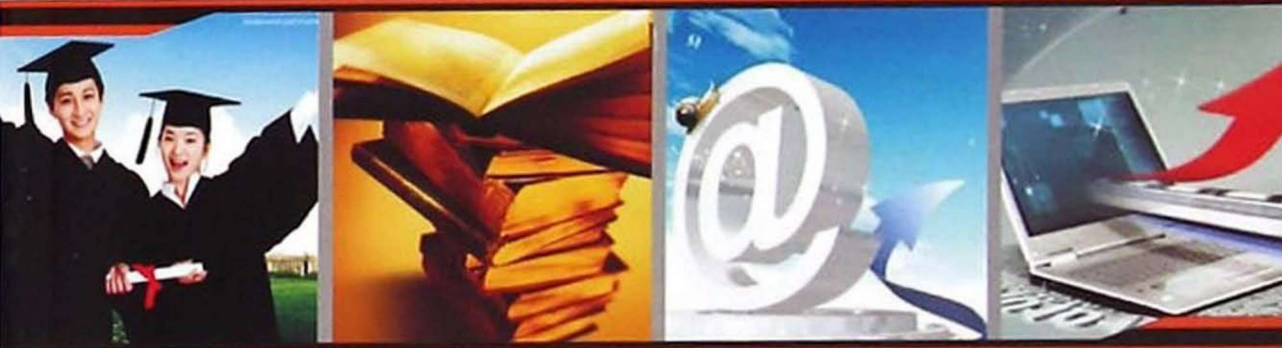


高等学校规划教材·计算机科学技术

PLANNING TEXTBOOKS FOR HIGHER EDUCATION



大学计算机实训教程

詹涛 主编



西北工业大学出版社

高等学校规划教材·计算机科学技术

大学计算机实训教程

主	编	詹	涛	
主	审	高	迺	裴新风
编	者	詹	涛	程向前

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是按照“教育部高等学校计算机科学与技术教学指导委员会”对大学计算机课程教学的指导意见,顺应当前大学计算机教育课程改革的新的发展方向,以计算思维培养为目标编写而成的。主要内容包括计算机发展历史、计算机科学思维介绍、典型算法和性能分析、数据库和计算机网络基本原理及相关知识介绍。每章后面附有习题。此外,为了方便读者进行自我测试,附录中含有 6 套模拟测试题。书末附有习题和模拟测试题答案。

本书可作为计算机专业或理工类非计算机专业大学生的计算机导论教材,也可供有关科技人员自学或者参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

大学计算机实训教程/詹涛主编. — Ⅹ : 西北工业大学出版社, 2014. 11
ISBN 978 - 7 - 5612 - 4185 - 1

I. ①大… II. ①詹… 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 262017 号

出版发行: 西北工业大学出版社

通信地址: 西安市友谊西路 127 号 邮编: 710072

电 话: (029)88493844 88491757

网 址: www.nwpu.com

印 刷 者: 兴平市博闻印务有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 14.25

字 数: 346 千字

版 次: 2014 年 11 月第 1 版 2014 年 11 月第 1 次印刷

定 价: 32.00 元

前言

理论科学、实验科学和计算科学作为科学发现三大支柱,正推动着人类文明进步和科技发展。计算科学的核心是计算科学思维,以培养计算科学思维为目标,已经成为大学计算机素质教育的共识,作为大学计算机通识教育系列课程里的第一门课,大学计算机课程承担着夯实基础、培养计算科学思维的任务。和以往的书相比,本书在内容上更注重对计算科学思维的培养,并且体现出实训的特点。

本书围绕培养计算科学思维的目标,以及“教育部高等学校计算机科学与技术教学指导委员会”对该课程教学的指导意见和要求,内容体现计算理论、计算实践基础、算法三大计算科学思维基本知识群,反映计算机技术的最新发展。此外,由于大学计算机课程涉及的内容多,逻辑要求高,对于刚刚进入大学学习的读者来说,学习相对较难,更需要通过练习和习题等各种手段来强化对所学知识的理解和掌握。书中设计了强化训练,紧扣教学目标,对每章的目标要求、知识要点进行了总结,并精选了大量的习题,帮助读者理解、消化和掌握所学的知识。

在本书附录中还提供了 6 套模拟测试题,可以以此检验学生的学习效果,并可以根据测试结果进行针对性的强化学习。

本书的编写团队由从事大学计算机教育的一线教师组成。全书共 6 章,第一章由程向前编写,其他章节、附录和参考答案由詹涛编写。本书得到了西北工业大学计算机基础教研室全体教师的大力支持,张彦春、裴新风、姜学峰、汪芳、都兴强等提出了很多积极建议,裴新风和高邈分别对本书内容进行了审核,在此表示衷心的感谢!

