

第3章

计算机系统



计算机系统由硬件系统和软件系统两部分组成。计算机硬件是计算机软件工作的基础。要真正理解计算机,必须对计算机的硬件组成有深入的了解。本章着重介绍冯·诺依曼体系结构、计算机的硬件组成部分及其功能,并结合微机的发展历程阐述微机结构、接口和衡量计算机性能的基本指标。

3.1 计算机的组成和工作原理

计算机系统由硬件系统和软件系统两部分组成。

3.1.1 计算机系统组成

计算机硬件是指计算机系统中由电子、机械和光电元件组成的各种计算机部件和设备,其基本功能是接受计算机程序的控制以实现数据输入、运算、数据输出等一系列操作。

目前计算机的种类很多,其制造技术也发生了极大的变化,但在基本的硬件结构方面,它一直沿着冯·诺依曼的体系结构,从功能上都可以划分为五大基本组成部分,即输入设备、输出设备、存储器、运算器和控制器,如图 3-1 所示。

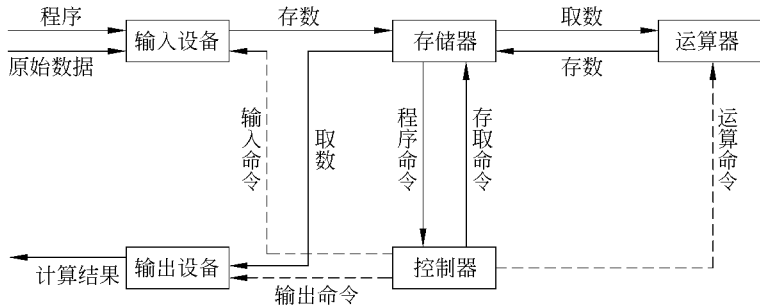


图 3-1 计算机系统基本硬件结构

在图 3-1 中,实线代表数据流,虚线代表控制流,计算机各部件间的联系通过信息流动来实现。原始数据和程序通过输入设备送入存储器,在运算处理过程中,数据从存储器读入运算器进行运算,并将运算结果存入存储器,必要时再经输出设备输出。指令也以数据形式存于存储器中,运算时指令由存储器送入控制器,由控制器控制各部件的工作。

计算机五大组成部分的功能如下：

(1) 输入设备。输入设备的功能是将要加工处理的外部信息转换为计算机能够识别和处理的内部形式，以便于处理。

(2) 输出设备。输出设备的功能是将信息从计算机的内部形式转换为使用者所要求的形式，以便能为人们识别或被其他设备所接收。

(3) 存储器。其功能是用于存储以内部形式表示的各种信息。

(4) 运算器。其功能是对数据进行算术运算和逻辑运算。

(5) 控制器。其功能是产生各种信号，控制计算机各个功能部件协调一致地工作。

运算器和控制器在结构关系上非常密切，它们之间有大量的信息被频繁地进行交换，而且共用一些寄存单元，因此将运算器和控制器合称为中央处理器(Central Processing Unit, CPU)，中央处理器和内存存储器合称为主机，输入设备和输出设备称为外部设备。由于外存储器不能直接与CPU交换信息，而它与主机的连接方式和信息交换方式与输入设备和输出设备没有很大差别，因此，一般也把它列入外部设备的范畴，即外部设备包括输入设备、输出设备和外存储器；但从外存储器在整个计算机中的功能来看，它属于存储系统的一部分，称之为辅助存储器。

计算机软件指的是以计算机可以识别和执行的操作所表示的处理步骤和有关文档，它可以告诉计算机做些什么，以及按什么方法、步骤去做。在计算机术语中，计算机可以识别和执行的操作所表示的处理步骤称为程序。计算机软件指的是计算机程序和有关文档。

在计算机中，硬件和软件的结合点是计算机的指令系统。计算机的一条指令是计算机硬件可以执行的一步操作。计算机可以执行的指令的全体称为该机的指令系统。任何程序必须先转换成该机的硬件能够执行的一系列指令，才能够被执行。

3.1.2 计算机工作原理

冯·诺依曼提出的现代计算机的基本工作原理如下：

- 计算机的指令和数据均采用二进制表示；
- 由指令组成的程序和要处理的数据一起存放在存储器中。机器一启动，控制器按照程序中指令的逻辑顺序，把指令从存储器中读出来，逐条执行；
- 由输入设备、输出设备、存储器、运算器、控制器五个基本部件组成的计算机硬件系统，在控制器的统一控制下，协调一致地完成由程序所描述的处理工作。

