



普通高等教育“十二五”规划教材

计算机导论

主 编 黄贤英 刘恒洋 曹 琼
副主编 王 森 崔少国 范 伟



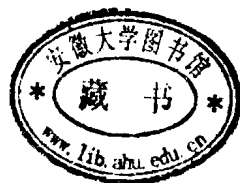
中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十二五”规划教材

计算机导论

主 编 黄贤英 刘恒洋 曹 琼

副主编 王 森 崔少国 范 伟



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书分上、下两篇，描述了计算机科学与技术学科的框架结构和基本知识，系统地介绍了专业、行业与职业相关的基本技能和基础知识。

上篇为基础入门篇，采用层次化结构来介绍计算机系统的基本知识，围绕信息表示、硬件构成、程序设计、操作系统、网络通信和应用程序等自下而上逐层介绍，清晰地勾画出学科的知识体系。

下篇为认知导学篇，主要介绍学科框架、专业能力、社会与职业问题，为进一步培养学生的专业素养奠定基础。

本书内容设计广泛，知识面宽，可作为计算机及相关专业计算机导论课程的教材，也可作为非计算机专业了解计算机学科的参考书。

图书在版编目（C I P）数据

计算机导论 / 黄贤英, 刘恒洋, 曹琼主编. — 北京:
中国水利水电出版社, 2012. 4
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5084-9574-3

I. ①计… II. ①黄… ②刘… ③曹… 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(2012)第049243号

策划编辑: 寇文杰 责任编辑: 陈 洁 加工编辑: 韩莹琳 封面设计: 李 佳

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 计算机导论
作 者	主 编 黄贤英 刘恒洋 曹 琼 副主编 王 森 崔少国 范 伟
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	三河市铭浩彩色印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 19.75印张 510千字
版 次	2012年5月第1版 2012年5月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	36.00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

如何构建计算学科的综述性导引课程，引导计算机专业的大一新生逐步步入计算机科学的殿堂，一直是一个引起激烈争论的话题。作为一名计算机科学与技术专业的学生，当他进入大学校门时就希望了解该专业、该学科的学习内容。到底该学科是什么？学生在未来 4 年的学习生涯中需要学习哪些知识？该专业的学生将来应该成为怎样的人？社会对他们的要求是什么，能从事哪些工作？如何将自己培养成社会需要的人才？

本书试图从上述学生最关心的问题入手，从学科思想与方法层面，通过对计算学科进行系统化和科学化的描述，以严密的方式将学生引入本学科各个富有挑战性的领域，让学生了解学科中那些富有智慧的核心思想，让学生理解和掌握计算机科学与技术学科的基本原理和根本问题，以及解决问题的思维模式与方法论，引导学生去认识和学习计算机科学与技术学科，激发学生深入学习计算机课程的兴趣。

本书分上、下两篇，层次化地描述了计算学科的框架结构和基本知识，系统化地介绍了计算学科专业、行业与职业相关的基本技能和基础知识。

上篇为基础入门篇，以计算机科学与技术学科的基本知识为背景，采用层次化结构来介绍计算机系统的基本知识，围绕信息表示、硬件构成、程序设计、操作系统、网络通信和应用程序等六层自下而上逐层介绍，清晰地勾画出计算机科学与技术学科体系的框架结构，系统地介绍学科的核心知识、历史、思想和解决问题的方法论，以通俗易懂的方式描述计算机科学领域的知识体系和基础知识，为有志于 IT 行业的读者奠定学习基础，铺设深入学习专业理论的桥梁。

下篇为认知导学篇，以计算机科学与技术学科框架为基础，对学科进行系统化和科学化的描述，让学生对学科有一个正确的初步认知，对职业和能力培养有一个正确的认识，为如何学习计算机科学与技术提供正确的学习指导，了解学科的本质和思维方式。本篇主要介绍计算学科框架、专业能力培养、社会与职业问题，进一步激发学习兴趣，为后续课程的学习打下良好的基础。

本书内容丰富、图文并茂、知识面宽，涉及计算机科学与技术学科的几乎所有主题，有相当的深度和广度，可作为计算机及相关专业计算机导论课程的教材，也可作为非计算机专业了解计算机学科的参考书。

本书的出版得到了重庆理工大学教材出版专项资金资助。本书由黄贤英、刘恒洋、曹琼任主编，王森、崔少国、范伟任副主编。本书的编写参考了大量的书籍和文章，并从互联网上参考了部分有价值的资料，在此一并表示感谢。

