

高等学校教材

计算机导论

—原理与BASIC语言

韩兆轩 卢玉广 主编

西北工业大学出版社

计 算 机 导 论

——原理与 BASIC 语言

韩兆轩 卢玉广 主编

西北工业大学出版社

内 容 简 介

本书共分八章,前四章简要地介绍计算机基本原理,后四章主要介绍基本及扩展BASIC语言。每章都附有必要的例题和习题。本书内容着重于基本概念,没有涉及过多的数理基础知识。可作为大学有关专业的教材和教学参考书。

计 算 机 导 论

——原理与 BASIC 语言

主 编 韩兆轩 卢玉广

责任编辑 张 敏

*

西北工业大学出版社出版

陕西省新华书店发行

西北工业大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 9.625 字数 229 千字

1985 年 12 月第一版 1986 年 9 月第二次印刷 印数 5001—15000 册

统一书号: 15433·15 定价: 1.65 元

前 言

经过多年的教学实践,我们深感,计算机专业的学生在一年级就应进行计算机的入门教育,为了满足这一要求,我们编写了《计算机导论》一书。

本书共分八章,前四章介绍了计算机的组成,后四章介绍了 BASIC 语言,全书力求通俗易懂,使同学们通过本课程的学习,既能了解计算机的基本内容,又能比较熟练地使用 BASIC 语言进行编程。

作为本书的一个组成部分,根据由易到难,先简后繁的原则安排了大量的例题。多数章后都附有习题及实习目的和要求。

本书第一章由韩兆轩同志执笔,第二、七章由尚福德同志执笔,第四、六、八章由陈承杭同志执笔,第三、五章由卢玉广同志执笔。卢玉广同志进行了全书的审校工作,林树根同志进行了图稿底图的绘制工作。本书由韩兆轩、卢玉广同志主编。

西北工业大学张遵廉付教授对本书进行了细致的审阅,在此谨表致谢。

由于编者水平有限,书中难免有缺点和错误,敬请读者批评指正。

编 者

一九八四年七月

目 录

第一章 电子计算机发展史	1
§ 1 什么是电子计算机	1
§ 2 电子计算机是怎样诞生的	2
§ 3 电子计算机的“家谱”	5
§ 4 电子计算机的应用	9
§ 5 我国计算机事业的发展和现状	12
第二章 二进制数的表示	14
§ 1 二进制数	14
§ 2 二、十进制之间的换算	17
§ 3 二进制数表示	23
习题	28
第三章 逻辑代数与逻辑电路	30
§ 1 逻辑代数	30
§ 2 逻辑电路	34
§ 3 组合逻辑电路	36
习题	45
第四章 运算方法与计算机的组成	47
§ 1 定点补码加、减法	47
§ 2 定点乘法运算	48
§ 3 定点除法运算	49
§ 4 计算机的组成	52
§ 5 从机器语言到算法语言	59
习题	61
实习	62
第五章 BASIC 语言的基本结构	63
§ 1 BASIC 语言的程序结构和运行过程.....	63
§ 2 BASIC 语言的基本符号.....	64

§ 3	数、字符串、简单变量、表达式	65
§ 4	赋值语句 (LET 语句)	67
§ 5	输出语句 (PRINT 语句)	68
§ 6	读语句 (READ语句) 和置数语句 (DATA 语句)	71
§ 7	恢复数据区语句 (RESTORE 语句)	73
§ 8	键盘输入语句 (INPUT语句)	74
§ 9	注释、暂停、结束语句、无条件转移语句	75
	习题	76
	实习	77
	附录一 IBM/PC 错误信息 (摘录)	78
	附录二 APPLESOFT 错误信息	78
第六章	分支和循环	80
§ 1	程序分支的意义	80
§ 2	条件转向语句	83
§ 3	循环的基本概念	89
§ 4	循环语句	91
§ 5	下标变量和数组说明语句	94
§ 6	多重循环	98
	习题	105
	实习	108
第七章	函数和子程序	109
§ 1	标准函数和自定义函数语句	109
§ 2	转子语句和返回语句	117
§ 3	打印格式函数	121
§ 4	BASIC 程序设计举例	125
	习题	129
	实习	133
第八章	扩展BASIC 语言	134
§ 1	字符串变量	134
§ 2	矩阵运算	140
	习题	146
	实习	147

第一章 电子计算机发展史

电子计算机的出现和发展是二十世纪科学技术的卓越成就之一，它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的发展。计算机诞生至今仅三十多年的历史，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。随着它的发展，产生了许多神话般的预测。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概念和应用范畴是很有必要的。

