Typy kontenerów STL

deque (*double-ended queue*)

42

STL: kontenery

Kontenery sekwencyjne: **`deque`** (kolejka dwustronna)

- implementacja kontenera zoptymalizowana pod kątem efektywności operacji dołączania i usuwania elementów z sekwencji na obu jej końcach,
- definiuje operator indeksowania **`operator[]()`** o stałym czasie dostępu
- w porównaniu z wektorem *nie przechowuje elementów w pojedynczym ciągłym obszarze pamięci* – nie ma więc potrzeby realokowania obszaru pamięci w przypadku powiększania liczby przechowywanych obiektów.
- Zmiana stanu kontenera (dodanie lub usunięcie elementu) powoduje, że iteratory mogą stać się nieważne:
  - Dodane elementu na początek – wszystkie iteratory
  - Dodanie elementu na koniec – wszystkie iteratory oraz **`end()`**
  - Usunięcie elementu z początku lub końca – iterator wskazujący na ten element

43

STL: kontenery

Metody z **`deque`** nieobecne w kontenerze **`vector`**:

pop_front – usuwa pierwszy element z początku sekwencji

push_front – dodaje element na początek sekwencji

Na podstawie kontenera **`deque`** można łatwo implementować:

1. Stos – dodawanie elementu – **`push_front`**, zdejmowanie elementu – **`pop_front`**.
2. Kolejka FIFO – dodawanie do kolejki – **`push_back`**, zdejmowanie z kolejki – **`pop_front`**,

44

STL: kontenery

Konwersja sekwencji danych między kontenerami

```
int main(int argc, char* argv[]) {
  int size = 25;
  deque<Integer> d;
  // tutaj wypełnienie kontenera określoną liczba obiektów typu Integer
  …
  cout << "\n Konwersja do wektora (1)" << endl;
  vector<Integer> v1(d.begin(), d.end());

  cout << "\n Konwersja do wektora (2)" << endl;
  vector<Integer> v2;
  v2.reserve(d.size());
  v2.assign(d.begin(), d.end());
}
```


45

Typy kontenerów STL

list

46

STL: kontenery

Kontenery sekwencyjne: **`list`** (lista dwukierunkowa)

- przystosowany do szybkiego wstawiania elementów w dowolne miejsce sekwencji,
- nie nadaje się do efektywnej realizacji operacji swobodnego dostępu, dlatego brak implementacji operatora indeksowania **`[]`**,
- najlepiej sprawdza się przy iterowaniu wzdłuż sekwencji lub w jej przeciwnym kierunku,
- ma większy narzut pamięciowy niż pozostałe dwa kontenery – musi przechowywać jeszcze wskaźniki *nast* i *poprz*, dlatego efektywniej jest w nim przechowywać małą liczbę dużych obiektów niż wiele drobnych,
- przemieszczanie obiektów wewnątrz listy polega na przełączaniu wskaźników.

47

STL: kontenery

Sortowanie listy (*rosnąco, na dwa sposoby*)

```
1. void sort();                          // metoda bezargumentowa
2. template <typename Compare>
   void sort (Compare comp);             // metoda z predykatem
```

- Elementy są porównywane za pomocą operatora **<** lub **comp**.
- **comp** – typ obiektu funkcyjnego (zwany *predykatem*, może być zrobiony przez programistę); musi zwracać **true**, jeżeli pierwszy argument jest mniejszy od drugiego (sortowanie rosnąco), a **false** – w przeciwnym przypadku.
- Identyczne elementy po posortowaniu zachowują swoje położenie względem siebie.
- wywołanie **sort** nie powoduje wywołania konstruktorów, destruktorów ani kopiowania obiektów w liście.

STL: kontenery

```
list <int> c1;
list <int>::iterator c1_Iter;
c1.push_back( 20 );
c1.push_back( 10 );
c1.push_back( 30 );
cout << "Before sorting: c1 =";
for ( c1_Iter = c1.begin( ); c1_Iter != c1.end( ); c1_Iter++ )
  cout << " " << *c1_Iter;
cout << endl;
c1.sort( );
cout << "After sorting c1 =";
for ( c1_Iter = c1.begin( ); c1_Iter != c1.end( ); c1_Iter++ )
  cout << " " << *c1_Iter;
cout << endl;
c1.sort( greater<int>( ) );
cout << "After sorting with 'greater than' operation, c1 =";
for ( c1_Iter = c1.begin( ); c1_Iter != c1.end( ); c1_Iter++ )
  cout << " " << *c1_Iter;
cout << endl;
```

Obiekt funkcyjny służący do porównywania: zwraca **true**, jeżeli pierwszy argument jest większy – sortowanie będzie malejące

