

普通高等教育规划教材

计算机组成原理

主 编 陈华光

副主编 曲贵波

参 编 唐北平

主 审 谭汉松



机械工业出版社

全书分八章，内容包括：概述；运算方法与运算器；存储系统与存储器；指令系统；中央处理部件；系统总线；输入输出系统；外部设备。全书内容充实，叙述简明，篇幅较小。

本教材内容新颖，实用性强，强调应用。在讲述计算机各组成部件基本概念、基本结构及工作原理的同时，加入了最新出现的新知识、新技术，力求培养学生的思维方法。

本书是应用型本科计算机科学与技术专业规划教材，可作为普通高等院校计算机及相关专业计算机组成原理的教材，还可作为各类高等专科学校计算机专业的教材，也可供非计算机专业和计算机工程技术人员作参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机组成原理 / 陈华光主编. —北京：机械工业出版社，2004.5

普通高等教育规划教材

ISBN 7-111-14419-8

I. 计... II. 陈... III. 计算机体系结构—高等学校—教材
IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 040354 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：王小东

责任编辑：刘丽敏 版式设计：霍永明 责任校对：陈延翔

封面设计：饶 薇 责任印制：洪汉军

北京中兴印刷有限公司印刷 · 新华书店北京发行所发行

2004 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm^{1/16} · 13.5 印张 · 331 千字

定价：19.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育应用型人才培养规划教材 编审委员会名单

主任：刘国荣 湖南工程学院
副主任：左健民 南京工程学院
陈力华 上海工程技术大学
鲍 泓 北京联合大学
王文斌 机械工业出版社

委员：(按姓氏笔画排序)

刘向东 华北航天工业学院
任淑淳 上海应用技术学院
何一鸣 常州工学院
陈文哲 福建工程学院
陈 峻 扬州大学
苏 群 黑龙江工程学院
娄炳林 湖南工程学院
梁景凯 哈尔滨工业大学(威海)
童幸生 江汉大学

计算机科学与技术专业分委员会名单

主 任：黄陈蓉 南京工程学院

副主任：吴永昶 上海应用技术学院

委 员：(按姓氏笔画排序)

汤 惟 江汉大学

沈 洁 扬州大学

陈文强 福建工程学院

肖建华 湖南工程学院

邵祖华 浙江科技学院

靳 敏 黑龙江工程学院

序

工程科学技术在推动人类文明的进步中一直起着发动机的作用。随着知识经济时代的到来，科学技术突飞猛进，国际竞争日趋激烈。特别是随着经济全球化发展和我国加入WTO，世界制造业将逐步向我国转移。有人认为，我国将成为世界的“制造中心”。有鉴于此，工程教育的发展也因此面临着新的机遇和挑战。

迄今为止，我国高等工程教育已为经济战线培养了数百万专门人才，为经济的发展作出了巨大的贡献。但据IMD1998年的调查，我国“人才市场上是否有充足的合格工程师”指标排名世界第36位，与我国科技人员总数排名世界第一形成很大的反差。这说明符合企业需要的工程技术人员特别是工程应用型技术人才市场供给不足。在此形势下，国家教育部近年来批准组建了一批以培养工程应用型本科人才为主的高等院校，并于2001、2002年两次举办了“应用型本科人才培养模式研讨会”，对工程应用型本科教育的办学思想和发展定位作了初步探讨。本系列教材就是在这种形势下组织编写的，以适应经济、社会发展对工程教育的新要求，满足高素质、强能力的工程应用型本科人才培养的需要。

航天工程的先驱、美国加州理工学院的冯·卡门教授有句名言：“科学家研究已有的世界，工程师创造未有的世界。”科学在于探索客观世界中存在的客观规律，所以科学强调分析，强调结论的惟一性。工程是人们综合应用科学（包括自然科学、技术科学和社会科学）理论和技术手段去改造客观世界的实践活动，所以它强调综合，强调方案优缺点的比较并作出论证和判断。这就是科学与工程的主要不同之处。这也就要求我们对工程应用型人才的培养和对科学研究型人才的培养应实施不同的培养方案，采用不同的培养模式，采用具有不同特点的教材。然而，我国目前的工程教育没有注意到这一点，而是：①过分侧重工程科学（分析）方面，轻视了工程实际训练方面，重理论，轻实践，没有足够的工程实践训练，工程教育的“学术化”倾向形成了“课题训练”的偏软现象，导致学生动手能力差。②人才培养模式、规格比较单一，课程结构不合理，知识面过窄，导致知识结构单一，所学知识中有一些内容已陈旧，交叉学科、信息学科的内容知之甚少，人文社会科学知识薄弱，学生创新能力不强。③教材单一，注重工程的科学分析，轻视工程实践能力的培养；注重理论知识的传授，轻视学生个性特别是创新精神的培养；注重教材的系统性和完整性，造成课程方面的相互重复、脱节等现象；缺乏工程应用背景，存在内容陈旧的现象。④老师缺乏工程实践经验，自身缺乏“工程训练”。⑤工程教育在实践中与经济、产业的联系不密切。要使我国工程教育适应经济、社会的发展，培养更多优秀的工程技术人员，我们必须努力改革。