由于时间仓促和水平有限,书中内容难免有不完善的地方,敬请读者谅解,并诚挚地欢迎读者指出书中不妥之处和提出宝贵建议。

编者

2014 年 8 月

目 录

第一章 计算机发展历史	1
1.1 知识要点	1
1.2 知识导读	1
1.3 习题精选	12
第二章 计算系统的基本思维	17
2.1 知识要点	17
2.2 知识导读	17
2.3 习题精选	38
2.4 强化训练	43
第三章 算法和程序设计语言	45
3.1 知识要点	45
3.2 知识导读	45
3.3 习题精选	85
3.4 强化训练	89
第四章 算法与复杂性	90
4.1 知识要点	90
4.2 知识导读	90
4.3 习题精选	115
4.4 强化训练	117
第五章 数据管理和分析	119
5.1 知识要点	119
5.2 知识导读	119
5.3 习题精选	147
5.4 强化训练	150

第六章 计算机网络和互联网.....	152
6.1 知识要点	152
6.2 知识导读	153
6.3 习题精选	179
附录.....	186
附录 1 大学计算机模拟测试题 I	186
附录 2 大学计算机模拟测试题 II	189
附录 3 大学计算机模拟测试题 III	192
附录 4 大学计算机模拟测试题 IV	195
附录 5 大学计算机模拟测试题 V	199
附录 6 大学计算机模拟测试题 VI	202
参考答案.....	205
参考文献.....	222

第一章 计算机发展历史

目标要求

- (1)了解计算机的发展。
- (2)掌握计算机的分代、分类。
- (3)了解超级计算机和微型机的主要性能现状。
- (4)了解现代信息技术基础知识。
- (5)了解未来信息技术发展趋势。
- (6)掌握计算机在信息社会中的应用及典型应用案例。

1.1 知识要点

- (1)计算机的发展(ABC,ENIAC,EDSAC,EDVAC,冯·诺依曼机)；
- (2)计算机的分代(电子管计算机、晶体管电路计算机、集成电路计算机、大规模集成电路计算机)及操作方式；
- (3)计算机的分类(高性能计算机、微型计算机、工作站、服务器、嵌入式计算机)；
- (4)未来新型计算机(光子计算机、分子计算机、量子计算机)；
- (5)现代信息技术基础知识(数据、信息、信息基础技术、信息系统技术、信息应用技术)；
- (6)未来信息技术的发展趋势(数字化、多媒体化、高速度、网络化、宽频带、智能化)；
- (7)计算机的应用(科学计算、数据处理、电子商务、过程控制、辅助系统、多媒体技术、虚拟现实、人工智能)。

1.2 知识导读

1.2.1 计算机硬件的历史

1. 第一台通用计算设备的出现

查尔斯·巴贝奇(见图 1-1)是一名博学的英国机械工程师,他最早提出了可编程的计算机概念,被尊称为计算机之父,巴贝奇的主要贡献体现在差分机和分析机的设计上。他在 19 世纪早期提出并发明了第一台机械型计算机——差分机,在差分机研究并实现的基础上,1833 年他设计了另一个更通用的计算设备——分析机。在他的设计中,程序和数据是通过打卡机

输入,输出则可以通过打印机打印出数字到卡上。分析机包括一个算术逻辑单元、一个可以实现分支和循环的流程控制器和存储设备,它是第一个可以被图灵机模型描述的通用计算机。分析机比它的时代领先了大约一个世纪,机器的所有部件不得不手工制作,这也是拥有几千个部件的分析机的主要问题。这个项目最后由于英国政府停止资助而终止。巴贝奇没有完成分析机的主要原因并不仅仅由于政治和资金原因,也是由于他的设计日益复杂,比他同时代人的先进太多,受到当时科技发展水平和人们的认识水平的限制而最终无法实现。

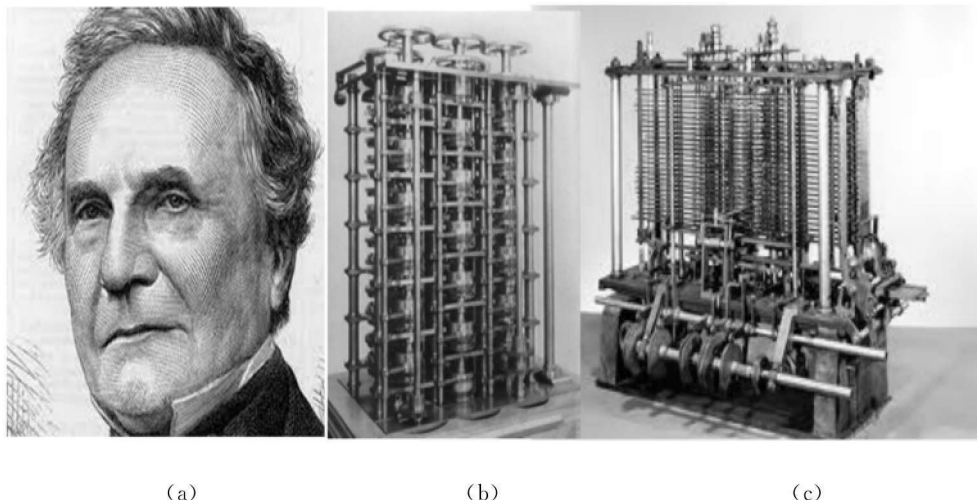


图 1-1 巴贝奇及他发明的差发机和分析机模型
(a)巴贝奇;(b)差发机模型;(c)分析机模型

在巴贝奇分析机艰难的研制过程中,需要提及的一位是计算机领域著名的程序员——阿达·奥古斯塔(Ada Augusta)。阿达·奥古斯塔(见图 1-2)1815 年生于伦敦,她是英国著名诗人拜伦的女儿。阿达 27 岁时成为了巴贝奇科学研究上的合作伙伴,她最著名的事迹为翻译查尔斯·巴贝奇早期的程式设计书《分析机概论》(*analytical engine*),翻译该书所留下的笔记,被认为对现代电脑与软件工程造成了重大影响,人们公认她是世界上第一位软件工程师、第一个程序员。