由于作者的知识和写作水平有限，书稿虽几经修改，仍难免有缺点和错误，衷心希望能够得到同行和读者的批评和指正。

编 者

2012 年 2 月

目 录

前言

第1章 计算机系统概述	1	2.5.3 汉字编码	35
1.1 认识计算机	1	2.5.4 文本压缩	37
1.2 计算机的发展简史	1	2.6 音频信息表示法	39
1.2.1 从计算工具到计算机	2	2.6.1 声音的数字化	40
1.2.2 计算机硬件发展简史	4	2.6.2 音频格式	40
1.2.3 计算机软件发展简史	7	2.7 图像和图形的表示法	41
1.2.4 计算机的发展趋势	12	2.7.1 颜色表示法	41
1.3 计算机的分类和特点	14	2.7.2 数字化图像和图形	42
1.3.1 计算机的分类	14	2.7.3 图形的矢量表示法	43
1.3.2 计算机的特点	15	2.8 视频表示法	43
1.4 计算机的性能指标	16	2.9 小结	44
1.5 计算机的应用	18	2.10 练习	45
1.6 计算机系统的抽象分层	19	第3章 计算机的硬件	48
1.7 小结	20	3.1 门	48
1.8 练习	21	3.1.1 非门	49
第2章 计算机中的信息表示	22	3.1.2 与门	49
2.1 进位计数制	22	3.1.3 或门	50
2.2 常见进制间的转换	24	3.1.4 异或门	50
2.2.1 二进制、八进制、十六进制转换成 十进制	24	3.1.5 与非门和或非门	51
2.2.2 十进制转换成二进制、八进制、 十六进制	24	3.1.6 具有更多输入的门	52
2.2.3 二进制、八进制、十六进制间的 互转换	25	3.2 门的构造	52
2.3 数据与计算机	27	3.3 电路	54
2.3.1 二进制与计算机	27	3.3.1 组合电路	54
2.3.2 数据及其分类	28	3.3.2 加法器	56
2.4 数值数据表示法	29	3.3.3 多路复用器	57
2.4.1 数据的三种表示方法	29	3.3.4 时序电路	58
2.4.2 溢出	31	3.3.5 集成电路	59
2.4.3 实数表示法	31	3.4 计算机硬件系统	60
2.5 文本表示法	32	3.4.1 冯·诺依曼体系结构	60
2.5.1 ASCII 字符集	33	3.4.2 输入输出设备	61
2.5.2 Unicode 字符集	34	3.4.3 存储器	65
		3.4.4 中央处理器	67
		3.5 计算机的基本工作原理	68
		3.5.1 指令和指令系统	69

3.5.2 指令格式	69	5.1.1 什么是操作系统	124
3.5.3 寻址方式	70	5.1.2 操作系统的发展	126
3.5.4 指令的执行过程	70	5.1.3 操作系统的分类	127
3.5.5 指令执行实例	71	5.1.4 常见的操作系统	129
3.6 非冯·诺依曼体系结构	73	5.1.5 操作系统的引导	131
3.7 小结	74	5.2 CPU 管理	132
3.8 练习	75	5.2.1 进程管理	132
第4章 程序设计语言和数据结构	77	5.2.2 进程调度	134
4.1 问题求解和算法	77	5.2.3 进程的并发执行	135
4.1.1 用计算机进行问题求解	77	5.3 内存管理	138
4.1.2 自顶向下的问题求解方法	79	5.3.1 程序的装入	138
4.1.3 面向对象的问题求解方法	80	5.3.2 单块内存管理	139
4.1.4 问题求解方案的表示——算法	82	5.3.3 分区内存管理	139
4.2 程序设计语言	84	5.4 设备管理	141
4.3 低级程序设计语言	85	5.4.1 主机与外设的数据交换方式	141
4.3.1 计算机的基本操作	85	5.4.2 缓冲	142
4.3.2 机器语言	86	5.4.3 虚拟设备	143
4.3.3 汇编语言	86	5.5 文件管理	143
4.4 高级程序设计语言	87	5.5.1 文件和文件系统	143
4.4.1 高级语言的概念	87	5.5.2 文件操作	144
4.4.2 高级语言程序的翻译	88	5.5.3 文件的存储	145
4.4.3 程序设计语言的范型	90	5.5.4 文件的分类	145
4.4.4 程序设计语言的数据定义	91	5.5.5 目录管理	146
4.4.5 命令式语言的功能性	97	5.5.6 磁盘调度	147
4.4.6 面向对象语言的功能性	104	5.6 用户接口	148
4.4.7 常见的高级语言	107	5.7 小结	149
4.5 基本数据结构	109	5.8 练习	151
4.5.1 基本概念	109	第6章 通信与网络	154
4.5.2 常见的数据结构	110	6.1 网络通信基础	154
4.5.3 查找和排序	116	6.1.1 数据通信的基本概念	155
4.6 程序设计的风格	118	6.1.2 数据传输方式	155
4.6.1 程序内部的文档	118	6.1.3 数据通信方式	156
4.6.2 数据说明	119	6.1.4 数据交换方式	157
4.6.3 语句结构	119	6.2 计算机网络概述	159
4.6.4 输入和输出	119	6.2.1 计算机网络的发展	159
4.7 小结	120	6.2.2 计算机网络的定义	160
4.8 练习	121	6.2.3 计算机网络的分类	160
第5章 操作系统	124	6.3 计算机网络的体系结构	162
5.1 操作系统的概念	124	6.3.1 网络协议	162

