

ALGOL 121

语言和编译

肖金声 编著
李师贤

广东科技出版社

ALGOL 121

语 言 和 编 译

肖金声 李师贤 编著

广 东 科 技 出 版 社



ALGOL 121

语言和编译

肖金声 李师贤 编著

※

广东科技出版社出版

广东省新华书店发行

广东新华印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 10.625印张 1插页 220,000字

1982年3月第1版 1982年3月第1次印刷

印数1—7,000册

统一书号15182·37 定价1.60元

内 容 简 介

本书是学习ALGOL算法语言的入门书，也为希望提高程序设计水平和了解 ALGOL121 编译系统的读者，提供简明的参考资料。

全书共分三个部分。第一部分叙述ALGOL语言的程序设计方法，第二部分概述 ALGOL121 编译程序的基本思想，第三部分是ALGOL121语言的使用手册。

本书可供大专院校师生讲授和学习ALGOL程序设计专业课时参考，同时也是 ALGOL121 用户的使用指南。还可供从事语言编译软件工作的同志参考。



前 言

随着我国四化建设的进展,我国的计算机应用日益广泛,许多行业和单位装备了这一先进工具,并拥有一批从事程序设计,软件维护或软件研制工作的人员。不少大专院校也设置了计算机语言课程。本书就是为了给这些单位和人员提供一些有益的资料而编写的。

ALGOL语言是常用的计算机语言之一。我国生产的DJS-21型计算机主要采用这种语言。ALGOL121语言是总结改进原来使用的ALGOL60而提出来的。使用这种语言,可以更好地发挥国产计算机的效能。

本书是以1978年完成的有优化功能的ALGOL121系统为背景,采纳1980年用散列法对词法分析加以改进的成果,联系笔者在教学工作中遇到的实际问题编写成的。为了帮助读者理解计算机语言编译方面的知识,本书编写时采用在介绍ALGOL语言的同时,结合介绍实现ALGOL121编译系统的方法。希望这种写法对于帮助程序员加深对程序语言的认识,克服编程时“依样画葫芦”的毛病,以便写出简洁而高效的程序,能有所裨益。

同时,编写时力求简明扼要,通俗易懂,以便大专院校学生和具有高中文化水平的同志,能看懂本书,并学会运用ALGOL121语言写程序。

为了方便读者,书中使用手册部分选编了ALGOL121的语言文本,可供编写程序时查对使用。

由于水平所限,错漏难免,恳请批评指正。

一九八一年三月 广州康乐

目 录

绪 论

§ 1 计算机	(1)
§ 2 算法与框图	(8)
§ 3 计算机语言	(14)
§ 4 编译程序	(18)

第一部分 语 言

第一章 基本符号、数和标识符	(21)
§ 1 基本符号	(21)
§ 2 数	(24)
§ 3 标识符和行	(25)
§ 4 函数命名符和标准函数	(27)
第二章 变量、算术表达式和赋值语句	(30)
§ 1 变量和它的类型	(30)
§ 2 算术表达式	(31)
§ 3 赋值语句	(34)
§ 4 变量的输入和输出	(37)
§ 5 程序结构	(40)
第三章 转移控制	(45)
§ 1 标号和转向语句	(45)
§ 2 空语句	(48)
§ 3 布尔表达式	(50)
§ 4 条件语句	(56)
第四章 数组和循环	(63)

§ 1 数组说明·····	(63)
§ 2 下标变量·····	(67)
§ 3 数组的输入输出和交换·····	(69)
§ 4 三种循环语句·····	(72)
§ 5 更一般的循环·····	(80)
§ 6 循环的优化·····	(83)
第五章 条件表达式和开关 ·····	(91)
§ 1 条件表达式·····	(91)
§ 2 开关·····	(94)
§ 3 命名表达式·····	(97)
§ 4 表达式小结·····	(99)
第六章 量的作用域 ·····	(101)
§ 1 语句和说明·····	(101)
§ 2 局部量·····	(103)
§ 3 动态分配·····	(110)
第七章 过程 ·····	(114)
§ 1 过程说明·····	(115)
§ 2 过程的调用·····	(124)
§ 3 标准过程·····	(132)
§ 4 库过程·····	(134)
第八章 如何写好程序 ·····	(139)
§ 1 着眼于清晰·····	(139)
§ 2 如何写清晰的程序·····	(143)

