

《计算机导论》学习辅导二

微型计算机的硬件结构

计算机系统由硬件和软件两大部分组成。

硬件是指计算机的实体部分，是由各种电子元器件、光、电、机设备构成的物理装置。它们是看得见、摸得着的实体。如集成电路芯片、印制电路板、磁盘驱动器、显示器、键盘等。它们组成了计算机的硬件系统，是计算机的物质基础。

1. 冯·诺依曼结构

计算机组成原理讨论的基础就是冯·诺依曼体系结构的计算机，其基本设计思想就是存储程序和程序控制，具有以下特点：

(1) 采用二进制形式表示数据和指令

在存储程序的计算机中，数据和指令都是以二进制形式存储在存储器中的。从存储器存储的内容来看两者并无区别，都是由 0 和 1 组成的代码序列，只是各自约定的含义不同而已。计算机在读取指令时，把从计算机读到的信息看作是指令；而在读取数据时，把从计算机读到的信息看作是操作数。数据和指令在软件编制中就已加以区分，所以正常情况下两者不会产生混乱。有时我们也把存储在存储器中的数据和指令统称为数据，因为程序信息本身也可以作为被处理的对象，进行加工处理，例如对照程序进行编译，就是将源程序当作被加工处理的对象。

(2) 采用存储程序方式

这是冯·诺依曼思想的核心内容。如前所述，它意味着事先编制程序，事先将程序(包含指令和数据)存入主存储器中，计算机在运行程序时就能自动地、连续地从存储器中依次取出指令且执行。这是计算机能高速自动运行的基础。计算机的工作体现为执行程序，计算机功能的扩展在很大程度上也体现为所存储程序的扩展。计算机的许多具体工作方式也是由此派生的。

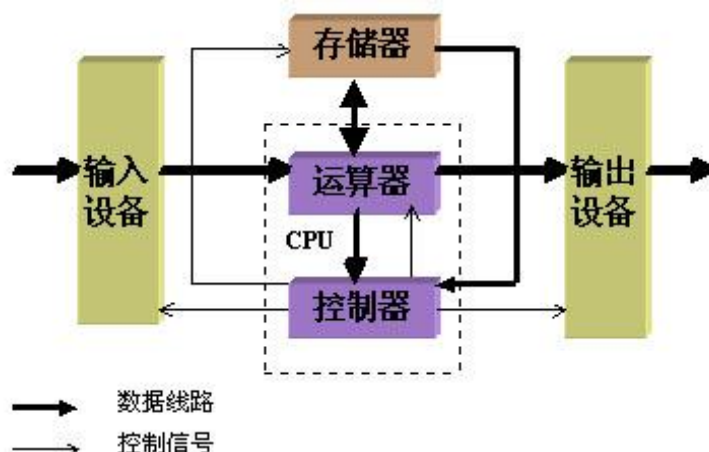
冯·诺依曼机的这种工作方式，可称为控制流(指令流)驱动方式。即按照指令的执行序列，依次读取指令，然后根据指令所含的控制信息，调用数据进行处理。因此在执行程序的过程中，始终以控制信息流为驱动工作的因素，而数据信息流则是被动地被调用处理。为了控制指令序列的执行顺序，设置一个程序(指令)计数器 PC(Program Counter)，让它存放当前指令所在的存储单元的地址。如果程序现在是顺序执行的，每取出一条指令后 PC 内容加 1，指示下一条指令该从何处取得。如果程序将转移到某处，就将转移的目标地址送入 PC，以便按新地址读取后继指令。所以，PC 就像一个指针，一直指示着程序的执行进程，也就是指示控制流的形成。虽然程序与数据都采用二进制代码，仍可按照 PC 的内容作为地址读取指令，再按照指令给出的操作数地址去读取数据。由于多数情况下程序是顺序执行的，所以大多数指令需要依次地紧挨着存放，除了个别即将使用的数据可以紧挨着指令存放外，一般将指令和数据分别存放在该程序区的不同区域内。

(3) 由运算器、存储器、控制器、输入设备和输出设备五大部件组成计算机系统，并规定了这五部分的基本功能。

上述这些概念奠定了现代计算机的基本结构思想，到目前为止，绝大多数计算机仍沿用这一体制，即冯·诺依曼型计算机体制。

2. 微机系统的基本硬件组成

典型的冯·诺依曼计算机是以运算器为中心的，各部分相互连接框图为：



(一) CPU (Central Processing Unit)

通常把运算器和控制器称为中央处理器（简称 CPU），CPU 是计算机的核心部件。运算器的基本任务是数据加工，进行算术运算和逻辑运算；控制器主要功能是指令控制、操作控制和时间控制，依据指令指挥各部件有序有效工作。

