

高 等 学 校 教 材

计算文化与计算思维基础

申艳光 宁振刚 编著

高等教育出版社

高等学校教材

计算文化与计算思维基础

Jisuan Wenhua yu Jisuan Siwei Jichu

申艳光 宁振刚 编著

高等教育出版社·北京

内容提要

本书的宗旨是建设符合我国实际的回归人本,回归工程(Double Regression-CDIO, DR-CDIO)人才培养模式的教材体系,有针对性地进行教学任务设计,特别是对涉及计算思维运用的教学内容的设计。按照认知规律,采用由简入深、由外入内的教学模式,既强调教材的基础性和系统性,又注重内容宽度和知识深度的结合。通过把科学思维的要素、方法融入问题和案例,从问题分析着手,进行面向计算思维和信息素养的培养。围绕现代工程师应具备的素质要求,本书利用“思考与探索”“角色模拟”“分析与论证”“能力拓展与训练”等栏目多方位、多角度培养学生的工程能力。

本教材共8章,内容主要包括:认识计算文化与计算思维,信息在计算机内的表示,计算机硬件系统,以交互方式使用计算机,以程序方式使用计算机,数据的组织、管理与挖掘,计算机网络基础,信息安全与信息伦理。每章后附有基本知识练习和能力拓展与训练,有助于知识系统化和能力训练。此外,每章后附有书法作品、附录中附有弟子规原文,旨在使读者感悟中华文化的真谛。

与本书配套的实践教程是《计算文化与计算思维基础实验实训教程》,并附有电子课件。本书内容的相关视频,读者可以参考中国大学视频公开课官方网站“爱课程”网(<http://www.icourses.cn>)的“心连‘芯’的思维之旅”课程。

本书可作为大、中专院校教材及各类计算机技术培训教材,也可供从事办公自动化的工作者学习、参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算文化与计算思维基础 / 申艳光, 宁振刚编著.

-- 北京: 高等教育出版社, 2014. 8

ISBN 978-7-04-040858-4

I. ①计… II. ①申… ②宁… III. ①电子计算机-
高等学校-教材 IV. ①TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 175739 号

策划编辑	武林晓	责任编辑	陈 哲	封面设计	于文燕	版式设计	杜微言
插图绘制	宗小梅	责任校对	胡美萍	责任印制	毛斯璐		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 国防工业出版社印刷厂
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 11
字 数 240 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2014 年 8 月第 1 版
印 次 2014 年 8 月第 1 次印刷
定 价 20.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 40858-00



前言

近年来,以美国麻省理工学院为首的世界几十所大学展开了构思—设计—实施—操作/运营(Conceiving—Design—Implement—Operate,CDIO)工程教育模式的改革。CDIO大纲的第二部分为个人和职业技能。大纲中指出,工程师应该具备的3种思维模式是工程思维、科学思维、系统思维,其中科学思维包括3种,即以观察和归纳自然规律为特征的实证思维、以推理和演绎为特征的逻辑思维、以抽象化和自动化为特征的计算思维。因此,计算思维的培养将大大有利于提高工程师的科学思维能力,符合CDIO理念的要求。

计算思维的概念最早是2006年3月由美国卡内基·梅隆大学周以真(Jeannette M.Wing)教授在*Communication of the ACM*上发表文章定义的。她指出,计算思维是每个人的基本技能,不仅仅属于计算机科学家。应当使每个人在培养解析能力时不仅掌握阅读、写作和算术,还要学会计算思维。著名的计算机科学家、1972年图灵奖得主Edsger Dijkstra说:“我们所使用的工具影响着我们的思维方式和思维习惯,从而也将深刻地影响着我们的思维能力”。

以往的计算机文化基础课程采用以操作和技能讲解为主线的教学模式,淡化了计算机科学的精髓。信息素养的培养要求学生能够对于获取的各种信息通过自己的思维进行深层次的加工和处理,从而产生新的信息。

无论是计算机教育工作者,还是计算机普通用户,在学习和使用计算机的过程中,应该着眼于“悟”和“融”——感悟和凝练计算机科学思维模式,并将其融入可持续发展的计算机应用中,这是作为工程人才不可或缺的基于信息技术的行动能力。大学生学习计算机基础课程,不仅要了解计算机是什么,能够做什么,如何做,更重要的是要了解这个学科领域解决问题的基本方法与特点。因此,在非计算机专业第一门计算机课程中引入计算思维能力的培养,是提高大学生信息素养和工程能力的有效途径,是CDIO教学模式改革中极其重要的环节。