6.3.2 TCP/IP 参考模型	163	7.4.4 嵌入式系统的组成	203
6.4 组网	164	7.4.5 嵌入式系统的开发	205
6.4.1 传输介质	164	7.5 图形图像处理技术	206
6.4.2 连网设备	167	7.5.1 计算机图形学	207
6.4.3 局域网	169	7.5.2 数字图像处理	209
6.4.4 广域网	170	7.5.3 模式识别和计算机视觉	212
6.4.5 家庭入网	170	7.5.4 计算机动画	213
6.5 Internet 及其应用	172	7.5.5 虚拟实现	214
6.5.1 Internet 概述	172	7.6 智能系统	216
6.5.2 传统 Internet 服务	174	7.6.1 人工智能	216
6.5.3 WWW 服务	176	7.6.2 知识表示	217
6.6 网络安全与管理	177	7.6.3 人工神经网络	218
6.6.1 数据加密技术	178	7.6.4 自然语言处理	220
6.6.2 身份认证	178	7.6.5 智能计算	222
6.6.3 防火墙	180	7.6.6 机器学习	222
6.6.4 入侵检测	180	7.7 电子商务	222
6.6.5 防病毒技术	181	7.7.1 电子商务定义	223
6.6.6 网络管理	181	7.7.2 电子商务模式分类	223
6.7 小结	182	7.7.3 电子商务功能	224
6.8 练习	183	7.7.4 电子商务系统的构成	225
第 7 章 应用系统	185	7.7.5 电子商务系统的建设	226
7.1 计算机应用软件概述	185	7.8 小结	227
7.2 软件开发	186	7.9 练习	228
7.2.1 软件工程	186	第 8 章 认识计算机科学与技术学科	230
7.2.2 软件生命周期	186	8.1 计算机科学与技术学科的定义	230
7.2.3 软件开发模型	189	8.1.1 学科的起源	230
7.2.4 软件质量	192	8.1.2 学科的根本问题	231
7.3 信息系统	194	8.1.3 与其他学科之间的关系	232
7.3.1 信息系统概述	194	8.2 学科中的经典问题	232
7.3.2 数据管理技术的发展	195	8.2.1 学科中的科学问题	233
7.3.3 数据库系统的基本概念	196	8.2.2 哥尼斯堡七桥问题与图论	234
7.3.4 数据模型	197	8.2.3 哲学家就餐问题与资源管理	235
7.3.5 关系数据库	198	8.2.4 GOTO 语句与程序设计方法学	236
7.3.6 数据库查询语言 SQL	199	8.2.5 算法与可计算性研究	236
7.3.7 数据库的设计	200	8.2.6 图灵测试与人工智能	239
7.4 嵌入式系统	201	8.2.7 两军问题与计算机网络	240
7.4.1 嵌入式系统的定义	201	8.3 三个学科形态	242
7.4.2 嵌入式系统的特点	202	8.4 学科的核心概念	244
7.4.3 嵌入式系统的应用	202	8.5 学科的研究方法	246

8.6 学科知识体系	247	10.4 信息产业的法律法规	273
8.6.1 知识体系的结构	247	10.4.1 与计算机知识产权有关的 法律法规	273
8.6.2 学科知识体系一览	251	10.4.2 计算机软件保护	274
8.7 小结	253	10.4.3 计算机犯罪	276
8.8 练习	254	10.5 小结	277
第9章 计算机科学与技术专业的教育	255	10.6 练习	278
9.1 教育的目的和基本要求	255	附录 A 学科发展过程中典型人物介绍	279
9.1.1 科学素养	255	A.1 图灵——计算机科学之父	279
9.1.2 综合素质	256	A.2 冯·诺依曼——计算机器之父	281
9.1.3 终生学习	256	A.3 艾兹格·迪杰克斯特拉	283
9.1.4 创新意识	257	A.4 唐纳德·克努斯	284
9.1.5 学科能力要求	258	A.5 比尔·盖茨——电脑教父	288
9.2 专业能力的培养	258	A.6 史蒂夫·乔布斯	290
9.2.1 知识、能力和素质	258	A.7 王选——“北大方正”的象征	292
9.2.2 各专业方向的公共要求	260	A.8 柳传志与“联想”电脑	293
9.2.3 计算思维能力的培养	261	A.9 求伯君与 WPS	294
9.2.4 算法设计与分析能力的培养	262	A.10 台湾电脑科技产业的领头羊 ——施振荣	295
9.2.5 程序设计与实现能力的培养	263	附录 B 其他阅读材料	298
9.2.6 系统能力的培养	263	B.1 摩尔定律	298
9.3 课程与专业能力培养	264	B.2 著名的计算机组织	299
9.4 小结	265	B.3 著名计算机奖项	300
9.5 练习	265	B.4 我国 Internet 的起源和发展	300
第10章 职业与职业道德	266	B.5 我国的三金工程	301
10.1 信息化社会对计算机人才的需求	266	B.6 开源软件	302
10.2 专业岗位	267	B.7 人机共生	303
10.3 职业道德	268	B.8 如何预防计算机对人体健康的危害	304
10.3.1 计算机科学技术专业人员的 道德准则	268	B.9 二八定律与长尾理论	304
10.3.2 企业道德准则	269	B.10 工程强国和卓越工程师教育培养计划	306
10.3.3 计算机用户的道德	270	参考文献	308
10.3.4 安全与隐私	271		
10.3.5 软件工程师的道德规范	272		

第1章 计算机系统概述

计算机是20世纪最辉煌的成就之一，给人类社会带来了巨大变化，它的应用渗透到社会的各个领域。那么，计算机到底是什么？它是如何工作的？如何更好地使用计算机？本书将带你走进计算机世界，采用自下而上的方式探讨计算机系统是如何工作的，即如何获取信息、表示信息、计算、保存和共享信息等，计算机可以做什么。

