

第3章 计算机系统

20 世纪以来人类最重大的科技发明当属电子数字计算机。自第一台电子计算机于 1946 年诞生以来,计算机及其应用已渗透到社会生活、科学技术、国防、工业、农业等各个领域,极大地促进了社会生产力的发展,并改变着人们的工作和生活方式。在信息社会中,计算机已经成为人们生产和生活必不可少的工具和“伙伴”。可以这样说,没有计算机就没有信息化,没有计算机及通信、网络的综合利用,就没有日益发展的信息化社会。

3.1 计算机发展概述

计算机的产生源于计算的需求,计算机的发展更来源于计算需求的空前高涨,通信技术的现代化、互联网的出现和“一统天下”,更得益于计算机的迅猛发展,它们都在为信息的传输、处理和共享这个共同的目标而各尽所能并殊途同归。归根结底,信息技术的发生、发展起源于计算,归宿于计算。

3.1.1 计算的发展与计算机的诞生

计算工具的源头可以追溯到 2000 多年前的春秋战国时期。古代中国人发明的算筹是世界上最早的计算工具,如图 3-1 所示,计算的时候摆成纵式和横式两种形式,按照纵横相间的原则表示任何自然数,可进行加、减、乘、除、开方以及其他的代数计算。负数出现后,算筹分红黑两种,红筹表示正数,黑筹表示负数。这种运算工具和运算方法在当时是世界上独一无二的。算筹为人类文明做出过巨大贡献,我国古代著名的数学家祖冲之,就是借助算筹计算出圆周率的值介于 3.1415926 和 3.1415927 之间的。

大约在一千六七百年前,中国人发明了更为方便的计算工具——算盘,如图 3-2 所示。珠算方法在我国商业活动中被广泛采用,因为它技术先进,工具轻便灵巧,所以一直沿用至今。许多人认为算盘是最早的数字计算机。

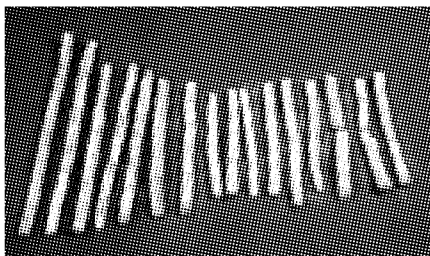


图 3-1 西汉年间的金属算筹

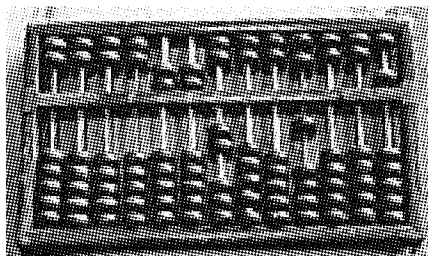


图 3-2 算盘

1614 年,英国人奈普尔发明了对数。根据对数原理发明的计算尺可以通过简单地推拉来进行复杂的乘、除法运算,成为工程人员常备的计算工具。

随着工业技术的发展,需要进行大量大规模的复杂计算,而传统的计算工具无法将人们从繁重、机械的计算工作中解脱出来,因此计算工具随着应用需求的增加得到了进一步的发展。

1623 年,德国图宾根大学的威尔海姆·什卡尔(Wilhelm Schickard)教授设计了第一个带有进位机构、执行四则运算的计算设备模型,如图 3-3 所示。



图 3-3 威尔海姆·什卡尔教授及其设计的模型机

1642 年,法国数学家布莱斯·帕斯卡设计并制造了用于数值计算的机械计算器,可以进行加减法运算,如图 3-4 所示。它用一个个齿轮表示数字,利用齿轮啮合装置,通过低位的齿轮转 10 圈、高位的齿轮转一圈来实现进位。这是手摇式计算器的雏形,其计算原理虽然简单,却符合人类的思维习惯,其影响也十分久远。为了纪念他的贡献,1971 年,沃斯教授将其发明的一种高级程序设计语言命名为帕斯卡(Pascal)语言。

