



中国计算机学会教育专业委员会 推荐
全国高等学校计算机教育研究会 出版
高等学校规划教材

计算机组成原理与 汇编语言程序设计 (第2版)

徐 洁 俸远祯 主编

计算机学科教学计划2001



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等学校规划教材

计算机组成原理与汇编语言程序设计

(第2版)

徐洁 俸远祯 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是1999年出版的国家“九五”规划教材《计算机组成原理与汇编语言程序设计》的第2版。全书从微体系结构层、指令系统层、汇编语言层三个层次和CPU、存储系统、输入/输出系统及其互连三大系统出发,建立整机的概念,并体现软硬结合的思想。全书共3篇8章,系统介绍基础知识(绪论、计算机中的信息表示),计算机系统分层结构(微体系结构层——CPU组织、指令系统层、汇编语言层),存储系统和输入/输出系统(存储系统、输入/输出系统、I/O设备和I/O程序设计)。本教材免费提供电子教案。

本书系统全面,实例丰富,适合于作为高等学校计算机及相关专业教材,也可作为IT技术人员的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理与汇编语言程序设计/徐洁 俸远楨主编. —2版. —北京:电子工业出版社,2005.1

高等学校规划教材

ISBN 7-121-00574-3

I. 计… II. ①徐…②俸… III. ①计算机体系结构—高等学校—教材②汇编语言—程序设计—高等学校—教材 IV. TP303

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第120139号

策划编辑:童占梅

责任编辑:童占梅

印 刷:北京大中印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:28 字数:712千字

印 次:2005年1月第1次印刷

印 数:5000册 定价:34.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

新版说明

由中国计算机学会教育专业委员会和全国高等学校计算机教育研究会（简称“两会”）组织和推荐，自1996年起电子工业出版社出版了基于CC1991教程的15本系列教材。该系列教材受到高校师生和读者的普遍欢迎和肯定，其中有11本入选1996—2000年全国工科电子类专业规划教材。

几年过去了，计算机学科又有了很大发展。IEEE-CS/ACM联合计算教程专题组，组织世界各国150多位专家，历时3年多，在美、欧、亚召开了一系列会议，在CC1991的基础上，发布了“Computing Curricula 2001-Computer Science Final Report”（简称CC2001）。专家们认为：随着计算机学科技术的迅速发展，使得现有的任何一所学校的计算机专业都很难再像CC1991所提到的那样，能够覆盖计算机学科的所有知识领域。所以，需按市场需求将计算机学科划分为4个主要分支：计算机科学、计算机工程、软件工程和信息系统。其中计算机科学是各分支的基础，CC2001正是基于计算机科学制定的。我国“两会”追踪CC2001，经过3年多的工作，最后以中国计算机科学与技术教程2002研究组的名义推出了“China Computing Curricula 2002”（简称CCC2002）。CC2001与CC1991比较有以下几个方面的变化：

（1）将CC1991确定的11个主领域扩展为14个主领域：离散结构、编程基础、算法与复杂性、计算机组织与体系结构、操作系统、网络计算、编程语言、人-机交互、图形学与可视化计算、智能系统、信息管理、职业与社会问题、软件工程、数值计算。对各主领域的名称、核心内容及选学内容都进行了调整和扩充。

（2）提出了课程的组织结构和实现策略。课程分为3类：入门（基础）课程、核心（必修）课程和附加（选修）课程。入门课程可按编程、算法和硬件优先等多种方式组织，使学生能够接触到计算机系统的设计、构造和应用，为学生提供实用性的技能训练，同时还应提高学生的兴趣和智慧；核心课程的组织可按传统、压缩、系统或网络方法进行，特别强调贯彻CC1991提出的3个过程、12个重复概念、职业与社会的关系等方法论思想；此外，还应设置一些介绍热门或前沿技术的附加课程。

（3）更加强调学生的专业实践，要求把专业实践放在重要位置，并贯穿于教学的全过程。

这次对系列教材的全面修版，力求反映计算机学科发展的最新成就，并力争符合CC2001和CCC2002所提出的要求及高校课程和教学改革的需要。这套教材的对象为本科生、研究生和高职高专生（通过删减使用）。信息技术领域的从业人员也可使用。

