

高等学校函授教材
高等教学自学用书

结构化FORTRAN77

钱妹珍 王永江 编著



同济大学出版社

高等学校函授教材
高等教育自学用书

结构化FORTRAN 77

钱妹珍 王永江 编著

同济大学出版社

(沪)204号

内 容 提 要

本书系统地介绍了结构化 FORTRAN 77 程序设计语言的方法和技巧。它是专为函授或自学学生学习而编写的计算机程序设计教材。亦可作为攻读大学课程的自学用书和高等自学考试的参考书,还可供科技工作者和工程技术人员参考。

全书共分十章。其内容有概述、FORTRAN 77 基础和基本语句、选择结构、循环结构、数组、字符数据处理、函数和子程序、数据联系说明语句及数据块子程序、文件的使用和输入输出系统以及结构化程序设计的基本方法和技巧。本书还配有《结构化 FORTRAN 77 复习和上机指导》一书以辅助教学。

责任编辑 冯时庆

封面设计 王肖生

结构化 FORTRAN 77

钱妹珍 王永江 编著

同济大学出版社出版

(上海四平路 1239 号)

新华书店上海发行所发行

常熟市印刷七厂印刷

开本: 798×1092 1/16 印张 20.75 字数: 530 千字

1994 年 6 月第 1 版 1994 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1—8000 定价: 12.40 元

ISBN 7-5608-1361-5/TP·135

前 言

FORTRAN 程序设计语言是目前国际上广泛流行的一种高级计算机语言。它具有标准化程度高、易学易懂、功能强等显著优点。结构化 FORTRAN 77 是 FORTRAN 77 程序设计语言的新版本,它增加了适于结构化程序设计的语句,扩充了字符处理的功能,扩大了文件处理的能力,从而大大地增强了它进行数据处理的能力,更便于编写优良的程序。所以,结构化 FORTRAN 77 不仅能方便地进行科学计算,而且还可以更广泛地应用到非数值计算的各个领域中去。它是目前国内外广泛使用的一种程序设计语言。

本书是为函授学生学习而编写的,编者总结了多年函授教学的经验,根据初学者和自学的特点,从具体例子着手,由浅入深,循序渐进地介绍了结构化 FORTRAN 77 程序设计语言的基本内容及结构化程序设计的思想和方法。编写中努力做到科学性和实用性相结合。全书配有大量实例,从教学的角度说明语言的基本概念、语法规则和结构化编程的方法和技巧。各章附有学习指导、复习思考题和习题,还按阶段给出了测验作业题,以供学生自测。可见,本书不仅适用于函授教学,也适用于科技人员和初学程序设计的读者使用。

本书是以 FORTRAN 77 标准为依据,但在内容上为了有利于结构化程序设计和贯彻少而精的原则,我们删去了标准中的如赋值 GOTO 语句、SAVE 语句、多重入口和交叉返回等内容。这些内容有些不符合结构化程序设计的要求,有些不难用其他语句代替。删除它们不会影响对 FORTRAN 77 的理解和应用。书中介绍的内容和程序基本上适用于配有 FORTRAN 77 编译系统的计算机系统。但不同的计算机系统所使用的 FORTRAN 77 会有一些小的差别,使用时请查阅有关计算机系统的 FORTRAN 77 说明书。

为了便于读者自学,我们还编写了本书的配套教材《结构化 FORTRAN 77 复习和上机指导》,提供了复习要点、IBM-PC FORTRAN 77 上机操作和本书中各章习题的参考解答。

本书在编写过程中得到同济大学函授与继续教育学院和同济大学计算机系的大力支持。同济大学计算中心陈福民教授对全书作了认真细致的审核,在此一并表示深切的感谢。

由于编者水平有限,不妥之处在所难免,恳切地希望读者提出宝贵意见,以便改进。

编 者

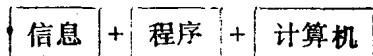
1993年4月

本课程函授、学习方法的一些说明

1. 学习本课程的目的、任务和基本要求

自 50 年代以来, 计算机技术发展极为迅速。现在, 它不仅在科学计算、工程设计、军事指挥方面, 而且在情报检索、企业管理等方面都得到了广泛的应用。计算技术的应用和普及是现代科学技术发展进步的一个重要标志。当今世界, 已进入了计算机时代, 人们可以预见, 不久将来要求人人都要具有“第二文化”——计算机知识, 如不懂计算机就如今日的文盲一样。