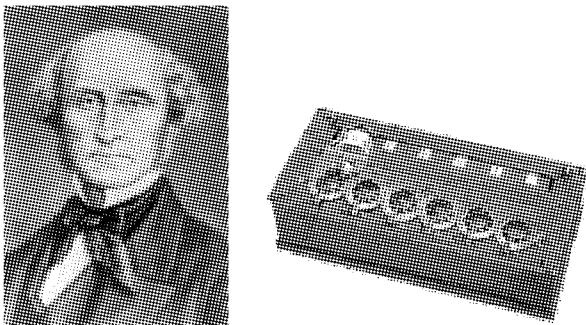


图 3-4 布莱斯·帕斯卡及其设计的加法机

17 至 18 世纪是人类计算技术发展的一个非常重要的时期。德国哲学家和自然科学家莱布尼兹在帕斯卡的思想与工作的影响下,对机械式计算器进行了重要的改进,他于 1672 年提出了不用连续相加而实现机械乘法的方案,并于 1673 年制成了第一台通用的机械计算器。这是一台能够实现四则运算的演算机,机器的关键部件是梯形轴,即齿长不同的圆柱,第一次实现了带有可变齿数的齿轮(如图 3-5 所示),正是这种齿轮保证了乘除法的完成。

随着计算工作量的急剧增长,也由于帕斯卡和莱布尼兹等人的大力提倡,18 世纪欧洲各国对机械计算器的研制相当重视。这个时期出现了很多种机械计算器。

帕斯卡和莱布尼兹的工作奠定了手摇式计算器的理论基础。但是,不管是莱布尼兹计算器还是其他的机械计算器,它们和现代的电子计算机是有本质区别的,即这些计算器只能完成简单的四则运算,不能实现程序控制。

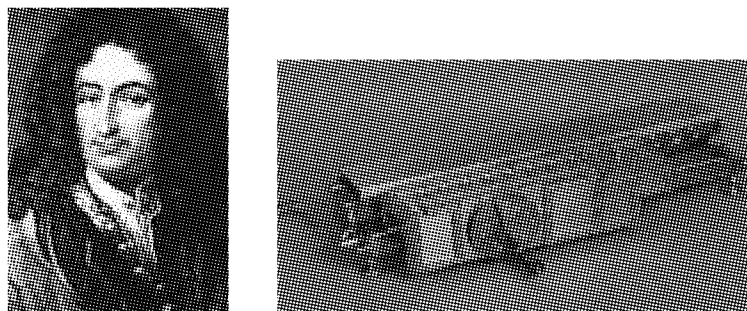


图 3-5 莱布尼兹与莱布尼兹演算机

到了 19 世纪,英国数学家巴贝奇针对天文和航海用表的计算需求,提出了一种差分机模型,如图 3-6 所示。在该模型的设计中,他首次考虑了程序控制的思想,这时距离现代计算机的诞生尚有 133 年。巴贝奇所设计的机器包括齿轮式寄存器、运算器以及专门控制操作顺序的机构等几个部分,在结构上已经与现代计算机很接近了。由于经费等方面的原因,这种差分机没有取得最后的成功。这是因为,巴贝奇的思想已经超越了他所处的时代,要使数千个齿轮在蒸汽动力的控制下精密无误地工作,难度的确太大了。

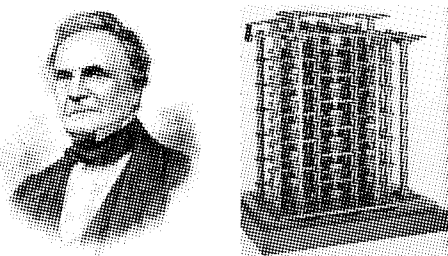


图 3-6 巴贝奇与差分机模型(1822 年)

