```
void Point::Show()
    {
     Visible = true;
     putpixel (X,Y,getcolor());
    }
void Point::Hide()
    {
     Visible = false;
     putpixel (X,Y,getbkcolor());
    }
void Point::MoveTo (int newX, int newY)
    {
     Hide ();
     X = newX;
     Y = newY;
     Show ();
    }
```

что произойдет, если мы не будем перегружать этот метод?

```
void Circle::Show ()
    {
    Visible = true;
    circle (X,Y, Radius);
    }
void Circle::Hide ()
    {
     Visible = false;
     unsigned int tempColor = getcolor ();
     setcolor (getbkcolor());
     circle (X,Y, Radius);
     setcolor (tempColor);
    }
void Circle::Expand (int deltaR)
    {
     Hide();
     Radius += deltaR;
     Show();
    }
void Circle::Contract (int deltaR)
    {
     Expand (-deltaR);
    }
void Circle::MoveTo (int newX, int newY)
    {
     Hide ();
     X = newX;
     Y = newY;
     Show ();
    }
```

Раннее или позднее связывание

- В случае раннего связывания адреса всех функций и процедур известны в тот момент, когда происходит компоновка программы.
- В случае позднего связывания адрес процедуры не связывается с обращением к ней до того момента, пока обращение не произойдет фактически, т. е. во время выполнения программы.

Виртуальные функции

- *Виртуальный метод* – метод, который может быть переопределён в классах-наследниках так, что конкретная реализация метода для вызова будет определяться во время исполнения.
- Виртуальные методы описываются с помощью ключевого слова *virtual* в базовом классе
- Виртуальные методы не могут быть статическими
- Виртуальные методы позволяют создавать различные версии функции для базового и производных классов, однако должны иметь всегда одинаковое число и одинаковые типы параметров. В противном случае функция будет перегруженной, а не виртуальной.
- Когда виртуальная функция вызывается с указанием области видимости, например, Point::Show(), виртуальный механизм не применяется.

Полиморфизм и виртуальные методы

```
class Point
    {
     ...
    public:
      ...
      virtual void Show ();
      virtual void Hide ();
      void MoveTo (int newX, int newY);
    };
     ...
     реализация методов класса Point
     ...
    class Circle: public Point
    {
     ...
    public:
      ... // без метода MoveTo()
      virtual void Show ();
      virtual void Hide ();
    };
     ...
     реализация методов класса Circle
     ...
```

```
Point pointObj (100,20); // объект базового класса
Circle circleObj (20,30,10); // объект производного класс
Point *pointPtr; // указатель базового класса
pointPtr = & pointObj; // указывает на объект базового класса
pointPtr = & circleObj; // указывает на объект производного класса
pointPtr = & pointObj;pointPtr->MoveTo(10,10);
pointPtr = & circleObj;
pointPtr -> Expand(12);
pointPtr = & pointObj;
pointPtr->Show(10,10); // вызов Show() объекта pointObj класса
    Point
pointPtr = & circleObj;
pointPtr->Show(10,10); // вызов Show() объекта circleObj класса
    Circle


void JumpFigure (Point* AnyFigure, int h)
    {
    int oldX = AnyFigure->GetX();
    int oldY = AnyFigure->GetY();
    delay(100);  // временная задержка на 0.1 сек
    AnyFigure->MoveTo (oldX, oldY-h); // "прыжок"
    delay(100);  // временная задержка на 0.1 сек
    AnyFigure->MoveTo (oldX, oldY); // на исходную позицию
    }
```

Абстрактный класс

- **Полиморфный класс** - класс, содержащий хотя бы один виртуальный метод.
- **Чисто виртуальные методы** не определяются в базовом классе. У них нет тела, а есть только декларации об их существовании.

Для чисто виртуальной функции используется общая форма

virtual тип имя_функции (список параметров) = 0;

- Класс, содержащий хотя бы один виртуальный метод, называется **абстрактным классом**.
- Абстрактные классы не бывают изолированными, т.е. всегда абстрактный класс должен быть наследуемым. Поскольку у чисто виртуального метода нет тела, то создать объект абстрактного класса невозможно.

