

普通高等教育“十二五”规划教材

大学计算机基础

——面向计算思维

DAXUEJISUANJIJICHU
——MIANXIANGJISUANSIWEI

主 编 周丽娟 张守伟
副主编 侯仲尼 杨海波



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十二五”规划教材

大学计算机基础——面向计算思维

主 编 周丽娟 张守伟

副主编 侯仲尼 杨海波

内 容 提 要

本书是根据教育部计算机基础课程教学指导分委员会颁布的《大学计算机基础大纲》编写的教材。本书是一本学习计算机基础知识, 注重提高读者对计算科学和计算机科学的理解, 培养学生计算思维的理念和能力, 力求培养大学生对计算产生高度兴趣的基础教材。教材的内容包括: 导论、计算机系统、数据在计算机中的表示、程序设计基础、算法基础、数据结构、数据库设计基础与计算机网络应用, 每章都有小结和习题。

本书教学内容的安排注重计算思维和算法基础, 配套实践教材可使学生对计算机处理基本问题的过程有较深的了解, 迅速理解计算机的工作原理, 进而主动思考如何利用计算机学习和创新, 有利于学生进入后续课程的学习。

本教材可作为高等院校非计算机专业本科生及专科生的大学计算机基础课程教学用书, 也可作为高等学校成人教育的培训教材和教学参考书。

本书提供电子教案, 读者可以从中国水利水电出版社网站和万水书苑上免费下载, 网址为: <http://www.waterpub.com.cn/softdown/>和 <http://www.wsbookshow.com>。

图书在版编目 (C I P) 数据

大学计算机基础 : 面向计算思维 / 周丽娟, 张守伟
主编. — 北京 : 中国水利水电出版社, 2015. 9
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5170-3656-2

I. ①大… II. ①周… ②张… 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(2015)第220799号

策划编辑: 石永峰 责任编辑: 李 炎 加工编辑: 夏雪丽 封面设计: 李 佳

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 大学计算机基础——面向计算思维
作 者	主 编 周丽娟 张守伟 副主编 侯仲尼 杨海波
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京泽宇印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 12.75 印张 315 千字
版 次	2015 年 9 月第 1 版 2015 年 9 月第 1 次印刷
印 数	0001—5000 册
定 价	30.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

前 言

在我国，大学计算机基础教育已开展多年，可以说取得了很好的效果。

随着时代的进步，也有一些问题产生。主要的问题是把计算机定位为狭义工具，基础课教学主要的内容是教学生怎样使用计算机。应该说这种认识目前已经不适合对大学生的培养，会使得学生对计算机学科和计算学科的认知淡化，无助于计算技术中最重要的核心思想和方法的掌握。整个课程学下来，不是不知所云，就是无所适从。可以说已经无法引领学生进入计算机领域。

高校计算机基础课程的教学内容不能仅仅局限于教会学生怎样使用软件工具，而应有相对稳定的、体现计算机学科思想和方法的核心内容，综合考虑技能培养与思维训练，构建新的课程体系，推进计算机基础课程教学改革。

本书把学习计算机的过程主要定位在通过学习培养思维能力。不过把计算思维能力培养作为计算机基础教学的教学要求，不论是将其视为教学核心内容还是教学内容之一，都是一件前无古人的开创性工作。目前，培养思维能力这种提法从 2010 年 11 月陈国良院士在第六届大学计算机课程报告论坛提出到现在不满 5 年，取得了一些成果但经验还是很少，无论从理论层面，还是实践环节都在摸索中，本书也是在探索之中。

本书主要由以下 8 章内容构成：

第 1 章 导论，主要介绍计算、计算机科学、计算科学，以及计算机的发展历史、计算机在中国、计算机的应用领域和计算机的发展趋势。

第 2 章 计算机系统，主要介绍计算机（以微机为例）硬件系统和软件系统、计算机工作原理和微型计算机的系统组成。

第 3 章 数据在计算机中的表示，主要介绍数值、字符、图形图像和声音等信息在计算机中的二进制表示。

第 4 章 程序设计基础，主要介绍程序的概念、结构化程序设计和面向对象程序设计的基本理念。

第 5 章 算法基础，主要介绍常用算法和算法的设计方法。并在实践教程中介绍 RAPTOR (the Rapid Algorithmic Prototyping Tool for Ordered Reasoning, 用于有序推理的快速算法原型工具)，实现无语言基础的算法描述。