第二部分 编译系统

第一章 概述 ·····	(152)
§ 1 编译程序的结构·····	(152)
§ 2 ALGOL121 编译系统·····	(156)
第二章 词法分析 ·····	(159)



§ 1	词法分析概要	(159)
§ 2	定义符的处理	(170)
§ 3	常量的处理	(176)
§ 4	处理标识符的基本思想	(180)
§ 5	散列技术	(187)
§ 6	各类标识符的具体处理	(192)
第三章 语法检查		(196)
§ 1	基本思想	(196)
§ 2	符号表和状态矩阵	(206)
§ 3	语法检查程序	(218)
第四章 代码生成		(224)
§ 1	概况	(225)
§ 2	运算符与赋值	(236)
§ 3	条件结构与转移	(240)
§ 4	过程	(245)
§ 5	数组、循环和下变地址计算	(252)

第三部分 使用手册

§ 1	纸带的准备	(265)
§ 2	修改方式	(268)
§ 3	上机操作	(270)
§ 4	电传操作命令	(273)
§ 5	出错性质表	(276)
§ 6	标准过程	(285)
§ 7	库过程说明及使用	(295)
§ 8	ALGOL121 与ALGOL60 的区别	(299)
§ 9	注意事项	(301)
§ 10	语言文本	(306)

绪 论

通用电子数字计算机是一种现代化的计算工具。对于使用者来说，似乎用不着去了解这种复杂机器的详细结构和原理，如同电视机用户不必了解电视机的原理一样。然而，计算机毕竟不同于电视机，使用电视机只需拨动几个开关和调节旋钮，而使用计算机却要求完成复杂得多的工作。况且，要用好电视机，用户也需要懂得一点简单的电视机原理和结构。因此，使用计算机的人员懂得一点基本知识，有助于用好计算机，更好地发挥计算机的效用。

§ 1 计算机

普通的电子数字计算机，能以每秒数万次、数十万次的速度进行加、减、乘、除这样的算术运算和其他逻辑运算。有些高速计算机的运算速度还可高达每秒钟数千万次，甚至上亿次。因此，使用计算机不但可以节省大量用于计算工作的人力，而且可以完成许多人力所不能完成的计算工作。

令人感兴趣的问题是，计算机的这种高速度是怎样取得的呢？这种令人惊叹的电子机器究竟有什么特殊的构造？问题的答案当然和近几十年来科学技术的飞速发展分不开，这里，只是作一些原则性的叙述。

数字计算机的一个更为确切的叫法是“存贮程序式自动电子数字计算机”。这个名称表明：

计算机是一种电子仪器，这是它运算快速的一个重要条件；

这种计算机是对数目字进行运算的，而不是像模拟计算机那样，用物理状态来模仿某些数字运算过程；

计算机能控制本身自动地进行运算；

“存贮程序”的含意是允许程序员把程序（对于初学者，可以暂时理解为算题步骤）全部存放在计算机内。

最后这一点很重要，正是由于有了存贮程序，整个计算过程才能无需人工干预，而由机器本身自动控制执行。这是电子计算机与其他计算工具的根本区别。也正是由于有这个特点，才使电子线路的快速性能够充分发挥作用。

我们不妨对比一下使用台式计算机或小型电子计算器的情况。使用这两种计算工具时，计算步骤是由人的脑子决定的，因此一次运算之后要停下来想一想，或者抄写一个数目字，然后再作下一步的运算。很难设想，用这种方式去使用电子计算机能取得每秒几万次运算的高速度。