本章首先介绍计算机系统的基本概念，介绍一些与计算机相关的术语，以及计算机的发展、特点、分类及应用，最后将计算系统进行抽象分层，为进一步深入探讨计算机领域搭建一个基础平台。



- 描述计算机系统的分层结构
- 描述计算机的分类、特点及应用领域
- 描述计算机硬件和软件的历史、发展趋势
- 描述计算机用户角色的转换
- 区分系统程序员和应用程序员

1.1 认识计算机

计算机(Computer)是一种设备，能够按照事先存储的程序，自动、高速地对数据进行输入、处理、输出和存储。平常所说的计算机一般指的是配有软件的计算机系统。计算机系统是一种动态实体，用于解决问题以及与它所处的环境进行交互。计算机系统由硬件、软件和它们管理的数据构成。其中计算机硬件是构成机器及其附件(包括机箱、电路板、芯片、电线、硬盘驱动器、键盘、显示器、打印机等)的物理元件的集合，是计算机系统的物质基础；计算机软件是提供计算机执行的指令的集合，它指挥和控制计算机硬件系统按照预定的程序运行和工作，从而达到预定的目标；计算机系统的核心是它管理的数据，如果没有数据，硬件和软件都毫无用处。人们通常把没有安装任何软件的计算机称为裸机。

1.2 计算机的发展简史

计算的历史十分悠久，计算机的产生和发展不是一蹴而就的，而是经历了一个漫长的历史过程。在这一过程中，科学家们艰难探索，发明了各种各样的计算工具——“计算机”的雏形，推动了社会和技术的进步。了解这一发展历史可以解释为什么计算机是今天这个样子，也为开启未来奠定了基础。本节主要介绍硬件和软件的历史，它们对计算机系统发展为现在的层次模型有着重要的影响，最后介绍计算机未来的发展趋势。

1.2.1 从计算工具到计算机

辅助人们进行各种计算的设备自古就有, 迄今为止, 它们还在不断进化中。

1. 手工计算工具

许多人认为位于英国的 Stonehenge (石群) 是早期的日历或星象观测台。起源于春秋战国时期的算筹是中国古代劳动人民用来计数、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数工具。中国南北朝时期著名科学家祖冲之 (公元 429~500 年) 借助算筹作为计算工具, 计算出圆周率在 3.1415926 至 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。

算盘也是出现较早的一种记录数值和计算的工具, 人们可以用它进行基本的数学运算, 算盘是计算工具发展史上第一次重大改革。

2. 机械式计算工具

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 位数的加减法, 还能做乘法运算。

17 世纪中叶, 法国数学家布莱斯·帕斯卡 (Blaise Pascal, 1623~1662 年) 建造并出售了一种齿轮驱动的机械机器, 它可以执行整数的加法和减法运算, 帕斯卡是公认的制造出计算机的第一人。

17 世纪末, 德国数学家哥特弗里德·威廉·莱布尼茨 (Gottfried Wilhelm von Leibniz) 建造了第一台能够进行四种整数运算 (加法、减法、乘法、除法) 的机械设备。遗憾的是, 当时的机械齿轮和操作杆的水平有限, 使 Leibniz 机的结果不太可信。

18 世纪晚期, 法国机械师约瑟夫·杰卡德 (Joseph Jacquard) 发明了 Jacquard 织布机。这种织布机利用一套穿孔卡片来说明需要什么线着色, 从而控制纺织图案。尽管 Jacquard 织布机不是一种计算设备, 但是它第一次使用了穿孔这种输入形式。

计算硬件的下一个重大进展是 19 世纪由英国数学家查理斯·巴贝奇 (Charles Babbage) 发明的分析机。它的设计很复杂, 以至于当时的技术水平不能建造这种机器, 所以他的发明根本没有实现。但是, 在他的构想中, 却包括许多现代计算机的重要部件。他的设计中第一次出现了内存, 使得中间值不必重新输入。此外, 他的设计还包括数字输入和机械输入法, 采用了与 Jacquard 织布机使用的穿孔卡片相同的方式。

Lovelace 伯爵夫人 Ada Augusta 是计算历史上的传奇人物, 是第一位女程序设计员。Ada 是英国诗人 Lord Byron 的女儿, 是一位杰出的数学家。她对 Babbage 的分析机非常感兴趣, 扩充了他的想法 (同时修改了他的一些错误), 提出循环的概念 (即一系列重复执行的指令)。美国国防部广泛使用的 Ada 程序设计语言就是以她的名字命名的。

3. 机电式计算机

19 世纪晚期和 20 世纪初出现了模拟计算机。William Burroughs 制造并销售了一台机械加法机。赫尔曼·霍列瑞斯 (Herman Hollerith) 博士发明了第一台机电式制表机, 从穿孔卡片读取信息。他的设备从根本上改变了美国每十年举行一次的人口普查, 他雇佣一些女职员来处理穿孔卡片, 每人每天 700 张卡片, 这些女职员是世界上第一批“数据录入员”, 这种卡片输入方式一直沿用到 20 世纪 70 年代, 数据处理成为计算机的主要功能之一。Hollerith 也被称为“信息处理之父”。后来, Hollerith 博士创建了当今著名的 IBM 公司。

