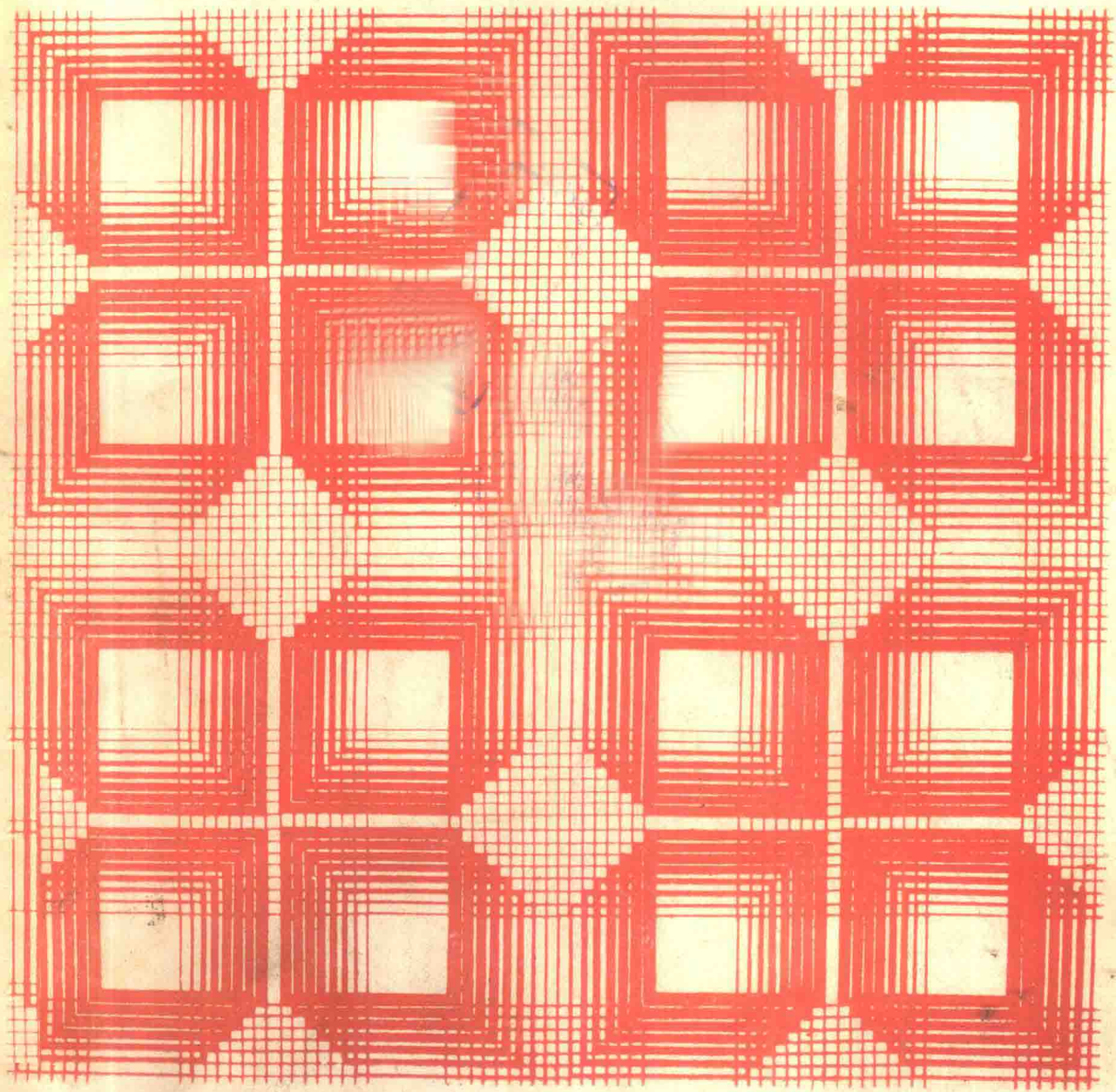


微型计算机原理及应用

王承发 邱祥辉 主编



哈尔滨工业大学出版社

本书可作为高等院校计算机专业及相关专业的教材，也可供从事计算机工作的工程技术人员参考。

微型计算机原理及应用

王承发 邱祥辉 主编

哈尔滨工业大学出版社

(黑) 新登字第 4 号

内 容 提 要

全书共十章, 内容包括计算机信息表示与运算基础、微机基本结构、微处理器、存储器、程序设计基础知识、汇编语言程序设计、中断系统、输入输出及其接口电路、高级汇编语言程序设计等。

