

计算机导论

计算机导论

韩兆轩 蒋立源 主编

西北

P301
H15
(2.1)

社

西北工业大学出版社

计 算 机 导 论

(修订版)

韩兆轩 蒋立源 主编

西北工业大学出版社

1996年5月 西安

(陕)新登字 009 号

【内容简介】 本书是计算机方面的一本入门教材,旨在对计算机系统的组成和工作原理作一概貌介绍,全书共八章,第一章至第四章介绍了电子计算机的发展历史、现状和应用情况,以及计算的计数制、逻辑代数与逻辑电路、运算方法和计算机的组成等。第五章至第八章是有关计算机软件方面的内容,分别对算法、数据结构和 PASCAL 程序设计的基本概念以及编译系统、操作系统和数据库系统的组成及主要功能进行了简要的叙述。各章均附有一定数量的习题。

本书可作为大专院校有关专业的教材,也可供有关工程技术人员参考。

计 算 机 导 论

(1996 年修订本)

韩兆轩 蒋立源 主编

责任编辑 杨乃成

责任校对 杨长照

*

©1996 西北工业大学出版社出版

(西安市友谊西路 127 号)

陕西省新华书店发行

西安市长青印刷厂印装

ISBN 7-5612-0873-1/TP·105

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 11.25 印张 268 千字

1985 年 12 月第 1 版

1996 年 5 月第 2 版第 4 次印刷

印数: 21 001—28 000 册 定价: 10.00 元

前 言

“计算机导论”是计算机类专业的一门技术基础课，一般在大学一年级开设，旨在对计算机系统的组成及工作原理作一简要介绍，使学生对计算机科学的发展历史、学科特点及应用情况有一概括的了解，以便为后继课程的学习打下初步的基础。

根据上述要求，在原航空工业部教材编审室的组织下，我们曾于1984年编写出版了《计算机导论》一书，作为此课程的教材公开出版。该书迄今已先后印刷过五次，基本上满足了当时教学工作的需要。然而，由于计算机科学技术和教育事业发展很快，该书的内容已不能适应目前学生学习的要求，因而从1988年开始，我们参照中国计算机教育与培训学会所推荐的《计算机科学导论教学大纲》，并结合西北工业大学多年来讲授本课程的教学实践经验，对该书进行了大幅度的修改和内容更新，重新组织编写。

这次重编，除对原书第一章到第四章的内容进行增删外，其余各章均重新编写，即取消了原书有关BASIC语言的全部内容而代之以PASCAL程序设计基本知识的介绍，同时对算法、数据结构等基本概念以及编译系统、操作系统和数据库系统等软件的组成与主要功能也作了概要的讲述，目的是使学生学习了这些内容之后，对计算机软件的特点及它们在计算机系统中的作用和地位有所认识。

作为一本导论性质的教材，我们在编写过程中力图做到：既注意材料的精选，又使之具有较强的科学性和系统性；既注意讲清计算机系统软、硬件的结构和基本功能，而又不拘泥于它们的实现细节；既注意教学内容阐述的准确性，又尽量使概念的解释深入浅出，文字通俗易懂，以便于自学。此外，各章之后均附有一定数量的习题供读者选做。

本书系航空航天工业部根据本学科的发展重新组织编写的规划教材，可作为计算机类专业和其它有关专业计算机导论课的教科书（讲授学时48-56），也可供有关工程技术人员参考。

本书由西北工业大学计算机科学与工程系韩兆轩和蒋立源主编。参加编写工作的有：韩兆轩（第一、四章）、蒋立源（第六、七、八章）、吕福德（第二章）、卢玉广（第三章）、陈镐纛（第五章）。最后由蒋立源对全书进行统稿。

西北工业大学张遵濂教授拨冗对本书进行了仔细的审阅、提出了许多宝贵的意见。在编写过程中，我们还得到了西北工业大学出版社的许多同志以及计算机系的徐秋元教授、胡正国副教授、张延园讲师和研究生王丽芳、胡滨等同志的支持、关心和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

这本教材虽已使用多年，这次又作了较大的修改和内容更新，重新编写，但由于我们学力有限，仍不免有错误或不妥之处，恳盼读者不吝赐教。

编者谨识

1991年3月于西安

目 录

第一章 电子计算机发展史	1
1.1 什么是电子计算机	1
1.2 电子计算机是怎样诞生的	2
1.2.1 从筹算到算盘	2
1.2.2 机械计算器	3
1.3 电子计算机的“家谱”	5
1.3.1 第一代电子计算机	5
1.3.2 第二代电子计算机	6
1.3.3 第三代电子计算机	7
1.3.4 第四代电子计算机	7
1.3.5 第五代电子计算机	8
1.4 电子计算机的应用	9
1.4.1 科学计算方面的应用	10
1.4.2 数据处理方面的应用	10
1.4.3 自动控制方面的应用	11
1.4.4 计算机辅助设计	12
1.5 我国计算机事业的发展与现状	12
第二章 二进制数的表示	14
2.1 二进制数	14
2.1.1 十进制数	14
2.1.2 二进制数	15
2.1.3 二进制数的性质及特点	16
2.2 二、十进制数之间的换算	18
2.2.1 将十进制整数换算成二进制整数	18
2.2.2 将十进制小数换算成二进制小数	19
2.2.3 二进制数和其它进制数之间的换算	21
2.3 二进制数表示	23
2.3.1 数的定点与浮点表示	23
2.3.2 符号的表示方法	23
2.3.3 原码表示方法	26
2.3.4 补码表示方法	26
2.3.5 反码表示方法	27
习题	29