图 1-2 阿达·奥古斯塔

1975 年 1 月,美国国防部(DoD)提出统一高级语言的必要性,并为此在国际范围内招标。1979 年 5 月,从四种入围语言中最后选定了一种,并决定把新语言命名为 Ada 语言,以此纪念阿达对程序设计的历史贡献。

2. 第一台电子数字计算机 ENIAC

ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Computer)是公认的第一台电子通用计算机。ENIAC 是数字计算机,通过重编程来解决众多类型的计算问题。ENIAC 最初设计是用来为美国陆军弹道研究实验室计算火炮弹道表。在 1946 年 ENIAC 被宣布验证成功时,它被媒体称为“Giant Brain”,它的计算机能力和通用可编程的特性令科学家和工业界兴奋。ENIAC 的设计和施工是由美国陆军资助,建造合同在 1943 年 6 月 5 日签订,实际的建造在 7 月以“PX 项目”为代号秘密开始,由宾夕法尼亚大学摩尔电气工程学院进行。建造完成的机

器在 1946 年 2 月 14 日公布,并于次日在宾夕法尼亚大学正式投入使用。建造这台机器花费了将近 50 万美元(考虑通货膨胀,相当于 2011 年的 650 万美元)。1946 年 7 月,它被美国陆军军械兵团正式接受。为了翻新和升级存储器,ENIAC 在 1946 年 11 月 9 日关闭,并在 1947 年转移到了马里兰州的阿伯丁试验场。1947 年 7 月,它在那里重新启动,继续工作到 1955 年 10 月 2 日晚上 11 点 45 分。

ENIAC 是宾夕法尼亚大学的约翰·莫齐利和 J. · Presper · 埃克特构思和设计的。ENIAC 在 1987 年被评为 IEEE 里程碑之一。

3. 计算机的发展和分代

自从 1946 年第一台电子计算机问世以来,计算机科学与技术已成为本世纪发展最快的一门学科,尤其是微型计算机的出现和计算机网络的发展,使计算机的应用渗透到社会的各个领域,有力地推动了信息社会的发展。多年来,人们以计算机物理器件的变革作为标志,把计算机的发展划分为四代。

第一代(1946—1957 年)是电子管计算机时代,计算机使用的主要逻辑元件是电子管,也称电子管时代。主存储器先采用延迟线,后采用磁鼓磁芯,外存储器使用磁带。软件方面,用机器语言和汇编语言编写程序。这个时期计算机的特点是,体积庞大、运算速度低(一般每秒几千次到几万次)、成本高、可靠性差、内存容量小。这个时期的计算机主要用于科学计算,从事军事和科学研究方面的工作。其代表机型有 ENIAC,IBM650(小型机),IBM709(大型机)等。

第二代(1958—1964 年)是晶体管计算机时代,这个时期计算机使用的主要逻辑元件是晶体管,也称晶体管时代。主存储器采用磁芯,外存储器使用磁带和磁盘。软件方面开始使用管理程序,后期使用操作系统并出现了 FORTRAN,COBOL,ALGOL 等一系列高级程序设计语言。这个时期计算机的应用扩展到数据处理、自动控制等方面。计算机的运行速度已提高到每秒几十万次,体积已大大减小,可靠性和内存容量也有较大的提高。其代表机型有 IBM7090,IBM7094,CDC7600 等。

第三代(1965—1970 年)以集成电路计算机为代表,这个时期的计算机用中小规模集成电路代替了分立元件,用半导体存储器代替了磁芯存储器,外存储器使用磁盘。软件方面,操作系统进一步完善,高级语言数量增多,出现了并行处理机、多处理机、虚拟存储系统以及面向用户的应用软件。计算机的运行速度也提高到每秒几十万次到几百万次,可靠性和存储容量进一步提高,外部设备种类繁多,计算机和通信密切结合起来,广泛地应用到科学计算、数据处理、事务管理、工业控制等领域。其代表机器有 IBM360 系列、富士通 F230 系列等。

第四代(1971 年以后)是大规模和超大规模集成电路计算机时代。人们不断研究集成电路的制造工艺,光刻技术、微刻技术到现在的纳刻技术,使得集成电路的规模越来越大,集成电路的发展就像 Intel 创始人摩尔提出的摩尔定律一样:

“当价格不变时,集成电路上可容纳的晶体管数目大约每隔 18 个月会增加 1 倍,其性能也将提升 1 倍。”

这个时期的计算机主要逻辑元件是大规模和超大规模集成电路,一般称大规模集成电路时代。存储器采用半导体存储器,外存储器采用大容量的软、硬磁盘,并开始引入光盘。软件方面,操作系统不断发展和完善,同时发展了数据库管理系统、通信软件等。计算机的发展进入了以计算机网络为特征的时代。计算机的运行速度可达到每秒上千万次到万亿次,计算机

的存储容量和可靠性又有了很大提高,功能更加完备。这个时期计算机的类型除小型、中型、大型机外,开始向巨型机和微型机(个人计算机)两个方面发展,使计算机开始进入了办公室、学校和家庭。

