



辽宁省“十二五”普通
高等教育本科省级规划教材

计算机基础与C语言 程序设计(第三版)

- ◆ 计算机系统与工作原理
- ◆ 数制与编码
- ◆ 基本数据类型与常用库函数
- ◆ 运算符与表达式
- ◆ 顺序结构、选择结构与循环结构
- ◆ 数组与指针
- ◆ 函数与编译预处理
- ◆ 结构体、共用体与文件



焉德军 刘明才 主 编
辛慧杰 王 鹏 副主编

高等学校计算机应用规划教材

计算机基础与C语言程序设计

(第三版)

焉德军 刘明才 主 编

辛慧杰 王 鹏 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以全国计算机等级考试二级考试大纲为指导,介绍了二级 C 语言等级考试所要求的全部内容。全书共 11 章,包括计算机基础知识、C 语言概述、基本数据类型与常用库函数、运算符和表达式、C 语言的控制结构、数组、函数、编译预处理、指针、结构体与共用体、文件等内容。

本书例题丰富,与《计算机基础与 C 语言程序设计实验指导(第三版)》一起构成了一套完整的教学用书,既可作为高等学校的教学用书,也可作为报考全国计算机等级考试(NCRE)人员的参考资料。

本书对应的电子课件和习题答案可以通过 <http://tupwk.com.cn> 网站下载。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机基础与 C 语言程序设计 / 焉德军, 刘明才 主编. —3 版. —北京: 清华大学出版社, 2017
(高等学校计算机应用规划教材)

ISBN 978-7-302-47558-3

I. ①计… II. ①焉… ②刘… 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. ①TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 140796 号

责任编辑: 胡辰浩 马玉萍

装帧设计: 孔祥峰

责任校对: 成凤进

责任印制: 杨 艳

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者: 北京富博印刷有限公司

装 订 者: 北京市密云县京文制本装订厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm 印 张: 17.5 字 数: 404 千字

版 次: 2012 年 7 月第 1 版 2017 年 7 月第 3 版 印 次: 2017 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 39.00 元

序

在信息社会里,信息的获取、存储、传输、处理和应用能力越来越成为一种最基本的生存能力,正逐步被社会作为衡量一个人文化素质高低的重要标志。计算机技术成为影响人们生活方式、学习方式和工作方式的重要因素。大学计算机基础课程,作为非计算机专业学生的必修基础课,其教学目标就是为学生提供计算机方面的知识、能力与素质的教育,培养学生掌握一定的计算机基础知识、技术与方法,以及利用计算机解决本专业领域中问题的意识与能力。

多年来,大学计算机基础教学形成了大一上学期讲授大学计算机基础课程、下学期讲授计算机程序设计基础课程的教学模式。目前,绝大多数二本院校依然采取这种教学模式。这种模式在实践中存在如下弊端:

第一,因城乡、地区的差别,新生入学时计算机水平参差不齐,给教学带来很大困难。随着我国中小学信息技术教育的逐步普及,高校新生计算机知识水平的起点也逐年提高。同时,由于我国中学信息科学教育水平的不平衡,来自城市的学生入学时已经具备计算机的基本技能,而来自农村的一些学生,特别是来自西部欠发达地区和少数民族地区的一些学生,入学时才刚刚接触计算机。这种差异使得计算机基础教学的组织与安排非常困难。

第二,学时少、内容多、周期短,并且与专业课学习脱节,严重影响了学生的学习积极性和程序设计思想的培养。在大一上学期讲授大学计算机基础课程时,由于内容宽泛,涉及面广,每堂课要讲授或上机练习的内容又多,计算机基础知识好一点的学生上课不愿意听讲、不屑于练习,而计算机基础知识相对差一点的学生又听不懂,极大地挫伤了学生学习计算机知识的兴趣和积极性。大一下学期讲授计算机程序设计基础课程,由于学时少、周期短,在教学中普遍缺乏利用程序设计解决实际问题 and 专业问题能力的训练,学完计算机程序设计基础课程后,多数学生还不能真正领会计算机的强大功能,不能利用所学的计算机知识解决相关的专业问题。

第三,计算机基础教学与大学生对全国计算机等级考试证书的需求脱节。由于就业的压力,多数二本院校的学生在毕业时迫切需要获得全国计算机二级等级考试证书。但是,在传统的计算机基础教学模式下,学生最快在大二上学期才能参加全国计算机等级考试,一次性过级率相对较低。为在毕业前获得计算机二级证书,一些学生不得不一次又一次地参加校外培训,花费了很多精力。

针对计算机基础教学中存在的问题和不足,2009年,我校对计算机基础教学进行了改革,建立了以学生为本,以就业需求为导向,以实践能力、创新能力和计算机应用能力培养为目标,以大一下学期学生能够顺利参加全国计算机等级考试,提高我校的全国计算机等级考试过级率为“抓手”,适合学生特点和需求、符合教育规律和学生认知心理的计算机基础教学新的教学内容体系和教学模式。