第 6 章 数据结构，主要介绍数据的基本逻辑结构和物理结构。

第 7 章 数据库设计基础，主要介绍数据的管理体系和管理方式、关系型数据库的基本关系运算。

第 8 章 计算机网络应用，主要介绍计算机网络的发展、网络的组成、体系结构和互联网基础、互联网创新。

本书由周丽娟、张守伟任主编，侯仲尼、杨海波任副主编。参加本书编写工作的人员还有刘久明、纪澍琴、于雪晶、韩志明、段丽霞、顾煜新等。

本书是在原有的《大学计算机基础》上探索和改革的一门课程，教材中难免有不完善的地方，敬请广大读者谅解，并诚挚欢迎读者提出宝贵建议。

编 者

2015 年 7 月

目 录

前言

第1章 导论	1
1.1 计算概念	1
1.2 计算机科学与计算科学	1
1.3 计算机的发展史	2
1.3.1 计算机硬件的发展	2
1.3.2 计算机软件的发展	5
1.3.3 计算机在中国	6
1.3.4 未来新型计算机	9
1.4 计算机的应用领域	10
本章小结	12
习题1	12
第2章 计算机系统	14
2.1 计算机系统的组成	14
2.1.1 冯·诺依曼型计算机	14
2.1.2 计算机硬件系统	15
2.1.3 计算机软件系统	16
2.1.4 计算机硬件系统和软件系统之间的关系	18
2.2 计算机工作原理	19
2.2.1 计算机指令系统	19
2.2.2 计算机基本工作原理	19
2.3 微型计算机系统的组成	20
2.3.1 微型计算机的基本结构	21
2.3.2 微型计算机的硬件组成	22
2.3.3 微型计算机的软件配置	35
2.4 计算机的主要技术指标及性能评价	37
本章小结	38
习题2	38
第3章 数据在计算机中的表示	42
3.1 数据与数制	42
3.1.1 数据及其分类	42
3.1.2 数制	42
3.1.3 不同进制数之间的转换	45
3.2 数值在计算机中的表示	48

3.2.1 数值编码	48
3.2.2 数值在计算机中的表示	52
3.3 字符在计算机中的表示	54
3.3.1 英文字符在计算机中的表示	55
3.3.2 汉字字符在计算机中的表示	56
3.4 图形和图像在计算机中的表示	64
3.4.1 图形在计算机中的表示	64
3.4.2 图像在计算机中的表示	64
3.4.3 常用的图像文件格式	66
3.5 声音在计算机中的表示	68
3.5.1 声音在计算机中的表示	68
3.5.2 声音文件格式	69
本章小结	70
习题3	70
第4章 程序设计基础	73
4.1 程序设计概述	73
4.1.1 程序和程序设计	73
4.1.2 程序设计方法	73
4.1.3 程序设计风格	73
4.2 结构化程序设计	75
4.2.1 结构化程序设计的原则	75
4.2.2 结构化程序设计的基本结构	75
4.2.3 结构化设计语言	76
4.3 面向对象的程序设计	77
4.3.1 面向对象的程序设计方法概述	78
4.3.2 对象和类	80
4.3.3 消息(Message)	82
4.3.4 继承性和多态性	83
4.3.5 面向对象语言	84
本章小结	85
习题4	86
第5章 算法基础	87
5.1 算法概述	87
5.1.1 算法的定义	87

5.1.2 算法的基本特征及评价	89	第7章 数据库设计基础	142
5.1.3 算法复杂度	89	7.1 数据库的基本概念	142
5.1.4 算法的基本要素	91	7.1.1 数据和数据处理	142
5.2 描述算法的工具	92	7.1.2 数据管理技术的发展	143
5.2.1 传统流程图	92	7.1.3 数据库系统	144
5.2.2 N-S 结构化流程图	93	7.1.4 数据库管理系统的基本功能	145
5.2.3 PAD 图	94	7.1.5 数据库系统的基本特点	146
5.2.4 过程设计语言	95	7.1.6 数据库系统的内部体系结构	147
5.3 穷举法	95	7.2 数据模型	149
5.4 迭代法	101	7.2.1 数据模型的基本概念	149
5.5 递归法	106	7.2.2 概念模型	150
5.6 排序算法	110	7.2.3 E-R 模型	151
5.6.1 冒泡排序	110	7.2.4 逻辑数据模型	152
5.6.2 简单选择排序	113	7.3 关系代数	155
5.6.3 直接插入排序	115	7.3.1 传统的集合运算	155
5.7 查找算法	116	7.3.2 专门的关系运算	157
5.7.1 顺序查找	116	7.4 数据库设计与管理	159
5.7.2 二分法查找	117	7.4.1 数据库设计	159
本章小结	119	7.4.2 数据库管理	160
习题5	119	本章小结	161
第6章 数据结构	123	习题7	161
6.1 数据结构的基本概念	123	第8章 计算机网络应用	164
6.1.1 数据与数据结构	123	8.1 计算机网络概述	164
6.1.2 数据的逻辑结构	124	8.1.1 计算机网络的形成与发展	164
6.1.3 数据的存储结构	125	8.1.2 计算机网络的分类	166
6.1.4 数据的运算	126	8.1.3 计算机网络的组成	168
6.2 线性表	127	8.1.4 计算机网络的主要功能	174
6.2.1 线性表的定义	127	8.2 计算机网络体系结构	175
6.2.2 顺序表及其基本运算	127	8.2.1 网络体系结构概述	175
6.2.3 链表及其基本运算	128	8.2.2 ISO/OSI 开放系统互联参考模型	176
6.3 栈和队列	129	8.2.3 TCP/IP 体系结构	179
6.3.1 栈及其基本运算	130	8.3 Internet 基础	180
6.3.2 队列及其基本运算	131	8.3.1 Internet 的概述	181
6.4 树与二叉树	133	8.3.2 Internet 的接入方式	181
6.4.1 树的基本概念	134	8.3.3 IP 地址和域名系统	183
6.4.2 二叉树及其基本性质	135	8.3.4 Internet 的应用	185
6.4.3 二叉树的存储结构	138	8.4 互联网的创新	187
6.4.4 二叉树的遍历	138	习题8	192
习题6	139	参考文献	198