现代计算机系统具有运行速度快、存储容量大、计算精度高、功能广泛等优点。人们可把自己的数据、信息通过程序控制计算机自动处理, 即通过



来实现信息加工处理的自动化, 从而达到解决问题的高效率。

由此可见, 使用计算机中的一项重要工作, 就是要编写处理问题的计算机程序。目前, 在现代计算机系统上都配置了如 BASIC, FORTRAN, PASCAL, COBOL, C 等各种给计算机编制程序的高级程序设计语言。因此, 普及高级程序设计语言, 掌握编制程序的理论和方法, 是推广、应用计算机系统的一个重要环节。

FORTRAN 语言是一种高级程序设计语言, 而结构化 FORTRAN77 又是 FORTRAN 语言的新版本。本教材介绍其程序设计的理论、方法和技巧, 掌握了这种程序设计语言, 对学习其他各种程序设计语言将有很大的启示作用。本课程是高等工业学校非计算机专业函授教学计划中一门非常重要的技术基础课。它的目的与任务是使函授生通过本教材全部教学内容的学习, 达到如下的基本要求:

- (1) 初步了解现代计算机系统的基本组成。
- (2) 掌握结构化 FORTRAN77 语言的基本特点, 各种语句格式和程序块的结构及其使用方法。
- (3) 学会用结构化 FORTRAN77 语言进行程序设计的基本理论、方法和技巧。
- (4) 学会用结构化 FORTRAN77 程序设计语言进行阅读、修改、编制程序和具有上机计算、调试程序的能力。
- (5) 为学生能够应用计算机语言解决在学习专业课程中和从事工程技术工作及科学研究工作中提出的问题打下一定的基础。

2. 学习方法

(1) 阅读教材

阅读教材是函授、自学中最基本、也是最重要的环节。学生必须具有为加快现代化建设步伐而勤奋学习的正确态度, 以顽强的意志深入钻研教材内容。在阅读教材时应做到:

- ① 以章为单位, 首先对全章的内容粗读一遍, 然后阅读该章后面的学习指导, 在明确了本章的学习要求和内容的重点以后, 再开始仔细阅读教材。在阅读过程中若遇到不懂的地

方,不要操之过急,可以通过教材中大量的例题仔细推敲,反复思考,以加深一些概念的理解,从而把本课程的基本概念、编程的技巧真正学到手。

② 结构化 FORTRAN77 语言和其它高级程序设计语言一样,它有严格的描述方法和许多具体而繁琐的规定。但语言是工具,学习计算机语言的目的是在于利用它编制程序以解决面临的问题。因此学生在阅读教材时,一开始切不要把主要精力花费在死记硬背一大堆语言规则和格式中去,而应当抓住重点、理解基本概念、学会语句的基本用法及程序设计的方法和技巧。正如学习英语一样,不能从背文法开始,更不能学完文法再写句子,而必须把文法和句子结合起来学。同样,学习使用计算机高级程序设计语言编写程序,也应当把语法规定和使用语言编制程序紧密地结合起来。

③ 使用是最有效的记忆。学习时,应从实际背景→概念定义→语法规则→语句格式→基本用法→编程的方法和技巧这样一条主线进行反复思考,以获得每一个新的概念。所以阅读教材时必须围绕本课程的基本要求,一开始不要对教材中一些次要的、细小的问题太钻牛角尖,要把精力集中在主要的方面。一些详细的规定在我们多做几次练习和上机实践后就自然会理解和记住。在掌握了 FORTRAN77 语句的基本用法和程序设计的基本技巧后,完全可以编制出一般的 FORTRAN77 程序。这是编者在教学实践中的一个深切体会。

函授生的学习主要依靠自学。只有靠自己努力获得的知识才是最扎实的知识,别人的帮助只能作为入门的响导,关键在于个人钻研。

(2) 做好习题和复习思考题

学习高级程序设计语言编写程序,对初学者往往有这样的感觉,似乎看懂一个程序比较容易,但自己独立编写一个程序就觉得难以着手。所以要求学生学习时不能停留在看懂程序上,而要自己动手,独立地多编写一些程序。只有多练习编写程序才能掌握其语句的用法和编程的技巧。习题作业是理论联系实际的重要环节,也是培养和发展能力的重要手段,对本课程来说更为重要,务须充分重视。