本书内容由浅入深、循序渐进, 概念清楚、逻辑性强。书中列举大量实例, 各章附有习题, 便于学习。

本书可作为高校非计算机专业硕士研究生和电类(非计算机)专业本科生学习计算机的基础教材, 也可供计算机应用的工程技术人员和自学者参考。

微型计算机原理及应用

王承发 邱祥辉 主 编

*

哈尔滨工业大学出版社出版

新华书店首都发行所发行

哈尔滨市龙江印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 20 字数 460 千字

1993 年 8 月第 1 版 1993 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—7 000

ISBN 7-5603-0532-6 /TP·41 定价: 12.00 元

目 录

第一章 绪 论	
§1.1 计算机的发展概况	(1)
§1.2 微型计算机的发展	(2)
§1.3 我国计算机的发展	(3)
§1.4 计算机的基本组成	(4)
§1.5 计算机的特点与性能指标	(6)
§1.6 计算机的应用范围	(8)
复习题	(9)
第二章 计算机中信息的表示与运算	
§2.1 进位计数制	(10)
§2.2 数的符号与小数点的表示	(13)
§2.3 数的编码方法	(17)
§2.4 典型PC机中数的表示	(24)
§2.5 数的运算方法	(26)
复习题	(33)
第三章 微型计算机的基本结构及工作过程	
§3.1 概述	(35)
§3.2 微型计算机的结构	(38)
§3.3 微型计算机的工作过程	(44)
(复习题)	(48)
第四章 存储器	
§4.1 概述	(49)
§4.2 微型计算机内存的通常结构	(53)
§4.3 静态RAM	(55)
§4.4 动态RAM	(60)
§4.5 存储器的工作时序	(68)
§4.6 只读存储器	(71)
§4.7 堆栈	(76)
(复习题)	(78)
第五章 8086微处理器	
§5.1 8086微处理器概述	(80)
§5.2 8086的流水线及寄存器结构	(81)
§5.3 8086的总线结构	(87)
§5.4 8086典型系统配置及支持芯片	(97)
§5.5 8086的分段存储结构及 I/O 结构	(105)
§5.6 8086的操作和时序	(111)

复习题	(119)
第六章 程序设计基础知识	
§ 6.1 宏汇编语言概述	(121)
§ 6.2 指令格式及寻址方式	(123)
§ 6.3 宏汇编语言的基本语法	(131)
§ 6.4 常用的汇编控制语句	(144)
§ 6.5 DOS系统功能调用	(150)
§ 6.6 汇编过程	(152)
复习题	(153)
第七章 汇编语言程序设计	
§ 7.1 程序设计引论	(154)
§ 7.2 顺序程序设计	(158)
§ 7.3 分支程序设计	(172)
§ 7.4 循环程序设计	(177)
§ 7.5 子程序设计	(187)
§ 7.6 字符串操作程序设计和程序的连接技术	(201)
§ 7.7 宏指令程序设计	(214)
复习题	(222)
第八章 中断系统	
§ 8.1 中断的基本概念	(225)
§ 8.2 中断的一般处理过程	(226)
§ 8.3 多重中断及处理	(229)
§ 8.4 8086的中断系统	(230)
复习题	(240)
第九章 输入/输出及其接口电路	
§ 9.1 输入/输出的寻址方式	(241)
§ 9.2 CPU与外设的数据传送控制方式	(244)
§ 9.3 可编程并行I/O接口电路8255A	(248)
§ 9.4 可编程串行接口电路8251A	(260)
§ 9.5 计数器/定时器8253	(267)
复习题	(279)
第十章 高级汇编语言程序设计	
§ 10.1 PC-DOS的组成与加载	(280)
§ 10.2 DOS与汇编语言程序的接口	(283)
§ 10.3 字符设备I/O程序设计	(287)
§ 10.4 磁盘I/O程序与管理	(302)
复习题	(312)
参考文献	(313)

第一章 绪 论

§ 1.1 计算机的发展概况

计算机是一种能够自动、高速、精确地进行信息处理的现代化电子设备，确切一点说，应称为电子计算机。它是现代科学技术发展的需要，是人类在长期的生产和科研实践中，为减轻繁重的劳动和加速计算过程而努力奋斗的结果。计算机出现以前，历史上曾有多种计算工具被发明和创造。唐朝末年，我国人民就发明了算盘。后来，在国外出现了许多计算工具。17世纪中叶的计算尺和机械计算器，19世纪末，本世纪初的手摇计算机、电动计算器和卡片计算器等。这些计算工具，在不同时期都成了人们的好帮手，一定程度上解决了人类在生产、生活和科学实验中所需解决各类计算任务。

但是，上述计算工具都适应不了近代科学技术发展的要求，这是因为这些工具存在如下不可克服的缺点：第一，计算速度慢。例如，要正确预报24小时的天气情况，大约需要二百多万次的运算，若使用上述工具，最快者也需计算一到两个星期。地球物理勘探中测量数据的处理，有时需要进行上亿次的运算，采用上述工具难以胜任。第二，出现错误多。使用上述工具进行计算时，人要参加整个运算过程，人的主观因素将直接影响计算的正确性，对于大型、复杂的计算，可靠程度是难以保证的。除了计算之外诸如生产过程控制、经济企业管理、文字翻译、图书检索等多种大量的工作需要机器去完成，而上述计算工具对这些任务是束手无策的。

