C语言绘图教程

陆润民　编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

《计算机绘图》和《C 语言》，是目前计算机应用类课程中两门重要的课程。作者根据多年来的教学体会，将该两门课程结合起来，编写了这本《C 语言绘图教程》。

全书介绍了图形数据结构，图形变换，绘图程序设计方法，曲线，二、三维图形的各种算法，以及 C 语言的基本内容和图形功能。并附有许多练习题及图形例程序。读者可通过本书，既学习计算机绘图，又学习 C 语言。

本书可作为大专院校开设《计算机绘图》课的教材，也可作为从事计算机辅助设计工作的工程技术人员和广大电脑爱好者的自学参考书。

书　名：C 语言绘图教程
作　者：陆润民　编著
出版者：清华大学出版社（北京清华大学校内，邮编 100084）
印刷者：北京联华印刷厂
发行者：新华书店总店北京科技发行所
开　本：787×1092 1/16　**印张**：16.25　**字数**：401 千字
版　次：1996 年 4 月第 1 版　1996 年 4 月第 1 次印刷
书　号：ISBN 7-302-02085-X/TP・972
印　数：0001—8000
定　价：16.00 元

目　录

第 1 章　C 语言基本知识 …… 1
1.1 C 程序的结构及特点 …… 1
1.1.1 简单的 C 程序 …… 1
1.1.2 C 程序的结构和特点 …… 2
1.1.3 C 程序的基本结构 …… 4
1.2 数据类型 …… 5
1.2.1 常量与变量 …… 5
1.2.2 整型数据 …… 6
1.2.3 实型数据 …… 8
1.2.4 字符型数据 …… 8
1.2.5 数据间的混合运算 …… 11
1.3 输出输入函数 …… 11
1.3.1 printf 函数 …… 11
1.3.2 putchar 函数 …… 13
1.3.3 scanf 函数 …… 14
1.3.4 getchar 函数 …… 16
1.4 运算符和表达式 …… 17
1.4.1 算术运算符和算术表达式 … 17
1.4.2 赋值运算符和赋值表达式 … 18
1.4.3 关系运算符和关系表达式 … 19
1.4.4 逻辑运算符和逻辑表达式 … 20
1.5 控制语句 …… 21
1.5.1 if 语句 …… 21
1.5.2 switch 语句 …… 23
1.5.3 while 语句 …… 24
1.5.4 do-while 语句 …… 25
1.5.5 for 语句 …… 25
1.5.6 其他控制语句 …… 27

第 2 章　C 程序绘图基础 …… 29
2.1 Turbo C 2.0 简介 …… 29
2.1.1 Turbo C 2.0 的特点 …… 29
2.1.2 Turbo C 2.0 的内容 …… 30
2.1.3 Turbo C 2.0 的配置与安装 …… 32
2.1.4 Turbo C 2.0 对环境的支持能力 …… 33
2.2 图形函数及其用法 …… 35
2.2.1 图形系统管理 …… 35
2.2.2 屏幕管理 …… 37
2.2.3 绘图函数 …… 38
2.2.4 图形属性控制 …… 43
2.2.5 充填 …… 46
2.2.6 图形方式下的文本 …… 48
2.3 绘图程序实例 …… 49
2.3.1 直线类图形 …… 49
2.3.2 圆组成的图案 …… 52
2.3.3 曲线类图形 …… 55
2.3.4 图形文字 …… 57
2.4 上机过程 …… 58
2.4.1 TC 的集成界面 …… 58
2.4.2 菜单命令 …… 59
2.4.3 编辑操作 …… 61
2.4.4 快速功能键(热键)说明 …… 63
2.4.5 调试程序 …… 64

第 3 章　图形数据结构 …… 66
3.1 图形数据结构概述 …… 66
3.2 线性列表结构 …… 68
3.2.1 线性表 …… 68
3.2.2 线性表的运算 …… 68
3.2.3 线性表的运算示例 …… 69
3.2.4 栈结构 …… 70
3.3 C 语言中的数组 …… 70
3.3.1 一维数组 …… 71
3.3.2 二维数组 …… 72
3.3.3 字符数组 …… 73
3.4 链表结构 …… 74
3.4.1 单向链表 …… 75
3.4.2 循环链表 …… 78
3.4.3 多重链表 …… 78
3.5 树形结构简介 …… 78
3.5.1 树的基本概念 …… 79
3.5.2 二叉树 …… 80