STL: kontenery

Obiekt funkcyjny **greater** służący do porównania

C++98:

```
template <class T>
struct greater : binary_function <T,T,bool> {
  bool operator() (const T& x, const T& y) const {
    return x > y;
  }
};

template <class Arg1, class Arg2, class Result>
struct binary_function {
   typedef Arg1 first_argument_type;
   typedef Arg2 second_argument_type;
   typedef Result result_type;
};
```


STL: kontenery

Obiekt funkcyjny **greater** służący do porównania

C++11:

```
template <class T>
struct greater {
  bool operator() (const T& x, const T& y) const {
    return x > y;
  };
  typedef T first_argument_type;
  typedef T second_argument_type;
  typedef bool result_type;
};
```

```
// binary_function is deprecated in C++11
```


STL: kontenery

reverse – odwrócenie kolejności elementów w liście

```
list <int> c1;
list <int>::iterator c1_Iter;
c1.push_back( 10 );
c1.push_back( 20 );
c1.push_back( 30 );
cout << "c1 =";
for ( c1_Iter = c1.begin( ); c1_Iter != c1.end( ); c1_Iter++ )
  cout << " " << *c1_Iter;
cout << endl;
c1.reverse( );
cout << "Reversed c1 =";
for ( c1_Iter = c1.begin( ); c1_Iter != c1.end( ); c1_Iter++ )
  cout << " " << *c1_Iter;
cout << endl;
```


STL: kontenery

Przenoszenie elementów listy z jednego kontenera do drugiego

```
1. void splice (iterator position, list& x);
        // cała lista
2. void splice (iterator position, list& x, iterator i);
        // pojedynczy element
3. void splice (iterator position, list& x, iterator first, iterator
   last);
        // zakres elementów w liście
```

Działanie w/w metod wywołanych na rzecz obiektu-kontenera: przenosi

1. wszystkie elementy z kontenera **x**
2. element **i** z kontenera **x**
3. elementy z zakresu [**first**,**last**) z kontenera **x**

do swojego kontenera i wstawia przed miejsce wskazywane przez **position**.

Rozmiary (tj. wynik wywołania "size") obydwu kontenerów ulegają zmianie.

STL: kontenery

Przenoszenie elementów listy

```
list <int> c1, c2, c3, c4;
list <int>::iterator c1_Iter,
c2_Iter, w_Iter, f_Iter, l_Iter;
c1.push_back( 10 );
c1.push_back( 11 );
c2.push_back( 12 );
c2.push_back( 20 );
c2.push_back( 21 );
c3.push_back( 30 );
c3.push_back( 31 );
c4.push_back( 40 );
c4.push_back( 41 );
c4.push_back( 42 );
```

```
w_Iter = c2.begin( );
w_Iter++;
c2.splice( w_Iter, c1 );
cout << „Po przeniesieniu c1 do c2: c2=";
for ( c2_Iter = c2.begin( );
      c2_Iter != c2.end( ); c2_Iter++ )
      cout << " " << *c2_Iter;
cout << endl;
```

Wyjście:

Po przeniesieniu c1 do c2: c2 = 12 10 11 20 21

STL: kontenery

Przenoszenie elementów listy

```
list <int> c1, c2, c3, c4;
list <int>::iterator c1_Iter,
c2_Iter, w_Iter, f_Iter, l_Iter;
c1.push_back( 10 );
c1.push_back( 11 );
c2.push_back( 12 );
c2.push_back( 20 );
c2.push_back( 21 );
c3.push_back( 30 );
c3.push_back( 31 );
c4.push_back( 40 );
c4.push_back( 41 );
c4.push_back( 42 );
```

```
// kontynuacja; c2:12 10 11 20 21

f_Iter = c3.begin( );
c2.splice( w_Iter, c3, f_Iter );
cout << " Po przeniesieniu pierwszego " <<
   " z c3 do c2: c2 =";
for ( c2_Iter = c2.begin( );
      c2_Iter != c2.end( ); c2_Iter++ )
      cout << " " << *c2_Iter;
cout << endl;
```

c2:12 10 11 20 21

Wyjście:

Po przeniesieniu pierwszego z c3 do c2: c2 = 12 10 11 30 20 21

STL: kontenery

Przenoszenie elementów listy

```
list <int> c1, c2, c3, c4;
list <int>::iterator c1_Iter,
c2_Iter, w_Iter, f_Iter, l_Iter;
c1.push_back( 10 );
c1.push_back( 11 );
c2.push_back( 12 );
c2.push_back( 20 );
c2.push_back( 21 );
c3.push_back( 30 );
c3.push_back( 31 );
c4.push_back( 40 );
c4.push_back( 41 );
c4.push_back( 42 );
```

```
// kontynuacja; c2: 12 10 11 30 20 21

f_Iter = c4.begin( );
l_Iter = c4.end( );
l_Iter--;
c2.splice( w_Iter, c4, f_Iter, l_Iter );
cout << " Po przeniesieniu zakresu z c4 "
   << "do c2: c2 =";
for ( c2_Iter = c2.begin( );
      c2_Iter != c2.end( ); c2_Iter++ )
      cout << " " << *c2_Iter;
cout << endl;
```

c2: 12 10 11 30 20 21

Wyjście:

Po przeniesieniu zakresu z c4 do c2: c2 = 12 10 11 30 40 41 20 21

STL: kontenery

Usuwanie z listy

`void remove (const value_type& val);`

- usuwa z listy wszystkie elementy, których wartość jest równa **`val`**,
- na rzecz usuwanych elementów wywoływane są destruktory a rozmiar listy jest redukowany.