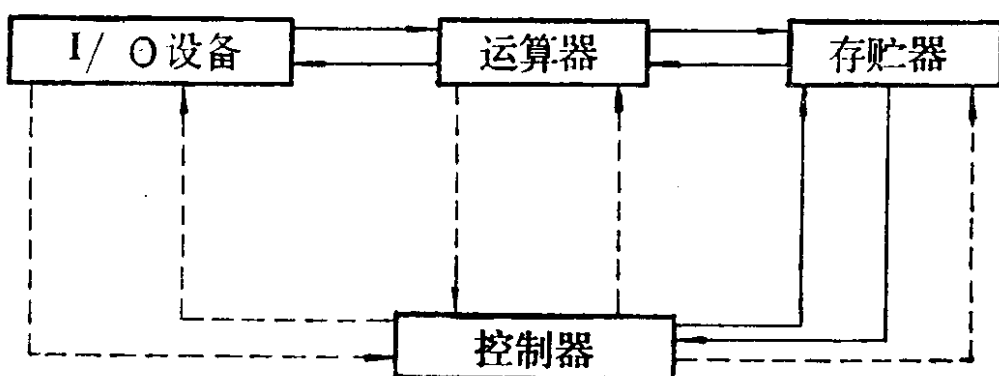
为了自动、高速、准确地完成各种运算，计算机具有四种不同的基本功能部件：

- （1）用以存贮数据、程序或其他信息的存贮器。
- （2）能作各种算术运算和逻辑运算的运算器。
- （3）保证程序能按要求自动执行的控制器。
- （4）供人机交换信息用的输入输出设备。

这些基本功能部件之间的联系可以简单地表示如下（见图0.1）。

下面扼要地介绍一些计算机领域中常用的重要术语和





实线表示信息的传递，虚线表示控制信号

图0.1 数字计算机的部件

概念。

一、二进制

数字计算机中普遍地使用了二进制数，这是一般人所不习惯的。但是，只要把它与常用的十进制数作简单的类比，二进制数也是不难理解的。

通常的十进制以10为基数，使用0，1，2，…，9这十个数字。凡十进制数，都可以用10的幂来表示。如526可写成

$$5 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 6 \times 10^0$$

类似地，二进制以2为基数，只使用0和1这两个数字。凡二进制数，都可用2的幂来表示。如1011可表示为

$$1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

二进制数的四则运算也类似于十进制数，只要注意逢二进一的规律就可以了。

计算机的运算采用二进制，是因为它具有十进制所没有的两个优点：

(1) 易于表示。二进制只使用0和1两个数字，因此很容易用物理状态来表示，如电位的高低，脉冲的有无，磁性

的正反，卡片和纸带上的有孔和无孔等等。

(2) 运算简单。二进制仅有0和1两个数字，因而使得二进制数的四则运算十分简单。例如：

$$0 + 0 = 0 \qquad 0 \times 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1 \qquad 0 \times 1 = 0$$

$$1 + 0 = 1 \qquad 1 \times 0 = 0$$

$$1 + 1 = 10 \qquad 1 \times 1 = 1$$

在这个基础上，计算机中运算器的结构就可以简单得多。

二、指令

一台计算机所能完成的基本操作（如加、减、移位等）总是有限的，通常是数十种。当人们要计算机执行某种操作时，就需相应地写出一条命令，这就叫做指令。指令可为计算机直接识别和执行，所以通常叫做机器语言或机器代码。

每台计算机的指令有它的固定的格式，一般都采用二进制编码。每一指令的编码均包含两个部分：一部分用以指明要执行哪一种基本操作，叫做操作码；另一部分指明执行该操作时所需的信息。如操作是“加”，信息是要加的数在什么地方。有些机器中，一条指令可以指明多个信息，如需要哪两个数相加，加得的结果存放在何处。

