C++ - przeciążanie operatorów

Przeciążanie operatorów []

Przykład:

klasa reprezentująca typ tablicowy. Obiekt ma reprezentować tablicę, do której można się odwoływać intuicyjnie, np. `Tab[i]`

Ma być też dostępnych kilka innych metod ułatwiających operacje na tej tablicy, np. `rozmiar()`.

C++ - przeciążanie operatorów

Przykład:

```
class Tablica {
   int rozm;
   int *wsk;
public:
   Tablica( int = 10 );
   Tablica( const Tablica& );
   ~Tablica();
   int rozmiar(void) const {return rozm; }
   const Tablica &operator=( const Tablica& );
   bool operator==( const Tablica& );
   int &operator[]( int );
   const int &operator[]( int ) const;
};
```


C++ - przeciążanie operatorów

Implementacja przeciążonego operatora []:

```
int &Tablica::operator[]( int i) {
    assert (0 <= i && i < rozm);
    return wsk[i];
}

// operator dla obiektów zadeklarowanych jako const
const int &Tablica::operator[]( int i) const {
    assert (0 <= i && i < rozm);
    return wsk[i];
}
```


C++ - przeciążanie operatorów

Przykład wykorzystania:

```
int main(int argc, char *argv[])
{
    Tablica Tab1(5), Tab2;
    for (int i=0; i<Tab1.rozmiar(); i++)
        Tab1[i] = i;
    Tab2 = Tab1;
    assert(Tab2 == Tab1);
    …
```

Visual Studio

C++ - przeciążanie operatorów

Automatyczne tworzenie operatora =

Ponieważ programiści oczekują, że operacja przypisania dla dwóch zmiennych jednakowego typu zawsze powinna się powieść, dlatego kompilator zawsze automatycznie tworzy ten operator, jeżeli programista go nie zdefiniuje.

Działanie tego operatora jest identyczne jak domyślnego konstruktora kopiującego:

jeżeli klasa zawiera składowe obiekty, to dla każdego z nich wywoływany jest rekurencyjnie operator = (tzw. *przypisanie za pośrednictwem elementów składowych*).

Nie należy na to pozwalać kompilatorowi, ale samemu pisać operator przypisania, jeżeli planuje się go używać – zdanie się na automatycznie wygenerowane operatory łatwo prowadzi do błędów.

C++ - przeciążanie operatorów

Przeciążanie a dziedziczenie

Operatory, *z wyjątkiem operatora przypisania* są automatycznie dziedziczone w klasach pochodnych.

```
class Integer {
   int i;
public:
   Integer(int ii): i(ii) {}
   Integer& operator+=(const Integer& rv) {
        i += rv.i;
        return *this;
   }
    Integer& operator=(const Integer &rv) {
        i = rv.i;
        return *this;
   }
   Integer& operator=(int ri) {
        i = ri;
        return *this;
   }
};
```

```
class Integer2: public Integer {
public:
   Integer2(int i): Integer(i) {}
   Integer2& operator=(const Integer& prawy) {
        Integer::operator=(prawy);
        return *this;
   }
   Integer2& operator=(int ri) {
        Integer::operator=(ri);
        return *this;
   }
};
int main(int argc, char *argv[])
{
    Integer2 I2(1), J2(0);
    Integer K1(9);
    J2 = 5;   // metoda własna
    I2 = K1;  // metoda własna
    J2 = I2;  // ? – żaden z istniejących..
    I2 += J2; // metoda dziedziczona
```

C++ - przeciążanie operatorów

Automatyczna konwersja typów

2 sposoby:

1. może być realizowana za pomocą konstruktora, pobierającego jako jedyny argument obiekt lub referencje do obiektu innego typu, lub
2. może być realizowana przez napisanie specjalnych przeciążonych operatorów

C++ - przeciążanie operatorów

```
class Jeden {
      public:
      Jeden() { }
};
class Dwa {
      public:
      Dwa(const Jeden&) { } // sposób 1:
};                          // specjalny konstruktor
void f(Dwa) { }

int main(int argc, char *argv[]){
    Jeden J;
    f(J); // kompilator to akceptuje, bo w Dwa zadeklarowano
          // konstruktor, którego argumentem jest obiekt typu Jeden
```


