

小型计算机组成与原理

西北工业大学计算机教研室 编

国防工业出版社

内 容 简 介

《小型计算机组成与原理》一书是在研制 622 计算机的实践基础上, 经过数次教学试用修订编写而成。本书主要结合我国 100 系列和与其兼容的 622 小型多功能计算机全面地讲述了小型计算机的工作原理和系统结构。书中重点突出, 说理清楚, 又选取了多个例题、图表, 形象生动, 通俗易懂。每章后附有习题可进一步启发读者深入学习理解。

本书可作为计算机专业教材使用, 至少可作计算机专业统编教材的主要参考书。也可作为计算机专业的工程技术人员的阅读参考书。

15100/104

小型计算机组成与原理

西北工业大学计算机教研室 编

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张18 418千字

1981年3月第一版 1981年3月第一次印刷 印数: 00,001—12,500册

统一书号: 15034·2131 定价: 1.85元

前 言

小型计算机是六十年代初期发展起来的。到了六十年代末期，价格低、性能好、体积小、使用方便的各种系列小型通用计算机纷纷问世，并在工业控制、数据处理、商业应用、科学计算等领域中开拓了广阔的应用范围。这种情况不仅使小型机本身成为计算机领域中一个独立而又十分活跃的分支，而且对计算机工业的结构和科研方向，均产生了很大影响。因此，普及应用电子计算机，已是一项十分迫切的任务。

《小型计算机组成与原理》一书原是我校电子计算机专业学员使用的入门性教材，并几次作为计算机训练班的普及教材。这次出版时又吸取兄弟单位意见，作了适当修改。根据我们历年的教学实践，泛泛学习计算机“原理”，很难使学员建立计算机清晰的总体概念。因此，本书主要以国产 DJS100 系列机和与其兼容的 622 小型多功能计算机为背景来组织教材内容，着眼点在于软硬件结合地讲授基本原理和系统总体概念。同时，在结构和文字上也尽可能注意便于读者自学。为巩固所学内容，每章都附有适量的复习题。在学习前面内容的基础上，本书最后也介绍了国产 DJS180 系列机。由于本书前面章节中基本原理已经阐明，所以这部分内容虽然篇幅不多，但读者容易掌握。

本书的编写工作由下列同志参加：第一、二、三、五章韩兆轩同志；第一、四、六、八、十二章白中英同志；第六章赵化民同志；第七章罗文同志；第九、十章李永锡同志；第八、十一章康继昌同志。白中英同志进行了全书文字审校工作，林树根同志进行了图稿底图的绘制工作。

本书承西北电讯工程学院李兴无、严元培等同志审阅，在此谨表致谢。

由于编者水平有限，书中难免有不少缺点和错误，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 绪论	1
第一节 电子数字计算机的特点和发展	1
第二节 电子数字计算机的应用	4
第三节 电子数字计算机的硬件	9
第四节 电子数字计算机的软件	13
第二章 数的表示	16
第一节 二进制	16
第二节 二、十进制数之间的换算	18
第三节 数的定点与浮点表示	21
第四节 原码、补码与反码	23
第三章 逻辑代数	29
第一节 逻辑代数基本概念	29
第二节 逻辑代数的基本公式	33
第三节 逻辑代数的应用	35
第四节 卡诺图	38
第四章 信息通路	44
第一节 寄存器	44
第二节 门电路	46
第三节 译码器	48
第四节 计数器	50
第五节 加法器	53
第六节 总体框图	56
第七节 母线结构	59
第八节 信息通路	61
第九节 四位运算功能发生器	62
第五章 运算方法	69
第一节 加法运算	69
第二节 减法运算	71
第三节 变形补码	72
第四节 乘法运算	73
第五节 除法运算	79
第六章 存储器	87
第一节 磁芯	87
第二节 三度三线存取原理	91
第三节 三度三线存储器的总体结构	95
第四节 译码驱动系统	99
第五节 读出与禁止系统	101

第六节	取数与存数过程	105
第七节	存贮器的检查和校验	107
第八节	固定存贮器	110
第九节	半导体存贮器	112
第七章	指令系统	118
第一节	算术逻辑指令	119
第二节	访内指令	127
第三节	乘除法指令	137
第四节	输入输出指令	139
第八章	控制器	146
第一节	控制器概述	146
第二节	时序信号电路	148
第三节	组合逻辑控制器基本原理	152
第四节	微程序控制器基本原理	154
第五节	622 机的微程序控制器	158
第六节	算术逻辑指令的控制	164
第七节	乘除法指令的控制	170
第八节	访内指令的控制	175
第九节	公操作的控制	181
第九章	入出接口和中断系统	185
第一节	概述	185
第二节	外部设备简述	189
第三节	无条件传送	194
第四节	条件传送	195
第五节	中断处理系统	200
第六节	掉电源的中断处理	214
第七节	溢出中断处理	217
第十章	数据通道	220
第一节	数据通道传送原理	220
第二节	数据通道的控制线路	221
第三节	数据通道接口	223
第四节	数据通道流程图	224
第五节	数据通道举例	225
第十一章	控制台	232
第一节	控制台的组成部分与功能	232
第二节	控制开关的逻辑电路及控制台指令流程图	234
第三节	微诊断和检查	237
第四节	初始引导程序和自动引导	244
第十二章	DJS 180 系列小型机	248
第一节	引言	248
第二节	寻址方式	250
第三节	指令系统	253
第四节	单总线原理	257

