

Лекция 14.

Стандартная библиотека шаблонов STL. Контейнеры последовательностей.

Литература по STL:

- 1) *Д. Мюссер, Ж. Дердж, А. Сейни*, C++ и STL: справочное руководство, 2-е изд. (серия C++ in Depth): Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2010. — 432 с., илл.
- 2) *С. Мейерс*, Эффективное использование STL. Библиотека программиста. — М.: Питер, 2002. — 224 с., илл.
- 3) *Л. Аммерааль*, STL для программистов на C++: Пер. с англ. — М.: ДМК, 1999. — 240 с., илл.

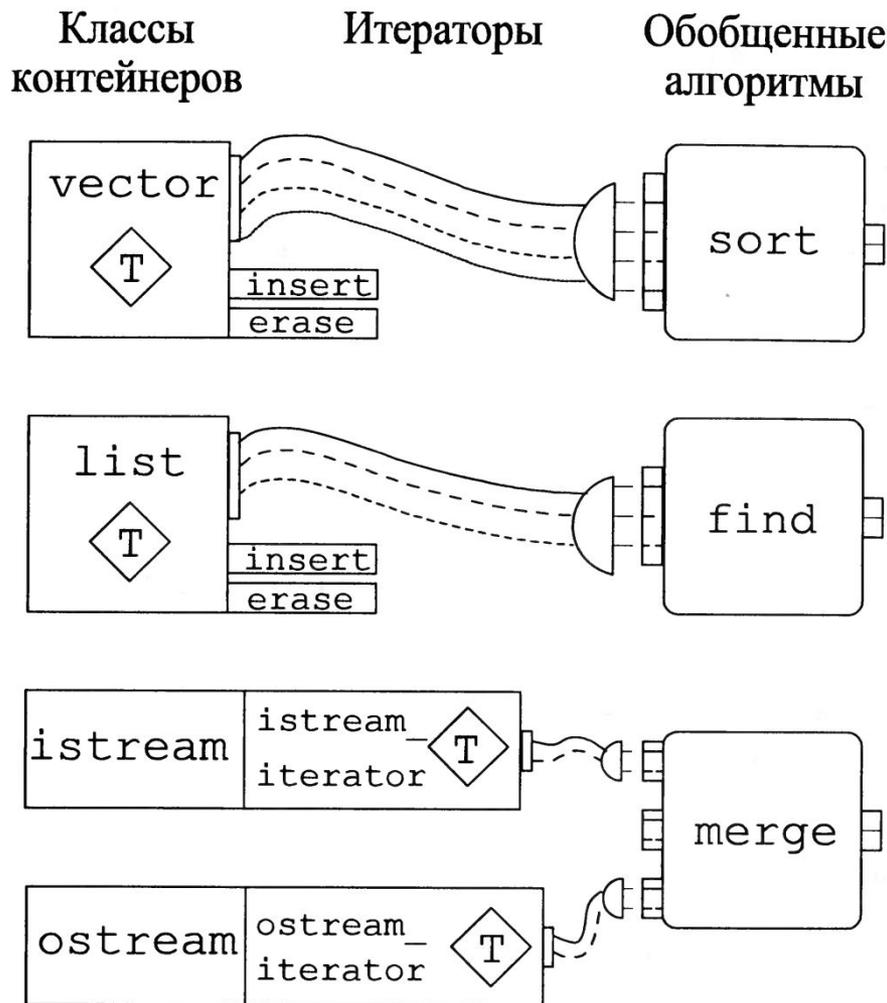
Стандартная библиотека шаблонов - Standard Template Library (STL)

- является частью стандартной библиотеки языка C++
- предоставляет набор классов-контейнеров
- предоставляет набор фундаментальных алгоритмов
- использует методы обобщенного программирования
- большинство компонентов реализованы через шаблоны C++

Главные особенности библиотеки STL:

- 1) высокая степень адаптивности компонентов друг к другу
- 2) высокая эффективность (скорость) работы алгоритмов

Взаимодействие между основными компонентами STL



Не всякий алгоритм может работать с любым итератором!

Совместимость алгоритмов и контейнеров обеспечивается за счет контроля типов C++.

Компоненты STL – контейнеры последовательностей.

- **vector<T>**. Вектор, динамический массив с произвольным доступом к элементам (время доступа $O(1)$). Обеспечивает вставку и удаление элементов с конца последовательности с амортизированным $O(1)$. Элементы вектора хранятся с памяти последовательно.
- **deque<T>**. Дек, аналогичен вектору, но с возможностями вставки и удаления элементов с обоих концов последовательности. Доступ к элементу — $O(1)$, вставка/удаление — амортизированное $O(1)$. Реализован в виде двусвязного списка линейных массивов.
- **list<T>**. Двусвязный список, элементы которого хранятся в различных участках памяти. Время доступа к элементам — линейное ($O(N)$, где N — текущее число элементов), время вставки/удаления — $O(1)$ в любом месте последовательности.