计算思维是计算机和软件工程学科的灵魂,作为第一门非计算机专业的大学计算机基础课程,应该把培养重点放在培养学生的计算思维与信息素养能力,让学生了解和掌握如何充分利用计算机技术,对现实世界中的问题进行抽象和形式化,达到人类求解问题的目的。同时,应注重可持续发展的计算机应用能力培养,强调在分析问题和解决问题当中终身学习的能力,从而提高学生的思维能力,扩展思维宽度,提高解决实际问题的能力。

本书特色如下。

(1) 本书的编写宗旨是建设符合我国实际的回归人本,回归工程(Double Regression-CDIO, DR-CDIO)人才培养模式的教材体系,有针对性地进行教学任务设计,特别是对于涉及计算思维运用的教学内容的设计。本书按照认知规律,采用由简入深、由外入内的教学模式,不仅

讲授计算机方面的知识,更注重展现计算机学科的思维方式以及读者思维能力和工程能力的训练。

(2) 围绕现代工程师应具备的素质要求,多方位多角度地培养学生的工程能力。

本书利用“思考与探索”“角色模拟”“能力拓展与训练”等栏目多方位、多角度培养学生工程能力,包括终身学习能力、团队工作和交流能力、社会及企业环境下建造产品的系统能力、可持续发展的计算机应用能力等。

“思考与探索”是面向计算思维的对于知识的一种解析,旨在培养学生的计算思维能力和善于观察、勤于思考、勤于探索的良好学习习惯和品质。

“角色模拟”主要是通过模拟工程师与真实世界之间的互动,通过项目分析、设计与实现,培养学生工程实践应用能力,培养学生在团队中有效合作、有效沟通、有效管理的能力,提高学生应用工程知识的能力和解决真实世界问题的能力。

“能力拓展与训练”包括一些思维密度较大、思维要求较高和需要自主学习的问题和要求,旨在培养学生的系统思维能力、发散思维能力、创新思维能力、沟通能力、适应变化的自信和能力以及团队协作创新的工作理念,激发学生自主探究性,在拓展创作中实现自我价值,并培养主动学习、经验学习和终身学习的能力。

(3) 通过把科学思维的要素、方法融入问题和案例,从问题分析着手,面向计算思维和问题求解能力的培养。案例贴近生活,倡导“快乐学习”理念。

本书精选贴近生活的具有趣味性和实用性的案例,把科学思维的要素、方法融入案例中,通过分析计算思维在案例中的应用,建立思维方式,体验计算思维的应用,力争知识随着思维的讲解而介绍,能力随着思维的理解而提高。

教材每章后附有书法作品一幅,旨在和读者共勉,内容引用了名言、警句、古诗词名句等,并在附录中附有《弟子规》原文,旨在传承中国传统文化之精华,充分发挥中国传统文化对校园和社会所产生的净化心灵、熏陶品质的作用,使读者感悟中华文化的真谛,提高内涵素养和外在修养,从而塑造正确的思想道德观念和人生价值观念,提升德行修养,塑造健全人格。

总之,本书在适度的基础知识与理论体系覆盖下,突出回归人本和回归工程的教学方法论,既强调内容宽度和知识深度的结合,又通过把科学思维的要素、方法融入问题和案例,从问题分析着手,强调面向计算思维和信息素养的培养,力求达到“教师易教,学生乐学,技能实用”的目标。

本书共8章,主要内容包括认识计算文化与计算思维,信息在计算机内的表示,计算机硬件系统,以交互方式使用计算机,以程序方式使用计算机,数据的组织、管理与挖掘,计算机网络基础和信息安全与信息伦理。

本书由申艳光、宁振刚编著。在编写过程中河北工程大学计算机基础教研室全体教师和在读研究生臧金霞、闫晶星、王杰、马高庭、崔磊都付出了辛勤的劳动。另外,本书的编写工作得到

了河北工程大学各位领导及教师们的大力支持。在此一并表示感谢。

由于作者的水平有限且时间仓促,书中难免存在不足之处,恳请读者批评和指正。

本书同时提供了电子课件和实验实训素材,读者可以登录出版社网站下载。与本书内容的相关视频,读者可以登录中国大学视频公开课官方网站——“爱课程”网(<http://www.icourses.cn>),学习河北工程大学的“心连‘芯’的思维之旅”课程。

