

第1章 计算机基础知识

1.1 计算机概述

1.1.1 计算机的概念

人们通常所说的计算机，是指电子数字计算机。

计算机（Computer），又称电脑，是一种利用电子学原理，根据一系列指令来对数据进行处理的工具，是一种用于高速计算的电子计算机器，可以进行数值计算，又可以进行逻辑计算，还具有存储记忆功能，是能够按照程序运行，自动、高速处理海量数据的现代化智能电子设备。

计算机相关的技术研究称为“计算机科学”，将计算机科学的成果应用于工程实践所派生的诸多技术性和经验性成果的总合称为“计算机技术”。“计算机技术”与“计算机科学”是两个相关而又不同的概念，它们的不同在于前者偏重于实践而后者偏重于理论。至于以数据为核心的研究则称为信息技术（Information Technology, IT），通常人们接触最多的是个人计算机（Personal Computer, PC）。

计算机种类繁多，但实际来看，计算机总体上是处理信息的工具。根据图灵机理论，一部具有最基本功能的计算机，应当能够完成任何其他计算机能做的事情。因此，只要不考虑时间和存储因素，从个人数码助理到超级计算机都应该可以完成同样的作业。由于科技的飞速进步，下一代计算机总是在性能上能够显著地超过其前一代，这一现象有时被称作“摩尔定律”。

计算机在组成上形式不一，早期计算机的体积足有一间房屋的大小，而今天某些嵌入式计算机可能比一副扑克牌还小。当然，即使在今天依然有大量体积庞大的巨型计算机为特别的科学计算或面向大型组织的事务处理需求服务。比较小的、为个人应用而设计的称为微型计算机，在我国简称为“微机”。我们今天在日常使用“计算机”一词时通常也是指此，不过现在计算机最为普遍的应用形式却是嵌入式，嵌入式计算机通常相对简单、体积小，并被用来控制其他设备——无论是飞机、工业机器人还是数码相机。

上述对于电子计算机的定义包括了许多能计算或是只有有限功能的特定用途的设备，然而当说到现代的电子计算机，其最重要的特征是：只要给予正确的指示，任何一部电子计算机都可以模拟其他任何计算机的行为（只受限于其本身的存储容量和执行速度）。据此，现代电子计算机相对于早期的电子计算机也被称为通用型电子计算机。

在当今世界，几乎所有专业都与计算机息息相关。但是，只有某些特定职业和学科才会深入研究计算机本身的制造、编程和使用技术。用来诠释计算机学科内不同研究领域的各个学术名词的涵义不断发生变化，同时新学科也层出不穷。许多学科都与其他学科相互交织。

全球有三个较大规模的致力于计算机科学的组织：英国计算机学会（British Computer Society, BCS）、美国计算机协会（Association of Computing Machinery, ACM）、美国电气电子工程师协会（Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE）。

1.1.2 计算机的起源

1. 东方的创造：算筹、算盘

人类最初用手指计算。人有两只手，十个手指头，所以人们自然而然地习惯于运用十进制记数法。用手指头计算固然方便，但不能存储计算结果，于是人们用石头、木棒、刻痕或结绳来延长自己的记忆能力。后来国家形成，贸易日盛，人类祖先又发明了算筹、算盘。

算筹，或称算子，是古代一种十进制计算工具，起源于商代的占卜，商代占卜盛行，用现成的小木棍做计算，这就是最早的算筹。周朝用木制，汉代用竹、骨、象牙、玉石、铁等材料制作，长一般在 12 厘米左右，直径为 2 至 4 毫米。如图 1-1 所示。

算盘是算筹的化身，多为木制，其形长方，周为木框，内贯直柱，俗称“档”。一般从九档至十五档，档中横以梁，梁上两珠，每珠作数五，梁下五珠，每珠作数一，运算时定位后拨珠计算，可以做加减乘除等算法。如图 1-2 所示。



图 1-1 算筹



图 1-2 算盘

2. 西方的灵感：机械式计算工具、机电式计算机

随着科学的发展，商业、航海和天文学都提出了许多复杂的计算问题，很多人都关心计算工具的发展。

公元前 87 年，古希腊人为了计算天体在天空中的位置而设计了古代青铜机器——安提基特拉机械，是目前所知最古老的复杂科学计算机，有时被认为是世界上第一个模拟计算机。

1623 年，德国博学家契克卡德（Wilhelm Schickard）率先研制出了欧洲第一部计算设备，这是一个能进行六位以内数加减法，并能通过铃声输出答案的“计算钟”。它使用转动齿轮来进行操作。有时被称为第一台机械计算机。

1642 年，法国数学家和物理学家帕斯卡（Blaise Pascal）在英国数学家 William Oughtred 所制作的“计算尺”的基础上，将其加以改进，发明了第一台机械式加法器，它解决了自动进位这一关键问题，能进行八位计算。还卖出了许多制品，成为当时一种时髦的商品。如图 1-3 所示。

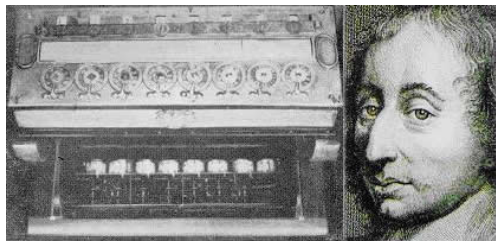


图 1-3 帕斯卡和他发明的机械式加法器

1674 年，德国数学家和哲学家莱布尼茨（Gottfried Wilhelm Leibniz）设计完成了乘法自动计算机，如图 1-4 所示。莱布尼茨不仅发明了手动的可进行完整四则运算的通用计算机，还提出了“可以用机械替代人进行繁琐重复的计算工作”这一重要思想。



图 1-4 莱布尼茨和他发明的乘法自动计算机

1801 年，法国人约瑟夫·玛丽·雅卡尔对织布机的设计进行改进，使用一系列打孔的纸卡片作为编织复杂图案的程序。尽管这种被称作“雅卡尔织布机”的机器并不被认为是一部真正的计算机，但是其可编程性质使之被视为现代计算机发展过程中重要的一步。

1820 年，英国数学家巴贝奇（Charles Babbage）构想和设计了第一部完全可编程计算机。1822 年，巴贝奇设计了一台差分机，它是利用机器代替人来编制数表，经过长达十年的努力将其变成现实，如图 1-5 所示。1834 年他又完成了分析机的设计方案，它是在差分机的基础上做了较大的改进，不仅可以作数字运算，还可以作逻辑运算。分析机的设计思想已具有现代计算机的概念，但因当时的技术水准是不可能制造完成的，由于技术条件、经费限制，以及无法忍耐对设计不停的修补，这部计算机在他有生之年始终未能问世。

约到 19 世纪晚期，许多后来被证明对计算机科学有着重大意义的技术相继出现，包括打孔卡片以及真空管。德裔美籍统计学家赫尔曼·何乐礼（Herman Hollerith）设计了一部制表用的机器，其中便应用打孔卡片来进行大规模自动数据处理。1896 年，何乐礼创办了制表机器公司（Tabulating Machine Company），后来成为全球信息产业领导企业 IBM（International Business Machines Corporation，国际商业机器公司或万国商业机器公司）的前身。

