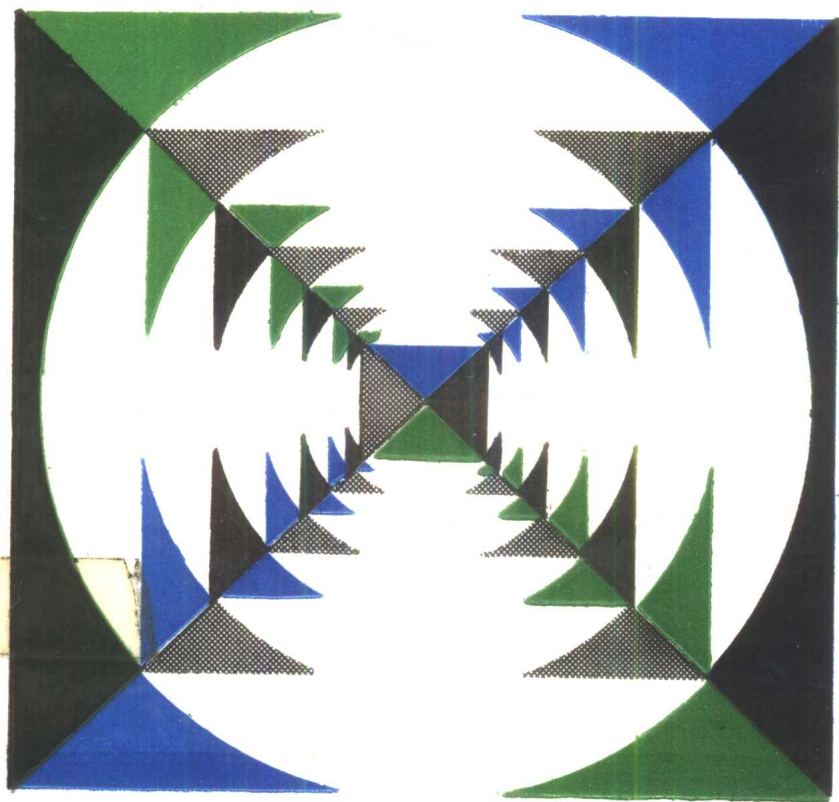


计算机引论

●上海铁道学院 章 群

合编

●北方交通大学 马桂祥



高等学校试用

高等学校试用教材

计 算 机 引 论

上海铁道学院	章 群	合 编
北方交通大学	马桂祥	
兰州铁道学院	刘宗文	主 审

中国铁道出版社

1990年·北京

高等学校试用教材

计算机引论

上海铁道学院 章 群
北方交通大学 马桂祥 合编

*

中国铁道出版社出版

(北京市东单三条 14 号)

责任编辑 武亚雯 封面设计 王毓平

中国铁道出版社发行 各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: $850 \times 1168 \text{mm} \frac{1}{32}$ 印张: 10 字数: 226 千

1990 年 10 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 1—7000 册

ISBN7-113-00866-6/TP·86

定价: 2.65 元

前 言

目前,关于计算机科学技术的书籍比比皆是,它们从不同的角度、不同的层次、不同的分支出色地勾画出这一崭新的科学领域的面貌。然而对于初学者来讲,系统而又全面地介绍计算机科学技术基础的书籍,尤其是教科书,却为数不多。多年来,我们在教学中反复探索如何打好计算机科学技术基础这个问题,希望通过加强基础来适应计算机科学技术的迅速发展。由于目前多数刚入学的大学生对信息世界的认识非常浅薄,于是基础和入门教学显得格外重要。以往教学中的成败,促使我们去寻求一本类似于大学基础课程教科书那样的计算机基础教材。

本教材就是一个初步的尝试,它是引导学生跨进计算机领域的入门教材。通过对计算机科学技术的基本概念、基本原理和基本方法的阐述,使学生建立起对信息世界的科学认识。教材内容适用于周学时3~4节,总计为60学时左右的课堂教学,并建议有不少于18学时的上机实践。