第三章 逻辑代数与逻辑电路	30
3.1 逻辑代数	30
3.1.1 逻辑加法(“或”运算).....	30
3.1.2 逻辑乘法(“与”运算).....	31
3.1.3 逻辑否定(“非”运算).....	32
3.1.4 逻辑代数的基本公式	32
3.1.5 逻辑代数的应用	33
3.2 逻辑电路	35
3.2.1 “与”门	35
3.2.2 “或”门	35
3.2.3 “非”门	36
3.3 组合逻辑电路	36
3.3.1 “与非”门	36
3.3.2 “或非”门	37
3.3.3 “与或非”门	37
3.3.4 “异或”门	38
3.3.5 半加器	38
3.3.6 全加器	39
3.3.7 加法器	40
3.3.8 触发器	41
3.3.9 寄存器	42
3.3.10 计数器	43
3.3.11 译码器	44
习题	45
第四章 运算方法与计算机的组成	47
4.1 定点补码加、减法	47
4.2 定点乘法运算	48
4.3 定点除法运算	49
4.4 计算机的组成	52
4.4.1 从打算盘中得到的启示	52
4.4.2 运算器	52
4.4.3 存贮器	53
4.4.4 磁表面存贮器	54
4.4.5 外围设备	54
4.4.6 控制器	57
习题	61
第五章 程序设计语言	63

5.1 程序设计语言	63
5.1.1 程序与机器语言	63
5.1.2 汇编程序设计语言	64
5.1.3 高级程序设计语言及其发展	67
5.1.4 程序设计语言的分类	70
5.1.5 高级语言程序设计	70
5.2 一种程序设计语言实例	71
5.2.1 程序结构特点及数据表示	72
5.2.2 运算、表达式及赋值语句	74
5.2.3 输入/输出语句	75
5.2.4 控制语句	75
5.3 程序编写方法举例	81
5.3.1 组合函数计算	81
5.3.2 函数曲线输出	83
5.3.3 一元方程式求解算法之一	85
5.3.4 一元方程式求解算法之二	87
习题	88
第六章 软件基础	90
6.1 软件及其分类	90
6.2 数据结构简述	92
6.2.1 串(string)	93
6.2.2 数组(array)	95
6.2.3 表(list)	98
6.2.4 栈(stack)和队列(queue)	99
6.2.5 树(tree)	101
6.2.6 图(graph)	103
6.3 编译程序	105
6.3.1 编译过程概述	106
6.3.2 编译程序的逻辑结构	107
6.3.3 编译程序的组织	122
习题	123
第七章 操作系统	126
7.1 概述	126
7.2 操作系统的分类	127
7.2.1 多道批处理系统	127
7.2.2 分时系统	128
7.2.3 实时系统	129

7.2.4 网络操作系统	129
7.2.5 分布式操作系统	130
7.3 操作系统的基本功能	130
7.3.1 处理机管理	130
7.3.2 存贮管理	138
7.3.3 文件管理	139
7.3.4 设备管理	141
7.3.5 作业管理	143
习题	145
第八章 数据库系统简介	147
8.1 数据管理技术的发展	147
8.2 数据库系统的组成	149
8.3 数据库管理系统	151
8.3.1 数据库的用户	151
8.3.2 数据模型	152
8.3.3 数据描述语言及数据操纵语言	155
8.3.4 数据库管理系统的组成及功能	156
8.3.5 用户使用 DBMS 的工作流程	158
8.4 dBASE II 简述	159
8.4.1 使用 dBASE II 的工作流程	159
8.4.2 数据库的建立	160
8.4.3 对 dBASE 数据库的操作	163
习题	168
附录 ASCII 码表	171
参考文献	

第一章 电子计算机发展史

电子计算机的出现和发展是 20 世纪科学技术的卓越成就之一，是科学技术和生产发展的结晶，并大大促进了科学技术和生产力的发展。计算机诞生至今仅 40 多年的历史，由于它的非凡作用，所以发展非常迅速。目前，电子计算机已广泛地应用于生产和生活的各个领域，受到普遍的重视，研究和使用的人越来越多。有人说，现代科学技术以原子能、电子计算机和空间技术为标志；也有人说，电子计算机是第四次产业革命的核心，比蒸气机对于第一次工业革命更为重要。随着时间的推移，名词、术语越来越多，新的概念不断出现，因此，一个初接触计算机的人知道一些有关计算机的发展史和一些术语的来龙去脉，搞清楚一些计算机的基本概念和应用范畴是很有必要的。