学生在阅读并基本上理解了有关章节的内容以后,为了检查自己掌握的程度、巩固学习的内容,应该用每章末的复习思考题进行自我检查。同时也必须完成每章后列出的习题来锻炼自己独立编程的能力。习题作业要求坚持独立完成。应该说明的是,配套教材中提供的习题参考答案仅仅是提供解题的思路和方法。且习题的解答并不是唯一的,也不一定是最佳的。特别是给计算机编程序,它不但要求有数学那样的精确性,而且又要像作曲那样具有美的色彩。所以提供的答案只能作参考。严格要求每个学生,在未经独立作出真正的努力来解答问题之前,不要先翻阅参考答案,必须作了认真的尝试之后,现成的答案才可能有帮助。

习题必须书写整洁,按自学周历表规定的时间内完成和交老师批阅。

(3) 测验作业

按照学校所发的自学周历表的规定,在学完每一阶段的教材内容,并做好这阶段的习题后,进行一次测验作业。测验作业是检查学生对该阶段内容是否学到手的重要依据。在做测验作业之前,应该严格依照计划,对规定章节切实学好以后,方可进行。测验作业必须按时、按质、按量地独立完成。应做在学校规定的作业纸上,书写整齐,在规定的日期内寄缴学校,由教师批改后发还存查。

(4) 面授

面授和全日制讲课不同, 因此不是把全日制课堂内容浓缩照搬到函授教学。面授讲课而是突出重点、抓住难点、照顾系统。它是总结性的讲课, 对比较难懂的重点章节和关键问题进行讲解, 将帮助学习掌握本课程各章的重点和难点。学生必须认真地上好每一次面授课, 彻底理解面授的内容。

每次面授还留出一定的时间让学生提问, 学生如有疑难之处可以提请教师解答。

(5) 书面提问和答疑

函授生通过自学、做习题作业、面授以后, 若还有疑难问题, 经过反复思考仍无法解决, 可用书面方式向任课教师提问, 所提问题要明确具体、字迹要清楚, 以利教师在接到书面提问后, 能尽快给予答复, 帮助学生及时获得解决。

(6) 实验

结构化 FORTRAN77 程序设计是一门实践性课程。完成课程实习是本课程教学中的一个重要环节。通过在计算机上的操作, 不仅能使學生巩固和验证所学的知识, 更重要的是对学生进行如何使用计算机系统的实践训练, 培养学生上机操作、调试程序的能力和严肃认真实事求是的科学作风。

按本课程教学大纲的规定必须给予每个函授生一定的时间在计算机上进行上机实习操作。上机实习教学按校部规定范围由各函授站利用当地条件组织进行, 应尽可能创造条件提供较多的机时给函授生上机实习操作。