为了保证编审和出版质量，编委会进行了调整，电子工业出版社成立了编辑出版小组。在原教材工作的基础上，编委会对教材大纲逐一进行了认真讨论和评审，其中一些关键性和难度较大的教材还进行了多次讨论和修改。

限于水平和经验，教材中还会存在缺点和不足，希望读者提出中肯的批评和建议。读者可以通过电子工业出版社华信教育资源网站 <http://www.hxedu.com.cn> 反馈信息并发表意见，我们在此表示衷心的感谢！

教材编委会

教材编委会

主任	杨文龙	北京航空航天大学
	张吉锋	上海大学
常委	朱家镛	东北大学
	龚天富	电子科技大学
委员	袁开榜	重庆大学
	陈传波	华中科技大学
	傅清祥	福州大学
	俸远祯	电子科技大学
	李建中	哈尔滨工业大学
	陆 枫	华中科技大学
	刘乃琦	电子科技大学
	刘淑英	东北大学
	王晓东	福州大学
	王永军	东北大学
	王玉龙	北方工业大学
	徐 洁	电子科技大学
	徐炜民	上海大学
	杨心强	解放军理工大学
	袁崇义	北京大学
	张 璟	西安理工大学
章振业	北京航空航天大学	
朱一清	东南大学	
童占梅	电子工业出版社	
胡先福	电子工业出版社	

前 言

本书是 1999 年出版的“九五”规划教材《计算机组成原理与汇编语言程序设计》的第 2 版。1999 版将传统教学计划中的两门主干课程《计算机组成原理》与《汇编语言程序设计》有机地组织成一门课程，其目的是围绕机器指令级（指令系统层）及与此紧密相关的微操作级（微体系结构层）和汇编语言级（层），更好地体现软硬结合的思想，并将计算机内部工作机制与编程求解问题相结合。1999 版还将输入/输出（I/O）系统作为《计算机组成原理》与《汇编语言程序设计》的结合点，书中既包含硬件接口设计，又包含 I/O 驱动程序等软件设计，体现了两部分的紧密关联和目前汇编语言程序设计的主要应用场合。在第 2 版中这种基本结构仍然保持，但在章节组织上做了调整，文字上几乎全部重新编写，内容上也进行了大量修改与补充，以便更好地与现代计算机技术相吻合。

本书主要涵盖了 ACM/IEEE-CS 中的“AR 计算机组织与体系结构”这一知识体中的 5 个核心知识单元：

- AR2 数据的机器级表示
- AR3 汇编机器组织
- AR4 存储系统组织和结构
- AR5 接口和通信
- AR6 功能组织

本书还涉及汇编语言层的 PF 程序设计基础知识领域中的一个核心知识单元——PF1 程序设计基本结构。因此，本书适用于“计算机学科教学计划 2001”推荐的 16 门核心课程中的《计算机组成基础》课程。

多年来，我们跟踪分析了国外经典教材与国内优秀教材，这些教材一般可分为两种体系：“分层体系”和“功能部件组成体系”。本书的框架体系采用这两种体系相结合的方案，从三个层次（微体系结构层、指令系统层和汇编语言层）和三大子系统（CPU、存储系统、输入/输出系统及其互连）出发建立整机概念。本书第 2 篇按照微体系结构层、指令系统层和汇编语言层三个层次，讨论计算机系统的组成，从而在 CPU 级建立整机概念。然后，通过第 3 篇存储系统与输入/输出系统的学习，从而在系统级上建立整机概念。

全书由基础知识、计算机系统分层结构、存储系统和输入/输出系统 3 篇共 8 章组成。其编写顺序体现了下述的教学思路：

第 1 篇包括第 1、2 章，介绍计算机系统组成的基本概念和信息表示。第 1 章仍然强调计算机的两个重要基本概念：信息数字化、存储程序工作方式。在介绍计算机系统的硬件、软件组成之后，引入了现代计算机的一种分层结构模型，它自下而上分为 5 层：微体系结构层、指令系统层、操作系统层、汇编语言层和面向问题的语言层，本书第 2 篇内容就是根据其中的三层来组织的。第 1 章还对计算机的工作过程、特点、性能指标和发展史等做了介绍。第 2 章讲述数据信息和指令信息的表示，包括进位制、带符号数、小数点及字符的表示方法，以及指令格式、寻址方式和指令类型。