第1章 导论

计算机是一个系统，了解计算机应该先了解计算机的产生、发展的必然规律，了解现代计算机解决实际问题的方法和过程，慢慢地学会像计算机科学家一样思考，至少了解思考的方式，培养计算思维。

1.1 计算概念

说起计算，我们从幼儿就开始了学习和训练。

简单地说，“ $3+8=11$ ”“ $6*2=12$ ”等，是指“数据”在“运算符”的操作下，按“规则”进行的数据变换。我们从小到大不断地学习和训练，实际上是训练大家利用规则及其应用组合，通过计算得到正确的结果。

已有的“规则”可以通过学习掌握，应用“规则”进行计算则可能超出了人的计算能力，也就是人知道了规则却没办法得到计算结果。如何解决呢？一种办法是研究复杂计算的各种简化，用等效的计算方法使人可以计算；另一种办法是设计一些简单的规则，让机械来重复地执行完成计算，即考虑能否用机械来代替人按照“规则”自动计算。

类似的相关问题促进了计算机科学和计算科学的诞生和发展，促进了人们思考：

1. 什么能够有效地自动计算？

现实世界需要计算的问题很多，哪些问题可以自动计算，哪些问题可以在有限时间、有限空间内自动计算？这就出现了计算及计算复杂性问题。以现实世界的各种思维模式为启发，寻找求解复杂问题的有效规则，可否利用现有的规则，如何设定新的规则，这就出现了算法及算法设计、算法分析等学科。

2. 如何低成本、高效地实现自动计算？

3. 如何方便有效地利用计算系统进行计算？

这些都是计算机学科、计算学科的科学家人不断在研究的问题。这些研究使得我们人类不断地进步。

1.2 计算机科学与计算科学

一般而言，“计算机科学”是研究计算机和可计算系统的理论方面的学科，包括软件、硬件等计算机系统的设计和建造，发现并提出新的问题求解策略、新的问题求解算法，在硬件、软件、互联网方面发现并设计使用计算机的新方式和新方法等。简单而言，计算机科学围绕着“构造各种计算机器”和“应用各种计算机器”进行研究。

当前，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。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，科学家通过构建分析模型和理论推导进行规律预测和发现。实验手段是指以物理学科为代表，以实验、观察和总结为特征的手段，

科学家直接获取数据,对数据总结分析进行规律的发现。计算手段则是以计算机学科为代表,以设计和构造为特征的手段,科学家通过建立仿真的分析模型和有效的算法,利用计算工具来进行规律预测和发现。然后总结出新的规则,让计算机来实现。

技术进步已经使得现实世界的各种事物都可感知、可度量,进而形成数量庞大的数据和数据群,使得基于庞大数据形成仿真系统成为可能,因此依靠计算手段发现和预测规律成为不同学科的研究人员进行研究的重要手段。例如,生物学家利用计算手段研究生命体的特征;化学家利用计算手段研究化学反应的机理;建筑学家利用计算手段来研究建筑结构的抗震性;经济学家、社会学家利用计算手段研究社会群体网络的各种特征等。由此,计算手段与各学科结合形成了计算科学,如计算物理学、计算化学、计算金融学、计算经济学、计算建筑学、计算生物学等。

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,从而也深刻地影响着我们的思维能力。

各学科人员在利用计算手段进行创新研究的同时,也在不断地研究新型的计算手段。这种结合不同专业的新型计算手段的研究需要专业知识与计算思维的结合。现在有很多成功的作品和成果都是利用计算科学做到的。比如1998年,John People 便因成功地研究出量子化学综合软件包 Gaussian 而获得诺贝尔奖,目前已经成为研究化学领域许多课题的重要计算手段。

周以真(Jeannette M.Wing)教授指出,计算思维(Computer Thinking)是运用计算机科学的基础概念去求解问题、设计系统和理解人类行为的一系列思维活动的统称;它是如同所有人都具备读、写、算能力一样,都必须具备的思维能力;计算思维建立在计算过程的能力和限制之上,由机器执行。因此,理解“计算机”的思维(即理解计算系统是如何工作的),利用“计算机”的思维(即理解现实世界的各种事物如何利用计算机系统来进行控制和处理),培养一些计算思维的模式,对于所有学科的人员建立复合型的知识结构,进行各种新型计算手段研究以及基于新型计算手段的学科创新都有重要的意义。