申艳光

2014年5月



目 录

第 1 章 认识计算文化与计算思维 1

1.1 计算与计算机科学	1
1.2 计算文化和计算思维	2
1.2.1 计算文化	2
1.2.2 计算思维	2
1.3 计算模型与计算机	4
1.3.1 图灵机	4
1.3.2 冯·诺依曼机	5
1.3.3 计算机的发展	6
1.3.4 计算机的特点	9
1.3.5 计算机的分类	9
1.4 新的计算模式	11
基础知识练习	14
能力拓展与训练	14

第 2 章 信息在计算机内的表示 16

2.1 信息与信息技术	16
2.1.1 信息的概念	16
2.1.2 信息技术	16
2.2 数值的表示	17
2.3 西文字符的表示——字符编码	23
2.4 中文字符的表示——汉字编码	25
2.5 多媒体信息的表示	27
2.5.1 多媒体技术的基本概念	27
2.5.2 多媒体处理的关键技术	28
2.5.3 多媒体应用中的媒体元素	30
2.5.4 多媒体计算机的组成与 应用	36
2.5.5 移动多媒体终端	37

基础知识练习	38
能力拓展与训练	38

第 3 章 计算机硬件系统 40

3.1 计算机系统的组成	40
3.1.1 计算机系统的基本组成	40
3.1.2 计算机的基本工作原理	41
3.2 计算机的硬件系统组成	42
3.3 微型计算机的硬件系统	44
3.3.1 总线	44
3.3.2 中央处理单元(CPU)	45
3.3.3 内存存储器	46
3.3.4 系统主板	47
3.3.5 外存储器	49
3.3.6 输入设备	50
3.3.7 输出设备	51
3.3.8 微型计算机的主要性能指标和 分类	53
基础知识练习	54
能力拓展与训练	55

第 4 章 以交互方式使用计算机 57

4.1 问题求解与计算机软件系统	57
4.2 操作系统中的信息资源管理	60
4.2.1 文件系统	60
4.2.2 树形目录结构与资源管理	63
4.2.3 剪贴板和剪贴簿——信息共享 机制	63
4.2.4 回收站——恢复机制	63
4.3 操作系统中的交互方式	63

4.3.1 命令式交互方式	64	6.1.2 外存数据的基本组织和管理方 式——文件系统和数据库	111
4.3.2 菜单式交互方式	65	6.2 挖掘数据的潜在价值——数据仓库与 数据挖掘	114
4.4 应用软件中的交互方式	65	6.2.1 大数据	114
4.4.1 应用软件的启动与关闭	65	6.2.2 数据挖掘	115
4.4.2 应用软件的操作模式	66	6.2.3 数据仓库	117
基础知识练习	68	基础知识练习	118
能力拓展与训练	69	能力拓展与训练	118
第5章 以程序方式使用计算机	71	第7章 计算机网络基础	120
5.1 程序与算法	71	7.1 计算机网络的基本知识	120
5.1.1 算法的概念	71	7.1.1 计算机网络的基本概念	120
5.1.2 算法的分类	72	7.1.2 计算机网络的传输介质	123
5.1.3 算法应具备的特征	72	7.1.3 计算机网络的拓扑结构	125
5.2 算法的设计与分析	73	7.1.4 计算机网络协议	128
5.2.1 数学建模	73	7.1.5 计算机网络设备	129
5.2.2 算法的描述	74	7.1.6 局域网基本技术	131
5.2.3 常用的算法设计策略	77	7.2 Internet 概述	132
5.2.4 算法分析	83	7.2.1 Internet 的形成与发展	132
5.3 算法的实现——程序设计语言	86	7.2.2 Internet 在中国的发展	133
5.3.1 程序设计语言的分类	86	7.2.3 Internet 提供的主要服务	133
5.3.2 语言处理程序	87	7.2.4 Internet 基本技术	134
5.3.3 程序设计语言的基本控制 结构	88	7.2.5 接入 Internet 的技术	139
5.3.4 常用的高级语言	89	基础知识练习	141
5.4 软件与软件工程	91	能力拓展与训练	141
5.4.1 软件工程概念	92	第8章 信息安全与信息伦理	144
5.4.2 软件生存周期	93	8.1 信息安全	144
5.4.3 软件工程方法	96	8.1.1 信息安全的概念	144
基础知识练习	102	8.1.2 计算机病毒及其防范	144
能力拓展与训练	103	8.1.3 网络安全	147
第6章 数据的组织、管理与挖掘	106	8.1.4 数据加密	149
6.1 数据的组织和管理	106	8.2 信息伦理	150
6.1.1 内存数据的基本组织和管理 方式——数据结构	106	8.2.1 信息伦理的产生	150