STL: kontenery

`remove` – przykład:

```
list <int> c1;
list <int>::iterator c1_Iter, c2_Iter;
c1.push_back( 5 );
c1.push_back( 100 );
c1.push_back( 5 );
c1.push_back( 200 );
c1.push_back( 5 );
c1.push_back( 300 );

cout << "Początkowa zawartość listy"
   << " c1 =";
for ( c1_Iter = c1.begin( );
      c1_Iter != c1.end( ); c1_Iter++)
      cout << " " << *c1_Iter;
cout << endl;
```

```
list <int> c2 = c1;
c2.remove( 5 );

cout << „Po usunięciu elementów " <<
   "z wartością 5, lista c2 =";
for ( c2_Iter = c2.begin( );
      c2_Iter != c2.end( ); c2_Iter++)
      cout << " " << *c2_Iter;
cout << endl;
}
```


STL: kontenery

Łączenie posortowanych rosnąco list

1. **`void merge(list& x);`** *`// metoda bezargumentowa`*
2. **`template <typename Compare>`**
   `void merge(list& x, Compare comp);` *`// metoda z predykatem`*

- wprowadza dane z kontenera **`x`** do listy z zachowaniem ich posortowania w taki sposób, aby posortowanie całości zostało zachowane (obydwa kontenery powinny być uprzednio posortowane wg tego samego kryterium).
- po zakończeniu kontener **`x`** jest pusty,
- Elementy są porównywane za pomocą operatora **`<`** lub **`comp`**.
- **`comp`** – typ obiektu funkcyjnego; dla dwóch wartości tego samego typu zwraca **`true`**, jeżeli pierwszy argument jest mniejszy od drugiego, a **`false`** – w przeciwnym przypadku.
- wywołanie **`merge`** nie powoduje nie powoduje wywołania konstruktorów, destruktorów ani kopiowania obiektów.

STL: kontenery

merge – przykład:

```
list <int> c1, c2;
list <int>::iterator c2_Iter;

c1.push_back( 3 );
c1.push_back( 6 );
c2.push_back( 2 );
c2.push_back( 4 );

c2.merge( c1 );  // domyślnie połączenie następuje w porządku rosnącym
cout << "Po wykonaniu merge c2 =";
for ( c2_Iter = c2.begin( ); c2_Iter != c2.end( ); c2_Iter++ )
   cout << " " << *c2_Iter;
cout << endl;

Wyjście:
Po wykonaniu merge c2 = 2 3 4 6
```


STL: kontenery

Usuwanie powtórzeń

1. `void unique();`
2. `template <typename BinaryPredicate>`
   `void unique (BinaryPredicate binary_pred);`

usuwa wszystkie elementy poza pierwszymi ze znalezionych szeregów identycznych elementów w liście (metoda specjalnie dedykowana dla list posortowanych),

- elementy są porównywane za pomocą operatora **=** lub **binary_pred**,
- **binary_pred** – typ obiektu funkcyjnego; dla dwóch wartości tego samego typu zwraca **true**, jeżeli są sobie równe, a **false** – w przeciwnym przypadku,
- dla wszystkich par elementów w kontenerze zostanie wywołany **binary_pred(*i,*(i-1))** i jeżeli zwróci **true**, to usunie element wskazywany przez **i**.

STL: kontenery

```
list <int> c1;
list <int>::iterator c2_Iter;
c1.push_back( -10 );
c1.push_back( 10 );
c1.push_back( 10 );
c1.push_back( 20 );
c1.push_back( 20 );
c1.push_back( -10 );
list <int> c2 = c1;
c2.unique( ); // zakładamy, że lista jest posortowana (duplikaty sąsiadują)
cout << "Po usunięciu duplikatów: c2 =";
for ( c2_Iter = c2.begin( ); c2_Iter != c2.end( ); c2_Iter++ )
   cout << " " << *c2_Iter;
cout << endl;

Wyjście:
Po usunięciu duplikatów: c2 = c2 = -10 10 20 -10
```


STL: kontenery

Zamiana zawartości kontenerów

`void swap (list& x);`

zamienia zawartość kontenera, na rzecz którego została wywołana (wskazywanego przez **this**), z zawartością kontenera **x**.