1.1 什么是电子计算机

“计算机”是计算的工具，英语中称为 Computer。电子计算机是应用电子技术进行数字计算的机器，主要工作当然是进行数字计算。然而，如果我们把计算机仅理解为一种能进行数字运算的工具或电子仪器，像一个算盘，一把计算尺，最多不过像一台手摇或电动计算器一样，只是运算速度更快一些，那就太狭隘了。50 年代的初期，人们确实是这样来认识计算机的。但是，随着计算机科学的发展，人们的认识已焕然一新，对计算机的重视程度和作用的评价也越来越高。

现在，电子计算机一词已几乎家喻户晓，加上科学幻想小说作者们的渲染，它已经成了既通俗又神奇的“万能博士”，不但科学研究工作者、工程技术人员常常谈论它，文艺工作者、中小學生以至家庭主妇们都会时而谈起它来。然而，究竟什么是“电子计算机”，只有经过深入学习和认真思考，才能作出中肯的回答。

电子计算机诞生最初的 20 年间，一般分成电子数字计算机和电子模拟计算机两大类，目前许多书本仍沿用这样的分类方法。实际上这种分类，是把“电子计算机”仅理解为“计算的工具”的一种早期的观点，是从电子计算机的工作原理上来区分的。一类计算机的运算像计算尺一样，用电压的高低来模拟计算数量的大小，称为“电子模拟计算机”；另一类像算盘那样，用一个一个算珠代表数字来进行计数和运算的，称为“电子数字计算机”。创造了神话般奇迹的正是后一种计算机。由于它具有一些与过去的各种计算器械（包括模拟计算机）所没有的新的特点，故使电子数字计算机成为一个专门的名词。通常，不加说明的电子计算机，都是指电子数字计算机，而且常常更简单地称为“计算机”，它以微电子学为基础，以其快速和直接的数字运算为首要的特点。

但是，应将计算机和“计算器”相区别。许多人把只有一组键盘或按钮、输入数字以进行加、减、乘、除和一些简单函数运算，计算结果由一排数字显示器显示出来的电子计算器也称为“电子计算机”。这种计算器和我们所讨论的计算机存在很大的差别。计算器通常由计算者通过按键或按钮向机器送入数据，然后，通过按键随时指出现在应该进行怎样的运算。一

个运算完毕，计算者再通过按键给出下一运算的指示，随按随算。而计算机则不同，它的计算步骤是把预先编制成称之为“程序”的东西，以某种方式送入计算机并存放在计算机中。计算机按程序的要求，一步一步进行各种运算，直到存入的整个程序执行完毕为止。因此，计算机必须具有能存放程序的装置(我们称之为“存储器”，当然它也可以用来存放运算的数据)，也就是说，计算机具有存储程序和数据的能力。计算器虽然也有所谓存储器，但一般都很小，而且只能存放几个参加运算的数据。

电子数字计算机与一般计算工具的另一重要差别是，它不仅可进行加、减、乘、除等算术运算，而且可以进行逻辑运算和对运算结果进行判断，有决定以后执行什么运算的能力。正是由于具有这种逻辑运算和推理判断的能力，就使计算机成为一种特殊机器的专用名词，而不再是简单的计算工具了。为了强调计算机的这些特点，有些人就把它称为“电子分析机”或“电脑”，以说明它既有记忆能力，又有逻辑推理能力。至于有没有思维能力，这是一个目前人们正在讨论的问题，对于这个问题的争论，正说明人们对计算机能力的认识在逐步地深入，随着科学技术的发展，认识还在不断深化。

现在，我们可以给电子计算机下这样一个不甚确切的定义：电子计算机是一种能按预先存储的程序，对以数字形式出现的信息进行处理的电子装置。

1.2 电子计算机是怎样诞生的

虽然今天计算机的应用远远超出了数值计算的范围，但是计算机的出现的确是从数值计算开始的。

人类在生产劳动和日常生活中，都离不开数值计算。计算的范围有简有繁，有易有难。例如 $3+4=?$ ，任何有头脑的人都能不加思索地回答出来，而 $268+352=?$ 就不能不加思索马上能回答了。进一步 $\sin 385^\circ=?$ ， $\sqrt{375}=?$ ，这就不是用简单的心算能立即回答的问题。长期以来，人们为了提高计算的速度和精度，补偿脑力计算的不足，创造了各种各样的计算工具：学龄前儿童借数手指头来计算；小学生借助于笔和纸头来计算，商业部门的职工用拨弄算盘珠来计算；大学生对计算器很有兴趣；科技工作者则希望把计算机作为助手。其实，人的大脑本身就是一台能力非凡的计算机。

1.2.1 从筹算到算盘

几千年以来，人们遇到的计算是从计数开始的。例如，一个部落有多少人，捕获多少牛和羊，这些牛羊怎样合理地分配给大家等，都是计数问题。后来，这个部落用牛和羊换取另一部落的鱼和工具，在这种交换中，就有个比价问题。开始时，人们也和现在的小孩子一样，从数手指头开始。为了长期记忆，也为了言之有据，就用结绳记事。古代波斯国王要出征打仗，他带着士兵出发了，到了一座大桥，国王把一部分兵留下守桥，怎么规定守桥的时间呢？“聪明”的国王在一根很长的皮带上打了 60 个结，交给了他的士兵，让他们拿着皮带守桥，每过一天解一个结，等这些结都解完了，士兵就可以回家。当然，对于原始人来说，木棍、石子都是计数工具。在洞壁上作记号，也是计数和长期保留的办法。以上这些计数的方法，可以称之为计算机“远古史”。