8.2.2 信息伦理准则与规范	151	能力拓展与训练	158
8.2.3 计算机伦理、网络伦理与信息 产业人员道德规范	152	附录 弟子规原文	160
8.2.4 知识产权	156	参考文献	162
基础知识练习	158		



第1章 认识计算文化与计算思维

在当今的信息社会中,计算机在社会的各个领域都得到了广泛应用,它使人们传统的工作、学习、日常生活甚至思维方式都发生了深刻的变化。本章从计算的概念谈起,讲述计算文化及计算思维的基本知识和思想。

1.1 计算与计算机科学

人类生活中,计算无处不在。当今的每个学科都涉及大量的计算工作。天文学家需要计算机来分析星位移动;生物学家需要计算机发现基因组的奥秘;数学家需要计算圆周率的更精确的值;经济学家利用计算机分析在众多因素作用下某个企业、城市或国家的发展方向从而进行宏观调控;工业界需要利用计算机准确给出生产过程中的材料、能源、加工与时间配置的最佳方案。

计算是依据一定的法则对有关符号串进行变换的过程。

计算的可行性是计算机科学的理论基础。计算的可行性理论起源于对数学基础问题的研究。可计算性理论是计算机科学的理论基础之一。可计算性理论确定了哪些问题可能用计算机解决,哪些问题不可能用计算机解决。具体地说,在计算机科学中,当一个问题描述及其求解方法或求解过程可以用构造性数学形式来描述,而且该问题所涉及的论域为有穷或虽为无穷但存在有穷表示时,则该问题就一定能用计算机来求解,所以计算机科学研究和解决的是什么能计算且被有效地自动计算的问题。

计算可以分为硬计算和软计算两类。

1. 硬计算

硬计算(即传统意义上的计算)这个术语首先由美国加州大学的 Zadeh 教授于 1996 年提出,长久以来它就被用以解决各种不同的问题。

硬计算解决一个工程问题要遵循的步骤如下。

- (1) 首先辨识与该问题相关的变量,继而分为两组,即输入“或条件变量”(也称为前件)和输出“或行动变量”(也称为后件)。
- (2) 用数学方程表示输入输出关系。
- (3) 用解析方法或数值方法求解方程。
- (4) 基于数学方程的解,决定控制行动。

硬计算的主要特征是严格、确定和精确。但是硬计算并不适合处理现实生活中的许多不确定、不精确的问题。

2. 软计算

软计算通过对不确定、不精确及不完全真值的容错来换取低代价的解决方案和鲁棒性。它模拟自然界中智能系统的生化过程(如人的感知、脑结构、进化和免疫等)来有效地处理日常工作。软计算包括模糊逻辑、人工神经网络、遗传算法和混沌理论等计算模式。这些模式是互补及相互配合的,因此在许多应用系统中组合使用。

综上,计算机科学既是构造计算机器的学科,也是基于自动计算进行问题求解的学科。

1.2 计算文化和计算思维

1.2.1 计算文化

文化是一个非常广泛的概念,给它下一个严格和精确的定义是一件非常困难的事情。文化可以定义为人类在社会历史发展过程中所创造的物质财富和精神财富的总和,它是一个群体(可以是国家、民族、企业、家庭等)在一定时期内形成的思想、理念、行为、风俗、习惯、代表人物,及由这个群体整体意识所辐射出来的一切活动。

人类在解决应用需求时认识到人脑能力的局限性,促进了计算机这种工具的诞生,人类社会的生存方式因使用计算机而发生了根本性变化,从而产生的一种新的文化形态——计算文化(Computational Culture),它是计算思想、方法、观点等形成和发展的演变史。

思维方式是由文化衍生的,不同的文化决定了不同的思维和行为模式。比如,计算机诞生于西方,它的文化带有西方文化的烙印;又如,计算机软件就是一种固化的人类思维,反映了人类的思维和智能。所以,软件也蕴涵着文化。