20世纪中叶，一方面由于导弹、火箭、原子弹等现代科学技术的发展，需要解决一些极其复杂的数学问题，已有的计算工具满足不了要求；另一方面由于电子学和自动控制技术的迅速发展，为研制电子计算机提供了物质技术条件，从而出现了电子计算机。电子计算机的发明和发展对科学技术、生产以及社会生活的发展起了不可估量的促进作用。从第一台计算机诞生起，至今仅仅40多年历史。然而，它发展之快，普及之广，对科学技术以至整个社会影响之深，是任何其它学科所不及的。40多年来，计算机已经发展了四代，现在正向第五代计算机发展。

第一代（1946年~1958年）：电子管时代。其特征是采用电子管作为逻辑元件；数据表示主要是定点数；用机器语言和汇编语言编写程序；主要用于科学计算。世界上的第一台电子计算机ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer)，是1946年在美国宾夕法尼亚大学由J. W. Mauchly (莫克利) 和J. P. Eckert (埃克特) 领导的为导弹设计服务小组研制成功的，它使用了18800只电子管，1500多个继电器，耗电150kW，占地面积150m²，重量达30t，每秒钟能完成5000次加减法运算。有代表性的计算机是1946年美国数学家Von Neumann (冯·诺依曼) 与他的同事们在普林斯顿研究所设计的存储程序计算机IAS。它的设计思想先进，所谓冯·诺依曼型计算机结构体

系，对后来计算机的发展产生了深远的影响。

第二代（1958年~1965年）：晶体管时代。其特征是用晶体管代替电子管；用铁氧磁心和磁盘作为主存储器；软件方面有了很大发展，出现了FORTRAN、ALGOL和COBOL等一系列高级语言程序，为简化程序设计，建立了程序库和批处理的管理程序；除了科学计算之外，数据处理被广泛应用，同时开始用于过程控制。IBM公司生产的IBM-7094计算机和CDC公司的CDC1604计算机为该时期代表机种。与第一代比较，第二代计算机体积小、重量轻、耗电省、速度达几万次~几十万次/秒。

第三代（1965年~1970年）：集成电路时代。其特征是用集成电路IC (Integrate Circuit) 代替了分立元件；用半导体存储器逐渐取代了磁心存储器；采用了微程序控制技术；软件方面，操作系统日益成熟和功能逐渐强化，是这一时期显著的特点；多道程序、并行处理技术、多处理机、虚拟存储系统以及面向用户的应用软件的发展，大大丰富了计算机软件资源。为了充分利用已有的软件，解决软件兼容问题，出现了系列化的计算机。这一时期，计算机在科学计算、数据处理、过程控制诸方面都得到了广泛应用。具有代表性的机种是IBM-360系列、CDC-6600、CDC-7600计算机。速度可达几十万次~几百万次每秒。60年代中期，另一个发展方向是成本低的小型计算机。DEC公司研制成功的PDP-8，又发展到有名的PDP-11系列和VAX-11系列等属于小型机。

由于它性能好、成本低、适用范围广，对计算机的推广普及起了很大推动作用。

第四代（1971年以后）：大规模集成电路时代。其特征是以大规模集成电路LSI (Large Scale Integration) 为主要功能部件；采用半导体存储器作为主存元件；软件方面，发展了数据库系统、分布式操作系统等。第四代计算机的另一重要分支是微处理机和微型计算机。有关这方面的情况，留待下节详述。

目前，世界各国计算机的主要发展动向是：大型巨型化（主要指性能）、小型微型化（主要指规模和成本）、发展计算机网络和人工智能。近几年来，美国、日本等国正在加紧研制第五代计算机（有人也称之为新一代计算机和智能计算机），这一代计算机主要着眼于机器的智能化，它以知识库为基础，采用智能接口，进行逻辑推理，完成判断和决策任务。毫无疑问，随着超大规模集成电路VLSI (Very Large-Scale Integration) 的发展以及新的计算机系统结构和软件技术的发展，第五代计算机将是完全新型的一代计算机。

§ 1.2 微型计算机的发展

微型计算机 (Microcomputer) 属于第四代计算机。它是以前LSI为基础而发展起来的。自从1971年美国Intel公司的M. E. 霍夫发明了第一台微处理器 (Microprocessor) Intel4004以来，微型计算机如雨后春笋般蓬勃发展，并逐渐占领市场。计算机的应用已深入到了人们生产、生活的各个领域和各个方面。十多年的时间，微处理机和微型计算机也发展了四代产品。

第一代（1971年~1973年），是低档的四位微处理器，如Intel 4004以及由它组成的微型计算机MCS-4。4004采用了PMOS工艺，一个芯片上集成了1200个晶体管，它

能进行串行十进制运算,使用机器语言和简单的汇编语言,基本指令执行时间为 $10\sim 15\mu\text{s}$ 。虽然这一代微型计算机还很不完善,但它在价格上占优势,这种微处理机和微型计算机一出现就赢得了市场。

第二代(1974年~1977年),是8位微处理机和微型计算机。初期产品有Intel公司的8080和Motorola公司的M6800。它们采用NMOS工艺,每片集成了约5000个晶体管。基本指令执行时间约 $2\mu\text{s}$ 。由于8080投放市场早,具备齐全的外围设备,配置了大量的软件,因此竞争力很强。

