程序设计与算法(一)

C语言程序设计

郭 炜

微博：http://weibo.com/guoweiofpku

学会程序和算法，走遍天下都不怕!

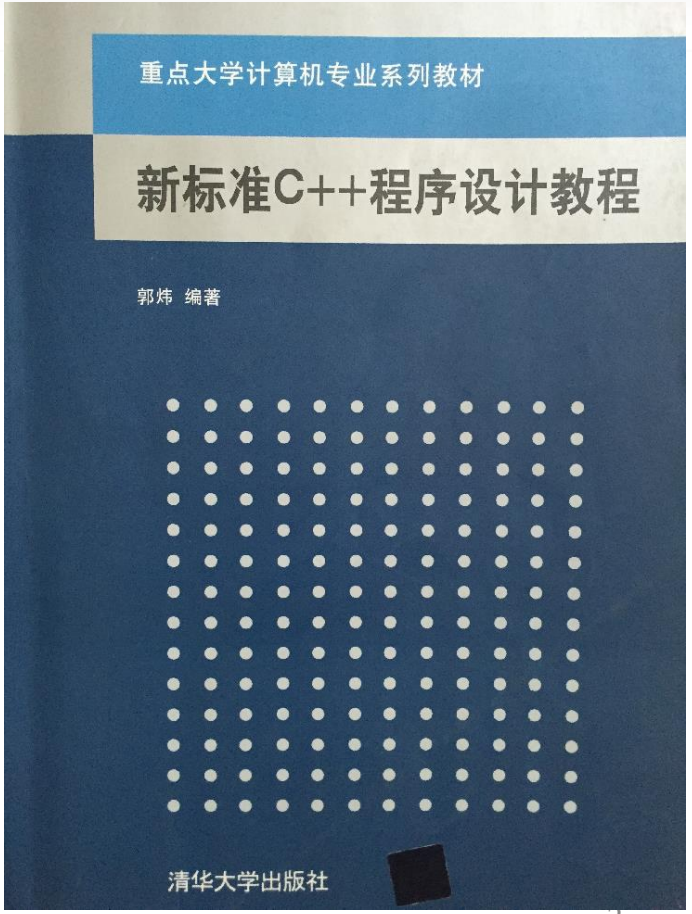
讲义照片均为郭炜拍摄

指定教材：

《新标准C++程序设计教程》

郭炜 编著

清华大学出版社



函 数

壶口瀑布

为什么需要函数

- 写了一段牛顿迭代法求平方根的代码，程序里面无数地方都要求平方根，难道需要的地方都把这段代码拷贝一遍？

- 一个数十万行的程序，都写在 main里面？ 数百个程序员如何合写一个main?

为什么需要函数

- “函数” 可以将实现了某一功能，并需要反复使用的代码包装起来形成一个功能模块（即写成一个“函数”），那么当程序中需要使用该项功能时，只需写一条语句，调用实现该功能的 “函数”即可。

- 不同的程序员可以分别写不同的函数，拼起来形成一个大程序

函数的定义

返回值类型 函数名(参数1类型 参数1名称，参数2类型 参数2名称……)
{
语句组(即“函数体”)
}

●如果函数不需要返回值，则“返回值类型”可以写“void”

函数调用和return语句

●调用函数：

函数名（参数1,参数2，……）

●对函数的调用，也是一个表达式。函数调用表达式的值，由函数内部的return语句决定。return语句语法如下：

return 返回值；

● return语句的功能是结束函数的执行，并将“返回值”作为结果返回。“返回值”是常量、变量或复杂的表达式均可。如果函数返回值类型为“void”，return语句就直接写：

return ;

函数调用和return语句

- return 语句作为函数的出口，可以在函数中多次出现。多个return语句的“返回值”可以不同。在哪个return语句结束函数的执行，函数的返回值就和哪个return语句里面的“返回值”相等。

函数使用实例1：Max函数

```
#include <iostream>
using namespace std;
int Max(int x,int y)  //求两个整型变量中的较大值
{
    if( x > y )
       return x;
    return y;
}
int main()
{
       int n = Max(4,6);
       cout << n << "," << Max(20,n) << endl;
       return 0;
}   => 6,20
```

形参

实参

=

形参实参类型需兼容！

函数使用实例2：判断是否是素数的函数

```
#include <iostream>
using namespace std;
bool IsPrime(unsigned int n)
{
        if( n <= 1 )
              return false;
        for( int i = 2;i < n; ++i )   //看看有没有n的因子
              if( n % i == 0 )
                return false;
        return true;
}
int main() {
  cout << IsPrime(2) << "," << IsPrime(4) << "," << IsPrime(5);
  return 0;
} => 1,0,1
```

