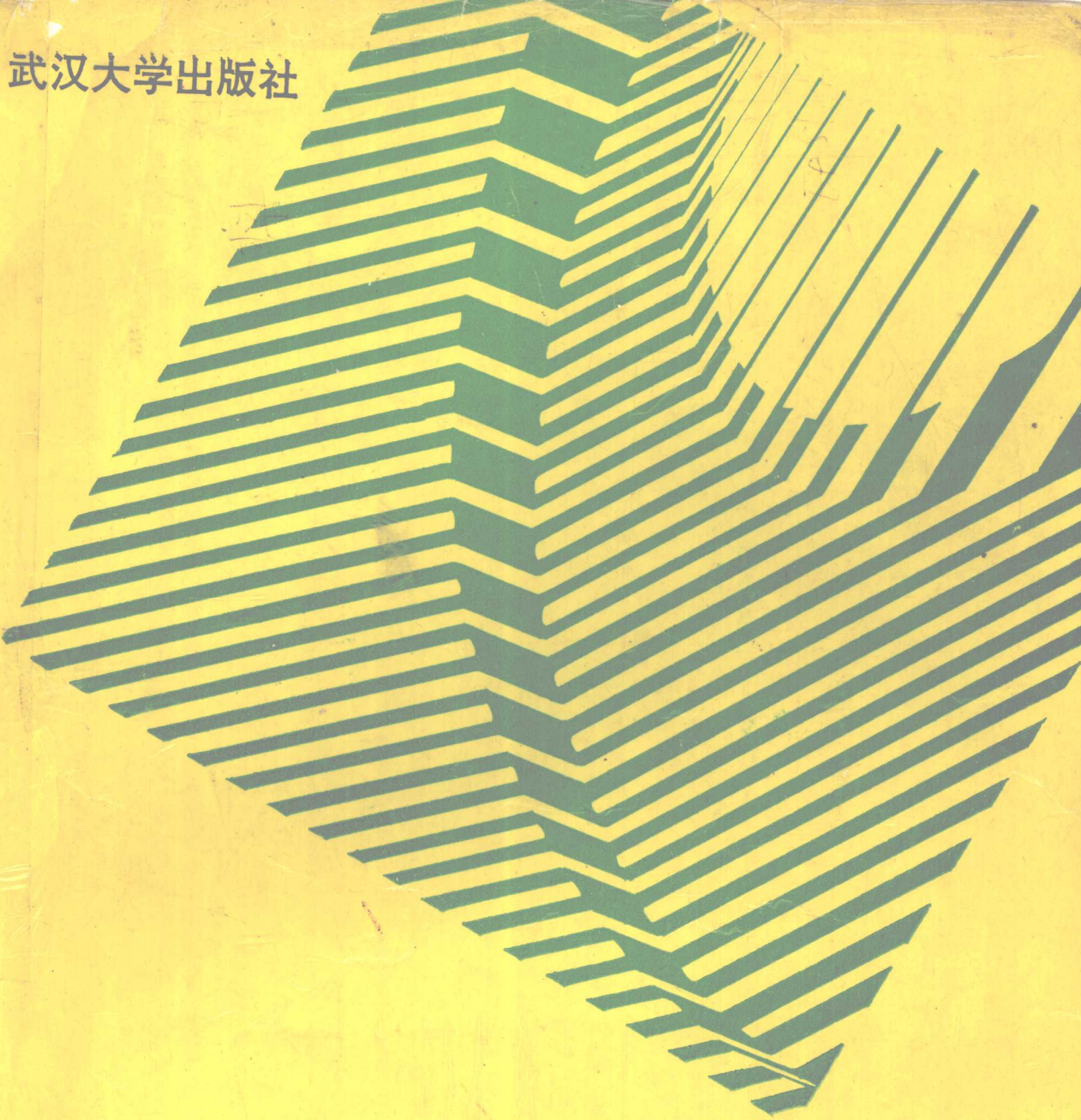


武汉大学出版社



C语言与 多窗口编辑器

邱毓兰 彭德纯 编著

C 语言与多窗口编辑器

邱毓兰 彭德纯 编著

武汉大学出版社

(鄂)新登字09号

图书在版编目(CIP)数据

C语言与多窗口编辑器/邱毓兰, 彭德纯编著

—武汉: 武汉大学出版社, 1994.8

ISBN 7-307-01824-1

I . C...

