

# 计算机引论

山东建筑大学  
计算机学院  
秦松

5

# 计算机组成

## 目标

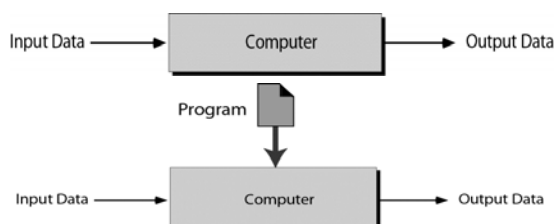
学习完这一章,我们将掌握:

- 区分计算机硬件的三个组成部分.
- 列举每一部分的功能.
- 理解存储器寻址和计算地址空间.
- 区分各种类型的存储器.
- 理解输入输出设备如何工作.
- 理解各单元如何连接在一起.
- 理解输入输出单元的地址.
- 理解程序执行和机器周期.
- 区分程序控制I/O, 终端控制I/O和直接存储器存取(DMA).
- 理解两种主要的体系结构CISC and RISC, 常常用于定义计算机指令集.

## 计算机作为黑盒子

## 计算机作为黑盒子

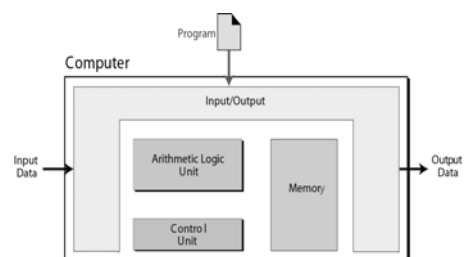
如果不关心计算机的内部结构, 可以简单的认为计算机是一个黑盒子。



程序——用来告诉计算机对数据进行处理的指令集合。是用计算机语言（汇编、C、Pascal、Basic,etc）

## 冯.诺伊曼模型

冯.诺伊曼模型定义了计算机分为四个子系统：存储器、算术逻辑单元、控制单元、输入输出单元。



## 存储程序

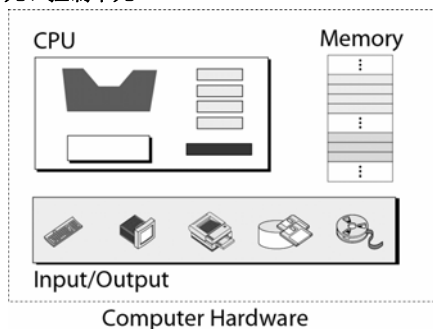
存储程序是诺伊曼的另一杰作。以二进制的格式（0，1序列）存储在存储器中。

## 指令的顺序执行

冯·诺伊曼模型中程序是由一组数量有限的指令组成。指令逐条执行。

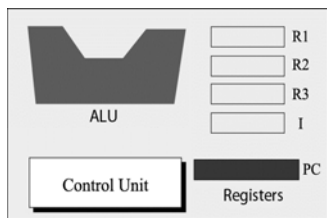
## 计算硬件组成

实际应用中，计算机将被分为中央处理单元（CPU）、主存储器、输入输出三部分。其中CPU包含了算术逻辑单元、控制单元



## 中央处理单元(CPU)

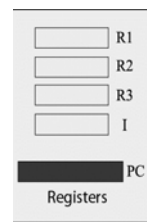
## 中央处理单元(CPU)



ALU算术逻辑运算器：  
执行算术操作和逻辑  
操作

Control unit控制器：  
控制操作的执行

## 寄存器



寄存器：存取极高速，暂存数据（中间结果），配合ALU、CPU工作

可分：数据寄存器（Data Register）用来暂存数据，如R1、R2用于存储输入数据，R3用于存储输出数据。

指令寄存器（Instruction register）I，暂存指令，CPU从内存中逐条取出指令，存储在指令寄存器中，解释并执行指令。

地址寄存器（Address Register）AR，用来存放正要取出的指令的地址或操作数的地址。

通用寄存器（GR），多用途。

累加器 accumulator：用得最频繁的一个寄存器。在进行算术逻辑运算时，它具有双重功能：运算前，用来保存一个操作数；运算后，用来保存结果。

程序计数器（Program Counter/PC）：PC中存放着正待取出的指令的地址。根据PC中的指令地址，准备从存储器中取出将要执行的指令。PC具有自动加1的功能。

## 中央处理器CPU的性能指标

CPU的主要性能指标有：

- |           |           |
|-----------|-----------|
| 1. 主频     | 6. L1高速缓存 |
| 2. 外频     | 7. L2高速缓存 |
| 3. 倍频     | 8. 工作电压   |
| 4. 地址总线宽度 | 9. 协处理器   |
| 5. 数据总线宽度 |           |

