



普通高等教育“十二五”规划教材
21世纪面向计算思维基础丛书



大学 计算机基础

DAXUE JISUANJI JICHU

卫春芳 张 威 主编



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材
21 世纪面向计算思维基础丛书

大学计算机基础

卫春芳 张 威 主编

科学出版社

北 京

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

内 容 简 介

本书注重展现计算思维,从计算思维的角度来阐述知识,对计算机基础的教学内容和知识体系进行整合、调整、修改和补充,去掉了常用软件的使用,使本书理论性更强,重点更突出。全书分为7章,包括:计算机基础知识;计算机的组成和工作原理;操作系统基础;程序设计基础知识;多媒体基础;计算机网络基础;数据库应用入门。

本书配有《大学计算机基础实验教程》,供读者学习和实践教学。

本书兼顾计算机基础理论的连贯性和计算机技术的实用性,深入浅出,通俗易懂,是大学计算机通识课教材,也可供有关科研和应用技术工作者及大众学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

大学计算机基础/卫春芳,张威主编. —北京:科学出版社,2013.9

普通高等教育“十二五”规划教材 21世纪面向计算思维基础丛书

ISBN 978-7-03-038653-3

I. ①大… II. ①卫… ②张… III. ①电子计算—高等学校—教材
IV. ①TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 223060 号

责任编辑:王雨舸/责任校对:董艳辉

责任印制:彭超/封面设计:苏波

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

武汉市新华印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

开本:787×1092 1/16

2013年9月第 一 版 印张:15 1/4

2013年9月第1次印刷 字数:381 000

定价:29.80元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

随着计算机科学与信息技术的飞速发展和计算机的普及教育,国内高校的计算机基础教育已踏上了新的台阶,步入了一个新的发展阶段。各专业对学生的计算机应用能力提出了更高的要求。为了适应这种新发展,许多学校修订了计算机基础课程的教学大纲,课程内容不断推陈出新。

2012年5月,教育部高等教育司组织的“大学计算机课程改革研讨会”提出:合理地定位大学计算机教学的内容,形成科学的知识体系、稳定的知识结构,使之成为重要的通识类课程之一,是大学计算机教学改革的重要方向;以计算思维(computational thinking, CT)培养为切入点是今后大学计算机课程深化改革、提高质量的核心任务。多所学校和多位专家围绕这一观点开展了大量的研究和实践工作。

“大学计算机基础”作为高等院校非计算机专业学生的计算机入门课程,在培养学生的计算机知识、素质和应用能力方面具有基础性和先导性的重要作用。本教材在编写时充分考虑了各专业对课程的不同需求、现今社会对人才能力的定位等,对教学内容进行了大的改进,加强了多媒体技术、计算机网络技术和数据库技术等方面的基本内容,使读者在数据处理和多媒体信息处理等方面的能力得到扩展。

本书具有三大特点:一是内容的编排,主要介绍计算机的基本知识、基本概念,不介绍具体的软件使用。针对学生计算机水平起点提高的现状,结合当今最新计算机技术,对计算机基础的教学内容和知识体系进行整合、调整、修改和补充,去掉了常用软件的使用,使本书理论性更强、重点更突出。二是注重展现计算思维,从计算思维的角度来阐述知识,在大学计算机基础教学中灌输计算思维,目的是培养当代大学生用计算机解决和处理问题的思维和能力,提升大学生的综合素质,强化创新实践能力。三是深入浅出,通俗易懂。学生课前、课后要花很多时间阅读教材,如果教材枯燥、无趣,难免拒学生于“千里之外”。本书内容丰富、涉及面广,兼顾计算机基础理论的连贯性和计算机技术的实用性,力求以生活化、实例化和故事化的方式做到浅显易懂、深入浅出、循序渐进。

本书编者是多年从事一线教学的教师,具有丰富的教学经验。在编写过程中,编者将多年教学实践所积累的宝贵经验和体会融入到知识系统中。全书分为7章,主要内容包括:第1章介绍计算机的基本知识、信息在计算机中的表示形式和编码;第2章介绍计算机的组成和工作原理;第3章介绍操作系统基础知识;第4章介绍算法与程序设计基础知识;第5章介绍多媒体的概念、图形图像、声音的数字化文件;第6章介绍计算机网络基础知识、Internet基础知识与应用等;第7章介绍数据库系统基本概念以及Access的SQL查询。