这一代后期间世的性能较高的8位微处理机有:Zilog公司的Z-80, Intel公司的8085, Motorola公司的M6809。芯片集成度提高到每片9000管左右,基本指令执行时间为 $1\sim 1.3\mu\text{s}$ 。

总之,第二代微型计算机集成度较高,执行速度较快,指令系统比较完善,具有典型的计算机体系结构以及中断、DMA等控制功能。软件上,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,后期配上了操作系统。8位微型计算机有速度较慢、字长较短等不足之处,使其应用受到限制。

第三代(1978年~1980年),是16位微处理机和微型计算机。1978年,Intel公司推出了新型的16位微处理机8086。不久,MC68000和Z-8000又相继问世,它们是目前国际市场上最流行的三种16位微处理机。8086在一个芯片上集成了29000个晶体管;Z-8000集成了17500个;而68000集成了68000个。这些微处理机的运行速度很快,指令的最短执行时间为 400ns ,比8位微处理机快 $2\sim 5$ 倍。它们的速度赶上和超过了小型计算机。软件方面,可以使用多种高级语言,有常驻的汇编程序、完善的操作系统、大型数据库,可以构成多微处理机系统。16位微型计算机的成功,形成了与小型计算机的竞争局面。它弥补了8位微型计算机字长和速度的局限所造成的缺陷,为微型计算机在实时数据处理和实时控制领域中的应用开辟了广阔的前景。

第四代(1981年以后),是32位微处理机和微型计算机。其特点是数据总线和地址总线全是32位的,数据寄存器和地址寄存器也都是32位。指令系统完全支持32位数据类型。在机器寻址方式中,所用的变址和其它地址修正量具有32位的表达式。

其典型产品有Motorola公司的68020、Intel公司的80386、Bell研究所的MAC-32、HP公司的 $\mu\text{p}32$ 等。HP公司的32位微处理机芯片集成了45万个晶体管,时钟频率为18MHz, Bell的MAC32集成了15万个晶体管。集成度的提高,使系统的速度和性能大大提高,可靠性增强,成本降低。现在,32位微型计算机大有取代中、小型计算机之趋势。

目前,各种类型的微型计算机在各个领域得到广泛应用,它不仅深刻地影响着计算机技术的发展,而且在整个技术领域中占有越来越重要的地位。

§ 1.3 我国计算机的发展

我国的计算机事业是从1956年周恩来总理主持制订“十二年科学技术发展规划”开始发展起来的。1958年和1959年,仿制成功了电子管计算机103机和104机。填补了我国

电子计算机的空白。从60年代开始，自行设计并研制了第二代晶体管计算机，有108乙机、441B机、320机等。进入70年代，我国先后研制成功TQ-16(709)机、150机、655机等集成电路机器，DJS-100系列小型多功能机于1976年投入批量生产，1977年200万次大型集成电路计算机和DJS-183小型多功能计算机研制成功，1979年DJS-200系列机问世。1983年我国研制成功100M次/s以上的“银河”巨型计算机，标志着我国进入了世界研制巨型机的行列。

我国研制微型计算机是从1974年开始的。DJS-050系列，DJS-060系列是我国最早研制生产的微处理器，DJS-050系列微处理器与Intel 8080兼容，DJS-060系列与M6800兼容。接着，又研制了16位微型计算机。1981年鞍山微电子有限公司研制成功了LS77型16位微型计算机系列。1984年电子工业部成功地开发了16位微型计算机系统：长城0520系列。由于国家的重视，微型计算机的研制发展很快，已初具规模，其应用发展非常迅速。

近年来，中国科学院计算技术研究所，国防科技大学和哈尔滨工业大学等单位先后开展了人工智能和智能计算机系统的研制，目前这项研制任务已纳入国家高技术计划。我国正在逐渐形成计算机产业，我国的计算机事业正在向世界先进水平看齐。

§ 1.4 计算机的基本组成

一、计算机的分类

电子计算机是一种采用电子线路对信息进行加工处理以实现自动计算功能的机器。它分为三类：电子模拟计算机、电子数字计算机和混合计算机。

电子模拟计算机所处理的电信号在时间上是连续的，称为模拟量。例如，可以用电信号的幅值来模拟数值或物理量大小，就能够用电信号不同的幅值表示不同的数值。

电子数字计算机所处理的电信号在时间上是离散的，称为数字量。正如电子线路中，用电平高低或脉冲的有无来表示数值的1和0。这样，就可以用一串脉冲，或用一组触发器输出电平的高低表示一个数值。不同的组合就能够表示数值的不同大小，增加组合位数能增加数的表示范围和精度。

将模拟技术和数字技术相结合的计算机，称为电子模拟、数字混合计算机。

电子数字计算机将信息数字化，具有许多独特的长处。例如，数字化信息能够用各种存储器和寄存器保存，使计算机可以具有极大存储量，从而可对大量的数据信息进行处理；数字信息可以用来表示各种物理量和逻辑变量，以至文字符号、图形等，因而计算机除了数值计算外，还能进行逻辑加工，具有更强的功能。因此，电子数字计算机成为信息处理装置的主流。所以，通常所说的计算机就是电子数字计算机。