C++ - przeciążanie operatorów

Może się zdarzyć, że nie chcemy, aby konstruktor był wywoływany automatycznie, jeżeli zajdą takie okoliczności, w których mógłby być tak wywołany

Aby zablokować automat, używamy słowa **explicit**

C++ - przeciążanie operatorów

```
class Jeden {
      public:
      Jeden() { }
};
class Dwa {
      public:
      explicit Dwa(const Jeden&) { }
};
void f(Dwa) { }

int main(int argc, char *argv[])
{
    Jeden J;
    // f(J) - ta instrukcja nie zadziała, bo zablokowano automatyczną konwersję
    f(Dwa(J));
```


C++ - przeciążanie operatorów

Sposób 2:

Automatyczna konwersja typów za pomocą operatora konwersji

Można utworzyć metodę składową, pobierającą aktualny typ i przekształcającą go na typ docelowy, wykorzystując słowo kluczowe **operator**

W takiej składowej słowo **operator** poprzedza nazwę typu do którego ma zostać dokonana konwersja, zamiast symbolu operatora

C++ - przeciążanie operatorów

```
class Trzy {
      int i;
      public:
      Trzy(int ii): i(ii) { }
};

class Cztery {
      int x;
      public:
      Cztery(int xx): x(xx) { }
    operator Trzy() const
        {return Trzy(x); }
};

void g(Trzy) { }

int main(int argc, char
  *argv[])
{

 Cztery cz(1);
 g(cz); // wywołanie operatora
 g(1);  // wywołanie Trzy(1.0)
```

C++ - przeciążanie operatorów

Automatyczna konwersja typów – podsumowanie:

1. może być realizowana za pomocą konstruktora, pobierającego jako jedyny argument obiekt lub referencje do obiektu innego typu.
   - Utworzenie jednoargumentowego konstruktora zawsze definiuje automatyczną konwersję typów – nawet jeżeli argumentów jest więcej, ale pozostałe posiadają wartości domyślne. Jeżeli chcemy tego uniknąć, deklarujemy ten konstruktor jako explicit.
   - To klasa docelowa musi mieć odpowiedni konstruktor:
     `Dwa::Dwa(const Jeden&) { }`
     przykład: `void f(Dwa) { }`
2. może być realizowana przez napisanie specjalnych przeciążonych operatorów
   - To klasa źródłowa musi mieć odpowiedni operator konwersji:
     `Cztery::operator Trzy() const {return Trzy(x); }`
     przykład: `void g(Trzy) { }`

272

C++ - przeciążanie operatorów

Automatyczna konwersja typów – podsumowanie:

	konstruktor	operator
KlasaA	KlasaA::KlasaA(const KlasaB&k)	KlasaA::operator KlasaB()
KlasaB	KlasaB::KlasaB(const KlasaA&k)	KlasaB::operator KlasaA()

Poprawne zestawy do konwersji KlasaA ↔ KlasaB:

Niepoprawne zestawy (*zdublowana konwersja tylko w jedną stronę*):

273

C++ - przeciążanie operatorów

Automatyczna konwersja typów – podsumowanie:

Deklarowanie dwóch sposobów konwersji jednocześnie:

Jeżeli:

klasa X posiada możliwość przekształcenia obiektu w obiekt klasy Y za pomocą operatora Y(),

a jednocześnie:

klasa Y posiada konstruktor, pobierający pojedynczy argument typu X

to:

obydwa mechanizmy reprezentują tę samą konwersje typów i w razie potrzeby kompilator nie wie, której użyć – wtedy zgłasza błąd dwuznaczności.

