

Chapter 3

第3章 计算机系统的基本组成

计算机系统由硬件和软件两方面组成。硬件系统包括计算机的各个功能部件；软件系统包括系统软件和应用软件。

3.1 计算机硬件

3.1.1 冯·诺依曼体系结构

冯·诺依曼理论的要点是：数字计算机的数制采用二进制；计算机应该按照程序顺序执行。

人们把冯·诺依曼的这个理论称为冯·诺依曼体系结构。冯·诺依曼体系结构如图 3-1 所示。从 ENIAC 到当前最先进的计算机，采用的都是冯·诺依曼体系结构。所以，冯·诺依曼是当之无愧的数字计算机之父。

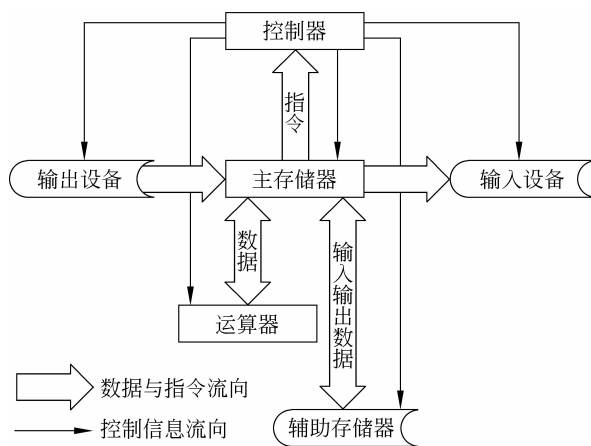


图 3-1 冯·诺依曼体系结构图

根据冯·诺依曼体系结构构成的计算机，必须具有如下功能。

- (1) 把需要的程序和数据送至计算机中。
- (2) 必须具有长期记忆程序、数据、中间结果及最终运算结果的能力。
- (3) 能够完成各种算术、逻辑运算和数据传送等数据加工处理的能力。
- (4) 能够根据需要控制程序走向，并能根据指令控制机器的各部件协调操作。
- (5) 能够按照要求将处理结果输出给用户。

为了完成上述的功能，计算机必须具备 5 大基本组成部件。

- (1) 输入设备,是用来输入程序和数据的部件。
- (2) 运算器,又称算术逻辑部件,简称 ALU,是计算机用来进行数据加工处理的部件。
- (3) 存储器,是计算机中具有记忆能力的部件,用来存放数据或程序;存储器就是一种能根据地址接收或提供指令或数据的装置。
- (4) 控制器,是计算机的指挥系统,计算机的工作就是在控制器下有条理地协调工作的。
- (5) 输出设备,是用来输出结果的部件。

计算机系统的工作原理:是将预先编好的程序和原始数据,输入并存储在计算机的主存储器中(即“存储程序”);计算机按照程序逐条取出指令加以分析,并执行指令规定的操作(即“程序控制”)。这一原理,称为“存储程序”原理,是现代计算机的基本工作原理,至今的计算机仍采用这一原理。

计算机的工作过程可以归结为以下几步。

- (1) 控制器控制输入设备,将数据和程序从输入设备输入到主(内)存储器。
- (2) 在控制器指挥下,从存储器取出指令送入控制器。
- (3) 控制器分析指令,指挥运算器、存储器执行指令规定的操作。
- (4) 运算结果由控制器控制,送存储器保存或送输出设备输出。
- (5) 返回到第(2)步,继续取下一条指令,如此反复,直到程序结束。

3.1.2 计算机系统的组成

计算机系统的基本组成包括硬件和软件两个部分,它们构成一个完整的计算机系统。

计算机硬件是组成计算机的物理设备的总称,它们由各种器件和电子线路组成,是计算机完成计算工作的物质基础。

计算机软件是计算机硬件设备上运行的各种程序及相关的资料的总称。

程序是由计算机的基本操作指令组成的。计算机所有指令的组合称为机器的指令系统。

硬件和软件相互依存,才能构成一个可用的计算机系统。

3.1.3 控制器和运算器

计算机中最主要的工作是运算,大量的数据运算任务是在运算器中进行的。

控制器(Controller)是计算机的神经中枢,是整个计算机的控制指挥中心,只有在它的控制之下,整个计算机才能有条不紊地工作,并自动执行程序。

控制器的工作过程是:首先从内存中取出指令,并对指令进行分析,然后根据指令的功能向有关部件发出控制命令,控制它们执行这条指令规定的操作。当各部件执行完控制器发来的命令后,都会向控制器反馈执行的情况。这样逐一执行一系列指令,就使计算机能够按照由这一系列指令程序的要求自动完成各项任务。

运算器的主要功能是进行算术运算和逻辑运算。算术运算是指加、减、乘、除等基本运算;逻辑运算是指逻辑判断、逻辑比较以及其他基本逻辑运算。因此,运算器又称算术逻辑单元(Arithmetic and Logic Unit, ALU)。它由加法器(Adder)和补码器(Complement)等组成。

