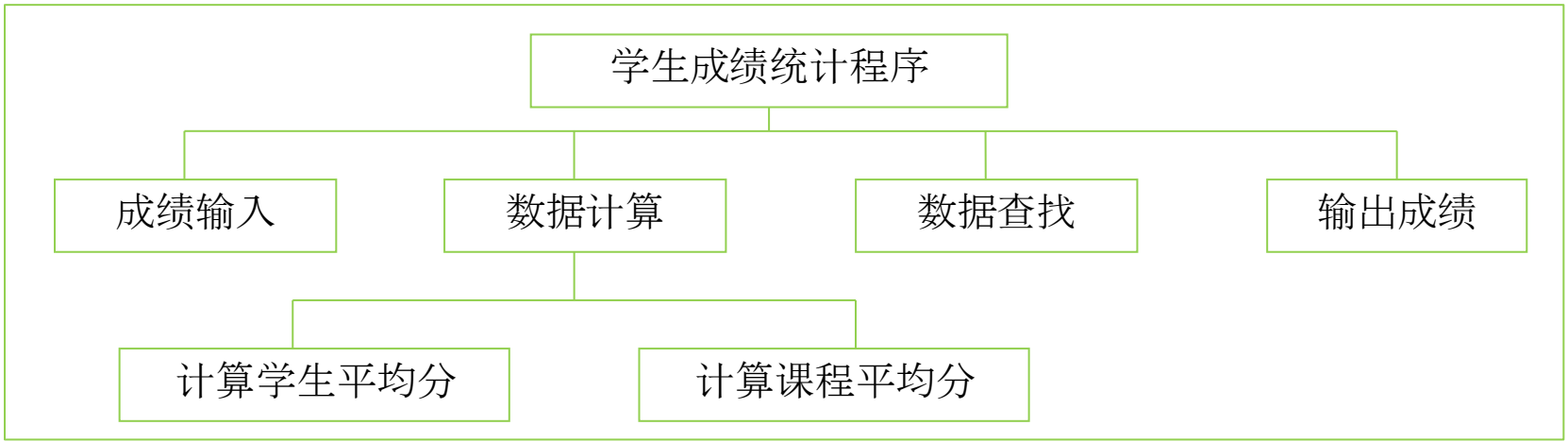
C语言程序设计基础

林川

第五章 函数

- 结构化程序设计(Structured Programming)
  - 将复杂程序分解为若干个简单的模块，用函数进行实现
  - 模块之间相对独立，通过参数进行调用
- C语言中的函数
  - 众多函数是平等的兄弟关系
    - 函数main是第一个被执行的函数
  - 函数之间通过调用结合在一起

学生成绩统计程序的层次结构图



一、函数是什么？

- 函数是指完成一个特定工作的独立程序模块。
  - 库函数：由C语言系统提供定义
    - 如scanf()、printf()等函数
  - 自定义函数：需要用户自己定义
    - 如计算圆柱体体积函数cylinder()
  - main()也是一个函数，C程序有且仅有一个main()

函数定义

```c
/* 计算圆柱体体积 */
double cylinder (double r, double h)
{
    double result;
    /* 计算体积 */
    result = 3.1415926 * r * r * h;
    /* 返回结果 */
    return result;
}
```

二、函数的定义

函数类型 函数名（形式参数表）

{

函数实现语句

}

```
double cylinder (double r, double h)
{
    double result;
    result = 3.1415926 * r * r * h;
    return result;
}
```

- 函数类型：返回值的类型

  例如void、int、float，等等

  - 如果返回类型不是void，必须使用return语句返回函数值

- 形式参数表：

  类型1 参数名1，类型2 参数名2,...,类型n 参数名n

  不能把cylinder的形式参数写作：**double r, h**

指出函数类型、函数名、形参、函数头、函数体、返回值？

```
double cylinder (double r, double h)
{
   double result;
   result = 3.1415926 * r * r * h;
   return result;
}
```