思考与探索 1

感悟计算文化的思想特点,在使用计算机过程中注重捕捉其经验规律和应用模式,将大大提高人们利用计算机进行问题求解的能力和效率。

1.2.2 计算思维

近年来,移动通信、普适计算、物联网、云计算、大数据等新概念和新技术不断涌现,在社会经济、人文科学、自然科学的许多领域引发了一系列革命性的突破,极大地改变了人们对于计算和计算机的认识。无处不在、无事不用的计算思维成为人们认识 and 解决问题的能力之一。

2006年3月,美国卡内基·梅隆大学计算机系主任周以真(Jeannette M.Wing)教授在美国计算机权威杂志 Communication of the ACM 上给出了计算思维(Computational Thinking)的定义。她认为:计算思维是运用计算机科学的基础概念进行问题求解、系统设计,以及人类行为理解等

涵盖计算机科学领域的一系列思维活动。她指出,计算思维是每个人的基本技能,不仅仅属于计算机科学家。我们应当使每个学生在培养解析能力时不仅掌握阅读、写作和算术(Reading, wRiting, and aRithmetic, 3R)技能,还要培养计算思维。这种思维方式对于学生从事任何事业都是有益的。

计算方法和模型给了人们勇气去处理那些原本无法由任何个人独自完成的问题求解和系统设计。计算思维直面机器智能的不解之谜:什么样的人能比计算机做得更好?什么样的计算机能比人类做得更好?

“人类的特性恰恰就是自由的有意识的活动”(马克思)。自古至今,所有的教育都是为了人的发展。人之发展,首在思维,一个人的科学思维能力的养成,必然伴随着创新能力的提高。工程师应该具备的三种思维模式是工程思维、科学思维和系统思维。而其中科学思维可以分为三种:以观察和归纳自然(包括人类社会活动)规律为特征的实证思维,以推理和演绎为特征的逻辑思维,以抽象化和自动化为特征的计算思维。

计算思维综合了数学思维(求解问题的方法)、工程思维(设计、评价大型复杂系统)和科学思维(理解可计算性、智能、心理和人类行为)。

计算思维就是把一个看起来困难的问题重新阐述成一个人们知道怎样求解的问题,如通过约简、嵌入、转化和仿真的方法重新阐述问题。

计算思维是一种递归思维,它是并行处理的思维,把代码译成数据又把数据译成代码。它评价一个程序时,不仅仅根据其准确性和效率,还有美学的考量,而对于系统的设计,还考虑简洁和优雅。

计算思维采用了抽象和分解来迎战浩大复杂的任务。它选择合适的方式去陈述一个问题,或者对一个问题的相关方面进行建模使其易于处理。

计算思维是通过冗余、堵错、纠错的方式,在最坏情况下进行预防、保护和恢复的一种思维。计算思维是利用启发式推理来寻求解答。它能在不确定情况下进行规划、学习和调度;它就是搜索、搜索、再搜索,最后得到的是一系列的网页,一个赢得游戏的策略,或者一个反例。计算思维利用海量的数据来加快计算,在时间和空间之间,在处理能力和存储容量之间的权衡。考虑一些日常中的事例:当一个学生早晨去学校时,她把当天需要的东西放进背包,这就是预置和缓存。当一个孩子弄丢他的手套时,你建议他沿走过的路回寻,这就是回推。在什么时候你停止租用滑雪板而为自己买一对呢?这就是在线算法。在超市付账时你应当去排哪个队呢?这就是多服务器系统的性能模型。为什么停电时你的电话仍然可用?这就是失败的无关性和设计的冗余性。

人们已见证了计算思维在其他学科中的影响。例如,计算生物学正在改变着生物学家的思考方式。类似的,计算博弈理论正改变着经济学家的思考方式,纳米计算正改变着化学家的思考方式,量子计算正改变着物理学家的思考方式。这种思维将成为每一个人的技能。计算思维是人类除了理论思维、实验思维以外,应具备的第三种思维方式。



思考与探索 2

符号化、计算化、自动化思维,以组合、抽象和递归为特征的程序及其构造思维是计算技术与计算系统的重要思维。计算思维能力训练不仅使人们理解计算机的实现机制和约束,建立计算意识,形成计算能力,有利于发明和创新,而且有利于提高信息素养,也就是处理计算机问题时应有的思维方法、表达形式和行为习惯,从而更有效地利用计算机。