返回值为void的函数

```
void DrawCircle(double x,double y,double r)
{
        //下面的代码在屏幕上以(x,y)点为圆心，r为半径画圆
        ……
        return;
}
```

调用：

```
DrawCircle(0,0,1);
```

函数使用实例3：已知三角形三个顶点位置，求边长

给定平面上不共线的三个点，其坐标都是整数，编写程序，求它们构成的三角形的三条边的长度。输入是6个整数: x1,y1,x2,y2,x3,y3代表三个点的坐标，以任意顺序输出三条边的长度均可。

```
#include <iostream>
using namespace std;
#define EPS 0.001 //用以控制计算精度
double Sqrt(double a)
{       //求a的平方根
    double x = a/2,lastX = x + 1 + EPS;   //确保能够进行至少一次迭代
    while( x - lastX > EPS || lastX - x > EPS) {
      //只要精度没有达到要求，就继续迭代
        lastX = x;
        x = (x + a/x)/2;
    }
    return x;
}
double Distance(double x1,double y1,double x2,double y2)
{ //求两点(x1,y1),(x2,y2) 的距离
      return Sqrt((x1-x2)*(x1-x2)+(y1-y2)*(y1-y2));
}
```

```
int main()
{
        int x1,y1,x2,y2,x3,y3;
        cin >> x1 >> y1 >> x2 >> y2 >> x3 >> y3;
        cout << Distance(x1,y1,x2,y2) << endl;
        //输出(x1,y1)到(x2,y2)距离
        cout << Distance(x1,y1,x3,y3) << endl;
        cout << Distance(x3,y3,x2,y2) << endl;
        return 0;
}
```

返回值为void的函数

```
void DrawCircle(double x,double y,double r)
{
        //下面的代码在屏幕上以(x,y)点为圆心，r为半径画圆
        ……
        return;
}
```

=

调用：

```
DrawCircle(0,0,1);
```

函数的声明

- **一般来说函数的定义必须出现在函数调用语句之前，否则调用语句编译出错**

如果过函数A内部调用了B,B内部调用了A，哪个写前面？

函数的声明

- **函数的调用语句前面有函数的声明即可，不一定要有定义！**

返回值类型 函数名(参数1类型 参数1名称，参数2类型 参数2名称……);

例如：

```
int Max(int a,int b);
double Sqrt(double);
double Distance(double,double,double,double);
```

参数名称可以省略。函数声明也称为“函数的原型”

函数的声明

```
void FunctionB();   //声明
void FunctionA() {
       ......
       FunctionB();
       ......
       return;
}
void FunctionB() {
       .......
       FunctionA();
       .......
       return;
}
```

main函数

C/C++程序从main函数开始执行，执行到main中的return则结束。

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
	cout << "Hello,world" << endl;
	return 0;
}
```

函数参数的传递

- 函数的形参是实参的一个拷贝，且形参的改变不会影响到实参（除非形参类型是数组、引用 --- 引用的内容本课不涉及）

```
#include <iostream>
using namespace std;
void Swap(int a,int b)
{
        int tmp;
      //以下三行将a,b值互换
        tmp = a ;
        a = b;
        b = tmp;
        cout << "In Swap: a=" << a << " b=" << b << endl;
}
```

函数参数的传递

```
int main()
{
        int a = 4, b = 5;
        Swap(a,b);
        cout << "After swaping: a=" << a << " b=" << b;
        return 0;
}
```

```
In Swap: a=5 b=4
After swaping: a=4 b=5
```

一维数组作为函数的参数

- 一维数组作为形参时的写法如下：

  类型名 数组名[ ]

  不用写出数组的元素个数。例如：

  void PrintArray(int a[ ]) { }

- 数组作为函数参数时，是传引用的，即形参数组改变了，实参数组也会改变。

一维数组作为函数的参数

●编写一个求整型数组最大值的函数

```
#include <iostream>
using namespace std;
int a1[4] = {4,15,6,9};
int a2[] = {3,18,56,40,78};
int FindMax( int a[] ,int length)  { //length是数组长度
        int mx = a[0];
        for(int i = 1;i < length; ++i)
                if( mx < a[i])
                        mx = a[i];
        return mx;
}
int main() {
        cout << FindMax(a1,sizeof(a1)/sizeof(int)) << endl;
        cout << FindMax(a2,sizeof(a2)/sizeof(int)) << endl;
        return 0;
}
```

一维数组作为函数的参数

- 编写一个把int数组所有元素置0的函数