随着人类社会活动范围的扩大，要求数值计算的能力也更复杂。我国劳动人民创造的筹

算,可以说是最早的计算“工具”。筹算究竟何时在我国出现,尚不可考。但在春秋战国以前,就已使用了。春秋战国以及西汉的书藉中,已大量出现“筹”之说,《老子》中提到:善计者不用筹策”;《汉书·张良传》说张良“运筹帷幄中,决胜千里外”。这里所说的“筹”,就是筹算。

筹算的形状,根据《汉书》记载:“其算法用竹,径一分,长六寸,二百七十一枚而成六觚,如一握”。就是用一细长的小竹棍,放于袋内,可随身携带。我国出土的西汉古墓中,算筹已是骨质的了,比竹制的更小,便于使用。而且还出现了“正筹”和“负筹”,所谓“正算赤,负算黑”就是用筹算的不同颜色来区分正负。

筹算的优越性在于进行筹算时,一边计算,一边不断地重新布置竹棍。这样可以得心,却不应手,对计算速度有很大的限制,而且难掌握,不易在广大劳动人民中间推广。筹算计数法在我国一直持续到15世纪广泛采用珠算时才被淘汰,可以说筹算是计算机的“古代史”。

唐代时,随着社会生产力的发展,迫切需要提高计算速度,改进计算工具。同时,由于筹算运算积累了很多的经验,出现了珠算盘。15世纪珠算盘已得到广泛的应用。珠算盘最早是谁发明的,已无法考查。15世纪的《鲁班木经》中,有制造珠算盘的规格。柯尚迁的《数学通轨》中,有一个13档的珠算盘图,称为“初定算盘图式”,已和现在流行的算盘相同。

中国式的珠算盘,可以是十进位,也可以是十六进位。横木上面的算珠每一个代表五,共二个,横木下面的算珠每一个代表一,共五个。用在十进制中时,实际只需要横木上的一个算珠和横木下的四个算珠就够了,日本式的算盘就是这样。考虑到中国旧衡制是十六进位制(老秤),所以中国算盘每位数最大为十五,因此,是十进制与十六进制两用的。算盘是我国劳动人民在计算工具“历史”上的巨大贡献,它是当时世界最先进的计算工具,现在人们在日常生活中,也仍然广泛地使用着算盘。就是将来电子计算机十分普及,算盘在数值启蒙教育中仍有它独特的地位。在加减法运算比较多的工作中,一个善于使用算盘的人,其运算速度可以和目前计算器相媲美。

中国算盘因技术先进、轻便灵巧,所以流传极广。大约15、16世纪时,中国算盘流传到日本,以后又影响到欧洲,对促进各国计算工具的发展曾起了很大的推动作用。所以,算盘是电子计算机发展史中一朵长期不谢的鲜花。

1.2.2 机械计算器

15世纪以后,由于资本主义的发展,欧洲各国对计算工具的研究日益重视。

1614年,英国人耐普尔(J. Napier)发现了对数,同时运用此原理制造了一台能做乘法的机器。另一个英国人奥托里又把对数刻在木板上,以后发展为现在的计算尺。

1642年,法国数学家布莱斯·巴斯卡(Blaise Pascal)曾经设计和制造了简易机械计算机,它实际上是一台加减器。用一个个的齿轮表示数字,利用齿轮啮合装置,低位的齿轮每转10圈,高位的齿轮就转一圈,实现了进位。这种所谓计算,和现在的儿童玩具很相象,但却是手摇计算机的老祖宗。现在常用的PASCAL语言,就是为了纪念他而命名的。

1671年,德国数学家莱布尼茨(Leibniz)又把巴斯卡的机器加以改进,使它既可以做加减法,又可以做乘除法运算。

在计算机上做出重大贡献的是英国人查尔斯·巴贝奇(Charles Babbage), 他是个银行家的儿子。由于当时少数有文化的人不会精确地计算, 财务帐目混乱, 数表往往充满了错误, 保险资料搞得乱七八糟, 他被这种令人不能容忍的事态所激怒, 决心用计算机代替人的手算, 以便纠正这种混乱的状况。

1820年, 巴贝奇设计了“差分机”, 并于1822年完成了它。例如计算

$$a_1x^n + a_2x^{n-1} + \cdots + a_nx^{n-(n-1)}$$

这样的常系数多项式, 精确度可达到6位。获得了这次成功之后, 巴贝奇试图制造一种更好的“差分机”, 要求精度达到20位。机器在1823年开始制造, 到1892年, 大部分零件已经制造出来, 但由于当时精密机械制造业的技术水平远不如他所想象的那样高, 因而, 这台计算机一直未能完成。以后, 在瑞典, 由舒兹按照他的设计完成了一台真正有用的机器, 这台机器后来在美国都德勒观察台使用。