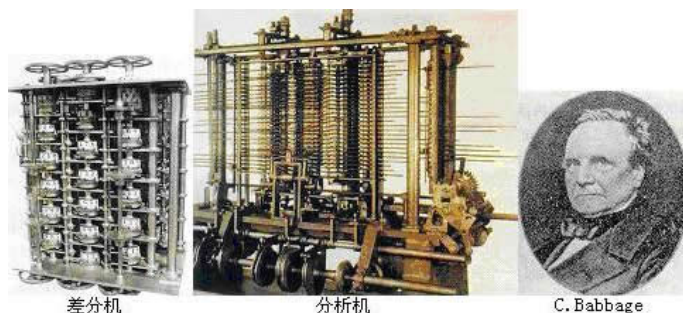


图 1-5 巴贝奇和他设计的差分机、分析机

在 20 世纪前半叶，为了迎合科学计算的需要，许多专门用途的、复杂度不断增长的模拟计算机被研制出来。这些计算机都是用它们所针对的特定问题的机械或电子模型作为计算基础。20 世纪三四十年代，计算机的性能逐渐强大并且通用性得到提升，现代计算机的关键特色被不断地加入进来。

1937 年, 年仅 21 岁的麻省理工学院研究生香农 (Claude Elwood Shannon) 发表了他的伟大论文“对继电器和开关电路中的符号分析”, 文中首次提及数字电子技术的应用, 他向人们展示了如何使用开关来实现逻辑和数学运算。此后, 他通过研究万尼瓦尔·布什 (Vannevar Bush) 的微分模拟器进一步巩固了他的想法。这是一个标志着二进制电子电路设计和逻辑门应用开始的重要时刻, 而作为这些关键思想诞生的先驱, 应当包括: 斯特罗格 (Almon Strowger), 他为一个含有逻辑门电路的设备申请了专利; 特斯拉 (Nikola Tesla), 他早在 1898 年就曾申请含有逻辑门的电路设备; 真空三极管之父福雷斯特 (Lee De Forest), 于 1907 年他用真空管代替了继电器。

1938 年, 德国科学家楚泽 (Konrad Zuse) 成功制造了第一台二进制 Z-1 型计算机, 此后他又研制了 Z 系列计算机。1941 年 5 月 12 日完成了他的图灵完全机电一体计算机 (Z-3 型计算机, “Z3”), 这是世界第一台通用程序控制机电式计算机, 如图 1-6 所示。它不仅全部采用继电器, 同时采用了浮点记数法、带数字存储地址的指令形式等, 但还不是“电子”计算机。

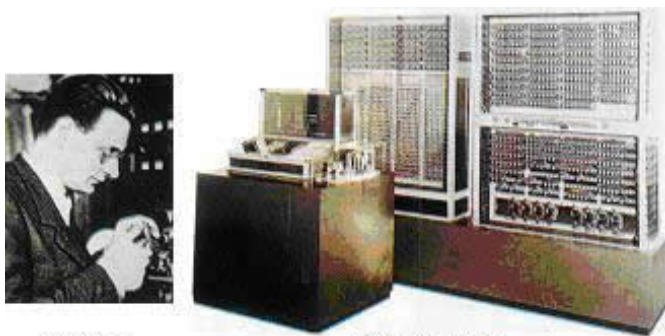
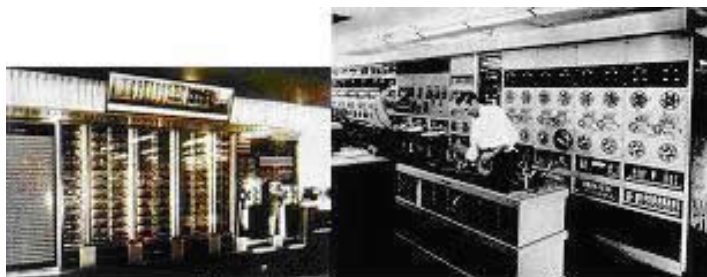


图 1-6 楚泽和他研制的 Z-3 型计算机

1944 年, 美国麻省理工学院科学家艾肯研制成功了一台机电式计算机, 它被命名为自动顺序控制计算机 MARK-I。1947 年, 艾肯又研制出运算速度更快的机电式计算机 MARK-II。到 1949 年由于当时电子管技术已取得重大进步, 于是艾肯研制出采用电子管的计算机 MARK-III, 如图 1-7 所示。



MARK-I

MARK-III

图 1-7 自动顺序控制计算机 MARK-I 和机电式计算机 MARK-III

3. 第一台电子计算机的诞生

ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer, 电子数值积分计算机, 也称埃尼阿克) 是世界上第一台通用电子计算机, 如图 1-8 所示。它是图灵完全的电子计算机, 能够重新编程, 解决各种计算问题。

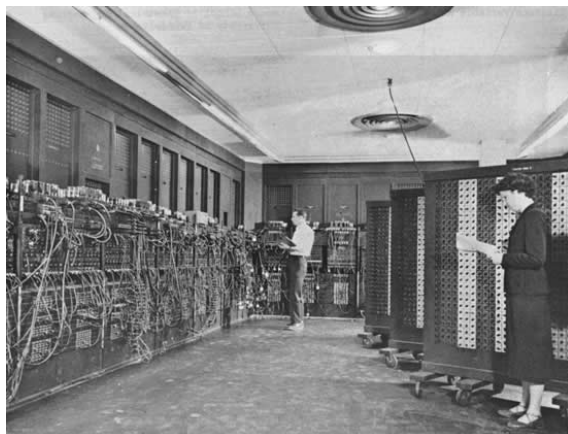


图 1-8 第一台通用电子计算机 ENIAC

在二战期间，美国陆军资助了 ENIAC 的设计和建造。建造合同在 1943 年 6 月 5 日签订，实际的建造在 7 月以“PX 项目”为代号秘密开始，由宾夕法尼亚大学莫尔电机工程学院进行。建造完成的机器于 1946 年 2 月 15 日在宾夕法尼亚大学正式投入使用。建造这台机器花费了将近五十万美元。1946 年 7 月，它被美国陆军军械兵团正式接受。为了翻新和升级存储器，ENIAC 在 1946 年 11 月 9 日关闭，并在 1947 年转移到了马里兰州的阿伯丁试验场。1947 年 7 月，它在那里重新启动，继续工作到 1955 年 10 月 2 日晚上 11 点 45 分。

ENIAC 是宾夕法尼亚大学的物理学家莫齐利 (J.Mauchly) 和工程师埃克特 (J.P.Eckert) 构思和设计的。协助开发的设计工程师团队包括罗伯特·肖 (函数表)、朱传矩 (除法器/平方-平方根器)、托马斯·凯特·夏普勒斯 (主程序器)、阿瑟·伯克斯 (乘法器)、哈利·哈士奇 (读取器/打印机)，还有杰克·戴维斯 (累加器)。ENIAC 在 1987 年被评为 IEEE 里程碑之一。

ENIAC 包含了 17468 个真空管、7200 个晶体二极管、1500 个继电器、10000 个电容器，还有大约五百万个手工焊接头。它的重量达 27 吨 (30 英吨)，体积大约是 $2.4 \times 0.9 \times 30$ 立方米 ($8 \times 3 \times 100$ 立方英尺)，占地 167 平方米 (1800 平方英尺)，耗电 150 千瓦 (导致有传说，每当这台计算机启动的时候，费城的灯都变暗了)。IBM 的卡片阅读器用于输入，打卡器用于输出。使用 IBM 会计机 (比如 IBM 405) 可将这些卡片用于离线产生输出。

ENIAC 使用十位环形计数器存储数字，有 20 个带符号的十位累加器，它们使用 10 的补码表示方法，每秒可进行 5000 次简单加减操作。因为几个累加器可以同时运行，所以潜在的速度峰值由于这种并发操作而比上述数字高得多。通过将两个累加器用线连接起来，可以实现双精度计算，四个累加器被一个特殊的“乘法器”单元所控制，每秒可进行 385 次乘法操作。还有五个累加器被一个特殊的“除法器/平方-平方根器”单元，每秒可进行四十次除法运算或三次求平方根运算。