第五节 异步控制	261
第六节 指令执行过程	267
第七节 中断系统	268
附录	273
附录一 100 系列 IO 总线表	273
附录二 缩写符号表	274
附录三 622 机微程序流程图	276

第一章 绪 论

电子计算机是一种能够自动高速进行大量计算工作的电子机器。它虽然是一种机器,但与其他各种机器不同:电子计算机是以近似于人类的“思维过程”方式来进行工作的,所以有人把它叫做“电脑”。它的发明和发展是二十世纪人类最伟大的科学技术成就之一,也是现代科学技术发展水平的主要标志。

电子计算机从总体上来说可分为两类:一类是电子模拟计算机。“模拟”就是“相似”的意思,例如计算尺是用长度来标示数值;时钟是用指针在表盘上转动来标示时间;电表用角度来反映电量大小,这些都是模拟计算装置。它的特点是数值由连续量来表示,运算过程也是连续的。另一类是电子数字计算机。它是在算盘的基础上发展起来的,是用数目字来表示数量的大小。数字计算机是按位运算的,并且不连续地跳动计算。

电子模拟计算机由于精度和解题能力都有限,所以应用范围较小。平常习惯上所称的“电子计算机”,一般是现在广泛应用的电子数字计算机。本书只介绍小型电子数字计算机的基本原理。

第一节 电子数字计算机的特点和发展

1.1 电子数字计算机的特点

(1) 运算速度快

电子计算机的运算速度非常快,普通的计算机现在每秒钟能进行几十万次到百万次的操作;每秒钟千万次、一亿次以上的计算机也早已运行,目前国外正在研制每秒百亿次的电子计算机。电子计算机的运算速度如此之快,以致人们熟悉的算盘、电动计算机等计算工具根本无法与它相比。假如我们使用算盘平均每秒做一次四则运算,那么一台平均每秒做20万次四则运算的电子计算机,其运算速度就是我们人工计算速度的20万倍。这就是说,它一小时的计算工作量,要是人工计算,就要日日夜夜一秒也不停地计算23年多!显然,百万次、千万次、上亿次的电子计算机的工作效率,更是可想而知了。

(2) 计算精度高

电子模拟计算机用电压表示数量的大小,通常精度只能达到1%、0.1%,这是模拟计算机的主要缺点。

电子数字计算机的精度取决于计算过程中所取的位数,位数越多,精度就越高。目前通用计算机的精度一般可达到十进制数的4~10位以上。要进行这种高精度而又高速的计算,人力则是望尘莫及的。

(3) 具有“记忆”能力

电子计算机里面有一个能够记忆信息的装置,叫做“存贮器”。电子计算机在解题时要把所有需要的原始数据、计算规则以及解题过程中产生的“中间结果”和最后结果,都“记忆”在它的存贮器中。这样,电子计算机才能根据计算规则所规定的步骤,依次对有关

数据自动进行高速运算，直至得到最后结果。所以“记忆”能力是电子计算机能自动高速运算的一个先决条件。一台计算机工作能力的大小，主要取决于它的记忆能力的大小。一般来说，计算机的存贮容量越大，它的工作能力就越强。这和人很相似，一个人脑子中记的东西越多，一般来讲他的工作能力就越强。

（4）具有“逻辑判断”能力

比如判断一个数大于0还是小于0；判断一个数是否等于0；判断一个数大于还是小于另一个数等等，都称为逻辑判断。有了逻辑判断能力，电子计算机在算题时就可以根据对上一步运算结果的判断，自动选择下一步计算的方法。和其他计算工具相比，逻辑判断能力是电子数字计算机的一个重大优点。

（5）高度自动化

电子计算机是一种高度自动化的机器。它自动工作的秘诀，就是依靠存贮器中的“计算程序”。所谓“计算程序”，通俗地讲就是“计算规则”，也就是人们预先编制好的计算某一题目的具体解题步骤。这个解题步骤指明加、减、乘、除等各种操作的先后次序，以及参与运算的数存放在存贮器中的位置。这样计算机依靠“计算程序”，便可自动地进行工作。习惯上把计算机本身和所配的各种设备叫做“硬件”，把所配的各种计算程序叫做“软件”。打个比方说，我们用算盘算题，算盘就是硬件，而计算口诀和算法就是软件，没有口诀和算法只有算盘是无法算题的。同样道理，没有软件，计算机就不能变成“活性”的东西，就不能变成高度自动化的机器，就什么也不能干了。

（6）通用性强

电子数字计算机的通用性是由数学公式的通用性以及它的高速、精确、自动计算能力产生的。计算机计算什么题目，决定于所编的程序。换句话说，不同的题目仅是程序不同，而对计算机本身不会有改动，因此它具有很大的灵活性和通用性。同一种计算机，根据不同的需要可以用到不同的场合。正因为如此，电子数字计算机的应用范围迅速扩展到国防、科技、工业、交通、服务行业等各个部门，也广泛应用于各个学科领域。