1.3 计算模型与计算机

计算模型是刻画计算的抽象的形式系统或数学系统。在计算科学中,计算模型是指具有状态转换特征,能够对所处理对象的数据或信息进行表示、加工、变换和输出的数学机器。

1.3.1 图灵机

1936年,年仅24岁的英国人阿兰·图灵(1912—1954,图1.1)发表了著名的《论应用于决定问题的可计算数字》一文,提出了理想计算机的数学模型——图灵机(Turing Machine)。

图灵机是指一个抽象的机器,通过某种一般的机械步骤,能一个接一个地解决所有的数学问题。

图灵把人在计算时所做的工作分解成简单的动作,把人的工作机械化,并用形式化方法成功地表述了计算这一过程的本质。所谓计算,就是计算者(人或机器)对一条两端可无限延长的纸带上的一串0和1执行指令,一步一步地改变纸带上的0或1,经过有限步骤,最后得到一个满足预先规定的符号串的变换过程。

图灵机模型是指给出固定的程序,模型能够按照程序和输入完全确定性地运行。

图灵机反映的是一种具有可行性的用数学方法精确定义的计算模型,而现代计算机正是这种模型的具体实现。

【案例】计算机博弈传奇

1997年5月11日,人机世纪大战终于降下了帷幕。随着国际象棋世界冠军卡斯帕罗夫败给了IBM公司的一台计算机“深蓝”,全世界永远都不会忘记那震惊世界的9天的“搏杀”,如图1.2所示。

棋盘一侧是卡斯帕罗夫,棋盘的另一侧是许峰雄博士。许峰雄通过一台带有液晶显示屏的黑色计算机,操纵“深蓝”迎战人类世界冠军。许峰雄和另外四位计算机科学家给计算机输入

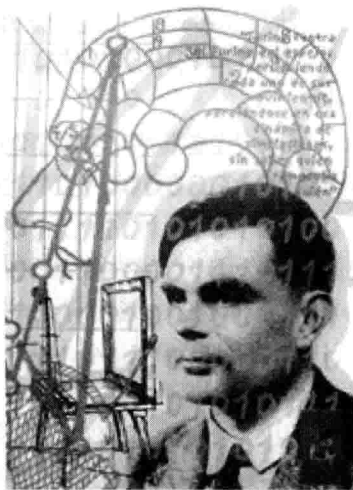


图1.1 阿兰·图灵

了近两百万局国际象棋程序,提高了它的运算速度,使它每秒能分析 2 亿步棋。由国际象棋特级大师本杰明为它当“陪练”,找出某些棋局的弱点,然后再修改程序。

1997 年 5 月 3 日到 5 月 11 日,“深蓝”终以 3.5 比 2.5 的总比分将卡斯帕罗夫逼下了世界冠军的王座。“深蓝”战胜卡斯帕罗夫后,“深蓝队”获得奖金 70 万美元,卡斯帕罗夫获得奖金 40 万美元。

“深蓝”战胜人类最伟大的棋手卡斯帕罗夫的消息在社会上引起了轩然大波。一些人认为,计算机的智力已超越人类,甚至还有人认为计算机最终将控制人类。其实人的智力与机器的智力根本就是两回事。因为,人们现在对人的精神和脑的结构的认识还相当缺乏,更不用说对它用严密的数学语言来进行描述了,而计算机是一种用严密的数学语言来描述的计算机器。



图 1.2 计算机博弈传奇

1.3.2 冯·诺依曼机

1946 年 2 月,世界上第一台电子数字计算机“埃尼阿克”(ENIAC)在美国宾夕法尼亚大学诞生。

在图灵机的影响下,1946 年美籍匈牙利科学家冯·诺依曼(Von Neumann,图 1.3)提出了一个“存储程序”的计算机方案,这个方案包含了以下三个要点:

(1) 采用二进制的形式表示数据和指令。

(2) 将指令和数据存放在存储器中。

(3) 由控制器、运算器、存储器、输入设备和输出设备五大部分组成计算机。

冯·诺依曼机模型工作原理的核心是“程序存储”和“程序控制”。即先将程序(一组指令)和数据存入计算机,启动程序就能按照程序指定的逻辑顺序读取指令并逐条执行,自动完成指令规定的操作。



图 1.3 冯·诺依曼

由于存储器与中央处理单元之间的通路太狭窄,每次执行一条指令所需的指令和数据都必须经过这条通路,因此单纯地扩大存储器容量和提高 CPU 速度,不能更加有效地提高计算机性能。这是冯·诺依曼机结构的局限性。