3.5.3 二叉排序树 …… 82
3.6 排序及查找 …… 83
3.6.1 排序的基本概念 …… 83
3.6.2 排序的方法 …… 84
3.6.3 查找 …… 86
3.7 数据文件 …… 87
3.7.1 文件概述 …… 87
3.7.2 文件的打开与关闭 …… 88
3.7.3 文件的读写 …… 89
3.7.4 文件的定位 …… 92

第4章 图形变换 …… 93
4.1 图形变换的基本原理 …… 93
4.2 二维图形的变换 …… 95
4.2.1 二维基本变换 …… 95
4.2.2 二维组合变换 …… 99
4.3 三维图形的变换 …… 102
4.3.1 三维变换矩阵 …… 102
4.3.2 三维基本变换 …… 102
4.3.3 三维组合变换 …… 106
4.4 三维图形的生成 …… 109
4.4.1 三视图 …… 109
4.4.2 正轴测投影图 …… 110
4.4.3 透视投影图 …… 112
4.5 视向变换 …… 116
4.5.1 世界坐标系和观察坐标系 …… 116
4.5.2 视向变换矩阵 …… 117
4.6 任意视点的透视变换 …… 119
4.6.1 透视原理 …… 119
4.6.2 坐标变换 …… 120
4.6.3 规格化坐标 …… 120

第5章 绘图程序设计方法 …… 122
5.1 C语言中的函数 …… 122
5.1.1 函数的定义 …… 122
5.1.2 函数的调用 …… 124
5.1.3 有关函数的其它概念 …… 127
5.2 通用绘图程序的设计方法 …… 130
5.2.1 构造功能模块的基本原则 …… 130
5.2.2 正多边形绘图函数 …… 131
5.3 图案程序设计方法 …… 134
5.3.1 基本图形变换法 …… 134
5.3.2 递归法 …… 138
5.4 典型绘图方法 …… 139
5.4.1 参数法绘图 …… 140
5.4.2 子图形法绘图 …… 143
5.5 剖面线算法程序 …… 147
5.5.1 剖面线的特点 …… 147
5.5.2 剖面线算法步骤 …… 147
5.5.3 剖面线源程序 …… 152

第6章 曲线 …… 155
6.1 常见二次曲线的绘制 …… 155
6.1.1 绘制曲线的基本方法 …… 155
6.1.2 椭圆绘图程序分析 …… 156
6.2 抛物样条曲线 …… 159
6.2.1 曲线生成的原理 …… 159
6.2.2 曲线的讨论 …… 163
6.2.3 绘图程序 …… 165
6.3 三次参数样条曲线 …… 167
6.3.1 曲线生成的原理 …… 167
6.3.2 连续三次参数样条曲线的表达式 …… 170
6.3.3 解题过程 …… 172
6.4 贝塞尔曲线和B样条曲线 …… 174
6.4.1 贝塞尔曲线 …… 174
6.4.2 B样条曲线 …… 177
6.5 实验曲线的绘制方法 …… 183
6.5.1 最小二乘法 …… 183
6.5.2 用最小二乘法拟合直线 …… 184
6.5.3 用最小二乘法拟合二次以上多项式曲线 …… 185

第7章 二维图形的运算 …… 188
7.1 基本运算方法 …… 188
7.1.1 交点计算 …… 188
7.1.2 关系判别 …… 181
7.2 窗口运算 …… 194
7.2.1 窗口和视图区定义 …… 194
7.2.2 窗口—视图区转换 …… 195
7.2.3 裁剪和覆盖 …… 196
7.3 直线段的裁剪算法 …… 197
7.3.1 直线段和窗口的关系 …… 197
7.3.2 代码裁剪算法 …… 198

7.3.3 矢量裁剪算法 …… 199
7.3.4 中点再分裁剪算法 …… 201
7.4 多边形的裁剪算法 …… 202
7.4.1 多边形的裁剪特点 …… 202
7.4.2 单边裁剪算法 …… 202
7.4.3 边界裁剪算法 …… 204
7.5 多边形之间的运算 …… 205
7.5.1 多边形的覆盖 …… 205
7.5.2 多边形的布尔运算 …… 206