CPU 的型号有很多，依制造商及性能的不同而不同，例 Cyrix 486、intel PentiumIII、intel PentiumIV 等。CPU 主振频率是决定计算机运算速度的主要因素，以兆赫(MHz)来度量，1MHz 表示每秒一百万周期。每一型号的 CPU 都有几种速度模式。速度越快，计算机的计算速度就越快。

(1) 运算器 运算器是一个数据加工部件，主要完成二进制算术运算及逻辑运算。运算器的位数越多，计算的精度就越高，但是所费电子器件也越多，成本就高。目前计算机的运算长度一般为 8 位、16 位、32 位或 64 位。

(2) 控制器 控制器是计算机的决策部件，通过指令译码产生各操作控制信号，控制各部件有条不紊地工作。具体功能是：依次从内存中读出一系列指令，并进行解释和处理，然后向计算机各部件发出相应的控制信号，有序地控制各部件完成规定的操作。同时计算机还应具有响应外部突发事件的能力，控制器能在适当的时刻响应这些外部的请求，并作出处理。

(二) 存储器

计算机的存储器用来存储以二进制形式表示的数据和程序。设计目标：容量大、速度快、成本低。为解决容量与成本的矛盾：将存储器由内存储器和外存储器构成。

(1) 内存储器 由半导体存储器构成；特点：速度快，但成本高；程序和数据运行时，存放在内存中。

(2) 外存储器 由磁盘、磁带、光盘等构成；特点：容量大、成本低，可脱机保存信息；存放暂时不用的程序和数据。

为解决速度和成本的矛盾，将内存储器由主存和 Cache 构成。Cache 即高速缓冲存储器，由速度更快的半导体存储芯片构成，以便与 CPU 速度匹配。因为价格较高，所以容量较小，作为主存的一个副本存放 CPU 最近经常访问的一些信息。因此，计算机存储器是一个存储体系，可由三级存储器构成，即：主存、Cache、外存。

① 主存储器

主存储器安装在主板上，可直接与 CPU 交换信息，因此通常存放常用的和当前要用的数据和程序。主存储器一般由半导体器件构成，最基本的单元是一个记忆二进制数码 (0 或 1) 的记忆元件，它所记忆的是二进制信息中的一个数位 (bit)，称为存储元。若干个存储元

组成一个存储单元，微机中的一个存储单元通常为 8 bit，存放一个“字节”(Byte, 简称 B) 的二进制信息。

$$1 \text{ Byte} = 8 \text{ bit}$$

微机中，存储器容量常以字节为单位计量，常用单位有：KB、MB、GB、TB，这里的 K 是 Kilo（千）的缩写，但它表示 $2^{10}=1024$ 。换算关系如下：

$$1024 \text{ B} = 1\text{KB}$$

$$1024 \text{ KB} = 1\text{MB}$$

$$1024 \text{ MB} = 1\text{GB}$$

$$1024 \text{ GB} = 1\text{TB}$$

存储器的操作是一个不断存入与取出的过程，我们把数据和程序存入的操作称为“写”操作；反之称为“读”操作。存储器的读写操作是按地址进行的。计算机以存储单元进行编址，即每个存储单元有一个唯一的地址编号。我们以地址来访问存储器，就能保证正确无误地读写信息了。访问存储器的地址信号是由 CPU 按执行指令的需要给出，并通过地址总线送往存储器的；而数据则是通过数据总线进行传送的。

计算机的主存储器由两类存储器构成：

随机存取存储器(Random Access Memory), 简称 RAM。这类存储器可读可写，可供随机使用。但 RAM 是一种易失性存储器，一旦关机断电，RAM 中所存信息就会全部消失。

只读存储器(Read Only Memory), 简称 ROM。这类存储器只能读出不能写入，它所存放的信息是由专用编程器预先写入的，计算机在工作中只能读出。ROM 是非易失性存储器，即使断电，其所存信息也不会丢失。我们常用它来存放一些数据、表格、基本设备驱动程序或监控程序。

