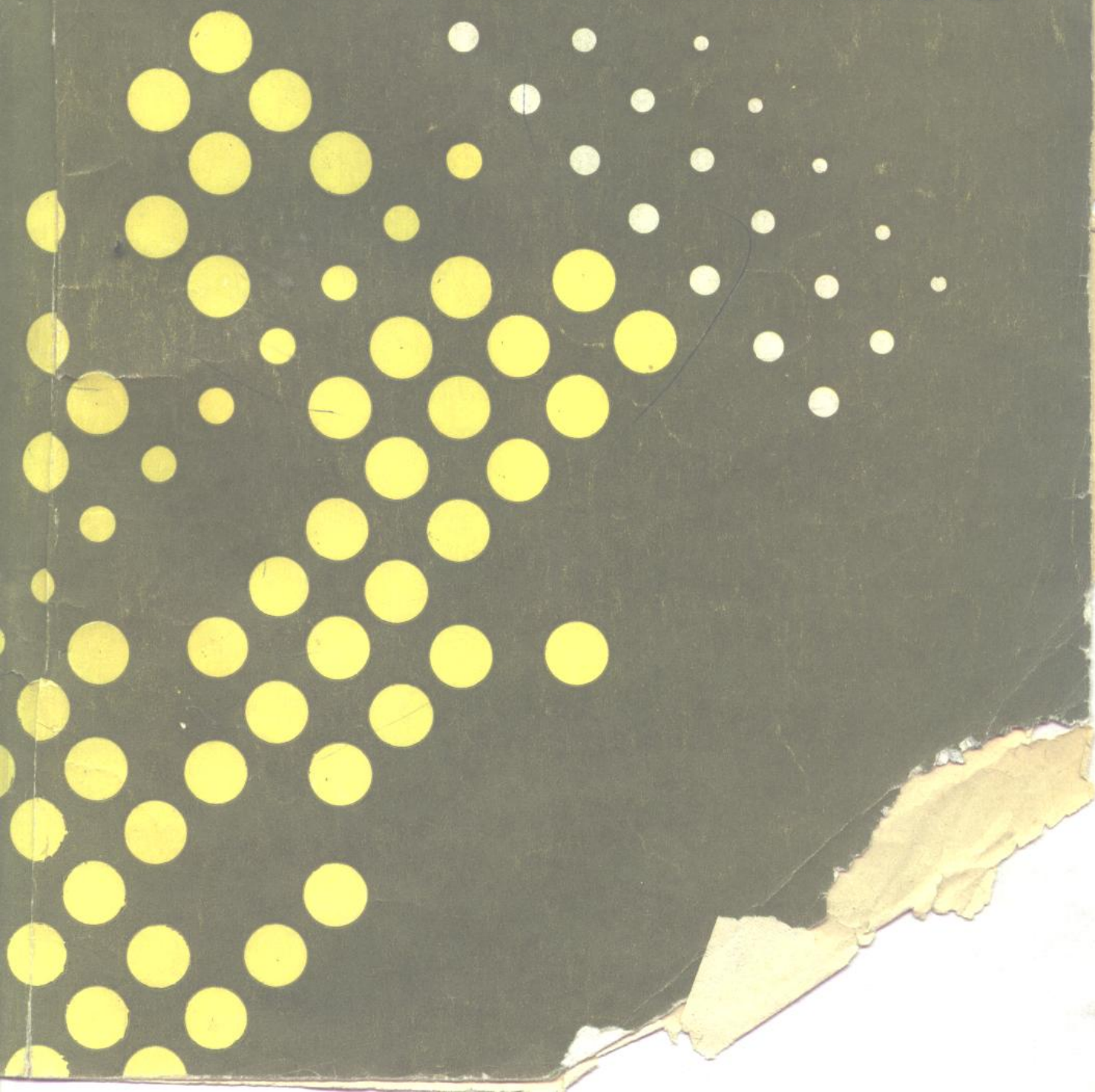


高等教育电教教材

计算机 概论

《计算机概论》编写组 编著



高等教育电教教材

计 算 机 概 论

《计算机概论》编写组 编著

高等教育出版社

内 容 提 要

本书系计算机科学技术电视录象片之一——《计算机概论》系列片的文字教材。由高等学校计算机科学技术电教教材编审组组织编写、审定,同意作为高等教育电教教材出版。

全书共十一章。内容及层次与同名电视系列片一一对应,密切配合。

本书可作为高等学校计算机专业“计算机导论”课程的教材;也可作高等学校理、工、管理各学科各专业的“计算机原理”课程教材;还可供具有高中文化程度以上的中等技术学校师生、科技人员、管理干部作学习计算机知识的自学教材。可与电视录象片配合使用,也可单独作教材或参考书使用。

责任编辑 姚玉洁

高等教育电教教材

计 算 机 概 论

《计算机概论》编与组 编著

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷二厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 18.75 字数 403,000