但是,巴贝奇这位计算机先驱对人们思想上的启迪是巨大的,差分机也被认为是现代计算机的鼻祖。巴贝奇未完成的样机至今仍陈列在英国伦敦大英博物馆内。

1944 年 8 月 7 日,由 IBM 出资、美国人霍华德·艾肯(H. Aiken)负责研制的 MARK-I 计算机在哈佛大学正式运行,如图 3-7 所示。它采用继电器来代替齿轮等机械零件,装备了 15 万个元件和总长达 800km 的电线,每分钟能够进行 200 次以上的运算。女数学家格雷丝·霍波(G. Hopper)为它编制了计算程序,并声明该计算机可以进行微分方程的求解。MARK-I 计算机的问世不但实现了巴贝奇的夙愿,而且也代表了自帕斯卡计算器问世以来机械计算器和电动计算器的最高水平。

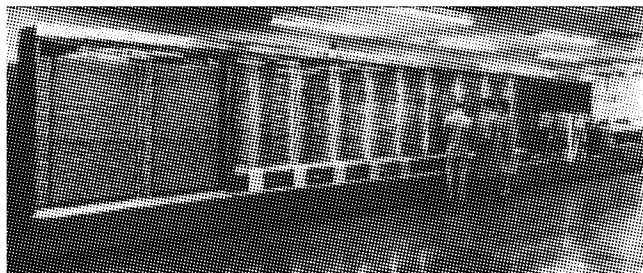


图 3-7 IBM 公司制造的 MARK-I 计算机

“第二次世界大战”结束后,美国军方开始大力发展新式武器。在新武器的研制中,弹道问题的研究要经过许多复杂的计算过程。这时,依靠以前的计算工具已远远不能满足要求,

急需一种能够自动、快速完成计算过程的机器。基于这种需求,1946年在宾夕法尼亚大学,由两位年轻的物理学家莫奇利(J. W. Mauchly)和埃克特(J. P. Eckert)主持研制了世界上第一台电子计算机 ENIAC(电子数字积分计算机),如图 3-8 所示。ENIAC 用了 18 000 多个电子管,占地 170m²,总重量为 30t,每秒可进行 5000 次加法运算。

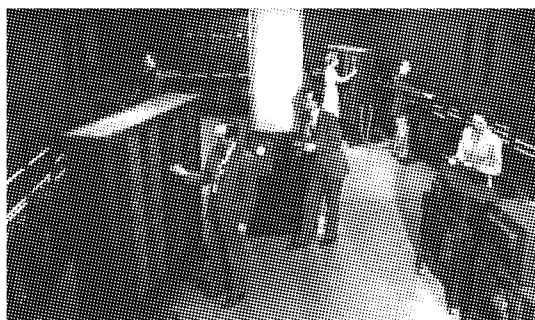


图 3-8 世界上第一台电子计算机 ENIAC

现代电子计算机的理论模型是数学家图灵(Alan Mathison Turing)于 1939 年提出的图灵机(Turing's Machine),因此他被称为计算机理论之父。为了纪念他,全世界计算机领域的最高荣誉奖设为“ACM 图灵奖”。

图灵机是一种抽象的机器(假想的机器),如图 3-9 所示。这个装置的组成部分为:一个无限长的纸带,一个读写头,一个控制器(图 3-9 中的那个大盒子,具有内部状态),另外,还有一个程序对这个盒子进行控制。这个装置根据程序的命令以及它的内部状态进行纸带的读写和移动。纸带被分成了一个一个小方格,每个小方格可以是空白或写入一个字符。

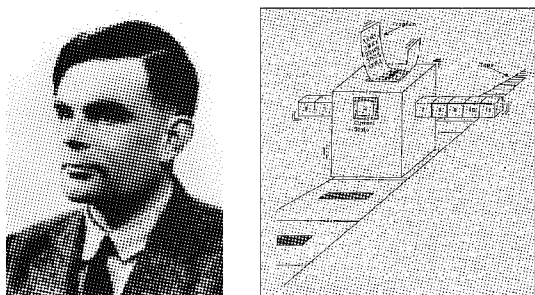


图 3-9 图灵与图灵机

图灵机是这样工作的:读写头在纸带上读出一个方格的信息,并且根据它当前的内部状态对程序进行查表,然后得出一个输出动作,即往纸带上写信息或者把读写头移动到下一个方格。程序也会告诉它下一时刻会转移到哪一个内部状态。

