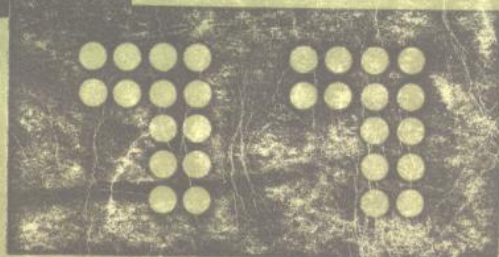




FORTRAN 77 程序设计



黄秉刚 谈建中 蒋思杰 编

上海科学技术文献

FORTRAN 77 程序设计

黄秉刚 谈建中 蒋思杰 编

上海科学技术文献出版社出版
(上海市武康路2号)

新华书店上海发行所发行
上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 10.75 字数 257,000

1984年8月第1版 1984年8月第1次印刷

印数: 1—38,000

书号: 15192·818 定价: 1.32 元

《科技新书目》75-199

前 言

FORTRAN 语言自问世二十余年以来,在科学及工程界已得到越来越广泛的应用。在今天种类繁多的计算机程序设计语言中,FORTRAN 语言仍能在科学运算和数据处理方面据领先地位,很大程度上是因为它具有一些良好的性能,其中最重要的就是程序设计人员可以用一种非常接近于常用的数学表达式和自然语言(英语)的方式来产生计算机程序。此外,在 FORTRAN 语言本身的发展中,它吸收了其它程序设计语言的一些优点,并逐步改进了一些不足之处,从而使它日趋完善,成熟。

在 FORTRAN 语言的发展中,最主要的修改是在六十年代,那一次的修改形成了美国国家标准 FORTRAN 文本 ANSI-X3.9-1966 也就是通常所称的 FORTRAN IV 语言。此后,由于结构程序设计技术的出现以及 FORTRAN 语言在数据处理方面的应用不断增加等原因,在七十年代中期,对 FORTRAN 语言又进行了一次较大的修改,形成了标准 FORTRAN 新文本 ANSI-X3.9-1978,它被称为 FORTRAN 77 语言。由于在 FORTRAN 77 语言中,增加了一些便于实现程序设计结构化的语句,并扩大了文件处理能力,所以一经美国国家标准化协会(ANSI)宣布之后,很快被国际标准化组织(ISO)用作国际标准 FORTRAN 文本,并为包括我国在内的许多国家所接受,成为各种大,中,小型计算机系统上取代 FORTRAN IV 的语言。

本书是作者根据他们编写的讲义以及两年多的教学和上机

算题实践而形成的。在书的编写和叙述上力求通俗易懂,由浅入深。为便于 FORTRAN 77 语言的教学和自学,书中选用了大量的程序设计实例和习题,它们与所在章节的内容紧密相关。尽管所有例子的程序都是在 Burroughs B1955 系统上调试的,但都尽量做到与标准 FORTRAN 77 语言版本的统一,从而保证本书内容的正确性以及以不同机器为教学背景的通用性。

本书共分九章。第一,八,九章由谈建中编写,第二,三,四章由黄秉刚编写,第五,六,七章由蒋思杰编写。此书承蒙上海交通大学计算机科学研究所张钟俊教授审阅,邵士斌教授对本书的编写和修改给予了热情的指导,上海交通大学计算中心的许多同志对本书的编写也曾给以大力支持,在此谨表谢意。

由于我们水平有限,经验积累不多,因此书中缺点与不足之处在所难免,希望读者提出宝贵意见。

编 者

1983 年 10 月

目 录

第一章 电子计算机与程序设计概述	1
1.1 电子计算机的组成	1
1.2 程序设计概述	14
第二章 FORTRAN 77 语言概况	25
2.1 绪言	25
2.2 语法表示法	27
2.3 程序结构	31
第三章 FORTRAN 77 程序基础	40
3.1 字符集	40
3.2 常数	41
3.3 变量	47
3.4 数组和子串	48
3.5 内部函数	54
3.6 说明语句	55
第四章 赋值语句及基本输入/输出语句	71
4.1 表达式	71
4.2 赋值语句	80
4.3 基本输入/输出语句	84
第五章 控制语句	102
5.1 GO TO 语句	102
5.2 IF 语句	105
5.3 DO 语句	119
5.4 PAUSE 语句与 STOP 语句	124
5.5 应用实例	125
第六章 有格式的输入/输出语句	132
6.1 有关格式的概念	132