学生在上机实习前必须掌握上机操作的有关知识, 并且认真编写好上机调试的 FORTRAN77 程序和操作说明, 否则不能参加上机实习。

要求每个学生在规定的实习时间内完成实习题的上机操作、调试和计算, 并获得正确的运行结果。

上机结束每个学生应用统一的作业纸写出实验报告。教师根据每个学生的实习情况和实验报告给予评定成绩。实验成绩以“及格”和“不及格”进行评定。

(7) 考试

根据教学计划规定, 由学校在自学周历表中安排考试日程。考试主要采用笔试方式。

函授生在完成本学期规定的全部习题和测验作业后, 才能参加考试。

在考试前, 学生应该根据本课程的有关基本要求, 对全部教学内容进行系统的复习。

目 录

本课程函授、学习方法的一些说明	(1)
第1章 计算机和程序设计概述	(1)
1.1 计算机系统的组成	(1)
1.2 计算机中信息的编码表示	(4)
1.3 程序设计的计算机语言	(6)
1.4 高级语言程序运行的环境	(7)
学习指导	(10)
复习思考题	(10)
第2章 FORTRAN 77 基础	(12)
2.1 FORTRAN 语言概况	(12)
2.2 简单的 FORTRAN 77 源程序分析	(13)
2.3 FORTRAN 77 程序设计语言字符集和源程序的书写格式	(16)
2.4 数据类型和常数	(19)
2.5 变量	(23)
2.6 算术运算和算术表达式	(26)
2.7 逻辑运算和逻辑表达式	(32)
2.8 FORTRAN 77 程序结构	(36)
学习指导	(37)
复习思考题	(39)
习题	(40)
第3章 FORTRAN 77 的最基本语句	(42)
3.1 FORTRAN 77 语句的分类	(42)
3.2 赋值语句	(42)
3.3 输入输出的基本概念	(45)
3.4 表控格式输入输出语句	(47)
3.5 带格式的输入输出语句	(49)
3.6 格式说明及其用法	(51)
3.7 参数说明语句(PARAMETER 语句)	(65)
3.8 PROGRAM 语句、END 语句、STOP 语句、PAUSE 语句	(66)
3.9 程序举例	(68)
学习指导	(70)
复习思考题	(72)
习题	(73)
第一次测验作业题	(75)
第4章 选择结构	(77)

4.1 引言	(77)
4.2 程序框图	(78)
4.3 无条件转移(GOTO)语句	(79)
4.4 逻辑(IF)语句	(81)
4.5 块条件(IF)语句	(86)
4.6* 算术条件(IF)语句	(102)
4.7* 计算转移(GOTO)语句	(105)
学习指导	(108)
复习思考题	(113)
习题	(113)
第5章 循环结构	(117)
5.1 “当型”循环	(117)
5.2 “直到型”循环	(120)
5.3 DO循环	(123)
5.4 DO循环的结构及循环的执行过程	(124)
5.5 CONTINUE语句	(126)
5.6 DO循环的应用举例	(126)
5.7 DO循环的使用规则	(129)
5.8 DO循环的嵌套及举例	(133)
5.9 几种循环形式的比较	(139)
学习指导	(140)
复习思考题	(143)
习题	(143)
第二次测验作业题	(146)
第6章 数组	(148)
6.1 引言	(148)
6.2 数组与下标	(148)
6.3 数组的说明	(150)
6.4 数组元素的存贮顺序和下标值	(151)
6.5 数组的输入与输出	(153)
6.6 程序举例	(160)
学习指导	(170)
复习思考题	(171)
习题	(171)
第7章 字符数据处理	(173)
7.1 引言	(173)
7.2 字符常数、字符变量与字符数组	(173)
7.3 字符子串	(176)
7.4 字符表达式、字符赋值语句	(178)

7.5	字符型数据的输入/输出	(181)
7.6	字符关系表达式	(185)
7.7	用于字符处理的内部函数	(188)
7.8	应用举例	(191)
	学习指导	(199)
	复习思考题	(200)
	习题	(200)
	第三次测验作业题	(202)
第8章	函数和子程序	(204)
8.1	结构化程序设计的基本方法	(204)
8.2	内部函数	(207)
8.3	语句函数	(214)
8.4	函数子程序	(223)
8.5	子例程子程序	(234)
8.6	EXTERNAL(外部)语句和INTRINSIC(内部)语句	(242)
8.7	虚实结合	(245)
8.8	可调数组	(248)
	学习指导	(258)
	复习思考题	(262)
	习题	(262)
第9章	数据联系说明语句及数据块子程序	(266)
9.1	引言	(266)
9.2	等价语句(EQUIVALENCE 语句)	(266)
9.3	公用语句(COMMON 语句)	(271)
9.4	赋初值的数据语句(DATA 语句)和数据块子程序	(277)
9.5	FORTRAN77 语句小结	(281)
	学习指导	(285)
	复习思考题	(287)
	习题	(287)
	第四次测验作业题	(289)
第10章	文件的使用和输入输出系统	(292)
10.1	引言	(292)
10.2	文件的基本概念	(292)
10.3	含有完整控制信息表的输入和输出语句	(294)
10.4	文件的打开、关闭和特性询问语句	(296)
10.5	文件的输入和输出	(300)
	学习指导	(308)
	复习思考题	(309)
	习题	(310)

附录一 字符、ASCII 代码、EBCDIC 代码对照表.....	(311)
附录二 FORTRAN77 与 FORTRAN66 的比较.....	(314)
附录三 FORTRAN77 子集语言与 FORTRAN77 全集语言的主要差别.....	(316)
参考文献	(318)

