

高等学校计算机教材



计算机基础与 C语言程序设计

耿国华 索 琦 等编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

TP3-43
G47

高等学校计算机教材

计算机基础与 C 语言程序设计

耿国华 索 琦等 编著



A0989055

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

全书内容包括上下两篇。上篇为基础篇,包括基本概念、信息表示、硬件组成、软件概述、网络与安全、DOS与Windows等内容。下篇为C语言程序设计篇,从语言学习中词法、语法与使用方法三个层面,详细地介绍C语言的基本知识、词法元素、语法要点、使用技巧及其程序设计的基本技术,重点突出了C语句的组成要件与程序控制的基本构架,并在此基础上引入指针等高级程序技术的内容,有利于学习者循序渐进地掌握程序设计方法。

本书配有大量的例题、习题,连贯性强,具有集计算机导论与C语言程序设计于一书的特色,特别适合作为高校面向理工类学生学习C语言的计算机技术基础课程的教材,也可作为学习C语言的培训教材或自学参考书。

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

计算机基础与C语言程序设计/耿国华编著. —北京:电子工业出版社,2002.2

高等学校计算机教材

ISBN 7-5053-7481-8

I. 计… II. 耿… III. ①电子计算机—高等学校—教材 ②C语言—程序设计—高等学校—教材 IV. TP3

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第007035号

责任编辑:张荣琴 特约编辑:晓 鸽

印 刷:北京李史山胶印厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

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:21.5 字数:565千字

版 次:2002年2月第1版 2002年2月第1次印刷

印 数:8000册 定价:27.00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

前 言

陈火旺院士把计算机 50 多年的成就概括为五个“一”：开辟一个新时代——信息时代；形成一个新产业——信息产业；产生一个新学科——计算机科学与技术；开创了一种新的科研方法——计算方法；开辟一种新文化——计算机文化。这一概括深刻阐明了计算机对社会发展的广泛深远的影响。人类文化的内涵是随社会发展而进化的。信息社会中，计算机不仅是工具，而且是文化。工具具有可选择性，而文化则具有必备性。步入信息社会，信息技术对人类社会全方位的渗透，已经形成一种新的文化形态——信息时代的计算机文化。

春来江水绿如蓝。信息科学如春江之水，孕育着各行各业的勃勃生机。利用计算机进行信息处理的能力已成为现代人能力素质的重要标志。培养和造就一批能熟练运用计算机的行业的专门人才，是非常迫切的任务。计算机文化的普及和掌握计算机应用技术，对学生的知识结构、技能的提高和智力的开发变得越来越重要，已成为素质教育的重要构成部分。

教学过程中，教材处于枢纽位置：是大纲的具体化；是知识点的载体；是教学的基础。在教材的编写上我们力图做到遵循教育和学习的规律。

本书包括上下篇，基本内容涵盖了二级考试的要求范围。上篇为计算机基础知识篇，包括基本概念、硬件组成、软件概述、网络与安全、DOS 与 WINDOWS，使读者掌握计算机的基本知识、使用计算机提供必备的基础，突出可理解性；下篇为 C 语言程序设计篇，包括程序设计的基本概念与 C 语言程序设计的基本技术，从语言学习中词法、语法与使用方法这三个层面，详细地介绍了 C 语言的基本知识、词法元素、语法要点、使用技巧及其程序设计的基本技术，重点突出了 C 语句的组成要件（即常量、变量、数组及表达式）与程序流程控制的基本构成。为便于读者进一步扩展技能，在此基础上再引入指针使用、函数调用与文件操作等高级技术的内容，有利于学习者循序渐进地掌握程序设计方法。下篇是本书重点，第 7、8 章分别给出了程序设计的基本概念，介绍了 C 语言的使用方法。第 9 章介绍了 C 语言的词法；从第 10 章开始都采用先介绍语句语法规则，再通过大量实例贯穿使用方法的模式。第 9~11 章重点突出介绍 C 语言的基本语句设施。第 12~14 章介绍进一步展开高级技术。附录中列有 C 语言的关键字、运算符、函数及图形函数，以便于学生学习查阅。

本书为《高等学校计算机教材》编委会讨论审定的计算机系列教材之一。“计算机基础教育”作为西北大学重点课程建设项目，被列为“面向 21 世纪课程教材”，得到西北大学教务处的的大力支持。主要作者是长期从事计算机基础教育的一线教师。本书由耿国华教授任主编，索琦任副主编，教材中的 1~4、7、8 章由耿国华编写；第 9、12、13 章及附录 A、B 由索琦编写；第 6、10 章由邢卫民编写；第 11 章由晰编写；第 5 章由安娜编写；第 14 章及附录 C、D 由董卫军编写。严德芬副教授仔细校审全书，段宏斌副教授为本书的编写提出了意见与建议，在此表示衷心的感谢！

建议讲课 72 学时，实习 36 机时。本教材配有教学课件，可直接用于联机大屏幕显示的课堂教学，需要者可与作者联系。地址及联系人：陕西省西安市西北大学计算机科学系 耿国华 邮编：710069 电话：029-8302950

