中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

计算机程序设计

第四章　模块化程序设计

白雪飞

中国科学技术大学微电子学院

目录

引　言

模块化

- **模块化程序设计 (Modular Programming)**
  - 将软件系统按照功能层层分解为若干模块
    - 模块：独立、可替换、具有预定功能，函数(Function)
  - 各模块之间通过接口实现调用，互相协作解决问题
    - 接口：对输入与输出的描述
- **模块化的特点**
  - 复杂程序的设计更加灵活高效
    - 设计良好的模块能够重复使用、易于替换
  - 程序设计过程更加复杂
    - 需要考虑如何划分模块、设计模块间的接口
- **模块化与结构化**
  - 模块化编程：将整个程序划分成各部分的高层分解
  - 结构化编程：采用结构化控制语句的低层代码编写

模块化思想

提纲

- 精简程序代码
- 改善程序结构
- 增强程序的通用性

精简程序代码举例

■ 例4.1-1：字符画树程序的精简代码设计。

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    printf("   *\n");
    printf("  ***\n");
    printf(" *****\n");
    printf("*******\n");
    printf("   *\n");
    printf("  ***\n");
    printf(" *****\n");
    printf("*******\n");
    printf("   #\n");
    printf("   #\n");
    printf("   #\n");
    return 0;
}
```

重复代码段
定义为函数

运行结果：

```
   *
  ***
 *****
*******
   *
  ***
 *****
*******
   #
   #
   #
```

```c
#include <stdio.h>

void treetop()          // 函数定义
{
    printf("   *\n");
    printf("  ***\n");
    printf(" *****\n");
    printf("*******\n");
}

int main()
{
    treetop();          // 函数调用
    treetop();          // 函数调用
    printf("   #\n");
    printf("   #\n");
    printf("   #\n");
    return 0;
}
```

调用与实现分离
精简main函数

运行结果：

```
   *
  ***
 *****
*******
   *
  ***
 *****
*******
   #
   #
   #
```

提纲

- 精简程序代码
- **改善程序结构**
- 增强程序的通用性

改善程序结构举例

■ 例4.1-2：字符画树程序的模块化设计。

```c
#include <stdio.h>

void treetop()
{
    printf("   *\n");
    printf("  ***\n");
    printf(" *****\n");
    printf("*******\n");
}

int main()
{
    treetop();
    treetop();
    printf("   #\n");
    printf("   #\n");
    printf("   #\n");
    return 0;
}
```

功能实现语句定义为函数

```c
#include <stdio.h>

void treetop()
{
    printf("   *\n");
    printf("  ***\n");
    printf(" *****\n");
    printf("*******\n");
}

void treetrunk()
{
    printf("   #\n");
    printf("   #\n");
    printf("   #\n");
}

int main()
{
    treetop();
    treetop();
    treetrunk();
    return 0;
}
```

功能实现与应用分离
程序结构更清楚

运行结果：

```
   *
  ***
 *****
*******
   *
  ***
 *****
*******
   #
   #
   #
```

提纲

- 精简程序代码
- 改善程序结构
- **增强程序的通用性**

增强程序的通用性举例

■ 例4.1-3：字符画树程序的通用性设计。

```
#include <stdio.h>

void treetop(char ch)          // 树叶字符定义为参数，可以在调用时指定不同字符
{
    printf("   %c\n", ch);
    printf("  %c%c%c\n", ch, ch, ch);
    printf(" %c%c%c%c%c\n", ch, ch, ch, ch, ch);
    printf("%c%c%c%c%c%c%c\n", ch, ch, ch, ch, ch, ch, ch);
}

void treetrunk()
{
    printf("   #\n");
    printf("   #\n");
    printf("   #\n");
}

int main()
{
    treetop('*');              // 画出以'*'为叶的树冠
    treetop('@');              // 画出以'@'为叶的树冠
    treetrunk();
    return 0;
}
```

思考拓展：

考虑进一步增强程序的通用性，为函数添加相应参数：

① 树冠字符；
② 树冠层数；
③ 树干字符；
④ 树干长度；
⑤ … …

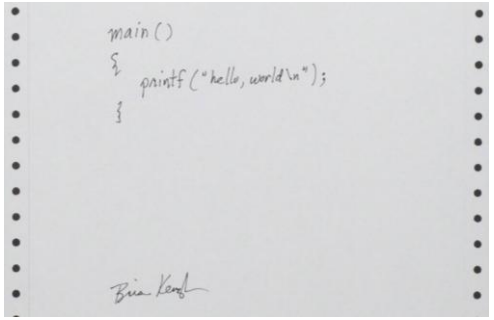
运行结果：

```
   *
  ***
 *****
*******
   @
  @@@
 @@@@@
@@@@@@@
   #
   #
   #
```

函　数

提纲

- 函数定义
- 函数调用
- 函数原型声明
- 深入理解函数



The "hello, world" Program
by Brian Kernighan, 1978

函数定义

一般形式

函数类型 函数名(形参类型 形参名，形参类型 形参名，...) 函数体

说明

- 函数类型即函数返回值的类型
  - 若函数定义的函数类型缺省，则函数类型默认为int类型
  - 若函数没有返回值，则函数类型应定义为void类型
- 函数名遵循标识符命名规范，应尽量体现函数的功能
- 函数定义中的参数称为形式参数，简称形参
  - 函数可拥有零个、一个或多个形参，当函数没有形参时，()内为空或写作(void)
  - 形参被视作函数体中定义的局部变量，并且在函数调用时使用实参的值初始化
- 函数体是一条用{}括起来的复合语句
  - 函数体中可包含一条或多条return语句，执行return语句会立刻结束函数调用
  - 有返回值的函数中，return语句带有表达式，表达式的值转换为函数类型并返回
  - 无返回值的函数中，return语句不带表达式，也可以没有return语句

函数定义举例：判断素数

■ 例4.2-a：定义判断素数的函数。

```
int IsPrime(int n)                  // 函数头，有一个形式参数（形参）
{                                   // 函数体复合语句开始
    int i=2;                        // 函数体中可以定义变量，且只能用于本函数内部

    while (i <= n-1) {              // 函数体中，形参用作变量，其初值来自函数调用时的实参
        if (n%i == 0)               // 若能整除，则n为合数
            return 0;               // 结束函数调用并返回0（“假”）
        else                        // 这个else可以没有
            i++;                    // 若不能整除，准备测试[2,n-1]范围内的下一个整数
    }

    return 1;                       // 能执行到此处说明n是素数，结束函数调用并返回1（“真”）
}                                   // 函数体复合语句结束
```

提纲

- 函数定义
- **函数调用**
- 函数原型声明
- 深入理解函数

函数调用

一般形式

函数名(实参，实参，...)

说明

- 函数调用中的参数称为**实际参数**，简称**实参**
  - 实参与形参**数量相同**，并按照顺序**一一对应**
  - 实参与形参的**类型**应**相同**或**赋值兼容**
  - 实参可以是常量、变量、表达式，其值在函数调用时传递给相应的形参
  - 若实参是变量，实参与形参可以同名或不同名，即使它们同名，也是**不同**的变量
- 函数调用中的函数名和实参前都**不需要**书写数据类型
- 即使函数没有参数，函数名后的()也不能省略
- **有**返回值的函数，其函数调用可以用作**表达式**，函数返回值即表达式的值
- **无**返回值的函数，其函数调用不能用作表达式，**只能用于函数调用语句**

函数定义和调用举例：判断素数

■ 例4.2-1：输入一个整数并判断其是否为素数。

```c
#include <stdio.h>
#include <math.h>          // 数学函数头文件

int is_prime(int n)        // 函数定义和形参n
{
    int i, m;

    if (n <= 1)            // 处理异常输入
        return 0;          // 异常输入，返回0

    m = sqrt(n);           // 取√n的整数部分

    for (i=2; i<=m; i++)   // 只需循环到⌊√n⌋
        if (n%i == 0)      // 若发现n的因数
            return 0;      // n是合数，返回0

    return 1;              // n是素数，返回1
}
```

```c
int main()                 // 程序从主函数开始执行
{
    int n;                 // 与形参n是不同的变量

    printf("输入一个整数: ");
    scanf("%d", &n);

    if (is_prime(n))       // 函数调用和实参变量n
        printf("%d是素数\n", n);
    else
        printf("%d不是素数\n", n);

    return 0;              // 程序在主函数结束执行
}
```

运行结果一：

输入一个整数：97↵
97是素数

运行结果二：

输入一个整数：100↵
100不是素数

传值与传址

值传递机制

- 实参到形参的单向值传递
  - 实参与形参是不同的数据对象
  - 实参的值复制给形参，由形参参与函数内部的运算
  - 形参的值在函数内部的任何变化无法反向传递回实参
- 通过函数调用无法修改实参的值

传递地址值

- 实参和形参是地址类型（指针类型）
- 地址值传递仍然遵循单向值传递规则
  - 形参从实参获得其地址类型的值，与实参指向了相同的存储空间
  - 对形参指向的数据进行的操作，就是对实参指向的数据所作的操作
  - 借助地址值传递可以改变多个数据的值
- 通过函数调用不会修改地址类型实参的值

值传递机制举例

■ 例4.2-2：编写函数求三个数的最大值。

```c
#include <stdio.h>

int max(int x, int y, int z)
{
    if (x < y)
        x = y;
    if (x < z)
        x = z;
    return x;
}

int main()
{
    int   a;
    float b;

    scanf("%d%f", &a, &b);
    printf("最大值: %d\n", max(a, b+2, 9*9));
    return 0;
}
```

类型转换
float→int

程序解析：

1. 形参的初值来自实参，不需要在函数内部对形参再次进行初始化或赋值，即可直接使用；
2. 实参可以是常量、变量、表达式；
3. 实参数据类型应和形参相同，或能够转换为形参数据类型，即赋值兼容；
4. 若实参数据类型和形参不同，则先将实参的值隐式转换为形参数据类型，再进行参数传递。

运行结果一：