§ 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，主要工作还是进行数字计算。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，象一个算盘，一把计算尺，最多不过象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。五十年代的初期，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，使人们的认识焕然一新，以至引起科学家的重视和高度的评价。

现在，电子计算机的名字已经家喻户晓，加上科学幻想小说的作者们的渲染，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二十年间，一般分为电子数字计算机和电子模拟计算机两大类，目前许多书本仍因袭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。一类的运算象计算尺一样，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”；另一类象算盘一样的工作，用一个一个的算珠所代表的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。然而，由于它具有一些与过去的各种计算机包括模拟计算机所没有的新的特点，终于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，计算机要和“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”。这种计算机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，它的运算不仅有加、减、乘、除等数学运算，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。正是由于这种逻辑运算和推理判断的能力，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是逐步地深入着，随着科学技术的发展，认识还在不断深入。

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。

§ 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， $\sin(385) = ?$ ， $\sqrt{375} = ?$ ，这就不是用简单的口算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。学令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。

一、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，一连串的计数问题。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六十个结，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”。

随着人们社会活动范围的扩大，要求数值计算的能力也就复杂。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，决战千里外”。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瓢，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，筹算已是骨质的了，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”就是指用筹算的不同颜色来区分其正负。

筹算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十五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，十五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。十五世纪的《鲁班木经》中，有制造珠算盘的规格。柯尚迁的《数学通轨》中，有一个十三档的珠算盘图，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，它当时是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台式计算机相媲美。

中国算盘因技术先进、轻便灵巧，所以流传极广。大约十五、十六世纪时，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起着很大的推动作用。所以，算盘是电子计算机发展史中一朵长期不谢的鲜花。

二、机械计算机

十五世纪以后，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，英国人耐普尔发现了对数，同时运用此原理制造了一台能做乘法的机器。后来，另一个英国人奥托里又把对数刻在木板上，以后就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算法语言，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。

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也不会精确地计算，财务帐目混乱，数表充满了错误，

保险资料搞得乱七八糟，他对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

$$a_1x^n + a_2x^{n-1} + \dots + a_n \cdot x^{n-(n-1)}$$

这样的常系数多项式。精确度可达到六位。获得了这次成功之后，巴贝奇试图制造一种更好的“差分机”，精度达到二十位。机器在1823年开始制造，到1829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17,000英镑（当时是一笔巨款）。可惜，十九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，而不能制造巴贝奇的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，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，只是它的诞生早了一百年，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 Bool），他研究形成逻辑的数学方法。1854年他的著作《思维规律的研究》，想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，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，最大表示12位数，可以加减乘除，现藏于故宫博物馆。

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，美国有五千万人口，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，它差不多已经过时了。

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（还不是巴贝奇意想的计算机）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，它在1924年改名为国际商业机器公司（IBM）。这个IBM公司后来就成了国际计算机市场的垄断者。

本世纪三十年代后期，哈佛大学毕业生霍华德·艾肯（Howard Aiken），因为论文所需

要进行的计算感到极不耐烦。为了加快他的工作，他发明一系列很小的、非常专门化的数字计算机。他很快注意到，他的所有计算机都有共同的逻辑运算和其他类似的特点，例如，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，他有象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，被称为 MARKI 的样机在哈佛大学正式运行。后来有人描述 MARKI 的运行情况，“好象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嚓咋声。艾肯的 MARKI 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。

第二次世界大战中，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 年诞生了，当年 12 月开始运行，次年 2 月正式交付使用。1946 年 2 月，正式宣布电子数字计算机出现在地球上。从此以后，电子计算机就成为举世瞩目的了，而且对它寄予了无限的希望，这是本世纪最伟大的科学成就之一。

§ 3 电子计算机的“家谱”

自从第一台电子计算机问世以来，已经历了这样几代：

一、第一代电子计算机

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 $30 \times 3 \times 1 \text{ 米}^3$ ，耗电 140KW，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，大量的运算部件要象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，它标志着一个伟大的人物在开步走了。ENIAC 也是一样，它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 Noumann) 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宜法尼亚大学另行组织了公司，推迟了这台计算机的研制工作，直到五十年代初才被制成。

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。他是在冯·诺曼思想的启发下设计成功的，存储器采用汞延迟线做成，成为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 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,它就是现在的 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,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,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 12,500 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,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,主要还得用计算机的语言 (二进制指令) 来编写。因此,可以说计算机还只是掌握在计算机专家手上的工具。

二、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困难和温度稳定性差,使人不敢使用,直到五十年代末期,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,为磁芯存储器,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。在当时都是非常大的晶体管计算机。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,每秒平均执行三百万条以上指令。这是因为,它采用了并行结构,多个运算和逻辑部件,有 10 台小型计算机专为输入输出而设计的。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,计算性能有了很大改进。由于体积缩小,所以可靠性提高和成本降低,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 算法语言。1957年,发表了关于 FORTRAN 完成的第一篇报告,到 1962 年 FORTRAN 修订了四次,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 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。

三、第三代电子计算机

六十年代初期,出现了集成电路,以后,集成电路的集成度以每3~4年提高一个数量级的速度在增长。

1964年4月7日,IBM公司宣布了IBM360系列计算机研制成功。它已和IBM以前的机器相容为特点而作为新的“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Spectra70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。数字设备公司交付好几千台PDP小型计算机,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。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2,900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。

四、第四代电子计算机

1971年末公布的Intel 4004是微处理器的开端,它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作在一块基片上的处理器。虽然,4004是四位,现在看来,功能很弱,但它是第四代计算机在微型机方面的先锋。由于大规模的集成电路在存储器和微处理器方面的作用,人们就称71年计算机进入第四代。

1972~73年,8位微处理器相继问世,最先出现的是Intel 8008。尽管性能还不完善,但展示了无限的生命力,驱使许多厂家投入竞争,使微处理器得到蓬勃的发展。后来出现了8080,由于它的功能很强,而且第一个问世,具有一套支援性的芯片和软件,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MOTOROLA 6800,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,除前边两个品种外,还有一个ZILOG公司的Z-80,它完全和8080兼容,但它具有8080所不及的很多优点。

1978年以后,由于几个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, 速度快, 时钟周期在 125~150 毫微秒之间, 可在多机系统中工作。就是 Z-8000 来说, 它的乘除法速度比 PDP11/45 稍慢外, 其他操作都比 PDP11/45 快。所以, 微型机已开始占领过去小型计算机的地盘了。32 位微处理器的性能和 VAX11/780, IBM370, IBM370/158 等大型计算机能力不相上下, 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, 大型计算机的公司也受到了威胁。

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 $10 \times 8 \times 8$ cm, 但每秒钟对 8 位字节的运算速度为 2.5 亿次, 性能优于 IBM3033 (IBM 公司目前生产的大型计算机)。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 0.33mm 导线要延迟 $1 \mu s$, 而目前的器件开关可达到 10ns。即器件开关速度相当于 3 cm 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。

近来, 微处理器的增长速度非常快, 4 位微型机每年增长 20%, 8 位每年增长 40%, 16 位每年增长 90%。可以说每年都会出现许多新花样。

五、巨型计算机的发展

七十年代, 随着微型计算机的发展, 也发展了巨型计算机。所谓巨型机, 是在计算机中, 性能最好, 功能最强, 速度最快的计算机。可以说它是计算机中的“大象”。它具有巨大的数值计算能力和数据处理能力。用它来解决那些在一般计算机上难以解决的科学计算、工程设计或数据处理问题。如核弹头的轨迹、航天航空飞行器设计、空气动力学、天气预报、卫星图象处理、石油勘探、空中交通管理、经济信息预报、资源分析等。随着科学的进展, 人类对客观规律的加深认识, 科学计算的问题越来越复杂, 对计算机的功能要求也就越强。

七十年代初, 研制成的巨型机以 ILLIAC-IV 为代表。它有 64 个并行处理机, 除去主存为 8.4×10^8 位(bit)外, 有一个容量为 10^9 位的二级磁盘存储器, 还有一个 10^{12} 位的文件存储子系统。该机 1973 年正式投入运行, 每秒平均速度为 15,000 万次。还有德克萨斯公司的 ABC 计算机, 速度为每秒 5,000 万次; 古德——依尔公司的 STARAN, 速度是每秒 5,000 万次, 以及 CDC 公司的 STAR-100 计算机, CRAY-1 计算机, 速度都在每秒 5,000 万次左右。

目前, 正在生产的巨型机有 CRAY-1S, 速度为每秒 8,000 万次。CYBER203 计算机, 每秒 10,000 万次, CYBER205 计算机, 每秒 80,000 万次。其中, CYBER205 是 81 年研制成功的, 用于石油勘探大量数据的三维处理、结构分析、精确的 24 小时天气预报等, 它采用了大规模集成电路。