不足之处，恳请读者赐教指正。

作 者
2001 年 11 月

上篇 计算机基础知识

本篇首先从电子计算机的特点、计算机的组成和工作原理、它的产生和发展历史,及其在不同领域中的应用和与社会发展的关系等方面,对计算机作简要的介绍,力求使读者对计算机有一个概括的了解。在此基础上,进一步介绍信息的二进制表示、计算机的输入输出设备、存储系统、中央处理器、总线和接口;计算机软件的概念和分类、计算机语言、操作系统以及数据库管理、文字处理和电子表软件。为便于使用微机环境,加入了微机操作系统的介绍,一方面使读者对计算机的概念有一个具体的理解,另一方面也为使用计算机提供一些必要的基础知识和最基本的操作方式。

第 1 章 计算机的基本概念

1.1 什么是计算机

在人类历史上,计算工具的发明和创造走过了漫长的道路。在原始社会,人们曾使用绳结、垒石或枝条作为计数和计算的工具。我国在春秋战国时期有了筹算法的记载,到了唐朝已经有了至今仍在使用的计算工具——算盘。欧洲 16 世纪出现了对数计算尺和机械计算机。

在 20 世纪 50 年代之前,人工手算是主要的计算方法。算盘、对数计算尺、手摇或电动的机械计算机是人们使用的主要计算工具。由于近代科学技术的发展,对计算量、计算精度、计算速度的要求不断提高,原有的计算工具已经满足不了应用的需要;另一方面,计算理论、电子学以及自动控制技术的发展,也为现代电子计算机的出现提供了可能,在 20 世纪 40 年代中期诞生了第一代电子计算机。

对计算机(Computer)人们往往从不同角度提出不同的见解,有多种描述:“计算机是一种可以自动进行信息处理的工具”;“计算机是一种能快速而高效地自动完成信息处理的电子设备”;“计算机是一种能够高速运算、具有内部存储能力、由程序控制其操作过程的电子装置”等等。

1. 第一台计算机的诞生

1946 年 2 月,正式交付使用的、由美国宾夕法尼亚大学研制的 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator 即电子积分计算机)标志着第一代电子计算机的诞生。它是为了解决新武器弹道问题中的许多复杂计算而研制的。它采用电子管作为计算机的基本元件,由 18 000 多个电子管,1 500 多个继电器,10 000 多只电容器和 7 000 多只电阻构成,占地 170m²,质量 30 吨,每小时耗电 30 万千瓦,是一个庞然大物,每秒能进行 5 000 次加法

运算。由于它使用电子器件来代替机械齿轮或电动机械进行运算，并且能在运算过程中进行判断，作出选择，过去需要 100 多名工程师花费 1 年才能解决的计算问题，现在只需要 2 个小时就能给出答案。

2. 计算机的特点

计算机不同于以往任何计算工具，其主要特点如下：

第一，在处理对象上，它已不再局限于数值信息，而是可以处理包括数字、文字、符号、图形、图像乃至声音等一切可以用数字加以表示的信息。

第二，在处理内容上，它不仅能做数值计算，也能对各种非数值信息做处理，例如进行信息检索、图形处理；不仅可以做加、减、乘、除算术运算，也可以做是与非的逻辑判断。

第三，在处理方式上，只要人们把处理的对象和处理问题的方法步骤以计算机可以识别和执行的“语言”事先存储到计算机中，计算机就可以完全自动地对这些数据进行处理。

第四，在处理速度上，它运算速度高。目前一般计算机的处理速度都可以达到每秒百万次的运算，巨型机可以达到每秒近千亿次运算。

第五，它可以存储大量数据。目前一般微型机都可以存储几十万、几百万、几千万到上亿个数据。计算机存储的数据量越大，可以记住的信息量也就越大。需要时，计算机可以从浩如烟海的数据中找到这些信息，这也是计算机能够进行自动处理的原因之一。

第六，多个计算机借助于通信网络互联，可以超越地理界限，互发电子邮件，进行网上通信，共享远程信息和资源。

计算机具有超强的记忆能力、高速的处理能力、很高的计算精度和可靠的判断能力。人们进行的任何复杂的脑力劳动，如果可以分解成计算机可以执行的基本操作，并以计算机可以识别的形式表示出来，存放到计算机中，计算机就可以模仿人的一部分思维活动，代替人的部分脑力劳动，按照人们的意愿去自动地工作，所以有人也把计算机称为“电脑”，以强调计算机在功能上和人脑有许多相似之处，例如人脑的记忆功能、计算功能、判断功能。电脑终究不是人脑，它也不可能完全代替人脑；但说电脑不能模拟人脑的功能也是不对的，尽管电脑在很多方面远远比不上人脑，但它也有超越人脑的许多性能，人脑与电脑在许多方面有着互补作用。

1.2 计算机的组成和工作原理

计算机系统由硬件系统和软件系统两部分组成。

计算机硬件指的是计算机系统中由电子、机械和光电元件组成的各种计算机部件和设备，其基本功能是接受计算机程序的控制来实现数据输入、运算、数据输出等一系列操作。

虽然目前计算机的种类很多，制造技术发生了极大的变化，但在基本的硬件结构方面，一直沿袭着冯·诺依曼的体系结构，从功能上都可以划分为 5 个基本组成部分，即输入设备、输出设备、存储器、运算器和控制器（图 1.1）。