图灵机的产生,奠定了现代数字计算机的理论基础。根据图灵机这一基本而简洁的概念,还可以看到可计算的极限是什么。

冯·诺依曼是著名的美籍匈牙利数学家,1903 年 12 月 3 日生于匈牙利布达佩斯的一个犹太人家庭。他曾对 ENIAC 的设计提出过建议。1945 年 3 月,针对 ENIAC 的不足,他起草了 EDVAC(电子离散变量自动计算机,如图 3-10 所示)设计报告初稿。在该方案中,冯·诺依曼做了以下两项重大改进:机内数制由原来的十进制改为二进制;采用存储程序

方式来控制计算机的操作过程。

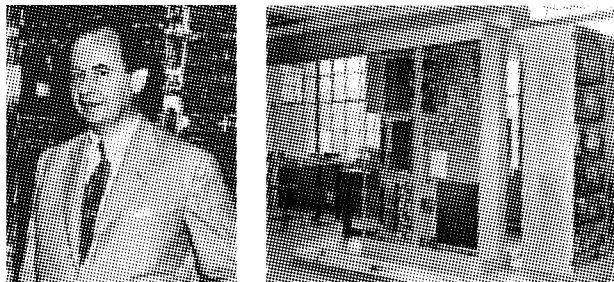


图 3-10 冯·诺依曼与 EDVAC

冯·诺依曼的工作对现代计算机的发展产生了深远的影响,奠定了现代计算机的基本体系结构。他提出的存储程序控制方式,就是把要执行的指令和要处理的数据按照一定的顺序编制成程序存储到计算机的内部让它自动执行,这种设计思想一直延续至今。因此,人们将冯·诺依曼称为现代计算机之父,将具有冯·诺依曼体系结构的计算机称为冯·诺依曼机。

3.1.2 计算机的分类

按照计算机的规模,通常把计算机分为微型机、中型机、大型机以及超级计算机四种类型。

1. 微型机

微型机即个人计算机(PC),这是一种比较紧凑的计算机,也是所有计算机中最常见的一种。最常见的 PC 有以下五种类型。

(1) 台式机

台式机是个人计算机的最初形态,按其设计,键盘和显示单元一起放在桌面上,如图 3-11 所示。所有元件都通过电缆与处理单元连接。

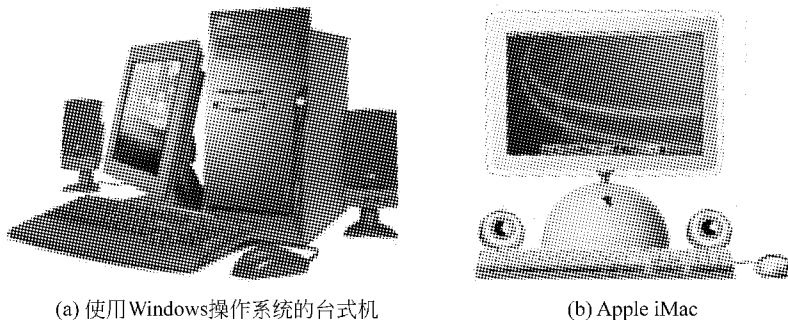


图 3-11 台式机

(2) 笔记本电脑

笔记本电脑大约有笔记本那么大,是为了便于携带而专门设计的。不论人们去哪里,都可以方便地携带这些 3~9 磅(约 1.4~4kg)重的计算机,如图 3-12 所示。笔记本电脑与台式机不同,台式机常由可拆卸的部件组成,而笔记本电脑则把它们的所有部件集成在