6.2	有格式输入/输出语句	134
6.3	输入/输出语句的执行	140
6.4	可重复编辑描述符	154
6.5	不可重复编辑描述符	165
6.6	格式与类型的配合	171
第七章	以文件为基础的输入/输出语句	177
7.1	记录与文件	177
7.2	文件属性	181
7.3	内部文件	187
7.4	输入/输出控制表	189
7.5	辅助输入/输出语句	196
7.6	使用文件的程序设计实例	203
第八章	函数与子程序	210
8.1	函数	210
8.2	子程序	226
8.3	哑数组的哑实结合	235
8.4	哑过程的哑实结合	252
8.5	程序段间数据的公用结合	261
第九章	应用举例	280
9.1	数值计算	280
9.2	模拟问题	295
9.3	用行式打印机输出图形	309
9.4	文件的建立与使用	316
附录 I	内部函数表	326
附录 II	EBCDIC 编码表	334

第一章 电子计算机与程序设计概述

电子计算机被公认为是本世纪最重大的工业革命成果之一。自从1946年世界上第一台通用数字计算机问世以来,它已被越来越广泛地应用于科学运算、工程设计、商业数据处理以及人们日常生活的广大领域,成为减轻人们的体力与脑力劳动,帮助人们完成一些人类难以完成的任务(如某些重大试验的模拟,复杂数学难题的证明等)的有效工具。

电子计算机通常可分为通用数字计算机、模拟计算机和专用计算机。数字计算机是一种在机器内部用数字量进行运算的计算机,模拟计算机是对某些连续变化的物理量(如电压、电流)进行运算的,而专用计算机则是指那些专门适用于某一特定场合(如控制机床的运动或人造卫星的运行)的计算机。一般情况下,人们所说的电子计算机都是指通用数字计算机。

本章旨在对通用数字计算机系统的组成以及程序设计作一粗浅的介绍,以期读者能对其有一个初步的概念。

1.1 电子计算机的组成

到目前为止,人们通常根据组成计算机的元器件和电路的形式而把它分为四代,即:

第一代(一九四六年至五十年代末)	电子管计算机
第二代(五十年代末至六十年代后期)	晶体管计算机
第三代(六十年代后期至七十年代初)	集成电路计算机
第四代(七十年代初至今)	大规模集成电路计算机

尽管这几代电子计算机在元器件的体积、功耗以及电路形式上的变化非常大，但它们的基本组成形式还是大同小异。图

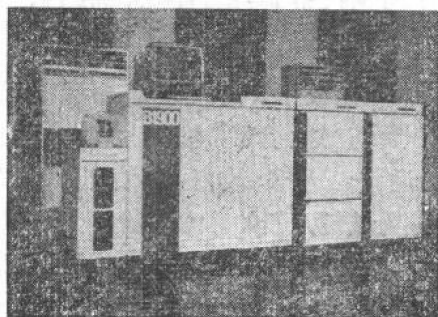


图 1-1

1-1 是一个通用数字计算机系统 (Burroughs B1955) 的照片，这是一台第四代计算机。图 1-2 以方框图的形式形象地介绍了其各组成部分的功能以及相互之间的关系。

计算机主要由运算器、控制器、存储器、输入/输出设备几个部分组成。其中，人们习惯上把运算器和控制器合在一起称为“中央处理机”(CPU)，又把中央处理机和内存贮器合在一起称为“主机”。以下，我们分别简单地介绍一下各组成部分。

一、中央处理机 (CPU)