1985年6月第1版 1985年7月第1次印刷

印数 00,001—80,200

书号 15010·0693 定价 3.15元

前 言

随着新的技术革命形势的迅速发展, 计算机科学技术知识的推广普及已成为非常紧迫的任务。利用电视进行科学技术知识的普及, 不论是在国内还是在国外, 一致公认是一种很有效的办法。利用电视广播, 不仅可以使大量的观众收看, 同时对一些比较难懂的或比较抽象的内容还可以通过生动的形象、实物以及动画等方式加以描述, 使观众便于理解。因此, 利用电视广播普及计算机科学技术知识已势在必行。

近几年来, 很多高等院校在计算机科学技术电教教材的建设方面做了大量工作, 但是还远不能满足形势发展的需要。无论是高等教育还是中等专业教育、社会教育, 都迫切需要数量更多、质量更好的电教教材。为了更有效地组织领导这一学科的电教教材的建设, 促进计算机科学技术课程的改革, 提高教学质量, 提高教学效率, 扩大教育规模, 经教育部电化教育局、高等教育一司、高等教育二司研究决定, 于1984年4月成立了“高等学校计算机科学技术电教教材编审组”, 具体组织本学科电教教材建设的规划和编制工作。

本书是第一组电视教学录象系列片《计算机概论》的文字教材。全书共分十一章, 与电视系列片一一对应, 且讲解内容和层次也与电视片密切配合, 以便使观众在学习时能有预习和复习的材料。在编制这一组系列片与文字教材时, 力求使每章主题突出, 概念清晰。在内容方面, 既考虑到易懂易学、画面尽量生动活泼, 又严格注意到讲述的科学性和系统性; 既考虑到电视录象片的播放和使用会受到一些客观条件的限制, 也考虑到有一些内容较难以在时间有限的录象片中表达清楚, 因而文字教材各章的内容都比录象片所讲述的内容略多一些, 也略深一些, 所以本教材在没有录象片配合的情况下, 也可作为自学或课堂讲授的教材单独使用。

《计算机概论》电视系列片和文字教材是一套学习计算机科学技术知识的基础教材, 系统而通俗地介绍了计算机的基础知识和基本概念。第一章至第四章讲述了计算机硬件系统的基本组成、工作原理和各主要部件的结构与功能; 第五章至第八章讲述了计算机软件系统的基本知识和一些重要的基本概念; 第九章从计算机的系统配置方面作了比较系统的介绍; 第十章选择了几个计算机应用的实例, 以说明计算机科学技术在新的技术革命中的重要地位; 第十一章简要地叙述了计算机发展的几个动向。学完这些内容, 观众和读者就可以对计算机科学技术有一个比较全面的了解, 为以后深入学习计算机科学技术的相关课程打好基础。

《计算机概论》电视系列片和文字教材可作为大学本科计算机类专业(包括硬件、软件及应用等专业)“计算机概论”或“计算机导论”课程的教材, 也可作为大学理、工、管理等学科本科学生学习计算机基本原理的教材。中等技术学校计算机类专业的学生以及需要学习计算机知识的广大科技人员和管理干部采用本教材进行课堂教学或自学也是合适的。

《计算机概论》系列片及文字教材由十一所院校分工合作摄制、编写。由于组织工作经验不

足, 摄制及编写时间仓促, 因而各章内容的取舍和录象片图象的处理等方面必然存在不少问题。我们恳切希望各位观众和读者提出批评建议, 以便今后进行修改。各位观众和读者的批评建议及有关院校、单位试用中发现的问题和意见请直接函告中央电化教育馆。

本教材各章编写者为:

- 第一章 西安交通大学 刘甘娜
- 第二章 北京工业大学 梁玉珊
- 第三章 华南工学院 黄钦胜
- 第四章 天津大学 宋永昌
- 第五章 华东师范大学 章 明
- 第六章 吉林大学 刘永振 庄德秀
- 第七章 南京大学 史九林
- 第八章 南京工学院 朱 敏
- 第九章 北京大学 杨天锡
- 第十章 清华大学 王博文
- 第十一章 上海交通大学 白英彩