1833年, 巴贝奇又设计了一种新的机器——分析机。这是现在通用计算机的始祖, 它具有现代数字计算机的所有重要特点, 有运算单元、输入输出单元。同时, 他受法国的提花织机的启发, 提出了最有创造性的概念, 即按提花织机图案所用的卡片控制原理, 制订了由指令序列来控制计算过程的“程序”概念。计算机借此摆脱了步步由人指挥的状态, 变成能够独立自动地完成计算任务的机器。为此, 英国政府捐助了17000英镑(当时是一笔巨款)。可惜, 19世纪初期的英国金属加工业只能制造光滑的大炮和好犁头, 而不能制造巴贝奇在设计图中巧妙绘制的精密零件和齿轮联动装置。这台机器耗尽了巴贝奇的财产和精力, 直到他1871年去世, 工作也未能完成, 最后只不过作为博物馆的珍藏品。但是, 巴贝奇的天才设想对以后计算机的研制有先导的作用。因此, 巴贝奇被认为是现代计算机的创始人, 只是它诞生早了一百年, 不能跳越工业发展尚未到来的那个世纪, 他的理想未能如愿以偿。

在计算机理论准备工作中作出重大贡献的另一个英国数学家是乔治·布尔(George Boole), 他研究形成了逻辑的数学方法。1854年他的著作《思维规律的研究》提出了一种推论事物的符号运算方法, 后来称为符号逻辑或布尔代数, 它是今天设计计算机的重要工具。

我国远在汉代就有了齿轮。汉、唐、北宋都有用齿轮制造的许多自动装置, 如机械结构很巧妙的计里鼓车和天文仪等。可惜, 中国古代科学家们同样不可能跳越长达好几十个世纪的历史时间, 来制造自动装置。我国现存的最早的计算机是清康熙年间由清宫造办制造的一批手摇计算机, 最多表示12位数, 可以进行加减乘除, 现藏于故宫博物院。

巴贝奇的理想虽然没有实现, 但是社会在不断前进, 生产不断发展, 对于计算机的要求也日渐迫切。1880年, 美国有5000万人口, 从事商业的人想知道这些人的住址及他们是什么样的人, 于是作了一次人口普查。结果, 共用了七年半的时间才统计完毕, 在得出普查结果的时候, 它几乎已毫无用处了。

赫尔曼·霍勒斯(Herman Holerth)是人口普查的参加者, 深知其中的困难所在。他提出了用穿孔卡片和机电制表来对1890年人口普查的数据进行加工、整理。结果, 他只用了六个星期, 就确定已普查到的人口当时是6200万, 两年内完成了全部人口数据表, 和七年半的时间相比, 是个很大的改进。

1890年的人口普查证明了机电制表机(还不是巴贝奇设想的计算机)的效率。

霍勒斯在 1896 年创办了制表机器公司。1911 年，整个公司与其他三个公司合并组成了计算、制表、记录公司，并在 1924 年改名为国际商业机器公司 (International Business Machine corp., 简称 IBM 公司)。这个 IBM 公司后来成了国际计算机市场的垄断者。

本世纪 30 年代后期，哈佛大学毕业生霍华德·艾肯 (Howard Aiken)，因为对撰写论文所需要进行的计算感到极不耐烦，为了加快工作，他发明一系列很小的、非常专门化的数字计算机。但他很快注意到，所有这些计算机都有共同的逻辑运算和其他类似的特点，例如，都有存储单元和控制单元。艾肯又重新走上巴贝奇在一百年前走过的路。不过，他比巴贝奇幸运，因为有像继电器这样的机电器件来帮助他。后来，又在 IBM 公司的资助下，艾肯开始了称为自动程序控制计算器的大型数字计算机的研究工作。1943 年，称为 MARKI 的样机在哈佛大学正式运行。后来有人将 MARKI 的运行情况描述为：好像一屋子的妇女在纺织，这是由于成千上万个继电器开动或关闭发出的咔嚓声。艾肯的 MARKI 的乘法时间为 0.4 秒。巴贝奇的理想在一百年之后终于实现了。

第二次世界大战期间，真空管已经得到普遍的使用。当时普雷斯珀·埃克特 (J. Presper Eckert) 和约翰·莫克莱 (John Mauchly) 在陆军的支持下，从事了以真空管做计算机的研究工作。第一台真空管做成的电子数字计算机 (ENIAC) 在 1945 年诞生，当年 12 月开始运行，次年 2 月正式交付使用。1946 年 2 月，正式宣告电子数字计算机的问世。从此以后，电子计算机为世人瞩目，而且对它寄予了无限的希望，它是本世纪最伟大的科学成就之一。

1.3 电子计算机的“家谱”