中央处理机由运算器和控制器组成，图

1-3 所示为 B 1955 系统的主机照片，它包括中央处理机和内存贮器。

(一) 运算器

运算器是计算机中直接完成各种算术和逻辑运算的装置，

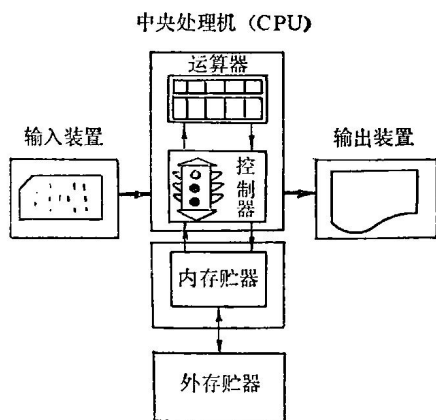


图 1-2

除此之外，运算器还要完成一些别的操作，如数码的传送、移位以及一些中间计算结果的“寄存”等。运算器一般由加法器和若干寄存器组成，它们都是一些电子线路。

(二) 控制器

控制器是用来对计算机各个组成部分的动作进行控制的装置。它能按照人们事先规定的计算顺序向有关部件发出各种控制命令、指挥它们有节奏而协调地进行工作。例如，从内存贮器取信息、按计算程序执行各种指令、控制内存贮器与运算器或输入/输出装置之间的信息传递等。控制器一般由指令寄存器、指令计数器、译码器、时序电路和控制台组成。



图 1-3

二、存贮器

存贮器被用来存放各种信息，如从输入装置送来的各种数据、程序或从运算器中送来的计算结果等。存贮器的这种功能可以比喻为人的“记忆”，所以，存贮器也被称为记忆装置。存贮器通常可分为内存贮器与外存贮器两种。

(一) 内存贮器

内存贮器的特点是它能和控制器相互配合，高速完成对于所需信息的存入或取出(简称存取)。

在计算机内，各种信息都是用由若干个“0”或“1”组成的二进制数代码来表示的。这是因为，信息经过这样的处理后，计算机就可以用某些物理量，如电压的高、低，磁性材料的磁通方向的正、负，穿孔卡片上孔的有、无来表示它们。表 1-1 所列即为一种十进制数字 0~9 和英文字母 A, B, C, …, Z 在机器内部

表 1-1

字 符	内 部 表 示	字 符	内 部 表 示
A	11000001	S	11100010
B	11000010	T	11100011
C	11000011	U	11100100
D	11000100	V	11100101
E	11000101	W	11100110
F	11000110	X	11100111
G	11000111	Y	11101000
H	11001000	Z	11101001
I	11001001	0	11110000
J	11010001	1	11110001
K	11010010	2	11100010
L	11010011	3	11100011
M	11010100	4	11100100
N	11010101	5	11100101
O	11010110	6	11100110
P	11010111	7	11100111
Q	11011000	8	11101000
R	11011001	9	11101001

的二进制代码表示(称为 EBCDIC 码表示)。

在一、二、三代计算机中, 内存贮器(以下简称为内存)主要采用磁芯存贮器, 即用一种磁性材料作为记忆元件。这种磁性材料具有近似于矩形的磁滞曲线(图 1-4)。当穿过磁芯的导线中通以不同方向的电流 I_m 或 $-I_m$ 时, 在磁芯上将产生不同方向的磁通 ϕ_m 或 $-\phi_m$ 。由电磁学可知, 此时即使电流 I_m 消失, 磁芯仍能保持剩磁状态 ϕ_r 或者 $-\phi_r$ 。电信号 I_m 或 $-I_m$ 就被变为不同的磁状态而“记忆”下来了。在计算机中, 通常就把电脉冲 I_m 或剩磁状态 ϕ_r 定义为二进制数代码的“1”, 而把 $-I_m$ 或 $-\phi_r$ 定义为二进制数代码的“0”。这样, 就使得内存贮器能

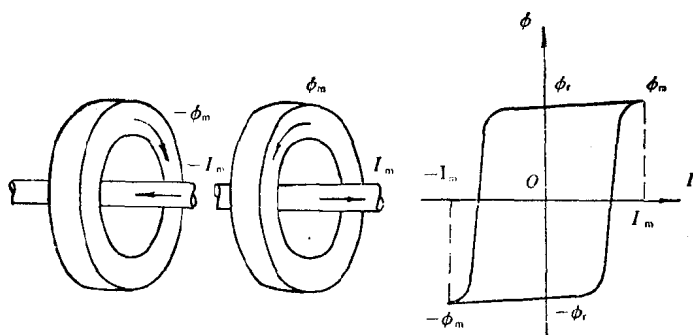


图 1-4

够存放由输入装置经转换或运算器中经控制器送来的电脉冲信号,从而记下了此电脉冲信号所代表的某一信息。

当要从内存中读出某信息时,只要利用磁电转换原理,就可以把剩磁状态 ϕ_r (“1”)或 $-\phi_r$ (“0”)转换成电脉冲信号输出。

上面介绍的是一个磁芯中信息的存取。但在计算机中,信息往往是由一串二进制数码组成的,所以,在内存中也是用一串磁芯来存贮一个完整的信息的。例如,字母 A 按 EBCDIC 码表示的二进制代码为 11000001 (见表 1-1),相应地,在内存中可以用一串(8个)磁芯的不同磁化状态把它记录下来。