另外,本书配套有《大学计算机基础实验教程》,供读者学习和实践教学。

本书由卫春芳、张威任主编,孙军、邢宏根任副主编。第1、5章由卫春芳编写,第2、6章由张威编写,第3、4章由孙军编写,第7章由邢宏根、朱晓钢编写,最后由卫春芳、朱晓钢通稿、定稿。

因时间仓促,限于编者水平,尽管经过了多次反复修改,但书中仍难免有疏漏和不足之处,在此恳请专家、教师和广大读者批评指正,以便本教材今后的修订。

编 者
2013年6月

目 录

前言

第 1 章 计算机基础知识	1
1.1 计算机的产生与发展	1
1.2 数制及其运算	6
1.3 字符信息在计算机中的表示	17
第 2 章 硬件基础	27
2.1 冯·诺依曼机	27
2.2 计算机系统的基本组成	29
2.3 中央处理器——CPU	38
2.4 存储器	44
2.5 总线	54
2.6 I/O 设备	56
第 3 章 操作系统	65
3.1 操作系统的定义	65
3.2 操作系统的发展历史	66
3.3 操作系统的分类	68
3.4 从资源管理角度,操作系统的功能	70
3.5 从用户角度,操作系统的功能	77
3.6 常用的操作系统	83
第 4 章 算法与程序设计基础	93
4.1 算法基础	93
4.2 程序设计基础	101
4.3 数据结构基础	107
4.4 算法与程序实例	118
4.5 软件开发概述	125

第 5 章 多媒体基础	128
5.1 多媒体技术概述	128
5.2 图形和图像基础	134
5.3 音频信息基础	147
5.4 数字视频信息	157
 第 6 章 计算机网络和 Internet 基础	172
6.1 计算机网络概述	172
6.2 数据通信基础	181
6.3 局域网	184
6.4 Internet 基础	191
6.5 Internet 基本服务功能	204
6.6 Internet 的发展趋势	214
 第 7 章 数据库应用入门	225
7.1 数据库系统基础	225
7.2 结构化查询语言 SQL	234

第 1 章 计算机基础知识

1.1 计算机的产生与发展

1.1.1 早期的计算工具

在漫长的文明发展过程中,人类发明了许多计算工具。早期具有历史意义的计算工具有以下几种:

(1) 算筹。计算工具的源头可以追溯至 2000 多年前,古代中国人发明的算筹是世界上最早的计算工具。

(2) 算盘。中国唐代发明的算盘是世界上第一种手动式计算工具,一直沿用至今。许多人认为算盘是最早的数字计算机,而珠算口诀则是最早的体系化的算法。

(3) 计算尺。1622 年,英国数学家奥特瑞德(William Oughtred)根据对数表设计了计算尺,可执行加、减、乘、除、指数、三角函数等运算,一直沿用到 20 世纪 70 年代才由计算器所取代。

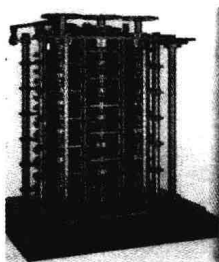
(4) 加法器。1642 年,法国哲学、数学家帕斯卡(Blaise Pascal)发明了世界上第一个加法器,它采用齿轮旋转进位方式执行运算,但只能做加法运算。

(5) 计算器。1673 年,德国数学家莱布尼茨(Cottfried Leibniz)在帕斯卡的发明基础上设计制造了一种能演算加、减、乘、除和开方的计算器。

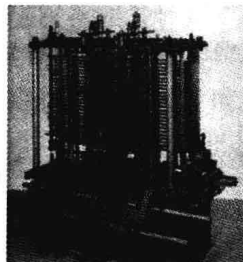
这些早期计算工具都是手动式的或机械式的,今天电子计算机的直系祖先是 19 世纪由英国剑桥大学的查尔斯·巴贝奇(Charles Babbage)教授设计的差分机和分析机,如图 1.1 所示。