技术与知识是创新的支撑,但思维是创新的源头。

通过对计算基础学科的学习,了解一部分已有的计算方法,把计算机学科结合到各个专业的学习中,培养自己的计算思维习惯,是我们的最终目的。

1.3 计算机的发展史

我们通过计算机发展的简单介绍,来观察技术的发展路线,总结出其中隐含的规律,对我们的创新和思维提供一个历史的借鉴。

1.3.1 计算机硬件的发展

计算机(Computer)全称:电子计算机,俗称电脑,是一种能够按照程序运行,自动、高速处理海量数据的现代化智能电子设备。由硬件和软件所组成,没有安装任何软件的计算机称为裸机。

自从世界上第一台电子计算机问世到现在,计算机技术获得了突飞猛进的发展,在人类科技史上还没有一门技术可以与计算机技术的发展速度相提并论。根据组成计算机的电子逻辑

器件,将计算机的发展分成4个阶段。

(1) 电子管计算机(1946~1957年)

其主要特点是采用电子管作为基本电子元器件,体积大、耗电量大、寿命短、可靠性低、成本高;存储器采用水银延迟线。在这个时期,没有系统软件,用机器语言和汇编语言编程,计算机只能在少数尖端领域中得到应用,一般用于科学、军事和财务等方面的计算。

在第二次世界大战中,美国政府寻求计算机以开发潜在的战略价值。这促进了计算机的研究与发展。1944年霍华德·艾肯(1900~1973)研制出全电子计算机,为美国海军绘制弹道图。这台简称 Mark I 的机器有半个足球场大,内含 500 英里的电线,使用电磁信号来移动机械部件,速度很慢(3~5 秒计算一次)并且适应性很差,只用于专门领域,但是,它既可以执行基本算术运算也可以运算复杂的等式。

1946年2月14日,标志现代计算机诞生的 ENIAC(The Electronic Numerical Integrator And Computer)在费城公诸于世。ENIAC(如图 1-1)代表了计算机发展史上的里程碑,它通过不同部分之间的重新接线编程,还拥有并行计算能力。它使用了 17468 个真空电子管,耗电 174 千瓦,占地 170 平方米,重达 30 吨,每秒钟可进行 5000 次加法运算。

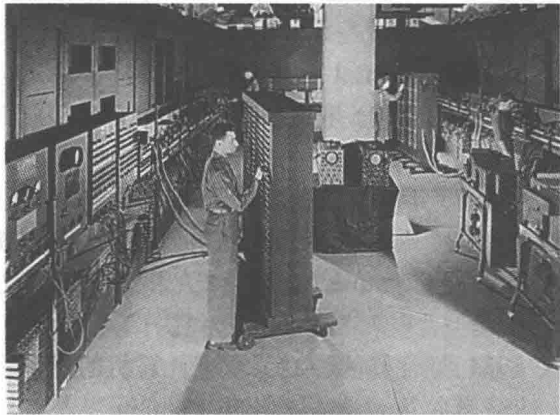


图 1-1 ENIAC 计算机

可以看出,社会需求推动生产力进步,生产力进步推进社会前进,每一件事物的产生都不是偶然的。

(2) 晶体管计算机(1958~1964年)

其主要特点是采用晶体管(晶体管和它的发明人,如图 1-2 所示)。制作基本逻辑部件,体积小、重量减轻、能耗降低、成本下降,计算机的可靠性和运算速度均得到提高;存储器采用磁芯和磁鼓;出现了系统软件(监控程序),提出了操作系统概念,并且出现了高级语言,如 Fortran 语言(1954年由美国人 John W. Backus 提出)等,其应用扩大到数据和事务处理。

(3) 集成电路计算机(1965~1971年)

其主要特点是采用中、小规模集成电路制作各种逻辑部件,从而使计算机体积更小,重量更轻,耗电更省,寿命更长,成本更低,运算速度有了更大的提高。第一次采用半导体存储器作为主存,取代了原来的磁芯存储器,使存储容量的存取速度有了革命性的突破,增加了系统的处理能力,系统软件有了很大发展,并且出现了多种高级语言,如 BASIC、Pascal、C 语言等。

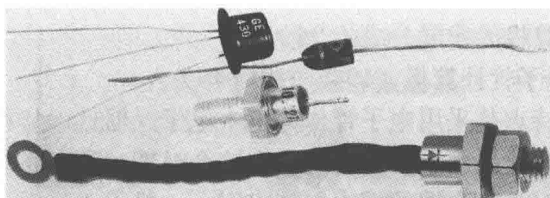


图 1-2 肖克利 (W.Shockley) 与晶体管

(4) 大规模、超大规模集成电路计算机 (1972 年至今)

其主要特点是基于基本逻辑部件, 采用大规模、超大规模集成电路, 使计算机体积、重量、成本均大幅度降低, 计算机的性能空前提高, 操作系统和高级语言的功能越来越大, 并且出现了微型计算机。主要应用领域有: 科学计算、数据处理、过程控制, 并进入以计算机网络为特征的应用时代。

第四代计算机的另一个重要分支是以大规模、超大规模集成电路为基础发展起来的微处理器和微型计算机。微型计算机大致经历了四个阶段:

- 第一阶段是 1971~1973 年, 微处理器有 4004、4040、8008。1971 年 Intel 公司研制出 MCS-4 微型计算机 (CPU 为 4040, 四位机)。后来又推出以 8008 为核心的 MCS-8 型。
- 第二阶段是 1974~1977 年, 微型计算机的发展和改进阶段。微处理器有 8080、8085、M6800、Z80。初期产品有 Intel 公司的 MCS-80 型 (CPU 为 8080, 八位机)。后期有 TRS-80 型 (CPU 为 Z80) 和 APPLE-II 型 (CPU 为 6502), 在 20 世纪 80 年代初期曾一度风靡世界。
- 第三阶段是 1978~1983 年, 16 位微型计算机的发展阶段, 微处理器有 8086、8088、80186、80286、M68000、Z8000。微型计算机代表产品是 IBM-PC (CPU 为 8086)。产品有 APPLE 公司的 Macintosh (1984 年) 和 IBM 公司的 PC/AT286 (1986 年) 微型计算机。
- 第四阶段便是从 1983 年开始的 32 位微型计算机的发展阶段。微处理器相继推出 80386、80486。1993 年, Intel 公司推出了 Pentium (奔腾) 的微处理器, 它具有 64 位的内部数据通道。Pentium III 处理器出产在 1999 年, 它在 Pentium IV 处理器出现后被迅速淘汰。Pentium IV 在 2000 年 10 月推出。2006 年 7 月 27 日发布的 Intel Core 2 Duo (酷睿 2) 是英特尔推出的第八代 X86 架构处理器, 标志着 Pentium (奔腾) 品牌的终结, 也代表着英特尔移动处理器及桌面处理器两个品牌的重新整合。酷睿 2 分为 2 核、四核、六核和八核, 酷睿 2 已成为主流产品。

由此可见, 微型计算机的性能主要取决于它的核心器件——微处理器 (CPU) 的性能。

(5) 第五代计算机 (20 世纪 80 年代~将来)

自从 20 世纪 70 年代初第四代计算机问世以来, 许多科学家一直预测着第五代计算机将朝哪个方向发展, 综合起来大概有以下几个研究方向。

- 人工智能计算机
- 巨型计算机
- 多处理机
- 量子计算机
- 超导计算机

- 生物晶体计算机 (DNA 计算机)

第五代计算机把信息采集、存储、处理、通信和人工智能结合在一起,具有形式推理、联想、学习和解释能力。它的系统结构将突破传统的冯·诺依曼机器的理念,实现高度的并行处理。

第五代计算机又称为人工智能计算机,它具有以下几个方面的功能。

- 处理各种信息的能力,除目前计算机能处理离散数据外,第五代计算机应对声音、文字、图像等形式的信息进行识别处理。
- 学习、联想、推理和解释问题的能力。
- 对人的自然语言的理解处理能力,用自然语言编写程序的能力。即只需把要处理或计算的问题,用自然语言写出要求和说明,计算机就能理解其意,按人的要求进行处理或计算。而不像现在这样,要使用专门的计算机算法语言把处理过程与数据描述出来。对第五代计算机来说,只需告诉它“做什么”,而不必告诉它“怎么做”。

第五代计算机的体系结构,从理论上和工艺技术上与前三代计算机有根本的不同,当它问世以后,提供的先进功能以及摆脱掉传统计算机的技术限制,必将为人类进入信息化社会,提供一种强有力的工具。

1.3.2 计算机软件的发展

尽管计算机硬件功能很强,但真正控制计算机运行的还是软件,计算机技术的发展也是伴随着软件技术的发展而发展的。软件可看成是程序系统或者程序集合,是计算机系统中与硬件相互依存的另一部分。程序是可按事先设计好的功能和性能要求进行执行的指令序列。硬件一旦设计好,其功能就确定了,而其功能的扩展和延伸是通过软件来实现的。当程序系统稳定后,人们可将固定不变的程序再做成硬件,扩大了硬件功能,进而在新的硬件基础上再设计功能更强大的软件,如此相互促进,计算机功能越来越强大。

怎样编写程序和软件呢?最初人们是以硬件所能直接执行的“指令”编写程序,即用机器语言编写程序。机器语言是指硬件能够直接识别和执行的语言,包括由 0/1 编码的指令及其指令的书写规则。

20 世纪 50 年代初期出现了汇编语言,用若干个英文字母构成的助记符号来表示指令,人们可以用更容易记忆的字母符号来编写程序,由于不同的机器有不同的指令,所以汇编语言是面向机器的语言。

如何使机器语言不依赖于具体的机器?如何使机器语言能像自然语言一样进行表达?

1951 年,IBM 开始研发高级语言,意在创建一个独立于机器、能在不同的计算机上兼容执行的语言,1956 年 10 月,IBM 推出了 Fortran I 语言,标志着高级语言的诞生。Fortran 语言的名称来自 formula 和 translator 两个词,意思是公式转换器,它类似自然语言,使用数学公式和英文来表达让机器自动执行的计算规则,但因为是在和机器交流,所以在语法上要遵循严格的规定,毕竟机器是不能像人那样识别模糊表达的。为使人更容易理解和编写更复杂的程序,出现了众多的计算机语言,如 BASIC 语言,意为“初学者通用符号指令代码”,演算法语言 ALGOL60,并在随后的不断演化中形成了现在广为使用的 C 语言。

20 世纪 80 年代后期,程序开发方式发生了变化。如何构造复杂的程序?人们提出了用“对象”和“类”来构造程序,实现了人们期待已久的软件体自动生成,出现了面向对象的程序设

计语言，如 C++（1983 年）、Java（1995 年）、Visual 系列语言（1990 年）等。面向对象的程序设计语言极大地提高了人们程序设计的能力，也使人们从“编”程序向“构造”程序转变，使得构造特色的复杂的程序成为可能。面向对象程序设计好比建高楼，可以更方便地构造具有特色的相当复杂的建筑。典型的 Windows 图形界面操作系统就是面向对象程序设计的结果示例。

如何快速地批量化地构造复杂的程序？20 世纪 90 年代后，提出了将若干系统中经常使用的对象做成“构件”，能够重复使用一些构件来构造程序进而提高软件开发效率的思想。所谓构件，是将若干相对复杂的特性封装起来，而只将其与外部的交互性的特性暴露给开发者。开发者只需考虑接口无需考虑软件内部。然而，构件与构件如何连接？连接构件的连接件如何制作？如何连接构件使形成的系统具有更好的性能？这些问题就是软件系统的架构问题。目前典型的软件架构为 J2EE、.NET 和 CORBA。软件架构的研究也促进了中间件技术的发展，如 BEA 公司的 WebLogic、IBM 公司的 WebSphere 和开源软件 Tomcat 等。在 Java EE 架构和中间件的支持下，人们又提出了很多具有不同特色的开发框架（Framework）如 Spring 框架、Ruby on Rails 框架等，极大地提高了批量化构造程序的效率。构件化系统开发就好比堆积木一样可以批量地、快速地构造更为复杂的建筑。

进入 21 世纪后，随着互联网技术的深入发展，如何支持一个信息系统可以与外部的任何其他系统进行互连互通成为软件开发的重要问题。但是如何能知道对方的接口，如何能够不改变已编写的程序实现和新增系统的交互呢？人们现在提出用“服务”与“服务总线”的概念来构造系统。服务是将构件的接口重新按公共标准接口进行封装，可以随时接入到服务总线上。任何一个系统都可通过服务总线发现该服务，也可在服务总线的支持下调用该服务，通过服务总线可实现任何两个信息系统之间的互通互联。目前出现的面向服务的体系结构（Service-Oriented Architecture, SOA）技术，云计算（Cloud Computing）技术等就是体现这些思想的典型技术。服务化程序设计就好像建设一座城市，不仅要建立一栋栋建筑，更要考虑好建筑之间水、电、气、网络等的互通互连。

1.3.3 计算机在中国

在人类文明发展的历史上，中国曾经在早期计算工具的发明创造方面书写过光辉的一页。远在商代，中国就创造了十进制记数方法，领先于世界千余年。到了周代，发明了当时最先进的计算工具——算筹（如图 1-3 所示）。这是一种用竹、木或骨制成的颜色不同的小棍。计算每一个数学问题时，通常编出一套歌诀形式的算法，一边计算，一边不断地重新布棍。中国古代数学家祖冲之，就是用算筹计算出圆周率在 3.1415926 和 3.1415927 之间。这一结果比西方早一千年。

珠算盘（如图 1-3 所示）是中国的又一独创，也是计算工具发展史上的第一项重大发明。这种轻巧灵活、携带方便、与人民生活关系密切的计算工具，最初出现于汉朝，到元朝时渐趋成熟。珠算盘不仅对中国经济的发展起过有益的作用，而且传到日本、朝鲜、东南亚等地区，经受了历史的考验，至今仍在使用的。中国发明创造指南车、水运浑象仪、记里鼓车、提花机等，不仅对自动控制机械的发展有卓越的贡献，而且对计算工具的演进产生了直接或间接的影响。

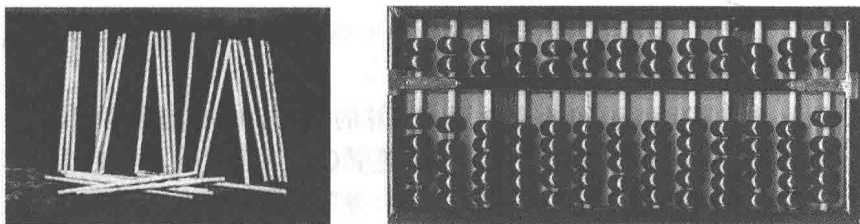


图 1-3 算筹与算盘

记里鼓车则是世界上最早的自动计数装置。提花机原理对计算机程序控制的发展有过间接的影响。中国古代用阴、阳两爻构成八卦，也对计算技术的发展有过直接的影响。莱布尼兹写过研究八卦的论文，系统地提出了二进制算术运算法则。他认为，世界上最早的二进制表示法就是中国的八卦。经过漫长的沉寂，在新中国成立后，中国计算技术迈入了新的发展时期，先后建立了多个研究机构，并在高等院校建立了计算技术与装置专业和计算数学专业，并且着手创建中国计算机制造业。

1958年，中科院计算所研制成功我国第一台小型电子管通用计算机——103机（八一型），标志着我国第一台电子计算机的诞生。

1965年，中科院计算所研制成功第一台大型晶体管计算机——109乙，之后推出109丙机，该机在两弹试验中发挥了重要作用。

1974年，清华大学等单位联合设计、研制成功采用集成电路的DJS-130小型计算机，运算速度达每秒100万次。

1983年，国防科技大学研制成功运算速度每秒上亿次的银河-I巨型机，这是我国高速计算机研制的一个重要里程碑。

1985年，电子工业部计算机管理局研制成功与IBM PC机兼容的长城0520CH微机。

1992年，国防科技大学研究出银河-II通用并行巨型机，峰值速度达每秒4亿次浮点运算（相当于每秒10亿次基本运算操作），为共享主存储器的四处理机向量机，其向量中央处理机是采用中小规模集成电路自行设计的，总体上达到80年代中后期国际先进水平。它主要用于中期天气预报。

1993年，国家智能计算机研究开发中心（后成立北京市曙光计算机公司）研制成功曙光一号全对称共享存储多处理机，这是国内首次以基于超大规模集成电路的通用微处理器芯片和标准UNIX操作系统设计开发的并行计算机。

1995年，曙光公司又推出了国内第一台具有大规模并行处理机（MPP）结构的并行机曙光1000（含36个处理机），峰值速度每秒25亿次浮点运算，实际运算速度达到了每秒10亿次浮点运算这一高性能台阶。曙光1000与美国Intel公司1990年推出的大规模并行机体系结构与实现技术相近，与国外的差距缩小到5年左右。

1997年，国防科大研制成功银河-III百亿次并行巨型计算机系统，采用可扩展分布共享存储并行处理体系结构，由130多个处理结点组成，峰值性能为每秒130亿次浮点运算，系统综合技术达到90年代中期国际先进水平。

1997~1999年，曙光公司先后在市场上推出具有机群结构（Cluster）的曙光1000A、曙光2000-I、曙光2000-II超级服务器，峰值计算速度已突破每秒1000亿次浮点运算，机器规模已超过160个处理机，1999年，国家并行计算机工程技术研究中心研制的神威I计算机通过

了国家级验收，并在国家气象中心投入运行。系统有 384 个运算处理单元，峰值运算速度达每秒 3840 亿次。

2000 年，曙光公司推出每秒 3000 亿次浮点运算的曙光 3000 超级服务器。

2001 年，中科院计算所研制成功我国第一款通用 CPU——“龙芯”芯片。

2002 年，曙光公司推出完全自主知识产权的“龙腾”服务器，龙腾服务器采用了“龙芯-1” CPU，采用了曙光公司和中科院计算所联合研发的服务器专用主板，采用曙光 Linux 操作系统，该服务器是国内第一台完全实现自有产权的产品，在国防、安全等部门将发挥重大作用。

2003 年，百万亿次数据处理超级服务器曙光 4000L 通过国家验收，再一次刷新国产超级服务器的历史纪录，使得国产高性能产业再上新台阶。

2009 年 10 月 29 日，随着第一台国产千万亿次超级计算机在湖南长沙亮相，作为算盘这一古老计算器的发明者，中国拥有了历史上计算速度最快的工具。每秒钟 1206 万亿次的峰值速度，和每秒 563.1 万亿次的 Linpack 实测性能，使这台名为“天河一号”（如图 1-4 所示）的计算机位居同日公布的中国超级计算机前 100 强之首，也使中国成为继美国之后世界上第二个能够自主研制千万亿次超级计算机的国家。



图 1-4 “天河一号”千万亿次巨型计算机

2013 年 6 月，“天河二号”第一次夺冠。

2014 年 11 月 17 日公布的全球超级计算机 500 强榜单中，中国“天河二号”（如图 1-5 所示）以比第二名美国“泰坦”快近一倍的速度连续第四次获得冠军。



图 1-5 “天河二号”巨型计算机

2015 年 5 月，“天河二号”上成功进行了 3 万亿粒子数中微子和暗物质的宇宙学数值模拟，揭示了宇宙大爆炸 1600 万年之后至今约 137 亿年的漫长演化进程。

在德国举行的 2015 年国际超级计算机大会上发布了全球超级计算机 500 强最新榜单，中国“天河二号”以每秒 33.86 千万亿次的浮点运算速度第五次蝉联冠军。

1.3.4 未来新型计算机

1. 仿生的生物计算机

生物计算机的主要原材料是生物工程技术产生的蛋白质分子，并以此作为生物芯片，利用有机化合物存储数据。在这种芯片中，信息以波的形式传播，当波沿着蛋白质分子链传播时，会引起蛋白质分子链中单键、双键结构顺序的变化。运算速度要比当今最新一代计算机快 10 万倍，它具有很强的抗电磁干扰能力，并能彻底消除电路间的干扰。能量消耗仅相当于普通计算机的十亿分之一，且具有巨大的存储能力。由于蛋白质分子能够自我组合，再生成新的微型电路，使得生物计算机具有生物体的一些特点，如能发挥生物本身的调节机能，自动修复芯片上发生的故障，还能模仿人脑的机制等。