- Соберите все общие атрибуты в один абстрактный класс, и определите иерархию классов так, чтобы все общие элементы использовались из этого класса

```
class Point
{
 protected:
   int X; int Y;   Boolean Visible;
public:
   int GetX(void) { return X; }
   int GetY(void) { return Y; }
   Boolean isVisible (){ return Visible;}
   Point (int newX =0, int new Y =0);
   virtual void Show() = 0; // чисто виртуальная функция
   virtual void Hide() = 0; // чисто виртуальная функция
   void MoveTo (int newX, int newY)
   {
     Hide();
     X = newX; Y = newY;
     Show();
    }
};
```

Принцип инверсии зависимостей

- Высокоуровневые модули не должны зависеть от низкоуровневых. И те, и другие должны зависеть от абстракций.
- Абстракции не должны зависеть от деталей; вместо этого детали должны зависеть от абстракций.

Корнями иерархий должны быть только абстрактные классы. Абстрактные базовые классы должны беспокоиться об определении функциональности, но не о ее реализации.

Три фундаментальных преимущества при проектировании:

- *Повышение надежности*.
- *Повышение гибкости*
- *Хорошая модульность.*

Перекрытие виртуальных функций

- Определение в производном классе перекрытия, которое может быть неуспешным (например, генерировать исключения), будет корректно только в том случае, когда в базовом классе не объявлено, что данная операция всегда успешна.
- Никогда не изменяйте аргумент по умолчанию при перекрытии

```
class Base {
// ...
virtual void Foo( int x = 0 );
};
class Derived : public Base {
// ...
virtual void Foo( int x = 1 ); // Лучше так не делать...
};

Derived *pD = new Derived;
pD->Foo(); // Вызов pD->Foo(l)
Base *pB = pD;
```

- Желательно добавлять ключевое слово virtual при перекрытии функций, несмотря на его избыточность — это сделает код более удобным для чтения и понимания.

- Не забывайте о том, что перекрытие может скрывать перегруженные функции из базового класса

```
class Base {
// ...
virtual void Foo( int );
virtual void Foo( int, int );
 void Foo( int, int, int );
};
class Derived : public Base {
// ...
virtual void Foo( int ); // Перекрывает Base::Foo(int), скрывая остальные функции
};

Derived d; d.Foo( 1 ); // Все в порядке
d.Foo( 1, 2 ); // Ошибка
d.Foo( 1, 2, 3 ); // Ошибка
```

- Если перегруженные функции из базового класса должны быть видимы, воспользуйтесь объявлением using для того, чтобы повторно объявить их в производном классе:

```
class Derived : public Base {
// ...
virtual void Foo( int ); // Перекрытие Base::Foo(int)
using Base::Foo; // Вносит все прочие перегрузки  Base::Foo в область видимости
};
```

- Виртуальные функции стоит делать неоткрытыми, а открытые — невиртуальными (исключение - деструкторы)

Открытая виртуальная функция по своей природе решает две различные параллельные задачи:

Она определяет интерфейс. Будучи открытой, такая функция является непосредственной частью интерфейса класса, предоставленного внешнему миру.

Она определяет детали реализации. Будучи виртуальной, функция предоставляет производному классу возможность заменить базовую

- Деструкторы базовых классов стоит делать открытыми и виртуальными либо защищенными и невиртуальными

Пример 1. Базовые классы с полиморфным удалением. Если должно быть разрешено полиморфное удаление, то деструктор должен быть открытым (в противном случае вызывающий код не сможет к нему обратиться) и должен быть виртуальным (в противном случае его вызов приведет к неопределенному поведению).

Пример 2. Базовые классы без полиморфного удаления (например, классы стратегий). Если полиморфное удаление не должно быть разрешено, деструктор должен не быть открытым (чтобы вызывающий код не мог к нему обратиться) и не должен быть виртуальным (потому что виртуальность ему не нужна).

- Избегайте вызовов виртуальных функций в конструкторах и деструкторах

При таком вызове функции теряют виртуальность. Более того, вызов чисто виртуальной нереализованной функции приводит к неопределённому поведению.

