

面向21世纪高等院校
计算机科学与技术
专业规划教材

计算机导论

王平立 王玲 宋斌 编著

国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>



面向21 世纪高等院校计算机科学与技术专业规划教材

计 算 机 导 论

王平立 王玲 宋斌 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

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,以及大学计算机类专业各年级课程重点等内容的组织结构,阐述如何认识计算机科学与技术。本书内容全面,概念清楚,文字流畅,系统性较强。

本书分为计算机发展史、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,从各方面介绍计算机学科的基本概念、发展过程、基本功能作用。每章后附有习题,便于训练和知识深化。

本书为南京理工大学“十五”规划教材,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学生或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/王平立等编著. —北京:国防工业出版社,2003.8

面向21世纪高等院校计算机科学与技术专业规划教材

ISBN 7-118-03162-3

I. 计... II. 王... III. 电子计算机—基本知识—高等学校—教材 IV. TP3

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第042356号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 13 296千字

2003年8月第1版 2003年8月北京第1次印刷

印数:1—4000册 定价:18.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言

“计算机导论”课程是从计算机基础发展而来，它是计算机专业本科一年级新生的必修课。由于近年来新生对计算机知识了解得越来越多，现有计算机基础课程的一些知识与中学阶段的教学内容有部分重复，因此我们课题组在学校的大力支持下，进行教学改革，从计算机基础逐步向计算机导论发展。4年来我们的课程名称没有改变，但在内容上都是按照计算机导论的内容组织教学，并一直在不断探索“计算机导论”教学改革的模式，到目前已经初步形成了一整套的教学内容体系。

目前《计算机基础》、《计算机文化基础》之类的书林林种种，它们主要为非计算机专业学生所用。纵观这些教材，可以大致归为两类：一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、操作系统（DOS，Windows）的操作使用、文字处理软件（WPS，Word）的操作，以及其他应用软件的使用等。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（计算机专业的学生一般入学分数相对较高）对这些内容已经了解，一部分学生在中学已经学会了各种进制之间的转换；一部分学生对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程度难以掌握，讲深了课时不够，学生难以理解，并与后续课程冲突，讲浅了学生感到没有内容，并且没有系统性。

当然也有如赵致琢著的《计算科学导论》从全新的观念和角度来讲授计算科学，这对我们进行改革教学内容有指导性。

计算机教学改革是发展的必然，这是人所共识，但如何改革，向什么方向改革又没有明确的方向。本课题组认为改革必须从教学（学习）理论上找出突破口。传统的教诲主义不大强调学习者的内在条件，在学习过程中他被设定为接受的角色，白纸的隐喻是我们大家都熟悉的。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。在当前知识量逐年翻番，“专业知识”有效期按日度量，每个人必须既是学生、又是老师的背景下，只有通过一个先进的教学方法，才能应对学习的挑战。

本教材的主要目的是根据构建主义教学哲学，充分发挥学生的学习潜能，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 and 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。

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（大多数人操作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，不可能都要在校期间学会，必须学会自学的方法，才能适应未来的工作；再者，学生玩游戏可以在没有手册和帮助下达到较高水平，为什么不能把这种摸索精神用到软件操作方面呢？

顺便指出，编写计算机导论教材，除了传授知识外，还应注意激发求知欲望与培养创造力。计算机对学生有巨大的魅力，是他们接触现代文明的重要窗口，如果因势利导，为他们尽量敞开窗口，就会为他们插上想象的翅膀。否则，如果在背景教育上孤陋寡闻，势必使学生目光短浅。有这么一个故事：人们询问两位瓦工在做什么，其中一位回答：“我们在抹灰砌砖。”另一位则说：“我们在建造宫殿。”显然，我们需要培养的是“宫殿建造者”，而非“抹灰砌砖者”。

本书由王平立（第1，2章）、王玲（第3，4章）、宋斌（第5，6章）参加编著。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。对书中不妥之处，请读者不吝赐教。