STL: kontenery

```
list <int> c1,c2;
list <int>::iterator c1_Iter, c2_Iter;
c1.push_back( 1 );
c1.push_back( 2 );
c1.push_back( 3 );
c2.push_back( 10 );
c2.push_back( 20 );
c1.swap( c2 );
cout << "Po zamianie z c2, lista c1:";
for ( c1_Iter = c1.begin( ); c1_Iter != c1.end( ); c1_Iter++ )
    cout << " " << *c1_Iter;
cout << endl;
cout << "Lista c2 po zamianie:";
for ( c2_Iter = c2.begin( ); c2_Iter != c2.end( ); c2_Iter++ )
    cout << " " << *c2_Iter;
cout << endl;
                    Wyjście:
                    Po zamianie z c2, lista c1: 10 20
                    Lista c2 po zamianie: 1 2 3
```

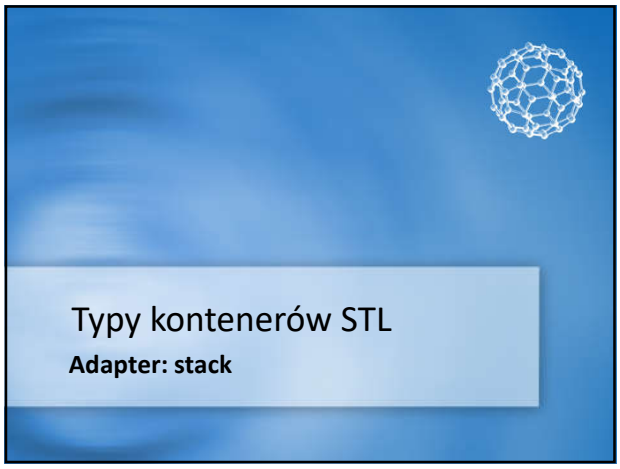

Typy kontenerów STL

Adaptery kontenerów

STL: kontenery

Adapter kontenera

- wykorzystuje jeden z kontenerów sekwencyjnych do przechowywania własnych danych (*uwaga: w trybie kompozycji, a nie dziedziczenia*),
- domyślnie wykorzystuje zawsze kontener sekwencyjny `deque`, ale programista ma możliwość wskazać inny kontener sekwencyjny,
- adapter nie ma własnych iteratorów (*ponieważ korzysta z kontenera w trybie kompozycji*).



STL: kontenery

Adapter kontenera: **`stack`** (stos)

```
template <typename T, typename C1 = deque<T>>
class stack;
```

- daje bardzo niewielki zbiór metod, tj. tylko te właściwe dla operacji na stosie (połóż, zdejmij); m.in. nie da się iterować wzdłuż elementów stosu (LIFO),
- kontener **`C1`** powinien dostarczać następujących metod:
  - **`empty`**
  - **`size`**
  - **`back`**
  - **`push_back`**
  - **`pop_back`**
- klasy podstawowych kontenerów sekwencyjnych **`vector`**, **`deque`** oraz **`list`** spełniają te wymagania.

STL: kontenery

Adapter kontenera: **`stack`** (stos)

- **`push`** – wstawia fizycznie element na szczyt stosu; przyjmuje jako argument wartość, która posłuży do zainicjalizowania nowego obiektu, tj. argument dla metody **`push_back`**,
- **`pop`** – usuwa fizycznie ze szczytu stosu jeden, ostatnio dodany obiekt, tj. wywoływany jest na jego rzecz destruktor.

STL: kontenery

Adapter kontenera: **`stack`** (stos) – przykład:

```
int main () {
   stack < string , vector <string > > str_stack ;
   // albo np.:          stack <string, list<string> > str_stack;
   // albo też po prostu: stack <string> str_stack;

   string quote [3] = {" Ala \n", "ma\n", " kota \n"};
   for ( int i = 0; i < 3; ++i)
        str_stack.push(quote[i]); // umieszcza kopię na szczycie stosu

   while (!str_stack.empty()) {
        cout << str_stack.top();  // zwraca referencję do elementu na szczycie
        str_stack.pop();          // zdejmuje szczytowy element ze stosu
   }
}
```


STL: kontenery

Adapter kontenera: **queue** (kolejka)

```
template <typename T, typename C1 = deque<T>>
class queue;
```

- ograniczona wersja kontenera **deque**: obsługuje wstawianie do kolejki jedynie pojedynczych elementów na jeden jej koniec i pobieranie pojedynczych elementów z drugiego końca (FIFO),
- nie ma żadnych metod dodatkowych charakterystycznych dla kontenerów sekwencyjnych; nie można iterować wzdłuż kolejki.