莫齐利曾经拥有 ENIAC 的专利。1973 年，经过法院宣判，因莫齐利对于 ENIAC 的设计思想部分来源于约翰·阿塔纳索夫 (John Vincent Atanasoff) 和克利福德·贝里 (Clifford Berry) 设计的 ABC 计算机，所以专利被认定为无效，ENIAC 的发明被放入公有领域。

然而，公众领域内普遍将 ENIAC 认定为世界上第一台电子计算机，将莫齐利认定为电子计算机之父。为此，20 世纪 90 年代初，时年 87 岁的 ABC 计算机发明者阿塔纳索夫写信给当时的美国总统老布什，希望公众能承认他自己才是电子计算机之父。于是，老布什向他颁发了一个美国国家工艺技术金质奖章，以表彰他发明了世界上第一台电子数字计算机。

阿塔纳索夫-贝瑞计算机（Atanasoff - Berry Computer，简称 ABC 计算机）是世界上第一台电子数字计算设备。这台计算机在 1937 年设计，不可编程，仅仅设计用于求解线性方程组，并在 1942 年成功进行了测试。然而，这台计算机用纸卡片读写器实现的中间结果存储机制是不可靠的，在发明者阿塔纳索夫因为二战任务而离开艾奥瓦州立大学（Iowa State University）之后，这台计算机就没有继续工作下去。ABC 计算机开创了现代计算机的重要元素，包括二进制算术和电子开关。但是因为缺乏通用性、可变性与存储程序的机制，将其与现代计算机区分开来。这台计算机在 1990 年被认定为 IEEE 里程碑之一。

ABC 计算机直到 1960 年才被发现和广为人知，并且陷入了谁才是第一台电子计算机的冲突中。那时候，ENIAC 普遍被认为是第一台现代意义上的计算机，但是在 1973 年，美国联邦地方法院注销了 ENIAC 的专利，并得出结论：ENIAC 的发明者从阿塔纳索夫那里继承了电子数字计算机的主要构件思想。因此，ABC 计算机被认定为世界上第一台电子计算机。然而，我国公众领域内仍普遍将 ENIAC 认定为世界上第一台电子计算机。

1.1.3 计算机的发展

1. 计算机发展的四个阶段

世界上第一台电子计算机是在 1946 年研制成功的，在这之前人们对研制计算机进行了不懈的探索，那时的计算机被称为近代计算机，而 1946 年后的计算机被称为现代计算机。现在，计算机已经进入了微机和网络时代。

ENIAC 虽是第一台正式投入运行的电子计算机，但它不具备现代计算机“存储程序”的思想。1946 年 6 月，冯·诺依曼博士发表了“电子计算机装置逻辑结构初探”论文，并设计出第一台“存储程序”的离散变量自动电子计算机（The Electronic Discrete Variable Automatic Computer, EDVAC），1952 年正式投入运行，其运算速度是 ENIAC 的 240 倍。冯·诺依曼提出的 EDVAC 计算机结构为人们普遍接受，此计算机结构又称冯·诺依曼型计算机。

现代计算机经历了半个多世纪的发展，这一时期做出杰出贡献的人物是英国科学家图灵和美籍匈牙利科学家冯·诺依曼。图灵对现代计算机的贡献主要是：建立了图灵的理论模型，发展了可计算性理论，提出了定义机器智能的图灵测试。冯·诺依曼的贡献主要是：确立了现代计算机的基本结构，即冯·诺依曼结构。

依据现代计算机所采用的电子器件不同，可以将其分为电子管、晶体管、集成电路、超大规模集成电路四代。每一代计算机在技术上都是一次新的飞跃。

表 1-1 计算机发展的四个阶段

阶段	起止年份	主要元件	速度（次/秒）	软件	应用
第一代	1946 年-1958 年	电子管	几千	机器语言 汇编语言	科学计算
第二代	1958 年-1964 年	晶体管	几万-几十万	高级语言	数据处理 工业控制
第三代	1964 年-1970 年	中小规模 集成电路	几十万-几百万	操作系统	文字处理 图形处理
第四代	1971 年至今	大规模/超大规模 集成电路	几千万-千百亿	数据库、网络等	社会生活的 各个领域

2. 我国计算机的发展

(1) 第一代电子管计算机 (1958-1964 年)

我国从 1957 年开始研制通用数字电子计算机, 1958 年 8 月 1 日该机可以演示短程序运行, 标志着我国第一台电子计算机诞生。为纪念这个日子, 该机定名为八一型数字电子计算机。该机在 738 厂开始小量生产, 改名为 103 型计算机 (即 DJS-1 型), 共生产 38 台。103 机如图 1-8 所示。

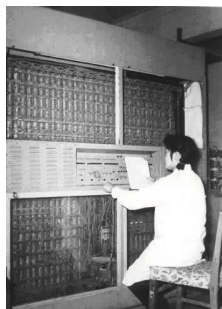


图 1-8 103 机



图 1-9 104 机

1958 年 5 月我国开始了第一台大型通用电子计算机 (104 机) 的研制, 以前苏联当时正在研制的 БЭСМ-II 计算机为蓝本, 在前苏联专家的指导帮助下, 中科院计算所、四机部、七机部和部队的科研人员与 738 厂密切配合, 于 1959 年国庆节前完成了研制任务。104 机如图 1-9 所示。

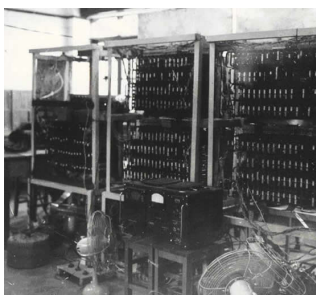


图 1-10 107 机



图 1-11 119 机

在研制 104 机同时, 夏培肃院士领导的科研小组首次自行设计, 于 1960 年 4 月研制成功一台小型通用电子计算机—107 机, 如图 1-10 所示。

1964 年我国第一台自行设计的大型通用数字电子管计算机 119 机研制成功 (图 1-11), 平均浮点运算速度每秒 5 万次, 参加 119 机研制的科研人员约有 250 人, 有十几个单位参与协作。

(2) 第二代晶体管计算机 (1965-1972 年)

我国在研制第一代电子管计算机的同时, 已开始研制晶体管计算机, 1965 年研制成功的我国第一台大型晶体管计算机 (109 乙机) 实际上从 1958 年起计算所就开始酝酿启动。在国外禁运条件下要造晶体管计算机, 必须先建立一个生产晶体管的半导体厂 (109 厂)。经过两年努力, 109 厂就提供了机器所需的全部晶体管 (共 2 万多支晶体管, 3 万多支二极管)。两年后又对 109 乙机加以改进推出 109 丙机, 为用户运行了 15 年, 有效算题时间 10 万小时以上, 在我国两弹试验中发挥了重要作用, 被用户誉为 “功勋机”。109 机如图 1-12 所示。

我国工业部门在第二代晶体管计算机研制与生产中已发挥重要作用。华北计算所先后研制成功 108 机、108 乙机 (DJS-6)、121 机 (DJS-21) 和 320 机 (DJS-6), 并在 738 厂等五家