在实际的计算机中,内存由若干块磁芯板组成,每块磁芯板上按 x, y 方向排列有若干

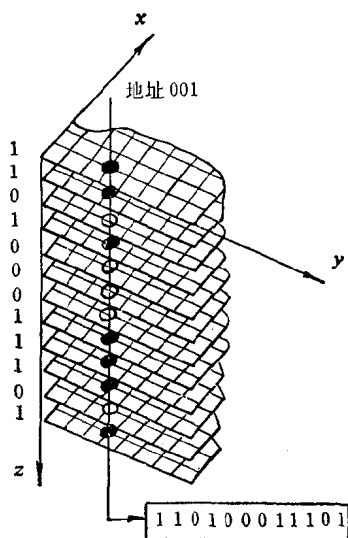


图 1-5

磁芯, 这些磁芯板又沿 z 方向排成一个如图 1-5 所示的磁芯体。在此磁芯体上, 每块磁芯板上同一 x, y 坐标的磁芯即组成一个沿 z 方向的磁芯串, 它可以被用来存贮一个 n 位的二进制信息代码, 称为一个存贮单元或一个字, n 是磁芯板的块数, 通常称为字长。每个存贮单元在内存中都有一个编号, 称为该单元的地址。在存贮器中, 所有的信息都是按地址存取的, 图 1-5 所示即为在一个字长为 12 的内存贮器的地址 001 处存放的二进制代码 110100011101。

计算机内存贮器所能容纳的信息的多少称为存贮容量或简称为容量。容量一般是以字节为单位的, 每个字节由八个二进制位组成。在每个存贮单元内, 所能容纳的二进制数的大小和所能表示的精度是由字长 n 来确定的。通常, 字长有 16, 24, 32, 48 等。例如, 一台计算机的容量为 1048576 字节, 或简写为 1024k 字节(这里 $1k=1024$), 若内存的字长为 32, 则内存单元数 N 为

$$N = \frac{1024 \times 1024 \times 8}{32} = 256 \times 1024 = 262144(\text{字})$$

$$= 256k(\text{字})$$

随着半导体技术的发展, 各种半导体存贮器相继问世。所以, 在第四代计算机中, 采用了大规模集成电路存贮器作为内存, 从而使得存贮器的体积、功耗和成本大大降低, 而使得容量大大增加。

(二) 外存贮器

上面我们介绍了主机中的内存贮器。如前所述, 内存的特点是能够与控制器相配合, 实现对信息的高速存取, 但其容量一般都不能做得太大。为弥补这一不足, 在通常的计算机系统中都配有外存贮器。与内存贮器相比, 外存贮器虽然对于信息的

存取速度要慢一些,但其容量却可以做得很大(几十到几百兆字节,1兆=1024k)。它与内存的配合使用,即可解决信息的高速与大量存取之间的矛盾。图1-6所示为计算机系统内内存贮器与外存贮器之间的关系简图。

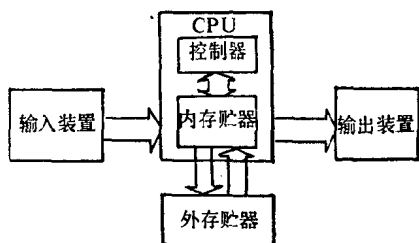


图 1-6

如图所示,程序或数据由输入装置通过中央处理机经内存而送入外存贮器(简称为外存)。当要在计算机上运行此程序时,中央处理机发出命令,把存在外存中的这一程序调入内存某一存贮区内,然后执行此程序。当运行结束或系统要中断此程序的执行时,CPU又发出命令,把此程序及有关的数据送回外存,而把它占有的内存的存贮区让出来供其它程序用。所以,尽管程序存放在外存贮器中,但在实际运行中,中央处理机CPU只与内存发生联系,因此运行速度基本上不受外存贮器的存取速度的影响。