II . ①邱... ②彭...

III . ①C语言 ②应用软件—多窗口编辑器

IV . TP312C TP317

武汉大学出版社出版

(430072 武昌 珞珈山)

武汉市汉桥印刷厂印刷

新华书店湖北发行所发行

1994年8月第1版 1994年8月第1次印刷

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 12.875

字数: 301千字 印数: 1—5000

ISBN 7-307-01824-1/TP·51 定价: 8.50元

内 容 简 介

该书共有十五章,分为两个部分:前九章讲述标准C语言的基本内容;后六章讲述在 Turbo C 2.0 编程环境中设计程序的技巧。

标准C语言程序设计部分的内容有基本数据类型,运算符,语句,函数,指针,结构,联合,输入/输出,预处理等。这部分适合于初学C语言的读者进行学习。应用部分以设计一个较为完整的应用软件——多窗口编辑器作为实例,讲述当前流行的应用软件开发编程技巧和方法。如在文本模式下,设计下拉式菜单的技巧,设计弹出式窗口的技巧,窗口重叠管理算法,被编辑文本行的存储管理方式,把编辑行内容显示在某个窗口的方法。在图形模式下,作二级下拉式菜单的方法,汉字输入/输出处理技术,把鼠标器作为输入工具的方法等。

该书既可以作为大专院校计算机专业的教材,也可作为应用软件开发人员的参考书。

前 言

C 语言是结构化的程序设计语言。它含有很多其他语言不具备的优点。它既含有高级语言的各种成分,又具有汇编语言的特性。特别是 C 语言能直接对地址进行操作,编写出代码紧凑、执行效率高的程序,倍受编程人员的青睐。目前,很多编程人员都逐渐把注意力转向 C 语言。为了使多类人员都能在学习本书后获益,作者经过长久思考和讨论,决定在整理多年教学讲稿和总结科研成果的基础上编写此书。前九章由浅入深地讲述标准 C 语言程序设计的方法,只需具有一些计算机专业基础知识的读者就可以进行学习。第二部分以多窗口编辑器作为主线,讲解在 Turbo C 2.0 语言环境中设计程序的技巧,这部分内容特别适用于想用 C 语言开发应用软件的人员参考。

随着计算机的不断发展,其价格越来越便宜,而性能却越来越增强。因此,计算机的普及率也越来越高。社会上流行的应用软件都非常重视为用户提供一个友好的用户界面。用户界面的设计手段是多种多样的。而主要的手段有菜单、窗口、图标、按钮等。为了增强 C 语言的实用性,同时也为了加深读者对 C 语言的了解,本书以 Turbo C 2.0 作为背景,设计了一个多窗口编辑器。该软件由 50 多个自定义函数组成;使用了多种类型的变量,如结构、联合、数组、指针等;定义了不同类型的函数,有的返回指针,有的返回数值,有的函数定义为一个过程。这些函数被分成三个相对独立的部分:菜单、窗口和编辑器。第十一章主要讲述菜单程序设计的技巧;第十二章讲述弹出式窗口程序设计的技巧和多重窗口重叠技术;第十三章讲述编辑器设计的方法。通过这三章的学习,读者可学会设计应用程序的技巧。

近年来,应用软件使用鼠标作为输入工具的情况很多。第十四章讲述如何把鼠标作为输入工具的方法。

标准 C 语言没有提供图形操作功能,但这并不是说它就不重要。恰恰相反,图形功能是非常有用的。第十五章讲述如何利用图形功能,设计中文菜单的技巧。汉字是一种图形符号,要显示出汉字,就必须先进入图形模式,再根据某个汉字所对应的点阵在屏幕上写点就可以得到汉字的图像。

书中语言流畅,内容新颖,有大量例子,突出实用性,亦具有通用性。书中所举的程序例子都在 PC 286 以上系列微机的 Turbo C 环境下调试通过。本书前九章配有习题,帮助读者巩固消化 C 语言的基本内容。后六章主要的目的是针对编写应用程序的,读者可通过本书所列举大量实例的学习,掌握开发应用软件的编程技巧和方法。如果读者有兴趣的话,可在学会书中实例的基础上自己另编一些函数,以增强书中程序的功能,使其更具有实用性。相信本书会对开发应用软件的读者以一定的帮助。

