

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:

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:

装 订 者:

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

产品编号:

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”的研究论文，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	2.5 习题	36
1.1 计算机系统与工作原理	1	一、选择题	36
1.1.1 计算机系统的组成	1	二、填空题	37
1.1.2 计算机硬件系统	2	三、编程题	37
1.1.3 计算机软件系统	4	第 3 章 基本数据类型与常用库函数	38
1.1.4 计算机的工作原理	6	3.1 字符集与标识符	38
1.2 数制与编码	7	3.2 数据类型与基本数据类型	39
1.2.1 数制的基本概念	7	3.2.1 数据类型	39
1.2.2 常用的数制	8	3.2.2 基本数据类型	40
1.2.3 数制间的转换	12	3.3 常量与变量	41
1.2.4 数据在计算机中的 表示方式	14	3.3.1 常量	41
1.2.5 字符编码	17	3.3.2 符号常量	43
1.2.6 汉字编码	19	3.3.3 变量	44
1.2.7 存储单位	22	3.4 输入/输出函数	45
1.3 个人计算机的基本配置及 性能指标	24	3.4.1 字符输入/输出函数	45
1.3.1 硬件	24	3.4.2 格式输出函数 printf	46
1.3.2 操作系统	26	3.4.3 格式输入函数 scanf	49
1.4 习题	27	3.5 常用库函数	51
一、选择题	27	3.6 习题	52
二、填空题	29	一、选择题	52
第 2 章 C 语言概述	30	二、填空题	54
2.1 C 语言的发展历史	30	三、编程题	55
2.2 C 语言的特点	31	第 4 章 运算符和表达式	56
2.3 C 语言程序设计初步	32	4.1 算术运算符和算术表达式	56
2.3.1 简单的 C 程序示例	32	4.2 自增、自减运算	59
2.3.2 C 程序结构	34	4.3 位运算	59
2.4 C 程序在计算机上的 执行步骤	35	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	
11.2.2 文件的打开	229	管理程序	241
11.2.3 文件的关闭	231	11.6 习题	256
11.3 文件的读写	231	一、选择题	256
11.3.1 字符读写函数 fgetc 和		二、填空题	258
fputc	231	三、编程题	258
11.3.2 字符串读写函数 fgets 和		附录 A C 语言中的关键字	259
fputs	234	附录 B 字符与 ASCII 码对照表	260
11.3.3 数据块读写函数 fread 和		附录 C 运算符的优先级与结合性	261
fwrite	235	附录 D 常用库函数	262
11.3.4 格式化读写函数 fscanf 和		参考文献	268
fprintf	237		
11.4 文件的随机读写	239		
11.4.1 文件定位	239		

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。

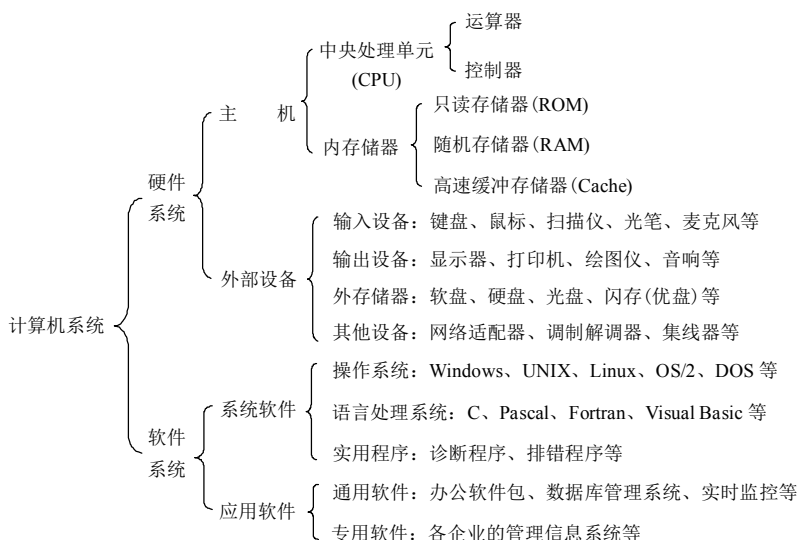


图 1-1 计算机系统的组成结构

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。

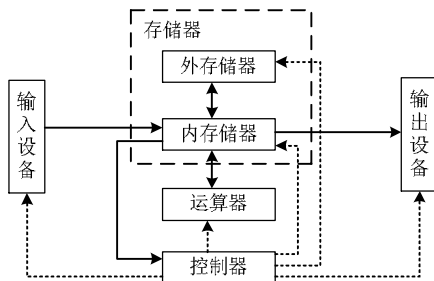


图 1-2 冯·诺依曼计算机结构

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和外存储器。

(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

外存储器设置在主机的外部,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。

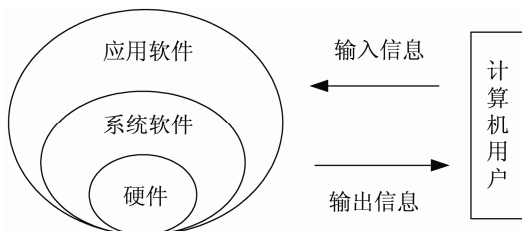


图 1-3 用户与计算机系统各层次之间的关系

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。

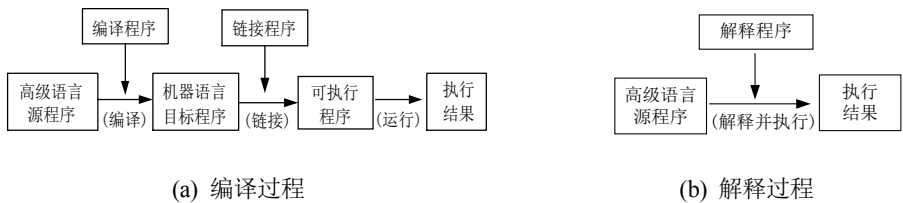


图 1-4 源程序翻译成机器指令的过程

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

序, 然后再链接成可执行程序, 运行可执行程序后得到结果。目标程序和可执行程序都是以文件方式存放在磁盘上, 再次运行该程序, 只需直接运行可执行程序, 不必重新编译和链接。

解释方式就是将源程序输入计算机后, 用该语言的解释程序将其逐条解释, 逐条执行, 执行完后只能得到结果, 而不能保存解释后的机器代码, 下次运行该程序时还要重新解释执行。

(3) 数据库管理系统

数据库管理系统是能够对数据进行加工、管理的系统软件。常见的数据库管理系统有 Visual FoxPro、Oracle、Access 和 SQL Server 等。

(4) 系统辅助处理程序

系统辅助处理程序也称“软件研制开发工具”、“支持软件”或“工具软件”, 主要包括编辑程序、调试程序、装配和连接程序以及测试程序等。

2. 应用软件

应用软件是用户利用计算机及其提供的系统软件, 为解决实际问题所开发的软件的总称。应用软件一般分为两大类: 通用软件和专用软件。

通用软件支持最基本的应用, 如文字处理软件(Word)、表格处理软件(Excel)等。

专用软件是专门为某一专业领域而开发的软件, 如财务管理系统、计算机辅助设计(CAD)软件和本部门的应用数据库管理系统等。

1.1.4 计算机的工作原理

如前所述, 计算机能自动、连续地工作, 主要是因为内存中存储了程序。计算机在执行程序时, 在控制器的控制下, 逐条从内存中取出指令、分析指令、执行指令完成相应的操作。

1. 指令和程序

(1) 指令

计算机指令(instruction)是控制计算机操作的代码, 又称指令码(instruction code)。一条指令就是给计算机下达的一道命令, 它告诉计算机要进行什么样的操作、参与此项操作的数据来自何处、操作结果又将送往哪里。所以, 一条指令包括操作码(operation code)和操作数两部分, 操作码控制执行何种操作; 操作数指出参与操作的数据或数据存放的位置。

通常, 一种计算机能够完成多种操作, 即能执行多条指令, 计算机所能执行的所有指令的集合称为该计算机的指令系统(instruction system)。由于每种计算机硬件结构的不同, 其指令系统也不同。计算机指令系统在很大程度上决定了计算机的处理能力, 是计算机性能的一个重要特征。

(2) 程序

程序就是为完成某项任务而由若干指令组成的有序集合。编写程序称为程序设计。人们通过编写程序,发挥计算机的作用,从而解决工作和生活中的各种问题。那么计算机是怎样执行程序的呢?

