面向对象

@M了个J

https://weibo.com/exceptions

https://github.com/CoderMJLee

实力IT教育 www.520it.com

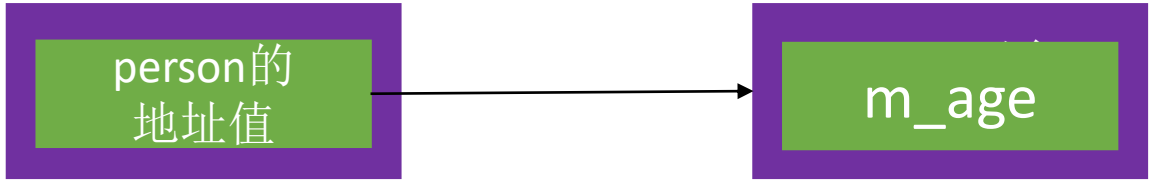
小码哥教育 SEEMYGO

回想一下面向对象的常见知识点

- 类
- 对象
- 成员变量、成员函数
- 封装、继承、多态
- .....

类

- C++中可以使用struct、class来定义一个类
- struct和class的区别
  - struct的默认成员权限是public
  - class的默认成员权限是private




```
// 类的定义
struct Person {
    // 成员变量
    int m_age;
    // 成员函数
    void run() {
        cout << m_age << " run()" << endl;
    }
};
```

```
// 类的定义
class Person {
public:
    // 成员变量
    int m_age;
    // 成员函数
    void run() {
        cout << m_age << " run()" << endl;
    }
};
```

```
Person person;
// 访问person对象的成员变量
person.m_age = 20;
// 用person对象调用成员函数
person.run();

// 通过指针间接访问person对象
Person *p = &person;
p->m_age = 30;
p->run();
```

- 上面代码中person对象、p指针的内存都是在函数的栈空间，自动分配和回收的
- 可以尝试反汇编struct和class，看看是否有其他区别
- 实际开发中，用class表示类比较多

小码哥教育 SEEMYGO

C++编程规范

- 每个人都可以有自己的编程规范，没有统一的标准，没有标准答案，没有最好的编程规范

- 变量名规范参考
  - 全局变量：g_
  - 成员变量：m_
  - 静态变量：s_
  - 常量：c_
  - 使用驼峰标识

小码哥教育 SEEMYGO

对象的内存布局

- 思考：如果类中有多个成员变量，对象的内存又是如何布局的？

```
struct Person {
    int m_id;
    int m_age;
    int m_height;

    void display() {
        cout << "m_id is " << m_id << endl;
        cout << "m_age is " << m_age << endl;
        cout << "m_height is " << m_height << endl;
    }
};
```

对象的内存布局

```
Person person;
person.m_id = 1;
person.m_age = 2;
person.m_height = 3;
```

		内存地址	内存数据
&person	&person.m_id	0x00E69B60	1
		0x00E69B61	
		0x00E69B62	
		0x00E69B63	
	&person.m_age	0x00E69B64	2
		0x00E69B65	
		0x00E69B66	
		0x00E69B67	
	&person.m_height	0x00E69B68	3
		0x00E69B69	
		0x00E69B6A	
		0x00E69B6B	

this

- this是指向当前对象的指针

- 对象在调用成员函数的时候，会自动传入当前对象的内存地址

```
struct Person {
    int m_id;
    int m_age;
    int m_height;

    void display() {
        cout << "m_id is " << this->m_id << endl;
        cout << "m_age is " << this->m_age << endl;
        cout << "m_height is " << this->m_height << endl;
    }
};
```

小码哥教育 SEEMYGO

思考

- 可以利用this.m_age来访问成员变量么?
  - 不可以，因为this是指针，必须用this->m_age

指针访问对象成员的本质

■ 思考：最后打印出来的每个成员变量值是多少?

```
Person person;
person.m_id = 10;
person.m_age = 20;
person.m_height = 30;

Person *p = (Person *) &person.m_age;
p->m_id = 40;
p->m_age = 50;

person.display();
```

■ 答案：10 40 50

■ 思考

□ 如果将person.display()换成p->display()呢?

小码哥教育 SEEMYGO

封装

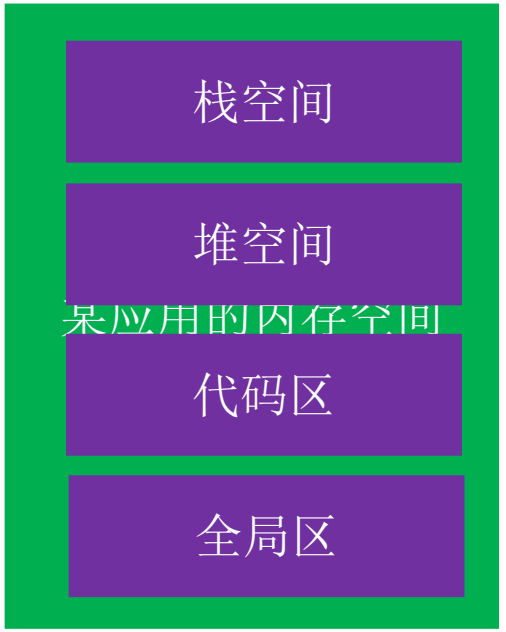
- 成员变量私有化，提供公共的getter和setter给外界去访问成员变量

```
struct Person {
private:
    int m_age;
public:
    void setAge(int age) {
        this->m_age = age;
    }
    int getAge() {
        return this->m_age;
    }
};
```

```
Person person;
person.setAge(20);
cout << person.getAge() << endl;
```

内存空间的布局

- 每个应用都有自己独立的内存空间，其内存空间一般都有以下几大区域



- 代码段（代码区）
  - ✓ 用于存放代码
- 数据段（全局区）
  - ✓ 用于存放全局变量等
- 栈空间
  - ✓ 每调用一个函数就会给它分配一段连续的栈空间，等函数调用完毕后会自动回收这段栈空间
  - ✓ 自动分配和回收
- 堆空间
  - ✓ 需要主动去申请和释放

小码哥教育 SEEMYGO

堆空间

- 在程序运行过程，为了能够自由控制内存的生命周期、大小，会经常使用堆空间的内存

- 堆空间的申请\释放
  - malloc \ free
  - new \ delete
  - new [] \ delete []

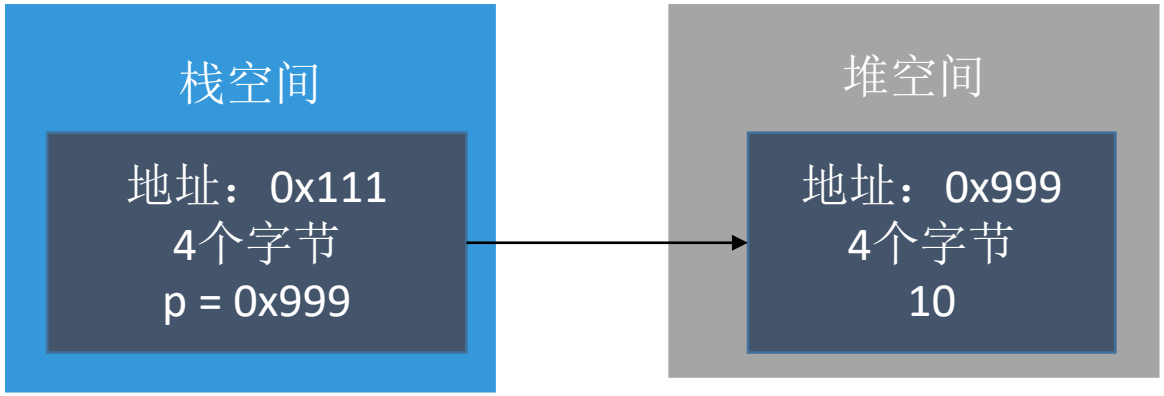
- 注意
  - 申请堆空间成功后，会返回那一段内存空间的地址
  - 申请和释放必须是1对1的关系，不然可能会存在内存泄露

- 现在的很多高级编程语言不需要开发人员去管理内存（比如Java），屏蔽了很多内存细节，利弊同时存在
  - 利：提高开发效率，避免内存使用不当或泄露
  - 弊：不利于开发人员了解本质，永远停留在API调用和表层语法糖，对性能优化无从下手

小码哥教育 SEEMYGO

下图是X86环境（32bit）

```
int *p = (int *) malloc(4);
*p = 10;
```



小码哥教育 SEEMYGO

堆空间的初始化

```
int *p1 = (int *)malloc(sizeof(int)); // *p1未初始化
int *p2 = (int *)malloc(sizeof(int));
memset(p2, 0, sizeof(int)); // 将*p2的每一个字节都初始化为0
```

```
int *p1 = new int;           // 未被初始化
int *p2 = new int();         // 被初始化为0
int *p3 = new int(5);        // 被初始化为5
int *p4 = new int[3];        // 数组元素未被初始化
int *p5 = new int[3]();      // 3个数组元素都被初始化为0
int *p6 = new int[3]{};      // 3个数组元素都被初始化为0
int *p7 = new int[3]{ 5 };   // 数组首元素被初始化为5，其他元素被初始化为0
```

小码哥教育 SEEMYGO

memset

- memset函数是将较大的数据结构（比如对象、数组等）内存清零的比较快的方法

```
Person person;
person.m_id = 1;
person.m_age = 20;
person.m_height = 180;
memset(&person, 0, sizeof(person));

Person persons[] = { { 1, 20, 180 }, { 2, 25, 165, }, { 3, 27, 170 } };
memset(persons, 0, sizeof(persons));
```

对象的内存

- 对象的内存可以存在于3种地方
  - 全局区（数据段）：全局变量
  - 栈空间：函数里面的局部变量
  - 堆空间：动态申请内存（malloc、new等）

```
// 全局区
Person g_person;

int main() {
    // 栈空间
    Person person;

    // 堆空间
    Person *p = new Person;
    return 0;
}
```

构造函数（Constructor）

- 构造函数（也叫构造器），在对象创建的时候自动调用，一般用于完成对象的初始化工作

- 特点
  - 函数名与类同名，无返回值（void都不能写），可以有参数，可以重载，可以有多个构造函数
  - 一旦自定义了构造函数，必须用其中一个自定义的构造函数来初始化对象

- 注意
  - 通过malloc分配的对象不会调用构造函数

- 一个广为流传的、很多教程\书籍都推崇的错误结论：
  - ~~默认情况下，编译器会为每一个类生成空的无参的构造函数~~
  - 正确理解：在某些特定的情况下，编译器才会为类生成空的无参的构造函数
    - ✓ （哪些特定的情况？以后再提）

小码哥教育 SEEMYGO

构造函数的调用

```
struct Person {
    int m_age;
    Person() {
        cout << "Person()" << endl;
    }
    Person(int age) {
        cout << "Person(int age)" << endl;
    }
};
```

```
// 全局区
Person g_p1;        // 调用Person()
Person g_p2();      // 这是一个函数声明，函数名叫g_p2，返回值类型是Person，无参
Person g_p3(20);    // 调用Person(int)

int main() {
    // 栈空间
    Person p1;      // 调用Person()
    Person p2();    // 这是一个函数声明，函数名叫p2，返回值类型是Person，无参
    Person p3(20);  // 调用Person(int)

    // 堆空间
    Person *p4 = new Person;        // 调用Person()
    Person *p5 = new Person();      // 调用Person()
    Person *p6 = new Person(20);    // 调用Person(int)
    return 0;
}
```

默认情况下，成员变量的初始化

```
struct Person {
    int m_age;
};

// 全局区（成员变量初始化为0）
Person g_p1;

int main() {
    // 栈空间（成员变量不会被初始化）
    Person p1;

    // 堆空间
    Person *p2 = new Person;          // 成员变量不会被初始化
    Person *p3 = new Person();        // 成员变量初始化为0
    Person *p4 = new Person[3];       // 成员变量不会被初始化
    Person *p5 = new Person[3]();     // 3个Person对象的成员变量都初始化为0
    Person *p6 = new Person[3]{};     // 3个Person对象的成员变量都初始化为0

    return 0;
}
```

- 如果自定义了构造函数，除了全局区，其他内存空间的成员变量默认都不会被初始化，需要开发人员手动初始化

小码哥教育 SEEMYGO

成员变量的初始化

- 对象初始化

```
Person() {
    memset(this, 0, sizeof(Person));
}
```

析构函数（Destructor）

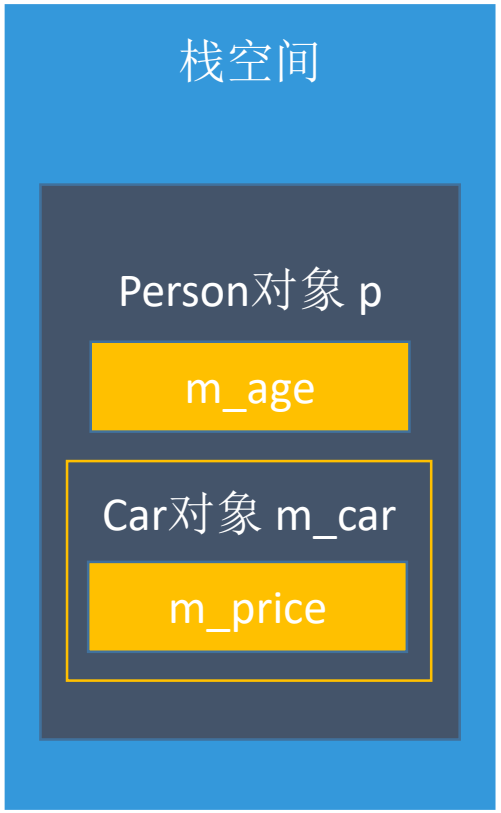
- 析构函数（也叫析构器），在对象销毁的时候自动调用，一般用于完成对象的清理工作

- 特点
  - 函数名以~开头，与类同名，无返回值（void都不能写），无参，不可以重载，有且只有一个析构函数

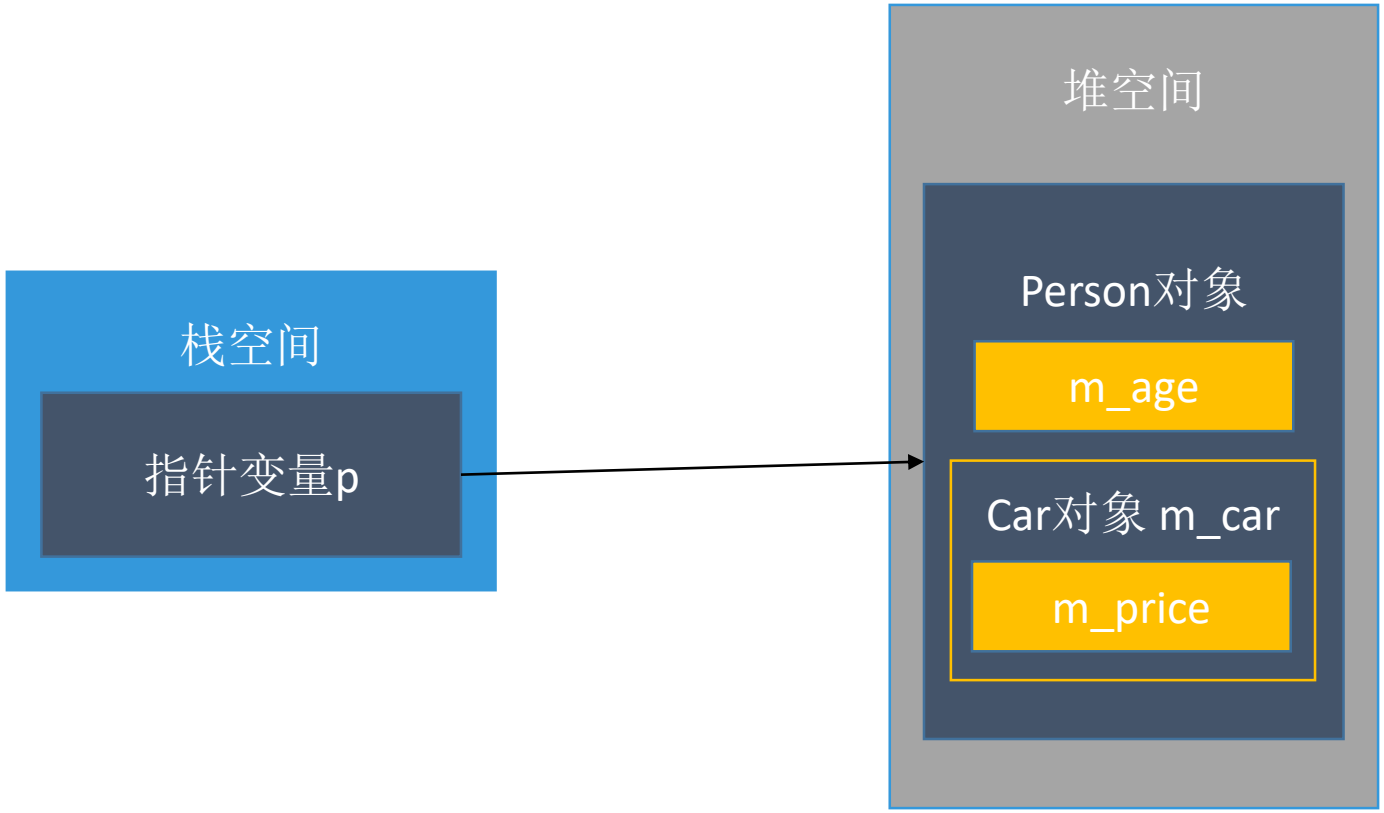
- 注意
  - 通过malloc分配的对象free的时候不会调用析构函数

- 构造函数、析构函数要声明为public，才能被外界正常使用

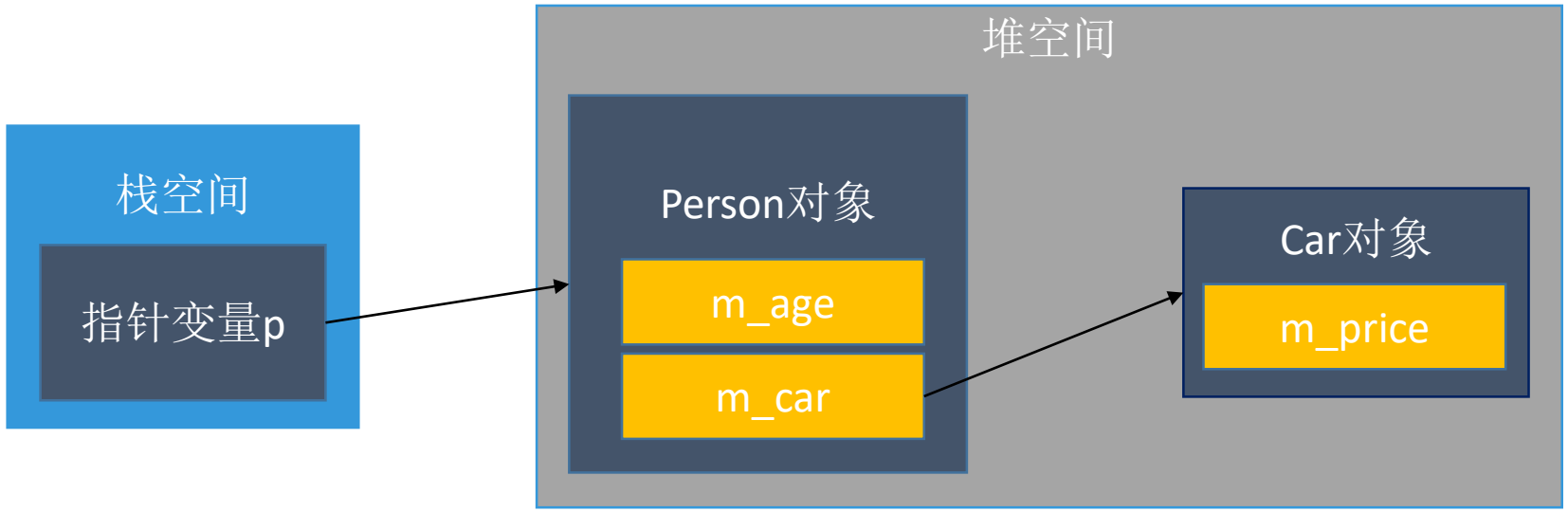
```
struct Car {
    int m_price;
};

struct Person {
    int m_age;
    Car m_car;
};

Person p;
```



```
struct Car {
    int m_price;
};

struct Person {
    int m_age;
    Car m_car;
};

Person *p = new Person();
```

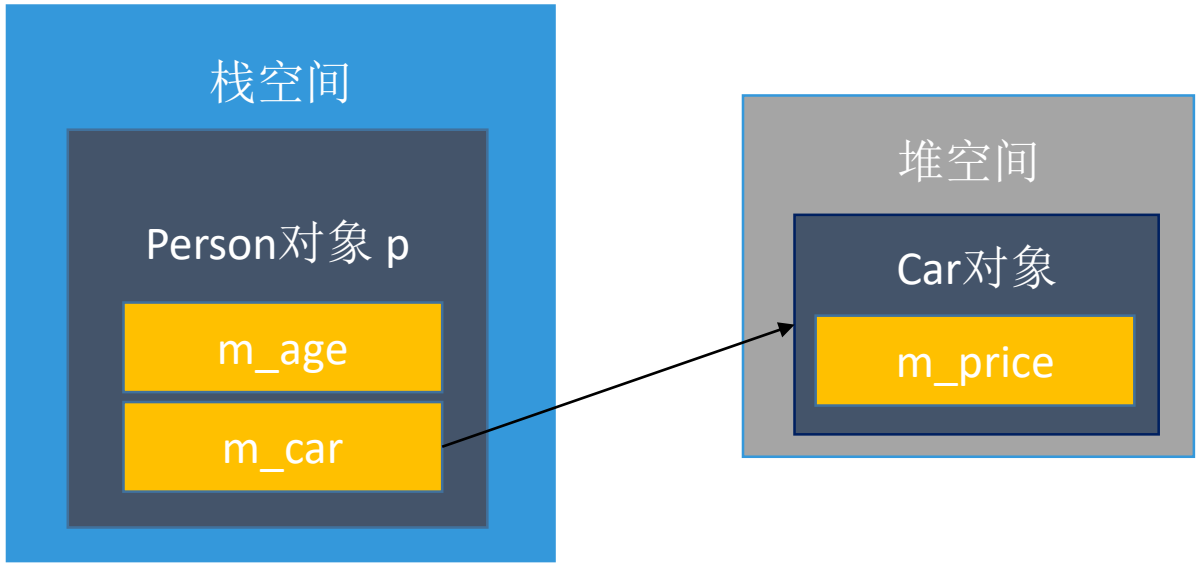


```
struct Car {
    int m_price;
};

struct Person {
    int m_age;
    Car *m_car;
    Person() {
        m_car = new Car();
    }
    ~Person() {
        delete m_car;
    }
};

Person *p = new Person();
```



■ 对象内部申请的堆空间，由对象内部回收

```
struct Car {
    int m_price;
};

struct Person {
    int m_age;
    Car *m_car;
    Person() {
        m_car = new Car();
    }
    ~Person() {
        delete m_car;
    }
};

Person p;
```



小码哥教育 SEEMYGO

声明和实现分离

Person.h

测试

```
1   #pragma once
2   class Person {
3   private:
4       int m_age;
5   public:
6       void setAge(int age);
7       int getAge();
8       Person();
9       ~Person();
10  };
```

Person.cpp

测试

```
1   #include "Person.h"
2
3   Person::Person() {
4   }
5
6   void Person::setAge(int age) {
7       this->m_age = age;
8   }
9
10  int Person::getAge() {
11      return this->m_age;
12  }
13
14  Person::~Person() {
15  }
```

命名空间

- 命名空间可以用来避免命名冲突

```
namespace MJ {
    int g_age;

    class Person {
    };

    void test() {

    }
}

int main() {
    MJ::g_age = 20;
    MJ::Person *p = new MJ::Person();
    MJ::test();
    return 0;
}
```

```
using namespace MJ;

g_age = 20;
Person *p = new Person();
test();
```

```
using MJ::g_age;
g_age = 20;
```

- 命名空间不影响内存布局

小码哥教育 SEEMYGO

思考

```
namespace MJ {
    int g_age;
}

namespace FX {
    int g_age;
}
```

```
using namespace MJ;
using namespace FX;

// 这句代码能编译通过么?
g_age = 20;
```

命名空间的嵌套

```
namespace MJ {
    namespace SS {
        int g_age;
    }
}

int main() {
    MJ::SS::g_age = 10;

    using namespace MJ::SS;
    g_age = 20;

    using MJ::SS::g_age;
    g_age = 30;

    return 0;
}
```

- 有个默认的全局命名空间，我们创建的命名空间默认都嵌套在它里面

```
int g_no;

namespace MJ {
    namespace SS {
        int g_age;
    }
}

int main() {
    ::g_no = 20;

    ::MJ::SS::g_age = 30;

    return 0;
}
```

命名空间的合并

- 以下2种写法是等价的

```
namespace MJ {
    int g_age;
}

namespace MJ {
    int g_no;
}
```

```
namespace MJ {
    int g_age;
    int g_no;
}
```

小码哥教育 SEEMYGO

命名空间的合并

Person.h

测试

```
1   #pragma once
2
3   namespace MJ {
4       class Person {
5       public:
6           Person();
7           ~Person();
8       };
9   }
```

Person.cpp

测试

```
1   #include "Person.h"
2
3   namespace MJ {
4       Person::Person() {
5       }
6
7       Person::~Person() {
8       }
9   }
```

小码哥教育 SEEMYGO

其他编程语言的命名空间

- Java
  - Package

- Objective-C
  - 类前缀

继承

- 继承，可以让子类拥有父类的所有成员（变量\函数）

```
struct Person {
    int m_age;
    void run() {
        cout << "Person::run()" << endl;
    }
};

struct Student : Person {
    int m_no;
    void study() {
        cout << "Student::study()" << endl;
    }
};
```

```
Student student;
student.m_age = 20;
student.m_no = 1;
student.run();
student.study();
```

- 关系描述
- Student是子类（subclass，派生类）
- Person是父类（superclass，超类）

- C++中没有像Java、Objective-C的基类
  - Java：java.lang.Object
  - Objective-C：NSObject

对象的内存布局

```
struct Person {
    int m_age;
};

struct Student : Person {
    int m_no;
};

struct GoodStudent : Student {
    int m_money;
};
```

```
GoodStudent gs;
gs.m_age = 20;
gs.m_no = 1;
gs.m_money = 666;
```

		内存地址	内存数据
&gs	&gs.m_age	B8BCEFF708	20
		B8BCEFF709	
		B8BCEFF70A	
		B8BCEFF70B	
	&gs.m_no	B8BCEFF70C	1
		B8BCEFF70D	
		B8BCEFF70E	
		B8BCEFF70F	
	&gs.m_money	B8BCEFF710	666
		B8BCEFF711	
		B8BCEFF712	
		B8BCEFF713	

- 父类的成员变量在前，子类的成员变量在后

成员访问权限

- 成员访问权限、继承方式有3种
  - public：公共的，任何地方都可以访问（struct默认）
  - protected：子类内部、当前类内部可以访问
  - private：私有的，只有当前类内部可以访问（class默认）

- 子类内部访问父类成员的权限，是以下2项中权限最小的那个
  - 成员本身的访问权限
  - 上一级父类的继承方式

- 开发中用的最多的继承方式是public，这样能保留父类原来的成员访问权限

- 访问权限不影响对象的内存布局

初始化列表

- 特点
  - 一种便捷的初始化成员变量的方式
  - 只能用在构造函数中
  - 初始化顺序只跟成员变量的声明顺序有关

- 图片中的2种写法是等价的

```
struct Person {
    int m_age;
    int m_height;
    Person(int age, int height) {
        this->m_age = age;
        this->m_height = height;
    }
};
```

```
struct Person {
    int m_age;
    int m_height;
    Person(int age, int height) :m_age(age), m_height(height) {

    }
};
```

小码哥教育 SEEMYGO

思考

- m_age、m_height的值是多少

```
int myAge() { return 10; }
int myHeight() { return 170; }

struct Person {
    int m_age;
    int m_height;
    Person(int age, int height) :m_height(myHeight()), m_age(myAge()) {

    }
};

Person p(20, 180);
```

- 10、170

小码哥教育 SEEMYGO

思考

- m_age、m_height的值是多少

```
struct Person {
    int m_age;
    int m_height;
    Person(int age, int height) :m_height(height), m_age(m_height) {

    }
};

Person p(20, 180);
```

- 未知、180

构造函数的互相调用

```
struct Person {
    int m_age;
    int m_height;
    Person() :Person(0, 0) { }
    Person(int age, int height) :m_age(age), m_height(height)  { }
};
```

■ 注意：下面的写法是错误的，初始化的是一个临时对象

```
struct Person {
    int m_age;
    int m_height;
    Person() {
        Person(0, 0);
    }
    Person(int age, int height) :m_age(age), m_height(height)  { }
};
```

小码哥教育 SEEMYGO

初始化列表与默认参数配合使用

```
class Person {
    int m_age;
    int m_height;
public:
    Person(int age = 0, int height = 0) :m_age(age), m_height(height) { }
};

int main() {
    Person person1;
    Person person2(18);
    Person person3(20, 180);

    getchar();
    return 0;
}
```

- 如果函数声明和实现是分离的
  - 初始化列表只能写在函数的实现中
  - 默认参数只能写在函数的声明中

小码哥教育 SEEMYGO

父类的构造函数

- 子类的构造函数默认会调用父类的无参构造函数
- 如果子类的构造函数显式地调用了父类的有参构造函数，就不会再去默认调用父类的无参构造函数
- 如果父类缺少无参构造函数，子类的构造函数必须显式调用父类的有参构造函数

小码哥教育 SEEMYGO

继承体系下的构造函数示例

```
struct Person {
    int m_age;
    Person() :Person(0) {
    }
    Person(int age) :m_age(age) {
    }
};

struct Student : Person {
    int m_no;
    Student() :Student(0, 0) {
    }
    Student(int age, int no) :Person(age), m_no(no) {
    }
};
```

构造、析构顺序

- 构造和析构顺序相反

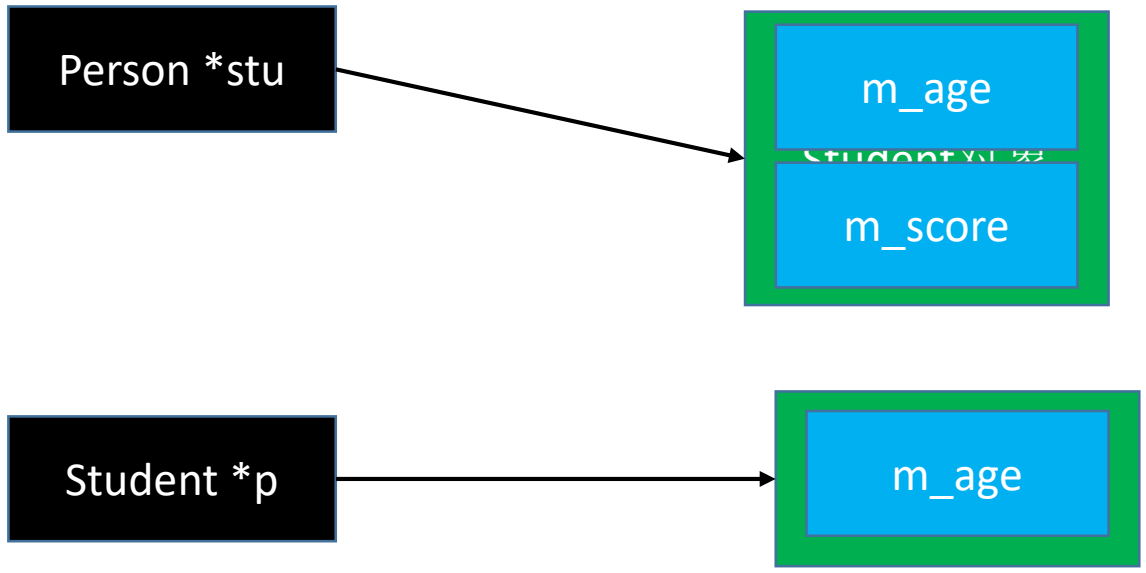
```
struct Person {
    Person() {
        cout << "Person()" << endl;
    }
    ~Person() {
        cout << "~Person()" << endl;
    }
};

struct Student : Person {
    Student() {
        cout << "Student()" << endl;
    }
    ~Student() {
        cout << "~Student()" << endl;
    }
};
```

```
Person()
Student()
~Student()
~Person()
```

父类指针、子类指针

- 父类指针可以指向子类对象，是安全的，开发中经常用到（继承方式必须是public）

- 子类指针指向父类对象是不安全的



小码哥教育 SEEMYGO

多态

- 默认情况下，编译器只会根据指针类型调用对应的函数，不存在多态

- 多态是面向对象非常重要的一个特性
  - 同一操作作用于不同的对象，可以有不同的解释，产生不同的执行结果
  - 在运行时，可以识别出真正的对象类型，调用对应子类中的函数

- 多态的要素
  - 子类重写父类的成员函数（override）
  - 父类指针指向子类对象
  - 利用父类指针调用重写的成员函数

小码哥教育 SEEMYGO

虚函数

- C++中的多态通过虚函数（virtual function）来实现
- 虚函数：被virtual修饰的成员函数
- 只要在父类中声明为虚函数，子类中重写的函数也自动变成虚函数（也就是说子类中可以省略virtual关键字）

虚表

- 虚函数的实现原理是虚表，这个虚表里面存储着最终需要调用的虚函数地址，这个虚表也叫虚函数表

```
class Animal {
public:
    int m_age;
    virtual void speak() {
        cout << "Animal::speak()" << endl;
    }
    virtual void run() {
        cout << "Animal::run()" << endl;
    }
};

class Cat : public Animal {
public:
    int m_life;
    void speak() {
        cout << "Cat::speak()" << endl;
    }
    void run() {
        cout << "Cat::run()" << endl;
    }
};
```

```
Animal *cat = new Cat();
cat->m_age = 20;
cat->speak();
cat->run();
```

虚表（x86环境的图）

	内存地址	内存数据			内存地址	内存数据
cat	0x00E69B60	0x00B89B64		虚表	0x00B89B64	0x00B814E7
	0x00E69B61				0x00B89B65	
	0x00E69B62				0x00B89B66	
	0x00E69B63				0x00B89B67	
&m_age	0x00E69B64	20			0x00B89B68	0x00B814CE
	0x00E69B65				0x00B89B69	
	0x00E69B66				0x00B89B6A	
	0x00E69B67				0x00B89B6B	
&m_life	0x00E69B68	0				
	0x00E69B69			Cat::speak的调用地址：0x00B814E7		
	0x00E69B6A					
	0x00E69B6B			Cat::run的调用地址：0x00B814CE		

- 所有的Cat对象（不管在全局区、栈、堆）共用同一份虚表

小码哥教育 SEEMYGO

虚表汇编分析

```
// 调用Cat::speak
// 取出cat指针变量里面存储的地址值
// eax里面存放的是Cat对象的地址值
mov             eax,dword ptr [cat]
// 取出Cat对象的前面4个字节给edx
// edx里面存储的是虚表的地址
mov             edx,dword ptr [eax]
// 取出虚表中的前面4个字节给eax
// eax存放的就是Cat::speak的函数地址
mov             eax,dword ptr [edx]
call            eax
```

```
// 调用Cat::run
// 取出cat指针变量里面存储的地址值
// eax里面存放的是Cat对象的地址值
mov             eax,dword ptr [cat]
// 取出Cat对象的前面4个字节给edx
// edx里面存储的是虚表的地址
mov             edx,dword ptr [eax]
// 取出虚表中的后面4个字节给eax
// eax存放的就是Cat::run的函数地址
mov             eax,dword ptr [edx+4]
call            eax
```

虚表（x86环境的图）

```
class Animal {
public:
    int m_age;
    virtual void speak() {
        cout << "Animal::speak()" << endl;
    }
    virtual void run() {
        cout << "Animal::run()" << endl;
    }
};

class Cat : public Animal {
public:
    int m_life;
    void run() {
        cout << "Cat::run()" << endl;
    }
};
```

```
Animal *cat = new Cat();
cat->m_age = 20;
cat->speak();
cat->run();
```

	内存地址	内存数据
cat	0x00E69B60	0x00B89B64
	0x00E69B61	
	0x00E69B62	
	0x00E69B63	
&m_age	0x00E69B64	20
	0x00E69B65	
	0x00E69B66	
	0x00E69B67	
&m_life	0x00E69B68	0
	0x00E69B69	
	0x00E69B6A	
	0x00E69B6B	

虚表 →

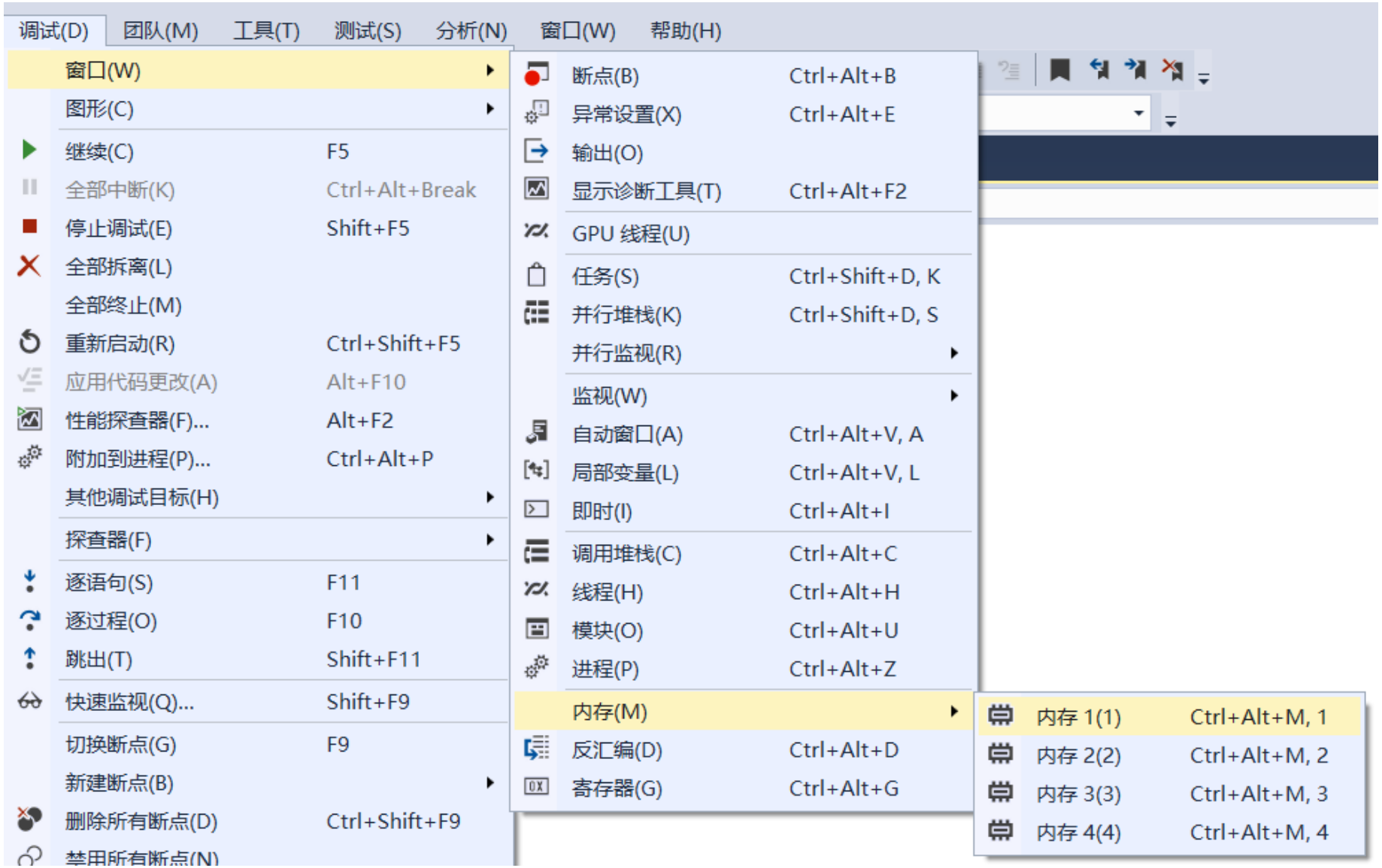
内存地址	内存数据
0x00B89B64	0x00DC14F1
0x00B89B65	
0x00B89B66	
0x00B89B67	
0x00B89B68	0x00DC14CE
0x00B89B69	
0x00B89B6A	
0x00B89B6B	

Animal::speak的调用地址：0x00DC14F1

Cat::run的调用地址：0x00DC14CE

小码哥教育 SEEMYGO

VS的内存窗口



小码哥教育 SEEMYGO

调用父类的成员函数实现

```
class Animal {
public:
    virtual void speak() {
        cout << "Animal::speak()" << endl;
    }
};

class Cat : public Animal {
public:
    void speak() {
        Animal::speak();
        cout << "Cat::speak()" << endl;
    }
};
```

小码哥教育 SEEMYGO

虚析构函数

- 含有虚函数的类，应该将析构函数声明为虚函数（虚析构函数）
  - delete父类指针时，才会调用子类的析构函数，保证析构的完整性

```
class Person {
public:
    virtual void run() {
        cout << "Person::run()" << endl;
    }
    virtual ~Person() {
        cout << "Person::~Person()" << endl;
    }
};

class Student : public Person {
public:
    void run() {
        cout << "Student::run()" << endl;
    }
    ~Student() {
        cout << "Student::~Student()" << endl;
    }
};
```

纯虚函数

- 纯虚函数：没有函数体且初始化为0的虚函数，用来定义接口规范

- 抽象类（Abstract Class）
  - 含有纯虚函数的类，不可以实例化（不可以创建对象）
  - 抽象类也可以包含非纯虚函数
  - 如果父类是抽象类，子类没有完全实现纯虚函数，那么这个子类依然是抽象类

```
class Animal {
    virtual void speak() = 0;
    virtual void walk() = 0;
};
```

多继承

■ C++允许一个类可以有多个父类（不建议使用，会增加程序设计复杂度）

```
class Student {
public:
    int m_score;
    void study() {
        cout << "Student::study()" << endl;
    }
};

class Worker {
public:
    int m_salary;
    void work() {
        cout << "Worker::work()" << endl;
    }
};

class Undergraduate : public Student, public Worker {
public:
    int m_grade;
    void play() {
        cout << "Undergraduate::play()" << endl;
    }
};
```

```
Undergraduate ug;
ug.m_score = 100;
ug.m_salary = 2000;
ug.m_grade = 4;
ug.study();
ug.work();
ug.play();
```

		内存地址	内存数据
&ug	&m_score	0x00E69B60	100
		0x00E69B61	
		0x00E69B62	
		0x00E69B63	
	&m_salary	0x00E69B64	2000
		0x00E69B65	
		0x00E69B66	
		0x00E69B67	
	&m_grade	0x00E69B68	4
		0x00E69B69	
		0x00E69B6A	
		0x00E69B6B	

小码哥教育 SEEMYGO

多继承体系下的构造函数调用

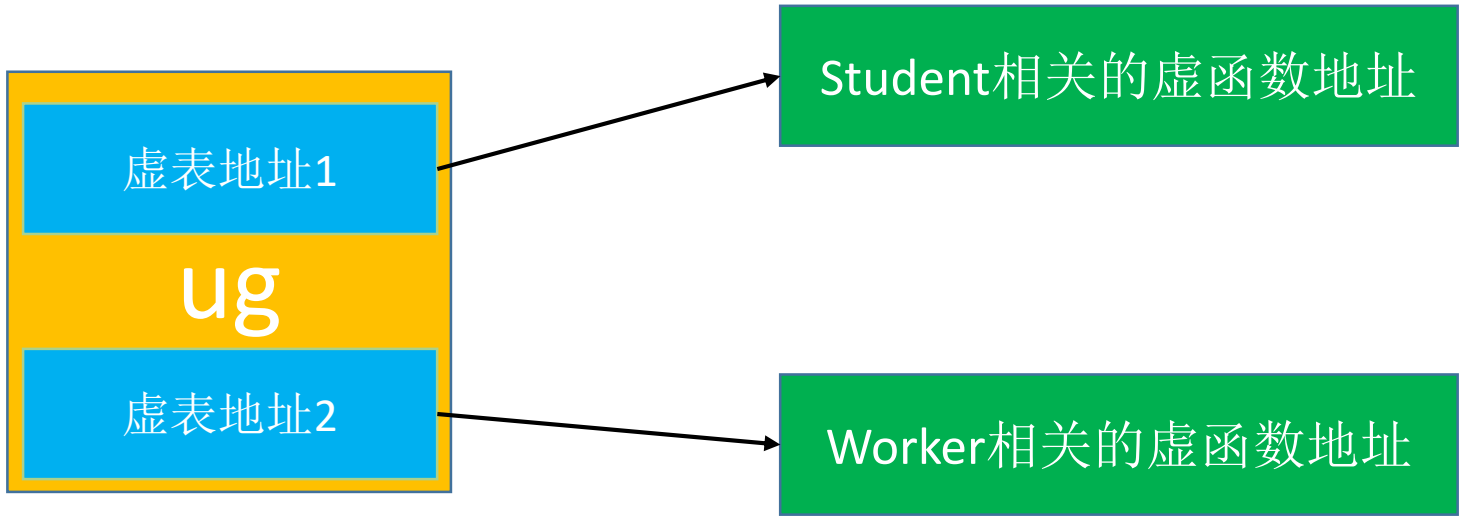
```
class Student {
    int m_score;
public:
    Student(int score) {
        this->m_score = score;
    }
};

class Worker {
    int m_salary;
public:
    Worker(int salary) {
        this->m_salary = salary;
    }
};

class Undergraduate : public Student, public Worker {
public:
    Undergraduate(int score, int salary) :Student(score), Worker(salary) {
    }
};
```

多继承-虚函数

■ 如果子类继承的多个父类都有虚函数，那么子类对象就会产生对应的多张虚表

```
class Student {
public:
    virtual void study() {
        cout << "Student::study()" << endl;
    }
};

class Worker {
public:
    virtual void work() {
        cout << "Worker::work()" << endl;
    }
};

class Undergraduate : public Student, public Worker {
public:
    void study() {
        cout << "Undergraduate::study()" << endl;
    }
    void work() {
        cout << "Undergraduate::work()" << endl;
    }
    void play() {
        cout << "Undergraduate::play()" << endl;
    }
};
```

```
Undergraduate ug;
```



小码哥教育 SEEMYGO

同名函数

```
class Student {
public:
    void eat() {
        cout << "Student::eat()" << endl;
    }
};

class Worker {
public:
    void eat() {
        cout << "Worker::eat()" << endl;
    }
};

class Undergraduate : public Student, public Worker {
public:
    void eat() {
        cout << "Undergraduate::eat()" << endl;
    }
};
```

```
Undergraduate ug;
ug.Student::eat(); // Student::eat()
ug.Worker::eat(); // Worker::eat()
ug.Undergraduate::eat(); // Undergraduate::eat()
ug.eat(); // Undergraduate::eat()
```

同名成员变量

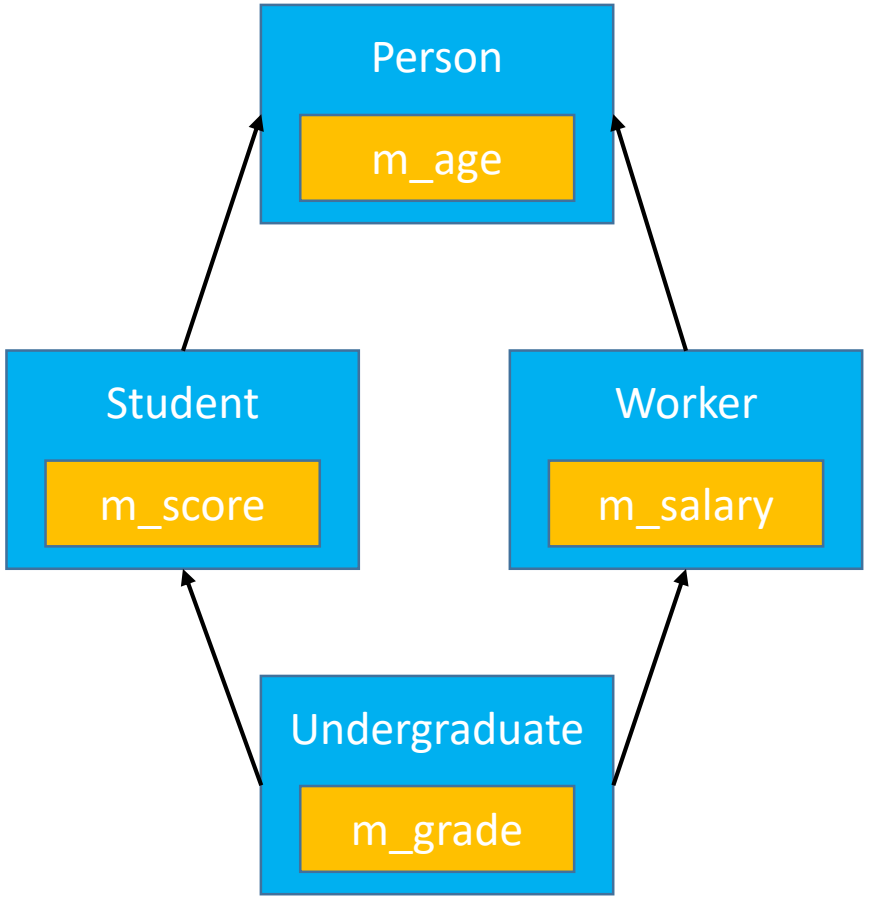
```
class Student {
public:
    int m_age;
};

class Worker {
public:
    int m_age;
};

class Undergraduate : public Student, public Worker {
public:
    int m_age;
};
```

```
Undergraduate ug;
ug.m_age = 10;
ug.Student::m_age = 20;
ug.Worker::m_age = 30;

cout << ug.Undergraduate::m_age << endl; // 10
cout << ug.Student::m_age << endl; // 20
cout << ug.Worker::m_age << endl; // 30
```

	内存地址	内存数据
&Student::m_age	0x00E69B60	20
	0x00E69B61	
	0x00E69B62	
	0x00E69B63	
&Worker::m_age	0x00E69B64	30
	0x00E69B65	
	0x00E69B66	
	0x00E69B67	
&Undergraduate::m_age	0x00E69B68	10
	0x00E69B69	
	0x00E69B6A	
	0x00E69B6B	

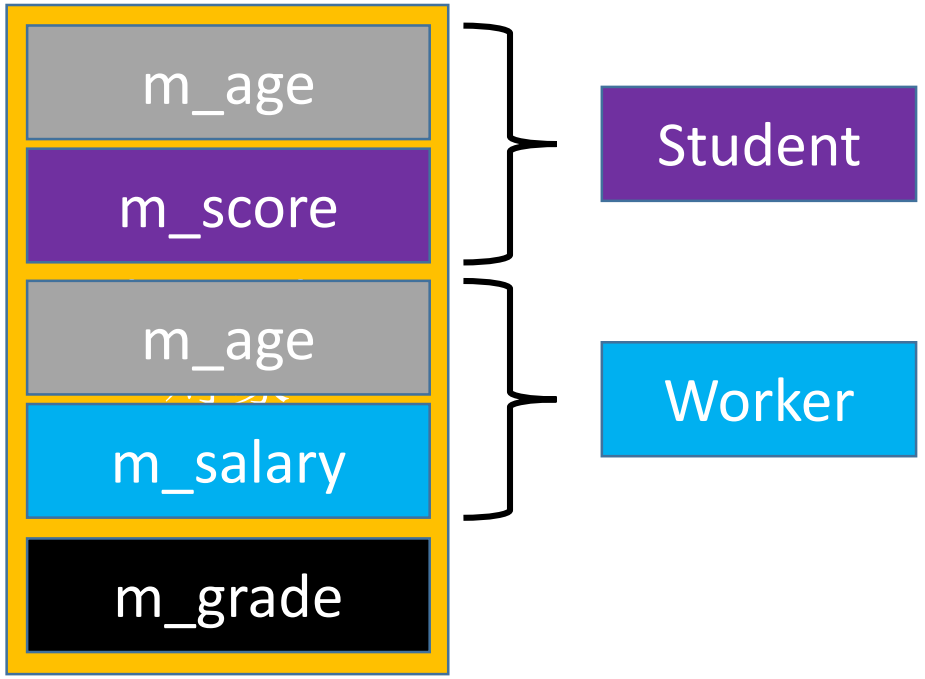
菱形继承

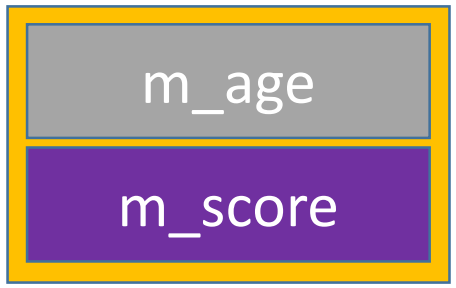
- 菱形继承带来的问题
  - 最底下子类从基类继承的成员变量冗余、重复
  - 最底下子类无法访问基类的成员，有二义性

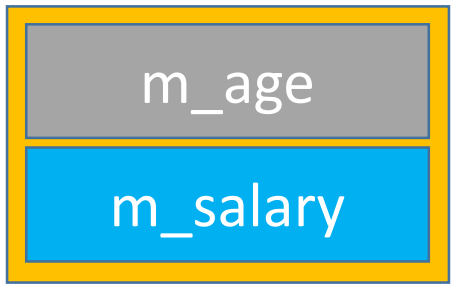


菱形继承

```
class Person {
    int m_age;
};

class Student : public Person {
    int m_score;
};

class Worker : public Person {
    int m_salary;
};

class Undergraduate : public Student, public Worker {
    int m_grade;
};
```

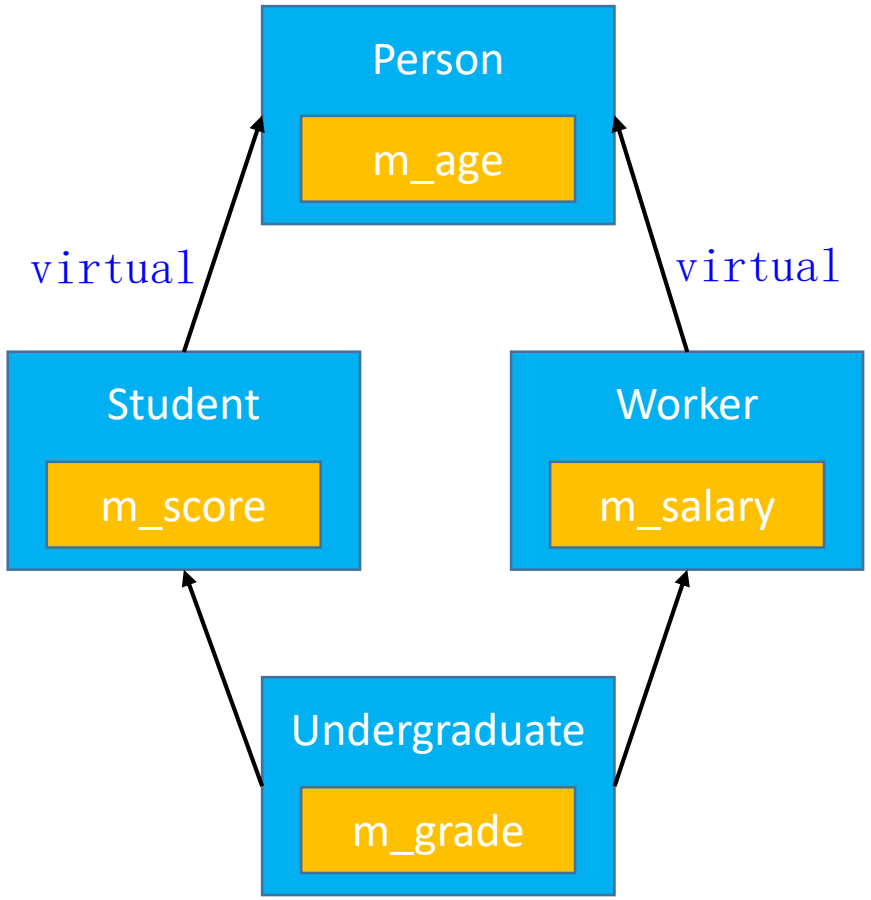






虚继承

- 虚继承可以解决菱形继承带来的问题
- Person类被称为虚基类

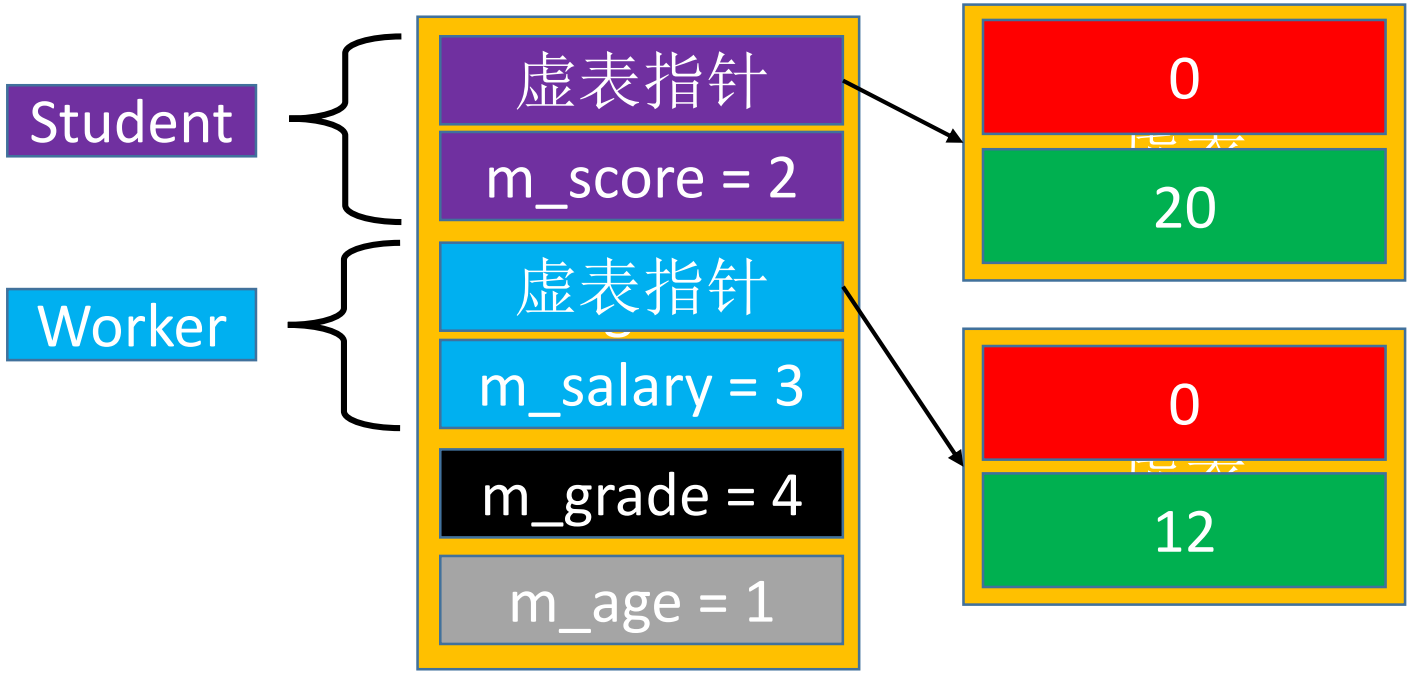


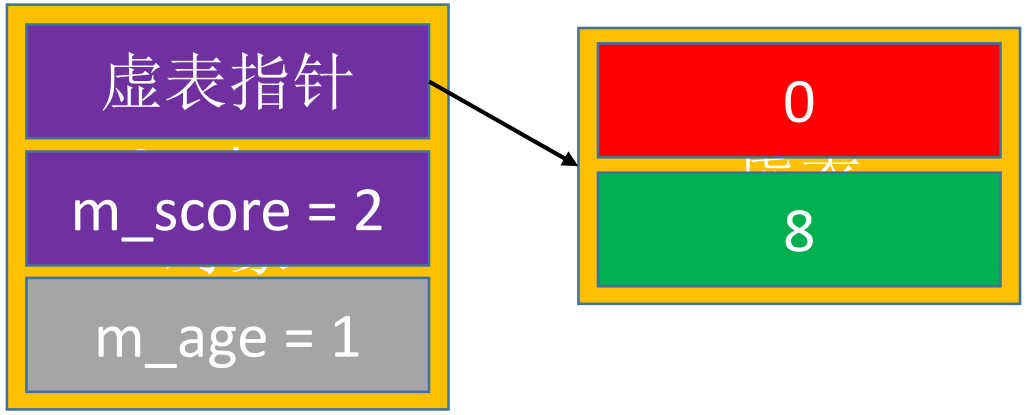
虚继承

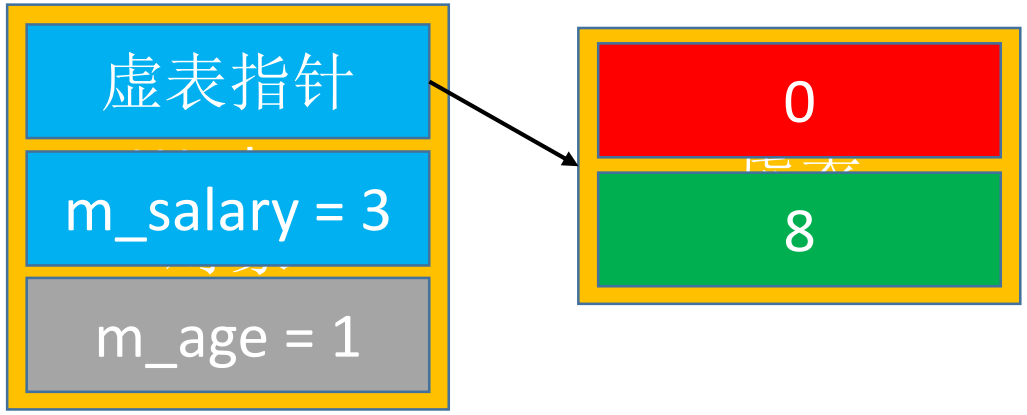
虚表指针与本类起始的偏移量（一般是0）

虚基类第一个成员变量与本类起始的偏移量

```
class Person {
    int m_age = 1;
};

class Student : virtual public Person {
    int m_score = 2;
};

class Worker : virtual public Person {
    int m_salary = 3;
};

class Undergraduate : public Student, public Worker {
    int m_grade = 4;
};
```







小码哥教育 SEEMYGO

静态成员（static）

- 静态成员：被static修饰的成员变量\函数
  - 可以通过对象（对象.静态成员）、对象指针（对象指针->静态成员）、类访问（类名::静态成员）
- 静态成员变量
  - 存储在数据段（全局区，类似于全局变量），整个程序运行过程中只有一份内存
  - 对比全局变量，它可以设定访问权限（public、protected、private），达到局部共享的目的
  - 必须初始化，必须在类外面初始化，初始化时不能带static，如果类的声明和实现分离（在实现.cpp中初始化）
- 静态成员函数
  - 内部不能使用this指针（this指针只能用在非静态成员函数内部）
  - 不能是虚函数（虚函数只能是非静态成员函数）
  - 内部不能访问非静态成员变量\函数，只能访问静态成员变量\函数
  - 非静态成员函数内部可以访问静态成员变量\函数
  - 构造函数、析构函数不能是静态
  - 当声明和实现分离时，实现部分不能带static

小码哥教育 SEEMYGO

静态成员

```
class Car {
    int m_price;
    static int ms_count;
public:
    static int getCount() {
        return ms_count;
    }
    Car(int price = 0) :m_price(price) {
        ms_count++;
    }
    ~Car() {
        ms_count--;
    }
};

int Car::ms_count = 0;
```

小码哥教育 SEEMYGO

静态成员经典应用 – 单例模式

```
class Rocket {
public:
    static Rocket* sharedRocket() {
        // 严格来讲，这段代码需要考虑线程安全问题
        if (ms_instance == NULL) {
            ms_instance = new Rocket();
        }
        return ms_instance;
    }
private:
    Rocket() { }
    static Rocket* ms_instance;
};

Rocket* Rocket::ms_instance = NULL;
```

const成员

- const成员：被const修饰的成员变量、非静态成员函数

- const成员变量
  - 必须初始化（类内部初始化），可以在声明的时候直接初始化赋值
  - 非static的const成员变量还可以在初始化列表中初始化

- const成员函数（非静态）
  - const关键字写在参数列表后面，函数的声明和实现都必须带const
  - 内部不能修改非static成员变量
  - 内部只能调用const成员函数、static成员函数
  - 非const成员函数可以调用const成员函数
  - const成员函数和非const成员函数构成重载
  - 非const对象（指针）优先调用非const成员函数
  - const对象（指针）只能调用const成员函数、static成员函数

```
class Car {
    const int mc_wheelsCount = 20;
public:
    Car() :mc_wheelsCount(10) { }

    void run() const {
        cout << " run()" << endl;
    }
};
```

小码哥教育 SEEMYGO

引用类型成员

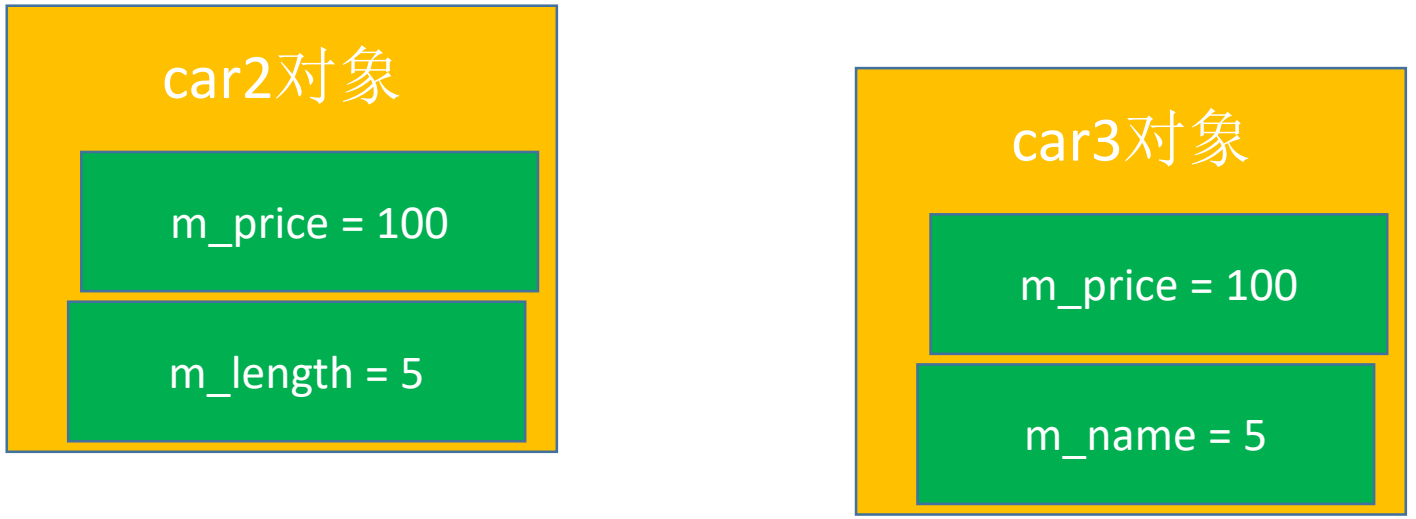
- 引用类型成员变量必须初始化（不考虑static情况）
  - 在声明的时候直接初始化
  - 通过初始化列表初始化

```
class Car {
    int age;
    int &m_price = age;
public:
    Car(int &price) :m_price(price) { }
};
```

拷贝构造函数（Copy Constructor）

- 拷贝构造函数是构造函数的一种
- 当利用已存在的对象创建一个新对象时（类似于拷贝），就会调用新对象的拷贝构造函数进行初始化
- 拷贝构造函数的格式是固定的，接收一个const引用作为参数

```
class Car {
    int m_price;
public:
    Car(int price = 0) :m_price(price) { }
    Car(const Car &car) {
        this->m_price = car.m_price;
    }
};
```


car2对象
m_price = 100
m_length = 5
car3对象
m_price = 100
m_name = 5

小码哥教育 SEEMYGO

调用父类的拷贝构造函数

```
class Person {
    int m_age;
public:
    Person(int age) :m_age(age) { }
    Person(const Person &person) :m_age(person.m_age) { }
};

class Student : public Person {
    int m_score;
public:
    Student(int age, int score) :Person(age), m_score(score) { }
    Student(const Student &student) :Person(student), m_score(student.m_score) { }
};
```

小码哥教育 SEEMYGO

拷贝构造函数

- car2、car3都是通过拷贝构造函数初始化的，car、car4是通过非拷贝构造函数初始化

```
Car car(100, "BMW 730Li");
Car car2 = car;
Car car3(car2);
Car car4;
car4 = car3;
```

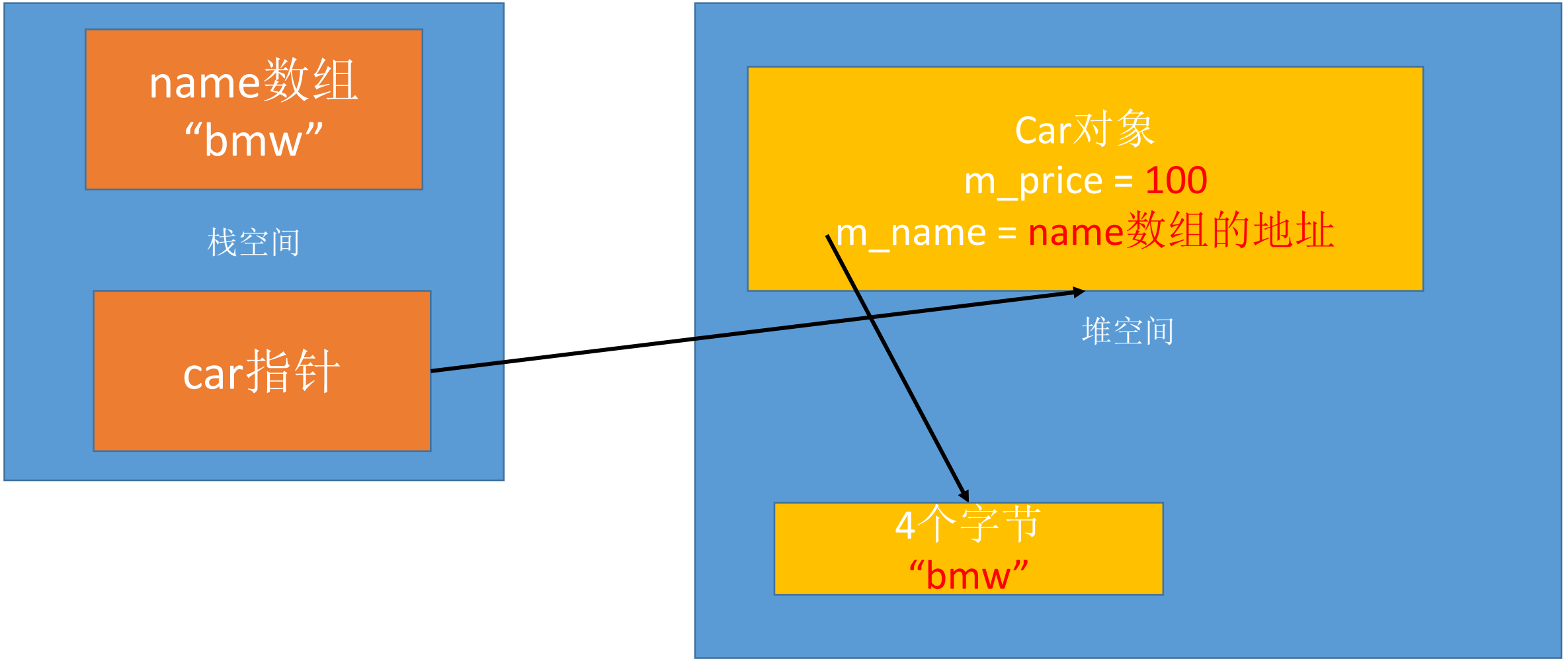
- car4 = car3是一个赋值操作（默认是浅复制），并不会调用拷贝构造函数

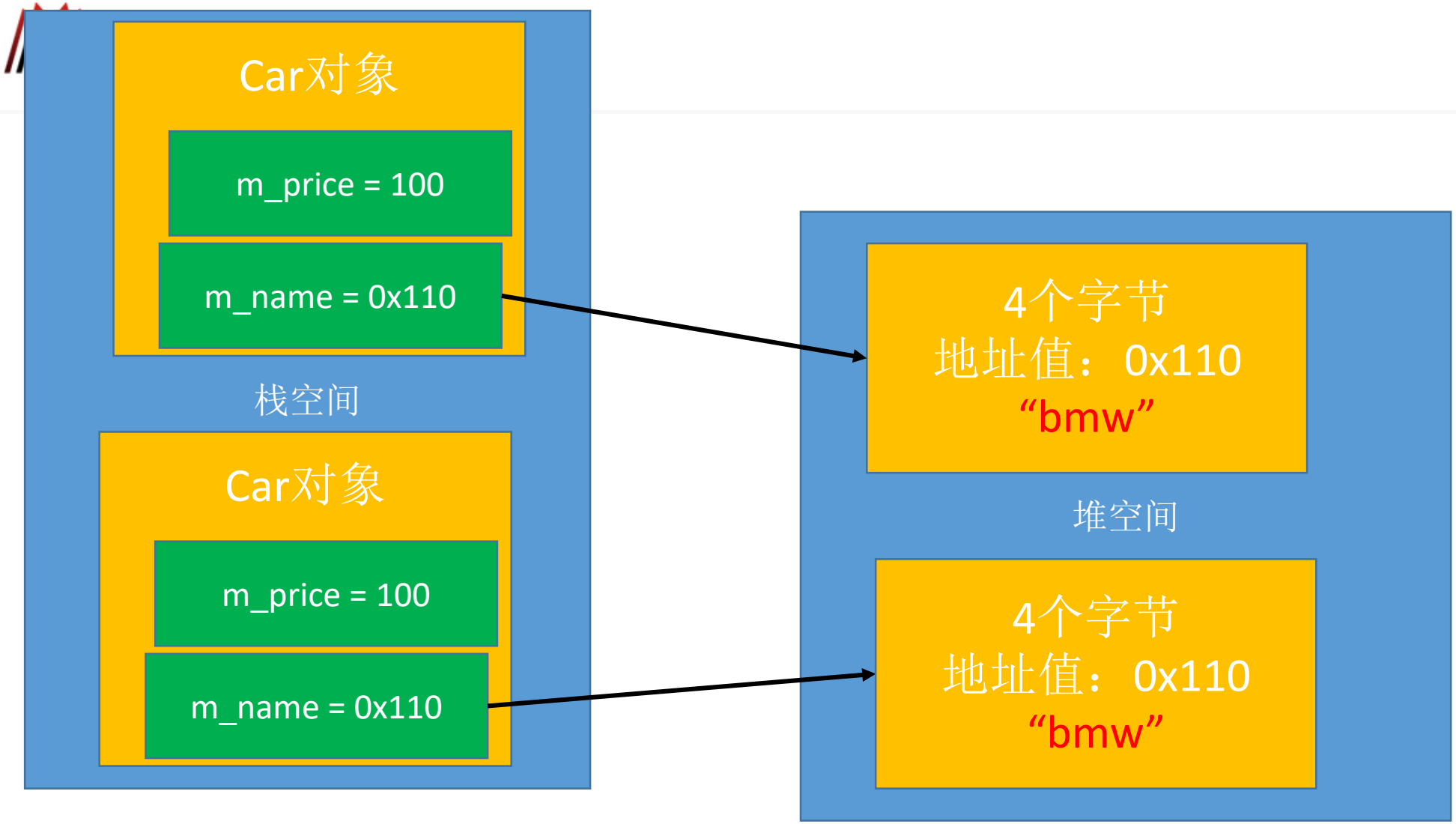
小码哥教育 SEEMYGO

浅拷贝、深拷贝

- 编译器默认的提供的拷贝是浅拷贝（shallow copy）
  - 将一个对象中所有成员变量的值拷贝到另一个对象
  - 如果某个成员变量是个指针，只会拷贝指针中存储的地址值，并不会拷贝指针指向的内存空间
  - 可能会导致堆空间多次free的问题

- 如果需要实现深拷贝（deep copy），就需要自定义拷贝构造函数
  - 将指针类型的成员变量所指向的内存空间，拷贝到新的内存空间


name数组
“bmw”
栈空间
car指针
Car对象
m_price = 100
m_name = name数组的地址
堆空间
4个字节
“bmw”


Car对象
m_price = 100
m_name = 0x110
栈空间
Car对象
m_price = 100
m_name = 0x110
4个字节
地址值：0x110
“bmw”
堆空间
4个字节
地址值：0x110
“bmw”

小码哥教育 SEEMYGO

深拷贝示例

```
class Car {
    int m_price;
    char *m_name;
    void copyName(const char *name) {
        if (name == NULL) return;

        this->m_name = new char[strlen(name) + 1]{};
        strcpy(this->m_name, name);
    }
public:
    Car(int price = 0, const char *name = NULL) :m_price(price) {
        copyName(name);
    }
    Car(const Car &car) {
        this->m_price = car.m_price;

        copyName(car.m_name);
    }
    ~Car() {
        if (this->m_name != NULL) {
            delete[] this->m_name;
        }
    }
};
```

对象型参数和返回值

- 使用对象类型作为函数的参数或者返回值，可能会产生一些不必要的中间对象

```
class Car {
    int m_price;
public:
    Car() { }
    Car(int price) :m_price(price) { }
    Car(const Car &car) :m_price(car.m_price) { }
};

void test1(Car car) {

}

Car test2() {
    Car car(20); // Car(int price)
    return car;
}
```

```
Car car1(10); // Car(int price)
test1(car1); // Car(const Car &car)

Car car2 = test2(); // Car(const Car &car)

Car car3(30); // Car(int price)
car3 = test2(); // Car(const Car &car)
```

匿名对象（临时对象）

- 匿名对象：没有变量名、没有被指针指向的对象，用完后马上调用析构

```
void test1(Car car) {

}

Car test2() {
    return Car(60);
}
```

```
Car(10); // Car(int price)
Car(20).display(); // Car(int price)

Car car1 = Car(30); // Car(int price)

test1(Car(40)); // Car(int price)

Car car3(50); // Car(int price)
car3 = test2(); // Car(int price)
```

隐式构造

- C++中存在隐式构造的现象：某些情况下，会隐式调用单参数的构造函数

```
void test1(Car car) {

}

Car test2() {
    return 70;
}
```

```
Car car1 = 10; // Car(int price)

Car car2(20); // Car(int price)
car2 = 30; // Car(int price)，匿名对象

test1(40); // Car(int price)

Car car3 = test2(); // Car(int price)
```

- 可以通过关键字explicit禁止掉隐式构造

```
class Car {
    int m_price;
public:
    Car() { }
    explicit Car(int price) :m_price(price) { }
    Car(const Car &car) :m_price(car.m_price) { }
};
```

小码哥教育 SEEMYGO

编译器自动生成的构造函数

- C++的编译器在某些特定的情况下，会给类自动生成无参的构造函数，比如
  - 成员变量在声明的同时进行了初始化
  - 有定义虚函数
  - 虚继承了其他类
  - 包含了对象类型的成员，且这个成员有构造函数（编译器生成或自定义）
  - 父类有构造函数（编译器生成或自定义）

- 总结一下
  - 对象创建后，需要做一些额外操作时（比如内存操作、函数调用），编译器一般都会为其自动生成无参的构造函数

小码哥教育 SEEMYGO

友元

- 友元包括友元函数和友元类
- 如果将函数A（非成员函数）声明为类C的友元函数，那么函数A就能直接访问类C对象的所有成员
- 如果将类A声明为类C的友元类，那么类A的所有成员函数都能直接访问类C对象的所有成员
- 友元破坏了面向对象的封装性，但在某些频繁访问成员变量的地方可以提高性能

```
class Point {
    friend Point add(const Point &, const Point &);
    friend class Math;
private:
    int m_x;
    int m_y;
public:
    Point() { }
    Point(int x, int y) :m_x(x), m_y(y) { }
};
```

```
Point add(const Point &p1, const Point &p2) {
    return Point(p1.m_x + p2.m_x, p1.m_y + p2.m_y);
}

class Math {
    void test() {
        Point point;
        point.m_x = 10;
        point.m_y = 20;
    }

    static void test2() {
        Point point;
        point.m_x = 10;
        point.m_y = 20;
    }
};
```

内部类

- 如果将类A定义在类C的内部，那么类A就是一个内部类（嵌套类）
- 内部类的特点
  - 支持public、protected、private权限
  - 成员函数可以直接访问其外部类对象的所有成员（反过来则不行）
  - 成员函数可以直接不带类名、对象名访问其外部类的static成员
  - 不会影响外部类的内存布局
  - 可以在外部类内部声明，在外部类外面进行定义

```
class Point {
    static void test1() {
        cout << "Point::test1()" << endl;
    }
    static int ms_test2;
    int m_x;
    int m_y;
public:
    class Math {
    public:
        void test3() {
            cout << "Point::Math::test3()" << endl;
            test1();
            ms_test2 = 10;

            Point point;
            point.m_x = 10;
            point.m_y = 20;
        }
    };
};
```

小码哥教育 SEEMYGO

内部类 – 声明和实现分离

```
class Point {
    class Math {
        void test();
    };
};

void Point::Math::test() {

}
```

```
class Point {
    class Math;
};

class Point::Math {
    void test() {

    }
};
```

```
class Point {
    class Math;
};

class Point::Math {
    void test();
};

void Point::Math::test() {

}
```

局部类

- 在一个函数内部定义的类，称为局部类
- 局部类的特点
  - 作用域仅限于所在的函数内部
  - 其所有的成员必须定义在类内部，不允许定义static成员变量
  - 成员函数不能直接访问函数的局部变量（static变量除外）

```
int m_age1 = 0;

void test() {
    static int s_age2 = 0;
    int age3 = 0;

    class Point {
        int m_x;
        int m_y;
    public:
        static void display() {
            m_age1 = 10;
            s_age2 = 20;
            age3 = 30;
        }
    };

    Point::display();
}
```