(a) 查尔斯·巴贝奇



(b) 差分机



(c) 分析机

图 1.1 查尔斯·巴贝奇以及他的差分机和分析机

1.1.2 近代计算机

1. 差分机和分析机

英国人查尔斯·巴贝奇研制出差分机和分析机为现代计算机设计思想的发展奠定了

基础。1812年,巴贝奇从用差分计算函数表的做法中得到启发,经过10年的努力,设计出一种能进行加减计算并完成数表编制的自动计算装置,他把它称为“差分机”。这台差分机可以处理3个不同的5位数,计算精度达到6位小数,当即就演算出好几种函数表,改进了对数表等数字表的精确度。

1834年,巴贝奇又完成了一项新计算装置的构想,巴贝奇把这种装置命名为“分析机”。巴贝奇的分析机由三部分构成,第一部分是保存数据的齿轮式寄存器,巴贝奇把它称为“堆栈”,它与差分机中的相类似,但运算不在寄存器内进行,而是由新的机构来实现。第二部分是对数据进行各种运算的装置,巴贝奇把它命名为“工场”。为了加快运算速度,他改进了进位装置,使得50位数加50位数的运算可完成于一次转轮之中。第三部分巴贝奇没有为它具体命名,其功能是以杰卡德穿孔卡中的“0”和“1”来控制运算操作的顺序,类似于电脑里的控制器。他甚至还考虑到如何使这台机器依据条件来进行转移处理,比如,第一步运算结果若是“1”,就接着做乘法,若是“0”就进行除法运算。此外,巴贝奇也构思了送入和取出数据的机构,以及在“堆栈”和“工场”之间不断往返运输数据的部件。

分析机的结构及设计思想初步体现了现代计算机的结构及设计思想,可以说是现代通用计算机的雏形。然而,由于缺乏政府和企业的资助,巴贝奇直到逝世,亦未能最终实现他所设计的计算机。

约100年后,美国哈佛大学的霍华德·艾肯(Howard Aiken)博士在图书馆里发现了巴贝奇的论文,并根据当时的科技水平,提出了用机电方式,而不是用纯机械方法来构造新的分析机。艾肯在IBM公司的资助下,于1944年研制成功了被称为计算机“史前史”中最后一台著名的计算机MARK I,将巴贝奇的梦想变成了现实。后来艾肯继续主持MARK II和MARK III等计算机的研制,但它们已经属于电子计算机的范畴。

2. 图灵和图灵机

阿兰·麦席森·图灵(Alan Mathison Turing),1912年生于英国伦敦,是英国著名的数学家和逻辑学家,被称为计算机科学之父、人工智能之父,是计算机逻辑的奠基者,提出了“图灵机”和“图灵测试”等重要概念。

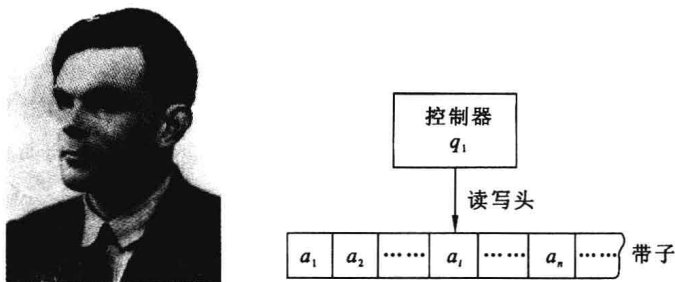


图 1.2 图灵和图灵机

图灵的基本思想是用机器来模拟人们用纸笔进行数学运算的过程,他把这样的过程看成下列两种简单的动作:(a)人在纸上写上或擦除某个符号;(b)把注意力从纸的一个位

置移动到另一个位置。而在每个阶段,人要决定下一步的动作,依赖于:(a)此人当前所关注的纸上某个位置的符号;(b)此人当前思维的状态。

为了模拟人的这种运算过程,图灵构造出一台假想的机器:它有一条无限长的纸带,纸带分成了一个一个小方格,每个方格有不同的颜色。有一个机器头在纸带上移来移去。机器头有一组内部状态,还有一些固定的程序。在每个时刻,机器头都要从当前纸带上读入一个方格信息,然后结合自己的内部状态查找程序表,根据程序输出信息到纸带方格上,并转换自己的内部状态,然后进行移动。