无结果的函数

函数也可以完成一系列操作步骤，不返回任何运算结果。

```
void 函数名(参数表)
{
   函数实现语句
}
```

- void不可少，否则默认为int
- 可以没有return语句
- 可用return提前结束函数(一般是在分支语句中)

三、函数的调用

- 定义一个函数后，就可以在程序中调用这个函数

- 调用标准库函数时，在程序的最前面用

  ```
  #include < >
  ```

  命令包含相应的头文件

- 调用自定义函数时，程序中必须有相应的函数定义。

函数调用的形式

函数名(实际参数表)

- 实际参数表与形式参数表对应
  - 可以是常量、变量、表达式
- 返回结果的函数调用(使用返回值)
  - volume = cylinder(radius, height);
  - printf("%f \n", cylinder(radius, height));
- 无返回结果的函数调用(完成操作)
  - pyramid(5);

函数调用的过程

- 计算机在执行程序时，从主函数main开始执行
- 如果遇到某个函数调用，主函数被暂停执行，转而执行相应的函数，该函数执行完后，将返回主函数。然后再从原先暂停的位置继续执行。
- 在函数中，如果执行完所有语句或者执行到return语句，那么将返回主函数

分析函数调用的过程

```
#include <stdio.h>
int main( void )
{
   ......
   volume = cylinder (radius, height );   /* 调用函数 */
   ......
}

double cylinder (double r, double h)
{
   ......
   return result;
}
```

/* 实参□形参 */

/* 执行函数中的语句 */

/* 返回调用它的地方 */

函数调用的参数传递

- 函数定义时的参数被称为形式参数（简称形参）

```
double cylinder (double r, double h);
```

- 函数调用时的参数被称为实际参数（简称实参）

```
volume = cylinder (radius, height);
```

- 实参□形参
  - 在参数传递过程中，实参把值复制给形参。
  - 形参和实参一一对应
    - 数量、类型、顺序
- 实参：常量、变量或表达式
- 形参：变量，用于接受实参传递过来的值

函数结果返回

- 函数结果返回的形式：

  return 表达式；

  return (表达式)；

  对于void类型的函数，表达式为空

- 函数返回的两种情况
  - 完成运算，将结果返回给主调函数。
  - 只是完成工作，无需返回 结果给主调函数
    - 函数类型为void。

判断奇偶数的函数

定义一个判断奇偶数的函数：当参数为偶数时返回1，否则返回0。

```
int even( int n )
```

判断奇偶数的函数

```
int even (int n)          /* 函数首部 */
{
   if( n % 2 == 0 )     /* 判别奇偶数 */
      return 1;         /* 偶数返回1 */
   else
      return 0;         /* 奇数返回0 */
}
```

如何调用该函数？

例如：

```
even( 3 );
if( even(x) )
     printf("x is even\n");
```

函数原型声明

函数类型 函数名(参数表);

即:函数定义中的第1行(函数首部),并以分号结束。
例如

```
double cylinder (double r, double h);
void pyramid (int n);
```

声明函数时,可省略形式参数的名字,因为无关紧要。
例如

```
double cylinder (double, double);
void pyramid (int);
```

但是建议不要省略,增加可读性

函数原型声明

函数类型 函数名(参数表);

- 函数必须先定义后调用
  - 将主调函数放在被调函数的后面，就像变量先定义后使用一样
- 函数定义可以出现在主调函数之后
  - 需要在函数调用前，声明函数原型
    - 说明函数的类型和参数的情况，以保 证程序编译时能判断对该函数的调用是否正确。

四、函数应用

[例5-2] 定义一个函数判定一个整数的奇偶

```
int even( int n )
{
   if( n%2==0 )
       return 1;
   else
       return 0;
}
```