目前新一代计算机正处在设想和研制阶段。新一代计算机是把信息采集、存储处理、通信和人工智能结合在一起的计算机系统,也就是说,新一代计算机由处理数据信息为主,转向处理知识信息为主,如获取、表达、存储及应用知识等,并有推理、联想和学习(如理解能力、适应能力、思维能力等)等人工智能方面的能力,能帮助人类开拓未知的领域和获取新的知识。计算机的发展日新月异。1983年我国湖南国防科技大学研制成功“银河—Ⅰ”巨型计算机,运行速度达每秒1亿次。1992年,国防科技大学计算机研究所研制的巨型计算机“银河—Ⅱ”通过鉴定,该机运行速度为每秒10亿次。我国又研制成功了“银河—Ⅲ”巨型计算机,运行速度已达到每秒130亿次,其系统的综合技术已达到当前国际先进水平,填补了我国通用巨型计算机的空白。

目前,我国超级计算机的研制技术已进入世界先进行列。由国防科技大学研制的天河二号超级计算机系统,以峰值计算速度每秒5.49亿亿次、持续计算速度每秒3.39亿亿次双精度浮点运算的优异性能位居榜首,成为全球最快的超级计算机。2010年11月,天河一号曾以每秒4.7千万亿次的峰值速度,首次将五星红旗插上超级计算领域的世界之巅。

2013年11月18日,国际TOP500组织公布了最新全球超级计算机500强排行榜榜单,中国国防科技大学研制的“天河二号”以比第二名——美国的“泰坦”——快近1倍的速度再度登上榜首。在2014年6月23日公布的全球超级计算机500强榜单中,中国“天河二号”以比第二名美国“泰坦”快近1倍的速度连续第三次获得冠军。

1.2.2 计算机软件的历史

软件是指程序、程序运行所需要的数据和开发、使用及维护这些程序以及控制和管理计算机硬件系统的一系列的文档的集合。程序是按照事先设计好的功能和性能要求进行执行的指令序列。强大的计算机硬件系统是软件系统运行的基础,软件系统可以将硬件系统的功能和性能进行扩展。

1. 第一代软件(1946—1953年)

早期的程序需要以计算机硬件能够直接执行的“指令”编写,即使用机器语言编写程序。机器语言是计算机能够直接识别和执行的语言,由0/1编码的指令和规则构成。但是机器语言的缺点也是显而易见的,程序员必须记住二进制编码的指令,看懂并编写二进制的数。而且,不同的计算机使用不同的机器语言。因此,只有少数专业人员能够使用计算机,大大限制了计算机的推广。在这个时代末期出现了汇编语言,它使用助记符(采用简单、写来表示指令)表示每条机器语言指令,例如ADD表示指令加,SUB表示减法等。相对机器语言,用汇编语言编写的程序就容易多了。例如计算 $2+3$ 的汇编语言指令如下:

```
MOV AL,2
ADD AL,3
MOV #4,AL
```

由于只有机器语言程序才能被计算机直接执行,所以即使汇编语言程序中的指令和机器语言的指令可以一一对应也需要“翻译”成机器语言程序。这个翻译的过程可由软件自动

进行。

2. 第二代软件(1954—1964 年)

这个时候的计算机硬件已经变得更强大,因此需要更强大的软件工具使得计算机的功能能够有效发挥。虽然汇编语言已经前进了一大步,但是由于和机器语言指令一一对应,可移植性也不好,程序员还是必须记住很多汇编指令,这个时候就出现了高级程序设计语言,例如 FORTRAN, LISP, BASIC 语言。高级语言的指令形式类似自然语言和数学语言,容易学习,方便编程,降低了编写程序的难度,提高了程序的可读性。

用高级语言编写的程序称为源程序,源程序不能被计算机执行,需要通过翻译程序(称作编译器)翻译成机器指令程序。每种高级语言都有配套的翻译程序,翻译的形式分为两种:编译方式和解释方式。使用高级语言编写程序的人员不需要懂得机器语言和汇编语言,这就降低了对应用开发人员的要求,因此,有更多的技术人员进入算机应用领域的程序开发,扩大了计算机的使用范围。但是,由于汇编语言和机器语言 $\vee$ 利用计算机的硬件特性并针对硬件直接编程,因此运行 $\perp$ 较高,所以在实时控制、实时检测等领域的许多应用程序仍然使用汇编语言和机器语言编写。

3. 第三代软件(1965—1979 年)

这个时期计算机硬件上已经用集成电路代替了晶体管,处理器的运算速度也得到了很大提升,可以支持多个作业同时运行。这个时期出现的最重要的软件就是操作系统,它统一管理计算机的所有资源,根据当前系统状态来为运行的作业分配资源。操作系统出现后,应用程序就不再直接运行在计算机硬件之上,而是运行在操作系统之上,在操作系统的支持下使用计算机中的软硬件资源。

在这个时期,第一个下棋程序被发明(1967 年, A. L. Samuel),开始了人工智能的研究。1968 年荷兰计算机科学家狄杰斯特拉发表了论文《GOTO 语句的害处》,支持调试和修改程序的困难和程序中包含 GOTO 语句的数量成正比,从此,各种结构化程序设计理念逐渐建立。

4. 第四代软件(1979—1989 年)

20 世纪 70 年代出现了结构化程序设计技术, Pascal 语言和 Modula-2 语言都是采用结构化程序设计规则制定的语言。BASIC 这种 $\cup$ 三代计算机设计的语言也被升级为具有结构化的版本,此外,还出现了灵活且功能强大的 C 语言。更好用、更强大的操作系统被开发了出来。为 IBM PC 开发的 PC-DOS 和为兼容机开发的 MS-DOS 都成了微型计算机的标准操作系统, Macintosh 机的操作系统引入了鼠标的概念和点击式的图形界面,彻底改变了人机交互的方式。