全书由西安交通大学胡正家统稿并主编

《计算机概论》编写组

1985年3月

目 录

第一章 计算机基本组成	1	2.2.4 微程序控制	52
§ 1.1 电子数字计算机的特点	1	2.2.5 程序执行过程举例	55
1.1.1 电子数字计算机具有很高的运算速度	1	主要参考文献	58
1.1.2 计算机可获得很高的计算精度	2	第三章 计算机存贮系统	59
1.1.3 计算机具有很强的“记忆”功能和逻辑判断功能	2	§ 3.1 计算机系统内的存贮器	59
1.1.4 自动连续地进行高速运算	3	3.1.1 存贮器的职能及主要性能指标	59
§ 1.2 “存贮程序”工作原理	3	3.1.2 存贮器的分类及发展概况	60
1.2.1 程序和指令	3	§ 3.2 内存贮器	61
1.2.2 存贮程序原理	5	3.2.1 磁心存贮器	61
1.2.3 冯·诺依曼型计算机的基本组成	6	3.2.2 半导体存贮器	64
§ 1.3 计算机运算基础	9	§ 3.3 外存贮器	75
1.3.1 二进制数字系统	9	3.3.1 磁表面存贮原理及记录方式	76
1.3.2 数制间的转换	11	3.3.2 磁带存贮器	80
1.3.3 机器数与字长	15	3.3.3 磁盘存贮器	82
1.3.4 机器数的原码表示和补码表示	16	§ 3.4 存贮系统的组织	86
1.3.5 数字编码与字符编码	17	3.4.1 内存和外存的地位及其联系	86
§ 1.4 计算机基本电路基础	18	3.4.2 存贮系统的层次结构	87
1.4.1 门电路	19	主要参考文献	88
1.4.2 基本逻辑部件举例	21	第四章 输入输出设备	89
§ 1.5 计算机发展简介	23	§ 4.1 输入设备	89
主要参考文献	25	4.1.1 键盘	89
第二章 计算机中央处理器和指令控制	26	4.1.2 纸带输入机	92
§ 2.1 运算方法和运算器	26	4.1.3 穿孔卡片输入	95
2.1.1 加法运算和减法、乘法、除法简述	29	§ 4.2 输出设备	96
2.1.2 运算器中的数据传送	33	4.2.1 打印机	96
2.1.3 加法器及进位系统	35	4.2.2 字符显示器	104
2.1.4 逻辑运算	37	§ 4.3 图形设备	109
2.1.5 运算器举例	38	4.3.1 概述	109
§ 2.2 控制器	39	4.3.2 绘图机	110
2.2.1 控制器的一些基本问题	39	4.3.3 图形显示器	111
2.2.2 指令的执行过程	45	4.3.4 对话式图形输入设备	114
2.2.3 组合逻辑控制	51	§ 4.4 汉字输入输出设备	116
		主要参考文献	118
		第五章 计算机高级语言程序原理	119

§ 5.1 计算机语言系统	119
5.1.1 机器语言	119
5.1.2 汇编语言	121
5.1.3 高级语言	123
§ 5.2 计算机常用高级语言结构	124
5.2.1 常用高级语言特征	125
5.2.2 高级语言的语法成分	126
§ 5.3 计算机高级语言程序原理	139
5.3.1 算法与流程图	139
5.3.2 基本程序设计方法	145
5.3.3 结构程序设计	153
主要参考文献	157
第六章 计算机软件	158
§ 6.1 软件的组成	158
§ 6.2 计算机语言处理程序	159
6.2.1 计算机语言及其处理程序	159
6.2.2 翻译程序的任务	160
6.2.3 编译程序的结构和执行过程	160
§ 6.3 应用软件	166
6.3.1 程序库或数学库	167
6.3.2 通用软件	167
6.3.3 专用软件	168
§ 6.4 操作系统	169
6.4.1 操作系统发展概况	169
6.4.2 操作系统的使用	169
6.4.3 操作系统的主要管理功能	175
主要参考文献	179
第七章 计算机数据库系统	180
§ 7.1 数据库系统的基本原理	180
7.1.1 计算机数据管理技术的发展	180
7.1.2 什么是数据库系统	182
7.1.3 数据库系统的体系结构	183
7.1.4 数据库系统的活动周期	187
§ 7.2 数据模型	189
7.2.1 信息和数据	189
7.2.2 数据间的联系	190
7.2.3 数据模型的构造和分类	192
7.2.4 数据子模型	196
§ 7.3 数据库管理系统	197
7.3.1 数据描述语言	197

7.3.2 数据操纵语言	200
7.3.3 数据库维护和例行程序	201
7.3.4 数据库管理系统的组成	202
§ 7.4 dBASE II 简介	203
7.4.1 dBASE II 概述	203
7.4.2 dBASE II 数据库的建立	205
7.4.3 dBASE II 数据库的操作	207
主要参考文献	210
第八章 信息数字化编码	211
§ 8.1 信息概论	211
8.1.1 数据和信息	211
8.1.2 信息处理	212
8.1.3 信息与计算机的关系	213
§ 8.2 信息数字化编码	214
8.2.1 为什么要进行信息数字化编码	214
8.2.2 信息编码的原则	216
8.2.3 常见的编码方法	218
8.2.4 信息编码与信息处理举例	219
8.2.5 信息编码标准化问题	221
§ 8.3 汉字信息处理	223
8.3.1 汉字信息处理的重要性及研制概况	223
8.3.2 汉字输入编码的原则和方法	225
8.3.3 汉字信息处理	229
8.3.4 汉字输出	231
8.3.5 汉字信息处理新成果简介	233
§ 8.4 管理信息系统	234
8.4.1 管理信息系统的基本概念和功能	234
8.4.2 管理信息系统的开发	237
主要参考文献	239
第九章 计算机系统	240
§ 9.1 计算机系统的组成	240
9.1.1 硬件系统的功能	240
9.1.2 软件系统的功能	242
9.1.3 硬件和软件的关系	244
§ 9.2 计算机系统的分类	246
9.2.1 微型计算机系统	246
9.2.2 小型计算机系统	248
9.2.3 大型计算机系统	248
9.2.4 巨型计算机系统	249
9.2.5 兼容性和系列机	251

§ 9.3 计算机系统的辅助设施.....	252	§ 10.5 计算机在过程控制中的应用.....	265
9.3.1 计算机房	253	§ 10.6 计算机在企业管理中的应用.....	268
9.3.2 空调系统	254	§ 10.7 人工智能.....	270
9.3.3 电源系统	255	主要参考文献.....	273
主要参考文献.....	255	第十一章 计算机展望	274
第十章 计算机应用	256	§ 11.1 概述.....	274
§ 10.1 概述.....	256	§ 11.2 分布式计算机系统.....	275
§ 10.2 计算机在科学计算中的应用.....	257	§ 11.3 数据流计算机.....	278
§ 10.3 计算机在数据处理中的应用.....	259	§ 11.4 第五代计算机.....	284
§ 10.4 计算机辅助设计.....	262	主要参考文献.....	290

第一章 计算机基本组成

§ 1.1 电子数字计算机的特点

我们通常所说的计算机是指电子数字计算机,它是用电子线路实现数字运算的计算工具,以后简称计算机。

人类从远古时期就开始了计算活动,人们在史前就知道用石块、贝壳计数。随着人类社会的发展,发明了各种各样的计算工具。例如,我国唐宋时代就使用的算盘,欧洲发明的手摇计算器,以至后来的计算尺、袖珍计算器等,都是计算工具。

然而,电子数字计算机却和所有这些计算工具不同,它不是一个普通的只帮助人进行计算的工具,它是具有一定“智能”的先进的机器,计算机的能力远远超过了其它各种计算工具。它能胜任数不清的角色:它可以当一名出色的数学家,进行各种复杂的计算和定理证明;它也可以是一名称职的会计师、统计员;计算机可以进行快速高质量的设计工作,与工程师们比起来,毫不逊色;它还可以充当一名耐心而又博学的教师,向大学生、中学生以至幼儿园的孩子们讲授功课;计算机还能作曲、绘画,真可谓是多才多艺。那末,人们不禁要问:计算机究竟和其它的计算工具有什么不同?它有什么独特之处使它如此“能干”呢?要回答这个问题,就必须了解一下电子数字计算机的特点。概括地说,它具有以下四个特点。

1.1.1 电子数字计算机具有很高的运算速度

由于计算机中的电子线路采用的是高速的电子器件,加上先进的计算技巧,可以使计算机获得很高的运算速度。

1946年研制成功的第一台数字计算机,尽管很不完善,但它能在一秒钟内完成五千次加法运算,这已使其它运算工具相形见绌了。当时,研制这台计算机是出于战争的需要,机器制成后,主要用于计算炮击火力表,用它计算40点弹道轨迹,三秒钟完成,人工则要一星期。它取代了九十名工作人员,而且计算准确无误。

随着计算机技术的发展,运算速度也在不断提高。现在,每秒五亿次基本运算的计算机也已投入运行,这个高速度更是其它任何计算工具所望尘莫及的。

大量复杂的科学技术问题,过去由于计算工作量极大而无法进行运算或只能采取粗略的近似算法,而今由于计算机具有高速运算的能力使其迎刃而解;过去计算工作所需的时间以年甚至十年为单位计的问题,现在几天、几小时甚至几分钟就可得到解决。1867年法国一位天文学家达拉姆尼(Dalamny)为了用天体力学方法求解月球运行轨道,花了十年功夫去解一个摄动级数

展开式,又花了十年去验证,计算结果写成了整整一卷书。后来人们用计算机重复他的工作,仅花费了二十个小时,还查出了他的三个错误。二十年与二十个小时之差是多么悬殊啊!

计算机的高速度不仅为科学计算提供了强有力的工具,加速了科学研究的进程,而且也促进了很多新的边缘学科的诞生,例如,诞生了计算化学、计算光学、计算生物学,等等。高速运算为人类赢得了时间,使许多工作可以走在时间的前面,例如,过去要精确计算天气预报数据是不可能的,等算出来结果,天气预报成了“马后炮”,现在利用计算机,只要几分钟就能算出十天的天气预报数据。

1.1.2 计算机可获得很高的计算精度

由于计算机内采用二进制数字进行运算,使得其计算精度可用增加表示数字的设备来获得,再加上先进的计算技巧,使数值计算可根据需要获得千分之一到几百万分之一、甚至更高的精确度。

圆周率 π 值是一个算了一千五百年的数。早在一千五百年以前,我国古代数学家祖冲之用了十五年算出 π 值到小数点后面七位,即 $\pi=3.1415927$ 。以后的一千多年中,许多数学家为求精确的 π 值付出了艰辛的劳动,最多算到小数点后面500多位。当计算机出现后,它的高速度和高精度大显“神威”。第一台计算机就将 π 值算到2000多位。随着计算机和计算技术的发展, π 值的位数也在不断增加。1981年,日本筑波大学算到小数点后200万位。若把 π 值打印出来,将是一本超厚巨著!

1.1.3 计算机具有很强的“记忆”功能和逻辑判断功能

计算机结构中,设有具有记忆功能的装置,通常称为存贮器。存贮器可记忆大量的数据,几千、几万以至上亿。当计算机工作时,计算的数据、运算的中间结果及最终结果都可存入存贮器中。更重要的是,可以把人们为计算机事先编好的计算步骤也存贮起来。人们为计算机编制的计算步骤称为程序,把程序存入存贮器中是计算机工作原理的关键。

计算机的内部结构使计算机不仅能进行算术运算,还能进行逻辑运算。它可以处理文字、符号,进行大小、同异的比较和判断。在计算过程中,计算机能自己判断下一步该做什么;遇到分支,能选择走哪条支路。这一功能不仅使自动计算成为可能,而且使计算机能进行诸如资料分类、情报检索、逻辑推理和定理证明等具有逻辑加工性质的工作,大大扩大了计算机的应用范围。

如果不借助先进的计算机技术,将无法应付当代“知识爆炸”的局面。据统计,每年国外公开发表的文献达500多万份,杂志几万种。因此,要把数量庞大而且在不断增长的知识进行系统的加工、整理,使人们能方便准确地检索到所需要的信息,只有依靠具有信息存贮能力并能进行逻辑思维的计算机才能得以实现。

1.1.4 自动连续地进行高速运算

能自动连续地进行高速运算是计算机最突出的特点,也是计算机和其它一切计算工具的本质区别。

计算机之所以能实现自动连续运算,是由于采用了“存贮程序”工作原理。这一原理是1946年由美籍匈牙利数学家冯·诺依曼(John Von Neumann)和他的同事们在一篇题为“初步探讨电子计算机装置的逻辑结构”论文中首先提出并论证的。这一原理确定了计算机的基本组成和工作方式。

“存贮程序”原理使计算机具有通用性。只要在计算机的存贮装置中存入不同的程序,计算机就可以完成不同的任务,这也就意味着计算机具有不同的功能。从这一点上说,计算机可以开发的功能是无穷多的,它的应用领域也可不断地开拓和延伸。据统计,计算机目前已应用到5000多个领域中,但新的应用领域仍在与日俱增。

三十多年来,计算机科学技术以其它任何学科无法比拟的高速度发展着。计算机的大家庭中,计算机系列产品多得令人眼花缭乱,从每秒可进行几亿次运算、功能强大的巨型机,到体积小、价格低廉的微型机。尽管其外型、性能指标及功能强弱差异很大,但基本工作原理都是“存贮程序”原理,其结构的基本组成均属冯·诺依曼型计算机。因此,我们必须了解“存贮程序”工作原理和冯·诺依曼型计算机的基本组成。

§ 1.2 “存贮程序”工作原理

1.2.1 程序和指令

计算机是由电子线路构成的机器,它“聪明能干”,但其聪明能干完全是人赋予它的,计算机科学本身就是人类智慧的结晶。计算机自己并不能主动思维(至少在当前是这样的),一切均听从人的安排。当我们要求计算机完成某项工作时,例如,要解算一道复杂的数学题时,就必须设法把复杂的数学题的解算方法分解成许多简单操作能实现的细小步骤。这些简单操作必须是计算机中能实现的基本操作。由这些基本操作按一定顺序排列起来实现解题任务的步骤称之为“程序”,每一种基本操作称为一条“指令”。指令就是人对计算机发出的一道工作命令,它通知计算机执行某种操作。

程序中的每一条指令都规定了一种基本操作,计算机按顺序执行这些指令,实现解题任务。若要改变程序执行的顺序,要由指令通知。改变顺序前要对一些条件进行判断,也由指令进行判断。

下面我们通过一个简单的实例来说明计算机程序与指令的关系。

若要计算机完成一个简单的算术题 $2+1=?$,必须先为计算机编排一个计算的步骤(也就是程序):

- 第一步 把数据 2 由存贮器取出来, 暂存;
- 第二步 把数据 1 由存贮器取出来, 暂存;
- 第三步 作 $2+1$ 的运算, 结果为 3, 暂存;
- 第四步 结果送存贮器中保存起来;
- 第五步 用打印机打印出结果;
- 第六步 停机。

这样的一个计算步骤便是我们为计算机编制的解题程序。具体的每一步便是对计算机下达的一条操作命令, 称为“机器指令”。

机器指令必须满足两个条件。一是机器指令的形式是计算机能够理解的, 因此机器指令通常用数字编码形式表示。二是机器指令规定的操作必须是计算机能够执行的, 也就是说, 这条指令的操作将有对应的电子线路实现。若程序中的指令是某台机器中没有的, 即没有相应线路实现, 那么这个程序将无法在这台机器上执行。

例如, 某机有取数指令、存数指令、加法指令、打印指令、停机指令及转移指令等六条机器指令, 我们便可编制如下指令序列, 构成 $2+1=3$ 的计算程序:

1. 取数指令(取 2);
2. 取数指令(取 1);
3. 加法指令($2+1$);
4. 存数指令(存 3);
5. 打印指令(打印 3);
6. 停机指令。

程序中每一条指令代表了一种运算操作。例如, 取数指令将完成从存贮器中取出需要的数据; 加法指令则完成两数相加的操作。因此, 每台机器的指令都有标准的格式和具体的含义。尽管它和数据表示的外观形式相同, 但代表的意义完全不同。一条指令通常包括两大部分内容:

1. 指出机器进行什么操作;
2. 指出参与操作的数放在存贮器中的地址。

最常见的计算机机器指令格式如下:

操 作 码	地 址 码
-------	-------

其中, 操作码指出机器进行什么操作, 地址码指出参与操作的数据的地址。

每台计算机都规定了一定数量的基本指令, 也就是说, 为它设计好实现一批基本操作的线路。这批指令的总和就称为计算机的指令系统。不同机器的指令系统中拥有指令的种类和数目是不相同的。例如, 国产 DJS-180 机有 61 条机器指令, 而 DJS-220 机中有 163 条指令, Z80 微型机则有 158 种指令。无论机器指令系统的大小差异多大, 但必须功能完备。一般机器的指令系统中都应具有下面几种功能的指令:

1. 数据传送类指令 这类指令的任务主要是把保存在存贮器中的数据取出来去进行运算,

或把运算的结果送到存储器中保存起来,或在各部件之间传送数据。

2. 进行算术运算和逻辑运算类指令 功能强的计算机可有几十条算术运算指令。在各种算术运算中,最基本的是加和移位。能执行这两种运算,其它运算就可以用程序实现。

逻辑运算是一种对取值只有两种情况的逻辑变量的运算,其基本运算将在本章第四节中介绍。

3. 程序控制类指令(也称转移指令) 这类指令的功能是根据指令中给定的条件改变程序执行的顺序,这些指令使计算机有了逻辑判断的功能。

4. 输入输出指令 这类指令是完成由外部的一些设备把数据送到计算机内,或把计算机中的结果数据送到外部某些设备的传送任务。

5. 各种控制管理机器的指令 例如停机、启动、复位、清除等指令。

上述几类指令对各种计算机都是不可缺少的,否则对一些可计算的问题就不能编制出完整的在机器中可执行的程序。

显然,计算机指令系统功能越强,人们编制程序就越方便,但随之机器结构也就越复杂。

计算机的指令系统在很大程度上决定了计算机在“逻辑思维”方面的能力,是计算机的一个重要特征,指令系统也影响着计算机的结构。

一台计算机的指令是有限的,但在人的精心编制程序的情况下,可完成的任务却可能是无限多的。计算机的工作就是执行程序,但它能自动连续地执行指令,却是因其工作方式按照存贮程序原理进行的。

1.2.2 存贮程序原理

存贮程序原理是计算机结构设计的基础。

程序是一条条机器指令按一定顺序排列起来组成的。因此,计算机工作时,必须按顺序执行每条指令,才能完成解题任务。计算机要实现自动连续运算,不能由人送一条指令才去执行一条指令,必须要使计算机开始工作后能自动地按程序中规定的顺序取出要执行的指令,然后执行它规定的操作。这就要解决两个问题:一是计算机应该知道在什么时间到什么地方去取哪条指令;二是当计算机执行完这条指令后又自动去取要执行的下一条指令。计算机中设置了一个担任指挥员的功能部件完成这两个任务。但必须要创造一个先决条件,即计算机开始工作前,要把人预先编好的程序和数据通过一定的方式送到有记忆功能的部件——存储器中保存起来。程序中的指令通常是按一定顺序一条条存放的。计算机工作时,只要知道程序中第一条指令放在什么地方,它就能按照顺序依次取出每条指令加以识别,然后按照每条指令的规定执行相应的操作。程序的执行是由计算机中担任指挥员的电子装置来完成的,这就是计算机自动连续工作的基础——存贮程序原理。

对存贮程序原理概念,要强调两点:

一是程序中的指令为编码化数字组成,这样才能使程序和数据一样保存在存储器中,否则存贮程序是无法实现的。

二是计算机能直接理解并执行的程序中的指令都属于这台计算机的指令系统,也就是说,这些程序是面向机器的。又称为机器语言程序。

存贮程序原理虽是1946年由冯·诺依曼正式提出并论证的,但它是前人智慧和创造的结晶。许多科学家为探讨现代计算机原理付出了长期辛勤的劳动,甚至毕生的精力。早在1642年法国帕斯卡(Pascal)就制造出第一台机械式计算器,1649年德国数学家莱布尼兹(Baron Von Leibnitz)在改进这一设计的同时,提出了“万能符号”和“推理计算”的理论。这乃是“思维机器”的萌芽。但这些机器还不能实现自动计算。实现自动计算的思想雏形是十九世纪二十年代的英国数学家巴贝奇(Babbage)提出的。他指出,要想使机器自动计算,必须把计算步骤和数据预先存贮在机器中,使机器自己能取出数据,并在必要时能进行一些简单的判断,决定下一步的计算顺序。就是他提出了“条件转移”的概念,条件转移是现代计算机中的一个重要功能。巴贝奇毕生致力差分机和分析机的研究,但由于当时机械制造水平限制,机器未能问世,而抱憾死去。但他的许多思想和提出的创造性建议为计算机发展作出的贡献将永远载入史册。

“存贮程序”工作原理实现了计算机自动计算,同时也确定了冯·诺依曼型计算机的基本组成。

1.2.3 冯·诺依曼型计算机的基本组成

1946年,冯·诺依曼领导的研制小组提出的计算机新设计方案中,便明确了计算机至少应由五个基本部分组成,即运算器、逻辑控制装置(控制器)、存贮器、输入设备、输出设备,并描述了五部分的职能和相互关系。同时,还确定了指令和数据均以二进制数的形式存贮(关于二进制数,将在§1.3中介绍)。这一方案简化了计算机结构,提高了计算机运算速度,使计算机具有了通用性。

冯·诺依曼思想被誉为计算机发展史上的里程碑,标志着电子计算机时代的真正开始。迄今为止,各类计算机的基本组成仍未根本改变,都属于冯·诺依曼型计算机。冯·诺依曼机的基本组成及信息通路如图1.2.1所示。

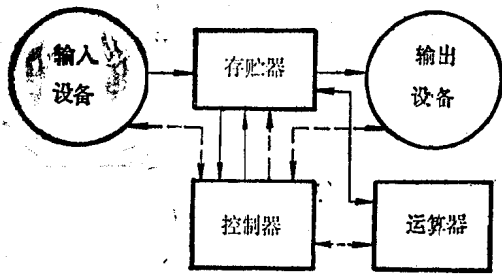


图1.2.1 冯·诺依曼型计算机基本组成

一、存贮器

要实现存贮程序,计算机中必须设有存贮信息的装置——存贮器。存贮器的主要功能是保存大量信息,它的作用类似一台录音机,能把记录的内容长期保存。使用时,可以取出原记录内容,而不破坏其信息;也可以把原来保存的内容抹去,重新记录新的内容。存贮器装置一般用电子或电磁技术实现。

在计算机内部设有一个内存存贮器,简称内存(又称主存)。内存相当于人脑的记忆,记住当前要执行的程序和用到的数据。

计算机计算之前,程序和数据通过输入设备送入内存,计算开始后,内存不仅要为其它部件提供必需的信息,也要保存运算中间结果及最后结果,总之它要和各个部件直接打交道,进行数据传送。因此,为提高计算机的运算速度,就要求内存能进行快速的存数和取数操作。

内存通常采用按地址存取方式。它由许多存贮单元组成,每一个存贮单元可以存放若干位数据代码,该代码可以是指令,也可以是数据。为区分不同的存贮单元,就把内存中全部存贮单元按一定顺序编号,习惯上把这种编号称为地址编码,简称地址。当计算机要把一个信息代码存入某存贮单元中或从某存贮单元中取出时,首先要告诉存贮器该存贮单元的地址,然后由存贮器“查找”该地址对应的存贮单元,查到后,才能进行数的存取。这种情形和我们在大楼里找人,要按照他的住址(也即房间号)寻找他的过程相仿。

由于程序指令和数据的表示都是用同样形式的数字代码表示,为使机器不致搞错,内存中的程序和数据通常分别存放在不同的地址区间。

由于价格和技术方面的原因,内存的存贮容量受到限制。为了存贮大量的信息,就需要采用价格便宜的辅助存贮器。它们设置在主机外部,又称外存。

外存用来存放“暂时不用”的程序或数据。外存容量要比内存大得多,但它存取信息的速度比内存慢。通常外存不和计算机内其它装置交换数据,只和内存交换数据,而且不是按单个数据进行存取,是以成批数据进行交换。

由于外存设置在计算机外部,所以也归属计算机外部设备。

二、运算器

计算机中最主要的工作是运算。大量数据的运算任务是在运算器中进行的。

“运算”这个词在计算机学科中的含义比我们通常理解的要更为广泛。它不仅是指加、减、乘、除等基本运算,还包括逻辑判断、逻辑比较以及其它基本逻辑运算。但无论是算术运算还是逻辑运算,都只是基本运算。这就是说,运算器的运算能力“低下”,只会作简单运算。复杂的问题在计算机中只能用简单的法则一步一步实现。然而,计算机的运算速度却快得惊人。因此,它的能力是用高速赢得的。

运算器中的数据取自内存,运算结果又送往内存。但在内存中存取数和运算器中进行运算,都是在计算机的指挥机构——控制器控制下进行的。

三、控制器

控制器的主要作用是使整个计算机能够自动地执行程序。控制器控制着整机各部件步调一致地工作,执行内存中存贮的程序。

控制器要从内存中按顺序取出各条指令,每取出一条指令,就分析这条指令,然后根据指令的功能向各部件发出控制命令,控制它们执行这条指令中规定的任务。图 1.2.1 中的各虚线便是控制命令信息的通路,实线是数据代码信息的通路。当各部件执行完控制器发出的命令之后,都会发出汇报任务执行情况的“反馈信息”。当控制器得知一条指令执行完后,会自动顺序地去

取下一条要执行的指令,重复上面的工作过程,只不过对不同的指令,发出不同的控制命令而已。例如,现在控制器取出程序中第一条指令,经分析,控制器识别出这是一条加法指令,于是它发出如下控制命令序列到各部件中去:

1. 向内存发出取数命令,按指令所指出的地址取出加数;
2. 把取出的加数送到运算器中,和原来已取出来暂时存在运算器中的被加数进行加法运算;

3. 向内存发出存数命令,并送去内存存数的地址,把结果存到内存中指定的单元。

上面用文字描述的命令在计算机中是由控制器发出的电信号实现的。

至于内存、运算器和控制器如何完成各自的任任务,将在后续有关章节中分别介绍。

运算器和控制器通常合在一起称为中央处理器,简称 CPU (Central Processing Unit)。内存、运算器和控制器组成计算机的主机。参见图 1.2.2。

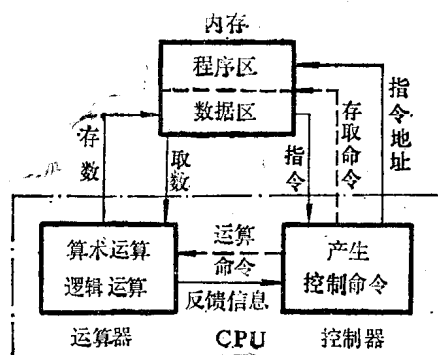


图 1.2.2 主机结构

四、输入设备

只有主机仍无法进行正常工作,因为程序和数据无法送到计算机中存贮起来。因此,还必须必须有输入装置。输入装置的作用是把程序和数据信息转换成计算机中的电信号,顺序送往计算机内存中。常配置的输入设备有纸带输入机、键盘打字机、卡片输入机,等等。

纸带输入机和卡片输入机都是用来把事先保存在穿孔纸带上或穿孔卡片上的程序与数据转换成电信号表示的数字信息送到计算机中。这两种设备现已很少使用。键盘打字机则是用键盘打字输入程序和数据,由键盘打字机把每个键对应的数字符号转换成电信号的数据信息。

五、输出设备

计算机还必须配置输出装置,以便把运算结果按人们需要的形式送出。例如,打印在纸张上,显示在荧光屏幕上,等等。

输入设备和输出设备都是计算机的外部设备。前面曾提到外存也归属于外部设备。像录音带似的磁带以及像唱片似的软磁盘都是常用的外存。由于磁带和磁盘上保存的信息可以直接送到内存,已保存在内存中的信息也可以输出记录到磁带或磁盘上,因此,磁盘机、磁带机也可以作为输入、输出设备。

主机和输入、输出设备这些实际的物理装置称为计算机的硬件或称硬设备。计算机仅有硬件还是无法工作的,必须要有程序。随着计算机技术的发展,不仅有用户自己编制的计算程序,还要有专为计算机配置的具有特殊功能的各种程序。例如,有代替操作人员管理机器的程序;有检查机器故障的程序;当用户使用比较方便的高级程序设计语言编制程序时,机器中必须配置进

行“翻译”工作的程序,它的任务就是把高级语言编写的程序翻译成机器能识别的机器语言程序。这些程序通通称为软件。由于许多软件已经成为计算机系统不可分割的组成部分,因此,这些软件称为软设备。我们买一台计算机,不但要购买硬设备,还要买机器配置的相应的软设备,两者缺一不可。计算机的硬件和软件共同组成计算机系统。当使用计算机时,并不只是和硬件打交道,而是和整个计算机系统交往。

§ 1.3 计算机运算基础

计算机要进行大量的数据运算和数据处理。所有的数据信息在计算机中都是以数字编码形式表示的。因此人们就产生许多问题:这些数字编码是以什么形式表示的?机器中表示的数与我们日常表示的数有什么不同?文字符号如何表示?等等。本节我们将讨论这些问题。

1.3.1 二进制数字系统

人们最熟悉的数字表示方法是十进制表示,然而计算机中却采用了我们不熟悉而且日常生活中很少使用的二进制数字系统。为什么计算机选择了二进制呢?要回答这个问题,首先要认识一下二进制数字系统。

一、进位计数制

二进制数和我们习惯的十进制数一样都是采用进位计数制的。除了十进制、二进制以外,生活中还会遇到各种进位计数制,例如,钟表计时采用十二进制;计分、秒采用六十进制;中国旧制市秤采用十六两为一斤的十六进制;等等。观察各种进位计数制,可以发现它们有两个共同点。一是采用进位计数方式,例如,逢十进一;逢二进一;逢十六进一。而十、二、十六恰是各种进位计数制中表示一位数所需要的符号数目,数学上称之为基数。二是采用位置表示法。即处于不同位置的数字所代表的值不相同。而在固定数位上表示的值是确定的,这个固定位上的值在数学上称为权。

表 1.3.1 中列出了十进制、二进制和十六进制各数位的权。设 $D = D_n D_{n-1} \cdots D_2 D_1 D_0$ 。

表 1.3.1 十进制、二进制、十六进制数位的权

数 位	十进制权	二进制权	十六进制权
D_0	$1=10^0$	$1=2^0$	$1=16^0$
D_1	$10=10^1$	$2=2^1$	$16^1=16^1$
D_2	$100=10^2$	$4=2^2$	$256=16^2$
D_3	$1000=10^3$	$8=2^3$	$4096=16^3$
D_4	$10000=10^4$	$16=2^4$	$65536=16^4$
D_n	10^n	2^n	16^n