Множественное наследование

```
class task
{
public:
void trace ();
// ...
};
class displayed
{
public:
void trace ();
// ...
};
class my_task: public task {
// эта задача не изображается
// на экране, т.к. не содержит класс displayed
// …
};
class my_displayed: public displayed
{
// а это не задача
// т.к. не содержит класс task
// …
};
```

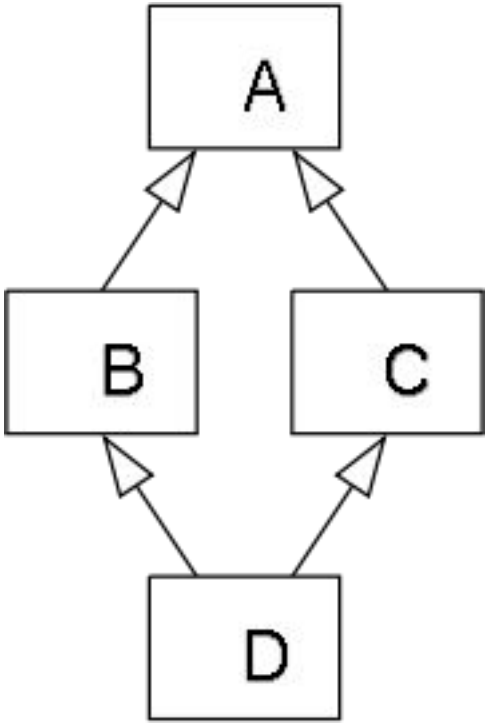
```
class my_displayed_task:public displayed, public task
{
// в этом классе trace () не определяется
};
void g ( my_displayed_task * p )
{
p -> trace (); // ошибка: неоднозначность
}

class my_displayed_task:public displayed, public task
{
// ...
public:
void trace ()
{
// текст пользователя
displayed::trace (); // вызов trace () из displayed
task::trace (); // вызов trace () из task
}
// ...
};
void g ( my_displayed_task * p )
{
p -> trace (); // теперь нормально
}
```

Устранение неопределённости

```
class A
{
public:
void show() { cout << "Класс A\n"; }
};

class B
{
public:
void show() { cout << "Класс B\n"; }
};

class C : public A, public B
{
};

C objC; // объект класса C
// objC.show(); // так делать нельзя - программа не скомпилируется
objC.A::show(); // так можно
objC.B::show(); // так можно
```

Ромбовидное наследование

Проблема ромба
(“diamond problem”)



- Члены-данные класса A в объектах класса D в двух экземплярах
- Обращение к членам класса A в класе D невозможно без уточнения непосредственного наследника (B или C)
- Порядок наследования может привести к изменению семантики
- Решение

class B : virtual public A

Таблица виртуальных функций

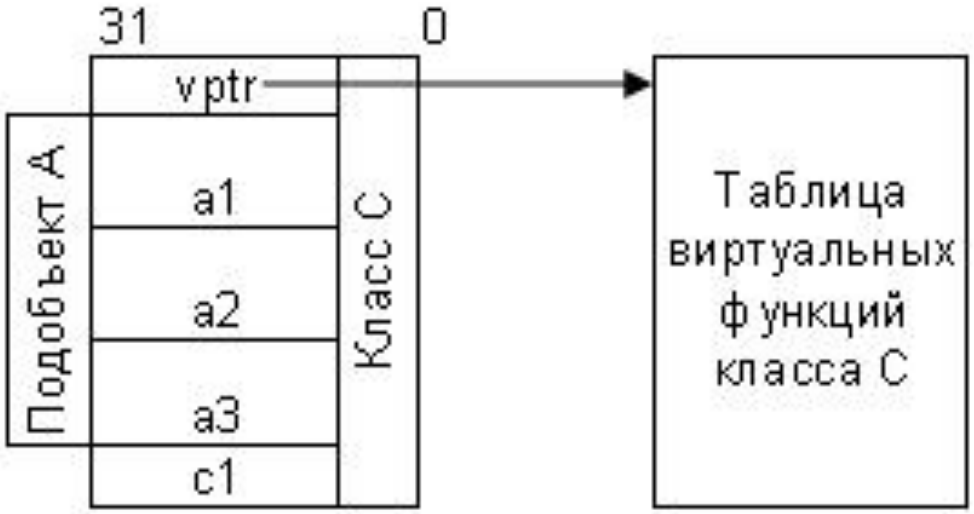
```
class A{
        int foo();
        int a1;
        int a2;
        int a3;
}
class B{
        int bar();
        int b1;
        int b2
        int b3;
}
class D : public A, public B{
        int foo();
        int d1;
        int d2;
        int d3;
}
```

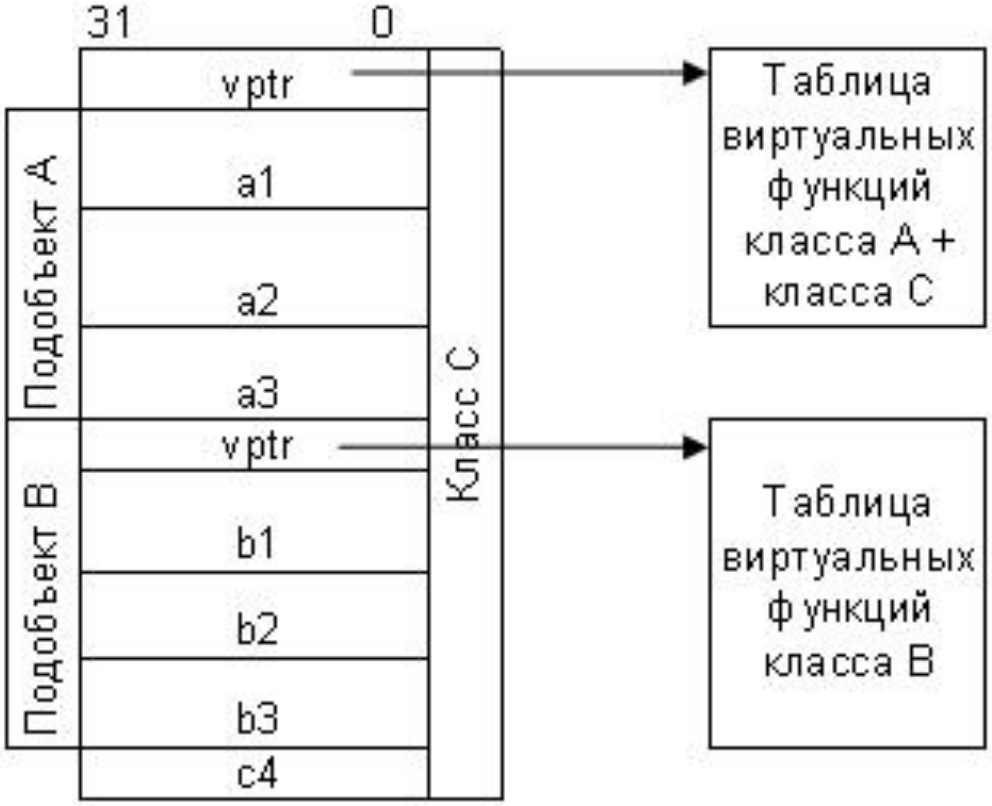
```
/*  псевдокод
struct D{    int a1;       int a2;       int a3;
      int b1; int b2;      int b3;       int d1;
      int d2; int d3;
}; */
```

```
A a;
B b;
D d;
A *pA = new D;

a.foo();
b.bar();
d.foo();
d.bar();  // псевдокод B::bar(&d);
              //вызов B *p = (B*)&d;
pA->foo(); // псевдокод A::foo(&d);
```

- Компилятор добавляет во все полиморфные классы один дополнительный указатель. Этот указатель содержит адрес таблицы виртуальных методов (ТВМ) - массив, каждый элемент которого содержит указатель на функцию.

```
class Vbase{
  virtual void foo();
  virtual void bar();
  void do()  {  foo();}
  int v;
}   // в псевдокоде   class Vbase{ void *m_pVptr;   nt v;}

class V : public Vbase{
  virtual void foo();
  virtual void alpha();
}

V v;      // Vbase()  //   V()
Vbase *pbase = &v;
 v.foo();
 pbase->foo();
 v.bar();     // Vbase::do()   //this->foo()
 pbase->do();
```


31
0
vptr
Подобъект A
a1
a2
a3
c1
Класс C
Таблица виртуальных функций класса C


31
0
vptr
Подобъект A
a1
a2
a3
vptr
Подобъект B
b1
b2
b3
c4
Класс C
Таблица виртуальных функций класса A + класса C
Таблица виртуальных функций класса B

Виртуальные конструкторы и деструкторы?

Попробуйте найти ошибку в коде:

```
1. class A{
public:
  A(){foo();};
  virtual void foo() = 0;
};
class C : public A{
public:
 C() : A(){};
 virtual void foo(){};
};

2. A *pa = new B;    // A содержит невиртуальный деструктор
delete pa;
```