下面我们介绍两种最常用的外存贮器。

1. 磁盘

磁盘是一种大容量的外存贮器,单片磁盘看上去很象一张唱片(图1-7)。在磁盘的上、下盘面上有许多磁道,信息就以磁的方式记录在这些磁道上。通常所用的磁盘组是由若干片单片磁盘装配而成的,图1-8所示即为一种由三片单片磁盘装配而成的磁盘组的读写原理图。它有五面用来记录信息的盘面和一个用以控制盘组和读写机构的

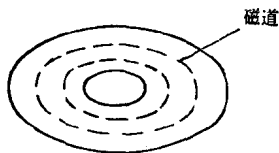


图 1-7

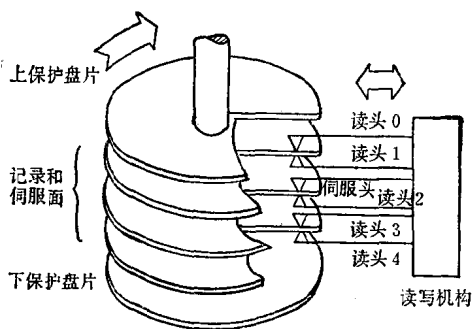


图 1-8

伺服面。上、下两个盘是用以保护上述三片信息记录盘的。此盘组的容量为 65 兆字节。磁盘组由驱动轴带动作旋转运动，读写机构则沿盘的径向作水平运动。在读写机构上有五个读写头，分别用于上述五个记录盘面上的信息读写，当需要读出盘面上记录的某个信息时，系统首先从磁盘目录表上查出此信息在盘上的地址，然后读写机构的水平运动与盘组的旋转运动相配合，读出此信息。

用磁盘作为外存贮器的优点在于能够快速地对信息的读写。这是因为读写头能随机地存取盘面任一位置上的信息。

2. 磁带

磁带也是一种常用来作为外存贮器的信息记录介质。在磁带上，信息是以磁化点的不同排列方式而记录下来的。当使用磁带机作为外存贮器时，内存中的信息可通过磁带机上的磁头对磁带上相应的点进行磁化而记录下来。同样，也可以通过磁头把磁带上记录的信息读出送至内存。图 1-9 所示就是一种磁带机及磁带的照片。

目前，常用的是 1/2 英寸宽的 7 道或 9 道磁带。这里所说的 7 道或 9 道，是指在磁带的宽度方向所能排列的磁化点的最

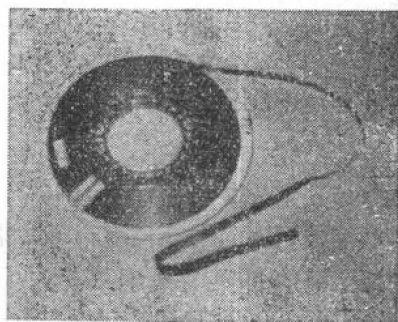
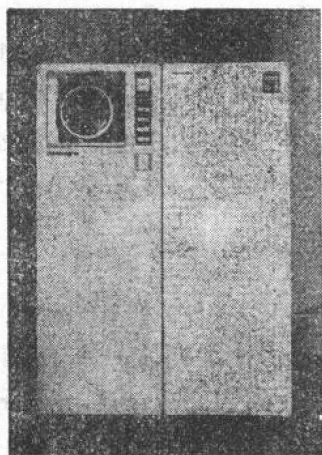


图 1-9

大数目。图 1-10 所示是一种 9 道磁带以及在其上信息记录的方式。由图可见，沿磁带的宽度方向，每一排磁化点代表一个用 EBCDIC 码表示的数字或字符。其中，第一道至第八道用以记录 EBCDIC 码本身，而第九道是用作检验信息记录正确与否的奇偶校验位。