2. 二进制的非线性量子计算机

量子计算机是利用原子所具有的量子特性进行信息处理的一种全新概念的计算机。量子理论认为，非相互作用下，原子在任一时刻都处于两种状态，称之为量子超态。原子会旋转，即同时沿上、下两个方向自旋，这正好与电子计算机 0 与 1 完全吻合。量子计算机以处于量子状态的原子作为中央处理器和内存，其运算速度可能比目前的奔腾 4 芯片快 10 亿倍。

3. 光子计算机

光子计算机是一种由光信号进行数字运算、逻辑操作、信息存储和处理的新型计算机。光子计算机的基本组成部件是集成光路，要有激光器、透镜和核镜。由于光子比电子速度快，光子计算机的运行速度可高达一万亿次。它的存储量是现代计算机的几万倍，还可以对语言、图形和手势进行识别与合成。在不久的将来，光子计算机将成为人类普遍的工具。

4. 混合计算机

混合计算机 (hybrid computer) 可以进行数字信息和模拟物理量处理的计算机系统。

混合计算机通过数模转换器和模数转换器将数字计算机和模拟计算机连接在一起，构成完整的混合计算机系统。混合计算机一般由数字计算机、模拟计算机和混合接口三部分组成，其中模拟计算机部分承担快速计算的工作，而数字计算机部分则承担高精度运算和数据处理。混合计算机同时具有数字计算机和模拟计算机的特点：运算速度快、计算精度高、逻辑和存储能力强、存储容量大和仿真能力强。随着电子技术的不断发展，混合计算机主要应用于航空航天、导弹系统等实时性的复杂大系统中。

5. 超级计算机

超级计算机通常是指由数百数千甚至更多的处理器 (机) 组成的、能计算普通 PC 机和服务器不能完成的大型复杂课题的计算机。为了帮助大家更好地理解超级计算机的运算速度，我们把普通计算机的运算速度比做成人的走路速度，那么超级计算机就达到了火箭的速度。在这样的运算速度前提下，人们可以通过数值模拟来预测和解释以前无法实验的自然现象。

6. 神经计算机

其特点是可以实现分布式联想记忆，并能在一定程度上模拟人和动物的学习功能。它是一种有知识、会学习、能推理的计算机，具有能理解自然语言、声音、文字和图像的能力，并且具有说话的能力，使人机能够用自然语言直接对话，它可以利用已有的和不断学习到的知识，进行思维、联想、推理，并得出结论，能解决复杂问题，具有汇集、记忆、检索有关知识的能力。

1.4 计算机的应用领域

计算机具有高速度运算、逻辑判断、大容量存储和快速存取等特性,这决定了它在现代人类社会的各种活动领域都成为越来越重要的工具,人类的社会实践活动从总体上可分为认识世界和改造世界两大范畴。对自然界和人类社会各种现象和事实进行探索,发现其中的规律,这是科学研究的任务,属于认识世界的范畴。利用科学研究的成果进行生产和管理,属于改造世界的范畴。在这两个范畴中,计算机都是极有力的工具。

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。下面的几个例子都是数值计算中比较具有代表性的成果:

(1) 四色猜想

1852年,毕业于伦敦大学的弗朗西斯·格思里(Francis Guthrie)来到一家科研单位搞地图着色工作时,发现了一种有趣的现象:“看来,每幅地图都可以用四种颜色着色,使得有共同边界的国家着上不同的颜色。”

电子计算机问世以后,由于演算速度迅速提高,加之人机对话的出现,大大加快了对四色猜想证明的进程。1976年,在J.Koch算法的支持下,美国数学家阿佩尔(Kenneth Appert)与哈肯(Wolfgang Haken)在美国伊利诺斯大学的两台不同的电子计算机上,用了1200个小时,作了100亿个判断,终于完成了四色定理的证明。

(2) 费马大定理

300多年以前,法国数学家费马(Pierre de Fermat)在一本书的空白处写下了一个定理:“设 n 是大于2的正整数,则不定方程 $x^n+y^n=z^n$,没有非零整数解”。费马宣称他发现了这个定理的一个真正奇妙的证明,但因书上空白太小,他写不下他的证明。300多年过去了,不知有多少专业数学家和业余数学爱好者绞尽脑汁企图证明它,但不是无功而返就是进展甚微。这就是纯数学中最著名的定理——费马大定理,在20世纪80年代中期,被计算机加以证明。

(3) 吴文俊与数学机械化——可以让电脑代替人脑去进行几何定理的证明

吴文俊(如图1-6所示)建立了多项式组特征列的概念。以此概念为核心,提出了多项式组的“整序原理”,创立了几何定理机器证明的“吴方法”,首次实现了高效的几何定理的机器证明。把非机械化的几何定理证明转化为多项式方程的处理,从而实现了几何定理的机器证明。



图1-6 吴文俊教授