STL: kontenery

Adapter kontenera: **queue** (kolejka)

```
template <typename T, typename C1 = deque<T>>
class queue;
```

- kontener **C1** powinien dostarczać następujących metod:
  - **empty**
  - **size**
  - **back**
  - **push_back**
  - **pop_front**
- klasy podstawowych kontenerów sekwencyjnych **vector**, **deque** oraz **list** spełniają te wymagania.

STL: kontenery

Adapter kontenera: **queue** (kolejka)

- **push** – wstawia fizycznie element na koniec kolejki; przyjmuje jako argument wartość, która posłuży do zainicjalizowania nowego obiektu, tj. argument dla metody **push_back**,
- **pop** – usuwa fizycznie następny obiekt (najstarszy w kolejce), tj. wywoływany jest na jego rzecz destruktor.

STL: kontenery

Adapter kontenera: **queue** (kolejka) – przykład:

```
queue <int> q1;
q1.push( 10 );
q1.push( 20 );
q1.push( 30 );
queue <int>::size_type i;
i = q1.size( );
cout << "Długość kolejki wynosi " << i << "." << endl;
int& ii = q1.back( );     // odczyt najnowszego elementu w kolejce
int& iii = q1.front( );   // odczyt najstarszego elementu w kolejce
cout << "Liczba z tyłu kolejki q1 to " << ii << "." << endl;
cout << "Liczba stojąca na czele kolejki q1 to " << iii << "." << endl;
q1.pop();
i = q1.size();
cout << "Po zdjęciu elementu długość kolejki wynosi " << i << "." << endl;
```


Typy kontenerów STL

Adapter: priority_queue

STL: kontenery

Adapter kontenera: **priority_queue** (kolejka priorytetowa)

```
template < typename T,
   typename C1 = vector<T>,
   typename Compare = less<typename C1::value_type>>
class priority_queue;
```

- działa jak zwykła kolejka, ale wywołanie metody **push** w celu wstawienia obiektu oznacza wstawienie elementu w określonym miejscu kolejki, zależnie od priorytetu obiektu;
- jest to więc **kolejka elementów posortowanych wg określonej wartości (element o wartości najwyższej jest na pierwszym miejscu w kolejce)**.
- sortowanie odbywa się z wykorzystaniem funkcji lub obiektu funkcyjnego definiującego relację 'mniejsze niż' dla typu elementów przechowywanych w kolejce – domyślnie jest to szablon elementu funkcyjnego **less**

STL: kontenery

Obiekt funkcyjny **`less`** służący do porównania

```
template <class T> struct less : binary_function <T,T,bool> {
  bool operator() (const T& x, const T& y) const {
    return x<y;
  };
};

template <class Arg1, class Arg2, class Result>
  struct binary_function {
    typedef Arg1 first_argument_type;
    typedef Arg2 second_argument_type;
    typedef Result result_type;
  };
```


STL: kontenery

Adapter kontenera: **`priority_queue`** – przykład:
kolejka liczb posortowanych rosnąco (element o wartości najwyższej jest na pierwszym miejscu w kolejce):

```
int main() {
  priority_queue<int> pqi;
  srand(time(0));        // uruchamiamy generator liczb losowych

  for(int i = 0; i < 100; i++)
     pqi.push(rand() % 25);

  while(!pqi.empty()) {
     cout << pqi.top() << ' ';
     pqi.pop();
  }
}
```


STL: kontenery

Adapter kontenera: **`priority_queue`** – przykład:
wskazanie własnego kontenera (**`vector`**) i własnego obiektu funkcyjnego (szablon elementu funkcyjnego **`greater`** – sortowanie od największego do najmniejszego):

```
int main() {
  priority_queue<int, vector<int>, greater<int> > pqi;
  srand(time(0));        // uruchamiamy generator liczb losowych

  for(int i = 0; i < 100; i++)
     pqi.push(rand() % 25);

  while(!pqi.empty()) {
     cout << pqi.top() << ' ';
     pqi.pop();
  }
}
```


STL: kontenery

Podsumowanie: po co używać adapterów `stack`, `queue` i `priority_queue`, jeżeli tylko opakowują kontener sekwencyjny `deque` i ograniczają zbiór dostępnych metod?

✓ Aby ograniczyć i uczynić bardziej jednoznacznym kod naszego programu. To poprawia bezpieczeństwo i intuicyjność.

Np. dla kogoś, kto nie wie, że używamy `deque` aby symulował stos, odgadywanie tego ze sposobu jego wykorzystania w kodzie może prowadzić do nieporozumień, a dalsze rozwijanie tego kodu daje większe ryzyko błędu. Natomiast kiedy w kodzie wykorzystywany jest `stack`, jest jasne do czego służy, a ograniczenie jego zbioru metod do tych niezbędnych ogranicza też możliwości popełnienia błędu w razie modyfikacji kodu.