自从第一台电子计算机问世以来，已经历了几代。

1.3.1 第一代电子计算机

于 1945 年 12 月诞生，1946 年 2 月正式交付使用的 ENIAC 计算机，主要用在美国军队计算弹道曲线上。它每秒能做 5 000 次加法或 500 次乘法或 50 次除法。比起电子计算机“史前”的机电计算机 MARKI 差不多快了几千倍，ENIAC 使用了 18 000 个真空管，70 000 个电阻，1 000 个电容，6 000 个开关，它的体积为 $30 \times 3 \times 1$ 米，耗电 140 千瓦[特]，占地面积 170 米^2 ，重达 30 多吨，真是一个庞然大物。它内部没有真正称得上是存储器的部件，只有 20 个寄存器。编程序是在控制面板上用开关进行的，先把少数数据送到寄存器内，大量的运算部件要像积木一样由人搭配成各种解题的布局，每换算一道题就要重新搭一次。例如，计算一个幂级数的前七项，要准备 15 分钟。它还有其他方面的许多缺点，正如一个初学走路的小孩，动作可笑，但毕竟是人生的第一步。ENIAC 也是一样，这是现代电子计算机的始祖，是电子计算机时代的开始。

1945 年，与 ENIAC 问世的同时，冯·诺曼 (Von Neumann) 在他的报告中提出了存储程序的概念，而且用这个新概念设计了一台被认为是现代计算机原理模型的通用电子计算机 EDVAC。但由于他的合作者埃克特和莫克莱离开了宾夕法尼亚大学而另行组织了公司，故推迟了这台计算机的研制工作，直到 50 年代初才被制成。

1949年,英国剑桥大学在威尔克斯(Wilkes)领导下研制成功了EDSAC计算机。它是在冯·诺曼思想的启发下设计成功的,存储器采用汞延迟线做成,是世界上第一台程序存储式的电子计算机。

1950年,ER1101计算机投入运行,它是第一个用磁鼓代替汞延迟线作为主存储器,容量为16K。在这以后的1950~1955年间,许多不同牌号的计算机相继采用了磁鼓作为主存储器。

1951年,第一台UNIVAC计算机交付使用,它是由埃克特——莫克莱(ENIAC的设计者)计算机公司设计的。这家公司就是现在的Romington Rand集团的埃克特——莫克莱分部(一般就称为UNIVAC公司)。该机同样采用了汞延迟线作为存储器,在此期间这种程序存储式电子计算机大量地供应市场。

1953年,IBM701交付使用,在当时它是一台大型科学计算机,使用了静电式示波管存储器,另外有一台磁鼓作为后援。该机并行运算,比UNIVAC快得多。

继而,IBM605磁鼓计算机制成,磁鼓每分钟旋转12500转,输入输出用卡片机。由于IBM垄断了卡片机的市场,因此,IBM605计算机销售量超过了1000台。

1953年,由美籍华人王安发明的电流重合法磁芯存储器第一次安装在麻省理工学院(M.I.T)的计算机上,其存取周期为5微秒。

1956年,IBM704科学计算机交付使用,采用了磁芯存储器。

在其他国家中,苏联的БЭСМ计算机也属于这一代的产品。

从这些计算机的情况可以看出,它们主要用在科学计算方面,而且是以电子管作为逻辑线路的主要器件,这就是这一代计算机的主要特点。使用者编写程序时,主要还得用机器语言(二进制指令)。因此,可以说计算机还只是掌握在计算机专家手上的工具。

1.3.2 第二代电子计算机

晶体管诞生于1948年。最初的晶体管由于制造工艺上的困难和温度稳定性差,人们不敢贸然使用,直到50年代末期,计算机才开始采用晶体管制造。

1958年,MCR304交付使用,它是第一台商用晶体管计算机。

1960年,IBM1401小型晶体管计算机交付使用,它出售了好几千台。

1960年,飞歌(Philco)公司交付了TRANSACS-2000计算机,它是一台大型的二进制运算的科学计算机。

1960年,IBM7090交付使用,这也是一台科学计算机,用磁芯做存储器,读写周期为2.18微秒,容量32K,字长为36位。

1960~1961年,UNIVAC LARC和IBM7030(STRETCH)相继交付使用。它们在当时都是大型的晶体管计算机。LARC采用晶垒晶体管,而STRETCH使用了漂移晶体管。LARC的磁芯存储器的存取周期是4微秒,而STRETCH则为2微秒。

1964年,CDC6600交付使用。该机比IBM7030功能强三倍,每秒平均执行300万条以上指令。这是因为,它采用了并行结构,多个运算和逻辑部件,有10台小型计算机专门用作输入输出。可以说,CDC6600的高速,是高度并行和时间重叠的结果。

第二代计算机的主要特点是:采用晶体管为计算机的主要逻辑元件。由于晶体管体积小、耗电省、寿命长,计算机性能有了很大改进,成本随之降低,应用范围也就更加广泛。

在程序设计技术方面,开始研制出一些通用的算法语言。其中,影响最大的是 FORTRAN 语言。1957 年,发表了关于 FORTRAN 的第一篇报告,到 1962 年 FORTRAN 已修订了四次,它首先在美国得到了广泛的应用,大大加快了计算机推广使用的速度。算法语言 ALGOL 和 COBOL 语言随后相继出现。操作系统的雏形在这个时期的后期开始形成。