第 2 篇包括第 3、4、5 章，分别从微体系结构层、指令系统层和汇编语言层深入讨论计算机系统的组成和工作机制。第 3 章微体系结构层，主要以一个教学模型机为例，从寄存器级描述 CPU 的内部逻辑组成，在指令流程和微操作两个层次上分析 CPU 的工作原理。第 4 章以 80x86 CPU 为背景讨论指令系统层。首先介绍 80x86 系列 CPU 的结构特点，然后讲解 80x86 的主存储器和寄存器组织，最后讨论 80x86 指令系统。第 5 章汇编语言层，精练地阐述 80x86 汇编语言及其程序设计的基本方法。

第 3 篇包括第 6、7、8 章，讨论存储系统和输入/输出 (I/O) 系统。第 6 章介绍存储器存储信息的原理和芯片级以上的存储器逻辑设计方法，以及高速缓存、外部存储器的工作原理，并从物理层与虚拟层这两个层次讨论存储系统组织。第 7、8 章介绍输入/输出系统，采用硬软结合的方式，既讨论硬件接口与 I/O 设备的逻辑组成及工作原理，也介绍软件调用方法与相应的 I/O 程序设计。

本书与 1999 版相比，主要有以下几点不同：

(1) 第 1 章，将内容部分更新，主要是对 1999 版计算机系统的层次结构模型进行了修改，并根据改后模型中的三层来组织本书的第 2 篇内容。

(2) 第 3 章，将 CPU 作为整体来讨论，进一步简化运算方法与运算器。重新设计了 CPU 模型机及其指令系统。根据当前计算机的发展趋势，更强调组合逻辑控制方式，对微程序控制方式只做一般原理性介绍，并以 UltraSPARC CPU 为典型例子，说明 RISC 的微体系结构及其指令系统。

(3) 第 4 章，将 80x86、Pentium 系列 CPU 的微体系结构做了类比，并用归纳和概括的方式介绍该系列 CPU 的寻址方式和指令系统。这一章作为第 3 章与第 5 章的桥梁，由 CPU 模型过渡到实际机器 80x86，并为学习汇编语言奠定了相关基础。

(4) 第 5 章，对汇编语言程序设计的应用部分进行了精简，并以 80x86、Pentium 系列 CPU 为背景，阐述汇编语言的基础知识、伪指令与宏指令、汇编语言程序设计基本技术。

(5) 第 6 章，对半导体存储器存储原理部分进行了精简，然后按三级存储体系：高速缓存、主存、外存分别介绍其工作机制。同时加强了存储系统组织部分，引入了高级 DRAM、先进 Cache 组织、磁盘冗余阵列 RAID、并行存储技术、Pentium 虚存等内容。

(6) 第 7 章，对总线与接口内容进行了更新，系统地介绍了总线标准，增加了对典型外设接口，如 ATA 接口、SCSI 接口的介绍。第 8 章完善和增加了有关 I/O 设备驱动程序的实例，并引入了 LCD 液晶显示器技术和等离子 (PDP) 显示技术。

由于篇幅所限，与本书有关的一些辅助资料将以网上电子文档方式提供给读者，欢迎免费下载 (<http://www.hxedu.com.cn>)。网上辅助资料包括：80x86 指令系统一览表，伪操作与操作符表，中断向量地址一览表，DOS 系统功能调用 (INT 21H)，BIOS 功能调用等。

本课程的参考教学时数约为 90~110 学时，全书内容可能比教学时数所允许的份量稍多一些，可供选取或让学生自学，部分实例可随技术发展而更新。本书为教师免费提供电子教案，欢迎到华信教育资源网 <http://www.hxedu.com.cn> 注册下载。

本书由徐洁、俸远祯主编并负责全书的统稿。徐洁编写第 1、2、3、4 章；王正智编写第 5 章；李巧勤编写第 6 章；张小松编写第 7、8 章。重庆大学袁开榜教授担任主审，他认真地审阅了全稿，提出了许多宝贵的修改意见。北京航空航天大学杨文龙教授、电子科技