274

C++ - przeciążanie operatorów

Przewaga globalnych przeciążonych operatorów nad operatorami będącymi składowymi klas – podsumowanie:

- w przypadku operatorów globalnych konwersja typów może zostać zastosowana do każdego z argumentów
- w przypadku składowej argument po lewej stronie operatora musi być odpowiedniego typu

275

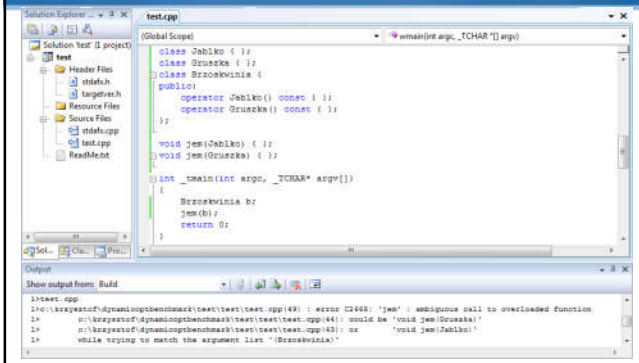
C++ - przeciążanie operatorów

```
class Integer {
    int i;
public:
    Integer(int ii): i(ii) {}
 const Integer operator+(const Integer& rv) {
        return Integer(i+rv.i);
    }
friend const Integer operator/(const Integer
    &arg_lewy, const Integer &arg_prawy);
}
```

```
const Integer operator/(const Integer
    &arg_lewy, const Integer &arg_prawy) {
      if (arg_prawy.i == 0)
        return Integer(INT_MAX);
      else
        return
    Integer(arg_lewy.i/arg_prawy.i);
}
int main(int argc, char *argv[])
{
   Integer I(1), J(2), K(3);
   I = J + 5;
   //I = 5 + J;          // to się nie uda
   I = K/2;
   I = 10/K;           // tak jest OK
```


276

C++ - przeciążanie operatorów



277

278

C++ - szablony

- Szablony, nazywane też wzorcami, pozwalają na abstrakcyjne definiowanie funkcji i klas w terminach parametrów, którymi są typy danych
- Na podstawie szablonu kompilator sam generuje definicje konkretnych funkcji i klas, kiedy będą potrzebne
- Standardowa biblioteka C++ bazuje na szablonach i dlatego jest nazywana STL: Standard Template Library

279

280

C++ - szablony

Szablony funkcji

Zdarza się, że wiele funkcji jest do siebie bardzo podobnych w działaniu – różnią się tylko typem argumentu, który przyjmują

Np. funkcja która z tablicy wybiera element o najmniejszej wartości: algorytm szukania jest wspólny dla większości typów danych.

Jednak jeżeli chcemy znajdować najmniejszą wartość dla tablic z elementami typu: **`int`**, **`double`**, lub **`Integer`** (*zdefiniowana klasa, dla której istnieje przeciążony operator porównania*), to dla każdego z typów należy napisać na nowo całą funkcję

Jeżeli te funkcje będą fragmentem biblioteki, to za każdym razem kiedy będziemy potrzebowali dopisać funkcję dla nowego typu danych w tablicy, będzie trzeba rekompilować bibliotekę i udostępniać jej użytkownikom nowy release

To jest uciążliwe. Lepiej zrobić tę funkcję raz wykorzystując szablony.

281

C++ - szablony

Kompilator tworzy tyle wersji funkcji wg wskazanego szablonu, ile programista zażąda w swoim programie: będą takie same co do działania, ale będą różniły się co do typów argumentów wywołania, typów zmiennych lokalnych czy typu wartości zwracanej

Szablony można tworzyć nawet dla typów, które w chwili pisania szablonu jeszcze w ogóle nie istniały

Aby poinformować kompilator, że kod, który piszemy reprezentuje szablon, należy użyć słowa kluczowego **`template`**
– kod, który znajduje się poniżej tego słowa jest definicją wzorca funkcji lub klasy

282

C++ - szablony

Przykład:

```
template <class T1, class T2>
T2& moja_funkcja(T1 arg1, T2* arg2)
{
  … // Tutaj jakiś kod funkcji
    // wykorzystującej typy T1 i T2
  return *arg2;
}
```

W nawiasach kątowych lista parametrów formalnych wzorca, każdy poprzedzony słowem **`class`**, lub **`typename`** (**`typename`** wprowadzono później)

Parametry zwyczajowo nazywa się z wykorzystaniem T, np. T1, T2

Następnie występuje definicja wzorca wykorzystująca T1 i T2 tam, gdzie powinna występować nazwa konkretnego typu

