



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
“十二五”普通高等教育规划教材

计算机导论

Introduction to Computer Science

(第4版)

宋斌 编著

国家级规划教材

作者权威，学术领先

面向21世纪教学改革

全国优秀出版社倾力打造



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
“十二五”普通高等教育规划教材

计算机导论

(第4版)

宋 斌 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,自出版至今受到广泛欢迎,目前已是第4版。

本书以计算机科学学科的特点、形态、历史渊源、发展变化、典型方法、学科知识结构和分类体系,以及大学计算机专业各年级课程重点等内容组织结构,阐述如何认识计算机科学与技术,共分为计算机发展史、计算机的组成、从汇编语言到多媒体、信息系统、计算机网络、计算机科学等6章,介绍计算机学科的基本概念、发展过程、基本功能及作用。各章后附有习题,便于训练和知识深化。

本书保持了前3版内容丰富完整、概念层次清晰、文字流畅通顺的特点,还更新了部分计算机技术发展的新知识及概念,进一步提高了全书的系统性。按照本书的叙述体系,读者容易理解后续课程中展开的专业概念及其之间的关联。

本书可作为大学计算机专业计算机导论课程的教材或教学参考书,也可以作为非计算机专业及计算机爱好者的计算机基础课程参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机导论/宋斌编著.—4版.—北京:国防工业出版社,2014.7

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-118-09482-4

I. ①计... II. ①宋... 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117504号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区中关村南路23号 邮政编码100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15 $\frac{3}{4}$ 字数 357千字

2014年7月第4版第1次印刷 印数1—4000册 定价36.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

“计算机导论”是大多数高等院校计算机系本科专业学生必修的专业课程,随着计算机专业教学改革的需要,其教学内容已从计算机基础教学逐步向计算机科学导论内容体系发展,课程讲授与计算机系统、计算机科学有关的基本概念、发展过程、基本功能及作用,使学生对本专业的核心知识有一个全面、概要的认识。

目前,《计算机基础》、《计算机文化基础》之类的教材较多,纵观这些教材,可以大致归为两类。一类是以计算机文化基础知识为主的教材,主要介绍一些计算机基本概念知识、操作系统(DOS, Windows)的操作使用、文字处理软件(WPS, Word)的操作以及其它应用软件的使用等。如按这些内容组织教学,存在的主要问题是:有半数以上的学生对这些内容已经了解,部分学生在中学已经学会了任意进制之间的转换;部分学生对 Windows 操作相当熟练。另一类是将计算机专业所学的主要专业课程都浓缩在一起,如计算机原理、数字逻辑、高级语言、操作系统、数据结构、数据库、软件工程等内容。如按这些内容教学,主要问题在于对每门课程的深浅难以掌握,讲授深了,课时不够,学生难以理解,并与后续课程冲突,缺乏课程系统性。

赵致琢编著的《计算科学导论》从全新的观念和角度来讲授计算科学,这对我们教学内容改革具有指导性。

高等院校计算机本科专业计算机教学改革是发展的必然,我们认为改革必须要从教学(学习)理论上找出突破口,传统的教诲主义不强调学习者的内在条件,在学习过程中,学习者被设定为接受的角色,白纸的隐喻是我们大家都熟悉的,在这种前提下,好的教学过程为了减少学生的混乱而简化了真理。通俗讲这就是“圣贤上台”的教学模型。而构建主义教学哲学则强调学习者,强调提供丰富多彩的学习环境,认为学习是从已知的知识构建出新的知识,这样就必须重视已有的知识并由此构建新生知识。在当前知识量的逐年翻番、“专业知识”有效期按日度量的情况下,每个人必须既是学生、又是老师,只有通过一个先进的学习方法,才能迎接的挑战。

本教材根据构建主义教学哲学,充分发挥学习的潜能,用已有的知识和概念构建出目前的计算机概念和技术;以后再用所学的知识和概念构建出未来的新的计算机概念与技术,产生创新思维的火花,从而使学生对计算机科学的内容及其内在的关联有全面、清晰、概要的认识。

至于上机操作方面的实践能力,应该通过大量上机实习来提高,从而摆脱上机指导书和大量的上课讲授。其原因有:一方面,目前图形化操作界面和充分的在线帮助信息,为自学提供了可能(大多数人的操作能力都不是从书上学来的);另一方面,计算机系统软件和应用软件发展更新很快、种类也很多,必须学会自学的方法,才能适应未来的工作。