## 主频

主频即CPU工作的时钟频率。  
一般说来，主频越高，CPU的工作速度越快。  
主频的单位是MHz或GHz。

## 外频

实际上，计算机的任何部件都按一定的节拍工作。通常是主板上提供一个基准节拍供各部件使用，主板提供的节拍称为外频。

## 倍频

CPU主频是外频的倍数称为CPU的倍频。

CPU的核心工作频率与外频之间存在着一个比值关系，这个比值就是倍频系数，简称倍频。

外频、倍频和主频三者的关系是： $\text{CPU工作频率} = \text{倍频} \times \text{外频}$ 。

## 总线宽度

PC (Personal Computer, 个人计算机) 采用的是总线结构。

地址总线宽度（地址总线的位数）决定了CPU可以访问的存储器的容量。

## 高速缓冲存储器（Cache）

■Cache是位于CPU和内存之间的规模较小但速度很高的存储器。

■现在的存储器系统一般建有一级缓存和二级缓存。

## L1高速缓存

一级缓存即L1 Cache，集成在CPU内部，用于CPU在数据处理过程中对数据的暂时保存，以相同于CPU主频的速度工作。

## L2高速缓存

L2缓存即二级高速缓存，二级缓存的容量较大。通常做在主板上

## 工作电压

工作电压是指CPU正常工作时所需要的电压。早期CPU的工作电压一般为5V，目前CPU的工作电压一般在1.6V~2.8V之间。

## 协处理器

含有内置协处理器的CPU可以加快特定类型的数值计算。Pentium以上的CPU都内置了协处理器。

## 超线程技术

■超线程技术是利用特殊的硬件指令，把两个逻辑内核模拟成两个物理芯片，使芯片同时处理多个线程，提高了CPU的运行效率。

## 改进微处理器

改进微处理器 的两种方法：

1. 提高工作速度

2. 同时处理更多的数据

## 存储器

## 存储器

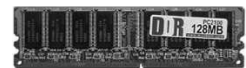
存储器是用来存储的区域。在计算机处理过程中用来存储程序和数据。

## 计算机存储器：概况

- 主存储器
  - 寄存器
  - 高速缓冲存储器
  - 内存
- 辅助存储器
  - 软磁盘
  - 硬磁盘
  - 光盘
  - 磁带
  - 其他形式

## 主存储器：CPU的工作室

主存储器：存储单元的集合。常用的存储介质有半导体器件。



## 地址空间

一个存储器中存储单元的总数是该存储器的存储容量称为地址空间。表示存储容量的单位一般用字或字节。例如，32KB表示32K字节，128KW表示128K字，其中1K=1024。

## Example

一台32 MB (megabytes) 内存的计算机要用多少位来寻址任意字节？

### Solution

内存32 MB, 即 $2^{25}$  ( $2^5 \times 2^{20}$ ). 需要 $\log_2 2^{25}$  即25位。

一台128 MB内存的计算机，计算机字长为8字节，需要多少位来寻址一个字？

### Solution

内存128 MB ( $2^{27}$ ). 每个字是8 ( $2^3$ ) 字节，就是需要 $2^{24}$  个字. 需要 $\log_2 2^{24}$  即24位来标识每个字。

## RAM（随机存取存储器）芯片——“老师上课时使用的黑板”

- **RAM（随机存取存储器）**：用户可按指定地址读写数据、断电丢失数据。
- 所谓“计算机内存大小”或“主存储器”，主要就是指计算机所配的RAM容量。

## 内存：常见类型

- 主存使用CMOS（互补金属氧化物半导体）技术制造。常见类型有——
- **DRAM（动态随机存取内存）** 用电容器技术，速度慢，价格低。
- **SDRAM（同步动态随机存取内存）** 用传统的触发器门电路速度快，价格贵。
- **DDR（双倍速率SDRAM）**

## ROM（只读存储器）芯片——“老师上课时使用的书本”

- **ROM（又称为“firmware”，固件）**中保存的内容不会被用户修改。
- 内容由制造商写入，用户只能读，断电后数据可保存，如开机时运行的引导程序

## ROM的三种变型...

- **PROM（可编程只读存储器）**  
用户可借助仿真器等特殊的设备将程序内容一次性写入其中，之后便永久保存不可修改。
- **EPROM（可擦除型PROM）**  
同PROM，但写入的内容可以通过紫外线擦除后重写。
- **EEPROM（电可擦除型PROM）**  
同上，但写入的内容可通过电脉冲擦除后重写。

