序**：负责系统调度管理，提供运行和开发环境、各种服务，确保系统运行良好。（操作系统、语言处理程序、数据库管理系统、各种标准库、以及服务支撑软件等）
- **应用程序**：利用计算机来解决应用问题所编制的程序，如工程设计程序、数据处理程序、自动控制程序、企业管理程序、情报检索程序、科学计算程序等等。

## 2、硬、软件系统的层次结构

计算机系统是一个由多层次结构组成的系统，其层次结构示意图，见教材图1-11。



### 语言处理程序级几个名词概念

- **翻译程序**：指把高级语言源程序翻译成机器语言程序（目标代码）的软件。
- **翻译程序有两种**：编译程序和解释程序。
- **编译程序**：将高级语言一次翻译成目标程序，每次执行程序的时候，只执行目标程序。
- **解释程序**：将源程序的一条语句翻译成目标代码，并立即执行，然后翻译下一条语句...，直至执行完最后一条语句。程序的执行过程中，不能脱离源程序和解释程序。
- **汇编程序**：将汇编语言的源程序编译成机器语言程序。



### 编程语言

- 机器语言：**二进制代码0/1**表示机器指令。机器语言是计算机唯一可以直接识别和执行的语言。
  - 依赖于机器，难以理解
- 汇编语言：用**助记符**按规定格式表示各种机器指令。汇编语言的源程序必须经过**汇编程序**的编译，将其转换为机器语言后才能被机器执行。
  - ADD、SUB、MUL、DIV等
- 高级语言：用类似**自然语言**的符号表示各种指令。通常高级语言需要经过**编译程序**编译成汇编语言程序，然后再通过汇编程序编译成机器语言。或者有解释程序翻译成机器语言。

## 编程语言

```
swap(int v[], int k)
{
    int temp;
    temp = v[k];
    v[k] = v[k+1];
    v[k+1] = temp;
}
```

编译

```
0000000001010000100000000000011000
000000000000110000001100000100001
10001100011000100000000000000000
100011001111001000000000000000100
10101100111100100000000000000000
101011000110001000000000000000100
000000111110000000000000000001000
```

编译

swap:

```
mul i $2, $5, 4
add $2, $4, $2
lw $15, 0($2)
lw $16, 4($2)
sw $16, 0($2)
sw $15, 4($2)
jr $31
```

汇编

# 4、软件与硬件的逻辑等价性

## 软件的特点

易于实现各种逻辑和运算功能，但是常受到速度指标和软件容量的制约；

## 硬件的特点

可以高速实现逻辑和运算功能，但是实现复杂功能或计算相对困难，受到控制复杂性指标的制约。

传统的软件部分，完全有可能“**固化**”、“**硬化**”