作 者

2003年7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	3
1.2.2 第一台电子数字计算机 ENIAC	4
1.2.3 冯·诺依曼及其 EDVAC	4
1.2.4 UNIVAC 迎来计算机时代	5
1.3 计算机年代的划分	6
1.3.1 第一代计算机	7
1.3.2 第二代计算机	8
1.3.3 第三代计算机	9
1.3.4 第四代计算机	11
1.4 微型计算机的发展	12
1.4.1 第一个微处理器芯片和第一台微型机	12
1.4.2 车库里的“苹果”	13
1.4.3 个人电脑新纪元	14
1.4.4 软件与硬件交替发展	15
1.5 计算机应用的发展	16
1.5.1 科学计算	17
1.5.2 自动控制	17
1.5.3 测量和测试	18
1.5.4 信息处理	18
1.5.5 教育和卫生	19
1.5.6 家用电器	20
1.5.7 人工智能	20
练习题	20
第2章 计算机的组成	22
2.1 数字表示和信息编码	22
2.1.1 数的表示及数制转换	22
2.1.2 数的定点与浮点表示	27
2.1.3 原码、补码、反码	28
2.1.4 算术运算	30
2.1.5 逻辑运算	31

2.1.6 计算机中的编码·····	33
2.2 计算机系统组成·····	36
2.2.1 计算机硬件系统的组成·····	36
2.2.2 计算机的工作过程·····	38
2.3 中央处理器·····	43
2.3.1 CPU 的性能指标·····	43
2.3.2 常见的 CPU 产品·····	44
2.4 存储设备·····	47
2.4.1 存储设备概述·····	47
2.4.2 半导体存储器·····	49
2.4.3 磁记录存储器·····	51
2.4.4 光盘存储器·····	53
2.5 输入输出设备·····	54
2.5.1 输入设备·····	54
2.5.2 输出设备·····	58
2.6 系统总线·····	61
2.6.1 总线结构·····	61
2.6.2 信息的传送方式及传送宽度·····	62
2.6.3 常见微机总线简介·····	62
练习题·····	65
第3章 从机器语言到多媒体 ·····	67
3.1 机器语言与高级语言·····	67
3.1.1 机器语言·····	67
3.1.2 汇编语言·····	68
3.1.3 高级语言·····	68
3.1.4 面向对象的语言·····	71
3.2 算法、数据结构与程序·····	73
3.2.1 算法·····	73
3.2.2 数据结构·····	75
3.2.3 程序·····	78
3.3 程序设计方法·····	78
3.3.1 结构化程序设计·····	78
3.3.2 面向对象程序设计·····	82
3.4 操作系统·····	84
3.4.1 操作系统的概念和功能·····	84
3.4.2 面向字符的操作系统·····	86
3.4.3 面向图形的操作系统·····	91
3.5 应用软件·····	94
3.5.1 办公自动化软件·····	94

3.5.2 图形图像处理软件.....	99
3.6 多媒体计算机	102
3.6.1 多媒体的种类及特点	103
3.6.2 多媒体的表示	103
3.6.3 数据压缩	109
3.6.4 多媒体技术的研究内容及应用前景	110
练习题.....	111
第4章 信息系统	113
4.1 信息、数据与数据处理.....	113
4.1.1 数据与信息	113
4.1.2 数据处理	114
4.2 数据处理技术的产生与发展	114
4.3 数据库系统	118
4.3.1 数据库概论	118
4.3.2 数据库管理系统支持的数据模型	119
4.3.3 数据库系统的组成	122
4.3.4 Access 关系数据库管理系统	124
4.3.5 数据库的发展	126
4.4 管理信息系统	128
4.4.1 管理信息系统概述	128
4.4.2 管理信息系统的开发方法	131
4.4.3 管理信息系统的新进展	132
4.5 决策支持系统与专家系统	135
4.5.1 决策支持系统 DSS	135
4.5.2 专家系统	137
4.5.3 决策支持系统与专家系统	139
4.6 软件工程	139
4.6.1 软件工程的基本原则	140
4.6.2 软件开发过程	141
练习题.....	147
第5章 计算机网络	148
5.1 计算机网络的产生与发展	148
5.2 计算机网络的结构	151
5.2.1 计算机网络的分类	151
5.2.2 计算机网络的拓扑结构	152
5.2.3 计算机网络的体系结构	153
5.3 因特网	157
5.3.1 因特网的形成与发展	158
5.3.2 因特网的基本结构	158