```
#include <iostream>
using namespace std;
int a1[4] = {4,15,6,9};
void SetToZero(int a[] ,int length)
{
        for(int i = 0;i < length; ++i)
                a[i] = 0;
}
int main()
{
        SetToZero(a1,4);
        for(int i = 0;i < 4; ++i)
                cout << a1[i] << "," ;
        return 0;
} => 0,0,0,0
```

二维数组作为函数的参数

- 二维数组作为形参时，必须写明数组有多少列，不用写明有多少行：

```
void PrintArray( int a[][5])
{
    cout << a[4][3];
}
```

- 必须要写明列数，编译器才能根据下标算出元素的地址。

  a[i][j]的地址：

  数组首地址+i×N×sizeof(a[0][0])+j×sizeof(a[0][0])（N是数组列数）

  形参数组的首地址就是实参数组的首地址

库函数和头文件

难道真的求平方根都要自己写一个？ No!!

```
#include <iostream>
#include <cmath> // 头文件<cmath>中包含许多数学库函数
using namespace std;
int main()
{
        double a;
        cin >> a;
        if( a < 0 )  {
                cout << "Illegal input" << endl;
                return 0;
        }
        cout << sqrt(a);   //调用标准库函数求平方根
        return 0;
}
```

库函数和头文件

库函数：C/C++标准规定的，编译器自带的函数

头文件：C++编译器提供许多“头文件”，如

```
iostream
cmath
string
```

头文件内部包含许多库函数的声明以及其他信息，如cin,cout的定义

```
#include <iostream>
```

即可将头文件包含到程序中，此后即可使用头文件中定义的库函数及其他信息

库函数和头文件示例

●数学函数

数学库函数声明在cmath中，主要有：

int abs(int x)	求整型数x的绝对值
double cos(double x)	求x(弧度)的余弦
double fabs(double x)	求浮点数x的绝对值
int ceil(double x)	求不小于x的最小整数
double sin(double x)	求x(弧度)的正弦
double sqrt(double x)	求x的平方根

.....

库函数和头文件示例

●字符处理函数

这些库函数在ctype中声明，主要有：

int isdigit(int c)　　判断 c 是否是数字字符
int isalpha(int c)　　判断 c 是否是一个字母
int isalnum(int c)　　判断 c 是否是一个数字或字母
int islower(int c)　　判断 c 是否是一个小写字母
int islower(int c)　　判断 c 是否是一个小写字母
int isupper(int c)　　判断 c 是否是一个大写字母
int toupper(int c)　　如果 c 是一个小写字母，则返回对应大写字母
int tolower (int c)　如果 c 是一个大写字母，则返回对应小写字母

递归初步

甘肃麦积山石窟

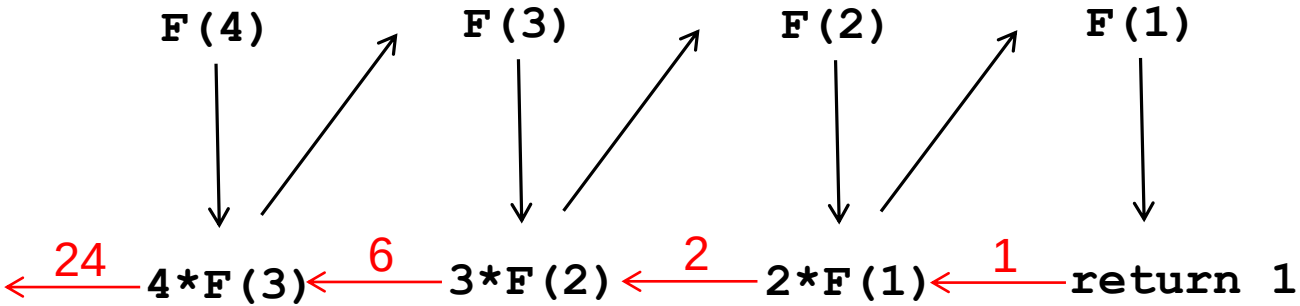
递归

- 一个函数，自己调用自己，就是递归

```
int Factorial(int n)
//函数返回n的阶乘
{
   if( n < 2)
        return 1; //终止条件
   else
        return n * Factorial(n-1);
} // cout << Factorial(5);  => 120
```

- 递归函数需要有终止条件，否则就会无穷递归导致程序无法终止甚至崩溃