本书第二至第八章参照了孙志挥同志的《C 语言程序设计简明教程》的章名和部分习题,在此谨致谢意。在多窗口编辑器设计与调试过程中,武汉大学计算机科学系的几位研究生、本科生参与了部分程序的编写与调试;武汉大学出版社的郭志安同志在审编过程中对

本书提出了一些有益的建议；毕卫东同志对本书的出版发行做了很多工作，对上述各位表示衷心感谢。

由于水平和时间有限，不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

作者

1994年3月

目 录

第一章 概 述.....	(1)
第一节 C 语言的历史与特点	(1)
第二节 简单的 C 语言程序及编译和运行	(3)
第三节 输入输出初步.....	(8)
习 题	(10)
第二章 基本数据类型和运算表达式	(11)
第一节 C 语言的数据类型和变量	(11)
第二节 运算符和运算表达式	(14)
第三节 运算符的优先级和表达式的计算顺序	(19)
第四节 数据类型的转换	(20)
习 题	(20)
第三章 语句和流程控制	(22)
第一节 概述	(22)
第二节 条件语句	(24)
第三节 循环语句	(26)
第四节 break 语句.....	(29)
第五节 switch 语句	(30)
第六节 continue 语句	(32)
第七节 goto 和 return 语句	(33)
第八节 综合例题	(34)
习 题	(36)
第四章 组合类型(一)——数组	(38)
第一节 数组说明和数组元素	(38)
第二节 数组的初值	(43)
习 题	(44)
第五章 函数和程序结构	(46)
第一节 函数的定义	(46)

第二节 函数的调用	(47)
第三节 函数的类型	(48)
第四节 函数的递归调用	(50)
第五节 变量的存储属性	(53)
习 题	(60)
第六章 指针类型和指针变量	(62)
第一节 指针概念	(62)
第二节 指针参数	(65)
第三节 指针和一维数组	(66)
第四节 指针和多维数组	(69)
第五节 指针数组	(70)
第六节 命令行参数	(72)
第七节 多级指针	(74)
第八节 指向函数的指针	(75)
习 题	(77)
第七章 组合类型(二)——结构和联合	(79)
第一节 结构(structure)	(79)
第二节 结构数组	(83)
第三节 指向结构的指针参数	(86)
第四节 二叉树——引用自身结构的数据类型	(91)
第五节 单向链表——引用自身结构的数据类型	(94)
第六节 字段与联合	(96)
第七节 类型定义	(98)
习 题	(99)
第八章 预处理程序	(102)
第一节 宏定义	(102)
第二节 文件包含	(103)
第三节 条件编译	(105)
习 题	(108)
第九章 输入输出和执行环境	(109)
第一节 标准输入和输出	(109)
第二节 文件操作	(115)
习 题	(118)
第十章 多窗口编辑器概述	(119)

第十一章	菜单设计技术.....	(124)
第十二章	窗口程序设计技巧.....	(138)
第十三章	编辑器的设计与实现.....	(149)
第十四章	鼠标器的使用.....	(168)
第十五章	用户界面程序实例.....	(174)
第一节	图形学函数.....	(174)
第二节	在图形方式下做菜单.....	(178)
第三节	汉字处理.....	(186)
第四节	C 语言与汇编语言的接口.....	(190)
第五节	时间显示.....	(195)

第一章 概 述

C 语言是一种通用程序设计语言,它是 1972 年左右才在美国的 Bell 实验室开发出来的。C 与 UNIX 操作系统紧密地联系在一起。事实上,当初 Dennis Ritchie 开发 C 语言的主要目的就是为了更好地描述 UNIX 操作系统。自从有了 C 语言,UNIX 系统的核心、所有 UNIX 系统的命令解释程序、各种实用程序(包括 C 语言编译程序)以及后来在 UNIX 上开发的所有应用系统(数据库管理系统、网络通信系统)等都是用 C 语言写成的。UNIX 系统的许多特点,特别是其易于裁剪、易于移植等主要受益于 C 语言。