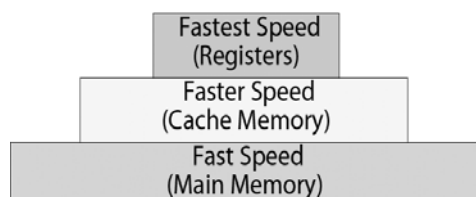
## 存储器的层次结构

采用存储器的层次结构：

对速度要求苛刻的部分是用少量高速存储器，如CPU的寄存器

用适量的中速存储器存储经常需要访问的数据，如高速缓冲存储器

用大量的低速存储器存储大量数据，如主存



## 高速缓冲存储器

高速缓冲存储器：存取速度比主存快，比寄存器慢，通常容量较小，常置于主存和CPU之间

CPU存取主存的步骤：

- 1、检查高速缓存
- 2、存在则复制，不存在则从主存中拷贝从要读取的内容开始的数据块，覆盖高速缓存的内容
- 3、CPU从高速缓存读取这个字

## INPUT / OUTPUT

## 输入输出子系统

输入输出子系统：使计算机与外部世界进行沟通的设备的集合。分为非存储设备和（辅助）存储设备

## 辅助存储设备

辅助存储设备：分为输入/输出设备，可存储大量信息，价格低且不易丢失。主要有磁介质和光介质。也叫辅助存储器。

## 磁介质存储设备

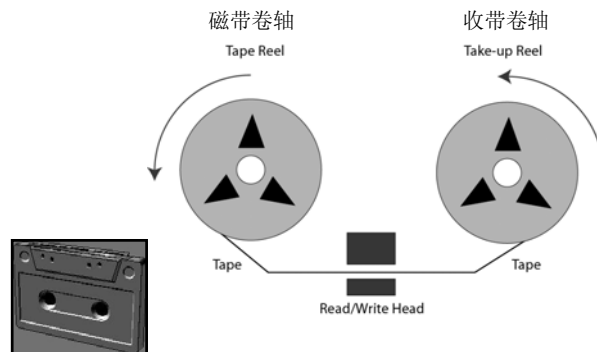
使用磁性来存储数据位，有磁性表示1，无磁性表示0，通过磁头读写。

## 格式化方法

- MS-DOS状态下
- **format a:**
- Windows桌面“我的电脑”窗口中
- 在A盘图标上按鼠标右键，选取“格式化”菜单项。



## 磁介质存储设备



## 磁介质存储设备

### 磁带文件的顺序性

由于磁带必须在两个轮盘之间有条不紊地传送、盘绕才能完成读写操作，这就决定了磁带记录的顺序性。速度慢，价格便宜。

## 光存储设备

光存储设备应用激光在某种介质上写入信息,然后再利用激光读出信息，这种技术称为光存储技术。

### •光盘的分类

- (1)只读型光盘(CD-ROM, DVD-ROM)
- (2)只写一次型光盘(CD-R, DVD-R)
- (3)可擦写型光盘(CD-RW, DVD-RW)

### •CD<=800M

•DVD目前是“数字多功能光盘”(Digital Versatile Disc)的简称。DVD可以分为单面单层、单面双层、双面单层和双面双层四种物理结构。单面单层的DVD容量为4.7GB,而双面双层的DVD容量高达17GB(约为CD的26倍)。=

## CD-ROM的速度

单倍速称为1x

Speed	Data Rate		Approximation
1x	153,600	bytes per second	150 KB/s
2x	307,200	bytes per second	300 KB/s
4x	614,400	bytes per second	600 KB/s
6x	921,600	bytes per second	900 KB/s
8x	1,228,800	bytes per second	1.2 MB/s
12x	1,843,200	bytes per second	1.8 MB/s
16x	2,457,600	bytes per second	2.4 MB/s
24x	3,688,400	bytes per second	3.6 MB/s
32x	4,915,200	bytes per second	4.8 MB/s
40x	6,144,000	bytes per second	6 MB/s

## 非存储设备

非存储设备使得CPU/内存和外界通信，但它不能储存信息

## 输入输出

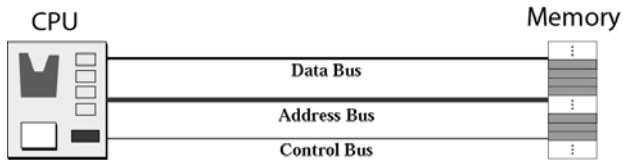
输入负责从计算机外部接受输入数据。输出负责将计算机处理的结果输出到计算机外部去。

