

高等院校计算机教育系列教材



计算机科学导论

(第2版)

瞿 中 熊安萍 杨德刚 薛 峙 编著
王国胤 主审

- 借鉴国外经典教材的写作方法，涵括计算机学科基础知识和重要知识点
- 内容结构合理，详略得当，注重为学生搭建完整的计算机学科知识体系
- 知识点新，大量涉及前沿领域，如嵌入式技术、网格计算和软件工程等



清华大学出版社

赠送
电子课件

高等院校计算机教育系列教材

计算机科学导论

(第2版)

瞿 中 熊安萍 杨德刚 薛 峙 编 著
王国胤 主 审

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书从实用的角度出发,根据教育部高教司主持评审的《中国计算机科学与技术学科教程 2002》组织编写,并参照美国 ACM 和 IEEE Computing Curricula 2001 教程,对计算机科学与技术学科进行系统化和科学化的阐述。本书详细介绍了计算机的基础知识、计算机体系结构、操作系统、网络计算、程序设计与算法分析、信息系统、软件工程、图形学和可视化计算、智能系统、离散结构等专业知识点以及与信息技术有关的社会人文等知识。每章均配有习题,以指导读者深入的学习。

本书既可作为高等学校计算机专业课程的教材,也可作为通信、电子信息、自动化等相关专业的计算机教材。

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 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

计算机科学导论(第2版)/瞿中,熊安萍,杨德刚,薛峙编著;王国胤主审.—北京:清华大学出版社,2007.2
(高等院校计算机教育系列教材)

ISBN 978-7-302-14516-5

I. 计… II. ①瞿… ②熊… ③杨… ④薛… ⑤王… III. 计算机科学—高等学校—教材 IV. TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 003526 号

责任编辑:章忆文 宣 颖

封面设计:山鹰工作室

版式设计:北京东方人华科技有限公司

责任校对:李玉萍

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175

投稿咨询:010-62772015

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮购热线:010-62786544

客户服务:010-62776969

印 刷 者:北京国马印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:25

字 数:596 千字

版 次:2007 年 2 月第 2 版

印 次:2007 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:32.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。

联系电话:010-62770177 转 3103

产品编号:023102-01

前 言

“计算机科学导论”是计算机专业学生进入大学学习的第一门专业基础课程，其目的在于用统一的思想认识计算机学科的本质，并对计算机学科的系统化和科学化进行阐述。本书根据教育部高教司主持评审的《中国计算机科学与技术学科教程 2002》组织编写，并参照美国 ACM 和 IEEE Computing Curricula 2001，用逻辑严密的方式将学生引入计算机学科各个富有挑战性的领域之中。本书介绍了计算机的基础知识、计算机体系结构、操作系统、网络计算、程序设计与算法分析、信息系统、软件工程、图形学和可视化计算、智能系统、离散结构等专业知识点以及与信息技术有关的社会人文知识，力求使学生对所学专业有比较深入的了解，树立专业学习的责任感和自豪感。

本书要求读者了解计算机科学与技术方法论产生的背景、定义、内容和意义；了解计算学科的历史，计算学科的定义、根本问题；了解计算学科中的抽象、理论和设计三个过程及其内在联系；掌握计算学科各主领域的基本内容及其相应的课程设置、计算学科中的核心概念、数学方法、系统科学方法、社会和职业问题等内容，为读者正确认知计算学科提供方法，为今后深入学习计算机课程作铺垫。

本书共 12 章。第 1 章介绍计算机科学与技术学科产生的历史背景、计算机科学与技术学科的定义、计算机的基本概念、计算机的类型和特点及其应用、计算机科学与技术学科的教育、计算机科学与技术学科的知识体系、计算机的发展趋势等。第 2 章介绍计算机的基础知识，计算机中数的表示与运算等，为进一步学习本书的后续各章和后续课程打好基础。第 3 章介绍体系结构和组织，包括存储系统组织和体系结构、多处理和其他体系结构、性能提高技术、分布式系统的体系结构等。第 4 章介绍操作系统，包括操作系统概述、操作系统原理、并发、调度和分配、存储管理、设备管理、安全和保护、文件系统、实时和嵌入式系统、容错、系统性能评价、脚本等。第 5 章介绍网络计算，包括通信与组网、网络体系结构、TCP/IP、网络管理、网络安全、无线和移动计算、网络计算导论等。第 6 章介绍程序设计和算法分析，包括基本程序结构、算法和问题求解、基本的数据结构、递归、事件驱动的程序设计、语言翻译导论、声明和类型、抽象机制、面向对象设计、程序设计、算法分析基础、算法策略、基本的计算方法、NP 复杂类等。第 7 章介绍信息系统，包括信息与信息系统的概念、数据库系统、数据建模、数据挖掘、信息检索、数字图书馆等。第 8 章介绍软件工程，包括软件工程、软件模型、软件开发方法、软件工具和环境、软件过程、软件需求与规约、软件项目管理、软件可靠性、软件质量度量和评价等。第 9 章介绍图形学和可视化，包括图形学基本概念、图形系统、可视化、虚拟现实、计算机视觉、图形用户界面的程序设计、人机交互等。第 10 章介绍智能系统，包括智能系统的基本问题、搜索和约束满足、知识表示与推理、自然语言处理、机器学习与神经网络等。第 11 章介绍离散结构，计算科学和数值计算方法，包括函数、关系、集合、

信息的编码、逻辑代数基础、计算基础、图和树、离散概率、数值分析、运筹学、建模与模拟、高性能计算等。第 12 章介绍社会和职业问题,包括职业和道德责任、基于计算机系统的风险与责任、知识产权、隐私与公民自由、计算机犯罪、哲学框架等。