第一节 C 语言的历史与特点

1. C 语言的由来

Ken Thompson 被认为是世界上最出色的软件工作者之一。他很欣赏 BCPL 语言的一点是用它编写程序相当容易,于是他对 BCPL 语言的一部分进行了优化,而提出了 B 语言。这个语言与 BCPL 语言类似。后者是一种移植性较好的语言,程序可以相当容易地从一台机器移植到另一台机器上去。1970 年,Ken Thompson 为 B 语言写了一个解释程序,并在 PDP-11/20 机上实现了 B 语言,同时使用 B 语言写了 UNIX 系统和实用程序。

Dennis Ritchie 对 Thompson 所写的解释程序很感兴趣,结果他写了一个叫做 C 语言的编译程序,1972 年正式投入使用。选 C 作为名字,并不是因为英文字母表中,C 是在 B 之后,而是因为 C 是 BCPL 的第二字母。1973 年,使用 C 语言重写了 UNIX 操作系统,且加进了多道程序设计功能,称为 UNIX 系统第五版,从而开创了 UNIX 系统发展的新局面。

由于 C 语言的功能强,所占空间小,表达简捷,且具有通用程序设计语言的特点,故被广泛认为是一种十分有效的、实用的软件开发工具。

C 语言是一种面向结构的程序设计语言。它有丰富的数据类型,灵活方便的多种运算符,新颖的控制流和经济的表达式。能够有效地用来描述操作系统、编译程序以及各种各样的软件。由于它的通用性和可移植性都比较好,因此,用 C 语言写的程序可以很方便地移植到不同类型的机器上。

著名的 UNIX 操作系统以前是用汇编语言编写的,而现在其主要部分都改用 C 语言编写。C 语言作为 UNIX 系统的主力语言,随着 UNIX 的发展而发展。

2. C 语言的特点

C 语言具有很多其他语言不具备的优点。因此,它有很强的生命力。主要特点有:

(1) 语言简洁、紧凑、使用灵活方便。程序书写形式自由,主要用英文小写字母,便于书

写和阅读。

(2) 有丰富多样的数据类型,能用这些数据类型构造出各种复杂的数据结构(如链表、树、栈、队列等)及运算。尤其是C语言的指针类型数据,使用起来比其他高级语言更灵活、更多样。

① 具有四种基本数据类型:char,int,float 和 double。

② 有组合类型(数组、结构和联合)以及复杂的引出类型。数组和地址计算的综合提供与地址密切相关的指针类型及其运算符。

`px=&x    y= * px`

指针变量含有另一变量的地址,指针具有汇编语言的间接寻址方式,用指针编写的程序执行效率高。

③ 允许用户自己定义数据类型。

(3) 有众多的运算符,有利于编写程序(灵活的运算符)。一般高级语言只有 4、5 种运算符。而C语言的运算符多得多,且运算符的运算功能几乎可以和汇编语言的运算能力相媲美。如有赋值运算符、增1运算符、移位运算符、逻辑运算符、关系运算符、二进制移位运算符等。使用这些运算符可以写出简洁有效的运算表达式。

(4) 具有先进新颖的控制流。C语言计算顺序的表示是十分紧凑的。例如表示控制流的循环语句:

`while((c=getchar()) != EOF) 语句;`

的条件表达式就做了三件事:其一调用了库函数;其二将函数调用的结果送到了变量c中;其三判断整个表达式的值是否为EOF。又如:

`for(i=0,j=100;i<j;i++,j--) 语句;`

的初值设置表达式部分,一次可以设置两个变量;增量表达式一次也可以改变两个变量的值。

(5) C语言程序是由许多相对独立的函数组成。是模块化的程序结构。各种复杂的运算过程都可以隐含在函数中。对于每一个函数只要记住它做什么就行了。至于如何实现(怎样做)是定义函数时做的事情。

C语言还有一个预编译器,提供了源程序的并入,条件编译以及能在一行内定义函数的宏处理功能。

(6) 用C语言写的程序可移植性好(与汇编语言相比),基本上可以不作修改就能在不同型号的计算机上使用。

(7) C语言的语法限制不严格,用这样的语言编写程序可以充分发挥程序员水平。但这种灵活性对程序员的要求也很高。因此,应注意下面几方面的问题:

① C语言的表示方法非常紧凑,应特别注意表达式的含义以及运算符的优先级和结合性。如表达式

`* ++ * x;`

的意思是把x指针所指处的内容加1后作为指针,取该指针所指处的内容。而

`(* px) ++;`

它的含义是将指针变量px所指处的内容加1。又如

`a >> 2 + 3;`

应是把变量 a 的值右移 5 位。

- ② C 语言的最大优点之一是使用了指针,可以编出高质量的程序。但使用指针时应格外地小心。不然的话,会造成不可预料的错误。
- ③ C 语言的另一个问题是出错检查的能力较弱。C 语言不是一个强类型的语言,它对数据类型缺乏一致性检测,对数组下标越界不做报告。
- ④ C 语言没有数据的字长规定(位数,精度)。

如整型数(int)的字长在个人计算机上一般只有 16 位,而在 32 位小型机上可以用 32 位。

综上所述,可看出 C 语言是一种相对“低级”的高级语言。它既有高级语言的功能,又含有汇编语言的成份。因此,用 C 语言编写的程序经编译产生的目标代码质量高。

第二节 简单的 C 语言程序及编译和运行

C 语言没有行的概念,程序的书写格式很自由。可以把一个语句写在几行里,也可以在一行中写几个语句。为了使程序便于阅读和修改,一般都采用缩进形式书写程序。即将同一分程序的各个语句都写在每一行的同一位置,而子分程序的各个语句相对缩进几列等。使程序看起来清晰,增强可读性。当然,每个人都有自己的编程习惯,不论怎样书写源程序,都应该把程序的可读性放在第一位考虑。

1. 简单的 C 语言程序例子

如果要把从键盘上取到的字符显示在屏幕上,直到结束。程序就应该这样来编写:

```
/* copy input to output */
main()
{
    int c;
    c=getchar();
    while(c != -1) {
        putchar(c);
        c=getchar();
    }
}
```

程序的第一行是个注释行,用于说明该程序的作用。第二行的 main 是主函数的名字。括在最外层一对花括弧里的是函数体。函数体由变量定义和语句组成。其中 getchar() 和 putchar() 暂可看成是库函数, getchar() 的功能是从用户终端取一个字符。putchar() 是把一个字符输出到屏幕上。

如果在 main 函数的前一行加上 #define EOF -1 这样的宏定义,那么函数体内的 while(c != -1) 可改为 while(c != EOF)。EOF(End Of File)不仅使程序易读,而且也便于以后修改。

在 UNIX 操作系统中,从键盘输入文件结束符 EOF,可同时按 ctrl-d 双键,其值为 -1。

2. 函数及其成份

下面再来看把两个整型数求和,并将结果显示在屏幕上的程序例子。

```
/* .... add. c. .... */
main()
{
    int x,y,z;
    x=351;
    y=62;
    z=x+y;
    print(z);
}

/* output. c */
print(a)
int a;
{
    printf("%d\n",a);
}
```

这个程序由两个函数组成,一个主函数 main,一个子函数 print。前一个函数的功能是把两个整型数相加,后一个函数的功能是把主函数相加得到的和显示在屏幕上。

(1) 函数的一般形式

函数名(参数表)

```
{
    说明(函数的变量定义)
    语句
}
```

- ① 函数名是一个函数区别于另一个函数本身所固有的名字,如 main, print 均被定义为函数名,其中 main 函数表示程序的开始,它代表着程序的主体部分,每个程序都不能缺省。而其它函数如 print 等可根据程序的需要来定义和调用。
- ② 函数名后面一定要有园括号,括号里是函数的参数表,参数可有多或一个也没有。参数在函数之间传送数据。
- ③ 参数都应有相应的类型说明,说明一定要紧跟在函数名及园括号的后面,而且参数之间用逗号隔开,以分号结束。

