Practice of Programming 1
Class I

Haopeng Chen

***RE**liable, **IN**telligent and **S**calable Systems Group (**REINS**)*
Shanghai Jiao Tong University
Shanghai, China
e-mail: chen-hp@sjtu.edu.cn

类

- 回顾
- 类设计
  - 接口要易于使用
  - 复制构造器
  - 设计类如同设计类型

类

- 思想
  - 类表示的是程序中的概念
    - 如果可以将“事物”当做单独的实体看待，那么它就可以是一个类或者是一个类的对象
    - 例如: vector, matrix, input stream, string, FFT, valve controller, robot arm, device driver, picture on screen, dialog box, graph, window, temperature reading, clock
  - 类是 (用户定义) 类型，它指定了其对象可以如何创建和使用
  - 在 C++ (以及大多数现代语言)中，类是构造大型程序的关键组成部分
    - 对小程序也非常有用
  - 这个概念最初是在 Simula67中引入的

成员和成员访问

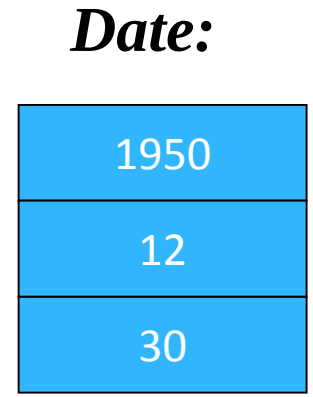
- 看待类的方式

```
class X {            // this class's name is X
   // data members (they store information)
   // function members (they do things, using the information)
};
```

- 例如

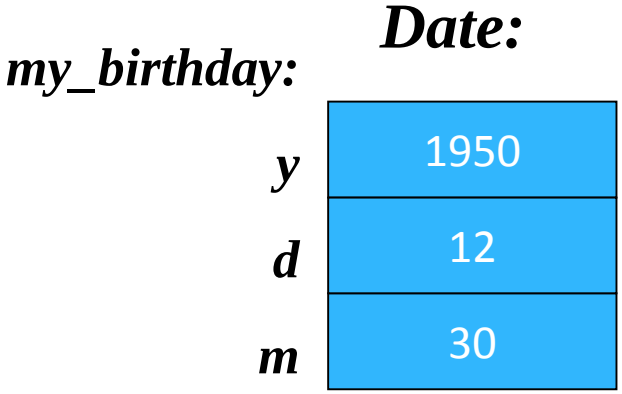
```
class X {
public:
   int m;   // data member
   int mf(int v) { int old = m; m=v; return old; }   // function member
};

X var;                    // var is a variable of type X
var.m = 7;                // access var's data member m
int x = var.mf(9);        // call var's member function mf()
```

```
// simple Date (control access)
class Date {
    int y,m,d;       // year, month, day
public:
    Date(int y, int m, int d);  // constructor: check for valid date and initialize

    // access functions:
    void add_day(int n);        // increase the Date by n days
    int month() { return m; }
    int day() { return d; }
    int year() { return y; }
};

// …
Date my_birthday(1950, 12, 30);          // ok
cout << my_birthday.month() << endl;     // we can read
my_birthday.m = 14;                      // error: Date::m is private
```



类


```
// simple Date (some people prefer implementation details last)
class Date {
public:
    Date(int y, int m, int d);  // constructor: check for valid date and initialize
    void add_day(int n);        // increase the Date by n days
    int month();
    // ...
private:
    int y,m,d;          // year, month, day
};
```




```
Date::Date(int yy, int mm, int dd)          // definition; note :: "member of"
    :y(yy), m(mm), d(dd) { /* ... */ };     // note: member initializers

void Date::add_day(int n) { /* ... */ };    // definition
```

类

- 为什么要有public和private的区别呢？
- 为什么不能所有东西都是public 的?
  - 为了提供整洁的接口
    - 数据和复杂的函数可以设成private的
  - 为了维护不变式
    - 只有固定的函数集可以访问数据
  - 为了使调试更加容易
    - 只有固定的函数集可以访问数据
    - (称为“围捕嫌犯”技术)
  - 为了允许类的表示的变更
    - 只需要变更固定的函数集
    - 不用确切知道谁在使用 public的成员

Date类接口不易使用


```
class Date {
    int y,m,d;     // year, month, day
public:
    Date(int y, int m, int d);  // constructor: check for valid date and
    initialize

    // access functions:
    void add_day(int n);              // increase the Date by n days
    int month() { return m; }
    int day() { return d; }
    int year() { return y; }
};
```