一起。

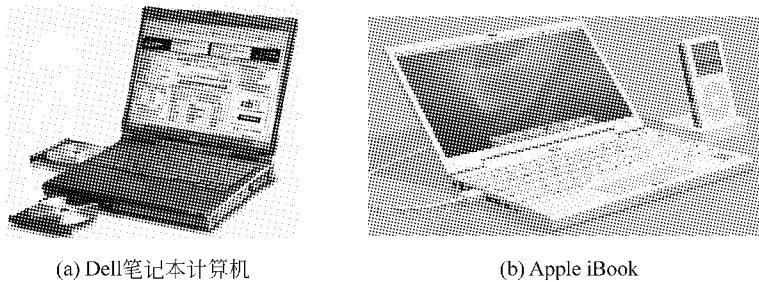


图 3-12 笔记本电脑

(3) 平板 PC

平板 PC (Tablet PC) 是一种轻量型 PC, 重约 3 磅 (约 1.4kg), 有一张普通的书写纸那么大, 如图 3-13 所示。平板 PC 具有不同的形状和尺寸: 无线平板 PC 用一只特殊的笔进行控制, 并且可以与键盘连接; 配有一支笔的笔记本电脑; 可旋转计算机, 即它的屏幕可以旋转并且可以折过来盖在键盘上, 或者拆下来成为一个独立的平板 PC。平板 PC 可以在很多场合使用, 例如执法机构用它们开具交通违规的电子罚单, 保险代理商通过在屏幕上草拟现场的情况, 当场做出损害赔偿等。

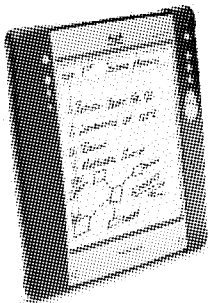


图 3-13 平板 PC

(4) 掌上计算机

掌上计算机 (Pocket PC) 是一种迅速流行起来的微型机。掌上计算机约有袖珍计算器那么大, 目前主要实现维护个人日程表、通信录和电子表格这样一些功能。设计人员正在向这些设备注入更多的功能, 因此它们将在工程和医学等不同领域逐步得到应用。HP 的 iPAQ 是一种使用得很广泛的掌上计算机, 如图 3-14 所示。

(5) 个人数字助理

个人数字助理 (Personal Digital Assistant, PDA) 很小, 重量不到 500g, 但是速度快而且功能强大, 如图 3-15 所示。使用 PDA 可以维护约会日程表、制定任务列表、保存通信录、在会议期间记笔记等。现在越来越多的 PDA 还有无线通信功能, 使它们能够发送与接收传真和电子邮件, 而不必与电话线连接。

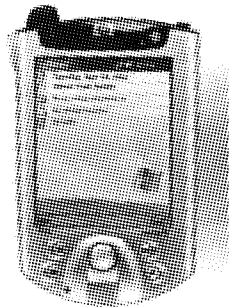


图 3-14 Hewlett Packard iPAQ 掌上计算机

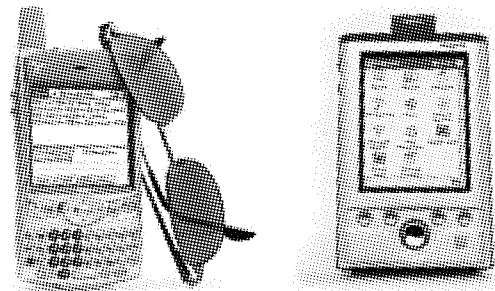


图 3-15 PDA

PDA 和掌上计算机一般统称为手持计算机(Handheld Computer),意味着人们可以用一只手拿着它们,用另一只手输入和检索信息,以反映它们体积小的事实。

2. 中型机和大型机

与中型企业和大型企业关系最密切的计算机是中型机和大型机。这些类型的计算机将人与大量信息互相联系起来。这种联系可以是企业级的,即跨越很多组织机构或者一个组织机构的很多部门,也可以是部门级的。

