Предефиниране на оператори. Копиращ конструктор. Оператор за присвояване

Любомир Чорбаджиев
Технологическо училище “Електронни системи”
Технически университет, София
lchorbadjiev@elsys-bg.org

Revision : 1.4

21 февруари 2005 г.

Пример: Операции с вектори

- Основните операции, които могат да се извършват с вектори, са **събиране**, **изваждане** и **умножение по число**.
- Нека разгледаме вектори, дефинирани в равнината. Всеки вектор може да се представи като двойка числа $\vec{a} = (a_x, a_y)$, където a_x и a_y са съответно x и y-координатата на вектора $\vec{a}$.

Пример: Операции с вектори

- Нека са дадени два вектора $\vec{a} = (a_x, a_y)$ и $\vec{b} = (b_x, b_y)$. Операцията **събиране на вектори** дава нов вектор $\vec{c} = (c_x, c_y)$, такъв че:

$$c_x = a_x + b_x, c_y = a_y + b_y$$

- Нека са дадени два вектора $\vec{a} = (a_x, a_y)$ и $\vec{b} = (b_x, b_y)$. Операцията **изваждане на вектори** дава нов вектор $\vec{c} = (c_x, c_y)$, такъв че:

$$c_x = a_x - b_x, c_y = a_y - b_y$$

- Нека се дадени вектор $\vec{a} = (a_x, a_y)$ и число α. Операцията **умножение на вектор по число** дава нов вектор $\vec{b} = (b_x, b_y)$, такъв че:

$$b_x = \alpha a_x, b_y = \alpha a_y$$

Пример: Операции с вектори

- Нека дефинираме клас `Point`, който представя **вектор в равнината**.

```
4  class Point {
5    double x_, y_;
6  public:
7    Point(double x=0,double y=0)
8      : x_(x), y_(y)
9    {}
10   double get_x() const {return x_;}
11   double get_y() const {return y_;}
12
13   Point& add(const Point& p);
14   Point& sub(const Point& p);
15   Point& mul(double a);
16 };
```

Пример: Операции с вектори

- Методът `Point& add(const Point& p)` реализира операцията събиране на вектори.

```
18 Point& Point::add(const Point& p) {
19   x_+=p.x_;
20   y_+=p.y_;
21   return *this;
22 }
```

- Нека са дадени два вектора $\vec{p_1}$ и $\vec{p_2}$. Операцията $\vec{p_1} = \vec{p_1} + \vec{p_2}$ може да се изпълни по следният начин:

```
Point p1, p2;
//....
p1.add(p2);
```


Пример: Операции с вектори

- Методът `Point& sub(const Point& p)` реализира операцията изваждане на вектори.

```
23 Point& Point::sub(const Point& p) {
24   x_-=p.x_;
25   y_-=p.y_;
26   return *this;
27 }
```

- Нека са дадени два вектора $\vec{p_1}$ и $\vec{p_2}$. Операцията $\vec{p_1} = \vec{p_1} - \vec{p_2}$ може да се изпълни по следният начин:

```
Point p1, p2;
//....
p1.sub(p2);
```


Пример: Операции с вектори

- Методът `Point& mul(double alpha)` реализира операцията умножение на вектор по число.

```
28 Point& Point::mul(double alpha) {
29   x_*=alpha;
30   y_*=alpha;
31   return *this;
32 }
```

- Нека е даден вектор $\vec{p}$ и числото α. Операцията $\vec{p} = \alpha\vec{p}$ може да се изпълни по следният начин:

```
Point p;
double alpha;
//....
p.mul(alpha);
```


Пример: Операции с вектори

- И трите разгледани метода връщат препратка към `Point`, като тази препратка препраща към обекта, върху който се изпълнява операцията (***this**).

```
18 Point& Point::add(const Point& p) {
19   x_+=p.x_;
20   y_+=p.y_;
21   return *this;
22 }
```

- Това позволява тези операции да се прилагат последователно върху даден обект:

```
1 Point p1, p2, p3;
2 //...
3 p1.add(p2).sub(p3).mul(10.0);
```

- Ред 3 е еквивалентен на следният код:

```
1 p1.add(p2);
2 p1.sub(p3);
3 p1.mul(10.0);
```

Пример: Операции с вектори

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3
4  class Point {
5    double x_, y_;
6  public:
7    Point(double x=0,double y=0)
8      : x_(x), y_(y)
9    {}
10   double get_x() const {return x_;}
11   double get_y() const {return y_;}
12
13   Point& add(const Point& p);
14   Point& sub(const Point& p);
15   Point& mul(double a);
16 };
17
```