第8章 三维真实感图形 …… 210
8.1 概述 …… 210
8.1.1 真实感图形的概念 …… 210
8.1.2 基本计算方法 …… 211
8.1.3 描述立体的数据结构 …… 213
8.2 凸面体的消隐方法 …… 215
8.2.1 平面体表面法向量与可见性的关系 …… 215
8.2.2 凸多面体隐线的消去方法 …… 216
8.3 任意平面体的消隐算法 …… 217
8.3.1 算法基本思想及程序流程 …… 217
8.3.2 隐藏线的消去过程 …… 217
8.3.3 曲面体的消隐方法 …… 220
8.4 隐藏面算法 …… 221
8.4.1 深度缓冲器算法 …… 221
8.4.2 扫描线算法 …… 222
8.4.3 面积相关算法 …… 224
8.5 光照效应 …… 225
8.5.1 明暗模型 …… 225
8.5.2 多面体的明暗模型 …… 227
8.5.3 阴影产生 …… 229

第9章 上机作业及指导 …… 231
9.1 作业说明 …… 231
9.2 习题集 …… 231

附录1 常用字符与ASCII代码对照表 …… 239
附录2 常用库函数 …… 240
附录3 Turbo C 2.0的图形函数 …… 244
参考文献 …… 251

第 1 章　C 语言基本知识

C 语言是目前最为流行的一种计算机高级语言。尽管它以一种高级语言的形式出现，却带有低级语言的功能(比如：允许直接访问物理地址，能进行位(bit)运算，可以直接对硬件进行操作，能实现汇编语言的大部分功能)。因此，也有把 C 语言称作中级语言的。但是，这并无贬意，完全是因为它把高级语言的成份同汇编语言的功能结合起来的缘故。

C 语言的突出优点是大家所公认的：

C 语言是结构化的语言，易于进行程序设计，且使得程序清晰明了，易于维护。

C 语言简洁紧凑，它仅有 32 个关键字(IBM PC 的 BASIC 包含有 159 个关键字)。

C 语言的程序效率高(几乎接近于汇编语言的程序)，可移植性强。

用 C 语言可以实现汇编语言的功能，宜用于进行系统程序设计。

由于篇幅所限，本章只介绍 C 语言中的最基础内容。

1.1　C 程序的结构及特点

下面通过两个简单的 C 语言程序的例子，来说明 C 程序的结构及特点。

1.1.1　简单的 C 程序

[例程序 1.1]

```
/ * 650597 Lurunmin exp1.c IN-OUT * /
#include <stdio.h>
main()
  {
    char a;
    printf("Input a character");
    a=getchar();
    putchar(a);
  }
```

该程序的功能是：请求用户输入一个字符，用户在键盘上敲入一个字符后，计算机把该输入的字符又回显在屏幕上。

程序运行的情况为：

```
Input a character     (提示)
m↙                    (输入)
m                     (输出)
```

[例程序 1.2]

```
/ * 650597 Lurunmin exp2.c AREA * /
```

```
# include <math.h>
main()
  {
    float a,b,c,s,area;
    printf("Input a,b,c");
    scanf("%f,%f,%f",&a,&b,&c);
    s=1.0/2*(a+b+c);
    area=sqrt(s*(s-a)*(s-b)*(s-c));
    printf("area=%7.2f",area);
  }
```

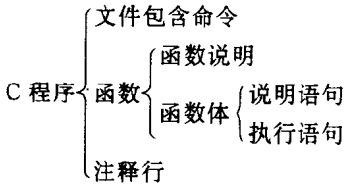
该程序的功能是：根据三角形的三条边长，计算三角形的面积。程序运行的情况是，首先在屏幕上显示一行字符"Input a,b,c"，请求用户输入三角形的三条边长，随之经过计算，在屏幕上显示出三角形的面积值。如：

```
Input a,b,c                (提示)
3,4,5↙                     (输入)
area=30.00                 (输出)
```

1.1.2 C 程序的结构和特点

1.1.2.1 C 程序的组成

从上面的例程序 1.1 和例程序 1.2，可以看到，一个 C 程序一般包括三部分：注释行(如两个例程序中的第一行)、文件包含命令(如两个例程序中的第二行)和函数(两个例程序中 main()及以下的部分)。其程序的组成如下所示(指简单的 C 程序)：



1.1.2.2 函数

C 程序的主要组成部分是函数(C 的独立子程序)。一个 C 源程序至少包含有一个函数(main 函数)，也可以包含一个 main 函数和若干个其它函数，函数是 C 程序完成程序功能的基本构件。在这些函数中，可以是系统提供的库函数，也可以是用户根据需要自己设计编制的函数(自定义函数)。