在计算机中，硬件和软件是两个不可缺少的部分。硬件是组成计算机系统的各部件的总称，它是计算机系统快速、可靠、自动工作的物质基础，是计算机系统的执行部分。从这个意义上讲，没有硬件，就没有计算机，计算机软件也不会产生任何作用。但是一台计算机之所以能够处理各种问题，而且具有很大的通用性，能够代替人们进行一定的脑力劳动，是因为人们把这些待处理问题的解决方法，分解成为计算机可以识别和执行的步骤，并以计算机可以识别的形式存储到计算机中。也就是说，在计算机中存储了解决这些问题的程序。目前所说的计算机一般都包括硬件和软件两大部分，而不包括软件的计算机称为“裸机”。

3.2 微型计算机发展

微处理器(Microprocessor),简称 μP 或MP,是由一片或几片大规模集成电路组成的具有运算器和控制器的中央处理机部件,即CPU。微处理器本身并不等于微型计算机,它仅仅是微型计算机中央处理器,有时为了区别大、中、小型中央处理器(CPU)与微处理器,把前者称为CPU,后者称为MPU(Microprocessing Unit)。

微型计算机(Microcomputer),简称 μC 或MC,是指以微处理器为核心,配上由大规模集成电路制作的存储器、输入输出接口电路及系统总线所组成的计算机(简称微型机,又称微型电脑)。有的微型计算机把CPU、存储器和输入输出接口电路都集成在单片芯片上,称之为单片微型计算机,也叫单片机。

微型计算机系统(Microcomputer System),简称 μCS 或MCS,是指以微型计算机为中心,以相应的外围设备、电源、辅助电路(统称硬件)以及控制微型计算机工作的系统软件所构成的计算机系统。

20世纪70年代,微处理器和微型计算机的生产和发展,一方面是由于军事工业、空间技术、电子技术和工业自动化技术的迅速发展,日益要求生产体积小、可靠性高和功耗低的计算机,这种社会的直接需要是促进微处理器和微型计算机产生和发展的强大动力;另一方面是由于大规模集成电路技术和计算机技术的飞速发展,1970年已经可以生产1KB的存储器和通用异步收发器(UART)等大规模集成电路产品并且计算机的设计日益完善,总线结构、模块结构、堆栈结构、微处理器结构、有效的中断系统及灵活的寻址方式等功能越来越强,这为研制微处理器和微型计算机打下了坚实的物质基础和技术基础。因而,自从1971年微处理器和微型计算机问世以来,它就得到了异乎寻常的发展,大约每隔2~4年就更新换代一次。至今,经历了三代演变,并进入第四代。微型计算机的换代,通常是按其CPU的字长和功能来划分的,如表3-1所示。

表 3-1 微型计算机的发展表

发 展 时 期	代 表
第一代(1971—1973年): 4位或低档8位微处理器和微型机	美国 Intel 公司的 4004 微处理器以及由它组成的 MCS-4 微型计算机
第二代(1974—1978年): 中档的 8 位微处理器和微型机	美国 Intel 公司的 8080, Motorola 公司的 MC6800
第三代(1978—1981年): 16 位微处理器和微型机	美国 Intel 公司的 8086、Z8000 和 MC68000
第四代(1985 年至今): 32 位高档微型机	美国 Intel 公司的 80386、80486 等, 以及 Pentium(奔腾)系列

1. 第一代(1971—1973年): 4位或低档8位微处理器和微型机

代表产品是美国 Intel 公司的 4004 微处理器以及由它组成的 MCS-4 微型计算机(集成度为 1200 晶体管/片)。随后又制成 8008 微处理器及由它组成的 MCS-8 微型计算机。

第一代微型机就采用了 PMOS 工艺,基本指令时间约为 $10\sim 20\mu\text{s}$,字长 4 位或 8 位,指令系统比较简单,运算功能较差,速度较慢,系统结构仍然停留在台式计算机的水平上,软件主要采用机器语言或简单的汇编语言,其价格低廉。