函数程序设计

[例5-3] 使用格里高利公式，求π的近似值。输入精度e，精确到最后一项的绝对值小于e。

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \cdots$$

https://zh.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%E7%9A%84%E8%8E%B1%E5%B8%83%E5%B0%BC%E8%8C%A8%E5%85%AC%E5%BC%8F

定义函数funpi，求π的近似值

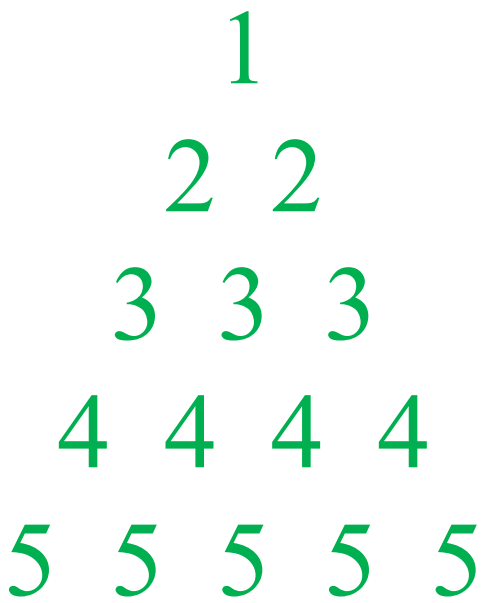
```
double funpi (double e)
{
   int denominator = 1, flag = 1;
   double item = 1, sum = 0;

   while (fabs (item) >= e)
   {
      item = flag * 1.0 / denominator;
      sum = sum + item;
      flag = -flag;
      denominator = denominator + 2;
   }

   return sum * 4;
}
```

源程序

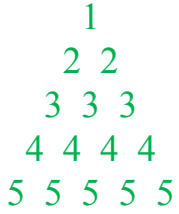
```
#include <stdio.h>
#include <math.h>
int main (void)
{
   double error, pi;
   double funpi (double e);
   printf ("Enter error:");
   scanf ("%lf", &error);
   pi = funpi (error);
   printf ("pi = %f\n", pi);

   return 0;
}
```

printf ("pi = %f\n", funpi(error));

输出数字金字塔



数字金字塔源程序




```
#include <stdio.h>
int main (void)
{
  void pyramid (int n);
  pyramid(5);
  return 0;
}
```

```
void pyramid (int n)
{
   int k, j;
   for( k = 1; k <= n; k++ )
   {
       for( j = 1; j <= n-k; j++ )
           printf(" ");        /* 空格 */
       for( j = 1; j <= k; j++ )
           printf("%d ", k); /* 数字 */
       putchar ('\n');         /* 换行 */
   }
}
```

复数运算

输入两个复数的实部和虚部，采用函数计算它们的和与积。

复数的计算结果有两个：实部和虚部

但是，return语句只能返回一个计算结果

怎么办？？？

[例5-6, P100]复数运算源程序

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

float result_real, result_imag;

/* 复数之和 */
void complex_add(float r1, float m1, float r2, float m2)
{
   result_real = r1 + r2;
   result_imag = m1 + m2;
}

/* 复数之积 */
void complex_prod(float r1, float m1, float r2, float m2)
{
   result_real = r1*r2 - m1*m2;
   result_imag = r1*m2 + r2*m1;
}
```

定义全局变量
保存和传递计算结果

复数运算源程序