一个函数由两部分组成：

① 函数的说明部分。包括函数名、函数类型、函数形参表和形参类型。

一个函数名后面必须跟一对圆括弧，但里面可以没有函数参数，如 main()。

② 函数体。即为函数说明部分下面的最外层一对花括弧{……}内的部分。函数体一般包括一些说明语句和执行语句。

关于函数的更详细内容，将在后面介绍。

1.1.2.3 文件包含命令

文件包含命令用来实现C语言提供的文件包含功能，这是C提供的预处理功能之一。

所谓“文件包含”是指一个C程序源文件可以将另外一个源文件的全部内容包含进本程序中，然后在编译中将这两部分内容作为一个源文件单位进行编译，并得到一个目标文件。C语言用#include命令来实现文件包含的功能。其一般形式为：

#include"文件名"

其中，引号中的文件名指的是被包含文件(也称为“头文件”)的文件名。

文件包含命令的使用要注意以下几点：

① 在#include命令中，头文件名可以用双引号括起来，也可以用尖括弧括起来。如例程序1.2中，用

#include <math.h>

或

#include "math.h"

都是合法的。但其中也有区别：用双引号括起来的，系统先在引用该头文件的源文件所在目录中寻找该头文件；若找不到，则再按系统指定的标准方式检索其它目录。而用尖括弧括起来的，则不检索源文件所在的目录，直接按系统标准方式检索其它目录。

② 一个#include命令只能指定一个被包含文件。所以，如果一个程序要包含n个文件，就要用n个#include命令。文件包含命令应写在文件的开头部分。

③ 文件包含命令的末尾不能有标点符号。

由于C语言的库函数分别属于不同的头文件，所以在编写一个C程序时，要根据在程序中所用库函数的多少和类别，引用若干条文件包含命令。

例如，例程序1.1中，用了文件包含命令：#include <stdio.h>

这是因为在例程序1.1中，用到了两个输入输出函数：getchar和putchar。而C语言中的输入输出函数是在头文件“stdio.h”中的。

其它函数和不同头文件的关系，可参阅书后附录。

1.1.2.4 注释行

C程序中的注释部分用/*……*/表示。注释可以加在程序中的任何地方，注释部分可以是任何内容。注释只是给人看的，对编译和运行不起任何作用。一个好的、有使用价值的源程序，都应当在必要的地方加上注释，以增加程序的易读性和易维护性。一个无注释的程序和使用非专业符号是程序员的严重错误之一，也是使一些阅读者恼火的重要原因。

本书中由于所举的例程序均比较简单，加上主要突出授课内容，所以忽略了这部分内容。

1.1.2.5 C程序的特点

归纳起来，C程序有如下特点：

① 程序的全部工作都是由函数来完成的，函数是用来实现特定功能的模块，所以C程序是一个模块化的程序。

C 的函数库十分丰富，标准 C 提供了 100 多个库函数，而 Turbo C 2.0 则提供了 400 多个库函数。

② 一个 C 程序总是从 main 函数开始执行的，而不管 main 函数在整个程序中的位置在什么地方。而 main 函数和程序中的其他函数的位置关系是很灵活的。

③ C 程序中，每个语句必须以分号(;)结束，分号是 C 语句的必要组成部分。

④ C 程序中，一行内可以写多个语句，同样，一个语句也可以分写在多行上。但每个语句的结束符分号不能缺少，C 是根据有无分号来判断语句是否结束的。

1.1.3 C 程序的基本结构

为了使程序的结构清晰，易读性强和易于维护，以提高程序设计的质量和效率，广泛采用了结构化程序的设计方法。所谓结构化程序，是指由若干个基本结构组成的程序，每个基本结构可以包含若干个语句。一般说来，有三种基本结构：

① 顺序结构。顺序结构的特点是分步操作，顺序执行。如图 1.1 中的(*a*)：先执行 *A* 操作，然后再执行 *B* 操作。

② 选择结构(也称条件结构)。选择结构的特点在于“选择”，即根据所给定条件的是否成立在两个操作之中选择一个操作执行。见图 1.1 中的(*b*)。图中的 *P* 代表一个给定的条件，当条件 *P* 成立时执行 *A* 操作；不成立则执行 *B* 操作。