新的教学内容体系和教学模式是：根据不同学科、专业学生的特点和需求，分别开设“C 语言程序设计”、“Visual Basic 程序设计”和“Access 数据库程序设计”课程，并以程序设计课程为主线，以相应的全国计算机二级等级考试大纲为依据，对传统的大学计算机基础教学的两门课程“大学计算机基础”和“C 语言(Visual Basic、Access 数据库)程序设计”的教学内容进行梳理、整合，并将 MATLAB 基础知识和数学建模入门知识纳入计算机基础教学内容体系中来，使之更贴近学生的需求，更符合学生的认知规律，更有利于学生计算机应用能力的培养和信息素养的提高。

1) 新的教学模式将传统的在大一下学期讲授的“C 语言(Visual Basic、Access 数据库)程序设计”课程提前至大一上学期开始，并延伸到大一下学期结束，更符合大学生的认知规律。大一上学期讲完“C 语言(Visual Basic、Access 数据库)程序设计”课程的基本内容，下学期通过参加 3 月下旬的全国计算机等级考试，使学生的程序设计基础知识得到强化；等级考试后，通过综合性、设计性实验，使学生的计算机应用能力得到进一步提高。

2) 将与专业课学习密切相关的计算机软件(MATLAB 软件)纳入大一的计算机基础教学中来，并结合数学建模进行讲解，为学生学习后续专业课程和参加数学建模竞赛奠定了扎实的基础，对学生的实践能力、创新能力的培养起到了非常好的作用。

3) 以“案例教学”为主要教学模式，改变了以往 Office 软件的讲法，以毕业论文排版为案例，介绍 Word 高级应用；以成绩统计分析为案例，介绍 Excel 知识；以简历、展板的设计为案例，介绍 PowerPoint 应用，更加贴近学生的就业需求。

4) 改革考核方式，实行阶段性滚动考试，加强学习过程的监督与考核，极大地提高了学生自主学习的积极性。基于“百科园通用考试平台”开发了 C 语言、VB 程序设计、Access 数据库、Office 应用的题库，为学生自主练习提供了方便，并且为按单元进行的阶段性考试和期末考试提供了重要保障。

以大连民族大学为例，在新制定的培养方案中，非计算机专业的大学计算机基础课程共 5 学分，其中 4 学分为通识教育必修课，1 学分为通识教育选修课。我校的具体做法是：4 学分的必修课在大一下学期 3 月底的全国计算机等级考试前完成，1 学分的选修课主要在大一下学期全国计算机等级考试后完成。具体分 3 个阶段实施。

第一阶段，大一上学期，3.5 学分，68 学时，其中理论课教学 32 学时，上机实验课教学 36 学时。根据不同的专业，分别开设“C 语言程序设计”、“Visual Basic 程序设计”和“Access 数据库程序设计”课程，并结合相应程序设计课程的需要，完成新生入学的计算机入门教育，使学生尽快了解计算机基本原理，熟悉计算机的基本操作；完成对全国计算机二级等级考试大纲所要求的计算机程序设计主要内容的学习。

第二阶段，大一下学期前 4 周，0.5 学分，12 学时的上机实验课教学。针对 3 月底的全国计算机二级等级考试，进行辅导和上机强化训练。

第三阶段，大一下学期全国计算机等级考试后，1 学分，24 学时的上机实验课教学。共两部分内容：一是进行计算机程序设计课程的综合性、设计性实验，进一步提高学生的计算机程序设计能力和计算机应用能力；二是应用软件选讲，提高学生使用软件解决实际问题和专业问题的能力。通过开设不同的模块课程，使学生可以根据自己的专业需求、兴

兴趣爱好和个人能力等具体情况选修相应的课程,达到考核要求即可获得相应的学分。在这里可供学生选修的课程有:“办公自动化应用”、“网络工程师培训”、“Flash 动画设计与制作”、“Excel VBA 数据处理技术”、“图形图像处理”、“Office 2010 应用”、“计算机组装、维护与应用软件实训”、“音频视频处理”、“Visio 图形化设计”和“MATLAB 基础与应用技术”等。

多年的教学实践使我们体会到,新的教学内容体系和教学模式至少有以下 4 点好处:

第一,拉长了大学计算机程序设计基础课程的学习周期,由原来的一个学期变为现在的两个学期,分 3 个阶段实施,符合学生的认知规律,并且对培养学生的编程思想和利用计算机解决实际问题的能力非常有益。

