

Kurs języka C++

4. Przeciążanie operatorów

Spis treści

- ▶ Funkcje zaprzyjaźnione
- ▶ Przeciążanie operatorów
- ▶ Operatory składowe w klasie
- ▶ Zaprzyjaźnione funkcje operatorowe
- ▶ Operatory predefiniowane
- ▶ Niestatyczne operatory składowe
- ▶ Operatory `new` i `delete`
- ▶ Operatory strumieniowe `<< i >>`

Funkcje zaprzyjaźnione

- ▶ Problem z kwiatkami w domu w czasie dalekiej podróży służbowej.
- ▶ Funkcja, która jest przyjacielem klasy, ma dostęp do wszystkich jej prywatnych i chronionych składowych.
- ▶ To klasa deklaruje, które funkcje są jej przyjaciółmi.
- ▶ Deklaracja przyjaźni może się pojawić w dowolnej sekcji i jest poprzedzona słowem kluczowym `friend`.

Funkcje zaprzyjaźnione

► Przykład klasy z funkcją zaprzyjaźnioną:

```
// klasa z funkcją zaprzyjaźnioną
class pionek
{
    int x, y;
    // ...
    friend void raport(const pionek &p);
};
// funkcja, która jest przyjacielem klasy
void raport (const pionek &p)
{
    cout << "(" << p.x << ", " << p.y << ")";
}
```

Funkcje zaprzyjaźnione

- ▶ Nie ma znaczenia, w której sekcji (prywatnej, chronionej czy publicznej) pojawi się deklaracja przyjaźni.
- ▶ Funkcja zaprzyjaźniona z klasą nie jest jej składową, nie może używać wskaźnika `this` w stosunku do obiektów tej klasy.
- ▶ Jedna funkcja może się przyjaźnić z kilkoma klasami.
- ▶ Istotą przyjaźni jest dostęp do niepublicznych składowych w klasie - sensowne jest deklarowanie przyjaźni, gdy dana funkcja pracuje z obiektami tej klasy.

Funkcje zaprzyjaźnione

- ▶ Można także umieścić w klasie nie tylko deklarację funkcji zaprzyjaźnionej, ale również jej definicję; tak zdefiniowana funkcja:
 - ▶ jest nadal tylko przyjacielem klasy;
 - ▶ jest *inline*;
 - ▶ może korzystać z typów zdefiniowanych w klasie.
- ▶ Funkcją zaprzyjaźnioną może być funkcja składowa z innej klasy.

Klasy zaprzyjaźnione

- ▶ Możemy w klasie zadeklarować przyjaźń z inną klasą, co oznacza, że każda metoda tej innej klasy jest zaprzyjaźniona z klasą pierwotną.
- ▶ Przykład:

```
class A
{
    friend class B;
    // ...
};
```
- ▶ Przyjaźń jest jednostronna.
- ▶ Przyjaźń nie jest przechodnia.
- ▶ Przyjaźni się nie dziedziczy.

Klasy zaprzyjaźnione

- ▶ Dwie klasy mogą się przyjaźnić z wzajemnością:

```
class A;  
class B;  
  
class B {  
    friend class A;  
    // ...  
};  
class A {  
    friend class B;  
    // ...  
};
```


Po co przeciążać operatory?

- Porównaj dwa wyrażenia:

$y = a * x + b;$

$y = \text{dodaj}(\text{pomnoz}(a, x), b);$

- A teraz wyobraź sobie funkcyjny zapis takiego wyrażenia:

$y = (a * c - b * d) / (a * a + b * b);$

- Operatory tylko upraszczają notację wyrażeń.