1.2 电子计算机的发展历史

人类在长期的生产实践中，创造了各式各样的计算工具。远古时代，人类结绳计数，绳子可以说是一种原始的计算工具了。“算筹”是我国使用较早的计算工具，在春秋战国时已广为使用。所谓“算筹”，就是用于计数的小竹棍，放于袋内，可随身携带。我国的“算筹”计数是一种彻底的十进制，祖冲之的圆周率、秦九韶的高次代数方程数值解等等，都是运用“算筹”而获得的。唐代中叶以后，随着社会生产力的发展，要求改进计算工具，提高计算速度，同时也根据劳动人民长期的经验积累，出现了算盘。这是人类计算工具的重大改进。十五、十六世纪我国算盘传至日本，影响于欧洲，促进了各国计算工具的发展。

由于生产和科学技术的发展，对计算工具的研究日益重视，又相继出现了计算尺、手摇计算机、电动机械式的计算机。

电子计算机是适应现代科学技术发展的要求而产生的。随着原子能的利用、空间技术和尖端武器的发展，老式的计算工具远远不能满足现代科学技术领域中大量复杂的计算任务了，历史期待着一种新的革命性的计算工具，于是第一台电子计算机就于1946年诞生

了。如果说，望远镜和显微镜的出现，补偿了人们的眼力不足，各种工具、机床的发展，扩大了人手的功能，那么电子计算机的出现，则扩大了人们的思维能力，它成为帮助人们去发现大自然秘密的强有力的工具。很清楚，电子计算机本身是适应现代科学技术发展的需要而诞生的，反过来，它对科学技术、生产以及文化的发展将起不可估量的促进作用，对人类社会生活的各个领域也将发生愈来愈大的影响。

第一台电子计算机是1946年制成的。这台机器用了18000多个电子管，占用长度超过30米的房间，重量达30吨，而运算速度只有5000次/秒。从今天的眼光来看，这台计算机耗费既大又不完善，但却是科学史上一次划时代的创新，它奠定了电子计算机的基础。自从这台计算机问世以来，计算机的发展大致经历了四代的变化：

第一代为1946年开始的电子管计算机。计算机运算速度一般为每秒几千次~几万次，体积庞大、成本很高、可靠性较低。在此期间，形成了计算机的基本体系，确定了“程序设计”的基本方法，“数据处理机”开始得到应用。

第二代为1958年开始的晶体管计算机。运算速度提高到几万次~几十万次，可靠性提高、体积缩小、成本降低。在此期间，“工业控制机”开始得到应用。

第三代为1965年开始的集成电路计算机。所谓“集成电路”，就是把整个电路功能集中在一块晶片上的电路。这使计算机可靠性进一步提高、体积进一步缩小、成本进一步下降，运算速度提高到每秒几十万次~几百万次。在此期间形成机种多样化、生产系列化、使用系统化。价格低、体积小、可靠性高、多功能的“小型计算机”开始出现。

第四代为1971年开始的大规模集成电路计算机。所谓“大规模集成电路”，就是把大量的互相连接的电路单元集中在一块晶片上的电路。大规模集成电路计算机的可靠性更进一步提高、体积更进一步缩小、成本更进一步降低，速度提高到每秒几百万次~几千万次。全套电路集中在一块晶片上的“微型处理机”开始出现。

至于第五代计算机是什么样子还难于预测。研究计算机的专家们也说不清楚十年后计算机将会发展成什么样子。

电子计算机科学是一门很年青的科学，从1946年出现第一台电子计算机至今不过三十多年的历史。但是在这短短的三十几年间，电子计算机竟经历了四代，其发展速度之快，的确是很惊人的。有人归纳说，电子计算机大约每隔五年到八年，其运算速度就提高10倍，可靠性提高10倍，体积缩小90%，成本降低90%。

目前电子计算机正向巨型、微型、网络、智能模拟方面发展。所谓“巨型”就是指每秒十亿次、百亿次，以至更快的规模很大的计算机。这种计算机主要是为了满足科学研究的需要，如基本粒子的研究、气动力学研究、计算化学的研究等等。据估计，要满足上述一些学科的需要，计算机的运算速度应该达到每秒10000亿次，存贮容量应该达到1~10亿个字。所以发展巨型计算机是科学技术迅速发展的需要。

所谓“微型”就是微型计算机。随着大规模集成电路的迅速发展，于七十年代初期出现了一种计算机，这种计算机体积小、价格低、可靠性高，非常适合于中小型企业事业单位使用，也很适合于各种自动控制方面的应用，甚至个人也可以买得起。微型机出现后计算机应用面迅速扩大，微型机的需求量也很快增长。据估计到八十年代初，美国将拥有1000万台微型机。

所谓“网络”，就是利用通信线路把很多计算机连接起来，使计算机之间可以传送信息。很多计算机连成网络以后，就可以互相支援、互相利用对方的一些特殊设备或存贮的资料，这叫做“资源共享”。例如情报检索，一个单位或一个计算中心很难存贮足够的资料，有了计算机网以后，自己计算中心没有的资料可通过网络到别的计算中心查找。目前国际上全国性的和跨洲际的计算机网已经实现。

