Язык C++

STL. Итераторы и основные алгоритмы

Вычислительная сложность

- функцию зависимости объема работы, которая выполняется некоторым алгоритмом, от размера входных данных.
- Асимптотическая сложность (O(n),O(n*n), O(n*log(n)))

STL

- **Библиотека обобщенных компонент**
  - Контейнеры
  - Обобщенные алгоритмы
  - Итераторы
  - Функциональные объекты
  - Адаптеры
  - Аллокаторы
  - Вспомогательные функции
- **Гарантии производительности**

Контейнеры

- Контейнеры последовательностей:
  - vector<T>
  - deque<T>
  - list<T>
  - array<T>
  - forward_list<T>
- Ассоциативные контейнеры:
  - set<Key> (multiset)
  - map<Key,T> (multimap)
- Неупорядоченные ассоциативные контейнеры
  - unordered_set<Key> (multiset)
  - unordered_map<Ket, T> (multimap)

Обобщенные алгоритмы

- Find
- Max
- Merge
- Replace
- Sort
- ...

Итераторы

- Указателеобразные объекты
- Связь между алгоритмами и контейнерами
- Категории
  - Выходные (*LegacyOutputIterator*)
  - Входные (*LegacyInputIterator*)
  - Однонаправленные (*LegacyForwardIterator*)
  - Двунаправленные (*LegacyBidirectionalIterator*)
  - Произвольного доступа (*LegacyRandomAccessIterator*)
  - Непрерывный (C++17) (*LegacyContiguousIterator*)
- Диапазон итераторов [first,last)
  - Корректный диапазон

Начиная с C++20, требования к итераторам основаны на концептах (с ними мы познакомимся позже)

Входной итератор

```
template <typename InputIterator, typename T>
InputIterator find(
    InputIterator first,
    InputIterator last,
    const T& value
) {
    while (first != last && *first != value)
        ++first;
    return first;
}
```

Входной итератор

Требования:

- operator !=
- ++iterator и iterator++
- value = *iterator
- operator ==
- O(1)

Выходной итератор

```
template <typename InputIterator, typename OutputIterator>
OutputIterator copy(
    InputIterator first,
    InputIterator last,
    OutputIterator result
) {
    while (first != last) {
        *result = *first;
        ++first;
        ++result;
    }

    return result;
}
```

Выходной итератор

Требования:

- *iterator = value
- ++iterator и iterator++
- O(1)

Однонаправленные итераторы

- Входной итератор
- Выходной итератор
- Сохранение для последующего использования

Однонаправленные итераторы

```
template <typename Forwardlterator, typename T>
void replace(
   Forwardlterator first,
   Forwardlterator last,
   const T& x,
   const T& y
) {
   while (first != last)   {
       if (*first == x)
           *first = y;

       ++first;
   }
}
```

Двунаправленные итераторы

```
#include <list>
#include <algorithm>

int main() {
    int a[10] = {12, 3, 25, 7, 11, 213, 7, 123, 29, -3l};
    std::reverse(&a[0],&a[10]);

    std::list<int> l(&a[0], &a[10]);
    std::reverse(l.begin(),l.end());

    return 0;
}
```