Przykład przeciążenia operatora

- ▶ Przykład klasy pamiętającej liczbę zespoloną, dla której przeciążymy operator dodawania:

```
class comp
{
public:
    const double re, im;
public:
    comp (double r=0, double i=0) : re(r), im(i) {}
    comp (const comp &c) : re(c.re), im(c.im) {}
};
```

- ▶ Przykład operatora dodawania dla obiektów z liczbami zespolonymi:

```
comp operator + (comp a, comp b)
{
    return comp(a.re+b.re, a.im+b.im);
}
```

- ▶ Przykład użycia operatora dodawania liczb zespolonych:

```
comp a(2), b(3,5), c = a + b;
```

Ogólne zasady przeciążania operatorów

- ▶ Można tylko przeciążać operatory, nie wolno definiować nowych.
- ▶ Przy przeciążaniu operatora nie można zmienić jego priorytetu, arności ani łączności.
- ▶ Co najmniej jeden z argumentów przeciążanego operatora musi się odnosić do klasy (nie wolno zmieniać znaczenia operatorów w stosunku do typów podstawowych).
- ▶ Nie wolno używać argumentów domyślnych w operatorach.

Przeciążanie operatorów

- ▶ Nazwa funkcji operatorowej to `operator @`, gdzie `@` to symbol (nazwa) operatora.
- ▶ Można deklarować funkcje definiujące znaczenie następujących operatorów:
+ - * / % ^ & | << >>
+= -= *= /= %= ^= &= |= <<= >>=
= ~ ! < > <= >= == != ,
&& || ++ -- -> ->* [] ()
new new[] delete delete[]
- ▶ Można definiować zarówno operatory dwuargumentowe jak i jednoargumentowe (prefiksowe i postfiksowe).

Przeciążanie operatorów

- ▶ Nie można definiować następujących operatorów:
 - ? : (operator warunkowy)
 - :: (rezolucja zasięgu)
 - . (wybór składowej)
 - * (wybór składowej za pomocą wskaźnika do składowej)
- ▶ Nie można też przeciążyć operatora, który podaje rozmiar obiektu `sizeof` oraz operatora rozmieszczenia danych w pamięci `alignof`.
- ▶ Nie wolno przeciążać operatorów rzutowania: `static_cast`, `dynamic_cast`, `const_cast` i `reinterpret_cast`.
- ▶ Nie wolno definiować operatorów `#` i `##`, które są poleceniami dla prekompilatora.

Zaprzyjaźnione funkcje operatorowe

- ▶ Bardzo często funkcje operatorowe sięgają do ukrytych składowych w klasie - wtedy wygodnie jest zadeklarować w klasie przyjaźń z takim operatorem.

- ▶ Przykład:

```
class comp {  
    friend comp operator + (comp a, comp b);  
    double re, im;  
public:  
    comp (double r=0, double i=0) : re(r), im(i) {}  
    // ...  
};  
comp operator + (comp a, comp b) {  
    return comp(a.re + b.re, a.im + b.im);  
}  
...  
comp x(3, 7), y(5);  
x = x + y;  
x = x + 8.5;  
x = -7.5 + x;
```

Operatory składowe w klasie

- ▶ Można zdefiniować operator jako funkcję składową w klasie - wtedy pierwszym niejawnym argumentem będzie obiekt tej klasy.

- ▶ Przykład:

```
class comp {
    double re, im;
public:
    comp (double r=0, double i=0) : re(r), im(i) {}
    // ...
    comp operator- (comp b);
    comp operator- ();
};

comp comp::operator- (comp b) {
    return comp(re - b.re, im - b.im);
}

comp comp::operator- () {
    return comp(-re, -im);
}

...
comp x(3, 7), y(5);
x = -x - y;
x = x - 8.5;
// x = 7.5 - x; // błąd
```

Symboliczne i funkcyjne wywołanie funkcji operatorowej

- ▶ Niech dana będzie funkcja operatorowa `operator@`. Wtedy możemy ją wywołać na dwa sposoby:
`x @ y` // wywołanie symboliczne
`operator@(x, y)` // wywołanie funkcyjne
- ▶ Niech dana będzie składowa funkcja operatorowa `operator @`. Wtedy możemy ją wywołać na dwa sposoby:
`x @ y` // wywołanie symboliczne
`x.operator@(y)` // wywołanie funkcyjne

Operatory predefiniowane

- ▶ Jest kilka operatorów, których znaczenie jest tak intuicyjne, że są one automatycznie wygenerowane dla każdej klasy:
 - ▶ przypisanie `=`,
 - ▶ jednoargumentowy operator pobrania adresu `&`,
 - ▶ sekwencja kolejnych wyrażeń `,` (przecinek),
 - ▶ tworzenie i usuwanie obiektów `new`, `new[]`, `delete`, `delete[]`.
- ▶ Można zdefiniować własne wersje wymienionych operatorów, jeśli chcemy zmienić ich domyślne zachowanie.