大学龚天富教授，也对本书的编写自始至终给予了热情的指导和帮助。在编写过程中，我们还得到了电子科技大学计算机学院领导和老师的热情支持。在此，谨向所有给予我们支持和帮助的同志表示衷心的感谢。

书中还会存在错误与不足之处，恳请读者与同行给予批评指正。作者 E-mail 地址：
xujie@uestc.edu.cn。

作 者
于电子科技大学计算机学院

目 录

第1篇 基础知识

第1章 绪论	(2)
1.1 计算机的基本概念	(2)
1.1.1 存储程序工作方式	(3)
1.1.2 信息的数字化表示	(3)
1.2 计算机系统的硬、软件组成	(5)
1.2.1 计算机硬件系统	(5)
1.2.2 计算机软件系统	(9)
1.3 层次结构模型	(11)
1.3.1 从计算机系统组成角度划分层次结构	(12)
1.3.2 从语言功能角度划分层次结构	(14)
1.3.3 软、硬件在逻辑上的等价	(15)
1.4 计算机的工作过程	(16)
1.4.1 处理问题的步骤	(16)
1.4.2 指令执行过程	(17)
1.5 数字计算机的特点与性能指标	(18)
1.5.1 数字计算机的特点	(18)
1.5.2 计算机的性能指标	(19)
1.6 计算机的发展与应用	(21)
1.6.1 计算机的发展历程	(21)
1.6.2 提高计算机性能的若干技术	(23)
1.6.3 计算机应用举例	(26)
习题1	(27)
第2章 计算机中的信息表示	(28)
2.1 数值型数据的表示	(28)
2.1.1 进位计数制	(28)
2.1.2 带符号数的表示	(34)
2.1.3 定点数与浮点数	(39)
2.2 字符的表示	(45)
2.2.1 ASCII 码	(45)
2.2.2 UNICODE 编码	(46)
2.2.3 汉字编码简介	(47)
2.3 指令信息的表示	(48)
2.3.1 指令格式	(48)

2.3.2	常用寻址方式	(52)
2.3.3	指令类型	(59)
2.3.4	Pentium II 指令格式	(63)
2.3.5	SPARC 指令格式	(64)
2.4	校验技术	(66)
2.4.1	奇偶校验码	(66)
2.4.2	循环冗余校验码	(67)
习题 2	(69)

第 2 篇 计算机系统分层结构

第 3 章	微体系结构层——CPU 组织	(72)
3.1	CPU 的组成和功能	(72)
3.1.1	CPU 的组成	(72)
3.1.2	指令执行过程	(76)
3.1.3	时序控制方式	(77)
3.1.4	指令流水线	(80)
3.2	算术逻辑部件 ALU 和运算方法	(82)
3.2.1	算术逻辑部件 ALU	(82)
3.2.2	定点数运算方法	(87)
3.2.3	浮点数运算方法	(93)
3.2.4	十进制数加减运算	(97)
3.3	CPU 模型机的组成及其数据通路	(98)
3.3.1	基本组成	(98)
3.3.2	数据传送	(101)
3.4	组合逻辑控制器原理	(102)
3.4.1	模型机的指令系统	(102)
3.4.2	模型机的时序系统	(106)
3.4.3	指令流程	(108)
3.4.4	微命令的综合与产生	(115)
3.4.5	小结	(116)
3.5	微程序控制器原理	(116)
3.5.1	微程序控制概念	(116)
3.5.2	微指令编码方式	(118)
3.5.3	微程序的顺序控制	(120)
3.5.4	微指令格式	(122)
3.5.5	典型微指令举例	(122)
3.6	精简指令集计算机 (RISC)	(123)
3.6.1	RISC 与 CISC 的概念	(123)
3.6.2	UltraSPARC CPU 的微体系结构	(125)
习题 3	(129)