## 1.3 计算机系统的性能指标

---

- 01. 基本字长
- 02. 运算速度
- 03. 数据通路宽度与数据传输率
- 04. 存储容量
- 05. 其他指标



一般是指操作数的基本位数。

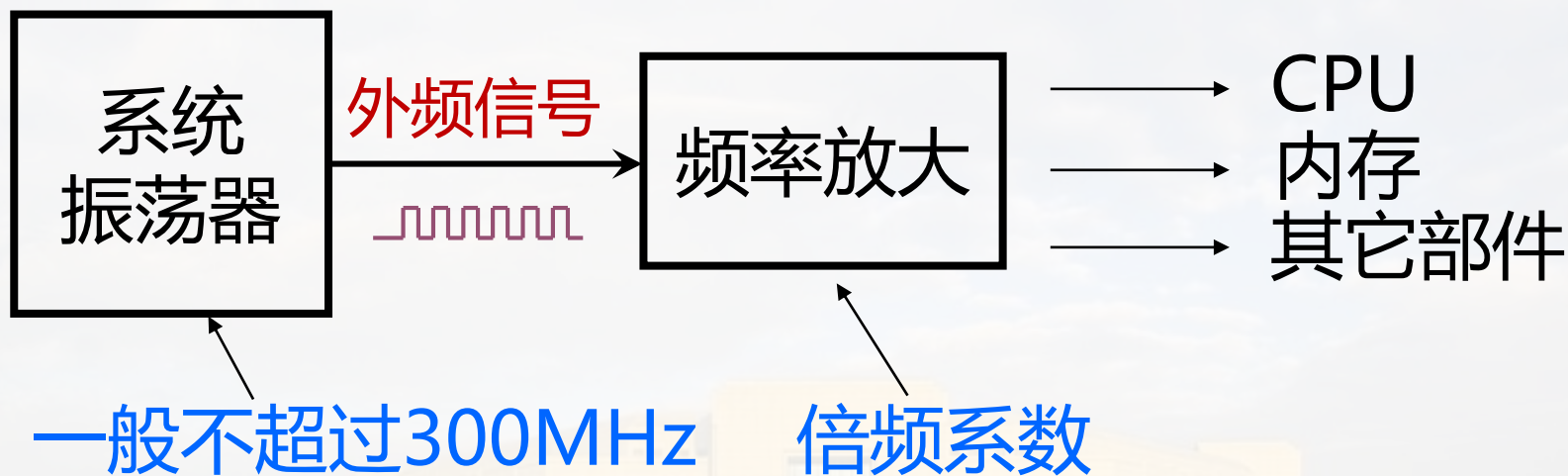
如：8、16、32、64位

它影响计算精度、指令功能



### (1) 外频

外部频率或基频，也叫系统时钟频率。



- (2) **CPU主频**=外频×倍频系数;
- (3) **IPS**, 每秒执行指令数;
- (4) **CPI**, 即Clock-cycle Per Instruction ;
- (5) **FLOPS**, 每秒执行浮点运算的次数;

#### (1) 数据通路宽度

指数据总线一次能并行传送的数据位数。

#### (2) 数据传输率

指数据总线每秒传送的数据量，也称为数据总线的带宽。

公式：

$$\text{总线带宽} = \frac{\text{总线数据通路宽度} \times \text{总线时钟频率}}{8} \quad (\text{BPS})$$

**物理意义：**单位时间内的数据传输量。单位BPS=字节数/秒。  
**字节：**8bit为1字节（Byte），即1Byte包含8bit。  
字节是计算机常用计量单位



### 三、数据通路宽度与数据传输率

#### 【例子】

指令类型	占比	CPI
传输类指令	40%	15
双操作数指令	30%	20
单操作数指令	20%	15
转移类指令	10%	10

假设该I/O程序由200条指令构成，CPU每次执行该程序可并行输出4KB数据。CPU主频32MHz，求I/O带宽。

解答：

平均CPI =  $15 \times 40\% + 20 \times 30\% + 15 \times 20\% + 10 \times 10\% = 16$

程序的时钟周期数T =  $200 \times 16 = 3200$

每秒可执行程序的次数 = 主频 ÷ 每次的时钟周期 =  $32M \div 3200$

I/O带宽 =  $(32M \div 3200) \times 4KB = 40MBps$

### (1) 主存容量 单位：字节

对各个存储单元编上号，即给每个单元赋予一个地址码，叫**编址**。

指存储单元个数 × (位数/8)。

由地址位数决定

由编址单位决定

表示为：字节数（按字节编址）

或 字数 × (字长/8)（按字编址）

### (2) 外存容量

常表示为字节数。

外存容量与地址码位数无关。

(1) 所配置的外围设备  
及其性能指标

(2) 系统软件配置情况





## 小结：计算机的基本概念

---

- 01. 存储程序方式
- 02. 冯·诺依曼体制
- 03. 总线及其组成
- 04. 接口的概念



## 作业

1. 冯·诺依曼思想包含哪些要点?
2. 数字计算机的主要特点是什么?

题号	分数
1大题	15
2大题	15
总分	30



---

# 谢谢观看

---

## 计算机组成原理

2022/9/19



信息与软件工程学院

School of Information and Software Engineering