```
34 int main(void) {
35   Point p1(1.0,1.0);
36   Point p2(2.0,2.0);
37   Point p3(3.0,3.0);
38
39   p3.add(p2).sub(p1).mul(10.0);
40
41   cout<<"p3=("
42       <<p3.get_x()<<", "
43       <<p3.get_y()<<")"<<endl;
44   return 0;
45 }
```

```
lubo@kid:~/school/notes> ./a.out
p3=(40, 40)
```



```
18 Point& Point::add(const Point& p) {
19   x_+=p.x_;
20   y_+=p.y_;
21   return *this;
22 }
23 Point& Point::sub(const Point& p) {
24   x_-=p.x_;
25   y_-=p.y_;
26   return *this;
27 }
28 Point& Point::mul(double alpha) {
29   x_*=alpha;
30   y_*=alpha;
31   return *this;
32 }
33
```

Предефиниране на оператори

- Представената реализация на векторна аритметика е удобна, но щеше да бъде много по удобна, ако можехме да използваме естествените математически оператори `+`, `-`, `*`, `+=`, `-=`, `*=`. Например:

```
1 Point p1, p2, p3;
2 //...
3 p1=p2+p3;
4 p1*=10.0;
5 p3-=p3;
```

- Една от важните концепции при създаването на езика C++ е, че класовете, трябва да бъдат равноправни на вградените (примитивни) типове.

Предефиниране на оператори

- В езика C++ е предвидена възможност операторите да бъдат дефинирана за потребителските типове.
- Има само няколко оператора, които не могат да се предефинират от потребителя:
  - `::` – оператор за избор на област на видимост;
  - `.` – оператор за избор на член;
  - `.*` – оператор за избор на член чрез указател към член;
  - **sizeof** – оператор за размер на обект;
  - **typeid** – оператор за идентификация на типа;
  - `?:` – оператора за условен избор;
- Всички останали оператори могат да се предефинират.

Бинарни и унарни оператори

- **Бинарен** оператор се нарича оператор, който действа върху два аргумента. **Унарен** е оператор, който действа върху един аргумент.
- Примери за бинарни оператори са операторите + (a+b), * (a*b), - (a-b), / (a/b) и т.н.
- Примери за унарни оператори са операторите - (-a), ! (!a), ~ (~a), ++ (a++) и т.н.
- Вида на оператора определя начина, по който той може да бъде предефиниран.

Бинарни оператори

- Бинарните оператори могат да се дефинират по два начина:
  - Като нестатична член-функция на класа, която приема един аргумент – например:
    `Point Point::operator+(const Point& p)`
  - Като функция, която не е член на класа и приема два аргумента – например:
    `Point operator+(const Point& p1, const Point& p2)`

Бинарни оператори

- Нека разгледаме първият вариант за предефиниране на бинарен оператор. За пример ще използваме класът `Point` и бинарният оператор за събиране:

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3
4  class Point {
5    double x_, y_;
6  public:
7    Point(double x=0,double y=0)
8      : x_(x), y_(y)
9    {}
10   double get_x() const {return x_;}
11   double get_y() const {return y_;}
12   Point operator+(const Point& p) const;
13 };
```

```
14 Point Point::operator+(const Point& p) const {
15   Point result(get_x()+p.get_x(),get_y()+p.get_y());
16   return result;
17 }
18 int main(void) {
19   Point p1(1.0,1.0), p2(2.0,2.0), p3;
20
21   p3=p1+p2;
22   cout<<"p3=("
23       <<p3.get_x()<<", "
24       <<p3.get_y()<<")"<<endl;
25   return 0;
26 }
```

```
lubo@kid:~/school/notes> ./a.out
p3=(3, 3)
```

- Изразът в ред 21 е еквивалентен на следното:

```
p3=p1.operator+(p2);
```

Бинарни оператори

- Нека разгледаме второят вариант за предефиниране на бинарен оператор. Като пример отново използваме класът Point:

```
1 #include <iostream>
2 using namespace std;
3
4 class Point {
5   double x_, y_;
6 public:
7   Point(double x=0,double y=0)
8     : x_(x), y_(y)
9   {}
10  double get_x() const {return x_;}
11  double get_y() const {return y_;}
12 };
13 Point operator+(const Point& p1, const Point& p2) {
14   Point result(p1.get_x()+p2.get_x(),
15                p1.get_y()+p2.get_y());
16   return result;
17 }
```



```
18 int main(void) {
19   Point p1(1.0,1.0), p2(2.0,2.0), p3;
20   p3=p1+p2;
21
22   cout<<"p3=("
23       <<p3.get_x()<<", "
24       <<p3.get_y()<<")"<<endl;
25   return 0;
26 }
```

```
lubo@kid:~/school/notes> ./a.out
p3=(3, 3)
```