工厂生产。哈军工（国防科大前身）于 1965 年 2 月成功推出了 441B 晶体管计算机并小批量生产了 40 多台。



图 1-12 109 机

（3）第三代基于中小规模集成电路的计算机（1973-80 年代初）

我国第三代计算机的研制受到文化大革命的冲击。IBM 公司 1964 年推出 360 系列大型机是美国进入第三代计算机时代的标志，我国到 1970 年初期才陆续推出大、中、小型采用集成电路的计算机。1973 年，北京大学与北京有线电厂等单位合作研制成功运算速度每秒 100 万次的大型通用计算机。进入 80 年代，我国高速计算机，特别是向量计算机有新的发展。1983 年中国科学院计算所完成我国第一台大型向量机—757 机（图 1-13），计算速度达到每秒 1000 万次。

但这一记录当年即被国防科大研制的银河-I 亿次巨型计算机打破。银河-I 巨型机是我国高速计算机研制的一个重要里程碑，它标志着我国文革动乱时期与国外拉大的距离又缩小到 7 年左右（银河-I 的参考机克雷-1 于 1976 年推出）。银河-I 如图 1-14 所示。



图 1-13 757 机



图 1-14 银河-I

（4）第四代基于超大规模集成电路的计算机（80 年代中期至今）

和国外一样，我国第四代计算机研制也是从微机开始的。1980 年初我国不少单位也开始采用 Z80, X86 和 M6800 芯片研制微机。1983 年 12 月电子部六所研制成功与 IBM PC 机兼容的 DJS-0520 微机。10 多年来我国微机产业走过了一段不平凡道路，现在以联想微机为代表的国产微机已占领一大半国内市场。

1992 年国防科大研究成功银河-II 通用并行巨型机，峰值速度达每秒 4 亿次浮点运算（相当于每秒 10 亿次基本运算操作），总体上达到 80 年代中后期国际先进水平。

从 90 年代初开始，国际上采用主流的微处理器芯片研制高性能并行计算机已成为一种发展趋势。国家智能计算机研究开发中心于 1993 年研制成功曙光一号全对称共享存储多处理机。1995 年，国家智能机中心又推出了国内第一台具有大规模并行处理机（MPP）结构的并行机曙光 1000（含 36 个处理机），峰值速度每秒 25 亿次浮点运算，实际运算速度上了每秒 10 亿

次浮点运算这一高性能台阶。

1997 年国防科大研制成功银河-III 百亿次并行巨型计算机系统,采用可扩展分布共享存储并行处理体系结构,由 130 多个处理结点组成,峰值性能为每秒 130 亿次浮点运算,系统综合技术达到 90 年代中期国际先进水平。

国家智能机中心与曙光公司于 1997 至 1999 年先后在市场上推出具有机群结构的曙光 1000A,曙光 2000-I,曙光 2000-II 超级服务器,峰值计算速度已突破每秒 1000 亿次浮点运算,机器规模已超过 160 个处理机,2000 年推出每秒浮点运算速度 3000 亿次的曙光 3000 超级服务器。2004 年上半年推出每秒浮点运算速度 1 万亿次的曙光 4000 超级服务器(图 1-15)。



图 1-15 曙光 4000L

综观 40 多年来我国高性能通用计算机的研制历程,从 103 机到曙光机,走过了一段不平凡的历程。总的来讲,国内外标志性计算机推出的时间还是有很大的差异,其中国外的代表性机器 ENIAC、IBM 7090、IBM 360、CRAY-1、Intel Paragon、IBM SP-2,比国内的代表性计算机 103、109 乙、150、银河-I、曙光 1000、曙光 2000 推出时间早 4-12 年。

1.1.4 计算机的发展趋势

计算机技术是当今世界发展速度最快的科学技术之一,从第一台计算机诞生至今的半个多世纪里,计算机的应用得到不断拓展,计算机类型不断分化,这就决定计算机的发展也朝不同的方向延伸。未来计算机技术正朝着巨型化、微型化、网络化和智能化的方向发展。

1. 巨型化

巨型化是指计算机具有极高的运算速度、大容量的存储空间、更加强大和完善的功能,主要用于航空航天、军事、气象、人工智能、生物工程等学科领域。

2. 微型化

微型化是大规模和超大规模集成电路发展的必然。从第一块微处理器芯片问世以来,发展速度与日俱增。微处理器芯片连续更新换代,微型计算机连年降价,加上丰富的软件和外部设备,操作简单,使微型计算机很快普及到社会各个领域并走进了千家万户。

随着微电子技术的进一步发展,微型计算机将发展得更加迅速,其中笔记本型、掌上型等微型计算机必将以更优的性能价格比受到人们的欢迎。

3. 网络化

网络化是指利用通信技术和计算机技术,把分布在不同地点的计算机互联起来,按照网络协议相互通信,以达到所有用户都可共享软件、硬件和数据资源的目的。现在,计算机网络在交通、金融、企业管理、教育、邮电、商业等各行各业中得到广泛的应用。

目前各国都在开发三网合一的系统工程,即将计算机网、电信网、有线电视网合为一体。将来通过网络能更好的传送数据、文本资料、声音、图形和图像,用户可随时随地在全世界范围拨打可视电话或收看任意国家的电视和电影。

4. 智能化

智能化是让计算机能够模拟人类的智力活动,如学习、感知、理解、判断、推理等能力,具备理解自然语言、声音、文字和图像的能力,具有说话的能力,使人机能够用自然语言直接对话。它可以利用已有的和不断学习到的知识,进行思维、联想、推理,并得出结论,能解决复杂问题,具有汇集记忆、检索有关知识的能力。

计算机技术的发展都是以电子技术的发展为基础的,集成电路芯片是计算机的核心部件。随着高新技术的研究和发展,计算机技术也将拓展到其他新兴的技术领域,计算机新技术的开发和利用也将成为未来计算机发展的新趋势。未来计算机将有可能在光计算机、纳米计算机、量子计算机和 DNA 计算机等方面的研究领域上取得重大的突破。

1. 光计算机

与传统硅芯片计算机不同,光计算机用光束代替电子进行计算和存储:它以不同波长的光代表不同的数据,以大量的透镜、棱镜和反射镜将数据从一个芯片传送到另一个芯片。

研制光计算机的设想早在 20 世纪 50 年代后期就已提出。1986 年,贝尔实验室的戴维·米勒研制成功小型光开关,为同实验室的艾伦·黄研制光处理器提供了必要的元件。1990 年 1 月,黄的实验室开始用光计算机工作。

光计算机有全光学型和光电混合型。上述贝尔实验室的光计算机就采用了混合型结构。相比之下,全光学型计算机可以达到更高的运算速度。研制光计算机,需要开发出可用一条光束控制另一条光束变化的光学“晶体管”。现有的光学“晶体管”庞大而笨拙,若用它们造成台式计算机将有辆汽车那么大。因此,要想短期内使光学计算机实用化还很困难。

2. 纳米计算机

在纳米尺度下,由于有量子效应,硅微电子芯片便不能工作。其原因是这种芯片的工作,依据的是固体材料的整体特性,即大量电子参与工作时所呈现的统计平均规律。如果在纳米尺度下,利用有限电子运动所表现出来的量子效应,可能就能克服上述困难。可以用不同的原理实现纳米级计算,目前已提出了四种工作机制:

- ①电子式纳米计算技术;
- ②基于生物化学物质与 DNA 的纳米计算机;
- ③机械式纳米计算机;
- ④量子波相干计算。它们有可能发展成为未来纳米计算机技术的基础。

3. 量子计算机

量子计算机以处于量子状态的原子作为中央处理器和内存,利用原子的量子特性进行信息处理。

由于原子具有在同一时间处于两个不同位置的奇妙特性,即处于量子位的原子既可以代表 0 或 1,也能同时代表 0 和 1 以及 0 和 1 之间的中间值,故无论从数据存储还是处理的角度,量子位的能力都是晶体管电子位的两倍。对此,有人曾经作过这样的比喻:假设一只老鼠准备绕过一只猫,根据经典物理学理论,它要么从左边过,要么从右边过,而根据量子理论,它却可以同时从猫的左边和右边绕过。