80 年代,随着微电子和数字化声像技术的发展,在计算机应用程序中开始使用图像、声音等多媒体信息,出现了多媒体计算机概念。多媒体技术的发展使计算机的应用进入了一个新阶段。这个时期出现了多用途的应用软件,典型的应用软件是电子制表软件、文字处理软件和数据库管理软件等,这些都是面向普通用户开发的应用程序,用户不需要对软件开发和计算机有很深入的了解。Lotus 1-2-3 是第一个商用电子制表软件, WordPerfect 是第一个商用文字处理软件, dBase III 是第一个实用的数据库管理软件。

5. 第五代软件(1990—)

计算机软件业具有主导地位的 Microsoft 公司的崛起、面向对象的程序设计方法的出现以及万维网(World Wide Web)的普及是这个时期的著名事件。在这个时期, Microsoft 公司

的 Windows 操作系统在 PC 市场占有显著优势, WordPerfect 虽然仍在继续改进, 但 Microsoft 公司的 Word 成了最常用的文字处理软件。20 世纪 90 年代中期, Microsoft 公司将文字处理软件 Word、电子制表软件 Excel、数据库管理软件 Access 和其他应用程序绑定在一个程序包中, 称 办公自动化软件。

面向对象的程序设计方法最早是在 20 世纪 70 年代开始使用的, 当时主要是用在 Small-talk 语言中。90 年代, 面向对象的程序设计逐步代替了结构化程序设计, 成为目前最流行的程序设计技术。面向对象程序设计尤其适用于规模较大、具有高度交互性、反映现实世界中动态内容的应用程序。Java, C++, C# 等都是面向对象程序设计语言。

1990 年, 英国研究员提姆·伯纳李(Tim Berners-Lee)创建了一个全球 Internet 文档中心, 并创建了一套技术规则和创建格式化文档的 HTML 语言, 以及能让用户访问全世界站点上信息的浏览器, 此时的浏览器还很不成熟, 只能显示文本。软件体系结构从集中式的主机模式转变为分布式的客户机/服务器模式(C/S)或浏览器/服务器模式(B/S), 专家系统和人工智能软件从实验室走出来进入了实际应用, 完善的系统软件、丰富的系统开发工具和商品化的应用程序的大量出现, 以及通信技术和计算机网络的飞速发展, 使得计算机进入了一个大发展的阶段。

1.2.3 图灵测试

1936 年, 哲学家阿尔弗雷德·艾耶尔思考心灵哲学问题: 我们怎么知道其他人曾有同样的体验。在《语言, 真理与逻辑》中, 艾耶尔提出有意识的人类及无意识的机器之间的区别。

1950 年, 图灵发表了一篇划时代的论文 *Computing Machinery and Intelligence*, 文中预言了创造出具有真正智能的机器的可能性。图灵肯定机器是可以思维的, 他还对智能问题从行为主义的角度给出了定义, 由于注意到“智能”这一概念难以确切定义, 他提出了著名的图灵测试, 即如果一台机器能够与人类展开对话(通过电传设备)而不能被辨别出其机器身份, 那么称这台机器具有智能。这一简化使得图灵能够令人信服地说明“思考的机器”是可能的。论文中还回答了对这一假说的各种常见质疑。图灵测试是人工智能哲学方面第一个严肃的提案。当时全世界只有几台计算机, 几乎所有计算机都根本无法通过这一测试。

1952 年, 在一场 BBC 广播中, 图灵谈到了一个新的具体想法: 让计算机来冒充人。如果超过 30% 的裁判误以为在和自己说话的是人而非计算机, 那就算作成功了。

图灵测试的具体过程如下: 测试某机器是否能表现出与人等价或无法区分的智能。测试的谈话仅限于使用唯一的文本渠道, 例如计算机键盘和屏幕, 这样的结果是不依赖于计算机把单词转换为音频的能力。如果一台机器能够与人类展开对话(通过键盘和显示器), 而不能被人类辨别出其机器身份, 那么称这台机器具有智能。

2014 年 6 月 7 日是计算机科学之父阿兰·图灵(Alan Turing)逝世 60 周年纪念日。这一天, 在英国皇家学会举行的“2014 图灵测试”大会上, 俄罗斯人弗拉基米尔·维西罗夫(Vladimir Veselov)创立的人工智能软件尤金·古斯特曼(Eugene Goostman, 见图 1-3)首次“通过”了图灵测试。

尤金最初由弗拉基米尔·维西罗夫(Vladimir Veselov)、谢尔盖·乌拉森(Sergey Ulasen)和尤金·杰姆琴科(Eugene Demchenko)在俄罗斯圣彼得堡共同开发, 它模拟的是一个 13 岁乌克兰男孩。这届图灵测试大会由雷丁大学组织。按照大会规则, 如果在一系列时长为 5

分钟的键盘对话中,某台计算机被误认为是人类的比例超过 30%,那么这台计算机就被认为通过了图灵测试。此前,从未有任何计算机达到过这一水平。2014 年图灵测试大会共有 5 个聊天机器人参与,其中尤金成功地被 33% 的评委判定为人类。

雷丁大学的客座教授、考文垂大学副校长凯文·沃里克(Kevin Warwick)参与了大会的组织工作。“某些人会说其实图灵测试早已经被通过了,世界各地的类似赛事上都有‘图灵测试’的身影。不过,这次活动所包含的同时比较