思考与探索

冯·诺依曼计算机体现了存储程序与程序自动执行的基本思维,对于利用算法和程序手段解决现实问题有重要意义。现代几乎所有的电子计算机都是基于冯·诺依曼体系结构,计算模型都是基于图灵机模型。

1.3.3 计算机的发展

1. 计算机的发展史

1936年,年仅24岁的英国人图灵把人的工作机械化了,这种理想中的机器被称为“图灵机”。

1946年2月,世界上第一台电子数字计算机“埃尼阿克”(ENIAC)在美国宾夕法尼亚大学诞生,它与以前的计算工具相比,计算速度快、精度高,能按给定的程序自动进行计算。设计这台计算机的总工程师埃克特(J.Eckert)当时年仅24岁。ENIAC共用了18 000多只电子管,重量达30 t,占地170 m²,每小时耗电150 kW,真可谓“庞然大物”。但它每秒钟只能做五千次加法运算;存储容量小,而且全部指令还没有存放在存储器中;操作复杂、稳定性差。尽管如此,它标志着科学技术的发展进入了新的时代——电子计算机时代。从第一台电子计算机的诞生到现在,计算机的发展随着所采用的电子器件的变化,已经历了四代。

1) 第一代(1946—1958)——电子管计算机时代

这一代计算机的主要特征是:以电子管为基本电子器件;使用机器语言和汇编语言;应用领域主要局限于科学计算;运算速度每秒只有几千次至几万次。由于体积大、功耗大、价格昂贵且可靠性差,很快被新一代计算机所替代。然而,第一代计算机奠定了计算机发展的科学基础。

2) 第二代(1959—1964)——晶体管计算机时代

这一代计算机的主要特征是:晶体管取代了电子管;软件技术上出现了算法语言和编译系统;应用领域从科学计算扩展到数据处理;运算速度已达到每秒几万次至几十万次。此外,这一代计算机体积缩小,功耗降低,可靠性有所提高。

3) 第三代(1965—1970)——中小规模集成电路时代

这一代计算机的主要特征是:普遍采用了集成电路,使体积、功耗均显著减少,可靠性大大提高;运算速度每秒几十万次至几百万次。在此期间,出现了向大型和小型化两级发展的趋势,计算机品种多样化和系列化。同时,操作系统的出现,使得软件技术与计算机外围设备发展迅速,应用领域不断扩大。

4) 第四代(1971年至今)——大规模和超大规模集成电路时代

这一代计算机的主要特征是:中、大及超大规模集成电路(VLSI)成为计算机的主要器件;运算速度已达每秒几十万亿次以上。大规模和超大规模集成电路技术的发展,进一步减小了计算机的体积和功耗,增强了计算机的性能。多机并行处理与网络化是第四代计算机的又一重要特征,大规模并行处理系统、分布式系统、计算机网络的研究和实施进展迅速。另外,系统软件的发

展不仅实现了计算机运行的自动化,而且正在向工程化和智能化迈进。

智能化计算机也可以称为第五代计算机,其目标是使计算机像人类那样具有听、说、写、逻辑推理、判断和自我学习能力。

随着计算机的迅猛发展,现在也可以按年代将其重新分类。

(1) 大型主机阶段(20世纪40、50年代):经历了电子管数字计算机、晶体管数字计算机、集成电路数字计算机和大规模集成电路数字计算机的发展历程,计算机技术逐渐走向成熟。

(2) 小型计算机阶段(20世纪60、70年代):是对大型主机进行的第一次“缩小化”,可以满足中小企业事业单位的信息处理要求,成本较低,价格可被接受。

(3) 微型计算机阶段(20世纪70、80年代):是对大型主机进行的第二次“缩小化”,1976年美国苹果公司成立,1977年推出了Apple II计算机,大获成功。1981年IBM推出IBM-PC,此后它经历了若干代的演进,占领了个人计算机市场,使得个人计算机得到了很大的普及。

(4) 客户机/服务器阶段,即C/S(Client/Server)阶段:1964年IBM与美国航空公司建立了第一个全球联机订票系统,把美国当时2000多个订票的终端用电话线连接在了一起,这标志着计算机进入了客户机/服务器阶段,这种模式至今仍在大量使用。在客户机/服务器网络中,服务器是网络的核心,而客户机是网络的基础,客户机依靠服务器获得所需要的网络资源,而服务器为客户机提供网络必须的资源。C/S结构的优点是能充分发挥客户端PC的处理能力,很多工作可以在客户端处理后再提交给服务器,大大减轻了服务器的压力。

