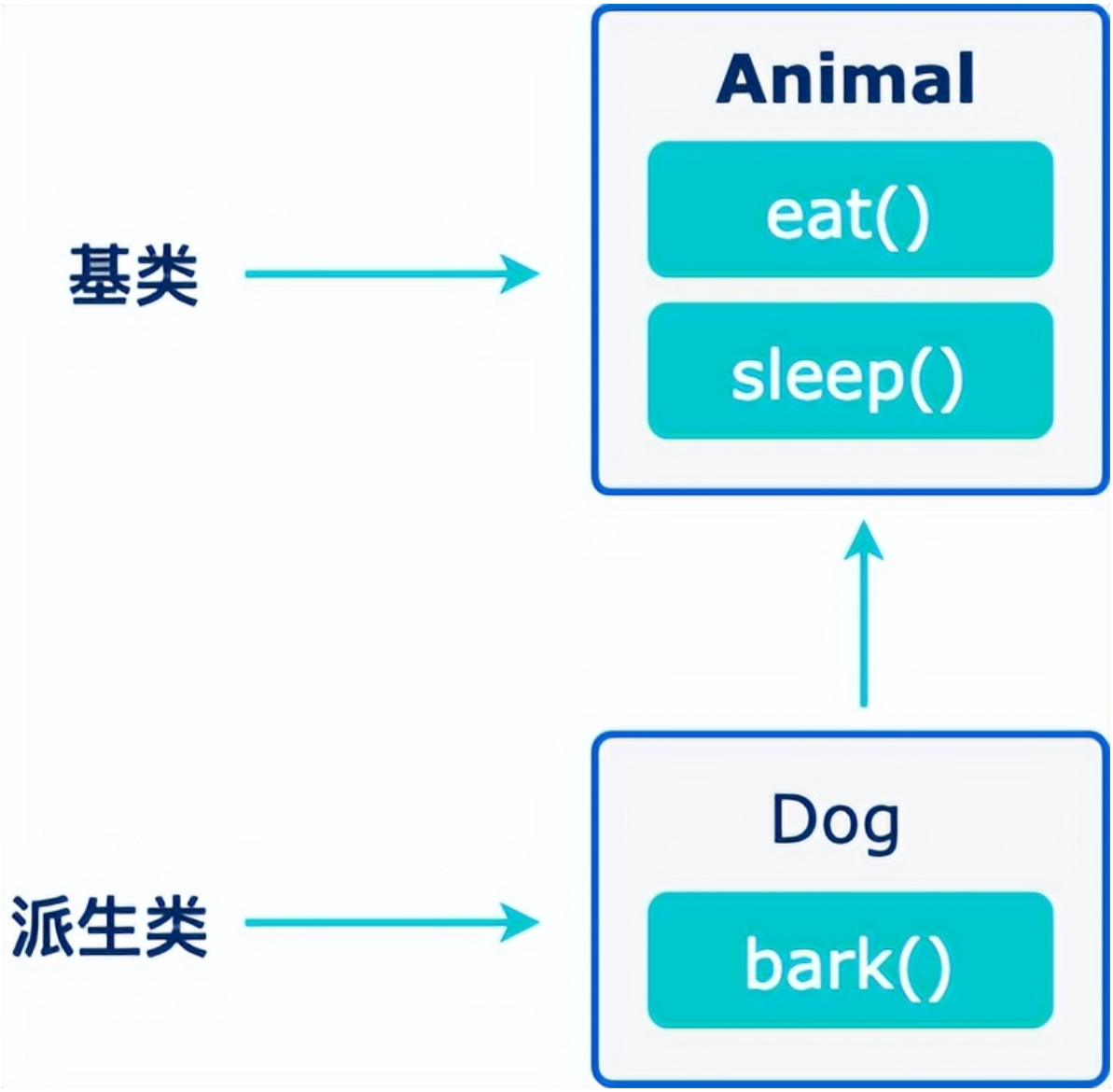
什么是继承?

在C++的类中，可以封装属性和方法，对于不同的对象，我们会设置不同的类进行描述。然而，很多时候类之间有一定关系。比如，动物类都包括eat()和sleep()方法，而狗属于动物，并且还有bark()方法。



如果狗类在动物类的基础上，直接复制过来再添加bark()方法，就会造成代码重复。因此，继承可以解决这类问题。

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

    void sleep() {
        cout << "睡觉" << endl;
    }
};

class Dog : public Animal {
public:
    void bark() {
```

```
        cout << "叫" << endl;
    }
};
```

Dog类继承Animal类，Dog类中并没有eat()和sleep()方法，但是dog对象依然可以调用这两个方法。

依此类推，如果还有Cat类等，也可以继承Animal类。

访问控制

类当中的访问控制包括public、private、protected，被public修饰的属性或方法可以在类的外部直接访问，被private、protected修饰的属性或方法可以在类的外部不可以直接访问。一般成员变量都设置为private，操作接口设置为public暴露出来，供类的外部操作。

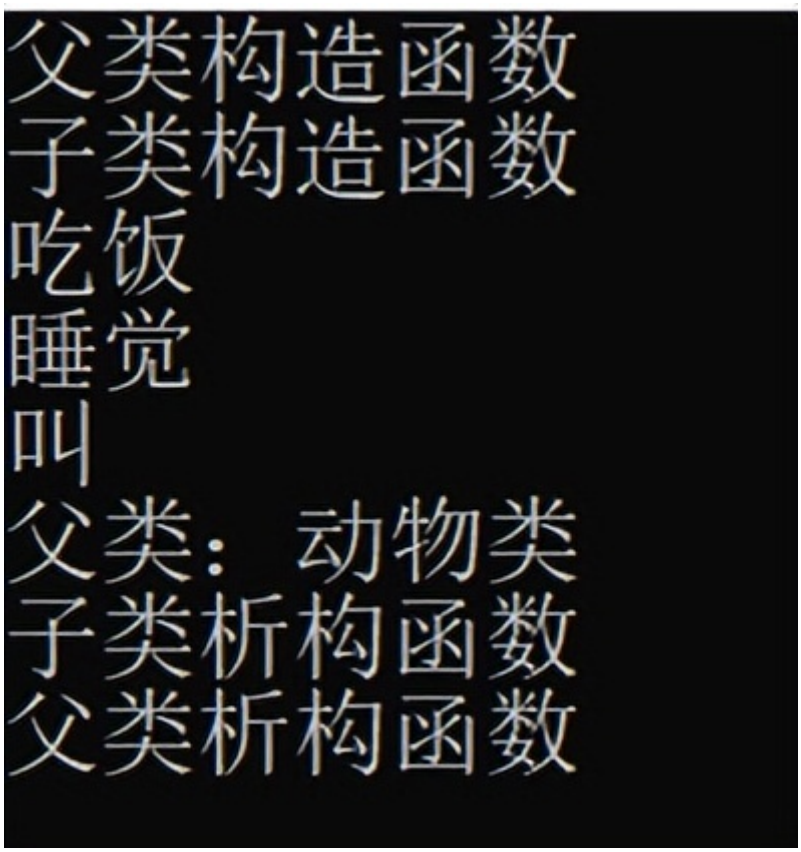
继承时一般采用public方式，子类可以直接继承父类的控制权限。如果采用protected继承会将父类的public也变为protected，如果采用private继承会将父类所有权限都变为private。

protected可以被子类继承，private不可以被子类继承。

如果子类的方法和父类方法相同，会重定义父类方法，子类对象调用时采用就近原则，只有子类没有该方法，才回到父类查找并调用。

```
class Animal {
private:

protected:
    string m_name;
public:

    Animal() {
        m_name = "动物类";
        cout << "父类构造函数" << endl;
    }

    ~Animal() {
        cout << "父类析构函数" << endl;
    }
    void eat() {
        cout << "吃饭" << endl;
    }

    void sleep() {
        cout << "睡觉" << endl;
    }

    void output() {
        cout << "父类: " << m_name << endl;
    }
};

class Dog : public Animal {
public:

    Dog() {
        cout << "子类构造函数" << endl;
    }

    ~Dog() {
```

```
37          cout << "子类析构函数" << endl;
38      }
39
40      void bark() {
41          cout << "叫" << endl;
42      }
43
44      /*void output() {
45          cout << "子类: " << m_name << endl;
46      }*/
47  };
48
49  int main() {
50
51      {
52          Dog dog;
53          dog.eat();
54          dog.sleep();
55          dog.bark();
56          dog.output();
57      }
58
59      return 0;
60  }
```



先调用父类构造函数，先析构子类析构函数。

子类调用父类构造函数

子类的成员变量大多数和父类相同，可以直接继承，然而，子类中可能还会添加新的成员变量，那么在进行构造函数初始化的时候，就要将父类的初始化过程再写一遍，这是很不方便的，因此，可以将父类构造函数直接在子类中引用，重复部分就不需要再实现一次。

```cpp
class Animal {
private:

protected:
    string m_name;
    int m_age;
public:
    Animal(string name, int age) {
        m_name = name;
        m_age = age;
    }
};

class Dog : public Animal {
private:
    char m_gender;
public:

    Dog() {
        cout << "子类构造函数" << endl;
    }

    Dog(string name, int age, char gender): Animal(name, age) {
        m_gender = gender;
    }

    void output() {
        cout << m_name << " " << m_age << " " << m_gender << endl;
    }
};

Dog dog = Dog("旺财", 6, 'f');
```

多态

C++在默认情况下，编译器会根据指针类型调用对应函数，不存在多态。如果要实现多态，需要使用virtual关键字。

多态就是同一操作作用于不同对象，会产生不同结果，比如创建父类指针，new不同子类：Animal* dog = new Dog();根据子类不同，父类指针调用同一个方法结果也不同。

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

class Animal {

public:

    void eat() {
        cout << "动物吃饭" << endl;
    }

    void sleep() {
        cout << "动物睡觉" << endl;
    }
};
```

```
17
18  class Dog : public Animal {
19  public:
20
21      void eat() {
22          cout << "狗吃饭" << endl;
23      }
24
25      void sleep() {
26          cout << "狗睡觉" << endl;
27      }
28  };
29
30  int main() {
31
32      Animal* dog = new Dog();
33
34      dog->eat();
35      dog->sleep();
36
37      return 0;
38  }
```

```
    dog->eat();
00007FF77B1425DC  mov          rcx,qword ptr [dog]
00007FF77B1425E0  call         Animal::eat (07FF77B141514h)
    dog->sleep();
00007FF77B1425E5  mov          rcx,qword ptr [dog]
00007FF77B1425E9  call         Animal::sleep (07FF77B14150Fh)
```

正常情况下，结果还是调用父类方法，编译器根据父类指针判断对象，而不是new后面的子类。反汇编分析发现call调用的Animal里面的方法。

下面，给父类加上virtual，子类也可以加上virtual，也可以省略。**子类不需要强制重写父类方法。**

```
1  virtual void eat() {
2      cout << "动物吃饭" << endl;
3  }
4
5  virtual void sleep() {
6      cout << "动物睡觉" << endl;
7  }
```

```
    dog->eat();
00007FF6B37020F1  mov         rax,qword ptr [dog]
00007FF6B37020F5  mov         rax,qword ptr [rax]
00007FF6B37020F8  mov         rcx,qword ptr [dog]
00007FF6B37020FC  call        qword ptr [rax]
    dog->sleep();
00007FF6B37020FE  mov         rax,qword ptr [dog]
00007FF6B3702102  mov         rax,qword ptr [rax]
00007FF6B3702105  mov         rcx,qword ptr [dog]
00007FF6B3702109  call        qword ptr [rax+8]
```

反汇编分析，call后面的地址是寄存器中的值，是一个可变的值。

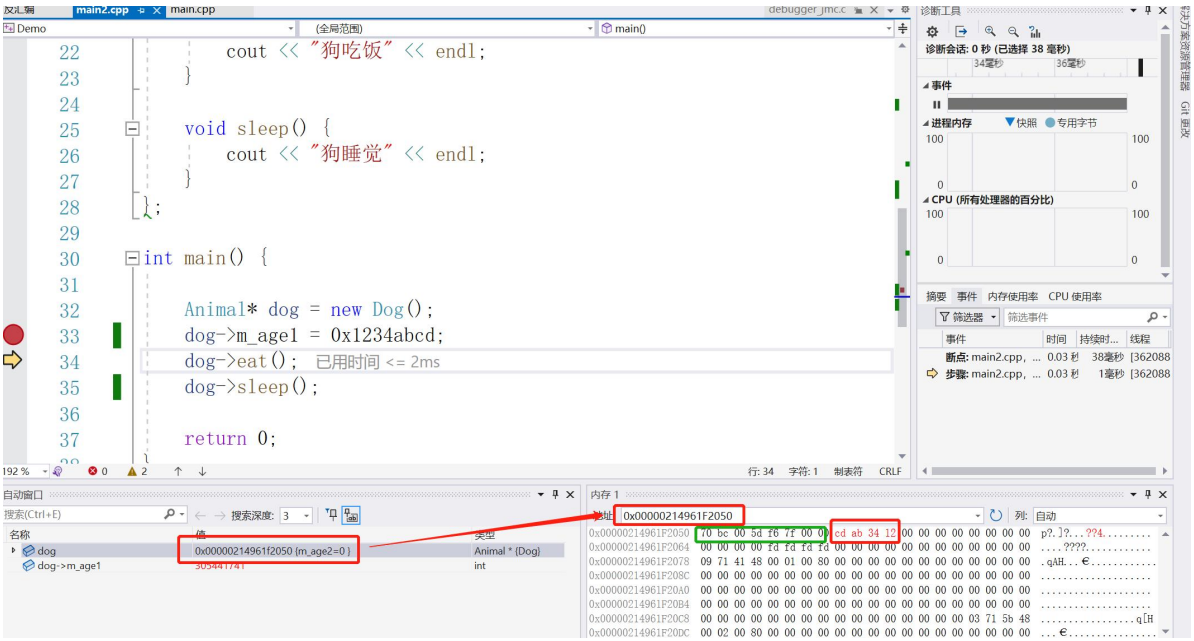
虚表原理

虚函数的实现原理是虚表，只要加上virtual关键字，就会有虚表，存储着最终需要调用的虚函数地址。

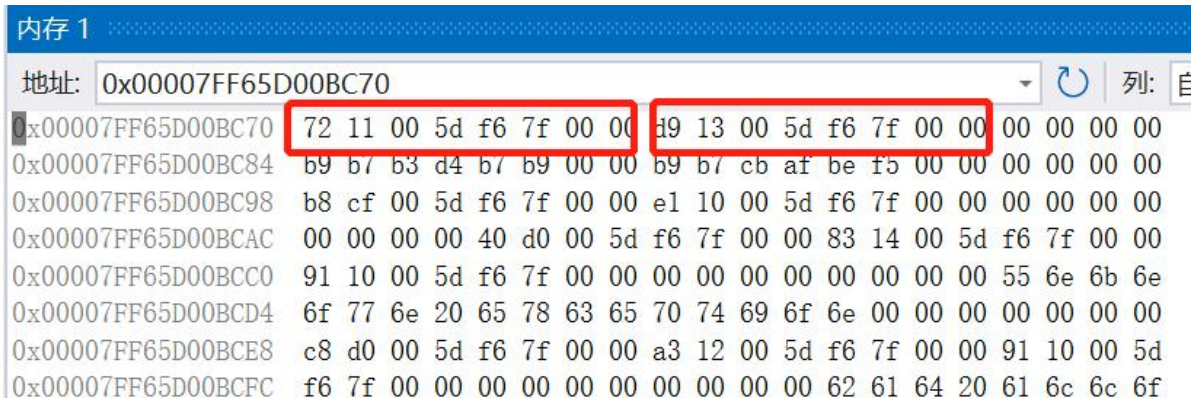
```cpp
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;

class Animal {

public:
    int m_age1;
    virtual void eat() {
        cout << "动物吃饭" << endl;
    }

    virtual void sleep() {
        cout << "动物睡觉" << endl;
    }
};

class Dog : public Animal {
public:
    int m_age2;
    void eat() {
        cout << "狗吃饭" << endl;
    }

    void sleep() {
        cout << "狗睡觉" << endl;
    }
};

int main() {

    Animal* dog = new Dog();
    dog->m_age1 = 0x1234abcd;
    dog->eat();
    dog->sleep();
```

```
36
37      return 0;
38  }
```

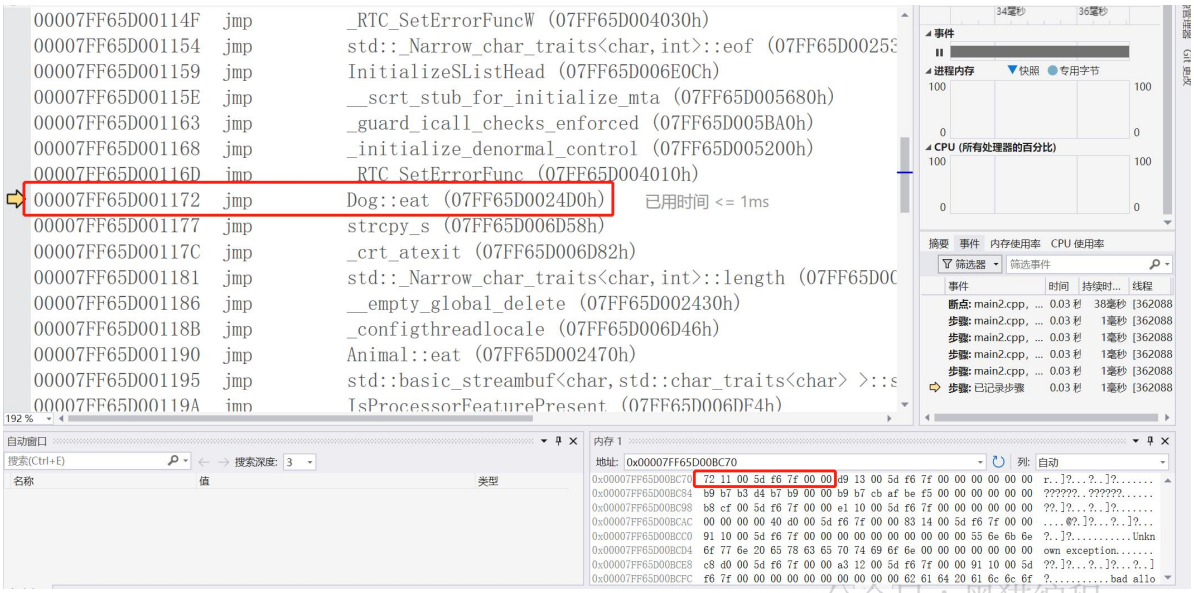
通过dog地址，在内存中查找，找到m_age1的位置，前面的8个字节就是指向虚表的地址，由于本项目是64位，所所以指针占8个字节。



在内存中继续查找虚标地址内容，记录下如下两个地址，即我们最终的虚函数地址：



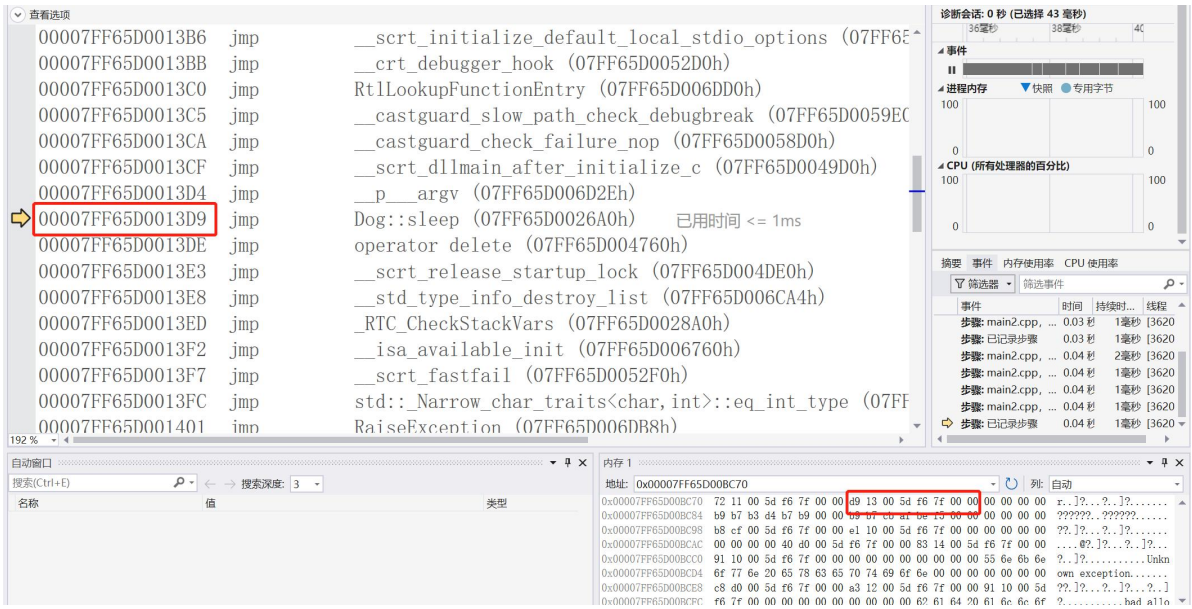
F11向下执行过程中，执行过call语句：

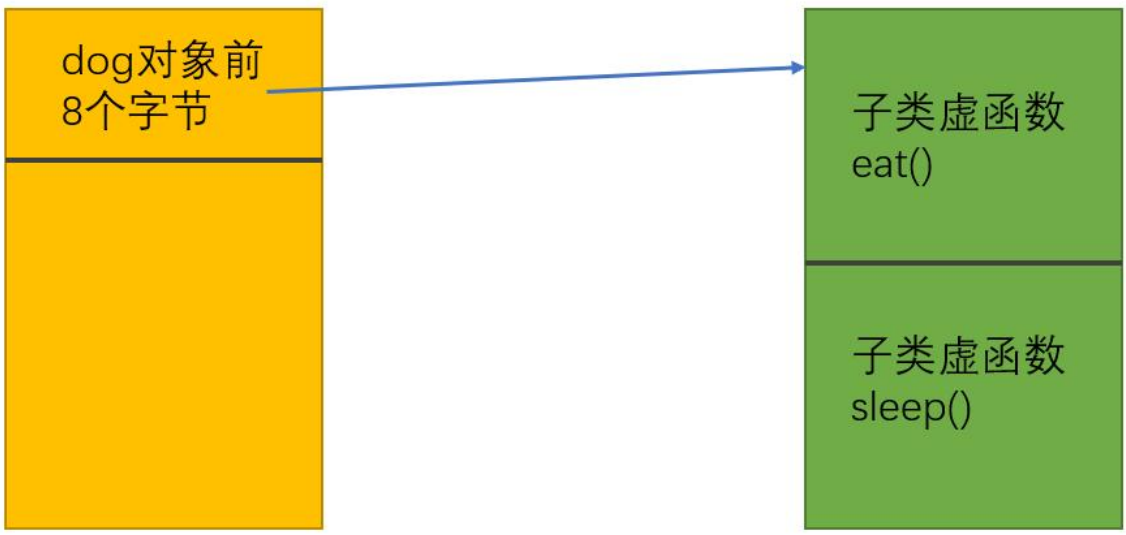


即第一个地址已经对应，大家自己查找下一个地址是否匹配。

跳出后，继续F11：

```
00007FF65D002785  mov         dword ptr [rax+8],1234ABCDh
    dog->eat();
00007FF65D00278C  mov         rax,qword ptr [dog]
00007FF65D002790  mov         rax,qword ptr [rax]
00007FF65D002793  mov         rcx,qword ptr [dog]
00007FF65D002797  call        qword ptr [rax]
    dog->sleep();
00007FF65D002799  mov         rax,qword ptr [dog]
00007FF65D00279D  mov         rax,qword ptr [rax]
00007FF65D0027A0  mov         rcx,qword ptr [dog]
00007FF65D0027A4  call        qword ptr [rax+8]    已用时间 <= 1ms
```





虚析构函数

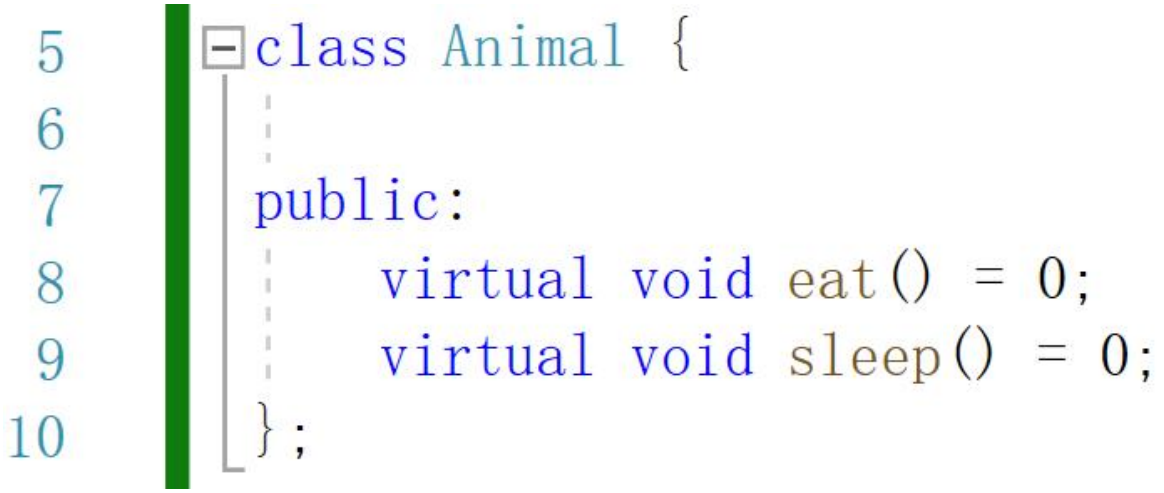
如果存在父类指针指向子类对象情况，一般将析构函数声明为虚析构函数，使子类析构函数也被调用，保证析构完整性。

```
5   class Animal {
6
7   public:
8       int m_age1;
9       virtual void eat() {
10          cout << "动物吃饭" << endl;
11      }
12
13      virtual void sleep() {
14          cout << "动物睡觉" << endl;
15      }
16
17      virtual ~Animal() {
18          cout << "父类析构" << endl;
19      }
20  };
21
22  class Dog : public Animal {
23  public:
24      int m_age2;
25      void eat() {
26          cout << "狗吃饭" << endl;
27      }
28
29      void sleep() {
30          cout << "狗睡觉" << endl;
31      }
32
33      ~Dog() {
34          cout << "子类析构" << endl;
35      }
36  };
```

纯虚函数

纯虚函数：父类没有函数体且初始化为0的虚函数，一般用作定义接口规范，子类必须重写父类虚函数。

如果没有完全重写，子类也是抽象类，不可以实例化对象。



```
class Animal {

public:
    virtual void eat() = 0;
    virtual void sleep() = 0;
};
```

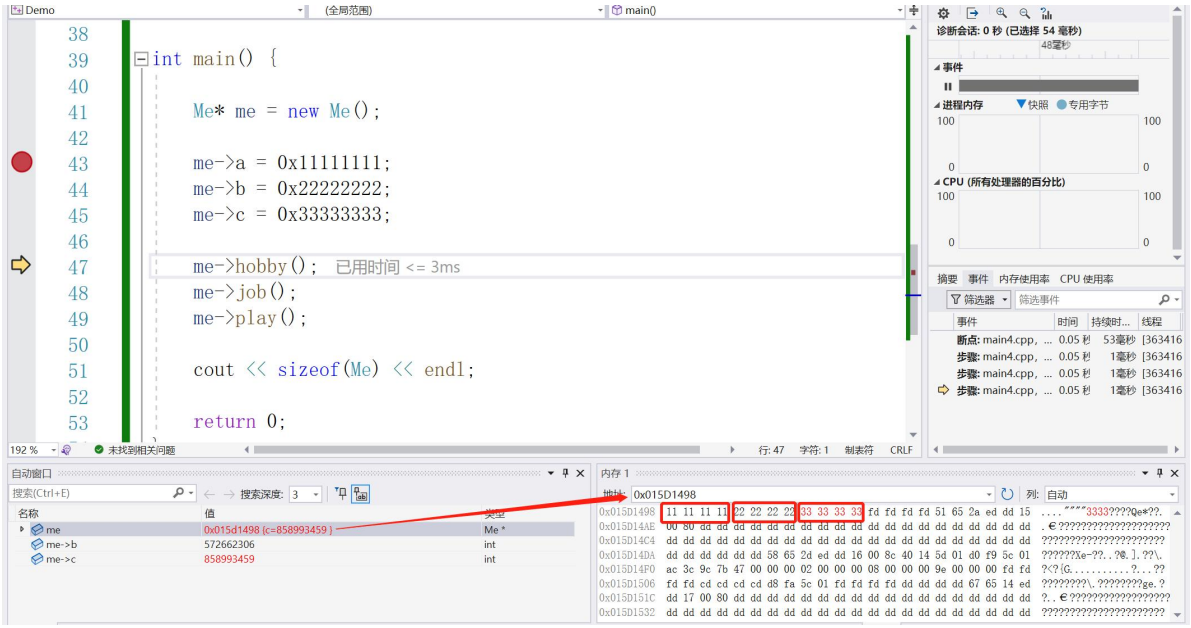
多继承

多继承是一个子类同时继承多个父类，具有多个父类的属性和方法。然而多继承会导致函数变量重名等问题，导致类的设计非常复杂，谨慎使用。

```cpp
class Father{
public:
    int a;

    virtual void hobby() {
        cout << "Father()::hobby()" << endl;
    }
};

class Mother {
public:
    int b;

    virtual void job() {
        cout << "Mother()::job()" << endl;
    }
};

class Me : public Father, public Mother {
public:
    virtual void hobby() {
        cout << "Me()::hobby()" << endl;
    }

    virtual void job() {
        cout << "Me()::job()" << endl;
    }

    virtual void play() {
        cout << "Me()::play()" << endl;
    }
};

int main() {
```

```
35
36      Me* me = new Me();
37
38      me->a = 0x11111111;
39      me->b = 0x22222222;
40
41      me->hobby();
42      me->job();
43      me->play();
44
45      cout << sizeof(Me) << endl;
46
47      return 0;
48  }
```

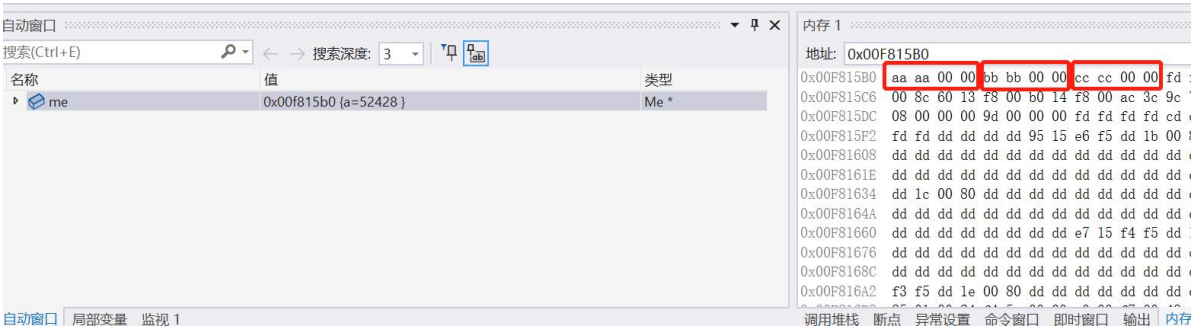
Me类继承了Father类和Mother类，那么在Me类对象中，就包括三个成员变量，按照继承的父类顺序分别为a，b，最后是Me类中的c。



```
004B2628  mov         eax,dword ptr [me]
004B262B  mov         dword ptr [eax+4],22222222h
    me->c = 0x33333333;
004B2632  mov         eax,dword ptr [me]
004B2635  mov         dword ptr [eax+8],33333333h

    me->hobby();
004B263C  mov         ecx,dword ptr [me]
004B263F  call        Father::hobby (04B1505h)
    me->job();
004B2644  mov         ecx,dword ptr [me]
004B2647  add         ecx,4
004B264A  call        Mother::job (04B14FBh)
    me->play();
004B264F  mov         ecx,dword ptr [me]
004B2652  call        Me::play (04B1500h)

    cout << sizeof(Me) << endl;
```

同名成员变量

```cpp
class Father {
public:
    int a = 10;
};

class Mother {
public:
    int a = 30;
};

class Me : public Father, public Mother {
public:
    int a = 30;
};

int main() {

    Me* me = new Me();

    cout << me->Father::a << endl;
    cout << me->Mother::a << endl;
    cout << me->Me::a << endl;
    cout << me->a << endl;

    return 0;
}
```

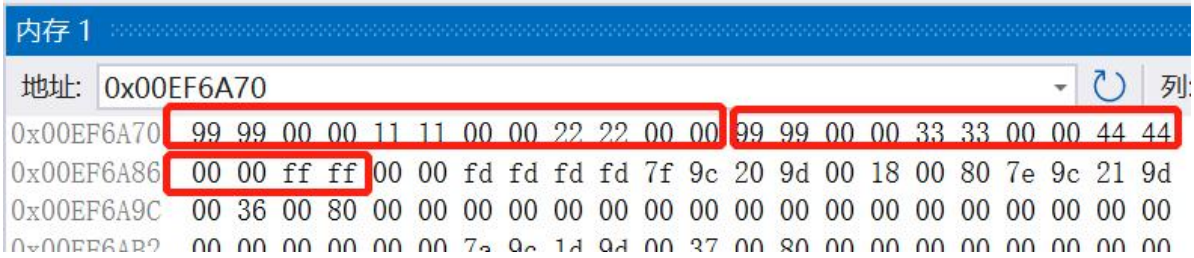


同名成员变量调用，可以指定类名作为作用域，对同名变量进行区分。

菱形继承

两个派生类继承同一个基类，而又有某个类同时继承这两个派生类，这种继承被叫做菱形继承，是多继承当中更加复杂的一种情况。

```cpp
class People {
public:
    int x = 0x9999;
};

class Father: public People {
public:
    int a = 0x1111;
    int c = 0x2222;
};

class Mother : public People {
public:
    int a = 0x3333;
    int d = 0x4444;
};

class Me : public Father, public Mother {
public:
    int e = 0xffff;
};

int main() {

    Me* me = new Me();

    cout << sizeof(Me) << endl;

    return 0;
}
```



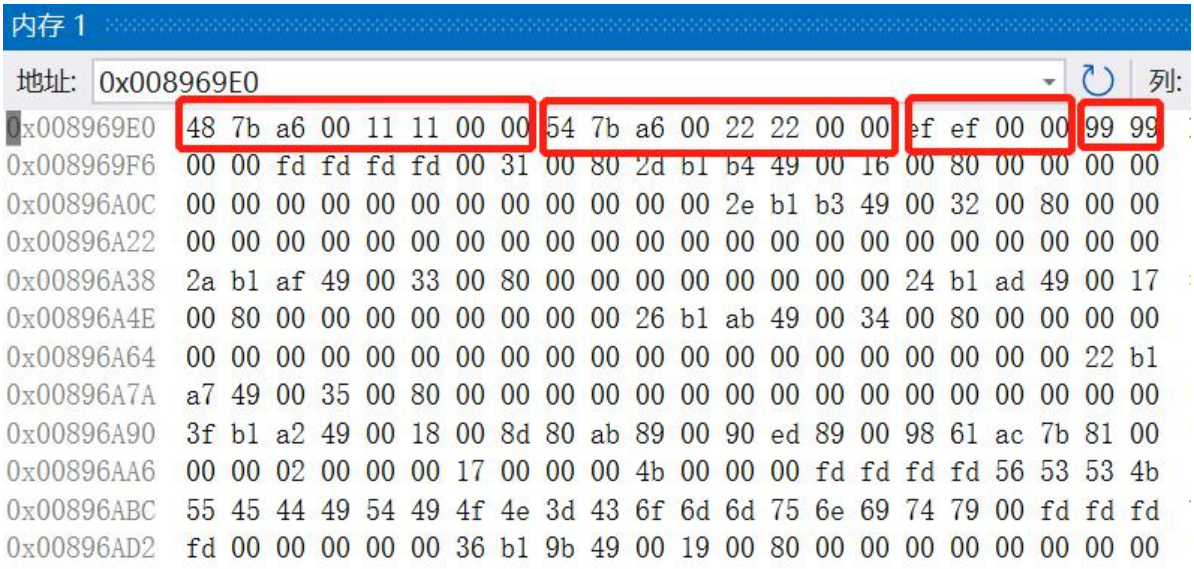
根据内存分布可知，Father和Mother同时继承了People，都具有x属性，Me继承Father和Mother，就会有两个x属性，**如果People中属性足够多，那么Me中的属性就会出现大量冗余。**

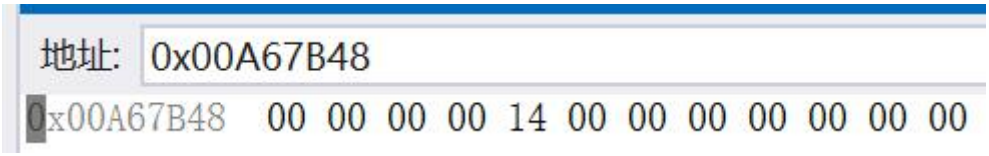
虚继承和虚表指针

在继承父类前加上virtual关键字，C++编译器就会将父类中重复部分设置为一个共享空间，内存中只有一份数据，但是要多出两个虚表指针。

```
9   class Father : virtual public People {
10  public:
11      int a = 0x1111;
12      int c = 0x2222;
13  };
14
15  class Mother : virtual public People {
16  public:
17      int a = 0x3333;
18      int d = 0x4444;
19  };
```

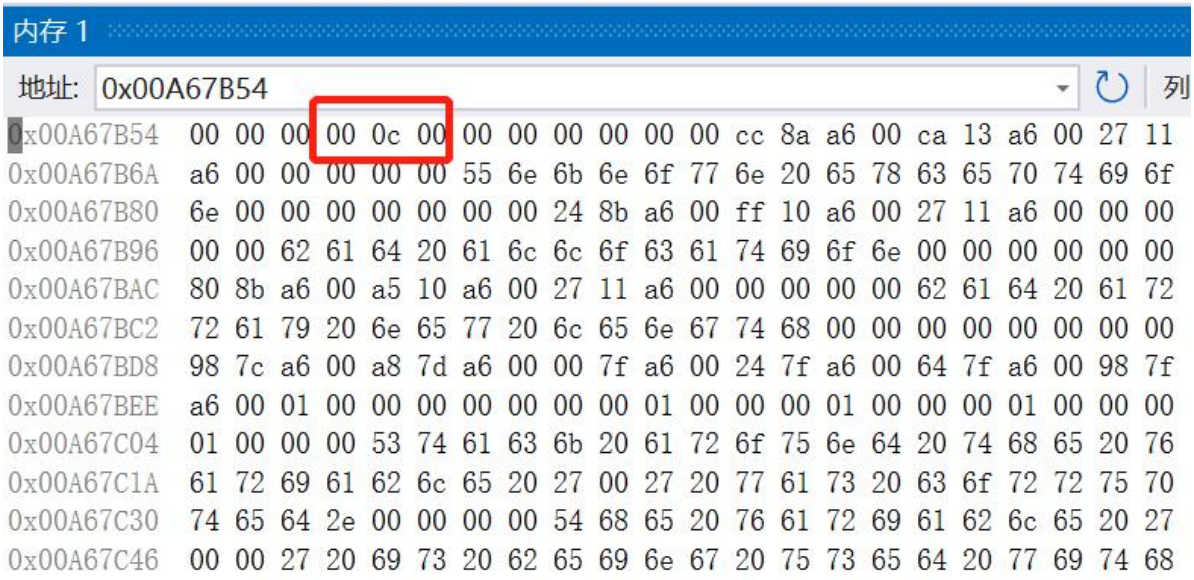
```
1   class People {
2   public:
3       int x = 0x9999;
4   };
5
6   class Father : virtual public People {
7   public:
8       int a = 0x1111;
9   };
10
11  class Mother : virtual public People {
12  public:
13      int b = 0x2222;
14  };
15
16  class Me : public Father, public Mother {
17  public:
18      int c = 0xefef;
19  };
20
21  int main() {
22
23      Me* me = new Me();
24
25      cout << sizeof(Me) << endl;
26
27      return 0;
28  }
```



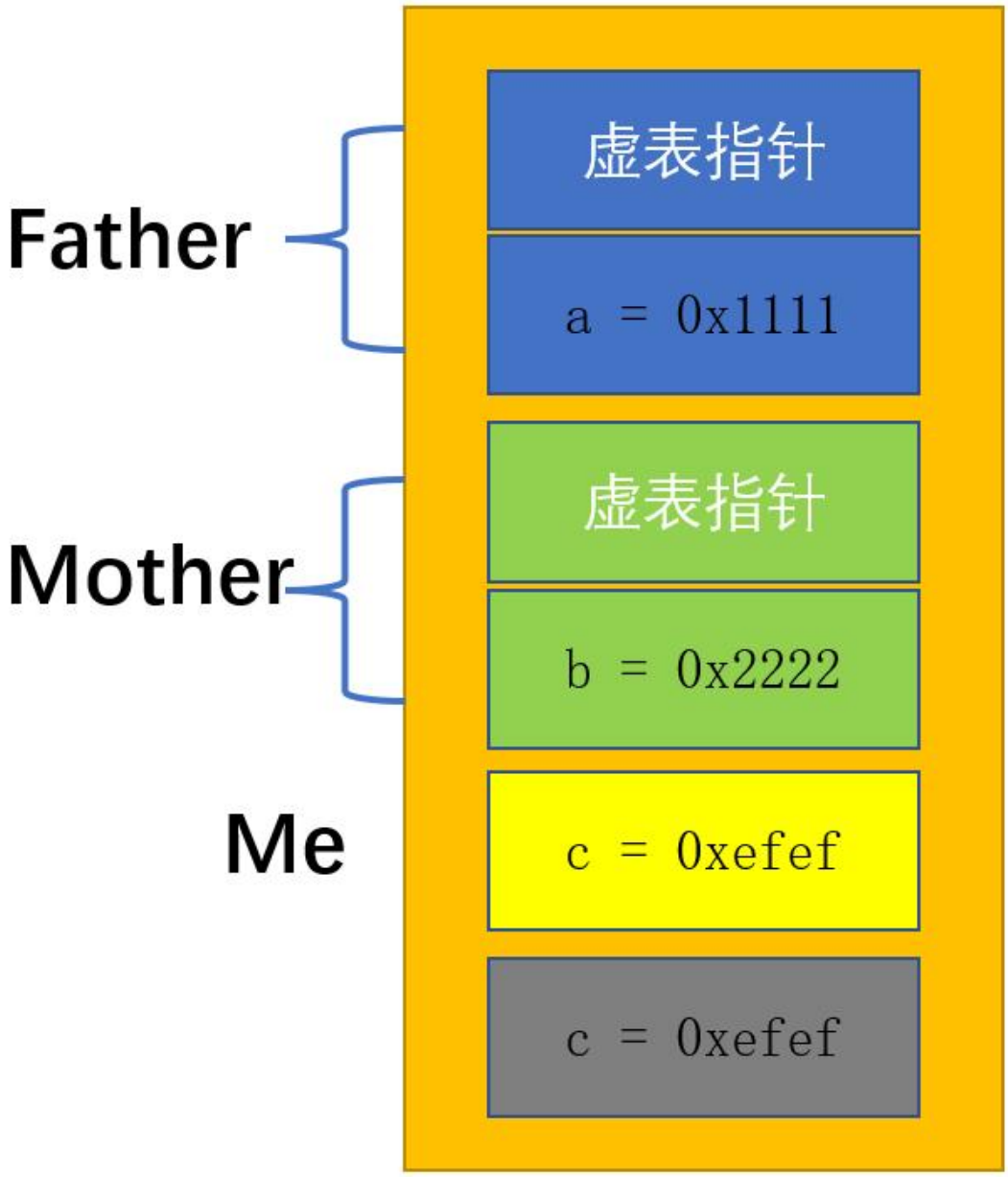


虚表指针保存两个值，第一个是虚表指针与当前类的偏移量（一般为0），第二个是虚基类第一个成员变量与本类的起始偏移量。

如图，第一个虚表指针偏移为20（16进制表示为14）。



第二个虚表指针偏移为12（16进制表示为0c）。



但是，要注意这里的虚表指针是派生类继承基类时的指针，如果在派生类内部继续添加虚函数，还会有一个虚表指针。

当前Me类大小为24Byte，如果再加一个虚函数会变成28Byte，然而继续加虚函数虚表指针只有一个，不会增加。