图 1.1 中，实线代表数据流，虚线代表控制流，计算机各部件间的联系通过信息流动来实现。原始数据和程序通过输入设备送入存储器。在运算处理过程中，数据从存储器读入运算器进行运算，运算结果存入存储器，必要时再经输出设备输出。指令也以数据形式存于存储器中，运算时指令由存储器送入控制器，由控制器控制各部件的工作。

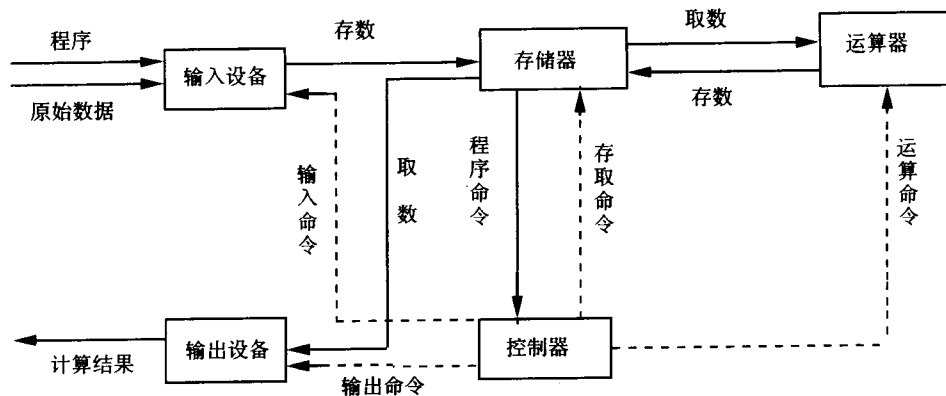


图 1.1 计算机系统基本硬件结构

计算机五大组成部分功能

输入设备的功能是将要加工处理的外部信息转换为计算机能够识别和处理的内部形式，以便于处理；输出设备的功能是将信息从计算机的内部形式转换为使用者所要求的形式，以便能为人们识别或被其他设备所接收；存储器的功能是用来存储以内部形式表示的各种信息；运算器的功能是对数据进行算术运算和逻辑运算；控制器的功能则是产生各种信号，控制计算机各个功能部件协调一致地工作。

运算器和控制器在结构关系上非常密切，它们之间有大量信息频繁地进行交换，共用一些寄存单元，因此将运算器和控制器合称为**中央处理器（CPU）**；将中央处理器和内存储器合称为**主机**；将输入设备和输出设备称为外部设备。由于外存储器不能直接与 CPU 交换信息，而它与主机的连接方式和信息交换方式与输出设备和输入设备没有很大差别，因此，一般地把它列入外部设备的范畴，**外部设备**包括输入设备、输出设备和外存储器；但从外存在整个计算机的功能看，它属于存储系统的一部分，称之为**外存储器或辅助存储器**。

计算机软件指的是为了告诉计算机做什么和按什么方法、步骤去做，是以计算机可以识别和执行的**操作表示**的处理步骤和有关文档。在计算机术语中，计算机可以识别和执行的**操作表示**的处理步骤称为**程序**。**计算机软件是计算机程序和有关文档**。

在计算机中，硬件和软件的结合点是计算机的指令系统。计算机的一条指令是计算机硬件可以执行的一步操作。计算机可以执行的指令的全体称为计算机的指令系统。任何程序，必须转换成计算机硬件能够执行的一系列指令。

在计算机中，硬件和软件是不可缺少的两个部分。硬件是组成计算机系统各部件的总称，它是计算机系统快速、可靠、自动工作的物质基础，是计算机系统的执行部分。在这个意义上讲，没有硬件就没有计算机，计算机软件也不会产生任何作用。但是一台计算机之所以能够处理各种问题，具有很大的通用性，能够代替人们进行一定的脑力劳动，是因为人们把要处理这些问题的方法，分解成为计算机可以识别和执行的步骤，并以计算机可以识别的形式存储到了计算机中。也就是说，在计算机中存储了解决这些问题的程序。目前所说的计算机一般都包括硬件和软件两个部分，而把不包括软件的计算机称为“裸机”。计算机软件就是计算机程序及其有关文档。

- 计算机的指令和数据均采用二进制表示;
- 由指令组成的程序和要处理的数据一起存放在存储器中。机器一启动, 控制器按照程序中指令的逻辑顺序, 把指令从存储器中读出来, 逐条执行;
- 由输入设备、输出设备、存储器、运算器、控制器五个基本部件组成计算机的硬件系统, 在控制器的统一控制下, 协调一致地完成由程序所描述的处理工作。

1.3 计算机的发展

电子计算机的发展, 像任何新生事物一样, 也经历了一个不断完善的过程。1938 年 J. 阿诺索夫首先制成了电子计算机的运算部件。1943 年, 英国外交部通信处制成了“巨人”计算机专门用于密码分析。1946 年 2 月美国宾夕法尼亚大学制成的 ENIAC 最初也专门用于火炮弹道计算, 后经多次改进才成为能进行各种科学计算的通用计算机, 这就是人们常常提到的世界上第一台电子计算机。但是, 这种计算机的程序仍然是外加式的, 存储容量也太小, 尚未完全具备现代计算机的主要特征。计算机发展史上再一次重大突破是由数学家冯·诺依曼领导的设计小组完成的。他们提出的存储程序原理, 即程序由指令组成, 并和数据一起放在存储器中, 机器一经开动, 就能按照程序指令的逻辑顺序, 把指令从存储器中读出来, 逐条执行, 自动完成由程序所描述的处理工作。这是计算机发展史上的一个里程碑, 也是计算机与一切其他计算工具的根本区别。真正实现内存储程序式原理的第一台计算机 EDSAC 于 1949 年 5 月在英国制成。