图灵机的概念是现代可计算理论的基础。图灵证明,只有图灵机能解决的计算问题,实际计算机才能解决;如果图灵机不能解决的计算问题,则实际计算机也无法解决。图灵机的能力概括了数字计算机的计算能力。因此,图灵机对计算机的一般结构、可实现性和局限性都产生了深远的影响。

1950年10月,图灵在哲学期刊 *Mind* 上又发表了一篇著名论文 *Computing Machinery and Intelligence*(计算机与智能)。他指出,如果一台机器对于质问的响应与人类做出的响应完全无法区别,那么这台机器就具有智能。今天人们把这个论断称为图灵测试,它奠定了人工智能的理论基础。

为纪念图灵对计算机科学的贡献,美国计算机学会(ACM)于1966年创立了“图灵奖”,每年颁发给在计算机科学领域做出杰出贡献的研究人员,被誉为计算机业界和学术界的诺贝尔奖。

1.1.3 电子计算机的问世

1. 第一台电子计算机

最近的研究表明,电子计算机的雏形应该是由美国爱荷华州立学院(Iowa State College)物理兼数学教授阿坦那索夫(John Vincent Atanasoff)和研究助理贝利(Clifford Berry)发明,第一台完全采用真空管作为存储与运算元件的电脑。这台电脑从1939年开始到1941年制作成功,功能方面只能计算联立方程式。由于是由两人共同完成的发明,因此命名为阿坦那索夫贝利电子计算机(Atanasoff Berry computer),简称ABC。所以,ABC可能更应该被称为世界上第一台电子计算机。

目前,大家公认的第一台电子计算机是在1946年2月由宾夕法尼亚大学研制成功的ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Calculator,电子数字积分计算机),如图1.3所示,由约翰·莫齐利和埃克特构思和设计,为美国陆军的弹道研究实验室所使用,花费了将近50万美元。它的计算速度比机电机器提高了一千倍。这台计算机从1946年2月开始投入使用,到1955年10月最后切断电

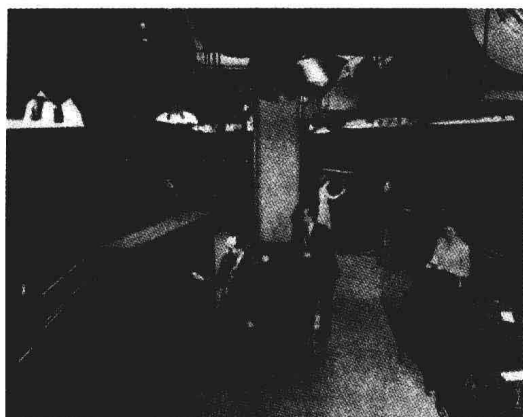


图1.3 ENIAC

源,服役 9 年多。虽然它每秒只能进行 5000 次加、减运算,但它预示了科学家们将从奴隶般的计算中解脱出来。

除了速度之外,ENIAC 最引人注目的就是它的体积和复杂性。ENIAC 包含了 17 468 个真空管、7200 个晶体二极管、1500 个继电器、10 000 个电容器,还有大约五百万个手工焊接头。它的重量达 27 吨(30 英吨),尺寸大约是 $2.4\text{ m} \times 0.9\text{ m} \times 30\text{ m}$ (8 英尺 $\times$ 3 英尺 $\times$ 100 英尺),占地 167 平方米(1800 平方英尺),耗电 150 千瓦(导致有传言说,每当这台计算机启动的时候,费城的灯都变暗了)。ENIAC 输入采用 IBM 的卡片阅读器,打卡器用于输出。至今人们公认,ENIAC 的问世,表明了电子计算机时代的到来,具有划时代意义。但 ENIAC 本身存在两大缺点:一是没有存储器;二是用布线接板进行控制,这严重影响了它的计算速度。