测试是史上最多的,也通过了独立认证。”他说:“至关重要的是,在这次测试中,对话是不受限制的。真正的图灵测试正是不预设问题或主题的。所以,我们很骄傲地宣布,图灵测试是在这周六才首次被通过的。”沃里克说,图灵自己在逝世前不久就曾预言图灵测试迟早会被通过。

沃里克指出,计算机能让我们将他人甚至其他东西当做自己信任的人,这无疑在网络犯罪方面为我们敲响了警钟。图灵测试正是对抗这些威胁的重要工具。“理解这类实时在线交流如何让人们对某些事信以为真并对他们造成影响,是非常重要的事情。”

1.2.4 计算思维

1. 计算思维的定义

21 世纪是信息和知识经济的时代,计算机的应用十分普及,不懂计算机程序设计,就不能真正理解计算机和在从事的工作领域内深入地应用计算机。

计算机应用软件及工具层出不穷,尽管这样,在工作中通常也要针对具体实际问题对一些软件进行二次开发或需要开发一些适用自己的软件。

除了使用计算机作为生产工具和生活、娱乐的手段之外,还应该了解计算机科学内涵,使计算机成为一种帮助人们思维的工具。

计算思维由美国 Carnegie Mellon 大学计算机科学教授周以真(见图 1-4)于 2006 年提出。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、系统设计以及理解人类行为的一系列思维活动的统称。计算思维代表着一种普遍的态度和一类普适的技能,每一个人都应热心于它的学习和运用。

周以真认为计算思维具有以下特征:

- (1)是概念化的抽象思维而不只是程序设计。
- (2)是基本的而不是死记硬背的技能。
- (3)是人的而不是计算机的思维方式。
- (4)是数学和工程思维的互补与融合。
- (5)是思想而不是人造品。



图 1-3 人工智能尤金·古斯特曼

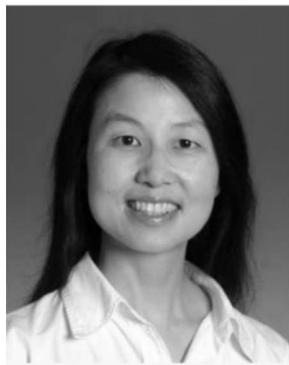


图 1-4 周以真教授

(6)面向所有的人和所有地方。

(7)关注依旧亟待理解和解决的智力上极有挑战性并且引人入胜的科学问题。

计算思维吸取了问题解决所采用的一般数学思维方法,现实世界中巨大复杂系统的设计与评估的一般工程思维方法,以及复杂性、智能、心理、人类行为的理解等的一般科学思维方法。

计算思维建立在计算过程的能力和限制之上,由人和机器执行。

计算思维的概念体现了计算机科学中最根本的内容,即其本质是抽象(Abstraction)和自动化(Automation)。计算思维中的抽象完全超越物理的时空观,用符号来表示,其中,数字抽象只是一类特例。

2. 计算思维概念提出的背景

2005年6月,美国总统信息技术咨询委员会(President's Information Technology Advisory Committee, PITAC)给美国总统提交了报告《计算科学:确保美国竞争力》(*Computational Science: Ensuring America's Competitiveness*)。报告陈述:虽然计算本身也是一门学科,但是其具有促进其他学科发展的作用。21世纪科学上最重要的、经济上最有前途的研究前沿都有可能通过熟练地掌握先进的计算技术和运用计算科学而得到解决。报告认为:如今美国又一次面临了挑战,这一次的挑战比以往来得更加广泛、复杂,也更具长期性。美国还没有认识到计算科学在社会科学、生物医学、工程研究、国家安全,以及工业改革中的中心位置。这种认识不足将危及美国的科学领导地位、经济竞争力以及国家的安全。报告建议:将计算科学长期置于国家科学与技术领域中心的领导地位。

美国 NSF 的计算机与信息科学和工程(Computer & Information Science & Engineering, CISE)学部 2006 年率先启动了“扩大计算参与面”计划,它通过扩大计算的参与对象,使更多的人,特别是美国的少数民族和妇女受益。目标促成造就具有基本计算思维能力的、在全球有竞争力的美国劳动大军,确保美国在全球创新企业的领导地位。将计算思维学习机会融入到计算机、信息科学、工程技术和其他领域的本科教育中,以增强开发具有计算思维能力的学生的人数。展示突破性的、可在多类学校中推广的、以计算思维为核心的本科教育模式。CPATH 计划认为:尽管有的研究机构 and 大学对此做出了卓越的、开创性的工作,但目前美国更多的大学计算教育仍然沿袭的是几十年前的教学模式。2011 年度 NSF 启动了 CE21 计划,计划是建立在 CPATH 计划成功的基础上,其目的是提高 K-14(中小学和大学一、二年级)教师与学生的计算思维能力。

3. 计算思维的影响力

目前,理论科学、实验科学和计算科学作为科学发现三大支柱现在已经达成了一个普遍的认识,正推动着人类文明进步和科技发展,计算手段已发展为与理论手段和实验手段并存的科学研究的第三种手段。通常认为,三种科学和手段对应着三种思维:

(1)理论科学对应理论思维。理论思维又叫推理思维,理论手段是指以数学学科为代表,以推理和演绎为特征的手段,通过构建分析模型和理论推导进行规律预测和发现。

(2)实验科学对应实验思维。实验思维又叫实证思维,实验手段是指以物理学科为代表,以观察和总结自然规律为特征的手段,通过直接的观察获取数据,对数据进行分析和规律发现。

(3)计算科学对应计算思维。计算思维又叫构造思维,计算手段是指以计算机学科为代

表,以设计和构造为特征的手段,通过建立仿真的分析模型和有效算法,利用计算工具来进行规律预测和发现。

理论源于数学,理论思维支撑着所有的学科领域。正如数学一样,定义是理论思维的灵魂,定理和证明是它的精髓。公理化方法是最重要的理论思维方法。而实验思维的先驱是意大利科学家伽利略,他被人们誉为“近代科学之父”。与理论思维不同,实验思维^[1]需要借助于某些特定的设备,并用它们来获取数据以供以后的分析。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的涵盖了计算机科学之广度的一系列思维活动。

计算思维对其他学科的影响力已^[3]处可见。例如:计算生物学正在改变着生物学家的思考方式,计算博弈理论正在改变着经济学家的思考方式,纳米计算正在改变着化学家的思考方式,量子计算正在改变着物理学家的思考方式等。计算思维正在渗透到各个学科中,诸如算法和数据结构这样的术语成为不同学科领域工作者的日常用语,把树倒过来画已经习以为常(计算机中文件目录结构 $\vee$ 看作是一个倒过来的树状结构)，“非确定随机算法”“垃圾收集”这样的术语都已司空见惯。

4. 我国开展计算思维学习的进程

计算思维培养是大学计算机教育的重要部分。国家明确定位计算机基础课程是和数学、物理等同地位的基础课程。计算机不仅为不同专业提供了解决专业问题的有效方法和手段,而且提供了一种独特的处理问题的思维方式。熟悉使用计算机及互联网,为人们终生学习提供了广阔的空间以及良好的学习工具与环境。

我国高等学校计算机基础课程教指委于2010年5月在合肥会议上讨论了如何培养高素质的研究性人才,“计算机基础”这门课程应该包含哪些内容,如何将计算思维融入到这门课程中。2010年7月在西安会议上发表了《九校联盟(C9)计算机基础教学发展战略联合声明》,确定了以计算思维为核心的计算机基础课程教学改革。2010年9月在太原会议上决定了将合肥会议和西安会议中有关计算思维的讨论形成书面材料,以“计算思维:确保学生创新能力”为主题向教育部领导谏言和申请立项研究。2010年11月在济南会议上,决定将在全国更大范围内,深入讨论以计算思维为核心的基础课教学改革,并将太原会议的初步材料加以讨论和修改后正式上报教育部,并“以计算思维能力培养为核心推进大学通识教育改革的研究与实践”为项目,建议立项研究。2011年6月在北京“以计算思维为导向的计算机基础课程建设”研讨会上,组织有关高校围绕“计算思维的实质”和“如何在计算机基础教学的第一门课程中体现计算思维能力的培养”进行了广泛的讨论。2011年8月在深圳召开了计算机基础课程教指委高层研讨会(第6次工作会议),主要研究以计算思维为主题向教育部、科技部、国家自然科学基金委申请立项研究计算思维事宜。

2011年11月在杭州召开了计算机基础课程教指委第7次工作会议,主要审定第6次工作会议确定的三个立项报告,最终向教育部、科技部、国家自然科学基金委提交正式申请报告。

2012年1月在深圳召开了计算机基础课程教指委第8次工作会议,会议期间举行了“计算机素质教育论坛”,深入交流了大学计算机素质教育的方方面面,探讨了计算文化、计算科学、计算思维在大学计算机素质教育中的重要作用。

计算思维课程在部分中国高校中已经正式开始实践,这其中包括上海交通大学、西安交通大学、深圳大学等国内高校。2012年7月,教学指导委员会和西安交通大学共同举办了“第一

届计算思维与大学计算机课程教学改革研讨会”。2013年7月“第二届计算思维与大学计算机课程教学改革研讨会”在成都召开。西北工业大学作为985院校中一员参加了教育部大学计算机基础课程教学改革项目,从2013年秋季开始进行大学计算机基础课程的面向计算思维培养的教学改革,课程名称更名为“大学计算机”。

1.2.5 微型计算机的发展历史

1. 微处理器与微型计算机的发展

微型计算机出现之前,IBM公司一直是商用计算机的主要供应商。长期以来,IBM以其大、中型计算机的制造著称于世。

1971—1974年,Intel公司推出了4位和8位微处理器Intel 4004和Intel 8008,同时开发了以4004,8008为CPU的微机,开创了微型计算机时代的先河。

Intel 11, Zilog公司和Motorola公司分别加入到了微处理器的开发中。1974—1978年,采用了Intel 8080,Z-80,MC 6800的中、高档微处理器的微型机表现了良好的发展态势,原本对微型机不屑一顾的IBM公司开始重视微机市场的发展,1978—1981年,Intel,Zilog,Motorola分别推出16位微处理器Intel 8086,Z 8000,MC 68000等,一系列16位微型计算机投入了市场。IBM选择了Intel 8086作为微处理器,于1981年开发成功了IBM PC,IBM PC微机一经上市,就在计算机业界引起了轰动,并迅速在计算机的市场中取得了牢固位置。之后,Intel推出其32位微处理器,PC机的功能越来越强大,√ 构成与20世纪70年代大、中型计算机相匹敌的计算能力,大有取代之势。Intel公司凭借PC市场的成功也迅速在微处理器的制造上形成其垄断地位。此后,Zilog,Motorola相继放弃了在微处理器上的竞争,在IBM成功地开发了IBM PC 11,美国的其他电脑公司也开始加入到微型计算机的开发中,分别开发出同IBM PC兼容的微型机,在计算机市场中微型计算机竞争空前激烈。知名的制造商在全球范围内形成了各自的销售网络,如IBM,COMPAQ,DELL等。