根据计算机所采用的物理器件, 一般把电子计算机的发展分成几个时期, 也称为几代, 分别代表了时间顺序的发展过程。

第一代 计算机是采用电子管作为逻辑元件; 用阴极射线管或汞延迟线作主存储器; 外存主要使用纸带、卡片等; 程序设计主要使用机器指令或符号指令; 应用领域主要是科学计算。

第二代 计算机用晶体管代替了电子管; 主存储器均采用磁心存储器, 磁鼓和磁盘开始用做主要的外存储器; 程序设计使用了更接近于人类自然语言的高级程序设计语言。计算机的应用领域也从科学计算扩展到了事务处理、工程设计等多个方面。

第三代 计算机采用中小规模的集成电路块代替了晶体管等分立元件; 半导体存储器逐步取代了磁心存储器的主存储器地位; 磁盘成了不可缺少的辅助存储器; 计算机也进入了产品标准化、模块化、系列化的发展时期; 计算机的管理、使用方式也由手工操作完全改变为自动管理, 使计算机的使用效率显著提高。

第四代 计算机采用大规模和超大规模集成电路。20 世纪 70 年代以后, 计算机使用的集成电路迅速从中、小规模发展到大规模、超大规模的水平, 大规模、超大规模集成电路应用的一个直接结果是微处理器和微型计算机的诞生。微处理器是将传统的运算器和控制器集成在一块大规模或超大规模集成电路芯片上, 作为中央处理单元 (CPU)。以微处理器为核心, 再加上存储器和接口等芯片以及输入输出设备便构成了微型计算机。微处理器自 1971 年诞生以来几乎每隔 2~3 年就要更新换代, 以高档微处理器为核心构成的高档微型计算机系统已达到和超过了传统超级小型计算机水平, 其运算速度可以达到每秒数亿次。由于微型计算机体积小、功耗低、成本低, 其性能价格比占有很大优势, 因而得到了广泛的应用。微

处理器和微型计算机的出现不仅深刻地影响着计算机技术本身的发展，同时也使计算机技术渗透到了社会生活的各个方面，极大地推动了计算机的普及。随着微电子、计算机和数字化声像技术的发展，多媒体技术也得到了迅速发展。这里所说的媒体是指表示和传播信息的载体，例如文字、声音、图像都是媒体。在 20 世纪 80 年代以前人们使用计算机处理的主要是文字信息，80 年代以后开始用于处理图形和图像。随着数字化音频和视频技术的突破，逐步形成了集声、文、图、像一体化的多媒体计算机系统。它不仅使计算机应用更接近人类习惯的信息交流方式，而且将开拓许多新的应用领域。计算机与通信技术的结合使计算机应用从单机走向网络，由独立网络走向互联网络。

总之，计算机从第一代发展到第四代，已由仅仅包含硬件的系统发展到包括硬件和软件两大部分的计算机系统，其发展阶段见表 1.1。计算机的种类也一再分化，发展成微型计算机、小型计算机、通用计算机（包括巨型、大型、中型计算机）以及各种专用机等。由于技术的更新和应用的推动，计算机一直处在飞速发展之中。依据信息技术发展功能价格比的摩尔定律（Moore’ Law），计算机芯片的功能每 18 个月翻一番，而价格减一半。该定律的作用从 20 世纪 60 年代以来，已持续 30 多年，预计还会持续近 20 年。集处理文字、图形、图像、声音为一体的多媒体计算机的发展正方兴未艾。各国都在计划建设自己的“信息高速公路”。通过各种通信渠道，包括有线网和无线网，把各种计算机互联起来，已经实现了信息在全球范围内的传递。用计算机来模仿人的智能，包括听觉、视觉和触觉以及自学习和推理能力是当前计算机科学研究的一个重要方向。与此同时，计算机体系结构将会突破传统的冯·诺依曼提出的原理，实现高度的并行处理。为了解决软件发展方面出现的复杂程度高、研制周期长和正确性难于保证的“软件危机”而产生的软件工程也出现新的突破。新一代计算机的发展将与人工智能、知识工程和专家系统等研究紧密相联，并为其发展提供新的基础。

表 1.1 计算机发展阶段示意图

年代 器件	第一代 1946~1957	第二代 1958~1964	第三代 1965~1969	第四代 1970~至今
电子器件	电子管	晶体管	中、小规模集成电路	大规模和超大规模集成电路
主存储器	磁心、磁鼓	磁心、磁鼓	磁心、磁鼓、 半导体存储器	半导体存储器
外部辅助存储器	磁带、磁鼓	磁带、磁鼓	磁带、磁鼓、磁盘	磁带、磁盘、光盘
处理方式	机器语言 汇编语言	监控程序 连续处理作业 高级语言编译	多道程序 实时处理	实时、分时处理 网络操作系统
运算速度	5 千~3 万次/秒	几十万~百万次/秒	百万~几百万次/秒	几百万~千亿次/秒