③ 循环结构(也称重复结构)。循环结构的特点是在某个条件下重复执行一个操作。其中有两种类型：当型循环，见图 1.1 中的(*c*)。当条件 *P* 成立时，反复执行 *A* 操作，直到条件 *P* 不成立为止。直到型循环，见图 1.1 中的(*d*)。先执行 *A* 操作，再判断条件 *P* 是否成立，如

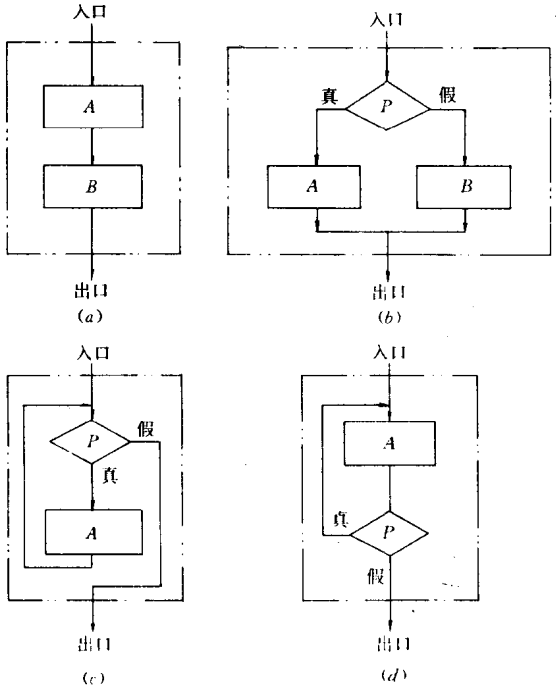


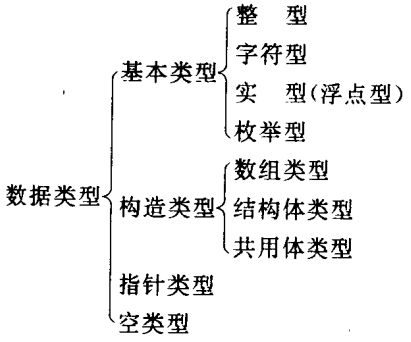
图 1.1 程序的三种基本结构

若成立，则再执行 A 操作，如此重复，直到条件 P 不成立为止。

关于这三种基本结构的程序设计方法，在学习到后面的内容时再具体介绍。

1.2 数据类型

数据是程序处理的对象，所以在一个程序中，应包含有对数据的描述和对数据进行的操作。C 语言中提供了多种类型的数据，这些数据类型如下：



1.2.1 常量与变量

C 语言中的数据有常量与变量之分，它们分别属于不同的类型。用来标识变量名、符号常量名、函数名、数组名、类型名和文件名的有效字符序列称为标识符。标识符就相当于是一个名字。C 语言中规定，标识符只能由字母、数字和下划线三种字符组成，且第一个字符不能为数字。大写字母和小写字母被认为是两个不同的字符。标识符的长度没有统一的规定，但在使用中一般不要超过 8 个。

1.2.1.1 常量与符号常量

在程序运行的整个过程中，其值不能被改变的量称为常量。常量区分为不同的类型，如 123，0，－456 为整型常量；12.3，0.，－4.56 为实型常量；而 'a'，'b'，'c' 则为字符常量。

也可以用一个标识符来代表一个常量。如：

[例程序 1.3]

```
/* 650597 Lurunmin exp3.c DEFPI */
#define PI 3.1415926
main()
  {
    float area,r;
    r=10.0;
    area=PI*r*r;
    printf("area=%f",area);
  }
```

程序中用 #define 命令行定义了 PI 代表常量 3.1415926，此后凡在此程序中出现 PI 的地方，这个 PI 都代表了 3.1415926，可以用它和常量一样进行运算。

这种用一个标识符代表的一个常量，称为符号常量。习惯上，符号常量名用大写字母表示。

符号常量和变量是不同的，变量代表的是一个值，而符号常量代表的是一个字符串。定义符号常量的一般形式为：

#define 标识符 字符串

如例程序 1.3 中的

#define PI 3.1415926

它的作用是指定用标识符“PI”来代替“3.1415926”这个字符串。在编译预处理时，把程序中在该命令以后的所有“PI”都用“3.1415926”来代替。所以，符号常量不能在程序中用赋值语句来进行赋值，它一旦定义，则它的值在其作用域内就不能被改变。