本书由上海铁道学院章群副教授编纂,并编写了第一、三、六、七、八章及附录一、二;北方交通大学马桂祥教授编写了第二、四、五、九、十章及附录三。兰州铁道学院刘宗文副教授主审全书。教材编写过

程得到了路内有关院校领导及任课教师的支持。长沙铁道学院、华东交通大学、北方交通大学、兰州铁道学院以及上海铁道学院的同志参加了审稿会,并对本书提出了不少宝贵而卓有见地的建议,借此深表感谢。

最后,因编者学识有限,书中难免存有错误和不妥,恳请读者赐教。

编 者
1989. 5

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 计算机——智力劳动的工具.....	1
第二节 今日社会中的计算机.....	6
第三节 计算机发展的简要回顾	14
习 题	20
第二章 计算机系统	21
第一节 计算机系统的层次结构	21
第二节 计算机硬件系统	26
第三节 计算机软件系统	32
第四节 外围设备	37
习 题	48
第三章 基本数据类型及其存储方式	49
第一节 计数制及转换	49
第二节 原码和补码	56
第三节 定点数表示及四则运算	60
第四节 浮点数据表示	66
第五节 其他基本数据表示	70
习 题	77
第四章 逻辑代数和应用	80
第一节 逻辑代数和逻辑命题	80

第二节 常用定律和定理	86
第三节 逻辑函数的简化	88
第四节 逻辑代数的应用	92
习 题	97
第五章 中央处理单元及其工作过程	99
第一节 运 算 器	99
第二节 指令与控制器.....	105
第三节 指令的工作过程.....	114
习 题.....	117
第六章 算法导论.....	118
第一节 什么是算法.....	118
第二节 算法的表示.....	122
第三节 算法实例.....	131
第四节 算法分析.....	145
第五节 分治法及递归.....	153
习 题.....	157
第七章 程序设计基础.....	159
第一节 程序设计语言.....	160
第二节 语言的语法成分和定义.....	164
第三节 类型说明语句和数据结构.....	171
第四节 子程序及过程.....	179
第五节 结构化程序设计.....	183
第六节 良好的程序设计风格.....	189
第七节 文件.....	195
第八节 软件工程和软件产品.....	201
习 题.....	207

第八章 系统软件介绍	208
第一节 编译程序的结构	208
第二节 编译过程	212
第三节 操作系统的发展	221
第四节 操作系统功能的分层结构	225
第五节 数据库系统	229
第六节 数据描述及模型	235
习 题	243
第九章 计算机通信系统	244
第一节 计算机通信概述	244
第二节 计算机通信网的分类方法	247
第三节 通信系统体系结构	252
第四节 局部地区网	256
习 题	259
第十章 发展中的计算机科学技术	261
第一节 集中与分布式计算机系统	261
第二节 计算机应用系统的安全技术	268
第三节 日本第五代计算机	275
第四节 新一代计算机展望	279
习 题	289
附录一 计算机键盘指法练习	290
附录二 简单计算机使用	295
附录三 计算机机房环境	303
参考书目	308

第一章 绪 论

第一节 计算机——智力劳动的工具

三百万年来,从古猿到人类都在利用工具来增强自己的能力。人类则更能发明创造各类工具、器械和仪器设备来增进手足的功能,扩展视听范围。人类创立了数学这种工具来扩大思维能力,随后又作了计算工具来减轻和加快计算。人类早期使用过枝条、卵石或绳结,接着又发明了算盘来解答数学问题。中国古代数学家感兴趣的是研究对问题的一步步求解过程,用诗歌和口诀表达出来,称之为“算法”。西方的一些学者却有感于减轻计算劳动的重要,巴斯卡、莱布尼兹等人开始了机械计算器的制作。随着机械计算器的发展,到十九世纪末,终于出现了可以将信息以穿孔方式“写”在卡片上的机器,也有了“读”出穿孔卡片所记录信息的机器。这类机械不再局限于数字运算(calculate),而是具有含义更为广泛的信息处理(information process)功能。近代计算机的计算(computing)一词指的就是对输入信息进行各种目的的加工处理这一内容。电动机械计算工具有许多活动部件,因此运算速度不可能很快。1939 和 1944 年间哈佛大学的艾肯发明了 MARK-I 自动序列受控计算器,在这一工具上开始体现出今天电子计算机的许多重要原理。稍后,在 1946 年毛希利和埃克特研制了第一台真正的电子计算机 ENIAC(电子数字积分计算机),这是一个庞然大物,占用了宾夕法尼亚大学工程学院主楼的整个地下室。过去需要一百名工程师花费一年才能解决的问题,它只消两个小时就能找出答案。它使用真空管代替机械齿轮或电动机械来进行运算,在运算过程中不停地作出决定或选择以解决整个问题。由 ENIAC 一类机器的出现为标