“智能模拟”也就是人工智能，即用计算机来模仿人类的高级思维活动。人工智能的研究具有很重要的意义，根据人工智能研究的成果和理论，就可制造出具有一定程度模仿人的智能的高级自动控制系统，使自动化发展到一个更高的阶段。具有智能的“机器人”就是典型的高级自动控制系统。机器人有“视觉”、“听觉”、“触觉”，因而可以了解周围环境的状况，并模仿人的思维活动进行判断和决策。目前世界上有上万个“工业机器人”在一些生产线上或在高温、高压、有毒、辐射等环境下工作，但是它们还只能做些非常简单的工作。

电子计算机目前还处于幼年时期，有人分析，它目前的智力仅相当两岁小孩的水平。这就是说，更进一步的发展还有待于将来。就目前来看，电子计算机科学技术的水平、生产规模和应用程度，已成为衡量一个国家现代化水平的重要标志。电子计算机做为人类思维和逻辑推理的工具，是人类认识工具的重大变革，也将促使科学技术发生深刻的变革，对社会生产和社会生活发生深远的影响。预计，到2000年计算机将成为全世界最大的工业部门。

第二节 电子数字计算机的应用

电子计算机在科学研究、工业、农业、国防和社会生活的各个领域中得到了越来越广泛的应用。据统计，目前计算机的应用已超过4000种。对于这么多的应用，我们不可能一一介绍，下面把它归纳成六个方面来叙述。

2.1 科技计算

科学研究和工程技术计算领域，是计算机应用最早的领域，也是应用得最广泛的领域。例如数学、物理、化学、原子能、天文学、地球物理学、生物学等基础科学的研究，以及航天飞行、飞机设计、船舶设计、桥梁设计、水力发电、地质探矿等方面的大量计算都要用到计算机。利用计算机进行数值计算，可以节省大量时间、人力和物力。

在科学研究和工程设计方面人们曾遇到这样一类问题，即计算这些问题的方法并不很复杂，但计算的工作量实在太太，以至于根本无法计算。例如十九世纪中叶数学上提出了一个地图着色的“四色定理”问题。意思是说，画一张地图要使相邻的两国不用同一种颜色，只要用四种颜色就够了。但这一定理在数学上长期得不到精确地证明，成为一大难题。一百多年后，直到1976年科学家们才利用高速电子计算机作出了证明，轰动了世界。它在高速电子计算机上共计算了1200小时才完成，若用人工来算，一个人日夜不停地计算，要算十几万年！

还有一类问题就是人工计算太慢，算出来也失去了实际意义。例如大范围地区的日气象预报，采用电子计算机计算，不到一小时就可算出结果，若用手摇计算机计算，就得用几个星期，那么“日预报”就毫无价值了。

还有一类问题，用人工计算不一定能选最佳的。现代技术工程往往是投资大、周期长，因此设计方案的选择非常关键。为了选择一个理想的方案，往往需要详细地计算几十个甚至几百个方案，然后从中选优。如果没有计算机的帮助，仅计算一个方案本身就要花费大量的人力，所以实际上不可能计算出很多方案来进行选优，所选方案不一定是最佳的。我国在开发油田某区时，原已制定出一个方案，后来用电子计算机算了 2000 多个方案，从中确定了最佳方案，否定了原制定方案。

从以上几例可看到，电子计算机在各个学科领域中的应用，不仅减轻了大量的繁琐的计算工作量，更重要的是，一些以往无法解决、无法及时解决或无法精确解决的问题得到了圆满地解决。

2.2 自动控制

自动控制是涉及面极广的一门学科。工业、农业、科学技术、国防以至我们日常生活等各个领域都应用着自动控制。自从有了电子计算机后，自动控制就有了新的强有力的工具，使自动控制进入了“现代控制”，进入了以计算机为主要控制设备的新阶段。

据统计，七十年代国外大约 5 % 的电子计算机用于生产过程的自动控制，应用于冶金、化工、电力、交通、机械等各部门。

用计算机控制各种加工机床，不仅可以减轻生产工人的劳动强度，而且生产效率高、加工精度高。例如计算机控制的铣床可以加工形状复杂的涡轮叶片，只要根据设计要求编制程序，机器便能准确而迅速地把叶片加工出来（不再需要模具），加工精度可以提高到 0.013 毫米，而加工时间从三个星期缩短到四个小时。目前数控机床已发展成“加工中心”可以一次连续地把一个工件全部加工出来。

更进一步发展，用一台或多台计算机控制很多台设备组成的生产线，还可控制一个车间以至整个工厂的生产，其经济和技术效果就更为显著。例如二次大战后兴建的年产 500 万吨的钢厂需要生产人员 15000 人，而七十年代新建的年产 1000 万吨的钢厂，由于采用计算机控制，只需要生产人员 2500 人。也就是说，由于采用了计算机控制，平均每个生产人员的产量提高了 12 倍。七十年代初，一台年产 200 万吨的标准带钢热轧机，如用人工控制，每周产量 500 吨就被认为是一种成就。采用计算机控制后，大大提高了轧机速度，每周可达 5 万吨，产量提高了 100 倍。有人说：“电子计算机是提高生产力最简便的方法”，这是有一定道理的。

现代武器系统的自动控制中更是少不了电子计算机。空间卫星、洲际导弹的自动控制，都是以电子计算机为强大后盾。现代飞机的火控系统和导航系统中，计算机也处于控制中心位置。另外，像坦克、火炮、高炮等一些常规战术武器，本来都有一些专门的计算装置，现在开始用小型机、微型机来代替，就更加灵活方便。所以说，要建立现代化国防，电子计算机是一种不能忽视的重要武器装备。

2.3 数据及事务处理

这类问题在一些工业发达国家中，使用得相当广泛，也是计算机的使用占最大比例的一个方面。

这方面的一个重要应用是用来进行大量信息或数据的处理工作。例如各种学科领域中大量的实验数据或测量数据，必须依靠计算机才能及时、准确地进行处理；而且某些数据

只有实时处理才有意义,在这种情况下不用计算机人力是无法完成的。又如,利用人造卫星对地面设施、地表和地下资源的研究,有大量的信息或数据需要计算机处理。象空间侦察和遥感信息的处理中,图片处理是一件细致而又费时的的工作,据报导,用每秒一亿次的计算机处理一张遥感的照片,粗糙处理要花100秒钟,精细处理要花三天到一个月,如果没有电子计算机,象空间信息处理这类工作是根本难以完成的。又如,在高速电子计算机对这些照片分析处理只需要几天,若不用电子计算机,那是无法完成任务的。

在各种事务处理方面,小到个人的家庭生活,大到整个国家的计划管理,计算机更是得到了广泛的应用。计算机应用于国民经济的统计计划工作,可以使统计工作细致、准确、迅速完成,为领导部门了解计划执行情况提供可靠的数据。如果用人工来完成这一工作,从地方到中央,层层需要编制报表,逐项统计,这样做不仅需要大量人力,而且由于人工统计和编制报表很费时间,最后统计出来的结果,快则是一个多月前的数据,慢则可能是一个季度以前的情况,这就使领导机关很难及时发现问题,调整计划。如果采用电子计算机,就可以大大改变这一情况。例如各县、市、省和中央统计部门都装有电子计算机,并联成一个“计算机网”。有了计算机网,国民经济的统计数据完全可以做到按日统计,这样就可以不失时机地指挥全国的生产。同时,由于这些统计数据可以存贮在计算机的一些存贮设备中,查阅以往的资料也很快,一般需要几分钟就可以查到。

银行或其它财贸系统利用计算机网,不仅一个城市里各单位之间的来往账目可以当天清理完毕,就是全国各城市之间的来往账目也可当天结清。

在经济管理方面,还用计算机编制生产计划,进行工资计算,产量、产值与定额成本计算及仓库管理等等。随着工业化的发展,社会分工愈来愈细,对于组织管理的及时性和综合性要求愈来愈高,内容也愈来愈复杂。管理工作复杂性的增加,反映在管理人员的大量增加,而管理工作量之大也十分惊人。显然,不用电子计算机,是难以完成如此复杂的管理工作,所以用电子计算机参加管理,是现代化社会的需要。

在军事上,电子计算机用于防空系统管理、后勤供应系统等方面的管理。例如配备有电子计算机的现代防空系统,包括很多分布在国境四周的远程雷达网、通讯系统、计算机网和武器系统。象这样的防空体系,必然是一个极其复杂庞大的系统,在这个系统中没有电子计算机进行管理指挥是不可想象的。

计算机在事务处理方面的例子还很多,象空中交通管理、市内交通管理、飞机与火车订票,以及个人家庭生活的事务处理等等,不再一一列举了。

2.4 辅助设计和辅助教学

先说计算机辅助设计。采用计算机辅助设计,可使设计过程走向半自动化和自动化,这是计算机的一个新的应用领域。计算机辅助设计不仅减少设计人员许多事务性工作、提高工作效率,而且对提高产品质量有重要的作用,因此,计算机辅助设计已广泛应用于飞机、汽车、造船、电子、建筑、人工合成生物大分子的设计中。

所谓“辅助设计”,就是人利用计算机来进行设计。它的主要设备有电子计算机、图象显示器和一个称之为光笔的东西。人利用光笔在显示器屏幕上画出设计图,计算机经过处理后将图形、尺寸等显示出来。如果你不满意,还可以用光笔修改,直到满意为止。最后

将设计资料存入计算机的存贮系统。

我们以大规模集成电路设计为例,说明辅助设计的过程。在设计大规模集成电路时,生产工艺用到许多套掩膜,每套掩膜的图形位置都要对准,这在人工设计时工作量又大又容易出错,非常困难。采用计算机的方法是:对大规模集成电路中大量的功能相同的电路单元,设计人员只需考虑其中一个,而把整个的组合连接工作交由计算机去完成。在设计一个单元电路时,设计人员可把有关掩膜的图形用显示器显示出来,还可用光笔进行修改。当基本单元设计完毕之后将结果存入计算机的存贮系统,并由计算机的绘图设备描出整个电路各层掩膜的完整图形。

再说计算机辅助教学。计算机帮助我们进行教学也是大有好处的。上课时,学生们坐在一个“学习终端”设备前,学习班组长通过按键向计算机送去学习班组的代号,计算机根据学校排好的课表,选出这个学习班组所需的教材,并把存贮这个教材的磁带机与教室中的学习终端接通。这样,在教室的荧光屏(或银幕)上就显示出文字和图表,喇叭里就放出教师讲课的声音。假如有一段没有听懂,通过按键向计算机送去一个特定的信号,计算机就会控制磁带机重放一遍;假如还听不懂,计算机就会控制磁带机送出原先准备好的补充讲解内容。用这种设备进行教学,学生可以生动活泼地进行学习,教师也可以减少大量重复的课堂讲授,而把精力放在提高教材质量和研究教学方法上。