2. 冯·诺依曼体系结构

美籍匈牙利数学家冯·诺依曼(John Von Neumann, 1903~1957, 图 1.4)在 1945 年参与了 ENIAC 研制小组,他在小组共同讨论的基础上,以“关于 ENIAC 的报告草案”为题,起草了长达 101 页的总结报告,报告广泛而具体地介绍了制造电子计算机和程序设计的新思想。



图 1.4 冯·诺依曼

新思想中有对 ENIAC 的两个重大的改进:①采用二进制,不但数据采用二进制,指令也采用二进制;②建立存储程序处理,指令和数据一起放在存储器里。新思想简化了计算机的结构,大大提高了计算机的速度。

他在 1946 年又提出了一个更加完善的设计报告“电子计算机装置逻辑结构初探”,并设计出了第一台“存储程序”计算机 EDVAC(埃德瓦克),即离散变量自动电子计算机(The Electronic Discrete Variable Automatic Computer),这种结构的计算机为现代计算机体系结构奠定了基础,称为“冯·诺依曼体系结构”。

冯·诺依曼理论的主要内容为:

- (1) 计算机由控制器、运算器、存储器、输入设备、输出设备五大部分组成。
- (2) 程序和数据以二进制代码形式不加区别地存放在存储器中,存放位置由地址确定。
- (3) 控制器根据存放在存储器中的指令序列(程序)进行工作,并由一个程序计数器控制指令的执行。控制器具有判断能力,能根据计算结果选择不同的工作流程。

“冯·诺依曼体系结构”的核心就是存储程序原理——指令和数据一起存储,计算机自动地并按顺序从存储器中取出指令一条一条地执行,这个概念被誉为“计算机发展史上的一个里程碑”,它标志着电子计算机时代的真正开始,指导着以后的计算机设计,特别是确定了计算机的结构,就是采用存储程序以及二进制编码等,至今仍为电子计算机设计者所遵循,所以称“冯·诺依曼”为计算机之父。但是,冯·诺依曼自己也承认,他的关于计算机“存储程序”的想法都来自图灵,因此图灵也被称为现代计算机之父。

1.1.4 计算机的发展

从1946年第一台计算机诞生以来,电子计算机已经走过了半个多世纪的历程,计算机的体积不断变小,但性能、速度却在不断提高。根据计算机采用的物理器件,一般将计算机的发展分成4个阶段。

1. 第一代电子计算机(1946~1956年)

第一代计算机是电子管计算机时代。其特征是这一时期的计算机采用电子管作为基本逻辑组件,数据表示主要是定点数,运算速度达到每秒几千次。存储器早期采用水银延迟线,后期采用磁鼓或磁芯。这一时期,计算机软件尚处于初始发展时期,编程语言使用机器语言或汇编语言。第一代计算机由于采用电子管,因而体积大、耗电多、运算速度较低、故障率较高而且价格极贵,主要用于科学研究和计算。

2. 第二代电子计算机(1957~1964年)

第二代计算机是晶体管计算机时代。其特征是这一时期的计算机硬件采用晶体管作为逻辑组件,运算速度提高到每秒几十万次。晶体管与电子管相比,具有功耗少、体积小、质量轻、工作电压低、工作可靠性好等优点,使计算机体积大大缩小,运算速度及可靠性等各项性能大大提高。内存储器采用磁芯存储器,外存开始使用磁盘。这一时期,计算机的软件也有很大发展,操作系统及各种早期的高级语言(FORTRAN, COBOL, ALGOL等)相继投入使用,操作系统的雏形开始形成。计算机的应用已由科学计算扩展到数据处理、过程控制等领域。

3. 第三代电子计算机(1965~1970年)

第三代计算机是集成电路计算机时代。其特征是这一时期的计算机采用集成电路作为逻辑组件,运算速度已达每秒亿次。这一时期的中、小规模集成电路技术,可将数十个、成百个分离的电子组件集中做在一块几平方毫米的硅片上。集成电路比起晶体管体积更小、耗电更省、寿命更长、可靠性更高,这使得第三代计算机的总体性能较之第二代计算机有了大幅度的跃升。计算机的设计出现了标准化、通用化、系列化的局面。半导体存储器取代了沿用多年的磁芯存储器。软件技术也日趋完善,在程序设计技术方面形成了三个独立的系统:操作系统、编译系统和应用程序,计算机得到了更广泛的应用。