1.4 计算机与社会

在人类历史上，以生产工具为标志的技术进步已经经历了手工工具和大机器生产两个时期。自从能源代替人成为机器动力以后，人类的体力劳动得到了解放。电子计算机的出现不但使人类的技术进步开始向自动化过渡，扩大了人类的智力，而且使用机器代替人的部分脑力劳动的愿望成为现实，为人类智力解放的时代揭开了序幕。

在计算机诞生初期，计算机主要用于科学计算，在弹道计算上显示了它的巨大威力。当

时,用ENIAC计算炮弹从发射到弹道轨道40个点的位置只用了3s,代替了7个小时的人工计算,速度提高了8400倍。到了20世纪60年代,计算机的应用从科学计算扩展到了生产过程的自动控制和事务处理,科学计算、过程控制、事务处理成为计算机应用的三个主要领域。20世纪70年代以后,随着微处理器和微型计算机的出现以及计算机网络的发展,计算机的应用已经遍及科学技术、工业、交通、财贸、农业、医疗卫生、军事以及人们日常生活等各个方面。从解决数学难题到谱写乐曲,从宇宙飞船的上天到电子游戏机,从军事指挥系统到电冰箱的自动控制,从银行自动取款机到电视、电影中的特技画面,从气象预报到机器人,到处都可以看到计算机的应用踪迹。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)等计算机辅助技术的应用和计算机在金融、保险、公共交通、商业、服务业的应用,正在对人类社会的产业结构、就业结构,乃至家庭生活和教育等各个方面产生深远的影响。

计算机在生产过程中的应用和发展,将使传统的机械工业生产技术从数控机床、智能机器人的局部应用,发展到全面高度自动化的计算机集成制造系统(CIMS),使社会生产力实现巨大飞跃;计算机辅助设计、辅助制造、辅助测试技术的构成和计算机网络的建立,将使企业规模的小型化和生产布局的分散化成为可能;计算机在工业企业的广泛使用将使众多的劳动密集型和资本密集型的产业逐步转变成知识密集型和技术密集型的产业;伴随着企业类型的转变,社会劳动结构也将发生变化,从事第一产业和第二产业的人数将会相对减少,信息产业将会从第三产业中分化出来而在未来社会中占据主导地位。

计算机技术的发展,也为社会和经济的管理和决策提供了新的技术手段,使办公自动化这一门综合的科学技术提高到了一个新的水平。它将大大提高行政部门的办公效率,提高领导部门的决策水平。在国家、部门、地区、企业范围内建立起来的计算机管理信息系统(MIS)将会使管理部门及时、准确、全面地得到有关信息,使政府、企业的管理从定性管理进入定量管理,辅助各级管理部门做出预测和控制。能够综合利用各种数据、信息、知识、人工智能、模拟技术建立起的决策支持系统(DSS),将会为决策部门解决各种复杂问题提供一个方便有效的工具。它们的实现和广泛使用将会打破许多传统的办公方式。

今天在发达国家,计算机的应用已经普及到了社会和家庭。到银行存款、取款可以使用现金卡,到商店购物可以使用信用卡,到医院看病可以使用医疗卡;人们可以在家庭终端上了解哪些商品有货和在不同商店的售价,然后通过终端订购;记者将新闻送入计算机,读者可以在家中通过网络终端阅读;人们携带着笔记本计算机,可以走到哪里就在哪里“办公”;一部小说,它的文字、插图,乃至改编的电影都可以存入计算机,供你阅读、观看;国际互联网 Internet 和多媒体技术的发展已使人们能够以光的速度在全球范围相互传输信息,遨游广阔的世界,将极大地推动全球范围科技、文化的交流,推动金融、电子商务的发展,促使传统产业发生巨大的变化。人们将生存在一个无所不在的数字化世界中。计算机的应用已从少数专家掌握的技术变成了普通人可以参与的活动。没有计算机知识、不会使用计算机的人将很难适应信息社会的要求。

计算机作为辅助人类进行脑力劳动的工具,已经对人类社会的发展做出了巨大贡献。据统计,1982年美国200万台计算机在1年内完成的工作量相当于4千亿人年的工作量。目前的计算机虽然已具有计算、记忆、通信的能力,但识别事物和逻辑判断的能力还很不完善,人们正在设法研制具有更强智能能力的计算机。如果说过去人类技术的进步在很大程度上依赖于生产工具的材料和能源的变革,那么今天将在很大程度上依赖于知识和信息,计算机将

会在信息与知识社会中发挥更大的作用。

习 题

一、简答题

1. 现代计算机与以往计算工具的区别是什么？
2. 计算机系统包括哪些部分？
3. 什么是计算机硬件？什么是计算机软件？
4. 什么是指令？什么是程序？
5. 简述冯·诺依曼提出的计算机的基本工作原理。
6. 主机包括哪些部分？
7. 你认为计算机在现代社会中的地位与作用是什么？