二、计算机系统的构成

现代计算机系统由硬件和软件两大部分构成。硬件是指构成计算机的物理实体。从物理结构上看，它由机壳、机架、插件板（由印刷电路板和电子器件组成）、底板走线

和各种机械、电气设备所组成。从逻辑功能上看，它包括中央处理机（由运算器和控制器组成）、存储器、输入和输出设备等组成。软件是指发挥计算机作用的程序，通常存放在存储器中。软件由系统软件、程序设计语言和应用软件三部分组成。为方便用户使用，提高计算机系统的效率或扩展硬件功能而编制的一组程序，称之为系统软件，它包括操作系统、汇编程序、编译程序、编辑程序、调试诊断程序、装配与连接程序等等。有时，将数据库管理系统和某些应用软件包也算在其中。程序设计语言种类很多，常用的有汇编语言、BASIC语言、ALGOL语言、FORTRAN语言、COBOL语言、PASCAL语言、PL/M语言等等。应用软件是指用户为解决某一特定问题而编制的程序。

计算机可以理解成面向算法的机器，软件是实现某种算法的程序。一种算法可以由硬件来实现，也可以由软件实现。如数组运算，一般的计算机中多为软件实现，而在巨型机或数组处理中，则是由硬件实现。这就是说，硬件与软件在逻辑功能上是完全等同的。对于一个具体计算机系统，硬件与软件的功能如何分配，要视具体情况而定。加大软件的比例，可以减少硬件成本，但执行时间要长。随着大规模集成电路的迅速发展，硬件成本不断下降，加大硬件比例，软件技术硬（固）化的趋势日益上升，软硬件技术的密切配合，是计算机系统设计的一大关键。

三、计算机硬件的基本组成

为了完成运算或信息处理任务，计算机必须具备下述几个部分，如图1.4.1所示。

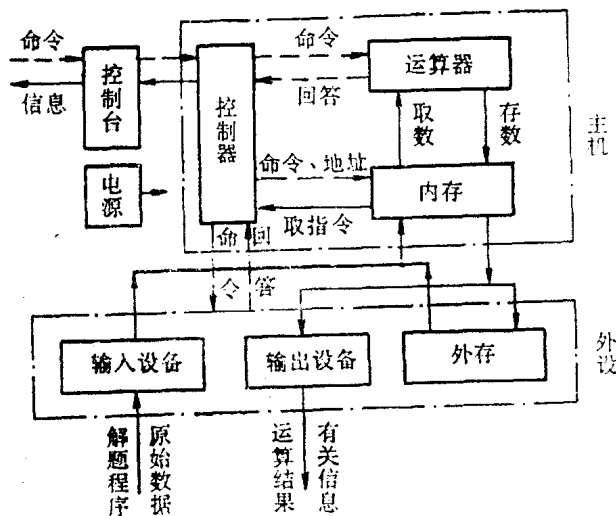


图 1.4.1 计算机硬件组成框图

有条不紊地自动工作。它由给出指令地址的指令计数器、暂时存放指令的指令寄存器和翻译加工指令的指令译码器及发布各种控制命令信号的操作控制部件组成。

运算器和控制器早已被集成到一块芯片上了，这种芯片称之为中央处理单元CPU (Central Processing Unit)。

3. 主存储器 (Main Memory)

又称为内存，可视为计算机的仓库。用以存放大量的二进制代码，这些代码分

(一) 主机

1. 运算器ALU (Arithmetic Logic Unit)

它是计算机的执行机构，是完成加、减、乘、除等算术运算和与、或、非等逻辑运算的装置。它由能够实现相加运算的加法器、累加器和内部寄存器组成。

2. 控制器CU (Control Unit)

它是计算机的指挥机构，它依据指令产生一系列的操作命令，用以指挥整机的各个部分有

别组成一个一个的字，每个字可能描述的是一条指令，也可能表示一个数据。在存储器中，这些字都按地址存放。

(二) 外设

1. 输入设备 (Input device)

该设备用以将解题程序和原始数据转换成电信号，并在控制器的指挥下，按一定的地址顺序送入内存。常用的输入方式有纸带、卡片和键盘输入，近年来，人们研制声图文的智能输入系统，已经取得了很大的进展。

2. 输出设备 (Output device)

该设备用以将计算结果和人们感兴趣的有关信息，在控制器的指挥下，依照人们所能识别的形式，从机内送出。常用的输出方式有穿孔、打字、绘图和屏幕显示等。智能输出也是计算机工作者目前研究的课题。

3. 辅助存储器 (External Storage)

又称外存储器，它是内存存储器的后备和补充，也是用来存放二进制代码的。通常，外存的工作速度比内存慢，存储容量比内存大，它不直接与CPU打交道，只是批量地与内存交换信息。常用的外存有磁鼓、磁带、磁盘等。

§ 1.5 计算机的特点与性能指标

一、计算机的特点

1. 能自动连续地高速运算

由于计算机采用存储程序控制方式，一旦输入编好的程序，启动之后，就能自动执行下去。

2. 运算速度快

计算机的运算速度每秒可达几百万次、几千万次甚至上亿次，使过去许多无法解决的问题迎刃而解，如24小时内的天气预报，用计算机后，几分钟内就可算出。随着计算机器件速度的提高、计算机系统结构等因素的发展，计算机的速度还会有更大的提高。