量子计算机在外形上有较大差异,它没有盒式外壳;看起来像是一个被其他物质包围的

巨大磁场；它不能利用硬盘实现信息的长期存储；但高效的运算能力使量子计算机具有广阔的应用前景。

如何实现量子计算，方案并不少，问题是在实验上实现对微观量子态的操纵确实太困难了。这些计算机异常敏感，哪怕是最小的干扰（比如一束从旁边经过的宇宙射线）也会改变机器内计算原子的方向，从而导致错误的结果。目前，量子计算机只能利用大约 5 个原子做最简单的计算。要想做任何有意义的工作都必须使用数百万个原子。

4. DNA 计算机

1994 年 11 月，美国南加州大学的阿德勒曼博士用 DNA 碱基对序列作为信息编码的载体，在试管内控制酶的作用下，使 DNA 碱基对序列发生反应，以此实现数据运算。阿德勒曼在《科学》上公布了 DNA 计算机的理论，引起了各国学者的广泛关注。阿德勒曼的计算机与传统的计算机不同，计算不再只是简单的物理性质的加减操作，而又增添了化学性质的切割、复制、粘贴、插入和删除等多种方式。

DNA 计算机的最大优点在于其惊人的存储容量和运算速度，1 立方厘米的 DNA 存储的信息比一万亿张光盘存储的还多；十几个小时的 DNA 计算，就相当于所有计算机问世以来的总运算量。更重要的是，它的能耗非常低，只有电子计算机的一百亿分之一。

与传统的“看得见、摸得着”的计算机不同，目前的 DNA 计算机还是躺在试管里的液体。它离开发、实际应用还有相当的距离，尚有许多现实的技术性问题需要去解决。如生物操作的困难，有时轻微的振荡就会使 DNA 断裂；有些 DNA 会粘在试管壁、抽筒尖上，从而就在计算中丢失了预计，10 到 20 年后，DNA 计算机才可能进入实用阶段。

1.1.5 计算机的特点

1. 运算速度快

计算机的运算速度（也称处理速度）是计算机的一个重要性能指标，通常用每秒钟执行定点加法的次数或平均每秒钟执行指令的条数来衡量，其单位是 MIPS (Million Instructions Per Second)，即每秒钟百万条指令。目前，计算机的运算速度已由早期的几千次/秒发展到现代的计算机运算速度在几十个 MIPS，巨型计算机可达到千万个 MIPS。计算机如此高的运算速度是其他任何计算工具都无法比拟的，这极大地提高了人们的工作效率，使许多复杂的工程计算能在很短的时间内完成。尤其在时间响应速度要求很高的实时控制系统中，计算机运算速度快的特点更能够得到很好的发挥。

2. 计算精度高

精度高是计算机又一显著的特点。在计算机内部，数据采用二进制表示，二进制位数越多表示数的精度就越高。目前计算机的计算精度已经能达到几十位有效数字。从理论上说随着计算机技术的不断发展，计算精度可以提高到任意精度。

3. 记忆功能强

计算机的记忆功能是由计算机的存储器完成的。存储器能够将输入的原始数据，计算的中间结果及程序保存起来，提供给计算机系统在需要的时候反复调用。记忆功能是计算机区别于传统计算工具最重要的特征。随着计算机技术的发展，计算机的内存容量已经可以达到几百甚至几千兆字节。而计算机的外存储容量更是越来越大，目前一台微型计算机的硬盘容量可以达到几百 GB 甚至 TB。计算机所能存储的信息也由早期的文字、数据、程序发展到如今的图形、图像、声音、影像、动画、视频等数据。

4. 逻辑判断能力强

计算机的运算器除了能够进行算术运算,还能够对数据信息进行比较、判断等逻辑运算。这种逻辑判断能力是计算机处理逻辑推理问题的前提,也是计算机能实现信息处理高度智能化的重要因素。

5. 自动化程度高

计算机的工作原理是“存储程序控制”,就是将程序和数据通过输入设备输入并保存在存储器中,计算机执行程序时按照程序中指令的逻辑顺序自动地、连续地把指令依次取出来并执行,这样执行程序的过程无须人为干预,完全由计算机自动控制执行。

1.1.6 计算机的分类

计算机种类很多,可以从不同的角度对计算机进行分类,下面介绍几种常用的分类方法:

1. 按照计算机原理分类

按照计算机原理,可分为数字式电子计算机、模拟式电子计算机和混合式电子计算机。

(1) 数字式电子计算机

又称“电子数字计算机”。以数字形式的量值在机器内部进行运算和存储的电子计算机。数的表示法常采用二进制。

(2) 模拟式电子计算机

又称“电子模拟计算机”,简称“模拟计算机”。以连续变化的电流或电压来表示被运算量的电子计算机。因根据相似原理解答各种问题,并包含模拟概念而得名。模拟计算机的特点是由连续量表示,运算过程也是连续的。而数字计算机的主要特点是按位运算,并且不连续地跳动运算。

(3) 混合式电子计算机

利用模拟技术和数字技术进行数据处理的电子计算机。兼有模拟电子计算机和电子数字计算机的特点。有两种类型:

①混合式模拟计算机:以模拟技术为主,附加一些数字设备;

②组合式混合计算机:由数字式和模拟式两种计算机加上相应的接口装置组成。

2. 按照计算机用途分类

按照计算机用途,可分为通用计算机和专用计算机。

(1) 通用计算机

是指各行业、各种工作环境都能使用的计算机,学校、家庭、工厂、医院、公司等用户都能使用的就是通用计算机;平时我们购买的品牌机、兼容机都是通用计算机。通用计算机功能齐全,具有较高的运算速度、较大的存储容量、配备较齐全的外部设备及软件。但与专用计算机相比,其结构复杂、价格昂贵。通用计算机适应性很强,应用面很广,但其运行效率、速度和经济性依据不同的应用对象会受到不同程度的影响。

(2) 专用计算机

专为解决某一特定问题而设计制造的电子计算机。一般拥有固定的存储程序。如控制轧钢过程的轧钢控制计算机,计算导弹弹道的专用计算机等,解决特定问题的速度快、可靠性高,且结构简单、价格便宜。专用计算机完成单一功能,在特定用途下它最有效、最经济、最快速。

3. 按照计算机性能分类

按照计算机性能,可分为巨型机、小巨型机、大型机、小型机、工作站和个人计算机六

大类。

(1) 巨型机 (Super Computer)

巨型机, 又称超级计算机, 指能够执行一般个人计算机无法处理的大资料量与高速运算的计算机, 其基本组成组件与个人计算机的概念无太大差异, 但规格与性能则强大许多, 是一种超大型电子计算机。具有很强的计算和处理数据的能力, 主要特点表现为高速度和大容量, 配有多种外围设备及丰富的、高功能的软件系统。现有的超级计算机运算速度大都可以达到每秒一太 (Trillion, 万亿) 次以上。

超级计算机是计算机中功能最强、运算速度最快、存储容量最大的一类计算机, 多用于国家高科技领域和尖端技术研究, 是一个国家科研实力的体现, 它对国家安全, 经济和社会发展具有举足轻重的意义, 是国家科技发展水平和综合国力的重要标志。

(2) 小巨型机 (Mini Super Computer)