注意 一个函数不一定要具备上述所有的成分。如 main 是个无参函数,无须参数说明部分。print 函数在花括号内仅有一个语句。甚至可以什么也没有。

最简单的函数形式是:

```
print()
{
}
}
```

这是一个空体函数。这种函数在程序开发中可用来占据一个位置,而没有任何动作。但

函数名后的一对圆括号及一对花括号不能省略。

(2) 函数使用的变量

int x,y,z; 是变量定义,它说明 x,y,z 都是整数型的变量。它们在主函数内说明,它们都局限于 main 所在的函数。变量之间用逗号隔开,以分号结束。

有了说明,机器可自动帮助检查错误(未说明、类型一致否、使用范围等)。

(3) 语句

主函数里有三个赋值语句,它们是:

```
x=351;
y=62;
z=x+y;
```

子函数 print 中,有由函数调用 printf 构成的输出语句。C 语言的函数调用语句很简单,只要写上被调函数的名字后跟一个圆括号括起来的参数表即可。

(4) 函数之间的数据传递

C 语言可以通过函数的参数传递数据,并且是按“赋值调用”方式进行的(即传递的是变量的值)。上面程序的 main 函数用函数调用语句 print(z),将变量 z 的值传给 print 函数的参数 a。然后,print 函数又将 a 的值传给 printf 函数输出到显示屏上。

下面是一个名为 factorial 的函数,其功能为计算并返回 n! 值。

```
factorial(n)
int n;
{
    int i;
    long fact=1;
    if (n<=0) return(1);
    for(i=1;i<=n;i++) fact=fact*i;
    return(fact);
}
```

这是利用递推方法求 n 阶乘的函数。

3. 字符和词法单位

由上面的简单例子可以看出 C 语言程序的基本单位是函数。而函数又是由说明部分和语句组成。构成说明和语句的基本词法结构有:标识符、关键字、常量、变量、字符串、操作符和其他分隔符。而这些词法单位又是由字符组成的。C 语言的字符集采用 ASCII 码。

(1) 标识符

标识符用来给对象取“名”,这些对象包括函数、变量、符号常量、数组、数据类型、宏和存储属性等。标识符是以字母或下划线(底线)开头的字母、数字、下划线串组成。使用标识符时,要注意如下几点:

- ① 在 C 语言程序中,对于不同的对象,有不同的取“名”约定。通常的习惯是:变量名、函数名和数据类型名等标识符用小写字母表示;而符号常量名和宏名标识符用大写字母表示。另外,习惯约定,以底线字符领头的标识符作为系统程序专用。程序员最好

不要使用以底线字符开头的标识符。

- ② 用作对象“名”的标识符,应该是简洁且便于识别的。当然,一般情况下,标识符应使用有确定含义的词来表示。

(2) 关键字

关键字又叫做保留字或基字。它是一些在编译过程起特殊作用的标识符。C 语言有表

1.1 所示的关键字:

表 1.1 关键字表

数据类型关键字	存储属性关键字	语句关键字
char	auto	break
double	extern	case
enum	register	continue
float	static	default
int		do
long		else
short		for
struct		goto
union		if
unsigned		return
		switch
sizeof		while
typedef		

由于 C 语言将上述关键字特别规定作为系统类型符、语句定义符和存储属性符,因此,程序员不要使用这些关键字来给对象取名。

4. C 语言程序的编辑、编译和运行

通过前面简单的 C 语言程序介绍,你对 C 语言有了一些了解。下面介绍一下如何将一个设计好了的程序上机计算出结果。

(1) 编辑

可用来编辑 C 语言程序的软件很多。如 UNIX 操作系统环境下,有文本行编辑程序 ed; 屏幕编辑程序 vi 等。在 DOS 操作系统下,有行编辑程序 edlin; 全屏幕编辑程序 Wordstar 以及 Turbo C 集成开发环境 tc 等。用这些软件都可把源程序输入到计算机,经修改认为无误后,存入磁盘文件。

(2) 编译

UNIX 操作系统下的编译程序名是 cc。它是一个集编译和连接于一身的软件。可以将多个用 C 语言写的源程序以及用汇编语言写的源程序编译连接成一个可执行文件。

cc add.c 回车

两个函数都放在 add.c 中,生成一个 a.out 的可执行代码文件。

cc add.c output.c 回车

两个函数分别放在两个文件中,分别编译,然后连接在一起。产生的可执行文件同样放在 a.out 中。

```
cc -o add add.o output.c 回车
```