5.3.3 因特网的关键技术及管理机构	159
5.3.4 因特网服务及对人类的影响	164
5.4 计算机网络安全	166
5.4.1 计算机网络安全的有关概念	166
5.4.2 产生网络不安全的因素	167
5.4.3 保护网络系统的基本要素	168
5.4.4 网络安全策略	169
5.4.5 防火墙技术	171
5.4.6 安全风险	172
5.5 未来计算机网络的发展	173
5.5.1 新技术	173
5.5.2 新应用	174
5.5.3 三网合一	175
练习题	176
第6章 计算机科学	177
6.1 概述	177
6.2 计算机科学	178
6.2.1 计算机科学知识组织结构及其演变	178
6.2.2 计算机科学的教育	180
6.2.3 计算机科学的课程体系	181
6.2.4 核心课程介绍	182
6.3 计算机技术预测	184
6.3.1 人工智能	184
6.3.2 硬件发展	187
6.3.3 服务	189
6.3.4 通信	189
6.4 计算机与社会	190
6.4.1 计算机与环境	190
6.4.2 计算机与健康	191
6.4.3 计算机产业的道德准则	191
6.4.4 计算机与法律	194
6.5 计算机科学技术专业职位	196
6.5.1 硬件职业	196
6.5.2 软件职业	196
6.5.3 信息系统职业	198
6.5.4 其他新兴职业	198
6.5.5 学习进修	198
6.5.6 计算机对整体就业的冲击	199
练习题	199
参考文献	200

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：“运筹策帷帐之中，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七位，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，逐渐在西方传播，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。在工程计算领域计算尺不仅能做加减乘除、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年代—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命运。

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，而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档。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，此函数可以当作多项式计算。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。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奇，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 25000 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的五个部分，在研制的过程中产生了第一个程序员——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推动作用，IBM 决定给艾肯一百万元的研究经费。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 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。

现代计算机在 50 多年的发展历程（从 1945 年至今）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；一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中的应用》，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，如图示 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”，而把最左边的“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。

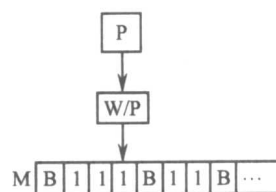


图 1.1 图灵机原理

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。

1950 年图灵发表了另一篇著名论文：《计算机与智能》。指出如果一台机器对于质问的响应与人类做出的响应完全无法区别，那么这台机器就具有智能。今天人们把这一论断称为图灵测试，它奠定了人工智能理论的基础。

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。二次大战期间，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, 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 1 000 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 (埃尼阿克) 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 17 468 只电子管, 7 200 个二极管, 70 000 多个电阻, 10 000 多个电容和 6 000 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 2.75m 高的金属柜里, 占地面积为 170m², 总重量达到 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 5 000 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 钟就能算完, 比炮弹本身的飞行速度还要快。ENIAC 原来是计划为二次大战服务的, 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·诺依曼及其 EDVAC

冯·诺依曼 1903 年出生, 1921 年至 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博士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 年一天, 在阿伯丁火车站候车, 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, 莫奇莱和埃克特并不十分热情, 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



图 1.3 冯·诺依曼

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，他们便提出电子离散变量计算机（The Electronic Discrete Variable Computer, EDVAC）方案。1946 年 6 月冯·诺依曼与戈德斯坦等发表了《电子计算机装置逻辑结构初探》的论文，成为 EDVAC 的设计基础。

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，由于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顿大学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。