英国数学家布尔, 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。凭借他的两部著作《逻辑的数学分析》和《思维规律的研究——逻辑与概率的数学理论基础》，布尔建立了一门新的数学学科——布尔代数。其中构思出了关于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。

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30s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，实现了计算机的远程通信。斯蒂比兹是实现计算机远程遥控的第一人，也是举世公认的“数字计算机之父”。

第一个采用电器元件来制造计算机的是德国工程师朱斯（K.zuse）。1938年，他28岁完成了可编程数字计算机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，他用继电器组装了Z-2，1941年电磁式计算机Z-3完成，Z-3不仅全部采用继电器，同时采用了浮点记数法、用穿孔纸带输入、二进制运算、带数字存储地址的指令形式、实现了程序控制等。这些设计思想虽然在他之前已经提出，但这是第一次得到具体实现。然而，在一次空袭中，他的住宅和包括Z-3在内的计算机都被炸毁。后来朱斯辗转流落到一个荒凉的村庄，一度转向研究计算机软件理论。他首先提出了“程序演算”理论，即今天所说的计算机程序设计，这一理论对软件的发展影响很大。1945年，他建立了Z-4计算机，并将其搬到阿尔卑斯山区一个小村庄的地窖里。1949年，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。

1941年，朱斯向德国政府申请基金用来建造计算机，用于破译敌人的密码，德国政府没有批准。与此同时，英国政府秘密组建一个由科学家和工程师组成的绝密小组。1943年，图灵等人研制成功Colossus（巨人计算机），使得英国军方能够窃取并破译德国的军事情报。

4. 数字电子计算机的出现

1936年，英国数学家图灵（Alan M.Turing）的一篇文章《论可计算数及其在判定问题中的应用》具有划时代的意义，对计算机科学产生了深远的影响。他发明了一种抽象的数学模型——图灵机（即一种理想的计算机），为计算理论的主要领域奠定了基础。图灵写到只要为图灵机编好程序，它就可以承担其他机器能做的任何工作。在还没有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。

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，从理论到技术上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”。

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的、由电子元件构成、采用二进制、内部存储数据。维纳提出的这些原则，为计算机指引了正确的方向。

到第二次世界大战爆发时，已经有几台计算机处于设计和建造中。Mark-I和ENIAC是当时最著名的两台机器。

在计算机发展史上，由霍华德·艾肯（Howard Aiken）制造的MARK-I和MARK-II有着重要的地位，人们认为MARK-I是世界上第一台通用程序控制计算机。它是在国际商业机器

公司（即 IBM 公司）的资助下完成的。艾肯于 1937 年提出他的计算机设计时，还是哈佛大学物理系的研究生，IBM 公司（当时总经理是 Thomas J. Watson）支持了这个年轻人，1939 年派出四位有经验的工程师与艾肯合作。1944 年，这台程序控制的自动数字计算机宣告完工，在哈佛投入运行。MARK-I 只是部分采用了继电器。在 1945 年至 1947 年间，艾肯又领导制造成功一台全部使用继电器的计算机——MARK-II。

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计算机。冯·诺伊曼（John von Neumann）是 ENIAC 这个项目的顾问。ENIAC 致命的缺陷有两个：一是没有存储器；二是用布线接板进行控制，因此计算速度受到了限制。程序指令存在机器的外部电路里，需要计算某个题目，首先需要由人工接通数百条线路，需要几十个人几天的时间才能接好，而运算只需用几分钟时间。

之后，冯·诺伊曼开始致力于另一台著名机器 EDVAC 的建造，通常称为冯·诺伊曼机，明确提出计算机的五大部件，并用二进制代替十进制运算。EDVAC 的意义在于存储程序，以便计算机能够自动依次执行指令。这台机器完成于 1950 年。

1.2.2 计算机硬件发展简史

1951 年后，计算机被越来越广泛地用来解决各个领域中的问题。从那时起，探索的重点不仅在于建造更快、更大的计算设备，且在于开发能更有效地使用这些设备的工具。根据计算机硬件采用的技术将计算机的历史划分为几个时代，随着计算机的发展，功能越来越强大，体积越来越小，成本也越来越少。

1. 第一代（1946~1959 年）

第一代计算机使用的逻辑器件是电子管。电子管会大量发热，不太可靠。使用电子管的机器需要大型空调，并不断维修，还需要巨大的专用房间。

第一代计算机的主存储器主要是磁鼓，磁鼓固定在旋转的读/写臂上，当被访问的存储器旋转到读/写臂下时，数据才能写入这个单元或从这个单元读出。

用穿孔卡片作为数据和指令的输入设备，可以阅读 IBM 卡（由 Hollerith 卡演化而来）。输出设备是穿孔卡片或行式打印机。随后出现了磁带驱动器，它比读卡机快得多。磁带是顺序存储设备，也就是说，必须按照线性顺序访问磁带上的数据。计算机存储器外部的存储设备叫做辅助存储设备。磁带是一种辅助存储设备。输入设备、输出设备和辅助存储设备一起构成了外围设备。

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变化。

第一代计算机体积大、运算速度低、存储量小、可靠性低，几乎没有软件配置，主要用于科学计算。第一代计算机奠定了计算机技术的基础，如二进制、存储程序的思想等，对以后计算机的发展产生了深远的影响。代表机型有 ENIAC/IBM650、IBM709 等，如图 1.1 所示。