组织编写本套系列教材，目的在于改革传统的高等工程教育教材，建设一套富有特色、有利于应用型人才培养的本科教材，满足工程应用型人才培养的要求。

本套系列教材的建设原则是：

1. 保证基础，确保后劲

科技的发展，要求工程技术人员必须具备终生学习的能力。为此，从内容安排上，保证学生有较厚实的基础，满足本科教学的基本要求，使学生日后具有较强的发展后劲。

2. 突出特色，强化应用

围绕培养目标，以工程应用为背景，通过理论与工程实际相结合，构建工程应用型本科教育系列教材特色。本套系列教材的内容、结构遵循如下9字方针：知识新、结构新、重应用。教材内容的要求概括为：“精”、“新”、“广”、“用”。“精”指在融会贯通教学内容的基础上，挑选出最基本的内容、方法及典型应用。“新”指将本学科前沿的新进展和有关的技术进步新成果、新应用等纳入教学内容，以适应科学技术发展的需要。妥善处理好传统内容的继承与现代内容的引进。用现代的思想、观点和方法重新认识基础内容和引入现代科技的新内容，并将这些按新的教学系统重新组织。“广”指在保持本学科基本体系下，处理好与相邻以及交叉学科的关系。“用”指注重理论与实际融会贯通，特别是注入工程意识，包括经济、质量、环境等诸多因素对工程的影响。

3. 抓住重点，合理配套

工程应用型本科教育系列教材的重点是专业课（专业基础课、专业课）教材的建设，并做好与理论课教材建设同步的实践教材的建设，力争做好与之配套的电子教材的建设。

4. 精选编者，确保质量

遴选一批既具有丰富的工程实践经验，又具有丰富的教学实践经验的教师担任编写任务，以确保教材质量。

我们相信，本套系列教材的出版，对我国工程应用型人才培养质量的提高，必将产生积极作用，会为我国经济建设和社会发展作出一定的贡献。

机械工业出版社颇具魄力和眼光，高瞻远瞩，及时提出并组织编写这套系列教材，他们为编好这套系列教材做了认真细致的工作，并为该套系列教材的出版提供了许多有利的条件，在此深表衷心感谢！

编委会主任 刘国荣教授
湖南工程学院院长

前 言

本书是应用型本科计算机科学与技术专业规划教材之一，是根据应用型本科的特点而精心编写的。

《计算机组成原理》是计算机科学与技术类专业的一门重要的专业基础课程。它的特点是知识面广，内容多，更新快，在计算机专业的各门课程中起着承上启下的作用。

本教材内容新颖，强调应用，实用性强。在讲述计算机各组成部件基本概念、基本结构及工作原理的同时，加入了最新出现的新知识、新技术，力求培养学生的思维方法。

全书分八章。第一章计算机系统概述，从计算机的基础知识出发，旨在建立一个整机的概念；第二章运算方法与运算器，从运算方法出发，讲述了运算器的组成和工作原理；第三章存储系统与存储器，主要介绍半导体存储系统的构成，进而了解存储器的工作过程及如何解决速度、容量和价格问题；第四章指令系统，叙述寻址方式和指令格式、种类及执行方式；第五章中央处理部件，讨论中央处理器的组成，微程序控制器的设计原理与方法，组合逻辑控制器与 RISC 计算机结构；第六章系统总线，论述总线与接口及常用总线；第七章输入输出系统，讨论了主机与外设之间的四种信息交换方式；第八章外部设备，介绍了常用的 I/O 设备、磁存储设备、光存储设备和移动存储设备的工作原理和结构。

本教材选材新颖，内容充实，但叙述简明，便于自学。可作为普通高等院校计算机及相关专业计算机组成原理的教材，还可作为各类高等专科学校计算机专业的教材，也可供非计算机专业和计算机工程技术人员作参考。

本教材总学时数为 68，其中理论为 56 学时，实验为 12 学时。

本教材编写分工为：湖南工程学院陈华光编写第一、二、七、八章，黑龙江工程学院曲贵波编写第四、五章，湖南工程学院唐北平编写第三、六章。全书由陈华光统稿，中南大学信息科学与工程学院谭汉松教授担任主审。