EDVAC 的主要改进有两点：一是为了充分发挥电子元件的高速性能而采用了二进制；二是把指令和数据都存储起来，让机器能自动地执行程序。由于它利用水银延时线做主存，用磁鼓做辅存，其运算速度比 ENIAC 提高了 240 倍。

在计算机的理论与应用方面，冯·诺依曼曾思考过许多问题。例如，能不能用可靠的元件组成一台可靠的计算机；能不能造一台机器不仅能节约计算时间而且能减少建造新机器的困难。他还特别重视把计算机技术应用到各个学科领域。在他应聘担任 IBM 公司的科学顾问时，他反复强调计算机的广泛用途，从解微分方程到长期精确的天气预报等。他还希望计算机能帮助人类控制天气，让冰岛的恶劣气候变得像夏威夷一样美好。

50 多年来，计算机制造技术发生了极大的变化。但是，我们使用的计算机大都沿用冯·诺依曼结构。概括起来，它有如下特点：

- ① 使用单一处理器部件来完成计算、存储及通信工作。
- ② 线性组织的定长存储单元。
- ③ 存储空间单元是直接寻址的。
- ④ 使用低级机器语言，其指令完成基本操作码的简单操作。
- ⑤ 对计算机进行集中的顺序控制。

以上这种传统结构为计算机的发展铺平了道路。但是，像“集中的顺序控制”又常常成为计算机性能进一步提高的瓶颈。因此，计算机科学家仍在不断地探索各种非冯·诺依曼结构。

虽然人们把“存储程序计算机”当作现代计算机的重要标志，并把它归于冯·诺依曼的努力，但是，他本人认为现代计算机的设计思想来自图灵的创造性工作。

1.2.4 UNIVAC 迎来计算机时代

人们通常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。

通用自动计算机 (the UNIVersal Automatic Computer, UNIVAC)。捷足先登, 恰如其分地扮演了这一时代角色。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, 叫“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。在投票结束刚 2 小时, 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, 新闻媒体则纷纷报导: “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。

前面我们讨论计算机时代的开始标记时, 已经对此作过分析。从时间上看, 阿塔诺索夫的 ABC 计算机是最早的电子管计算机, 但它仅有衣阿华大学农学院的微薄资助, 设置规模甚小, 而且它的用途主要是供研究生学位论文的计算, 因此它的影响确实很小。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。

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,我们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)的特点是:

① 采用电子管代替机械齿轮或电磁继电器作开关元件,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”。这就是机器可以理解的语言,显然,用机器语言来编程序既枯燥又费时。

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,有了很大改进。不过,仍然不可能有支持操作系统的环境。

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,运算速度为每秒 2 万次。采用静电存储管做主存,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。这就为第一代商用计算机描绘出一个丰满而生动的形象。

IBM 第一炮打响后,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 5MB,随机存取时间小于 1s。

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圆环, 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 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) 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、重量轻; 发热少、耗电省; 速度快、功能强; 价格低、寿命长。用它作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作主存, 并且采用磁盘与磁带作辅存。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、浮点数表示、间接寻址、中断、I/O 处理器等。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, 采用脱机 (off—line) 方式工作, 以免浪费 CPU 的宝贵时间。

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。

与此同时, 高级编程语言得到迅速发展。首先, IBM 公司的一个小组在巴科斯 (John Backus) 领导下, 从 1954 年开始研制高级语言, 同年开始设计第一个用于科学与工程计算的 FORTRAN 语言。1958 年 MIT 在麦卡锡 (John McCarthy) 发明了用于人工智能的 LISP 语言。1959 年在宾州大学一些用户开会讨论解决程序的移植问题, 因为对某种计算机编写的程序, 在其它型号的机器上是无法执行的。结果, 在国防部的支持下, 以格雷斯·霍普 (Grace Hopper) 为首的委员会提出了 COBOL 语言。格雷斯·霍普是计算机语言先驱, 她编写了第一个实际的编译程序。