随着计算机技术的不断发展和教学改革的需要,为了反映学科的先进性和科学性,提高教材的系统性、实用性和可读性,本书根据 ACM/IEEE - CS 课程设置计划中“计算机导论”类课程的广度优先原则,对部分知识做了全景式介绍,有些内容允许初学者“知其然而不知其所以然”,将来可在后续课程的学习或工作实践中进一步加深理解。第 1 版 2002 年正式出版后被多所高校选用,为了更适合于教学,此次在广泛征求意见和前两版的基础上,对部分内容进行了优化、修改、整理和加工,形成了第 3 版,并被列选为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

该书目前已是第 4 版,与之前版本相比虽然保留了各章节的组织结构,但对各章的内容进行了更新,添加了计算机学科的新技术和新发展。

南京理工大学计算机专业的许多老师对本书提出了不少宝贵意见,给予了很大的帮助,在此一并表示感谢。由于计算机技术的发展十分迅速,作者水平有限,书中有不妥之处,请读者不吝赐教。

为方便老师教学,本书提供电子课本,请发邮件至 896369667@QQ.com 索取。

编著者

2014 年 2 月于南京

目 录

第 1 章 计算机的发展史	1
1.1 计算机的起源	1
1.2 现代计算机的诞生	2
1.2.1 图灵和图灵机	2
1.2.2 第一台电子数字计算机 ENIAC	3
1.2.3 冯·诺依曼	4
1.2.4 UNIVAC 迎来计算机时代	5
1.3 计算机年代的划分	5
1.3.1 第一代计算机	6
1.3.2 第二代计算机	7
1.3.3 第三代计算机	8
1.3.4 第四代计算机	9
1.4 微型计算机的发展	11
1.4.1 第一个微处理器芯片和第一台微型计算机	11
1.4.2 车库里的“苹果”	12
1.4.3 个人计算机新纪元	14
1.4.4 软件与硬件交替发展	16
1.4.5 我国计算机的发展	17
1.5 计算机应用的发展	19
1.5.1 科学计算	19
1.5.2 自动控制	20
1.5.3 CAD/CAM/CIMS	20
1.5.4 信息处理	21
1.5.5 教育和卫生	21
1.5.6 家用电器	22
1.5.7 人工智能	22
习题 计算机应用的发展	23
第 2 章 计算机的组成	24
2.1 数字表示和信息编码	24

2.1.1	数的表示及数制转换	24
2.1.2	数的定点与浮点表示	29
2.1.3	原码、补码、反码	30
2.1.4	算术运算	32
2.1.5	逻辑运算	33
2.1.6	计算机中的编码	35
2.2	计算机系统组成	39
2.2.1	计算机硬件系统的组成	39
2.2.2	计算机的工作过程	40
2.3	CPU	46
2.3.1	CPU 的结构	46
2.3.2	CPU 的性能指标	46
2.3.3	常见的 CPU 产品	48
2.4	存储设备	53
2.4.1	存储设备概述	54
2.4.2	半导体存储器	55
2.4.3	磁记录存储器	57
2.4.4	光盘存储器	59
2.4.5	新型存储器	59
2.5	输入输出设备	61
2.5.1	输入设备	61
2.5.2	输出设备	64
2.6	系统总线	67
2.6.1	总线结构	67
2.6.2	信息的传送方式及传送宽度	67
2.6.3	常见微型计算机总线简介	68
习题	计算机应用的发展	71
第 3 章	从机器语言到多媒体	73
3.1	机器语言与高级语言	73
3.1.1	机器语言	73
3.1.2	汇编语言	74
3.1.3	高级语言	75
3.1.4	面向对象的语言	76
3.1.5	常用编程语言简介	77
3.2	算法、数据结构与程序	79
3.2.1	算法及算法的表示	79