1.3.3 第三代电子计算机

60 年代初期,出现了集成电路。随后,集成电路的集成度以每 3~4 年提高一个数量级的速度增长。

1964 年 4 月 7 日,IBM 公司宣布了 IBM360 系列计算机研制成功。它以和 IBM 以前的机器相容为特点,且作为新的“竞争者”出现在市场上。这些计算机都采用了双极型集成电路。这个系列中先后有 IBM360/20, /30, /40, /44, /50, /65, /67, /75, /85, /91, /195 等型号的计算机,已有几千台交付使用,几乎成了以后计算机的标准。

在 IBM360 之后,很多公司都宣布自己的系列计算机研制成功,例如 RCA 的 Spocetra70 系列和 G.F.600 系列等,但都竞争不过 IBM360。所以计算机工业的国际市场当时有 60~70% 为 IBM 公司所垄断。

许多公司成功地生产了第三代小型计算机。数字设备公司交付了好几千台 PDP 小型计算机,并提出了在计算机工业方面一些新的概念。

这些被称为小型多功能的通用计算机,体积通常在一立方米以下,甚至可以和台式计算机相比,但功能很强,运算速度在每秒十万次以上,内存容量为数千至数十千字节,有小型磁盘(软磁盘)或盒式磁带机作辅助存储器,有行式打印机和字符显示器作数据输出设备。它的功能和第二代的中型计算机相当,但更灵活更通用,因此很快得到了推广。

第三代计算机的特点是:用集成电路作为逻辑元件,以系列化的面貌出现,使用范围更广,尤其是一些小型计算机。据 1972 年统计,使用领域已达 2900 多个。在程序设计技术方面形成了三个独立的系统,总称为软件。这三个系统是:操作系统、编译系统和应用程序。

第三代计算机在计算机的“家谱”中处于很重要的地位,操作系统中“多道程序”、“分时系统”等概念的提出,结合计算机终端设备的广泛使用,使得用户可以在自己的办公室或家里使用远离自己的计算机。

1.3.4 第四代电子计算机

1971 年末公布的 Intel 4004 是微处理器的开端,是大规模集成电路发展的必然结果。在这以前,大规模集成电路首先用在计算机的存储器方面。4004 是用大规模集成电路把运算器和控制器做在一块基片上的处理器,虽然 4004 是四位,功能很弱,但它是第四代计算机在微型机方面的先锋。由于大规模集成电路在存储器和微处理器方面的作用,人们就称 1971 年计算机进入了第四代。

1972 年~1973 年,8 位微处理器相继问世,最先出现的是 Intel 8008。尽管它的性能还不完善,但展示了无限的生命力,驱使许多厂家投入竞争,使微处理器得到了蓬勃的发展。后来出现了 8080。由于它的功能很强,而且首先问世,具有一套支援性的芯片和软件,故成为世界上 8 位处理器系列最多的销售者。

在 Intel 8080 问世不久,就出现了 MOTOROLA6800,它的性能优于 8080,销售量占

了第二位。

在美国市场上的竞争者，除上述两个品种外，还有一个 ZILOG 公司的 Z-80，它完全和 8080 兼容，但具有 8080 所不及的很多优点。

1978 年以后，由于几种 16 位微处理器相继出现，使微型计算机又达到一个新的高峰。首先是 Intel 8086，以后又有日本电器公司的 UCOM16000，以及美国 ZILOG 的 Z-8000，MOTOROLA 的 MC68000。这些计算机的特点是，用 16 位运算（和小型计算机一样），寄存器多，寻址能力可达 100 万字节以上，速度高，时钟周期在 125~150 纳秒之间，可在多机系统中工作。就以 Z-8000 来说，除了它的乘除法速度比 PDP11/45 稍慢外，其他操作都比 PDP11/45 快。所以，微型机已开始占领了过去小型计算机的地盘。Intel 80386，80486 32 位微处理器的性能和 VAX11/780，IBM370/158 等大型计算机的能力不相上下，这使得小型计算机制造商大为吃惊！微型机不但要抢占小型计算机领地，大型计算机的制造厂家也受到了威胁。

在微型计算机中，又出现一个新的技术，即 IBM 公司的约瑟夫逊计算机。它是一项全新的先进技术，用低温超导器制成计算机，体积估计为 $10 \times 8 \times 8$ 厘米，但每秒钟对 8 位字节的运算速度为 2.5 亿次，性能优于 IBM3033 这样的大型计算机。现在，提高计算机计算速度的关键在于导线上电信号的延迟，即 0.33 毫米导线要延迟 1×10^{-3} 纳秒，而目前的器件开关可达到 10 纳秒。即器件开关速度相当于 3 厘米长的导线传送延迟，所以提高速度的一个方面是尽量减少传输线的长度。

1.3.5 第五代电子计算机

从 70 年代末大规模集成电路为代表的第四代计算机问世以后，计算机技术仍高速地向前发展。尽管大规模、超大规模集成电路的种类日新月异，逻辑芯片可以作到 64 位，存储芯片可以作到 16 兆位，各种各样的计算机不断出现，但一般认为它们还都属于第四代计算机。下一代——第五代计算机主要的特点是什么？普遍的看法是，第五代是智能计算机。