这本书通过对计算机科学的核心内容作概括介绍,使学生深刻理解计算机系统的信息处理功能本质,掌握数据表达和数据加工表达的层次方法,了解计算机系统的功能组成,认识计算机科学对人类社会的重要推动作用。本书注重循序渐进、由浅入深、结构严谨,克服以往一些教材在内容安排上的不合理、内容出现重复、结构松散等情形。

由于本书涉及的内容繁多,根据各高校的学生情况,在学习本书时可以适当调整学时;对其中一些章节也可以根据各高校的实际情况进行选用。本书配备有电子教案,任课教师可以根据学生的实际情况进行修改。

瞿中编写了第 1 章、第 5 章、第 9 章;熊安萍编写了第 4 章、第 7 章、第 11 章;杨德刚编写了第 2 章、第 3 章、第 10 章;薛峙编写了第 6 章、第 8 章、第 12 章。研究生肖春雷以及本科生张以炀、唐光辉、唐衢、杨婷婷、代永亮、梁凯威、张辉、马庆伟、伍明、郭凯、刘纬地等查阅了大量的资料,参与了文字录入,并对书中的实例及图表作了大量的工作。博士生导师王国胤教授担任本书的主审,给作者提供了许多宝贵的意见。本书的顺利出版,得到了各级领导的大力支持和帮助,以及计算机教育界许多同行的关心,在此一并致谢。

由于时间仓促,加上计算机科学与技术发展迅速和编者水平有限,书中难免存在不妥和错误之处,恳请读者批评指正并提出宝贵意见。

作 者

目 录

第1章 概述.....1	第2章 计算机基础知识.....32
1.1 计算机的产生和发展阶段.....1	2.1 数值数据.....32
1.1.1 计算机产生的史前史.....1	2.1.1 数制.....32
1.1.2 计算机的产生.....5	2.1.2 数的原码、反码和补码.....37
1.1.3 计算机的发展阶段.....7	2.1.3 定点数和浮点数.....39
1.2 计算机系统.....8	2.1.4 十进制数的编码.....41
1.2.1 计算机的硬件系统.....8	2.2 非数值数据.....42
1.2.2 计算机的软件系统.....10	2.2.1 文字信息的编码.....42
1.2.3 计算机的特点.....11	2.2.2 声音的编码.....46
1.2.4 计算机系统主要技术指标.....11	2.2.3 图形数据的编码.....47
1.2.5 计算机的分类.....12	2.3 数据的机器编码.....47
1.2.6 计算机的基本运作方式.....13	2.3.1 数据的机器级编码.....47
1.3 计算机的应用领域和发展趋势.....13	2.3.2 数据的汇编级编码.....48
1.3.1 计算机的应用领域.....13	2.4 数字逻辑与数字系统.....49
1.3.2 计算机的发展趋势.....15	2.4.1 基本逻辑关系及逻辑门.....49
1.4 计算学科概述.....16	2.4.2 逻辑代数与逻辑函数.....51
1.4.1 计算学科的定义.....16	2.5 本章小结.....55
1.4.2 计算学科的本质.....16	2.6 习题.....55
1.4.3 计算学科的三个过程.....17	第3章 计算机体系结构.....57
1.4.4 计算学科新的应用领域.....18	3.1 微型计算机系统的组成.....57
1.5 计算机科学与技术学科的知识体系.....21	3.1.1 微型计算机系统的组成.....57
1.5.1 计算机科学与技术学科的形成 与发展.....21	3.1.2 微型计算机的硬件系统.....58
1.5.2 计算机科学与技术学科的 定义.....21	3.1.3 微型计算机的软件系统.....63
1.5.3 计算机科学与技术学科的根本 问题及研究范畴.....22	3.2 存储系统组织结构.....65
1.5.4 计算机科学课程体系的核心 内容.....22	3.2.1 存储器与存储系统概述.....66
1.6 计算机科学与技术学科的教育.....26	3.2.2 存储系统的组织结构.....68
1.6.1 教育的目的和基本要求.....26	3.2.3 高速缓冲存储器.....69
1.6.2 学习方法.....27	3.2.4 虚拟存储器.....70
1.7 本章小结.....29	3.3 输入/输出系统.....72
1.8 习题.....30	3.3.1 输入/输出系统概述.....72
	3.3.2 总线结构.....73
	3.3.3 输入/输出接口.....75