第二,将获得全国计算机二级等级考试证书作为新生入学的第一个阶段性目标,可以使学生尽快摆脱刚入大学时的“迷茫”状态,有利于优良学风的建设。

第三,满足了学生对全国计算机二级等级证书的需求,增加了学生将来就业的筹码。

第四,提高了学生的素质,增强了学生的自主学习能力和利用软件解决实际问题的能力。

为了配合计算机基础教学改革,满足教学用书的基本需求,2010 年 5 月,我们成立了教材编写委员会,着手进行系列教材的编写工作。共编写主辅教材 6 本,分别是《计算机基础与 C 语言程序设计》和《计算机基础与 C 语言程序设计实验指导》、《计算机基础与 Visual Basic 程序设计》和《计算机基础与 Visual Basic 程序设计实验指导》、《计算机基础与 Access 数据库程序设计》和《计算机基础与 Access 数据库程序设计实验指导》。2012 年 7 月该套教材由清华大学出版社出版。

《计算机基础与 C 语言(Visual Basic、Access 数据库)程序设计》教材包括:计算机入门基础知识,全国计算机二级等级考试大纲所要求的程序设计相关内容。

《计算机基础与 C 语言(Visual Basic、Access 数据库)程序设计实验指导》辅助教材包括:《计算机基础与 C 语言(Visual Basic、Access 数据库)程序设计》习题解答、实验指导、全国计算机二级等级考试介绍(包括大纲、公共基础知识的相关内容以及模拟试题)以及应用软件选讲(包括 Office 的高级应用和 MATLAB 软件简介)。

教材是体现教学内容和教学方法的知识载体,是进行教学的基本工具,是深化教育教学改革、全面推进素质教育、培养创新人才的重要保证。教材建设是提高教学质量的基础性工作,要为学生知识、能力、素质的协调发展创造条件。该套教材的使用,对我校全国计算机等级考试过级率的提高起到了至关重要的作用。与改革前相比,我校的全国计算机等级考试过级率提高了 20%。2012 级同学在 2013 年 3 月首次参加全国计算机等级考试,过级率为 52.4%,创历史最好成绩。该套教材是 2013 年辽宁省教学成果二等奖“以就业需求为导向计算机应用能力培养为目标的计算机基础教学新模式”的主要成果之一,其中,《计算机基础与 C 语言程序设计》和《计算机基础与 C 语言程序设计实验指导》2014 年被评为辽宁省第二批“十二五”普通高等教育本科省级规划教材。

有关我校的计算机基础教学改革:2009 年 10 月,获得辽宁省教育教学改革项目立项;2010 年 1 月,在首届全国民族院校计算机基础课程教学研讨会上,我校做了“基于应用型

人才培养的计算机基础教学课程体系及教学内容的探讨”的主题报告，初步介绍了计算机基础教学改革思路与设想，得到与会代表的热烈反响；2011 年 7 月，在辽宁省计算机基础学会年会上，我校做了“基于能力培养与等级考试需求的计算机基础教学改革”的主题发言，得到与会同行们的充分肯定和兄弟院校的广泛关注；2011 年 11 月，获得国家民族事务委员会本科教学改革与质量建设研究项目立项；2012 年 10 月，在全国高等院校计算机基础教学研究学会学术年会上，发表了“新形势下的计算机基础教学改革实践——以大连民族学院为例”的学术论文，全面介绍了我校的计算机基础教学改革，获得优秀论文二等奖；2013 年 6 月，在国家民族事务委员会 2013 年民族院校教学观摩会上，我校做了计算机基础课教学改革的经验介绍，并于同年获得辽宁省教学成果二等奖。

该套教材在第二版的基础上进行了修订，将主教材中有关全国计算机二级等级考试公共基础知识所要求的相关内容移到相应的辅助教材中，并删除辅助教材中有关 Office 高级应用的部分(该内容已另外出版了一套教材)，使得教材结构更加合理。该套教材适合作为高等院校的计算机基础教学用书，也可作为学生自学计算机基础知识和相关程序设计基础知识，准备全国计算机二级等级考试的参考用书。

为了继续做好计算机基础教学的改革工作，我们热忱欢迎专家、同行以及广大读者多提宝贵意见！

焉德军

2017 年 3 月

前 言

C 语言是一种非常优秀的程序设计语言，它既具备高级语言的特点，又具有直接操纵计算机硬件的能力，并因其丰富灵活的控制性和数据结构、简洁而高效的语句表达、清晰的程序结构和良好的可移植性而拥有大量的使用者。目前，国内几乎所有的高等院校都开设了“C 语言程序设计”课程。人们对计算机知识的需求使得 C 语言不仅成为计算机专业学生的必修课，也成为广大非计算机专业学生和计算机爱好者首选的程序设计语言，而且全国计算机等级考试也将 C 语言列为重要的考试内容之一。