运算器中的数据取自内存,运算的结果又送回内存。运算器对内存的读写操作是在控制器的控制下进行的。

控制器和运算器一起组成中央处理器,也称 CPU(Central Processing Unit),见图 3-2。

CPU 从最初发展至今已经有 30 多年的历史了。这期间,按照其处理信息的字长,CPU

可以分为4位微处理器、8位微处理器、16位微处理器、32位微处理器以及64位微处理器等。

CPU的主要性能指标有以下几项。

(1) 主频。主频即CPU工作的时钟频率。CPU的工作是周期性的,它不断地执行取指令、执行指令等操作。这些操作需要精确定时,按照精确的节拍工作,因此CPU需要一个时钟电路产生标准节拍,一旦机器加电,时钟电路便连续不断地发出节拍,就像乐队的指挥一样指挥CPU有节奏地工作。这个节拍的频率就是主频。一般来说,主频越高,CPU的工作速度越快。

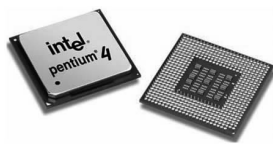


图 3-2 CPU

(2) 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。

(3) 倍频。随着科技的发展,CPU的主频越来越快,而外部设备的工作频率跟不上CPU的工作频率,解决的方法是让CPU工作频率以外频的若干倍工作。CPU主频是外频的倍数,称为CPU的倍频。

$$\text{CPU 工作频率} = \text{倍频} \times \text{外频}$$

(4) 地址总线宽度。

(5) 数据总线宽度。

(6) L1 高速缓存。缓存是位于CPU和内存之间的容量较小但速度很快的存储器,使用静态RAM做成,存取速度比一般内存快3~8倍。L1缓存也称片内缓存,Pentium时代的处理器把L1缓存集成在CPU内部。

(7) L2 高速缓存。L2缓存即二级高速缓存,通常做在主板上,目前有些CPU将二级缓存也做到了CPU芯片内。

(8) L3 缓存:目前的较高端的CPU中,还会带有L3三级缓存,它是为读取二级缓存后未命中的数据设计的一种缓存,在拥有三级缓存的CPU中,只有约5%的数据需要从内存中调用,这进一步提高了CPU的效率。

(9) 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,而随着CPU主频的提高,CPU工作电压有逐步下降的趋势,以解决发热过高的问题。目前CPU的工作电压一般在1.6~2.8V。CPU制造工艺越先进,工作电压越低,CPU运行时的耗电功率就越小。

(10) 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。某些需要进行复杂运算的软件系统,如AutoCAD,就需要协处理器的支持。Pentium以上的CPU都内置了协处理器。

(11) CPU的封装方式:采用LGA封装的CPU与插座,如图3-3所示。

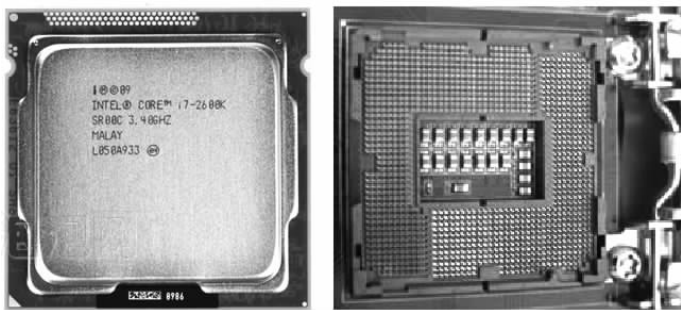


图 3-3 采用 LGA 封装的 CPU 及插座

3.1.4 存储器

存储器(Memory)是计算机的记忆部件,主要功能是存放程序和数据,并根据控制命令提供这些程序和数据。存储器分两大类:一类和计算机的运算器、控制器直接相连,称为主存储器(内部存储器),简称主存(内存);另一种存储设备称为辅助存储器(外部存储器),简称辅存(外存)。

存储器的有关术语简述如下。

- (1) 位(bit): 存放一位二进制数,即 0 或 1。位是计算机中存储信息的最小单位。
- (2) 字节(Byte): 8 个二进制位为一个字节。为了便于衡量存储器的大小,统一以字节(Byte 简写为 B)为单位。字节是计算机中存储信息的基本单位。
- (3) 地址: 整个内存被分成若干个存储单元,每个存储单元一般可存放 8 位二进制(字节编址)。每个存储单元可以存放数据或程序代码。为了能有效地存取该单元内的内容,每个单元必须有唯一的编号(称为地址)来标识。
- (4) 读操作(Read): 按地址从存储器中取出信息,不破坏原有的内容,称为对存储器进行读操作。
- (5) 写操作(Write): 把信息写入存储器,原来的内容被覆盖,称为对存储器进行写操作。