还有一种与上例类似的辅助教学系统。比如你求解某个数学题目感到有困难,便通过按键向计算机请教,于是计算机通过屏幕显示器告诉你答案。假如你不了解答案是怎样得出来的,还可以向计算机询问,于是计算机又在显示器屏幕上做出启发和提示;假如你还不明白,那就只好再请计算机把全部解题过程显示出来。

计算机辅助教学既用于普通教育,又用于专业训练方面。例如通过电子计算机管理的“飞行模拟器”来训练飞机驾驶员,可以收到多快好省的效果。飞行员坐在地面上的飞行模拟器中进行训练,其环境情况犹如真实飞机在空中飞行一样。对宇航员的训练更是如此,须知,飞行员还可以驾驶飞机去空中训练,但宇航员却不能坐着飞船去太空训练!

有人预言,到2000年在教学过程中将广泛采用计算机教学和电视教学,学校的教学、分班、教员上课等等活动都将结束,这时人们在电子计算机的辅助下,根据自己的才能确定自己的学习计划和进度。

2.5 逻辑关系加工

这类应用有机器翻译、情报检索、诊断看病、下棋、战术研究、密码分析、指纹鉴定等等。

(1) 机器翻译

机器翻译也叫自动翻译,是由计算机把一种语言文字翻译成另一种语言文字。从1950年开始,至少有15个国家和地区先后在计算机上进行机器翻译的研究试验。我国也较早开展这方面的研究工作,并在1959年利用我国第一台电子计算机成功地进行了俄汉机器翻译试验。在国外,几种主要文种(英、法、俄、日等)的翻译也已经试验成功。例如英文到日文的机器翻译,其正确性:中学英语课文已达90%,技术论文达75%,新闻报纸达50%。

目前,利用计算机进行机器翻译的工作已取得一定的成果,但这些研究成果,多属于

文字方面的自动翻译,并且也多限于科技文章的翻译。至于语音的自动翻译,即由机器把人的—种语言翻译成另—种语言,正处于探索之中。但我们相信,总有一天口语翻译的问题会得到圆满解决。

(2) 情报检索

现代科学技术的飞跃发展使科技情报急剧增加,据报导,大约每十年,情报资料数量翻—番。七十年代初世界出版的图书为 50 万种,科技期刊 3~4 万种,每年报导论文 400 万篇。这些文献内容交叉,互相重复。如国外冶金专业文章,在冶金刊物上刊登的只占 50%,其余文章分散在其他学科期刊上。据统计,一个科研课题手工查找资料的时间占全部科研时间的 30%。如果用电子计算机自动检索,能在半小时内为几百个题目提供所需要的不同形式的资料清单。

可以看到,将来图书资料、书刊、报刊、人类各方面的知识,都可存在计算机里。从事什么科研,查找什么资料,只要打个电话,接通计算机终端并提出要求,那么计算机在几分钟内就能给你查出资料,非常方便。

(3) 诊断看病

看病、下棋是人类高级的脑力劳动,但是它们也是有规律可循的。如病的种类很多,大夫看病,从几个主要的检查结果中就可诊断出什么病,而且经验越丰富的大夫诊断越准确。假如把许多有经验的大夫的经验都总结起来,编成计算机可以执行的程序,由计算机再给人诊断看病,其效果就比—般大夫好得多。目前已经在这方面取得了非常可喜的成果,不过目前—般的做法,还是由计算机开出诊断理由和药方,最后由大夫认可。

逻辑关系加工应用方面还有下棋、战术研究、密码分析等等,限于篇幅,不再赘述。

2.6 人工智能

逻辑关系加工的进一步发展,就属于人工智能的范围了。

“人工智能”又称“智能模拟”,简单地说,就是使计算机能够模仿人的高级思维活动。影片《未来世界》中所描绘的“机器人”,就是在人工智能研究成果基础上所设想的未来世界的情景。不管影片中所描绘的那种几乎与真人差不多的机器人是否能够实现,或者到什么时候才能实现,但现在确实在人工智能研究方面进行着大量的工作。

人工智能的研究课题是多种多样的,诸如计算机学习、计算机证明、景物分析、模拟人的思维过程、“机器人”等等,内容很多。

拿下棋为例,如果程序人员把走棋子的法则编成程序存入计算机,计算机就可以按规则走动棋子,与人对奕。下棋的结果,计算机可能输了。下次再下,当人的走法不变时,计算机就再输—次。这样的下棋方法还是属于计算机的—般应用。

但是如果我们从方法和程序上研究—种新的方法,使计算机下棋输了—次以后它能进行自学习、自组织、自己积累经验,那么下次再下时就不会重犯上次的错误,这就是人工智能所要研究的问题。

人类可以直接利用各种自然形式的信息,如文字、图象、颜色、自然景物、声音、语言等,但是电子计算机目前还不能直接利用自然形式的信息。直接利用自然形式的信息,这正是当前模式识别研究的奋斗目标。目前,在文字识别、图形识别、景物分析以及语言理解等方面都已取得了不少成就。例如在语言理解方面,国外已达到能理解 1000 多个单