Обычный массив $a[N]$ также считается контейнером последовательности, и для него работают все алгоритмы STL. Кроме того, строковый тип `string` (из заголовочного файла `<string>`) совместим с алгоритмами STL.

Пример: работа с векторами STL

```
#include <iostream>
#include <vector>
using namespace std;

int main()
{
    vector<int> v; // создаем вектор нулевой длины
    int i;

    // Отображаем исходный размер объекта v
    cout << "размер = " << v.size() << endl;

    // Помещаем значения в конец вектора:
    // в результате вектор будет расти
    for(i=0; i<10; i++) v.push_back(i);

    // Отображаем текущий размер объекта v.
    cout << "размер сейчас = " << v.size() << endl;
```

```
// Доступ к содержимому вектора
// можно получить, используя индексы
for(i=0; i<10; i++)
    cout << v[i] << " ";
cout << endl;

// Доступ к первому и последнему
// элементам вектора.
cout << "первый = " << v.front() << endl;
cout << "последний = " << v.back() << endl;

// Доступ через итератор.
vector<int>::iterator p = v.begin();
while(p != v.end())
{
    cout << *p << " ";
    p++;
}
return 0;
}
```

Обзор функций-членов класса *vector*

```
iterator begin();  
iterator end();  
void push_back(const T& x);  
reverse_iterator rbegin();  
reverse_iterator rend();
```

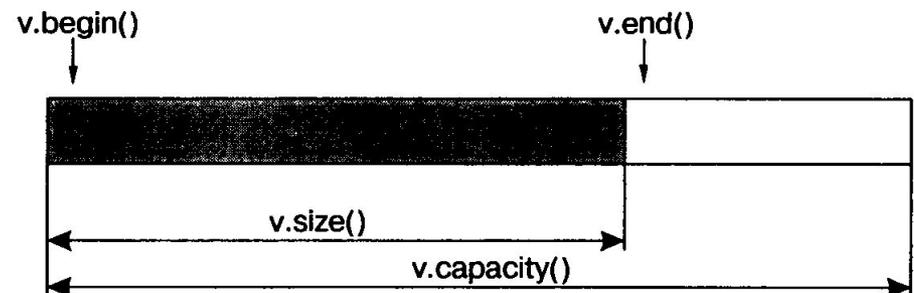
**базовые функции для вставки
элемента и последовательного
обхода элементов в прямом и
обратном порядке**

```
const_iterator begin() const;  
const_iterator end() const;  
const_reverse_iterator rbegin() const;  
const_reverse_iterator rend() const;
```

**обход элементов в
режиме "только чтение"**

```
size_type size() const;  
size_type capacity() const;  
void reserve(size_type n);  
size_type max_size() const;  
bool empty() const;
```

размер и емкость вектора (см. рис.)



```
vector();  
vector(size_type n, const T& value = T());  
vector(const vector<T>& x);  
vector(const_iterator first, const_iterator last);  
~vector();
```

**конструкторы и
деструктор**

Примеры использования:

```
vector<int> v; // (1) Конструктор по умолчанию  
vector<int> w(5, -3); // (2) Создает 5 элементов,  
// все они равны -3  
vector<int> w(5);  
vector<int> w1(w); // (2) Создает 5 элементов  
  
vector<int> w2(w.begin()+1, w.begin() + 5);  
// (4) Копирует четыре элемента  
// из w в w2
```

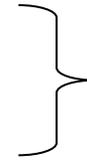
```
reference operator[](size_type n);  
const_reference operator[](size_type n) const;
```

**доступ к элементам
по индексу**

Пример:

```
w[3] = 3 * w[2] + 1;
```

```
vector<T>& operator=(const vector<T>& x);
```



**оператор
присваивания**

Пример:

```
vector<int> w(5, -3), v;  
v = w;
```

```
reference front();  
reference back();  
const_reference front() const;  
const_reference back() const;
```



**доступ к первому и
последнему элементам**

Пример:

```
v.front() = 1000;  
cout << v.front() << " " << v.back() << " ";
```

```
void swap(vector<T>& x);
```



**меняет местами содержимое
двух векторов одного типа**

Примеры:

```
v.swap(w);  
w.swap(v);
```

Функции вставки и удаления элементов. Занимают время $O(n)$, где n - номер позиции для вставки/удаления.

```
iterator insert(iterator position, const T& x);
```