3.3.4 外设数据传送控制方式.....	76	4.9 本章小结.....	120
3.4 计算机系统的分类.....	78	4.10 习题.....	120
3.5 高性能计算机.....	80	第5章 网络计算	122
3.6 并行计算机.....	82	5.1 通信与组网.....	122
3.7 网络计算机.....	84	5.1.1 数据通信的基本概念.....	122
3.8 分布式系统.....	85	5.1.2 数据通信方式.....	123
3.9 多媒体计算机.....	86	5.1.3 数据传输方式.....	125
3.9.1 多媒体技术概述.....	86	5.2 计算机网络.....	126
3.9.2 多媒体技术.....	87	5.2.1 计算机网络的起源.....	126
3.9.3 多媒体计算机的基本特征.....	88	5.2.2 计算机网络的定义.....	128
3.9.4 多媒体技术的应用.....	89	5.2.3 计算机网络的主要部件.....	128
3.10 本章小结.....	90	5.2.4 计算机网络的传输媒体.....	129
3.11 习题.....	90	5.2.5 计算机网络的分类.....	132
第4章 操作系统	92	5.2.6 计算机网络拓扑结构.....	134
4.1 操作系统概念.....	92	5.2.7 计算机网络的体系结构.....	137
4.1.1 操作系统概念.....	92	5.2.8 计算机网络间的互连.....	139
4.1.2 操作系统在计算机系统中的地位.....	92	5.3 Internet 和 TCP/IP 协议.....	140
4.1.3 操作系统的启动.....	93	5.3.1 Internet 的起源.....	140
4.2 操作系统的历史.....	94	5.3.2 TCP/IP 协议.....	140
4.2.1 手工操作阶段.....	94	5.3.3 IP 地址.....	141
4.2.2 批处理系统阶段.....	94	5.3.4 Internet 提供的主要服务.....	143
4.2.3 多道程序系统.....	95	5.3.5 Intranet.....	146
4.2.4 现代操作系统.....	96	5.4 网络管理.....	146
4.3 操作系统的功能.....	96	5.4.1 网络管理基础.....	147
4.3.1 资源管理功能.....	96	5.4.2 网络管理功能.....	148
4.3.2 扩展的虚拟机功能.....	99	5.4.3 Internet 的管理信息库.....	150
4.3.3 网络操作系统的功能.....	99	5.4.4 网络管理协议.....	151
4.4 操作系统的分类.....	99	5.4.5 网管系统发展方向.....	153
4.5 操作系统的一些基本概念及组成.....	101	5.5 移动通信与无线上网.....	154
4.5.1 操作系统的一些基本概念.....	101	5.6 网络安全机制.....	157
4.5.2 操作系统的基本组成.....	105	5.6.1 网络安全的基本问题.....	157
4.6 操作系统的体系结构.....	113	5.6.2 网络安全的内容.....	159
4.7 主流操作系统简介.....	114	5.6.3 数据加密技术.....	159
4.7.1 Windows 操作系统.....	114	5.6.4 防病毒技术.....	161
4.7.2 UNIX 操作系统.....	115	5.6.5 防火墙技术.....	162
4.7.3 Linux 操作系统.....	117	5.7 网络计算导论.....	164
4.8 操作系统的新发展.....	118	5.7.1 网络导论.....	164
		5.7.2 网络计算.....	165

5.8 本章小结.....	165	7.1.2 信息系统.....	209
5.9 习题.....	165	7.2 数据库系统概述.....	209
第6章 程序设计与算法分析.....	168	7.2.1 数据库的基本概念.....	209
6.1 程序设计基础.....	168	7.2.2 数据管理技术的发展.....	210
6.1.1 程序的概念.....	168	7.2.3 数据模型.....	212
6.1.2 计算机程序设计语言.....	169	7.3 关系数据库.....	216
6.1.3 高级语言程序设计的基本 内容.....	173	7.3.1 关系数据库的基本概念.....	216
6.2 程序设计方法.....	176	7.3.2 关系模型与关系模式.....	216
6.2.1 结构化程序设计方法.....	176	7.4 数据库查询语言 SQL.....	219
6.2.2 面向对象的程序设计方法.....	180	7.4.1 SQL 的特点.....	220
6.3 数据结构.....	184	7.4.2 SQL 的功能.....	220
6.3.1 基本概念.....	184	7.4.3 SQL 的基本概念.....	221
6.3.2 线性表.....	186	7.4.4 SQL 的简单实例.....	221
6.3.3 栈.....	187	7.5 关系数据库设计.....	224
6.3.4 队列.....	188	7.5.1 关系数据库的设计原则.....	224
6.3.5 树.....	190	7.5.2 关系数据库的设计步骤.....	224
6.3.6 图.....	191	7.6 数据库管理.....	225
6.4 算法分析基础.....	192	7.6.1 DBA 的职责与管理工具.....	225
6.4.1 概述.....	193	7.6.2 数据库的安全性控制.....	226
6.4.2 常用算法介绍.....	194	7.6.3 事务处理技术.....	226
6.4.3 算法的评价.....	197	7.6.4 数据库的完整性控制.....	227
6.4.4 NP 问题.....	198	7.7 常用关系数据库管理系统.....	227
6.5 编译原理.....	198	7.8 数据库新发展.....	231
6.5.1 编译程序概述.....	198	7.8.1 分布式数据库.....	231
6.5.2 词法分析.....	200	7.8.2 空间数据库.....	231
6.5.3 语法分析.....	201	7.8.3 多媒体数据库.....	231
6.5.4 语义处理.....	202	7.8.4 数据仓库.....	232
6.5.5 中间代码生成.....	203	7.8.5 信息存储与检索.....	232
6.5.6 中间代码优化.....	203	7.9 本章小结.....	233
6.5.7 目标代码生成.....	204	7.10 习题.....	233
6.5.8 编译技术的新发展.....	204	第8章 软件工程.....	236
6.6 本章小结.....	205	8.1 软件工程概述.....	236
6.7 习题.....	206	8.1.1 软件危机.....	236
第7章 信息系统.....	208	8.1.2 软件工程的基本概念.....	238
7.1 信息系统概述.....	208	8.1.3 软件工程过程.....	240
7.1.1 信息.....	208	8.1.4 软件生命周期.....	241
		8.2 软件开发模型.....	243
		8.2.1 瀑布模型.....	244