```
1 2↵
最大值：81
```

运行结果二：

```
100 234.56↵
最大值：236
```

运行结果三：

```
10 -3.14↵
最大值：81
```

运行结果四：

```
1000 234.56↵
最大值：1000
```

单向值传递举例

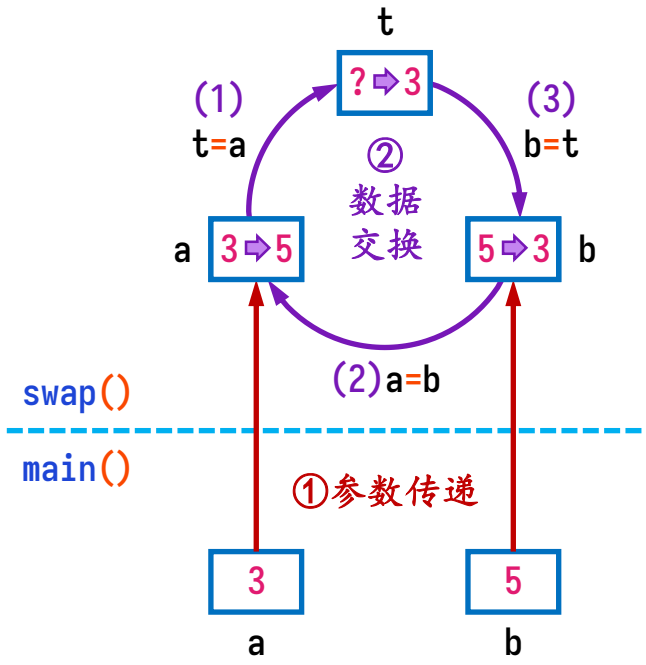
■ 例4.2-3：编写函数交换两个参数的值。

```
#include <stdio.h>

void swap(int a, int b)
{
    int t;
    t = a, a = b, b = t;    // 交换形参的值
    printf("In swap()\t  : a=%d b=%d\n", a, b);
}

int main()
{
    int a=3, b=5;

    printf("Before call swap(): a=%d b=%d\n", a, b);
    swap(a, b);             // 能否交换实参的值?
    printf("After call swap() : a=%d b=%d\n", a, b);

    return 0;
}
```

运行结果：

```
Before call swap(): a=3 b=5
In swap()         : a=5 b=3
After call swap() : a=3 b=5
```

变量监测：



传递地址值举例

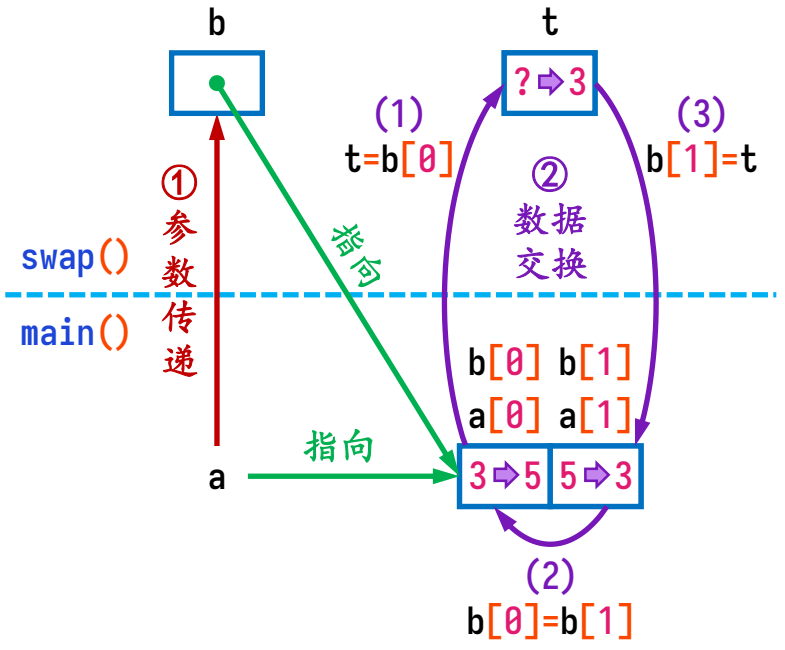
■ 例4.2-4：编写函数交换数组中元素的值。

```c
#include <stdio.h>

void swap(int b[])          // 形参b用作数组地址
{
    int t;
    t = b[0], b[0] = b[1], b[1] = t;
    printf("b的内容是: %d, %d\n", b[0], b[1]);
}

int main()
{
    int a[2]={3,5};

    printf("a的内容是: %d, %d\n", a[0], a[1]);
    swap(a);                // 数组a的地址作为实参
    printf("a的内容是: %d, %d\n", a[0], a[1]);

    return 0;
}
```

运行结果：

```
a的内容是: 3, 5
b的内容是: 5, 3
a的内容是: 5, 3
```

变量监测：



函数返回值

- 返回值
  - 若被调函数有返回值，则可以通过return语句向主调函数返回一个值
  - main函数的返回值由操作系统接收
- 无返回值
  - 若函数类型为void类型，则函数没有返回值
  - 函数可以没有return语句，执行完最后一条语句后，返回主调函数
  - 若函数有return语句，则不带有返回值
- 有返回值
  - 若函数类型不是void类型，则函数有返回值
  - 若函数定义时没有指定函数类型，则函数类型默认为int类型
  - return语句带有表达式（包括常量、变量），其值用作返回值
    - return语句带有的表达式类型，应与函数类型相同或赋值兼容
    - 若二者类型不同，则将表达式的值转换为函数类型后再返回

return语句

一般形式

```
return;
return 表达式;
```

说明

- 结束函数调用并返回主调函数
- 若函数有返回值，则将表达式的值返回给主调函数
- 若表达式类型与函数类型不同，则先将表达式的值转换为函数类型后再返回
- 若函数中有多个return语句，则执行其中任何一个时，函数即结束调用

```
void test(float data)
{
    if (data < 0)
        return;        // 函数无返回值
    ...
}
```

```
float max(float a[])
{
    ...
    return a[k]*2.0;  // 表达式值转换为
                      // float类型返回
}
```

提纲

- 函数定义
- 函数调用
- **函数原型声明**
- 深入理解函数

函数原型声明

一般形式

```
函数类型 函数名(形参类型 形参名，形参类型 形参名，...);
函数类型 函数名(形参类型，形参类型，...);
```

说明

- 函数原型声明，简称**函数声明**，函数应**“先声明，后调用”**
- 函数原型声明包含函数调用和语法检查所需的所有信息
  - 函数名、函数类型、形参数量、形参类型、形参顺序
  - 函数调用不需要检查形参名，函数原型声明可以省略形参名
- 若函数原型声明在**函数外部**，则作用范围**从声明处至源程序文件结束**
- 若函数原型声明在**函数内部**，则作用范围仅限于**从声明处至当前函数结束**
- 函数定义包含函数原型声明的内容，可以起到函数原型声明的作用
- 库函数的原型声明在相应的头文件中，正确`#include`头文件即可
- 函数原型声明习惯上放在预处理命令及结构体类型定义之后、函数定义之前

函数原型声明举例

■ 例4.2-7：编写函数判断素数。

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

int is_prime(int n);          // 函数原型声明

int main()
{
    int n;

    printf("输入一个整数: ");
    scanf("%d", &n);

    if (is_prime(n))          // 函数调用
        printf("%d是素数\n", n);
    else
        printf("%d不是素数\n", n);

    return 0;
}
```

```c
int is_prime(int n)           // 函数定义
{
    int i, m;

    if (n <= 1)
        return 0;

    m = sqrt(n);

    for (i=2; i<=m; i++)
        if (n%i == 0)
            return 0;

    return 1;
}
```

运行结果一：

输入一个整数：97↵
97是素数

运行结果二：

输入一个整数：100↵
100不是素数

函数嵌套调用举例

■ 例4.2-8：编写函数求四个数的最大值。

```c
#include <stdio.h>

int max4(int a, int b, int c, int d);
int max2(int a, int b);

int main()
{
    int a, b, c, d;

    printf("请输入4个整数：");
    scanf("%d%d%d%d", &a, &b, &c, &d);
    printf("最大值：%d\n", max4(a, b, c, d));

    return 0;
}
```

```c
int max4(int a, int b, int c, int d)
{
    int m;

    m = max2(a, b);          // 嵌套调用
    m = max2(m, c);
    m = max2(m, d);

    return m;
}

int max2(int a, int b)
{
    return (a > b ? a : b);  // 括号可以没有
}
```

运行结果一：

请输入4个整数：1 2 3 4↵
最大值：4

运行结果二：

请输入4个整数：-33 29 81 67↵
最大值：81

提纲

- 函数定义
- 函数调用
- 函数原型声明
- **深入理解函数**

深入理解函数

多参数和多函数

- 程序可以包含多个函数，每个函数可以包含多个参数
- 函数之间存在相互调用关系
  - 一个函数可以调用多个函数
  - 一个函数可能被多个函数调用
- 自定义函数相对独立地实现模块功能
- 主函数关注总体流程调度

数组用作函数参数

- 数组名表示数组存储空间的起始地址
- 实参数组将地址值传递给形参数组
- 形参数组名也表示实参数组起始地址，可以通过下标运算访问实参数组元素
- 形参数组实际上是指针类型，而不是真正的数组，所以可以接收实参传值

多参数和多函数举例

■ 例4.2-9：编写函数求三个电阻的串联阻值和并联阻值。

```
#include <stdio.h>

float series(float a, float b, float c);        // 函数原型声明中的形参名可与定义不同
float parallel(float, float, float);            // 函数原型声明也可以没有参数名

int main()
{
    float r1, r2, r3, rs, rp;

    printf("请输入3个电阻值: ");
    scanf("%f%f%f", &r1, &r2, &r3);
    rs = series(r1, r2, r3);
    rp = parallel(r1, r2, r3);
    printf("串联阻值: %.2f, 并联阻值: %.2f\n", rs, rp);

    return 0;
}

float series(float r1, float r2, float r3)
{
    return (r1 + r2 + r3);
}

float parallel(float r1, float r2, float r3)
{
    return (1.0 / (1.0 / r1 + 1.0 / r2 + 1.0 / r3));
}
```

$$R_S = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_P = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

运行结果一：

请输入3个电阻值：1 2 3↵

串联阻值：6.00，并联阻值：0.55

运行结果二：

请输入3个电阻值：2.3 3.4 4.5↵

串联阻值：10.20，并联阻值：1.05

一维数组用作函数参数举例

■ 例4.2-11：编写函数求学生平均成绩。

```
#include <stdio.h>
float average(float array[], int n);

int main()
{
    float score_1[10]={67,87,90,93,74,65,78,88,99,78};
    float score_2[ 5]={98,76,87,83,95};

    printf("aver1=%5.1f\n", average(score_1, 10));
    printf("aver2=%5.1f\n", average(score_2,  5));

    return 0;
}

float average(float array[], int n)
{
    int   i;
    float aver, sum=array[0];

    for (i=1; i<n; i++)
       sum = sum + array[i];
    aver = sum / n;

    return aver;
}
```