科学家认为现代电子计算机与人的大脑在机能上存在着某种相似性。那么计算机系统与人类的智能是否也相似？或者它们是否具有人类的部分智能？这个问题已成为当代科学技术领域和哲学领域里许多人研究、讨论、争论的热门话题。不管结论如何，人工智能现已成为计算机科学中的一个重要分支，所以比较肯定的看法是，第五代计算机应以智能计算机为代表。

人工智能活动是一种高度复杂的脑力功能，如人的脑功能有联想记忆、模式识别、语言翻译、学习模仿、归纳演绎、决策对弈、文艺创作，创造发明等，都是一些高度复杂的生理和心理的活动过程。不管人的智能有多少种，但研究表明，人的智能活动中存在着五个基本要素。人的种种智能表现，都是这些基本要素的综合效应。这五个要素是：受感、记忆、归纳、演绎、效应。受感相当于感觉传感器，如视、听、触、嗅、味觉等。用计算机的术语来说就是输入设备。效应是对外界受感的反应，犹如人手作的反应一样，也就是输出设备。记忆相当于计算机内的存储器。归纳与演绎是通过大量复杂的程序在计算机中的执行，对于输入信息进行合乎逻辑的加工和处理，当然人的智能有极其复杂的数学模型，而且这种模型在短期内很难找到，因此，当前所能做到的，仅是利用计算机系统协助人们作一些在特殊情况下的智能方面的工作，并逐步扩大应用范围。

当然计算机要完成人工智能方面的工作，还有大量的工作要进行。首先人脑重量不足半公斤，体积也仅约 200 立方厘米，却有 10^{10} 以上的神经元，这是对目前制造技术系统的挑战，而且人的脑子具有人造系统所不可比拟的可靠性，即使有 10—40% 的神经元死亡还能正常工作，也就是说只要神经元不全部死掉，系统仍能继续工作，虽然其功能会大大降低。所以，大脑内神经元的多余度相当大，容错能力很强，另外神经元协作作用能力也很强，神经元之间能够交错连接，一个神经元可以和上百个神经元相连接，各神经元之间可以互相协作。

现代计算机以其计算速度引为自豪，它每秒可完成亿次以上的运算，即 10^8 次/秒以上，从理论上讲，可以达 10^{21} 次/秒以上。但要使一台国际象棋下棋机探求最后胜利，必须穷举所有可能的 10^{120} 种走法并加以比较。用运算速度 10^{21} 次/秒的计算机来解决这类问题，真是不可想象。而人类解决这类问题，虽然不太准确，但方法上却非常巧妙。

现代计算机的存储容量虽然是非常大的，但对人工智能中所需的视觉系统而言，所需存储量更为庞大，目前尚难作到。人工智能其它领域所要求的存储容量也是十分惊人的。

虽然有困难，但各国都在大力开展智能计算机方面的研究工作，也都取得了可喜的成就。预计 21 世纪的初期，将会取得更光辉夺目的成果。

1.4 电子计算机的应用

电子计算机具有速度快、精度高，既能储存程序又有逻辑判断能力等特点。其应用范围非常广泛，而且还在不断迅速扩大。

有人作过这样的描述：显微镜、望远镜和雷达是人眼睛功能的延长，各种机床、机械工具是人手功能的延长；而电子计算机则是人大脑功能的延长。

数字信息加工是计算机出现的原动力，它主要利用计算机的速度快和精度高的特点对数字信息进行加工。从巴贝奇的差分机到分析机，从霍勒斯的卡片机到机械计算机，都起因于数字信息加工。数字信息加工是将各种以数字形式出现的信息，包括文字、图形等等经过计算机的处理或运算，再以数字的形式把结果送出。通常，又可细分为两类，一类称为数值计算，一类称为数据处理。一般来说，前者运算过程比较复杂，大量的科学计算就是如此；后者输入、输出的数据很多，但运算往往比较简单，企业管理和财会统计工作就属于这一类。随着计算机技术和计算机科学的发展，这两大类应用又向系统化方向发展，出现了各种专门化计算机系统技术，如计算机辅助设计技术、计算机辅助生产技术、计算机辅助诊断技术等。

利用计算机进行过程控制的一般做法是：把要控制的过程编成程序并存入计算机中，通过专门的模/数转换器，把连续变化的环境信息变成离散的数字量，再执行上述程序对这些数字量进行处理加工；然后，计算机输出适当的控制信号，控制开关的通断或阀门的开闭，也可以用专门的数/模转换器输出特定信号以控制某些设备或参数的变化。这些就是过程控制的特点。用于这方面的计算机大都属于工业控制或火炮控制的专用计算机。

计算机用于过程控制的历史还很短。最初，计算机只起巡回检测、越限报警、自动显示、打印制表等作用。后来，计算机逐步代替原来的二次仪表，作直接数字控制，进一步的发展是局部的最优控制。由于计算机在过程控制上的应用，促使控制理论得到相应的发展。