第一款商用计算机是 1951 年开始生产的 UNIVAC 计算机。1947 年，ENIAC 的发明人莫奇莱和埃克特创立了自己的计算机公司并生产 UNIVAC 计算机，计算机第一次作为商品被出售，这奠定了计算机工业的基础。1951 年，美国人口普查局收到了第一台商用计算机 UNIVAC I。UNIVAC I 是第一台用于统计美国总统大选结果的计算机。

UNIVAC I 是能快速操作数字的设备，当时许多专家预言“只需要少数计算机就能够满足人类的计算需求”。快速运算大量数据的能力很快就从根本上改变了数学、物理、工程学和经

济学领域的工作方式，计算机从根本上改变了“什么需要计算”的预言。

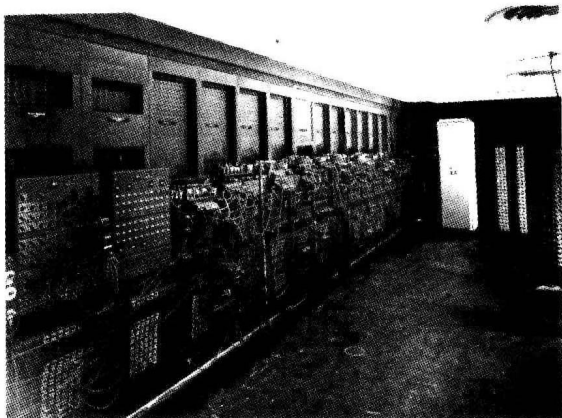


图 1.1 世界上第一台电子管计算机——ENIAC

2. 第二代（1959~1965 年）

第二代计算机使用的逻辑器件主要是晶体管（John Bardeen、Walter H. Brattain 和 William B. Shockley 为此获得了诺贝尔奖），它比电子管更小、更可靠、更快、寿命更长，也更便宜。因此晶体管代替电子管成为计算机硬件的主要部件。

第二代计算机使用磁芯作为存储器，这是一种微小的环形设备，每个磁芯可以存储一位信息。由于设备是静止不动的，而且是用电力访问的，能够即时访问信息。

磁盘是一种新的辅助存储设备，也出现在第二代计算机中。磁盘上的数据都有位置标识符，称为地址。使用数据在磁盘上的位置就可以直接访问它。磁盘的读/写头可以直接移动到存储所需信息的特定位置，因此磁盘比磁带快。

第二代计算机引进了编址寄存器和浮点运算硬件，利用 I/O 处理提高了输入/输出的效率。这不仅使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，减小了功耗，降低了价格。除应用于科学计算外，它还开始应用于数学处理和工业控制等方面。代表机型有 IBM7090、IBM7094、CDC7600 等，如图 1.2 所示。



图 1.2 世界上第一台晶体管计算机——TRADIC

3. 第三代（1965~1971 年）

在第二代计算机中，晶体管和其他计算机元件都被手工集成在印刷电路板上。第三代计

算机使用的逻辑器件是集成电路 (Integrated Circuit, IC), 这是一种将晶体管和其他分离元件用连线连接起来做成的硅片。集成电路比印刷电路小, 它更便宜、更快速并且更可靠。Intel 公司的奠基人之一 Gordon Moore 注意到从发明 IC 起, 一个集成电路板上能够容纳的电路的数量每年增长一倍, 这就是著名的摩尔 (Moore) 定律。

晶体管也用来构造存储器, 每个晶体管表示一位信息, 将其做成集成电路存储板, 这就是半导体存储器。辅助存储设备仍然是必需的, 因为晶体管存储器不稳定, 断电之后, 所有的信息都将消失。

使用微程序设计技术简化处理机的结构, 这使得计算机的体积和耗电量显著减小, 而计算机的速度和存储容量却有较大提高, 可靠性也大大增加。

此时也出现了终端 (带有键盘和屏幕的输入/输出设备), 键盘使用户可以直接访问计算机, 屏幕则可以提供立即响应。

计算机开始走向标准化、模块化和系列化, 计算机的应用进入到许多科学计算领域。代表机型有 IBM360 系列、富士通 F203 系列等, 如图 1.3 所示。



图 1.3 世界上第一台采用集成电路的计算机——IBM360

4. 第四代 (1971 年至今)

第四代计算机的特征是使用了大规模和超大规模集成电路。在 20 世纪 70 年代早期, 一个硅片上可以集成几千个晶体管, 80 年代中期, 一个硅片则可以容纳整个微型计算机, 主存设备仍然依赖芯片技术。摩尔定律被改为芯片集成度每 18 个月增长一倍。

大规模、超大规模集成电路的出现, 使计算沿着两个方向飞速向前发展。一方面利用大规模集成电路生产多种逻辑芯片, 组装大型、巨型计算机。使运算速度向每秒万亿次及更高发展, 存储容量向百兆、千兆字节发展, 巨型机的出现推动了许多新兴学科的发展。我国第一台巨型计算机——“银河”亿次巨型计算机, 是在 1983 年 12 月研制成功的。