志,计算机科学技术开始了令人眼花缭乱的飞速发展。

为了说明计算机的发展将给人类产生何等影响,我们不妨简要地回顾一下数千年文明发展史中树立着的几个重大里程碑。第一是语言的产生和发展。语言是人类智力成就的根源,语言的运用意味着人类彻底告别了动物的生活方式,产生了人类特有的文明社会。第二是文字的出现。书写能比人脑的记忆更精确,更持久。由语言而丰富起来的信息,因文字而得到了复制和传递的便利,文明赖书面记录而不被湮没且保持了完整,使人类有了文字记载的历史。第三是印刷术的发明。印刷使信息得到了广泛传播,书本不再是稀有之物,借助于各类出版物,全人类中知识人士的比例迅速上升,在我们居住的整个地球上各类文化得到广泛的传播和交流。沿着这条文明发展的线索,作为劳动者工具的计算机,它是语言、文字、印刷术之后的又一个里程碑。对今日人类生活来讲,电子计算机尽管还只是处于新兴时期,但它已成为分享和创造现代文明重要而又基本的手段。计算机将把人类文明史推进到一个崭新的时代。

计算机能运算以 10 亿计的数字,但实际上计算机只回答两个简单问题:是或否。计算机的运算完全以一百多年前英国数学家布尔创立的逻辑代数(也称布尔代数)为根据。逻辑代数不同于一般代数,它将逻辑语句转化成数学运算,用来判明或真或假的逻辑命题。到了 1938 年美国科学家申农提出了逻辑代数的命题被证明真或假,这与电气开关的接通或切断十分相似。逻辑命题的“是”与“非”,电路的“开”与“关”,对应的都是两种状态,计算机所要做出的每一个判定,都是对这两种状态的处理。在计算机中使用把两个状态表示成“0”或“1”的二进制数(表 1-1)是十分方便的,因为它们可以用电子、电气或其它物理性能的“开关”来实现。在计算机的简单语言里,假设开关接通就相当于“1”,假设开关切断就相当于“0”。后面我们还会证明,二进制的加法规则与逻辑代数的某些逻辑运算规则形式完全一致,因此计算机以逻辑运算为基础的信息处理功能包括了二进制算术运算的内容。正因为这样,我们一再强

调对计算机的“计算”功能决不要只理解为算术运算,必须看到它指的是“处理”这一广泛含义。计算机所处理的信息往往由许多二进制状态构成,对于或“1”或“0”的一个二进制位,申农把它定为度量信息几何长度的基本单位,并创造了一个新的英文单词叫比特(bit),它为 binary digit 即“二进制数字”的缩写。于是通常就用比特数来表示由二进制位组成的信息长度。如 1001 或 0100 信息长度为 4bit,10001111 或 00110110 信息长度为 8bit,如此等等。

十进制数与二进制数对照

表 1-1

十 进 制 数	二 进 制 数
0	0
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
6	110
7	111
8	1000
9	1001
10	1010
16	10000(2^4)
32	100000(2^5)
64	1000000(2^6)
1024	1000000000 (2^{10} E 计算机中将它称为 1K)
65536	1000000000000000 (2^{16} , 64K)
(自右至左逢十进位)	(自右至左逢二进位)

大多数现代计算机的“开关”,实际上都是控制电流接通或切断的半导体晶体管(集成电路内也含有许多这样的开关),所以称之为电子计算机。又由于信息都是转换成二进制位这种数字(digit)形式后进行加工处理的,所以除特别指明外,一般所说的计算机就是这种数字式电子计算机(另有一类模拟式电子计算机,它内部处理的电信号与外界物理量的连续状态成正比,即处理的信

息为模拟信号)。计算机按规模来考虑,可有大(中)型(main frame)、小型(minicomputer)及微型(microcomputer)之分。常见的如APPLE-II, IBM-PC、长城 0520 等型号的计算机都是微型计算机,习惯上往往把一些结构更为简单的单板机(如 TP-801)、单片机等也称为微型机。

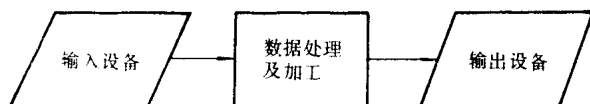


图 1-1 计算机是加工和处理信息的机器

计算机是一台加工和处理信息(数据)的机器(图 1-1),各部件均用电子元器件及机电零配件组成。这些计算机的实体通称为硬件(hardware),它们是计算机能进行信息加工和处理的物质基础。与其它机器不同,计算机具有一个能存储信息的“大脑”称为存储器(memory),被加工的信息送入计算机先放在存储器内,中间结果及答案也放在这里,根据实际需要再分别送出,甚至信息加工的操作步骤也以一条一条命令的形式存放在存储器中。因此存储器的结构和信息存取的方法,就成了学习计算机时所遇到的一个特殊问题。存储器由许多存储单元构成。每一存储单元有一个编号被称为“地址”(address),它类似于信箱号码,但由二进制数字构成。地址用来寻找需要存入或取出的信息,即按址寻访存储器的信息。计算机的处理信息的速度依赖于存储器中存取信息的速度。放在每一存储单元中的信息称之为该地址的“内容”,它的长度受该存储单元的容量即二进制位数所限制。通常把 8 个二进制位定义为一个字节(byte),即 $1\text{byte}=8\text{bit}$,于是地址按字节编号时,每一存储单元的内容为 8bit 的信息。有的计算机把 16 个二进制位定义为一个字(word),即 $1\text{word}=16\text{bit}=2\text{byte}$,于是地址按字编号时,每一存储单元的内容为 16bit 的信息。目前一般计算机的内存地址按字节编号可达 64K(由 16 个“0”到 16 个“1”总计 2^{16}),每一个地址的存储单元放置 8bit 的信息,它要由 8 个开关组成,整个存储

器约需 50 多万个开关(如图 1-2),因此每一位存储器的成本将直接影响着计算机的价格。

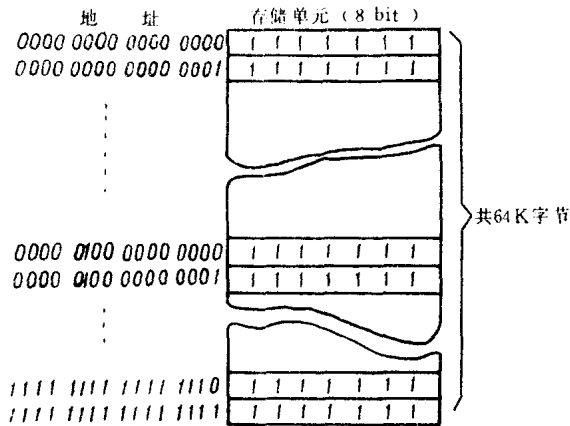


图 1-2 64K 字节的存储器(由约 50 多万个开关组成)

一台计算机要能处理信息,还要在存储器中预先放好一组命令。这些命令有着一定的顺序,能被计算机所清楚、正确地理解。硬件电路逐条地执行它们,于是完成了对信息的分类、比较、收集、删除以及算术运算等处理工作。这些命令一般是有限的,以便计算机在合适的时间内得到问题的解答。具有以上性质的命令集合称之为程序(program),通常也称为软件(software)。程序有两大类,有些程序是用来操作计算机的,它们早在用户使用机器之前就由厂商或专门人员编制就绪,预放在计算机内。使用计算机的人员在使用中感到它的存在,但一般无法读出它的内容,这类程序称为系统程序;另一类则是由专业程序员和用户写的,它的功能是为了解决某一实际应用课题,这类程序叫做应用程序。当然执行应用程序达到预期结果,也必须先把它放入计算机内才可实现。因此一般讲,在一台工作着的计算机的存储器内,不仅有被处理的信息,还有系统程序和处理信息的应用程序。