全部基本操作所对应的指令构成一台计算机的指令系统。它集中地反映了这台计算机的基本功能。

指令同普通的二进制数一起存放在计算机的存贮器中。当需要执行某条指令时，就由控制器控制，从存贮器中取出执行。

三、字

字是计算机存贮和加工的基本单位。计算机的一个字的内容可以是一个数，一条或两条指令，也可以是别的某种信



息。

一个字包含着若干位二进制数字。这个位数叫做字长。字长是计算机的一个重要指标。字长较大时，一般地说，它表示的数较精确，通常范围也较大。一个存贮器的大小通常都以它所能容纳的字的多少来衡量。

有些计算机为了使用上的某种需要，还把一个字分割成更小的单位——字节。通常一个字可以由二到六个字节构成。在这种计算机中，往往可以以字节为单位访问存贮器。

四、定点与浮点

这是数在计算机内的两种表示方式。

小数点固定在字中某个位置者叫做定点数。小数点的位置在计算机设计时确定，并体现在指令系统中。常见的有两种位置：固定在最高位之前，就表示绝对值小于1的小数；固定在最低位之后，就表示一定大小的整数。

若小数点的位置不固定，而可以按数的不同大小指明在不同的位置者，就是浮点数。用意是在这种表示法中，小数点允许“浮动”。一般地说，在同一台计算机中，浮点数的表示范围比定点数大得多。

五、硬件

硬件就是指前面提到过的四部分功能部件，也就是物质地呈现在人们面前的计算机。

1. 存贮器

存贮器用以存贮数，指令或其他信息（都是以二进制编码的代码）。存贮器通常以字为单位来编排，每一单元容纳一个字。为了能指称某个单元，按顺序给存贮器的每个单元一个编号，这个编号就叫做该单元的地址。

存贮器只能进行两种操作：

(1) 按指定的地址读出某个单元中的内容。读出之后, 该单元的内容保持不变;

(2) 按指定的地址, 把一个字写入存贮器的某个单元。写入之后, 该单元原有的内容消失, 而由刚写入的内容代替。

基于用途和技术上的原因, 存贮器又可分为随机存取的内存贮器和大容量的外存贮器两种。内存贮器存取速度快, 能配合运算器和控制器的高速工作, 外存贮器存取速度较慢, 但容量很大, 用以补充内存贮器容量的不足。内存贮器和外存贮器能成批地交换信息。常见内存贮器是由磁芯或大规模集成电路构成; 外存贮器常采用磁带、磁鼓和磁盘。

2. 运算器和控制器

运算器和控制器工作时密切配合, 互相依赖, 因而常常把它们相提并论, 叫做运控部分。

运算器负责执行各种算术运算和逻辑运算。在现代的计算机内, 运算是按对字的各位同时进行的, 叫做并行运算。

控制器负责正确地控制指令执行的顺序和每条指令的具体实施。通过指令的执行, 控制器能指挥其他部件的工作。

控制器如何控制指令执行的顺序呢? 控制器中有一个“指令计数器”, 它总是“记”着马上要执行的那一条指令的地址。一旦需要执行这条指令时, 它就按所记的地址到内存去索取指令。取得指令之后就将“指令计数器”的内容加“1”, 以备索取下一条指令。然而, 控制器也允许改变指令的常规执行顺序, 这只要按需要改变“指令计数器”的内容就可以了。

此外, 计算机还要容许使用者进行人工操纵, 实现的办法就是把控制器内可以受人支配的部分集中起来, 构成控制台。



3. 输入输出 (I/O) 设备

I/O设备提供了把程序和信息读入机器(输入)和把计算结果取出或显示(输出)的可能。如果没有这种人机交换信息的手段,计算机就无法使用。

I/O设备的种类相当多,常见的有光电输入机,卡片输入机,快速打印机,快速穿孔机,宽行打印机,控制台打字机,屏幕显示和X-Y描图仪等。

I/O设备总要进行某种机械动作,而它们处理信息的速度通常远远不及运控部分的电子速度。这两者的不匹配,往往影响到计算机的使用效率。这个问题对于高速计算机更为突出。因此,在高速计算机中都要通过操作系统对I/O设备进行合理调配,使它在输入输出的同时,不会中断内部的计算。例如让计算机一面输出第一个问题的结果,一面对第二个问题进行计算,同时又输入第三个问题的信息和程序。这样,就不会被I/O设备拖住后腿,计算机的使用效率就能大大提高。