8.2.2 快速原型法模型.....	245	8.11.1 软件开发环境概述	270
8.2.3 螺旋模型.....	246	8.11.2 软件开发环境的分类	271
8.2.4 喷泉模型.....	247	8.11.3 软件工具的基本概念	273
8.2.5 转换模型.....	248	8.11.4 计算机辅助软件工程	274
8.2.6 智能模型.....	249	8.12 本章小结.....	277
8.3 软件开发方法.....	250	8.13 习题.....	278
8.3.1 面向数据结构方法.....	250	第9章 图形学和可视化.....	280
8.3.2 统一建模语言.....	250	9.1 图形学基本概念.....	280
8.3.3 软件复用和构件技术.....	251	9.1.1 计算机图形信息的处理	280
8.4 软件质量评价和保证.....	254	9.1.2 计算机图形学的起源	281
8.4.1 软件质量的定义.....	254	9.1.3 计算机图形学主要研究的 内容	281
8.4.2 软件质量的度量和评价.....	254	9.1.4 计算机图形学的应用	282
8.4.3 软件质量保证.....	255	9.1.5 计算机图形的标准化	283
8.5 质量度量模型.....	257	9.1.6 常见的图形图像格式	284
8.5.1 McCall 质量度量模型.....	257	9.2 图形系统.....	286
8.5.2 ISO 的软件质量评价模型	258	9.3 计算机视觉和可视化.....	287
8.6 软件复杂性.....	259	9.3.1 人的视觉	287
8.6.1 软件复杂性的基本概念.....	259	9.3.2 计算机视觉	288
8.6.2 软件复杂性的度量方法.....	260	9.3.3 可视化	288
8.7 软件项目管理.....	261	9.4 图形用户界面.....	288
8.7.1 软件项目计划概念.....	261	9.5 人机交互.....	289
8.7.2 软件项目计划内容.....	261	9.5.1 人机交互技术基础	289
8.7.3 软件工程规范.....	262	9.5.2 人机交互模型	290
8.7.4 软件开发成本估算.....	262	9.5.3 人机系统交互界面的构架	291
8.7.5 风险分析.....	264	9.5.4 人机界面的设计	293
8.7.6 软件项目进度安排.....	264	9.5.5 数据交互	296
8.7.7 软件质量保证.....	265	9.5.6 语音交互	297
8.8 软件可靠性.....	265	9.5.7 图像交互	297
8.8.1 软件可靠性定义.....	265	9.5.8 行为交互	298
8.8.2 软件可靠性指标.....	265	9.6 虚拟现实.....	298
8.8.3 软件可靠性模型.....	266	9.6.1 虚拟现实技术基本概念	298
8.9 软件评审.....	267	9.6.2 虚拟现实技术的发展 和特征	298
8.9.1 设计质量的评审内容.....	267	9.6.3 虚拟现实系统的组成	300
8.9.2 程序质量的评审内容.....	267	9.6.4 虚拟现实系统分类	301
8.10 软件容错技术.....	268	9.6.5 VRML 虚拟现实建模语言	301
8.10.1 容错软件定义.....	268	9.6.6 虚拟现实技术的研究	
8.10.2 容错的一般方法.....	269		
8.10.3 容错软件的设计过程.....	270		
8.11 软件工程环境.....	270		

与应用.....	303	11.2 数理逻辑.....	341
9.7 本章小结.....	306	11.2.1 命题逻辑.....	341
9.8 习题.....	307	11.2.2 谓词逻辑.....	346
第 10 章 智能系统	309	11.3 集合论.....	348
10.1 人工智能系统概述.....	309	11.3.1 集合的基本概念与运算.....	348
10.1.1 人工智能的起源与发展.....	309	11.3.2 关系与函数.....	350
10.1.2 人工智能的主要学派.....	312	11.4 代数结构.....	355
10.1.3 人工智能的研究与应用 领域.....	313	11.4.1 代数结构概述.....	355
10.2 知识表示及推理.....	317	11.4.2 格与布尔代数.....	356
10.2.1 知识与知识表示.....	317	11.5 图论.....	358
10.2.2 经典推理技术.....	319	11.5.1 图的基本概念.....	358
10.2.3 高级知识推理技术.....	321	11.5.2 路径、回路及连通性.....	360
10.3 搜索技术.....	322	11.5.3 图的矩阵表示.....	361
10.3.1 一般搜索技术.....	323	11.6 离散概率.....	362
10.3.2 高级搜索技术.....	324	11.7 数值分析.....	363
10.4 自然语言处理.....	325	11.8 运筹学.....	364
10.4.1 语言及其理解的一般问题.....	325	11.9 数学建模与计算机模拟.....	364
10.4.2 句法和语义的分析.....	326	11.10 本章小结.....	366
10.4.3 机器翻译.....	328	11.11 习题.....	366
10.5 智能计算.....	328	第 12 章 社会和职业问题	370
10.5.1 智能计算概述.....	328	12.1 计算的社会背景.....	370
10.5.2 遗传算法.....	329	12.2 计算机与道德.....	372
10.5.3 群集智能.....	329	12.2.1 道德的哲学含义.....	372
10.5.4 人工神经网络.....	331	12.2.2 道德选择.....	372
10.6 机器学习.....	334	12.2.3 道德评价.....	372
10.6.1 机器学习的定义.....	334	12.2.4 计算机专业人员的职业 道德准则.....	373
10.6.2 机器学习的发展过程.....	335	12.2.5 计算机用户的道德.....	374
10.6.3 机器学习的主要研究方向.....	335	12.3 基于计算机系统的风险与责任.....	375
10.6.4 机器学习策略.....	336	12.4 知识产权.....	376
10.6.5 机器学习方法.....	336	12.5 隐私与公民自由.....	379
10.7 本章小结.....	338	12.6 计算机犯罪.....	380
10.8 习题.....	338	12.7 哲学框架.....	381
第 11 章 离散结构	340	12.8 本章小结.....	383
11.1 离散结构的研究对象及主要内容.....	340	12.9 习题.....	383
11.1.1 离散结构的研究对象.....	340	参考文献	385
11.1.2 离散结构研究的主要内容.....	340		

第 1 章 概 述

本章学习目标

- 初步了解计算机的产生和发展阶段
- 掌握计算机的概念、分类和特点
- 了解计算机的应用领域和发展趋势
- 了解计算机科学与技术学科概述
- 了解计算机科学与技术学科的知识体系
- 了解计算机科学与技术学科的教育