限于时间和编者的水平，本书难免存在缺点和错误，欢迎读者提出批评、指正和建议。

编 者

目 录

序	
前言	
第一章 计算机系统概述	1
第一节 计算机的发展与应用	1
一、计算机的发展	1
二、计算机的应用	2
第二节 计算机系统的组成	3
一、存储程序与冯·诺依曼计算机	3
二、计算机的硬件系统	4
三、计算机的软件系统	6
四、硬件和软件的逻辑等价性	7
五、指令及指令的执行过程	7
第三节 计算机系统的层次结构	8
第四节 计算机的特点、性能指标及分类	9
一、计算机的特点	9
二、计算机的性能指标	10
三、计算机的分类	10
习题一	11
第二章 运算方法与运算器	12
第一节 数值信息的表示法	12
一、数据的机器码表示法	12
二、数据的定点表示	15
三、数据的浮点表示	17
第二节 非数值信息的表示法	19
一、字符数据的表示	19
二、汉字的表示	19
第三节 数值数据的校验	20
一、奇偶校验码	20
二、海明校验码	21
三、循环冗余校验码——CRC 码	23
第四节 定点加减运算	25
一、补码加减法运算	25
二、加减法运算的溢出处理	26
三、补码定点加减运算的实现	27
第五节 定点乘法运算	28
一、原码一位乘法	28
二、补码一位乘法	30
三、补码二位乘法	32
第六节 定点除法运算	33
一、定点原码除法	33
二、定点补码除法	35
第七节 浮点数的算术运算	37
一、浮点加法、减法运算	37
二、浮点乘法运算	39
三、浮点除法运算	39
第八节 逻辑运算及实现	39
一、逻辑非	39
二、逻辑或	40
三、逻辑与	40
四、逻辑异或	40
第九节 定点运算器的组成与结构	41
一、加法器及进位系统	41
二、算术逻辑运算单元 (ALU)	46
三、定点运算器	49
四、浮点运算器简介	51
习题二	53
第三章 存储系统与存储器	55
第一节 概述	55
一、存储器的基本概念	55
二、存储器分类	55
三、存储器系统的层次结构	56
第二节 主存储器	57
一、主存储器处于全机的中心地位	57
二、主存储器的分类	58
三、主存储器的主要技术指标	58
第三节 半导体随机读写存储器 (RAM)	59
一、静态 MOS 存储器 (SRAM)	59
二、动态 MOS 存储器 (DRAM)	62
三、DRAM 的研制与发展	63

第四节 非易失性半导体存储器	65	习题四	100
一、掩膜式只读存储器 (MROM)	65	第五章 中央处理部件 (CPU)	102
二、可编程只读存储器 (PROM)	66	第一节 CPU 的功能与组成	102
三、可擦除可编程只读存储器 (EPROM)	66	一、CPU 的功能	102
四、电擦除可编程只读存储器 (EEPROM)	67	二、CPU 的基本组成	102
五、快擦除读写存储器 (Flash Memory)	67	三、CPU 中的主要寄存器	103
第五节 主存储器的控制与组成	67	四、操作控制器和时序产生器	104
一、存储器容量的扩充	67	第二节 指令周期与时序信号产生器	104
二、存储控制	69	一、指令周期	104
三、存储校验线路	71	二、时序信号产生器	111
第六节 高速存储器	71	三、CPU 的控制方式	114
一、相联存储器	71	第三节 微程序设计技术和微程序控制器	115
二、多体交叉存储器	72	一、微程序设计技术	115
三、双端口存储器	74	二、微程序控制器	121
第七节 高速缓冲存储器 (Cache)	75	第四节 组合逻辑控制器与门阵列控制器	123
一、高速缓冲存储器的工作原理	75	一、组合逻辑控制器	123
二、Cache 的组织与管理	76	二、门阵列控制器	126
三、奔腾 PC 机的 Cache	78	第五节 CPU 中的流水线结构	129
第八节 虚拟存储器	80	一、流水线的工作原理	129
习题三	81	二、流水线分类	131
第四章 指令系统	83	三、流水线中的问题	131
第一节 指令系统的发展与性能	83	第六节 CPU 结构举例	133
一、指令系统的发展	83	一、RISC CPU 举例	133
二、指令系统的性能	84	二、CISC CPU 举例	136
三、计算机语言与硬件结构的关系	84	第七节 多处理机系统	138
第二节 指令格式	85	一、计算机系统结构的分类	138
一、指令操作码与地址码	85	二、多处理机系统	139
二、指令字长度与扩展方法	87	习题五	141
三、指令格式举例	88	第六章 系统总线	143
第三节 寻址方式	89	第一节 系统总线结构	143
一、指令的寻址方式	89	一、总线的结构与连接方式	143
二、操作数的寻址方式	90	二、总线接口	145
第四节 指令系统的分类与基本指令	93	第二节 总线的控制与通信	148
一、指令系统的分类	93	一、总线控制	148
二、基本指令系统	95	二、总线通信	150
第五节 精简指令系统计算机和复杂指令系统计算机	97	第三节 常用总线举例	151
一、精简指令系统计算机 (RISC)	97	一、PC 机常用总线	151
二、复杂指令系统计算机 (CISC)	99	二、标准接口类型	151
		习题六	154