②Cache

随着 CPU 速度的提高，我们希望存储器的速度也能与之相匹配。但是如果将大容量的内存储器整体提高速度，显然成本就会明显上升。为了解决速度与成本的矛盾，引入了 Cache。现在计算机中的 Cache 又可分为 CPU 片内 Cache(主高速缓存)和片外 Cache(次高速缓存)，CPU 可从片内 Cache、片外 Cache 或主存储器中获取信息。片内 Cache 由最快的存储器组成，这些芯片内保存了少量的 CPU 最近使用过的信息。当 CPU 需要访问存储器时，首先查看片内 Cache，片内 Cache 提供了 CPU 获取信息的最快形式。片外 Cache 由主板上的快速 SRAM 组成，这些芯片储存了 CPU 最近使用过的信息。当 CPU 在片内 Cache 中找不到所需信息时，则到片外 Cache 中寻找。片外 Cache 比片内 Cache 速度稍慢，但比主存储器要快得多。如果 CPU 在片外 Cache 还找不到所需信息时，则再到较慢的主存储器中寻找。每次 CPU 访问较慢的主存储器都将把该信息所在块的内容复制到更快的 Cache 行中(主存块的大小等于 Cache 行的大小)。通过不断更新，使 Cache 总含有最近被 CPU 用过的信息。Cache 的引入，减少了 CPU 到主存储器获取信息的时间。

③外存储器

计算机接有外存储器，以扩大存储容量。计算机的外存储器有软盘(Floppy Disk)存储设备、硬盘(Hard Disk)存储设备和光盘(CD-ROM)存储设备等。计算机的外存储器也可归类为输入输出设备，因为它不能直接与 CPU 交换信息，所存信息必须先通过接口送入内存，才能由 CPU 访问。

软盘存储设备 软盘是一种利用磁记录存储数据的可更换设备。目前常用的是 3.5 英寸软盘，一张盘片的存储容量为 1.44MB。我们可利用软盘片传输数据，将数据从一台计算机传输到另一台计算机中；也可用来备份(Backup)数据，当需要时再重新输入计算机。在使用软盘片存储数据之前，必须将其格式化。格式化是将软盘片划分磁道和扇区，以便于计算机存储和查找数据。通常在软盘片上设有一个“写保护”的小滑块，如将它滑到“写保护”位置，则禁止对软盘进行写操作，目的是保护盘内所存信息不被破坏。软盘要远离磁场，也不要放置在太冷或太热的地方，否则将会丢失盘片内信息。

硬盘存储设备 硬盘与软盘一样也是利用磁记录存储数据的。硬盘驱动器在一叠旋转的磁盘上利用读/写头读取和记录数据，微机中使用的硬盘存储设备其盘片和驱动器通常

封装在一起。它的存储容量可达几十个 GB。

光盘存储设备 光盘是利用光学原理记录数据的。光盘驱动器是一种读取存储在光盘上数据的设备。大多数光盘驱动器放置在主机箱内，也有外置式光盘驱动器，通过电缆与计算机相连。一张光盘能存储 600MB 以上的数据（相当于一套百科全书）。这为我们装载新程序提供了方便。一个原需要二十多张软盘才能装载完的程序现可轻而易举地放在一张光盘上了。光盘主要用来存储多媒体信息，通常由厂家将程序、文字、图形、照片、声音等结合在一起，事先刻录好作为产品出售，从而为信息交流提供了很有效的方法。

（三）输入输出设备

输入输出设备是计算机与外界联系的桥梁，外设通过接口与系统总线相连。一般将输入设备、输出设备以及外存储器统称外围设备 (Peripheral)，外围设备的种类很多，计算机可根据应用需要配接。

（1）输入设备 输入设备是将人们要求计算机处理的各种信息，转换为计算机能接受的二进制码送入内存。常用的输入设备有：键盘 (Keyboard)、鼠标 (Mouse)、光笔、扫描仪 (Scanner) 等。键盘和鼠标通常是计算机配置的基本设备。

- 利用键盘键入字母、数字、符号，可向计算机输入数据和指令；
- 鼠标是一种能让你在屏幕上定位并选择项目的手动设备，当你在桌子上移动鼠标时，屏幕上的鼠标指针也将按同样的方向移动，以便你选择所需的项目。

（2）输出设备 输出设备是将计算机处理的结果以人们所希望的形式（数字、符号、图象、声音等）输出。常用的输出设备有：显示器 (Monitor)、打印机 (Printer)、绘图仪 (Plotter) 等。而显示器通常是计算机配置的基本设备。

- 显示器与视频显示卡协同工作，可将计算机运行的结果以文本或图象的形式显示出来。
- 当我们需要在纸上打印信息时，就要使用打印机。常用的打印机有点阵式打印机、激光打印机和喷墨打印机。

微型计算机的软件系统

软件是人们根据解决问题的方法、思路 and 过程编写的具有特殊功能的信息有序集合（程序）。软件是一台计算机工作所必不可少重要组成，它极大地延伸计算机硬件的功能。计算机软件技术的发展使计算机硬件的功能得到充分发挥，提高了计算机的工作效率。软件已成为评价计算机系统好坏的重要标志。