Typy kontenerów STL

Kontenery asocjacyjne

STL: kontenery

Kontenery asocjacyjne – **`set`**, **`map`**, **`multiset`** i **`multimap`**

- wraz z wartościami przechowują klucze dla tych wartości (**`map`** i **`multimap`**), lub traktują klucze jako przechowywane wartości (**`set`** i **`multiset`**)
- w przypadku **`set`**
  podstawowymi operacjami są polecenia wstawiania elementu do kontenera oraz sprawdzania czy taki element istnieje w kontenerze
- w przypadku **`map`**
  wyszukiwanie po kluczu odbywa się w ten sposób, że najpierw szuka w kontenerze klucza i dopiero jeżeli żądany klucz istnieje, następuje odwołanie do wartości skojarzonej z tym kluczem

84

STL: kontenery

Kontenery asocjacyjne – **`set`**

Modeluje tradycyjny zbiór matematyczny, w którym nie mogą pojawić się identyczne wartości. Zawiera składową metodę **`insert`** która dodaje element do zbioru, pomijając te wartości, które już w zbiorze są.

Kontenery typu **`set`** można poddawać operacji sumy zbiorów, iloczynu, różnicy albo weryfikacji zawierania się jednego zbioru w drugim.

Ten kontener można wykorzystać do zupełnie innego zadania, np. policzenia wszystkich słów, jakie choć raz pojawiły się w określonym tekście.

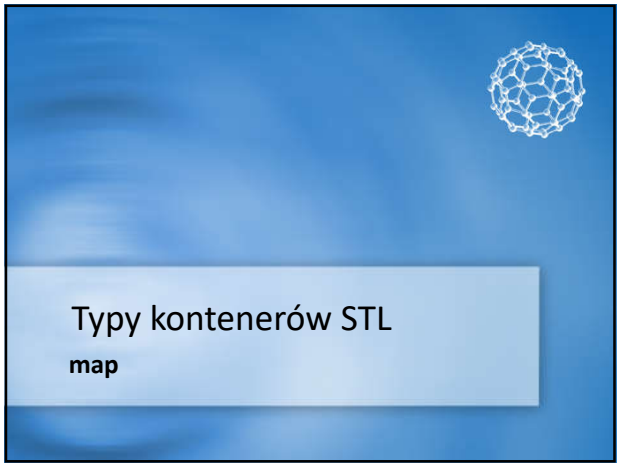
85

STL: kontenery

```
void wordSet(const char* fileName) {
   ifstream source(fileName);
   string word;
   set<string> words;
   while(source >> word)
        words.insert(word);
   cout << "Liczba różnych słów w tekście:"  << words.size() <<
   endl;
};

int main(int argc, char* argv[]) {
   if(argc > 1)
        wordSet(argv[1]);
   else
        wordSet("WordSet.cpp");
}
```


86



87

STL: kontenery

Kontenery asocjacyjne – **`map`**

Przykład:

Kontener przechowujący dane studentów:

```
typedef map<string, Student> Studenci; //Studenci – mapa elementów
```

Opis studenta – pola obiektu typu **`Student`**:

1. Nazwisko (pole kluczowe)
2. Wiek (pole opisowe)

88

STL: kontenery

Kontenery asocjacyjne – **`map`**

```
class Student {
   string Nazwisko;
   int Wiek;
public:
   Student(): Nazwisko("Nowy student"), Wiek(19) {};
   Student(const string& nazwisko, const int wiek):
        Nazwisko(nazwisko), Wiek(wiek) {};
   Student(const Student& temp):
        Nazwisko(temp.PobierzNazwisko()), Wiek(temp.PobierzWiek()) {};
   ~Student() {};
   void UstawNazwisko(const string& nazwisko) { Nazwisko = nazwisko; };
   string PobierzNazwisko() const {return Nazwisko; };
   void UstawWiek(const int wiek) { Wiek = wiek; };
   int PobierzWiek() const { return Wiek; };
   Student& operator=(const Student& temp);
};
```


89

STL: kontenery

Kontenery asocjacyjne – **map**

```
Student& Student::operator=(const Student& temp) {
   Nazwisko = temp.PobierzNazwisko();
   Wiek = temp.PobierzWiek();
   return *this;
};
ostream& operator<<(ostream& osoba, const Student& temp) {
   osoba << temp.PobierzNazwisko() << " ma " << temp.PobierzWiek() << " lat";
   return osoba;
};
template<typename T, typename A>
void ShowMap(const map<T, A>& v) {
   for (typename map<T, A>::const_iterator i = v.begin(); i != v.end(); ++i)
        cout << i->first << ": " << i->second << "\n";
   cout << endl;
};
```

`iter->first` wskazuje klucz, a `iter->second` wskazuje na wartość (obiekt klasy `Student`)