第七章 输入输出系统	155	二、外部设备的分类	176
第一节 输入输出系统概述	155	第二节 输入设备	176
一、输入、输出设备的特性	155	一、键盘	176
二、输入、输出设备的编址方式	156	二、图形图像输入设备	177
三、输入、输出数据的控制方式	157	三、其他输入设备	179
第二节 程序直接控制方式	158	第三节 显示输出设备	180
第三节 程序中中断方式	159	一、显示设备的分类及有关术语	180
一、中断的基本概念	159	二、字符显示器	182
二、中断源和中断类型	160	三、图形图像显示器	184
三、中断处理	161	四、IBM—PC 系列机的显示标准	185
四、程序中中断方式的基本接口	162	第四节 打印输出设备	186
五、单级中断和多级中断	163	一、点阵式打印机	187
六、中断响应及响应条件	165	二、激光打印机	189
七、向量中断	165	三、喷墨式打印机	189
第四节 DMA 方式	166	第五节 磁表面存储器	191
一、什么是 DMA 方式	167	一、磁记录原理与记录方式	191
二、DMA 的数据传送方式	167	二、硬磁盘存储器	192
三、DMA 控制接口的基本结构	168	三、软磁盘存储器	196
第五节 通道方式	170	四、磁带存储器	197
一、通道的功能	170	第六节 光盘存储器	198
二、通道的类型	172	一、只读型光盘存储器	199
三、通道结构的发展	172	二、一次写入型光盘存储器	200
第六节 几种 I/O 方式的比较	173	三、读写型光盘存储器	201
习题七	174	第七节 移动存储设备	201
第八章 外部设备	175	一、移动存储设备简介	201
第一节 外部设备概述	175	二、优盘的组成	202
一、外部设备的特点	175	习题八	203
		参考文献	204

第一章 计算机系统概述

计算机（俗称电脑）是 20 世纪最重要的科学技术发明之一，它对人类社会的生产和生活都有着极其深刻的影响。计算机（Computer）在程序的控制下能快速、准确地自动完成信息的处理、加工、存储或传送。本章重点讨论计算机的组成和工作原理，以期初步建立起整机的概念。

第一节 计算机的发展与应用

一、计算机的发展

世界上第一台电子数字计算机是 1946 年 2 月问世的 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer)，该机重达 30t，功耗 150kW，占地 170m²，使用了 18800 个电子管，其运算速度为 5000 次/s。

自第一台电子数字计算机问世以来，计算机技术发展异常迅速，在推动计算机硬件发展的各种因素中，电子逻辑器件的发展是起决定作用的因素。因此，计算机的发展常以器件来划分，其发展已经经历了四代。

第一代计算机（1946~1957）——电子管时代。

主要特点：计算机所使用的逻辑元件为电子管，存储器采用延迟线圈或磁鼓。软件主要使用机器语言，后期使用汇编语言。可以存储信息，运行速度慢。

第二代计算机（1958~1964）——晶体管时代。

主要特点：逻辑元件为晶体管，采用磁心作主存储器，采用磁带或磁盘作为辅助存储器，出现 Fortran、Cobol 等高级语言，并出现了机器内部的管理程序。

第三代计算机（1965~1971）——中小规模集成电路时代。

主要特点：硬件上，采用中、小规模集成电路取代晶体管，用半导体存储器淘汰了磁心存储器。软件上，把管理程序发展成为现在的操作系统，采用微程序控制技术，高级语言更加流行，如 Basic、Pascal 等。

第四代计算机（1972~）——超大规模集成电路时代。

主要特点：采用大规模集成电路（LSI）及超大规模集成电路（VLSI）。计算机系统更加完善，在语音、图像处理、多媒体技术、网络及人工智能等方面取得了很大发展。随着大规模集成电路技术的发展，1976 年，21 岁的乔布斯在硅谷制造出了著名的 Apple 机，微型计算机（微机）诞生了。20 世纪 80 年代微机兴起，1981 年 IBM 公司选择了 Intel 公司的微处理器和 Microsoft 公司的软件，推出了第一台个人计算机（PC 机），揭开了微型计算机蓬勃发展的序幕。

在微型计算机的发展过程中，最值得一提的是世界上第一大微处理器制造商 Intel，它的产品从世界上第一个 8 位处理器 8080（1974 年问世）、准 16 位微处理器 8088/8086（外

部数据总线为 8 位)、16 位微处理器 80286 (主频 6MHz, 1982 年)、32 位微处理器 80386 (主频 12.5MHz、33MHz、50MHz, 1985 年)、80486 (主频 25MHz、33MHz、50MHz, 1989 年)、64 位微处理器 Pentium (80586) (主频 66MHz、100MHz, 1993 年)、Pentium Pro (主频 133MHz、150MHz、200MHz, 1995 年)、Pentium II (主频 233MHz、300MHz、400MHz、450MHz, 1997 年)、Pentium III (主频 450MHz、500MHz、600MHz、733MHz、866MHz、933MHz, 1999 年)、Pentium IV (主频 1.3GHz、1.7GHz、2.0GHz、3.5GHz, 2000 年)。自从 1979 年 Intel 推出 X86 后, 几乎每三年处理器的性能就能提高 4~5 倍。但是, 计算机中的一些其他部件的性能的提高速度达不到这个水平。因此, 必须不断调整计算机的组成和结构, 以解决不同部件之间的性能不匹配问题。