计算机软件常常分为系统软件和应用软件两大类。

系统软件用于实现计算机系统的管理、调度、监视和服务等功能，其目的是方便用户，提高计算机使用效率，扩充系统的功能，通常将系统软件分为以下六类。

1) 操作系统

操作系统是控制和管理计算机各种资料、自动调度用户作业程序，处理各种中断的软件。目前比较流行的操作系统有 Dos 操作系统、Unix 操作系统和 Windows 操作系统。

2) 语言处理程序

计算机能处理的语言与机器能直接执行的语言并不一致，计算机能处理的语言很多，如汇编语言、Basic 语言、Fortran 语言、C 语言等，用这些语言编制的程序叫源程序。而计算机能识别和处理的语言成为机器语言，机器语言是用“0”或“1”代码按一定规则组成的信息组，用机器语言编制的程序能够在机器上直接运行（称为目标程序）。语言处理程序的任务，就是将源程序翻译成目标程序。不同语言的源程序，对应有不同的语言处理程序。

3) 标准库程序

为方便用户编制程序，通常将一些常用的程序按照标准的格式预先编制好，组成一个标

准程序库，存入计算机系统中，需要时由用户选择合适的程序段嵌入自己的程序中，既省事，又可靠。

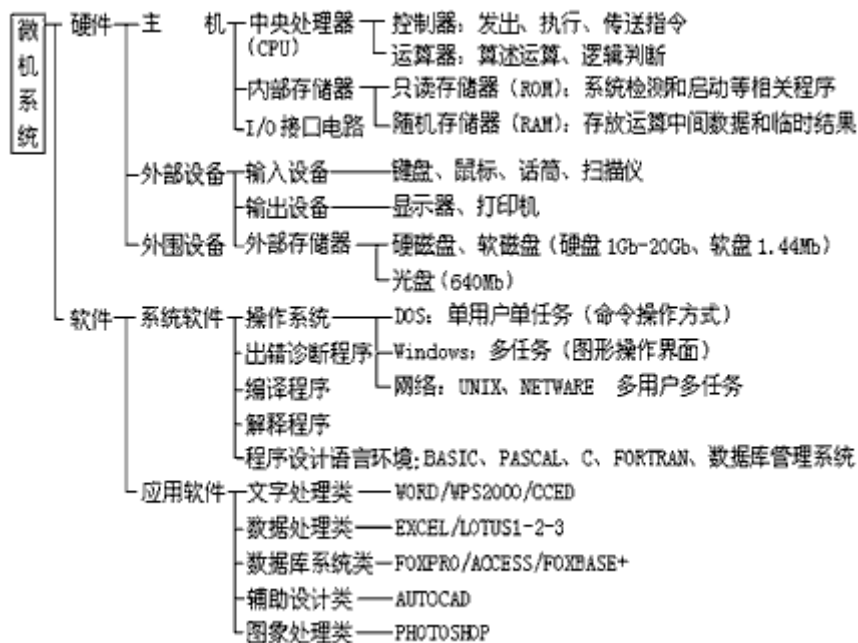
4) 服务性程序

也称工具软件，扩大了机器的功能，一般包括诊断程序、调试程序等。

5) 数据库管理系统

6) 计算机网络软件

总之，软件系统是在硬件系统的基础上，为有效地使用计算机而配置的，没有系统软件，计算机系统无法正常地、有效地运行，没有应用软件，计算机就不能发挥效能。应用软件是用户为解决某种应用问题而编制的程序。如科学计算程序、自动控制程序等、数据库应用软件等。



CPU 的出现和发展

1971 年，Intel 公司的工程师 Hoff（霍夫）研制成功世界上第一个 4 位的微处理器芯片 4004，它集成了 2300 个晶体管。4004 内部指令是 8 位的。4004 拥有 46 条指令，1K 数据内存和 4K 程序内存（数据内存和程序内存分开），运行时钟频率达到了 740kHz，能进行二进制编码的十进制数学运算。随后英特尔发布了 8 位的微处理器 8008。1974 年，英特尔公司在 8008 的基础上研制出了 8080 处理器，它拥有 16 位地址总线和 8 位数据总线。

1970 年 Fairchild（仙童）公司制作出第一个半导体存储芯片，能够存储 256 位二进制信息。1974 年后，半导体存储器位密度不断提高，存储芯片的容量经历了 1K、4K、16K、64K、256K、1M、4M、16M、64M、128M 和 256M 这几个阶段，与此同时，存储时间和价格显著下降。