2. 第二代(1974—1978 年): 中档的 8 位微处理器和微型机

其间又分为两个阶段,1974—1978 年为典型的第二代,以美国 Intel 公司的 8080 和 Motorola 公司的 MC6800 为代表,集成度提高 $1\sim 2$ 倍(Intel 8080 集成度为 4900 管/片),运算速度提高了一个数量级。1976—1978 年为高档的 8 位微型计算机和 8 位单片微型计算机阶段,称之为二代半。高档 8 位微处理器,以美国 ZILOG 公司的 Z80 和 Intel 公司的 8085 为代表,集成度和速度都比典型的第二代提高了一倍以上(Intel 8085 集成度为 9000 管/片)。8 位单片微型机以 Intel 8048/8748(集成度为 9000 管/片)、MC6801、MOSTEK F81/3870、Z80 等为代表,它们主要用于控制和智能仪器。总的来说,第二代微型机的特点是采用 NMOS 工艺,集成度提高 $1\sim 4$ 倍,运算速度提高 $10\sim 15$ 倍,基本指令执行时间约为 $1\sim 2\mu\text{s}$,指令系统比较完善,已具有典型的计算机系统结构以及中断、DMA 等控制功能,寻址能力也有所增强,软件除采用汇编语言外,还配有 BASIC、FORTRAN、PL/M 等高级语言及其相应的解释程序和编译程序,并在后期开始配上操作系统。

3. 第三代(1978—1981 年): 16 位微处理器和微型机

代表产品是 Intel 8086(集成度为 29 000 管/片),Z8000(集成度为 17 500 管/片)和 MC68000(集成度为 68000 管/片)。这些 CPU 的特点是采用 HMOS 工艺,基本指令时间约为 $0.05\mu\text{s}$,从各个性能指标评价,都比第二代微型机提高了一个数量级,已经达到或超过中、低档小型机(如 PDP11/45)的水平。这类 16 位微型机通常都具有丰富的指令系统,采用多级中断系统、多重寻址方式、多种数据处理形式、段式寄存器结构、乘除运算硬件,电路功能大为增强,并都配备了强有力的系统软件。

4. 第四代(1985 年以后): 32 位高档微型机

随着科学技术的突飞猛进,计算机应用的日益广泛,现代社会对计算机的依赖已经越来越明显。原来的 8 位、16 位机已经不能满足广大用户的需要,因此,1985 年以后,Intel 公司在原来的基础上又发展了 80386 和 80486。其中,80386 有工作主频达到 25MHz,有 32 位数据线和 24 位地址线。以 80386 为 CPU 的 COMPAQ 386、AST 386、IBM PS2/80 等机种相继诞生。同时随着内存芯片的发展和硬盘技术的提高,出现了配置 16MB 内存和 1000MB 外存的微型机,微机已经成为超小型机,可执行多任务、多用户作业。由微型机组成的网络、工作站相继出现,从而扩大了用户的应用范围。1989 年,Intel 公司在 80386 的基础上,又研制出了 80486。它是在 80386 的芯片内部增加了一个 8KB 的高速缓冲内存和 80386 的协处理器芯片 80387 而形成了新一代 CPU。1993 年 3 月 22 日,Intel 公司发布了它的新一代处理器 Pentium(奔腾)。它采用 $0.8\mu\text{m}$ 的 BicMOS 技术,集成了 310 万个晶体管,工作电压也从 5V 降到 3V。随着 Pentium 新型号的推出,CPU 晶

体管的数目增加到 500 万个以上,工作主频率从 66MHz 增加到 333MHz。1998 年 3 月, Intel 公司在 CeBIT 贸易博览会展出了一种速度高达 702MHz 的奔腾 II 芯片。

目前的微型计算机以 32 位微处理器为主,并向 64 位微处理器发展。典型产品有 Intel Pentium、Pentium Pro、Pentium MMX、Pentium II、Pentium III、Pentium 4、Core(酷睿)等。