中型机(如图 3-16 所示)在大的组织机构中使用时通常专门用来执行某个功能。例如用来控制复杂的制造流程或者运行一个酒店的管理系统。在较小的企业或单位,中型机可用于所有的业务处理活动。

大型机(如图 3-17 所示)通常比中型机更大、更昂贵和更快,并且允许大量用户相互联系。大型机通常也能存储更大量的数据和信息。

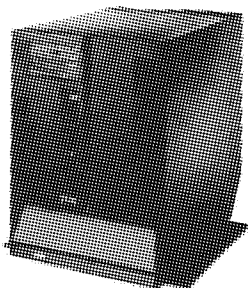


图 3-16 IBM AS/400 中型机

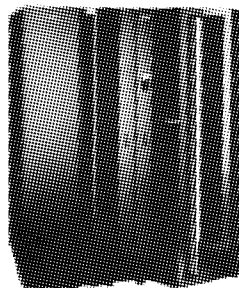


图 3-17 IBM Server Zseries 900 大型机

3. 超级计算机

超级计算机是所有计算机中功能最强大的一类计算机,通常是为了解决由复杂而困难的计算所组成的问题而专门设计的。因为它们每秒可以执行百万亿乃至千万亿次计算,科学家发现它们非常适用于预测天气、准备化学生物系统的模型、绘制行星表面地图和研究大脑的神经网络等。企业使用超级计算机可以创建和测试最新流程、机器和产品,很多汽车制造商还在超级计算机上设计新汽车,然后模拟不同的驾驶条件对它们进行测试,以便在投资制造汽车前评估汽车设计的结构和安全性。图 3-18 所示为美国 Los Alamos 国家实验室的蓝岭(Blue Mountain)超级计算机。

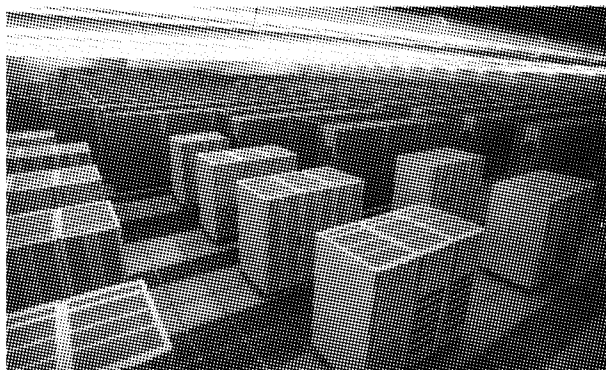


图 3-18 蓝岭超级计算机

3.1.3 计算技术对社会的影响

这里所提到的“计算”是指使用计算机进行的技术性活动,包括为某种目的建造硬件和软件系统,处理、构造和管理不同种类的信息,等等。

随着计算机的不断发展,计算技术日益成熟。计算机的应用与普及已经从军事、科研、经济领域不断向教育、文化、商业、贸易以至娱乐、生活等诸多方面发展,所到之处均引起了巨大的变革。

(1) 运输业: FedEx、UPS、Airborne、Express、DHL 和 TNT 使用计算机系统来跟踪他们所投递的每个包裹。世界范围的通信网络允许他们立刻确定一个包裹的来源、当前位置和目的地。

(2) 金融投资: 在某些交易场所,纸张已经看不见了。实际上,交易场所本身在某些地方也不存在了。在纽约的 NASDAQ 交易所,证券经纪人全部通过电子方式完成交易。在不久的将来,世界各地投资市场的交易场所将被电子交易所取代。

(3) 税收和会计: 人们不愿意缴税,也不愿意填表。对于前者没有什么好办法,但是对于后者,美国国税局安装了一个系统,允许人们在家里或办公室里使用计算机,以电子方式填写联邦纳税申报单。电子填表业务自 1989 年推出以来,每年都得到了充分的增长。