4. 第四代电子计算机(1971年以后)

第四代计算机是大规模超大规模集成电路计算机时代。其特征是采用大规模超大规模集成电路作为逻辑组件,计算机向着微型化和巨型化两个方向发展。主存储器为半导体存储器;辅助存储器为磁盘、光盘和U盘等。这个时期计算机软件的配置也空前丰富,操作系统日臻成熟,数据管理系统普遍使用,出现了面向对象的高级语言,是计算机发展最快、技术成果最多、应用空前普及的时期。在运算速度、存储容量、可靠性及性能价格比等诸多方面的性能都是前三代计算机所不能企及的,计算机的发展呈现出多极化、网络

化、多媒体、智能化的发展趋势。

从采用的物理器件来说,目前计算机的发展处于第四代水平,仍然被称为冯·诺依曼计算机,在体系结构方面没有什么大的突破。但人类的追求是无止境的,一刻也没有停止过研究更好、更快、功能更强的计算机。从目前的研究情况看,未来新型计算机将可能在下列几个方面取得革命性的突破。

(1) 光计算机:是由光代替电子或电流,实现高速处理大容量信息的计算机,具有超强的并行处理能力和超高速的运算速度,是现代计算机望尘莫及的。目前光计算机的许多关键技术,如光存储技术、光存储器、光电子集成电路等都已取得重大突破。

(2) 生物计算机:采用由生物工程技术产生的蛋白质分子构成的生物芯片,在这种芯片中,信息以波的形式传播,运算速度比当今最新一代计算机快 10 万倍,能量消耗仅相当于普通计算机的十万分之一,并且拥有巨大的存储能力。

(3) 量子计算机:利用处于多现实态下的量子进行运算的计算机。刚进入 21 世纪之际,人类在研制量子计算机的道路上取得了新的突破,美国的研究人员已经成功地实现了 4 量子位逻辑门,取得了 4 个锂离子的量子缠结状态。

1.2 数制及其运算

计算机的本质功能是计算,参与计算的对象自然是数据。例如,我们要计算“ $10+5$ ”,那么“10”和“5”就是参与运算的数据。要弄清楚计算机如何求解表达式“ $10+5$ ”,就得弄明白两个问题:一是数据“10”和“5”在计算机内部是如何表示的?二是加法运算“+”在计算机内部是怎么进行的?

要理解这些问题,还得从二进制说起。

1.2.1 计算机为什么采用二进制而不是十进制

我们知道,现实生活中,人们往往习惯使用十进制,只有在钟表、时间等方面采用别的进制,如十二进制、十六进制、二十四进制、六十进制等。可电子计算机所采用的却是二进制!为什么不采用十进制或别的进制呢?这是很多初学者感到困惑的地方。

要弄清楚这个问题,可以从以下几个方面来讨论。

1. 组成计算机的基本元件

计算机之所以采用二进制,一个根本的原因是受制于组成计算机的基本元器件。我们知道组成电子计算机的基本元器件是晶体管(三极管),它具有非常重要的一些特点:

(1) 它具有两个完全不一样的状态(截止与导通,或者高电位与低电位),状态的区分度非常好。这两种状态分别对应二进制的 0 和 1。

(2) 状态的稳定性非常好,除非有意干预,否则状态不会改变。

(3) 从一种状态转换成另一种状态很容易(在基极给一个电信号就可以了),这种容易控制的特性显得非常重要。

(4) 状态转换的速度非常快,也就是开关速度很快,这一点非常重要,它决定了机器的计算速度。

(5) 体积很小,几万个、几十万个、几百万个甚至更多的晶体管可以集成在一块集成电路里。这样既能把计算机做的更小些,也能提高机器的可靠性。

(6) 工作时消耗的能量不大,也就是功耗很小。因此,整个计算机的功耗就很小了,这是大家都能使用的重要原因之一。

(7) 价格很低廉。价格高了就无法推广应用了。

正是由于晶体管具有这么多特点,才被人们选为计算机的基本元器件。如果我们能找到这么一种物质或者元器件,它具有10种不同的稳定状态(可分别表示0,1,...,9),且状态转换很容易、状态转换速度非常快、体积与功耗都很小、价钱也不贵的话,我们完全可以设计出人们所期待的十进制的计算机。但非常遗憾的是,人们目前还找不到这样的物质或元器件。别说十进制,就连三进制都不容易。大家知道,水有三种状态(液态、固态与气态),可是状态转换就很不容易了(加热到100℃以上才变成气态,降温到0℃以下才变成固态),并且状态转换速度很慢。