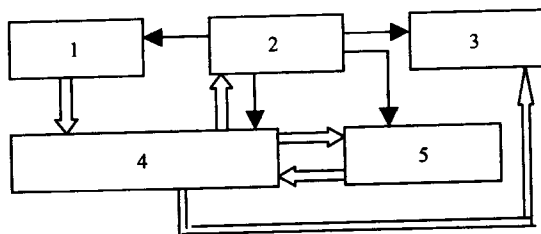
二、选择题

1. 最先实现的存储程序计算机是_____。
A. ENIAC B. EDSAC C. EDVAC D. UNIVAC
2. “存储程序”的核心概念是_____。
A. 事先编好程序 B. 把程序存储在计算机内存中
C. 事后编好程序 D. 将程序从存储位置自动取出并逐条执行

三、填空题

1. 世界上公认的第一台电子计算机于_____年在_____诞生，它的名字叫_____，到今天，计算机发展经历了四代，都基于一个共同的思想，这个思想是由_____提出的，其主要点是_____。

2. 计算机硬件由五大部分构成。它们之间关系如下图所示：方框1表示_____、方框2表示_____、方框3表示_____、方框4表示_____、方框5表示_____。◇表示数据传送，→表示控制信号。



第 2 章 计算机中的信息表示

2.1 进位计数制

2.1.1 数制的概念

什么是数制？数制是用一组固定的数字和一套统一的规则来表示数目的方法。

按照进位方式计数的数制叫进位计数制。十进制即逢十进一，生活中也常常遇到其他进制，如六十进制（每分钟 60 秒、每小时 60 分钟，即逢 60 进 1），十二进制，十六进制等。

任何进制都有它生存的原因。人类的屈指计数沿袭至今，由于日常生活中大都采用十进制计数，因此对十进制最习惯。如十二进制，十二的可分解的因子多（12，6，4，3，2，1），商业中不少包装计量单位“一打”；如十六进制，十六可被平分的次数较多（16，8，4，2，1），即使现代在某些场合如中药、金器的计量单位还在沿用这种计数方法。

进位计数涉及基数与各数位的位权。十进制计数的特点是“逢十进一”，在一个十进制数中，需要用到 10 个数字符号 0~9，其基数为 10，即十进制数中的每一位是这十个数字符号之一。在任何进制中，一个数的每个位置都有一个权值。

2.1.2 基数

基数是指该进制中允许选用的基本数码的个数

每一种进制都有固定数目的计数符号。

十进制：基数为 10，10 个记数符号，0、1、2、…、9。每一个数码符号根据它在这个数中所在的位置（数位），按“逢十进一”来决定其实际数值。

二进制：基数为 2，2 个记数符号，0 和 1。每个数码符号根据它在这个数中的数位，按“逢二进一”来决定其实际数值。

八进制：基数为 8，8 个记数符号，0、1、2、…、7。每个数码符号根据它在这个数中的数位，按“逢八进一”来决定其实际的数值。

十六进制：基数为 16，16 个记数符号，0~9，A、B、C、D、E、F。其中 A~F 对应十进制的 10~15。每个数码符号根据它在这个数中的数位，按“逢十六进一”决定其实际的数值。

2.1.3 位权

一个数码处在不同位置上所代表的值不同，如数字 6 在十位数位置上表示 60，在百位数上表示 600，而在小数点后 1 位表示 0.6，可见每个数码所表示的数值等于该数码乘以一个与数码所在位置相关的常数，这个常数叫做位权。位权的大小是以基数为底、数码所在位置的序号为指数的整数次幂。十进制的个位数位置的位权是 10^0 ，十位数位置上的位权为

10^1 ，小数点后 1 位的位权为 10^{-1} 。

十进制数 34958.34 的值为：

$$(34958.34)_{10} = 3 \times 10^4 + 4 \times 10^3 + 9 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 8 \times 10^0 + 3 \times 10^{-1} + 4 \times 10^{-2}$$

小数点左边：从右向左，每一位对应权值分别为 10^0 、 10^1 、 10^2 、 10^3 、 10^4

小数点右边：从左向右，每一位对应的权值分别为 10^{-1} 、 10^{-2}

$$\text{二进制数 } (100101.01)_2 = 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

2^{-2}

小数点左边：从右向左，每一位对应的权值分别为 2^0 、 2^1 、 2^2 、 2^3 、 2^4

小数点右边：从左向右，每一位对应的权值分别为 2^{-1} 、 2^{-2}

不同的进制由于其进位的基数不同权值是不同的。

位置计数法小结：

一般而言，对于任意的 R 进制数

$a_{n-1}a_{n-2}\cdots a_1a_0a_{-1}\cdots a_{-m}$ （其中 n 为整数位数， m 为小数位数）

可以表示为以下和式：

$$a_{n-1} \times R^{n-1} + a_{n-2} \times R^{n-2} + \cdots + a_1 \times R^1 + a_0 \times R^0 + a_{-1} \times R^{-1} + \cdots + a_{-m} \times R^{-m}$$

（其中 R 为基数）

注：一般在表示各种数制时，为了区别，常用以下两种方法书写：

①用圆括号将数括起来，然后在右下角写上该进制标志数（即基数）。如 $(325)_8$ 表示八进制数 325； $(10101101)_2$ 表示二进制数 10101101。本书就是使用这种表示方法。