283

C++ - szablony

Na podstawie typów argumentów kompilator ma zgadnąć, który szablon i jak należy wykorzystać:

```
template <class T1, class T2>
T2& moja_funkcja(T1 arg1, T2* arg2) {
    return *arg2;
}
int main(int argc, char *argv[])
{
    int a = 9;
    double b = 10.2, c = 3.14;
    moja_funkcja(a, &b);  // konkretyzacja wzorca na
                          // double& moja_funkcja(int arg1, double* arg2)
    moja_funkcja(a, &c);  // tu nie ma konkretyzacji - funkcja już jest.
    moja_funkcja(b, &a);  // konkretyzacja wzorca na
                          //int& moja_funkcja(double arg1, int* arg2)
```


284

C++ - szablony

Słowo kluczowe **class** w linii:

```
template <class T1, class T2>
```

nie oznacza, że T1 i T2 mogą być tylko klasami (jak widać na przykładzie); mogą to być dowolne typy (wbudowane lub definiowane przez użytkownika)

Dla czytelności w późniejszych wersjach kompilatorów zastąpiono to słowo słowem **typename**

```
template < typename T1, typename T2>
```

285

C++ - szablony

Przeciążanie szablonów funkcji:

```
template <typename T>
T wiekszy(const T& k1, const T& k2) {
                  return k1 < k2 ? k2 : k1 ;
}
double wiekszy(const double& d1, const double& d2) {
                  return d1 < d2 ? d2 : d1 ;
}
int main(int argc, char *argv[])
{
    int a, b=0, c=1;
    a = wiekszy(b,c);  // która wersja funkcji zostanie użyta?
                       // Istnieje standardowa konwersja int na double, ale
                       // istnieje też szablon wg którego można utworzyć
                       // właściwą funkcję
    double x, y=0.3, z=2.14;
    x = wiekszy(y,z);  // która wersja funkcji zostanie użyta?
```


286

C++ - szablony

Wskazywanie wartości parametru szablonu

```
class Integer {
   int i;
public:
   Integer(int ii): i(ii) {}
   bool operator<(
         const Integer& rv) const
   {
         return i < rv.i;
   }
   bool operator>(
         const Integer& rv) const
   {
         return i > rv.i;
   }
   …
};
```

```
template <typename T>
T wiekszy(const T& k1, const T& k2) {
    return k1 < k2 ? k2 : k1 ;
}

int main(int argc, char *argv[])
{
    Integer I1(0), I2(1), I3(2);
    I1 = wiekszy<Integer>(I2, I3);
```

Jeżeli nie ma jednoznacznej interpretacji, można za nazwą szablonu w nawiasach kątowych podać listę typów, które należy w tym miejscu zastosować

287

C++ - szablony

Informacja o typie zmiennej

Testując szablony czasem niezbędne jest sprawdzenie, jakiego typu są zmienne, których szablon używa (czy np. kompilator sam podjął decyzję o konwersji zmiennej na podobny typ, etc)

Do sprawdzenia służy operator **`typeid`**

Operator zwraca obiekt typu **`const std::type_info`**

Klasa ta ma pożyteczną metodę **`name()`**

288

C++ - szablony

Chciałoby się napisać:

```
std::type_info typ = typeid(a);
printf("%s\n",typ.name());
```

Jednak autorzy biblioteki zastrzegli konstruktor kopiujący oraz operator przypisania jako **`private`** uniemożliwiając de facto tworzenie w programie własnych obiektów tego typu z obiektów zwracanych przez operator `typeid`:

```
private:
   /// Assigning type_info is not supported.  Made private.
   type_info& operator=(const type_info&);
   type_info(const type_info&);
```

Dlatego aby wywołać metodę **name** można wyłącznie napisać tak:

```
printf("%s\n",typeid(k1).name());
```


289

C++ - szablony

Porada programistyczna

Na etapie testowania programu można w szablonie funkcji i w funkcji dodać instrukcje ujawniające typ danych, które są przetwarzane:

```
template <typename T>
T wiekszy(const T& k1, const T& k2) {
                printf("Szablon dla: %s\n",typeid(k1).name());
                return k1 < k2 ? k2 : k1 ;
}
double wiekszy(const double& d1, const double& d2) {
                printf("Dla double: %s\n",typeid(d1).name());
                return d1 < d2 ? d2 : d1 ;
}
```

Visual Studio

część 2:

SZABLONY KLAS

C++ - szablony

Szablony klas

Na tej samej zasadzie co szablony funkcji można tworzyć szablony klas

Składnia jest analogiczna:

```
template <typename T, typename M>
class Klasa {
  // tu używamy typów T i M
  …
};
```

Aby utworzyć obiekt nie możemy napisać:

```
Klasa K;
```

bo nie wiadomo, jakie typy przypisać parametrom M i T, a kompilator nie ma szansy domyślić się. Wskazanie wartości parametrów jest konieczne.