程序解析：

1 函数原型和定义中，形参数组实际上是指针类型，数组长度将被编译器忽略，可以省略不写，但是[]表示形参类型，不可省略；

2 实参数组仅使用数组名表示，不需要带有[]和数组长度，其值为实参数组的起始地址；

3 形参数组是对应的指针类型，参数传递中不携带数组长度信息，通常需要通过另一参数显式传递数组长度；

4 形参分别通过参数传递获得实参数组的起始地址和长度，即可以访问实参数组的所有元素。

运行结果：

```
aver1= 81.9
aver2= 87.8
```

多维数组用作函数参数举例

■ 例4.2-12：求二维数组的最大元素。

```c
#include <stdio.h>
int max_value(int array[][4], int m);

int main()
{
    int a[3][4]={{1,3,5,7},{2,4,6,8},{15,17,34,12}};
    printf("max is %d\n", max_value(a, 3));
    return 0;
}

int max_value(int array[][4], int m)
{
    int i, j, max;
    max = array[0][0];
    for (i=0; i<m; i++)
        for (j=0; j<4; j++)
            if (array[i][j] > max)
                max = array[i][j];
    return max;
}
```

程序解析：

1 形参二维数组行数（第一维长度）可以省略，并以另一参数传递，列数（第二维长度）必须予以指定，不需要以参数传递；

2 实参二维数组的列数必须与形参二维数组列数相同，在函数调用中，仅使用二维数组名表示，不需要带有[]和行列数。

运行结果：

```
max is 34
```

思考拓展：

当函数的形参是二维数组时，对应实参必须是与形参数组列数相同的二维数组，缺少灵活性。

请思考如何把形参和实参都改为一维数组来解决这个问题。

模块化设计与实践

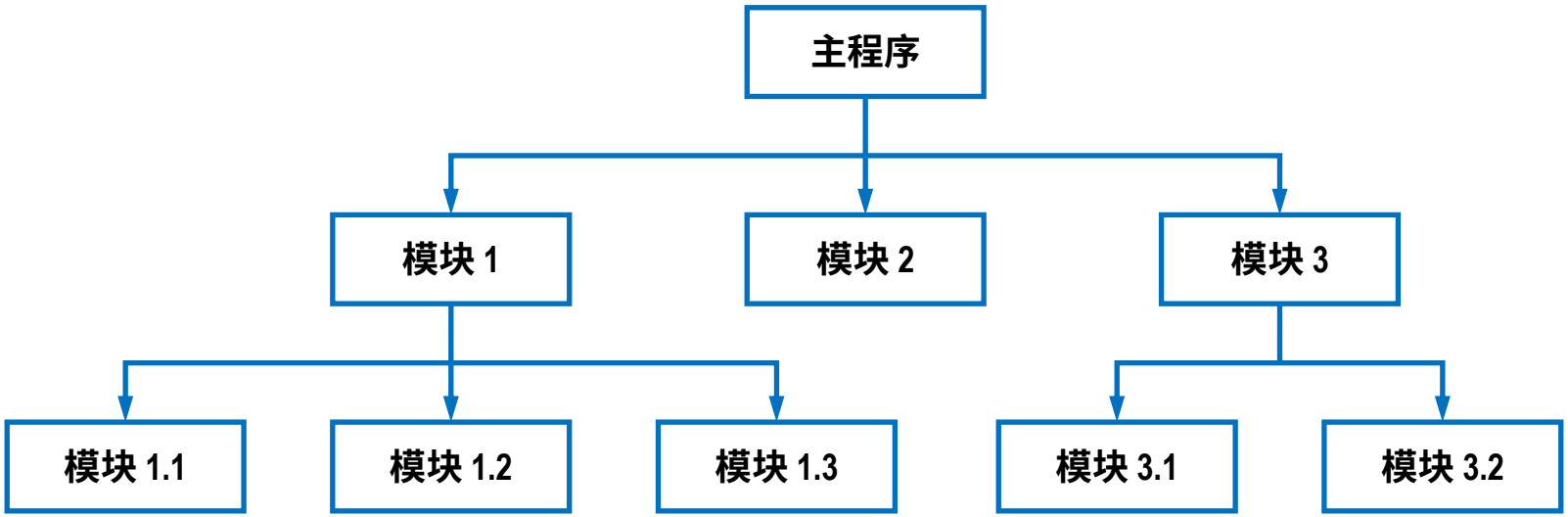
提纲

- **自顶向下设计**
- 变量的作用域与生存期
- 文件包含
- 库函数
- 递归

自顶向下设计

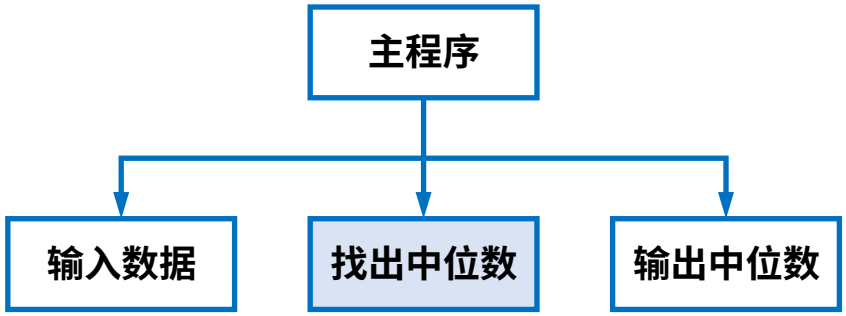
自顶向下设计过程

- 按照软件需求进行功能分解，得到多个模块
- 设计模块之间的接口，即模块输入与输出
- 实现各模块的功能
- 将模块组装在一起构成可运行的软件系统



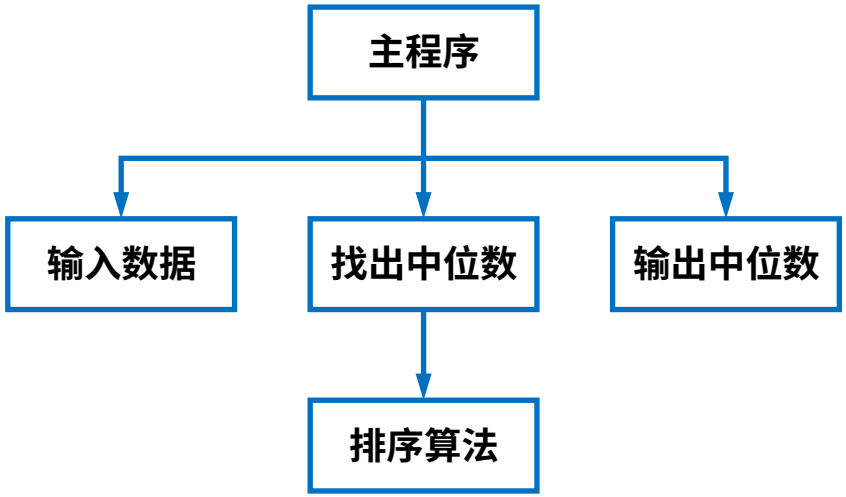
设计案例：求中位数——自顶向下分解系统

- **顶层设计：描述总体流程**
  - 输入数据
    - 输入方式可能有键盘、文件等
  - 找出中位数
    - 根据总体流程划分功能
  - 输出中位数
    - 输出方式可能有屏幕、文件等



第一层模块分解图

- **第二层设计：继续分解功能**
  - 数据排序算法
    - 常用基本算法，可作为底层模块
  - 定位中位数
    - 实现方法简单，不作为单独模块



系统模块图

设计案例：求中位数——设计模块接口

接口设计：设计函数头

输入接口：形参；输出接口：返回值

■ 输入数据函数

```
int input_data(int a[], int n);
```

- 输入：数组地址、数组长度
- 输出：实际输入数据数量

■ 输出中位数函数

```
void output_median(double m);
```

- 输入：中位数
- 输出：无

■ 找出中位数函数

```
double find_median(int a[], int n);
```

- 输入：数组地址、实际数据数量
- 输出：求得的中位数

■ 排序算法函数

```
void sort(int a[], int n);
```

- 输入：数组地址、实际数据数量
- 输出：无

设计案例：求中位数——自底向上实现系统

■ 例4.3-a：求给定的一组整数的中位数。

```c
#include <stdio.h>

// 输入数据函数
int input_data(int a[], int n)
{
    int i;

    for (i=0; i<n; i++)     // 直接赋值简化功能
        a[i] = i + 2;       // 预留接口以便修改

    return n;
}

// 排序算法函数
void sort(int a[], int n)  // 空壳函数
{}                         // 在实现之前占位

// 输出中位数函数
void output_median(double m)
{
    printf("中位数是%.1f", m);
}
```

```c
// 找出中位数函数
double find_median(int a[], int n)
{
    sort(a, n);                 // 调用排序算法

    if (n%2 == 0)
        return (a[n/2-1] + a[n/2]) / 2.0;
    else
        return a[n/2];
}

// 主函数
int main()
{
    int    a[10], n;
    double med;

    n   = input_data(a, 10);  // 输入数据
    med = find_median(a, n);  // 找出中位数
    output_median(med);       // 输出中位数
    return 0;
}
```

运行结果：

中位数是6.5

提纲

- 自顶向下设计
- **变量的作用域与生存期**
- 文件包含
- 库函数
- 递归

作用域与生存期

- **作用域 (Scope)**
  - 标识符可使用的代码范围
  - 变量在作用域内才能被引用
- **生存期 (Lifetime)**
  - 数据在内存中存在的运行时间
  - 变量在生存期内才存在并保有其值
- **变量按照作用域分类**
  - 局部变量（内部变量）
    - 自动变量
    - 形式参数
    - 静态局部变量
  - 全局变量（外部变量）
- **变量按照生存期分类**
  - 动态变量
    - 自动变量
    - 形式参数
  - 静态变量
    - 静态局部变量
    - 全局变量