小巨型机, 又称次超级计算机、小型超级计算机, 性能一般介于小型机与巨型机之间, 其特点是浮点运算速度快, 主要用于科学计算与工程应用领域, 售价较为便宜, 其价格目标是超级计算机的十分之一。

(3) 大型机 (Mainframe Computer)

大型机, 又称大型计算机、大型主机、主机等, 是从 IBM System/360 开始的一系列计算机及与其兼容或同等级的计算机, 主要用于大量数据和关键项目的计算, 例如银行金融交易及数据处理、人口普查、企业资源规划等。

现代大型机并非主要通过每秒运算次数 MIPS 来衡量性能, 而是可靠性、安全性、向后兼容性和极其高效的 I/O 性能。大型机通常强调大规模的数据输入输出, 着重强调数据的吞吐量。大型机可以同时运行多操作系统, 因此不像是一台计算机而更像是多台虚拟机, 因此一台大型机可以替代多台普通的服务器, 是虚拟化的先驱。同时大型机还拥有强大的容错能力。由于大型机的平台与操作系统并不开放, 因而很难被攻破, 安全性极强。

(4) 小型机 (Mini Computer)

小型机, 又称迷你计算机, 是 70 年代由数字设备公司 DEC (迪吉多) 公司首先开发的一种高性能计算产品, 曾经风行一时。小型机曾用来表示一种多用户、采用终端/主机模式的计算机, 它的规模介于大型计算机和个人计算机之间。有的厂商可能会用其他名称代替。我国常常不准确的以小型机来称呼 UNIX 服务器。

小型机规模小、结构简单、设计试制周期短, 便于及时采用先进工艺。这类机器由于可靠性高, 对运行环境要求低, 易于操作且便于维护, 用户使用机器不必经过长期的专门训练。因此小型机对广大用户具有吸引力, 加速了计算机的推广普及。小型机应用范围广泛, 如用在工业自动控制、大型分析仪器、测量仪器、医疗设备中的数据采集、分析计算等, 也用作大型、巨型计算机系统的辅助机, 并广泛运用于企业管理以及大学和研究所的科学计算等。

(5) 工作站 (Workstation)

工作站是一种高端的通用微型计算机。它是为了单用户使用并提供比个人计算机更强大的性能, 尤其是在图形处理能力, 任务并行方面的能力。工作站既具有大型机的多任务、多用户能力, 又兼具微型机的操作便利和良好的人机界面。它可连接多种输入、输出设备, 其最突出的特点是图形性能优越, 具有很强的图形交互处理能力, 因此在工程领域、特别是在计算机辅助设计 (CAD) 领域得到了广泛运用。

人们通常认为工作站是专为工程师设计的机型。由于工作站出现的较晚, 一般都带有网

络接口,采用开放式系统结构,即将机器的软、硬件接口公开,并尽量遵守国际工业界流行标准,以鼓励其他厂商、用户围绕工作站开发软、硬件产品。目前,多媒体等各种新技术已普遍集成到工作站中,使其更具特色。它的应用领域也已从最初的计算机辅助设计扩展到商业、金融、办公领域,并频频充当网络服务器的角色。另外,连接到服务器的终端机也可称为工作站。

(6) 个人计算机 (Personal Computer)

个人计算机,又称微型计算机,简称微机,普遍称为计算机、电脑,是在大小、性能以及价位等多个方面适合于个人使用,并由最终用户直接操控的计算机的统称。它与批处理计算机或分时系统等一般同时由多人操控的大型计算机相对。从台式机(或称台式计算机、桌面计算机)、笔记本电脑到上网本和平板电脑以及超级本等都属于个人计算机的范畴。

一般来说个人计算机分为两大机型与两大系统,在机型上分为常见的台式机与笔记本电脑,在系统上分别是国际商用机器公司(IBM)集成制定的 IBM PC/AT 系统标准,以及苹果计算机所开发的麦金塔(Macintosh)系统。IBM PC/AT 标准由于采用 x86 开放式架构而获得大部分厂商所支持,成为市场上的主流,因此一般所说的个人计算机指 IBM PC 兼容机,此架构中的中央处理器采用英特尔(Intel)或超微(AMD)等厂商所生产的中央处理器。而台式机因采用开放式硬件架构,所以除了品牌外,自行组装的无品牌计算机也极度盛行。

1.1.7 计算机的应用领域

计算机具有高速运算、逻辑判断、大容量存储和快速存取等功能,这决定了它在现代社会的各种领域都成为越来越重要的工具。计算机的应用相当广泛,涉及到科学研究、军事技术、工农业生产、文化教育、娱乐等各个方面。按学科可分为六大类,即:

1. 科学计算(数值计算)

科学计算是计算机最早的应用领域。科学计算是指利用计算机来完成科学研究和工程技术中提出的数学问题的计算。在现代科学技术工作中,科学计算问题是大量的和复杂的。利用计算机的高速计算、大存储容量和连续运算的能力,可以实现人工无法解决的各种科学计算问题。

从尖端科学到基础科学,从大型工程到一般工程,都离不开数值计算。如宇宙探测、气象预报、桥梁设计、飞机制造等都会遇到大量的数值计算问题。这些问题计算量大、计算过程复杂。像著名的“四色定理”的证明,就是利用 IBM370 系列的高端计算机计算了 1200 多个小时才获得证明的,如果人工计算,日夜不停地工作,也要十几万年;气象预报有了计算机,预报准确率大为提高,可以进行中长期的天气预报;利用计算机进行化工模拟计算,加快了化工工艺流程从实验室到工业生产的转换过程。

2. 数据处理(信息处理)

数据处理是目前计算机应用最为广泛的领域。数据处理是指对各种数据进行收集、存储、整理、分类、统计、加工、利用、传播等一系列活动的统称。如人口统计、档案管理、银行业务、情报检索、企业管理、办公自动化、交通调度、市场预测等都有大量的数据处理工作。据统计,80%以上的计算机主要用于数据处理,这类工作量大面广,决定了计算机应用的主导方向。

数据处理从简单到复杂,已经历了三个发展阶段,它们是:

①电子数据处理(Electronic Data Processing,简称 EDP)。它是以文件系统为手段,实现一个部门内的单项管理。

②管理信息系统 (Management Information System, 简称 MIS)。是以数据库技术为工具, 实现一个部门的全面管理, 以提高工作效率。

③决策支持系统 (Decision Support System, 简称 DSS)。它是以数据库、模型库和方法库为基础, 帮助管理决策者提高决策水平, 改善运营策略的正确性与有效性。

目前, 数据处理已广泛地应用于办公自动化、企事业计算机辅助管理与决策、情报检索、图书管理、电影电视动画设计、会计电算化等等各行各业。信息正在形成独立的产业, 多媒体技术使信息展现在人们面前的不仅是数字和文字, 也有声情并茂的声音和图像信息。

3. 过程控制 (实时控制)

过程控制是利用计算机及时采集检测数据, 按最优值迅速地对控制对象进行自动调节或自动控制。采用计算机进行过程控制, 不仅可以大大提高控制的自动化水平, 而且可以提高控制的及时性和准确性, 从而改善劳动条件、提高产品质量及合格率。因此, 计算机过程控制已在机械、冶金、石油、化工、纺织、水电、航天等部门得到广泛的应用。

计算机是生产自动化的基本技术工具, 它对生产自动化的影响有两个方面: 一是在自动控制理论上, 二是在自动控制系统的组织上。生产自动化程度越高, 对信息传递的速度和准确度的要求也就越高, 这一任务靠人工操作已无法完成, 只有计算机才能胜任。