3.2.2	简单算法举例	83
3.2.3	数据结构	85
3.3	程序设计基础	88
3.3.1	程序的一般概念	88
3.3.2	程序设计步骤	88
3.3.3	结构化程序设计	89
3.3.4	面向对象程序设计	93
3.4	操作系统	95
3.4.1	操作系统的概念和功能	95
3.4.2	计算机操作系统环境的演变与发展	99
3.4.3	文件和文件夹	100
3.4.4	面向图形的操作系统	103
3.4.5	UNIX 操作系统	105
3.4.6	Linux 操作系统	106
3.4.7	MAC OS	108
3.4.8	手机操作系统	108
3.5	应用软件	109
3.5.1	办公自动化软件 Office 2010	110
3.5.2	图形图像处理软件	116
3.5.3	视频处理软件	119
3.6	多媒体计算机	121
3.6.1	文本	122
3.6.2	数字声音	123
3.6.3	数字图像	126
3.6.4	数字视频	131
3.6.5	多媒体技术的研究内容及应用前景	134
习题	计算机应用的发展	136
第 4 章	信息系统	138
4.1	信息、数据与数据处理	138
4.1.1	数据与信息	138
4.1.2	数据处理	139
4.1.3	计算机信息系统	139
4.2	数据处理技术的产生与发展	140
4.3	数据库系统	144
4.3.1	数据库概论	144
4.3.2	数据库管理系统支持的数据模型	145

4.3.3	数据库系统的组成	150
4.3.4	数据库设计	151
4.3.5	数据库的体系结构	153
4.3.6	关系数据库	155
4.3.7	常用数据库管理系统	162
4.3.8	数据库的发展	167
4.4	软件工程	169
4.4.1	软件工程研究内容	169
4.4.2	软件工程的基本原则	170
4.4.3	软件开发过程	171
4.5	典型信息系统介绍	176
4.5.1	制造业信息系统	177
4.5.2	电子政务	178
4.5.3	地理信息系统和数字地球	179
4.5.4	远程教育	180
4.5.5	远程医疗	181
4.5.6	数字图书馆	182
习题	计算机应用的发展	183
第5章	计算机网络	184
5.1	计算机网络的产生与发展	184
5.2	计算机网络的结构	187
5.2.1	计算机网络的分类	187
5.2.2	计算机网络的拓扑结构	188
5.2.3	计算机网络的体系结构	190
5.3	局域网	194
5.3.1	局域网概述	194
5.3.2	以太网	195
5.4	因特网	197
5.4.1	因特网的形成与发展	197
5.4.2	因特网的基本结构	198
5.4.3	因特网的关键技术及管理机构	199
5.4.4	因特网服务及对人类的影响	204
5.5	计算机网络安全	206
5.5.1	计算机网络安全的有关概念	206
5.5.2	产生网络不安全的因素	207
5.5.3	网络系统保护的基本方法	208

5.5.4	网络安全策略	210
5.5.5	安全风险	211
5.5.6	计算机病毒	212
5.5.7	信息技术安全应用	214
习题	计算机应用的发展	216
第6章	计算机科学	217
6.1	概述	217
6.2	计算机科学	218
6.2.1	计算机科学知识组织结构及其演变	218
6.2.2	计算机科学的教育	221
6.3	计算机技术发展	222
6.3.1	硬件技术	223
6.3.2	软件发展	224
6.3.3	人工智能	224
6.3.4	通信	228
6.4	计算机与社会	229
6.4.1	计算机与环境	229
6.4.2	计算机与道德	230
6.4.3	计算机与法律	233
6.5	计算机文化与教育	235
6.5.1	计算机文化	235
6.5.2	计算机教育	236
6.6	计算机产业	237
6.6.1	结构及职位	237
6.6.2	计算机产业人才的要求及特点	239
习题	计算机应用的发展	240
参考文献		241

第1章 计算机的发展史

1.1 计算机的起源

人类最早的有实物作证的计算工具诞生在中国。古人曰：“运筹于帷幄之中，决胜于千里之外。”筹策又叫算筹，它是中国古代普遍采用的一种计算工具。算筹不仅可以替代手指来帮助计数，而且能做加减乘除等数学运算。中国古代数学家正是以“算筹计算机”为工具，运筹帷幄，殚精竭虑，写下了数学史上光辉的一页。公元500年，中国南北朝时期的数学家祖冲之，借用算筹作为计算工具，成功地将圆周率计算到小数点后的第7位，成为当时世界上最精确的 π 值，比法国数学家韦达的相同成就早了1100多年。

中国古代在计算工具领域的另一项发明是珠算盘，直到今天，它仍然是许多人钟爱的“计算机”。珠算盘最早记录于汉朝人徐岳撰写的《数术记遗》一书里，大约在宋元时期开始流行，而算盘最终彻底淘汰了算筹是在明代完成的。明代的珠算盘已经与现代算盘完全相同，通常具有13挡，每挡上部有2颗珠而下部有5颗珠，中间由栋梁隔开，通过“口诀”即“算法”进行快速运算。由于珠算具有“随手拨珠便成答数”的优点，一时间风靡海内，并且逐渐传入日本、朝鲜、越南、泰国等地，以后又经一些商人和旅行家带到欧洲，逐渐向西方传播，对世界数学的发展产生了重要的影响。

17世纪初，计算工具在西方呈现了较快的发展，首先创立对数概念而闻名于世的英国数学家纳皮尔(J.Napier)，在他所著的一本书中，介绍了一种工具，即后来被人们称为“纳皮算筹”的器具。这就是计算尺原型，纳皮尔算筹与中国的算筹在原理上大相径庭，它已经显露出对数计算方法的特征。英国牧师奥却德(W.Oughtred)酷爱数学，把全部业余时间都花在数学上，他发明的乘法符号“ $\times$ ”一直沿用至今。奥却德发明了圆盘型对数计算尺，后改进成两根相互滑动的直尺状。计算尺不仅能做乘除、乘方、开方，甚至可以计算三角函数、指数和对数，它一直被使用到袖珍计算器面世为止。即使在20世纪60~70年代，熟练使用计算尺依然是理工科大学生必须掌握的基本功，是工程师身份的象征。然而由于它属于“模拟式计算机”的范畴，其精度不高，很难应用于财务、统计等方面，终于未能逃脱被计算器取代的厄运。

几乎就在奥却德完成计算尺研制的同一时期，机械计算机也由法国的帕斯卡(B.Pascal)发明出来。帕斯卡设计的计算机是由一系列齿轮组成的用发条作为动力的装置，这种机器只能做6位数的加法和减法。然而，即使只做加法也有个“逢十进一”的进位问题。聪明的帕斯卡采用了一种小爪子式的棘轮装置。当定位齿轮朝9转动时，棘爪便逐渐升高；一旦齿轮转到0，棘爪就落下，推动十位数的齿轮前进一挡。这被称为“人类有史以来第一台计算机”，后来，人们为了纪念他，将一种计算机的高级语言命名为“PASCAL”。

英国剑桥大学科学家巴贝奇(C.Babbage)对当时的《数学用表》中的错误很反感，20

岁时就想研制一台“机器”来精确编制数学用表。大家知道正弦函数可以表示成

$$\sin(X) = X - \frac{X^3}{3!} + \frac{X^5}{5!} - \frac{X^7}{7!} + \dots$$

对于小弧度的 x 值可以当做多项式计算。在计算数学中有个著名的有限差分法，它的基本思想就是：任何连续函数都可用多项式严格地逼近，或者说仅用加减法就能把许多函数计算出来。他从提花机的穿孔卡片控制机器运转的设计中得到启发，设想用类似的方法设计一台计算机。巴贝奇的第一个目标是制作一台“差分机”，快速编制不同函数的数学用表。他整整用了10年的时间，于1822年完成了第一台差分机，可以处理3个不同的5位数，计算精度达到6位小数，当即就演算出了好几种函数表来。第一台差分机从设计绘图到机械零件加工，都由巴贝奇亲自动手实施。成功的喜悦激励着巴贝尔，他上书英国皇家学会，请求政府资助他建造第二台运算精度达20位的大型差分机，这台差分机有零件多达25 000个，零件精度要求不超过千分之一英寸，用蒸汽机驱动。英国政府同意为这台机器提供1.7万英镑的资助。由于种种原因，他奋斗了许多年还是未能完成。后来他转向研制一台更先进的分析机，并间接指出了计算机应具有5个部分，同时产生第一个程序员——爱达·奥古斯塔(Ada Augusta)。

1936年，美国哈佛大学教授霍华德·艾肯(Howard Aiken)在读过巴贝奇和爱达的笔记后，提出用机电的方法而不是纯机械的方法来实现分析机的想法，他起草了一份建议，去找IBM公司寻求资助。当时的IBM专门生产打孔机、制表机等商用机器，拥有雄厚的财力。艾肯教授的建议对IBM转向发展计算机起了助推的作用，IBM决定给艾肯100万美元的研究经费。1944年，一台被称为Mark I 的计算机在哈佛大学投入运行。这台机器使用了大量的继电器作为开关元件，采用穿孔纸带进行程序控制。尽管它的计算速度很慢，可靠性也不高，但仍然使用了15年。从此IBM公司也转向生产计算机。

顺便提一下，1945年在进行Mark I 的后继产品Mark II 的开发过程中，研究人员发现在一个失效的继电器中夹着一只压扁的飞蛾，他们小心地把它取出并贴在工作记录上，在标本的下面写着“First actual case of bug being found”。从此以后，“bug”就成为计算机故障的代名词，而“debugging”就成为排除故障的专业术语。

1.2 现代计算机的诞生

现代计算机孕育于英国，诞生于美国，成长遍布于全世界。所谓“现代”是指利用先进的电子技术代替机械或机电技术。计算机中的笨重的齿轮、继电器依次被电子管、晶体管、集成电路等取代。计算机的发展速度也越来越快。

现代计算机60多年的发展(从1945年至今)历程中，最重要的代表人物是英国科学家艾兰·图灵(A. M. Turing)和美籍匈牙利科学家冯·诺依曼(Von Neumann)，他们为现代计算机科学奠定了基础。

1.2.1 图灵和图灵机

图灵对现代计算机的主要贡献有两个：一是建立图灵机(Turing machine)理论模型；二是提出定义机器智能的图灵测试(Turing test)。

1936年，图灵发表了一篇论文：《论可计算的数及其在密码问题的应用》，首次提出逻辑机的通用模型。现在人们就把这个模型机称为图灵机，缩写为TM。TM由一个处理器P、一个读写头W/R和一条存储带M组成，如图1.1所示。

其中，M是一条无限长的带，被分成一个个单元，从最左单元开始，向右延伸直至无穷。P是一个有限状态控制器，能使W/R左移或右移，并且能对M上的符号进行修改或读出。那么，图灵机怎样进行运算呢？例如做加法 $3+2=?$ ，开始先把最左单元放上特殊的符号B，表示分割空格，它不属于输入符号集。然后写上3个“1”，用B分割后再写上2个“1”，接着在再填一个B，相加时，只要把中间的B修改为“1”，而把最右边的“1”修改为B，于是机器把两个B之间的“1”读出就得到 $3+2=5$ 。由于计算过程的直观概念可以看成是能用机器实现的有限指令序列，所以图灵机被认为是过程的形式定义。

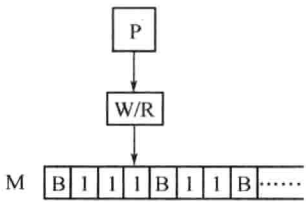


图 1.1 图灵机原理

显然，TM仅仅是理论模型。如果问“哪家公司生产图灵机？”那将令人啼笑皆非。那么，这个理论模型有什么实际意义呢？已经证明，如果TM不能解决的计算问题，那么实际计算机也不可能解决；只有TM能够解决的计算问题，实际计算机才有可能解决。当然，还有些问题是TM可以解决而实际计算机还不能实现的。在这个基础上发展了可计算性理论。理论指出，图灵机的计算能力概括了数字计算机的计算能力，它能识别的语言属于递归可枚举集合，它能计算的问题称为部分递归函数的整数函数。因此，我们认为图灵机对数字计算机的一般结构、可实现性和局限性产生了意义深远的影响。直到今天，人们还在研究各种形式的图灵机，如可逆TM、化学TM，甚至酶TM、细胞TM，以便解决理论计算机科学中的许多所谓基本极限问题。

必须强调指出，图灵并不只是一位纯粹抽象的数学家，他还是一位擅长电子技术的工程专家，第二次世界大战期间，他是英国密码破译小组的主要成员。他设计制造的破译机Bombe实质就是一台采用继电器的高速计算装置。图灵以独特的思想创造的破译机，一次次成功地破译了德国法西斯的密码电文。

为纪念图灵的理论成就，美国计算机协会(ACM)专门设立了图灵奖。从1966年至今已有30多位各国第一流的计算机科学家获得此项殊荣，图灵奖也成为计算机学术界的最高成就奖。图1.2是图灵的照片。



图 1.2 图灵

1.2.2 第一台电子数字计算机 ENIAC

ENIAC是电子数值积分计算机(The Electronic Numerical Integrator and Computer)的缩写。

1943年，第二次世界大战关键时期，战争的需要像一只有力的巨手，推动了电子计算机的诞生。由于美国陆军新式火炮的设计迫切需要运算速度更快的计算机，与此同时，美国宾州大学莫尔学院的莫奇莱教授(John W. Mauchly)和他的学生埃克特博士(J. Presper

Eckert)也多次讨论制造电子计算机的可行性。因此,当军方找到他们寻求合作时,双方一拍即合。在讨论经费(最初为15万美元)时几乎是在几分钟内就确定下来。以后一再追加经费,军方都有求必应,经费一直追加到了48万,大约相当于现在的1000多万美元。电子计算机研制项目由勃雷纳德(J. Brainerd)总负责,他曾经说:“这是一项不能确保一定会达到预期效果的开发方案,然而,现在正是一个合适的时机。”

ENIAC于1946年2月15日运行成功。标志着电子数字计算机的问世,人类从此迈进了电子计算机时代。它内部总共安装了17468只电子管,7200个二极管,70000多个电阻,10000多个电容和6000多只继电器,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。机器被安装在一排高2.75m的金属柜里,占地面积为170m²,总质量达到30T。这台机器很不完善,比如,它的耗电量超过174kW;电子管平均每隔7min就要被烧坏一只。另外由于存储容量太小,必须通过开关和插线来安排计算程序,因此它还不完全具有“内部存储程序”功能。尽管如此,ENIAC的运算速度达到5000次/s加法,可以在3ms内完成两个10位数乘法,一条炮弹的轨迹20s就能算完,比炮弹本身的飞行速度还要快。ENIAC原来是计划为第二次世界大战服务的,但它投入运行时战争已经结束,这样一来它便转向为研制氢弹而进行计算。当它退役时,计算机技术与氢弹技术都有了很大的发展,从这点看,ENIAC的应用面很窄,它的社会意义并没有人们想象的那么广泛。

1.2.3 冯·诺依曼

冯·诺依曼于1903年出生,1921年—1925年他先后在柏林和苏黎世学习化学,1926年获得苏黎世化学工程文凭和布达佩斯数学博士证书。1930年他以客座讲师身份到美国普林斯顿大学讲学,次年应聘为普林斯顿大学教授。图1.3是冯·诺依曼教授。

冯·诺依曼介入ENIAC的工作既有偶然性又有必然性。1945年的一天,在阿伯丁火车站候车时,担任军方与宾州大学两方联络员的戈德斯坦(H.H.Goldstine)遇到了已经成名的冯·诺依曼教授,青年人以敬仰的心情与教授攀谈起来。当冯·诺依曼听到关于ENIAC的进展时,凭着他渊博的知识立刻洞察到这一项目的重要意义,并毅然决定参加这一研究。

当冯·诺依曼准备前往计算机研究小组时,莫克利和艾克特并不十分热情,他们想要考一考这位来自普林斯顿大学的数学天才,并称他们只要从冯·诺依曼提的第一个问题就可知道他是否是真正的天才。世上无巧不成书,冯·诺依曼到达莫尔学院计算机研究实验室看了研制中的计算机之后,提的第一个问题就是这台计算机的逻辑装置和结构,而这正是莫克利等人所谓判别真正天才的标志。

冯·诺依曼在ENIAC当顾问期间,经常举办学术报告会,对ENIAC机不足之处进行认真分析,并讨论全新的存储程序的通用计算机方案。当军方要求比ENIAC性能更好的计算机时,他们便提出EDVAC(埃德瓦克)方案。1946年6月,冯·诺依曼与戈德斯坦(H.Goldstine)等发表了《电子计算机装置逻辑结构初探》的论文,成为EDVAC的设计基础。



图 1.3 冯·诺依曼

ENIAC机的诞生曾使莫尔学院一下子成为全世界关注的焦点。可惜,1945年底,莫尔学院计算机研究小组在ENIAC诞生之后,设计组的专家们因发明权而争得不可开交,小组陷于分裂,最终自行解体,致使研究工作一度中断。在这种情况下,冯·诺依曼与戈德斯坦等人离开了莫尔学院,来到普林斯顿大学研究院继续计算机的研制工作,并在军方的支持下使普林斯研究院代替莫尔学院成为全美计算机研究中心之一。他们于1952年完成了EDVAC机的建造工作。EDVAC机投入运行后,用于核武器的理论计算。

1.2.4 UNIVAC 迎来计算机时代

部分人认为计算机时代是从1951年6月开始的。这有什么理由呢?一般说来它有两条理由,也可以说是计算机时代的两个主要标志:一是计算机从实验室走向社会,作为商品交付客户使用;二是计算机从单纯军事用途的计算进入公众领域的数据处理,引起强烈的社会反响。

UNIVAC(尤尼瓦克)捷足先登,恰如其分地扮演了这一时代角色。

UNIVAC是通用自动计算机(the UNIVersal Automatic Computer)的缩写。它的设计师是ENIAC的主要研制者莫奇莱和埃克特,他们在1947年离开宾州大学后,创建了世界上第一家以制造计算机为主业的公司,即“莫奇莱—埃克特计算机公司”(EMCC),起初为Northrop生产小型计算机,后来转向设计生产UNIVAC。1951年6月14日,第一台UNIVAC交付美国人口统计局使用。它不仅取代了沿用已久的制表机为人口普查服务,还投入当时正在进行的总统竞选的统计分析工作。在投票结束时,它分析了5%的选票后就预告了艾森豪威尔将当选下届总统。这条又快又准的消息披露后,在西方引起轰动。舆论普遍赞赏计算机的强大功能,认为它已经与公众社会紧密相关,新闻媒介则纷纷报导:“世界已经进入计算机时代”。

其实UNIVAC只是ENIAC用于事务处理的改进版本,并无重大突破。但它“以用立业”,开创了专门进行数据处理的先河。后来,UNIVAC又参与《圣经索引字典》的编辑工作,对文字处理技术影响很大。这台机器一直工作到1963年。

1.3 计算机年代的划分

由于计算机在半个多世纪里连续进行了几次重大的技术革命,留下鲜明的标志,因此人们自然地用第一代、第二代……来区别计算机的发展阶段。显然,这是必要的。可是在年代的划分、划分年代的依据以及这些依据是否正确等方面,人们的看法是不尽相同的。其实,这些正是计算机年代学或称编年史研究的问题。

一般说来,计算机年代划分的原则有:

(1) 按照计算机采用的电子器件来划分。这可以说是一个约定俗成的年代划分方法。通常分为电子管、晶体管、集成电路、超大规模集成电路(VLSI)或微处理器等四代。

大家知道,电子管是1906年发明的,一直用于无线电工业,20世纪40年代后才用到计算机上。晶体管是1948年发明的,10年后用到计算机上。集成电路是1960年出现的,5年后就进入计算机。至于VLSI微处理器是直接面向计算机而设计的,例如Intel公司于1974年推出8080微处理器,次年它就装到微型计算机上。时间差距越来越小,表明技术进步

越来越快。因此，尽管这种划分方法有明显的片面性，但是人们还是毫不动摇地坚持这一划分规则。

(2) 结合具有里程碑意义的典型计算机来划分。这就是说不是只从学术价值来判断，而要根据它的社会效益与经济效益来衡量。

ENIAC本来是理所当然的第一代典型机，但由于种种原因，特别是它没有批量生产、没有作为商品推向市场，因此它的社会影响也比较小。只有UNIVAC才在社会上引起巨大的反响，成为揭开计算机时代的宠儿。IBM360首先提出全方位服务理念，并广泛应用于商业。TRS-80打破计算机专用化，使计算机开始进入社会、家庭，是个人计算机的开端。

(3) 考虑计算机系统的全面技术水平来划分。就是说不只是从使用的电子器件、运算部件以及硬件实现来考虑；还要从存储设备、输入输出装置，特别是软件配置情况来评价。通过全面的考虑，才能从年代学的研究中找到对计算机系统发展有积极意义的历史借鉴。

应当指出，计算机划分的做法已经扩展到它的各个分支领域。例如微处理器可以分为几代，存储器也可以分为几代，操作系统可以分为几代，数据库也可以分为几代。同时，这种方法也渗透到其它学科、其它行业中。因此，我们有理由把它作为一种科学方法论来对待。

1.3.1 第一代计算机

第一代计算机(1951—1958年)的特点是：

(1) 采用电子管代替机械齿轮或电磁继电器做开关元件，但它仍然很笨重，而且产生很多热量，既容易损坏，又给空调带来很大负担。

(2) 采用二进制代替十进制，即所有指令与数据都用“1”与“0”表示，分别对应于电子器件的“接通”与“关断”。

(3) 程序可以存储，这使通用计算机成为可能。但存储设备还比较落后，最初使用水银延迟线或静电存储管，容量很小。后来使用了磁鼓、磁芯，有了一定的改进。

(4) 输入输出装置主要用穿孔卡，速度很慢。

我们知道UNIVAC-I是第一代计算机的代表。在它前后出现的一批著名机器形成了开创性的第一代计算机族。它们是：ABC；ENIAC；IAS；EDVAC；ACE；EDSAC；Whirlwind；IBM701，702，704，705，650；RAMAC305等。