②在某种进制数的后面加一个该进制英文单词的首字母（用大写）来表示。如：325O 表示八进制数 325；10101101B 表示二进制数 10101101，98D 表示十进制数 98；8BH 表示十六进制数 8B。这里用字母 O 表示八进制，字母 B 表示二进制、字母 D 表示十进制，字母 H 表示十六进制。

2.2 二进制代码和二进制数码

2.2.1 二进制的特点

在计算机中为什么要采用二进制？原因如下：

• 可行性

采用二进制，只有 0 和 1 两个状态，需要表示 0、1 两种状态的电子器件很多，如开关的接通和断开，晶体管的导通和截止、磁元件的正负剩磁、电位电平的高与低等都可表示 0、1 两个数码。使用二进制，电子器件具有实现的可行性。

• 简易性

二进制数的运算法则少，运算简单，使计算机运算器的硬件结构大大简化（十进制的乘法九九口诀表有 55 条公式，而二进制乘法只有 4 条规则）。

• 逻辑性

由于二进制 0 和 1 正好和逻辑代数的假（false）和真（true）相对应，有逻辑代数的理论基础，用二进制表示二值逻辑很自然。

2.2.2 二进制代码和二进制数码

我们从二进制代码和二进制数码开始讲述计算机基础知识，是因为二进制代码和二进制数码是计算机信息表示和信息处理的基础。

代码是事先约定好的信息表示形式。二进制代码是把 0 和 1 两个符号按不同顺序排列起来的一串符号。

二进制数码有两个基本特征：

用 0、1 两个不同的符号组成的符号串表示数量；

相邻两个符号之间遵循“逢 2 进 1”的原则，即左边的一位所代表的数目是右边紧邻同一符号所代表的数目的 2 倍。

二进制代码和二进制数码是既有联系又有区别的两个概念：凡是用 0 和 1 两种符号表示信息的代码统称为二进制代码（或二值代码）；用 0 和 1 两种符号表示数量并且整个符号串各位均符合“逢 2 进 1”原则的二进制代码，称为二进制数码。

目前的计算机在内部几乎毫无例外地使用二进制代码或二进制数码来表示信息，是由于以二进制代码为基础设计、制造计算机，可以做到速度快、元件少，既经济又可靠。虽然计算机从使用者看来处理的是十进制数，但在计算机内部仍然是以二进制数码为操作对象处理，理解它的内部形式是必要的。

在计算机中数据的最小单位是 1 位二进制代码，简称为位（bit）。8 个连续的 bit 称为一个字节（Byte）。

2.2.3 数的二进制表示和二进制运算

1. 数的二进制表示

客观世界中，事物的数量是一个客观存在，但表示的方法可以多种多样。

例 2.1 345 用十进制数码可以表示为 $(345)_{10} = 3 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 5 \times 10^0$

这里每个固定位置上的计数单位称为位权。十进制计数中个位上的计数单位为 $10^0 = 1$ ，从个位向左，依次为 $10^1, 10^2, 10^3, \dots$ ；向右依次为 $10^{-1}, 10^{-2}, \dots$ 。

用二进制数码可以表示为：

$(101011001)_2 = 1 \times 2^8 + 0 \times 2^7 + 1 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 256 + 0 + 64 + 0 + 16 + 8 + 0 + 0 + 1 = (345)_{10}$

二进制计数中个位上的计数单位也是 1，即 $2^0 = 1$ ，个位向左依次为 $2^1, 2^2, 2^3, \dots$ ；向右依次为 $2^{-1}, 2^{-2}, \dots$ 。

2. 计算机中的算术运算

二进制数的算术运算与十进制数的算术运算类似，但其运算规则更为简单，其规则见表 2.1。

表 2.1 二进制数的运算规则

加 法	乘 法	减 法	除 法
0+0=0	0×0=0	0-0=0	0÷0=0
0+1=1	0×1=0	1-0=1	0÷1=0
1+0=1	1×0=0	1-1=0	1÷0=（没有意义）
1+1=10（逢二进一）	1×1=1	0-1=1（借一当二）	1÷1=1

(1) 二进制数的加法运算

例：二进制数 1001 与 1011 相加

$$\begin{array}{r} \text{算式: 被加数} \quad (1001)_2 \cdots (9)_{10} \\ \text{加数} \quad (1011)_2 \cdots (11)_{10} \\ \text{进位} \quad + \quad)1 \quad 11 \\ \hline \text{和数} \quad (10100)_2 \cdots (20)_{10} \end{array}$$

$$\text{结果: } (1001)_2 + (1011)_2 = (10100)_2$$

由算式可以看出，两个二进制数相加时，每一位最多有 3 个数（本位被加数、加数和来自低位的进位）相加，按二进制数的加法运算法则得到本位相加的和及向高位的进位。

(2) 二进制数的减法运算

例：二进制数 11000001 与 00101101 相减

$$\begin{array}{r} \text{算式: 被减数} \quad (11000001)_2 \cdots (193)_{10} \\ \text{减数} \quad (00101101)_2 \cdots (45)_{10} \\ \text{借位} \quad - \quad) \quad 1111 \\ \hline \text{差数} \quad (10010100)_2 \cdots (148)_{10} \end{array}$$

$$\text{结果: } (11000001)_2 - (00101101)_2 = (10010100)_2$$

由算式可以看出，两个二进制数相减时，每一位最多有 3 个数（本位被减数、减数和向高位的借位）相减，按二进制数的减法运算法则得到本位相减的差数和向高位的借位。

3. 计算机中的逻辑运算

计算机中的逻辑关系是一种二值逻辑，逻辑运算的结果只有“真”或“假”两个值。二值逻辑很容易用二进制的“0”和“1”来表示，一般用“1”表示真，用“0”表示假。逻辑值的每一位表示一个逻辑值，逻辑运算是按对应位进行的，每位之间相互独立，不存在进位和借位关系，运算结果也是逻辑值。