例如, 在汽车工业方面, 利用计算机控制机床、控制整个装配流水线, 不仅可以实现精度要求高、形状复杂的零件加工自动化, 而且可以使整个车间或工厂实现自动化。

4. 辅助技术

计算机辅助技术包括 CAD、CAM 和 CAI 等。

(1) 计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD)

利用计算机的高速处理、大容量存储和图形处理功能, 辅助设计人员进行产品设计。不仅可以进行计算, 而且可以在计算的同时绘图, 甚至可以进行动画设计, 使设计人员从不同的侧面观察了解设计的效果, 对设计进行评估, 以求取得最佳效果, 大大提高了设计效率和质量。

(2) 计算机辅助制造 (Computer Aided Made, CAM)

在机器制造业中利用计算机控制各种机床和设备, 自动完成离散产品的加工、装配、检测和包装等制造过程的技术, 称为计算机辅助制造。近年来, 各工业发达国家又进一步将计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System, CIMS) 作为自动化技术的前沿方向, CIMS 是集工程设计、生产过程控制、生产经营管理为一体的高度计算机化、自动化和智能化的现代化生产大系统。

(3) 计算机辅助教学 (Computer Aided Instruction, CAI)

通过学生与计算机系统之间的“对话”实现教学的技术称为计算机辅助教学。“对话”是在计算机指导程序和学生之间进行的, 它使教学内容生动、形象逼真, 能够模拟其他手段难以做到的动作和场景。通过交互方式帮助学生自学、自测, 方便灵活, 可满足不同层次人员对教学的不同要求。

此外还有其他计算机辅助系统: 如利用计算机作为工具辅助产品测试的计算机辅助测试 (CAT); 利用计算机对学生的教学、训练和对教学事务进行管理的计算机辅助教育 (CAE); 利用计算机对文字、图像等信息进行处理、编辑、排版的计算机辅助出版系统 (CAP); 计算机管理教学 (CMI) 及其他一些辅助应用。

5. 人工智能 (智能模拟)

人工智能 (Artificial Intelligence) 是计算机模拟人类的智能活动, 诸如感知、判断、理解、

学习、问题求解和图像识别等。它是计算机应用的一个崭新领域,是计算机向智能化方向发展的趋势。现在人工智能的研究已取得不少成果,有些已开始走向实用阶段。例如,能模拟高水平医学专家进行疾病诊疗的专家系统,具有一定思维能力的智能机器人等等。

6. 网络应用

计算机技术与现代通信技术的结合构成了计算机网络。计算机网络的建立,不仅解决了一个单位、一个地区、一个国家中计算机与计算机之间的通讯,各种软、硬件资源的共享,也大大促进了国际间的文字、图像、视频和声音等各类数据的传输与处理。

计算机网络在资源共享和信息交换方面所具有的功能,是其他系统所不能替代的。计算机网络所具有的高可靠性、高性能价格比和易扩充性等优点,使得它在工业、农业、交通运输、邮电通信、文化教育、商业、国防以及科学研究等各个领域、各个行业获得了越来越广泛的应用。

1.2 数制与数制转换

1.2.1 进位计数制

数制也称计数制,是指用一组固定的符号和统一的规则来表示数值的方法。进位计数制,是指用进位的方法进行计数的数制,简称进制。日常生活中,人们习惯采用十进位计数制(即十进制)来表示数,即按照逢十进一的原则进行计数的,偶尔也采用其他进制,比如一年有十二个月(十二进制),一小时有六十分钟(六十进制)等。但计算机内部一般采用二进制表示数据,编写计算机程序时,有时使用八进制或十六进制表示数据。

在采用进位计数的数字系统中,如果只用 r 个基本符号(例如 0、1、2、……、 $r-1$)表示数值,则称其为基 r 数制, r 称为该数制的基数。如日常生活中常用十进制数,就是 $r=10$,即基本符号为 0、1、2、……、9。如取 $r=2$,即基本符号为 0 和 1,则为二进制数。和基数一起,还有数位、位权称为进位计数制的三要素。

数位是指一个数码在一个数中所处的位置;不同数位上数码代表的值等于在这个数位上的数码乘以一个固定的数值,这个固定的数值就是该位上的位权,它恰好是基数的某次幂,处在哪个位上就是几次幂。例如,十进制数的位权,从小数点起向高位依次是 10^0 、 10^1 、 10^2 、……,从小数点起向低位依次是 10^{-1} 、 10^{-2} 、……。

对任何一种进位计数制表示的数都可以写出其按其权展开的多项式之和,任意一个 r 进制数 N 可表示为:

$$N = \sum_{i=m-1}^{-k} D_i * r^i$$

式中的 D_i 为该数制采用的基本数符, r^i 是权, r 是基数,不同的基数表示不同的进制数。

1.2.2 计算机中常用的数制

1. 十进制 (Decimal notation)

- (1) 十个数码: 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9
- (2) 进位基数: 10
- (3) 逢十进一(加法运算), 借一当十(减法运算)

(4) 约定数值后面没有字母或带字母“D”时,表示该数是十进制数。

对任意一个十进制数都可以表示为“按权展开式”。例如:

$$(345.67) D = 3 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 6 \times 10^{-1} + 7 \times 10^{-2}$$

2. 二进制 (Binary notation)

(1) 两个数码: 0 和 1

(2) 进位基数: 2

(3) 逢二进一 (加法运算), 借一当二 (减法运算)

(4) 约定在数据后加上字母“B”表示二进制数据。

二进制数也可以表示为“按权展开式”。例如:

$$(101.01) B = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

3. 八进制 (Octal notation)

(1) 八个数码: 0、1、2、3、4、5、6、7

(2) 进位基数: 8

(3) 逢八进一 (加法运算), 借一当八 (减法运算)

(4) 约定在数据后加上字母“O”表示八进制数据。

八进制数也可以表示为“按权展开式”。例如:

$$(127.1) O = 1 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 7 \times 8^0 + 1 \times 8^{-1}$$

4. 十六进制 (Hexadecimal notation)

(1) 十六个数码: 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F

(2) 进位基数: 16

(3) 逢十六进一 (加法运算), 借一当十六 (减法运算)

(4) 约定在数据后加上字母“H”表示十六进制数据。

十六进制数也可以表示为“按权展开式”。例如:

$$(10D.8) H = 1 \times 16^2 + 0 \times 16^1 + 13 \times 16^0 + 8 \times 16^{-1}$$

二进制、八进制、十进制、十六进制的相关计数规则, 如表 1-2 所示。

表 1-2 常用的进制数

数制	二进制 B	八进制 O	十进制 D	十六进制 H
规则	逢二进一	逢八进一	逢十进一	逢十六进一
基数	$r=2$	$r=8$	$r=10$	$r=16$
数符	0、1	0、1、…、7	0、1、…、9	0、1、…、9、A、B、C、D、E、F
权	2^i	8^i	10^i	16^i

1.2.3 不同进位计数制间的转换

1. r 进制转十进制

公式

$$N = \sum_{i=m-1}^{-k} D_i * r^i$$

本身就提供了将 r 进制转换成十进制数的方法。比如, 把二进制数转换为相应的十进制数,

只要将二进制中出现 1 的数位权相加即可 (位权相加法)。

例如: 把二进制数 11010 转换成相应的十进制数。

$$(11010)_B = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = (26)_D$$

把二进制数 100110.101 转换成相应的十进制数。

$$(100110.101)_B = 1 \times 2^5 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-3} = (38.625)_D$$

把八进制数 476.5 转换成相应的十进制数。

$$(476.5)_O = 4 \times 8^2 + 7 \times 8^1 + 6 \times 8^0 + 5 \times 8^{-1}$$

把十六进制数 2AB.F 转换成相应的十进制数。

$$(2AB.F)_H = 2 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 11 \times 16^0 + 15 \times 16^{-1}$$

2. 十进制转 r 进制

整数部分和小数部分的转换方法是不相同的, 分别加以介绍。

(1) 整数部分的转换

把一个十进制的整数不断除以所需要的基数 r , 取其余数 (除 r 取余法), 就能够转换成以 r 为基数的数。例如, 为了把十进制数转换成相应的二进制数, 只要把十进制数不断除以 2, 并记下每次所得余数 (余数总是 1 或 0), 所有余数按倒序排列起来即为相应的二进制数。这种方法称为除 r 取余法 (除 r 取余, 逆序排列)。

例如: 把十进制数 25 转换成二进制数。

$$\begin{array}{r|l}
 2 & 25 \\
 \hline
 2 & 12 \quad 1 \leftarrow \text{最低位} \\
 2 & 6 \quad 0 \\
 2 & 3 \quad 0 \\
 2 & 1 \quad 1 \\
 2 & 0 \quad 1 \leftarrow \text{最高位} \\
 & 0
 \end{array}$$

所以 $(25)_D = (11001)_B$ (注意: 第一位余数是低位, 最后一位余数是高位)

(2) 小数部分转换

要将一个十进制小数转换成 r 进制小数, 可将十进制小数不断得乘以 r , 并顺序取整, 这称为乘 r 取整法 (乘 r 取整, 顺序排列)。

例如: 将十进制数 0.3125 转换成相应的二进制数。

$$\begin{array}{r|l}
 0.3125 & \text{取整} \\
 \times 2 & \\
 \hline
 0.6250 & 0 \leftarrow \text{最高位} \\
 \times 2 & \\
 \hline
 1.2500 & 1 \\
 \times 2 & \\
 \hline
 0.5000 & 0 \text{ (仅小数部分)} \\
 \times 2 & \\
 \hline
 1.0000 & 1 \leftarrow \text{最低位}
 \end{array}$$

所以, $(0.3125)_D = (0.0101)_B$

如果十进制数包含整数和小数两部分，则必须将十进制小数点两边的整数和小数部分分开，分别完成相应转换，然后，再把 r 进制整数和小数部分组合在一起。

例如：将十进制数 25.3125 转换成二进制数，只要将上例整数和小数部分组合在一起即可，即 $(25.3125)_D = (11001.0101)_B$

3. 非十进制数间的转换

通常两个非十进制数之间的转换方法是采用上述两种方法的组合，即先将被转换数转换为相应的十进制数，然后再将十进制数转换为其他进制数。

由于二进制、八进制和十六进制之间存在特殊关系，即 $8^1=2^3$ ， $16^1=2^4$ ，因此转换方法就比较容易，如表 1-3 所示。

表 1-3 二进制、八进制和十六进制之间的关系

二进制	八进制	二进制	十六进制	二进制	十六进制
000	0	0000	0	1000	8
001	1	0001	1	1001	9
010	2	0010	2	1010	A
011	3	0011	3	1011	B
100	4	0100	4	1100	C
101	5	0101	5	1101	D
110	6	0110	6	1110	E
111	7	0111	7	1111	F

根据这种对应关系，二进制转换成八进制十分简单。只要将二进制数从小数点开始，整数从右向左 3 位一组，小数部分从左向右 3 位一组，最后不足 3 位补零，然后根据表 1-3 即可完成转换。

例如：将二进制数 $(10100101.01011101)_B$ 转换成八进制数。

010' 100' 101.010' 111' 010
2 4 5 .2 7 2

所以 $(10100101.01011101)_B = (245.272)_O$

将八进制转换成二进制的过程正好相反。

2 4 5 .2 7 2
010 100 101.010 111 010

所以 $(245.272)_O = (10100101.01011101)_B$

二进制同十六进制之间的转换就如同八进制同二进制之间的转换一样，只是四位一组。

例如：将二进制 $(111111000111.100101011)_B$ 转换成十六进制数。

0001' 1111' 1100' 0111.1001' 0101' 1000
1 F C 7 .9 5 8

所以 $(111111000111.100101011000)_B = (1FC7.958)_H$

1.2.4 二进制的运算

在计算机中，采用二进制数可以很方便的进行算术运算和逻辑运算。

1. 算术运算

加法: $0+0=0$ $0+1=1$ $1+0=1$ $1+1=0$ (进位)减法: $0-0=0$ $0-1=1$ (借位) $1-0=1$ $1-1=0$ 乘法: $0\times 0=0$ $0\times 1=0$ $1\times 0=0$ $1\times 1=1$ 除法: $0\div 1=0$ $1\div 1=1$

2. 逻辑运算

逻辑与: $0\text{ AND }0=0$ $0\text{ AND }1=0$ $1\text{ AND }0=0$ $1\text{ AND }1=1$ 逻辑或: $0\text{ OR }0=0$ $0\text{ OR }1=1$ $1\text{ OR }0=1$ $1\text{ OR }1=1$ 逻辑非: $\text{NOT }0=1$ $\text{NOT }1=0$

1.3 计算机中的信息表示

1.3.1 计算机数据单位

数据有数值数据和非数值数据之分。在计算机内这些数据均表现为二进制形式。一串二进制序列,既可理解为数值大小,也可理解为字符编码,理解方式不同,含义也不一样。在进行数据处理时,必须了解这些数据是怎样组织存储的。数据单位一般有位、字节和字。

1. 位 (bit)

位是计算机存储数据的最小单位。一个二进制代码称为一位,记为 bit。一个二进制位只能表示 2 种状态,要表示更多的信息,就得把多个位组合起来作为一个整体,每增加一位,所能表示的信息量就增加一倍。

2. 字节 (Byte)

字节简记为 B。在对二进制数据进行存储时,以八位二进制代码为一个单元存放在一起,称为一个字节。即: $1\text{B}=8\text{ bit}$ 。字节是数据处理的基本单位,通常一个 ASCII 码占一个字节,一个汉字国标码占 2 个字节。

3. 字 (Word)

计算机处理数据时,一次存取、加工和传送的数据长度称为字,也叫字长。一个字通常有一个或若干个字节组成。由于字长是计算机一次所能处理的实际位数,因此它决定了计算机处理数据的速率,是衡量计算机性能的一个重要标志。字长越长,表明计算机性能越强。

不同计算机的字长是不完全相同的,常见的计算机字长有 8 位、16 位、32 位、64 位不等。

4. 存储器容量

计算机存储器容量大小是以字节数来度量的,经常使用如下几种度量单位: B、KB、MB、GB、TB。其中 KB (Kilo Byte) 表示“千字节”,MB (Mega Byte) 表示“兆字节”,GB (Giga Byte) 表示“吉字节”,TB (Tera Byte) 表示“太字节”。它们的进率是 $2^{10}=1024$,即: $1\text{TB}=2^{10}\text{GB}$, $1\text{GB}=2^{10}\text{MB}$, $1\text{MB}=2^{10}\text{KB}$, $1\text{KB}=2^{10}\text{B}$, $1\text{B}=8\text{ bit}$ 。

例如: 16×16 点阵汉字库中的一个汉字占据空间: $16\times 16\times 1\text{ bit}=256\text{ bit}=32\text{ B}$ 。一个拥有 7445 个汉字 (含符号) 的 16×16 点阵汉字库的容量是: $7445\times 32\text{ B}=238\,240\text{ B}$, 约为 238 KB。

1.3.2 计算机中的数值编码

没有涉及到数据符号的二进制数据称为无符号数,除此以外,还有带符号的数,通常用