3. 具有“记忆”功能和逻辑判断能力

计算机的存储器能够准确无误地长期保存程序与数据，需要时，可及时调出使用。这种具有记忆和高速存储的能力是计算机能够自动高速运行的必要基础。计算机还具有逻辑分析、逻辑推理和逻辑判断能力。例如判断一个数大于还是小于另一个数，判断一个数的正负。有了逻辑判断能力，计算机在运算时，可以根据上一步运算结果的判断，自动选择下一步的计算方法。并使计算机能进行诸如资料分类、情报检索、逻辑推理等逻辑加工性质的工作。

4. 运算精度高

计算机的运算精度可达十进制数的十几位，其运算精度，仅取决于机器的字长，为了获得更高的计算精度，还可以进行双倍字长、多倍字长的运算。

5. 通用性强

计算解题时，对不同的问题，只是执行的程序不同。因此，计算机的使用具有很大的灵活性和通用性，同一台计算机能解各式各样的问题，可应用于不同的范围。

对于微型计算机来说，它具有独特之处，例如：它体积小、重量轻、价格便宜、简单灵活、可靠性高、功耗低等诸方面，已经被越来越多的科研工作者、工程技术人员、大学生所认识，故不再赘述。

二、计算机的主要性能指标

一般从以下几个方面来衡量计算机的基本性能：基本字长、主存容量、存取周期、运算速度、外围设备的配置、系统软件配置等。

1. 基本字长 基本字长是指参与运算的基本位数。也是每个存储单元所包含的二进制位数的多少。它决定着寄存器、加法器、数据总线等部件的位数。通常，字长是字节（8位）的整数倍，如8位、16位、32位等。字长直接影响着硬件代价，标志着计算精度。

2. 主存容量

常用字数乘以字长来表示主存容量。如：32768×16表示有32768个存储单元，每个单元16位。以字节（8位）为单位的计算机，常以字节数表示主存容量。将1024简称为1K，1024K称为1M。现代计算机的主存容量从几十K到几十M，甚至可达几百M。

存取周期 存取周期是指从存储器中连续存取两个字节所需要的时间，也就是从存储器中连续存取（写）、取（读）两个字所用的最小时间间隔称为存取周期。磁芯存储器的存取周期为零点几到几个微秒，半导体存储器的存取周期通常在几十到几百毫微秒之间。

4. 运算速度

计算机每秒钟所能执行的指令条数。由于不同类型的指令所需时间长短不同，因而运算速度的计算方法也不同。

① 以最短指令执行的时间（如加法指令）来计算；
② 根据不同类型的指令出现的频度，乘上不同的系数，求得统计平均值，得到平均运算速度；

③ 具体给出机器的主频和每条指令的执行所需的机器周期或执行时间，如定点加、减、乘、除和浮点加、减、乘、除以及其它指令各需多少时间。

5. 外围设备的配置 外围设备的配置是指计算机的输入输出设备，如键盘、鼠标、显示器、打印机、扫描仪等。配置外围设备的数量与输入输出处理能力。

6. 系统软件的配置

系统中的软设备，例如是否有功能很强的操作系统和丰富的高级语言，是否有多种应用软件等。

其中存取周期和运算速度是衡量计算机运行速度的指标。除此之外，可靠性、指令条数等也是常用的性能指标。

§ 1.6 计算机的应用范围

计算机是20世纪科学技术发展的最卓越的成就之一。它问世以来, 仅仅40多年的历史, 已经广泛应用于工业、农业、国防、科研、文教、交通运输、商业、通信以及日常生活等各个领域。实践表明, 没有计算机就没有科学技术现代化, 就没有工业、农业和国防现代化。

计算机的应用可以归纳为下述几个主要方面。

1. 科学计算

科学计算是计算机最原始的应用领域。在科学技术与工程设计中, 存在着大量的类型繁多的数学问题。这类问题往往极其复杂, 要加以解决, 工作量相当庞大, 时间性要求又很强。如大型水坝的设计、卫星轨道的计算、24小时的天气预报等等, 通常, 需要求解几十阶微分方程组、几百个线性联立方程组、大型矩阵运算等。没有计算机的快速性和精确性, 其它计算工具是根本无法解决的。

计算机用于科学计算可以缩短计算周期、提高效率、降低成本、便于方案优化。

2. 数据处理

在生产组织、企业管理、市场预测、情报检索等方面, 存在着大量的数据需要及时进行搜索、归纳、分类、整理、存储、检索、统计、分析、列表、绘图等等。这类问题的数据量大、而运算比较简单, 有大量的逻辑运算与判断, 其处理结果往往以表格或文件形式存储或输出。