第1章 计算机和程序设计概述

人类在同大自然斗争中,创造并逐步发展了计算工具。古代人们最早用木棍和石子来计数,随着生产的发展,逐步发展了各种计算工具(例如算盘、计算尺、机械计算机),发展至今,为电子计算机。电子计算机是一种能够自动地、高速地、大量地进行各种数值计算、信息存贮、过程控制和数据处理的现代化电子设备。自1946年第一台电子计算机问世至今不过40多年,但它的迅猛发展开辟了科学技术的新阶段。尤其从70年代初期,由于超大规模集成电路的发展,诞生了微型计算机,并以它特有的体积小、功耗低、功能强和价格便宜等优点,得到飞跃的发展和广泛的应用。作为现代化信息处理工具的电子计算机已成为当今世界新技术革命的重要标志之一。

1.1 计算机系统的组成

1.1.1 计算机工作的特点

1. 运算速度快

由于信息(数据)在计算机中进行传送或计算是由电子线路的电脉冲控制的,所以运算速度非常快。目前国外已有每秒十几亿次运算速度的计算机。我国的“银河”机运算速度也在每秒十亿次以上。可以预料,随着计算机组成元件的不断更新,运算速度也将会有更大幅度的提高。

2. 具有记忆能力(存贮信息能力)

计算机的一个重要特征是具有记忆功能的存贮器。这种存贮器能存贮代表数据和指令的电信号,为实现程序的自动控制打下了基础。一般计算机能存贮几万、几十万、几百万、甚至几千万个字符的信息。如果,计算机使用了辅助存贮设备,那么,它能记忆的信息量将是无止境的。

3. 程序执行的自动化

存贮在存贮器里的指令即是命令,一系列命令的集合就构成一个程序。计算机按照人们规定的程序,自动地执行程序,进行取数、运算和输出等操作,不需要人去参与,这意味着程序执行的自动化。一般在程序自动执行期间,还会出现人机对话,比如有时要求程序员输入数据后,程序继续执行等。

4. 具有逻辑判断能力

计算机可以进行各种逻辑判断,并根据判断的结果自动地作出,决定下一步去做什么。

5. 高精度和可靠性

计算机本身是高度精确的,从而保证了能以很高的精度对信息进行处理。由计算机加工得到的结果数据,其有效位数可达十几位,甚至上百位。另外,大规模和超大规模集成电路的使用,以及采取了一定的技术措施,使计算机可无故障地连续运行几年时间。

6. 通用性强

计算机应用范围已不只局限于科学计算领域,而正向社会的各个领域渗透。它已被广泛地应用于工业、农业、商业、国防、科研、文艺和教育乃至人们的日常生活等方面,成为现代社会必不可少的工具。

概括地说,电子计算机是一个高速操作、具有内部存贮能力、由程序控制操作过程的自动的电子装置。

1.1.2 计算机系统的基本组成

从计算机的工作特点可知,计算机按照人们编制的程序执行各种操作,其动作执行是由称为硬件的物理设备实现的。硬件指的是计算机系统中所有的机械和电气装置。而计算机运行时的各种程序和文档(或文件)统称为软件。由此可见,一个完整的计算机系统是由硬件系统和软件系统两部分组成,缺一不可,下面分别作介绍。

1. 硬件系统

我们首先来看一下人们是怎样进行手工计算的,例如要计算 $365 - 30 \times 6$ 这道算术题的大致步骤如下:

第一步——考虑好计算方法和次序,并把所用的公式和原始数据写在纸上。

第二步——用人工或计算工具(例如算盘)先算出 $30 \times 6 = 180$, 写在纸上,然后再在算盘上打上 365, 减去 180, 得 185, 其中称 180 为中间结果,而称 185 为最后结果。

第三步——把最后结果 185 写在纸上。至此,这道计算题完成了。

从上面繁琐的叙述中可以看出,要完成手工计算,必须造一张记载已知数据、中间结果及最终计算结果的表,并在一开始和每一步计算后在其上登记这些数据;进行各步计算,可以笔算,也可以用算盘、查表,以及各种计算器等等;最后,誊抄结果去使用。最重要的是要由人先设想好计算步骤,再按步骤逐步去做。

类似于手工计算,计算机硬件系统的设备包括以下几个部分组成:

1) 存贮器

计算机的存贮器是计算机的“记忆仓库”,是存放程序和数据的地方。类似于人工计算时记载数据的纸和笔。但容量比一张纸大得多。存贮器不仅能把人们要求计算机进行运算处理的数据和如何处理的工作程序记录下来,而且还能随时再现,提供使用。

由于计算机存贮器的价格比较昂贵,因此一个计算机中存贮单元的数量不能做得太大。为了适应需要处理大量数据的情况,提供了磁盘、磁带、磁鼓等设备以存贮信息;它们作为计算机的外部设备,称为外存贮器,简称“外存”。外存贮器又称为“辅助存贮器”。而上面提到的装在计算机内部的存贮器称为内存贮器,简称为“内存”。内存又称为主存贮器;它是计算机硬件系统的中心。数据可以先存放在外存中,在需要时调入内存,然后从内存送到运算器进行运算。还可以将运算结果或其他信息送到外存,保存起来。

计算机存贮器有一个非常重要的特点,这就是当信息从存贮单元中取出时该存贮单元中原有的信息不受破坏,仍保持不变。而只有当新的信息送入存贮单元后,原存贮单元的内容遭到破坏,新的信息才取代了原来的信息。

2) 控制器

控制器是计算机的指挥中心,它向各部分发出操作命令,并控制和协调计算机各部分按

人们预先制定的程序有条不紊地自动进行工作。相当于手工计算中人的脑子是进行控制的装置。

3) 运算器

运算器是用于进行加、减、乘、除等算术运算和逻辑运算的装置。类似于手工计算时的算盘等计算工具。

计算机执行的一切运算都是由运算器来完成的。运算器是根据控制器的命令进行运算操作的。一般把计算机中的控制和运算部件统称为中央处理器 (Central Processing Unit, 简称 CPU)。它是计算机的核心部件。

4) 输入设备

把计算机用的程序和数据转换成计算机可以识别的代码,并送入存贮器中保存,称作为“输入”。输入是通过输入设备将信息送入计算机内。

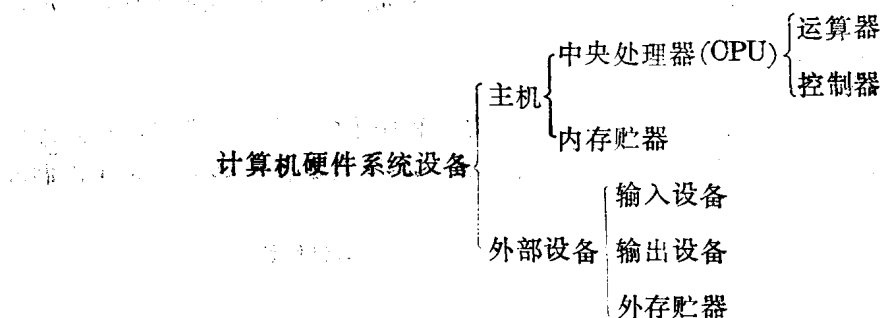
常见的输入设备有终端键盘、电传输入机、卡片输入机、光笔输入器等。

5) 输出设备

把计算结果和人们所需要的信息从计算机送出,称作“输出”。输出是通过输出设备进行的。

常见的输出设备有终端显示器、行式打印机、绘图仪等。

硬件系统是计算机实际装置的总称。一个计算机硬件系统的设备可以表示如下:



它们各部分之间的联系见图 1.1。

图 1.1 中, —→ 表示数据代码信息的传递, …… 表示控制信息的传递。

2. 软件系统

一个计算机要正常工作和发挥效能,除了需要上述的硬件系统外,还必须配上功能完善的、事先编好的程序系统和有关文档资料,这称为软件系统。一个不包含任何软件的计算机称为“裸机”。裸机的功能是有限的,机器的效能得不到充分发挥。软件系统是各种程序的总称,配上了它才能更好地管理机器和使用机器,提高和扩大计算机的使用效率和功能。在专业上,因为机体本身