Двунаправленные итераторы

- Однонаправленный
- operator--

Итераторы с произвольным доступом

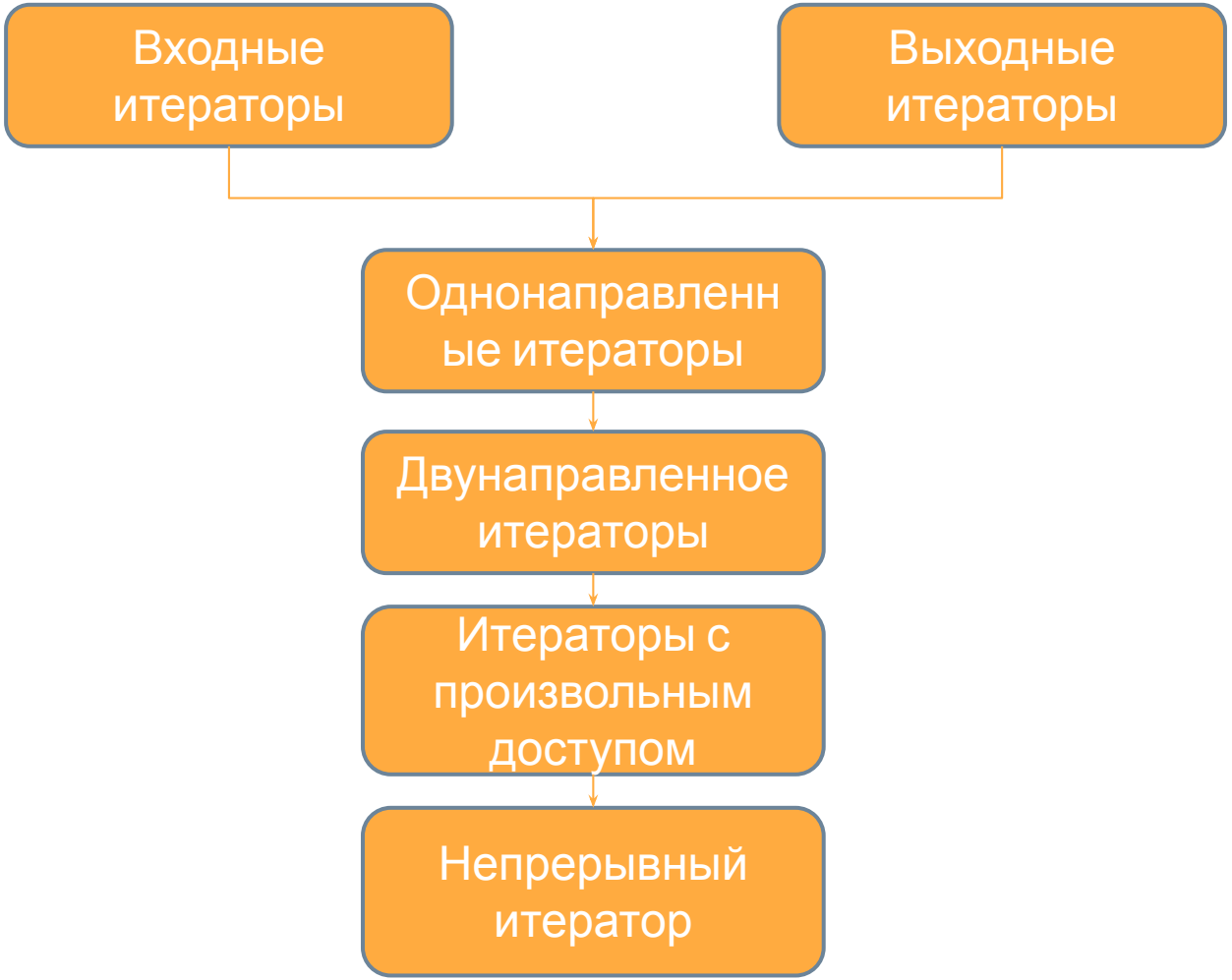
```
std::vector<int> v;
// …. Заполнение вектора

bool b = std::binary_search(v.begin(), v.end(), 6);
```

Итераторы с произвольным доступом

- Двунаправленный итератор
- Достижение любой позиции за O(1)
- Пусть r и s – итераторы с произвольным доступом, n – целое число , тогда:
  - r+n, n+r, r-n
  - r[n]=*(r+n)
  - r+=n, r-=n
  - r-s ->int
  - r<s, r>s, r<=s, r>=s -> bool

Непрерывный итератор

- итератор произвольного доступа
- *(a + n) = *(std::addressof(*a) + n)


Входные итераторы
Выходные итераторы
Однонаправленные итераторы
Двунаправленное итераторы
Итераторы с произвольным доступом
Непрерывный итератор

Итераторы

- Описание контейнеров включает описание предоставляемых ими итераторов
- Описание обобщенных алгоритмов включает описание категорий итераторов с которыми они работают

Вывод:

Интерфейсы контейнеров и алгоритмов STL спроектированы так, чтобы поддерживать эффективные комбинации и препятствовать неэффективным

iterator / const_iterator

```
const vector<int> v(100,0);

// vector<int>::iterator i = v.begin();  // !! Error

vector<int>::const_iterator i = v.begin();
```

Итератор

Контейнер	**Итератор**	**Тип**
T a[n]	T*	Изм. Непрерывный
T a[n]	const T*	Конст. Непрерывный
vector<T>	vector<T>::iterator	Изм. Непрерывный
vector<T>	vector<T>::const_iterator	Конст. Непрерывный
deque<T>	deque<T>::iterator	Изм. Произв доступ
deque<T>	deque<T>::const_iterator	Конст. ,произв доступ
list<T>	list<T>::iterator	Изм., двунаправленный
list<T>	list<T>::const_iterator	Конст., двунаправленный

Итераторы

Контейнер	Итератор	Тип
set<t>	set<t>::iterator	Конст., двунапр.
set<t>	set<t>::const_iterator	Конст., двунапр.
multiset<T>	multiset<T>::iterator	Конст., двунапр.
multiset<T>	multiset<T>::const_iterator	Конст., двунапр.
map<Key,T>	map<Key,T>::iterator	Изм., двунаправленный
map<Key,T>	map<Key,T>::const_iterator	Конст., двунапр.
multimap<Key,T>	multimap<Key,T>::iterator	Изм., двунаправленный
multimap<Key,T>	multimap<Key,T>::const_iterator	Конст., двунапр.