词、二三十个句子的水平。在文字识别方面，虽然对任意的手写体的识别还未很好解决，但是对规定的印刷体和严格的手写体的识别，已经达到了较好的水平。

在景物分析方面也取得重要成果，美国麻省理工学院的人工智能实验室曾进行了如下的表演：显示屏上如图 1.1 所示，有锥体、大小立方体、圆锥体、平板、还有表示机器手的 $\perp$ 。

当人命令机器把圆柱体放到平板上，机器手就照样做，做的过程均可由显示屏上看到。当人命令把小立方体放到大立方体上，计算机就要问：是那个小立方体？人再指出是黄色的小立方体，于是机器手照样做。人再命令把锥体放到黄色的小立方体上，机器手也照样做。当人命令取出黄色小立方体时，机器手就会先把锥体搬开，然后再从大立方体上取出黄色的小立方体。这虽然是一种表演，但是它对科学和生产的实用意义却是十分明显的。

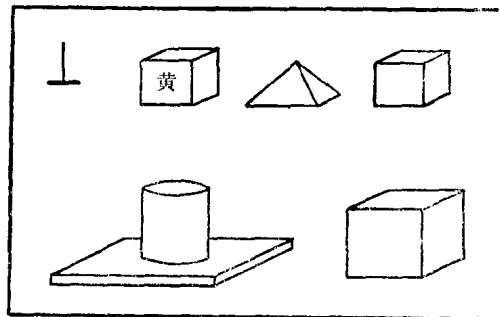


图 1.1

可以预见，不久将会出现进一步模拟人脑智能的“电子脑”，模拟人眼智能的“电子眼”和模拟人耳智能的“电子耳”等。这样，计算机就能看图识字、分辨五颜六色、欣赏自然景物，也能和人直接对话，能听懂并能用英语或汉语讲话。此外，还需要有触觉和本体感觉的、灵活协调的“机械手”，以及行走自如的“机械脚”。这样，将会研制出比现在“工业机器人”高明得多的“智能机器人”。

“智能机器人”将会自己识别控制对象和工作环境，作出判断和决策，直接领会人的口述命令和意图，能避开障碍物，适应环境条件的变化，灵活机动地完成控制任务与信息处理的任务。

当然，再高明的“智能机器人”，也只不过是人类“能干的助手”和“驯服的工具”，而人们将会有更多的时间和精力去从事创造性的劳动。

第三节 电子数字计算机的硬件

3.1 数字计算机的硬件组成

要了解数字计算机的主要组成和工作原理，可先从打算盘说起。假如给了一个算盘、一只笔、一张带有横格的纸，要求我们计算 $y = ax^2 + bx + c$ 这样一个题目。为了说明下面讲到的内容，我们先来搞点“繁琐哲学”。

首先把横格纸编上序号，每一行占一个序号，其次把给定的四个数 a 、 b 、 c 和 x 分别写到横格纸的第 10、11、12、13 行上，每行只写一个数（见表 1.1）。接着详细列出给定题目的解题步骤：

- 第一步 取数 a (10) → 算盘， a (10) 表示数 a 在纸的第 10 行，下同；
- 第二步 乘法 x (13) → 算盘，完成 $a \cdot x$ ，结果留在算盘上；
- 第三步 加法 b (11) → 算盘，完成 $ax + b$ ，结果留在算盘上；
- 第四步 乘法 x (13) → 算盘，完成 $(ax + b)x$ ，结果留在算盘上；
- 第五步 加法 c (12) → 算盘，完成 $y = ax^2 + bx + c$ ，结果留在算盘上；

第六步 写入 把最后结果 y 用笔记到第14行;

第七步 输出 把最后结果 y 告诉人;

第八步 停止 运算完毕。

上述解题步骤也需要记在横格纸上, 每一步也只写一行。第一步写到纸的第0行; 第二步写到第1行……, 如表1.1所示。

表 1.1

行数	解 题 步 骤 和 数 据	行数	解 题 步 骤 和 数 据
0	取数: (10)→算盘, (10)表示第10行的数 a ,下同;	8	
1	乘法: (13)→算盘, 完成 $a \cdot x$;	9	
2	加法: (11)→算盘, 完成 $ax + b$;	10	a
3	乘法: (13)→算盘, 完成 $(ax + b) \cdot x$;	11	b
4	加法: (12)→算盘, 完成 $ax^2 + bx + c = y$;	12	c
5	写入: $y \rightarrow 14$, 把最后结果从算盘记到第14行;	13	x
6	输出: 把最后结果指示给人看;	14	y
7	停止: 运算完毕。	15	

利用算盘, 并根据上述记在横格纸上的解题步骤, 我们就可以一步一步进行计算, 最后可得出所要求的结果。

在完成 $y = ax^2 + bx + c$ 的计算过程中, 我们用到了些什么东西呢?