(5) Internet(也称互联网、因特网、网际网阶段)阶段:广域网、局域网及单机按照一定的通信协议组成了国际计算机网络。

(6) 云计算时代:从2008年起,云计算(Cloud Computing)概念逐渐流行起来,云计算被视为“革命性的计算模型”,因为它使超级计算能力通过互联网自由流通成为可能。

2. 我国计算机的发展情况

我国电子计算机的研究是从1953年开始的,1958年中国科学院计算技术研究所研制出第一台计算机,即103型通用电子数字计算机,它属于第一代电子管计算机。20世纪60年代初,我国开始研制和生产第二代计算机。1983年国防科技大学研制成功每秒能进行1亿次运算的“银河I”巨型机,这是我国高速计算机研制的一个重要里程碑;1992年“银河II”巨型机峰值运算速度达每秒4亿次浮点运算;1997年“银河III”巨型机每秒能进行130亿次运算。1995年5月“曙光1000”研制完成,这是我国独立研制的第一套大规模并行计算机系统。在2013年6月17日公布的全球超级计算机500强排行榜中,中国的“天河二号”成为全球运算速度最快的超级计算机。

3. 计算机的发展趋势

随着大规模集成电路的迅速发展,各种类型的计算机都得到了迅速发展。当前,计算机主要朝着以下几个方向发展。

1) 微型化

微型化是指追求体积的进一步缩小,运算速度的进一步提高,存储容量不断加大,功能更加

完善可靠,应用灵活方便,价格更加便宜。

2) 巨型化

追求大容量、高速度,为尖端科学领域的数值分析与计算提供帮助,例如,火箭、导弹、人造卫星、宇宙飞船的研制,气象预报的数值分析与计算等。巨型计算机目前速度可达每秒几十千万亿次浮点计算,它代表了计算机的发展水平。并行处理技术是巨型计算机发展的基础。

3) 网络化

21世纪,人类步入了信息时代,从简单的远程终端联机到遍布全球的 Internet,信息的共享和通信已成为计算机应用的主流之一。

4) 智能化

智能化是指利用新技术、新材料研制的计算机与仿生学、控制论等边缘学科结合,把信息采集、存储、处理、通信同人工智能结合在一起,用计算机来模拟人类的高级思维活动。在这一领域最具代表性的是专家系统和机器人。

5) 多媒体技术

多媒体技术能将大量信息以数值、文字、声音、图形、图像、视频等形式进行表现,极大地改善、丰富了人机界面,能够充分运用人的听觉、视觉高效率地接收信息。

6) 绿色计算

随着计算机被广泛地应用到人们的日常生活当中,在所难免地存在着能耗过大的情况。绿色计算指利用各种软件和硬件的先进技术,将目前大量计算机系统的工作负载降低,提高其运算效率,减少计算机系统数量,进一步降低系统配套电源能耗,同时,改善计算机系统的设计,提高其资源利用率和回收率,降低二氧化碳等温室气体排放,从而达到节能、环保的目的。

7) 非冯·诺依曼体系结构的计算机

非冯·诺依曼体系结构是提高现代计算机性能的另一个研究焦点。冯·诺依曼体系结构虽然为计算机的发展奠定了基础,但它的“集中顺序控制方面”的串行机制却成为进一步提高计算机性能的瓶颈,而提高计算机性能的方向之一是并行处理。因此,出现了非冯·诺依曼体系结构的计算机理论。

8) 计算机技术与其他技术结合

目前,计算机微型处理器(CPU)以晶体管为基本元件,随着处理器技术的不断完善和更新换代的速度加快,计算机结构和元件也会发生很大的变化。随着光电技术、量子技术和生物技术的发展,对新型计算机的发展具有极大的推动作用。

(1) 光计算机:光计算机采用光代替电子或电流作为载体,利用纳米电浆子元件作为核心技术,对大容量信息进行处理。光计算机强大的运算能力和极高的数据处理速度还会为计算机与其他学科的交叉提供依据。

(2) 量子计算机:量子计算机在“平行”运算处理方面具有较强的优越性,因此在搜索地址、因特网系统等方面具有较大的优越性。作为计算机技术中重要的数据库搜索,特别对于因特网十分巨大的网址数据库,大批量计算机数据的处理任务来说,量子计算机快速的运算能力将更为