局部变量

局部变量

- 又称内部变量
- 在函数内部定义的变量
  - 复合语句（包括函数体）、分支和循环控制语句、函数定义中的形参列表

说明

- 局部变量的作用域从变量定义处开始，至其定义所在的语句块结束为止
- 不同函数内的局部变量可以重名
  - 其作用域互不重叠，不会相互冲突
  - 函数定义时不需要考虑其他函数中的同名局部变量
- 同一函数内不同语句块中的局部变量可以重名
  - 若作用域发生重叠，内层局部变量屏蔽外层局部变量
- 局部变量不能为函数之间提供共享数据的渠道

局部变量举例

■ 例4.3-1：复合语句中的局部变量。

```
#include<stdio.h>
int max_value(int array[][4], int);        // array不是局部变量

int main()
{
    int a[3][4]={{1,3,5,7},{2,4,6,8},{15,17,34,12}};                局部数组a的作用域
    printf("max is %d\n", max_value(a, 3));
    return 0;
}

int max_value(int array[][4], int m)                                形参array，m的作用域
{
    int i, max;                                                     局部变量i，max的作用域

    max = array[0][0];
    for (i=0; i<m; i++) {                  // 复合语句开始
        int j;                             // 复合语句中定义变量   局部变量j的作用域
        for (j=0; j<4; j++)
            if (array[i][j] > max)
                max = array[i][j];
    }                                      // 复合语句结束

    return max;
}
```

运行结果：

```
max is 34
```

重名局部变量举例

■ 例4.3-2：重名局部变量的作用域。

```
#include <stdio.h>
int a1(int a)                          // 函数形参也是局部变量    形参a的作用域
{
    a = 7;
    printf("函数a1中的a=%d\n", a);
    return a;
}
int main()
{                                      // 函数中定义的3个a是3个不同的局部变量
    int a = 3;                         // 函数体中定义局部变量          局部变量a的作用域
    printf("main头部的a=%d\n", a);
    if (a == 3) {                      // 复合语句用作if语句的子句
        int a = 9;                     // 复合语句中定义局部变量    局部变量a的作用域
        printf("在if{}里的a=%d\n", a);
    }
    a = a1(a);
    printf("在if{}后的a=%d\n", a);
    {                                  // 独立的复合语句
        int a = 2;                     // 复合语句中定义局部变量    局部变量a的作用域
        printf("独立{}中的a=%d\n", a);
    }
    return 0;
}
```

运行结果：

```
main头部的a=3
在if{}里的a=9
函数a1中的a=7
在if{}后的a=7
独立{}中的a=2
```

全局变量

全局变量

- 又称外部变量
- 在函数外部定义的变量

说明

- 全局变量的作用域从变量定义处开始，至源程序文件结束为止
- 全局变量可以与局部变量重名
  - 在作用域重叠范围内，局部变量屏蔽全局变量
- 全局变量提供了函数之间共享数据的渠道
  - 全局变量作用域范围内的所有函数都可以访问该全局变量
  - 避免了函数之间通过参数和返回值传递数据的复杂操作
  - 各函数通过全局变量产生数据相关性，将降低函数通用性、可读性、可维护性
- 所有全局变量都是静态变量

全局变量举例

■ 例4.3-3：使用全局变量和函数，求数组元素最大值、最小值和平均值。

```
#include <stdio.h>
#define N 10
float Max=0, Min=0;       // 全局变量，为其后所有函数共享
float average(float array[], int n)
{
    float sum, ave;
    sum = Max = Min = array[0];
    for (int i=1; i<n; i++)  {
        if (array[i] > Max)
            Max = array[i];
        if (array[i] < Min)
            Min = array[i];
        sum = sum + array[i];
    }
    ave = sum / n;
    return ave;
}
int main()
{
    float score[N]={67,78,54,98,45,88,83,76,90,92}, ave;
    ave = average(score, N);
    printf("Max=%.2f Min=%.2f Ave=%.2f", Max, Min, ave);
    return 0;
}
```

全局变量Max，Min的作用域

形参array，n的作用域

局部变量sum，ave的作用域

局部变量i的作用域

局部变量score，ave的作用域

运行结果：

```
Max=98.00 Min=45.00 Ave=77.10
```

全局变量与局部变量举例

■ 例4.3-4：全局变量与局部变量的作用域。

```
#include <stdio.h>

int m=10, n=5, x=1, y=3;                          全局变量m，n，x，y的作用域

int max(int x, int y)        // 形参x，y与全局变量重名          形参x，y的作用域
{
    return x > y ? x : y;    // 形参x，y屏蔽全局变量x，y
}

int  z;                      // 函数max()不能访问全局变量z          全局变量z的作用域

int  main()
{
    int m=7;                 // 局部变量m与全局变量重名          局部变量m的作用域

    z = max(m, n);           // 全局变量z，n以及局部变量m
    printf("max=%d\n", z);   // 全局变量z

    return 0;
}
```

运行结果：

max=7

全局变量运算逻辑举例

■ 例4.3-5：全局变量的运算逻辑。

```c
#include <stdio.h>

int a = 3;          // 全局变量定义及初始化

void test()
{
    printf("test开始: a=%d\n", a);
    a++;
}

int main()
{
    printf("main开始: a=%d\n", a);
    a *= 4;
    test();
    printf("test结束: a=%d\n", a);

    return 0;
}
```

程序解析：

1 程序中各个函数引用的变量a都是全局变量a；

2 需要注意所有函数都可以引用全局变量并修改其值。

变量监测：

a

3 int a=3;

12 main(): a*=4;

13 test(): a++;

运行结果：

```
main开始: a=3
test开始: a=12
test结束: a=13
```

静态变量与动态变量

- **静态变量**
  - 程序加载到内存时分配存储空间，并保留到程序结束
  - 对静态变量的修改将会保持到下次修改之前
  - 静态变量仅进行一次初始化
    - 静态变量若未指定初值，则默认初值为零
  - 静态局部变量：使用static关键字修饰的局部变量
    - 离开作用域后，仍保持存储空间不被释放，其值也不会丢失
    - 当再次调用函数时，静态局部变量不重新初始化，仍保持上次修改后的值
  - 全局变量：所有全局变量都是静态变量
- **动态变量**
  - 在每次函数调用时重新分配存储空间和初始化，函数返回即释放
    - 动态变量若未指定初值，则初值不确定
  - 自动变量：使用auto关键字修饰的局部变量，是局部变量的缺省类型
  - 形式参数：所有形式参数都是动态局部变量，不能使用static关键字修饰

静态局部变量举例

■ 例4.3-6：编写函数求阶乘，并使用静态局部变量记录函数调用次数。

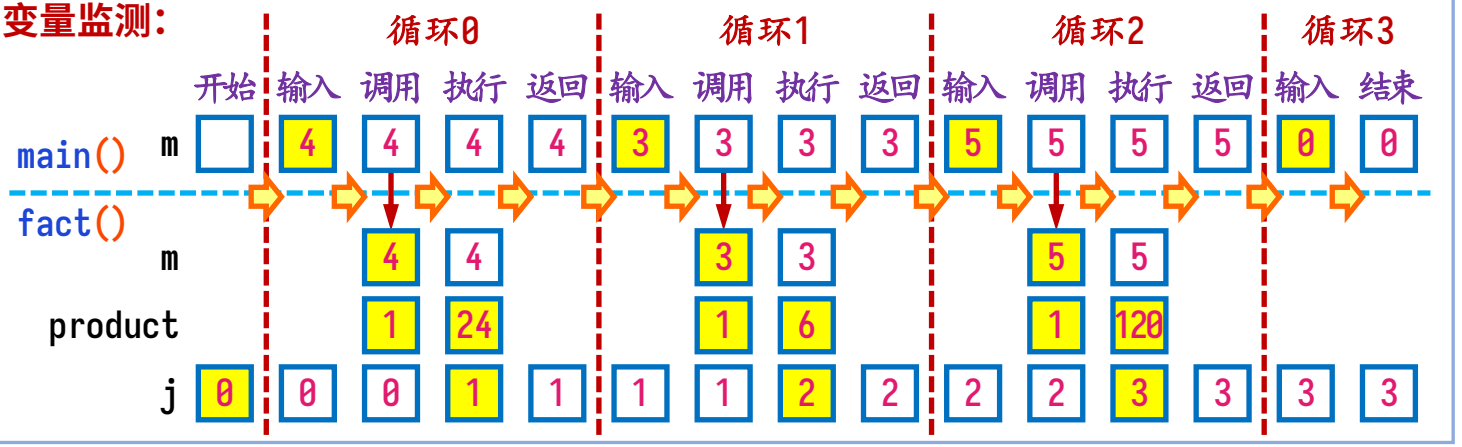
```c
#include <stdio.h>

void fact(int m)
{
    long        product=1;
    int         i;  // 未初始化自动变量初值不定
    static int j;  // 静态局部变量默认初值为0

    for (i=1; i<=m; i++)
        product *= i;
    printf("第%d次: %ld\n", j++1, product);
}
```

```c
int main()
{
    int m;

    while (1) {                 // 循环条件为真
        scanf("%d", &m);
        if (m > 0)
            fact(m);
        else
            return 0;           // 循环在此处结束
    }
}
```

运行结果：

4↵
第1次：24
3↵
第2次：6
5↵
第3次：120
0↵

变量监测：



静态变量与动态变量举例

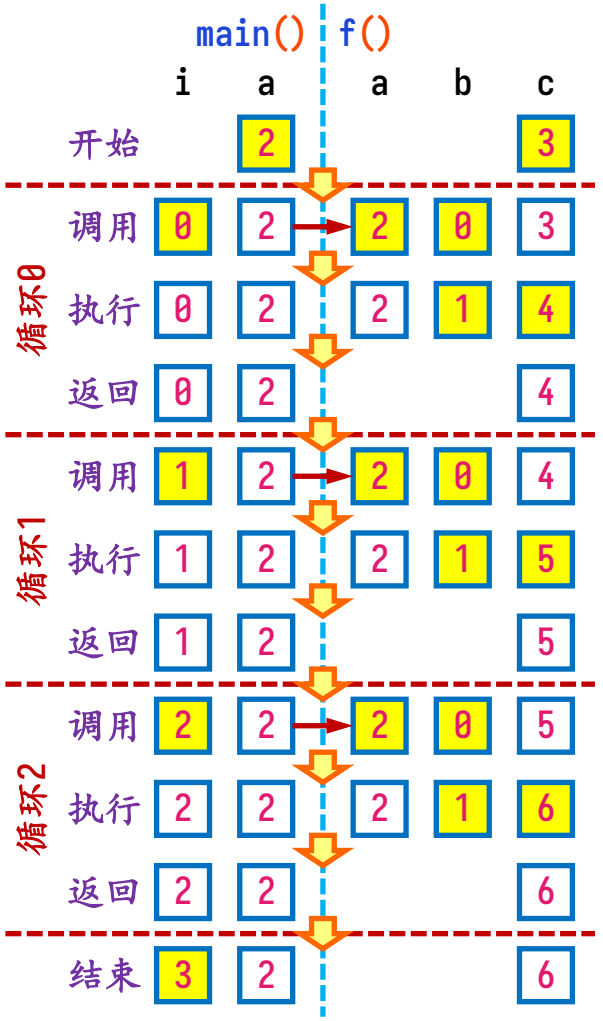
■ 例4.3-7：静态局部变量与自动变量的比较。

```
#include <stdio.h>

int f(int a)
{
    int        b=0;
    static int c=3;  // 静态局部变量定义及初始化

    b = b + 1;
    c = c + 1;       // 静态局部变量保留上次调用所做的修改

    return (a + b + c);
}

int main()
{
    int a=2;

    for (int i=0; i<3; i++)
        printf("%4d", f(a));

    return 0;
}
```