3.3 微型计算机的基本结构

微型计算机硬件系统的组成如图 3-2 所示。

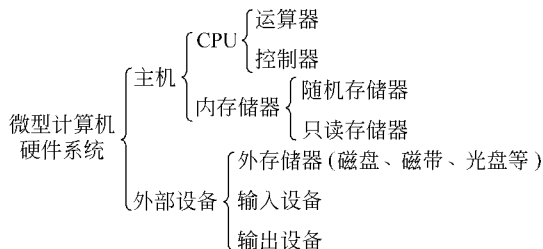


图 3-2 微型计算机硬件系统的组成

微型化的中央处理器称为微处理器(MPU),它包括运算器和控制器,是微机系统的核心;ROM、RAM 为内存储器;微处理器输出三组总线:地址总线 AB、数据总线 DB 和控制总线 CB。各组成部分通过这三组总线连接在一起。由微处理器和内存储器构成微型计算机的主机。此外,还有外存储器、输入设备和输出设备,它们统称为外部设备。微型计算机的结构如图 3-3 所示。

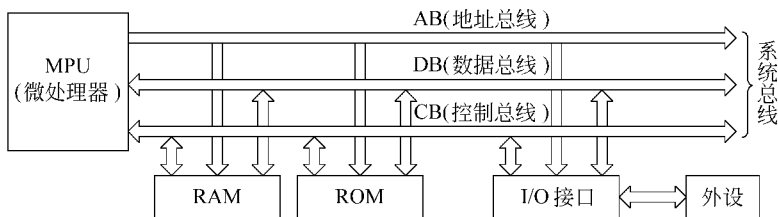


图 3-3 微型计算机的结构

计算机硬件的基本功能是接受计算机程序的控制以实现数据输入、运算、输出等一系列操作。虽然计算机的制造技术从计算机出现到今天已经发生了巨大的变化,但在基本的硬件结构方面,一直沿袭着冯·诺依曼的传统框架,即计算机硬件系统由控制器、运算器、存储器、输入设备、输出设备五大基本部件构成。原始数据和程序通过输入设备输入存储器,在运算处理过程中,数据从存储器读入运算器进行运算,运算的结果存入存储器,必要时再经输出设备输出。指令也以数据形式存于存储器中。运算时,指令由存储器输入控制器,由控制器控制各部件的工作。

由此可见,输入设备负责把用户的信息(包括程序和数据)输入到计算机中;输出设备

负责将计算机中的信息(包括程序和数据)输出到外部媒介,供用户查看或保存;存储器负责存储数据和程序,并根据控制命令提供这些数据和程序,它包括内存(储器)和外存(储器);运算器负责对数据进行算术运算和逻辑运算(即对数据进行加工处理);控制器负责对程序所规定的指令进行分析,控制并协调输入、输出操作或对内存的访问。

PC 基本是由显示器、键盘和主机构成。主机安装在主机箱内。主机箱有卧式和立式两种类型。在主机箱内有主板(系统板、母板)、硬盘驱动器、CD-ROM 驱动器、软盘驱动器、电源、显示适配器(显示卡)等。

3.3.1 主板

主板又称母板,在主板上通常安装有 CPU 插座、CPU 调压器、主板芯片组、存储器插槽、总线插槽、ROM、BIOS、CMOS 存储器、电池等,如图 3-4 所示。

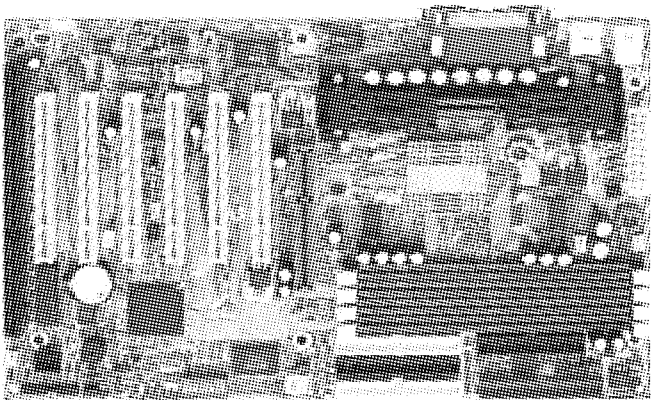


图 3-4 主板实物图

CPU 和存储器芯片分别通过主板上的 CPU 插座和存储器插槽安装在主板上。PC 常用外围设备通过扩充卡(例如声音卡、显示卡等)或 I/O 接口与主板相连,扩充卡通过卡上的印刷插头插在主板上的 PCI 总线插槽中。随着集成电路的发展和计算机设计技术的进步,许多扩充卡的功能可以部分或全部集成在主板上(例如,串行口、并行口、声卡、网卡控制电路)。

主板上还有两块特别有用的集成电路:一块是只读存储器(ROM),其中存放的是基本的输入输出系统(BIOS),它是 PC 软件中最基础的部分;另一个集成电路芯片是 CMOS 存储器,其中存放着用户对计算机硬件所设置的一些参数(称为“配置信息”),包括当前的日期和时间、已安装的软驱和硬盘的个数及类型等。一旦设定参数后,CMOS 将记住这些数据。由于 CMOS 芯片是一种易失性的存储器,必须使用电池供电,才能使计算机关机后它也不会丢失所存储的信息。

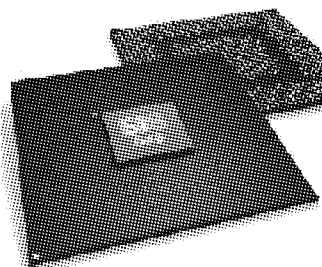
为了便于不同 PC 主板的互换,主板的物理尺寸已经标准化。前些年使用比较多的是 ATX 规格的主板,目前一种功能更先进、通风更好的 BTX 主板正在逐步兴起。

芯片组(Chipset)是主板的灵魂,决定了主板的性能和价格。正如人的大脑分左脑和右脑,主板上的芯片组由北桥芯片和南桥芯片组成,如图 3-5 所示。北桥芯片提供对

CPU 的类型和主频、内存的类型和最大容量、ISA/PCI/AGP 插槽、ECC 纠错等支持。南桥芯片则提供对 KBC(键盘控制器)、RTC(实时时钟控制器)、USB(通用串行总线)、ACPI(高级能源管理)等的支持。其中北桥芯片起着主导性的作用,也称为主桥(Host Bridge)。



(a) 南桥芯片



(b) 北桥芯片

图 3-5 主板上的芯片组

需要注意的是,CPU 类型或参数不同时需要配用不同的芯片组。CPU 的系统时钟及各种与其同步的时钟均由芯片组提供。芯片组还决定了主板上所能安装的内存的最大容量、速度及可使用的内存条的类型。

3.3.2 中央处理器

中央处理器简称 CPU,又称为“微处理器”。中央处理器包括运算器和控制器两个部件,它是计算机系统的核心。CPU 的主要功能是按照程序给出的指令序列分析指令、执行指令,完成对数据的加工处理。计算机所发生的全部动作都受 CPU 的控制。

控制器用来协调和指挥整个计算机系统的操作,本身不具有运算功能,而是通过读取各种指令,并对其进行翻译、分析,而后对各部件作出相应的控制。它主要由指令寄存器、译码器、程序计数器、时序电路等组成。运算器主要完成算术运算和逻辑运算,是对信息加工和处理的部件,它主要由算术逻辑部件、寄存器组组成。

CPU 品质的高低直接决定了计算机系统的档次。能够处理的数据位数是 CPU 的一个重要的品质标志。人们通常所说的 8 位机、16 位机、32 位机、64 位机即指 CPU 可同时处理 8 位、16 位、32 位、64 位的二进制数。8 位机是最早的微机产品,后来的 IBM PC/XT、IBM PC/AT 及 286 机均是 16 位机,386 机和 486 机是 32 位机,奔腾 586 机也是 32 位机。其中,IBM PC/XT 机的 CPU 芯片为 Intel 8088、Intel 8086,IBM PC/AT 的 CPU 芯片为 Intel 80286,而 386 机、486 机、586 机的 CPU 芯片分别为 Intel 80386、80486、Pentium。

目前,大多数微机都使用 Intel 公司生产的 CPU。美国 Intel 公司成立于 1968 年,1971 年 Intel 推出了 4 位微处理器(即 4004),首次采用 100MHz 系统总线,相继生产出高档 32 位的时钟频率为 400MHz 和 450MHz 的微处理器 Pentium II。随后又推出 Pentium III、Pentium 4、Core(酷睿)等,如图 3-6 所示。

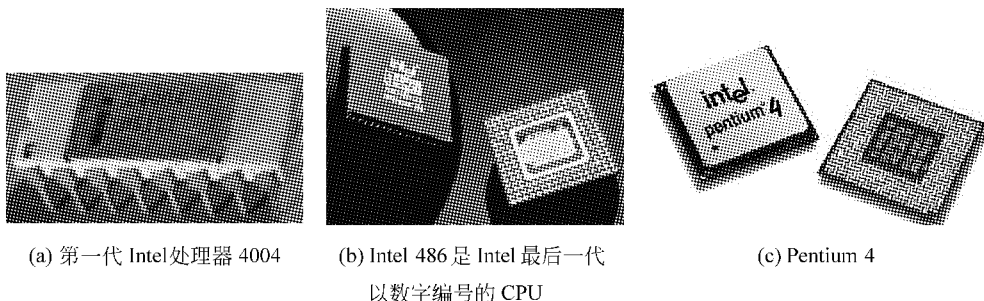


图 3-6 Intel 公司生产的 CPU

3.3.3 输入输出设备

计算机处理的用户信息通常是以数字、文字、符号、图形、图像、声音以及表示各种物理、化学现象的信息表示出来的,在计算机中所能存储加工的仅是以二进制代码表示的信息,因此要处理这些外部信息就必须把它们转换成二进制代码的内部表示形式。计算机的输入设备和输出设备(简称为 I/O 设备),就是完成这种转换的工具。

1. 输入设备

输入设备将要加工处理的外部信息转换成计算机能够识别和处理的内部表示形式(即二进制代码),输送到计算机中去。在微型计算机系统中,最常用的输入设备是鼠标和键盘。

1) 键盘

目前微型机所配置的标准键盘有 101(或 104)个按键,104 键盘的布局如图 3-7 所示,它包括数字键、字母键、符号键、控制键和功能键等。

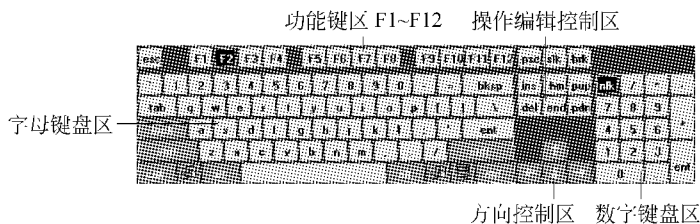




图 3-7 计算机键盘布局

(1) 键盘的分区。标准键盘的布局分三个区域,即主键盘区、数字键盘区和功能键区。主键盘区共有 62 个键,包括数字和符号键(22 个)、字母键(26 个)、控制键(14 个)。数字键盘区共有 30 个键,包括光标移动键(4 个)、光标控制键(4 个)、算术运算符键(4 个)、数字键(10 个)、编辑键(4 个)、数字锁定键、打印屏幕键等。功能键共有 12 个,包括 F1~F12 键。在功能键中,前 6 个键的功能是由系统锁定的,后面 6 个键的功能可根据软件的需要由用户自己定义。副键盘区的设置可对文字录入、文本编辑和光标的移动进行控制,为用户的操作提供了极大的方便。

(2) 键盘的常用键。常用键的功能如表 3-2 所示。

表 3-2 常用键的功能表

键 位	功 能
Back Space 退格键	每按一次此键,将删除光标左边的一个字符。主要用于清除当前行输错的字符
Shift 换档键	也叫换档键,要输入大写字母或“双符”键上部的符号时按此键
Ctrl 控制键	Ctrl 键常用符号“^”表示。此键与其他键组合使用,可以完成相应的功能
Esc 取消菜单键	按此键后,屏幕上显示的菜单消失
Tab 制表定位键	每按一次此键,光标将向右移动一个制表位(一般 8 个字符)的位置。主要用于制表时的光标移动
Enter 回车键	按此键后,光标移至下一行行首
Space 空格键	每按一次空格键即输入一个空格字符
Alt 交替换档键	它可与其他键组合成特殊功能键或复合控制键
Print Screen 打印屏幕键	用于把屏幕当前显示的内容全部打印出来

- 在 104 个键中有 4 个“双态键”,它们是: Ins 键(包括插入状态和覆盖状态)、Caps Lock 键(包括大写字母状态和锁定状态)、Num Lock 键(包括数字状态和自锁状态)和 Scroll Lock 键(包括滚屏状态和锁定状态)。它们本身都是状态转换开关,当计算机刚刚启动时,4 个双态键都处于前一种状态,所有字母键均固定为小写字母键,如按 Caps Lock 键,指示灯亮,则为大写字母键;再按该键,指示灯灭,则恢复为小写字母键。
- 在 104 个键中有 30 个键是“双符”键,即每个键面上有两个字符。主键盘区的双符键由 Shift 键控制,数字键盘区的双符键由 Num Lock 键控制。另外,在 104 键盘中,键面上只有 26 个大写英文字母 A~Z,若要输入大写英文字母,只需在输入前先按下 Caps Lock 键。在计算机处于刚刚启动时,各双符键都处于下面的字符和小写英文字母的状态。
- 在 104 键盘中有一个 Windows 键和一个快捷菜单键,按下 Windows 键相当于单击系统中的“开始”按钮,按快捷菜单键相当于单击鼠标右键的功能。

2) 鼠标

鼠标是一种常见的输入设备。它与显示器相配合,可以方便、准确地移动显示器上的光标,并通过单(双)击选取光标所指的内容。鼠标按其按钮个数可以分为两键鼠标(PC 鼠标)和三键鼠标(MS 鼠标);按感应位移变化的方式可以分为机械鼠标、光学鼠标和光学机械鼠标。

3) 扫描仪

扫描仪是一种典型的图像输入设备。它可以将纸质文档上的照片、图片、图形或文字资料扫描到计算机中,并将其转换成以二进制代码表示的图像文件存储于硬盘上。扫描仪主要有两类:手持式和平板式。平板式扫描仪的性能要优于手持式扫描仪。扫描仪的

主要技术参数是分辨率,以每英寸的检测点数表示,其单位是 dpi。一般的扫描仪的分辨率为 600dpi。注意,最好选择两倍于打印机分辨率的扫描仪,才能获得最佳的图像效果。

鼠标和扫描仪的外观如图 3-8 所示。

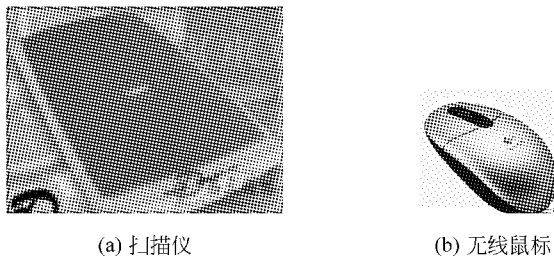


图 3-8 扫描仪和鼠标

2. 输出设备

输出设备是将计算机内部以二进制代码形式表示的信息转换为用户所需要并能识别的形式(如十进制数字、文字、符号、图形、图像、声音)或者其他系统所能接受的信息形式,并将其输出。在微型机系统中,主要的输出设备有显示器和打印机等,如图 3-9 所示。

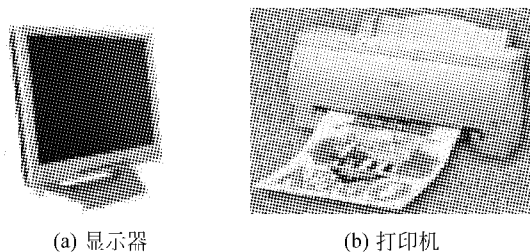


图 3-9 显示器和打印机

1) 显示器

PC 的显示系统由显示器和图形适配器(Graphics Adapter,也称为图形卡或显卡)组成。它们共同决定了图像输出的质量。显示器类型很多,按显示的内容可以分为只能显示 ASCII 码字符的字符显示器和能显示字符和图形的图形显示器;按显示的颜色可以分为单色显示器和彩色显示器;按显示原理可以分为阴极射线管显示器(CRT)和液晶显示器(LCD)。

CRT 是一种使用阴极射线管(Cathode Ray Tube)的显示器,是通过发射电子击打荧光粉显示图像的显示器,具有可视角度大、无坏点、色彩还原度高、色度均匀、可调节的多分辨率模式、响应时间极短等特点。

液晶显示器是一种采用液晶为材料的显示器。液晶是介于固态和液态间的有机化合物。将其加热会变成透明液态,冷却后会变成结晶的混浊固态。在电场作用下,液晶分子会发生排列上的变化,从而影响通过它的光线变化,这种光线的变化通过偏光片的作用可以表现为明暗的变化,从而达到显示图像的目的。液晶显示器具有机身薄,重量轻,节省