这条编译命令将可执行文件放在 add 中。命令行里有“-o”这样的字符串,这是命令行选择项,它表示用 cc 编译连接后的可执行代码程序放在 add 文件中。

DOS 操作系统下,有 MC 4.0 编译程序以及 Turbo C 2.0 编译程序。

MC 4.0 要经过 4 道编译,分别是:

```
cc1 add.c 回车 (预处理)
```

```
cc2 add.c 回车 (语法分析)
```

```
cc3 add.c 回车 (编译)
```

```
cc4 add.c 回车 (优化编译)
```

如果编译时出错,要调编辑程序修改源程序。将编译好的目标文件同库函数连接起来。使用命令

```
link add,,cslib 回车
```

生成一个名字为 add 的可执行文件。

Turbo C 2.0 提供了集成开发环境编程程序 tc 和命令行编译程序 tcc。tc 具有多方面的功能,它将编辑、编译、调试、运行一体化。它不仅仅是一个快速的编译程序,它更是一个速度快、编译效率高及自带编辑程序、调试程序和其他许多实用程序的综合软件。可以用它来建立和运行各式各样的 C 语言程序。启动 tc 实用程序的方法很简单。首先是进入工作目录,在 DOS 操作系统提示符下,打入 tc 回车,便进入集成开发环境。主 tc 屏由四部分组成:主菜单、编辑窗口、信息窗口和功能键提示行。

tc 程序的菜单形式是:

File	Edit	Run	Compile	Project	Options	Debug	Break/watch
Load							
Pick Alt-f3							
New							
Save							
Write to							
Directory							
Change dir							
OS shell							
Quit Alt-x							

tc 是一个用户界面非常友好的程序,它既可使用菜单来选择所需的操作,也可使用热键操作。tc 主屏顶部提供了 8 条主菜单项,它们分别是:

File 处理文件(装入、存盘、选择、建立、换名写盘);目录操作(列表、改变文件目录);退出程序及在 tc 编程环境中调用 DOS 命令。

Edit 建立、编辑源文件。

Run 控制运行程序。

Compile 编译、生成目标及可执行文件。

Project 允许说明程序里包含哪些文件的管理条目(project)。

Options 可选择编辑器任选项(如存储模型、编译时任选项、诊断及连接任选项)及定义宏;也可以记录 include、Output 及 Library 文件目录,保存编译任选项和从配置文件加载任选项。

Debug 检查、改变变量的值,查找函数。程序运行时查看调用栈。选择程序编译时是否在执行行代码中插入调试信息。

Break/Watch 增加、删除、编辑监视表达式,及设置、消除、执行至断点。

用键盘上的“←”、“→”、“↑”和“↓”键可以移动屏幕上的光标,光标指到哪一条命令字时,按回车键就表示执行该命令。

注意 仅有单一功能的主菜单条目是 edit,用户选择该项仅仅是进入编辑窗口,其它主菜单条目都有下一级下拉式子菜单,分别完成不同的功能。从输入源程序到计算得到结果退出,都可在 tc 编程环境下使用菜单进行。也可以使用热键进行各种操作:

F1 激活帮助窗口,提供有关当前位置和操作的信息。

F2 把编辑程序里的文件存入磁盘。

F3 加载文件(从磁盘调一个文件到内存。系统会提示你键入文件名)。

F4 程序运行,在光标所在行停止。初始化一调试节。

F5 放大、缩小活动窗口。

F6 开关活动窗口。

F7 在调试模式下运行程序,跟踪进入函数内部。

F8 在调试模式下运行程序,跳过函数调用。

F9 执行“make”。

⌘10 激活菜单亮条或清除菜单亮条。

E: 消去当前一级菜单回到上一级菜单进行操作。

对于 tc 程序的进一步了解,必须查看使用手册。

(3) 运行

运行一个编译连接好的程序很简单,只要在操作系统提示符下键入可执行文件名就行了。如

add 回车

即可得到结果。

第三节 输入输出初步

这一节将介绍如何在终端上进行数据的输入输出处理。C 语言本身并没有提供数据输入/输出的手段,它没有读写语句,也没有固定的存取方法。但是 C 语言编译运行系统都有一个标准函数库,这个库定义了有实用价值的输入输出(I/O)函数。为了使读者能尽早编写完整的 C 语言程序,这里先简单地介绍一下 I/O 函数库中的 printf、scanf、getchar、putchar 函数(或宏)的功能以及调用这些函数的方法。