电子数字计算机(Electronic Digital Computer)简称为电子计算机或计算机,也是人们常说的电脑,是 20 世纪最辉煌的成就之一。计算机给人类带来了巨大的变化,它的应用渗透到社会的各个领域,人们对计算机的依赖性日益增强。计算机是一种能按照事先存储的程序,自动地、高速地、精确地进行大量数值计算,并且具有记忆(存储)能力、逻辑判断能力、可靠性能的数字化信息处理的现代化智能电子设备。

本章从计算机的产生和发展、概念、分类、特点等入手,介绍了计算机科学与技术学科的知识体系,紧紧围绕核心知识点进行阐述,提出了计算机科学与技术学科的教育基本要求,使读者对计算机科学与技术学科有一个清楚的认识,明确将来的学习目标和任务,同时,使读者树立学好计算机课程的自信心和强烈的社会责任感,为计算机的发展和国家的繁荣贡献自己的力量。

1.1 计算机的产生和发展阶段

计算机的产生和发展不是一蹴而就的,而是经历了漫长的历史过程。在这过程中,科学家们经过艰难的探索,发明了各种各样的“计算机”,这些“计算机”顺应了当时历史的发展,发挥了巨大的作用,推动了社会的进步,也推动了计算机技术的发展。

要清楚地知道计算机产生的背景,首先要了解计算机产生的史前史,然后要了解计算机的产生过程。

1.1.1 计算机产生的史前史

1. 算筹

算筹又称为筹、策、算子等,是中国古代的劳动人民用来记数、列式和进行各种数与式的演算工具,它最初是小竹棍一类的自然物,以后逐渐发展成为专门的计算工具。

算筹在中国的起源很早,春秋战国时期的《老子》中就有“善数者不用筹策”的记述。



祖冲之

《汉书·张良传》中,张良“运筹帷幄中,决策千里外”的“筹”,就是算筹。中国著名科学家祖冲之(429—500 年)借助算筹作为计算工具,经过长期的艰苦研究,计算出圆周率在 3.1415926 和 3.1415927 之间,成为世界上最早把圆周率数值推算到七位数字以上的科学家,比法国数学家韦达的相同成就早了 1100 多年。中国古代的算筹不仅是正、负整数与分数的四则运算和开方运算的工具,而且还包含着各种特定的演算。中国古代数学家们正是以“算筹计算机”为工具,运筹帷幄,殚精竭虑,在数学史上写下了辉煌的篇章。

2. 算盘

算盘也称珠算,也是中国劳动人民创造的一种工具,素有“中国计算机”之称,是由古代“算筹”演变而来的,最早见于汉末三国时代徐岳撰写的《数术记遗》,书中有“珠算,控带四时,经纬三才”的记述。南宋时期数学家杨辉的《乘除通变算宝》,其中有“九归”口诀。算盘结构简单,便于掌握,使用方便,成为计算理财不可缺少的工具。算盘从明代开始传入朝鲜、日本等东亚国家。在清代,算盘随着经济文化交流被传入东南亚各国。第二次世界大战后,美国也从日本引进了算盘。直到今天,算盘仍然是许多人钟爱的“计算机”。

3. 机械计算机

1623 年,德国科学家契克卡德(W. Schickard)为天文学家开普勒(Kepler)制作了一台机械计算机。这台机械计算机能做 6 位数加减法,还能做乘除运算。契克卡德共制作了两台原型,可惜现在不知何处。1960 年,契克卡德家乡的人们根据他留下的设计示意图重新制作了这种机械计算机,印证了其强大的计算功能。1993 年 5 月,为缅怀这位计算机先驱,在德国隆重举行了纪念契克卡德诞辰 400 周年的展览会。

法国科学家布莱斯·帕斯卡(Blaise Pascal, 1623—1662 年)是公认的制造出机械计算机的第一人。为了帮助年迈的任诺曼底省监察官的父亲计算税率税款,帕斯卡想到了要制造一台可以帮助计算的机器。帕斯卡先后做了三个不同的模型,1642 年,他所做的第三个模型“加法器”获得成功。帕斯卡的“新式的计算机”受到法国财政大臣的赞赏。在“加法器”展出期间,前往卢森堡宫的参观者络绎不绝,大数学家笛卡儿也利用回国探亲的机会上门观看。帕斯卡的加法器向世人昭示:用一种纯粹机械的装置去代替人们的思考和记忆,是完全可以做到的。1971 年瑞士苏黎世联邦工业大学的尼克莱斯·沃尔斯(Niklaus Wirth)教授将自己发明的计算机通用的高级程序设计语言命名为“Pascal 语言”,就是为了纪念帕斯卡在计算机领域中的卓越贡献。Pascal 语言的主要特点有:严格的结构化形式;丰富完备的数据类型;运行效率高;查错能力强。正因为这些特点,Pascal 语言可以被方便地用于描述各种算法与数据结构,尤其是对于程序设计的初学者,Pascal 语言有益于培养良好的程序设计风格和习惯。沃尔斯一生还写了大量有关程序设计、算法和数据结构的著作,因此,他获得了 1984 年度的“图灵奖”。



布莱斯·帕斯卡

德国著名数学家戈特弗里德·威廉·莱布尼茨(Gottfried Wilhelm Leibniz, 1646—1716 年)发现了帕斯卡一篇关于“加法器”的论文,激发了他强烈的发明欲望,决心把这种机器的功能扩大为乘除运算。在巴黎,莱布尼茨在一些著名机械专家和能工巧匠的协助下,终于在 1674 年制造出一台更完善的机械计算机。莱布尼茨为计算机增添了一种名叫“步进轮”