本书面向程序设计新手，在编写过程中，作者力求使本教材体现如下特点：

(1) 对 C 语言中的重点、难点进行分解，将重点、难点分散编排，使学生的学习过程中循序渐进。

(2) 对 C 语言中生僻、不常用的内容不做过多描述；对在实践中使用较多、需要牢固掌握的内容进行详细叙述，并给出大量的示例。

(3) 本书在介绍 C 语言基本知识的同时，还强调读者编程风格的形成，有意识地训练读者逐步养成一个良好的程序编写习惯和程序设计风格。

(4) 本书所有示例均在 Visual C++ 6.0 环境下调试通过，也能在 Turbo C 2.0 环境下运行。

全书共 11 章。第 1 章介绍计算机系统与工作原理、数制与编码；第 2 章介绍 C 程序的基本构成和简单的 C 程序示例；第 3 章介绍基本数据类型、常用输入与输出函数；第 4 章介绍各种运算符和表达式；第 5 章介绍 C 语言的控制结构(顺序结构、选择结构、循环结构)；第 6 章介绍数组的使用及常用字符串处理函数；第 7 章介绍函数的使用及变量的存储类别；第 8 章介绍编译预处理命令；第 9 章介绍指针的使用方法；第 10 章介绍结构体和共用体的使用、链表及其操作；第 11 章介绍文件的类型和操作。其中，第 1 章由辛慧杰编写，第 2~6 章由焉德军编写，第 7~10 章由刘明才编写，第 11 章由王鹏编写。

为了方便学习和加强实验教学，同时编写了该书的配套用书《计算机基础与 C 语言程序设计实验指导(第三版)》。

本书作者长期从事高等学校“大学计算机基础”和“C 语言程序设计”课程的教学工作，在总结多年的教学经验和教改实践的基础上，编写了本套教材。由于作者水平有限，书中难免存在错误与不足，恳请读者批评指正。我们的信箱是 huchenhao@263.net，电话是 010-62796045。

本书的电子课件和习题答案可以通过 <http://www.tupwk.com.cn> 网站下载。

编 者

2017 年 3 月

目 录

第 1 章 计算机基础知识	1
1.1 计算机系统与工作原理	1
1.1.1 计算机系统的组成	1
1.1.2 计算机硬件系统	2
1.1.3 计算机软件系统	4
1.1.4 计算机的工作原理	6
1.2 数制与编码	7
1.2.1 数制的基本概念	7
1.2.2 常用的数制	8
1.2.3 数制间的转换	12
1.2.4 数据在计算机中的 表示方式	14
1.2.5 字符编码	17
1.2.6 汉字编码	19
1.2.7 存储单位	22
1.3 个人计算机的基本配置及 性能指标	24
1.3.1 硬件	24
1.3.2 操作系统	26
1.4 习题	27
一、选择题	27
二、填空题	29
第 2 章 C 语言概述	30
2.1 C 语言的发展历史	30
2.2 C 语言的特点	31
2.3 C 语言程序设计初步	32
2.3.1 简单的 C 程序示例	32
2.3.2 C 程序结构	34
2.4 C 程序在计算机上的 执行步骤	35

2.5 习题	36
一、选择题	36
二、填空题	37
三、编程题	37
第 3 章 基本数据类型与常用库函数	38
3.1 字符集与标识符	38
3.2 数据类型与基本数据类型	39
3.2.1 数据类型	39
3.2.2 基本数据类型	40
3.3 常量与变量	41
3.3.1 常量	41
3.3.2 符号常量	43
3.3.3 变量	44
3.4 输入/输出函数	45
3.4.1 字符输入/输出函数	45
3.4.2 格式输出函数 printf	46
3.4.3 格式输入函数 scanf	49
3.5 常用库函数	51
3.6 习题	52
一、选择题	52
二、填空题	54
三、编程题	55
第 4 章 运算符和表达式	56
4.1 算术运算符和算术表达式	56
4.2 自增、自减运算	59
4.3 位运算	59
4.4 赋值运算	63
4.5 关系运算与逻辑运算	64
4.5.1 关系运算	65
4.5.2 逻辑运算	66