20 世纪 80 年代中期, 出现了功能强大的工作站, 主要用于商业用途。这些工作站由线缆连接在一起, 以便彼此能够交换信息。引入 RISC (精简指令计算机, Reduced-Instruction-Set Computer) 体系结构后, 工作站变得更加强大了。每台计算机都能理解一组指令, 称为机器语言。传统机器 (如 IBM 370/168) 的指令集有 200 多条指令。Sun 微系统公司于 1987 年制造出了采用 RISC 芯片的工作站, 这种工作站的受欢迎程度说明了 RISC 芯片的可行性。这些工作站通常称为 UNIX 工作站, 因为它们使用的操作系统是 UNIX。

另一方面, 利用大规模集成电路技术, 将运算器、控制器等部件集成在一个很小的集成

电路上,从而出现了微处理器。微型计算机、笔记本型和掌上型等超微型计算机的诞生是超大规模集成电路应用的直接结果,并使计算机很快进入到寻常百姓家。20世纪70年代末,出现了个人计算机(Personal Computer, PC)。

IBM PC 是1981年面世的,随后IBM、NCR、DEC、Remington Rand、Hewlett-Packard、Control Data 和 Burroughs 等公司迅速制造了许多与之兼容的机器,并取得了巨大的成功,如图1.4所示。Apple 公司在1984年创建了非常受欢迎的 Macintosh 微型计算机的生产线。

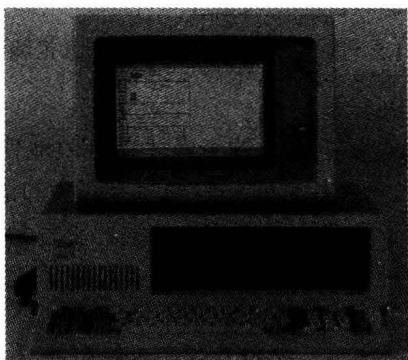


图 1.4 IBM 推出的第一台个人计算机——5150

由于计算机仍在使用电路板,所以不能为这一代计算机画上休止符。但是,一些新事物已经出现,对如何使用计算机带来了很大影响,它们必将开创一个新时代。摩尔定律被再次改为:“每18个月,计算机的功率会在同样的价格水平下增长一倍,或者以一半的价格可以购买同样的计算机功率。”

1.2.3 计算机软件发展简史

虽然计算机的硬件可以启动,但是如果没有计算机程序的指引,它们什么也做不了。了解计算机软件发展的历史,对理解软件在现代计算系统中是如何运行的至关重要。

1. 第一代软件(1951~1959年)

第一代程序是用机器语言编写的。机器语言就是内置在计算机电路中的指令。即使是对两个数字求和这样的小任务也要运用3条二进制指令,程序设计人员必须记住每种二进制数字的组合表示什么。使用机器语言的程序设计人员一定要对数字非常敏感,而且要非常细心。第一代程序员称得上是数学家和工程师。然而,用机器语言进行程序设计不仅耗时,而且容易出错。

由于编写机器代码非常乏味,有些程序设计人员开始开发一些工具辅助程序设计。这就出现了第一代人工程序设计语言——汇编语言,使用助记符表示每条机器语言指令。

由于每个程序在计算机上执行时采用的最终形式都是机器语言,所以汇编语言的开发者还创建了一种翻译程序,把用汇编语言编写的程序翻译成用机器语言编写的程序。一种称为汇编器的程序将读取每条用助记符编写的程序指令,把它翻译为等价的机器语言指令。这些助记符都是缩写码,有时难以理解,但它们比二进制字符串更容易使用。

那些编写辅助工具(如汇编器)的程序设计人员,简化了他人的程序设计,是最初的系统程序员。也就是说在第一代计算机系统中,就出现了编写工具的系统程序员和使用工具的应用程序员这样的分类。汇编语言是应用程序员和机器硬件之间的接口,如图1.5所示。即使是现在,如果需要代码效率很高,仍然需要用汇编语言来编写程序。

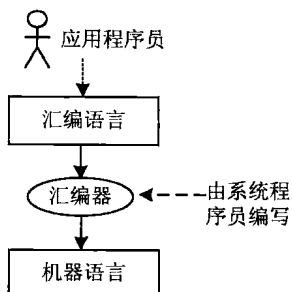


图 1.5 第一代软件——机器语言和汇编语言

2. 第二代软件（1959~1965 年）

当硬件变得更强大时，就需要更强大的工具才能有效地使用它们，然而汇编语言程序员还是必须记住单独的机器指令。第二代软件一定要由更强大的语言开发，这就出现了高级语言，高级语言的指令类似于英语句子和算术表达式，使编程更容易。

第二代软件时期开发的两种语言是 **FORTRAN**（为数学应用程序设计的语言）和 **COBOL**（为商业应用程序设计的语言），目前仍然在使用。**FORTRAN** 和 **COBOL** 的开发过程完全不同。**FORTRAN** 最初是一种简单语言，经过几年附加特性后才形成一种高级语言。而 **COBOL** 则是先设计好，然后再开发的，形成之后就很少改动。

这一时期设计的另一种仍然在用的语言是 **Lisp**。**Lisp** 与 **FORTRAN** 和 **COBOL** 有很大不同，没有被广泛接受，它主要用于人工智能的应用程序和研究。**Lisp** 的专用语是当今人工智能可用的语言之一，**Scheme** 就是一种 **Lisp** 专用语，有些学校用它作为启蒙性的程序设计语言。