的装置,利用步进轮的转动使重复的加减运算转变为乘除运算。在著名的《不列颠百科全书》里,莱布尼茨被称为“西方文明最伟大的人物之一”,因为他对计算机的贡献不仅在于乘法器,还系统地提出了二进制的运算法则。1700年左右,莱布尼茨从中国“易图”(八卦)里受到启发,最终悟出了二进制数的真谛。虽然莱布尼茨的乘法器仍然采用十进制,但他率先为计算机的设计系统地提出了二进制的运算法则。

4. 提花机

西汉年间,中国的纺织工匠已能熟练掌握提花机技术,平均60天即可织成一匹花布。花布用经线(纵向线)和纬线(横向线)编织,若要织出花样,织工必须按照预先设计的图案,用手在适当位置反复“提”起一部分经线,以便让滑梭牵引着不同颜色的纬线通过。

法国机械师约瑟夫·杰卡德(Joseph Jacquard),大约在1801年完成了“自动提花编织机”的设计制作,真正成功地改进了提花机。杰卡德为提花机增加了一种装置,能够同时操纵1200个编织针,控制图案的穿孔纸带后来换成了穿孔卡片。1805年,法国皇帝拿破仑在里昂工业展览会上观看提花机表演后大加赞赏,授予杰卡德古罗马军团荣誉勋章。自动编织机被人们普遍接受后,还派生出一种新的职业——打孔工人,可以视为最早的“程序录入员”。

5. 差分机和分析机

英国剑桥大学著名科学家查理斯·巴贝奇(Charles Babbage, 1792—1871年)在1822年研制出第一台差分机,在1833—1835年设计分析机,具有齿轮式“存储仓库”(Store),“运算室”即“作坊”(Mill),“控制器”,以及在“存储仓库”和“作坊”之间传输数据的输入/输出部件。巴贝奇以他天才的思想,划时代地提出了类似于现代计算机的五大部件的逻辑结构。1847—1849年巴贝奇完成21幅差分机改良版的构图,可以操作第七阶相差(7th order)及31位数字,遗憾的是无人赞助,这台机器并没有完成。1991年,为了纪念巴贝奇诞辰200周年,英国肯圣顿(Kensington)科学博物馆根据这些图纸重新建造了一台差分机。复制者特地采用18世纪中期的技术设备来制作,不仅成功地造出了机器,而且可以正常运转。



查理斯·巴贝奇

阿达·奥古斯塔(Ada Augusta, 1815—1852年)是计算机领域著名的女程序员。阿达是著名诗人拜伦的女儿,她没有继承父亲的浪漫,而是继承了母亲在数学方面的天赋。1843年,阿达发表了一篇文章,认为机器将来有可能被用来创作复杂的音乐、制图和在科学研究中运用。阿达为如何计算“伯努利数”写了一份规划,首先为计算拟定了“算法”,然后制作了一份“程序设计流程图”,被人们视为“第一个计算机程序”。1975年1月,美国国防部提出研制一种通用高级语言的必要性,并为此进行了国际范围的设计投标。1979年5月最后确定了新设计的语言,海军后勤司令部的杰克·库柏(Jack Cooper)为这个新语言起名为Ada,以寄托人们对阿达的纪念和钦佩之情。



阿达·奥古斯塔

6. 模拟计算机

19 世纪末, 赫尔曼·霍列瑞斯(Herman Hollerith, 1860—1929 年)首先用穿孔卡完成了第一次大规模数据处理。霍列瑞斯雇佣一些女职员来处理穿孔卡, 每人每天 700 张卡片, 这些女职员被看作是世界上第一批“数据录入员”。每台制表机连接着 40 台计数器, 处理高峰期时, 一天能统计 2000~3000 个家庭的数据。制表机穿孔卡第一次把数据转变成二进制信息, 在早期计算机系统里, 用穿孔卡片输入数据一直沿用到 20 世纪 70 年代, 数据处理成为计算机的主要功能之一。霍列瑞斯的成就使他成为“信息处理之父”。1890 年, 他创办了一家专业“制表机公司”。后来, Flent 兼并“制表机公司”, 改名为 CTR 的公司(C 代表计算, T 代表制表, R 代表记时)。1924 年, CTR 公司更名为计算机界蓝色巨人——IBM 公司, 专门生产打孔机、制表机等产品, 托马斯·沃森(Thmoas J. Watson)主持 IBM 大局。沃森出生在贫寒农民家庭, 思维敏捷, 精明强干, 从 17 岁开始就帮人推销缝纫机等产品, 屡遭挫折, 倍受磨难。30 岁进入现金出纳机制造公司, 担任推销员。沃森主持 IBM 公司长达 32 年, 继而把公司交给他的长子小沃森经营, 父子俩齐心协力, 把一个名不见经传的小公司, 发展为全球计算机产业执牛耳的跨国集团。

1873 年, 美国人鲍德温(F. Baldwin), 利用齿数可变齿轮, 设法制造出一种小型计算机样机(工作时需要摇动手柄), 两年后专利获得批准, 鲍德温便开始大量制造这种供个人使用的“手摇式计算机”。

英国人布什(V. Bush)为了求解与电路有关的微分方程, 制作了一台模拟计算装置帮助其求解。他曾帮助英国计算德军 V-2 导弹的弹道表, 在二战中立下赫赫战功。

英国数学家布尔(G. Boole, 1815—1864 年), 16 岁就开始任教以维持生活, 20 岁时, 对数学产生了浓厚兴趣, 他广泛涉猎著名数学家牛顿、拉普拉斯、拉格朗日等人的数学名著, 并写下大量笔记。这些笔记中的思想, 1847 年收录到他的第一部著作《逻辑的数学分析》之中。1854 年, 已经担任柯克大学教授的布尔再次出版《思维规律的研究——逻辑与概率的数学理论基础》。凭借这两部著作, 布尔建立了一门新的数学学科。在布尔代数里, 构思出了关于 0 和 1 的代数系统, 用基础的逻辑符号系统描述物体和概念, 这为今后数字计算机开关电路设计提供了最重要的数学方法。



布尔

1938 年, 美国数学家香农(C. Shannon)第一次在布尔代数和继电器开关电路之间架起了桥梁, 发明了以脉冲方式处理信息的继电器开关, 从理论到技术彻底改变了数字电路的设计。1948 年, 香农写作了《通信的数学基础》一书。由于香农在信息论方面的杰出贡献, 他被誉为“信息论之父”。1956 年, 香农参与发起了达特默斯人工智能会议, 率先把人工智能运用于计算机下棋方面, 还发明了一个能自动穿越迷宫的电子老鼠, 以此验证了计算机可以通过学习提高智能。

1937 年 11 月, 在 AT&T 贝尔实验室工作的斯蒂比兹(G. Stibitz), 运用继电器作为计算机的开关元件。1938 年, 斯蒂比兹设计出用于复数计算的全电磁式计算机, 使用了 450 个二进制继电器和 10 个闸刀开关, 由三台电传打字机输入数据, 能在 30 秒钟算出复数的商。1939 年, 斯蒂比兹将电传打字机用电话线连接上远在纽约的计算机, 异地操作进行复数计算, 开创了计算机远程通信的先河。

1938年,28岁的楚泽(K.Zuse)完成了一台可编程数字计算机Z-1的设计,但由于无法买到合适的零件,Z-1计算机实际上是一台实验模型,始终未能投入使用。1939年,楚泽继电器组装了Z-2。1941年,楚泽的电磁式计算机Z-3完成,使用了2600个继电器,用穿孔纸带输入,实现了二进制数字程序控制。在一次空袭中,楚泽的住宅和包括Z-3在内的计算机统统都被炸毁。后来楚泽辗转流落到瑞士一个荒凉的村庄,一度转向研究计算机软件理论。1945年建造了Z-4计算机,他把Z-4计算机搬到阿尔卑斯山区一个小村庄的地窖里。1949年,他建立了“Zuse计算机公司”,继续开发更先进的机电式程序控制计算机。

电磁式计算机叫Mark I,也叫“自动序列受控计算机”,在计算机发展史上占据重要地位,是计算机“史前史”里最后一台著名的计算机,发明者是美国哈佛大学的艾肯(H.Aiken)博士。

1.1.2 计算机的产生

计算机的产生不是偶然的,而是科学家们前赴后继辛勤劳动的结果。

1. 图灵

1936年,阿兰·图灵(Alan Turing, 1912—1954年)在他的一篇具有划时代意义的论文——《论可计算数及其在判定问题中的应用》(On Computer Numbers With an Application to the Entscheidungs Problem)中,论述了一种假想的通用计算器,也就是理想计算机,被后人称为“图灵机”(Turing Machine, TM)。图灵写到只要为计算器编好程序,它就可以承担其他机器能做的任何工作。当世界上还没人提出通用计算机的概念前,图灵已经在理论上证明了它存在的可能性。



阿兰·图灵

1939年,图灵根据波兰科学家的研究成果,制作了一台破译密码的机器——“图灵炸弹”(Bomba),图灵称它是“罗宾逊”。根据图灵的提议,弗劳尔斯(T.Flowers)协助他研制一台“捕鱼”的机器,1943年10月,布雷契莱庄园制造出第一部样机,用1500个电子管取代了继电器,阅读速度提高到每秒5000个字符。

1945年,图灵领导一批优秀的电子工程师,着手制造自动计算引擎(Automatic Computing Engine, ACE)。1950年,ACE样机公开表演,被称为世界上最快、最强有力的电子计算机。ACE计算机由英国电气公司制造了大约30台,它可以十分容易地把一本小说中的10页内容记住,ACE比电子数字积分机和计算机(Electronic Numerical Integrator And Calculator, ENIAC)的存储器更先进。

1950年10月,图灵发表了论文“计算机和智能”(Computing Machinery and Intelligence)。在这篇经典的论文中,图灵进一步阐明了计算机可以有智能的思想,并提出了测试机器是否有智能的方法,人们称之为“图灵测试”(Turing Test)。图灵也因此荣膺“人工智能之父”称号。图灵以其独特的洞察力提出了大量有价值的理论思想,似乎都成为计算机发展史不断追逐的目标,不断地被以后的发展证明其正确性。

1954年,42岁的图灵英年早逝。从1956年开始,每年由美国计算机学会(Association for

Computing Machinery, ACM)颁发“图灵奖”(Turing Award)给世界上最优秀的计算机科学家,像科学界的诺贝尔奖金那样,“图灵奖”是计算机领域的最高荣誉。

2. ENIAC 和冯·诺依曼

1946年2月,美国宾夕法尼亚大学成功研制出了 ENIAC,这是世界上第一台数字电子计算机。

早在第一次世界大战期间,“控制论之父”维纳(L.Wiener)教授曾来到阿贝丁试炮场,为高射炮编制射程表。1940年,维纳提出现代计算机应该是数字式,由电子元件构成,采用二进制,并在内部存储数据。维纳提出的这些原则,为电子计算机指引了正确的方向。