继Intel 8086 11, Intel公司逐步推出了80286,80386,80486,Pentium,Pentium Pro,Pentium MMX,PII以及最新的PIII系列微处理器,AMD公司推出了与Intel指令集兼容的微处理器5x86,K5,K6,K7,Cyrix公司也推出了6x86,M2等高档CPU。这些公司目前基本上垄断了微机CPU部件的制造,全球微机制造商基本上都选用上述三家公司提供的CPU。

2. PC兼容机操作系统的形成和垄断

在微型机以前,计算机操作系统及各种应用软件产品大多都随同硬件产品捆绑发行,而且价格非常昂贵,软件产品的大众化、市场化非常有限。

1981年IBM公司指定微软(Microsoft)公司为其开发IBM PC操作系统,微软公司对其命名为DOS(Disk Operating System),最初的版本为1.0,在之后的10年之中,微软不断对DOS系统进行版本升级,其后的2.0至6.22版本中加入新技术和对新硬件的支持,DOS的功能不断完善。微软的DOS系统逐步在PC操作系统的市场中形成了垄断,MS-DOS系统成为PC兼容机的必备软件,MS-DOS的装机数量数以亿计。1984年,微软成功开发了PC上的第一个图形化用户界面的操作系统Windows 1.0版本。在随后的几年里,微软公司完善了Windows系统,Windows也因其采用图形化用户界面使PC的操作变得生动简单而得到迅速普及,在Windows 3.1版本更是加入了对多媒体技术的支持,媒体计算机开始走向家庭。随着计算机硬件功能的不断强大,微软公司在1995年推出其全新的32位操作系统Windows 95。

Windows 95 产品一上市,在微机市场上就形成了巨大的影响,因其全新的用户界面和强大的应用软件支持而受到了微机用户的青睐,并迅速得到了业界的广泛支持。尽管 IBM 随后也推出了优秀的 PC 图形化操作系统 OS/2,但因其与大量已被广泛使用的 DOS 和 Windows 软件的兼容性不好等原因,OS/2 在业界的支持率不高,在竞争中始终处于下风。时至今日,Windows XP 及其后续一系列的 Windows 系统在桌面操作系统一级的市场上已基本达到了全球垄断。

1.2.6 计算机的应用

计算机的应用已渗透到社会的各个领域,正在改变着人们的工作、学习和生活的方式,推动着社会的发展。归纳起来可分为以下几个方面。

1. 科学计算(数值计算)

科学计算也称数值计算。计算机最开始是为解决科学研究和工程设计中遇到的大量数学问题的数值计算而研制的计算工具。随着现代科学技术的进一步发展,数值计算在现代科学研究中的地位不断提高,在尖端科学领域中,显得尤为重要。例如,人造卫星轨迹的计算,房屋抗震强度的计算,火箭、宇宙飞船的研究设计都离不开计算机的精确计算。

在工业、农业以及人类社会的各领域中,计算机的应用都取得了许多重大突破,就连我们每天收听收看的天气预报都离不开计算机的科学计算。

2. 数据处理(信息处理)

在科学研究和工程技术中,会得到大量的原始数据,其中包括大量图片、文字、声音等。信息处理就是对数据进行收集、分类、排序、存储、计算、传输、制表等操作。目前计算机的信息处理应用已非常普遍,如人事管理、库存管理、财务管理、图书资料管理、商业数据交流、情报检索、经济管理等。

信息处理已成为当代计算机的主要任务,是现代化管理的基础。据统计,全世界计算机用于数据处理的工作量占全部计算机应用的 80% 以上,这大大提高了人们的工作^①和管理水平。

3. 自动控制

自动控制是指通过计算机对某一过程进行自动操作,它不需人工干预,能按人预定的目标和预定的状态进行过程控制。所谓过程控制是指对操作数据进行实时采集、检测、处理和判断,按最佳值进行调节的过程。目前被广泛用于操作复杂的钢铁企业、石油化工业、医药工业等生产中。使用计算机进行自动控制可大大提高控制的实时性和准确性,提高劳动^②、产品质量,降低成本,缩短生产周期。计算机自动控制还在国防和航空航天领域中起决定性作用,例如,无人驾驶飞机、导弹、人造卫星和宇宙飞船等飞行器的控制,都是靠计算机实现的。^③说计算机是现代国防和航空航天领域的神经中枢。

4. 计算机辅助设计和辅助教学

计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)是指借助计算机人们^④自动或半自动地完成各类工程设计工作。目前 CAD 技术已应用于飞机设计、船舶设计、建筑设计、机械设计、大规模集成电路设计等。在京九铁路的勘测设计中,使用计算机辅助设计系统绘制一张图纸仅需几个小时,而过去人工完成同样工作则要一周甚至更长时间。可见采用计算机辅助设计,可缩短设计时间,提高工作^⑤,节省人力、物力和财力,更重要的是提高了设计质量。