据统计, 目前在计算机应用中, 数据处理所占的比重最大。它使人们从大量繁杂的数据统计和管理事务中解放出来, 大大提高了工作质量、管理水平和效率。

随着计算机的普及, 在数据处理方面的应用还将继续扩大与深入。

3. 实时控制

使用计算机对连续的工业生产过程进行控制, 称为实时控制。采用实时控制, 可以提高劳动效率、提高产品质量、降低成本、缩短生产周期。军事工程上采用可以提高命中率、消除失误。

4. 计算机辅助设计

在飞机设计、船舶制造、建筑工程设计、大规模集成电路的版图设计、机械制造等行业的复杂设计过程中, 为了提高设计质量、缩短设计周期、提高设计的自动化水平而借助于计算机进行设计, 称为计算机辅助设计。又称之为CAD(Computer Aided Design)。

CAD技术迅速发展, 应用范围不断扩大, 又派生出许多新的技术分支。如计算机辅助制造CAM (Computer Aided Manufacture)、计算机辅助测试CAT (Computer Aided Test)、计算机辅助教育CAI (Computer Aided Instruction) 等等, 大大提高了机械工业与电子工业的生产效率和自动化水平。

5. 智能模拟

智能模拟是用计算机软硬件系统模拟人类某些智能行为, 如感知、思维、推理、学

习、理解等的理论和技术。它是在计算机科学、控制论、仿生学和心理学等基础上发展起来的边缘学科。这正是国内外争先研究的人工智能技术。它包括专家系统、模式（声、图、文）识别、问题求解、定理证明、机器翻译、自然语言理解等等。

人工智能的另一个重要应用是机器人。目前国际上已有许多机器人用于各种恶劣环境的生产、试验领域。机器人的视觉、听觉、触觉以及行走系统等，都是目前急待解决的问题。随着人工智能研究的发展，机器人的智能水平会不断提高，它的应用前景是十分广阔的。

计算机的出现，对科学技术和人类的社会生活产生着巨大的影响。如果说机器的发明是扩展了人手的功能，交通工具的使用扩大了人腿的功能，望远镜和显微镜的使用开阔了人们的视野，那么，计算机的使用扩展了人脑的功能。计算机将帮助人们去探索大自然的秘密，也可以按照人的意志，代替人们完成相当一部分重复性的脑力劳动，使人们有充裕的时间从事开创性的工作。

从1971年微处理机和微型计算机问世以来，使计算机成为生活中普遍应用的工具。从人造卫星到日常生活，从科学计算到儿童玩具，都有微型计算机的踪迹。微型计算机的应用之所以发展得如此迅速，一个重要的原因是其性能/价格比在各种类型的计算机中占有领先地位。微型计算机以价廉物美、可靠性高、维护方便、小巧灵活而深受欢迎。

复 习 题

1. 近五十年中，计算机迅速发展的主要原因是什么？
2. 电子计算机和微型机计算机具有哪些主要特点？哪些主要性能指标？主要应用于哪些方面？

第二章 计算机中信息的表示与运算

§2.1 进位计数制

一、进位计数制

进位计数制是最常用的数值表示方法，一个数由一定数目的数码排列在一起组成，每个数码的位置规定了该数码所具有的数值——权，该位置称为数位，数码的个数称为基值。该计数制又称为以基值为进位的计数制，数位的权是基值的幂，运算中，某一数位累计到基值以后向高数位进一，高数位的一，相当于低数位的基值大小，日常生活中，常见的计数制基值如十进制、八进制、十六进制、二进制等。基值为 r 的数值 N 的表示方法为：

$$N = (d_{n-1}d_{n-2}\cdots d_1d_0d_{-1}\cdots d_{-m})_r \quad (2.1.1)$$

$$\text{或} \quad N = d_{n-1}r^{n-1} + d_{n-2}r^{n-2} + \cdots + d_1r^1 + d_0r^0 + d_{-1}r^{-1} + \cdots + d_{-m}r^{-m}$$

$$= \sum_{i=-m}^{n-1} d_i r^i \quad (2.1.2)$$

式中 m, n 是正整数， n 为整数的位数， m 为小数的位数， d_i 是 r 个数码 $0, 1, \dots, (r-1)$ 中的任意一个。 r^i 为数位 i 的权。

1. 十进制

十进制数码为 $0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ 之一，权为 10 的幂，逢十进一，借一当十。例如：

$$(245.25)_{10} = 2 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 2 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

2. 二进制

二进制数码为 0 和 1 ；权为 2 的幂，逢二进一，借一当二。例如：

$$\begin{aligned} (11110101.01)_2 &= 1 \times 2^7 + 1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 \\ &\quad + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (245.25)_{10} \end{aligned}$$

3. 八进制

八进制数码有 $0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ 八个，权为 8 的幂，即有逢八进一，借一当八。例如：

$$(365.2)_8 = 3 \times 8^2 + 6 \times 8^1 + 5 \times 8^0 + 2 \times 8^{-1} = (245.25)_{10}$$

4. 十六进制

十六进制有 $0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F$ 十

六个数码，其中 A、B、C、D、E、F 分别表示十进制的 10、11、12、13、14、15，权为 16 的幂，即逢十六进一，借一当十六，例如：

$$(F5.4)_{+六} = F \times 16^1 + 5 \times 16^0 + 4 \times 16^{-1} = (245.25)_{+}$$