2. 运算规则

二进制的运算规则很简单。就加法运算而言,只有4条规则。如:

$$0 + 0 = 0$$

$$1 + 0 = 1$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 1 = \boxed{1}0 \text{——方框内1表示进位}$$

乘法运算也只有4条运算规则,如:

$$0 * 0 = 0$$

$$1 * 0 = 0$$

$$0 * 1 = 0$$

$$1 * 1 = 1$$

特别是人们利用特殊的技术,把减法、乘法、除法等运算都转换成加法运算来做,这对简化运算器的设计非常有意义。如果采用十进制,运算器的设计就变得非常复杂,因为十进制比二进制的运算规则复杂多了。

3. 数据存储

交给计算机处理的数据以及计算机处理完的结果,一般需要永久地保存起来。采用二进制形式记录数据,物理上容易实现数据的存储。通过磁极的取向、表面的凹凸、光照有无反射等,很容易在物理上实现二进制形式数据的存储,比如磁盘就是通过磁极的取向来记录数据的。

4. 逻辑运算与判断

二进制数据在逻辑运算方面也非常方便。我们知道,基本逻辑运算有“与(and)”、

“或(or)”、“非(not)”三种,对应的运算规则如下:

0 and 0 = 0	0 or 0 = 0	not 0 = 1
1 and 0 = 0	1 or 0 = 1	not 1 = 0
0 and 1 = 0	0 or 1 = 1	
1 and 1 = 1	1 or 1 = 1	

另外,二进制只有两种状态(符号),便于逻辑判断(是或非)。因为二进制的两个数码正好与逻辑命题中的“真(Ture)”、“假(False)”或称为“是(Yes)”、“否(No)”相对应。

正是由于以上原因,在计算机中采用的是二进制,而不是人们所熟知的十进制,或者其他进制。

1.2.2 常用的数制

在我们之前所学习的知识中,数值大都是用十进制表示的,而计算机内部是一个二进制的世界,它只认识 0 和 1 两个数字。所以我们对数制的学习从十进制和二进制开始。

1. 十进制

十进制计数法中,用 0,1,2,...,9 这十个数字表示数值,它们被称为数码。以 10 为基数,不同位置上的数码,权值不同。以 123.45 为例,它可以用十进制表示为

$123.45=1\times10^2+2\times10^1+3\times10^0+4\times10^{-1}+5\times10^{-2}$

可以看到,每个位上的数字代表的大小不同(位权或者权值),但有规律,恰好是基数 R 的某次幂。按照位置的不同,权值分别为

$\cdots,10^3,10^2,10^1,10^0,10^{-1},10^{-2},\cdots$

如果将两个十进制数相加,则利用逢十进一的规则计算;若将两个十进制数相减,则借一当十。

2. 二进制

与十进制类似,具有 2 个基本数码:0,1。以 2 为基数,每个数位具有特定的权值:

$\cdots,2^3,2^2,2^1,2^0,2^{-1},2^{-2},\cdots$

进退位:逢二进一,借一当二。

通常我们在一个数值后面加上字母 B 表示它是二进制数,如:1001101B,表示一个二进制数(如果不加任何标记的话,是不是也可以将其看成十进制数?)。

例 1.1 二进制的位权示意图。

2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰		2 ⁻¹	2 ⁻²
1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1
128	64	32	16	8	4	2	1		0.5	0.25

$110111.01B = 32+16+0+4+2+1+0.5+0.25 = (55.25)_{10}$

3. 其他进制

其他的任何进制都有类似的特点,我们列表如表 1.1 所示。

表 1.1 常用数制

进制	十进制	二进制	八进制	十六进制
规则	逢十进一	逢二进一	逢八进一	逢十六进一
基数	$R=10$	$R=2$	$R=8$	$R=16$
数码	0,1,2,⋯,9	0,1	0,1,2,⋯,7	0,1,2,⋯,9,A,B,⋯,F
权值	10^i	2^i	8^i	16^i
符号表示	D	B	O	H