第 4 章 指令系统层	(132)
4.1 80x86 CPU	(132)
4.1.1 8086/8088 CPU	(133)
4.1.2 80386/80486 CPU	(135)
4.1.3 Pentium 系列 CPU	(137)
4.2 80x86 CPU 的寄存器和主存储器	(141)
4.2.1 80x86 CPU 的寄存器	(141)
4.2.2 80x86 的主存储器	(146)
4.3 80x86 CPU 的指令系统	(157)
4.3.1 80x86 寻址方式	(158)
4.3.2 80x86 CPU 指令系统	(166)
习题 4	(195)
第 5 章 汇编语言层	(201)
5.1 概述	(201)
5.2 汇编语言语句格式	(203)
5.3 80x86 宏汇编语言数据、表达式和运算符	(205)
5.3.1 常数	(205)
5.3.2 变量	(205)
5.3.3 标号	(209)
5.3.4 表达式与运算符	(210)
5.4 80x86 宏汇编语言伪指令	(214)
5.4.1 符号定义语句	(214)
5.4.2 处理器选择伪指令	(215)
5.4.3 段结构伪指令 (SEGMENT/ENDS)	(215)
5.4.4 段组伪指令 (GROUP)	(220)
5.4.5 内存模式和简化段定义伪指令	(221)
5.4.6 定位和对准伪指令	(222)
5.4.7 过程定义伪指令 (PROC/ENDP)	(223)
5.4.8 包含伪指令 (INCLUDE)	(224)
5.4.9 标题伪指令 (TITLE)	(224)
5.5 宏指令	(224)
5.6 汇编语言程序设计基本技术	(231)
5.6.1 程序设计步骤	(231)
5.6.2 顺序程序设计	(232)
5.6.3 分支程序设计	(235)
5.6.4 循环程序设计	(243)
5.6.5 子程序设计	(251)
5.6.6 系统功能子程序的调用	(262)
5.6.7 汇编语言程序的开发	(263)
习题 5	(269)

第 3 篇 存储系统与输入/输出系统

第 6 章 存储系统	(276)
6.1 概述	(276)
6.1.1 存储器的分类	(276)
6.1.2 主存的主要技术指标	(278)
6.2 存储原理	(279)
6.2.1 半导体存储器的存储原理	(279)
6.2.2 磁表面存储器的存储原理	(282)
6.2.3 光存储器的存储原理	(286)
6.3 主存储器的组织	(287)
6.3.1 主存储器的逻辑设计	(287)
6.3.2 主存储器与 CPU 的连接	(291)
6.3.3 Pentium CPU 与存储器组织.....	(294)
6.3.4 高级 DRAM	(297)
6.4 高速缓冲存储器 Cache.....	(300)
6.4.1 Cache 的工作原理.....	(300)
6.4.2 Cache 的组织.....	(301)
6.4.3 Pentium II CPU 的 Cache 组织	(306)
6.5 外部存储器	(307)
6.5.1 硬磁盘存储器	(308)
6.5.2 软磁盘存储器	(315)
6.5.3 光盘存储器	(318)
6.5.4 磁带存储器	(320)
6.6 物理存储系统的组织	(323)
6.6.1 存储系统的层次结构	(323)
6.6.2 磁盘冗余阵列	(324)
6.6.3 并行存储技术	(327)
6.7 虚拟存储系统的组织	(328)
6.7.1 概述	(328)
6.7.2 虚拟存储器的组织方式	(329)
6.7.3 Pentium CPU 支持的虚拟存储器.....	(331)
6.7.4 存储管理部件 (MMU)	(334)
习题 6	(335)
第 7 章 输入/输出系统	(337)
7.1 概述	(337)
7.1.1 主机与外围设备间的连接方式	(337)
7.1.2 I/O 接口的功能和分类	(340)
7.1.3 接口的编址和 I/O 指令	(343)
7.2 直接程序控制方式	(344)

7.2.1	立即程序传送方式	(344)
7.2.2	程序查询方式	(345)
7.3	程序中断方式	(347)
7.3.1	中断的基本概念	(347)
7.3.2	中断的过程	(353)
7.3.3	中断接口模型	(355)
7.3.4	中断接口举例	(361)
7.4	DMA 方式	(366)
7.4.1	DMA 方式的一般概念	(366)
7.4.2	DMA 过程	(367)
7.4.3	DMA 接口组成	(368)
7.4.4	DMA 控制器编程及应用	(372)
7.5	通道与 IOP	(379)
7.5.1	通道	(379)
7.5.2	IOP 与外围处理机	(382)
7.6	系统总线	(384)
7.6.1	总线的功能与分类	(384)
7.6.2	总线标准及信号组成	(386)
7.6.3	总线操作时序	(390)
7.6.4	典型总线举例	(392)
7.7	典型外设接口	(393)
7.7.1	ATA 接口	(393)
7.7.2	SCSI 接口	(395)
习题 7	(395)
第 8 章	I/O 设备与 I/O 程序设计	(397)
8.1	概述	(397)
8.1.1	I/O 设备的分类	(397)
8.1.2	工作机制中的几个层次	(399)
8.2	键盘	(400)
8.2.1	键盘的结构与工作原理	(400)
8.2.2	键盘驱动程序	(405)
8.3	打印机	(409)
8.3.1	打印设备	(410)
8.3.2	打印机驱动程序	(415)
8.4	显示器	(417)
8.4.1	CRT 显示器	(417)
8.4.2	CRT 适配器技术指标	(424)
8.4.3	LCD 液晶显示器和等离子显示技术	(426)
8.4.4	显示器软件调用	(430)
习题 8	(431)

附录 A ASCII 码字符表 (433)
参考文献 (434)

第1篇 基础知识

第1篇作为本书其他部分的基础，主要介绍计算机系统组成的基本概念及其信息表示。

第1章首先强调计算机的两个重要基本概念：信息数字化和存储程序工作方式，并将其作为了解计算机组成及工作机制的基本出发点。从功能部件组成角度来看，计算机是由三大子系统：CPU、存储系统、输入/输出系统及其互连结构组成，在本书的第2、3篇将深入讨论这些子系统的内部结构和功能。计算机系统是硬件与软件组成的综合体，从系统层次结构角度看，现代计算机自下而上可分为5层：微体系结构层、指令系统层、操作系统层、汇编语言层和面向问题的语言层，本书第2篇用3章的篇幅分别从微体系结构层、指令系统层、汇编语言层这三个不同的层次讨论计算机系统的逻辑组成和工作机制。本章还对计算机的工作过程、特点、性能指标、发展史、有关提高计算机性能的技术及其主要应用领域等做了简要介绍。

第2章以信息数字化为基本出发点，讨论计算机中数据信息和控制信息（指令）的表示。数据信息的表示涉及数值数据的进位制、带符号数的表示、小数点的表示（定点数、浮点数）、字符表示方法等。指令信息的表示包括指令格式、寻址方式和指令类型。

第1章 绪 论

通常所讲的计算机，其全称是电子式数字计算机，它是一种能存储程序，能自动连续地对各种数字化信息进行算术、逻辑运算的快速工具。在这一定义中包含两个重要的基本概念：信息数字化和存储程序工作方式。本章一开始就强调它们，作为了解计算机组成及工作机制的基本出发点。

计算机系统是由硬件与软件组成的综合体，人们常采用层次结构观点去描述系统的组成与功能，分层次地分析与设计计算机系统。本章在简要叙述计算机系统的硬件、软件组成之后，将分别从系统内部的有机组成和程序设计语言功能的角度，介绍两种常用的层次结构模型。再通过对解题过程的描述，说明计算机的应用方式与工作过程。在上述知识的基础上，分析计算机的特点，说明其性能指标的含义。最后，简要介绍计算机的发展史，以及有关提高计算机性能的技术及计算机的主要应用领域。

1.1 计算机的基本概念

我们现在广泛使用的计算机，其全称是电子式数字计算机，俗称电脑。初学者提出的第一个问题常常是：计算机是什么？简单地讲，计算机是一种能够存储程序，能够自动连续地执行程序，对各种数字化信息进行算术运算或逻辑运算的快速工具。我们先对这个定义作一些初步的解释。首先，计算机是能够运算的设备，运算可以分为两大类：算术运算和逻辑运算。算术运算的对象是数值型数据，以四则运算为基础，许多复杂的数学问题可通过相应的算法最终分解为若干四则运算。逻辑运算用来解决逻辑型问题，如信息检索、判断分析和决策等。所以我们常将计算机的工作泛称为对信息进行运算处理。那么，计算机中的信息用什么形式来表示呢？简单地讲，是用数字代码来表示各类信息，所以称为数字计算机。计算机又是怎样对这些数字化的信息进行运算处理呢？它采用的是一种存储程序工作方式，即先编写程序，再由计算机将这些程序存储起来，然后通过连续、快速地执行程序实现各种运算处理。为了存储程序与数据，需要存储器；为了进行运算处理，需要运算器；为了输入程序和数据，以及输出运算结果，需要有输入设备和输出设备；控制器则对计算机的工作进行控制管理。