IBM公司通过支持哈佛Mark I转向计算机后，1948年开发了SSEC(即选择顺序电子计算机)。1951年10月聘请冯·诺依曼担任了公司的顾问，他向公司领导及技术人员反复介绍了计算机的广泛应用及其意义，提出了一系列有充分科学依据的重大建议。

1952年，IBM公司生产的第一台用于科学计算的大型机IBM701问世；1953年又推出第一台用于数据处理的大型机IBM702和小型机IBM650。1953年4月7日，IBM公司在纽约举行盛大招待会向社会公布它的新产品，著名原子核科学家奥本海默致开幕词祝贺。会上展示了IBM701，字长36位，使用了4 000个电子管和12 000个锗晶体二极管，运算速度为2万次每秒。采用静电存储管作主存，容量为2 048字，并用磁鼓做辅存(磁鼓是利用表面涂以磁性材料的高速旋转的鼓轮和读写磁头配合起来进行信息存储的磁记录装置，1950年首先用于英国国家物理实验室NPL的ACE计算机上)。此外，IBM701还配备了齐全

的外设：卡片输入输出机、打印机等。这就为第一代商品计算机描绘出一个丰满而生动的形象。

第一炮打响后，IBM公司于1954年陆续推出了701与702的后续产品704与705。1956年推出第一台随机存储系统RAMAC305，RAMAC是计算与控制随机访问方法(Random Access Method for Accounting and Control)的缩写。它是现代磁盘系统的先驱。RAMAC由50个磁盘组成，存储容量为5MB，随机存取文件的时间小于1s。

20世纪50年代存储技术的重大革新是磁芯存储器的出现，它产生在美国麻省理工学院(MIT)。1944年，福雷斯特开始“旋风”计划，起初是研制一台模拟计算机，后来修改为数字计算机。1953年，它成为第一台使用磁芯的计算机。英国剑桥大学威尔克斯教授当时正访问MIT，亲眼目睹了这一革命性的变化，他说：“几乎一夜之间存储器就变得稳定而可靠了。”

磁芯(Magnetic Core)是用铁氧体磁性材料制成的小环，外径小于1mm，所以磁芯尺寸只有小米粒大小。该材料有矩形磁滞回线，当激磁电流方向不同(+I, -I)时会产生两种剩磁状态(+ Φ , - Φ)，因此，一个磁芯可存储一个二进制数(1, 0)。如果一个存储器有4K字，每字为48位，那就需要 $4\ 096 \times 48 = 196\ 608$ 颗磁芯。如此大量的磁芯要细心地组装在若干个平面网形结构的磁芯板上。

很快，磁芯就用在UNIVAC—II上，并成为20世纪50年代和60年代存储器的工业标准。

1.3.2 第二代计算机

第二代计算机(1959—1964年)的特点是：

(1) 用晶体管代替了电子管。晶体管有许多优点：体积小、质量轻；发热少、耗电省；速度快、功能强；价格低、寿命长。用它做开关元件使计算机结构与性能都发生了飞跃。

(2) 普遍采用磁芯存储器做主存，并且采用磁盘与磁带做辅存。使存储容量增大，可靠性提高，为系统软件的发展创造了条件，开始是监控程序(Monitor)，后来发展成为操作系统(Operating System)。

(3) 作为现代计算机体系结构的许多意义深远的特性相继出现。例如变址寄存器、浮点数据表示、间接寻址、中断、I/O处理机等。因此，在第二代计算机发展期间，开始出现了第一代超级计算机，如CDC 6600。

(4) 编程语言在发展。先是用汇编语言(Assembler Language)代替了机器语言；接着又发展了高级语言(High—level Language)，如FORTRAN、COBOL。

(5) 应用范围进一步扩大。除了以批处理方式进行科学计算外，开始进入实时的过程控制和数据处理。批处理的目的是使CPU尽可能地忙，以使昂贵的处理资源充分利用。输入输出设备也在不断改进，而采用脱机(Off Line)方式工作，以免浪费CPU的宝贵时间。

我们知道，晶体管是1948年美国贝尔电话实验室的三位物理学家巴丁(J. Bardeen)、布拉坦(W. Brattain)、肖克莱(W. Shockley)发明的。由于这项影响深远的发明，他们荣获了1956年诺贝尔物理奖。因此，贝尔实验室就成了晶体管计算机的发源地，今天，它已成为AT&T公司的重要成员。

1954年，贝尔实验室制成第一台晶体管计算机TRADIC，它使用了800个晶体管。1955年全晶体管计算机UNIVAC—II问世。但是，它们都没有成为第二代计算机的主流产品。