二、计算机的应用

计算机的应用几乎涉及到人类社会的所有领域: 从军事部门到民用部门, 从尖端科学到消费娱乐, 从厂矿企业到个人家庭, 无处不出现计算机的足迹。

1. 科学技术计算

把科学技术及工程设计应用中的各种数学问题的计算, 统称为科学技术计算。计算机不仅能减轻繁杂的计算工作量, 而且解决了过去无法解决或不能及时解决的问题。如, 宇宙飞船运动轨迹和气动干扰问题的计算; 人造卫星和洲际导弹发射后, 正确导入轨道的计算; 天文测量和天气预报计算; 现代工程中, 电站、桥梁、水坝、隧道等最佳设计方案的选择。

2. 数据信息处理

数据信息处理是对数据进行加工、分析、传送、存储及检测或综合处理等。完成数据处理任务的计算机面对的是大量数据, 对它们不要求进行复杂的高精度运算。目前, 任何部门都离不开数据处理。例如: 银行、财政系统每时每刻都要对金融数据进行统计、核算; 用计算机管理出纳和会计财务已十分普遍; 图书馆、档案资料管理部门利用计算机进行文献、资料、书刊及档案的保存、查阅、整理等。应用于数据处理的计算机应具有足够大的存储容量。

3. 计算机控制

工业过程控制是计算机应用的一个重要领域。过程控制, 就是利用计算机对连续的工业生产过程进行控制, 被控对象可以是一台机床、一座窑炉、一条生产线、一个车间甚至整个工厂, 计算机与执行机构配合, 使被控对象按照预定算法保持最佳期工作状态。适合工业环境中使用的计算机称为工业控制计算机。

4. 计算机辅助技术

计算机辅助技术包含计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助制造 (CAM)、计算机辅助测试 (CAT)、计算机辅助教学 (CAI) 等。

5. 人工智能

人类的许多脑力劳动, 如证明数学定理、进行常识性推理、诊断疾病、下棋等都需要“智能”。人工智能是将人脑在进行演绎推理的思维进程、规则和所采取的策略技巧等编成计算机程序, 在计算机中存储一些公理和推理规则, 然后让机器去自动探索解题的方法。

除此之外, 专家系统等也都属于计算机的应用领域。多媒体技术的发展更加扩大了计算机的应用范围。计算机技术与通信技术相结合形成的各类计算机网络的飞速发展, 加快了社

会信息化的进程。

第二节 计算机系统的组成

一个完整的计算机系统应包括硬件系统和软件系统。计算机的硬件是计算机的物质基础，没有硬件计算机将不复存在。软件是发挥计算机功能，使计算机能正常工作的程序，没有软件计算机就无法投入使用。硬件与软件相结合，才能使计算机正常运行，发挥作用。因此，对计算机的理解不能仅局限于硬件部分，而应将整个计算机看作是一个系统，即计算机系统。计算机系统中，硬件和软件有各自组成的体系，分别称为硬件系统和软件系统。

一、存储程序与冯·诺依曼计算机

计算机是一种不需要人的直接干预即能对各种数字化信息进行快速算术运算和逻辑运算的工具。但为了告诉计算机做什么事，按什么样步骤去做，需要事先编制程序。所谓存储程序就是把编好的程序（由计算机指令组成的序列）和原始数据预先存入计算机的主存储器中，使计算机在工作时能够连续、自动、高速地从存储器中取出一条条指令并加以执行，从而自动完成预定任务。美籍匈牙利数学家冯·诺依曼（Von Neumann）于1946年提出了“存储程序控制”的计算机结构。

冯·诺依曼计算机具有如下基本特点：

- 1) 计算机内部采用二进制来表示指令和数据。
- 2) 将编好的程序和原始数据事先存入存储器中，然后再启动计算机工作，使计算机在不需要人工干预的情况下，自动、高速地从存储器中取出指令加以执行。