- Изразът в ред 20 е еквивалентен на следното:

```
p3=operator+(p1, p2);
```

Унарни оператори

- Унарните оператори могат да се дефинират по два начина:
  - Като нестатична член-функция на класа, която не приема аргументи – например:

    ```
    Point Point::operator-(void)
    ```

  - Като функция, която не е член на класа и приема един аргумент – например:

    ```
    Point operator-(const Point& p)
    ```

Унарни оператори

- Нека разгледаме първият вариант за предефиниране на унарен оператор. За пример ще използваме класът `Point` и унарният оператор -:

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3
4  class Point {
5    double x_, y_;
6  public:
7    Point(double x=0,double y=0)
8      : x_(x), y_(y)
9    {}
10   double get_x() const {return x_;}
11   double get_y() const {return y_;}
12   Point operator-(void) const;
13 };
```



```
14 Point Point::operator-() const {
15   Point result(-get_x(),-get_y());
16   return result;
17 }
18 int main(void) {
19   Point p1(1.0,1.0), p2;
20
21   p2=-p1;
22   cout<<"p2=("
23       <<p2.get_x()<<", "
24       <<p2.get_y()<<")"<<endl;
25   return 0;
26 }
```

```
lubo@kid:~/school/notes> ./a.out
p2=(-1, -1)
```

- Изразът в ред 21 е еквивалентен на следното:

```
p2=p1.operator-();
```

Унарни оператори

- Нека разгледаме вторият вариант за предефиниране на унарен оператор. Като пример отново ще използваме класът `Point` и унарният оператор -:

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3
4  class Point {
5    double x_, y_;
6  public:
7    Point(double x=0,double y=0)
8      : x_(x), y_(y)
9    {}
10   double get_x() const {return x_;}
11   double get_y() const {return y_;}
12 };
```



```
13 Point operator-(const Point& p) {
14   Point result(-p.get_x(),-p.get_y());
15   return result;
16 }
17 int main(void) {
18   Point p1(1.0,1.0), p2;
19
20   p2=-p1;
21   cout<<"p2=("
22       <<p2.get_x()<<", "
23       <<p2.get_y()<<")"<<endl;
24   return 0;
25 }
```

```
lubo@kid:~/school/notes> ./a.out
p2=(-1, -1)
```

- Изразът в ред 20 е еквивалентен на следното:

```
p2=operator-(p1);
```

Предефиниране на оператори

- Всеки оператор може да се дефинира само за синтаксиса, който е определен за него в спецификацията на езика. Например:
  - Не може да се дефинира унарен оператор за деление /, тъй като в спецификацията на езика този оператор е дефиниран като бинарен.
  - Не може да се дефинира бинарен оператор за логическо отрицание !, тъй като в спецификацията на езика този оператор е дефиниран като унарен.
  - Операторът -, обаче, може да бъде предефиниран като унарен и като бинарен оператор, тъй като в спецификацията на езика са дефинирани и двата варианта на оператора.

Предефиниране на операторът за изход <<

- Операторът за изход << е бинарен оператор. Първият аргумент на оператора за изход задължително трябва да бъде от типа `ostream`.
- Типичният начин за предефиниране на операторът за изход е той да бъде дефиниран като функция извън рамките на класа по следният начин:

```
ostream& operator<<(ostream& out, const Point& p);
```

- Пример:

```
1 ostream& operator<<(ostream& out, const Point& p) {
2   out << "point(" << p.get_x() << ", "
3       << p.get_y() << ")";
4   return out;
5 }
```


Пример: векторна аритметика

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3
4  class Point {
5    double x_, y_;
6  public:
7    Point(double x=0,double y=0)
8      : x_(x), y_(y)
9    {}
10   double get_x() const {return x_;}
11   double get_y() const {return y_;}
12   Point& operator+=(const Point& p);
13   Point& operator-=(const Point& p);
14   Point& operator*=(double alpha);
15 };
```



```
16 Point& Point::operator+=(const Point& p) {
17   x_+=p.get_x();
18   y_+=p.get_y();
19   return *this;
20 }
21 Point& Point::operator-=(const Point& p) {
22   x_-=p.get_x();
23   y_-=p.get_y();
24   return *this;
25 }
26 Point& Point::operator*=(double alpha) {
27   x_*=alpha;
28   y_*=alpha;
29   return *this;
30 }
```