随着计算机硬件的进展, 计算机软件的投资越来越大。操作系统极为复杂, 应用软件五花八门。据报导: IBM360 系列的软件开发用了六千个人年, 整个 IBM 的软件资源, 包括应用软件有几千亿美元。

国外有人预言, 今后计算机将发展到: 你买我微机系统, 我送你 CPU (中央处理器); 你买我小型机系统, 我送你小型机主机; 你买我大型机系统, 我送你大型机全部硬件。这三

句话的含义是清楚的,对于微型机来说,CPU所占价格比很小,约在10%以下。对于小型机来说,主机在整个系统中所占的比重也很小,可以白送。大型机系统中软件的开发价格远较硬件为大。

§ 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,应用范围非常广泛,而且还不断迅速扩大。

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。

按照所使用的主要特点,计算机的应用大致可分为数字信息加工,过程控制和人工智能三个方面。

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,运算往往比较简单,企业管理和财会统计工作属于这一类。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。

利用计算机预先储存程序的特点,把要控制的过程编成程序,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,经过计算机处理,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专用计算机。

计算机用于过程控制的历史还很短,控制的理论也还不成熟。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。现在,全系统的最优控制正在研究中。

应用计算机的逻辑判断能力是人们特别感兴趣的,早在计算机出现的初期,人们就开始研究如何应用计算机的这一特点了。计算机下棋提出的最早,以后又在计算机翻译上下功夫。更进一步是,用计算机证明定理、研究对策、预测动向,在这些方面,应用计算机都得到了很大的成功。一九七七年,两个美国学者使用计算机经过一千二百小时的运算,使百余年来不能证明的四色假想,终于得到了证明,传为计算机证明定理的佳话。

逻辑判断能力的进一步发展称为人工智能,人工智能是计算机科学中一门新兴的重要科学,目前世界上投入这方面研究的人很多,前途不可估量。

一、科学计算方面的应用

第一台计算机 ENIAC 是为了军事科学研究工作应用的。三十多年来,大量的实践证明

明，电子计算机是现代科学技术极其重要的“催化剂”，是科学工作者不可缺少的助手。一些现代尖端科学技术的发展，是建立在电子计算机的基础上的。随着计算技术的发展，电子计算机和许多基础科学相结合，出现了一系列新兴的边缘科学，象计算数学、计算物理学、计算天文学、计算地质学、计算生物学、计算力学等。可以预计，将来还会出现一些新的计算科学领域。

自然科学与技术科学的数量关系，很大一部分表现为已知量和求知量的关系，这就是通常所说的方程式，例如，代数方程、微分方程、积分方程、联立不等式等。人们为了掌握规律，必须求解这些方程。

在设计火箭之前，要对不同形式的火箭在飞行中的情况进行计算。要计算出火箭同周围气流的速度、密度、压力和温度等物理量的关系。这类问题的计算，可以归结为求解一组空气动力学方程。求解这组方程，计算比较复杂，人工很难完成。再如计算卫星的飞行轨道，也可归纳为求解一组常微分方程。这组方程的求解，也是人工很难完成的。

以上这些问题，用人工求解，速度慢，性能差，但总是能够使用的。有一些问题，用人工求解，是毫无用处的。例如天气预报，天气的变化发展是由地球表面大气的运动造成的，这种大气的运动可以用流体力学的微分方程式描述，求解这组方程的计算量是庞大的。四十多年前，用人工计算一个地方3小时后的气象变化，要用6万多人计算，才能赶上天气的变化。要不然，天气预报就成“马后炮”了。现在，用一般水平的电子计算机，算一个地区的4天的天气形势预报，只需要十几分钟。

使用了电子计算机，能使科学实验大量减少。得到很好的经济效益。据说，第二次世界大战中，德国的V-2火箭，实验发射了1,400次之多，结果证明对英国伦敦的袭击命中率非常低。而现代的火箭，只要发射几次，就可以定型。这是因为，事先作了大量计算。再如，为了求得飞机的空气阻力与升力，必须用风洞作吹风实验。一种飞机设计，往往要吹几百次，几千次甚至更多，所以吹风的费用极大，而且得到的结果还不十分准确。吹风也不过是求解特定的方程或模拟方程计算装置，现在这些方程大部分情况下都可以用计算机来求解，它可以作到更快、更准、成本非常低。最后，作成模型再进行少量的风洞吹风，即可定下方案。这种计算机求解过程，也可以称为计算机吹风。