3) 计算机由运算器、存储器、控制器、输入设备和输出设备五大基本部件组成（如图1-1所示）。

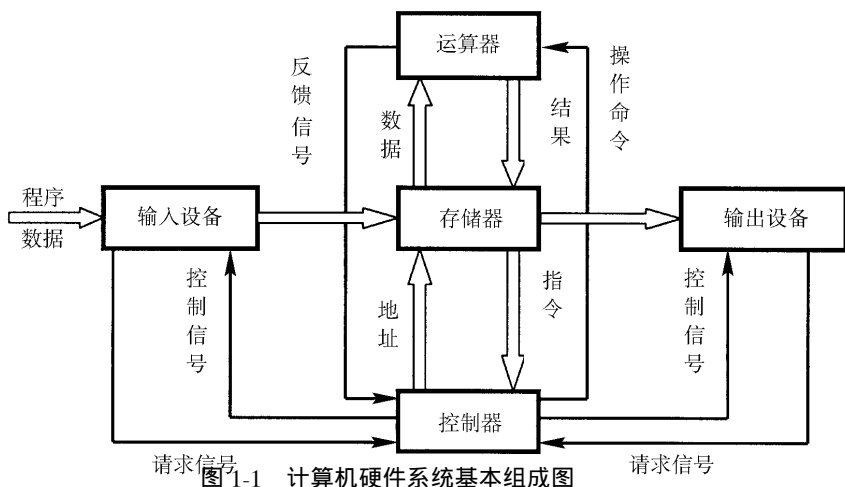


图1-1 计算机硬件系统基本组成图

几十年来，虽然计算机的体系结构经历了重大变化，性能也有了惊人的发展，但就其结构原理来说，至今大多数计算机仍然沿用这一体制，建立在存储程序概念的基础上，符合存储程序概念的计算机统称为冯·诺依曼型计算机。不同之处只是原始的冯·诺依曼型计算机在结构上是以控制器为中心，随着计算机体系结构的发展，演变到现在以存储系统为中心。

冯·诺依曼的上述概念，奠定了现代计算机的基本结构思想，并开创了程序设计的新时代，是计算机发展史中的一个里程碑。学习计算机的工作原理也就从冯·诺依曼概念入门。

冯·诺依曼计算机的这种工作方式，可称为指令流（控制流）驱动方式，即按照指令的执行序列，依次读取指令，根据指令所含的控制信息，调用数据进行处理。

现在计算机中，还有另一类属于非冯·诺依曼体制，这类计算机采用数据流驱动的工作方式，只要数据已经准备好，有关的指令可以并行执行，又称为数据流计算机，它为并行处理开避了前景，但控制比较复杂。

传统的冯·诺依曼计算机从根本上讲是采取串行顺序处理的工作机制，逐条执行指令序列，单处理机结构，集中控制。为了提高计算机的性能，现代的计算机已经在许多方面突破了传统冯·诺依曼体制的束缚。例如，对传统的冯·诺依曼计算机进行改造，采用多个处理部件形成流水处理，依靠时间上的重叠提高处理效率；组成阵列结构形成单指令流多数据流以提高处理速度；用多个冯·诺依曼机组成多机系统支持并行算法结构等。这些是系统结构课程的内容。本书重点介绍单机系统的组成和工作原理。

二、计算机的硬件系统

计算机的硬件是指计算机中的电子线路和物理装置。它们是看得见、摸得着的实体。如集成电路芯片、印制电路板、接插件、电子元件和导线等装配成的 CPU，存储器及外部设备等。它们组成了计算机的硬件系统，是计算机的物质基础。

计算机有巨型、大型、中型、小型和微型之分。每种规模的计算机又有很多机种和型号，它们在硬件配置上差别很大，但绝大多数都是根据冯·诺依曼计算机体系结构来设计的，故具有共同的基本配置，即具有五大部件：输入设备、存储器、运算器、控制器和输出设备。

CPU 由运算器与控制器组成，CPU 和主存储器通常组装在一个主板上，合称主机。

输入设备和输出设备统称输入/输出设备，也称为外部设备或外围设备，因为它们位于主机的外部。

1. 存储器

存储器的主要功能是存放程序和数据。程序是计算机操作的依据，数据是计算和操作的对象。它是计算机能够实现“存储程序控制”的基础。

在存储器中数据和指令都是用二进制的形式来表示的，统称为信息。为了实现自动计算，这些信息必须预先放在存储器中，存储器由许多小单元组成，每个单元存放一个数据或一条指令（如图 1-2 所示）。存储单元按某种顺序编号，每个存储单元对应一个编号，称为单元地址，用二进制编码表示。存储单元地址与存储在其中的信息是一一对应的，单元地址只有一个，是固定不变的，而存储在其中的信息是可以更换的。

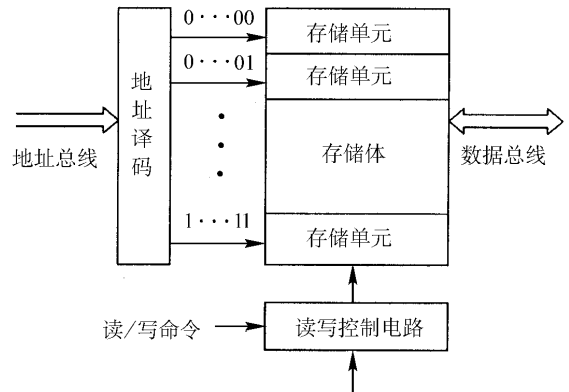


图 1-2 存储器的组成框

向存储单元存入或从存储单元取出信息，都称为访问（ACCESS）存储器。访问存储器

时,先由地址译码器将送来的单元地址进行译码,找到相应的存储单元,再由读/写控制电路确定访问存储器的方式,即取出(读)或存入(写),然后按规定的方式具体完成取出或存入的操作。