“#define……”是一个命令，不是一个语句，所以末尾不能有分号，这和文件包含命令“#include……”是一样的。

1.2.1.2 变量

在程序运行的过程中，其值可以改变的量称为变量。每一个变量有一个相应的名字（标识符，称为变量名），在内存中占据一定的存储单元，在该存储单元中存放变量的值。习惯上，变量名用小写字母表示。在选择变量名（或其它标识符）时，最好选用有相应含意的英文单词（或缩写）或者汉语拼音，尽可能做到“见名知意”，也可以使用专业符号，以增加程序的可读性。

在 C 程序中，要求做到对所有用到的变量在使用之前先定义。变量的定义包括两方面的内容：即说明变量所属的确定数据类型和变量的名字，系统在编译时就为其分配存储单元。如果在程序中所用到的一个变量在这之前没有被预先定义，则程序在被编译时会检查出“变量未经定义”的错误。这一点和 FORTRAN 语言有明显的差别。用惯 FORTRAN 语言的读者应特别加以注意。

1.2.2 整型数据

1.2.2.1 整型常量

整型常量即整常数。在 C 语言中，整常数可以用如下三种形式来表示：

① 十进制整数。如 518，−19，0 等。

② 八进制整数。八进制整数的表示是以 0 开头，如 0123 表示八进制数的 123，等于十进制数中的 83。即 $(123)_8=1\times8^2+2\times8^1+3\times8^0=83$。−012 等于十进制数的−10。

③ 十六进制整数。十六进制数是以 0x 开头的，如 0x123，表示十六进制数的 123，即 $(123)_{16}$，它等于十进制数中的 291，即 $(123)_{16}=1\times16^2+2\times16^1+3\times16^0=291$。−0x11 等于十进制数的−17。

1.2.2.2 整型变量

① 整型变量的分类

整型变量可分为以下 4 种：

- 基本型，以 int 表示。
- 短整型，以 short int(或 short)表示。
- 长整型，以 long int(或 long)表示。
- 无符号型，无符号型变量只能存放不带符号的整数，故不能存放负数。无符号型中又分为无符号整型(unsigned int)、无符号短整型(unsigned short)和无符号长整型(unsigned long)。

C 标准没有具体规定以上各类数据为存储所需的字节数，各种机器在处理上有所不同。以 IBM PC 为例，各类整数的存储长度和范围如表 1.1 所示。

表 1.1

类型	存储位	数 的 范 围
int	16	−32768～32767
short	16	−32768～32767
long	32	−2147483648～2147483647
unsigned int	16	0～65535
unsigned short	16	0～65535
unsigned long	32	0～4294967295

② 整型变量的定义和赋初值

因为 C 语言规定，在程序中所有用到的变量都必须在使用之前先定义。所以对于变量的定义，一般均是放在一个函数的开头部分。如：

[例程序 1.4]

```
/*650597 Lurunmin exp4.c DEFV*/
main()
  {
    int a,t;
    long vt, v0;
    a=2;t=35;v0=10;
    vt=v0+a*t;
    printf("vt=%d",vt);
  }
```

在以上的例程序 1.4 中，函数的开头部分：

int a,t;　　(指定变量 a、t 为整型)

long vt,v0;(指定变量 vt、v0 为长整型)

在程序中，常需要对一些变量预先设置初值。在 C 程序中，可以在定义变量的同时对变量赋初值。如：

int a=2;　(指定变量 a 为整型，且初值为 2)

它相当于：

int a;　　(指定变量 a 为整型)

```
a=2;          (赋值语句,将值2赋于a)
```

也可以使被定义的变量中的一部分赋以初值。如:

```
int x,y,z=10;
```

它相当于:

```
int x,y,z;
z=10;
```

如果要对多个变量赋以同一个初值,则可以写成:

```
int x=y=z=10;
```

1.2.3 实型数据

1.2.3.1 实型常量

实型数在C语言中又可称为浮点数。它有两种表示形式:

① 十进制数形式。它和我们通常所用的小数一样,由数字和小数点组成,并且必须有小数点。如:0.518,.518,518.0,518.,0.0等都是用十进制数形式表示的实型数。

② 指数形式。如5.18e2或5.18E2都表示了数5.18×10^2,即518.。在用指数形式表示一个实型数时,要注意字母e(或E)之前必须有数字,且e后面的指数必须为整型数。所以,如e2,5.18e2.5等都是错误的表示方法。

1.2.3.2 实型变量

实型变量分为单精度(float)型和双精度(double)型两类。对每一个实型变量也都应该在使用之前加以定义。如:

```
float x,y;        (指定变量x,y为单精度实型)
double u,v;       (指定变量u,v为双精度实型)
```