C++ - szablony

Szablony klas

Deklaracja obiektów:

```
template <typename T, typename M>
class Klasa {
  …       // tu używamy typów T i M
};

Klasa<double, int> K;
Klasa<int, Integer> I;
```


C++ - szablony

Szablony klas

Jeżeli chcemy, żeby metody tej klasy zostały definiowane poza szablonem klasy, to musimy tam prawidłowo napisać nazwę szablonu:

```
Klasa::Klasa();            // konstruktor domyślny – Źle!

template <typename T, typename M>
Klasa<T, M>::Klasa();      // kontruktor domyślny – Dobrze!
```


C++ - szablony

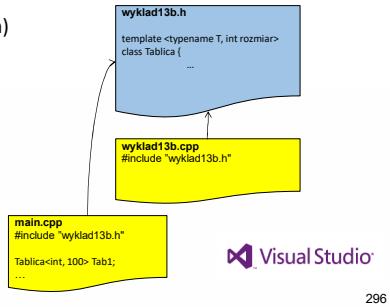
Parametry szablonu klasy mogą być też wartościami określonego typu, np. :

```
template <typename T, int rozmiar >
class Klasa {
  // tu używamy typu T i zmiennej rozmiar
  …
};
Klasa<int, 100> Tab;
Klasa<double, 2000> *Tab2;
Klasa<double, 3000> *Tab3;
```

`Tab`, `Tab2` i `Tab3` są obiektami różnych typów, dlatego kompilator nie zaakceptuje takich instrukcji jak przepisanie wartości między wskaźnikami, itp.

C++ - szablony

Projekt składający się z pliku main.cpp i biblioteki (para plików: .cpp i .h)



296

C++ - szablony

Kompilacja szablonów

Zawsze kiedy ukonkretniany jest szablon klasy, kod definicji takiej klasy dla danej specjalizacji jest generowany wraz z metodami składowymi wywoływanymi w programie – i tylko z tymi *rzeczywiście* wywoływanymi metodami składowymi.

Jest to unikanie nadmiarowego kodu.

To daje możliwość elastycznego projektowania szablonów, wykorzystującego różne właściwości różnych konkretnych typów.

297

C++ - szablony

```
class Pierwsza {
public:
  void f() {}
};

class Druga {
public:
  void g() {}
};
```

```
template<typename T>
class Trzecia {
  T t;
public:
  void a() { t.f(); }
  void b() { t.g(); }
};

int main() {

  Trzecia<Pierwsza> TP;
  TP.a(); // nie tworzy Trzecia<Pierwsza>::b()

  Trzecia<Druga> TD;
  TD.b(); // nie tworzy Trzecia<Druga>::a()
}
```


298

C++ - szablony

Szablony vs. pliki nagłówkowe

Zasada: deklaracje i kompletne definicje szablonów funkcji i klas umieszczamy w pliku nagłówkowym (i tylko tam).

Uzasadnienie:

Skoro szablony są wykorzystywane do generowania kodu tylko gdy w kodzie wystąpi wykorzystanie szablonu, to:

1. Umieszczenie kodu metod i funkcji w pliku cpp sprawi, że będzie on kompilowany oddzielnie – nie będzie w tym pliku instrukcji wykorzystujących szablon, które należą do innych funkcji i metod, a więc kompilator nie będzie wiedział jakich konkretyzacji dokonać
2. Tam, gdzie będą próby wykorzystania szablonu, kompilator będzie miał same nagłówki klas i funkcji, ale bez definicji, więc nie będzie potrafił skonkretyzować żądanych wersji szablonu

Efekt uboczny: kod szablonów jest jawny dla każdego użytkownika naszej biblioteki (pliki nagłówkowe są dostarczane zawsze w postaci źródłowej) ☹

299