与存储器有关的部件还有地址总线与数据总线。它们分别为访问存储器传送地址信息、数据信息。

在计算机运行过程中,存储器的内容是不断变化的,已执行完的程序没有保留的必要,需用新的程序来代替;一开始装入的原始数据,也不不断地被计算结果所代替。这一切工作均是由操作系统的存储管理软件来完成的。这种管理完全由计算机自动进行,一般用户不必了解。有关存储器的详细讨论详见第三章。

2. 运算器

运算器是对信息进行处理和运算的部件,其任务是对二进制信息进行加工处理。运算器通常由算术逻辑运算部件(ALU)和一系列寄存器组成,如图1-3所示。算术逻辑运算部件可以具体完成算术运算与逻辑运算,其核心是加法器。寄存器用来暂存操作数。累加器除存放操作数外,在连续运算中还可存放中间结果和最后结果,累加器由此而得名。寄存器与累加器的数据均从存储器取得,累加器的最后结果也存放到存储器中。

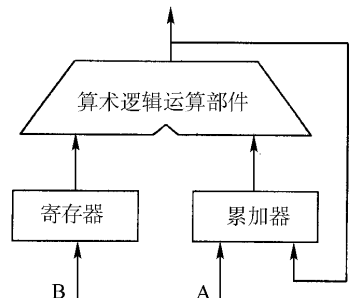


图 1-3 运算器示意图

运算器一次能运算的二进制数的位数称为字长。它是计算机的重要性能指标。常用的计算机字长有8位、16位、32位及64位。寄存器、累加器及存储单元的长度应与ALU的字长相等或者是它的整数倍。现代计算机的运算器有多个寄存器,如8个、16个或32个不等,称之为通用寄存器组。设置通用寄存器组可以减少访问存储器的次数,提高运算速度。有关运算器的细节将在第二章中叙述。

3. 控制器

控制器是全机的指挥中心,它使计算机各部件自动协调地工作。控制器工作的实质就是解释程序,它每次从存储器读取一条指令,经过分析译码,产生一串操作命令,发向各个部件,控制各部件动作,使整个机器连续地、有条不紊地运行。

计算机中有两股信息在流动。一股是控制信息,即操作命令,其发源地是控制器,它分散流向各大部件;另一股是数据信息,它受控制信息的控制,从一个部件流向另一个部件,边流动边被加工处理。

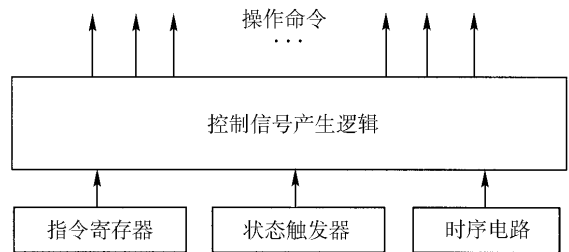


图 1-4 控制器结构简图

控制信息的发源地是控制器。控制器产生控制信息的依据来自以下三个方面(如图1-4所示):一是指令,它存放在指令寄存器中,是计算机操作的主要依据;二是各部件的状态触发器,其中存放反映机器运行状态的有关信息,机器在运行过程中,根据各部件的即时状态,决定下一步操作是按顺序执行下一条指令,还是转移其他指令,或者转向其他操作;三是时序电路,它能产生各种时序信号,使

控制器的操作命令被有序地发送出去，以保证整个机器协调地工作，不至于造成操作命令间的冲突或先后次序上的错误。有关控制器的详细内容将在第五章中讨论。

4. 输入设备

输入设备的任务是把人们编好的程序和原始数据送到计算机中去，并且把它们转换成计算机内部所能识别和接受的信息方式。输入的信息形式有数字、字母、文字、图形、图像、声音等多种形式。送到计算机的只有一种形式，就是二进制数据。一般的输入设备只用于原始数据和程序的输入。常用的输入设备有键盘、鼠标、扫描仪、数码相机等。

输入设备与主机之间通过接口连接，设置接口主要有以下几个方面的原因：一是输入设备大多数是机电设备，传送数据的速度远远低于主机，接口用作数据缓冲；二是输入设备表示的信息格式与主机的不同，用接口进行信息格式的转换；三是接口还可报告设备运行的状态，传送主机的命令等。

5. 输出设备

输出设备的任务是将计算机的处理结果以人或其他设备所能接受的形式送出计算机，输出信息的形式有字符、文字、图形、图像、声音等。输出设备与输入设备一样，需要通过接口与主机相联系。常用的输出设备有：打印机、显示器、绘图仪等。