Пример:

```
vector<int> v;  
for (int k=10; k<15; k++) v.push_back(k);  
vector<int>::iterator i = v.begin() + 1, j;  
j = v.insert(i, 123);
```

**вставка
одного
элемента в
позицию
position**

```
void insert(iterator position, const_iterator first,  
           const_iterator last);
```

```
void insert (iterator position,  
            size_type n, const T& x);
```

**вставка
нескольких
элементов**

```
void pop_back();  
void erase(iterator position);  
void erase(iterator first, iterator last);
```

**удаление элементов
по одному и группой**

Дополнительные функции-члены класса *deque*

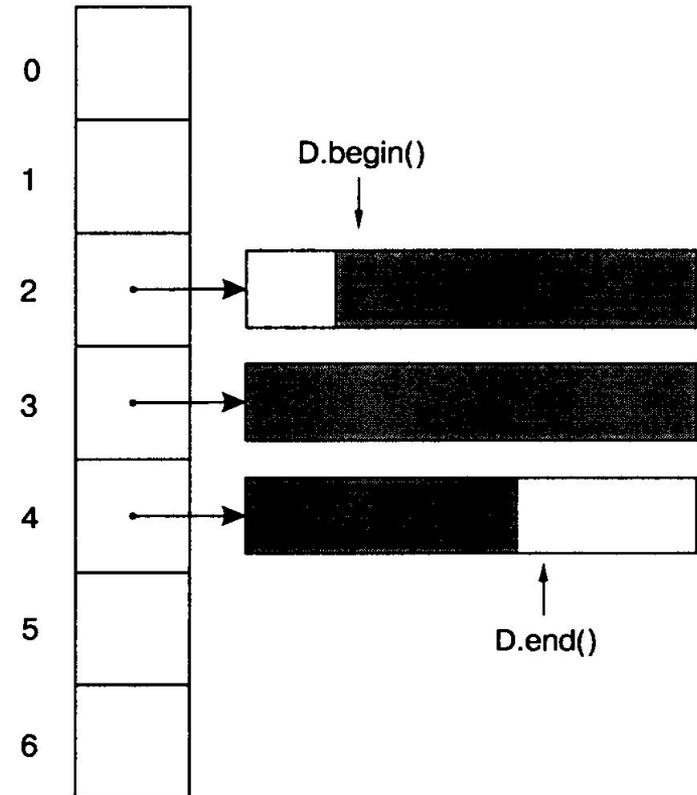
Большинство функций дека повторяет соответствующие функции вектора (см. выше). Далее мы рассмотрим только *специфические* для дека функции.

К примеру, дек поддерживает вставку элементов не только в конец, но и в начало очереди (за константное время). С другой стороны, функции `capacity` и `reserve` для дека не определены.

```
void push_front(const T& x);  
void pop_front();  
reference front();
```

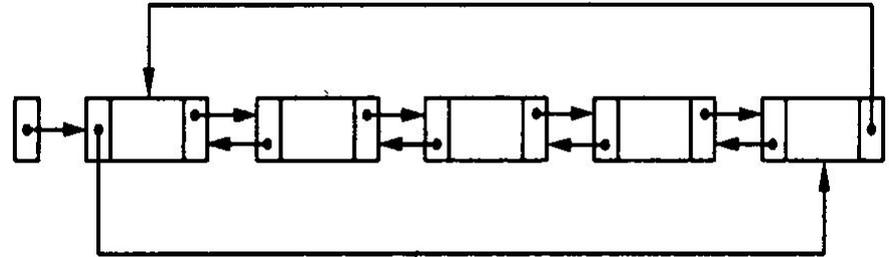
Пример:

```
v.back() = D.front();  
D.pop_front();
```



Дополнительные функции-члены класса *list*

Связанный список (*list*) обеспечивает вставку/удаление элементов в любой позиции за константное время. Однако доступ к элементу требует $O(n)$ операций. Как следствие, для списка не реализован оператор доступа по индексу `[]`.



```
void sort();  
void unique();
```

Пример:

```
Initial contents: 123 123 123 123 123 100 123 123  
After L.unique(): 123 100 123  
After L.sort(): 100 123 123
```

```
int main()  
{ list<int> L(5, 123);  
  L.push_back(100);  
  L.push_back(123);  
  L.push_back(123);  
  out("Initial contents: ", L);  
  L.unique();  
  out("After L.unique(): ", L);  
  L.sort();  
  out("After L.sort(): ", L);  
  return 0;  
}
```

Функции сцепки списков (splicing) - перемещение одного или более элементов из одного списка в другой.

```
void splice(iterator position, list<T>& x);
```

Вставляет содержимое списка x в текущий список перед позицией position, и оставляет список x пустым.

```
void splice(iterator position, list<T>& x, iterator j);
```

Вставляет элемент из списка x (в позиции j) в текущий список (перед позицией position).

```
void splice(iterator position, list<T>& x,  
            iterator first, iterator last);
```

Вставляет элементы диапазона [first, last] из списка x в текущий список (перед позицией position).