(4) 制造业: 在最近的几十年内,机器人已经从科幻小说中进入了工厂。世界各地制造的汽车,无论是 Ford、GM 还是 Toyota,都在制造过程的很多环节使用了机器人,机器人完成那些单调而有危害的工作,如喷漆、焊缝等。

(5) 新闻业: 今天,人们可以在互联网上阅读很多重大国际新闻。然而在这背后,记者和新闻工作者大都依靠字处理软件准备新闻、撰写稿件,打字机几乎不再使用。设计报纸布局和实现文本插图的图形设计人员也利用计算机来完成他们的工作。

(6) 农业: 目前,一些化肥公司提供一种规划服务,将他们在农业方面的专门知识与信息技术的有效利用结合起来。公司顾问利用计算机程序帮助农民分析土地的其他用处。这些程序在估计庄稼对雨和其他环境条件的敏感性的同时,还可以评估不同的种植和施肥方案,程序可以对每种方案进行分析,以确定哪个方案在生产率和利润方面将产生最理想的结果。

(7) 能源: 大型办公楼要消耗大量的能源,计算机通过用通信网络互连的恒温器和传感器系统,不断地监测环境温度、控制制热和制冷系统,以保持预先设定的舒适温度。在每天下班后和周末,系统自动地调节温度以进一步节约能源。

(8) 体育运动: 汽车竞赛吸引了全世界的爱好者。现在的赛车都装有车载计算机和通信设备。在所有的汽车电路里,计算机都是不可缺少的部件。汽车驾驶室监控和显示有关汽油使用率、发动机功能、刹车模式和速度的数据,并把这些数据从赛车传输到加油区的工作人员那里。这些数据所提供的信息可以影响比赛策略,甚至决定某个车队的胜负。

计算机的广泛应用正改变着人类的生活方式,它标志着人类进入了一个全新的社会——信息社会。

3.2 计算机硬件

现代计算机系统由硬件和软件两大部分组成。计算机硬件是实现数据的计算、存储和通信活动的那些设备的总称。大多数计算机硬件系统都是由输入设备、输出设备、处理器以及存储器等构成的。

3.2.1 处理器

计算机的核心部分是处理器 (Processor)，也称为中央处理单元 (Central Processing Unit, CPU)，其中集成了运算器和控制器。运算器又称为算术逻辑单元，主要功能是对二进制数据进行算术运算和逻辑运算。控制器是计算机的神经中枢，由它统一指挥和协调计算机各部分的工作。

Intel 和 AMD 系列的 CPU 是目前最常见的两种 CPU 产品，如图 3-19 所示。

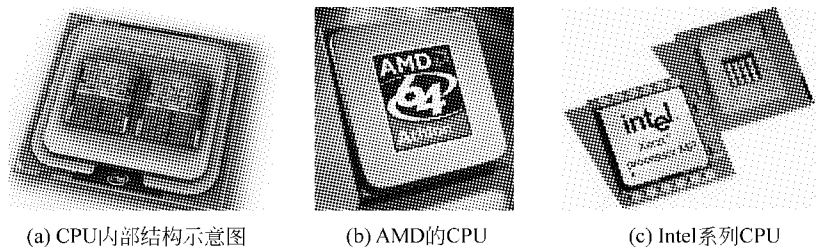


图 3-19 CPU 示例图

字长与主频是 CPU 的两个重要概念。

1. 字长

CPU 字长即计算机字长，简称为字长。在计算机中，一次存取、处理和传输的数据长度称为字，字所包含的二进制位的位数称为字长。例如，某计算机以 16 位为整体进行数据传输，并且 16 位同时进行基本运算，则这台计算机的字长为 16 位，也称为 16 位机。目前使用的个人计算机主要是 32 位机，64 位机也已经进入了市场。