```
int F (int n) //函数返回n的阶乘
{
   if( n < 2)
        return 1; //终止条件
   else
        return n * F (n-1);
}
```



递归

- 求斐波那契数列第 n 项

```
int Fib(int n)
{
   if( n == 1 || n == 2)
        return 1;
   else
        return Fib(n-1)+Fib(n-2);
}
```

位运算

基本概念

位运算：
用于对整数类型（int,char, long 等）变量中的某一位(bit)，
或者若干位进行操作。比如:

1) 判断某一位是否为1
2) 只改变其中某一位，而保持其他位都不变。

基本概念

位运算：
用于对整数类型（int,char, long 等）变量中的某一位(bit)，或者若干位进行操作。比如:

1) 判断某一位是否为1
2) 只改变其中某一位，而保持其他位都不变。

C/C++语言提供了六种位运算符来进行位运算操作：

&	按位与(双目)
|	按位或(双目)
^	按位异或(双目)
~	按位非(取反)(单目)
<<	左移(双目)
>>	右移(双目)

按位与“&”

将参与运算的两操作数各对应的二进制位进行与操作，只有对应的两个二进位均为1时，结果的对应二进制位才为1，否则为0。

按位与“&”

例如：表达式“21 & 18 ”的计算结果是16
(即二进制数10000)，因为：

21 用二进制表示就是：
0000 0000 0000 0000 0000 0000 0001 0101
18 用二进制表示就是:
0000 0000 0000 0000 0000 0000 0001 0010
二者按位与所得结果是：
0000 0000 0000 0000 0000 0000 0001 0000

按位与“&”

通常用来将某变量中的某些位清0且同时保留其他位不变。
也可以用来获取某变量中的某一位。

例如，如果需要将int型变量n的低8位全置成0，而其余位不变，则可以执行：

```
n = n & 0xffffff00;
```

也可以写成：

```
n &= 0xffffff00;
```

如果n是short类型的，则只需执行：

```
n &= 0xff00;
```

按位与“&”

如何判断一个int型变量n的第7位（从右往左，从0开始数）是否是1？

只需看表达式 “n & 0x80”的值是否等于0x80即可。

0x80: 1000 0000

按位或“|”

将参与运算的两操作数各对应的二进制位进行或操作，只有对应的两个二进位都为0时，结果的对应二进制位才是0，否则为1。

按位或“|”

例如：表达式“21 | 18 ”的值是23，因为：

21 : 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0001 0101
18 : 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0001 0010
21|18: 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0001 0111

按位或“|”

按位或运算通常用来将某变量中的某些位置1且保留其他位不变。

例如，如果需要将int型变量n的低8位全置成1，而其余位不变，则可以执行：

```
n |= 0xff;
```

0xff: 1111 1111

按位异或“^”

将参与运算的两操作数各对应的二进制位进行异或操作，即只有对应的两个二进位不相同时，结果的对应二进制位才是1，否则为0。
例如：表达式“21 ^ 18 ” 的值是7(即二进制数111)。

21 : 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0001 0101
18 : 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0001 0010
21^18: 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0111

按位异或“^”

按位异或运算通常用来将某变量中的某些位取反，且保留其他位不变。

例如，如果需要将int型变量n的低8位取反，而其余位不变，则可以执行：

```
n ^= 0xff;
```

0xff: 1111 1111

按位异或 “^”

异或运算的特点是：

如果 a^b=c，那么就有 c^b = a以及c^a=b。(穷举法可证)

此规律可以用来进行最简单的加密和解密。

按位异或“^”

另外异或运算还能实现不通过临时变量，就能交换两个变量的值：