首先, 用到了纸, 我们把原始的数据以及解题步骤记录在纸上, 即纸“记忆”了算题的原始信息; 其次, 用到了算盘, 进行具体计算; 再次, 用到了笔, 把原始数据和解题步骤写到纸上, 还可把计算结果写出来告诉人。最后, 用到了我们人本身, 这主要是人的脑和手。在人的控制下, 按照解题步骤一步一步进行操作, 直到完成运算。

电子数字计算机进行算题的过程也完全和我们人用算盘算题的情况相似, 也必须有运算工具、解题步骤和原始数据的输入、运算结果的输出以及相应整个计算过程的调度控制。和打算盘不同的是, 以上这些部分都是由电子线路和其它设备自动进行的。在电子计算机里, 相当算盘功能的部件, 我们称为运算器; 相当于纸那样具有“记忆”

功能的部件, 我们称为存储器; 相当于笔那样把原始解题的信息送到计算机或把运算结果显示出来的设备, 我们称为输入、输出设备; 而相当于我们人的大脑, 能够自动控制整个运算过程的部件, 我们称为控制器。图1.2表示组成电子数字计算机的五个主要部分, 实线表示数据代码传送线; 虚线表示控制线。

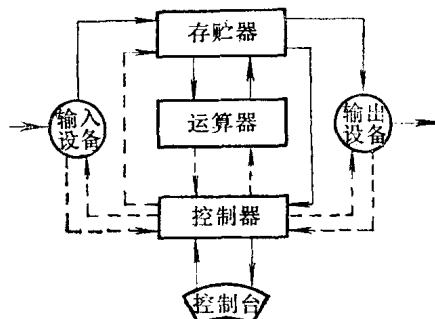


图 1.2

3.2 运算器

运算器就好象一个电子线路构成的算盘。它的主要功能是进行加法、减法、乘法、除法等四则运算, 除此以外还可以进行一些所谓的逻辑运算。

人们通常习惯于十进制运算, 但在计算机中真正用十进制进行运算很不容易实现。所

以电子计算机通常采用二进制。二进制的数是以 2 为基数来计数，也就是逢二进一。在二进制数中，只有 1 和 0 两个数，1 和 0 可以用电压的高低、脉冲的有无来表示。这种电压的高低、脉冲的有无，在电子线路中比较容易实现，同时二进制数运算规律最简单、最省设备，因此在电子计算机里广泛地采用二进制数。

3.3 存储器

参加运算的数据通过输入设备送到存储器保存起来，要运算时再从存储器取出来送到运算器中去运算，运算的结果又送到存储器中存起来，最后又从存储器送到输出设备去打印。大批的 0 和 1 数码在存储器中怎样保存呢？目前通常用一粒粒的小磁芯来担负这个任务。这种小磁芯的材料是铁氧体，磁滞回线近似于矩形（图 1.3），故称矩形磁芯。

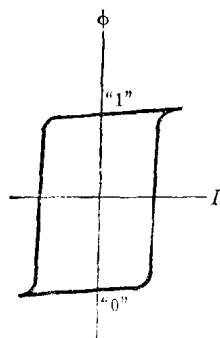


图 1.3

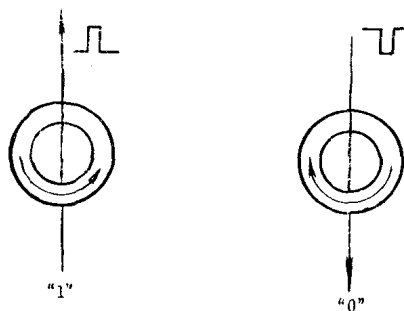


图 1.4

小磁芯的尺寸很小，外径只有 0.6mm 左右，很小的能量就可以改变其状态，因而工作速度很高。图 1.4 中，在穿过磁芯的导线中加正脉冲电流，磁芯就被磁化了，脉冲虽然消失，磁性仍然保留着；如果加负脉冲电流，磁芯被反方向磁化，脉冲消失后，反方向的磁性也仍然保留着。我们就可以利用磁芯的这两种状态来保存代码，前者表示 1，后者表示 0。由于这种磁芯具有保存代码的作用，故称为记忆磁芯。

一个磁芯可以记忆一个代码。例如小型多功能计算机中一般是 16 个磁芯记忆一个数，就是组成一个单元，4096 个单元又组成一个磁芯体，可以记忆 4096 个数。每个单元都有编号，称为地址。存数或取数时都要按地址来寻找所选的单元，这相当于上面所讲的横格纸每一行中存放一个数一样。

小型多功能机的存储器是可以扩展的，最多可以扩展到 8 个磁芯体，共计 32768 个单元，简称 32K。如果计算的题目很复杂，32K 的单元还不够的话，可以再配备容量更大的磁鼓、磁带、磁盘等设备。这些设备称为外存储器。相对而言，磁芯存储器又被称为内存存储器，简称内存。

3.4 控制器

控制器是计算机中发号施令的部件，控制计算机按计划有条不紊地进行工作。

(1) 计算程序：计算机只能完成简单的加、减、乘、除四则运算及其他一些辅助操作，所以在计算机运算前需将比较复杂的算题化成一步一步简单的加、减、乘、除等基本操作来做。每一基本操作就叫做一条指令，而解算某一个问题的一连串指令，叫做该问题的计算程序。例如在前述的求解 $y = ax^2 + bx + c$ 的例子中，我们在横格纸上列出了它的解题步骤。解题步骤的每一步，只完成一种基本操作，所以就是一条指令，而整个解题步