2. 指令和程序在计算机中的执行过程

要执行程序,首先将程序和程序所操作的数据放入内存。执行程序就是依次执行组成程序的一条条指令。计算机在执行程序中的每条指令时,先将要执行的指令从内存中取出后放到 CPU 内,然后通过控制器对该指令进行译码分析,判断该指令要完成的操作,随后向相关部件发出完成该指令的控制信号以完成相应的操作。由此可见,计算机执行程序,就是在控制器的控制下,逐条从内存中读取程序中的指令,分析该指令,向相应的部件发出控制信息执行指令,从而实现程序的运行。

1.2 数制与编码

在计算机系统中,数字和符号都是用电子元件的不同状态表示的,即以电信号表示。根据计算机的这一特点,提出这样的问题:数值在计算机中是如何表示和运算的?这就是本节要讨论的“数制”问题。

1.2.1 数制的基本概念

用一组固定的数字(数码符号)和一套统一的规则来表示数值的方法称为数制(number system),也称为计数制。数制的种类很多,除了十进制数,还有二十四进制(24 小时为一天)、六十进制(60 秒为 1 分钟、60 分钟为 1 小时)、二进制(手套、筷子等两只为一双)等。

在计算机系统中采用二进制,主要原因是电路设计简单、运算简单、工作可靠和逻辑性强。

不论是哪一种数制,其计数和运算都有共同的规律和特点。

1. 逢 R 进一

R 是计数制中所需要的数字字符的总个数,称为基数(Radix)。例如,十进制数用 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 这 10 个不同的符号来表示数值。在十进制中基数是 10,表示逢十进一。

2. 位权表示法

位权(也叫权)是指一个数字在某个位置上所代表的值,处在不同位置上的数字所代表的值不同,每个数字的位置决定了它的值或位权。例如,在十进制数 586 中,5 的位权是 100(即 10^2)。

位权与基数的关系是：各进位制中位权的值是基数的若干次幂。因此，用任何一种数制表示的数都可以写成按位权展开的多项式之和。例如，十进制数 256.07 可以用如下形式表示：

$$(256.07)_{10}=2\times 10^2+5\times 10^1+6\times 10^0+0\times 10^{-1}+7\times 10^{-2}$$

位权表示法的原则是数字的总个数等于基数，每个数字都要乘以基数的幂次，而该幂次是由每个数字所在的位置决定的。排列方式是以小数点为界，整数自右向左依次为 0 次方、1 次方、2 次方，以此类推；小数自左向右依次为负 1 次方、负 2 次方，以此类推。

1.2.2 常用的数制

在用计算机实际问题中输入/输出使用的是十进制数，而计算机内部使用的是二进制数。但是在计算机应用中常常根据需要使用十六进制数或八进制数，因为二进制数与十六进制数和八进制数正好有倍数的关系，如 2^3 等于 8、 2^4 等于 16，所以便于在计算机应用中表示。

1. 十进制数(Decimal)

按“逢十进一”的原则进行计数，称为十进制数，即每位计满 10 时向高位进 1。对于任意一个十进制数，可用小数点把数分成整数部分和小数部分。

十进制数的特点是：数字的个数等于基数 10，逢十进一，借一当十；最大数字是 9，最小数字是 0，有 10 个数字字符 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9；在数的表示中，每个数字都要乘以基数 10 的幂次。

例如，在十进制数 436.82 中，小数点左边第一位的 6 代表个位，它的数值为 6×10^0 ；小数点左边第二位的 3 代表十位，它的数值为 3×10^1 ；左边第三位的 4 代表百位，它的数值为 4×10^2 ；小数点右边第一位的值为 8×10^{-1} ；小数点右边第二位的值为 2×10^{-2} 。可见，数码处于不同的位置，代表的数值是不同的。

十进制数的性质是：小数点向右移动一位，数值扩大 10 倍；反之，小数点向左移动一位，数值缩小 10 倍。

2. 二进制数(Binary)

按“逢二进一”的原则进行计数，称为二进制数，即每位计满 2 时向高位进 1。

(1) 二进制数的特点

二进制数的特点是：数字的个数等于基数 2；最大数字是 1，最小数字是 0；即只有两个数字字符 0、1；在数值的表示中，每个数字都要乘以 2 的幂次，这就是每一位的位权。第一位的位权是 2^0 ，第二位是 2^1 ，第三位是 2^2 ，后面依次类推。表 1-1 给出了二进制的位权和十进制数值的对应关系。

表 1-1 二进制的位权与十进制数值的对应关系

二进制位数	7	6	5	4	3	2	1	-1	-2	-3	-4
位权	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}
(十进制表示)	64	32	16	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.0625

任何一个二进制数，都可以表示为：

$$\begin{aligned}(1101.11)_2 &= 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\ &= (13.75)_{10}\end{aligned}$$

二进制数的性质是：小数点向右移动一位，数值就扩大两倍；反之，小数点向左移动一位，数值就缩小一半。例如，把二进制数 110.101 的小数点向右移动一位，变为 1101.01，比原来的数扩大了两倍；把 110.101 的小数点向左移动一位，变为 11.0101，比原来的数缩小了一半。

(2) 二进制算术运算

二进制运算与十进制运算类似，同样可以进行算术运算，其操作简单、直观，更容易实现。

二进制求和法则如下：

$$0+0=0$$

$$0+1=1$$

$$1+0=1$$

$$1+1=10(\text{逢二进一})$$

二进制求差法则如下：

$$0-0=0$$

$$1-0=1$$

$$10-1=1(\text{借一当二})$$

$$1-1=0$$

二进制求积法则如下：

$$0 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

二进制求商法则如下：

$$0 \div 1 = 0$$

$$1 \div 1 = 1$$

例如，在进行两数相加时，首先写出被加数和加数，这种方法曾用来计算两个十进制数的加法。然后按照由低位到高位顺序，根据二进制求和法则把两个数字逐位相加即可。

例 1.1 求 $1101.01+1001.11$ 。

$$\begin{array}{r} \text{解:} \quad 1101.01 \\ + 1001.11 \\ \hline 10111.00 \end{array}$$

计算结果: $1101.01+1001.11=10111.00$

例 1.2 求 $1101.01-1001.11$ 。

$$\begin{array}{r} \text{解:} \quad 1101.01 \\ - 1001.11 \\ \hline 0011.10 \end{array}$$

计算结果: $1101.01-1001.11=11.10$

例 1.3 求 1101×110 。

$$\begin{array}{r} \text{解:} \quad 1101 \\ \times 110 \\ \hline 0000 \\ 1101 \\ 1101 \\ \hline 1001110 \end{array}$$

计算结果: $1101 \times 110 = 1001110$

例 1.4 求 $100111 \div 1101$ 。

$$\begin{array}{r} \text{解:} \quad \quad \quad 11 \\ 1101 \overline{)100111} \\ \quad \quad 1101 \\ \quad \quad \hline \quad \quad 1101 \\ \quad \quad 1101 \\ \quad \quad \hline \quad \quad 0 \end{array}$$

计算结果: $100111 \div 1101 = 11$

3. 八进制数(Octal)

八进制数的进位规则是“逢八进一”，其基数 $R=8$ ，采用的数码是 0、1、2、3、4、5、6、7，每位的位权是 8 的幂次。例如，对于八进制数 376.4 可表示为：

$$\begin{aligned} (376.4)_8 &= 3 \times 8^2 + 7 \times 8^1 + 6 \times 8^0 + 4 \times 8^{-1} \\ &= 3 \times 64 + 7 \times 8 + 6 + 0.5 \\ &= (254.5)_{10} \end{aligned}$$

4. 十六进制数(Hexadecimal)

十六进制数的特点如下：

(1) 采用的 16 个数码为 0、1、2…9、A、B、C、D、E、F。符号 A~F 分别代表十进制数的 10~15。

(2) 进位规则是“逢十六进一”，基数 $R=16$ ，每位的位权是 16 的幂次。例如，对于

十六进制数 3AB.11 可表示为:

$$(3AB.11)_{16}=3\times16^2+10\times16^1+11\times16^0+1\times16^{-1}+1\times16^{-2} \\ \approx (939.0664)_{10}$$

5. 常用数制的对应关系

(1) 常用数制的基数和数制符号

常用数制的基数和数制符号如表 1-2 所示。

表 1-2 常用数制的基数和数制符号

	十进制	二进制	八进制	十六进制
基数	10	2	8	16
数制符号	0~9	0, 1	0~7	0~9, A, B, C, D, E, F

(2) 常用数制的对应关系

常用数制的对应关系如表 1-3 所示。

表 1-3 常用数制的对应关系

十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0	0	0
1	1	1	1
2	10	2	2
3	11	3	3
4	100	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F
16	10000	20	10

1.2.3 数制间的转换

将数由一种数制转换成另一种数制称为数制间的转换。由于计算机采用二进制，而在日常生活中人们习惯使用十进制，因此在计算机进行数据处理时必须把输入的十进制数转换成计算机所能接受的二进制数，计算机运行结束后，再把二进制数转换成人们习惯的十进制数输出。这两个转换过程完全由计算机系统自动完成。

1. 二进制数与十进制数间的转换

(1) 二进制数转换成十进制数

二进制数转换成十进制数，前面已经讲过了，只需将二进制数按位权展开，然后将各项数值按十进制数相加，便可得到等值的十进制数。例如：

$$(10110.11)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (22.75)_{10}$$

同理，若将任意进制数转换为十进制数，只需将数 $(N)_R$ 写成按位权展开的多项式表达式，并按十进制规则进行运算，便可求得相应的十进制数 $(N)_{10}$ 。

(2) 十进制数转换成二进制数

十进制数转换成二进制数需要将整数部分和小数部分分别转换。

① 整数转换

整数转换用除 2 取余法。

例 1.5 将 $(57)_{10}$ 转换为二进制数。

解：设 $(57)_{10} = (a_n a_{n-1} \cdots a_2 a_1 a_0)_2$

用除 2 取余法得：

2	57	余数
2	28	1 = a_0
2	14	0 = a_1
2	7	0 = a_2
2	3	1 = a_3
2	1	1 = a_4
	0	1 = a_5

结果： $(57)_{10} = (111001)_2$

② 小数转换

小数转换用乘二取整法。

例 1.6 将 $(0.834)_{10}$ 转换成二进制小数。

解：设 $(0.834)_{10} = (0.a_{-1}a_{-2}a_{-3} \cdots)_2$

用乘二取整法得：

$$\begin{array}{r}
 0.834 \\
 \times 2 \quad \text{整数} \\
 \hline
 1.668 \quad \cdots \cdots 1 = a_{-1} \\
 0.668 \\
 \times 2 \\
 \hline
 1.336 \quad \cdots \cdots 1 = a_{-2} \\
 0.336 \\
 \times 2 \\
 \hline
 0.672 \quad \cdots \cdots 0 = a_{-3} \\
 \times 2 \\
 \hline
 1.344 \quad \cdots \cdots 1 = a_{-4}
 \end{array}$$

结果: $(0.834)_{10} \approx (0.1101)_2$

由例 1.6 可见, 在小数部分乘 2 取整的过程中, 不一定能使最后的乘积为 0, 因此转换值存在误差。通常在二进制小数的精度已达到预定的要求时, 运算便可结束。

将一个带有整数和小数的十进制数转换成二进制数时, 必须将整数部分和小数部分分别按除 2 取余法和乘 2 取整法进行转换, 然后再将两者的转换结果合并起来即可。

同理, 若将十进制数转换成任意 R 进制数 $(N)_R$, 则整数部分转换采用除 R 取余法; 小数部分转换采用乘 R 取整法。

2. 二进制数与八进制数、十六进制数间的转换

八进制数和十六进制数的基数分别为 $8=2^3$, $16=2^4$, 所以三位二进制数恰好相当于一位八进制数, 四位二进制数相当于一位十六进制数, 它们之间的相互转换是很方便的。

二进制数转换成八进制数的方法是从小数点开始, 分别向左、向右, 将二进制数按每三位一组分组(不足三位的补 0), 然后写出每一组等值的八进制数。

例 1.7 将二进制数 100110110111.00101 转换成八进制数。

解:

$$\begin{array}{ccccccc}
 100 & 110 & 110 & 111 & . & 001 & 010 \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 4 & 6 & 6 & 7 & . & 1 & 2
 \end{array}$$

结果: $(100110110111.00101)_2 = (4667.12)_8$

八进制数转换成二进制数的方法恰好和二进制数转换成八进制数相反, 即从小数点开始分别向左、向右将八进制数的每一位数字转换成三位二进制数。如对例 1.7 按相反的过程转换, 则有:

$$(4667.12)_8 = (100110110111.00101)_2$$

二进制数转换成十六进制数的方法和二进制数与八进制数的转换相似, 从小数点开始分别向左、向右将二进制数按每四位一组分组(不足四位补 0), 然后写出每一组等值的十六进制数。

例 1.8 将二进制数 1111000001011101.0111101 转换成十六进制数。

解:

1111	0000	0101	1101	.	0111	1010
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
F	0	5	D	.	7	A

结果: $(1111000001011101.0111101)_2 = (F05D.7A)_{16}$

类似地, 将十六进制数转换成二进制数, 可按例 1.8 的相反过程操作。

1.2.4 数据在计算机中的表示方式

在计算机中处理的数据可分为数值型和非数值型两类。数值型数据是指数学中的代数值, 具有量的含义, 如 235、-328.45 或 $3/8$ 等; 非数值型数据是指输入到计算机中的所有文本信息, 没有量的含义, 如数字 0~9、大写字母 A~Z 或小写字母 a~z、汉字、图形、声音及一切可印刷的符号+、-、!、#、%等。

由于计算机采用二进制, 所以这些数据信息在计算机内部都必须以二进制编码的形式表示。也就是说, 一切输入到计算机中的数据都是由 0 和 1 两个数字进行组合的。对于数值型数据来说有正有负, 在数学中用符号“+”和“-”表示正数和负数, 但在计算机中数的正、负号也要用 0 和 1 来表示。

1. 带符号数的表示方法

在计算机中, 对有符号的数常用原码、反码和补码 3 种方式表示, 其主要目的是解决减法运算的问题。任何正数的原码、反码和补码的形式都完全相同, 负数则各自有不同的表示形式。

(1) 数的原码表示

正数的符号位用 0 表示, 负数的符号位用 1 表示, 有效值部分用二进制绝对值表示, 这种表示法称为原码。原码对 0 的表示方法不唯一, 即正的 $0(000\cdots 00)$ 和负的 $0(100\cdots 00)$ 。

例如:

$X=+76$; $Y=-76$

则:

$(X)_{\text{原}} =$	0	1001100
$(Y)_{\text{原}} =$	<u>1</u>	<u>1001100</u>
	↑	↑
	符号位	数值

(2) 数的反码表示

正数的反码和原码相同, 负数的反码是对该数的原码除符号位外各位取反, 即“0”变“1”, “1”变“0”。

例如:

$(+76)_{\text{原}} = (+76)_{\text{反}} = 01001100$

$$(-76)_{\text{原}}=11001100$$

$$(-76)_{\text{反}}=10110011$$

可以验证, 任何一个数的反码的反码即是原码本身。

(3) 数的补码表示

正数的补码和原码相同, 负数的补码是其反码加1。

例如:

$$(+76)_{\text{原}}=(+76)_{\text{反}}=(+76)_{\text{补}}=01001100$$

$$(-76)_{\text{原}}=11001100$$

$$(-76)_{\text{反}}=10110011$$

$$(-76)_{\text{补}}=10110100$$

可以验证, 任何一个数的补码的补码即是原码本身。引入补码的概念之后, 减法运算可以用加法来实现。

例如:

$$\begin{aligned} & (1)_{10} - (2)_{10} \\ & = (1)_{10} + (-2)_{10} \\ & = (00000001)_{\text{补}} + (11111110)_{\text{补}} \\ & = (11111111)_{\text{补}} \\ & = (11111110)_{\text{反}} \\ & = (10000001)_{\text{原}} \\ & = (-1)_{10} \end{aligned}$$

结果正确, 所以使用补码可以将减法运算转换为加法运算。补码的设计目的是:

- (1) 使符号位能与有效值部分一起参与运算, 从而简化运算规则。
- (2) 使减法运算转换为加法运算, 进一步简化计算机中运算器的线路设计。

要注意, 所有这些转换都是在计算机的最底层进行的, 而在我们使用的高级语言中使用的都是原码。

2. 定点数与浮点数

数值除了有正、负数外, 还有带小数点的数值。当所要处理的数值含有小数部分时, 计算机还要解决数值中的小数点的表示问题。在计算机中, 通常采用隐含规定小数点的位置来表示有小数点的数。

根据小数点的位置是否固定, 数的表示方法可以分为定点整数、定点小数和浮点数 3 种类型。定点整数和定点小数统称为定点数。

(1) 定点整数

定点整数是指小数点隐含固定在整个数值的最后, 符号位右边的所有位数表示的是一个整数。如果用 4 位表示一个定点整数, 则 0110 表示二进制数“+110”, 即十进制数“+6”。

(2) 定点小数

定点小数是指小数点隐含固定在某一个位置上的小数。通常将小数点固定在最高数据

位的左边。如果用 4 位表示一个定点小数，则 0110 表示二进制数“+0.110”，即十进制数“+0.75”。

由此可见，定点数可以表示纯小数和整数。定点整数和定点小数在计算机中的表示没有什么区别，小数点完全靠事先约定而隐含在不同位置，如图 1-5 所示。

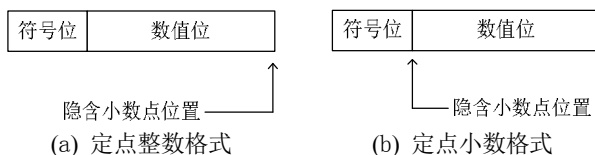


图 1-5 定点数格式

(3) 浮点数

浮点数是指小数点位置可浮动的数据，它既有整数部分又有小数部分，通常以下式表示：

$$N = M \bullet R^E$$

其中， N 为浮点数， M (mantissa) 为尾数， E (exponent) 为阶码， R (radix) 称为“阶的基数(底)”，而且 R 为一常数，一般为 2、8 或 16。在一台计算机中，所有数据的 R 都是相同的，于是不需要在每个数据中表示出来。因此，浮点数的机内表示一般采用以下形式：

M_s	E	M
-------	-----	-----

M_s 是尾数的符号位，通常称为数符，设置在最高位上。

E 为阶码，一般为整数，其中有一位符号位，设置在 E 的最高位上，用来表示正阶或负阶。

M 为尾数，有 m 位， M_s 和 M 组成一个定点小数。 $M_s=0$ 时，表示正号； $M_s=1$ 时，表示负号。为了保证数据精度，尾数通常用规格化形式表示：当 $R=2$ ，且尾数值不为 0 时，其绝对值应大于或等于 $(0.5)_{10}$ ，即小数点后的第一位是 1。对非规格化浮点数，可以通过将尾数左移或右移，并修改阶码值使之满足规格化要求。假设浮点数的尾数为 0.0011，阶码为 0100 (设定 $R=2$)，规格化时，将尾数左移 2 位，而成为 0.1100，阶码减去 $(10)_2$ ，修改为 0010，浮点数的值保持不变。

根据 IEEE754 国际标准，常用的浮点数有如下两种格式：

- (1) 单精度浮点数(32 位)，阶码 8 位，尾数 24 位(内含 1 位符号位)。
- (2) 双精度浮点数(64 位)，阶码 11 位，尾数 53 位(内含 1 位符号位)。

例如，+110110 的数值等于 $2^6 \times 0.11011$ ，阶码为 6，即 +110，尾数为 +0.11011。其单精度浮点数表示形式如图 1-6 所示。

31	30							23	22								0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0		0	
数 符	阶码部分								尾数部分								

图 1-6 浮点数示例

1.2.5 字符编码

计算机是以二进制编码方式组织、存放信息的，信息编码就是指对输入到计算机中的各种数值型和非数值型数据用二进制进行编码的方式。对不同机器、不同类型的数据，其编码方式是不同的，编码的方法很多。为了使信息的表示、交换、存储或加工处理方便，在计算机系统中通常采用统一的编码方式，因此制定了编码的国家标准或国际标准。如：位数不等的二进制码、BCD 码、ASCII 码等。计算机使用这些编码在计算机内部和键盘等终端设备之间以及计算机之间进行信息交换。

在输入过程中，系统自动将用户输入的各种数据按编码的类型转换成相应的二进制形式存入计算机的存储器中。在输出过程中，再由系统自动将二进制编码的数据转换成用户可以识别的数据形式输出给用户。

字符是计算机中使用最多的非数值型数据，是人与计算机进行通信、交互的重要媒介，国际上广泛使用的字符编码有美国信息交换标准码(American Standard Code for Information Interchange，简称 ASCII)、BCD 码和 Unicode 编码。

1. ASCII 码

ASCII 码有 7 位码和 8 位码两种形式。7 位 ASCII 码是用 7 位二进制数进行编码的，所以可以表示 128 个字符。这是因为 1 位二进制数可以表示两种状态，0 或 1($2^1=2$)；两位二进制数可以表示 4 种状态，00、01、10、11($2^2=4$)；依此类推，7 位二进制数可以表示 $2^7=128$ 种状态，每种状态都唯一对应一个 7 位二进制码，这些码可以排列成一个十进制序号 0~127，参见附录 B。

ASCII 码表的 128 个符号是这样分配的：第 0~32 号及 127 号(共 34 个)为控制字符，主要包括换行、回车等功能字符；第 33~126 号(共 94 个)为字符，其中第 48~57 号为 0~9 的 10 个数字符号，65~90 号为 26 个大写英文字母，97~122 号为 26 个小写英文字母，其余为一些标点符号、运算符等。例如，大写字母 A 的 ASCII 码值为 1000001，即十进制数 65，小写字母 a 的 ASCII 码值为 1100001，即十进制数 97。这些字符基本满足了各种程序设计语言、西文文字、常见控制命令等的需要。

为了使用方便，在计算机的存储单元中，一个字符的 ASCII 码占一个字节(8 个二进制位)，其最高位只用作奇偶校验位，如图 1-7 所示。

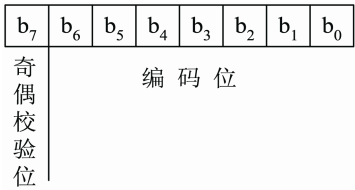


图 1-7 一个字节的 ASCII 码表示

奇偶校验是指在代码传送过程中，用来检验是否出现错误的一种方法。一般分为奇校

验和偶校验两种。奇校验规定，正确的代码一个字节中 1 的个数必须是奇数，若非奇数，则在最高位 b_7 处添 1 来满足；偶校验规定，正确的代码一个字节中 1 的个数必须是偶数，若非偶数，则在最高位 b_7 处添 1 来满足。

例 1.9 将“COME”中的 4 个字符用带奇校验的 ASCII 码存储。

解：先由附录 B 查出十进制 ASCII 码，然后转换成二进制 ASCII 码，再根据奇校验的规定在左面补上奇偶校验位，如表 1-4 所示。

表 1-4 ASCII 码应用示例

字 母	十进制 ASCII 码	二进制 ASCII 码	带奇校验位的 ASCII 码
C	67	1000011	01000011
O	79	1001111	01001111
M	77	1001101	11001101
E	69	1000101	01000101

例 1.10 当 ASCII 码值为“101010”时，问：它是什么字符？当采用偶校验时，奇偶校验位 b_7 等于什么？

解：由于 $(101010)_2 = (42)_{10}$ ，由附录 B 得知所代表的字符为“*”；根据偶校验规则，应使一个字节中 1 的个数为偶数，所以在奇偶校验位添 1，即 $b_7=1$ 。

ASCII 码虽然是最常用的编码，但由于最高位 b_7 用来作为校验位，所以只能表示 128 个不同的字符。如果最高位 b_7 也用来编码，则称为扩展 ASCII 码(即 8 位码)，可用来表示 256 个不同的字符。

目前，还有一种编码在许多环境中都得到了应用，这就是 Unicode 码。Unicode 码使用 16 位二进制进行编码，最多可以表示 65536 个不同的字符。通过把高 8 位置为 0，并保持原来的编码不变，它把 ASCII 码和扩展 ASCII 码也吸收进来。例如，字母“S”的 3 种编码如表 1-5 所示。

表 1-5 字母“S”的 3 种编码

ASCII	扩展 ASCII	Unicode
01010011	01010011	00000000 01010011

2. BCD 码

BCD(Binary Coded Decimal)码是二进制编码的十进制数，有 4 位 BCD 码、6 位 BCD 码和扩展的 BCD 码三种。

(1) 8421 BCD 码

8421 BCD 码是用 4 位二进制数表示一个十进制数字，4 位二进制数从左到右依次为 8、4、2、1，它只能表示十进制数的 0~9 十个字符。为了能对一个多位十进制数进行编码，需要有与十进制数的位数一样多的 4 位组。

(2) 扩展 BCD 码

由于 8421 BCD 码只能表示 10 个十进制数,所以在原来 4 位 BCD 码的基础上又产生了 6 位 BCD 码。它能表示 64 个字符,其中包括 10 个十进制、26 个英文字母和 28 个特殊字符。但在某些场合,还需要区分英文字母的大小写,这就提出了扩展 BCD 码,它是由 8 位组成的,可表示 256 个符号,其名称为 Extended Binary Coded Decimal Interchange Code,缩写为 EBCDIC。EBCDIC 码是常用的编码之一,IBM 及 UNIVAC 计算机均采用这种编码。

1.2.6 汉字编码

ASCII 码只对英文字母、数字和标点符号进行编码。为了在计算机中表示汉字,用计算机处理汉字,同样也需要对汉字进行编码。计算机对汉字信息的处理过程实际上是各种汉字编码间的转换过程。这些编码主要包括:汉字信息交换码、汉字输入码、汉字内码、汉字字形码及汉字地址码等。下面分别对各种汉字编码进行介绍。

1. 汉字信息交换码

汉字信息交换码是用于汉字信息处理系统之间或汉字信息处理系统与通信系统之间进行信息交换的汉字代码,简称交换码,也叫国际码。它是为了使系统、设备之间信息交换时能够采用统一的形式而制定的。

我国 1981 年颁布了国家标准——信息交换用汉字编码字符集(基本集),代号 GB2312_1980,即国际码。了解国际码的下列概念,对使用和研究汉字信息处理系统十分有益。

(1) 常用汉字及其分级

国际码规定了进行一般汉字信息处理时所用的 7445 个字符编码,其中 682 个非汉字图形符号(如序号、数字、罗马数字、英文字母、日文假名、俄文字母、汉语拼音等)和 6763 个汉字的代码。汉字代码中又有一级常用字 3755 个,二级次常用字 3008 个。一级常用汉字按汉语拼音字母顺序排列,二级次常用字按偏旁部首排列,部首依笔画多少排序。

(2) 两个字节存储一个国际码

由于一个字节只能表示 2^8 (256)种编码,显然用一个字节不可能表示汉字的国际码,所以用两个字节来表示。

(3) 国际码的编码范围

为了中英文兼容,国际 GB2312_1980 规定,国际码中所有字符(包括符号和汉字)的每个字节的编码范围与 ASCII 码表中的 94 个字符编码相一致,所以其编码范围是 2121H~7E7EH(共可表示 94×94 个字符)。

(4) 国际码是区位码

类似于 ASCII 码表,国际码也有一张国际码表。简单而言,就是将 7445 个国际码放置在一个 94 行 $\times$ 94 列的阵列中。阵列的每一行称为一个汉字的“区”,用区号表示;每

一列称为一个汉字的“位”，用位号表示。显然，区号范围是 1~94，位号范围也是 1~94。这样，一个汉字在表中的位置可用它所在的区号与位号来确定。一个汉字的区号与位号的组合就是汉字的“区位码”。区位码的形式是高两位为区号，低两位为位号。如“中”字的区位码是 5448，即 54 区 48 位。区位码与每个汉字之间具有一一对应的关系。国际码在区位码表中的安排是：1~15 区是非汉字图形符区；16~55 区是一级常用汉字区；56~87 区是二级次常用汉字区；88~94 区是保留区，可用来存储自造字代码。实际上，区位码也是一种输入法，其最大优点是一字一码的无重码输入法，最大缺点是难以记忆。

2. 汉字输入码

为将汉字输入计算机而编制的代码称作汉字输入码，也叫外码。

目前，汉字主要是经标准键盘输入计算机的，所以汉字输入码都是由键盘上的字符或数字组合而成。例如，用全拼输入法输入“中”字，就要输入字符串 zhong(然后选字)。汉字输入码是根据汉字的发音或字形结构等多种属性及有关规则编制的，目前流行的汉字输入码的编码方案已有许多，如全拼输入法、双拼输入法、自然码输入法、五笔输入法等。可分为音码、形码、音形结合码 3 类。全拼输入法和双拼输入法是根据汉字的发音进行编码的，称为音码；五笔输入法是根据汉字的字形结构进行编码的，称为形码；自然码输入法是以拼音为主，辅以字形字义进行编码的，称为音形结合码。

可以想象，对于同一个汉字，不同的输入法有不同的输入码。例如，“中”字的全拼输入码是 zhong，其双拼输入码是 vs，而五笔输入码是 kh。不管采用何种输入方法，输入汉字都会转换成对应的机内码并存储在介质中。

3. 汉字内码

汉字内码是为在计算机内部对汉字进行存储、处理而设置的汉字编码，它应能满足在计算机内部存储、处理和传输的要求。当一个汉字输入计算机后先转换为内码，然后才能在机器内传输和处理。汉字内码的形式也是多种多样的，目前对应于国际码，一个汉字的内码也用两个字节存储，并把每个字节的最高二进制位置“1”作为汉字内码的标识，以免与单字节的 ASCII 码混淆产生歧义。也就是说，国际码的两个字节每个字节最高位置“1”，即转换为内码。

4. 汉字字形码

目前，汉字信息处理系统中产生汉字字形的方式，大多以点阵的方式形成汉字，汉字字形码也就是指确定一个汉字字形点阵的编码，也叫字模或汉字输出码。

汉字是方块字，将方块等分成有 n 行 n 列的格子，简称点阵。凡笔画所到的格子点为黑点，用二进制“1”表示，否则为白点，用二进制“0”表示。这样一个汉字的字形就可由一串二进制数表示了。例如， 16×16 汉字点阵有 256 个点，需要 256 位二进制位来表示一个汉字的字形码。这样就形成了汉字字形码，亦即汉字点阵的二进制数字化。图 1-8 所示为“中”字的 16×16 点阵字形表示图。

在计算机中，8 个二进制位组成一个字节，它是对存储空间编地址的基本单位。可见

一个 16×16 点阵的字形码需要 $16 \times 16 / 8 = 32\text{B}$ 存储空间；同理 24×24 点阵的字形码需要 $24 \times 24 / 8 = 72\text{B}$ 存储空间。例如，用 16×16 点阵的字形码存储“中国”两个汉字，需占用 $2 \times 16 \times 16 / 8 = 64\text{B}$ 的存储空间。

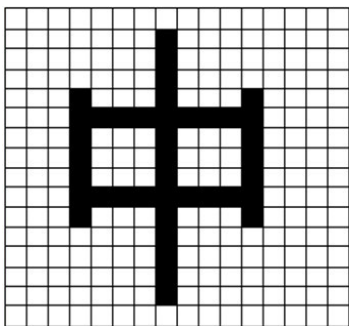


图 1-8 “中”字的 16×16 点阵的字形示意图

显然，点阵中行、列划分越多，字形的质量越好，锯齿现象也就越轻微，但存储汉字字形码所占用的存储空间也就越大。汉字字形通常分为通用型和精密型两类。通用型汉字字形点阵分为如下 3 种：

- (1) 简易型： 16×16 点阵。
- (2) 普通型： 24×24 点阵。
- (3) 提高型： 32×32 点阵。

精密型汉字字形用于常规的印刷排版，由于信息量较大(字形点阵一般在 96×96 点阵以上)，通常都采用信息压缩存储技术。

汉字的点阵字形在汉字输出时要经常使用，所以要把各个汉字的字形码固定地存储起来。存放各个汉字字形码的实体称为汉字库。为满足不同需要，还出现了各种各样的字库，如宋体字库、仿宋体字库、楷体字库、黑体字库和繁体字库等。

汉字的点阵字形的缺点是放大后会出现锯齿现象，很不美观。中文 Windows 中广泛采用了 TrueType 类型的字形码，它采用了数学方法来描述一个汉字的字形码，可以实现无限放大而不产生锯齿的现象。

5. 汉字地址码

汉字地址码是指汉字库(这里主要指字形的点阵式字模库)中存储汉字字形信息的逻辑地址码。汉字库中，字形信息都是按一定顺序(大多数按国际码中汉字的排列顺序)连续存放在存储介质中，所以汉字地址码也大多是连续有序的，而且与汉字内码间有着简单的对应关系，以简化汉字内码到汉字地址码的转换。

6. 各种汉字代码之间的关系

汉字的输入、处理和输出的过程，实际上是汉字的各种编码之间的转换过程，或者说汉字编码在系统有关部件之间传输的过程。图 1-9 所示为这些代码在汉字信息处理系统中的位置及它们之间的关系。

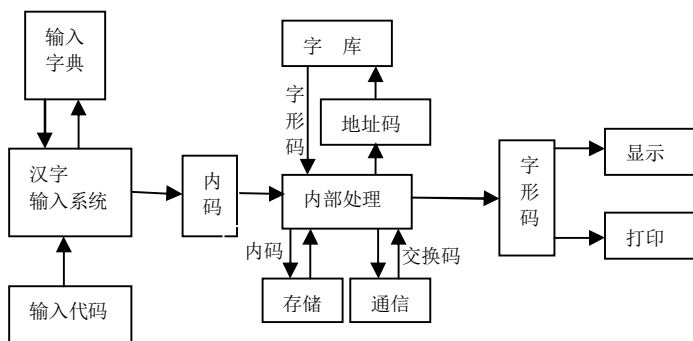


图 1-9 汉字编码在系统有关部件之间传输的过程图

汉字输入码向内码的转换,是通过使用输入字典(或称索引表,即外码与内码的对照表)实现的,一般的系统具有多种输入方法,每种输入方法都有各自的索引表。

在计算机的内部处理过程中,汉字信息的存储和各种必要的加工以及向磁盘存储汉字信息,都是以汉字内码形式进行的。

汉字通信过程中,处理器将汉字内码转换为适合于通信用的交换码(国际码)以实现通信处理。

在汉字的显示和打印输出过程中,处理器根据汉字内码计算出汉字地址码,按地址码从字库中取出汉字字形码,实现汉字的显示或打印输出。

1.2.7 存储单位

各种各样的数据在计算机内都用二进制形式存储,在计算存储空间的大小时,要用到不同的存储单位。

1. 位(bit)

位是计算机的最小存储单位,简称为“b”,表示二进制中的一位。位也称为“比特”,是 bit 的音译。一个二进制位只能表示两种状态,即只能存放二进制数“0”或“1”。

2. 字节(Byte)

字节是计算机的最小存储单元,也是处理数据的基本单位,简称为“B”,表示二进制中的 8 位,即 $1B=8b$ 。字节也称为“拜特”,是 Byte 的音译。

常用的存储单位有:KB、MB、GB、TB。1KB 表示 1K 字节,读作“千字节”,是 2 的 10 次方字节,等于 1024 个字节;相应的 1MB 读作“兆字节”,是 2 的 20 次方字节,等于 1024 KB;1GB 读作“吉字节”或者“千兆字节”,是 2 的 30 次方字节;1TB 读作“太字节”,是 2 的 40 次方字节。

3. 常用单位的前缀

例如，64KB 中的 KB 是 Kilobyte(千字节)的缩写。Kilo 是一种度量前缀，表示 1000。因而，1Kilometer 是 1 千米，1Kilogram 是 1000 克。由于数据在计算机中用二进制形式存储，为了计算的方便，当 K 用在度量存储空间的时候，这里的 1000 仅仅是一个近似值。它的实际值是 2 的 10 次方，等于 1024。

在描述计算机存储容量时，常用的存储单位 KB、MB、GB、TB 的前缀的含义见表 1-6。

表 1-6 计算机存储容量的常用单位

前 缀	前缀的含义	单 位	单位的含义
Kilo-	1000	K	$2^{10}=1024$
Mega-	1000000	M	$2^{20}=1048576$
Giga-	1000000000	G	$2^{30}=1073741824$
Tera-	1000000000000	T	$2^{40}=1099511627776$

下面举例说明常用存储容量的计算方法。

例 1.11 为了满足一台 1024 列、768 行像素的单色显示器存储的需要，需要使用多少字节？

解：可以说它具有 1024 列，每列包含 768 个像素。由于是单色显示器，每个像素需要 1 位存储空间，也就是说，一个字节能存放 8 个像素。所以共需要

$$\frac{1024 \times 768}{8} \text{ 字节} = 98304 \text{ 字节}$$

例 1.12 假设显示屏上的每个像素都要用两个字节来存储，一台 1024 列、768 行像素的显示器需要多少 KB 的存储空间。

解：所需要的存储空间为

$$\frac{1024 \times 768 \times 2}{1024} \text{ KB} = 1536 \text{ KB}$$

例 1.13 计算机动画对计算机存储的需求一直都在增长。有一种格式的计算机动画要把一系列图片存储在计算机中。假设图片显示在屏幕上一个包含 1024 列、768 行像素的长方形矩阵中，而且一个像素需要一个字节的存储空间，要存储一段包含 32 幅图片的动画需要多少存储空间？在求得字节数以后，再把答案转化为 MB。

解：一个图片所包含的像素个数为

$$1024 \times 768 = 2^{10} \times (3 \times 2^8) = 3 \times 2^{18} \text{ (像素)}$$

由于一个像素需要一个字节的存储空间，所以 32 幅图片所需要的字节数为

$$32 \times 3 \times 2^{18} = 3 \times 2^{23} \text{ (字节)}$$

将其转化为 MB，有

$$3 \times 2^{23} \text{B} \times \frac{1 \text{MB}}{2^{20} \text{B}} = 3 \times 2^3 \text{MB} = 24 \text{MB}$$

注意：我们使用 MB 表示 Megabyte(百万字节)的缩写，使用 Mb 表示 Megabit(百万位)。

1.3 个人计算机的基本配置及性能指标

个人计算机是人们日常工作和生活中的重要设备，怎样衡量个人计算机的性能指标是人们所关心的重要问题。

1.3.1 硬件

硬件性能是基础性指标，包括 CPU、内存、硬盘、显示器等核心部件的性能指标。

1. CPU

CPU 是计算机的心脏，其性能好坏对整个计算机的性能起决定作用。CPU 的基本指标包括：

- 时钟频率。计算机的所有操作都是按照严格的时序进行的，时钟相当于操作的节拍，节拍越快，操作越快。目前常见的时钟频率单位是 GHz(1GHz = 1 000 000 000Hz)，频率越高意味着运算速度越快。
- 运算器字长。运算器一次运算可以处理的二进制位数叫字长，字长越大，处理能力越强。目前个人计算机 CPU 典型的字长是 32 位和 64 位。
- 地址总线、数据总线宽度。地址总线宽度是指内存地址空间的二进制位数，典型的宽度是 32 位和 64 位，位数越多，内存空间越大。数据总线宽度是指 CPU 和外部交换数据时一次可以传输二进制数据的位数，位数越大，数据传输效率越高。一般所说的 32 位 CPU 是指字长、地址总线、数据总线宽度都是 32 位的 CPU；64 位 CPU 是指字长、地址总线、数据总线宽度都是 64 位的 CPU。
- 内核数量。CPU 芯片内封装的 CPU 数量。多核处理器一般比单核处理器具有更高的处理能力。

2. 内存

内存是计算机中暂存数据的部件，是计算机各部件的沟通桥梁。内存的基本指标是：

- 容量。内存是以字节为单位的，一个字节包含 8 个二进制位，可以整体读写。内存容量是指内存的字节总数。目前常见的内存容量单位是 GB(1GB=1 000 000 000 字节，实际是 $1024 \times 1024 \times 1024$ 字节)。内存容量越大越好。
- 读写速度。内存的读写速度快，CPU 的处理速度才能充分地发挥出来。目前，主流内存为 DDR SDRAM(Double Data Rate SDRAM)内存，常见的是 DDR3、DDR4 等，

衡量其内存速度的指标是内存主频，单位为 MHz(1MHz = 1 000 000Hz)。内存主频越高越好。

3. 硬盘

硬盘是典型的外存储设备。与内存不同的是，硬盘数据不能直接被 CPU 读写，从硬盘读出的数据首先要保存到内存中，然后才能被应用程序使用。同样，写入硬盘的数据首先必须在内存中准备好，然后才能写入到硬盘中。

硬盘的主要指标包括容量、转速和数据传输速率等。

- 硬盘容量是指硬盘可以存储的字节总数，个人计算机硬盘的容量一般为 1-2TB。
- 转速是指磁盘盘片每分钟旋转的转数。一般而言，转速越高，磁盘的读写速度越高。典型的个人计算机硬盘转速一般为 5400 转或 7200 转。
- 数据传输速率是指硬盘与内存之间的数据交换速率，该速率取决于硬盘接口性能，所以也称为接口传输率。目前流行的硬盘接口类型为 SATA(Serial Advanced Technology Attachment)接口，SATA 2.0 可以达到 3Gb/s(b/s 为每秒比特，近似于一个二进制位)，约为 300MB/s(每秒 300M 字节)，SATA 3.0 则可以达到 6Gb/s，约 600MB/s。

4. 显示器

显示器是个人计算机的典型输出设备。目前流行的显示器是液晶显示器，其主要性能指标包括屏幕尺寸、屏幕比例(宽高比)、分辨率、功耗等。

- 屏幕尺寸是指屏幕显示区域对角线的长度，以英寸为单位，目前，个人计算机显示器的屏幕尺寸大多为 20 英寸左右。
- 屏幕比例是指显示区域的宽度和高度的比值，目前，宽屏显示器屏幕比例一般为 16:9 或 16:10，普通屏显示器的屏幕比例一般为 4:3 或 5:4。
- 分辨率是指屏幕的水平及垂直像素点数，如 1920×1200，1920×1080，1680×1050，1440×900 等。一般尺寸较大的屏幕分辨率也较高。
- 功耗是指显示器消耗的电能。一般为数十瓦左右。

显示器的显示效果与显示卡的性能密切相关。显示卡是个人计算机中处理显示信息的部件，对于图形、高速视频图像处理应用而言，应精心选择显卡及显示器。普通应用对显卡及显示器的要求不高。

5. 其他设备

个人计算机硬件中还包括键盘、鼠标及光盘驱动器等。键盘和鼠标都是个人计算机必需的设备，因其性能对计算机整体性能的影响不大，且价值不高，因此可以忽略。光盘驱动器是可选的设备，在移动存储设备得到普遍应用的情况下，光盘驱动器的作用已越来越弱化。

1.3.2 操作系统

操作系统(Operating System)是一种综合管理和控制计算机运行的计算机程序,只有安装了操作系统,普通用户才能操作和使用计算机。目前,个人计算机操作系统大多采用 Windows 操作系统。本节中仅介绍我们常用的 Windows 操作系统。

购买和安装 Windows 操作系统需要注意 32 位版本和 64 位版本的区别。如果个人计算机 CPU 为 64 位的,应选择安装 64 位版本的 Windows,这样才能充分发挥 CPU 的性能。32 位版本的 Windows 可以访问的实际内存大小约为 3.5GB 左右,即使安装更大的内存,多余的空间也会被白白浪费,根本得不到利用。64 位版本的 Windows 可以访问的实际内存大小在 100GB 以上,足可以满足个人计算机用户的需求。

1. Windows 10

Windows 10 是微软开发的操作系统,2015 年 1 月 22 日,微软正式发布 Windows 10,主推跨平台融合。Windows 10 在推广期是免费安装的,任何正版 Windows 7、Windows 8 用户都可免费升级获得。2015 年 5 月 14 日,微软正式公布 Windows 10 家族阵容,一共包含七大版本,包括:

- 家庭版(Windows 10 Home),主要面向消费者和 PC 用户的电脑系统版本,适合个人或者家庭电脑用户。
- 专业版(Windows 10 Pro),也是主要面向个人电脑用户,并且还面向大屏平板电脑、笔记本、PC 平板二合一变形本等桌面设备。
- 移动版(Windows 10 Mobile)则主要面向小尺寸的触摸设备,主要针对智能手机、小屏平板电脑等移动设备。
- 企业版(Windows 10 Enterprise),在专业版基础上,增加了专门为满足大中型企业的需求而开发的高级功能,适合企业用户。
- 教育版(Windows 10 Education),主要基于企业版进行开发,专门为了符合学校教职工、管理人员、老师和学生的需求。
- 移动企业版(Windows 10 Mobile Enterprise),则主要面向使用智能手机和小尺寸平板的企业用户,提供最佳的操作体验。
- Windows 10 IoT Core,该版本主要面向低成本的物联网设备。

Windows 10 需要的硬件环境为:

- CPU 时钟频率 1GHz 或者更高。
- 内存至少 1GB(32 位)或 2GB(64 位)。
- 硬盘空间至少 16 GB(32 位)或 20GB(64 位)。
- 显卡支持微软 DirectX9 图形设备或更高版本。

2. Windows 8

Windows 8 于北京时间 2012 年 10 月 26 日正式推出,其可选的版本有:

- 标准版, Windows 8 中文版即是标准版。标准版适用于台式机、笔记本电脑和平板电脑, 是普通家庭用户的最佳选择。
- 专业版, 简称 Windows 8 Pro, 是面向专业技术人员及开发者的高级版本。
- 企业版, 是 Windows 8 Enterprise 的批量授权版本, 其功能与专业版相同。
- Windows RT, 是一种专门用途的 Windows 8, 不适合普通用户使用。

Windows 8 需要的硬件环境为:

- CPU 时钟频率: 1 GHz 以上。
- 内存: 至少 1 GB RAM(32 位)或 2 GB RAM(64 位)。
- 硬盘空间: 至少 16 GB(32 位)或 20 GB(64 位)。
- 显卡: 支持 Microsoft DirectX9 图形设备或更高版本。
- 网络及显示器分辨率: 若要访问 Windows 应用商店, 需要有效的 Internet 连接及至少 1024×768 的屏幕分辨率。若要拖曳程序, 屏幕分辨率至少要达到 1366×768 或更高。
- 其他: 若要使用触控, 需要支持多点触控的平板电脑或显示器。

3. Windows 7

目前个人计算机预装的 Windows 一般是 Windows 7, 可选的版本有:

- 家庭普通版, 对应的英文版本是 Starter。
- 家庭高级版, 对应的英文版本是 Home Premium。
- 专业版, 对应的英文版本是 Professional。
- 旗舰版, 对应的英文版本是 Ultimate。

4. Windows Vista

Windows Vista 是 Windows 7 的上一代产品, 目前已停止销售, 微软公司只对现有产品提供技术支持。

Windows Vista 有家庭普通版、家庭高级版、商用版和旗舰版等版本, 功能依次递增。

5. Windows XP

Windows XP 是比 Windows Vista 更早期的产品, 目前已很少见到。与 Windows Vista 相比, Windows XP 是一个较为成功的产品, 其应用普及程度及流行时间都远远高于 Windows Vista。

1.4 习 题

一、选择题

1. 一个完整的计算机系统包括_____两大部分。

- A) 控制器和运算器
C) 硬件和软件
- B) CPU 和 I/O 设备
D) 操作系统和计算机设备
2. 计算机硬件系统包括_____。
- A) 内存储器 and 外部设备
C) 主机和外部设备
- B) 显示器、主机箱、键盘
D) 主机和打印机
3. 计算机软件系统应包括_____。
- A) 操作系统和语言处理系统
C) 程序和数据
- B) 数据库软件和管理软件
D) 系统软件和应用软件
4. 银行的储蓄程序属于_____。
- A) 表格处理软件
C) 应用软件
- B) 系统软件
D) 文字处理软件
5. 系统软件中最重要的是_____。
- A) 解释程序
C) 数据库管理系统
- B) 操作系统
D) 工具软件
6. 计算机能直接执行_____。
- A) 高级语言编写的源程序
C) 英语程序
- B) 机器语言程序
D) 十进制程序
7. 将高级语言翻译成机器语言的方式有两种_____。
- A) 解释和编译
C) 图像处理 and 翻译
- B) 文字处理和图形处理
D) 语音处理和文字编辑
8. “程序存储思想”是_____提出来的。
- A) 丹尼尔·里奇
C) 贝尔
- B) 冯·诺依曼
D) 马丁·理查德
9. $(10110110)_2 + (111101)_2 = (\quad)_2$ 。
- A) 110101
C) 11001100
- B) 11110011
D) 11010111
10. $(10010100)_2 - (100101)_2 = (\quad)_2$ 。
- A) 11110101
C) 1101111
- B) 10010011
D) 1100111
11. $(1101)_2 \times (101)_2 = (\quad)_2$ 。
- A) 1000001
C) 1011100
- B) 1010011
D) 1101111
12. $(10010)_2 \div (11)_2 = (\quad)_2$ 。
- A) 1010
C) 1100
- B) 111
D) 110
13. 将补码转换为十进制数, 即 $(11110110)_{\text{补}} = (\quad)_{10}$ 。
- A) 8
B) -9

1. 计算机由 5 个基本部分组成：运算器、控制器、_____和输出设备。
2. 运算器的主要功能是算术运算和_____。
3. 存储器通常分为内存储器和_____。
4. 计算机能直接识别和执行的计算机语言是_____。
5. 中央处理器是决定计算机性能的核心部件，由_____组成。
6. $(254)_{10} = (\text{_____})_2 = (\text{_____})_8 = (\text{_____})_{16}$ 。
7. $(3.40625)_{10} = (\text{_____})_2 = (\text{_____})_8 = (\text{_____})_{16}$ 。
8. $(125)_{10} = (\text{_____})_{\text{原}} = (\text{_____})_{\text{反}} = (\text{_____})_{\text{补}}$ 。
9. $(-25)_{10} = (\text{_____})_{\text{原}} = (\text{_____})_{\text{反}} = (\text{_____})_{\text{补}}$ 。
10. 十进制数 3527 的 8421 码的表示为_____。
11. 已知字符“a”的 ASCII 码是 97，则字符“f”的 ASCII 码是_____。