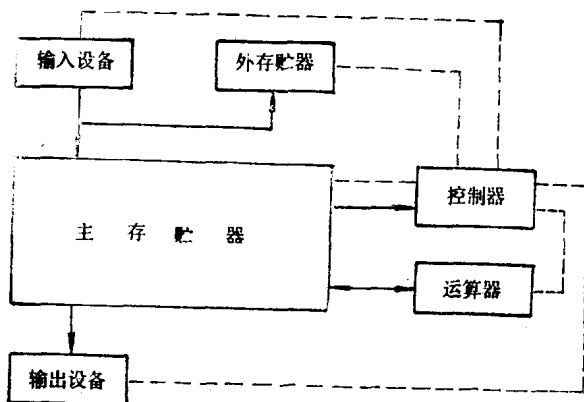


图 1.1 计算机硬件系统设备各部分联系示意图

一旦制成,就不能轻易改变了,所以称为“硬件”或“硬设备”。而程序系统是可以增减或修改

的,所以称为“软件”或“软设备”。

软件分为系统软件和应用软件。系统软件是由计算机厂商提供的,它的作用是管理系统的功能以充分发挥计算机的效能,支持用户的应用程序运行,例如操作系统、编译程序等属系统软件。应用软件是为了实现应用系统的专业功能而开发的程序,适用于特定的应用目的。

随着计算机应用的日益广泛深入,对计算机软件的研究和应用越来越显示出它的重要性。

1.2 计算机中信息的编码表示

人们通常习惯于使用十进制数。用 0, 1, ..., 9 这十个数字的不同组合,可以表示任意一个数。在十进制中有十个基数,由低位向高位是逢十进一。但在计算机内的信息都是用二进制来表示的。它只有两个基数 0 和 1,由低位向高位进位是逢二进一。由于电子元件一般都有两种稳定的工作状态,例如电脉冲的“有”和“无”可用“1”和“0”来代表。这样用一组二进制数来表示电子元件中一个特定的工作状况是很方便的。

计算机的存储器中包含了许许多多具有两种稳定工作状态的电子线路,例如一个微型计算机的半导体存储器可以包含几十万个小的脉冲电路单元。每个小单元的工作状态可以用“1”或“0”来表示。

1. 数的二进制编码表示

计算机中使用的是二进制数。输入计算机中的数或程序中的数是十进制的,必须由计算机系统转换为二进制数。二进制的规则是逢二进一。下面是表示 16 以内的十进制数和二进制数的对照表:

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
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111
16	10000

一个十进制数可以表示成以 2 为底的指数形式,例如:

$$11 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0.$$

将各次的系数顺序排列得 1011,这就是十进制数 11 的二进制表示形式。

任何一个十进制整数化成二进制数的方法是不断除以 2，求出每次除法运算后的整数商和余数。一直将除法进行到得到整数商为零时停止。将各项余数由下到上顺序排列，就得到相应的二进制数。如十进制数 18，要化成二进制数的方法是：

$$\begin{array}{r}
 2 \overline{) 18} \quad (0 \\
 2 \overline{) 9} \quad (1 \\
 2 \overline{) 4} \quad (0 \\
 2 \overline{) 2} \quad (0 \\
 2 \overline{) 1} \quad (1 \\
 \hline
 0
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \uparrow \\
 \text{得 } 10010
 \end{array}$$

表示为 $(18)_{10} = (10010)_2$ 。括号外的下角表示数制。

输入时，输入到计算机后要化成二进制形式存贮，在运算时是直接以二进制形式运算的。得到的结果也是以二进制形式存放在内存单元中的。在输出时将二进制数化成十进制数的形式输出。当然这些都是由计算机系统去完成的。

2. 字符的编码表示

计算机中的字符也要用二进制形式的代码来表示。不同的计算机系统采用不同的代码表示一个字符。在国际上使用最多的有 ASCII 代码 (American Standard Code for Information Interchange, 即美国信息交换标准码) 和 EBCDIC 代码 (Extended Binary-Coded Decimal Interchange Code, 即扩充的二—十进制交换码)。例如，字母“A”用 ASCII 代码表示为 01000001。关于字符与 ASCII 码和 EBCDIC 码的对照关系请参阅附录一。在附录中用八进制和十六进制数表示。它们是二进制数形式的一种变种。

一个二进制数以每三位一段，把该三位二进制数化成十进制形式，由于三个二进制数最大位为 7，因此逢八进一，这就是八进制数。例如：字母“A”的 ASCII 代码的二进制形式为 $(01000001)_2$ ，将三位划为一段得

$$\begin{array}{ccc}
 0 & 1 & 000 & 001 \\
 \hline
 1 & & 0 & 1
 \end{array}$$

因此，“A”的 ASCII 代码的八进制形式是 $(101)_8$ 。

如果我们从键盘上按一个“A”键，则系统会自动将“A”转换成 ASCII 码或 EBCDIC 码，然后存贮在内存的存贮单元中。一个字符的代码为 8 个二进制位。

3. 几个常用术语

位(bit) 每一个小的脉冲电路单元称为一位，位是存贮信息的最小单位。一个位的信息以“0”或“1”表示。也称为二进制位。

字节 (byte) 由若干个 bit 组成一个字节，一般计算机以 8 个 bit 作为一个字节。每 1024 个字节称为 1K(千)字节，而每 1024×1024 个字节称为 1M(兆)字节。字节简称为“B”，故 1K 字节简称为 KB，1M 字节简称为 MB。

主存贮器能容纳的信息量称为计算机的存贮容量。人们一般用 KB 作为存贮容量的计算单位，例如，我们可以说某台计算机的存贮容量为 64KB，或者 65536 个字节。

字(Word) 由一个或几个字节组成一个存贮单元，称为“字”。一个存贮单元(字)中存放一个指令或一个数据(实数)。

地址(address) 计算机的内存贮器由成千上万个存贮单元组成，为了管理方便，将每

个存贮单元(或字节)编号,这编号就是“地址”。如果想从哪一个存贮单元中将存放在那里的信息取出来,就应当先知道它的地址,然后按地址找到该存贮单元,再将该存贮单元中的信息取出来。这如同一个旅馆一样。要找某一个旅客,先要找到他的房间号,然后找到其中住的人。请注意不要把存贮单元的地址和它的内容混淆。

1.3 程序设计的计算机语言

人们使用计算机,使计算机按人们的意旨进行工作,就必须使计算机能理解和执行人们给它的指令。正如人和人交流信息时需要语言一样,人与计算机之间,也存在着一种信息交换的工具——计算机语言。它是人和计算机联系的媒介,人和计算机都能理解它。通常所说的程序设计,就是指按照一定的语法规则和具体求解的问题来为计算机编制指令。机器语言、汇编语言和高级程序设计语言是三种常用来进行程序设计的计算机语言。

1.3.1 机器语言

计算机的存贮单元里通常存贮着机器指令或数据。一条机器指令(机器语言)是由若干二进制位(例如16个二进制位)组成。一条机器指令一般分成操作码和地址码两个部分。操作码指明该条指令如何操作;地址码是提供和该条指令操作相关的地址。具有一定功能的若干条指令的集合组成了一个程序,称为机器语言程序。由于各种计算机可能配置着不同的指令系统(系统中各指令的集合),所以机器语言通用性极差,且不易阅读和书写。但计算机对机器语言能立即理解并执行。

1.3.2 汇编语言

用助记符号来代替机器语言指令,构成了汇编语言(符号语言)。汇编语言是与机器语言一一对应的。例如 $\left. \begin{array}{l} 10110100 \\ 00001001 \end{array} \right\}$ 这是 IBM-PC 微型计算机的一条机器指令,对应的助记符指令是 MOV AH 09,其意义是将 09 这个数,传送到累加器高八位寄存器 AH 中。然而汇编语言送入计算机后,计算机是不能识别的,需要翻译成机器语言。这种翻译工作是由计算机的汇编编译程序来完成的。汇编语言用助记符来表示指令和操作地址,阅读和书写比机器语言容易得多,但用户仍需了解计算机的内部构造,只有训练有素的专业人员才能使用。并且,它与所要进行计算的数学公式差别仍是很大的。计算机的高速度与编程的低效率存在着很大矛盾。人们把依赖于具体机器的符号语言和机器语言称为“低级语言”。

1.3.3 高级语言

由于机器语言和汇编语言是面向机器的,可移植性差,难学而不易推广。一般用户只希望用计算机解决具体应用问题,对计算机内部构造并不关心,为此,人们设计了一种表示方式接近于自然语言和数学语言,易学易懂,在各种计算机上通用不依赖机器的语言——高级语言。使用高级语言,用户不必了解计算机的内部结构和工作原理,只要设计出计算方法就能很容易地将它表示成高级语言。这样就有可能使一大批非计算机专业的各行各业人员得心应手地使用计算机来实现其目的。高级语言又称为算法语言。