任何一个 R 进制的数 N 都能按权展开,表示成以下的形式:

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

(1-1)

其中 a_i 是数码, R 是基数, R^i 是权值。

例 1.2 $110111.01\text{B}=1\times 2^5+1\times 2^4+0\times 2^3+1\times 2^2+1\times 2^1+1\times 2^0+0\times 2^{-1}+1\times 2^{-2}$

$$=32+16+0+4+2+1+0+0.25=(55.25)_{10}$$

例 1.3 $11111.01\text{D}=1\times 10^4+1\times 10^3+1\times 10^2+1\times 10^1+1\times 10^0+0\times 10^{-1}+1\times 10^{-2}$

1.2.3 数制转换

计算机内部都是二进制数码,一切都数字化了。可人类本身习惯的却是十进制数,或者其他进制的数。这就有问题了,如果计算机只会二进制,人只会十进制,相互之间就没有办法交流,这就像一个只会法语的人和一只只会汉语的人在对话,跟“鸡同鸭讲”没什么区别。要解决交流问题,必须经过“翻译”。

下面介绍数制间的转换是怎么进行的。

1. R 进制数转换为十进制数

只要将数 N 按权展开,各位数码乘以对应位权值并累加,计算出结果,即完成转换。

$$N=\sum_{i=-m}^{n-1}a_i\times R^i$$

(1-2)

例 1.4 将八进制数 247 转换为十进制数。

$$(247)_8=2\times 8^2+4\times 8^1+7\times 8^0=(167)_{10}$$

例 1.5 将二进制数 1101.1 转换为十进制数。

$$(1101.1)_2=1\times 2^3+1\times 2^2+0\times 2^1+1\times 2^0+1\times 2^{-1}=(13.5)_{10}$$

例 1.6 将十六进制数 2FA 转换为十进制数。

$$2\text{FAH}=2\times 16^2+15\times 16^1+10\times 16^0=762$$

注意:十六进制中 A,B,C,D,E,F 分别代表数值 10,11,12,13,14,15;2FAH 中的 H 表示这是一个十六进制的数,并不是数值的一部分。

2. 十进制转换为 R 进制

将一个十进制数分成整数和小数两部分各自转换,然后再组合起来。整数部分的转

换规则为“除 R 取余”：将十进制整数反复地除以 R，记下每次的余数，直到商为 0。然后将所记录下的余数逆序排列，就是整数部分的转换结果。

小数部分的转换规则为“乘以 R 取整”：将十进制小数反复乘以 R，记下每次得到的整数部分，直到小数部分为 0，或者达到所要求的精度为止。所得到的整数顺序排列，就是小数部分的转换结果。

例 1.7 将十进制数 123.625 转换成二进制数。
整数部分转换如图 1.5 所示。

		余数	
2	123		
2	61	1	↑ 低位 ↓ 高位
2	30	1	
2	15	0	
2	7	1	
2	3	1	
2	1	1	
2	0	1	

图 1.5 十进制整数转换为二进制数

整数部分转换之后的结果为 1111011，注意低位和高位的方向。
小数部分转换如图 1.6 所示。

0.625	整数	
× 2		
1.250	1	↑ 高位 ↓ 低位
× 2		
0.50	0	
× 2		
1.0	1	

图 1.6 十进制小数转换为二进制数

小数部分转换的结果为 0.101。最后，将整数部分和小数部分组合起来，十进制数 123.625 转换成二进制数的结果为 1111011.101。

例 1.8 十进制数 123.625 转换为八进制数。

整数部分，除以 8 取余数，小数部分，乘以 8 取整。读者自己试着自己做一下。结果为 173.5。

例 1.9 1234.567 转换对应的二进制值。

整数部分除 2 取余，小数部分乘 2 取整，可是 0.567 乘以若干次后还不归 0，也许还是无限循环。在满足特定精度的前提下，取其前几位有效数字，只能得到一个近似的