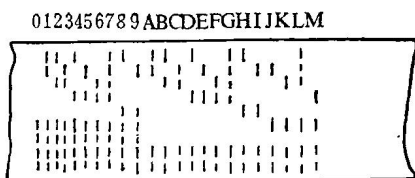


图 1-10

与磁盘相比，磁带具有装卸方便、成本低等优点。但是，由于对记录在磁带上的信息只能按照存贮的顺序一个一个地读，所以存取速度要比采用随机方式存取的磁盘慢。例如，如果所需取出的信息处于磁带卷的末端，则需要绕过整卷磁带才能读出此信息。

三、输入/输出装置

输入/输出装置用以向计算机提供各种需要处理的信息以

及从计算机中取出各种经过处理的信息。例如,把计算程序和已知数据通过输入装置送入计算机的内存贮器,把计算结果通过输出装置提供给人们。通常,输入/输出的信息是记录在某种介质上的。这样的介质种类很多,如穿孔卡片、打印报告纸以及前述的磁盘、磁带等。下面我们分别介绍几种最常用的记录介质以及相应的输入/输出设备。

(一)穿孔卡片

穿孔卡片是一种纸质的卡片。在卡片上,各种信息如数字、字母等被用不同的孔位组合形式来表示。图 1-11 是一张穿有各种字符的 80 列穿孔卡片。附录 II 则用表格的形式列出了各种字符的 EBCDIC 码表示及其在卡片上的孔位组合形式。

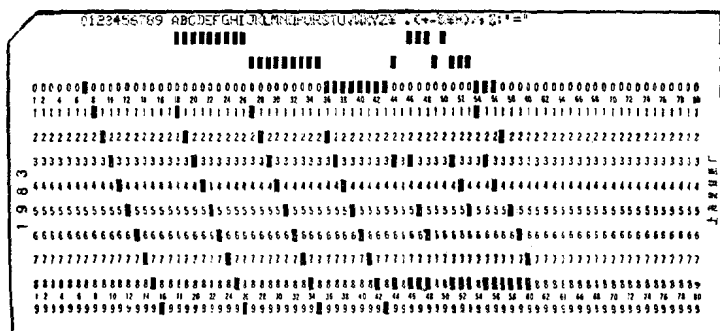


图 1-11

当要把穿孔卡片上的信息送入计算机时,可以采用读卡机作为输入装置(图 1-12),其工作原理如图 1-13 所示。

当卡片经导轮带动通过光敏元件时,若某一列孔位上穿有孔,则光源发出的光可以穿过这些孔而使得与此孔位相对应的某些光敏元件产生电脉冲,这些电脉冲经译码、放大后,即可送入计算机,变成磁的信号而记录在内存贮器中。若卡片上无孔,



图 1-12

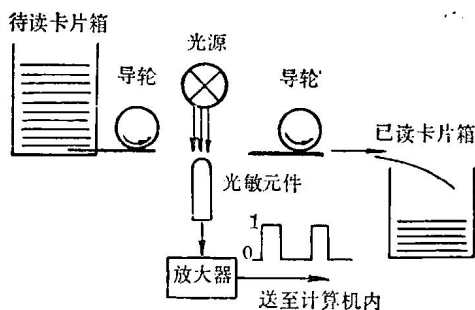


图 1-13

则光敏元件不会发出电脉冲。这样，卡片上的孔位有孔还是无孔、电脉冲的高或低以及内存中磁芯的状态 ϕ_r 或 $-\phi_r$ 就一一对应起来了，从而使得信息被准确地送入计算机内。

除了上面介绍的光电式读卡机外，还有一种机械式读卡机，它是通过电刷摸出卡片上的孔从而产生电信号的，这里就不多作介绍了。

穿孔卡片不仅可以用作记录输入信息的介质，它也可以用来记录输出信息，这时，必须用穿孔机作为相应的输出设备。穿孔机的工作原理如图 1-14 所示。

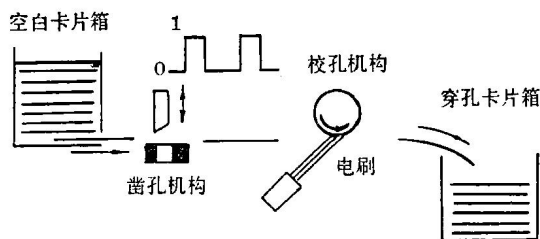


图 1-14

当启动穿孔机后，从内存中取出的信息首先被转换成一串电脉冲信号，此电信号驱动凿孔机构的穿孔头在卡片上穿出孔