这些要点是由计算机技术的先驱者冯·诺依曼首先提出的，他在1945年提出了数字计算机的若干设计思想，被后人称为冯·诺依曼体制，这是计算机发展史上的一个里程碑。采用冯·诺依曼体制的计算机被称为诺依曼机。几十年来计算机的体系结构发生了许多演变，但冯·诺依曼体制的核心概念仍沿用至今，绝大多数实用的计算机仍属于冯·诺依曼机。我们将冯·诺依曼体制中那些至今仍广泛采用的要点归纳为：

- (1) 采用二进制代码表示数据和指令。
- (2) 采用存储程序工作方式，即事先编制程序，事先存储程序，自动、连续地执行程序。
- (3) 由存储器、运算器、控制器、输入设备、输出设备等5大部件组成计算机硬件系统。

在本节中我们先阐述其中的两点：存储程序工作方式和信息的数字化表示。而硬件组成部分则放在下一节与系统结构一起讨论。

1.1.1 存储程序工作方式

计算机的工作最终体现为执行程序。前面提到，计算机采用存储程序工作方式，这是冯·诺依曼体制中最核心的思想。它有三点含义，体现了用计算机求解问题的过程。

1. 事先编制程序

为了用计算机求解问题，需要事先编制程序。在程序中规定计算机需要做哪些事，按什么步骤去做。程序中还包括需要运算处理的原始数据，或者规定计算机在什么时候从输入设备获得数据。一件事往往要分很多步去完成，要求计算机硬件在一步中执行的操作命令称为一条指令，如加法指令。计算机最终执行的程序，其形态就是指令序列，即若干指令的有序集合，每一步将执行一条指令。换句话说，我们预先编好的程序最终变成：指令序列和有关的原始数据。

2. 事先存储程序

编好的程序经由输入设备送入计算机，存放在存储器中。编写的程序是用字符书写的，通过键盘将字符变成二进制编码，然后输入计算机。二进制编码中的每一位，不是0就是1，可以保存在存储器中。

最早的电子计算机是靠许多开关和拔插连接线来体现程序的，被称为台外程序式，意思是程序不在计算机内部。按照冯·诺依曼体制设计计算机后，才采用了事先存储程序的工作方式，这一点有很重要的意义。

3. 自动、连续地执行程序

由于程序已经事先存储在存储器中，启动计算机并运行程序后，计算机就可以依照一定顺序从存储器中逐条读取指令，按照指令的要求执行操作，直到运行的程序执行完毕。原则上，程序运行不需操作者通过人工操作去逐条读取指令，所以是自动、连续地执行程序，使得计算机可以高速地运行。当然，有些工作本身要求以人-机对话方式进行，例如我们通过计算机进行查询，计算机通过显示屏幕向用户询问：需查询什么项目？用户通过键盘或鼠标进行选择。这种情况要求计算机分段执行程序，中间允许用户进行人工干预。所以计算机在自动、连续地执行程序的同时，往往允许使用者以外部请求方式进行干预。

上面我们描述了计算机的基本工作方式。冯·诺依曼机的这种工作方式被称为控制流驱动方式。它是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，进行运算处理。在这一过程中，逐步发出的控制信息成为一种控制信息流，简称控制流，它是驱动计算机工作的因素。而依次处理的数据信息则成为一种数据信息流，简称数据流，它是被调用的对象，或者说是被驱动的部分。

1.1.2 信息的数字化表示

前面谈到，计算机中的信息可以分为两大类：控制信息和数据信息。随着程序的逐步执行，依次取出的指令代码序列，以及在此基础上产生的微命令等，就成为控制信息流，它们是控制计算机工作的有关信息。而依据指令要求依次取出的数据，以及运算处理的结果等，成为数据信息流，它们是计算机加工处理的对象。数据可以分为两大类：数值型数据和非数