Итераторы

Контейнер	Итератор	Тип
unordered_set<t>	unordered_set<t>::iterator	изм., однонапр.
unordered_set<t>	unordered_set<t>::const_iterator	Конст., однонапр.
unordered_map<Key,T>	unordered_map<Key,T>::iterator	Изм., однонапр.
unordered_map<Key,T>	unordered_map<Key,T>::const_iterator	Конст., однонапр.
unordered_multiset<t>	unordered_multiset<t>::iterator	изм., однонапр.
unordered_multiset<t>	unordered_multiset<t>::const_iterator	Конст., однонапр.
unordered_multimap<Key,T>	unordered_multimap<Key,T>::iterator	Изм., однонапр.
unordered_multimap<Key,T>	unordered_multimap<Key,T>::const_iterator	Конст., однонапр.

Обобщенные алгоритмы

- Неизменяющие алгоритмы
- Изменяющие алгоритмы
- Связанные с сортировкой алгоритмы
- Обобщенные числовые алгоритмы

Алгоритмы с предикатами

```
template<class Type>
struct greater {
    bool operator()( const Type& _Left, const Type& _Right ) const;
};

int main() {
   std::vector <int> v1;
   for (int i = 0 ; i < 8 ; i++ )
       v1.push_back( rand());

   std::sort( v1.begin(), v1.end(), greater<int>());
}
```

Типы аргументов шаблонизированы, поэтому может быть функциональный объект или функция

Неизменяющие алгоритмы

- find
- adjacent_find
- count
- for_each
- mismatch
- equal
- search

find и find_if

```
class GreaterThan50 {
public:
 bool operator()(int x) const { return x > 50;}
};

int main() {
 std::vector<int> v;
 for (int i = 0; i < 13; ++i)
   v.push_back(i * i);

 std::vector<int>::iterator where;
 where = find_if(v.begin(), v.end(), GreaterThan50());

 assert(*where == 64);
 return 0;
}
```

count

Задача: поиск количества значений равных данному

Сложность: линейная

```
int main() {
    std::vector<int> v {0, 0, 1, 1, 1, 2, 2, 2};
    std::cout << count(v.begin(), v.end(), 1) << std::endl;

    int arr[] {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8};
    std::cout << std::count_if(arr, arr + 8, even{}) << std::endl;

    return 0;
}
```

Изменяющие алгоритмы

- copy
- copy_backward
- fill
- generate
- partition
- random_shuffle
- remove
- replace
- remove
- rotate
- swap
- swap_ranges
- transform
- unique

fill \ fill_n

```
int main() {
    std::vector <int> v1;
    for (int i = 0 ; i <= 9 ; i++ )
        v1.push_back( 5 * i );

    fill(v1.begin( ) + 5, v1.end( ), 2);

    fill_n( v1.begin( ) + 7, 3, 2 );
}
```

generate

Задача: Заполняет диапазон значениями генерируемыми подставленной функцией

Сложность: линейная

```
template <typename T>
class calc_square {
 T i;
public:
   calc_square(): i(0) {}
   T operator()() { ++i; return i * i; }
};

int main() {
   std::vector<int> v(10);
   std::generate(v.begin(), v.end(), calc_square<int>());
}
```

erase-remove idiom

```
int main() {
    std::vector<int> vec = {1, 2, 0, 3, 4, 0, 5, 6, 7, 0, 8};

    std::vector<int>::iterator new_end = std::remove(vec.begin(), vec.end(), 0);

    vec.erase(new_end, vec.end());
}
```

Теоретико-множественные операции

- includes
- set_union
- set_intersection
- set_difference
- set_symmetric_difference

includes

Задача: Проверить содержится ли элементы одного сортированного диапазона в другом сортированном диапазоне

```
int main() {
    bool result;

    std::vector<char> v1 = to_vector("abcde");
    std::vector<char> v2 = to_vector("aeiou");

    result = std::includes(v1.begin(), v1.end(), v2.begin(), v2.end());
    result = std::includes(v1.begin(), v1.end(), v2.begin(), v2.begin() + 2);

    return 0;
}
```

set_union

```
int main() {
    std::vector<char> v1 = to_vector("abcde");
    std::vector<char> v2 = to_vector("aeiou");

    std::vector<char> setUnion;
    std::set_union(
        v1.begin(), v1.end(),
        v2.begin(), v2.end(),
        back_inserter(setUnion)
    );

    return 0;
}
```

Обобщенные числовые алгоритмы

- accumulate
- partial_sum
- adjacent_difference
- inner_product

accumulate

```
int main() {
    std::vector <int> v1, v2(20);
    for (int i = 1; i < 21; i++)
        v1.push_back(i);

    int total = std::accumulate(v1.begin(), v1.end(), 0);
    int ptotal = std::accumulate(v1.begin(), v1.end(), 1, std::multiplies<int>());
}
```

Бинарный оператор параметризуется

inner_product

Задача: Получить скалярное произведение двух диапазонов

```
int main() {
    int x1[5], x2[5];
    for (int i = 0; i < 5; ++i) {
        x1[i] = i + 1;
        x2[i] = i + 2;
    }

    int result = std::inner_product(&x1[0], &x1[5], &x2[0], 0);

    result = std::inner_product(&x1[0], &x1[5], &x2[0], 1, std::multiplies<int>(),
std::plus<int>());
}
```