90

STL: kontenery

```
typedef map<string, Student> Studenci; //Studenci - mapa elementów
int main() {
   Student Kowalski("Kowalski", 19);
   Student Nowak("Nowak", 20);
   Student Adamczewski("Adamczewski", 21);
   Student Kowalczyk("Kowalczyk", 16);
   Studenci Rocznik;
   // dodajemy nowe elementy i nadajemy im wartości
   Rocznik[Kowalski.PobierzNazwisko()] = Kowalski;
   Rocznik[Nowak.PobierzNazwisko()] = Nowak;
   Rocznik[Adamczewski.PobierzNazwisko()] = Adamczewski;
   Rocznik[Kowalczyk.PobierzNazwisko()] = Kowalczyk;
   cout << "Rocznik:\n";
   ShowMap(Rocznik);
   // próba odwołania się do nieistniejącego klucza bez przypisania wartości
   cout << "Wiemy że " << Rocznik["Zeromski"].PobierzNazwisko()
        << " ma " << Rocznik["Zeromski"].PobierzWiek() << " lat\n";
```

Co się pojawi na ekranie?

91

STL: kontenery

Odwołanie się do nieistniejącego klucza

`Rocznik["Zeromski"].PobierzNazwisko()`

- w przypadku tablicy odwołanie się do nieistniejącego elementu spowoduje błąd, natomiast..
- w przypadku mapy nieistniejący element (tj. przypisanie) po prostu się stworzy z wykorzystaniem konstruktora domyślnego :
  - Nazwisko: Nowy student
  - Wiek: 19

Dlatego operator `[]` *nie nadaje się do wyszukiwania istniejących elementów.*

```
cout << "Wiemy że " << Rocznik["Zeromski"].PobierzNazwisko()
     << " ma " << Rocznik["Zeromski"].PobierzWiek() << " lat\n";
```

Napis w oknie konsoli:

```
Wiemy, że Nowy student ma 19 lat
```


92

STL: kontenery

Składowe first i second

elementu wskazywanego przez iterator przechowują odpowiednio klucz i wartość elementu, co wynika z definicji typu `map::value_type` jako synonimu odpowiedniej specjalizacji typu `std::pair`:

`typedef pair<const Key, T> value_type;`

Szablon tworzy kopie wartości składowych, dlatego potrzebny jest konstruktor kopiujący i destruktor dla typu przechowywanych danych.

```
template<typename Type1, typename Type2>
struct pair {
   typedef Type1 first_type;
   typedef Type2 second_type
   Type1 first;
   Type2 second;

   pair( );
   pair( const Type1& __Val1,
         const Type2& __Val2 );
   template<typename Other1, typename Other2>
      pair(
         const pair<Other1, Other2>& _Right
      );
};
```


93

STL: kontenery

Kontener **map**: przykład – zadanie:

Jak policzyć liczby *różnych* słów występujących w tekście?

Rozwiązanie:

Potrzebny jest kontener, który będzie zawierał listę różnych słów (tj. listę bez powtórzeń), która dla każdego słowa będzie miała przypisany licznik wystąpień tego słowa.

94

STL: kontenery

```
typedef map<string,int> WMap;
void wordMap(const char* fileName) {
   ifstream source(fileName);
   string word;
   WMap words;
   while(source >> word)
        words[word]++; // (!)
};
int main(int argc, char* argv[]) {
   if(argc > 1)
        wordMap(argv[1]);
   else
        wordMap("WordMap.cpp");

   for (WMap::iterator w = words.begin(); w!=words.end(); w++)
       cout << w->first << ":" << w->second << endl;
   cout << "Liczba różnych słów w tekście:"  << words.size() << endl;
}
```


95

STL: kontenery

```
words[word]++;
```

Wyrażenie inkrementuje wartość typu **int** skojarzoną z wartością zmiennej **word**.

Jeżeli słowo o wartości **word** nie występuje w kontenerze, do kontenera jest wstawiana automatycznie para *klucz-wartość* o kluczu równym **word** i składowej wartości inicjalizowanej przez wywołanie pseudo-konstruktora **int()**, zwracającego wartość zero.

Jeżeli wiemy, że w tekście wystąpiło słowo np. **typedef** i chcemy tylko dowiedzieć się, ile razy wystąpiło, można napisać:

```
cout << words["typedef"] << endl;
```

Jeżeli jednak tego słowa nie było w zbiorze słów, poleceniem powyżej zostanie ono dodane.

Typy kontenerów STL

multimap

STL: kontenery

Kontenery asocjacyjne – **multimap**

realizuje funkcjonalność kontenera typu **map**, ale pozwala na przechowywanie wielu elementów o tej samej wartości klucza.

To może być przydatne, kiedy realizujemy funkcjonalność w rodzaju np. książki telefonicznej, gdzie jedna osoba może mieć przypisanych kilka numerów telefonu.

Przykład:

Dana jest baza osób i ich numerów telefonów (bywa, że osoba ma kilka telefonów). Należy wypisać na ekranie wszystkie numery telefonów żądanej osoby.