4.6 条件表达式与逗号表达式	67	6.2.1 二维数组的定义	107
4.6.1 条件表达式	67	6.2.2 二维数组的存储形式	107
4.6.2 逗号表达式	69	6.2.3 二维数组的初始化	108
4.7 习题	69	6.2.4 二维数组的引用	108
一、选择题	69	6.2.5 二维数组应用举例	109
二、填空题	70	6.3 字符数组	111
三、编程题	71	6.3.1 字符数组的定义	111
第 5 章 C 语言的控制结构	72	6.3.2 字符数组的初始化	112
5.1 算法与程序	72	6.3.3 字符数组的输入和输出	113
5.1.1 算法	72	6.3.4 常用字符串处理函数	114
5.1.2 程序	73	6.3.5 二维字符数组	117
5.2 顺序结构	74	6.3.6 字符串应用举例	118
5.3 选择结构	75	6.4 习题	120
5.3.1 if 语句	75	一、选择题	120
5.3.2 switch 语句	80	二、填空题	121
5.4 循环结构	85	三、编程题	122
5.4.1 while 语句	85	第 7 章 函数	123
5.4.2 do-while 语句	86	7.1 函数定义和函数调用	123
5.4.3 for 语句	88	7.1.1 函数定义	123
5.4.4 break 语句	90	7.1.2 return 语句	126
5.4.5 continue 语句	91	7.1.3 函数调用	126
5.4.6 单重循环程序举例	92	7.1.4 函数声明	127
5.4.7 多重循环结构	94	7.1.5 函数间的参数传递	129
5.5 习题	97	7.2 函数的嵌套调用和递归调用	131
一、选择题	97	7.2.1 函数的嵌套调用	131
二、填空题	99	7.2.2 函数的递归调用	132
三、编程题	99	7.3 局部变量和全局变量	135
第 6 章 数组	101	7.3.1 局部变量	135
6.1 一维数组	101	7.3.2 全局变量	136
6.1.1 一维数组的定义	101	7.4 变量的存储类别	139
6.1.2 一维数组的存储形式	102	7.4.1 auto(自动)变量	139
6.1.3 一维数组的初始化	102	7.4.2 static(静态)变量	140
6.1.4 一维数组的引用	103	7.4.3 register(寄存器)变量	141
6.1.5 一维数组的应用举例	103	7.5 内部函数和外部函数	141
6.2 二维数组	107	7.6 习题	142
		一、选择题	142

二、填空题	145	9.6.1 指针数组的概念	181
三、编程题	146	9.6.2 多级指针的概念	183
第 8 章 编译预处理	148	9.7 习题	184
8.1 宏定义	148	一、选择题	184
8.1.1 不带参数的宏定义	148	二、填空题	186
8.1.2 带参数的宏定义	149	三、编程题(要求用指针完成)	188
8.1.3 终止宏定义	151	第 10 章 结构体与共用体	190
8.2 文件包含	151	10.1 结构体类型的定义	190
8.3 条件编译	153	10.2 结构体类型变量	191
8.4 习题	154	10.2.1 结构体类型变量的定义	191
一、选择题	154	10.2.2 结构体变量所占的 内存空间	193
二、填空题	156	10.2.3 结构体变量的引用	195
三、编程题	156	10.3 结构体数组	197
第 9 章 指针	157	10.3.1 结构体数组的定义与 初始化	197
9.1 指针概述	157	10.3.2 结构体数组的引用	198
9.1.1 指针的概念	157	10.4 结构体和指针	199
9.1.2 指针变量	158	10.5 结构体和函数	201
9.1.3 指针运算	160	10.5.1 结构体作函数参数	201
9.1.4 指针作为函数的参数	161	10.5.2 返回结构体的函数	204
9.2 指针与一维数组	163	10.6 链表	206
9.2.1 一维数组元素的表示	164	10.6.1 简单链表	206
9.2.2 数组名作为函数的参数	166	10.6.2 处理动态链表所需的 库函数	208
9.3 指针与二维数组	169	10.6.3 单向链表的基本操作	209
9.3.1 二维数组中的指针	169	10.7 共用体	218
9.3.2 指向二维数组元素的指针 变量	171	10.8 枚举	219
9.3.3 二维数组的行指针作函数 参数	173	10.9 用 typedef 定义类型	221
9.4 指针与字符串	176	10.10 习题	223
9.4.1 字符串的表示形式	176	一、选择题	223
9.4.2 字符串指针作函数参数	177	二、填空题	225
9.5 指针与函数	179	三、编程题	227
9.5.1 指向函数的指针	179	第 11 章 文件	228
9.5.2 返回指针的函数	180	11.1 文件的基本概念	228
9.6 指针数组与多级指针	181		

11.2 文件的打开与关闭	229	11.4.2 文件的随机读写	240
11.2.1 文件类型指针	229	11.5 综合应用实例——学生成绩 管理程序	241
11.2.2 文件的打开	229	11.6 习题	256
11.2.3 文件的关闭	231	一、选择题	256
11.3 文件的读写	231	二、填空题	258
11.3.1 字符读写函数 fgetc 和 fputc	231	三、编程题	258
11.3.2 字符串读写函数 fgets 和 fputs	234	附录 A C 语言中的关键字	259
11.3.3 数据块读写函数 fread 和 fwrite	235	附录 B 字符与 ASCII 码对照表	260
11.3.4 格式化读写函数 fscanff 和 fprintf	237	附录 C 运算符的优先级与结合性	261
11.4 文件的随机读写	239	附录 D 常用库函数	262
11.4.1 文件定位	239	参考文献	268