二、数据处理方面的应用

一般来说，科学计算，数据不多，计算过程比较复杂；而数据处理一般数据量很大，计算过程比较简单，它包括对数据的加工、合并、分类等项工作。25年前，这类工作还很小，并且不使用计算机。现在，信息和数据的处理在计算机的使用中占有很大的比重，而且越来越大。一些先进国家中的大企业、政府部门、机关学校都使用大型信息和数据处理系统进行高效的管理。

现代化的科学研究和生产建设越来越社会化了。一方面，各部门的分工越来越细，另一方面，一些重大的经济问题、科技问题的解决，综合性越来越强，时间上要求紧密配合。比如，为了发展登月计划工程，往往需要动员几十万人、几万个科研单位、工厂和学校，因此组织管理工作相当复杂。在这项工作中，无论是编制计划，安排生产，还是核算成本，协调各单位的动作，都不是人工计算所能完成的。现代化的计算机，利用海量存储器的数据库，可以全面地为上述计划服务。

计算机在企业管理方面,还有工资计算、编制生产计划、计算产量、产值、定额、成本、利润、库房管理、银行业务、统计造表、人事管理等。

还有一类的数据信息的处理,例如人造地球卫星送来大量的数据或者大量图片信息,要判断送回的图片是地面上庄稼的长势,还是环境污染的情况?是军事设施,还是自然资源的情况?都需要经过计算机的处理,才能正确地显示出来。据报导,用每秒运算一亿次的电子计算机处理一张照片,粗略的要花 100 秒钟,若要精细的处理,要花三天到一个月的时间。可见,计算机是空间信息处理不可缺少的工具。当然,计算机也可以处理医生诊断用的 X 射线照片和同位素扫描底片等等。

另一个数据处理的例子,是科技情报和图书资料的处理。现代科学技术的发展,使科技情报急剧增加。据统计,每 2-3 年情报资料的数量就翻一翻。七十年代初,世界上出版图书约 50 万种,科技期刊约 3-4 万种,每年报导论文约 400 万篇。这些文献内容交叉,互相牵涉。象国外冶金专业文章,在冶金刊物上刊登的只有 50%,其余的文章分散在其他学科的期刊上。要研究冶金方面的一个课题,资料的工作量就很大。有的课题,手工查找资料的时间,往往要占去全部科研时间的三分之一。要是用电子计算机自动检索,半小时内能为几百个课题提供需要的不同形式资料清单。电子计算机还可以根据你的需要,把某一篇文章的摘要或者全文提供给你。

三、自动控制方面的应用

电子计算机速度快,计算精确,在计算过程中能自动修改程序。近年来,在自动控制方面得到了非常广泛的应用。比如,用电子计算机控制机床,加工速度比普通机床大约快 10 倍以上。不仅节省人力物力,提高劳动生产率,而且大大提高了加工元件的精度。

有一些控制问题,是人们无法去亲自操作的。例如,宇宙飞行、火星探测等,就要用电子计算机精确的控制。再如,现代军用飞机控制,它要求在很短的时间内,计算出敌机的各种飞行参数,控制自己飞行的姿态、采用什么样的攻击方案、决定利用何种武器,这些控制,对于驾驶员来说,是很难承受的负担。还有,如飞机的地形回避,着陆等,飞行员稍有疏忽,就可能造成机毁人亡的事故。所以,现代飞机把计算机作为控制中心,据说 B-1 飞机上就有计算机近 30 台。如核裂变问题,它是人们无法接近的,出现故障后会造成重大生命、财产的损失,因此必须由计算机来控制。

还有一些控制要求精度极高,例如洲际导弹,射程在一万公里以外,真是“差之毫厘,失之千里”。利用电子计算机控制,精度可以达到几十米的范围内。

近年来,由于微处理机的出现,进一步扩大了计算机在自动控制方面的应用范围。

四、计算机辅助设计

计算机辅助设计,简称 CAD 技术,综合地利用电子计算机的计算、逻辑判断、处理一些功能和人的经验与判断能力结合,形成一个专门系统,用来帮助各种产品或者各项工程的设计工作。它是近十年来形成的一项重要计算机的应用。目前在飞机、船舶、半导体集成电路、大型自动系统等的设计中, CAD 技术有愈来愈重要的地位。

以集成电路为例,要在不到 1 cm^2 面积的硅片上制出几万个三极管、二极管和电阻,必须经过制图、照像制板、光刻等多道复杂的工序。仅设计制图一项,工作量就非常的大,其