运行结果：

```
   7   8   9
```

变量监测：



静态局部变量与全局变量举例

■ 例4.3-8：静态局部变量与全局变量的比较。

```
#include <stdio.h>

int var_static=8;                                   全局变量var_static的作用域

void auto_static()
{
    int         var_auto=0;                         自动变量var_auto的作用域
    static int var_static;                          静态局部变量var_static的作用域

    printf("var_auto=%d, ", ++var_auto);
    printf("var_static=%d\n", ++var_static);
}

int main()
{
    for (int i=0; i<3; ++i) {                       自动变量i的作用域
        auto_static();
        printf("main中的var_static=%d\n", ++var_static);
    }

    return 0;
}
```

运行结果：

```
var_auto=1, var_static=1
main中的var_static=9
var_auto=1, var_static=2
main中的var_static=10
var_auto=1, var_static=3
main中的var_static=11
```

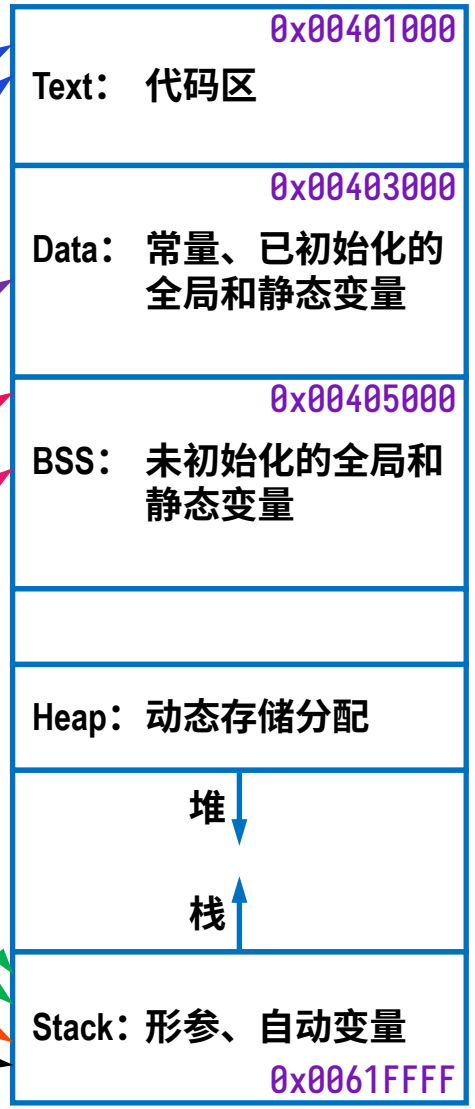
程序存储空间举例

■ 例4.3-9：程序存储空间举例。

```
#include <stdio.h>
double glb;

void addr(int x, int y)
{
    static int st;
    printf("st    : %p\n", &st);
    printf("glb   : %p\n", &glb);
    printf("x     : %p\n", &x);
    printf("y     : %p\n", &y);
}

int main()
{
    int  i;
    char str[8]="USTC";
    printf("addr  : %p\n", addr);
    printf("main  : %p\n", main);
    printf("\"USTC\": %p\n", "USTC");
    addr(i, i*i);
    printf("str   : %p\n", str);
    printf("i     : %p\n", &i);
    return 0;
}
```

运行结果：（32位编译环境）

函数	addr	:	00401500
函数	main	:	00401556
字符串常量	"USTC"	:	00404048
静态局部变量	st	:	00405020
全局变量	glb	:	00405430
形式参数	x	:	0061FE80
形式参数	y	:	0061FE84
自动数组	str	:	0061FE94
自动变量	i	:	0061FE9C



提纲

- 自顶向下设计
- 变量的作用域与生存期
- 文件包含
- 库函数
- 递归

文件包含命令

命令格式

```
#include <文件名>
#include "文件名"
```

说明

- 预处理器使用被包含文件的全部内容替换文件包含命令
  - 被包含文件通常是以.h为扩展名的头文件，也可以是其他文本文件
  - 文件名可以带有绝对路径或相对路径，也可以不带路径
  - 文件名的扩展名可以是任意类型，也可以没有扩展名
- 系统头文件一般使用<>
  - 预处理器在系统配置的目录中查找头文件
  - 系统头文件内容包括：库函数声明、宏定义、结构体类型定义、数据类型定义等
- 自定义头文件应使用""
  - 预处理器先在源程序目录下查找头文件，若找不到，再到系统配置的目录中查找
  - 若程序包含多个源程序文件，全局变量与函数较多，通常需要自定义头文件

文件包含举例

■ 例4.3-b：多文件程序和文件包含举例。

```c
/* my.h */
int sum(int m, int n);                  // 函数原型声明
```

```c
/* my.c */
int sum(int m, int n)                   // 计算从m到n范围内整数的累加和
{
    int i, sum=0;
    for (i=m; i<=n; i++)
        sum += i;
    return sum;
}
```

```c
/* main.c */
#include <stdio.h>                      // 包含系统头文件，内容包括库函数原型声明、宏定义等
#include "my.h"                         // 包含自定义头文件，内容包括函数原型声明

int main()
{
    printf("%d\n", sum(1,100));         // 函数已声明且在其他源程序文件中定义
    return 0;
}
```

运行结果：

```
5050
```

提纲

- 自顶向下设计
- 变量的作用域与生存期
- 文件包含
- **库函数**
- 递归

ANSI C标准库

头文件	描　述
assert.h	定义断言宏，用于在程序的调试版本中辅助检测逻辑错误以及其他类型的问题
ctype.h	定义字符分类函数、字符大小写转换函数
errno.h	定义通过错误代码回报错误信息的宏
float.h	定义用于浮点数库特定实现属性的宏常量
limits.h	定义用于整数库特定实现属性的宏常量
locale.h	定义本地化函数
math.h	定义数学函数
setjmp.h	定义非局部跳转函数
signal.h	定义信号处理函数
stdarg.h	定义可变参数函数所需的数据类型与宏
stddef.h	定义若干常见的类型与宏
stdio.h	定义输入输出函数
stdlib.h	定义数值转换函数、伪随机数生成函数、动态内存分配函数、过程控制函数
string.h	定义字符串处理函数
time.h	定义日期与时间处理函数

格式化输入函数

函数原型

```
int scanf(const char *format, ...);
int fscanf(FILE *stream, const char *format, ...);
```

参数

- FILE *stream — 输入文件流指针
- const char *format — 指向格式字符串的指针
- ... — 输入参数地址列表

返回值

- 成功赋值的输入参数数量
- 若在首个输入参数赋值前匹配失败，则返回0
- 若在首个输入参数赋值前输入失败，则返回EOF
- 符号常量EOF在头文件stdio.h中定义为(-1)

```
#define EOF (-1)
```

格式化输出函数

函数原型

```
int printf(const char *format, ...);
int fprintf(FILE *stream, const char *format, ...);
```

参数

- `FILE *stream` – 输出文件流指针
- `const char *format` – 指向格式字符串的指针
- `...` – 输出参数列表

返回值

- 输出的字符数
- 若出现输出错误，则返回负值

格式字符串

格式化输入输出函数的格式字符串

<table>
<tr><th rowspan="3">函数</th><th colspan="5">格式字符串</th></tr>
<tr><th colspan="2">普通字符</th><th colspan="3">格式转换指示字符</th></tr>
<tr><th>非空白字符</th><th>空白字符</th><th>引导字符</th><th>附加格式字符
(可选)</th><th>格式字符</th></tr>
<tr><td>格式化输入
scanf()
fscanf()</td><td>准确匹配
同一字符</td><td>匹配连续的
零个、一个
或多个
任意空白字符</td><td rowspan="2">%</td><td>最大宽度
数据类型长度</td><td rowspan="2">数据类型</td></tr>
<tr><td>格式化输出
printf()
fprintf()</td><td colspan="2">无更改输出</td><td>格式调整
最小宽度
精度
数据类型长度</td></tr>
</table>

格式化输入函数格式字符

格式字符	数据类型	缺省格式说明（无附加格式字符）
c	字符	一个字符
s	字符指针	非空白字符序列，并在字符序列结尾添加一个空字符
d	有符号整数	可带有符号的十进制整数
i		可带有符号的八进制、十进制或十六进制整数，以前缀判定进制
u	无符号整数	无符号十进制整数，若输入负数以补码存储
o		无符号八进制整数，可带或不带前缀0，若输入负数以补码存储
x，X		无符号十六进制整数，可带或不带前缀0x或0X，若输入负数以补码存储
f，F e，E g，G	浮点数	十进制小数形式或指数形式单精度浮点数
p	指针	与具体实现有关，一般为十六进制整数形式
%		字符%

格式化输入函数附加格式字符

附加格式字符	类型	常用附加格式说明
*		赋值抑制，数据不赋值给任何接收参数
m	宽度	正整数，输入最大宽度　%31s
hh	数据长度	有符号或无符号字符型（作为整数输入）(C99)
h		有符号或无符号短整型
l		有符号或无符号长整型、双精度浮点型
ll		有符号或无符号双长整型 (C99)
L		长双精度浮点型

格式化输出函数格式字符

格式字符	数据类型	缺省格式说明（无附加格式字符）
c	整数类型	转换为无符号字符型，并以此为ASCII值输出相应字符
s	字符指针	从字符指针指向的字符开始，输出字符串直至但不包括首个空字符
d，i	有符号整数	有符号十进制整数，正数不输出正号
u	无符号整数	无符号十进制整数
o		无符号八进制整数，不输出前缀0
x，X		无符号十六进制整数，不输出前缀0x或0X
f，F	浮点数	小数形式单精度或双精度浮点数，小数点后6位
e，E		规范化指数形式单精度或双精度浮点数，小数点后6位
g，G		小数形式或规范化指数形式单精度或双精度浮点数，依赖于值和精度
p	指针	与具体实现有关，一般为十六进制整数形式
%		字符%

格式化输出函数附加格式字符

附加格式字符	类型	常用附加格式说明
-	格式	左对齐（缺省：右对齐）
+		有符号数始终输出前置符号（缺省：正数不输出正号）
空格		有符号数若不输出前置符号，则前置空格
#		八进制和十六进制整数输出前缀，浮点数不输出小数部分时也输出小数点
0		整数和浮点数右对齐时，以前导0填充至宽度要求（缺省：空格填充）
m	宽度	正整数，输出最小宽度，不足部分以空格填充
.n	精度	正整数，字符串最大输出字符数、整数最小位数、浮点数小数点后位数
hh	数据长度	有符号或无符号字符型（作为整数输出）(C99)
h		有符号或无符号短整型
l		有符号或无符号长整型
ll		有符号或无符号双长整型 (C99)
L		长双精度浮点型

输入输出缓冲区

行缓冲机制

- 输入输出的字符先存放于内存中的缓冲区(Buffer)
- 当遇到换行符、缓冲区满、程序结束等时，再进行实际输入输出操作
- 标准输入函数：输入换行符后，才开始接收数据，残余字符影响后续输入
- 标准输出函数：输出换行符时，才开始输出数据
  - 部分编译器的标准输出采用无缓冲机制

清除标准输入缓冲区残余字符

```
fflush(stdin);      // 清空标准输入缓冲区，非标准定义行为，部分编译器不支持
scanf(" %c", &c);   // 输入数据时，清除连续空白字符
getchar();          // 清除单个字符，可多次或循环使用
```

从键盘输入EOF

- Windows系统：空行行首输入Ctrl-Z
- Linux系统　：空行行首输入Ctrl-D

格式化输入输出函数举例

■ 例4.3-10/11：格式化输入输出函数举例。

```c
#include<stdio.h>

int main()
{
    int    a, f;
    char   b;
    float  c;
    double d;
    char   e[10];

    f = scanf("%d %c %f %lf %s", &a, &b, &c, &d, e);          // 返回值为成功输入的数据个数
    printf("%d %d %c %f %f %s", f, a, b, c, d, e);

    printf("\n\n");
    printf("%d", printf("%d %c %f %s\n", 1, '2', 3.0, "4"));   // 输出字符数包括回车符

    return 0;
}
```

运行结果：

```
1 2 3 4 567↵
5 1 2 3.000000 4.000000 567

1 2 3.000000 4
15
```

格式字符串举例

■ 例4.3-c：格式字符串举例。

```c
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    const char s[] = "Hello";

    printf("字符串: \n");
    printf("\t.%10s.\n\t.%-10s.\n", s, s);

    printf("\n字符: \t%c %%\n", 65);

    printf("\n整数: \n");
    printf("十进制: %i %d %+i %u\n", 1, 2, 3, -1);
    printf("八进制: %o %#o %#o\n", 10, 10, 4);
    printf("16进制: %x %x %X %#x\n", 5, 10, 10, 6);

    printf("\n浮点数: \n");
    printf("舍入: \t%f %.0f\n", 1.5, 1.5);
    printf("填充: \t%05.2f %.2f %5.2f\n", 1.5, 1.5, 1.5);
    printf("科学: \t%.2E %.2e\n", 1.5, 1.5);

    return 0;
}
```

运行结果：

```
字符串:
        .     Hello.
        .Hello     .

字符:   A %

整数:
十进制: 1 2 +3 4294967295
八进制: 12 012 04
16进制: 5 a A 0x6

浮点数:
舍入:   1.500000 2
填充:   01.50 1.50  1.50
科学:   1.50E+000 1.50e+000
```

字符输入输出函数

字符输入函数

```
int getchar(void);
```

- 从标准输入设备输入一个字符　键盘
- 输入成功时，返回获得的字符
- 输入失败时，返回EOF

字符输出函数

```
int putchar(int ch);
```

- 将ch的值转换为unsigned char类型，并输出相应字符至标准输出设备
- 输出成功时，返回输出的字符
- 输出失败时，返回EOF

字符串输入输出函数

字符串输入函数

```
char *gets(char *str);
```

- 从标准输入设备输入可带有空格和制表符的字符串直至遇到回车
- 将回车符替换为空字符后，将输入字符串保存到str指向的字符数组中
- 若输入字符串长度超过str指向的字符数组长度，则发生数组越界
  - 由于安全性问题，C11标准已将此函数移除，不建议使用
- 输入成功时，返回str的值；输入失败时，返回空指针NULL
- 符号常量NULL在头文件stdio.h中定义为空指针，其值通常为0

```
#define NULL ((void *)0)
```

字符串输出函数

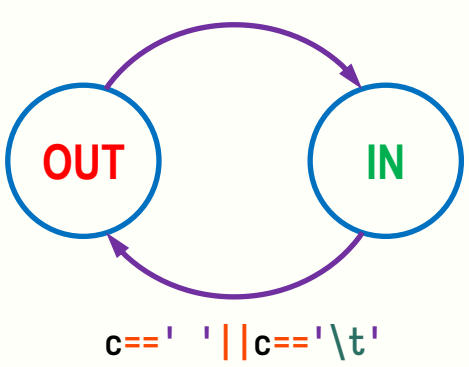
```
int puts(const char *str);
```

- 将str指向的字符串末尾空字符替换为回车符，并输出字符串至标准输出设备
- 输出成功时，返回非负值；输出失败时，返回EOF

字符串输入输出举例：单词统计　状态机

■ 例4.3-12：统计一行字符中用空格或制表符分隔的单词个数。

```
#include <stdio.h>
#define IN  1                          // 状态标识，表示在单词内
#define OUT 0                          // 状态标识，表示在单词外

int main()
{
    char c, str[255];                  // 存放输入字符串
    int  i, num=0;                     // 单词个数计数
    int  state=OUT;                    // 初始状态为在单词外

    gets(str);                         // 输入一行字符串
    for (i=0; c=str[i]; i++)           // 遇到空字符时，循环结束
        if (c==' ' || c=='\t')         // 若读到单词分隔符
            state = OUT;               // 则将状态置为在单词外
        else if (state == OUT) {       // 若当前状态在单词外，且读到非分隔字符
            num++;                     // 则进入新单词，单词计数自增
            state = IN;                // 改变状态为在单词内，以免重复计数
        }
    printf("字符串中有%d个单词", num);

    return 0;
}
```



运行结果：

```
C Programming Language↵
字符串中有3个单词
```

字符串处理函数

字符串复制函数

```
char *strcpy(char *dest, const char *src);
```

- 将src指向的字符串复制到dest指向的字符数组
- dest指向的数组长度应能够容纳复制的字符串
- 返回值为dest的值

字符串连接函数

```
char *strcat(char *dest, const char *src);
```

- 将src指向的字符串复制到dest指向的字符串末尾
- src[0]覆盖dest指向的字符串末尾的空字符
- dest指向的数组长度应能够容纳连接后的字符串
- 返回值为dest的值

字符串处理函数

字符串比较函数

```
int strcmp(const char *lhs, const char *rhs);
```

- 比较lhs和rhs指向的字符串
- 由前向后依次比较两个字符串中的字符，直至遇到不同字符或空字符
- 返回值的符号是两个字符串中首对不同字符的ASCII值之差的符号

求字符串长度函数

```
size_t strlen(const char *str);
```

- 求字符串长度，不包括字符串末尾的空字符
- 返回值为字符串长度
- 返回值类型size_t通常在头文件中定义为unsigned int类型的别名

```
typedef unsigned int size_t;
```

字符串处理函数举例

■ 例4.3-13：字符串处理函数举例。

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>                          // 字符串处理函数声明所在头文件

int main()
{
    char src[20];                            // 源字符串
    char dest[50];                           // 目标字符串，大小不小于源字符串
    int  ret;

    strcpy(src, "www.ustc.edu.cn");          // 将字符串常量复制到src
    strcpy(dest, src);                       // 将src中的字符串复制到dest
    printf("%s\n", strcat(dest, src));       // 将src中的字符串连接到dest尾部

    ret = strcmp(dest, src);                 // 比较两个字符串
    printf("%s\n%d\t%d", src, strlen(dest), ret);

    return 0;
}
```

运行结果：

```
www.ustc.edu.cnwww.ustc.edu.cn
www.ustc.edu.cn
30      1
```

随机数函数与时间函数

随机数函数

```
int rand(void);
void srand(unsigned int seed);
```

- 函数rand()返回0~RAND_MAX之间的伪随机整数值
- 函数srand()以参数seed设置rand()中伪随机数发生器的种子
- 符号常量RAND_MAX为rand()的最大返回值，其值与实现有关，至少为32767

```
#define RAND_MAX 0x7FFF
```

时间函数

```
time_t time(time_t *arg);
```

- 返回自协调世界时1970年1月1日0时0分0秒起至当前时间的秒数
- 若arg不是空指针，返回值也将保存于arg指向的对象中
- 数据类型time_t在头文件time.h中定义为足以表示时间的类型的别名

```
typedef long long int time_t;
```

随机数函数与时间函数举例

■ 例4.3-14：以当前时间为种子产生伪随机数。

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>                    // 随机数函数声明所在头文件
#include <time.h>                      // 时间函数声明所在头文件

int main()
{
    int i;

    srand((unsigned)time(NULL));       // 以当前时间作为伪随机数发生器种子
    for (i=5; i>0; i--)
        printf("%5d\t", rand());       // 连续产生伪随机数并输出

    return 0;
}
```

运行结果一：

```
 4975    12336    12047    23806     5569
```

运行结果二：

```
 5929     5143    18273     5173     2769
```

运行结果三：

```
 6223    22227    20416     8183    13576
```

运行结果四：

```
 6265    30885    23275    26094    16594
```

提纲

- 自顶向下设计
- 变量的作用域与生存期
- 文件包含
- 库函数
- **递归**

Recursive Dolls: the Original Set of Matryoshka Dolls, 1892

递归 (Recursive)

递归调用

- 函数直接或间接地调用自身
- 直接递归：A()调用A()
- 间接递归：A()调用B()，B()调用C()，C()调用A()

有效递归的基本条件

- 有一个或多个能够终止递归的情形
- 在递归过程中，问题规模将不断缩小，直至达到某个终止递归的条件

递归的特点

- 适用于有递归属性的问题，逻辑清晰，代码简洁
- 计算效率较低，内存消耗较大

递归举例：阶乘

■ 例4.3-15：递归求阶乘。

```c
#include <stdio.h>

int fac(int n)
{
    if (n < 0) {                // 数据合法性检查
        printf("n<0, data error!");
        return -1;
    }

    if (n==0 || n==1)           // 递归终止条件
        return 1;
    else
        return fac(n-1)*n;      // n!=(n-1)!*n
}
```

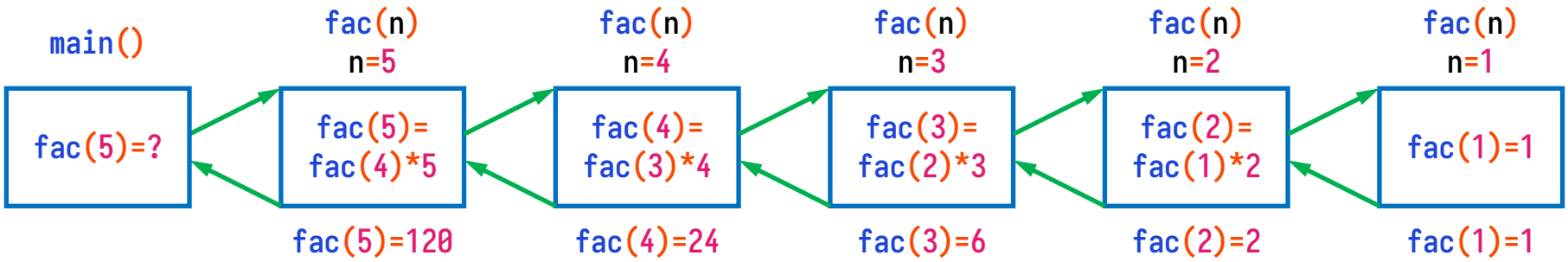
```c
int main()
{
    int n;

    printf("输入一个正整数：");
    scanf("%d", &n);
    printf("%d!=%d", n, fac(n));

    return 0;
}
```

运行结果一：

输入一个正整数：5↵
5!=120

运行结果二：

输入一个正整数：12↵
12!=479001600



模块化与计算思维实践

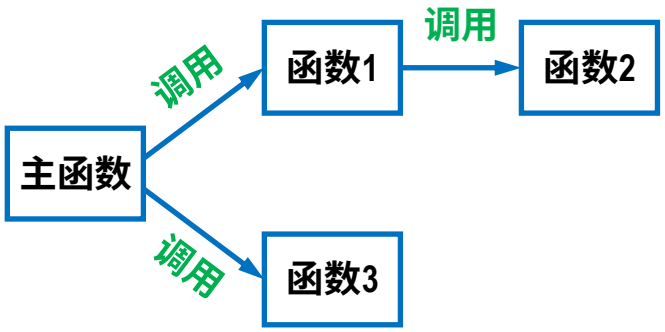
提纲

- 数据与操作
- 排序与查找

数据与操作

计算机解决问题的方法

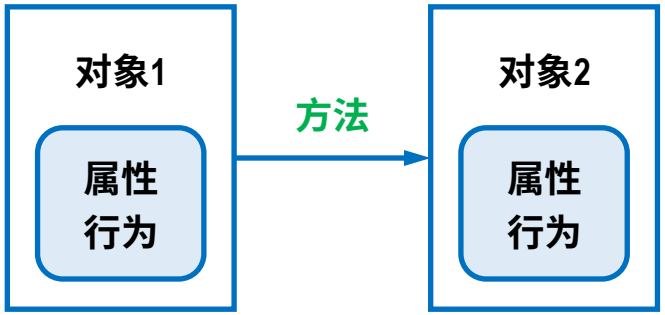
- 将问题中的数据表示出来
- 设计处理数据的算法过程
- 确定问题涉及的数据及对数据的操作



面向过程的观点

程序设计思想与方法

- 面向过程
  - 以操作为中心，数据与操作分离
  - 数据仅表示信息，不表达操作
  - 操作驱动程序实现特定功能
- 面向对象
  - 以数据为中心，数据与操作不可分离
  - 数据与操作结合起来形成对象(Object)
  - 对象掌控对自身数据的处理方法



面向对象的观点

提纲

- 数据与操作
- **排序与查找**

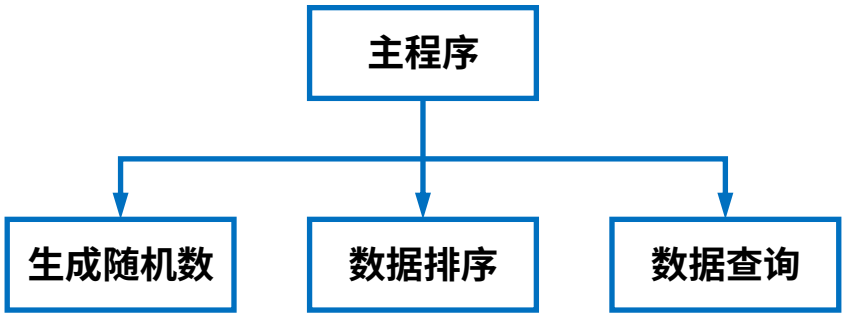
问题分析及模块分解

- 例4.4-1：生成随机整数数组并进行排序和查找。
- 模块分解：

① 生成随机数：利用随机数库函数产生随机数据并存储在数组中

② 数据排序　：按照常用排序算法对数组进行升序或降序排序

③ 数据查询　：按照常用查找算法在数组中查找给定数据



系统模块分解图

模块接口设计

生成随机数函数

```
void RandomIntArray(int num, int a[]);
```

- 输入：数组大小、数组地址
- 扩展：可增加数据上下界参数

数据排序函数

```
void SortArray(int num, int a[]);
```

- 输入：数组大小、数组地址
- 实现：使用不同的函数名分别实现不同的排序算法

数据查询函数

```
int SearchInArray(int num, int a[], int snum);
```

- 输入：数组大小、数组地址、查询数据
- 输出：若查找到，返回元素下标；若未查找到，返回-1
- 实现：使用不同的函数名分别实现不同的查找算法

主函数和生成随机数模块的设计实现

■ 例4.4-1：生成随机整数数组并进行排序和查找——主函数和生成随机数。

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

#define N 10                    // 数组大小

int main()
{
    int a[N], i, snum, pos;

    RandomIntArray(N, a);     // 生成随机整数
    printf("生成的随机数组元素如下: \n");
    PrintArray(N, a);

    SortSelect(N, a);         // 选择排序
    printf("\n排序后的数组元素如下: \n");
    PrintArray(N, a);         // 输出数组

    printf("\n请输入要查询的数: \n");
    scanf("%d", &snum);
    if ((pos=SearchBinary(N, a, snum)) >= 0)
        printf("%d是数组的第%d个元素！",
                snum, pos);     // 二分查找
    else
        printf("%d不是数组的元素！", snum);

    return 0;
}
```

```c
void RandomIntArray(int num, int a[])
{
    int i;

    srand(time(NULL)+rand());  // 随机数种子

    for (i=0; i<num; i++)
        a[i] = rand() % 100;    // 范围: 0~99
}
```

数据排序模块的设计实现——交换排序

- 例4.4-1：生成随机整数数组并进行排序和查找——交换排序。

- 算法描述：（n个数据升序排列）

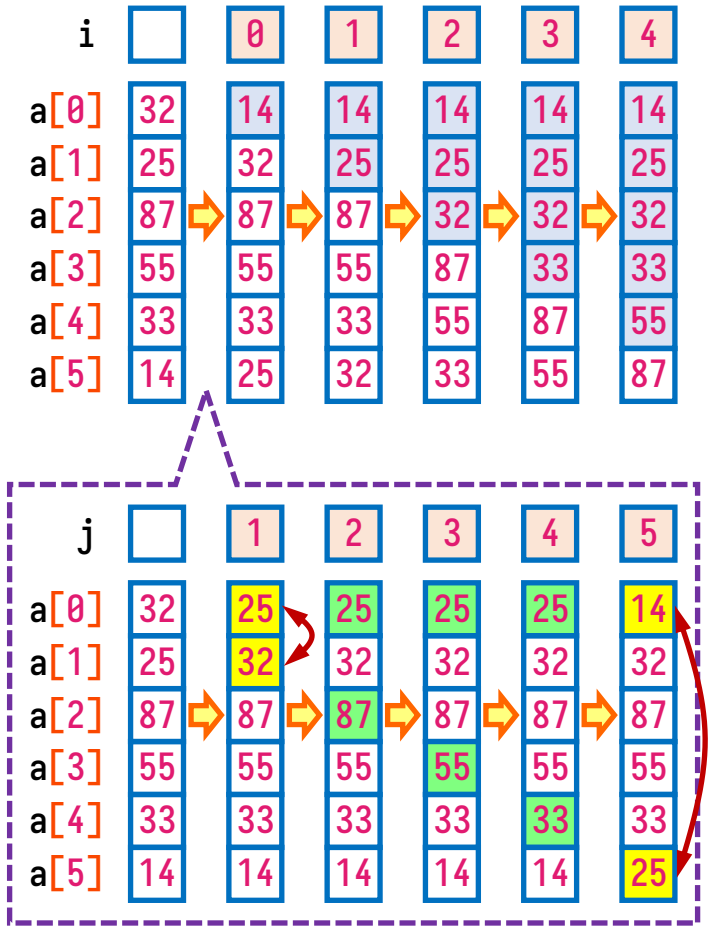
① 第0轮：将第0个数据与后续数据逐个比较，若顺序不符，则交换这两个数据；

② 第1轮：将第1个数据与后续数据重复以上比较和交换操作；

③ 重复以上操作$n-1$轮，排序完毕。