Niestatyczne operatory składowe

- ▶ Istnieją cztery operatory, które muszą być niestatycznymi operatorami składowymi:
przypisanie =,
indeksowanie [],
wywołanie funkcji (),
odwołanie do składowej ->.

Operator przypisania =

- ▶ Jeśli nie zdefiniujemy przypisania kopiującego, to wygeneruje go kompilator (o ile nie ma w naszej klasie pól stałych).
- ▶ Postać operatora przypisania kopiującego:

```
K & K::operator= (const K &k) { /*...*/ }  
K & K::operator= (K &k) { /*...*/ }
```
- ▶ Domyślny operator przypisania kopiującego kopiuje składnik po składniku. Ale czasami takie kopiowanie nie jest dobre!
- ▶ Operator przypisania można przeciążać.
- ▶ Cechy prawidłowo napisanego operatora przypisania:
 - ▶ nie zmienia stanu wzorca, z którego kopiuje;
 - ▶ sprawdza, czy nie kopiuje sam na siebie;
 - ▶ likwiduje bieżące zasoby (podobnie do destruktora);
 - ▶ tworzy nowy stan obiektu na podobieństwo wzorca (podobnie jak konstruktor kopiujący).
- ▶ Przykład:

```
K & K::operator= (const K &k)  
{  
    if (&k==this) return *this;  
    this->~K();  
    // kopiowanie (głębokie) stanu z obiektu k  
    return *this;  
}
```

Operator indeksowania []

- ▶ Operator odwołania do tablicy można zaadoptować do odwoływania się do elementów kolekcji wewnątrz obiektu.
- ▶ Aby odwołanie indeksowe mogło stać po obu stronach operatora przypisania musimy zwracać referencję do elementu kolekcji.
- ▶ Indeksować można dowolnym typem (niekoniecznie `int`).
- ▶ Przykład:

```
double comp::operator[] (bool b) const {  
    return b ? re : im;  
}  
double& comp:: operator[] (bool b) {  
    return b ? re : im;  
}
```

Operator wywołania funkcji ()

- ▶ Operator wywołania funkcji () może mieć dowolną liczbę argumentów (również więcej niż dwa).
- ▶ Operator wywołania funkcji wywołujemy na obiekcie.
- ▶ Operator ten może mieć argumenty domniemane.
- ▶ Operator ten można przeciążać wiele razy w klasie.
- ▶ Wywołuje się go na rzecz jakiegoś obiektu. Przykład:

```
class K;  
K a;  
// ...  
a(); // a.operator() ();  
// ...  
a(1,2,3); // a.operator()(1,2,3);
```

Operator wskazywania na składową ->

- ▶ Operator ten wywołujemy na obiekcie (a nie na wskaźniku do danego obiektu).
- ▶ Operator ten musi zwracać albo wskaźnik albo obiekt takiej klasy, który ma przetładowany operator ->.