Пример:

```
L.splice(i, M, j1, j2);
```

Адаптер стека. Функции-члены класса *stack*

Стек представляет собой структуру данных, допускающую только две операции, изменяющие ее размер: 1) добавление элемента в конец последовательности, 2) извлечение элемента из конца последовательности.

В STL стек реализуется на основе вектора, дека или связанного списка. Таким образом, стек – не новый тип контейнера. Он реализован в виде адаптера к существующим контейнерам `vector`, `deque` или `list`. Если при создании стека тип используемого контейнера не указан, то по умолчанию используется дек.

Для стека определены следующие функции:

<code>type top();</code>	Значение верхнего элемента в стеке
<code>void push(type);</code>	Поместить элемент в стека
<code>void pop();</code>	Извлечь элемент из стека
<code>int size();</code>	Количество элементов в стеке
<code>bool empty();</code>	Стек пуст?

Пример:

```
// stackcmp.cpp: Сравнение и присваивание для стек
#include <iostream>
#include <vector>
#include <stack>
using namespace std;

int main()
{ stack <int, vector<int> > S, T, U;
  S.push(10); S.push(20); S.push(30);
  cout << "Pushed onto S: 10 20 30\n";
  T = S;
  cout << "After T = S; we have ";
  cout << (S == T ? "S == T" : "S != T") << endl;
  U.push(10); U.push(21);
  cout << "Pushed onto U: 10 21\n";
  cout << "We now have ";
  cout << (S < U ? "S < U" : "S >= U") << endl;
  return 0;
}
```

```
Pushed onto S: 10 20 30
After T = S; we have S == T
Pushed onto U: 10 21
We now have S < U
```

Адаптер очереди. Функции-члены класса *queue*

Очередь представляет собой структуру данных, в которой новый элемент добавляется в конец последовательности, а извлечение элемента происходит из начальной позиции.

В STL очередь реализуется на основе дека или связанного списка, то есть как адаптер к контейнерам `deque` или `list`. Если при создании очереди тип контейнера не указан, то по умолчанию используется дек.

Для очереди определены следующие функции:

<code>type front();</code>	Значение первого элемента в очереди
<code>type back();</code>	Значение последнего элемента в очереди
<code>void push(type);</code>	Поместить элемент в очередь
<code>void pop();</code>	Удалить элемент из очереди
<code>int size();</code>	Количество элементов
<code>bool empty();</code>	Очередь пуста?

Пример:

```
// queue.cpp: Использование очереди; демонстрация
//          функций-членов push, pop, back и front.

#include <iostream>
#include <list>
#include <queue>

using namespace std;

int main()
{
    queue <int, list<int> > Q;
    Q.push(10); Q.push(20); Q.push(30);
    cout << "After pushing 10, 20 and 30:\n";
    cout << "Q.front() = " << Q.front() << endl;
    cout << "Q.back() = " << Q.back() << endl;
    Q.pop();
    cout << "After Q.pop():\n";
    cout << "Q.front() = " << Q.front() << endl;
    return 0;
}
```

```
After pushing 10, 20 and 30:
Q.front() = 10
Q.back() = 30
After Q.pop():
Q.front() = 20
```

Адаптер очереди с приоритетом. Функции-члены класса *priority_queue*

Очередь с приоритетом является структурой данных, из которой можно удалить только наибольший элемент (т.е. элемент с наибольшим приоритетом).

В STL очередь с приоритетом реализуется на основе вектора или дека, как адаптер к контейнерам `vector` или `deque`. По умолчанию используется дек.

Определены следующие функции:

<code>type top();</code>	Значение верхнего элемента
<code>void push(type);</code>	Поместить элемент
<code>void pop();</code>	Удалить элемент
<code>int size();</code>	Количество элементов
<code>bool empty();</code>	Очередь пуста?

Пример:

```
// prqueue.cpp: Очередь с приоритетами; программа
//             демонстрирует функции-члены push, pop, empty и top.

#include <iostream>
#include <vector>
#include <functional>
#include <queue>

using namespace std;

int main()
{   priority_queue <int, vector<int>, less<int> > P;
    int x;
    P.push(123); P.push(51); P.push(1000); P.push(17);
    while (!P.empty())
    {   x = P.top();
        cout << "Retrieved element: " << x << endl;
        P.pop();
    }
    return 0;
}
```

```
Retrieved element: 1000
Retrieved element: 123
Retrieved element: 51
Retrieved element: 17
```