- Date d(30, 3, 1995); // 参数顺序不正确
- Date d(2, 20, 1995); // 参数值非法

类接口要易于使用


```
struct Day {
  explicit Day(int d)
  :val(d) {}
  int val;
};
```

```
struct Month {
   explicit Month(int m)
   :val(m) {}
    int val;
};
```

```
struct Year {
   explicit Year(int y)
   :val(y){}
    int val;
};
```

```
class Date {
  public:
    Date(const Month& m, const Day& d, const Year& y);
    ...
};
```

```
Date d(30, 3, 1995);                    // error! wrong types
Date d(Day(30), Month(3), Year(1995));    // error! wrong types
Date d(Month(3), Day(30), Year(1995));    // okay, types are correct
```

类接口要易于使用


```
class Month {
public:
  static Month Jan() { return Month(1); }   // functions returning all valid
  static Month Feb() { return Month(2); }   // Month values;
  ...
  static Month Dec() { return Month(12); }
  ...                                 // other member functions
private:
  explicit Month(int m);      // prevent creation of new Month values
  ...                                 // month-specific data

};

Date d(Month::Mar(), Day(30), Year(1995));
```

IntSet类


```
class IntSet {
      int *elts; // pointer to dynamic array
      int sizeElts; // capacity of array
      int numElts; // current occupancy
   public:
      IntSet::IntSet(int size=MAXELTS); // constructor
       // REQUIRES: size > 0
       // EFFECTS: create a set with size capacity
      ...
};
```

潜在风险

- 执行下面的代码会发生什么？

```
void foo(IntSet x) {
    // do something
}

int main() {
    IntSet s;
    s.insert(5);
    foo(s);
    s.query(5);
}
```

- 类是按值传递的，就像struct一样
- 它们是逐位复制的，就像struct一样

- 当 foo 执行结束后，x 被删除
- 同时会删除x指向的动态数组
- 这使得 s.elts 成为了悬空指针
- 不良事件！

潜在风险

- 下面的代码将出现相同的情况：

```
void foo()
{
  IntSet s(5);
  s.insert(7);
    {
      IntSet x;
      x = s;
    }
s.query(7); // Undefined!
```

潜在风险

- 赋值语句会将s的元素复制给x的元素
  - 但是它们共享了s的elts数组
  - x的elts数组就成为了孤儿

- 当x作用域执行结束时，就被销毁，s.elts就悬空了

潜在风险

- 那么，这是怎么回事呢？

- 按值传递参数和赋值操作的语法要求：
  - 应该将s的内容复制给x
- 但是，实际情况并非如此
  - 最终这两个对象共享了elts[]数组
- 我们真正想要的是：
  - 除了复制元素外，还要复制这个数组

浅复制与深复制

- 当一个类包含指向动态元素的指针时
  - 复制它就会棘手一些
- 如果只复制类中的成员
  - 这就是浅复制(shallow copy)
- 通常，我们希望得到一个所有事物的完全副本
  - 这就称为深复制(deep copy)

深复制

- C++有两种机制来实现深复制
- 复制构造器：
  - 一块无形(formless)内存空间(blob，二进制字节大对象)，以及一个样本实例
  - 创建这个样本的一个blob副本
- 复制构造器与其他构造器所起的作用是一致的

复制构造器

- 我们可以声明为IntSet声明一个复制构造器

```
class IntSet {
  int *elts; // array of elements
  int numElts; // number of elements in array
  int sizeElts; // capacity of array
public:
  IntSet(int size = MAXELTS); // client optionally names size
  IntSet(const IntSet &is); // copy constructor
   ...
};
```

复制构造器

- 引元之所以是常量，有两个原因:
  - 首先，如果按值传递
    - 那么最好传递它之后不要对其做任何修改!
  - 其次，这可以确保该类的任何实例都可以当做一个复制源
    - 而不仅仅只是一个可变化的对象

- 复制构造器必须完成两个任务：
  - 分配一个与源集合同尺寸的数组
  - 从源数组中复制每一个元素到新数组中
  - 复制 numElts/sizeElts 域
- 复制工作必须在复制构造器和赋值语句中都执行
- 因此，我们将复制工作抽取到一个工具函数中
  - 这样就需要添加一个private方法