```
31 Point operator+(const Point& p1, const Point& p2) {
32   Point result=p1;
33   result+=p2;
34   return result;
35 }
36 Point operator-(const Point& p1, const Point& p2) {
37   Point result=p1;
38   result-=p2;
39   return result;
40 }
41 Point operator*(const Point& p, double alpha) {
42   Point result=p;
43   result*=alpha;
44   return result;
45 }
46 Point operator*(double alpha, const Point& p) {
47   return p*alpha;
48 }
```

```
49 ostream& operator<<(ostream& out, const Point& p) {
50   out << "point(" << p.get_x() << ",␣"
51       << p.get_y() << ")";
52   return out;
53 }
54 int main(void) {
55   Point p1(1.0,1.0), p2(2.0,2.0), p3;
56   p3=p1+p2;
57   cout<< "p3=" << p3 << endl;
58   p3+=p1+p2;
59   cout<< "p3=" << p3 << endl;
60   p3=10.0*p1;
61   cout<< "p3=" << p3 << endl;
62   p3=p2*10.0;
63   cout<< "p3=" << p3 << endl;
64   return 0;
65 }
```

```
lubo@kid:~/school/notes> ./a.out
p3=point(3, 3)
p3=point(6, 6)
p3=point(10, 10)
p3=point(20, 20)
```

Пример: масив с проверка на границите

```
1 #include <iostream>
2 #include <cstdlib>
3
4 using namespace std;
5
6 class Array {
7   int* data_;
8   unsigned int size_;
9 public:
10   Array(unsigned int size=10)
11     : size_(size), data_(new int[size])
12   {}
13   ~Array(void) {
14     delete [] data_;
15   }
```



```
16   int& element(unsigned int index) {
17     if(index<0 || index>=size_) {
18       cerr << "index␣out␣of␣bounds..." << endl;
19       exit(1);
20     }
21     return data_[index];
22   }
23   unsigned size() const {
24     return size_;
25   }
26 };
```

```
27 int main(void) {
28   Array v(3);
29
30   for(int i=0;i<3;++i) {
31     v.element(i)=i;
32   }
33   for(int i=0;i<3;i++) {
34     cout << "v[i]=" << v.element(i) << endl;
35   }
36
37   return 0;
38 }
```

```
lubo@kid:~/school/notes> ./a.out
v[i]=0
v[i]=1
v[i]=2
```

Пример: масив с проверка на границите

```
1 #include <iostream>
2 #include <cstdlib>
3
4 using namespace std;
5
6 class Array {
7   int* data_;
8   unsigned int size_;
9 public:
10   Array(unsigned int size=10)
11     : size_(size), data_(new int[size])
12   {}
13   ~Array(void) {
14     delete [] data_;
15   }
```

```
16   int& operator[](unsigned int index) {
17     if(index<0 || index>=size_) {
18       cerr << "index␣out␣of␣bounds..." << endl;
19       exit(1);
20     }
21     return data_[index];
22   }
23   unsigned size() const {
24     return size_;
25   }
26 };
```

```
27 int main(void) {
28   Array v(3);
29
30   for(int i=0;i<3;++i) {
31     v[i]=i;
32   }
33   for(int i=0;i<3;i++) {
34     cout << "v[i]=" << v[i] << endl;
35   }
36
37   return 0;
38 }
```

```
lubo@kid:~/school/notes> ./a.out
v[i]=0
v[i]=1
v[i]=2
```

Копиращ конструктор

- По подразбиране всички обекти могат да бъдат копирани. Всеки клас притежава копиращ конструктор, който е отговорен за копирането на обектите от съответният клас.
- Копиращият конструктор за класа X има сигнатура `X::X(const X&)`.
- Ако за даден клас не е дефиниран копиращ конструктор, то компилаторът генерира копиращ конструктор по подразбиране. Семантиката на този конструктор е да копира всички член-променливи на класа.

Копиращ конструктор

- За класа `Point` поведението на подразбиращият се конструктор е еквивалентно на следното:

```
1 class Point {
2   double x_, y_;
3 public:
4   Point(const Point& p)
5     : x_(p.x_), y_(p.y_)
6   {}
7   //...
8 };
```

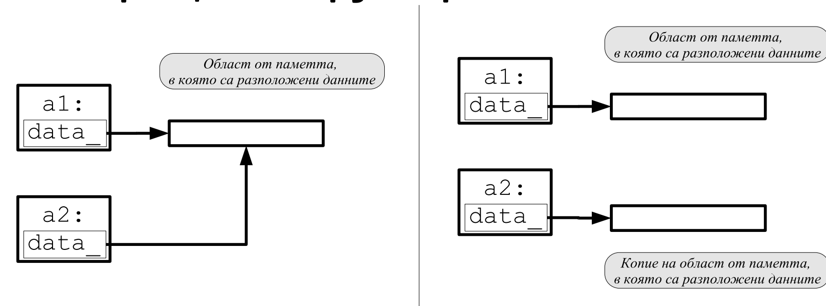
- Ако подразбиращото се поведение на този конструктор е неподходящо за даден клас, то потребителят трябва да дефинира сам копиращ конструктор.

Копиращ конструктор

- В повечето случаи подразбиращото се поведение на копиращият конструктор е напълно удовлетворително.
- Нека отново да разгледаме дефинираният от нас масив, с проверката на границите.

```
6  class Array {
7    int* data_;
8    unsigned int size_;
9  public:
10   Array(unsigned int size=10)
11     : size_(size), data_(new int[size])
12   {}
13   ~Array(void) {
14     delete [] data_;
15   }
```


Копиращ конструктор



- Подразбиращият се копиращ конструктор копира член-променливите на класа. Това означава, че ще се копират член променливите `data_` и `size_`. Областта от паметта, към която сочи `data_`, няма да бъде копирана.

Копиращ конструктор: пример

- За да се обезпечи коректно поведение на масива при копиране е необходимо да се предефинира копиращият конструктор.

```
6  class Array {
7    int* data_;
8    unsigned int size_;
9  public:
10   Array(unsigned int size=10)
11     : size_(size), data_(new int[size_])
12   {}
13   Array(const Array& other)
14     : size_(other.size_), data_(new int[size_])
15   {
16     for(unsigned int i=0; i< size_; i++)
17       data_[i]=other.data_[i];
18   }
19   ~Array(void) {
20     delete [] data_;
21   }
```

```
33 int main(void) {
34   Array a1(3);
35   for(int i=0;i<3;++i) {
36     a1[i]=i;
37   }
38   Array a2=a1;
39   for(int i=0;i<3;i++) {
40     cout << "a2[i]=" << a2[i] << endl;
41   }
42   return 0;
43 }
```

```
lubo@kid:~/school/notes> ./a.out
a2[i]=0
a2[i]=1
a2[i]=2
```



```
22   int& operator[](unsigned int index) {
23     if(index<0 || index>=size_) {
24       cerr << "index out of bounds..." << endl;
25       exit(1);
26     }
27     return data_[index];
28   }
29   unsigned size() const {
30     return size_;
31   }
32 };
```

Копиращ конструктор

- Обърнете внимание, че като аргумент на копиращият конструктор се използва препратка — `X::X(const X& x)`.
- Ако в дефиницията на копиращият конструктор не се използва препратка — `X::X(X x)`, — то това ще доведе до безкрайна рекурсия. Проблемът е, че при предаване на аргумента по стойност, се извършва копиране, което води до извикване на копиращ конструктор.
- Ако искаме да забраним копирането на обектите на даден клас е необходимо да де дефинира **private** копиращ конструктор.

Оператор за присвояване

- По подразбиране за всички обекти може да се използва оператор за присвояване. Всеки клас притежава оператор за присвояване, който е отговорен за присвояване на обекти от съответния клас.
- Операторът за присвояване на класа `X` има сигнатура `X& X::operator=(const X&)`.
- Ако за даден клас не е дефиниран оператор за присвояване, то компилаторът генерира оператор за присвояване по подразбиране. Семантиката на този оператор е да копира всички член-променливи на класа.

Оператор за присвояване

- За класа `Point` поведението на подразбиращият се оператор за присвояване е еквивалентно на следното:

```
1  class Point {
2    double x_, y_;
3  public:
4    //...
5    Point& operator=(const Point& other){
6      x_=other.x_;
7      y_=other.y_;
8      return *this;
9    }
10 };
```

- Ако подразбиращото се поведение на този оператор е неподходящо за даден клас, то потребителят трябва да дефинира сам оператор за присвояване.

Оператор за присвояване: пример

- В повечето случаи подразбиращото се поведение на оператора за присвояване е напълно удовлетворително.
- За да се обезпечи коректно поведение на масива при присвояване е необходимо да се предефинира оператора за присвояване.

```
25   Array& operator=(const Array& other) {
26     if(this!=&other) {
27       delete [] data_;
28       size_=other.size_;
29       data_=new int[size_];
30       for(unsigned i=0;i<size_;i++)
31         data_[i]=other.data_[i];
32     }
```