2. 主频

CPU 的主频是指 CPU 工作时的时钟频率，它是衡量 CPU 运行速度的主要参数。在保证运行状态稳定的前提下，CPU 主频越高则工作节拍越快，运行速度也越快。当然，主频越高的 CPU，其价格也越昂贵。表 3-1 给出了 Intel 系列 CPU 的主频。

表 3-1 Intel 系列 CPU 的主频

Intel CPU 类型	主 频
Itanium 或 Xeon	1.3GHz 及以上
Pentium 系列	3.0GHz 及以上
	2.4~3.0GHz
	2.4GHz 及以下
Celeron	2.2GHz 及以上

CPU 是计算机硬件系统的核心,CPU 的类型往往决定了一台计算机的各种性能指标。

3.2.2 存储器

存储器是计算机的记忆和存储部件,是计算机中各种信息的存储和交流中心。存储器分为内存储器和外存储器。

1. 内存储器

内存储器简称为内存(也称为主存储器或主存),是 CPU 在实现所有计算活动时所使用的。计算机中的任何处理都不是在内存中进行的,内存只存储数据、信息和指令。当数据作为输入进入计算机时,首先保存在内存中,然后对它们进行处理,处理结果也暂时保存在内存中。

在内存中,有一小部分区域用于永久存放特殊的专用数据,对它们只读不写,这部分称为只读存储器(Read Only Memory,ROM)。其他大部分内存可读可写,称为随机访问存储器(Random Access Memory, RAM)。计算机工作时, RAM 用来保存程序和数据,但这种保存功能需要电源的支持,一旦切断电源,其中的所有程序和数据将完全消失。因此, RAM 也称为“易失性”存储设备。

微型机中的 CPU、RAM 和 ROM 常被安装在一块电路板上。这块电路板通常称为主板(Motherboard)或系统板(System Board),如图 3-20 所示。

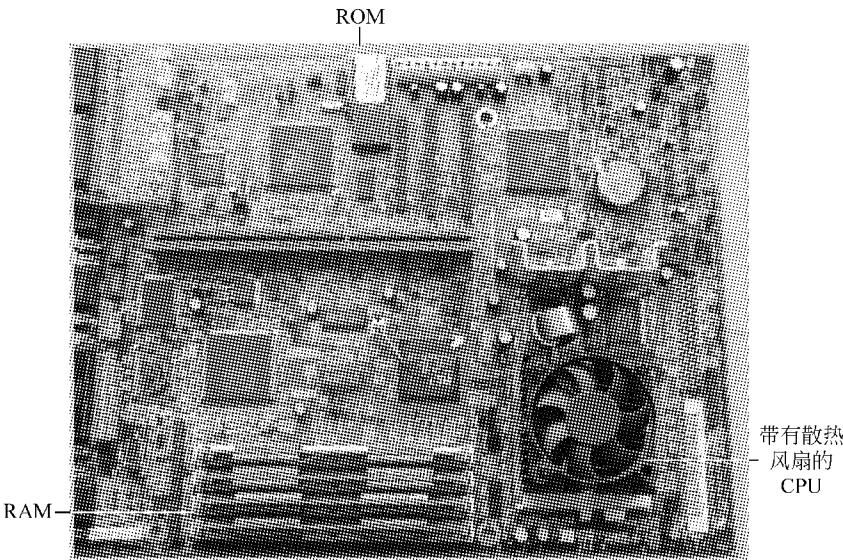


图 3-20 系统板示意图

在计算机中用存储容量来描述存储器的存储能力,存储容量的基本单位是字节(Byte)。通常,人们还用 KB(2^{10} 字节)、MB(2^{20} 字节)、GB(2^{30} 字节)等单位来表示存储容量。表 3-2 给出了几种常用的存储容量单位。显然,存储容量越大,能够存储的信息越多。

2. 外存储器

外存储器简称为外存,也称为辅助存储器,由于通常设置在主机外部,因而得名。常见的外存有磁盘(软盘、硬盘)、闪存、光盘、磁带等。