1. 存储器的构成

构成存储器的存储介质,目前主要采用半导体器件和磁性材料。存储器中最小的存储单位就是一个双稳态半导体电路或一个 CMOS 晶体管或磁性材料的存储元,它可存储一个二进制代码。由若干个存储元组成一个存储单元,然后再由许多存储单元组成一个存储器。一个存储器包含许多存储单元,每个存储单元可存放一个字节。每个存储单元的位置都有一个编号,即地址,一般用十六进制表示。一个存储器中所有存储单元可存放数据的总和,称为它的存储容量。假设一个存储器的地址码由 20 位二进制数(5 位十六进制数)组成,则可表示 2^{20} ,即 1M 个存储单元地址。每个存储单元存放一个字节,则该存储器的存储容量为 1KB。存储器的结构如图 3-4 所示。

地址	存储单元
2000	0
2001	a
2002	2
	⋮

图 3-4 存储器结构图

2. 存储器的分类

(1) 按存储介质分

半导体存储器: 用半导体器件组成的存储器。

磁表面存储器: 用磁性材料做成的存储器。

激光存储器: 用光学和电磁学相结合的高效、大容量存储器。

(2) 按存储方式分

随机存储器: 任何存储单元的内容都能被随机存取,且存取时间和存储单元的物理位置无关。

顺序存储器: 只能按某种顺序来存取,存取时间和存储单元的物理位置有关。

(3) 按存储器的读写功能分

只读存储器(ROM): 存储的内容是固定不变的,是只能读出而不能写入的半导体存储器。

随机读写存储器(RAM): 是能读出又能写入的半导体存储器。

(4) 按信息的可保存性分

非永久记忆的存储器: 断电后信息即消失的存储器。

永久记忆性存储器: 断电后仍能保存信息的存储器。

(5) 按在计算机系统中的作用分

根据存储器在计算机系统中所起的作用,可分为主存储器、辅助存储器、高速缓冲存储器、控制存储器等。

为了解决对存储器要求容量大、速度快、成本低三者之间的矛盾,目前通常采用多级存储器体系结构,即使用高速缓冲存储器、主存储器和外存储器。各存储器的用途和特点见表 3-1。各存储器之间的关系见图 3-5。

表 3-1 各存储器的用途、特点

名 称	简称	用 途	特 点
高速缓冲存储器	Cache	高速存取指令和数据	存取速度快,但存储容量小
主存储器	主存	存放计算机运行期间的大量程序和数据	存取速度较快,存储容量不大
外存储器	外存	存放系统程序和大型数据文件及数据库	存储容量大,位成本低

存储器的性能指标包括存储容量(Capacity)、存取速度(Access Time)、数据传输率(Data Transfer Rate)、位存储价格(Cost Per bit)。

3. 存储设备

(1) 软磁盘及其设备

软磁盘(原名 Flexible Disk,后来人们戏称为 Floppy Disk)或译为软盘,是人们广泛使用的一种廉价介质。

它是在聚酯塑料(Mylar Plastic)盘片上涂不容易磁化并有一定矫顽力的磁薄膜而制成的。所用磁介质有 γ -氧化铁、渗钴氧化铁,对于高密度介质(超过 30000bpi),则采用钡铁氧体、金属介质等。软盘的主要规格是磁片直径。1972 年出现的是 8 英寸软盘。1976 年与微型机同时面世的是 5.25 英寸软盘,简称 5 英寸盘,如图 3-6 所示。1985 年,日本索尼(Sony)公司推出了 3.5 英寸盘。1987 年,索尼公司又推出了 2.5 英寸软盘,简称 2 英寸盘。目前已出现 1.5 英寸软盘,只是未批量生产。

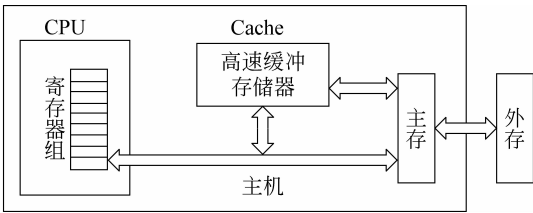


图 3-5 各存储器之间的关系图

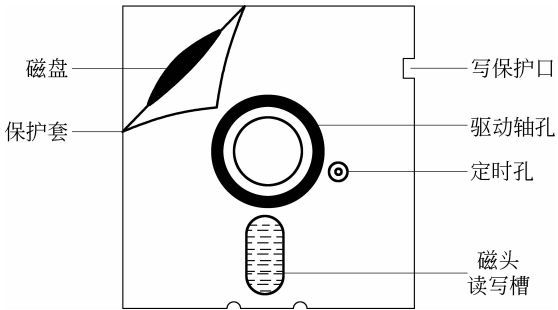


图 3-6 5 英寸软盘外观

软盘在磁片直径不断缩小的同时,容量却连续扩大。以 5 英寸盘为例,当初的单面单密度容量为 125KB,单面双密度或双面单密度为 250KB,双面双密度则为 500KB。

所谓单面是只用一面,双面是两面都用。所谓单密度是用 FM 编码的,双密度(又称倍密度)是用 MFM、M2FM 或 GCR 编码记录的。

3 英寸盘的容量有 1MB、2MB、4MB 等。

自 1987 年 IBM 选择 2MB 的 3.5 英寸盘作为 PS/2 系列的配置后,2MB 盘正成为事实上