计算机的广泛应用,不仅是因为通过编制不同的程序可以在

同一台计算机上实现众多的信息处理功能,还因为计算机具有以下特性。

1. 计算机处理信息的速度很快。现在每秒执行 50 万次、100 万次运算的计算机已是十分普遍。它们完成一次加法运算的时间在 $1\sim 2\mu\text{s}$ 左右,因此复杂的问题能迅速完成。随着新的开关器件和新的计算机系统结构的发展,计算机的工作速度会越来越快。

2. 计算机能存储大量的信息。存储器好似人的大脑,有着记忆功能,存储器的容量越大所能记忆的信息也就越多。近代计算机不仅把内存储器的存储单元数(地址)扩大到 512K、1M...,而且通过磁盘、磁带等外存储设备形成了极大的记忆系统。

3. 计算机精确地按照所给的程序自动地去完成工作。

4. 只要不断电,计算机每天 24h 日复一日连续工作。

5. 对于单调、重复的工作,计算机永远不会感到枯燥无味,也不会因注意力不集中而造成差错。

6. 它在受到威胁和在危险的境况中仍能忠于职守。

7. 目前的计算机越来越小,使用也越来越方便。

8. 它的价格也变得越来越便宜。在美国几乎每三年价格就下降 20%,而性能却提高 10 倍。为了要说明四十年来计算机性能的提高、价格下降的程度,有人曾作了如下的比喻:假如汽车工业也同计算机这样神速地改变着性能、价格比,那么今天你只需花二元钱就可买上一辆耗油一升能跑二百万公里的“超超级轿车”!

总之,计算机这一人类智力劳动的工具正在改变着人类的生活,甚至将改变人类的思考方法。

第二节 今日社会中的计算机

迄今,全世界已有千万台计算机在运行工作(表 1-2)。数百万程序员从事着程序编制这种新兴职业,在他们周围还有数十到数百倍的用机人员,就全世界范围而言已有 $1/20\sim 1/15$ 的人,他们的学习、研究、工作乃至生活都与计算机有了来往。在美国,自 70

年代中期以来,75%的大学毕业生都必须具备使用计算机的知识才能找到一项好的工作。在我国,从每年参加国家程序员水平考试的人数急剧增加,可以看到取得这一资格在年青人中所具有的吸引力。

全世界计算机台数的增长

(不包括微型机)

表 1-2

国 别 月 份 台 数	美	西 欧	日	中	其 它	合 计
1960	5500	1500	400	40	1600	9000
1970	65000	21000	6000	200	18000	110000
1978	200000	110000	45000		95000	450000
1983	600000	225000	70000	2400	205000	900000
1988	700000	450000	140000		460000	1750000

(摘自“计算机应用与软件”VOL. 1. NO. 1. NO. 2)

四十年来计算机的应用发展大致经历了四个阶段(表 1-3),逐步渗透到社会的各个领域,从摘取科学皇冠上的宝石到谱写可与贝多芬作品乱真的乐曲、从全球军事指挥系统到孩子的游戏玩具、从企事业单位到家庭,凡有智力活动之处,差不多都已有计算机的用武之地,我们只能举几方面的例子来说明现代社会对计算机的需求。

计算机应用发展过程与趋势

表 1-3

过程与阶段	主要特点	发展的重点与应用领域
I 1946~1970	大型科学计算,国家主持,自然科学为对象,军事航天为目标	尖端武器,数值气象预报,半自动化地面防空系统,阿波罗计划,国家政府部门为主要用户,60年代初应用方面有 300 种,60年代末应用方面有 2000 种
II 1955~1980	管理信息,企业主持,管理科学为对象,提高效率及国民总产值为目标	对一个单位、公司、部门使用计算机进行管理,70年代应用方面有 3000 种,其中商业处理和非数值应用发展很快