带有复制构造器的IntSet


```
class IntSet {
    int *elts; // array of elements
    int numElts  // number of elements in array
    int sizeElts  // capacity of array
    void copyFrom(const IntSet &is);
    // REQUIRES: this has enough capacity to hold is
    // MODIFIES: this
    // EFFECTS: copies is contents to this
public:
    IntSet(int size = MAXELTS); // client optionally names size
    IntSet(const IntSet &is); // copy constructor
    ...
```

copyFrom函数

- 在编写这个函数前
  - 考虑copyFrom函数应该做些什么

- 首先，copyFrom 应该像别的方法一样
  - 在调用它之前表示不变式必须得到满足
- 其次，copyFrom 要求源集合与目标集合具有相同的容量

copyFrom函数


```
void IntSet::copyFrom(const IntSet &is)
{
    for (int i = 0; i<is.sizeElts; i++) { // Copy array
      elts[i] = is.elts[i];
    }
    numElts = is.numElts;
}
```

复制构造器的实现

- 复制构造器需要调用copyFrom.

```
IntSet::IntSet(const IntSet &is)
{
  elts = new int[is.sizeElts];
  sizeElts = is.sizeElts;
  numElts = 0;
  copyFrom(is);
}
```

复制构造器的实现

- 将复制构造器与缺省的复制方法相比较
  - 缺省的复制方法只做了一件事，即复制elts/numElts/sizeElts域
- 复制构造器跟踪指针
  - 并复制了指针指向的对象
  - 而不是仅仅只复制了指针
- 这就被称为深复制
  - 与浅复制的缺省行为形成了对比

赋值操作符

- 我们如何处理赋值呢？

```
IntSet s1(5);
IntSet s2(10);
s1 = s2; // assign s2 to s1
```

- 缺省的C++编译器在执行这个赋值操作时仍旧会使用浅复制

- 这与复制构造器的工作紧密相关
- 就像复制构造器一样
  - 赋值必须使用 rvalue 到 lvalue 的深复制

赋值操作符

- 但是，lvalue的类实例必须先被销毁
  - 否则会造成内存泄露
- 要实现这个目的，需要为IntSet类重新定义赋值操作符
- 这称为操作符重载

- 赋值操作符
  - 向其提供目标实例和源实例
  - 将目标实例变成源实例的一个副本

赋值操作符

- 下面是我们定义的赋值操作符：

```
class IntSet {
  // data elements
  ...
public:
  // Constructors
  ...
  IntSet& operator= (const IntSet& is);
  ...
};
```

赋值操作符

- 我们不需要知道：
  - 为什么赋值操作符会返回lvalue的引用
  - 只需要知道它就是这样做的即可
- 这里“酷”的是
  - 由于我们已经写好了copyFrom
  - 所以赋值操作符很容易实现
- 我们只需直接使用copyFrom即可

赋值操作符实现


```
IntSet& IntSet::operator=(const IntSet &is)
{
  if (sizeElts != is.sizeElts) {
     delete [] elts;
     numElts = is.numElts;
     elts = new int[numElts];
  }
 copyFrom(is);
 return *this;
}
```

赋值操作符实现

- 最后一行显得有些奇怪
- 每个方法都有一个“隐式地(implicit)”局部变量this
  - this是一个指针，指向在其上调用该方法的当前实例

- 这一行会对该指针解地址，并返回它所指向的对象的引用
- 我们不能只返回this
  - 因为指针与引用并不完全一样
- 但是，我们必须返回被赋值对象(*assigned-to object*)的引用
  - 而不是赋值对象(*assigned-from object*)的引用

赋值操作符实现

- 如果我们执行下面的代码，会发生什么呢？

```
IntSet s(50);
s = s;
```

- 答案是没什么不良后果，但是显得很浪费
- 应该执行检查避免这种操作
  - 但是因为我们可能并不经常会“自赋值(self-assign)”
  - 所以每次都检查与偶尔将数组复制给其自身相比，代价可能还要高昂

设计类如同设计类型

- 设计新类时需要像设计新类型一样考虑下列问题：
  - 新类的对象应该如何被创建和销毁？
    - 构造器和析构器设计
  - 对象的初始化和对象的赋值是否需要深复制？
    - 复制构造器和赋值操作符重载
  - 新类的对象如果被“按值传递”意味着什么？
    - 复制构造器
  - 新类的对象的“合法值”是什么？
    - 要进行有效性检查
  - 是否存在继承关系？
    - 子类化与转型
  - 成员与访问权限
    - Private或public
  - 真的需要新类型吗？

Thank You!