第1章 计算机基础知识

20 世纪 40 年代诞生的电子数字计算机是 20 世纪最伟大的发明之一，是人类科学技术发展史中的一个里程碑。半个多世纪以来，计算机科学技术飞速发展，计算机的性能越来越卓越、价格越来越便宜、应用越来越广泛。时至今日，计算机已经广泛地应用于国民经济以及社会生活的各个领域，特别是因特网技术的发展和智能手机的普及，极大地改变了人们的生活方式，对人们的生产生活产生越来越大的影响。计算机科学技术的发展水平、计算机的应用程度已经成为衡量一个国家现代化水平的重要标志。

本章介绍计算机的基础知识，包括计算机系统的组成与工作原理、数据在计算机中的表示，个人计算机的基本配置及性能指标。

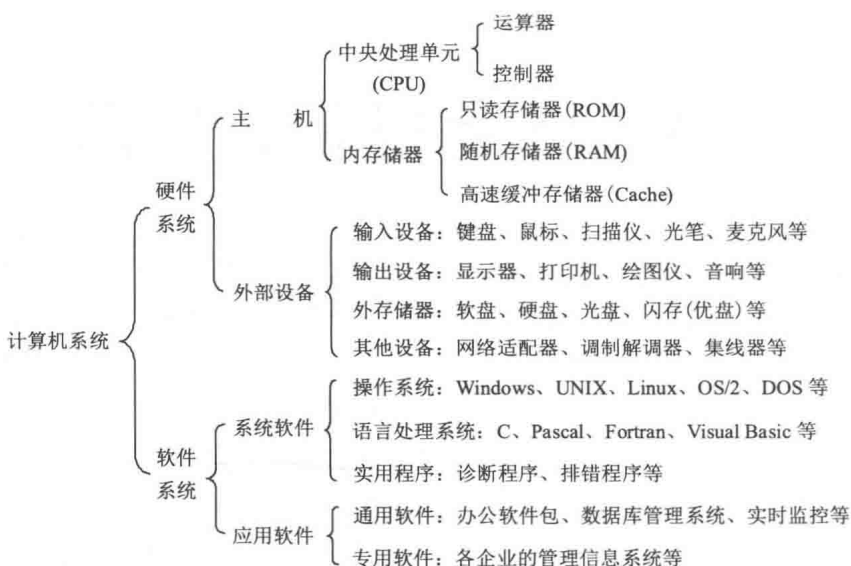
1.1 计算机系统与工作原理

计算机在诞生的初期主要被用来进行科学计算，因此被称为“计算机”。然而，现在计算机的处理对象已经远远超过了“计算”这个范围，它可以对数字、文字、声音以及图像等各种形式的数据进行处理。实际上，计算机是一种能够按照事先存储的程序，自动、高速地对数据进行输入、处理、输出和存储的系统。本节介绍计算机系统的组成和工作原理。

1.1.1 计算机系统的组成

一个完整的计算机系统包括硬件系统和软件系统两部分，如图 1-1 所示。硬件是指肉眼看得见的机器部件，它就像是计算机的“躯体”。通常所看到的计算机会有一个机箱，里边是各式各样的电子元件，机箱外部还有键盘、鼠标、显示器和打印机等，它们是计算机工作的物质基础。不同种类计算机的硬件组成各不相同，但无论什么类型的计算机，都可以将其硬件划分为功能相近的几大部分。软件则像是计算机的“灵魂”，它是程序、数据及相关文档的总称。程序是由一系列指令组成的，每条指令都能指挥机器完成相应的操作。当程序执行时，其中的各条指令就依次发挥作用，指挥机器按指定顺序完成特定任务，把执行结果按照各种格式输出。

计算机系统是一个整体，既包括硬件也包括软件，两者缺一不可。计算机如果没有软件的支持，也就是在没有装入任何程序之前，被称为“裸机”，裸机是无法完成任何处理任务的。反之，若没有硬件设备的支持，单靠软件本身，软件也就失去了其发挥作用的物质基础。计算机系统的软、硬件系统相辅相成，共同完成任务。



1.1.2 计算机硬件系统

计算机硬件(Computer Hardware)或称硬件平台,是指计算机系统所包含的各种机械的、电子的、磁性的装置和设备。每个功能部件各尽其职、协调工作,缺少其中任何一个就不能构成完整的计算机系统。

计算机处理存储的数据。可以说,存储和处理是一个整体:存储是为了处理,处理需要存储。“存储和处理的整体性”的最初表达是美国普林斯顿大学的冯·诺依曼于 1946 年提出的计算机体系结构思想,一般称为“存储程序思想”。计算机从 1946 年问世至今都是以这种思想为基本依据的。它的主要特点可归结为以下 3 点。

(1) 计算机由 5 个基本部分组成: 运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。

(2) 程序和数据存放在存储器中并按地址访问。

(3) 程序和数据用二进制表示,与十进制相比,实现二进制运算的结构简单,容易控制。

如今,半个多世纪过去了,计算机的系统结构已发生了很大改变,就其结构原理来说,仍然是冯·诺依曼型计算机,其结构如图 1-2 所示,图中实线为数据流,虚线为控制流。

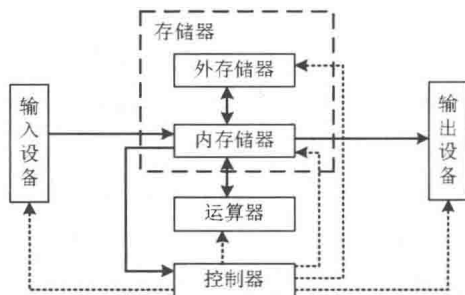


图 1-2 冯·诺依曼计算机结构

硬件是计算机系统的物质基础。计算机的性能,如运算速度、存储容量、计算精度、可靠性等很大程度上取决于硬件的配置。下面简单介绍计算机的5个基本组成部分。

1. 运算器

计算机最主要的工作是运算,大量的数据运算任务是在运算器中进行的。

运算器由算术逻辑单元(Arithmetic Logic Unit,简称ALU)、寄存器等组成。算术逻辑单元的主要功能是进行算术运算和逻辑运算。算术运算是指加、减、乘、除等基本运算,逻辑运算是指逻辑判断、关系比较以及与、或、非等其他的基本逻辑运算。但不管是算术运算还是逻辑运算,都只是基本运算。也就是说,运算器只能做这些最简单的运算,复杂的计算都要通过基本运算一步步实现。然而,运算器的运算速度却快得惊人,因而计算机才有高速的信息处理功能。运算器中的寄存器用来暂存参与运算的操作数和中间结果,常用的寄存器有累加寄存器、暂存寄存器、标志寄存器和通用寄存器等。

运算器的主要技术指标是运算速度,其单位是MIPS(百万指令/秒)。由于执行不同的指令所花费的时间不同,因此某一台计算机的运算速度通常是按照一定的频度执行各类指令的统计值。微型计算机一般采用主频来描述运算速度,主频越高,运算速度就越快。目前,个人计算机的运算速度已达每秒数十亿次,而超级计算机的运算速度通常则以万亿次计算,例如我国自行研制的超级计算机“天河一号”,其系统峰值性能为每秒1206万亿次双精度浮点运算。

2. 控制器

控制器是计算机的神经中枢和指挥中心,只有在它的控制之下整个计算机才能有条不紊地工作,自动执行程序。控制器的主要特点是采用内存程序控制方式,即在使用计算机时必须预先编写(或由编译程序自动生成)由计算机指令组成的程序并存入内存储器,由控制器依次读取并执行。

控制器由程序计数器(PC)、指令寄存器(IR)、指令译码器(ID)、时序控制电路以及微操作控制电路等组成。其中程序计数器用来对程序中的指令进行计数,使得控制器能够依次读取指令;指令寄存器在指令执行期间暂时保存正在执行的指令;指令译码器用来识别指令的功能,分析指令的操作要求;时序控制电路用来生成时序信号,以协调在指令执行周期内各部件的工作;微操作控制电路用来产生各种控制操作命令。

运算器和控制器合称为中央处理单元(Central Processing Unit,简称CPU)。

3. 存储器

存储器的主要功能是存放程序和数据。使用时,可以从存储器中取出信息,不破坏原有的内容,这种操作称为存储器的读操作;也可以把信息写入存储器,原来的内容被抹掉,这种操作称为存储器的写操作。

存储器分为程序存储区、数据存储区和栈。程序存储区存放程序中的指令,数据存储区存放数据。CPU通过地址总线发出相应的地址,找到存储器中该地址对应的存储单元,然后通过数据总线操作该单元中的数据。

存储器通常分为内存储器 and 外存储器。

(1) 内存储器

内存储器简称内存(又称主存),是计算机中信息交流的中心。用户通过输入设备输入的程序和数据最初被送入内存,控制器执行的指令和运算器处理的数据取自内存,运算的中间结果和最终结果保存在内存中,输出设备输出的信息来自内存,内存中的信息如要长期保存,应送到外存储器中。总之,内存要与计算机的各个部件打交道,进行数据交换。因此,内存的存取速度直接影响计算机的运算速度。

(2) 外存储器

外存储器设置主机外部,简称外存(又称辅存),主要用来长期存放暂时不用的程序和数据。通常外存不和计算机的其他部件直接交换数据,只和内存交换数据,而且不是按单个数据进行存取,而是成批地进行数据交换。

常用的外存是磁盘、磁带和光盘等。

由于外存储器安装在主机外部,因此也可以归属外部设备。

4. 输入设备

输入设备用来接受用户输入的原始数据和程序,并将它们转换为计算机可以识别的形式(二进制代码)存放到内存中。常用的输入设备有键盘、鼠标、扫描仪、光笔、数字化仪和麦克风等。

5. 输出设备

输出设备用于将存放在内存中由计算机处理的结果转换为人们所能接受的形式。常用的输出设备有显示器、打印机、绘图仪和音响等。

1.1.3 计算机软件系统

计算机软件(Computer Software)是相对于硬件而言的,它包括计算机运行所需的各种程序、数据以及相关的技术文档资料。在裸机上只能运行机器语言程序,使用很不方便,效率也低。硬件是软件赖以运行的物质基础,软件是计算机的灵魂,是发挥计算机功能的关键。

通常软件可分为系统软件和应用软件两大类。用户与计算机系统各层次之间的关系如图 1-3 所示。

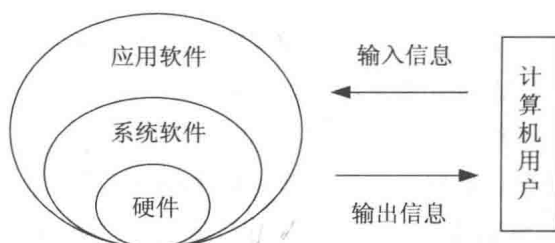


图 1-3 用户与计算机系统各层次之间的关系

1. 系统软件

系统软件是管理、监控和维护计算机资源的软件,用来扩展计算机的功能、提高计算机的工作效率、方便用户使用计算机的软件。它包括操作系统、语言处理系统、数据库管理系统、系统辅助处理程序等。

(1) 操作系统

在计算机软件中,最重要且最基本的就是操作系统(Operating System, 简称 OS)。它是最底层的软件,控制所有在计算机上运行的程序并管理整个计算机的资源,是在计算机裸机与应用程序及用户之间架起的沟通桥梁。没有它,用户就无法自如地应用各种软件或程序。

目前计算机常见的操作系统有 Windows、UNIX、Linux 和 Mac 等。

(2) 语言处理系统

计算机语言大致分为机器语言、汇编语言和高级语言。

① 机器语言: 机器语言是二进制代码表示的指令集合,它是计算机能直接识别和执行的计算机语言。优点是执行效率高、速度快。但其直观性差,可读性不强,给计算机的推广和使用带来了极大的困难。

② 汇编语言: 汇编语言是符号化的机器语言,它用助记符来表示指令中的操作码和操作数。它比机器语言前进了一步,助记符比较容易记忆,可读性也较强,但编制程序的效率不高、难度较大、维护较困难,属于低级语言。

③ 高级语言: 高级语言是接近人类自然语言和数学语言的计算机语言,是第三代计算机语言。高级语言的特点是与计算机的指令系统无关。它从根本上摆脱了语言对机器的依赖,使之独立于机器,面向过程,进而面向用户。由于易学易记、便于书写和维护,提高了程序设计的效率和可靠性。目前广泛使用的高级语言有 Java、C/C++、PHP 和 Python 等。

将计算机不能直接执行的非机器语言编写的程序翻译成能直接执行的机器语言的翻译程序称为语言处理程序。

用汇编语言和高级语言编写的程序称为源程序,计算机不能直接识别和执行。把计算机本身不能直接读懂的源程序翻译成机器能够识别的机器指令代码后,计算机才能执行,这种翻译后的程序称为目标程序。

计算机将源程序翻译成机器指令的方法有两种: 编译方式和解释方式。编译方式与解释方式的工作过程如图 1-4 所示。

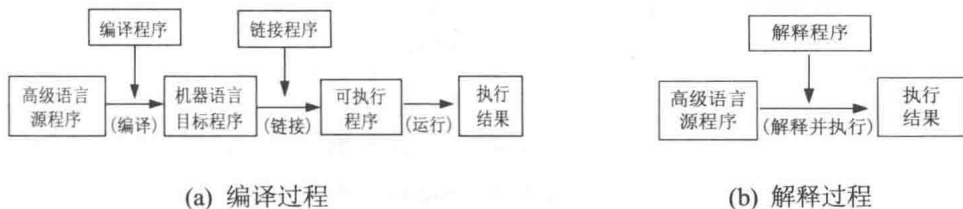


图 1-4 源程序翻译成机器指令的过程

由图 1-4 可以看出,编译方式是把源程序用相应的编译程序翻译成机器语言的目标程