续上表

过程与阶段	主要特点	发展的重点与应用领域
III 1970~1990	以社会为基础,国民主持,社会科学为对象,提高国民总福利为目标	计算机用于解决各种社会问题充分利用计算机网的信息资源,如城乡经济政治信息数据库,环境科学,健康管理,80年代初应用方面有5000种
IV 1980~2000	以个人应用为基础,个人主持,行为科学为对象,满足国民总需要	计算机公用事业,最主要的是信息控制公用事业。家用计算机到九十年代后期将如电话一样普及

一、科学计算

这是计算机的传统应用项目。从基础研究到尖端科学中,因采用计算机使许多人力难以完成的复杂计算迎刃而解。例如二次大战中,美国开展了原子弹研制工作,其中对核材料 U^{235} 的中子输运过程是一项重要和必不可少的基本研究。它关系到对原子核裂变过程的了解,弄清如何才能维持裂变过程,以释放出巨大的能量。这项研究既不能用传统的实验方法(因为当时美国所能生产出来的 U^{235} 十分有限,不够多次实验的耗费),又不能采用传统的理论方法(因为列出的一套方程无法求解)。面对这样的难题,冯·诺依曼设计了一套数值计算的方法,避开去求得满足方程的一般而又精确的解析解,改为去计算若干个在一定误差范围内为工程所满足的数值解。诺依曼估计“为了完成这个计算,我们所需要完成的四则运算步骤恐怕比人类迄今所做的全部计算总和还多”。因此当他看到研制中的 ENIAC 时,人们形容他“一下子跳到了计算机边上”,用计算机来完成了全部数值计算的工作。计算机的高速运算能力还使得科学家所说的“实时”计算成为可能。在这种计算过程中,计算情况不断进行校正,各种问题只要一出现就在同一瞬间得到解决。针对问题的不断变化求出连续解答,每一答案都反映出先期发生的变化。如对以 7.8km/s 速度绕地球飞速运行的人造天体进行轨道跟踪和预测,确定它们每时每刻的位置,进行宇宙飞船的

制导和导航等等,计算机都是必不可少的工具。实时信息处理的另一个成功范例就是计算机层析扫描技术(Computerized Tomography),简称CT。它能通过对物体的各种投影来重建物体的立体图像。CT的出现已经引起了放射医学上的革命,它通过测出一组由不同角度穿越人体某一截面的X光的强度数据,重建出该截面的内部图像。一般的X光图片是物体的“影子”,没有所观察物体纵深变化的信息。X射线所以能产生可见的图形,仅仅是因为人体不同的组织对X射线的吸收程度不同,密度较高的组织例如心脏,比周围的组织要吸收较多的辐射,因而在X射线底片上呈现较淡的痕迹。骨骼比其他任何组织都吸收更多的辐射,这样,诊断骨骼层所挡的部分,例如头颅内部时,就无法判断其中情况。如若采用CT技术,如图1-3所示,X射线源与检察器分置病人两侧且可同步旋转,每转 1° 或 2° 就得到一条吸收曲线,一共进行几百次。让X射线源和检察器回到原始位置,所有的数据都由计算机收集分析,并用以傅里叶变换为基础的数学方法,把这些投影重建原始图像,这样就得出病人头部的断面,它和解剖学书上的图形一样清楚。如做完这样一个断面后,让X射线源和检察器再沿病人纵向移动就可得到一个完整的人体所需检查部分的三维图形。

这种由投影重建图像的技术在1s内要完成数以万计数据的计算和处理,最后在几分钟内得出图像,没有计算机这一强有力的处理数据的设备是不能实现的。如今采用各种发射源和检察器的CT技术不仅提供了一类新颖的医疗仪器,也为工业无损诊断、无伤检察提供了手段,而且根据同样的原理重建出的图像可以小至噬菌体的分子结构,大到超新星的残骸,使人类加深了对微观和宏观世界的认识。

二、计算机与通信和控制学科的结合

计算机应用于通信和控制领域,不但使有关的设备和产品出现了崭新的面貌,而且经过计算机的媒介,计算机(Computer)、通