```
int a = 5, b = 7;
a = a ^ b;
b = b ^ a;
a = a ^ b;
```

即实现a,b值交换。穷举法可证。

按位非“~”

按位非运算符“~”是单目运算符。
其功能是将操作数中的二进制位0变成1，1变成0。

例如，表达式“~21”的值是整型数 0xfffffffea

21： 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0001 0101
~21： 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1110 1010

左移运算符 “<<”

表达式：

a << b

的值是：将a各二进位全部左移b位后得到的值。左移时，高位丢弃，低位补0。a 的值不因运算而改变。

左移运算符 “<<”

例如:
9 << 4

9的二进制形式：
0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 1001
因此，表达式“9<<4”的值，就是将上面的二进制数左移4位，得：
0000 0000 0000 0000 0000 0000 1001 0000
即为十进制的144。

左移运算符 “<<”

实际上，左移1位，就等于是乘以2，左移n位，就等于是乘以2^n。而左移操作比乘法操作快得多。

右移运算符 “>>”

表达式：

a >> b

的值是：将a各二进位全部右移b位后得到的值。右移时，移出最右边的位就被丢弃。 a 的值不因运算而改变。

对于有符号数，如long,int,short,char类型变量，在右移时，符号位（即最高位）将一起移动，并且大多数C/C++编译器规定，如果原符号位为1，则右移时高位就补充1，原符号位为0，则右移时高位就补充0。

右移运算符 “>>”

实际上，右移n位，就相当于左操作数除以2^n，并且将结果往小里取整。

-25 >> 4 = -2
-2 >> 4 = -1
18 >> 4 = 1

```
#include <stdio.h>
int main()
{
        int n1 = 15;
        short n2 = -15;
        unsigned short n3 = 0xffe0;
        char c = 15;
        n1 = n1>>2;
        n2 >>= 3;
        n3 >>= 4;
        c >>= 3;
        printf( "n1=%d,n2=%x,n3=%x,c=%x",n1,n2,n3,c);
} //输出结果是：n1=3,n2=fffffffe,n3=ffe,c=1
```

n1: 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 1111

n1 >>= 2: 变成3

0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0011

n2: 1111 1111 1111 0001

n2 >>= 3: 变成 fffffffe, 即-2

1111 1111 1111 1110

n3: 1111 1111 1110 0000

n3 >>= 4: 变成 ffe

0000 1111 1111 1110

c: 0000 1111

c >>= 3; 变成1

0000 0001

```
int n1 = 15;
short n2 = -15;
unsigned short n3 = 0xffe0;
char c = 15;
```

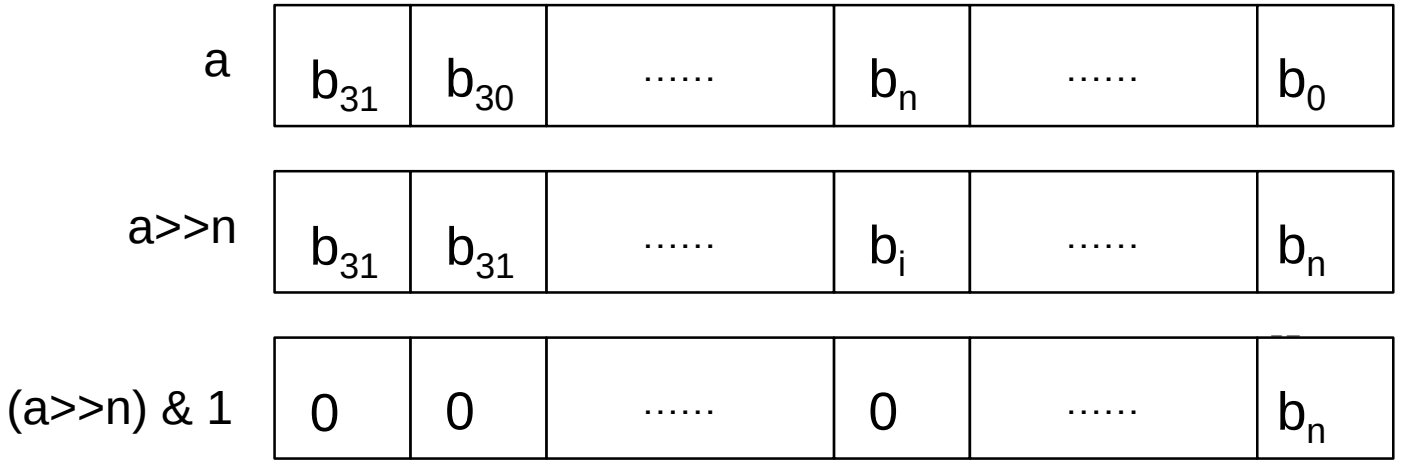
思考题：

有两个int型的变量a和n(0 <= n <= 31)，
要求写一个表达式，使该表达式的值和a的第n位相同。

思考题：

有两个int型的变量a和n(0 <= n <= 31)，
要求写一个表达式，使该表达式的值和a的第n位相同。

答案：
(a >> n) & 1



思考题：

有两个int型的变量a和n(0 <= n < 31)，
要求写一个表达式，使该表达式的值和a的第n位相同。

另一答案：

(a & (1 << n)) >> n