- ▶ **Wywołanie:**

`obiekt->skladowa`

Interpretacja wywołania:

`(obiekt.operator->())->skladowa`

Postinkrementacja i postdekrementacja

- Operatory ++ i -- mogą być zarówno prefiksowe jak i postfiksowe; prefiksowe operatory ++ i -- definiuje się jako jednoargumentowe (naturalna definicja) a postfiksowe jako dwuargumentowe:

```
class K
{
public:
    // operatory prefiksowe
    K & operator ++ ();
    K & operator -- ();
    // operatory postfiksowe
    K operator ++ (int);
    K operator -- (int);
    // ...
};
```

Operator new i new [] oraz delete i delete []

- ▶ W klasie można zdefiniować własne operatory new i delete; jeśli są one zdefiniowane to kompilator użyje właśnie ich (a nie globalnych operatorów) do przydzielania i zwalniania pamięci.
- ▶ Definicja operatorów new i delete musi wyglądać następująco:

```
class K
{
public:
    // operator new
    static void* operator new (size_t s);
    static void* operator new[] (size_t s);
    // operator delete
    static void operator delete (void *p);
    static void operator delete[] (void *p);
    // ...
};
```

- ▶ W definicji własnych operatorów new i delete można odwoływać się do globalnych operatorów przydzielania i zwalniania pamięci ::new i ::delete.

Operatory `new` i `new []`

- ▶ Operator `new` ma przydzielić pamięć dla pojedynczego obiektu a operator `new []` dla tablicy obiektów.
- ▶ Operatory `new` i `new []` muszą być statyczne w klasie.
- ▶ Operatory `new` i `new []` zwracają jako wynik wartość typu `void*`.
- ▶ Operatory `new` i `new []` przyjmują jako argument wartość typu `size_t` (w przypadku `new` ma to być rozmiar jednego obiektu a w przypadku `new []` rozmiar wszystkich obiektów łącznie); argument ten jest do tych operatorów przekazywany niejawnie (za pomocą operatora `sizeof`).
- ▶ Gdy zabraknie pamięci należy zgłosić wyjątek `bad_alloc` z pliku nagłówkowego `<new>`.

Operator `delete` i `delete[]`

- ▶ Operator `delete` ma zwolnić pamięć dla pojedynczego obiektu a operator `delete[]` dla tablicy obiektów.
- ▶ Operatory `delete` i `delete[]` muszą być statyczne w klasie.
- ▶ Operatory `delete` i `delete[]` nie zwracają wyniku (są typu `void`).
- ▶ Operatory `delete` i `delete[]` przyjmują jako argument wskaźnik typu `void*`.
- ▶ W przypadku argumentu będącego wskaźnikiem pustym `nullptr`, nie należy podejmować żadnych akcji.

Globalne operatory `new` i `new []` oraz `delete` i `delete []`

- ▶ Można zdefiniować własne wersje globalnych operatorów `new` i `new []` oraz `delete` i `delete []` ale:
 - ▶ w ten sposób całkowicie niszczymy oryginalne wersje tych operatorów;
 - ▶ operator `::new` jest używany w bibliotekach standardowych do tworzenia obiektów globalnych (takich jak `cin` czy `cout`) jeszcze przed uruchomieniem funkcji `main()`;
 - ▶ najczęściej własne definicje tych operatorów to błąd projektowy, który może doprowadzić do katastrofy w działaniu programu...

Operatory `new[]` i `delete[]`

- ▶ Operator `new[]` przydziela pamięć dla tablicy obiektów. Wszystkie obiekty w nowo utworzonej tablicy będą zainicjalizowane konstruktorem domyślnym (pamiętaj o zdefiniowaniu konstruktora domyślnego w klasie, której obiekty będą występować w tablicach).
- ▶ Operator `delete[]` zwalnia pamięć przydzieloną dla tablicy obiektów. Przed zwolnieniem tej pamięci dla wszystkich obiektów zostanie wykonany destruktor.

Operatory << i >> do pracy ze strumieniami

- Wygodnie jest zdefiniować operatory << i >> do pracy ze strumieniami; aby można było pracować z takimi operatorami w sposób kaskadowy powinny one być zdefiniowane jako funkcje zewnętrzne w stosunku do klasy i zwracać referencję do strumienia, na którym działają:

```
class K
{
    // operator czytający dane ze strumienia
    friend
    istream& operator >>
    (istream &is, K &k);
    // operator piszący dane do strumienia
    friend
    ostream& operator <<
    (ostream &os, const K &k);
    // ...
};
```