微处理器和存储芯片的出现促使微型计算机的出现。1971 年 Intel 公司利用 4004 设计了 MCS-4 微型计算机，随后又用 8008 设计了 MCS-8 微型计算机。70 年代中期以后，相继出现了 8080、8085、6502、6800、Z80 等高性能的 8 位微处理器，同期比较有名的微型计算机有 Apple-II、CROMEMCO-80 等。

Intel 公司是最有名的微处理器制造商，其典型产品有：

8080：1974 年，世界上第一个通用的微处理器，；

8086: 1978 年, 16 位, 集成度 2.9 万, 地址 20 位, 6 字节指令队列, 主频 4.77MHz, 配有协处理器 8087。

8088: 1979 年, 准 16 位 (外部 8 位), 集成度 2.9 万, 地址 20 位, 4 字节指令队列, 主频 4.77MHz, 可配协处理器 8087。

80286: 1982 年, 16 位, 集成度 13.4 万, 地址 24 位, 可用实际内存 16 MB, 虚拟内存 1GB, 主频 6-20MHz, 配有协处理器 80287。

80386: 1985 年, 32 位, 集成度 27.5 万, 地址 32 位, 可用实际内存 4GB, 虚拟内存 64TB, 主频 25MHz、33MHz、40MHz、50MHz, 配有协处理器 80387。

80486: 1989 年, 32 位, 集成度 120 万, 地址 32 位, 可用实际内存 4GB, 虚拟内存 64TB, 主频 25MHz、33MHz、40MHz、50MHz、66MHz。使用了复杂的 Cache 技术和指令流水技术。后期的处理器内部嵌入了协处理器 80487。

Pentium: 1993 年, 准 64 位, 集成度 310 万, 主频 66MHz、100MHz、133MHz、166MHz。采用动态执行 RISC/CISC 技术、分支预测、指令流分析、推理性执行和二级 Cache 等技术。

PentiumII: 1997 年, 准 64 位, 集成度 750 万, 主频 233MHz、266MHz、300MHz、400MHz、450MHz。

PentiumIII: 1999 年, 准 64 位, 集成度 1200 万, 主频 450MHz、500MHz、550MHz、600MHz、733MHz、800MHz、933MHz、1GHz、1.1GHz。

PentiumIV: 2001 年, 准 64 位, 集成度 4200 万, 主频 1.6GHz、1.7MHz、1.8MHz、2.0GHz、2.4GHz、2.6GHz、2.8MHz、3.0GHz、3.6GHz。

从 1978 年推出的 8086 处理器以来, 几乎每三年处理器的性能提高 4—5 倍, 但计算机的其他部件性能提高的速度要慢得多, 因此必须不断调整计算机的组成结构, 以弥补不同部件性能不匹配的问题。

微型计算机的主要技术指标

1. 字长

机器字长指 CPU 一次能处理数据的位数, 通常与 CPU 的寄存器位数有关。

字长越长, 数的表示范围越大, 精度也越高。

机器字长也会影响机器的运算速度, 增大字长通常会提高机器的运算速度。

机器字长对硬件造价有较大的影响, 它直接影响到加法器 (或 ALU)、数据总线以及存储器的位数。

2. 存储器容量

存储器的容量包括主存容量和辅存的容量。

主存容量指主存中能够存放二进制代码的总数, 即

$$\text{主存容量} = \text{存储单元个数} \times \text{存储长度}$$

主存中 MAR 的位数反映了存储单元的个数, MDR 的位数反映了存储字的长度。例如 MAR 为 16 位, 表示存储器的最大容量位 $2^{16}=65536$ (可称为 64K 内存, $1K=1024$)。若 MDR 为 32 位, 则表示最大的存储容量为: $2^{16} \times 32=2M$ 位 ($1M=1024 \times 1024=2^{20}$)。

3. 运算速度

计算机的运算速度与许多因素有关, 如机器的主频、执行何种操作、主存本身的速度 (主存速度快, 取指令、取数据就快) 等有关。

早期的计算机速度用完成一次加法或乘法运算的时间来衡量运算速度, 后来用吉普森 (Gibson) 法, 它综合考虑了每条指令的执行时间以及他们在全部操作中所占的百分比, 即

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

$$i=1$$

T_M 为机器运行速度

f_i 为第 i 种指令占全部操作的百分比

t_i 为第 i 种指令的执行时间

现在机器的运行速度, 普遍采用单位时间内所执行指令的平均调数来衡量, 单位为 MIPS (Million Instruction Per Second), 即每秒执行百万条指令。

也有用 CPI (Cycle Per Instruction), 即执行一条指令所需的时钟周期数来表示。或用 FLOPS (Floating Point Operation Per Second), 即每秒浮点运算次数来衡量。