```
int main(void)
{
   float real1, real2, imag1,imag2;
    …… /* 输入两个复数，此处略 */
   complex_add(real1, imag1, real2, imag2);
   printf("addition of complex is %f+%fi\n",
       result_real, result_imag);
   complex_prod(real1, imag1, real2, imag2);
   printf("product of complex is %f+%fi\n",
       result_real, result_imag);
   return 0;
}
```

五、变量分类

- 全局变量
  - 在函数外部定义的变量
    - [例5-6]中的 result_real 和 result_imag
  - 从定义起，之后的函数都可以使用
    - 定义之前的函数不可以
  - 作用范围广，使用方便
    - 省去参数传递

全局变量

- 典型应用
  - 软件运行的全局状态
  - 公共资源
  - 传递运算结果
- 避免滥用
  - 所用范围广，缺点+优点，
  - 不易管理、破坏程序的模块化
  - 慎用、尽量少用

局部变量

- 函数内部的变量
  - 局部变量
- 函数的形式参数
  - 特殊的局部变量
  - 函数调用时，用于接收的实际参数值
- 复合语句内部的变量
  - 局部变量

局部变量和全局变量

- 局部变量
  - 函数内部定义的变量（包括形参）

    作用范围：本函数内部
  - 定义在复合语句内的变量

    作用范围：复合语句内部
- 全局变量
  - 在所有函数外部定义的变量，不属于任何函数
    - 作用范围：从定义处到源文件结束（包括各函数）

局部变量和全局变量

```
#include <stdio.h>
int x;
int f();
int main (void)
{
    int a = 1;
    x = a;
    a = f();
    {
        int b = 2;
        b = a + b;
        x = x + b;
        }
        printf ("%d %d" , a, x);
        return 0;
}
int f()
{
    int x = 4;
    return x;
}
```

运行结果

4 7

在函数f内部，全局变量x被f的局部变量x**屏蔽**了

变量作用范围示例

```
int x=1;
void main( )
{
    int a=2;
    ……
    {
        int b=3;
        ……
    }
    f();
    ……
}
int t=4 ;
void f( )
{
    int x=5, b=6;
    ……
}
int a=7;
……
```

x=? a=? b=?
x=1, a=2, b=3

b=?
b没有定义

x=? b=? t=? a=?
x=5 b=6 t=4 a没定义

变量的生命周期

- 变量的生命周期
  - 变量从分配存储单元开始，到被回收存储单元的过程
- 局部变量
  - 函数调用时，定义变量，分配存储单元
  - 函数调用结束，存储单元自动被收回
  - 包括形式参数
- 全局变量：从程序执行开始，到程序的结束，存储单元始终存在

变量的存储类型

- 自动型(auto)
  - 普通的局部变量
- 静态型(static)
  - 静态的局部变量
    - 生命周期和全局变量一样
  - 静态的全局变量
    - 只能在本文件中使用
- 外部变量(extern)
  - 全局变量，可跨文件使用
- 寄存器型(register)
  - 存储在硬件寄存器中的变量

<table>
<tr><td colspan="3">操作系统(例如Windows)、语言系统</td></tr>
<tr><td colspan="3">程序区(代码)
主函数main、其他子函数等</td></tr>
<tr><td rowspan="3">数据区</td><td rowspan="2">静态</td><td>全局变量</td></tr>
<tr><td>静态局部变量</td></tr>
<tr><td rowspan="2">动态</td><td>主函数局部变量区</td></tr>
<tr><td>其他函数的
局部变量区</td></tr>
</table>

静态变量

static 类型名 变量表

- 作用范围
  - 保持不变
- 生命周期
  - 程序开始执行直到程序结束
  - 等同于全局变量
- 静态变量的初值
  - 定义的时候给初值
  - 否则，缺省为0（每一个bit都是0）

[例5-9] 静态变量示例:计算1-n的阶乘

```
#include <stdio.h>
double fact_s( int );
int main( void )
{
   int i, n;
   printf("Input n: ");
   scanf("%d", &n);
   for( i=0; i<n; i++ )
      printf("%3d!=%.0f\n", i, fact_s(i));
   return 0;
}
double fact_s(int n)
{
   static double f = 1;
   f = f * n;
   return f;
}
```

静态变量的初值为1

静态变量会记住前一次调用时的值

本章要点

- 函数定义、声明、调用
- 函数参数，参数传递
- 变量的分类、生命周期、存储类型
- 局部变量、全局变量、静态变量
- 全局变量优缺点，静态变量的特性