三种基本的逻辑运算

逻辑运算有“或”、“与”和“非”三种。其他复杂的逻辑关系都可以由这三个基本逻辑关系组合而成。

(1) 逻辑“或”。用于表示逻辑“或”关系的运算，“或”运算符可用 +，OR， $\cup$ 或 $\vee$ 表示。

逻辑“或”的运算规则如下：

$$0+0=0 \quad 0+1=1 \quad 1+0=1 \quad 1+1=1$$

即两个逻辑位进行“或”运算，只要有一个为“真”，逻辑运算的结果为“真”。例：如果 $A=1001111$ ， $B=(1011101)$ ；求 $A+B$

$$\begin{array}{r} \text{步骤如下:} \quad 1001111 \\ \quad + \quad 1011101 \\ \hline \quad 1011111 \end{array}$$

$$\text{结果: } A+B=1001111+1011101=1011111$$

(2) 逻辑“与”。用于表示逻辑“与”关系的运算，称为“与”运算，“与”运算符可用 AND， $\cdot$ ， $\times$ ， $\cap$ 或 $\wedge$ 表示。

逻辑“与”的运算规则如下：

$$0 \times 0 = 0 \quad 0 \times 1 = 0 \quad 1 \times 0 = 0 \quad 1 \times 1 = 1$$

即两个逻辑位进行“与”运算，只要有一个为“假”，逻辑运算的结果为“假”。例：如果 $A=1001111$, $B=(1011101)$, 求 $A \times B$

步骤如下： 1001111

$\times 1011101$

1001101

结果： $A \times B = 1001111 \times 1011101 = 1001101$

(3) 逻辑“非”。用于表示逻辑“非”关系的运算，该运算常在逻辑变量上加一横线表示。

逻辑“非”的运算规则： $\bar{1}=0$ $\bar{0}=1$ 即对逻辑位求反。

2.3 不同数制间的转换

不同数制间的转换采用基数乘法

基数乘除方法

假设将十进制数转换为 R 进制数：整数部分和小数部分须分别遵守不同的转换规则：

对整数部分：除以 R 取余法，即整数部分不断除以 R 取余数，直到商为 0 为止，最先得到的余数为最低位，最后得到的余数为最高位。

对小数部分：乘以 R 取整法，即小数部分不断乘以 R 取整数，直到小数为 0 或达到有效精度为止，最先得到的整数为最高位（最靠近小数点），最后得到的整数为最低位。

2.3.1 十进制数转换为二进制数

十进制数转换成二进制数，基数为 2，故对整数部分，除 2 取余，对小数部分乘 2 取整。为了将一个既有整数部分又有小数部分的十进制数转换成二进制数，可以将其整数部分和小数部分分别转换，然后再组合。

例 2.2 将 $(35.25)_{10}$ 转换成二进制数

整数部分：

2	35	取余数	低
2	17	1	
2	8	1	
2	4	0	
2	2	0	
2	1	0	
2	0	1	高

注意：第一次得到的余数是二进制数的最低位，最后一次得到的余数是二进制数的最高位。也可用如下方式计算：

商 :	0	1	2	4	8	17	35	2
余数	1	0	0	0	1	1		

$$(35)_{10} = (10011)_2$$

小数部分:

0.25	取整数	高
$\times 2$		
0.50	0	
$\times 2$		
1.00	1	低

注意: 一个十进制小数不一定能完全准确地转换成二进制小数, 这时可以根据精度要求只转换到小数点后某一位为止即可。将其整数部分和小数部分分别转换, 然后组合起来得

$$(35.25)_{10} = (100011.01)_2$$

2.3.2 十进制数转换为八进制数

八进制数码

八进制数码的基本特征是: 用 8 个不同符号 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 组成的符号串表示数量, 相邻两个符号之间遵循“逢 8 进 1”原则, 也就是说各位上的位权是基数 8 的若干次幂。

例 2.3 将十进制数 $(1725.32)_{10}$ 转换成八进制数 (转换结果取 3 位小数)。

十进制数转换成八进制数, 基数为 8, 故对整数部分, 除 8 取余, 对小数部分乘 8 取整。为了将一个既有整数部分又有小数部分的十进制数转换成八进制数, 可以将其整数部分和小数部分分别转换, 然后再组合。

整数部分:

8	1725	取余数	低
8	215	5	
8	26	7	
8	3	2	
	0	3	高

小数部分:

0.32	取整数	高
$\times 8$		
2.56	2	
$\times 8$		
4.48	4	
$\times 8$		
3.84	3	低

$$\text{得 } (1725.32)_{10} = (3275.243)_8$$