高级语言的出现使得在多台计算机上运行同一个程序成为可能。每种高级语言都有配套的翻译程序，它把高级语言编写的语句翻译成等价的机器码指令，称为编译器。早期高级语言的语句通常被翻译成汇编语言，然后再把汇编语句翻译成机器码。只要一台机器具有编译器这样的翻译程序，就能够运行 **FORTRAN** 或 **COBOL** 编写的程序。

在第二代软件末期，系统程序员的角色变得更加明显。系统程序员编写诸如编译器和编译器这样的实用程序。使用这些工具编写程序的人被称为应用程序员。随着在硬件层上附件的软件变得越来越复杂，应用程序员离计算机硬件越来越远了，如图 1.6 所示。

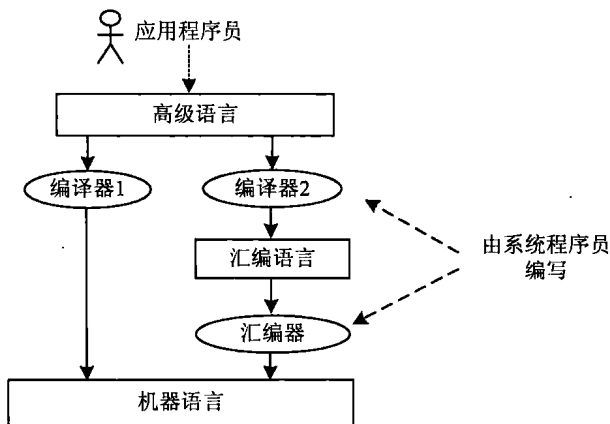


图 1.6 第二代软件——高级语言

3. 第三代软件（1965~1971 年）

随着计算机处理速度的提高，计算机的高速处理得不到充分发挥，计算机经常处于等待

运算器准备下一个作业的状态。解决方法是使所有计算机资源处于计算机的控制之中,也就是说,需要编写一种程序,决定何时运行什么程序,这就出现了操作系统。

在前两代软件时期,实用程序用来处理频繁执行的任务。装入器把程序装入内存,连接器则把多个程序连接在一起。第三代软件改进了这些实用程序,使它们都处于操作系统的引导下。实用程序、操作系统和语言翻译程序(汇编器和编译器)构成了系统软件。

用作输入/输出设备的计算机终端的出现,使用户能够直接访问计算机,而高级的系统软件则使机器运转得更快。但是,从键盘和屏幕输入输出数据是个很慢的过程,比在内存中执行指令慢很多,这就导致了如何利用机器越来越强大的能力和速度的问题。解决方法就是分时,即许多用户用各自的终端同时与一台计算机进行通信(输入和输出)。控制这一进程的是操作系统,它负责组织和安排各个作业。

对用户来说,分时好像使他们有了自己的机器。每个用户都会被分配到一小段中央处理器时间,在中央处理器服务于一个用户时,其他用户将处于等待状态。用户通常不会察觉到还有其他用户在使用。但是,如果同时使用系统的用户太多,那么等待一个作业完成的时间就会明显变长。

在第三代软件中,出现了多用途的应用程序,如用 FORTRAN 语言编写的社会科学统计程序包(Statistical Package for the Social Science, SPSS)。SPSS 具有一种专用的语言,用户使用这种语言编写指令,作为程序的输入。使用这种专用语言,即使不是经验丰富的程序设计人员也可以描述数据,并且对这些数据进行统计计算。

此时出现了计算机用户的概念。其实早期并不区分计算机用户和程序设计人员,他们是一体的。在第一代软件末期,为其他程序设计人员编写工具的程序设计人员的出现带来了系统程序员和应用程序员的区分,但程序设计人员仍然是用户。在第三代软件中,系统程序员专门为其他人编写软件工具,应用程序员编写应用程序供其他人使用,才出现了用户的概念,他们不再是传统意义上的程序员。

用户与硬件的距离逐渐加大。硬件演化成整个系统的一小部分。由硬件、软件和它们管理的数据构成的计算机系统出现了,如图 1.7 所示。虽然语言层还在加深,但是程序设计员们仍然在使用一些最内层的语言。如果要求一小段代码运行得尽可能快,占用的内存尽可能少,还是需要用汇编语言或机器语言来编写这段代码。

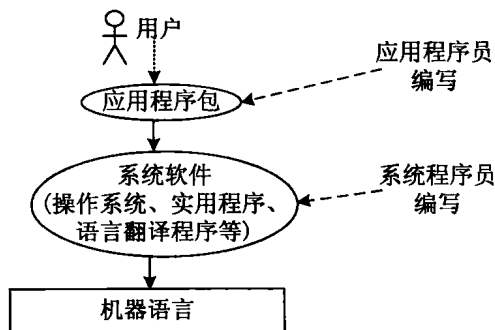


图 1.7 第三代软件——系统软件和应用程序包

4. 第四代软件(1971~1989年)

20 世纪 70 年代出现了结构化程序设计方法,一种有逻辑、有规则的程序设计方法。Pascal 语言和 Modula-2 都是遵守结构化程序设计思想的语言。BASIC 这种为第三代机器设计的语言