```
void SortExchange(int num, int a[])
{
    int i, j, t;

    for (i=0; i<num-1; i++)
        for (j=i+1; j<num; j++)
            if (a[i] > a[j])
                t=a[i], a[i]=a[j], a[j]=t;
}
```

变量监测：SortExchange(6, a)



数据排序模块的设计实现——选择排序

■ 例4.4-1：生成随机整数数组并进行排序和查找——选择排序。

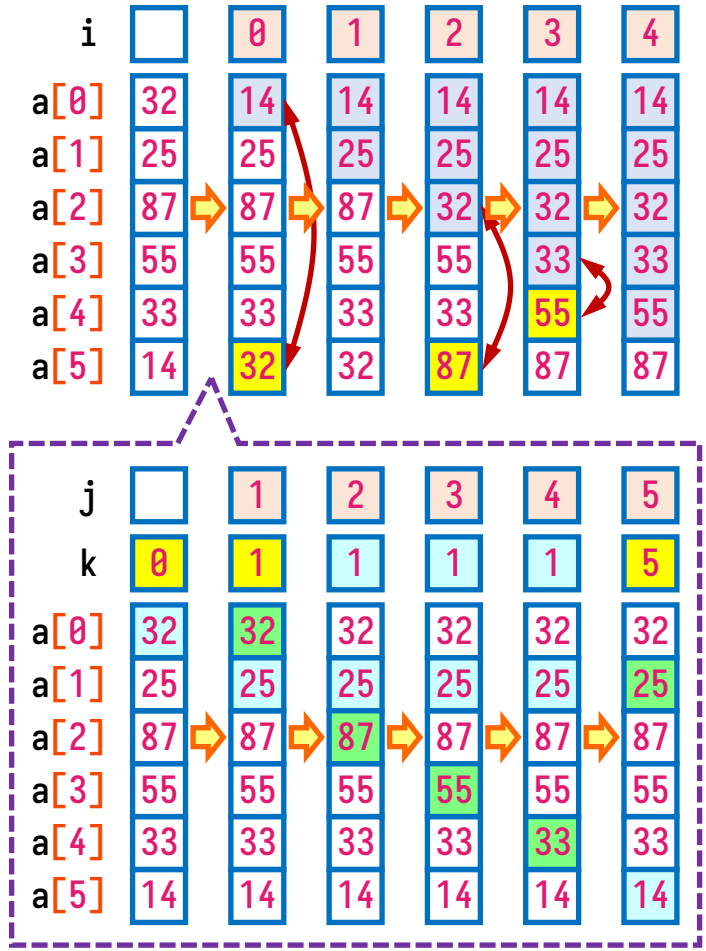
■ 算法描述：（n个数据升序排列）

① 第0轮：从第0个数据开始与后续数据逐个比较，若顺序不符，则记录该数据位置，并使用该数据与后续数据比较；本轮结束后，将记录的数据与第0个数据交换；

② 重复以上操作$n-1$轮，排序完毕。

```
void SortSelect(int num, int a[])
{
    int i, j, t, k;
    for (i=0; i<num-1; i++) {
        k = i;
        for (j=i+1; j<num; j++)
            if (a[k] > a[j]) k = j;
        t=a[i], a[i]=a[k], a[k]=t;
    }
}
```

变量监测：SortSelect(6, a)



数据排序模块的设计实现——冒泡排序

- 例4.4-1：生成随机整数数组并进行排序和查找——冒泡排序。

- 算法描述：（n个数据升序排列）

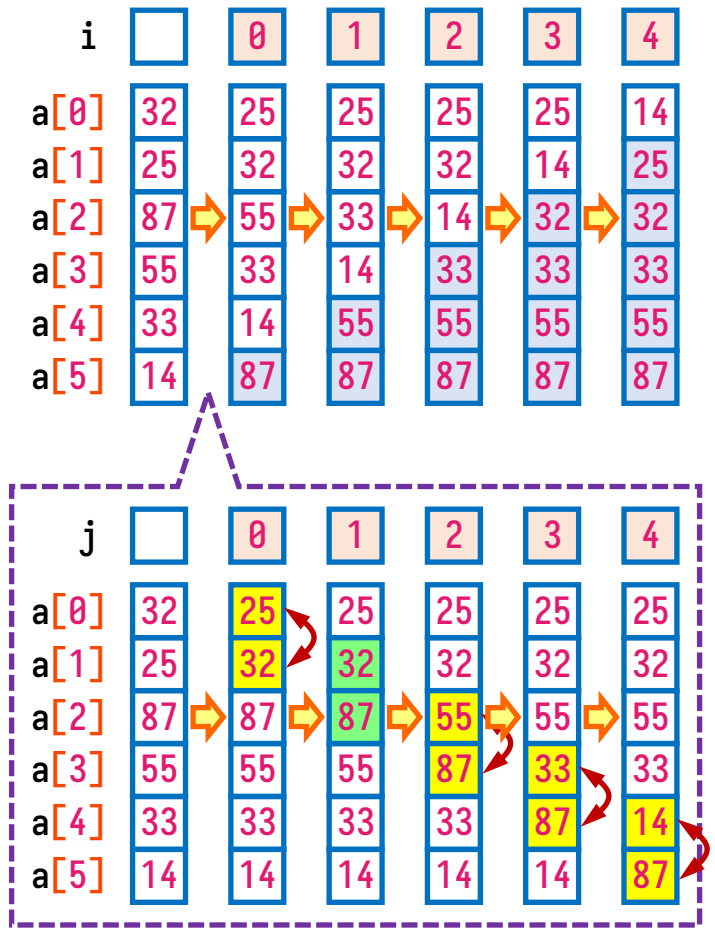
① 第0轮：比较第0个和第1个数据，若顺序不符，则交换；继续比较第1个和第2个数据，直至末尾；

② 第1轮：从第1个和第2个数据起，重复以上比较和交换操作；

③ 重复以上操作$n-1$轮，排序完毕。

```
void SortBubble(int num, int a[])
{
    int i, j, t;

    for (i=0; i<num-1; i++)
        for (j=0; j<num-1-i; j++)
            if (a[j] > a[j+1])
                t=a[j], a[j]=a[j+1], a[j+1]=t;
}
```

变量监测：SortBubble(6, a)

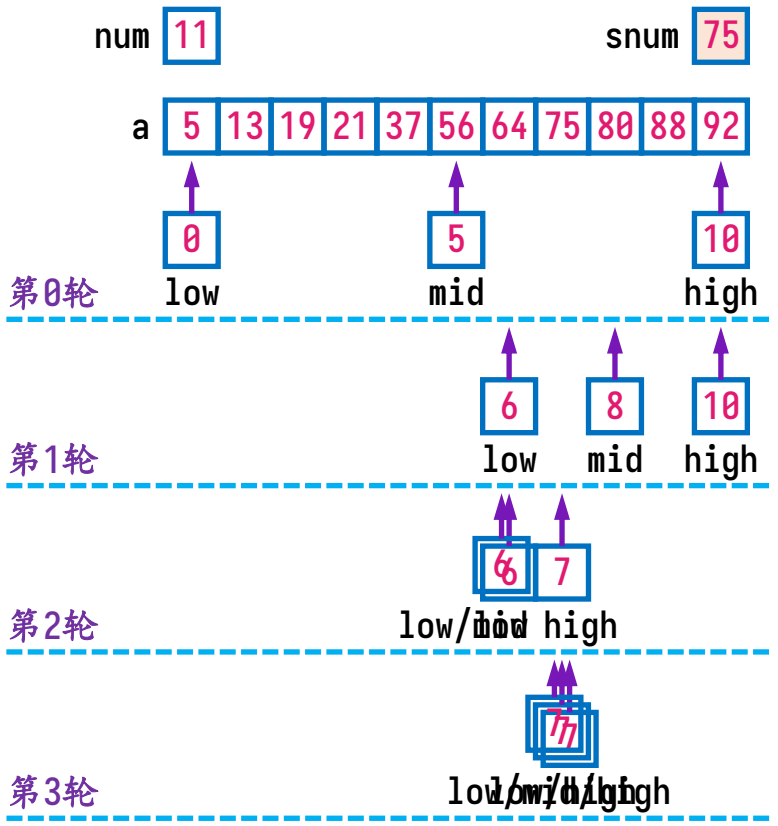


数据查询模块的设计实现——二分查找

■ 例4.4-1：生成随机整数数组并进行排序和查找——二分查找。

```
int SearchBinary(int num, int a[], int snum)
{
    int low=0;                      // 查询区间左边界
    int high=num-1;                 // 查询区间右边界
    int mid;                        // 查询区间中点

    while(low <= high) {            // 查询区间不为空
        mid = (low+high) / 2;       // 计算区间中点
        if (a[mid] == snum)         // 中点等于待查数
            return mid;             // 找到待查数
        else if (a[mid] > snum)     // 中点比待查数大
            high = mid - 1;         // 查找左半区间
        else                        // 中点比待查数小
            low = mid + 1;          // 查找右半区间
    }

    return -1;                      // 未找到待查数
}
```

变量监测：SearchBinary(11, a, 75)



小　结

模块化程序设计的步骤和目标

模块化程序设计的步骤

- 分析问题，明确程序的总体任务
- 对任务进行逐层分解，直至大小合适的模块
- 设计模块间的接口与模块算法流程
- 编码实现模块并通过调用组成程序
- 测试模块与程序

模块化程序设计的目标

- 使程序结构更清晰，提高程序的可读性，便于交流
- 降低代码间的耦合，便于独立开发
- 提高代码的重用性，减少程序中的重复代码，使程序更简洁
- 控制局部代码规模，便于编码、调试与维护

主要知识点与能力要求

主要知识点

- 函数的定义、调用、原型声明
- 函数的参数传递、返回值
- 变量的作用域、生存期、存储类型
- 模块化程序设计的思想与实现方法

能力要求

- 较为全面地掌握模块化程序设计的思想与方法，初步了解软件工程过程
- 养成先设计再实现的良好编程习惯，注重程序规范写、完善性
- 熟练定义与调用函数，有一定的算法优化能力
- 熟练编写基本的排序算法与字符串处理函数
- 理解递归的逻辑，能编写简单的递归程序
- 能编写包含多个函数的单文件程序，解决常见的数据处理与计算问题

本章结束