六、软件

通常,软件泛指那些能为用户提供服务的系统程序,也可以说是这些系统程序的总称。从大的方面来看,软件可以分为两大类,一类是能为几乎所有用户提供服务的通用软件,另一类是只为某个领域或某个方面的用户提供服务的应用软件。这些程序系统一般都能起到方便用户和提高计算机使用效率的作用。

诸如汇编程序,高级程序语言的编译程序或解释程序,I/O管理程序,用户作业的批处理程序,多道管理程序,服务性的编辑程序和装配程序等,都是通用软件。在一台高速计算机内,常常把这些各自相对独立的系统程序由一位

“总管”来控制，这位“总管”就是操作系统——一种综合管理用户和设备的通用软件。

至于应用软件，更是因服务对象的不同而种类繁多，如会计管理，仓库管理，银行业务，地质资料分析，结构设计，人事工资管理，饭店作业管理，化学分析，学籍管理等等都是。真是五花八门，各显其能。

总之，软件和硬件一起，构成一个计算机系统的两个不可分割的组成部分。没有硬件，软件便无所依附；没有软件，硬件便不能高效地发挥作用。

在提供使用时，软件存放在外存贮器中，内存贮器中只需有一个常驻的核心部分就够了；有了这个核心部分，就能随时调用所具备的任何软件。

为了防止软件被破坏，就得备置若干软件副本。副本保存可以是在机内，也可在机外。软件在机外通常用纸带或卡片的形式保存。当然，也可以保存最原始的书面文字材料。

七、DJS-21型计算机

本书介绍的 DJS-21型计算机(简称121机)，字长42位，内存容量16384个字，外存配有磁鼓和磁带两种。平均每秒钟可执行三万条指令。主要输入-输出设备是快速打印机，光电输入机和电传打字机。后者是使用 ALGOL121语言的重要工具。

此外，有些121机装配有宽行打印机，快速穿孔机或X-Y描图仪等不同的输出设备。

§ 2 算法与框图

要给计算机安排计算任务，程序员就必须把计算步骤详



细地列举出来，包括第一步做什么，第二步又做什么，在这种条件下应该做什么，在另一种条件下又该做什么，如何取用计算所需的原始数据，如何输出计算结果等等。总之，整个计算过程的每一步都要交代清楚，因为计算机是机器，只能机械地照“章”（即输入的程序）办事。

用计算机的术语来说，这种计算步骤的安排就是算法。通常算法应满足这样两个要求：一是能机械地执行；二是能在有限步内终止执行，给出结果。要把一个算法交代给机器，不能口述，必须写成书面，这就有一个算法的描述问题。

应该用什么方式来描述算法呢？这要看所描述的算法用于什么目的。

如果是交给计算机计算的，显然，就必须采用人和计算机都能明白的共同语言，在这一点上，总是人迁就计算机——学习和采用计算机所能接受的语言。这种语言，我们将在下一节叙述。

从使用计算机的目的来看，最终总是要用机器所能接受的语言来描述算法的。但是在起草算法过程中，或者在算法十分复杂的情况下，为了使整个算法看起来比较清楚，程序员往往乐于先用框图来描述算法，因为框图更能简明地显示算法流程。

例如判定一个比 1 大的整数 i 是否素数的算法，可用框图描述如下（见图 0.2）。

在框图中，圆弧框表示判断，它一般有两个去向，分别对应于两种不同的情况——判断条件的成立（S）或不成立（F）；长方框表示判断以外的执行框，它只有一个去向。这种框所包含的内容可多可少。

用框图描述算法的好处是直观、清楚，使人对算法有一