1943年,战争给电子计算机的诞生铺平了道路,阿贝丁试炮场再次承担了美国陆军新式火炮的试验任务。美国陆军军械部派数学家戈德斯坦(H. Glodstine)中尉,从宾夕法尼亚大学莫尔电气工程学院召集来一批研究人员,帮助计算弹道表。戈德斯坦从陆军抽调了100多名姑娘作辅助性人工计算,不仅效率低还经常出错。莫尔学院的两位青年学者——36岁物理学家约翰·莫齐利(John Mauchly)和他的学生,24岁的电气工程师布雷斯帕·埃克特(Presper Eckert),向戈德斯坦提交了一份研制电子计算机的设计方案——“高速电子管计算装置的使用”,他们建议用电子管为主要元件,制造一台前所未有的计算机,把弹道计算的效率提高成百上千倍。1943年4月9日,美国陆军军械部召集会议审议戈德斯坦等人提交的研制“高速计算装置”的报告,最后批给经费。勃雷纳德(J.Brainerd)总负责,戈德斯坦负责协调项目进展;莫齐利是总设计师,主持机器的总体设计;埃克特是总工程师,负责解决复杂而困难的工程技术问题;勃克斯则作为逻辑学家,为计算机设计乘法器等大型逻辑元件。但是为支援战争赶制的机器没能在战争期间完成。



ENIAC

这台机器采用穿孔卡输入/输出数据,每分钟可以输入125张卡片,输出100张卡片,总共安装了17468只电子管,7200个二极管,70000多只电阻器,10000多只电容器,6000只继电器,电路的焊接点多达50万个。在机器表面,布满电表、电线和指示灯,耗电量超过174千瓦,电子管平均每隔7分钟就要被烧坏一只。机器被安装在一排2.75米高的金属柜里,占地面积为170平方米左右,总重量达到30吨。运算速度达到每秒钟5000次加法,可以在3/1000秒时间内做完两个10位数乘法,其运算速度超出Mark I至少1000倍。一条炮弹的轨迹,20秒钟就能被它算完,比炮弹本身的飞行速度还要快。

1944年夏的一天,在阿贝丁火车站,戈德斯坦邂逅了数学家约翰·冯·诺依曼(John Von Neuman, 1903—1957年),于是戈德斯坦向冯·诺依曼介绍了正在研制的电子计算机,冯·诺依曼非常感兴趣。几天之后,冯·诺依曼就专程到莫尔学院参观尚未完成的 ENIAC,并参加了为改进 ENIAC 而举行的一系列专家会议。



约翰·冯·诺依曼

冯·诺依曼成为莫尔小组的实际顾问,逐步创建了电子计算机的系统设计思想。冯·诺依曼认为 ENIAC 致命的缺陷是程序与计算两分离。程序指令存放在机器的外部电路里,需要计算某个题目,必须首先用人工接通数百条线路,需要几十人干好几天之后,才可进行几分钟运算。冯·诺依曼决定重新设计一台计算机,于是起草一份新的设计报告,他把新机器的方案命名为“离

散变量自动电子计算机”(Electronic Discrete Variable Automatic Calculator, EDVAC),人们通常称它为冯·诺依曼机,在报告中明确规定出计算机的五大部件,并用二进制替代十进制运算。EDVAC 方案的意义在于“存储程序”,以便电脑自动依次执行指令。然而,莫尔小组发生分裂,EDVAC 机器无法被立即研制。直到 1951 年 EDVAC 完成后应用于科学计算和信息检索等领域,其主要源于“存储程序”的威力。EDVAC 只用了 3563 只电子管和 1 万只晶体二极管,以 1024 个 44 比特水银延迟线来储存程序和数据,消耗电力和占地面积只有 ENIAC 的 1/3。

1946 年 6 月,冯·诺依曼和戈德斯坦、勃克斯回到普林斯顿大学高级研究院,完成了另一台 ISA(高级研究院)电子计算机。他们联名发表了计算机史上著名的“101 页报告”。直到今天,这仍然被认为是现代计算机科学发展里程碑式的文献,报告明确规定出计算机的五大部件,并用二进制替代十进制运算。

1946 年,英国剑桥大学威尔克斯(M.Wilkes)教授,到宾夕法尼亚大学参加冯·诺依曼主持的培训班,完全接受了冯·诺依曼存储程序的设计思想。1949 年 5 月,威尔克斯研制成一台由 3000 只电子管为主要元件的计算机,命名为电子储存程序计算机(Electronic Delay Storage Automatic Calculator, EDSAC),由此,他获得了 1967 年度的“图灵奖”。

1.1.3 计算机的发展阶段

计算机是 20 世纪最辉煌的成就之一,按照采用的电子器件划分,计算机大致已经历了四个阶段。

1. 第一代计算机(1946—1957 年)

其主要特征是逻辑器件使用电子管,用穿孔卡片机作为数据和指令的输入设备,用磁鼓或磁带作为外存储器,使用机器语言编程。第一台计算机需要工作在有空调的房间里,如果希望它处理什么事情,需要把线路重新接一次,把成千上万的线重新焊一下。

1949 年发明了可以存储程序的计算机,这些计算机使用机器语言编程,可存储信息和自动处理信息,存储和处理信息的方法开始发生革命性的变化。

第一代计算机体积大、运算速度低、存储容量小、可靠性低。几乎没有什么软件配置,主要用于科学计算。尽管如此,第一代计算机却奠定了计算机的技术基础,如二进制、自动计算及程序设计等,对以后计算机的发展产生了深远的影响。其代表机型有 ENIAC、IBM650(小型机)、IBM709(大型机)等。

2. 第二代计算机(1958—1964 年)

其主要特征是使用晶体管代替了电子管,内存储器采用了磁芯体,引入了变址寄存器和浮点运算硬件,利用 I/O 处理机提高了输入/输出能力。这不仅使得计算机的体积缩小了许多,同时增加了机器的稳定性并提高了运算速度,而且计算机的功耗减小,价格降低。在软件方面配置了子程序库和批处理管理程序,并且推出了 Fortran、COBOL、ALGOL 等高级程序设计语言及相应的编译程序,降低了程序设计的复杂性。除应用于科学计算外,它还开始应用于数据处理和工业控制等方面。其代表机型有: IBM7090、IBM7094、CDC7600 等。