二进制由于实现容易（只需两种状态），算术运算规则简单（运算规则只有六种）即 $0+0=0, 0+1=1+0=1, 1+1=10, 0 \times 0=0, 0 \times 1=1 \times 0=0, 1 \times 1=1$ ，易应用于逻辑代数（真假判断处理同二进制运算相结合，0 表“假”1 表“真”），节省设备等，使其广泛应用于计算机，由于其书写复杂，不容易看出数值大小等，使得人们考虑用八进制、十六进制来缩写，以利阅读。数的表示上通常省略十进制的基值表示符号 D (decimal)，而二进制则以 B(binary)、八进制以 O(octad)、十六进制以 H(hexa decimal) 来表示其进位基值。例如：

$$245.25 = 245.25D = 11110101.01B = 365.2O = F5.4H$$

二、不同计数制之间的转换

(一) 转换到十进制

一个用任意进制表示的数，都可用式 (2.1.2) 转换为十进制数。为便于机器运算通常采用如下方法：

1. 整数部分用基值重复相乘法

$$\text{设 } N = d_4r^4 + d_3r^3 + d_2r^2 + d_1r^1 + d_0r^0$$

$$\text{则 } N = (((((d_4) \cdot r + d_3) \cdot r + d_2)r + d_1)r + d_0$$

按括号及优先级次序，计算从最高位开始，乘基值加次高位，结果再乘基值加次高位，直加到个位 d_0 为止，即可避免式 (2.1.2) 中幂的计算。例如：

$$\begin{array}{c} \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\ 11110101B = [(((1 \times 2 + 1) \times 2 + 1) \times 2 + 1) \times 2 + 0] \times 2 + 1 \\ \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \end{array}$$

2. 小数部分用基值重复相除法

$$\text{即改式 } N = d_{-1} \cdot r^{-1} + d_{-2} \cdot r^{-2} + \dots + d_{-m} \cdot r^{-m} \text{ 为}$$

$$N = r^{-1}(d_{-1} + r^{-1} \cdot (d_{-2} + \dots + r^{-1}(d_{-m})))$$

按运算的优先次序以低值位开始除基值加高位，再除基值，直到小数点位置，最后再除基值，例如：

$$N = 0.F62BH = (((B \div 16 + 2) \div 16 + 6) \div 16 + F) \div 16 = 0.96159$$

(二) 十进制到其他进制之间转换

1. 整数部分用基值重复相除的方法，即除基值取余数方法。例如：215 = (?)B

	余 数	
2 215		↑ 低值
2 107	1 d_0	
2 53	1 d_1	
2 26	1 d_2	
2 13	0 d_3	
2 6	1 d_4	
2 3	0 d_5	
2 1	1 d_6	
0	1 d_7	↑ 高位

即 $215 = 1101\ 0111\ B$

2. 小数部分用基值重复相乘的方法, 即乘基值取整数, 例如: $0.5625 = (?)\ B$

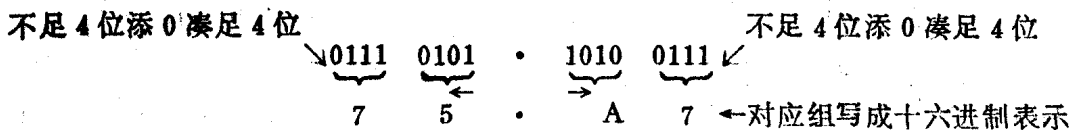
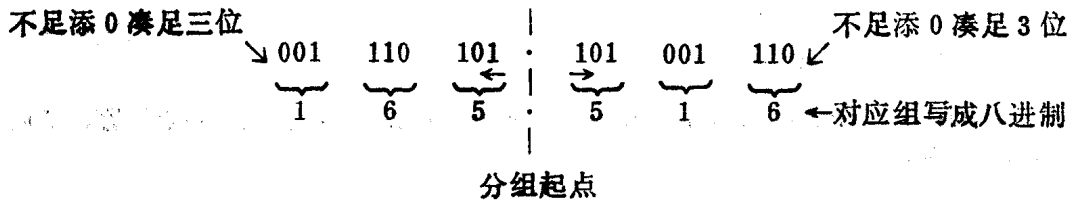
	整 数 部 分	0.5625	
		x 2	
d_{-1}	1	← 0	↗ .1250
		x 2	
d_{-2}	0	← 0	↗ .2500
		x 2	
d_{-3}	0	← 0	↗ .5000
		x 2	
d_{-4}	1	← 0	↗ .0000

即 $0.5625 = 0.1001\ B$

(三) 二进制、八进制、十六进制之间的转换

由于二进制的权值 2^i 和八进制的权值 $8^i = 2^{3i}$ 及十六进制权值 $16^i = 2^{4i}$ 具有整数倍数关系, 即一位八进制数相当于三位二进制数, 一位十六进制数相当于四位二进制数, 故可按如下方法进行转换。例如

01110101.10100111 B 分组如下:



即 $01110101.10100111\ B = 165.516\ O = 75.A7\ H$