外存储器也是计算机中重要的外部设备，既可以作为输入设备，也可以作为输出设备。常见的外存储器有硬盘、软盘、光盘和优盘。

总之，计算机的硬件系统是运行程序的基本组成部分。人们通过输入设备将程序与数据存入存储器。运行时，控制器从存储器中逐条取出指令，将其解释成控制命令，去控制各部件的动作，数据在运算器中加工处理，处理后的结果通过输出设备输出。

三、计算机的软件系统

计算机的软件是根据解决问题的方法、思想和过程编写的程序的有序集合，而程序是指令的有序集合。一台计算机中全部程序的集合，统称为这台计算机的软件系统。一种性能优良的计算机硬件系统能否充分发挥其应有的功能，在很大程度上取决于软件的完善与丰富程度。软件按其功能分为应用软件和系统软件两大类。

系统软件用于实现计算机系统的管理、调度、监视和服务等功能，其目的是方便用户，提高计算机使用效率，扩充系统的功能。系统软件包括操作系统、各种语言处理程序、服务支撑软件和数据库管理系统等。

1. 操作系统

操作系统是控制和管理计算机各种资料、自动调度用户作业程序、处理各种中断的软件。目前比较流行的操作系统有 DOS 操作系统、UNIX 操作系统、Windows 和 Linux 操作系统。

2. 语言处理程序

计算机能识别的语言与机器能直接执行的语言并不一致，计算机能识别的语言很多，如汇编语言、Basic 语言、Fortran 语言、C 语言等。它们各自都规定了一套基本符号和语法规则，用这些语言编制的程序叫源程序。用“0”或“1”的机器代码按一定规则组成的语言，称为机器语言。用机器语言编制的程序，称为目标程序。语言处理程序的任务，就是将源程序翻译成目标程序。不同语言的源程序，对应有不同的语言处理程序。

语言处理程序有汇编程序、编译程序、解释程序等三种。

3. 服务支撑软件

服务支撑程序（也称工具软件）扩大了机器的功能，一般包括诊断程序、调试程序、编辑程序、链接程序等。

4. 数据库管理系统

所谓数据库，就是能实现有组织地、动态地存储大量的相关数据，方便多用户访问的计算机软件、硬件资源组成的系统。数据库和数据库管理软件一起，组成了数据库管理系统。数据库管理系统有各种类型，目前许多计算机包括微型机都配有数据库管理系统，如 Fox-Pro、Access、Oracle、SQL Server 等。

应用软件是用户为解决某种应用问题而编制的程序。如办公自动化软件 Offices、计算机辅助设计软件 AutoCAD、科学计算软件等。随着计算机的广泛应用，应用软件的种类和数量将越来越丰富。

总之，软件系统是在硬件系统的基础上，为有效地使用计算机而配置的，没有系统软件，计算机系统将无法正常地、有效地运行，没有应用软件，计算机就不能发挥其效能。

四、硬件和软件的逻辑等价性

随着大规模集成电路技术的发展和软件硬化的趋势，要明确划分计算机系统软、硬件界限已经显得比较困难了，因为任何操作可以由软件来实现，也可以由硬件来实现；任何指令的执行可以由硬件来完成，同样也可以由软件来完成。对于某一机器功能采用硬件方案还是软件方案，取决于价格、速度、可靠性、存储容量、变更周期等因素。

当研制一台计算机的时候，确定哪些情况使用硬件，确定哪些情况使用软件，由当前的硬件发展水平来决定。例如，在 80386SX 以前的微机中，浮点运算指令、双精度运算指令字符串处理指令等由编制程序来实现，而在 80586 以后的计算机中，这些指令直接改为由硬件实现。在 Pentium II 以后的计算机中，处理多媒体的指令可直接由硬件来实现。

将程序固定在 ROM 中组成的部件称为固件。固件是一种软件特性的硬件，它既具有硬件的快速性特点，又有软件的灵活性特点。这是软件和硬件相互转化的典型实例。

五、指令及指令的执行过程

简单地说，计算机的工作过程是执行程序的过程。而程序是一组机器指令的有序集合，机器指令就是计算机执行某种操作的命令。

程序是先由程序员根据需要编制的。将编制好的程序经过输入设备顺序存放至主存储器中，并将其程序存放的首地址告诉控制器，于是控制器将从首地址开始从主存储器中取出一条指令，执行这条指令，再取出下一条指令，执行下一条指令。如此周而复始地工作，一直到程序执行完毕，计算机便完成了该程序要求它完成的全部功能。

图 1-5 是一个简单程序的执行过程的示意图。

从图 1-5 可以看出，五条机器指令用助记符表示，已经存放在主存储器的从 20H 地址开始的一片存储区中，本程序需要操作的原始数据是“01100110”（66H），它已经存放在主存储器的 30H 地址中。程序的首地址 20H 已装入程序计数器 PC 中，于是控制器根据 PC 的内