## 子系统的内部连接



## CPU和主存之间的连接

CPU和主存之间通过总线连接。  
总线是信号线的集合，是模块间传输信息的公共通道，通过它实现计算机各部件之间的通信，进行各种数据和命令的传送，这组公共信号线就称为总线；包括地址总线、数据总线和控制总线三组。



## CPU和主存之间的连接

- (1) 数据线 传送数据和代码信息的信号线称为数据线。
- (2) 地址线 计算机传送地址信息的信号线。
- (3) 控制线 传送状态和控制信号的信号线。

## 常用的几种控制器

SCSI(small computer system interface):小型计算机系统接口，是一个8、16或32的并行接口。连接连两端要有终结器，每个设备有唯一地址

## 常用的几种控制器

FireWire(火线): IEEE标准1394规定的串行接口。是一种高速串行接口，数据采用数据包形式传送，速度高达50MB/每秒，只用1根线可连接63个设备

## 常用的几种控制器

USB(Universal serial bus controller): 通用串行总线控制器。是4线总线，2条用于供电，USB有两个规范，即USB1.1和USB2.0。  
USB1.1是目前较为普遍的USB规范，传输速率为1.5Mbps  
USB2.0传输速率达到了480Mbps。

## I/O设备寻址

CPU使用相同的总线，所以要进行寻址  
包括I/O独立寻址、I/O存储器映射寻址  
I/O独立寻址是用与存取主存不同的指令

## I/O设备寻址

I/O存储器映射寻址：是用与存取主存相同的指令，通过与主存统一编制实现。

## 计算机硬件

## 计算机硬件



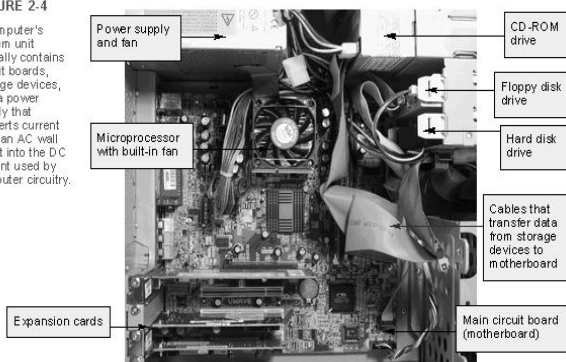
## 计算机硬件



## 计算机硬件

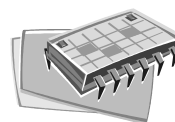
FIGURE 2-4

A computer's system unit typically contains circuit boards, storage devices, and a power supply that converts current from an AC wall outlet into the D.C. current used by computer circuitry.



## 主板上的重要芯片：BIOS

- BIOS(Basic Input & Output System,基本输入/输出系统) 芯片。
- 它是一组固化到计算机内主板上一个ROM芯片上的程序，它保存着计算机最重要的基本输入输出的程序、系统设置信息、开机上电自检程序和系统启动自举程序，为计算机提供最低级的、最直接的硬件控制。



## 程序执行

## 指令系统

- 一台计算机支持(或称使用)的全部指令构成该机的指令系统。

## 程序执行

执行程序通过输入数据完成指令产生输出数据，程序和数据都放在内存中。

CPU利用重复机器周期来执行程序指令

## 机器周期

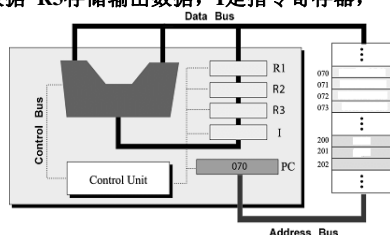
- 机器周期
- 一步一条，**from begin to end**，简化后分三步：取指令、译码、执行，
- 取指令：控制单元命令系统将下一条要执行的指令复制到CPU的指令寄存器中。被复制指令的地址保存在PC(程序计数器)中。复制完成后，PC自动加1指向内存中的下一指令。
- 译码：由控制单元进行译码，产生系统可以执行的二进制代码。
- 执行：控制单元发送工作命令到CPU的某个部件，进行具体的操作

