



## § 4. 函数

### 4.0. 为什么要引入函数

★ 目前为止的所讲的内容及作业都是只有一个main函数，负责完成一个程序的所有功能

例：输入两数求max

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    int a,b,m;
    cin >> a >> b;
    m = a > b ? a : b;
    cout << "max=" << m;
    return 0;
}
```

```
//例：函数形式求两数最大值
#include <iostream>
using namespace std;
int my_max(int x, int y)
{
    int z;
    if (x>y) z=x;
    else z=y;
    return (z);
}
int main()
{
    int a,b,m;
    cin >> a >> b;
    m = my_max(a,b);
    cout << "max=" << m;
    return 0;
}
```

例：输出矩形多次  
(不是连续多次，不能循环)

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    ...;
    四句cout;
    ...;
    四句cout;

    return 0;
}
```

```
//例：函数形式求两数最大值
#include <iostream>
using namespace std;
void output_rect()
{
    cout << "*****"<<endl;
    cout << "* *"<<endl;
    cout << "* *"<<endl;
    cout << "*****"<<endl;
}
int main()
{
    ...;
    output_rect();
    ...;
    output_rect();
    return 0;
}
```

=> 如果分解为函数，则逻辑看的更清晰

=> 有效利用可以降低代码总量，并方便维护



## § 4. 函数

### 4.1. 概述

- ★ C/C++程序的基本组成单位
- ★ 一个函数实现一个特定的功能
- ★ 有且仅有一个main函数，程序执行从main开始
- ★ 函数平行定义，嵌套调用
- ★ 一个源程序文件由多个函数组成，一个程序可由多个源程序文件组成

```
//a1.cpp      //a2.cpp      //a3.cpp
int fun1( )    float fun5( )    double fun4( )
{
}
short fun2( )
{
}
long fun6( )
{
}

int main()
{
}
```

一个程序由3个源程序文件组成  
共6个函数，有且仅有一个main

### ★ 函数的分类

用户使用角度 { 标准函数（库函数） 由系统提供（fabs/sqrt/strlen）  
                  使用时需要包含相应头文件  
                  自定义函数 用户自己编写

- 在使用上无任何的区别

函数形式 { 无参 调用函数无数据传递给被调用函数（getchar()）  
            有参 调用函数有数据传递给被调用函数（putchar('A'））



## § 4. 函数

### 4.2. 函数的定义

#### 4.2.1. 无参函数的定义

函数返回类型 函数名 ([void]) {  
(void)

函数体 {  
声明语句  
执行语句  
}

```
int fun()
{
    cout << "***" << endl;
    return 0;
}
int fun(void)
{
    cout << "***" << endl;
    return 0;
}
```

★ 函数名的命名规则同变量

★ 返回类型与数据类型相同

★ 返回类型可以是void, 表示不需要返回类型

★ C缺省返回类型为int(不建议缺省, int也写),  
C++不支持默认int, 必须写

```
fun3(...)
{
} //C++编译报错
```

```
int fun(void) long fun2()
{
    ...
}
```

```
void fun3()
{
}
```

已启动生成...  
1> 已启动生成: 项目: c-demo, 配置: Debug Win32  
1> c-demo.c  
1> c-demo.vcxproj -> D:\WorkSpace\VS2019-Demo\Debug\c-demo.exe  
生成: 成功 1 个, 失败 0 个, 最新 0 个, 跳过 0 个

```
c-demo.c
1 #include <stdio.h>
2
3 fun()
4 {
5     return 0;
6 }
7
8 int main()
9 {
10     fun();
11     return 0;
12 }
```

```
cpp-demo.cpp
1 #include <iostream>
2 using namespace std;
3
4 fun()
5 {
6     return 0;
7 }
8
9 int main()
10 {
11     fun();
12     return 0;
13 }
```

error C4430: 缺少类型说明符 - 假定为 int。注意: C++ 不支持默认 int



## § 4. 函数

### 4.2. 函数的定义

#### 4.2.1. 无参函数的定义

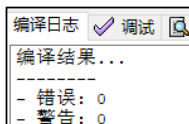
★ ANSI C++要求main函数的返回值只能是int并且不能缺省不写，否则编译会报错；但部分编译器可缺省不写；VS系列还允许void等其它类型 (建议唯一int)

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
main()
{
    return 0;
}
```

//VS2019报error  
//Dev正确

error C4430: 缺少类型说明符 - 假定为 int。注意: C++ 不支持默认 int

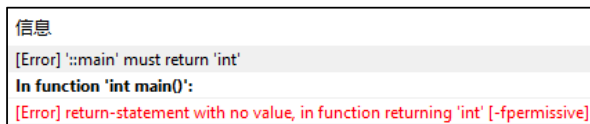


```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
void main()
{
    return;
}
```

//VS2019报warning  
//Dev报error

warning C4326: “main”的返回类型应为“int”而非“void”

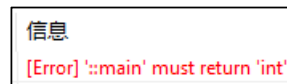


```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
long main()
{
    return 0L;
}
```

//VS2019报warning  
//Dev报error

warning C4326: “main”的返回类型应为“int”而非“long”





## § 4. 函数

### 4.2. 函数的定义

#### 4.2.2. 有参函数的定义

函数返回类型 函数名 (**形式参数表**)

```
{  
    函数体 { 声明语句  
            执行语句  
}
```

```
int max(int x, int y)  
{  
    int z;          /* 声明语句 */  
    if (x>y)  
        z=x;  
    else  
        z=y;  
    return z;  
}
```

★ 函数名的命名规则同变量

★ 返回类型与数据类型相同

★ 返回类型可以是void，表示不需要返回类型

★ C缺省返回类型为int(不建议缺省，int也写)，C++不支持默认int，必须写



## § 4. 函数

### 4.3. 函数参数与函数的值

#### 4.3.1. 形式参数与实际参数

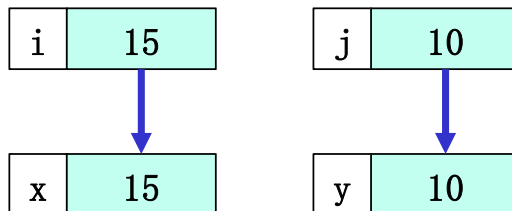
形式参数：在被调用函数中出现的参数

实际参数：在调用函数中出现的参数

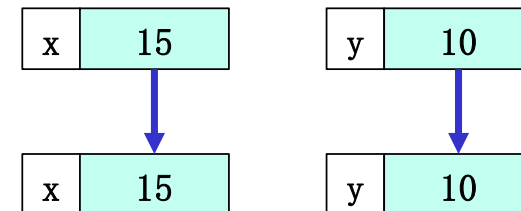
★ 实参与形参分别占用不同的内存空间，实形参名称既可以相同，也可以不同

★ 参数的传递方式是“单向传值”，即将实参的值复制一份到形参中（理解为 形参=实参 的形式）

<pre>int main() {     int i=15, j=10, m;     m = max(i, j);     cout&lt;&lt; "max=" &lt;&lt;m;     return 0; }</pre> <p>i, j为实参</p>	<pre>int max(int x, int y) {     int z;     z = x&gt;y ? x : y;     return z; }</pre> <p>x, y为形参</p>
---	--



<pre>int main() {     int x=15, y=10, m;     m = max(x, y);     cout&lt;&lt; "max=" &lt;&lt;m;     return 0; }</pre> <p>x, y为实参</p>	<pre>int max(int x, int y) {     int z;     z = x&gt;y ? x : y;     return z; }</pre> <p>允许同名 x, y为形参</p>
---	---





## § 4. 函数

### 4.3. 函数参数与函数的值

#### 4.3.1. 形式参数与实际参数

★ 实参与形参分别占用不同的内存空间

★ 参数的传递方式是“单向传值”，即将实参的值复制一份到形参中 (理解为 形参=实参 的形式)

=> 推论：执行后，形参的变化不影响实参值

```
#include <iostream>
using namespace std;
void fun(int x)
{   cout << "x1=" << x << endl;
    x=5;
    cout << "x2=" << x << endl;
}
int main()
{   int k=15;
    cout << "k1=" << k << endl;
    fun(k);
    cout << "k2=" << k << endl;
    return 0;
}
```

Diagram illustrating memory state during function execution:

- Variable `k` holds the value 15.
- When `fun(k)` is called, a copy of the value 15 is passed to the parameter `x`.
- Inside `fun`, `x` is modified to 5.
- After the function returns, the original variable `k` remains unchanged at 15.

★ 实参可以是常量、变量、表达式，形参只能是变量

<pre>int main() {   int k=10;     fun(2+k*3);     return 0; }</pre>	<pre>void fun(int x) {     ...     x = 2+k*3 }</pre>
---	--

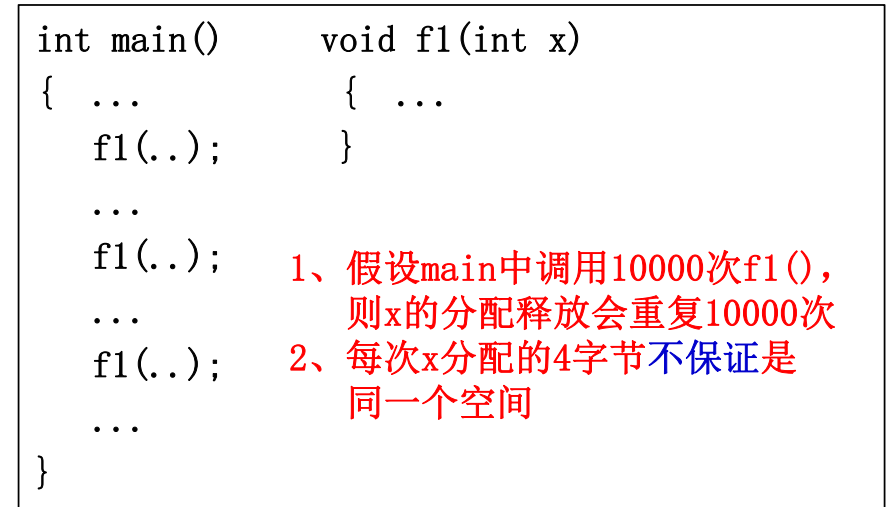
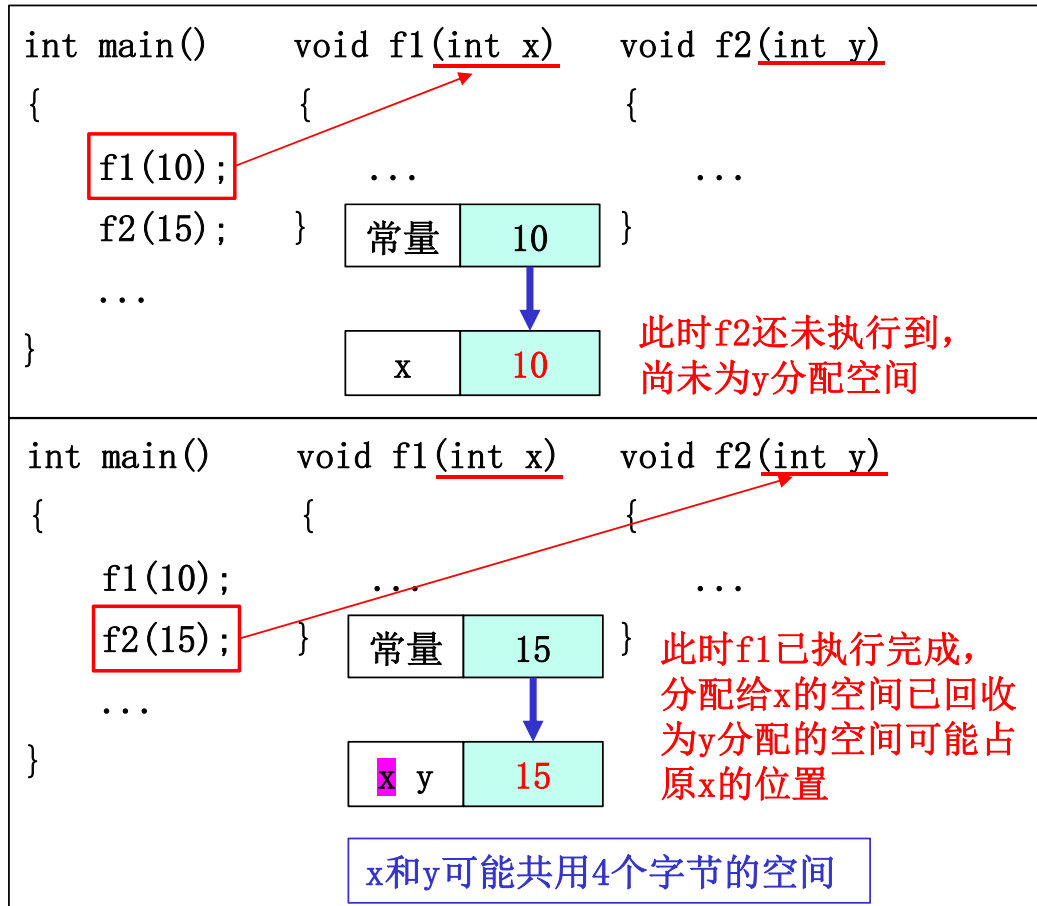


## § 4. 函数

### 4.3. 函数参数与函数的值

#### 4.3.1. 形式参数与实际参数

★ 形参在使用时分配空间，函数运行结束后释放空间







## § 4. 函数

### 4.3. 函数参数与函数的值

#### 4.3.1. 形式参数与实际参数

★ 实参、形参类型必须一致，否则结果可能不正确

```
#include <iostream>
using namespace std;
int fun(short x)
{
    cout << "x=" << x << endl;  x=4464
    return 0;
}
```

```
int main()
{
    long k=70000;
    fun(k); //编译有警告
    cout << "k=" << k << endl;  k=70000
    return 0;
}
```

实形参类型不一致时，  
转换规则同赋值（形参 = 实参）

warning C4244: “参数”：从“long”转换到“short”，可能丢失数据



## § 4. 函数

### 4.3. 函数参数与函数的值

#### 4.3.1. 形式参数与实际参数

#### 4.3.2. 函数的值（函数的返回值）

★ 通过return语句获得，若return类型与返回类型定义不一致，以返回类型为准进行数据转换

```
... f(...)
{
    int k;
    ...
    k = fun(...);
    ...
}

int fun(...)
{
    int s;
    ...
    return s;
}
```

若s=10  
则k=10

理解为  
调用函数中值=return后值的形式

long fun2()	long fun2()	short fun3()
{	{	{
long a;	short a;	long a;
...	...	...
return a;	return a;	return a;
} 正确	} 正确	} 可能不正确

//问1: 运行结果(d的值是多少?)  
//问2: 哪句会有warning错?

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

warning C4244: “参数”: 从“long”转换到“short”, 可能丢失数据

```
short fun3()
{
    long a = 70000;
    return a;
}

int main()
{
    long d;
    d = fun3();
    cout << d << endl;

    return 0;
}
```

0000000000000001 0001000101110000  
↓  
0001000101110000  
↓  
0000000000000000 0001000101110000



## § 4. 函数

### 4.3. 函数参数与函数的值

#### 4.3.1. 形式参数与实际参数

#### 4.3.2. 函数的值（函数的返回值）

★ return后可以是变量、常量、表达式，有两种形式（带括号、不带括号）

```
return a;          return k*2;
return (a);        return (k*2);
```

★ 若函数不要求有返回值，则指定返回类型为void

<pre>void fun1() {     ...     <del>return;</del> }</pre>	<pre>int main() {     ...     return 0; }</pre>	<pre>int fun() {     ...     <del>return 0;</del> }</pre>
---	---	---

无return语句  
空return语句

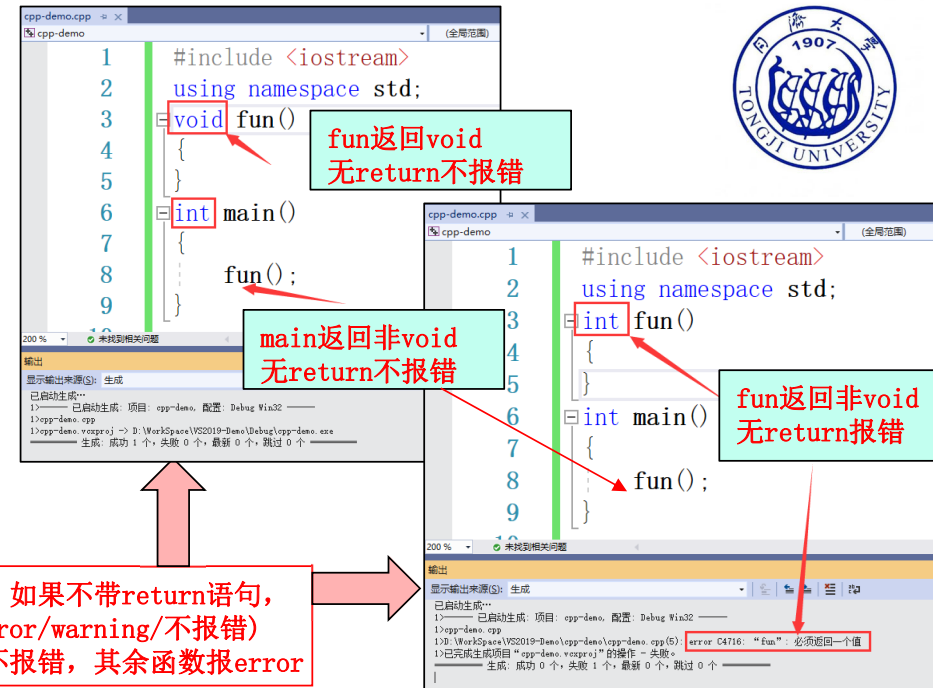
return int 型

return int型

返回类型非void的函数，如果不带return语句，不同编译器表现不同(error/warning/不报错)  
VS2019: main无return不报错，其余函数报error

=> 推论：① 返回类型为void的函数不能出现在除逗号表达式外的任何表达式中  
② 若逗号表达式要参与其它运算，则不能做为最后一个表达式出现

```
error C2186: “+”：“void”类型的操作数非法
error C2679: 二元“<<”: 没有找到接受“void”类型的右操作数的运算符(或没有可接受的转换)
```



```
#include <iostream>
using namespace std;
void f()
{
    int x=10;
}
int main()
{
    int k=10;
    k=k+f(); //编译错
    k, f(); //可编译通过，无意义
    cout << (k, f()) << endl; //编译错
    cout << (k, f(), k+2) << endl; //可编译通过
    return 0;
}
```



## § 4. 函数

### 4.3. 函数参数与函数的值

#### 4.3.1. 形式参数与实际参数

#### 4.3.2. 函数的值（函数的返回值）

★ 一个return只能带回一个返回值

★ 函数中可以有多条return语句，但只能根据条件执行其中的一个，执行return后，函数调用结束（return后的语句不会被执行到）

```
int fun(void)
{
    if (...)
        return ...;
    else
        return ...;
    ....; //无法被执行到
}
```



## § 4. 函数

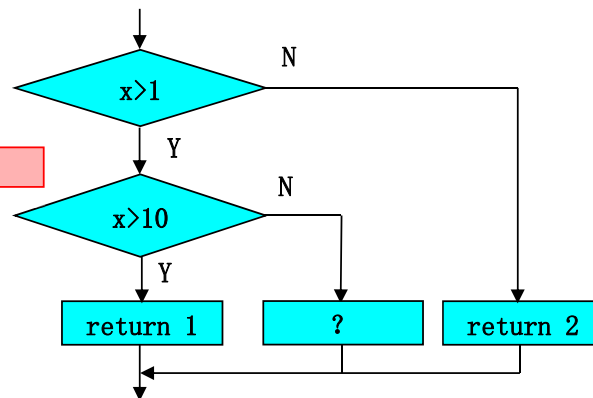
### 4.3. 函数参数与函数的值

#### 4.3.1. 形式参数与实际参数

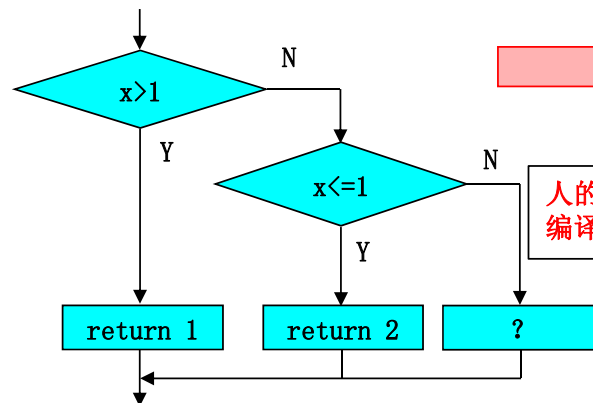
#### 4.3.2. 函数的值（函数的返回值）

★ 如果函数中有分支/循环语句，但return未覆盖全部分支/出口，则VS会报warning错（无论判断条件是否覆盖!）

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3  int fun(int x)
4  {
5      if (x > 1) {
6          if (x > 10)
7              return 1;
8          }
9      else
10         return 2;
11 }
12 int main()
13 {
14     int x, r;
15     cin >> x;
16     r = fun(x);
17     return 0;
18 }
```



warning C4715: "fun": 不是所有的控件路径都返回值



人的思维：已全覆盖  
编译器思维：缺else

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3  int fun(int x)
4  {
5      if (x > 1)
6          return 1;
7      else if (x <= 1)
8          return 2;
9      } //已覆盖int型的全部表示范围
10
11 int main()
12 {
13     int x, r;
14     cin >> x;
15     r = fun(x);
16     return 0;
17 }
```



## § 4. 函数

### 4.3. 函数参数与函数的值

#### 4.3.1. 形式参数与实际参数

#### 4.3.2. 函数的值（函数的返回值）

★ 如果函数中有分支/循环语句，但return未覆盖全部分支/出口，则VS会报warning错（无论判断条件是否覆盖!）

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3  int fun()
4  {
5      int i;
6      for (i = 0; i <= 100; i++) {
7          if (i >= 10)
8              return 0;
9      }
10 }
11 int main()
12 {
13     fun();
14     return 0;
15 }
```

warning C4715: "fun": 不是所有的控件路径都返回值

同理：  
人的思维：  
i<=100不可能被执行到，因此  
只有i>=10这一个出口

编译器思维：  
循环退出有两个出口  
(1) i>=10 满足后 return 0  
(2) 表达式2 (i<=100) 不满足，  
结束循环(但无return)

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3  int fun()
4  {
5      int i;
6      for (i = 0; ; i++) {
7          if (i >= 10)
8              return 0;
9      }
10 }
11 int main()
12 {
13     fun();
14     return 0;
15 }
```

200 % 未找到相关问题

输出  
显示输出来源(S): 生成  
已启动生成...  
1> 已启动生成: 项目: cpp-demo, 配置: Debug Win32  
1>cpp-demo.cpp  
1>cpp-demo.vcxproj -> D:\Workspace\VS2019-Demo\Debug\cpp-demo.exe  
生成: 成功 1 个, 失败 0 个, 最新 0 个, 跳过 0 个



## § 4. 函数

### 4. 4. 函数的调用

函数的编写方法:

通过第2-3章的基本知识, 定义不同数据类型的变量,  
采用顺序、分支、循环等基本结构, 按照函数的预期功能  
来编写每个函数



## § 4. 函数

### 4.4. 函数的调用

#### 4.4.1. 基本形式

函数名() : 适用于无参函数

函数名(实参表列): 适用于有参函数, 用, 分开

与形参表的个数、顺序、类型一致

★ 若同一变量同时出现在一个函数的多个参数中, 且有自增、赋值、复合赋值等改变变量值的操作, 则不同编译器处理的方式可能不同 (不在讨论, 也不建议深入)

```
int i=3;
```

```
fun(i++, i)
```

从左至右: fun(3, 4)

不再讨论

从右至左: fun(3, 3)

也不建议深入

注意: fun(i++, --j) 这种不同变量是必须讨论的

printf/scanf等函数有参数个数、类型不等的情况出现, 称为可变参数方式, 本课程暂不讨论

```
printf("%d\n", a);           //2个参数
printf("%d %d\n", a, b);     //3个参数
scanf("%d", &a);             //2个参数
scanf("%d %d", &a, &b);      //3个参数
```

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3  void fun(int x, int y)
4  {
5      cout << x << ' ' << y << endl;
6  }
7  int main()
8  {
9      int i = 3;
10     fun(i++, i);
11     return 0;
12 }
```

Dev  
VS

Microsoft Visual Studio 调试控制台

```
[root@RF5-X64 ~]# cat t2.cpp
#include <iostream>
using namespace std;
void fun(int x, int y)
{
    cout << x << ' ' << y << endl;
}
int main()
{
    int i = 3;
    fun(i++, i);
    return 0;
}

[root@RF5-X64 ~]#
[root@RF5-X64 ~]# c++ -Wall -o t2 t2.cpp
[root@RF5-X64 ~]#
[root@RF5-X64 ~]# ./t2
3 3
```

某Linux版本的编译器





## § 4. 函数

### 4. 4. 函数的调用

#### 4. 4. 2. 调用方式

函数语句: 函数调用+;

```
printf("Hello. \n");  
putchar(' A');
```

函数表达式: 出现在某个表达式中

```
c=my_max(a, b)+4;  
k=sqrt(m);
```

函数返回类型  
不能是void

函数参数: 作为另一个函数的参数

```
printf("max=%d", my_max(a, b));  
putchar( getchar() );  
sqrt( fabs(x) );
```



## § 4. 函数

### 4. 4. 函数的调用

#### 4. 4. 2. 调用方式

★ 函数调用时，不能写返回类型

<b>定义及实现时:</b> <pre>long f1() {     ... }  int max(int x, int y) {     ... }</pre>	<b>调用时:</b> <pre>k = f1();           ✓ k = long f1();      ✗  k = max(i, j);      ✓ k = int max(i, j);  ✗</pre>
---	--

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3  long f1()
4  {
5      cout << "f1" << endl;
6      return 0L;
7  }
8  int main()
9  {
10     int k;
11     k = long f1(); //调用f1函数
12     return 0;
13 }
```

error C2062: 意外的类型“long”



## § 4. 函数

### 4.4. 函数的调用

#### 4.4.2. 调用方式

★ 函数调用时，不能写返回类型

★ 无参函数调用时，参数位置不能写void

<b>定义及实现时:</b> <pre>int fun()    //空 {     ... } int fun(void) //写void {     ... }</pre>	<b>调用时:</b> <pre>k = fun();    ✓ k = fun(void); ✗</pre>
---	--

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3  int fun(void)
4  {
5      cout << "fun" << endl;
6      return 0;
7  }
8  int main()
9  {
10     int k;
11     k = fun(void); //调用f1函数
12     return 0;
13 }
```

```
error C2144: 语法错误: “void” 的前面应有 “)”
error C2144: 语法错误: “void” 的前面应有 “;”
error C2059: 语法错误: “)”
warning C4091: “ ”: 没有声明变量时忽略 “void” 的左侧
```



## § 4. 函数

### 4. 4. 函数的调用

#### 4. 4. 2. 调用方式

- ★ 函数调用时，不能写返回类型
- ★ 无参函数调用时，参数位置不能写void
- ★ 有参函数调用时，实参不能写类型

<b>定义及实现时:</b> <pre>int max(int x, int y) {     ... }</pre>	<b>调用时:</b> <pre>int i=10, j=15; k=max(i, j); ✓ k=max(int i, int j); ✗</pre>
--	---

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3  int my_max(int x, int y)
4  {
5      return x > y ? x : y;
6  }
7  int main()
8  {
9      int i = 10, j = 15, k;
10     k = my_max(int i, int j);
11     cout << "max=" << k << endl;
12     return 0;
13 }
```

```
(10,13): error C2144: 语法错误: “int” 的前面应有“)”
(10,17): error C2660: “my_max”: 函数不接受 0 个参数
(3,5): message : 参见“my_max”的声明
(10,13): error C2144: 语法错误: “int” 的前面应有“:”
(10,17): error C2086: “int i”: 重定义
(9): message : 参见“i”的声明
(10,20): error C2062: 意外的类型“int”
(10,25): error C2059: 语法错误: “)”
```



## § 4. 函数

### 4. 4. 函数的调用

#### 4. 4. 2. 调用方式

★ 函数调用时，不能写返回类型

<b>定义及实现时:</b> <pre>long f1() { ... }</pre> <pre>int max(int x, int y) { ... }</pre>	<b>调用时:</b> <pre>k = f1();           ✓ k = long f1();      ✗</pre> <pre>k = max(i, j);      ✓ k = int max(i, j);  ✗</pre>
--	---

问题：其它函数的返回值  
可由调用函数使用，  
main的返回值给谁？

★ 无参函数调用时，参数位置不能写void

★ 有参函数调用时，实参不能写类型

<b>定义及实现时:</b> <pre>int max(int x, int y) { ... }</pre>	<b>调用时:</b> <pre>int i=10, j=15; k=max(i, j);           ✓ k=max(int i, int j);  ✗</pre>
--	--

<b>定义及实现时:</b> <pre>int fun()           //空 { ... }</pre> <pre>int fun(void) //写void { ... }</pre>	<b>调用时:</b> <pre>k = fun();           ✓ k = fun(void);      ✗</pre>
--	--



## § 4. 函数

### 4. 4. 函数的调用

#### 4. 4. 1. 基本形式

#### 4. 4. 2. 调用方式

#### 4. 4. 3. 对被调用函数的说明

★ 对库函数，加相应的头文件说明

<code>#include &lt;stdio.h&gt;</code>	输入输出函数	}	C方式 仅此种	}	C++方式 两种均可
<code>#include &lt;math.h&gt;</code>	数学运算函数				
<code>#include &lt;string.h&gt;</code>	字符串运算函数				
<code>#include &lt;cstdio&gt;</code>	输入输出函数				
<code>#include &lt;cmath&gt;</code>	数学运算函数				
<code>#include &lt;cstring&gt;</code>	字符串运算函数				

注意：<cstdio>和<cmath>这两个头文件在VS2019中缺省可以不加，其它编译器一般需要加



## § 4. 函数

### 4. 4. 函数的调用

#### 4. 4. 1. 基本形式

#### 4. 4. 2. 调用方式

#### 4. 4. 3. 对被调用函数的说明

★ 对自定义函数，在调用前加以说明，位置在调用函数前/整个函数定义前

两种方法：

返回类型 函数名(形参类型)；

返回类型 函数名(形参类型 形参表)；

<pre>int my_max(int, int); int main() {     k=my_max(i, j); } int my_max(int x, int y) {     ... }</pre>	<pre>int my_max(int x, int y); int main() {     k=my_max(i, j); } int my_max(int x, int y) {     ... }</pre>	<pre>int my_max(int p, int q);  int main() {     k=my_max(i, j); } int my_max(int x, int y) {     ... }</pre> <p>pq不要求 与实现中的 xy一致</p>
--	--	---



## § 4. 函数

### 4. 4. 函数的调用

#### 4. 4. 1. 基本形式

#### 4. 4. 2. 调用方式

#### 4. 4. 3. 对被调用函数的说明

★ 对库函数，加相应的头文件说明

★ 对自定义函数，在调用前加以说明，位置在调用函数前/整个函数定义前

★ 若被调用函数出现在调用函数之前，可以不加说明 (有些编译器可能必须加)

//可以没有说明

```
float fun()
{
    ...
}
int main()
{
    float k;
    k=fun();
    return 0;
}
```

float fun(); //必须有说明

```
int main()
{
    float k;
    k=fun();
    return 0;
}
float fun()
{
    ...
}
```

问：编译器的思维是怎样的？  
为什么实现后面必须加说明？





## § 4. 函数

### 4. 4. 函数的调用

#### 4. 4. 3. 对被调用函数的说明

★ 调用说明可以在函数外，针对后面所有函数均适用；也可在函数内部，只对本函数有效

```
int my_max(int x, int y);
int main()
{
    ..my_max(...); ✓
}
int f1()
{
    ..my_max(...); ✓
}
int my_max(int x, int y)
{
    ....
}
```

```
int main()
{
    int my_max(int, int);
    ..my_max(...); ✓
}
int f1()
{
    ..my_max(...); ✗
}
int my_max(int x, int y)
{
    ....
}
```

error C3861: "my\_max": 找不到标识符

```
int main()
{
    ..my_max(...); ?
}
int my_max(int x, int y);
int f1()
{
    ..my_max(...); ?
}
int my_max(int x, int y)
{
    ....
}
```

```
int main()
{
    int my_max(int, int);
    ..my_max(...); ?
}
int my_max(int x, int y)
{
    ....
}
int f1()
{
    ..my_max(...); ?
}
```



## § 4. 函数

### 4.5. 函数的嵌套调用

#### 4.5.1. C++程序的执行过程

例：程序如下

```
void b()
{
    ...
}
void a()
{
    ...
    b();
    ...
}
int main()
{
    ...
    a();
    ...
    return 0;
}
```

//左例，9步

- (1) 执行main函数的开头部分
- (2) 遇到调用a函数的语句，流程转去a函数
- (3) 执行a函数的开头部分
- (4) 遇到调用b函数的语句，流程转去b函数
- (5) 执行b函数，如果再无其他嵌套的调用，则完成b函数的全部操作
- (6) 返回原来调用b函数的位置，即返回a函数
- (7) 继续执行a函数中尚未执行的部分，直到a函数结束
- (8) 返回main中调用a函数的位置
- (9) 继续执行main函数的剩余部分直到结束

如何返回？



## § 4. 函数

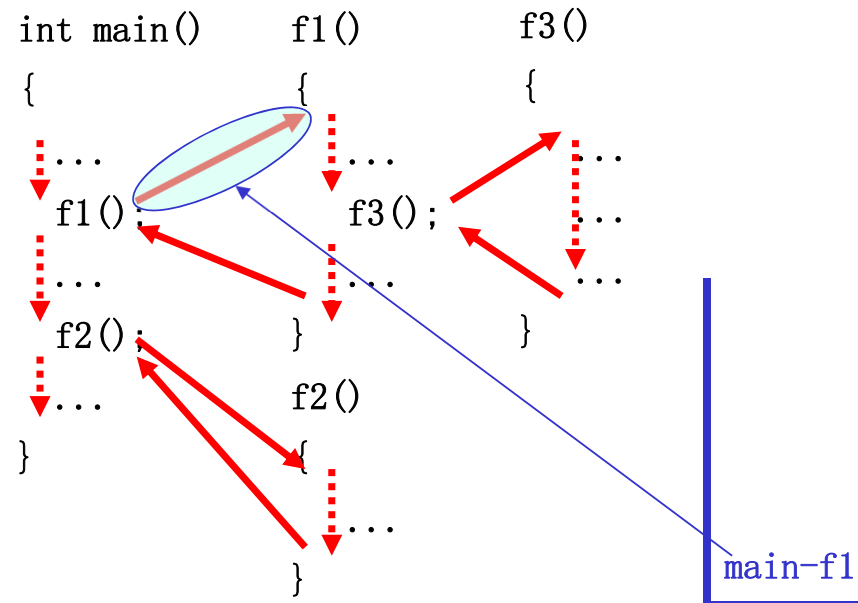
### 4.5. 函数的嵌套调用

#### 4.5.1. C++程序的执行过程 (通用描述)

- (1) 从main函数的第一个执行语句开始依次执行
- (2) 若执行到函数调用语句，则保存调用函数当前的一些系统信息 (保存现场 - 进栈)
- (3) 转到被调用函数的第一个执行语句开始依次执行
- (4) 被调用函数执行完成后，返回到调用函数的调用处，恢复调用前保存的系统信息 (恢复现场 - 出栈)
- (5) 若被调用函数中仍有调用其它函数的语句，则嵌套执行步骤(2)-(4) (保存和恢复现场的操作遵循栈的操作规则)
- (6) 所有被调用函数执行完后，顺序执行main函数的后续部分直到结束

#### 4.5.2. 特点

- ★ 嵌套的层次、位置不限
- ★ 遵循后进先出的原则 (栈)
- ★ 调用函数时，被调用函数与其所调用的函数的关系是透明的，适用于大程序的分工组织



自行画出调用过程中  
栈的变化形式

图示: main-f1表示  
保存main的现场,  
转去f1函数执行



## § 4. 函数

### 4. 5. 函数的嵌套调用

#### 4. 5. 3. 实例

例1：求四个整数的最大值

```
//方法1
int max2(int a, int b)
{
    if (a>b)
        return a;
    else
        return b;
}

int max4(int a, int b, int c, int d)
{
    int m;
    m = max2(a, b);
    m = max2(m, c);
    m = max2(m, d);
    return m;
}

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

    ...输入a/b/c/d四个数字
    m = max4(a, b, c, d);
    ...输出最大值

    return 0;
}
```

```
//方法2
int max2(int a, int b)
{
    return (a>b ? a : b);
}

int max4(int a, int b, int c, int d)
{
    int m1, m2, m;
    m1 = max2(a, b);
    m2 = max2(c, d);
    m = max2(m1, m2);
    return m;
}

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

    ...输入a/b/c/d四个数字
    m = max4(a, b, c, d);
    ...输出最大值

    return 0;
}
```

```
//方法3
int main()
{
    ...
    m = max2( max2( max2(a, b), c), d);
    ...
}
```

```
//方法4
int main()
{
    ...
    m = max2( max2(a, b), max2(c, d) );
    ...
}
```

一个函数的返回值做为  
另一个函数的参数  
(本例中函数名相同)



## § 4. 函数

### 4.5. 函数的嵌套调用

#### 4.5.3. 实例

例2: 写一个函数, 判断某正整数是否素数

```
#include <iostream>
#include <cmath>
using namespace std;

int prime(int n)
{
    int i;
    int k = int(sqrt(n));

    for(i=2; i<=k; i++)
        if (n%i == 0)
            break;

    return i<=k ? 0 : 1;
}

int main()
{
    int n;
    cin >> n; //为简化讨论, 此处假设输入正确
    cout << n << (prime(n) ? "是":"不是") << "素数" << endl;
    return 0;
}
```

循环的结束有两个可能性:  
1、表达式2 (i<=k) 不成立 (是素数)  
2、因为 break 而结束 (不是素数)

```
//03模块例: 求100~200间的素数
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;
int main()
{
    int m, k, i, line=0;

    for(m=101; m<=200; m+=2) {
        k=int(sqrt(m));

        for(i=2; i<=k; i++)
            if (m%i==0)
                break;

        if (i>k) {
            cout << setw(5) << m;
            line++;
            if (line%10==0)
                cout << endl;
        } //end of for

        return 0;
    }
}
```

改写为用  
prime函数

```
//03模块例: 求100~200间的素数
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;
int prime(int n)
{
    int i;
    int k = int(sqrt(n));

    for(i=2; i<=k; i++)
        if (n%i == 0)
            break;

    return (i<=k ? 0 : 1);
}

int main()
{
    int m, line = 0;
    for(m=101; m<=200; m+=2) {
        if (prime(m)) {
            cout << setw(5) << m;
            line++;
            if (line%10==0)
                cout << endl;
        }

        return 0;
    }
}
```



## § 4. 函数

### 4. 5. 函数的嵌套调用

#### 4. 5. 3. 实例

##### 例3: 验证哥德巴赫猜想

```
#include <iostream>
#include <cmath>
using namespace std;
int prime(int n)
{
    int i;
    int k = int(sqrt(n));
    for(i=2; i<k; i++)
        if (n%i == 0)
            break;
    return i<k ? 0 : 1;
}
void gotbaha(int even)
{
    int x;
    for (x=3; x<=even/2; x+=2)
        if ( prime(x) + prime(even-x) == 2) {
            cout << x << "+" << even-x << "=" << even << endl;
            break; //不要break则求出全部组合
        }
}
int main()
{
    int n;
    cin >> n; //为简化讨论, 此处假设输入正确
    gotbaha(n);
    return 0;
}
```

一道题目的解可用于另一题中  
强调过程的积累、经验的积累

Microsoft Visual Studio 调试控制台

```
18
5+13=18
```

Microsoft Visual Studio 调试控制台

```
18
5+13=18
7+11=18
```



## § 4. 函数

### 4.6. 函数的递归调用

#### 4.6.1. 含义

函数直接或间接地调用本身

直接递归

```
f1()
{
...
f1()
...
}
```

间接递归

```
f1()  f2()
{      {
...    ...
f2()  f1()
...    ...
}
```

★ 递归是指函数体中调用自己

★ 函数的返回值做本函数的参数，是嵌套，不是递归

```
int main()
{
...
m = max2( max2( max2(a, b), c), d);

m = max2( max2(a, b), max2(c, d) );
...
}
```

必然有条件判断是否进行下次递归调用!!!

#### 4.6.2. 递归的求解过程

回推：到一个确定值为止(递归不再调用)

递推：根据回推得到的确定值求出要求的解

例：求解第5个学生的年龄

题目描述：共5个学生

问第5个学生几岁，答：我比第4个大2岁；  
问第4个学生几岁，答：我比第3个大2岁；  
问第3个学生几岁，答：我比第2个大2岁；  
问第2个学生几岁，答：我比第1个大2岁；  
问第1个学生几岁，答：我10岁；

回溯

```
age(5) = age(4) + 2;
age(4) = age(3) + 2;
age(3) = age(2) + 2;
age(2) = age(1) + 2;
age(1) = 10;
```

递推



## § 4. 函数

### 4. 6. 函数的递归调用

#### 4. 6. 3. 如何写递归函数

★ 确定递归何时终止

★ 假设第n-1次调用已求得确定值，确定第n次调用和第n-1次调用之间存在的逻辑关系

=> 不要全面考虑1..n之间的变换关系，而应理解为只有n和n-1两层，且第n-1层数据已求得

例1：求解5个学生的年龄

```
int age(int n)
{
    if (n==1)
        return 10;
    else
        return age(n-1)+2;
}
```

```
int main()
{
    cout << age(5) << endl;
    return 0;
}
```

$\text{age}(5) = \text{age}(4) + 2;$

$\text{age}(4) = \text{age}(3) + 2;$

$\text{age}(3) = \text{age}(2) + 2;$

$\text{age}(2) = \text{age}(1) + 2;$

$\text{age}(1) = 10;$





## § 4. 函数

### 4. 6. 函数的递归调用

#### 4. 6. 3. 如何写递归函数

例2: 采用非递归法和递归法两种方式求解 $n!$

##### 非递归法:

全面考虑 $1-n$ 的关系,  
可得出下列公式:

$$n! = 1*2*\dots*n;$$

```
int fac(int n)
{
    int s=1, i;
    for(i=1; i<=n; i++)
        s = s * i;
    return s;
}
```

##### 递归法:

不全面考虑 $1-n$ 的关系,  
仅考虑 $n$ 和 $n-1$ 两层,  
且假设 $n-1$ 层已知

$$n! = n * (n-1)!$$

$$(n-1)! = (n-1) * (n-2)!$$

...

$$1! = 1$$

$$0! = 1;$$

```
int main() //也可以由键盘输入n值, 此处略
{
    int n = 5;
    cout << n << "!=" << fac(5) << endl;
}
```

```
int fac(int n)
{
    if (n==0 || n==1)
        return 1;
    else
        return fac(n-1) * n;
}
```

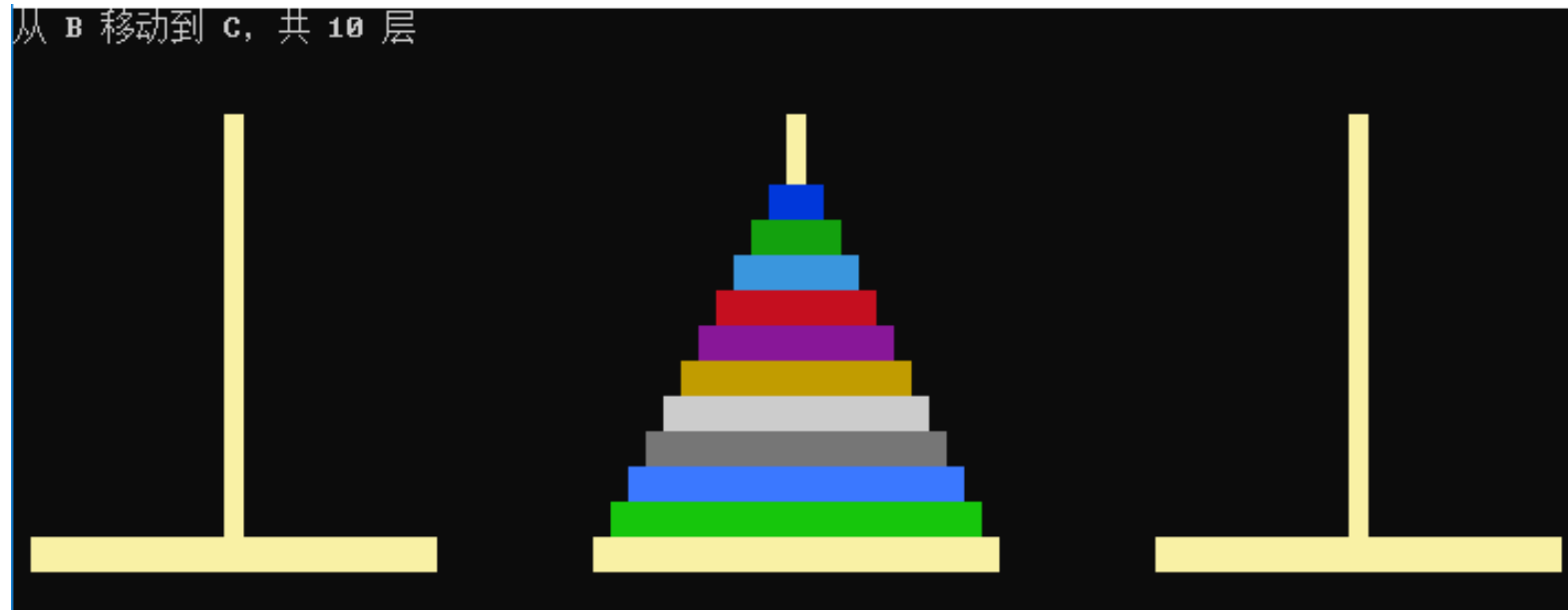


## § 4. 函数

### 4. 6. 函数的递归调用

#### 4. 6. 3. 如何写递归函数

##### 例3: 汉诺塔问题





## § 4. 函数

### 4. 6. 函数的递归调用

#### 4. 6. 3. 如何写递归函数

#### 4. 6. 4. 如何读递归函数

- ★ 每次递归调用时，借助**栈**来记录调用的层次
- ★ 栈初始为空，每次递归函数被调用时在栈中增加一项，递归函数运行结束后栈中减少一项
- ★ 本次调用结束后，返回上次的调用位置，继续执行后续的语句
- ★ 重复操作至栈空为止



例1：写出程序的运行结果及程序的功能

```
long fac(int n)
{
    if (n==0||n==1)
        return 1;
    else
        return fac(n-1)*n;
}

int main()
{
    cout << "fac(5)=" << fac(5);
    return 0;
}
```



例1: 写出程序的运行结果及程序的功能

```
long fac(int n)
{
    if (n==0 || n==1)
        return 1;
    else
        return fac(n-1)*n;
}

int main()
{
    cout << "fac(5)=" << fac(5);
    return 0;
}
```

fac(5)

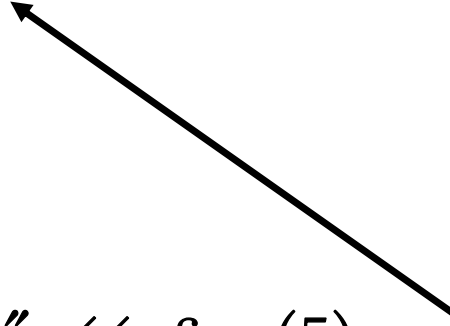


例1: 写出程序的运行结果及程序的功能

```
long fac(int n)
{
    if (n==0 || n==1)
        return 1;
    else
        return fac(n-1)*n;
}

int main()
{
    cout << "fac(5)=" << fac(5);
    return 0;
}
```

fac(4)	5
fac(5)	



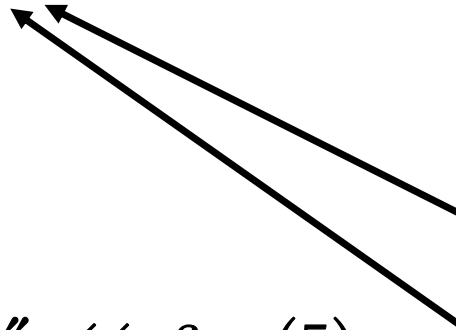


例1：写出程序的运行结果及程序的功能

```
long fac(int n)
{
    if (n==0 || n==1)
        return 1;
    else
        return fac(n-1)*n;
}

int main()
{
    cout << "fac(5)=" << fac(5);
    return 0;
}
```

fac(3)	4
fac(4)	5
fac(5)	



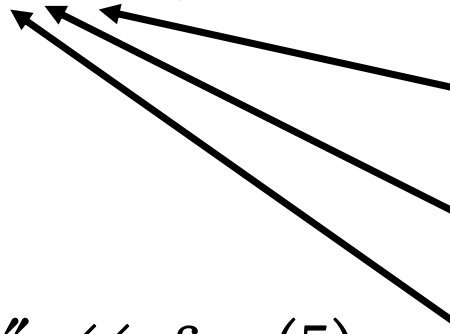


例1：写出程序的运行结果及程序的功能

```
long fac(int n)
{
    if (n==0 || n==1)
        return 1;
    else
        return fac(n-1)*n;
}

int main()
{
    cout << "fac(5)=" << fac(5);
    return 0;
}
```

fac(2)	3
fac(3)	4
fac(4)	5
fac(5)	







例1：写出程序的运行结果及程序的功能

```
long fac(int n)
{
    if (n==0 || n==1)
        return 1;
    else
        return fac(n-1)*n;
}

int main()
{
    cout << "fac(5)=" << fac(5);
    return 0;
}
```

fac(1)	2
fac(2)	3
fac(3)	4
fac(4)	5
fac(5)	



例1：写出程序的运行结果及程序的功能

```
long fac(int n)
{
    if (n==0 || n==1)
        return 1;
    else
        return fac(n-1)*n;
}

int main()
{
    cout << "fac(5)=" << fac(5);
    return 0;
}
```

fac(1)	2	1
fac(2)	3	
fac(3)	4	
fac(4)	5	
fac(5)		



例1：写出程序的运行结果及程序的功能

```
long fac(int n)
{
    if (n==0 || n==1)
        return 1;
    else
        return fac(n-1)*n;
}

int main()
{
    cout << "fac(5)=" << fac(5);
    return 0;
}
```

fac(2)	3	2
fac(3)	4	
fac(4)	5	
fac(5)		

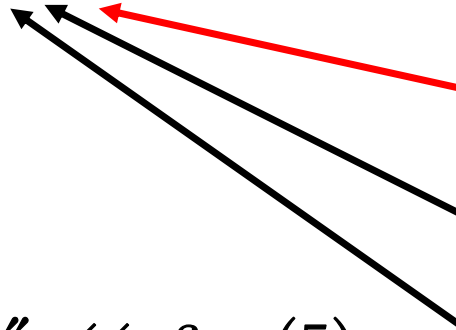


例1: 写出程序的运行结果及程序的功能

```
long fac(int n)
{
    if (n==0 || n==1)
        return 1;
    else
        return fac(n-1)*n;
}

int main()
{
    cout << "fac(5)=" << fac(5);
    return 0;
}
```

fac(3)	4	6
fac(4)	5	
fac(5)		



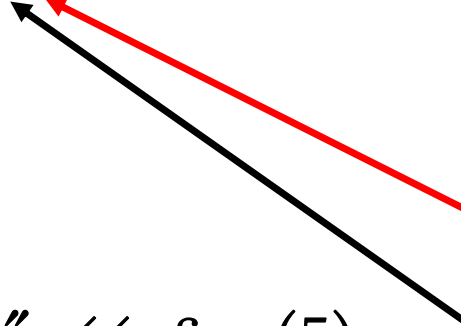


例1：写出程序的运行结果及程序的功能

```
long fac(int n)
{
    if (n==0 || n==1)
        return 1;
    else
        return fac(n-1)*n;
}

int main()
{
    cout << "fac(5)=" << fac(5);
    return 0;
}
```

fac(4)	5	24
fac(5)		

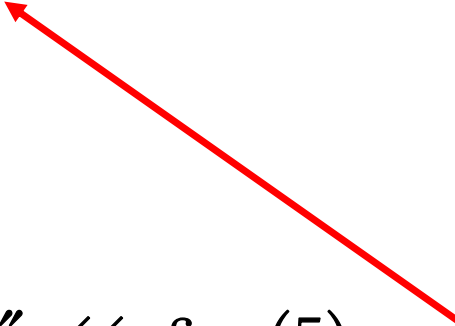




例1：写出程序的运行结果及程序的功能

```
long fac(int n)
{
    if (n==0 || n==1)
        return 1;
    else
        return fac(n-1)*n;
}

int main()
{
    cout << "fac(5)=" << fac(5);
    return 0;
}
```

A red arrow originates from the 'fac(5)' cell of the table and points to the 'return fac(n-1)\*n;' line in the code block above.

fac(5)		120
--------	--	-----



例1：写出程序的运行结果及程序的功能

```
long fac(int n)
{
    if (n==0 || n==1)
        return 1;
    else
        return fac(n-1)*n;
}

int main()
{
    cout << "fac(5)=" << fac(5);
    return 0;
}
```

fac(5)=120

fac(1)	2	1
fac(2)	3	2
fac(3)	4	6
fac(4)	5	24
fac(5)		120



例2：写出程序的运行结果

```
void f(int n, char ch)
{
    if (n==0)
        return;
    if (n>1)
        f(n-2, ch);
    else
        f(n+1, ch);
    cout << char(ch+n);
}

int main()
{
    f(7, 'k'); //VS中main无return不报错
}
```





例2: 写出程序的运行结果

```
void f(int n, char ch)
{
    if (n==0)
        return;
    if (n>1)
        f(n-2, ch);
    else
        f(n+1, ch);
    cout << char(ch+n);
}

int main()
{
    f(7, 'k');
}
```

7, k



例2：写出程序的运行结果

```
void f(int n, char ch)
{
    if (n==0)
        return;
    if (n>1)
        f(n-2, ch);
    else
        f(n+1, ch);
    cout << char(ch+n);
}

int main()
{
    f(7, 'k');
}
```

5, k

7, k

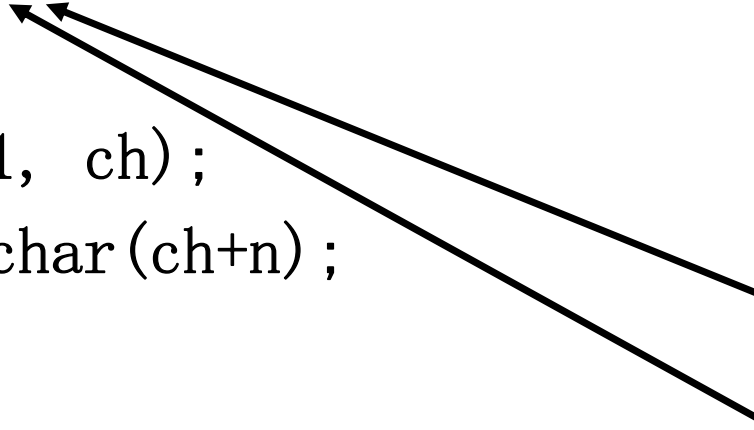


例2：写出程序的运行结果

```
void f(int n, char ch)
{
    if (n==0)
        return;
    if (n>1)
        f(n-2, ch);
    else
        f(n+1, ch);
    cout << char(ch+n);
}

int main()
{
    f(7, 'k');
}
```

3, k
5, k
7, k





例2：写出程序的运行结果

```
void f(int n, char ch)
{
    if (n==0)
        return;
    if (n>1)
        f(n-2, ch);
    else
        f(n+1, ch);
    cout << char(ch+n);
}

int main()
{
    f(7, 'k');
}
```

1, k
3, k
5, k
7, k



例2：写出程序的运行结果

```
void f(int n, char ch)
{   if (n==0)
        return;
    if (n>1)
        f(n-2, ch);
    else
        f(n+1, ch);
    cout << char(ch+n);
}

int main()
{   f(7, 'k');
}
```

2, k
1, k
3, k
5, k
7, k



例2：写出程序的运行结果

```
void f(int n, char ch)
{
    if (n==0)
        return;
    if (n>1)
        f(n-2, ch);
    else
        f(n+1, ch);
    cout << char(ch+n);
}

int main()
{
    f(7, 'k');
}
```

0, k
2, k
1, k
3, k
5, k
7, k



例2：写出程序的运行结果

```
void f(int n, char ch)
{
    if (n==0)
        return;
    if (n>1)
        f(n-2, ch);
    else
        f(n+1, ch);
    cout << char(ch+n);
}

int main()
{
    f(7, 'k');
}
```

0, k
2, k
1, k
3, k
5, k
7, k



例2：写出程序的运行结果

```
void f(int n, char ch)
```

```
{  if (n==0)
```

```
    return;
```

```
    if (n>1)
```

```
        f(n-2, ch);
```

```
    else
```

```
        f(n+1, ch);
```

```
    cout << char(ch+n);
```

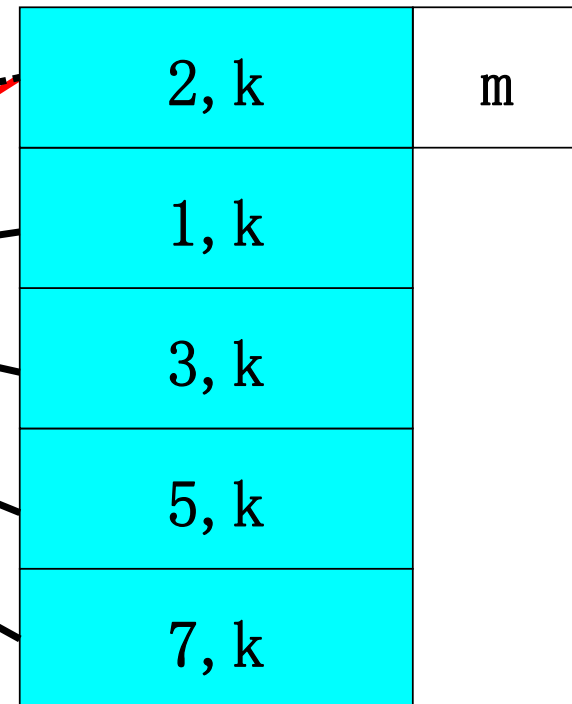
```
}
```

```
int main()
```

```
{  f(7, 'k');
```

```
}
```

黑虚：上次保存现场位置  
红实：本次恢复现场位置







例2: 写出程序的运行结果

```
void f(int n, char ch)
```

```
{  if (n==0)
```

```
    return;
```

```
    if (n>1)
```

```
        f(n-2, ch);
```

```
    else
```

```
        f(n+1, ch);
```

```
    cout << char(ch+n);
```

```
}
```

```
int main()
```

```
{  f(7, 'k');
```

```
}
```

黑虚:上次保存现场位置  
红实:本次恢复现场位置

1, k	1
3, k	
5, k	
7, k	

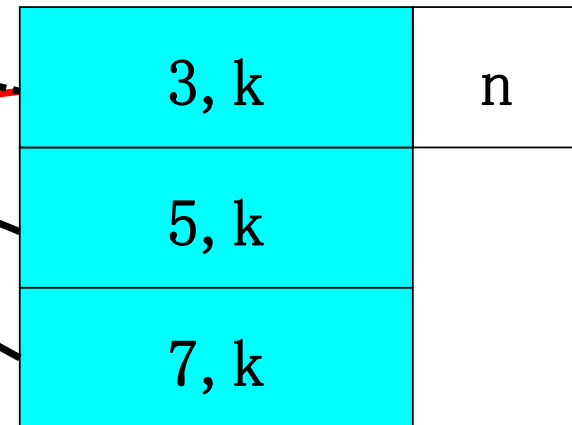


例2: 写出程序的运行结果

```
void f(int n, char ch)
{
    if (n==0)
        return;
    if (n>1)
        f(n-2, ch);
    else
        f(n+1, ch);
    cout << char(ch+n);
}

int main()
{
    f(7, 'k');
}
```

黑虚:上次保存现场位置  
红实:本次恢复现场位置



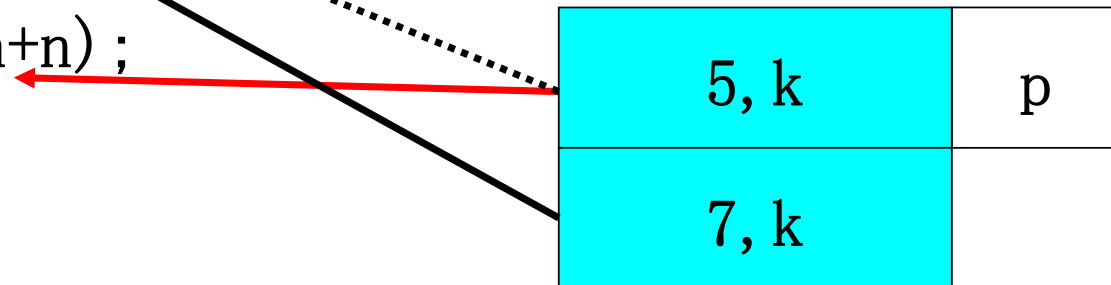


例2: 写出程序的运行结果

```
void f(int n, char ch)
{
    if (n==0)
        return;
    if (n>1)
        f(n-2, ch);
    else
        f(n+1, ch);
    cout << char(ch+n);
}

int main()
{
    f(7, 'k');
}
```

黑虚:上次保存现场位置  
红实:本次恢复现场位置



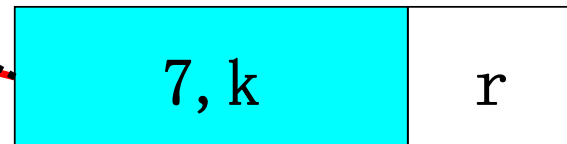


例2: 写出程序的运行结果

```
void f(int n, char ch)
{
    if (n==0)
        return;
    if (n>1)
        f(n-2, ch);
    else
        f(n+1, ch);
    cout << char(ch+n);
}

int main()
{
    f(7, 'k');
}
```

黑虚:上次保存现场位置  
红实:本次恢复现场位置





例2：写出程序的运行结果

```
void f(int n, char ch)
{
    if (n==0)
        return;
    if (n>1)
        f(n-2, ch);
    else
        f(n+1, ch);
    cout << char(ch+n);
}

int main()
{
    f(7, 'k');
}
```

**mlnpr**

0, k
2, k
1, k
3, k
5, k
7, k



例3：写出程序的运行结果及功能

```
void f(int n, int k)
{
    if (n>=k)
        f(n/k, k);
    cout << n%k;
}

int main()
{
    f(14, 2);      1110
    cout << endl;
    f(65, 8);      101
    return 0;
}
```

请用栈的方式  
自行画图理解



## § 4. 函数

### 4. 6. 函数的递归调用

#### 4. 6. 5. 不设定终止条件的递归函数 (错误的用法)

```
#include <iostream>
using namespace std;
int num = 0; //全局变量, 后面4.11中详述
void fun()
{
    num++; //用于统计fun被调用了多少次
    if (num % 1000 == 0)
        cout << "num=" << num << endl;
    fun();
}
int main()
{
    fun();
    return 0;
}
```

多编译器/多种模式, 观察结果  
VS2019 : x86 / x64  
Dev C++ : 32bit / 64bit  
Linux C++ : 64bit

1、为什么会运行崩溃?

答:

2、不定义变量、定义10个int、10个double的情况下崩溃时打印的num值不同, 为什么?

答:

3、有兴趣自行研究各编译器如何改变堆栈大小

```
#include <iostream>
using namespace std;
int num = 0; //全局变量, 后面4.11中详述
void fun()
{
    int a, b, c, d, e, f, g, h, i, j;
    a=b=c=d=e=f=g=h=i=j=10;
    num++; //用于统计fun被调用了多少次
    if (num % 1000 == 0)
        cout << "num=" << num << endl;
    fun();
}
int main()
{
    fun();
    return 0;
}
```

多编译器/多种模式, 观察结果  
VS2019 : x86 / x64  
Dev C++ : 32bit / 64bit  
Linux C++ : 64bit

```
#include <iostream>
using namespace std;
int num = 0; //全局变量, 后面4.11中详述
void fun()
{
    double a, b, c, d, e, f, g, h, i, j;
    a=b=c=d=e=f=g=h=i=j=10;
    num++; //用于统计fun被调用了多少次
    if (num % 1000 == 0)
        cout << "num=" << num << endl;
    fun();
}
int main()
{
    fun();
    return 0;
}
```

多编译器/多种模式, 观察结果  
VS2019 : x86 / x64  
Dev C++ : 32bit / 64bit  
Linux C++ : 64bit



## § 4. 函数

### 4.7. 内联函数

形式:

**inline** 返回类型 函数名 (形式参数表)

```
{  
    函数体  
}
```

**inline** int max(int x, int y)

```
{  
    return x>y?x:y;  
}
```





## § 4. 函数

### 4.7. 内联函数

使用:

★ 不单独编为一段代码，而是直接插入每个调用处，调用时不按函数调用过程执行，而是直接将该函数的代码放在调用处顺序执行

```
int main()          void f(void)
{ ...               {
  f();              ***
  ...               ***
}                   }
```

在可执行代码中有f()  
及main()的存在，按正  
常函数调用方式进行

---

```
int main()          inline void f(void)
{ ...               {
  ***               ***
  ***               ***
  ...               }
}                   }
```

可执行代码中无f(), 仅  
有main(), main()代码  
长度增加，但没有保存  
及恢复现场的消耗



## § 4. 函数

### 4.7. 内联函数

```
int main()
{
    ...
    f();
    ...
    f();
    ...
    f();
    ...
}
```

```
inline void f(void)
{
    cout ...;
}
```

假设f()被调用了10000次

```
int main()
{
    ...
    cout ...
    ...
    cout ...
    ...
    cout ...
    ...
}
```

```
inline void f(void)
{
    cout ...;
}
```

执行代码中f()  
已不存在

可执行代码中无f(), 仅有main(),  
main()代码中包含了10000份f()  
的代码, 长度增加, 但没有保存  
及恢复现场的消耗  
以空间的增加换取时间的加快

相  
当  
于

问: 为什么不去掉f(), 直接在  
main()中写10000次cout?

答: 和前面定义符号常量一样  
#define pi 3.14159  
便于源程序的修改和维护



## § 4. 函数

### 4.7. 内联函数

使用：

- ★ 不单独编为一段代码，而是直接插入每个调用处，调用时不按函数调用过程执行，而是直接将该函数的代码放在调用处顺序执行
- ★ 可执行程序的代码长度增加，但执行速度加快，适用于函数体短小且调用频繁的情况（1-5行）  
(保存/恢复现场的代价超过函数体自身代价的情况)
- ★ 不能包含分支、循环等复杂的控制语句
- ★ 系统编译时会自动判断是否需要真正采用内联方式  
(写了inline，最终也不一定真正成为内联函数)
- ★ 递归函数不能内联(递归必须要保存/恢复现场)
- ★ 允许只在函数声明或函数定义中加inline，也可以同时加

不同编译器，三种情况可能都正确/部分正确 (VS/Dev中三种都正确)

<pre>inline void fun(); int main() {     ... } inline void fun() {     ... }</pre>	<pre>inline void fun(); int main() {     ... } <del>inline</del> void fun() {     ... }</pre>	<pre><del>inline</del> void fun(); int main() {     ... } inline void fun() {     ... }</pre>
--	---	---



## § 4. 函数

### 4.7. 内联函数

使用:

★ inline函数及调用函数必须在同一个源程序文件中, 否则编译出错

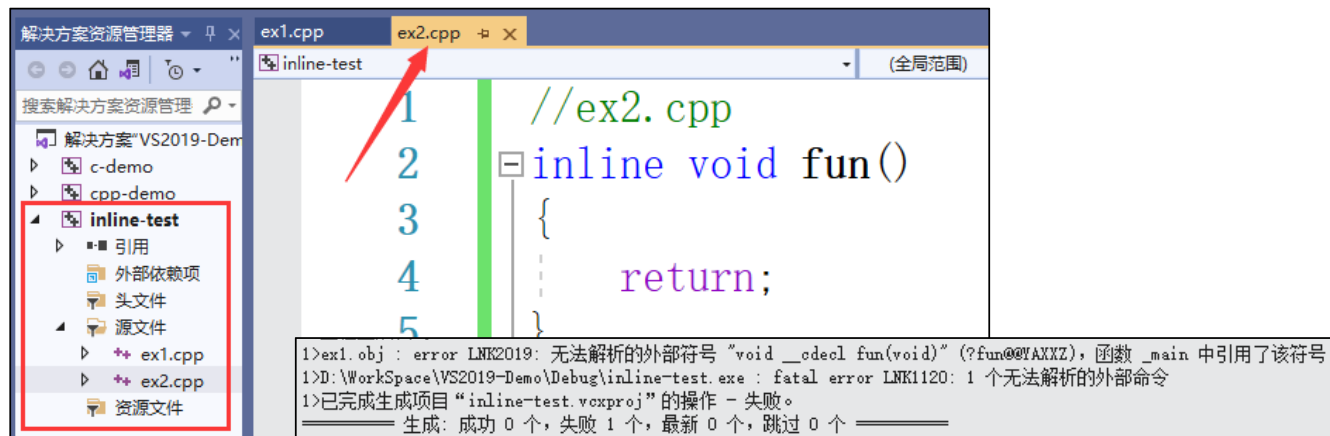
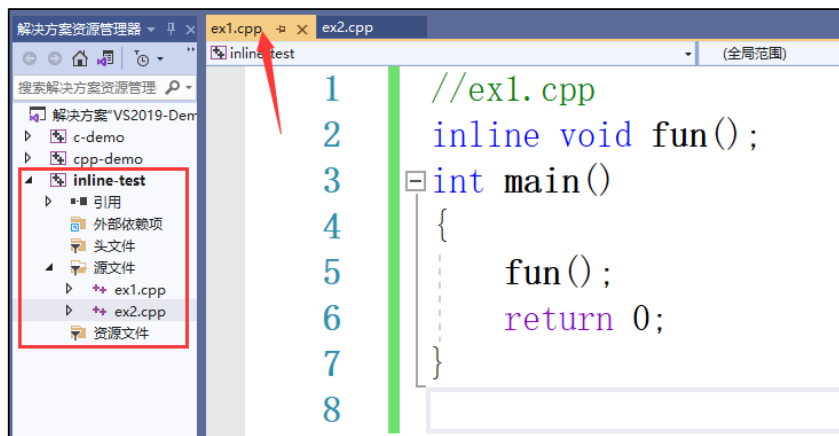
(普通函数可以放在不同源程序文件中)

<pre>//ex1.cpp inline void fun(); int main() {     ... }</pre>	<pre>//ex2.cpp inline void fun() {     ... }</pre>
--	--

假设ex1.cpp和ex2.cpp共同构成一个可执行文件, 则编译**出错**

<pre>//ex1.cpp void fun(); int main() {     ... }</pre>	<pre>//ex2.cpp void fun() {     ... }</pre>
---	---

假设ex1.cpp和ex2.cpp共同构成一个可执行文件, 则编译**正确**





## § 4. 函数

### 4.8. 函数的重载

重载：同一作用域中多个函数使用相同的名称

引入：对同一类功能的实现，仅参数的个数或类型不同，希望采用相同的函数名

C不允许

C++允许

```
int    imax(int x,   int y);
float  fmax(float x, float y);
long   lmax(long x,  long y);
====> 希望 imax/fmax/lmax 都叫 max ?
int    max(int x,    int y);
float  max(float x,  float y);
long   max(long x,   long y);
```

```
int max2(int x, int y);
int max3(int x, int y, int z);
int max4(int x, int y, int z, int w);
====> 希望 max2/max3/max4 都叫 max ?
int max(int x, int y);
int max(int x, int y, int z);
int max(int x, int y, int z, int w);
```

例：分别求两个int和double型数的最大值

```
int max(int x, int y)
{   cout << sizeof(x) << endl;
    return (x > y ? x : y);
}
double max(double x, double y)    ?
{   cout << sizeof(x) << endl;
    return (x > y ? x : y);
}
int main()
{   cout << max(10,   15)   << endl;
    cout << max(10.2, 15.3) << endl;
}
```

例：分别求两个/三个int数的最大值

```
int max(int x, int y)
{   cout << 2 << ' ';
    return (x > y ? x : y);
}
int max(int x, int y, int z)    ?
{   cout << 3 << ' ';
    int t = (x > y ? x : y);
    return (t > z ? t : z);
}
int main()
{   cout << max(10, 17)   << endl;
    cout << max(23, 15, 8) << endl;
}
```



## § 4. 函数

### 4.8. 函数的重载

重载：同一作用域中多个函数使用相同的名称

引入：对同一类功能的实现，仅参数的个数或类型不同，希望采用相同的函数名

重载函数调用时的匹配查找顺序：

- (1) 寻找参数个数、类型完全一致的定义 (严格匹配)
- (2) 通过系统定义的转换寻找匹配函数
- (3) 通过用户定义的转换寻找匹配函数

★ 若某一步匹配成功，则不再进行下一顺序的匹配

★ 若某一步中发现两个以上的匹配则出错

例：分别求两个int和double型数的最大值

```
#include <iostream>
using namespace std;
int max(int x, int y)
{   cout << sizeof(x) << ' ';
    return (x > y ? x : y);
}
double max(double x, double y)
{   cout << sizeof(x) << ' ';
    return (x > y ? x : y);
}
int main()
{   cout << max(10, 15) << endl;    //int, int
    cout << max(10.2, 15.3) << endl; //double, double
    cout << max(10, int(15.3)) << endl; //int, double
    cout << max(5+4i, 15.3) << endl; //复数, double
    return 0;
}
```

哪句语句编译会错？  
其它正确语句的输出是什么？

复数形式目前编译会错，  
如何定义复数以及定义复数  
向double的转换，具体见  
荣誉课相关内容

严格匹配1  
严格匹配2  
系统转换1  
需自定义转换

自行将max的参数换  
成U/L/F等不同组合，  
看是否报错，按什么  
类型做系统转换



## § 4. 函数

### 4.8. 函数的重载

使用:

★ 要求同名函数的参数个数、参数类型不能完全相同

void fun(int x, int y);	正确
void fun(int x, int y, int z);	参数个数不同, 类型同
void fun(int x, int y);	正确
void fun(long x, long y);	参数个数同, 类型不同
void fun(int x, int y);	正确
void fun(long x, long y, long z);	个数类型均不同
void fun(int x, int y);	错误
void fun(int x, int y);	个数类型均相同

★ 返回类型及参数名不做检查 (仅这两个不同认为错)

int max(int x, int y);	错误, 仅返回类型不同
long max(int x, int y);	参数类型个数完全相同
int max(int x, int y);	错误, 仅参数名不同
int max(int p, int q);	参数类型个数完全相同

★ 若参数类型是由typedef定义的不同名称的相同类型, 则会产生二义性

typedef INTEGER int;	相当于给int起个别名叫INTERGER, 具体见第7章
int fun(int a);	错误
INTEGER fun(INTEGER a);	

★ 尽量使同名函数完成相同或相似的功能, 否则可能导致概念混淆



## § 4. 函数

### 4.9. 函数模板

函数重载的不足：对于参数个数**相同**，类型**不同**，  
而实现过程**完全相同**的函数，  
仍要分别给出各个函数的实现

问题：两段一样的代码  
能否合并为一段？

```
int max(int x, int y)
{
    return x>y?x:y;
}
double max(double x, double y)
{
    return x>y?x:y;
}
```

函数模板：建立一个通用函数，其返回类型及参数类型  
不具体指定，用一个虚拟类型来代替，该通  
用函数称为**函数模板**，调用时再根据不同的  
实参类型来取代模板中的虚拟类型，从而实  
现不同的功能

一段代码, 两个功能  
1、两个int型求max  
2、两个double型求max

问题1：如果传入两个unsigned int型数据，  
T的类型被实例化为什么？如何证明？  
问题2：如果x, y的类型不同，自行摸索转换规律

```
#include <iostream>
using namespace std;
template <typename T>
T max(T x, T y)
{
    cout << sizeof(x) << ' ';
    return x>y?x:y;
}
int main()
{
    int    a=10, b=15;
    double f1=12.34, f2=23.45;
    cout << max(a, b) << endl;
    cout << max(f1, f2) << endl;
    return 0;
}
```

4 15  
8 23.45





## § 4. 函数

### 4.9. 函数模板

函数重载的不足：对于参数个数**相同**，类型**不同**，而实现过程**完全相同**的函数，仍要分别给出各个函数的实现

函数模板：建立一个通用函数，其返回类型及参数类型不具体指定，用一个虚拟类型来代替，该通用函数称为**函数模板**，调用时再根据不同的实参类型来取代模板中的虚拟类型，从而实现不同的功能

使用：

★ 仅适用于参数个数**相同**、类型**不同**，实现过程**完全相同**的情况

★ typename可用class替代

★ 类型定义允许多个

```
template <typename T1, typename t2>
template <class T1, class t2>
```

```
#include <iostream>
using namespace std;
template <typename T1, typename T2>
char max(T1 x, T2 y)
{   cout << sizeof(x) << ' ';
    cout << sizeof(y) << ' ';
    return x>y ? 'A' : 'a';
}
int main()
{   int    a = 10, b = 15;
    double f1 = 12.34, f2 = 23.45;
    cout << max(a, f1) << endl;
    cout << max(f2, b) << endl;
    return 0;
}
```

?

问：max(a, f1)时，T1/T2类型分别是？  
max(f2, b)时，T1/T2类型分别是？



## § 4. 函数

### 4. 10. 有默认参数的函数

引入：假设已经定义了某个函数，并进行了大量的应用后来随着要求的增加，需要扩充函数的功能并且增加相应的参数来满足扩充的功能

例：定义 `circle(int x, int y)` 用于画圆心在  $(x, y)$  处半径为10的圆，并已被调用1000次

```
int main()
{
    ...
    circle(...);
    ...
    circle(...);
    ...
    circle(...);
    ...
} //有1000次调用

void circle(int x, int y)
{
    //具体实现过程
}
```

经过不断的测试，程序已稳定运行

例：增加要求，要求半径可变，前面已调用的1000次中900次维持半径为10不变，100次改为不同值，又新增调用1000次

<pre>int main() {     ...     circle(.旧.);     ...     circle(.旧.);     ...     circle(.新.);     ...     circle(.新.);     ... }</pre>	<pre>void circle(int x, int y, int r) {     //具体实现过程 }</pre>
<p>首先：修改<code>circle</code>的定义及实现</p>	
<p>其次：修改旧的1000次调用语句，从两参改为三参</p>	
<p>最后：新增1000次三参调用</p>	



## § 4. 函数

### 4. 10. 有默认参数的函数

例：一个程序要求的不断演变

- 1、定义 `circle(int x, int y)` 用于画圆心在  $(x, y)$  处半径为10的圆，并已被调用1000次
- 2、增加要求，要求半径可变，前面已调用的1000次中900次维持半径为10不变，100次改为不同值，又新增调用1000次
- 3、增加要求，要求指定不同的颜色，前面已调用过的2000次中1800次保持白色，200次改为其它颜色，又新增调用1000次
- 4、新增要求，要求指定空心还是实心，前面已调用过的3000次中2700次都是空心，300次改为实心，又新增调用1000次

工程思维的基本概念：

- 1、使程序稳定运行所需要的测试工作工作量很大
- 2、一旦修改了程序，原来稳定运行的部分也可能出现各种问题，需要重新测试
- 3、新功能的增加是必须的

问题：能否在功能增加的同时使程序的改动尽可能少？



## § 4. 函数

### 4. 10. 有默认参数的函数

引入：假设已经定义了某个函数，并进行了大量的应用后来随着要求的增加，需要扩充函数的功能并且增加相应的参数来满足扩充的功能

含义：对函数的某一形参，大部分情况下都对应同一个实参值时，可以采用默认参数 (默认值建议为常量)

形式：

返回类型 函数名 (无默认参数形参, 有默认参数形参)

```
{  
    函数体  
}
```

```
void circle(int x, int y, int r=10)  
{  
    ...  
}
```

调用：circle(0,0); ⇔ circle(0,0,10);  
circle(5,8,12);



## § 4. 函数

### 4. 10. 有默认参数的函数

使用:

★ 便于函数功能的扩充, 减少代码维护, 修改的数量

针对刚才的例子:

=> 1、两个参数的原始程序完成, 调用1000次

```
void circle(int x, int y)
```

=> 2、加半径参数, 不变900处, 改100处, 增1000处

```
void circle(int x, int y, int r=10)
```

=> 3、加颜色参数, 不变1800处, 改200处, 增1000处

```
void circle(int x, int y, int r=10, int color=WHITE)
```

=> 4、加填充参数, 不变2700处, 改300处, 增1000处

```
void circle(int x, int y, int r=10, int color=WHITE, int filled=NO)
```

结论:

- 1、有默认参数的函数, 能有效地减少了修改次数, 减少了工作量
- 2、最好的方法, 是在初始设计函数时, 就考虑到更多可能的因素 (包括客户暂时未想到的问题)



## § 4. 函数

### 4. 10. 有默认参数的函数

使用:

★ 便于函数功能的扩充, 减少代码维护, 修改的数量

★ 允许有多个默认参数, 但必须是连续的最后几个

`void circle(int y, int x=0, int r=5)` (对)

`void circle(int x=0, int y, int r=5)` (错)

★ 若有多个默认参数, 调用时, 前面使用缺省值, 后面不使用缺省值, 则前面也要加上

`void circle(int x, int y, int r=5, int c=WHITE)`

`circle(10, 15);`

`circle(10, 15, 10);`

`circle(10, 15, 12, BLUE);`

`circle(10, 15, 5, BLUE);`

虽然是缺省, 也要加



## § 4. 函数

### 4. 10. 有默认参数的函数

使用:

★ 若函数定义在调用函数之后, 则声明时必须给出默认值, 定义时不再给出

<pre>void circle(int x, int y, int r=10); int main() { ... } void circle(int x, int y, int r) { ... }</pre>	正确	<pre>void circle(int x, int y, int r=10); int main() { ... } void circle(int x, int y, int r=10) { ... }</pre>	错误, 即使相同	<pre>void circle(int x, int y, int r); int main() { ... } void circle(int x, int y, int r=10) { ... }</pre>	错误
				<pre>void circle(int x, int y, int r=10); int main() { ... } void circle(int x, int y, int r=5) { ... }</pre>	错误

★ 重载与带默认参数的函数一起使用时, 可能会产生二义性

```
int fun(int a, int b=10);
```

```
int fun(int a);
```

若调用为: fun(10, 20) 正确

fun(50) 二义性



## § 4. 函数

### 4. 11. 局部变量和全局变量

#### 4. 11. 1. 局部变量

含义：在函数内部定义，只在本函数范围内有效(可访问)的变量

使用：

★ 不同函数内的局部变量可以同名(第02模块中：变量不能同名，不够准确)

int main()	int f1()	int f2()	int f3()
{ ...	{	{	{
f1();	int a;	long a;	short a;
...	...	...	...
}	a=15;	a=70000;	a=23;
	f2();	f3();	...
	}	}	}

- 在f3()执行时，三个a占用不同的内存空间(其中f1/f2中的int a/long a在“现场栈”中)，在f3中只能访问short a;

f2-f3  
(a=70000)  
f1-f2  
(a=15)  
main-f1

int main()	int f1()	int f2()	int f3()
{ ...	{	{	{
f1();	int a;	long a;	short a;
...	...	...	...
}	a=15;	a=70000;	a=23;
	f2();	f3();	...
	}	}	}

- 在f2()执行时，f1()/f2()的两个a占用不同内存空间(其中f1中的int a在“现场栈”中)，在f1中只能访问long a，而f3()中的a不占空间(调用f3前则未分配，调用f3后则已释放)

f1-f2  
(a=15)  
main-f1





## § 4. 函数

### 4. 11. 局部变量和全局变量

#### 4. 11. 1. 局部变量

含义：在函数内部定义，只在本函数范围内有效(可访问)的变量

使用：

★ 不同函数内的局部变量可以同名(第02模块中：变量不能同名，不够准确)

int main()	int f1()	int f2()	int f3()
{ ...	{	{	{
f1();	int a;	long a;	short a;
f2();	...	...	...
f3();	a=15;	a=70000;	a=23;
}	...	...	...
	}	}	}

- f1()/f2()/f3() 中的三个a依次分配/释放，在不同时刻占用不同/相同(不保证)的内存空间，互不干扰

★ 形参等同于局部变量

int f1(int x)	int f2(long x)	int f3(int x)
{	{	{
...	...	...
}	}	}



## § 4. 函数

### 4.11. 局部变量和全局变量

#### 4.11.1. 局部变量

含义：在函数内部定义，只在本函数范围内有效(可访问)的变量使用：

★ 复合语句内的变量，只在复合语句中有效(包括循环)

允许多层嵌套下各自定义  
属于自己作用范围的变量

```
void fun()
{
    int i,a;
    a=15;
    for(i=0;i<10;i++) {
        int y;
        y=11; ✓
        a=16; ✓
    }
    y=12; ✗(超出复合语句的范围)
    a=17; ✓
}
```

error C2065: “y” : 未声明的标识符

```
void fun()
{
    int i,a;
    a=15;
    {
        int y;
        y=11; ✓
        a=16; ✓
    }
    y=12; ✗(超出复合语句的范围)
    a=17; ✓
}
```

```
void fun()
{
    int i,a=15;
    {
        int y;
        y=11; ✓
        a=16; ✓
        {
            int w=10;
            y=12; ✓
            a=13; ✓
            w=14; ✓
        }
        w=15; ✗(超出复合语句的范围)
    }
    y=12; ✗(超出复合语句的范围)
    a=17; ✓
}
```



## § 4. 函数

### 4.11. 局部变量和全局变量

#### 4.11.1. 局部变量

含义：在函数内部定义，只在本函数范围内有效(可访问)的变量

使用：

- ★ 不同函数内的局部变量可以同名
- ★ 形参是局部变量
- ★ 复合语句内的变量，只在复合语句中有效(包括循环)
- ★ 在该函数的被调用函数内也无效(不可访问)

```
void f1()
{
    a=14; ✗
}

int main()
{ int a;
  a=15;
  f1();
  a=16;
}
```

```
void f1()
{ int a;
  a=14; ✓
}

int main()
{ int a;
  a=15;
  f1();
  a=16;
}
```

两个a都是局部变量，  
分占不同的内存空间，  
当f1执行时，main中的a在\_\_\_\_？



## § 4. 函数

### 4.11. 局部变量和全局变量

#### 4.11.1. 局部变量

#### 4.11.2. 全局变量

含义：在函数体外定义，被多个函数所共用的变量  
使用：

★ 从定义点到源文件结束之间的所有函数均可使用

=> 递归函数中的局部变量/形参只能在本层被访问

```
int f1()
{ a=15; ✗
}

int a;

int main()
{ a=16; ✓
}

int f2()
{ a=17; ✓
}
```

```
int a;

int f1()
{ a=15; ✓
}

int main()
{ a=16; ✓
}

int f2()
{ a=17; ✓
}
```

```
#include <iostream>
using namespace std;
void fun(int n)
{
    int a = 10;
    cout << ++a << endl;
    if (n > 0)
        fun(--n);
}

int main()
{
    fun(3);
}
```

Microsoft Visual Studio 调试控制台

```
11
11
11
11
```



## § 4. 函数

### 4.11. 局部变量和全局变量

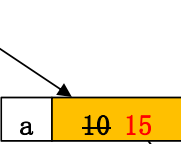
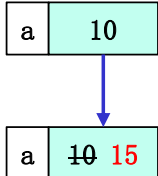
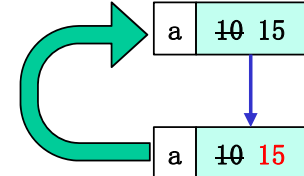
#### 4.11.1. 局部变量

#### 4.11.2. 全局变量

含义：在函数体外定义，被多个函数所共用的变量使用：

★ 从定义点到源文件结束之间的所有函数均可使用

★ 全局变量在某个函数中被改变后，其他函数再访问则得到改变后的结果

<pre>#include &lt;iostream&gt; using namespace std;  int a; void f1() {     a=15; }  int main() {     a=10;     cout &lt;&lt; "a=" &lt;&lt; a &lt;&lt; endl;     f1();     cout &lt;&lt; "a=" &lt;&lt; a &lt;&lt; endl;     return 0; }</pre> 	<pre>#include &lt;iostream&gt; using namespace std;  void f1(int a) {     a=15; }  int main() {     int a =10;     cout &lt;&lt; "a=" &lt;&lt; a &lt;&lt; endl;     f1(a);     cout &lt;&lt; "a=" &lt;&lt; a &lt;&lt; endl;     return 0; }</pre> 	<pre>#include &lt;iostream&gt; using namespace std;  int f1(int a) {     a=15;     return a; }  int main() {     int a =10;     cout &lt;&lt; "a=" &lt;&lt; a &lt;&lt; endl;     a = f1(a);     cout &lt;&lt; "a=" &lt;&lt; a &lt;&lt; endl;     return 0; }</pre> 
main()和f()访问的是同一个a，内存空间相同	main()和f()访问的是不同的a，占用不同的内存空间，单向传值	main()和f()访问的是不同的a，实参a是因为赋值语句而改变的



## § 4. 函数

### 4.11. 局部变量和全局变量

#### 4.11.1. 局部变量

#### 4.11.2. 全局变量

含义：在函数体外定义，被多个函数所共用的变量  
使用：

★ 从定义点到源文件结束之间的所有函数均可使用

★ 全局变量在某个函数中被改变后，其他函数再访问则得到改变后的结果

=> 全局变量不在某函数被调用时被保存的“现场栈”中

=> 递归函数的各层均可以访问同一全局变量

```
#include <iostream>
using namespace std;
int a = 10;
void fun(int n)
{
    cout << ++a << endl;
    if (n > 0)
        fun(--n);
}

int main()
{
    fun(3);
}
```

Microsoft Visual Studio 调试控制台

11  
12  
13  
14



## § 4. 函数

全局变量和局部变量分别占用不同的内存空间

能否在f1()中访问全局变量a？

C：不能

C++：可以(后续第09模块内容)

### 4.11. 局部变量和全局变量

#### 4.11.1. 局部变量

#### 4.11.2. 全局变量

含义：在函数体外定义，被多个函数所共用的变量使用：

★ 在使用全局变量时应加以限制，提高程序的通用性和可靠性(别处的无意修改会导致结果变化)

=>本课程禁用全局变量(特别声明除外)

★ 若全局变量与局部变量同名，按“低层屏蔽高层”的原则处理(应尽量避免，以免理解错误)

```
#include <iostream>
using namespace std;
int a=10;
void f1()
{
    cout << "a=" << a << endl;
    int a=5;
    cout << "a=" << a << endl;
}
int main()
{
    f1();
    return 0;
}
```

全局a

10

局部a

5

Microsoft Visual Studio 调试控制台

a=10  
a=5

```
#include <iostream>
using namespace std;
int a=10;
void f1()
{
    int a=5;
    cout << "a1=" << a << endl;
}
void f2()
{
    cout << "a2=" << a << endl;
}
int main()
{
    f1();
    f2();
}
```

局部a

5

全局a

10

Microsoft Visual Studio 调试控制台

a1=5  
a2=10



## § 4. 函数

### 4.11. 局部变量和全局变量

使用:

★ 若全局变量与局部变量同名, 按“**低层屏蔽高层**”的原则处理 (应尽量避免, 以免理解错误)

=> “**低层屏蔽高层**”的规则同样适用于  
局部变量和复合语句内的局部变量同名

=> 在多层次嵌套的情况下允许不同层次的变量  
同名, 遵循的基本规则是“**低层屏蔽高层**”

```
void f1()
{
    int a=5, i;
    for(i=0;i<10;i++) {
        int a=10;
        cout << "a=" << a;    a=10
    }
    cout << "a=" << a;        a=5
}
```

```
inline int f()
{
    int a=5;
    cout << "fa=" << a << endl;
}
int main()
{
    int a=10;
    f();
    cout << "ma=" << a << endl;
}
```

问: inline应该这么理解吗?

```
int a=15; ←
void f1()
{
    int a=5, i; ←
    for(i=0;i<10;i++) {
        int a=10; ←
        if (i==5) {
            long a=20; ←
            cout << "a=" << a;    a=20
        }
        cout << "a=" << a;        a=10
    }
    cout << "a=" << a;            a=5
}
```

```
int main()
{
    int a=10;
    int a=5;
    cout << "fa=" << a << endl;
    cout << "ma=" << a << endl;
}
```





## § 4. 函数

### 4. 12. 变量的存储类别

#### 4. 12. 1. 应用程序执行时的内存分布

程序(代码)区	存放程序的执行代码
静态存储区	程序执行中, 变量占固定的存储空间
动态存储区	程序执行中, 变量根据需要分配不同位置的存储空间

### 4. 12. 2. 局部变量的存储

#### 4. 12. 2. 1. 分类

自动变量: 函数进入后, 分配空间, 函数运行结束后, 释放空间 (重复进行)

- 1、假设main()中调用10000次f1(), 则x, a的分配释放会重复10000次
- 2、不保证每次x/a的空间与上次相同

- 1、假设main()中调用10000次f1(), 则a的分配释放只有1次(x仍为10000次)
- 2、每次进入f1中, a都保持上次的值不变

静态局部变量: 变量所占存储单元在程序的执行过程中均不释放 (无论函数体内外)

```
int main()      void f1(int x)
{ ...          {
  f1(..);      {
  ...          {
  f1(..);      {
  ...          {
} //假设调用10000次f1()
```

```
int main()      void f1(int x)
{ ...          {
  f1(..);      {
  ...          {
  f1(..);      {
  ...          {
} //假设调用10000次f1()
```



## § 4. 函数

### 4. 12. 变量的存储类别

#### 4. 12. 2. 局部变量的存储

##### 4. 12. 2. 1. 分类

自动变量：函数进入后，分配空间，函数运行结束后，释放空间（重复进行）

#### ★ 关于自动变量(auto)的新旧标准

- C++新标准中，缺省不写就是**自动变量**，而auto用来表示**自动存储类型**的变量  
=>新标准中，自动变量/auto变量是**不同的变量**
- C++旧标准中，缺省不写就是自动变量，也可以加auto来表示  
=>旧标准中，自动变量/auto变量是**相同的变量**

- 1、为适应多编译器，函数内的局部变量按正常定义，不加auto前缀
- 2、**不准使用**新标准的auto型变量(看得懂)
- 3、某些编译器默认使用旧标准，可通过加编译参数的方式使用新标准，具体方法略

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    auto int a;    //auto+类型
    int b=10;
    auto char c=2.1; //auto+类型

    cout << sizeof(a) << endl;
    cout << sizeof(b) << endl;
    cout << sizeof(c) << endl;
    return 0;
}
```

VS2019+Dev编译

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    auto a = 1;    //仅auto
    auto b = 'A';  //仅auto
    auto c=2.1;    //仅auto

    cout << sizeof(a) << endl;
    cout << sizeof(b) << endl;
    cout << sizeof(c) << endl;
    return 0;
}
```

VS2019+Dev编译

```
int main()
{
    auto int a;    //int 型自动变量
    int b=10;      //int 型自动变量(未加auto)
    auto char c=2.1; //char型自动变量
}
```

旧标准

//auto变量不允许跟类型，定义时必须初始化，根据初始化值决定类型

新标准

```
int main()
{
    auto int x;    //错误
    auto a=1;      //int型(换为1U, 如何证明类型)
    auto b='A';    //char型
    auto f=1.0;    //double型(换为1.0F)
}
```

如果想使用auto自动类型，要对1/1LU/1.0/1.0F等常量的含义非常清晰，因此本课程禁止使用

静态局部变量：变量所占存储单元在程序的执行过程中均不释放（无论函数体内外）



## § 4. 函数

### 4. 12. 变量的存储类别

#### 4. 12. 2. 局部变量的存储

##### 4. 12. 2. 2. 使用

★ 自动变量占动态存储区, 静态局部变量占静态存储区, 缺省声明为自动变量

★ 若定义时赋初值, 自动变量在函数调用时执行, 每次调用均**重复赋初值**;

静态局部变量在第一次调用时执行, 以后每次调用**不再赋初值**, 保留上次调用结束时的值

<pre>#include &lt;iostream&gt; using namespace std; void f1() {     int a=1; //正常写, 不加auto     a++;     cout &lt;&lt; "a=" &lt;&lt; a &lt;&lt; endl; } int main() {     f1(); a=2     f1(); a=2     f1(); a=2 }</pre>	<b>自动变量</b>	<pre>#include &lt;iostream&gt; using namespace std; void f1() {     static int a=1;     a++;     cout &lt;&lt; "a=" &lt;&lt; a &lt;&lt; endl; } int main() {     f1(); a=2     f1(); a=3     f1(); a=4 }</pre>	<b>静态局部变量</b>
<p>1、a的分配/释放重复了3次 2、3次的a<b>不保证</b>分配同一空间</p>	<p>若定义时赋初值, 自动变量在函数调用 时执行, 每次调用均 重复赋初值</p>	<p>1、a在第一次调用时分配空间并进行初始化, 在3次退出/ 后2次调用中未再进行分配/释放 2、每次进入, a都是同一空间 3、在f1()内部, a可被访问, 在f1()外部, a不能访问(但存在)</p>	<p>静态局部变量赋初值在 第一次调用时执行, 以后每次调用不再赋初值, 而保留上次调用结束时的值</p>



## § 4. 函数

### 4.12. 变量的存储类别

#### 4.12.2. 局部变量的存储

##### 4.12.2.2. 使用

★ 自动变量占动态存储区, 静态局部变量占静态存储区, 缺省声明为自动变量

★ 若定义时赋初值, 自动变量在函数调用时执行, 每次调用均**重复赋初值**;

静态局部变量在第一次调用时执行, 以后每次调用**不再赋初值**, 保留上次调用结束时的值

```
#include <iostream>
using namespace std;
int f(int n)
{
    int fac=1;
    return fac*=n;
}
int main()
{
    int i;
    for(i=1;i<=5;i++)
        printf("%d!=%d\n",i, f(i));
    return 0;
}
```

?

```
#include <iostream>
using namespace std;
int f(int n)
{
    static int fac=1;
    return fac*=n;
}
int main()
{
    int i;
    for(i=1;i<=5;i++)
        printf("%d!=%d\n",i, f(i));
    return 0;
}
```

?



## § 4. 函数

### 4.12. 变量的存储类别

#### 4.12.2. 局部变量的存储

##### 4.12.2.2. 使用

- ★ 自动变量占动态存储区, 静态局部变量占静态存储区, 缺省声明为自动变量
- ★ 若定义时赋初值, 自动变量在函数调用时执行, 每次调用均**重复赋初值**;  
静态局部变量在第一次调用时执行, 以后每次调用**不再赋初值**, 保留上次调用结束时的值
- ★ 若定义时不赋初值, 则自动变量的值不确定, 静态局部变量的值为0 (' \0' )

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    short a;
    static short b;
    static char c;
    cout << "a=" << a << endl;
    cout << "b=" << b << endl;
    cout << "c=" << (int)c << endl; //问: 为什么要int?
    return 0;
}
```

a值: VS2019编译报错  
Dev: 不可预知值

b=0  
c=0

VS error C4700: 使用了未初始化的局部变量 "a"

Dev

a=64  
b=0  
c=0

- ★ 函数的形参同自动变量



## § 4. 函数

### 4. 12. 变量的存储类别

#### 4. 12. 3. 寄存器变量

含义：对一些频繁使用的变量，可放入CPU的寄存器中，提高访问速度

(CPU访问寄存器比内存快一个数量级 $10^{-10}s$  vs  $10^{-9}s$ )

```
register int a;
```

★ 仅对自动变量和形参有效(隐含含义：不能长期占用)

★ 编译系统会自动判断(即使定义了register，最终是否放入寄存器中，仍需要编译系统决定)



## § 4. 函数

### 4.12. 变量的存储类别

#### 4.12.4. 用extern扩展全局变量的使用范围

原因：全局变量从定义点到源文件结束之间的所有函数均可使用，为了能在其它部分使用变量，需要进行使用范围的扩展

方法：在定义范围外使用全局变量时，应加上extern的说明，**extern不分配存储空间**，只说明对应关系

```
int f1()
{
    a=15; ✗
}
int a;
int main()
{
    a=16; ✓
}

int f2()
{
    a=17; ✓
}
```

```
extern int a;
int f1()
{
    a=15; ✓
}
int a;
int main()
{
    a=16; ✓
}

int f2()
{
    a=17; ✓
}
```

不分配空间  
说明对应关系

分配4字节空间



源程序文件ex1.cpp、ex2.cpp共同构成一个程序

ex1.cpp	ex2.cpp
<code>int a;</code>	
<code>int main()</code>	<code>int f1()</code>
<code>{</code>	<code>{</code>
<code>    a=16; ✓</code>	<code>    a=18; ✗</code>
<code>}</code>	<code>}</code>
<code>int f2()</code>	<code>int f3()</code>
<code>{</code>	<code>{</code>
<code>    a=17; ✓</code>	<code>    a=19; ✗</code>
<code>}</code>	<code>}</code>

---

ex1.cpp	ex2.cpp
<code>int a;</code>	<code>extern int a;</code>
<code>int main()</code>	<code>int f1()</code>
<code>{</code>	<code>{</code>
<code>    a=16; ✓</code>	<code>    a=18; ✓</code>
<code>}</code>	<code>}</code>
<code>int f2()</code>	<code>int f3()</code>
<code>{</code>	<code>{</code>
<code>    a=17; ✓</code>	<code>    a=19; ✓</code>
<code>}</code>	<code>}</code>

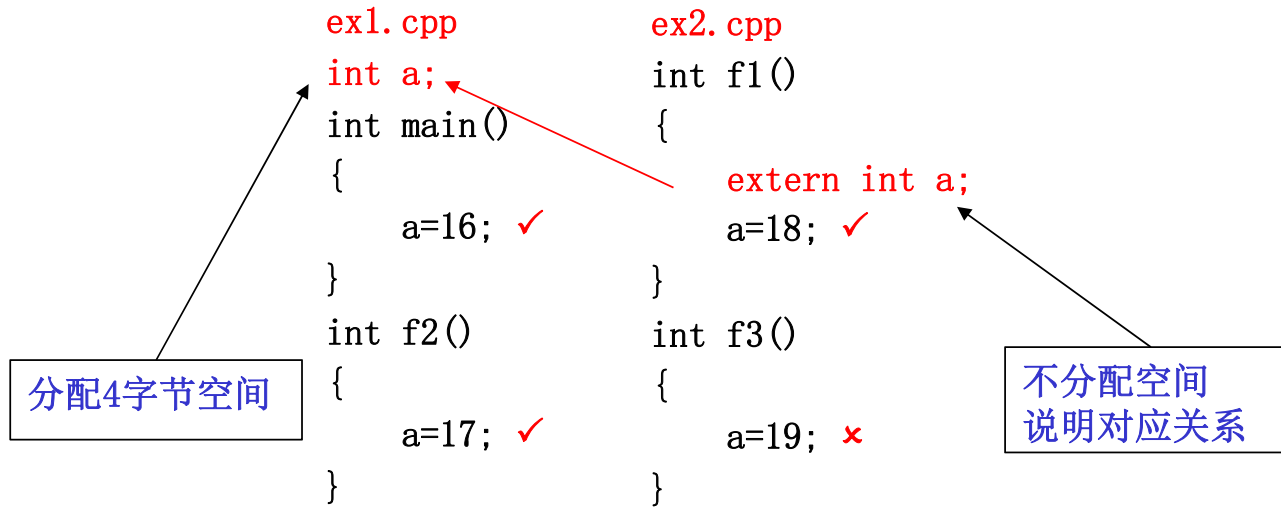
分配4字节空间

不分配空间  
说明对应关系

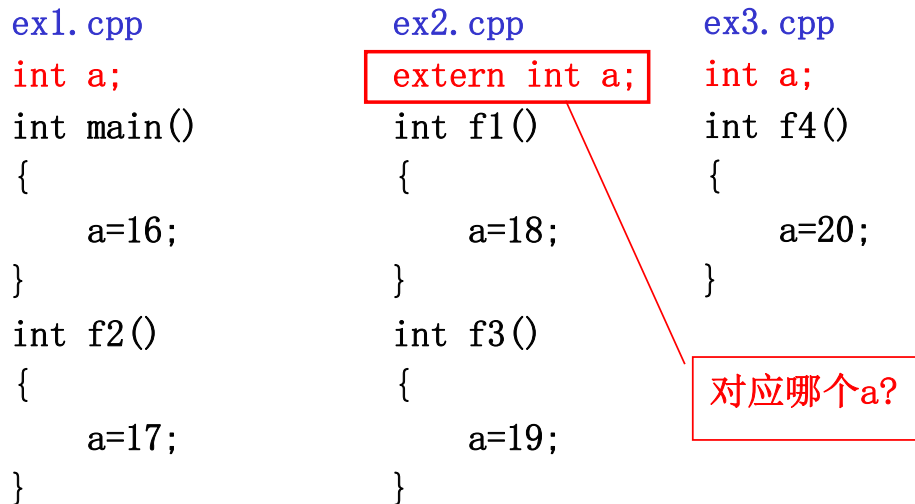




例：源程序文件ex1.cpp、ex2.cpp共同构成一个程序



例：源程序ex1.cpp、ex2.cpp、ex3.cpp共同构成一个程序





## § 4. 函数

### 4. 12. 变量的存储类别

#### 4. 12. 5. 全局变量的存储

外部全局变量：所有源程序文件中的函数均可使用

(其它源程序文件中加extern说明)

静态全局变量：只限本源程序文件的定义范围内使用

(static)

- ★ 两者均在静态数据区中分配，不赋初值则自动为0
- ★ 不同源程序文件中的静态全局变量允许同名
- ★ 静态全局变量可与其它源程序文件中的外部全局变量同名

例：源程序ex1.cpp、ex2.cpp、ex3.cpp共同构成一个程序

ex1.cpp

static int a;

int main()

{

a=16; ✓

}

int f2()

{

a=17; ✓

}

分配4字节空间

ex2.cpp

extern int a;

int f1()

{

a=18; ✗

}

int f3()

{

a=19; ✗

}

ex3.cpp

int f4()

{

a=20; ✗

}

无法与静态全局建对应关系

外部源程序文件  
无法访问静态全局  
变量



例：源程序ex1.cpp、ex2.cpp、ex3.cpp共同构成一个程序

ex1.cpp

```
static int a;  
int main()  
{  
    a=16; ✓  
}  
int f2()  
{  
    a=17; ✓  
}
```

ex2.cpp

```
static int a;  
int f1()  
{  
    a=18; ✓  
}  
int f3()  
{  
    a=19; ✓  
}
```

ex3.cpp

```
int f4()  
{  
    a=20;  
    x  
}
```

不同源程序文件中的静态全局变量允许同名

例：源程序ex1.cpp、ex2.cpp、ex3.cpp共同构成一个程序

ex1.cpp

```
static int a;  
int main()  
{  
    a=16; ✓  
}  
int f2()  
{  
    a=17; ✓  
}
```

ex2.cpp

```
extern int a;  
int f1()  
{  
    a=18; ✓  
}  
int f3()  
{  
    a=19; ✓  
}
```

ex3.cpp

```
int a;  
int f4()  
{  
    a=20; ✓  
}
```

静态全局变量可与其它源程序文件中的外部全局变量同名

分配4字节空间

不分配空间  
说明对应关系

分配4字节空间



例：源程序ex1.cpp-ex4.cpp共同构成一个程序

ex1.cpp	ex2.cpp	ex3.cpp	ex4.cpp
<code>static int a;</code>	<code>extern int a;</code>	<code>int a;</code>	<code>int a;</code>
<code>int main()</code>	<code>int f1()</code>	<code>int f4()</code>	<code>int f5()</code>
<code>{</code>	<code>{</code>	<code>{</code>	<code>{</code>
<code>    a=16;</code>	<code>    a=18;</code>	<code>    a=20;</code>	<code>    a=21;</code>
<code>}</code>	<code>}</code>	<code>}</code>	<code>}</code>
<code>int f2()</code>	<code>int f3()</code>		
<code>{</code>	<code>{</code>		
<code>    a=17;</code>	<code>    a=19;</code>		
<code>}</code>	<code>}</code>		

情况1：正确/错误？

ex1.cpp	ex2.cpp	ex3.cpp	ex4.cpp
<code>static int a;</code>	<code>extern int a;</code>	<code>int a;</code>	<code>static int a;</code>
<code>int main()</code>	<code>int f1()</code>	<code>int f4()</code>	<code>int f5()</code>
<code>{</code>	<code>{</code>	<code>{</code>	<code>{</code>
<code>    a=16;</code>	<code>    a=18;</code>	<code>    a=20;</code>	<code>    a=21;</code>
<code>}</code>	<code>}</code>	<code>}</code>	<code>}</code>
<code>int f2()</code>	<code>int f3()</code>		
<code>{</code>	<code>{</code>		
<code>    a=17;</code>	<code>    a=19;</code>		
<code>}</code>	<code>}</code>		

情况2：正确/错误？



## § 4. 函数

### 4.13. 变量属性小结

#### 4.13.1. 变量的分类

按类型：字符型、整型、浮点型等

按作用域 { 局部变量  
全局变量

按存储方式（生存期） { 动态存储变量  
静态存储变量

按存储位置 { 内存变量  
寄存器变量

#### 4.13.2. 变量的生存期与作用域

	生存期	作用域	存储区
自动变量	本函数	本函数	动态数据区
形参	本函数	本函数	动态数据区
寄存器	本函数	本函数	CPU的寄存器
静态局部	程序执行中	本函数	静态数据区
静态全局	程序执行中	本源程序文件	静态数据区
外部全局	程序执行中	全部源程序文件	静态数据区



## § 4. 函数

### 4. 14. 变量的声明与定义

定义：指定变量的类型，名称并分配存储空间

声明：指明变量的相互关系，不分配存储空间

`int a;`            **定义**

`extern int a;`    **声明**



## § 4. 函数

### 4. 15. 内部函数和外部函数

- 内部函数：仅能在本源程序中被调用的函数
  - `static` 返回类型 函数名（形参表）
  - ★ 不同的源程序文件中可以同名
- 外部函数：可以在所有的源程序文件中被调用
  - ★ 本源程序文件中直接使用
  - ★ 其它源程序文件中加函数说明（可以加`extern`，也可以不加）

例：源程序文件ex1.cpp、ex2.cpp共同构成一个程序

外部源程序文件  
无法访问内部函数

ex1.cpp

```
static float f2();  
int main()  
{  
    f2();    ✓  
}  
static float f2()  
{  
    ...  
}  
int f1()  
{  
    f2();    ✓  
}
```

ex2.cpp

```
int f3();  
{  
    f2();    ✗  
}
```



源程序ex1.cpp、ex2.cpp、ex3.cpp共同构成一个程序

ex1.cpp

```
static float f2();  
int main()  
{  
    f2();  
}  
static float f2()  
{  
    ...  
}  
int f1()  
{  
    f2();  
}
```

ex2.cpp

```
int f3();  
{  
    f2();  
}
```

ex3.cpp

```
static char f2();  
int f4()  
{  
    f2();  
}  
static char f2()  
{  
    ...  
}
```

不同的源程序文件  
中的内部函数可以  
同名

ex1.cpp

```
float f2();  
int main()  
{  
    f2();  
}  
float f2()  
{  
    ...  
}  
int f1()  
{  
    f2();  
}
```

ex2.cpp

```
int f3();  
{  
    f2();  
}
```

ex3.cpp

```
extern float f2();  
int f4()  
{  
    f2();  
}
```

在其它源程序文件  
中加函数说明可以  
访问外部函数

extern可要可不要





例：源程序ex1.cpp-ex3.cpp共同构成一个程序

ex1.cpp

```
float f2();  
int main()  
{  
    f2();  
}  
float f2()  
{  
    ...  
}
```

ex2.cpp

```
static float f2()  
int f3();  
{  
    f2();  
}  
float f2()  
{  
    ...  
}
```

ex3.cpp

```
extern float f2();  
int f4()  
{  
    f2();  
}
```

情况1：正确/错误？

ex1.cpp

```
float f2();  
int main()  
{  
    f2();  
}  
float f2()  
{  
    ...  
}
```

ex2.cpp

```
float f2()  
int f3();  
{  
    f2();  
}  
float f2()  
{  
    ...  
}
```

ex3.cpp

```
extern float f2();  
int f4()  
{  
    f2();  
}
```

情况2：正确/错误？



## § 4. 函数

### 4. 16. 头文件

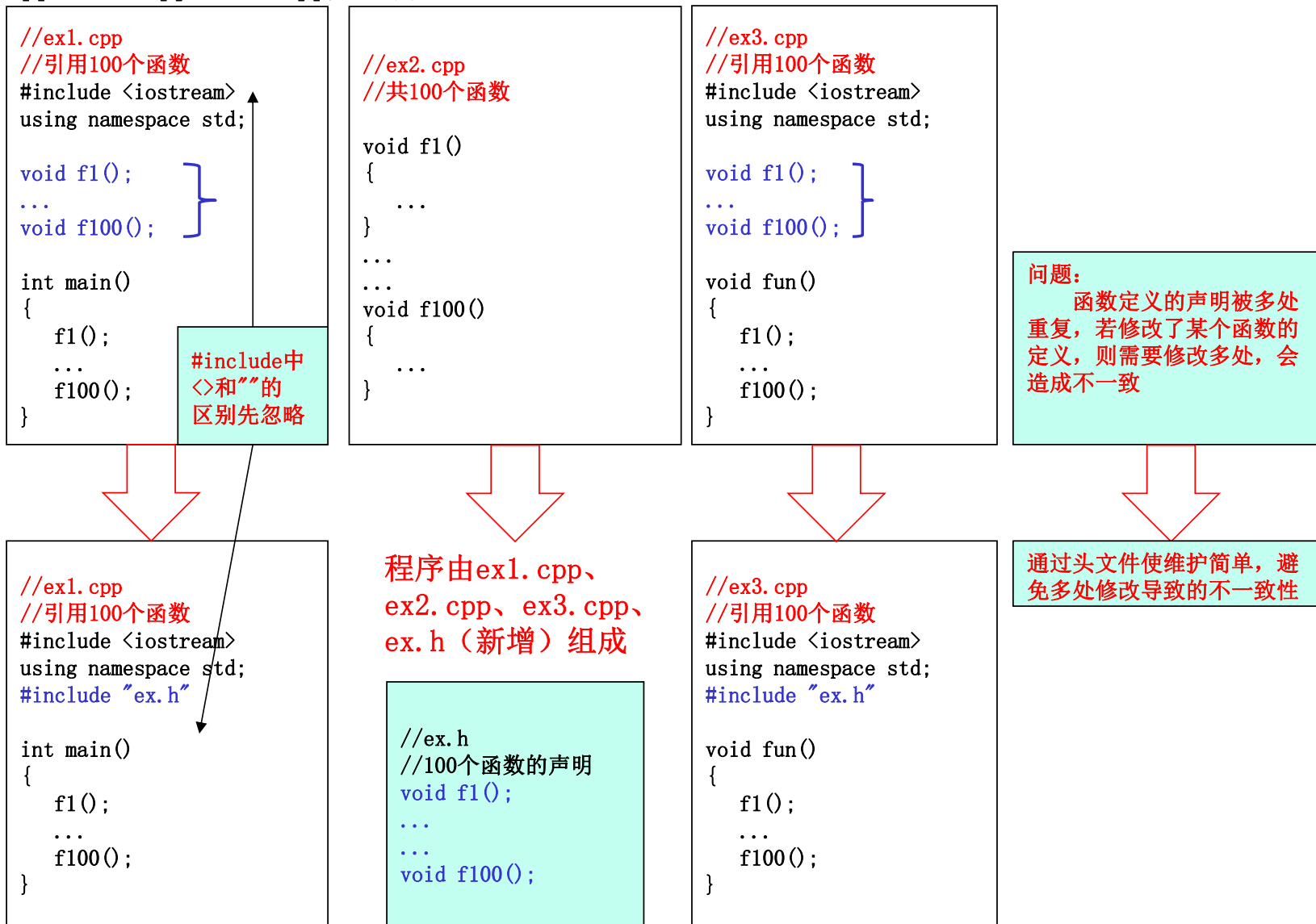
#### 4. 16. 1. 头文件的内容及作用

头文件的内容:

- ★ 结构体类型 (**struct-后续模块**) 及类 (**class-后续模块**) 的声明
- ★ 函数的声明
- ★ inline函数的定义与实现
- ★ 符号常量的定义及常变量的定义
- ★ 全局变量的extern声明
- ★ 其它需要的头文件



例：程序由ex1.cpp、ex2.cpp、ex3.cpp共同构成

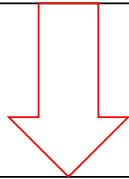




例：程序由ex1.cpp、ex2.cpp共同构成

```
//ex1.cpp
#include <iostream>
using namespace std;
inline void f1()
{
    ...
}

int main()
{
    f1();
    ...
    f1();
}
```



```
//ex1.cpp
#include <iostream>
using namespace std;

#include "ex.h"

int main()
{
    f1();
    ...
    f1();
}
```

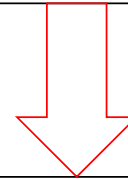
程序由ex1.cpp、  
ex2.cpp、ex.h  
(新增) 组成

```
//ex.h

inline void f1()
{
    ...
}
```

```
//ex2.cpp
#include <iostream>
using namespace std;
inline void f1()
{
    ...
}

void fun()
{
    f1();
    ...
    f1();
}
```

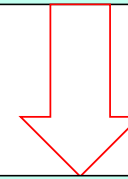


```
//ex2.cpp
#include <iostream>
using namespace std;

#include "ex.h"

void fun()
{
    f1();
    ...
    f1();
}
```

问题：  
因为inline函数  
必须和调用函数处在  
同一个源文件中，  
导致多处重复



通过头文件使维护简单，避  
免多处修改导致的不一致性

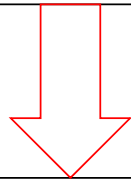


例：程序由ex1.cpp、ex2.cpp共同构成

```
//ex1.cpp
#include <iostream>
using namespace std;

#define pi 3.14159
const int x=10;

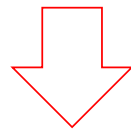
int main()
{
    ...pi...
    ...
    ...x...
}
```



```
//ex1.cpp
#include <iostream>
using namespace std;

#include "ex.h"

int main()
{
    ...pi...
    ...
    ...x...
}
```



程序由ex1.cpp、  
ex2.cpp、ex.h  
(新增) 组成

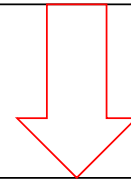
```
//ex.h

#define pi 3.14159
const int x=10;
```

```
//ex2.cpp
#include <iostream>
using namespace std;

#define pi 3.14159
const int x=10;

void fun()
{
    ...pi...
    ...
    ...x...
}
```

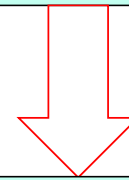


```
//ex2.cpp
#include <iostream>
using namespace std;

#include "ex.h"

void fun()
{
    ...pi...
    ...
    ...x...
}
```

问题：  
符号常量及常变量在多处定义，导致重复定义以及维护困难



通过头文件使维护简单，避免多处修改导致的不一致性



例：程序由ex1.cpp、ex2.cpp、ex3.cpp共同构成

```
//ex1.cpp  
//定义全局变量
```

```
#include <iostream>  
using namespace std;
```

```
int x=10;
```

```
int main()  
{  
    ...x...  
}
```

```
//ex2.cpp  
//引用全局变量
```

```
extern int x;  
void f1()  
{  
    ...x...  
}
```

```
void f2()  
{  
    ...x...  
}
```

```
//ex3.cpp  
//引用全局变量
```

```
extern int x;  
void fun()  
{  
    ...x...  
}
```

```
//ex1.cpp  
//定义全局变量
```

```
#include <iostream>  
using namespace std;
```

```
int x=10;
```

```
int main()  
{  
    ...x...  
}
```

```
//ex2.cpp  
//引用全局变量
```

```
#include "ex.h"  
void f1()  
{  
    ...x...  
}
```

```
void f2()  
{  
    ...x...  
}
```

```
//ex3.cpp  
//引用全局变量
```

```
#include "ex.h"  
void fun()  
{  
    ...x...  
}
```

程序由ex1.cpp、  
ex2.cpp、ex3.cpp、  
ex.h（新增）组成

```
//ex.h  
//全局变量声明
```

```
extern int x;
```



例：程序由ex1.cpp、ex2.cpp、ex3.cpp共同构成

```
//ex1.cpp  
//定义全局变量
```

```
#include <iostream>  
using namespace std;
```

```
int x=10;
```

```
int main()  
{  
    ...x...  
}
```

```
//ex2.cpp  
//引用全局变量
```

```
extern int x;  
void f1()  
{  
    ...x...  
}
```

```
void f2()  
{  
    ...x...  
}
```

```
//ex3.cpp  
//引用全局变量
```

```
extern int x;  
void fun()  
{  
    ...x...  
}
```



程序由ex1.cpp、  
ex2.cpp、ex3.cpp、  
ex.h（新增）组成

```
//ex1.cpp  
//定义全局变量
```

```
#include <iostream>  
using namespace std;
```

```
#include "ex.h"
```

```
int main()  
{  
    ...x...  
}
```

```
//ex2.cpp  
//引用全局变量
```

```
#include "ex.h"  
void f1()  
{  
    ...x...  
}
```

```
void f2()  
{  
    ...x...  
}
```

```
//ex3.cpp  
//引用全局变量
```

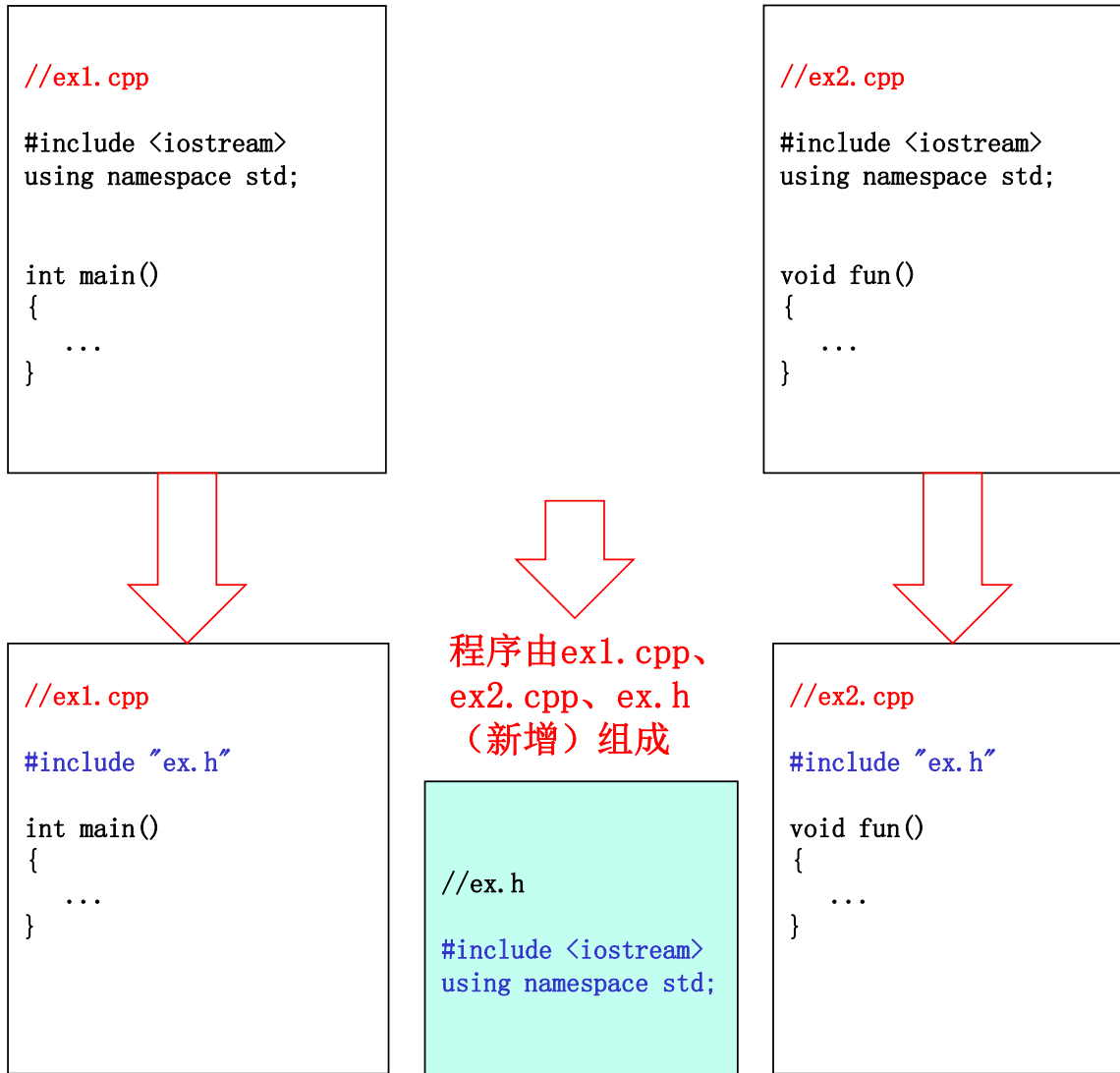
```
#include "ex.h"  
void fun()  
{  
    ...x...  
}
```

```
//ex.h  
//全局变量定义  
int x; //错误
```

注:1. 若头文件中包含全局变量  
定义, 则被多个文件包含  
会导致重复定义  
2. 头文件中可包含静态全局/  
只读变量, 但不建议  
const int x = 10;  
static int x = 15;



例：程序由ex1.cpp、ex2.cpp共同构成







## § 4. 函数

### 4. 16. 头文件

#### 4. 16. 1. 头文件的内容及作用

头文件的作用：

- ★ 将编程者需要的在不同源程序文件传递的各种信息归集在一起，方便多次调用以及集中修改
- ★ 在一个源程序文件中包含头文件时，头文件的所有内容会被理解为包含到 `#include` 位置处，编译时（变量的定义及函数作用域等）均当作一个文件进行处理

头文件的包含方式：

`#include <文件名>`：直接到系统目录中寻找，找到则包含进来，找不到则报错

`#include "文件名"`：先在当前目录中寻找，找到则包含进来，  
找不到则再到系统目录中寻找，找到则包含进来，找不到则报错

VS2019如果缺省安装，则头文件的目录为

32位Windows操作系统：

`C:\Program Files\Microsoft Visual Studio\2019\Community\VC\Tools\MSVC\xx.xx.xxxxx\include`

64位Windows操作系统：

`C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio\2019\Community\VC\Tools\MSVC\xx.xx.xxxxx\include`

具体版本号



## § 4. 函数

例1:理解<>和""的差别

例: 在当前目录下有  
demo.h文件  
内容:  
int a=10;

源程序文件demo.c的内容  
#include <iostream>  
using namespace std;

```
#include <demo.h>
int main()
{
    cout << a << endl;
    return 0;
}
```

编译报错, 因为<>不寻找  
当前目录中是否有demo.h

源程序文件demo.c的内容  
#include <iostream>  
using namespace std;

```
#include "demo.h"
int main()
{
    cout << a << endl;
    return 0;
}
```

编译正确

例2:理解<>和""的差别

例: 在当前目录下有  
demo.h文件  
内容:  
int a=10;

例: 在系统目录下有  
demo.h文件  
内容:  
int b=10;

源程序文件demo.c的内容  
#include <iostream>  
using namespace std;

```
#include <demo.h>
int main()
{
    cout << b << endl;
    return 0;
}
```

编译正确

源程序文件demo.c的内容  
#include <iostream>  
using namespace std;

```
#include "demo.h"
int main()
{
    cout << b << endl;
    return 0;
}
```

编译报错, 因为""方式找到  
的是当前目录, 无b的定义



## § 4. 函数

### 4. 16. 头文件

#### 4. 16. 1. 头文件的内容及作用

#### 4. 16. 2. C++的标准库及头文件

C++包含系统头文件的两种形式:

`#include <math.h>` : C形式

`#include <cmath>` : C++形式

两种方式都是指编译系统的include目录的math.h

VS2019如果缺省安装, 则头文件的目录为

32位Windows操作系统:

C:\Program Files\Microsoft Visual Studio\2019\Community\VC\Tools\MSVC\xx.xx.xxxxx\include

64位Windows操作系统:

C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio\2019\Community\VC\Tools\MSVC\xx.xx.xxxxx\include

具体版本号



附：关于全局变量使用的基本原则(实际工作中)

- 1、尽量不用
- 2、如果实在需要，尽量使用静态全局
- 3、如果静态全局不能满足要求，尽量在调用函数中进行extern声明

这三点，可理解为  
权限最小化原则

<pre>//ex1.cpp int a; fun1() {     ... }  fun2() {     ... }</pre>	<pre>//ex2.cpp f1() {     ... f34() {     extern int a; }  ... f173() {     extern int a; }  ... f1000() {     ... }</pre>
--	--

宁可多处重复，也不要直接放在最前面

#### 4、给全局变量特殊的命名规则

例： \*\* //下划线开始  
\*\*\_ //下划线开始+结尾  
zs\_\*\* //特定串做前缀（假设姓名为张三）

- 5、#define的宏定义及const常变量不在限制范围内，鼓励多用(多处使用相同值时尽量使用)