在一般的计算机系统中,一个单精度实型数据在存储器中占4个字节(32位),一个双精度实型数据占8个字节(64位)。单精度实型数据提供7位有效数字,双精度实型数一般提供16位有效数字。其数值的范围随机器系统而不同,在IBM PC MS-C中,单精度实型数的数值范围约为$-10^{38}\sim10^{38}$之间,双精度实型数的范围约为$-10^{308}\sim10^{308}$之间。

对于实型变量,同样可以在定义的同时给变量赋初值,如:

```
float x,y=51.8;
```

其规则和前面所述的整型变量赋初值的规则相同。

1.2.4 字符型数据

1.2.4.1 字符型常量

C语言中的字符常量是用单引号括起来的一个字符,如'a','m','A','?','#'等都是字符常量。要注意,字符常量只包含有一个字符,另外大写和小写(如'a'和'A')是不同的字符常量。

除了以上形式表示的字符常量外,C还允许用一种特殊形式表示的字符常量,它是以一个"\"(反斜杠)开头的字符序列,这种字符称为"转义字符",意思是将反斜杠(\)后面的字符

转变成另外的一种意思，而不是它本身原来的意思了。如'\n'中的n不再代表字母n而作为"换行"符。常用的转义字符见表1.2所列。

表1.2

字符形式	功　能
\n	换行
\t	横向跳格
\v	竖向跳格
\b	退格
\r	回车
\f	走纸换页
\\	反斜杠字符"\"
\'	单引号(撇号)字符
\ddd	1到3位8进制数所代表的字符
\xhh	1到2位16进制数所代表的字符

表1.2中的最后第二行是用ASCII码(八进制数)表示一个字符的方法。例如'\101'代表字符'A'，'\012'代表"换行"，'\0'或'\000'代表ASCII码为0的控制字符，即"空操作"字符等。

1.2.4.2　字符型变量

字符型变量用来存放字符常量。一个字符变量只能存放一个字符，不要误认为一个字符变量中可以存放一个字符串(包括多个字符)。

字符型变量的定义格式如下：

```
char c1,c2;      (指定变量c1和c2为字符型)
```

一般，一个字符变量在存储器中占据一个字节，即用一个字节来存放一个字符。

用和整型变量、实型变量同样的方法，可以给字符型变量赋初值。如：

```
char c1='m',c2='n';
```

这等效于

```
char c1,c2;
c1='m';c2='n';
```

1.2.4.3　字符型数据和整型数据的关系

任何数据在计算机内部都是以二进制的形式表示的，所以从本质上来说，它们都是一个数。对于一个字符来说也是一样，我们在存储一个字符的时候，不是存储"字符"本身，而是存储了和该字符相对应的ASCII代码，而ASCII代码是以整数的形式表示的。例如字符"m"的ASCII代码值是109，字符"n"的ASCII代码值是110。所以字符型数据和整型数据的存储具有相同的形式，因而它们之间是可以通用的。这意味着，一个字符型数据既可以以字符

形式输出，也可以以整数形式输出。以字符形式输出时，需要先将存储单元中的 ASCII 码转换成相应的字符，然后输出。以整型数形式输出时，就直接将相应的 ASCII 码作为整数输出。并且字符型数据和整型数据之间可以互相赋值。例如：

[例程序 1.5]

```
/ * 650597 Lurunmin exp5.c C-I * /
main()
  {
    char c1,c2;
    int i,j;
    c1=109;c2=110;
    i='m';j='n';
    printf("%c,%d\n",c1,c2);
    printf("%d,%c\n",i,j);
  }
```

输出结果为：

```
m,110
109,n
```

因为字符型数据具有整型数据的存储形式，所以也可以对字符型数据进行算术运算，此时相当于对它的 ASCII 码值进行算术运算。例如：

[例程序 1.6]

```
/ * 650597 Lurunmin exp6.c CUL * /
main()
  {
    char c1,c2;
    c1='m';c2='n';
    c1=c1-32; c2=c2-32;
    printf("%c,%c",c1,c2);
  }
```

