```
{
    …
public:
    void fA();  //не константный метод
    void fA()const;   //константный метод
};
int main()
{
    A a1;
    a1.fA();    //компилятор вызовет не константный метод
    const A a2; //константный объект
    a2.fA();    //компилятор вызовет константный метод
}
```

Константные методы класса и ключевое слово mutable

В константном методе не разрешено модифицировать переменные класса, но бывают ситуации, когда все-таки необходимо в таком методе изменить значение какой-нибудь переменной. Для «снятия константности» с **переменных**, требующих изменения, введено ключевое слово **mutable**. Такую переменную компилятор позволит модифицировать даже в константном методе класса. Например:

```
class A
{
    int m_a;
    mutable int m_count;    //счетчик - сколько раз
                            посредством метода get()
                            обращались к данному объекту
public:
    ...
    A(int a=0){ m_a=a; m_count=0;}
    int get () const {
```



```
        m_count++;  //если бы переменная m_count была
                    объявлена без ключевого слова
                    mutable, компилятор бы выдал
                    ошибку!
        return m_a;};
};
```

Замечание 1: ключевое слово mutable не может быть применено к статическим и const-переменным класса.

Замечание 2: методы с ключевым словом mutable объявлять нельзя.

Константные объекты

Если в распоряжении программиста предоставлен константный объект, константная ссылка или указатель на константный объект (например, в качестве параметра функции), то компилятор позволит использовать такой объект только для чтения, то есть:

- читать доступные переменные,
- вызывать доступные константные методы класса.

Например:

```
class A{
public:
    int m_a;
    void f1();
    void f2() const;
};
void F(const A& a)
{
    //a.m_a++;  //ошибка компилятора
    int tmp = a.m_a;
    //a.f1();   //ошибка компилятора
    a.f2();//OK!
}
```

Тип указателя this

В обычном методе класса A указатель this ведет себя как константный указатель типа **A* const**, то есть любые попытки модифицировать this вызовут ошибку компилятора.

```
void A::f1()
{
    this++; //ошибка компилятора
    m_a++; //OK
}
```

В константном методе класса this ведет себя как указатель типа **const A* const**, то есть посредством такого указателя можно только читать данные и модифицировать его запрещено.

```
void A::f1()const
{
    this++; //ошибка компилятора
    m_a++; //ошибка компилятора
}
```

Указатель на класс. Доступ к членам класса посредством указателя. Селектор «->».

Так как понятие класс определяет тип данных, то в соответствии с логикой языка C++ ничто не мешает (а иногда без этого не получить преимуществ ООП) объявить переменную - «указатель на класс». Как и обычный указатель, он хранит адрес объекта и может использоваться не только не только для получения адреса «самого объекта», но и для доступа к public членам класса (как к членам-данным, так и для вызова методов).

Пример:

```
class A{
    int m_a;
public:
    void Set(int x){m_a = x;}
};
```



```
void main()
{
    A*    pA = new A();    //а) компилятор динамически выделит память - sizeof(A)
                           б) вызовет default конструктор
                           в) проинициализирует указатель pA адресом объекта
//  int nX = pA->m_a; //доступ к private-элементам данных класса посредством указателя тоже запрещен => ошибка
    pA->Set(5); //вызов public-метода посредством указателя
    delete pA;  //динамически созданный объект необходимо уничтожить (перед освобождением памяти будет вызван деструктор)
```

Использование указателя

Если в нашем распоряжении есть указатель, а функция принимает объект по значению или по ссылке:

```
void F1(A);
void F2(A&);
Вызов:
    F1(*pA);
    F2(*pA);
```

И наоборот, если в нашем распоряжении есть объект, а функция принимает указатель:

```
void F3(A*);
Вызов:
    A a;
    F3(&a);
```

Замечание: в качестве параметра можно сформировать адрес неименованного автоматического объекта, так как он будет существовать до конца вычисления выражения:

```
F3(&A(33));//  1) - конструктор для автоматического неименованного объекта, 2) его адрес в стек 3) после возврата из функции - деструктор
```

Массивы и классы

Массив объектов класса.

Пример:

```
class A{
    int  m_a;
    public:
    A(int x=0){m_a = x;}
};
int main()
{
    {
    A ar1[5];  //массив из пяти объектов A. При создании каждого элемента массива вызывается конструктор по умолчанию
    A ar2[2] = { A(1),A(2)};  //массив из двух объектов A. При создании каждого элемента массива вызывается конструктор с аргументами. Оптимизация компилятора: каждый элемент массива конструируется прямо «на месте» - автоматических неименованных объектов компилятор не создает.
    A ar3[3] = { A(1),A(2)};  //массив из трех объектов A. При создании первых двух элементов массива вызывается конструктор с аргументами, при создании третьего - конструктор по умолчанию
    A ar4[] = {1,2,3};  //а здесь (если неявные преобразования не запрещены - explicit) компилятор вызовет для каждого элемента массива конструктор с одним параметром
    }//вызываются деструкторы для всех элементов всех массивов
    //но!
    A* p = new A[10]; //динамическое выделение памяти под 10 элементов типа A и вызов для каждого конструктора по умолчанию
    //Вызовите для каждого элемента массива public метод
    delete[] p; //  вызов деструктора для каждого элемента динамического массива и освобождение памяти
}
```

1.1.6. Массив указателей на объекты класса.

Пример:

```
int main()
{
    A* par1[5]; //неинициализированный массив из пяти указателей на объекты A
```

Замечание: если разные элементы массива будут содержать разные по своей природе адреса (например, и стековых объектов, и динамических) – с таким массивом работать очень трудно =>

```
    A a1(1), a2(2);
    A* par2[2] = { &a1, &a2 };
//или
    A* par3[3] = { new A(1), new A(2) };  //массив из трех указателей на объекты A. Два первых элемента массива проинициализированы, третий - инициализируется нулем по правилам неполной инициализации массивов с элементами базового типа
    //Вызовите для каждого элемента массива public метод
```

```
    for(int i=0; i<3; i++) { delete par3[i];}//delete
                           корректно работает с нулевым
                           указателем

    A* par2[3] = { &A(1,1), &A(2,2) }; //можно ли
                           проинициализировать массив таким
                           образом???
}
```

Поля битов (bit fields)

Если мы заведомо знаем, что наши целочисленные данные очень короткие, то есть диапазон изменения значений мал, то логично отвести под такие данные ровно столько памяти, сколько может занимать максимально (минимально) возможное значение в нашем диапазоне.

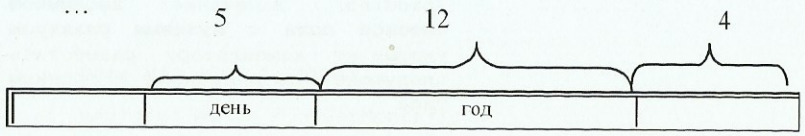
Рассмотрим способы минимизации использования памяти:

Способ №1: для хранения значения каждого данного объявляем в классе целочисленную переменную. При выборе типа переменной стараемся экономить память:

```
class Date{
    unsigned char month;//а на самом деле диапазон изменения
                          значений 0-12 => достаточно 4 бита
    unsigned short year;//а на самом деле диапазон изменения
                          значений 0-3000 0xbb8=> достаточно
                          12 битов
    unsigned char day;//а на самом деле диапазон изменения
                          значений 0-31 0x1f=> достаточно 5
                          битов
    …
};
```

При таком подходе все равно образуется неиспользуемый резерв – «избыточные» неиспользуемые разряды, а с учетом выравнивания полей компилятором и дополнительные неиспользуемые байты.

Способ №2: зная, что все наши данные «помещаются» в 32 разряда, объявляем в классе одну переменную типа int или unsigned int и сами «распределяем» в ней разряды следующим образом:




```
class Date{
    unsigned int date;
};
```

При таком подходе:

а) приходилось бы все время помнить: какие биты для чего нами отведены,
б) приходилось бы все время самим применять побитовые операции для извлечения/запаковки значений.

Способ №3: альтернативой приведенным вариантам является использование битовых полей (при этом программист избегает неэффективности первого варианта и неудобств при использовании второго варианта). Язык C++ допускает использование в структурах и классах (только!!!) особого типа полей – битовых полей. Использование таких полей делает возможным простой доступ к совокупностям битов, при этом экономится память, так как мы отводим под данные ровно столько разрядов, сколько требуется. Для битовых полей компилятор за программиста а) выделяет биты и б) осуществляет побитовые операции и сдвиги, извлекая или запаковывая значения.

Объявление битового поля:

```
целый_тип    [идентификатор]    :    размер_поля_в_битах;//
                                 1) целый тип может быть signed и
                                 unsigned (таким образом Вы
                                 сообщаете компилятору - как
                                 интерпретировать этот диапазон, в
                                 частности как «распаковывать»
                                 значения)
                                 2) в качестве целого типа могут
                                 быть использованы char, short или
                                 int
                                 3) в качестве типа целого может
                                 быть использован enum
                                 (интерпретируется компилятором как
                                 signed int)
                                 4) если идентификатор опущен, -
                                 анонимное битовое поле, которое
```

используется для выравнивания (padding). Замечание: **анонимное битовое поле с нулевым размером** указывает компилятору разместить следующее поле, начиная с границы типа

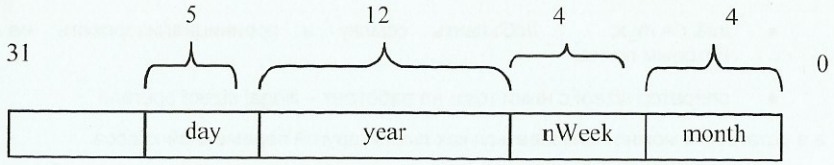
Пример:

```
enum DAY{MONDAY, TUESDAY, …};
class Date
{
    unsigned int month:4;// 4 бита
    DAY nWeekDay      : 4;    // 0..7   (4 bits). Так как enum
                              это эквивалент signed int =>
                              следует зарезервировать один один
                              дополнительный бит под знак или
                              сопоставить именованным константам
                              другие значени???
    unsigned int year:12;// 12 битов
    unsigned int day:5;// 5 битов
public:
    //Во всех приведенных ниже методах мы пользуемся битовыми
                              полями как обычными переменными
                              класса, а компилятор сам
                              осуществляет запаковку/распаковку
                              значений с помощью побитовых
                              операторов и операторов сдвига
    Date(unsigned int m, unsigned int year, unsigned int day,
                              DAY wd){month = m; …}
    unsigned int GetMonth(){return month;}// «вручную» нам бы
                              пришлось: return date & 0xf;
    void SetMonth(unsigned int m){ month=m;}// date = (m&0xf)
                              | (date&0xff…f0);
    …
};
```



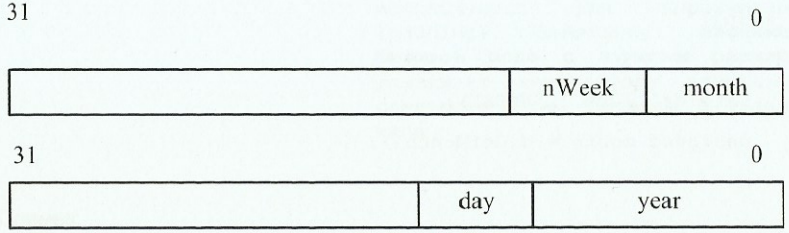
```
int main()
{
    Date d(1,2006,1,SUNDAY);
    unsigned month = d.GetMonth();
    …
}
```

Замечание 1: специфика Microsoft – порядок выделения битов в порядке объявления, начиная с младшего. В других компиляторах правила могут быть другими.



Замечание 2: иногда для каких-либо специфических целей требуется указать компилятору, что одну группу битовых полей я хочу запаковать в один unsigned int, а следующую в другой – для этих целей используется неименованное битовое поле нулевой длины

```
class Date
{
    unsigned int month:4;
    DAY nWeekDay:4;
    unsigned int:0;     // Следующее поле будет расположено в
                           зависимости от типа поля (и от
                           компилятора)
    unsigned int year:12;
    unsigned int day:5;
};
```



Для поля битов нельзя:

- получить адрес: int* p = &m_x; //ошибка
- int& r = m_x; //объявить ссылку и проинициализировать ее битовым полем
- оператор sizeof с ними тоже не работает – illegal sizeof operand

а в остальном можно пользоваться как любой другой переменной класса.

Список инициализаторов

Замечание: согласно новому стандарту C++11 перечисленные ниже ограничения компилятор игнорирует, поэтому список инициализаторов может быть использован в тех случаях, когда нужно только проинициализировать переменные объекта и не требуется производить какие-нибудь дополнительные действия.

Объект класса (или структуры C++) можно проинициализировать также как структуру только в том случае, если класс не содержат:

- конструкторов,
- private или protected членов
- базовых классов,
- виртуальных функций

Например:

```
class A{
```



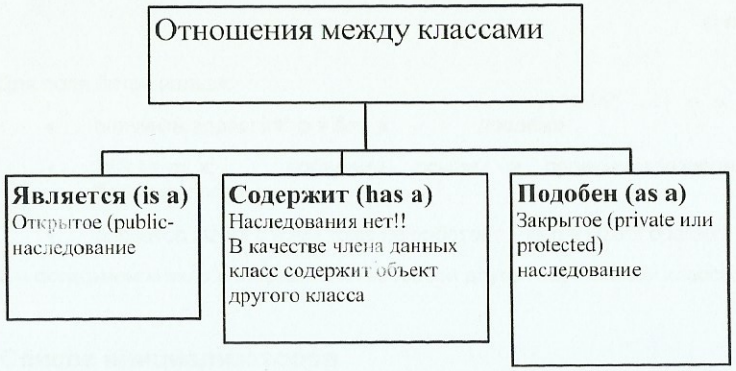
```
public:     //так как защищенные переменные компилятор не
                    позволит инициализировать
                    посредством списка инициализаторов
    int i;
    char ar[10];
    void Func();
};
int main()
{
    A a = {5, "ABC"};
}
```

Тема II. Открытое одиночное наследование.

Взаимоотношения между классами

Правило 1: различайте понятия: «является»(is-a), «содержит»(has_a) и «подобен»(as-a)!

Отношения между классами могут быть трех видов:



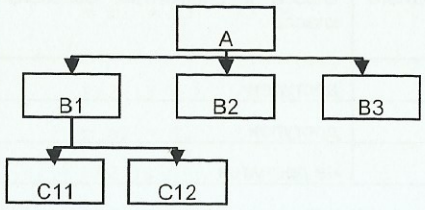
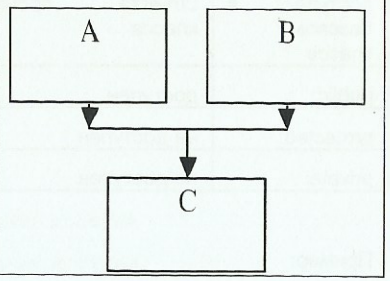
Замечание: для корректного построения иерархии классов программист должен четко представлять различия этих трех видов взаимоотношений и применять их исключительно по назначению.

Одиночное (или простое) наследование.

Правило N2: не перегружайте базовый класс понятиями. Обычно для задания общих для всех потомков свойств достаточно в базовый класс ввести 7-8 понятий.

Классы чаще всего строятся постепенно, начиная от простых базовых классов с общими для некоторого множества объектов свойствами и заканчивая «навороченными» специализированными классами-монстрами. Каждый раз, когда от предыдущего класса производится последующий, производный класс наследует какие-то или все родительские качества, добавляя к ним новые свойства (или, наоборот, убирая лишние). На свойстве наследования основана популярность библиотек классов (таких как MFC, OWL и Qt). При этом ощутимым преимуществом для программиста является использование разработанных и отлаженных профессионалами классов в качестве базовых для своих более специализированных целей.

Наследование может быть одиночным или множественным. Отличия:

одиночное	множественное
Каждый производный класс имеет только одного непосредственного предка (хотя иерархия может быть достаточно сложной)	Производный класс наследует свойства двух и более «родителей»
	

Замечание: множественное наследование сложнее в реализации и будет рассмотрено позже (раздел "Множественное наследование").

Объявление производного класса при одиночном наследовании

```
class   имя_производного_класса   :   [спецификатор_наследования]
                                    имя_базового_класса          {
                                    список_членов_производного_класса
                                    };
```

Например:

```
class A{список членов класса A};          //базовый класс
class B : public A{ список членов класса B};    //производный
                                    класс
```

Такое объявление говорит компилятору о том, что:

- класс B включает в себя, как составляющую весь класс A,
- в зависимости от спецификатора наследования и спецификаторов доступа методы класса B имеют право обращаться к членам класса A или нет.

Замечание: конструкторы, деструкторы и оператор присваивания не наследуются! Наследуются данные и остальные методы класса.

Спецификатор protected в базовом классе.

Спецификатор protected используется при наследовании и действует только в методах класса. Означает:

Спецификатор доступа в базовом классе	Доступ извне посредством объекта производного класса	Доступ из методов производного класса к элементам базового класса
public:	доступен	доступен
protected:	не доступен	доступен
private:	не доступен	не доступен

Пример:

```
class A{
        int m_a1;
        void FA1();
    protected:
        int m_a2;
        void FA2();
    public:
        void FA3();
};
class B : public A{
        int m_b1;
        void FB1();
    protected:
        int m_b2;
        void FB2();
    public:
```



```
        void FB3();
};
```

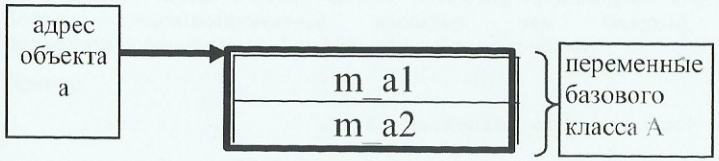
Внутри метода производного класса:

```
void B::FB3()
{
    m_b1 = 1;   // OK
    ...
    FA3();      // OK
    m_a2 = 2;   // OK
    FA2();      // OK
//  m_a1 = 2;   // ошибка - нет прав доступа
//  FA1();      // ошибка - нет прав доступа
}
```

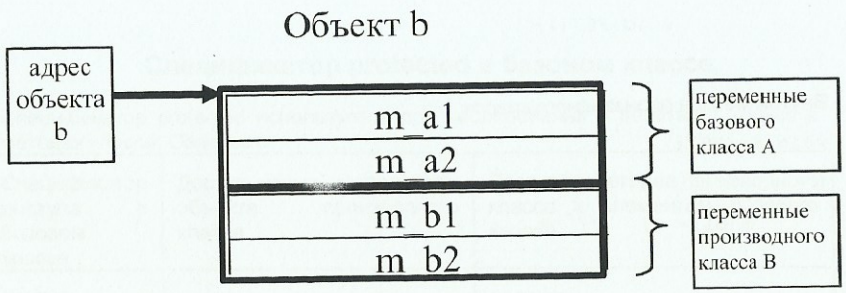
"Извне" класса:

```
int main()
{
    A a;        //вызывается конструктор A
```

Объект a




```
    B b;        //конструктор A, потом B
```




```
    //доступ к членам посредством объекта базового типа
    a.FA3();    //OK

    //доступ к членам посредством объекта производного типа
    b.FB3();    //OK
    b.FA3();    //OK
}
```

Спецификаторы наследования при объявлении производного класса

```
class A{
…
};
class B : <спецификатор_наследования> A{
…
};
```

Замечание: если спецификатор наследования опущен, то компилятор по умолчанию считает, что он private!

Закрытое наследование специфично и будет рассмотрено позже (раздел "Закрытое наследование").

Порядок вызовов конструкторов при создании экземпляра производного класса

При создании экземпляра любого класса любым способом вызывается его конструктор. Если класс является производным, кроме конструктора данного класса должен быть также вызван конструктор базового класса. Создание объекта начинается с базовой части, поэтому порядок вызовов конструкторов в C++ фиксирован: прежде всего вызывается конструктор базового класса, затем вызываются конструкторы всех промежуточных классов согласно иерархии наследования, и наконец, вызывается конструктор целевого класса. Приведенный порядок имеет смысл, поскольку производные классы имеют более специализированный характер, чем базовый, поэтому специализированная часть "накладывается" поверх общей.

Пример:

```
class A{...};
class B : public A{...};
class C : public B{...};
```

При создании экземпляра класса C конструкторы вызываются в следующем порядке:
A::A()-> B::B()->C::C()

Осуществляется вызов конструктора базового класса в том коде, который компилятор генерирует по открывающей фигурной скобке конструктора:

```
C::C(параметры)
```

```
{//вызов конструктора базового класса B
      //тело конструктора класса C
}

B::B(параметры)
{//вызов конструктора базового класса A
      //тело конструктора класса B
}

A::A(параметры)
{
      //тело конструктора класса A
}
```

Порядок вызовов деструкторов при разрушении экземпляра производного класса

Деструкторы при разрушении объекта производного класса вызываются в порядке, обратном вызову конструкторов. Причина та же: сначала разрушаются специализированные части, затем общие. Например, при разрушении экземпляра класса C порядок вызовов деструкторов будет следующим: C::~C()-> B::~B()->A::~A()

Осуществляется вызов деструкторов базового класса в том коде, который компилятор генерирует по закрывающей фигурной скобке деструктора:

```
C::~C()
{
      //тело деструктора класса C
}//вызов деструктора базового класса B

B::~B()
{
      //тело деструктора класса B
}//вызов деструктора базового класса A

A::~A()
{
      //тело деструктора класса A
}
```


Замечание: если объект был создан динамически, то при выполнении оператора delete сначала вызываются деструкторы, а потом только освобождается память (то есть на время выполнения деструктора сам объект еще гарантированно существует).

Аргументы конструктора, передаваемые в базовый класс

Так как производный класс содержит в себе базовую часть, при создании экземпляра производного класса обычно возникает необходимость передать какие-то параметры конструктору базового класса. Так как конструктор базового класса выполняется раньше, чем конструктор производного, то конструктору базового класса нужно **явно** передать предназначенные ему параметры. Поэтому для передачи параметров конструктору базового класса используется специальная запись.

Модифицируем класс Animal. До сих пор мы абстрагировали какое-то обобщенное животное. Теперь вынесем общие для любого животного свойства в базовый класс, а от него наследуем более специализированный класс, абстрагирующий собаку.

```
//Animal.h
enum SEX{MALE, FEMALE};
class Animal{
      protected://изменяем спецификатор доступа таким образом,
                чтобы эти понятия были доступны
                методам производного класса
            int   m_age;     //у любого животного должен быть
                             возраст
            SEX   m_sex;     //у любого животного должен быть
                             пол
```

```
        char* m_pName;      //у любого животного может быть
                            имя

    public:
        Animal(int age, Sex s, const char* pName= "");
    };
//Dog.h
#include "Animal.h"     //компилятор должен знать свойства
                        базового класса

class Dog:public Animal{
    bool  m_bHasMaster;     //есть дикие и домашние собаки =>
                            может быть хозяин
    char* m_pMasterName;    //а если есть хозяин, то у него
                            должно быть имя
    public:
    Dog(int age, SEX s, bool master, const char* pName, const
                            char*    pMaster);    //параметры
                            age,s,pName предназначены
                            конструктору базового класса,
                            а параметры master и pMaster
                            предназначены производному классу
};

//Dog.cpp
Dog::Dog(int age, SEX s, bool master, const char* pName, const
                            char* pMaster)
    :Animal(age, s, pName)  //передача параметров конструктору
                            базового класса
{//здесь будет вызван конструктор базового класса с указанными
                            параметрами, который
                            проинициализирует базовую часть
                            объекта
//работа с производной частью объекта
    m_bHasMaster = master;
    m_pMasterName = new char[strlen(pMaster)+1];
```



```
    strcpy(m_pMasterName, pMaster);
}
```

1.1.7. Специфика передачи параметров конструктору копирования базового класса

Если Вы явно не определяете в производном классе конструктор копирования, то автоматический конструктор копирования (сгенерированный компилятором) будет вызывать конструктор копирования базового класса (определенный программистом или тоже автоматический). Но, если Вы определяете в производном классе конструктор копирования, но не вызываете явно конструктор копирования базового класса, компилятор вызывать сам конструктор копирования базового класса не будет, а базовая часть нового объекта будет сконструирована с помощью default конструктора.

```
Dog::Dog(const Dog& ref):
    Animal(ref) //указываем компилятору, каким конструктором
                базового класса следует
                инициализировать базовую часть (в
                нашем случае логично вызывать
                конструктор копирования базового
                класса)
                //Замечание: компилятор сам неявно
                приведет тип параметра
                const Dog& ref к константной
                ссылке базового типа const Animal&
{
    m_pMasterName = new char[strlen(ref.m_pMasterName) +1 ];
    strcpy(m_pMasterName, ref.m_pMasterName);

    m_bHasMaster = ref.m_bHasMaster;
}
```

Дана иерархия классов:

```
class A{…};
class B:public A{…};
```

Подумайте, для каких классов в приведенных ниже примерах программист должен явно реализовать конструктор копирования:

- А – простой класс, В – простой класс
- А – простой класс, В – сложный класс
- А – сложный класс, В – простой класс
- А – сложный класс, В – сложный класс

Открытое (public) наследование

Иерархия классов работает эффективно только в том случае, если она корректно спроектирована.

1.1.8. Правило N 3

Правило 3: открытое наследование в C++ моделирует следующее утверждение– «производный класс есть разновидность базового класса» => все, что применимо к базовому классу, должно быть также применимо к производному => везде, где может быть использован объект А, может быть использован и объект В, поскольку объект В содержит базовую часть А.

Пример:

```
class Rect{ //базовый класс абстрагирует обобщенный прямоугольник

    int m_left, m_right, m_top, m_bottom; //у любого прямоугольника должны быть координаты

public:

    Rect(int l, int t, int r, int b);

    //другие методы

};


class ColoredRect: public Rect{    //производный класс добавляет к координатам цвет

public:

    enum eColor{RED=1, GREEN=2, BLUE=4};

private:
```



```
    eColor m_color;   //у цветного прямоугольника есть цвет

public:

    ColoredRect (int l, int t, int r, int b, eColor c);

    void SetColor(eColor c){m_color = c;}

    // другие методы

};


int main()

{

    Rect r(1,1,5,5);

    ColoredRect cr(2,2,10,10, ColoredRect::RED);

    //очевидно:

    r.SetColor(ColoredRect::RED); //ошибка, так как в базовом классе такого метода нет

    cr.SetColor(ColoredRect::RED);      //OK

}
```

Глобальные функции, принимающие в качестве параметров адреса (ссылки или указатели) или значения объектов пользовательского типа:

```
Rect UnionRects(const Rect& ref1, const Rect& ref2)  //все прямоугольники можно «объединить»

{

    int l,r,t,b;

    //Вычисление координат "описанного" прямоугольника

    Rect res(l,r,t,b);

    return res;

}

ColoredRect  UnionColoredRects(const  ColoredRect&  ref1,  const ColoredRect& ref2)    //только у цветных прямоугольников можно "смешать" цвет
```

```
{
      int l,r,t,b;
      //Вычисление координат "описанного" прямоугольника
      unsigned int res = ref1.GetColor() | ref2.GetColor();
      ColoredRect          res(l,r,t,b,static_cast<ColoredRect::
                              eColor>(res));
      return res;
}
int main()
{
      Rect r;      //объект базового типа
      ColoredRect cr;   //объект производного типа
      Rect resR = UnionRects(r,cr); //OK - все прямоугольники
                              можно «объединить»
      //unsigned int col = UnionColoredRects(r,cr);  //ошибка -
                              только у цветных прямоугольников
                              можно «смешать» цвет
}
```

1.1.9. Пример ошибочного построения иерархии классов при открытом наследовании

При открытом наследовании программист должен соблюдать правило: **все, что справедливо для базового класса, должно также выполняться для производного класса**. Следующий пример демонстрирует нарушение этого правила. Следствием является нерабочая иерархия классов:

В школе нас всех учили, что «квадрат – это прямоугольник, у которого все стороны равны». Попробуем реализовать это утверждение посредством иерархии классов.

```
class Rect{
      int left, top, right, bottom;
public:
```



```
      Rect(int l, int t, int r, int b){ left=l; top=t; right=r;
                              bottom=b;}
      void InflateRect(int dleft, int dtop, int dright, int
                              dbottom);//этот метод "раздвигает"
                              стороны прямоугольника (каждую на
                              свою дельту)
};
class Square:public Rect{     //наследует метод InflateRect
      //координаты квадрата хранятся в базовой части
public:
      Square(int l,     int t,     int d)     :
                              Rect(l,t,l+dx,t+dx){}//конструктор
                              принимает в качестве параметров
                              координаты центра и длину стороны
                              => создается всегда квадрат!!!
};

int main()
{
      Rect r(1,2,10,20);      //прямоугольник (стороны не равны)
      Square sq(2,2,5);       //квадрат (все стороны равны)
      r.InflateRect(5,6,7,8); //OK - раздвинули стороны
                              прямоугольника на разные дельты
      sq.InflateRect(5,6,7,8);      //наш квадрат "вырождается"
                              в прямоугольник
}
```

То есть некоторые утверждения, справедливые для прямоугольников, не выполняются для квадратов. А открытое наследование предполагает, что **ВСЕ**, что применимо к базовому классу, также применимо и к объектам производного класса!

Вариант правильного с точки зрения C++ построения иерархии: любой четырехугольник всегда может изменять все свои координаты на одно и то же приращение. К функциональности базового класса прямоугольник добавляет специфические для прямоугольников методы: все четыре координаты можно

изменить каждую на свою дельту или прямоугольника можно "растянуть" по координате x на одну дельту (влево и вправо), а по координате y на другую дельту (вверх и вниз).

```
class Quadro {//четырехугольник
        ...
        int left, top, right, bottom;
public:
        void Inflate(int d);
};
```

```
class Square: public
Quadro{//квадрат
        ...
public:
//пользуется функциональностью
базового класса – методом void
Inflate(int); => квадрат остается
кваадратом
};
```

```
class Rect: public Quadro{//прям-к
        ...
public:
//к функциональности базового добавляет
еще два метода Inflate:
 void Inflate(int dx, int dy);//"раздвигает"
прямоугольник влево и вправо на dx, а
вниз и вверх на dy
 void Inflate(int dleft, int dtop, int dright,
int dbottom);//раздвигает все стороны на
разные дельты
};
```

Замечание: при таком построении иерархии методы производного класса void Rect::Inflate(int dleft, int dtop, int dright, int dbottom);

void Rect::Inflate(int dx, int dy);

перекрывают область видимости метода базового класса void Quadro::Inflate(int d);

поэтому в следующем фрагменте компилятор выдаст ошибку:

```
{
        Rect r(1,2,3,4);
```



```
        //r.Inflate(5);  //компилятор выдает диагностику о том,
                         что подходящего метода в классе
                         Rect нет
}
```

Но! Всегда существует возможность вызвать любой public метод базового класса при открытом наследовании (раздел «Спецификатор разрешения области видимости при наследовании»).

Полиморфизм. Виртуальные функции.

Для пояснения понятия полиморфизма в языках программирования рассмотрим аналог для разговорных языков (в частности русский язык является исключительно полиморфным языком):

переводить (книгу, бабушку через дорогу, деньги, стрелку ...)

Приведенный глагол можно связать с конкретным набором действий только тогда, когда известен сам объект воздействия.

Полиморфизм в C++ является одним из наиболее туманных понятий с точки зрения начинающего программиста. Полиморфизм – это свойство одного и того же кода C++ вести себя по-разному в зависимости от текущих условий выполнения программы. То есть во время выполнения программы в том месте, где программист вызывает метод класса, компилятор закладывает возможность вызова методов разных классов, связанных между собой наследованием (не путайте с перегрузкой имен функций – какая из одноименных функций будет вызвана, решает компилятор на этапе компиляции!).

Специфика:

- свойством полиморфизма могут обладать только методы класса (а обычные функции – не могут!),
- механизм полиморфизма задействуется компилятором только в тех случаях, когда вызов метода осуществляется посредством адреса объекта, то есть посредством указателя или ссылки (в тех случаях, когда вызов метода осуществляется посредством объекта, компилятор генерирует обычный вызов метода класса – раздел «Вызов нестатического метода класса»)
- при использовании виртуальных методов, с одной стороны, программист получает несомненное преимущество - возможность объединения и манипуляции объектами производного типа посредством указателей или ссылок базового типа (при этом текст программы становится более компактным),

с другой стороны, (так как чудес не бывает) увеличивается объем используемой памяти и в некоторых случаях время выполнения.

Раннее и позднее связывание.

С++ - гибридный язык. Он совмещает как процедурные, так и объектно-ориентированные возможности. Поэтому С++ использует и раннее, и позднее связывание и предоставляет программисту преимущества (и недостатки!) и одного, и другого.

Замечание: следует понимать, что при использовании **раннего** связывания программисту приходится реализовывать сложную логику работы программы «руками», например, используя громоздкие конструкции типа switch-case, в то время как при **позднем связывании** платой за облегчение жизни программиста является «более тяжелый» исполняемый код, занимающий больше памяти и/или дольше работающий.

Для того, чтобы продемонстрировать удобство использования полиморфизма, решим одну и ту же задачу с помощью раннего и позднего связывания.

1.1.10. Раннее связывание

Раннее связывание – это просто перегрузка имен функций. Этот механизм работает на этапе компиляции, то есть при наличии нескольких функций с одинаковым именем компилятор генерирует вызов конкретного тела функции. В случае перегрузки имен глобальных функций компилятор определяет, которую из функций следует вызвать в зависимости от количества и/или типа параметров. Это также справедливо при перегрузке имен методов одного и того же класса. Но при наследовании добавляется еще одна возможность – перегрузка методов, которые выглядят абсолютно одинаково (но действия совершают разные), например:

```
enum ANIMAL_TYPE{ANY,DOG,CAT};
class Animal{//базовый класс, описывающий любое обобщенное
                                    животное
    …
public:
    …
    void Voice()const {cout<<"???";}   //заглушка, так как не
                                    очень понятно: что может
                                    «говорить» такое обобщенное
                                    животное
```



```
};

class Dog:public Animal{//производный класс, абстрагирующий
                                    собаку
    …
public:
    …
void Voice()const{cout<<"Гав!";}   //реализации данного метода
                                    для класса Dog предполагает одну
                                    функциональность
};

class Cat:public Animal{//производный класс, абстрагирующий
                                    кошку
    …
public:
    …
void Voice()const{cout<<"Мяу!";}   //а от кошки в точно такой
                                    же ситуации ожидается другая
                                    функциональность
};

int main()
{
    Animal a;
    Dog d;
    Cat c;

    F1(&a);     //будет выведено: "???"
    F1(&d);     // "???"
    F1(&c);     // "???"
```

```
    F2(&a);      // "???"
    F2(&d);      // "Гав!"
    F2(&c);      // "Мяу!"

}
void F1(const Animal* p)//глобальная функция, которая принимает
                        в качестве параметра указатель
                        базового типа Animal*, а сам
                        объект, адрес которого получает
                        функция, может быть как базового
                        типа Animal, так и любого
                        производного типа - Dog или Cat
{
    p->Voice();//так как указатель базового типа (не имеет
                        значения, какого типа объект!!!),
                        во всех случаях будет вызван метод
                        базового класса Animal
}

void F2(const Animal* p, ANIMAL_TYPE type)//глобальная функция,
                        которая принимает в качестве
                        параметра указатель базового типа
                        Animal*, а сам объект, адрес
                        которого получает функция, может
                        быть как базового типа Animal, так
                        и любого производного типа - Dog
                        или Cat => так как нам нужна
                        разная функциональность для разных
                        производных классов, а в нашем
                        распоряжении только указатель
                        базового типа, приходится вводить
                        дополнительный признак: с каким
                        именно объектом мы имеем дело
{
    switch(type)            //признак - какое животное
    {
```



```
        case DOG:
            {
                Dog*    pd    =    static_cast<const
                    Dog*>(p);//так как p содержит
                    адрес «собаки», приводим указатель
                    базового типа к Dog*
                pd->  Voice();//вызывается метод класса
                    Dog
                break;
            }

        case CAT:
            {
                Cat*  pc  =  static_cast<const  Cat*>(p);
                    );//так как p содержит адрес
                    «кошки», приводим указатель
                    базового типа к Cat*
                pc->  Voice();//вызывается метод класса
                    Cat
                break;
            }

        default:
            p->Voice(); //вызывается метод базового класса
                    Animal
    }
}
```

Замечание: следует учитывать правила, которые действуют в случае наследования при перегрузке имен функций. Метод производного класса замещает для компилятора одноименный метод базового класса:

```
class A{
    ...
```

```
public:
      void f(int);
};
class B:public A{
      …
public:
      void f(const char*);
};

int main()
{
      B b;
      b.f(3); //ошибка: невозможно сконвертировать int в const
                        char* (то есть посредством объекта
                        производного типа компилятор "не
                        видит" одноименный метод базового
                        класса)
}
```

1.1.11. Позднее связывание. Виртуальные функции.

Позднее связывание имеет смысл только для классов, связанных наследованием. Для того чтобы метод класса C++ стал полиморфным, при его объявлении нужно указать ключевое слово **virtual**. Если реализация функции отделена от объявления, то при определении ключевое слово virtual не должно фигурировать, иначе компилятор выдаст ошибку. Полиморфные методы должны не только называться одинаково, но у них также должны совпадать количество и типы параметров, а также тип возвращаемого значения, а вот реализации у таких функций разные. Позднее связывание – это механизм этапа выполнения, то есть, какая из функций будет вызвана, определяется только во время выполнения программы.

Модифицируем предыдущий пример:

```
class Animal{//базовый класс, описывающий любое обобщенное
                        животное
      …
public:
```



```
      …
      virtual void Voice()const {cout<<"???";} //метод базового
                        класса стал виртуальным
};

class Dog:public Animal{
      …
public:
      …
      virtual void Voice()const {cout<<"Гав!";}//в производном
                        классе ключевое слово virtual не
                        обязательно (если Вы его не
                        напишите, метод не перестанет быть
                        виртуальным), главное, чтобы в
                        базовом классе метод был объявлен
                        виртуальным. С точки зрения
                        документирования Вашего кода
                        рекомендуется этим ключевым словом
                        напоминать программисту о том, что
                        метод виртуальный
};

class Cat:public Animal{
      …
public:
      …
      virtual void Voice()const {cout<<"Мяу!";}
};

int main()
{
      Animal a;
```

```
    Dog d;
    Cat c;

    F(&a);      // ???
    F(&d);      // Гав!
    F(&c);      // Мяу!

}
void F(const Animal* p)//глобальная функция, которая принимает
                        в качестве параметра указатель
                        базового типа Animal*, а сам
                        объект, адрес которого получает
                        функция, может быть как базового
                        типа Animal, так и любого
                        производного типа - Dog или Cat
{
    p->Voice();//так  как  метод виртуальный, посредством
                        указателя базового типа во время
                        выполнения будет вызываться метод
                        «целевого» класса (то есть того
                        класса, какого типа на самом деле
                        объект)
}
```

Замечание очевидное (на всякий случай): **сигнатуры перегружаемых виртуальных функций должны быть одинаковыми**! То есть функции должны иметь одинаковое количество параметров, одинаковые типы параметров и возвращаемого значения =>

Animal::f() и Dog::f(int) никаким полиморфизмом не связаны!!! Это просто перегрузка имен функций.

1.1.12. Механизм вызова виртуальной функции.

Чудес не бывает, поэтому за короткий и удобный код, написанный программистом, кто-то должен "расплачиваться". Очевидно, что нагрузка при реализации полиморфизма ложится на компилятора. Рассмотрим, как реализован механизм "позднего связывания" в случае простого (не множественного) наследования:

```
class A{
    int a;
public:
    virtual void VF1() {...};
    virtual void VF2() {...};
};
class B : public A{
    int b;
public:
    virtual void VF1() {...};
    virtual void VF2() {...};
};
class C : public B{
    int c;
public:
    virtual void VF1() {...};
    virtual void VF2() {...};
};
```

Механизм вызова виртуальной функции:

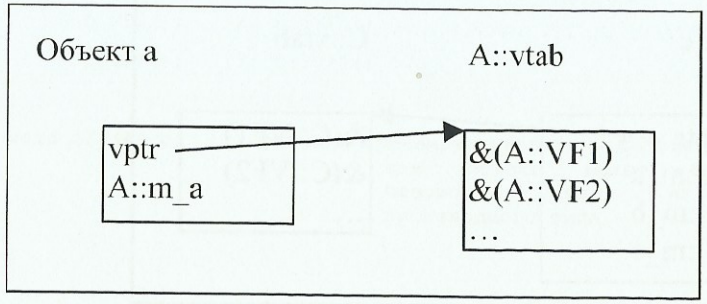
- как только в объявлении класса появляется виртуальная функция, компилятор для данного класса (а также для каждого производного) в

единственном экземпляре формирует таблицу виртуальных функций vtab, в которую с известным ему смещением заносит адреса всех виртуальных методов класса. Перегруженные виртуальные функции имеют одинаковые смещения в таблицах виртуальных функций для разных классов, связанных наследованием

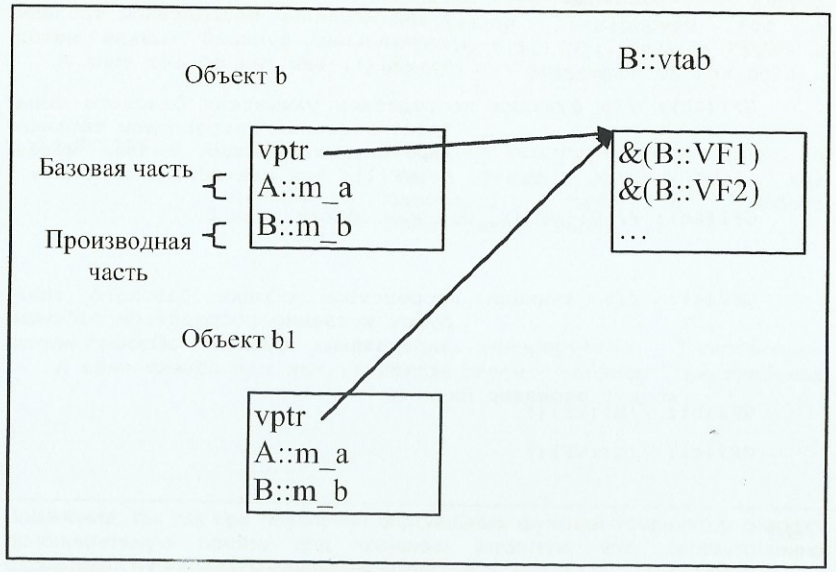
- при создании каждого экземпляра такого класса компилятор расплачивается выделением дополнительной памяти. Теперь каждый экземпляр класса содержит не только поля, предназначенные для хранения данных, но и служебное поле для хранения указателя на таблицу виртуальных функций данного класса - vptr. Так как программист всегда явно указывает, объект какого класса он хочет создать, в самом объекте vptr всегда содержит адрес «своей» таблицы виртуальных функций

- вызов виртуальной функции посредством адреса объекта в отличие от обычного метода класса происходит поэтапно:
  а) зная адрес объекта и местоположение в объекте vptr (указателя на таблицу виртуальных функций) и смещение адреса требуемой функции в таблице vtab, компилятор вычисляет адрес виртуальной функции в таблице виртуальных функций очевидным образом: vptr[смещение]
  б) по вычисленному адресу передает управление (таким образом осуществляет вызов виртуальной функции целевого класса во время выполнения), передавая в качестве дополнительного параметра, как и в случае обычных методов класса, адрес того объекта, для которого вызывается виртуальная функция:
  Замечание: при вызове виртуальной функции компилятор не знает, какого типа объект (ему эта информация не нужна). Для вызова компилятору достаточно располагать следующей информацией: адрес объекта, расположение в объекте указателя vptr и смещение адреса требуемого метода в таблице vtab.

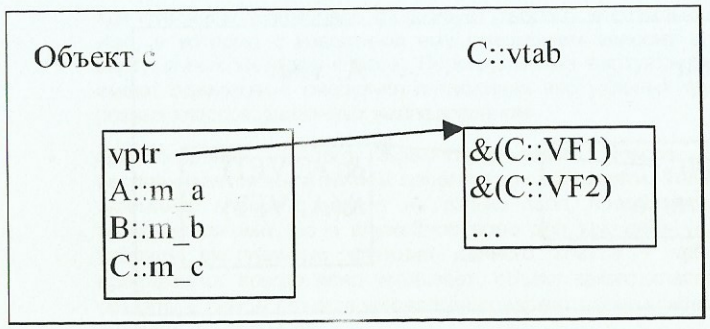
```
int main()
{
    A a(1);
```


```
B b(2,3);
B b1(4,5);
```




```
C c(6,7,8);
```




```
GF1(&a); //в функции посредством указателя базового типа
                 будет косвенно посредством таблицы
                 виртуальных функций вызван метод
                 A::VF1(), так как объект типа A

GF1(&b); //в функции посредством указателя базового типа
                 будет косвенно посредством таблицы
                 виртуальных функций вызван метод
                 B::VF1(), так как объект типа B

GF1(&c); // C::VF1(), так как объект типа C


GF2(a);  //в функции посредством ссылки базового типа
                 будет косвенно посредством таблицы
                 виртуальных функций вызван метод
                 A::VF1(), так как объект типа A

GF2(b); //B::VF1()

GF2(c); //C::VF1()


//но!

a.VF1();    //а при вызове виртуального метода посредством
                 объекта вызов формируется на этапе
                 компиляции (как и для обычного
                 метода класса), то есть в данном
                 случае таблица виртуальных функций
                 не задействуется, косвенный вызов
                 не генерируется. Вызывается метод
                 A::VF1()
```



```
      b.VF1();    // B::VF1()

      c.VF1();    // C::VF1()

}

void GF1(A* p)    //функция принимает указатель базового типа, а
                        сам объект может быть как
                        базового, так и любого
                        производного типа

{

      …

      p->VF1();//вызов    метода генерируется «косвенно»
                        посредством таблицы виртуальных
                        функций целевого класса
                        компилятор сгенерирует код –
                        (*p->vptr[i])(p);, где p будет в
                        методе VF1 фигурировать как this

}

void GF2(A& r)    //функция принимает ссылку базового типа, а
                        сам объект может быть как
                        базового, так и любого
                        производного типа

{

      …

      r.VF1();//вызов    метода генерируется «косвенно»
                        посредством таблицы виртуальных
                        функций целевого класса

}
```

Замечание: так как при появлении виртуальных функций компилятор отводит дополнительную память для хранения указателя vptr, соответственно формируются результаты оператора sizeof:

```
size_t n = sizeof(A); //???
```

Вопрос:
1. можно ли вызывать виртуальные методы в конструкторах?
2. в деструкторах?

1.1.13. Виртуальные деструкторы.

Большинство методов класса (кроме конструкторов) могут быть, а иногда и должны быть виртуальными, в том числе и деструктор (несмотря на то, что в разных классах имена этих методов разные!!!, но смысл одинаковый).

Например: сначала рассмотрим случай, когда деструкторы не виртуальные:

```
class Animal{
      ...
public:
      ~Animal();
};
class Dog : public Animal {
      ...
public:
      ~Dog();
};

int main()
{
//Объединим всех животных в зоопарк: это возможно сделать
                        только посредством указателей
                        базового типа:
      Animal* zoo[] = {new Animal(параметры), new Cat(...), new
                        Dog(...)};
//Подумайте, почему нельзя определить массив  Animal zoo[] = {
                        Animal(…),Cat(…),Dog(…)};???
      for(int i=0; i<sizeof(zoo)/sizeof(Animal*); i++)
      {
            pAr[i]->Voice();//вызов виртуального метода
                        целевого класса
            delete zoo[i];  //при i=0 вызовется деструктор
                        Animal,
                        при i=1 вызовется только
```



```
                        деструктор базового класса, так
                        как указатель типа Animal* =>
                        производная часть Cat не будет
                        корректно освобождена
                        при i=2 вызовется тоже только
                        деструктор базового класса, =>
                        производная часть Dog не будет
                        корректно освобождена
      }
}
```

Объявляем деструкторы виртуальными:

```
class Animal{
      ...
public:
      virtual ~Animal();
};
class Dog : public Animal {
      ...
public:
      virtual ~Dog();   //ключевое слово virtual в производном
                        классе необязательно.
};

int main()
      Animal* zoo[] = {new Animal(параметры), new Cat(...), new
                        Dog(...)};
      for(int i=0; i<sizeof(zoo)/sizeof(Animal*); i++)
      {
            zoo[i]->Voice();//вызов виртуального метода
                        целевого класса
            delete zoo[i];  //при i=0 вызовется деструктор
                        Animal,
                        при i=1 вызовется сначала
```

```
                    деструктор Cat, а потом деструктор
                    базового класса Animal,
                    при i=2 вызовется сначала
                    деструктор Dog, а потом деструктор
                    базового класса Animal

    }
}
```

Замечание: объявлять деструктор вообще незачем, тем более делать его виртуальным, если он (или деструктор класса-потомка) не делает каких-нибудь существенных действий - например, освобождает динамически захваченную память.

1.1.14. Спецификатор разрешения области видимости при наследовании

Если в базовом и производном от него классах объявлены переменные или методы с одинаковыми именами, то «увидеть» соответствующие public элементы базового класса посредством объекта производного класса или protected члены базового класса из методов производного можно с помощью оператора разрешения области видимости «имя_класса ::». Например:

```
class A{
        ...
    public:
    virtual void VF ();
};
class B : public A{
        ...
    public:
    virtual void VF ();
};

int main()
```



```
{
    A* p=new B();
//посредством указатели (или ссылки)
    p->VF ();          //генерируется косвенный вызов
                         посредством таблицы виртуальных
                         функций - будет вызвана B::VF()
    p->A::VF();        //компилятору явно дано указание =>
                         вызов генерируется на этапе
                         компиляции - будет вызвана A::VF()
//посредством объекта
    B b;
    b.A::VF ();
}
```

//или внутри метода класса (это прием, который используется, например, в библиотеке классов MFC):

```
void B::VF()
{
    A::VF();    //вызов метода базового класса для выполнения
                  работы с базовой частью объекта
    ...//работа со своей производной частью
}
```

Замечание: в случае виртуальных функций явное указание области видимости предписывает компилятору на этапе компиляции сгенерировать вызов метода указанного класса, тем самым, отменяя в данном конкретном случае позднее связывание.

1.1.15. Прием проектирования

```
class A{
    int m_a;
public:
    void fGeneral(){
```

```
        fPrivate();//базовая часть работы всегда!
        fVirtual();//а здесь посредством указателя this
                    вызывается метод целевого класса в
                    зависимости от типа объекта!

            }
private:
    void fPrivate()  {    }
    virtual void fVirtual() {…}

};
class B: public A{
    virtual void fVirtual() {…}
};

    A* pA = new A();
    A* pB = new B();
    pA->fGeneral();//A::fGeneral(), A::fVirtual
    pB->fGeneral();//A::fGeneral(), B::fVirtual
```

1.1.16. Изменение спецификатора доступа в производном классе

Замечание: вряд ли стоит изменять спецификатор доступа виртуального метода в производных классах, поэтому можно рассматривать приведенный ниже пример в качестве трюка:

```
class A{
public:
    virtual void F();
};
class B:public A{
private:
```



```
    virtual void F();  //перегруженный метод находится в
                         защищенной секции
};

void F(A* p)
{
    p->F();//если объект B, то будет вызвана private метод
                         класса B!!!
}
```

1.1.17. Конструктор копирования и виртуальные функции

```
class A{
virtual void f();
};
class B:public A{
virtual void f();
};

int main()
{
    B b;        //таблица виртуальных функций класса B
    A a = b;    //a создается объект класса A, поэтому сначала
                  конструктор формирует
                  A::vptr=&A::vtab, а потом
                  переписывает базовую часть объекта
                  b в a посредством конструктора
                  копирования класса A
}
```

1.1.18. Чисто виртуальные (pure virtual) функции и абстрактные классы

Иногда при построении иерархии классов базовый класс является настолько обобщенным, что объектов такого типа просто не существует. Например, до сих пор мы создавали экземпляры класса Animal, но на самом деле такого «обобщенного» животного в природе нет, зато есть кошки, собаки.... Такой базовый класс хранит общие для всех животных данные (пол, возраст...) и посредством методов базового класса реализуется общее для всех животных поведение. Но реализацию некоторых методов (Voice) можно написать только для конкретного животного, а в базовом классе вложить какой-то смысл в такой метод невозможно (что может «сказать» какое-то обобщенное животное?). Поэтому до сих пор метод базового класса Voice был просто заглушкой (пустое тело функции или "???"). Посредством использования чисто виртуальных функций программист может сообщить компилятору, что данный класс является абстракцией, поэтому реализацию такого метода компилятор должен искать в производных классах.

Чисто виртуальная функция объявляется в базовом классе следующим образом:

```
class A{
      ...
      virtual void VirtFunc()= 0;        //  =0 делает функцию
                                         чисто виртуальной.  Чисто
                                         виртуальный метод может, но не
                                         обязан иметь тело
};
```

Класс, содержащий хотя бы одну pure virtual-функцию, называется **абстрактным**. Следствия:

- компилятор не позволит создавать объекты такого класса;
- абстрактный класс может использоваться только в качестве базового для других классов;
- реализация чисто виртуальной функции не обязательна;
- компилятор будет следить за тем, чтобы в производных классах такой метод был реализован;
- можно пользоваться указателем или ссылкой базового типа (на абстрактный класс).

Пример:

```
class Animal{
      …
      virtual void Voice()const =0; //Обратите внимание: не
                                    требуется определение чистой
                                    виртуальной функции! (реализация
                                    может быть, но она
                                    необязательна!!!)
};
class Dog:public Animal{
      …
      virtual void Voice()const {cout<<"Гав!";} //реализация
                                    чисто виртуальной функции в
                                    производном классе Dog
};
class Cat:public Animal{
      …
      virtual void Voice()const {cout<<"Мяу!";} //реализация
                                    чисто виртуальной функции в
                                    производном классе Cat
};
void F(const Animal* p)
{
      p->Voice(); //вызов метода целевого класса
}
int main()
{
      //Animal an;      //ошибка компилятора - нельзя создать
                                    экземпляр абстрактного класса
      Dog dog;
      F(&dog);    //корректно - функция принимает указатель
                                    базового типа => компилятор неявно
                                    преобразует указатель Dog* в
                                    указатель Animal*
```

```
    Animal* zoo[] = {new Dog, new Cat, …};    //корректно -
                              массив указателей базового типа, а
                              сами объекты производных типов

    for(int i=0; i<sizeof(zoo)/sizeof(Animal*); i++)

    {

        zoo[i]-> Voice(); //вызов виртуального метода
                              целевого класса

        //Если массив больше не нужен, не забудьте
                              освободить память

        delete zoo[i];

    }

}
```

Замечание: класс, содержащий **только** чисто виртуальные функции, называется классом-**протоколом** (задает для производных классов только интерфейс без какой-либо реализации и заставляет каждый производный класс иметь собственную реализацию заданного интерфейса).

Наследование интерфейса и наследование реализации при открытом наследовании

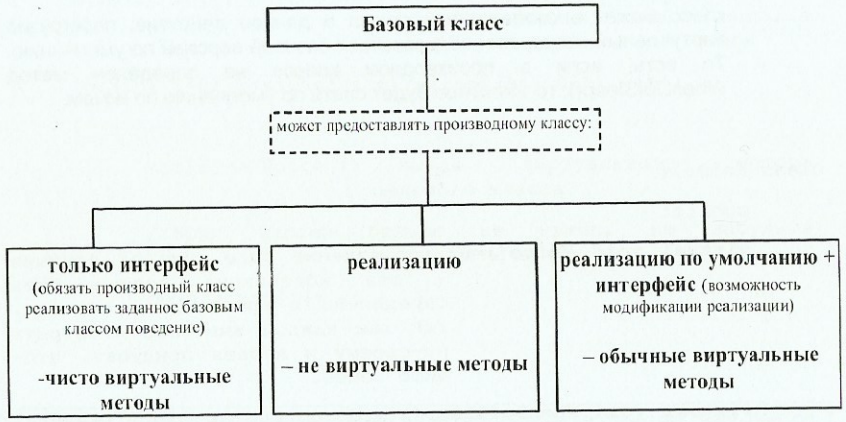
При открытом наследовании базовый класс может предоставлять производным:

- **реализацию** - некоторую общую для всех потомков функциональность (то есть не предполагается, что в производном классе в указанное базовым классом действие можно вложить другой смысл). Например: метод базового класса void Animal::IncYear(){m_age++;} не может вести себя по-другому в производных классах;
- **интерфейс** – только обозначение действия, так как базовый класс в этом случае «знает», что такое действие должно иметь место в производных классах, но «не знает» как такое действие реализовать в базовом.
  Например: virtual void Animal::Voice()=0;
- **реализацию «по умолчанию» + интерфейс** (то есть производный класс может пользоваться функциональностью базового или вложить свой собственный смысл в указанное действие). Например:
  virtual void Animal::WhenDoISleep(){cout<<"At night";} //поведение по умолчанию
  virtual void Dogl::WhenDoISleep(){cout<<"20 hours a day";} //производный

класс может вложить новый смысл в данное действие, перегрузив виртуальный метод, или пользоваться базовой версией по умолчанию. То есть, если в производном классе не определен метод WhenDoISleep(), то животное будет спать по умолчанию по ночам.

```
class Animal{

    public:

    virtual void Voice()=0;//объявление pure virtual функции
                              - эта абстракция должна быть
                              определена в производных классах,
                              так как каждое животное «говорит»
                              по-своему и нельзя придумать что-
                              либо общее.

    virtual void WhenDoISleep(){std::cout<<"At night"<<endl;}
                              //может быть переопределена в
                              производных классах или нет, тогда
                              такие производные классы
                              пользуются базовой версией,
                              которая делает что-то по
                              умолчанию: Animal::WhenDoISleep()

    void IncYear();   //не предполагается, что она будет вести
                              себя иначе в производных классах

};

class Dog:public Animal{

    public:

    virtual void Voice(){std::cout<<"Gav"<<endl;}

    virtual void WhenDoISleep(){std::cout<<"20 hours a
                              day"<<endl;}      //а можно и не
                              переопределять, и пусть спит по
                              умолчанию ночью

};
```

Правило N 4: различайте наследование интерфейса и реализации!




```
int main()
{
    Animal* zoo[] = {new Dog(), new Cat()};
    for(int i=0; i<sizeof(an)/sizeof(an[0]); i++)
    {
        zoo[i]-> IncYear();      //вызывается метод базового
                                 класса
        zoo[i]-> Voice(); //вызывается    метод    «целевого»
                                 класса
        zoo[i]-> WhenDoISleep();      //если в производном
                                 классе такой метод не определен,
                                 то вызывается метод базового
                                 класса, иначе метод «целевого»
                                 класса
    }
    ...
}
```


Механизм наследования интерфейса и реализации посредством таблиц виртуальных функций

Примеры формирования таблиц виртуальных функций:

1. Использование производным классом функциональности базового класса

```
class A{
    …
    virtual void f(); //так как появился виртуальный метод,
                      компилятор создаст для класса A
                      таблицу виртуальных функций и
                      занесет в нее адрес метода класса
                      A
```

A::vtab
&(A::f)

```
};
class B : public A{
    …
    //виртуальный метод f() не перегружен!!! => класс B будет
                      пользоваться базовой реализацией
//Так как в базовом классе есть виртуальный метод, для
                      производного класса B компилятор
                      создаст свою таблицу виртуальных
                      функций, но так как в классе B
                      виртуальный метод отсутствует, то
                      в таблицу будет занесен адрес
                      метода базового класса
```

B::vtab
&(A::f)

```
};
class C : public B{
    …
    virtual void f(); //виртуальный метод перегружен, поэтому
                      в таблицу виртуальных функций
```

компилятор занесет адрес метода класса C

C::vtab
&(C::f)

```
};
int main()
{
    A* pA = new A;
    A* pB = new B;
    A* pC = new C;
    pA->f();    //A::f();
    pB->f();    //A::f();
    pC->f();    //C::f();
}
```

2. Более сложные случаи:

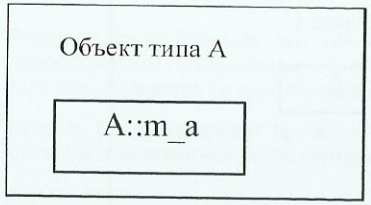
```
class A{
    int m_a;
    …
    void f();   // метод не виртуальный, поэтому в таблицу виртуальных функций адрес не заносится. Более того, если в классе виртуальных методов нет, то таблицу виртуальных функций компилятор для класса A создавать не будет!
};
class B : public A{
    int m_b;
    …
    virtual void f();  // метод объявлен как виртуальный, поэтому компилятор создает таблицу виртуальных функций и заносит в нее адрес метода класса B
```


B::vtab
&(B::f)

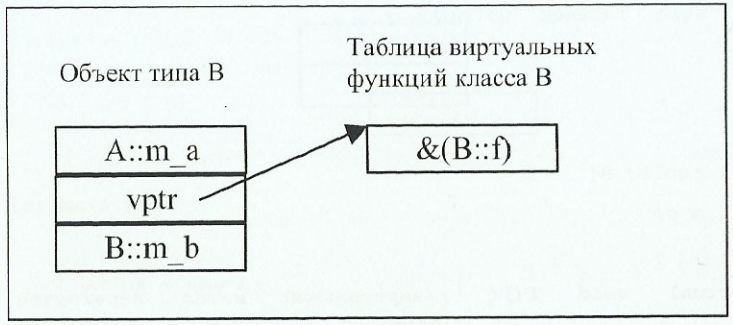
```
};
class C : public B{
    int m_c;
    …
    virtual void f();  //виртуальный метод перегружен (ключевое слово virtual необязательно), поэтому в таблицу виртуальных функций компилятор занесет адрес метода класса C
```

C::vtab
&(C::f)

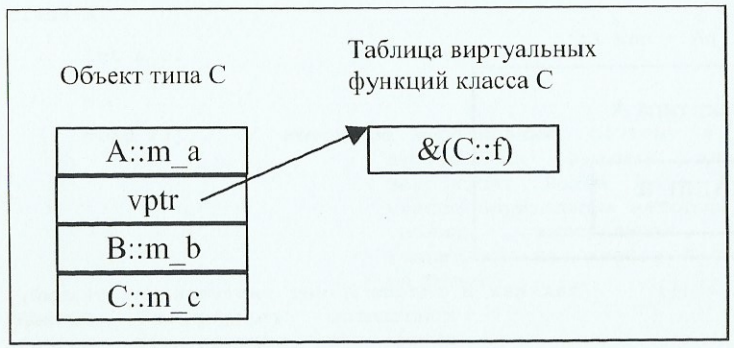
```
};
int main()
{
    A* pA = new A;
```




```
    pA->f();    //так как в классе A нет виртуальных функций, компилятор генерирует обычный вызов не виртуального метода A::f() (таблица виртуальных функций не используется, так как для класса A компилятор ее не создает!!!)

    B* pB1 = new B;
    A* pA1 = pB1;
```




```
pA1->f();   // обычный вызов не виртуального метода A::f()
pB1->f();   //косвенный вызов B::f() посредством таблицы
                виртуальных функций

C* pC = new C;
A* pA2 = pC;
B* pB2 = pC;
```




```
pA2->f();   // обычный вызов не виртуального метода A::f()
pB2->f();   // косвенный вызов C::f() посредством таблицы
                виртуальных функций
pC->f();    // косвенный вызов C::f()посредством таблицы
                виртуальных функций
}
```


Тема III. Понятие friend.

Friend (привилегированные) функции и классы.

Одним из достоинств классов считается «сокрытие» данных, но, общеизвестно, что как только возникает какое-либо правило, так сразу же возникает и необходимость в исключениях из этого правила. Поэтому, как только появились спецификаторы доступа private и protected, так сразу же возникла необходимость иметь средство непосредственного доступа к таким элементам класса, которое и было реализовано посредством friend-функций или классов.

Замечание: существует мнение (и я с ним полностью согласна), что введение понятия friend – это в большинстве случаев предоставление программисту средства исправить плохо продуманную иерархию классов, и, если возникает необходимость в таких функциях или классах, то зачастую это признак того, что иерархия классов нуждается в исправлении. Но! В некоторых случаях, а именно когда речь идет:

- о перегруженных глобальными функциями операторах
- или о вспомогательных классах

ключевое слово friend оказывается очень даже полезным.

Внешняя (глобальная) friend-функция

Внешняя friend-функция это обычная глобальная функция, которой просто предоставлены специальные привилегии доступа к защищенным элементам того класса, в котором она объявлена как friend.

Пример (в приведенном примере с точки зрения проектирования корректнее было бы пользоваться public методами для получения защищенных данных):

```
class Rect{
      int m_left, m_top, m_right, m_bottom;
public:
      …
};

Rect BoundingRect(const Rect& r1, const Rect& r2)
{//это не метод класса, а обычная глобальная функция => любая
                                попытка обращения к защищенным
```

```
                    членам класса Rect вызывает ошибку
                    компилятора
    int l=(r1.m_left<r2.m_left) ? r1.m_left: r2.m_left; //
                    ошибка - нарушение прав доступа
    …
}
```

Для того, чтобы в глобальной функции Вы могли обращаться к защищенным переменным класса, эта функция должна быть объявлена в классе с ключевым словом friend:

```
class Rect{
    …
    friend Rect BoundingRect(const Rect&, const Rect&);
                    //объявление глобальной friend-
                    функции
```

Замечание: не имеет значения, в какой секции (private, protected или public) объявлена friend функция, так как она не является членом класса.

```
};
Rect BoundingRect(const Rect& r1, const Rect& r2)
{//так как эта глобальная функция «стала другом» класса Rect, в
                    теле этой функции компилятор
                    позволит обращаться к защищенным
                    членам этого класса
    int l=(r1.m_left<r2.m_left) ? r1.m_left: r2.m_left; // OK
    …
}
```

Замечание: для всех остальных функций правила доступа остаются прежними, то есть компилятор выдаст ошибку при попытке обращения к защищенному члену класса.

```
int main()
{
    Rect r = BoundingRect(Rect(1,2,3,4), Rect(5,6,7,8));
    //r.l = 1;//ошибка доступа
```



```
}
```

Замечание 1: дружба с функцией автоматически не передается по наследству

```
class B;
class A{
    int m_a;
    friend void F(B& b);
};
class B:public A{
    int m_b;
    …
};
void F(B& b)
{
    std::cout<<b.m_a; //OK, так как функция является другом
                    класса A
    //std::cout<<b.m_b; //ошибка - нет доступа к B::m_b. Для
                    того, чтобы иметь доступ к
                    защищенным переменным производного
                    класса, функция должна быть другом
                    этого производного класса
}
```

Замечание 2: с другой стороны, дружественная производному классу функция имеет право обращаться к protected (не private!) членам базового класса:

```
class A{
    int m_a1;
protected:
    int m_a2;
};
class B: public A{
    int m_b;
```

```
    friend void F(B& b);
};
void F(B& b)
{
    //std::cout<<b.m_a1; //ошибка - нет доступа
    std::cout<<b.m_a2; //OK
    std::cout<<b.m_b; //OK
}
```

friend-класс

Можно сделать все методы одного класса «дружественными» другому классу, то есть позволить компилятору в любом методе friend-класса обращаться к защищенным членам данного класса, например:

```
//Circle.h
class Circle{
    int x,y,r;
public:
    Circle(const Rect& r);//объявление конструктора, который
                          «вписывает» создаваемый кружок в
                          заданный в качестве параметра
                          прямоугольник
};
//Circle.cpp
Circle::Circle(const Rect& r)//реализация конструктора
{
    int w = r.m_right-r.m_left;   //ошибка доступа
    int h = r.m_bottom-r.m_top;   //ошибка доступа
    x=r.l + w/2;
    y=r.t + h/2;
    r= (w>h) ? h/2 : w/2;
```



```
}
```

Объявим класс Circle другом класса Rect:

```
class Rect{
    friend class Circle;   //все методы класса Circle имеют
                           право обращаться к защищенным
                           членам класса Rect
};
//Circle.cpp
Circle::Circle(const Rect& r)//теперь методы класса Circle
                           имеют право обращаться к
                           защищенным членам класса Rect
{
    int w = r.m_right-r.m_left;   //OK
    int h = r.m_bottom-r.m_top;   //OK
    …
}
```

Замечание: «дружба» классов:

1. не наследуется

```
class Z{friend class X;};
class X{ };
class Y:public X{ …};
```

Методы производного класса Y не имеют права обращаться к защищенным членам класса Z

```
class Z{int m_z; friend class X;};
class X{
void fX(Z& z){std::cout<<z.m_z; //OK}
};
class Y:public X{
    void fY(Z& z){
```

```
    //std::cout<<z.m_z; //ошибка доступа
    }
};
```

2. не является транзитивной (если класс X объявлен friend-классом в классе Y, а класс Z объявлен friend-классом в классе X, то класс Z не является Friend-классом X.

```
class X{friend class Y;};
class Y{friend class Z;};
```

Методы класса Z не имеют права обращаться к защищенным членам класса X.

friend- метод другого класса

Можно дать права не всем, а выборочно некоторым методам другого класса обращаться к защищенным переменным данного класса, например:

```
class Rect{
    friend Circle::Circle(const Rect&); //только данный метод
                                        класса Circle имеет право
                                        обращаться к защищенным членам
                                        класса Rect => в любом другом
                                        методе при аналогичной попытке
                                        компилятор выдаст ошибку
};
```


Тема IV. Перегрузка операторов.

Предоставление возможности обращаться с объектами пользовательского типа также как с переменными базового типа.

Перегрузка операторов для базовых и пользовательских типов

Компилятор генерирует **разные** низкоуровневые инструкции, встречая одно и то же действие, но над разными типами.

Для базовых типов также существует перегрузка операторов, которую осуществляет компилятор самостоятельно (встроенные операторы):

```
int x,y,z;
z=x+y;      //add

double x,y,z;
z=x+y;      //fadd
```

Язык C++ допускает перегрузку операторов (overloading), то есть способность переопределения привычных операторов типа **+, -, *, >, <, =, >>, <<, [], (), ...** но только для Ваших пользовательских типов данных (полный список операторов, которые можно перегружать, приведен в **MSDN Library – "Redefinable Operators"**. Там же перечислены операторы, которые перегружать нельзя).

Но, в отличие от базовых типов, компилятор «не знает» как интерпретировать следующую запись и выдаст ошибку: «в классе не определен оператор +»

```
Point pt1, pt2, pt3;
pt3 = pt1 +pt2;   //ошибка
```

Только Вы можете определить, каким образом следует поступать компилятору, когда он встречает в тексте программы оператор, который должен воздействовать на Ваш тип. Целью перегрузки операторов является простота и интуитивная интерпретация операторов.

Специфика перегружаемых операторов.

Перегрузка операторов – один из видов перегрузки имен функций. Просто у такой функции несколько необычное имя. Если Вы перегружаете оператор ♥, то должны создать в Вашем классе функцию с именем **operator♥**, которую