STL: kontenery

```
multimap<string, string> directory;
directory.insert(pair<string, string>("T","555-4533"));
directory.insert(pair<string, string>("T","555-9999"));
directory.insert(pair<string, string>("C","555-9678"));
string str;
cout << "Podaj imię: ";
cin >> str;
multimap<string, string>::iterator p = directory.find(str);
if(p != directory.end()) {
  do {
    cout << "Numer telefonu: " <<  p->second << endl;
    p++;
  } while(p != directory.upper_bound(str));  // pierwszy element,
                                             // którego klucz jest większy
}
else
    cout << "Nie ma takiego użytkownika telefonu.\n";
```


STL: kontenery

```
multimap<string, string> directory;
directory.insert(pair<string, string>("T","555-4533"));
directory.insert(pair<string, string>("T","555-9999"));
directory.insert(pair<string, string>("C","555-9678"));
string str;
cout << "Podaj imię: ";
cin >> str;
pair<multimap<string, string>::iterator, multimap<string, string>::iterator> ii;
ii = directory.equal_range(str);
for(multimap<string, string>::iterator it = ii.first; it != ii.second; ++it)
{
    cout<<"Klucz = "<<it->first<<"    Wart = "<<it->second<<endl;
}
```

ii.second *wskazuje na pierwszy element po znalezionej sekwencji elementów* **str**.

Stosowanie **equal_range** *to pewniejsze rozwiązanie, ponieważ specyfikacja STL nie mówi, że* **find** *powinien zawsze dać pierwszy element w serii, ale ten najwcześniej dodany.*

STL: kontenery

Przykład – usuwanie zapisów dla wskazanego użytkownika:

```
multimap<string, string> directory;
directory.insert(pair<string, string>("T","555-4533"));
directory.insert(pair<string, string>("T","555-9999"));
directory.insert(pair<string, string>("C","555-9678"));
string str;
cout << "Podaj imię: ";
cin >> str;
pair<multimap<string, string>::iterator, multimap<string, string>::iterator> ii;
ii = directory.equal_range(str);
directory.erase(ii.first, ii.second);
```

Ponieważ może być wiele zapisów dla tego samego klucza, w **multimap** nie ma przeciążonego operatora [], bo nie zawsze mógłby zwracać jeden element – czasem wynikiem jest sekwencja elementów. Stosowanie [] byłoby nieintuicyjne.

W **multimap** funkcjonalnym odpowiednikiem [] jest **equal_range**.

STL: kontenery

Kontenery asocjacyjne – **`multimap`**

Kontener **`multimap`** daje funkcjonalność, którą można uzyskać również w inny sposób, np. implementując mapę wektorów bądź mapę list.

Argumenty za **`multimap`**:

1. Wektory od razu rezerwują większy blok pamięci, dla zapewnienia jej ciągłości (szybkość dostępu).
2. Czas dostępu do elementów w strukturze kontenera kontenerów jest większy, co ma znaczenie np. przy wielokrotnie powtarzanych odczytach danych z multimapy, chociaż..
   przy efektywnej optymalizacji jest możliwość doprowadzenia do stanu, gdzie odczyt mapy kontenerów deque jest szybszy (ale zapis nie).

Typy kontenerów STL

multiset

STL: kontenery

Kontener **`multiset`**

- umożliwia przechowywanie obiektów o powtarzających się wartościach,
- wszystkie duplikaty są przechowywane w bezpośrednim sąsiedztwie.

W przykładzie na następnym slajdzie kontener będzie służył do zliczania wystąpień słów w pliku

STL: kontenery

```
int main(int argc, char* argv[]) {
   const char* fname = "main29.cpp";
   if(argc > 1) fname = argv[1];
   ifstream in(fname);
   multiset<string> wordmset;
   string word;
   while(in >> word)
        wordmset.insert(word);
   typedef multiset<string>::iterator MSit;
   MSit it = wordmset.begin();
   while(it != wordmset.end()) {
        pair<MSit, MSit> p = wordmset.equal_range(*it);
        int count = distance(p.first, p.second);   // funkcja globalna
                                                   // z biblioteki <iterator>
        cout << *it << ": " << count << endl;
        it = p.second; // przesuwamy iterator do następnego słowa
   }
```


STL: kontenery

Kontenery sekwencyjne vs asocjacyjne

Sekwencyjne – implementowane jako tablice lub listy:

- Dodawanie elementu – stały czas
- Wstawianie elementu w środek – powolne

Asocjacyjne – implementowane jako drzewa binarne:

- Wstawianie elementu – O(log n)
- Usuwanie elementu – O(log n)
- Szukanie elementu – O(log n)
- Inkrementacja/dekrementacja iteratora – 1
- Wstawianie elementu w środek – szybkie