## Example

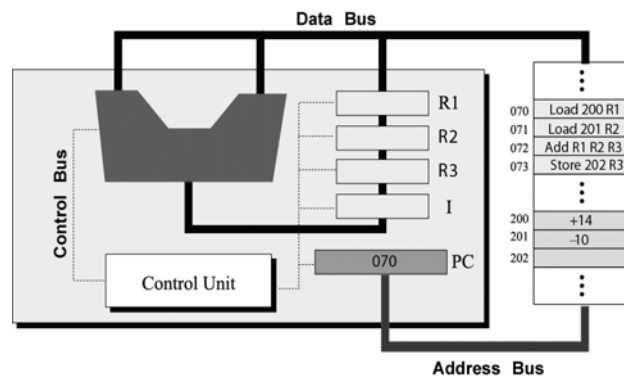
例子：两个整数相加，执行时指令和数据都在内存中，结果也放在内存中。

至少需要4条指令，为了简化，我们使用十进制，令存储在内存的70、71、72、73号单元中，输入数据放在200、201号单元中，输出结果放在202单元中

寄存器R1 R2 存储输入数据 R3存储输出数据，I是指令寄存器，PC是程序计数器

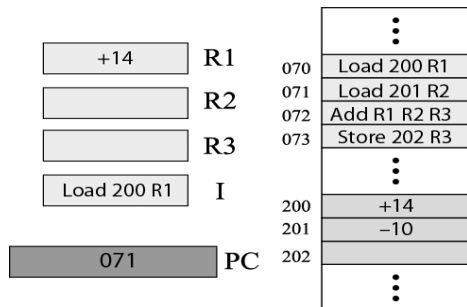


## 执行前内存和寄存器中的内容



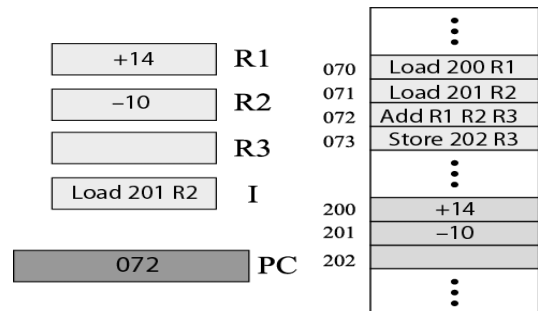
### 执行前内存和寄存器中的内容

取指令  
译码  
执行



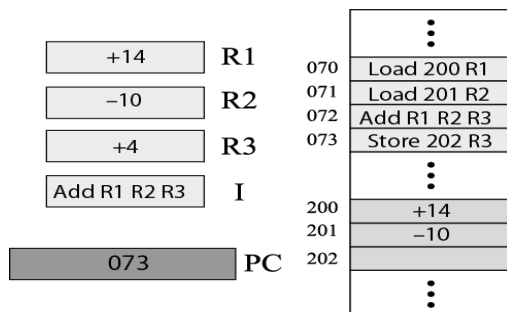
a. After first instruction

### 执行前内存和寄存器中的内容



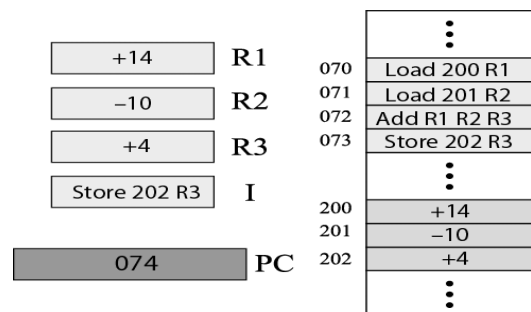
b. After second instruction

### 执行前内存和寄存器中的内容



c. After third instruction

### 执行前内存和寄存器中的内容



d. After fourth instruction

### 输入输出操作

I/O设备与CPU和主存速度不匹配，必须同步

同步方法：程序控制输入输出

中断控制输入输出

直接存储器存取（DMA）

### 程序控制输入输出

程序控制输入输出

CPU遇到I/O指令，停止工作，  
不时查询I/O状态，直到数据  
传输，并完成

## 中断控制输入输出

中断控制输入输出  
CPU遇到I/O指令，不停止工作，不查询I/O状态，由I/O以中断方式通知CPU，大大提高了CPU的效率

## DMA

DMA控制器在准备好传输数据通知CPU取得总线控制权，直接传输。CPU在DMA和主存传输数据时短时空闲

## 两种不同的体系结构

### 体系结构

体系结构是程序员所看到的计算机的属性，即概念性结构与功能特性。

计算机经过多年的发展，主导的有CISC(complex instruction set computer)复杂指令集计算机和RISC(reduced instruction set computer)精简指令集计算机。

**CISC(complex instruction set computer):** 复杂指令集计算机。使用大量指令，包括复杂指令，程序设计较其他容易；指令的复杂性使得CPU和控制单元的电路非常复杂。INTEL

**RISC(reduced instruction set computer):** 精简指令集计算机。使用少量指令，程序设计较其他难。Apple公司的PowerPC。