输出结果为：

```
M,N
```

它的功能是将两个小写字母转换成两个大写字母。同一个英文字母大写和小写之间的 ASCII 码值相差 32。

1.2.4.4 字符串常量

字符串常量是用一对双引号括起来的字符序列。如“Hello!”，“m”，“n=110”等都是字符串常量。

可以输出一个字符串常量，如：

```
printf("How are you.");
```

不要将字符常量和字符串常量相混淆。'm'是字符常量，而“m”则是字符串常量，二者

是不同的。在C语言中,没有字符串变量。如:

```
char c;
c='m';
```

是正确的,而

```
c="m";
```

则是错误的。当然更不能写成:

```
c="Hello!";
```

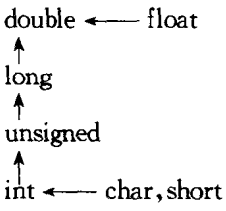
如果需要将一个字符串放到一个可变量中处理,这需要用字符数组来存放。这在后面的数组部分再介绍。

1.2.5 数据间的混合运算

不同类型的数据之间可以进行混合运算。例如:

```
100+'m'-1.5*'n'/2
```

的写法是合法的。在进行运算时,不同类型的数据先转换成同一类型,然后进行运算。转换的规则如下:



其中,横向向左的箭头表示必定的转换。即:单精度型实数在运算时必定一律先转换成双精度型实数;字符型数据和短整型数据在参加运算时必定先转换成int型。由下到上纵向的箭头表示当不同类型的运算对象在一起运算时的转换方向。如:int型的数据和double型的数据在一起进行运算时,先将int型的数据转换成double型数据,然后在两个同类型(double)的数据之间进行运算,结果为double型;unsigned型和long型数据在一起进行运算时,先将unsigned型数据转换成long型数据,然后再进行运算,其结果为long型。

上述所有运算之间进行的类型转换均是由系统自动进行的。

1.3 输出输入函数

在C语言中,数据的输出输入操作是由函数来实现的,C语言提供的输出和输入函数存放在函数库中,供用户调用。

1.3.1 printf函数

printf是格式输出函数,它的作用是向终端输出若干个任意类型的数据。

1.3.1.1 printf函数的一般格式

pritnf函数的一般格式为:

printf(格式控制,输出表列)

"格式控制"是用双引号括起来的字符串,它包含有两部分内容:

① 格式说明。由"%"和格式字符组成,如%d,%f 等。它的作用是规定了输出数据的输出格式,格式说明总是以"%"字符开始。

② 普通字符。即需要原样输出的字符。

"输出表列"是需要输出的一些数据的列表,它们可以是变量或表达式。例如:

```
printf("%d%d",x,y);
printf("x=%d,x+y=%d",x,x+y);
```

假如我们设 x 和 y 的值分别为 10 和 20,则第一个 printf 输出的结果为:

10 20

第二个 printf 输出的结果为:

x=10,x+y=30

1.3.1.2 格式字符

对于不同类型的数据输出,须用不同的格式字符。下面介绍几种常用的格式字符。

① d 格式符。用于输出十进制整数。有以下几种用法:

- %d,按整型数据的实际长度输出。
- %md,m 为指定的输出字段的宽度。如果数据的位数小于 m,则左端补以空格,若大于 m,则突破 m 的限制,按实际位数输出。如:

  ```
  printf("%3d,%3d",x,y);
  ```

  如果 x 和 y 的值分别为 15 和 5188,则输出结果为:

  ␣15,5188
- %ld,输出长整型数据。

对于用 long 定义的长整型数据,必须用%ld 格式输出,如果用%d 格式输出,则会发生错误。但对于用 int 定义的整型数据,则可以用%d 格式输出,也可以用%ld 格式输出。

对于一个长整型数据,也可以指定字段的宽度。如"%8ld",则输出字段占 8 列。

② f 格式符。用于输出实型数据(包括了单精度和双精度两种形式),以小数的形式输出。有以下几种用法:

- %f,不指定字段宽度,而是由系统自动确定。输出时使整数部分全部如数输出,输出的小数部分占 6 位。但是要注意,并非输出的全部数字都是有效数字,单精度实型数的有效位数一般为 7 位,而双精度实型数的有效位数一般为 16 位。
- %m.nf,指定输出的数据共占 m 列,其中小数部分占 n 位。如果数值长度小于 m,则左端补空格。如:

```
printf("%6.2f",x);
```

如果 x=15.456,则输出结果为

␣15.46

- %-m.nf,%-m.nf 和%m.nf 基本相同,只是使输出的数值向左端靠,而在右端补空格。

③ c 格式符。用于输出一个字符。如: