§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( )                                   int main()
{                                               {
}                                               }
long fun6( )
{                                   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

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

```
long fun2()
{
    ...
}
```

★ 返回类型可以是void，表示不需要返回类型

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

§4. 函数

4.2. 函数的定义

4.2.1. 无参函数的定义

★ 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

=> C方式编译正确，C++报错

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 }
```

```
1>demo-c.vcxproj -> D:\WorkSpace\VS2022-demo\Debug\demo-c.exe
========== 生成: 1 成功，0 失败，0 最新，0 已跳过 ==========
========== 生成 开始于 23:05，并花费了 00.817 秒 ==========
```

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
```

=> 重要提醒：C方式不加头文件可能导致严重后果

demo.c

```
1  #include <stdio.h>
2
3  int main()
4  {
5      printf("%f\n", sin(2));
6      return 0;
7  }
8
```

```
0.000000
```

C方式：结果有错，因为未包含<math.h>，sin默认返回int

=> 如果sin(2)存在于一个复杂的数学表达式中，很难查错

```
demo.c(5,17): warning C4013: “sin”未定义；假设外部返回 int
demo.c(5,9): warning C4477: “printf”: 格式字符串“%f”需要类型“double”的参数，但可变参数 1 拥有了类型“int”
```

demo.cpp

```
1  #include <iostream>
2
3  int main()
4  {
5      printf("%f\n", sin(2));
6      return 0;
7  }
8
```

```
0.909297
```

C++方式1：结果正确
因为iostream默认包含cmath

demo.cpp

```
1  #include <stdio.h>
2
3  int main()
4  {
5      printf("%f\n", sin(2));
6      return 0;
7  }
8
```

```
demo.cpp(5,17): error C3861: “sin”: 找不到标识符
```

C++方式2：报错，
因为无cmath则找不到sin

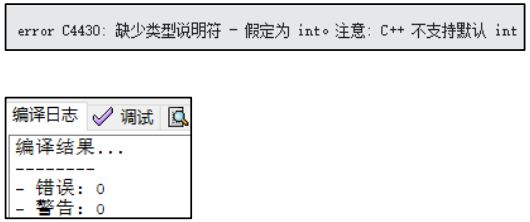
§4. 函数

4.2. 函数的定义

4.2.1. 无参函数的定义

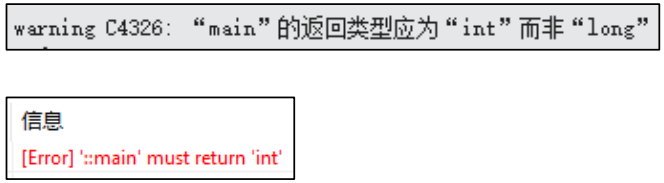
★ ANSI C++要求main函数的返回值只能是int并且不能缺省不写，否则编译会报错；但部分编译器可缺省不写；
VS系列还允许void等其它类型(建议唯一int)

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

main()
{
   return 0;
}
//VS报error
//Dev正确
```




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

void main()
{
    return;
}
//VS报warning
//Dev报error
```


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

long main()
{
    return 0L;
}
//VS报warning
//Dev报error
```



§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;
}
```

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

★ 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. 函数的嵌套调用

4.3.1. C++程序的执行过程(一个具体的例子)

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

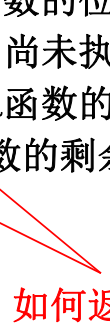
(5) 执行b函数，如果再无其他嵌套的调用，则完成b函数的全部操作

(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

4.3. 函数的嵌套调用

4.3.2. 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)

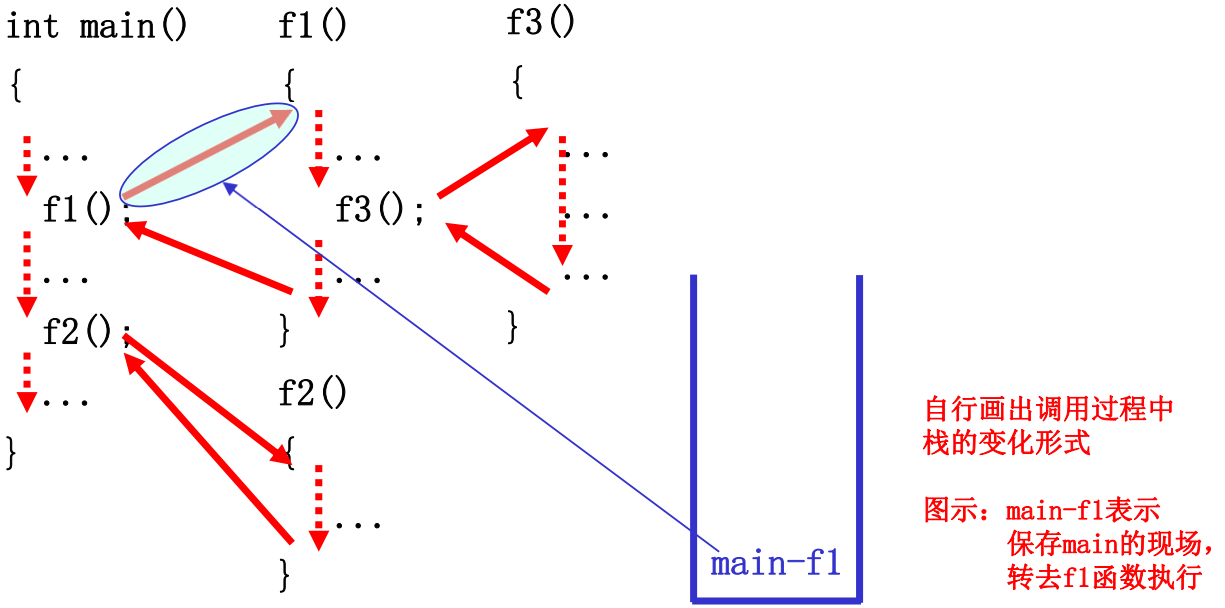
(3) 转到被调用函数的第一个执行语句开始依次执行

(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

4.3.3. C++程序的执行过程(栈方式理解)



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

4.3.4. 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

§4. 函数

4.4. 函数参数与函数的值

4.4.1. 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

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

void fun(int x)
{
    cout << "fun  " << &x << endl;
}
int main()
{
    int x = 10;
    cout << "main " << &x << endl;
    fun(x);
    return 0;
}
```

```
Microsoft Visual Studio 调试控制台
main 00EFFD78
fun  00EFFCA4
```

本例证明了即使实形参名称相同，也占用不同的内存空间

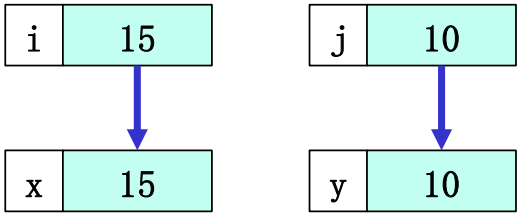
★ 参数的传递方式是"单向传值"，即将实参的值复制一份到形参中(理解为 形参=实参 的形式)

```
int main()
{
    int i=15,j=10,m;
    m = max(i, j);
    cout<< "max=" <<m;
    return 0;
}
```

i,j为实参

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

x,y为形参



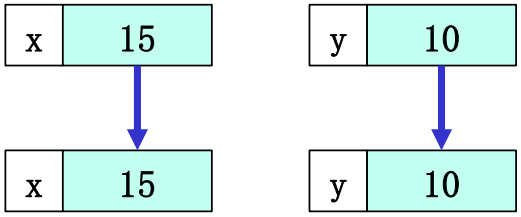

```
int main()
{
    int x=15,y=10,m;
    m = max(x, y);
    cout<< "max=" <<m;
    return 0;
}
```

x,y为实参

允许同名

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

x,y为形参



§4. 函数

4.4. 函数参数与函数的值

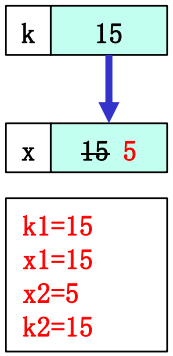
4.4.1. 形式参数与实际参数

★ 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;
}
```



★ 实参可以是常量、变量、表达式，形参只能是变量

```
int main()
{   int k=10;
    fun(2+k*3);
    return 0;
}
```

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

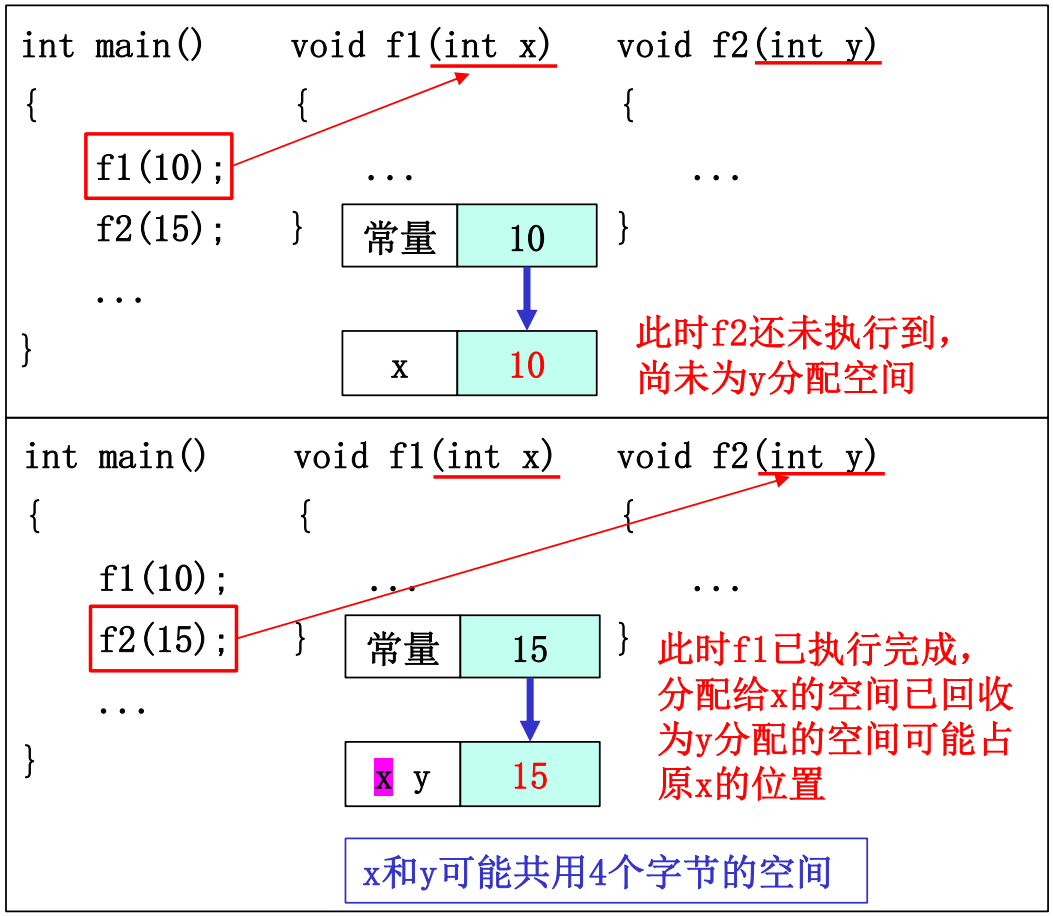
x = 2+k*3

§4. 函数

4.4. 函数参数与函数的值

4.4.1. 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




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

1、假设main中调用10000次f1()，则x的分配释放会重复10000次

2、每次x分配的4字节不保证是同一个空间

```
#include <iostream>
using namespace std;
void f1(int x)
{
    cout << "&x=" << &x << endl;
}
void f2(int y)
{
    cout << "&y=" << &y << endl;
}
int main()
{
    for (int i=0; i<2; i++) {
        f1(10);
        f2(15);
    }
    return 0;
}
```

```
Microsoft Visual Studio 调试控制台
&x=00C2F6C4
&y=00C2F6C4
&x=00C2F6C4
&y=00C2F6C4
```

本例：

x/y地址相同：证明了f1/f2调用结束后，x/y的空间会释放(x/y共用空间)

多个x(y)地址相同：证明了每次分配是同一空间(但仍然强调:不保证)

§4. 函数

4.4. 函数参数与函数的值

4.4.1. 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

4.4. 函数参数与函数的值

4.4.1. 形式参数与实际参数

4.4.2. 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 fun(...)
{                           {
    int k;                      int s;
    ...                         ...
    k = fun(...);               ...
    ...                         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 a;
  …
  return a;
} 正确
```

```
long fun2()
{
   short a;
   …
   return a;
} 正确
```

```
short fun3()
{
   long a;
   …
   return a;
} 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;

short fun3()
{
    long a = 70000;
    return a;
}
int main()
{
    long d;
    d = fun3();
    cout << d << endl;

    return 0;
}
```

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

0000000000000001 0001000101110000

0001000101110000

0000000000000000 0001000101110000

§4. 函数

4.4. 函数参数与函数的值

4.4.1. 形式参数与实际参数

4.4.2. 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);
```

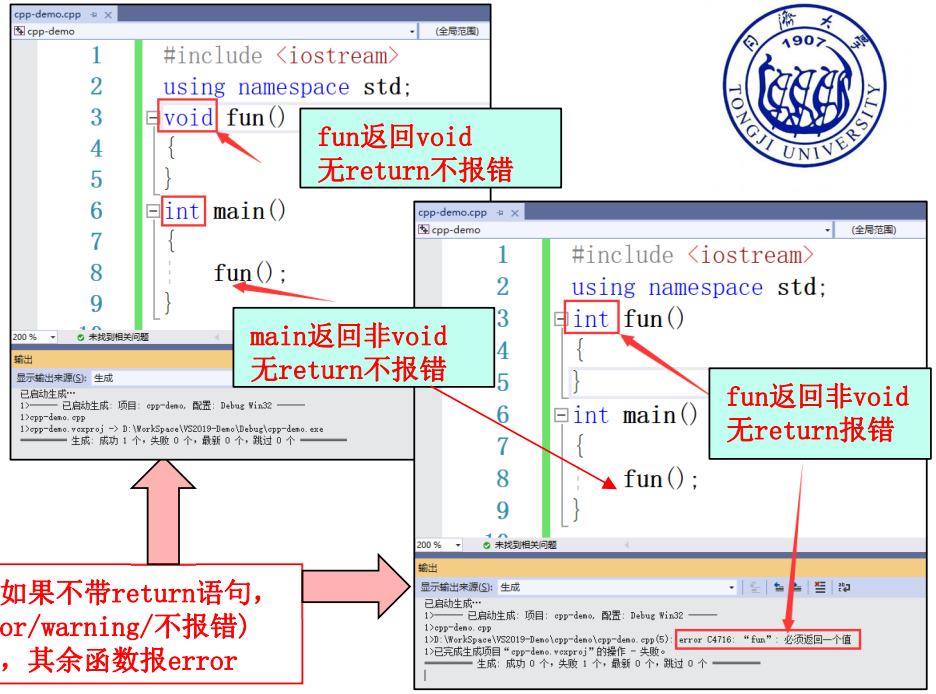
★ 若函数不要求有返回值，则指定返回类型为void

```
void fun1()        int main()      int fun()
{                  {               {
   ...               ...             ...
   return;           return 0;       return 0;
}                  }               }
```

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)
VS：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

4.4. 函数参数与函数的值

4.4.1. 形式参数与实际参数

4.4.2. 函数的值（函数的返回值）

★ 一个return只能带回一个返回值

★ 函数中可以有多个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

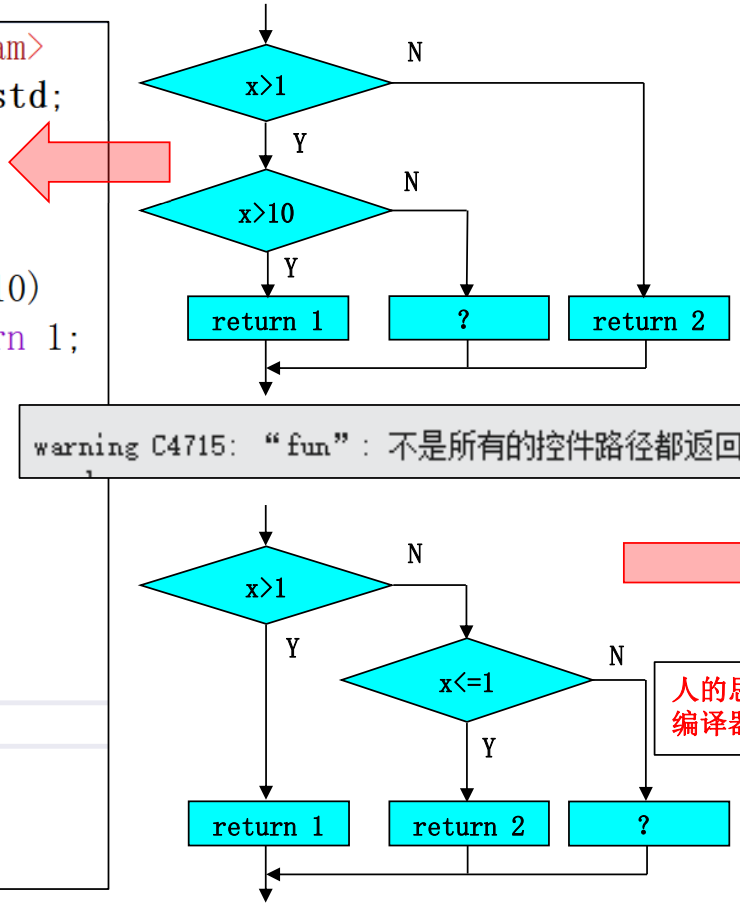
4.4. 函数参数与函数的值

4.4.1. 形式参数与实际参数

4.4.2. 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 }
```




```
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 int main()
11 {
12     int x, r;
13     cin >> x;
14     r = fun(x);
15     return 0;
16 }
```

人的思维 ：已全覆盖
编译器思维：缺else

§4. 函数

4.4. 函数参数与函数的值

4.4.1. 形式参数与实际参数

4.4.2. 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

4.5. 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

4.5. 函数的调用

4.5.1. 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

```
#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;
}
```

D:\WorkSpace\VS2019-Demo\cpp-c
3 4

Dev

VS

Microsoft Visual Studio 调试控制台
3 4

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
```

```
[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

4.5. 函数的调用

4.5.2. 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);
```

函数参数：作为另一个函数的参数

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

函数返回类型
不能是void

§4. 函数

4.5. 函数的调用

4.5.2. 调用方式

★ 函数调用时，不能写返回类型

定义及实现时：	调用时：
long f1() { ... } int max(int x, int y) { ... }	k = f1(); ✓ k = long f1(); × k = max(i, j); ✓ k = int max(i,j); ×

```
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

4.5. 函数的调用

4.5.2. 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

定义及实现时：	调用时：

int fun()　　//空
{　...
}
int fun(void) //写void
{　...
}
	k = fun();　　✓
	k = fun(void);　✗

```
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

4.5. 函数的调用

4.5.2. 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

定义及实现时：	调用时：
int max(int x, int y) { ... }	int i=10, j=15; k=max(i, j); ✓ k=max(int i, int j); ×

```
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

4.5. 函数的调用

4.5.2. 调用方式

★ 函数调用时，不能写返回类型

定义及实现时：	调用时：
long f1() { ... } int max(int x, int y) { ... }	k = f1(); ✓ k = long f1(); × k = max(i, j); ✓ k = int max(i,j); ×

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

定义及实现时：	调用时：

int fun() //空
{ ...
}
int fun(void) //写void
{ ...
}
	k = fun(); ✓
	k = fun(void); ×

★ 有参函数调用时，实参不能写类型

定义及实现时：	调用时：
int max(int x, int y) { ... }	int i=10, j=15; k=max(i, j); ✓ k=max(int i, int j); ×

§4. 函数

4.5. 函数的调用

4.5.1. 基本形式

4.5.2. 调用方式

4.5.3. 对被调用函数的说明

★ 对库函数，加相应的头文件说明

```
#include <stdio.h>   输入输出函数
#include <math.h>    数学运算函数
#include <string.h>  字符串运算函数

#include <cstdio>   输入输出函数
#include <cmath>    数学运算函数
#include <cstring>  字符串运算函数
```

C方式
仅此种

C++方式
两种均可

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

§4. 函数

4.5. 函数的调用

4.5.1. 基本形式

4.5.2. 调用方式

4.5.3. 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：

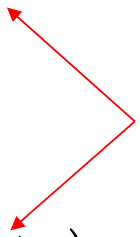
返回类型 函数名(形参类型);

返回类型 函数名(形参类型 形参表);

```
int my_max(int, int);
int main()
{
    k=my_max(i,j);
}
int my_max(int x, int y)
{
    ...
}
```

```
int my_max(int x, int y);
int main()
{
    k=my_max(i,j);
}
int my_max(int x, int y)
{
    ...
}
```

```
int my_max(int p, int q);

int main()
{
    k=my_max(i,j);
}
int my_max(int x, int y)
{
    ...
}
```



pq不要求与实现中的xy一致

§4. 函数

4.5. 函数的调用

4.5.1. 基本形式

4.5.2. 调用方式

4.5.3. 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

4.5. 函数的调用

4.5.3. 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(...); ×
}
error C3861: “my_max”: 找不到标识符
int my_max(int x, int y)
{
    ....
}
```

```
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

4.5.4. 实例

例1：求四个整数的最大值

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

int max4(int a, int b, int c, int d)
{
    int m;
    m = max2(c, d);
    m = max2(m, b);
    m = max2(m, a);
    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 x, int y)
{
    return (x > y ? x : y);
}

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(c, d), b), a);
   ...
}
```

```
//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

4.5.4. 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

4.5.4. 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

§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()
...       ...
}         }
```

必然有条件判断是否进行下次递归调用!!!

★ 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) );
   ...
}
```

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;
}
```

```
age(5) = age(4) + 2;
age(4) = age(3) + 2;
age(3) = age(2) + 2;
age(2) = age(1) + 2;
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*...*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 fac(int n)
{
    if (n==0 || n==1)
        return 1;
    else
        return fac(n-1) * n;
}
```

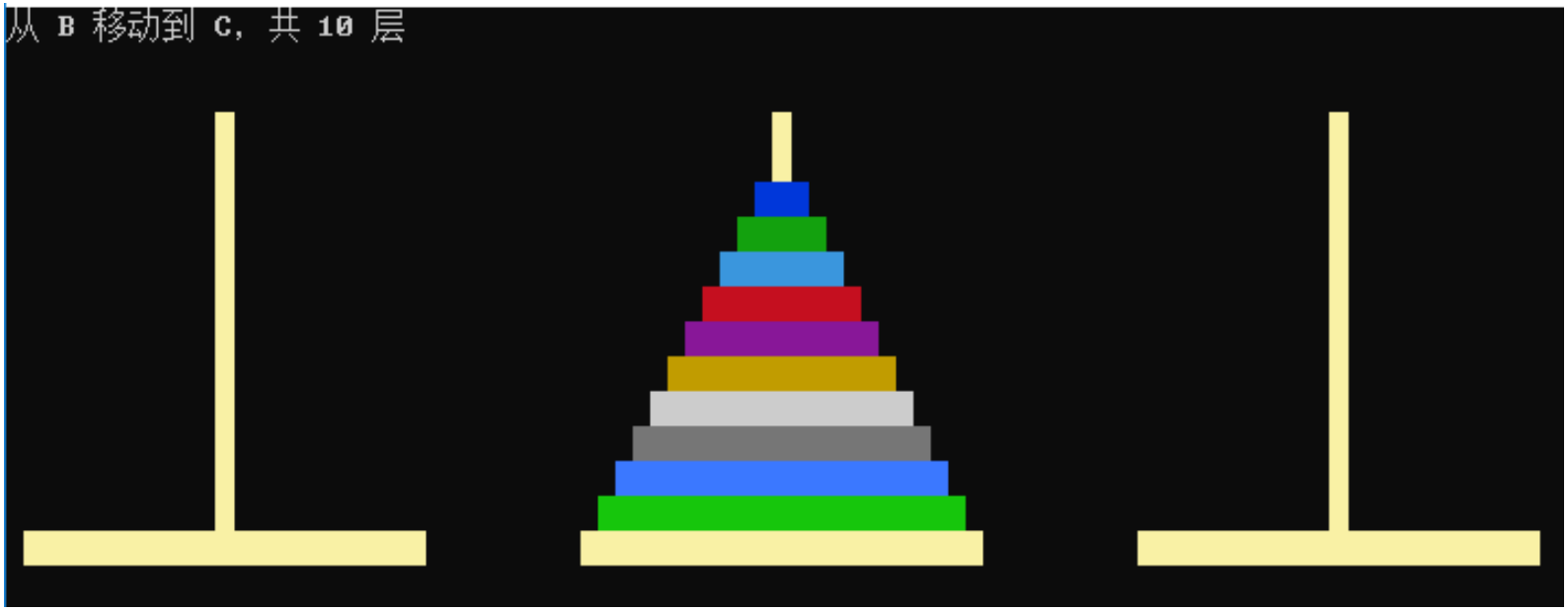
```
int main() //也可以由键盘输入n值，此处略
{   int n = 5;
    cout << n << "!=" << fac(5) << endl;
}
```

§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;
}
```

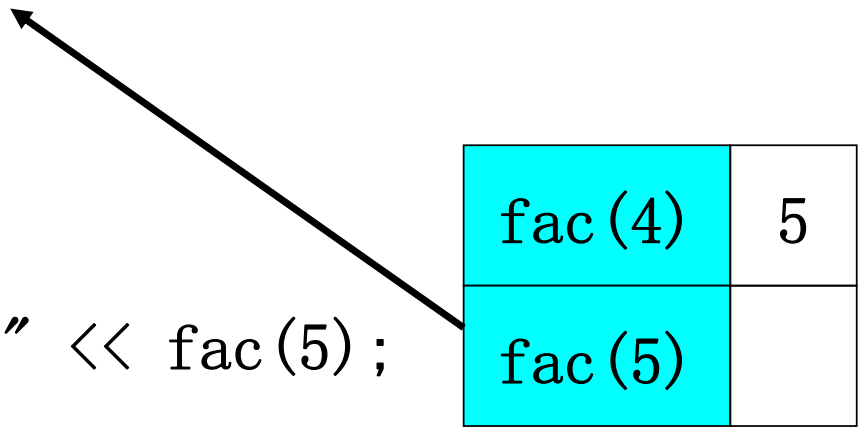
例1：写出程序的运行结果及程序的功能

```
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)

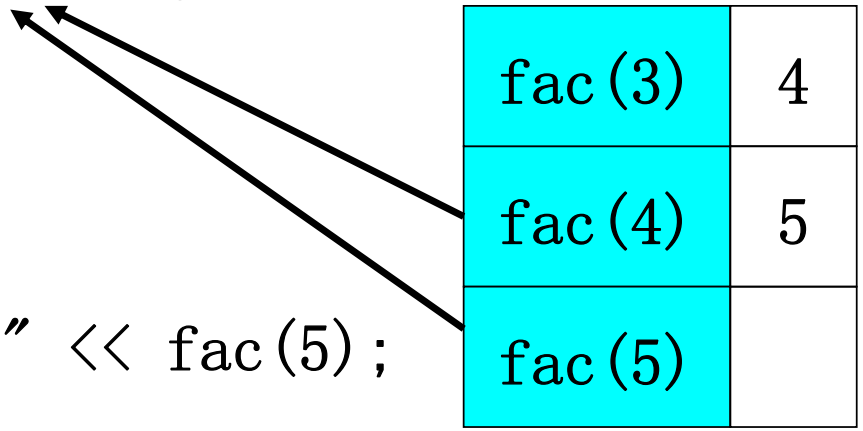
例1：写出程序的运行结果及程序的功能

```
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;
}
```



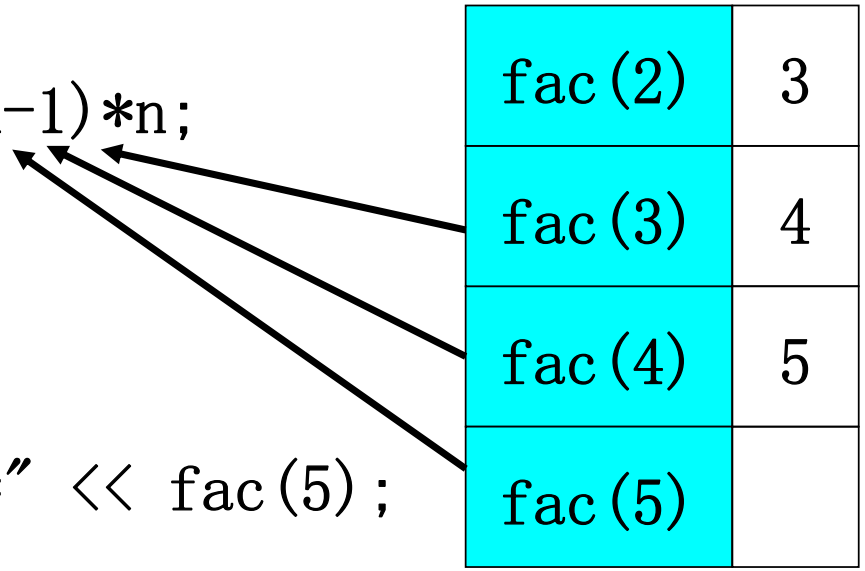
例1：写出程序的运行结果及程序的功能

```
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;
}
```



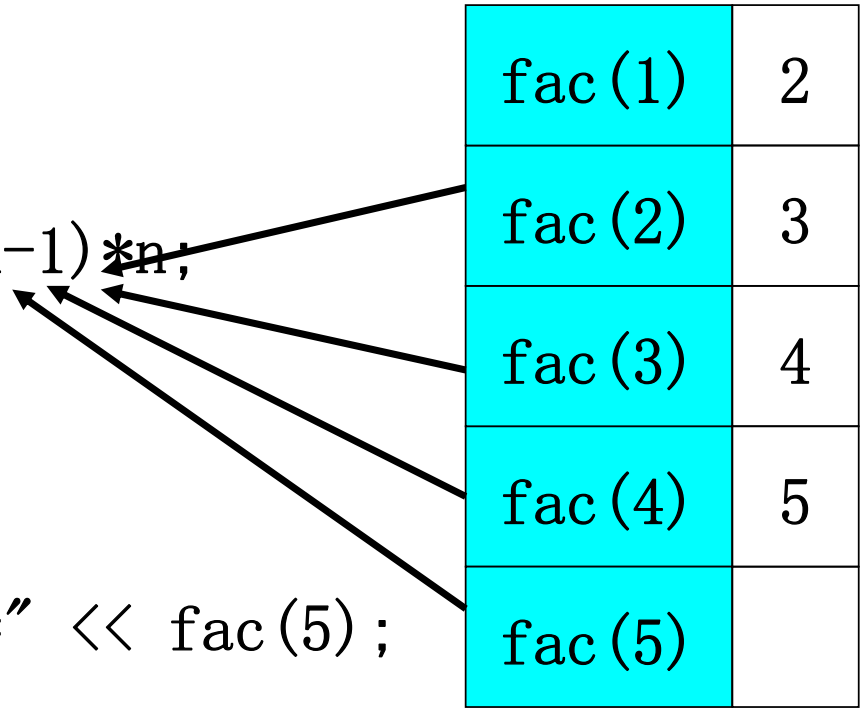
例1：写出程序的运行结果及程序的功能

```
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;
}
```



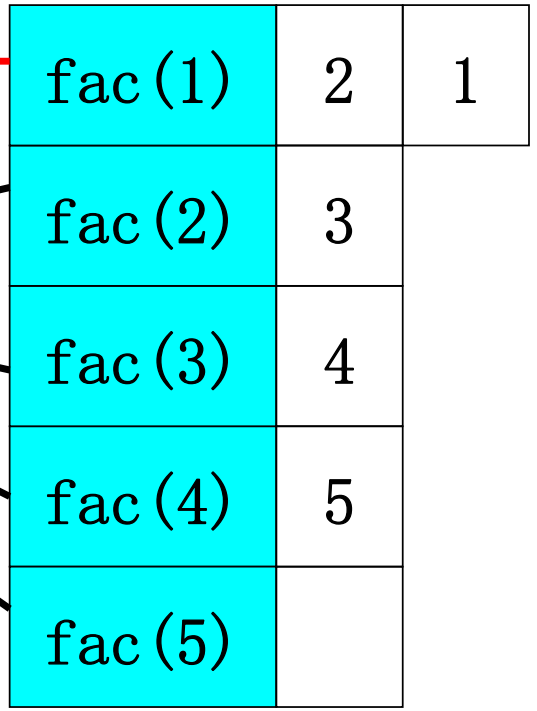
例1：写出程序的运行结果及程序的功能

```
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;
}
```



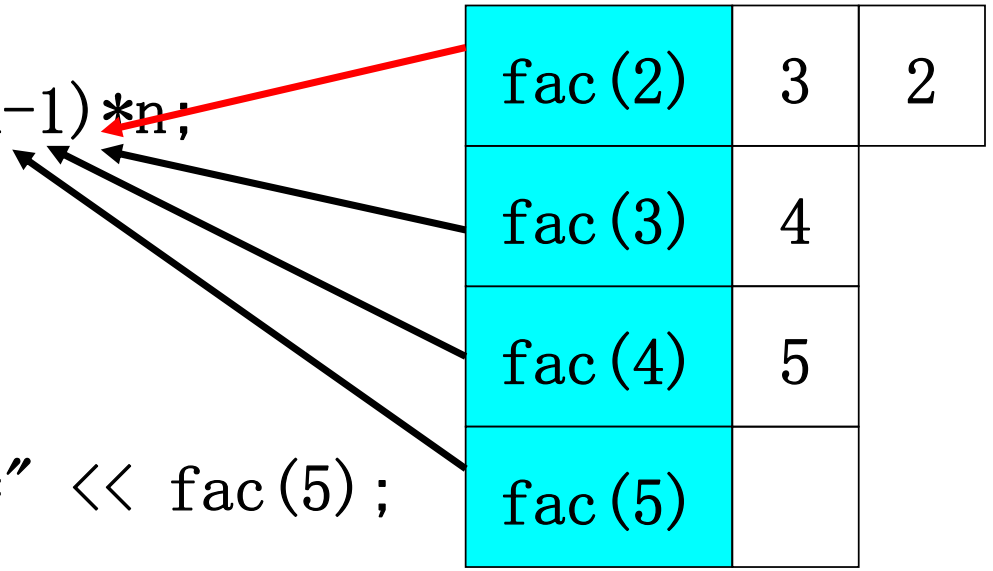
例1：写出程序的运行结果及程序的功能

```
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;
}
```



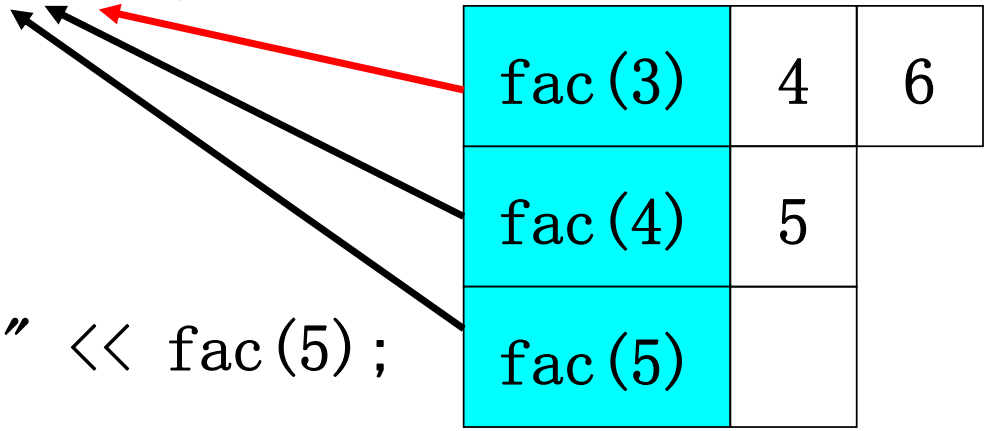
例1：写出程序的运行结果及程序的功能

```
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;
}
```



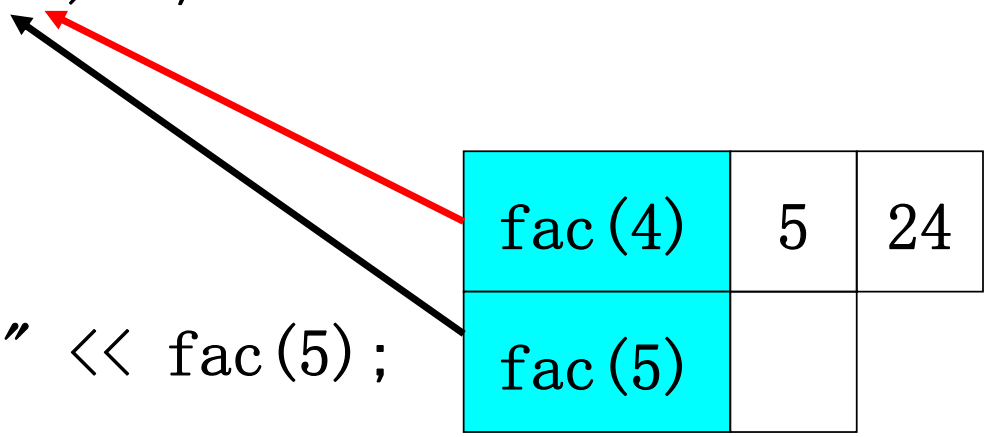
例1：写出程序的运行结果及程序的功能

```
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;
}
```



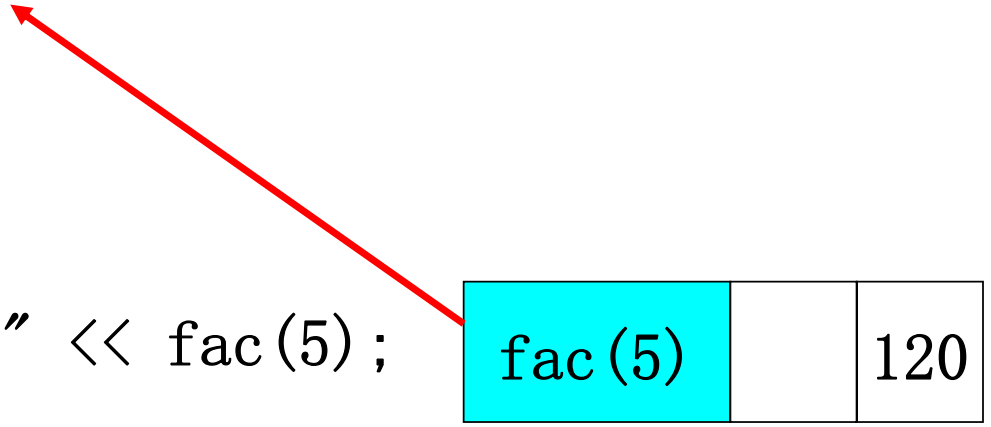
例1：写出程序的运行结果及程序的功能

```
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;
}
```



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()                    fac(5)=120
{
    cout << "fac(5)=" << fac(5);
    return 0;
}
```

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
}
```

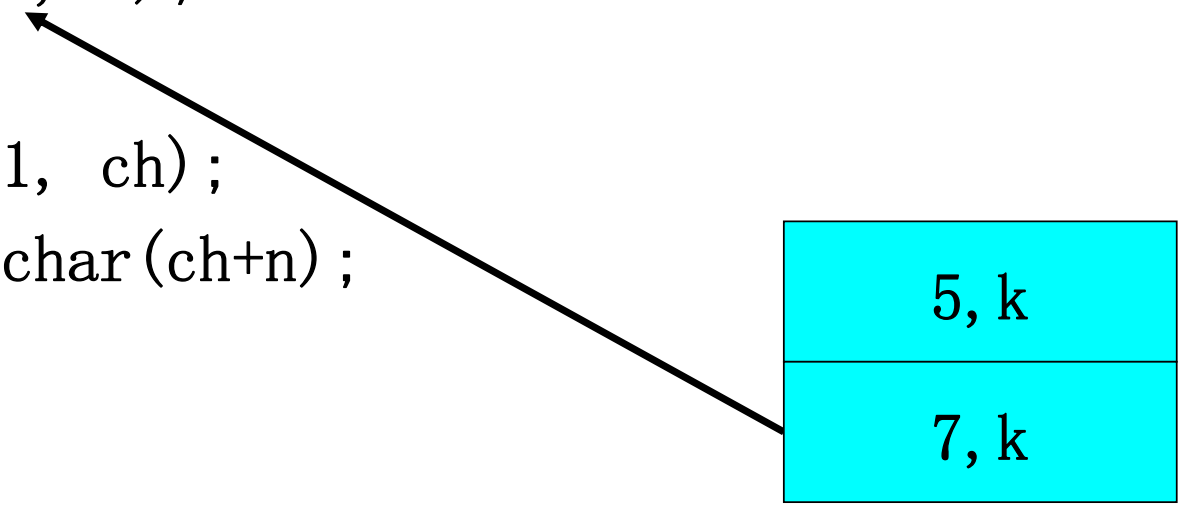
例2：写出程序的运行结果

```
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

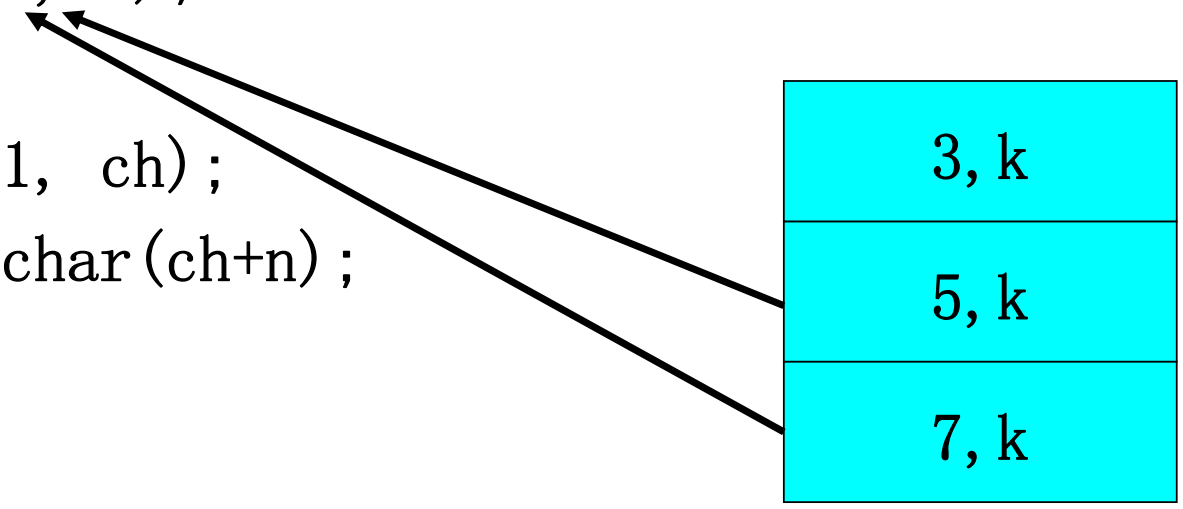
例2：写出程序的运行结果

```
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');
}
```



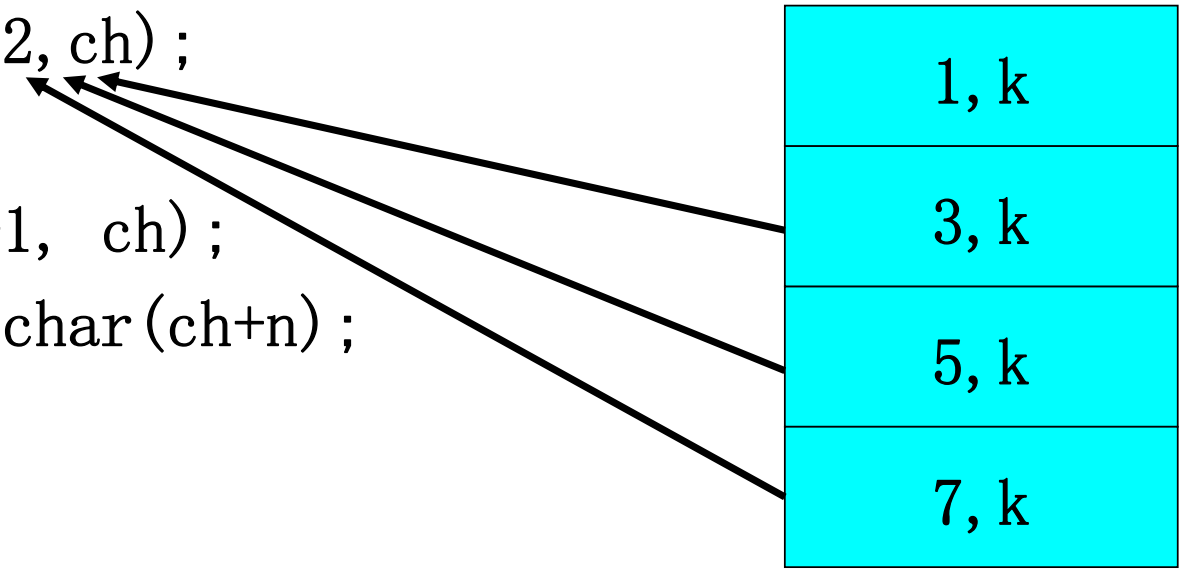
例2：写出程序的运行结果

```
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');
}
```



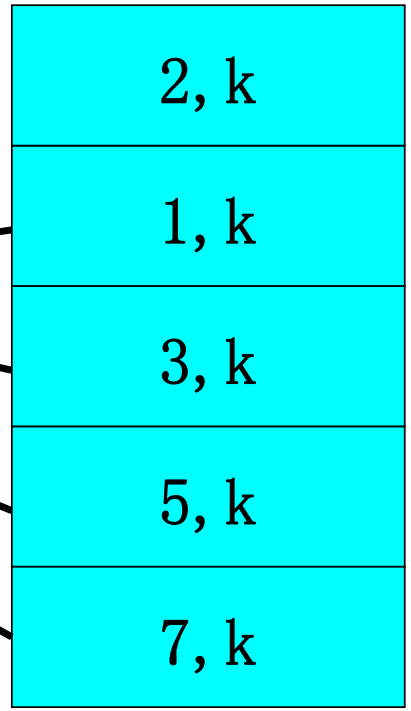
例2：写出程序的运行结果

```
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');
}
```



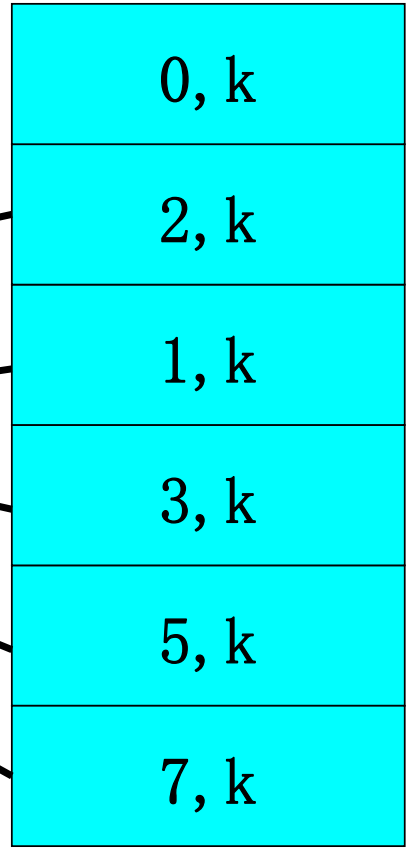
例2：写出程序的运行结果

```
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');
}
```



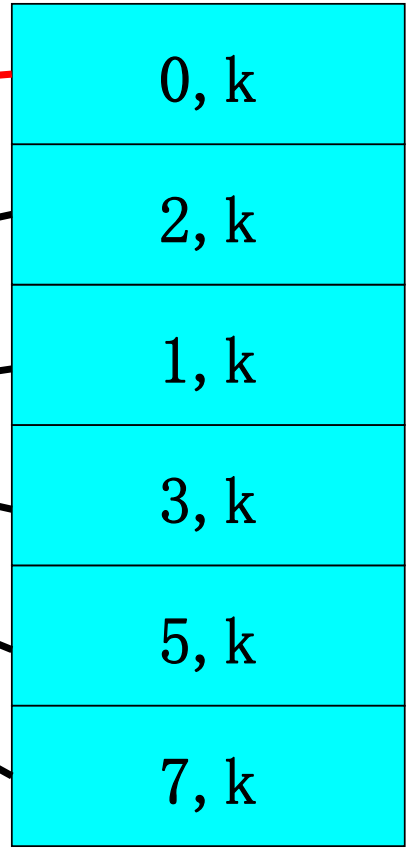
例2：写出程序的运行结果

```
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');
}
```



例2：写出程序的运行结果

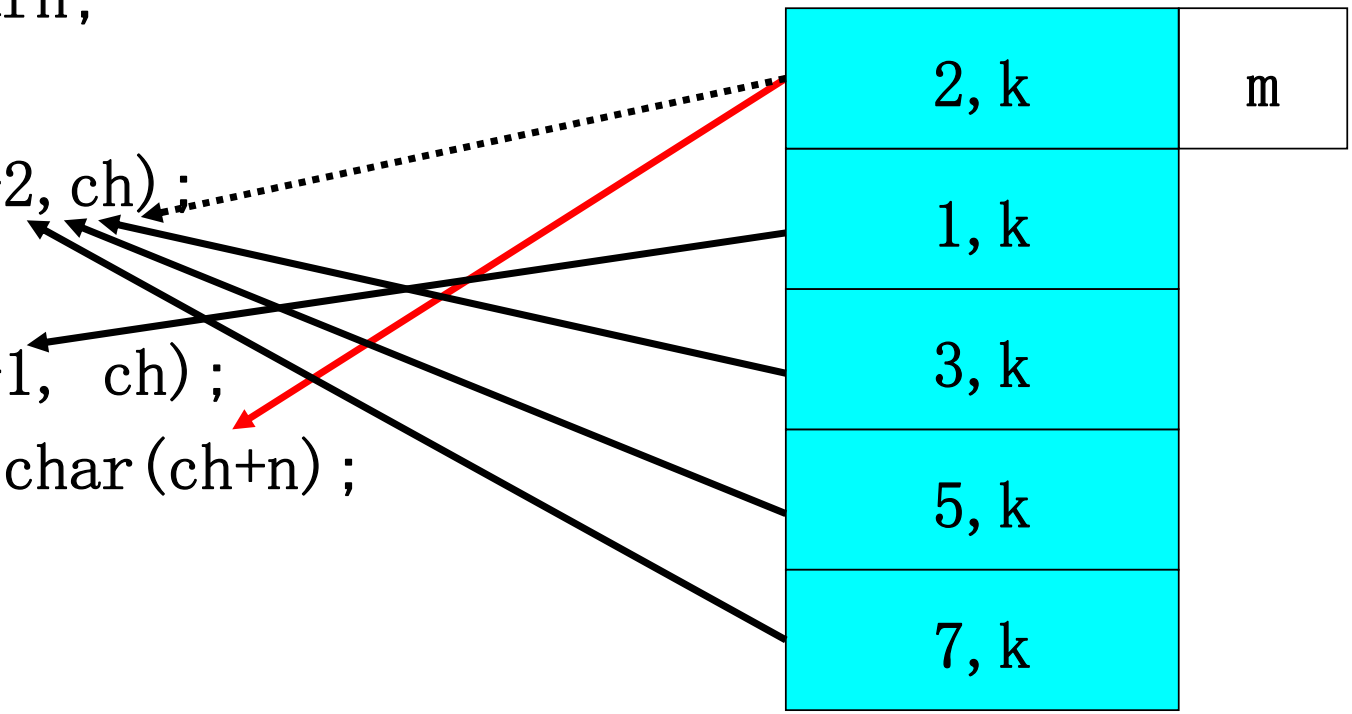
```
void f(int n, char ch)
{   if (n==0)
        return;
    if (n>1)
        f(n-2,ch);
    else
        f(n+1, ch);
    cout << char(ch+n);
}
int main()
{   f(7, 'k');
}
```



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');
}
```

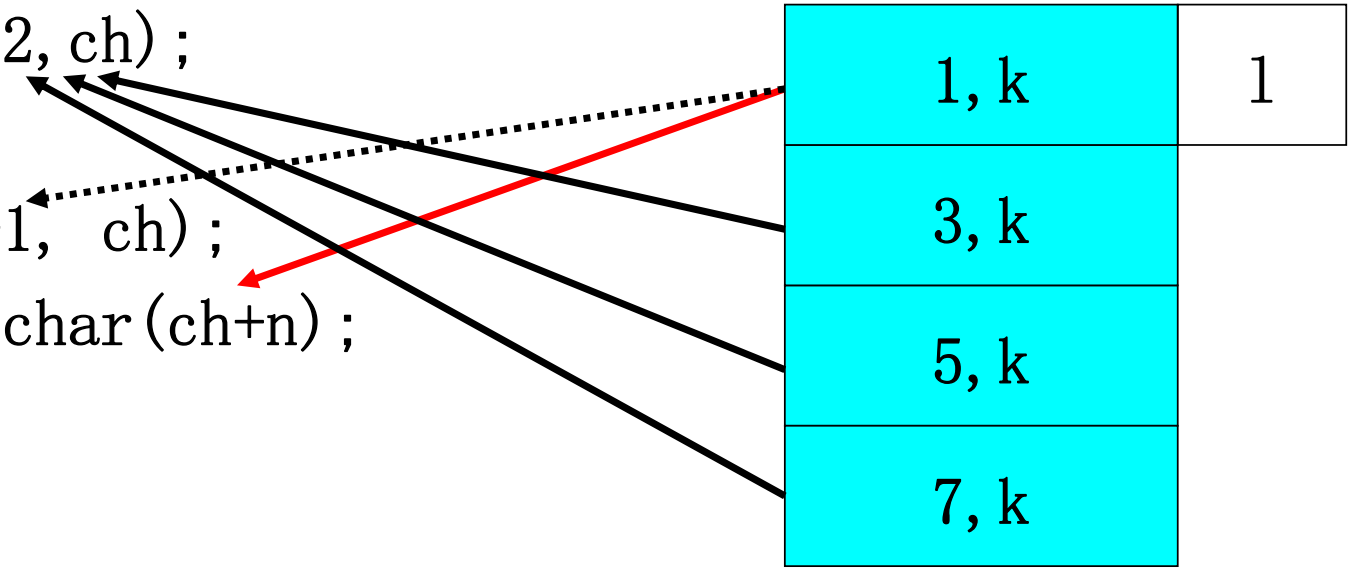
黑虚:上次保存现场位置
红实:本次恢复现场位置



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');
}
```

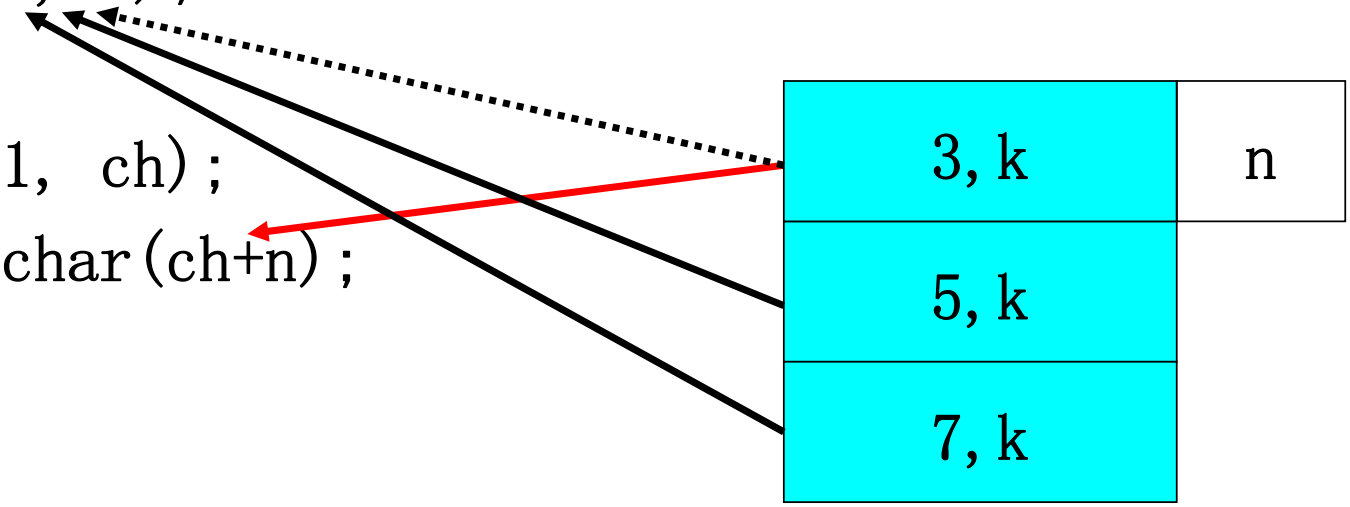
黑虚:上次保存现场位置
红实:本次恢复现场位置



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');
}
```

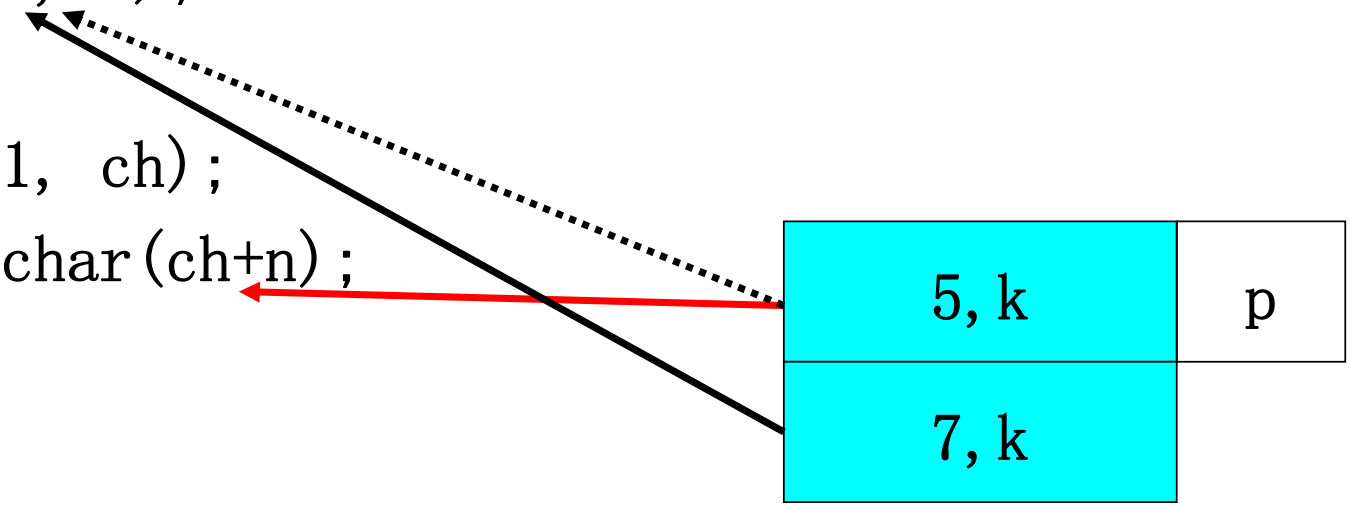
黑虚:上次保存现场位置
红实:本次恢复现场位置



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');
}
```

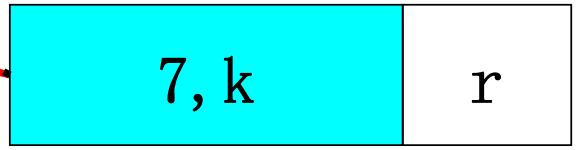
黑虚:上次保存现场位置
红实:本次恢复现场位置



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');
}
```

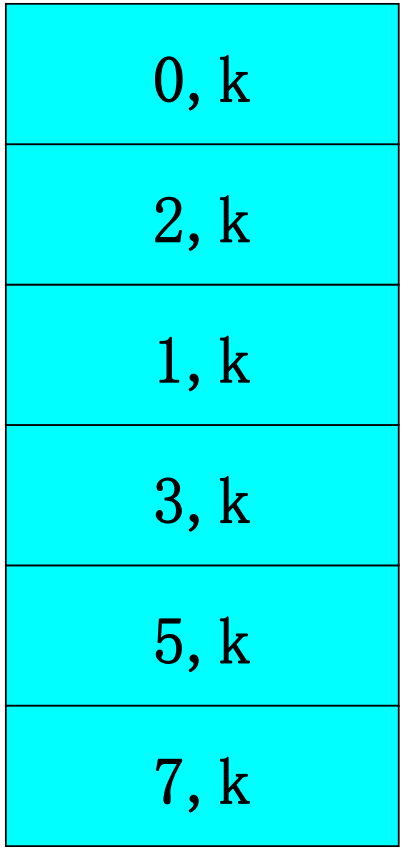
黑虚:上次保存现场位置
红实:本次恢复现场位置



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



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

VS2022 : 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

VS2022 : 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

VS2022 : x86 / x64

Dev C++ : 32bit / 64bit

Linux C++ : 64bit

§4. 函数

4.7. 局部变量和全局变量

4.7.1. 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()
{  ...
   f1();
   f2();
   f3();
}
```

```
int f1()
{
   int a;
   ...
   a=15;
   ...
}
```

```
int f2()
{
   long a;
   ...
   a=70000;
   ...
}
```

```
int f3()
{
   short a;
   ...
   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)
{
   ...
}
```

可以自行构造打印形参地址的测试程序

```
#include <iostream>
using namespace std;
void f1()
{
    int a=15;
    cout << "f1:" << &a << endl;
}
void f2()
{
    long a=70000;
    cout << "f2:" << &a << endl;
}
void f3()
{
    short a=23;
    cout << "f3:" << &a << endl;
}
int main()
{
    f1();
    f2();
    f3();
    return 0;
}
```

```
Microsoft Visual Studio 调试控制台
f1:003FFD34
f2:003FFD34
f3:003FFD34
```

§4. 函数

4.7. 局部变量和全局变量

4.7.1. 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)

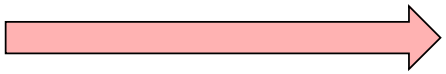
```
int main()
{  ...
   f1();
   ...
}
```

```
void f1()
{
   int a;
   ...
   a=15;
   f2();
}
```

```
void f2()
{
   long a;
   ...
   a=70000;
   f3();
}
```

```
void f3()
{
   short a;
   ...
   a=23;
   ...
}
```

- f1()/f2()/f3()中的三个a占用不同的内存空间，
  当进入f1()时，分配int a;
  当进入f2()时，分配long a;
  (此时int a未释放，在哪里？)
  当进入f3()时，分配short a;
  (此时int a/long a均未释放，在哪里？)



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

void f3()  //f3为什么要在f2的前面？
{
    short a=23;
    cout << "f3:" << &a << endl;
}
void f2()  //f2为什么要在f1的前面？
{
    long a=70000;
    cout << "f2:" << &a << endl;
    f3();
}
void f1()
{
    int a=15;
    cout << "f1:" << &a << endl;
    f2();
}
int main()
{
    f1();
    return 0;
}
```

三个a的空间一定不同!!!

```
Microsoft Visual Studio 调试控制台
f1:001BFD74
f2:001BFC90
f3:001BFBAC
```

§4. 函数

4.7. 局部变量和全局变量

4.7.1. 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)

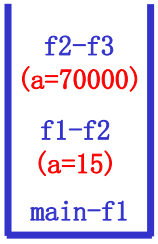
```
int main()
{  ...
   f1();
   ...
}
```

```
void f1()
{
   int a;
   ...
   a=15;
   f2();
}
```

```
void f2()
{
   long a;
   ...
   a=70000;
   f3();
}
```

```
void f3()
{
   short a;
   ...
   a=23;
   ...
}
```

● 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;



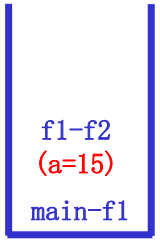

```
int main()
{  ...
   f1();
   ...
}
```

```
void f1()
{
   int a;
   ...
   a=15;
   f2();
}
```

```
void f2()
{
   long a;
   ...
   a=70000;
   f3();
}
```

```
void f3()
{
   short a;
   ...
   a=23;
   ...
}
```

● 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f2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)



§4. 函数

4.7. 局部变量和全局变量

4.7.1. 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

4.7. 局部变量和全局变量

4.7.1. 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

★ 形参等同于局部变量

★ 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

4.7. 局部变量和全局变量

4.7.1. 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

★ 形参等同于局部变量

★ 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)

=> 递归函数中的局部变量/形参只能在本层被访问

```
#include <iostream>
using namespace std;
void fun(int n)
{
    int x = 10;
    cout << &x << ' '<< ++x << endl;
    if (n > 0)
        fun(--n);
}
int main()
{
    fun(3);
}
```

```
Microsoft Visual Studio 调试控制台
005BF814 11
005BF72C 11
005BF644 11
005BF55C 11
```

局部变量x的地址不同：各层访问不同的局部变量

=> 每层只能访问自己的x，x初值为10，++x为11

=> 上层的x在递归栈中，下层的x尚未分配空间

§4. 函数

4.7. 局部变量和全局变量

4.7.1. 局部变量

4.7.2. 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

```
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; ✓
}
```

§4. 函数

4.7. 局部变量和全局变量

4.7.1. 局部变量

4.7.2. 全局变量

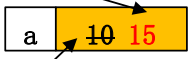
含义：在函数体外定义，被多个函数所共用的变量

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

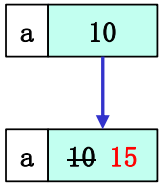
```
#include <iostream>
using namespace std;
int a;
void f1()
{
    cout << "f1   " << &a << endl;
    a=15;
}
int main()
{
    cout << "main " << &a << endl;
    a=10;
    cout << "a=" << a << endl;
    f1();
    cout << "a=" << a << endl;
}
```



main()和f()访问的是同一个a，
内存空间相同

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

void f1(int a)
{
    a=15;
}

int main()
{
    int a =10;
    cout << "a=" << a << endl;   a=10
    f1(a);
    cout << "a=" << a << endl;   a=10
    return 0;
}
```

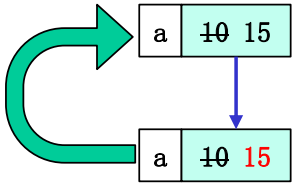
实参向形参单向传值的例子不一样!!!



main()和f()访问的是不同的a，
占用不同的内存空间，单向传值

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

int f1(int a)
{
    a=15;
    return a;
}

int main()
{
    int a =10;
    cout << "a=" << a << endl;   a=10
    a = f1(a);
    cout << "a=" << a << endl;   a=15
    return 0;
}
```

用函数返回值改变实参的值不一样!!!



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

4.7. 局部变量和全局变量

4.7.1. 局部变量

4.7.2. 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

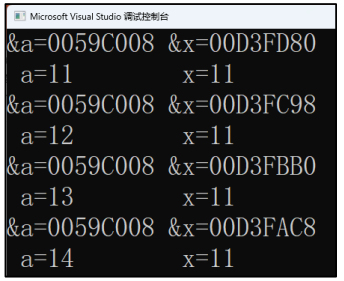
★ 全局变量在某个函数中被改变后，其他函数再访问则得到改变后的结果

=> 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)
{   int x = 10;
    cout << "&a=" << &a  << " &x=" << &x  << endl;
    cout << " a=" << ++a << " x="  << ++x << endl;
    if (n > 0)
        fun(--n);
}
int main()
{   fun(3);
    return 0;
}
```

全局变量a的地址相同：各层访问相同的全局变量
=> ++a变化4次，值11~14
局部变量x的地址不同：各层访问不同的局部变量
=> 每层只能访问自己的x，x初值为10，++x为11
=> 上层的x在递归栈中，下层的x尚未分配空间



§4. 函数

4.7. 局部变量和全局变量

4.7.1. 局部变量

4.7.2. 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：

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(后续模块内容)

★ 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 << "1.&a=" << &a << " a=" << a << endl;
    int a=5;
    cout << "2.&a=" << &a << " a=" << a << endl;
}
int main()
{
    f1();
    return 0;
}
```

全局a 10

局部a 5

```
Microsoft Visual Studio 调试控制台
1.&a=0017C008 a=10
2.&a=0133FC88 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

4.7. 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

4.8. 变量的存储类别

4.8.1. 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）

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

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

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

- 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

4.8. 变量的存储类别

4.8.2. 局部变量的存储

4.8.2.1. 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;
}
```

VS+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;
}
```

VS+Dev编译

旧标准

```
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
}
```

新标准

```
//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
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

4.8. 变量的存储类别

4.8.2. 局部变量的存储

4.8.2.2. 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

自动变量

```
#include <iostream>
using namespace std;
void f1()
{
    int a=1; //正常写，不加auto
    a++;
    cout << "a=" << a << endl;
}
int main()
{
    f1();   a=2
    f1();   a=2
    f1();   a=2
}
```

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

1、a的分配/释放重复了3次
2、3次的a不保证分配同一空间

静态局部变量

```
#include <iostream>
using namespace std;
void f1()
{
    static int a=1;
    a++;
    cout << "a=" << a << endl;
}
int main()
{
    f1();   a=2
    f1();   a=3
    f1();   a=4
}
```

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

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)

§4. 函数

4.8. 变量的存储类别

4.8.2. 局部变量的存储

4.8.2.2. 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

4.8. 变量的存储类别

4.8.2. 局部变量的存储

4.8.2.2. 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'）

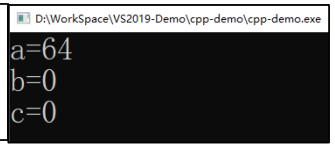
```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    short a;
    static short b;
    static char c;
    cout << "a=" << a << endl;
    cout << "b=" << b << endl;
    cout << "c=" << (int)c << endl; //问：为什么要int?
    return 0;
}
```

a值：VS ：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



★ 函数的形参同自动变量

§4. 函数

4.8. 变量的存储类别

4.8.3. 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

4.8. 变量的存储类别

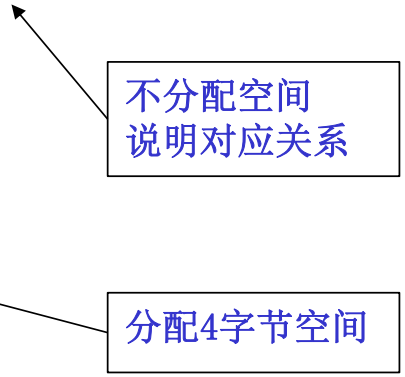
4.8.4. 用extern扩展全局变量的使用范围

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

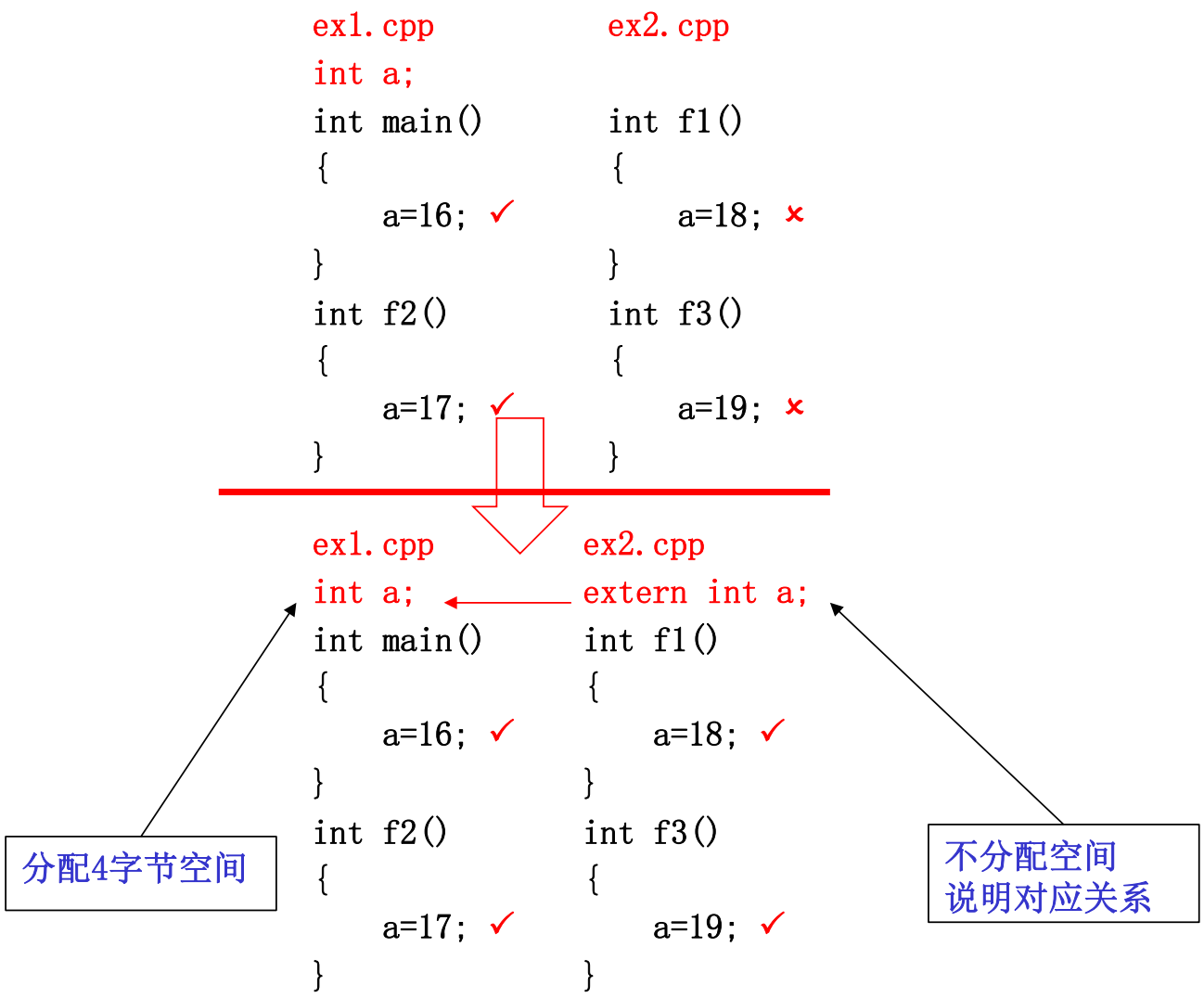
方法：在定义范围外使用全局变量时，应加上extern的说明，extern不分配存储空间，只说明对应关系

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

int f2()
{
    a=17; ✓
}
```

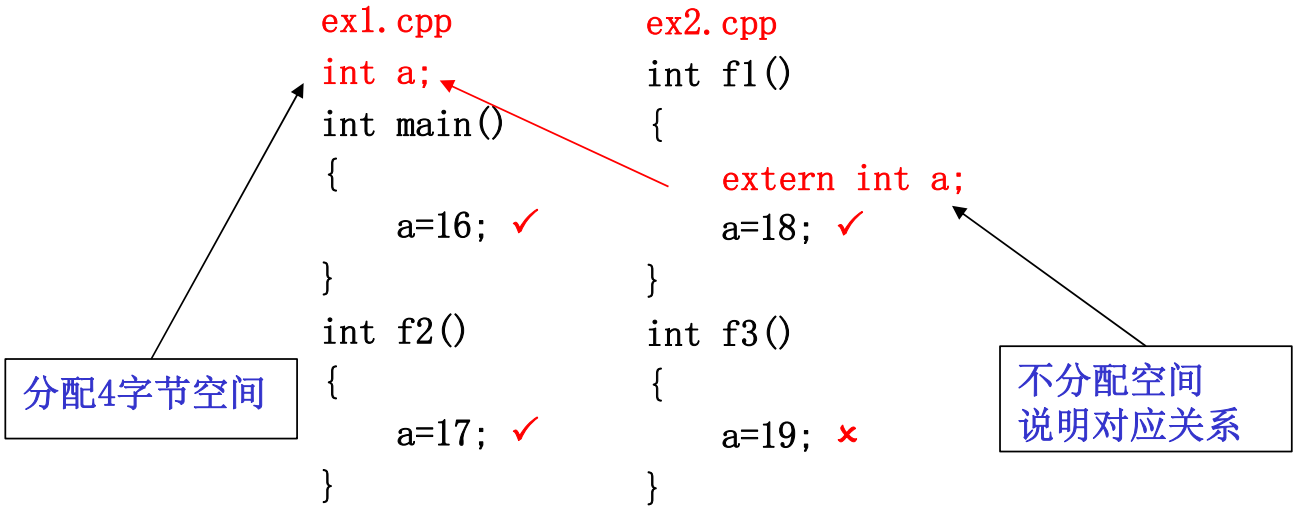
```
extern int a;
int f1()
{
    a=15; ✓
}
int a;
int main()
{
    a=16; ✓
}
int f2()
{
    a=17; ✓
}
```



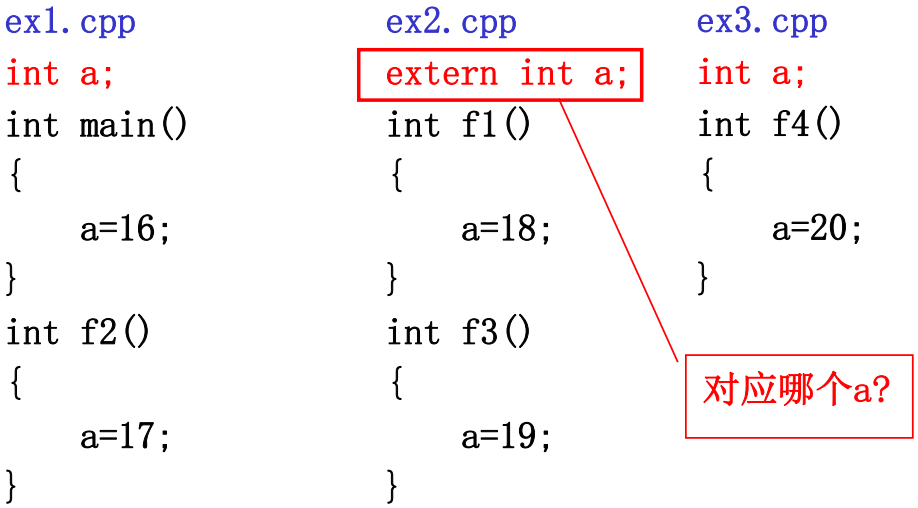
源程序文件ex1.cpp、ex2.cpp共同构成一个程序



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

4.8. 变量的存储类别

4.8.5. 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

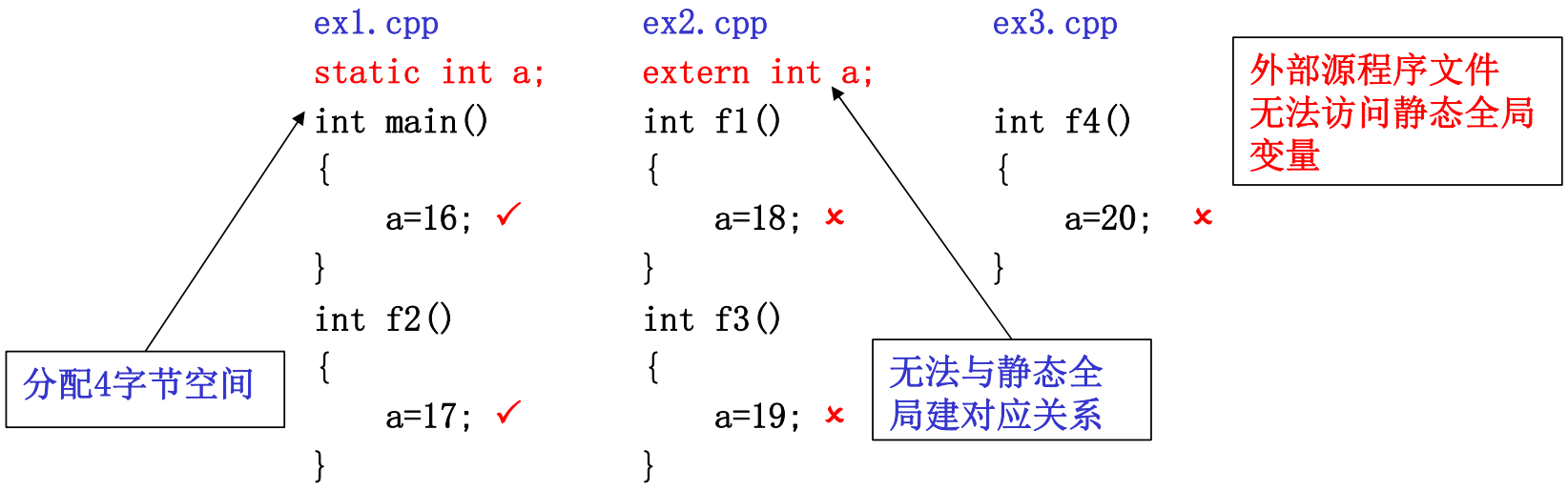
（static）

★ 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



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;  ×
}
```

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;  ✓
}
```

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

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-ex4.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;
}
```

ex4.cpp
```
int a;
int f5()
{
    a=21;
}
```

情况1：正确/错误 ？

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;
}
```

ex4.cpp
```
static int a;
int f5()
{
    a=21;
}
```

情况2：正确/错误 ？

§4. 函数

4.9. 变量属性小结

4.9.1. 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. 函数

4.9. 变量属性小结

4.9.2. 不同类型变量对应的存储区

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

静态存储区	动态存储区	CPU寄存器
● 外部全局变量 ● 静态全局变量 ● 静态局部变量 ● 常量/常变量	● 自动变量 ● 函数形参 ● 堆(动态申请用，后续荣誉课)	● 寄存器变量

§4. 函数

4.9. 变量属性小结

4.9.3. 变量的生存期、作用域与链接性

★ 生存期：在什么时间存在，也叫持续性（时间概念）

- 存放在动态存储区的变量（动态存储）
- 存放在静态存储区的变量（静态存储）

★ 作用域：在什么范围内可以访问（空间概念）

- 只能在某个函数中被访问的变量（局部变量）
- 能够在多个函数中被访问的变量（全局变量）

★ 链接性：全局变量如何在不同单元间共享（共享概念）

- 在一个源程序文件的不同函数间共享（静态全局）
- 在多个源程序文件的不同函数间共享（外部全局）

	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

4.10. 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

4.11. 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

4.12. 头文件

4.12.1. 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

```
//ex1.cpp
//引用100个函数
#include <iostream>
using namespace std;

void f1();
...
void f100();

int main()
{
   f1();
   ...
   f100();
}
```

#include中<>和""的区别先忽略

```
//ex2.cpp
//共100个函数

void f1()
{
   ...
}
...
...
void f100()
{
   ...
}
```

```
//ex3.cpp
//引用100个函数
#include <iostream>
using namespace std;

void f1();
...
void f100();

void fun()
{
   f1();
   ...
   f100();
}
```

问题：
函数定义的声明被多处重复，若修改了某个函数的定义，则需要修改多处，会造成不一致

```
//ex1.cpp
//引用100个函数
#include <iostream>
using namespace std;
#include "ex.h"

int main()
{
   f1();
   ...
   f100();
}
```

程序由ex1.cpp、ex2.cpp、ex3.cpp、ex.h（新增）组成

```
//ex.h
//100个函数的声明
void f1();
...
...
void f100();
```

```
//ex3.cpp
//引用100个函数
#include <iostream>
using namespace std;
#include "ex.h"

void fun()
{
   f1();
   ...
   f100();
}
```

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;
inline void f1()
{
   ...
}

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

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

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

```
//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;

#include "ex.h"

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

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...
}
```

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

#define pi 3.14159
const int x=10;

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

```
//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;

#include "ex.h"

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

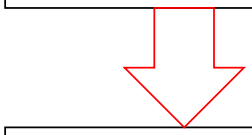
通过头文件使维护简单，避免多处修改导致的不一致性

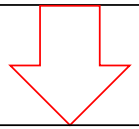
例：程序由ex1.cpp、ex2.cpp、ex3.cpp共同构成

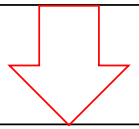
```
//ex1.cpp
//定义全局变量

#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...
}
```



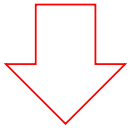




```
//ex1.cpp
//定义全局变量

#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

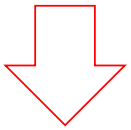
2.头文件中可包含静态全局/只读变量，但不建议

```
const int x = 10;
static int x = 15;
```

例：程序由ex1.cpp、ex2.cpp共同构成

```
//ex1.cpp

#include <iostream>
using namespace std;


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

```
//ex2.cpp

#include <iostream>
using namespace std;


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



程序由ex1.cpp、ex2.cpp、ex.h（新增）组成

```
//ex1.cpp

#include "ex.h"

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

```
//ex.h

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

```
//ex2.cpp

#include "ex.h"

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

§4. 函数

4.12. 头文件

4.12.1. 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

VS2022如果缺省安装，则头文件的目录为
64位Windows操作系统：
C:\Program Files\Microsoft Visual Studio\2022\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

4.12. 头文件

4.12.1. 头文件的内容及作用

4.12.2. 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

VS2022如果缺省安装，则头文件的目录为

64位Windows操作系统：

C:\Program Files\Microsoft Visual Studio\2022\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

```
//ex1.cpp
int a;
fun1()
{
    ...
}

fun2()
{
    ...
}
```

```
//ex2.cpp
f1()
{
}
...
f34()
{
    extern int a;
}
...
f173()
{
    extern int a;
}
...
f1000()
{
}
```

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)