Языки программирования
Лекция 11

ПМИ Семестр 2

Демяненко Я.М.

2025

Итераторы ввода/вывода

Важной причиной включения итераторов ввода/вывода в STL является возможность **выделения алгоритмов**, которые могут **использоваться с итераторами**, **связанными с потоками ввода-вывода**.

Такие итераторы предоставляются классами STL **istream_iterator** (для ввода) и **ostream_iterator** (для вывода).

Итераторы ввода — 1

Итераторы ввода предназначены для получения информации **из последовательности в алгоритм**, при этом значение в последовательности **не может быть изменено**.

Под последовательностью в данном случае понимаются или контейнер или поток ввода.

Итераторы ввода поддерживают операцию ++ и используются **в однопроходных алгоритмах**.

Итераторы ввода — 2

Для входных итераторов из a == b не следует ++a == + +b

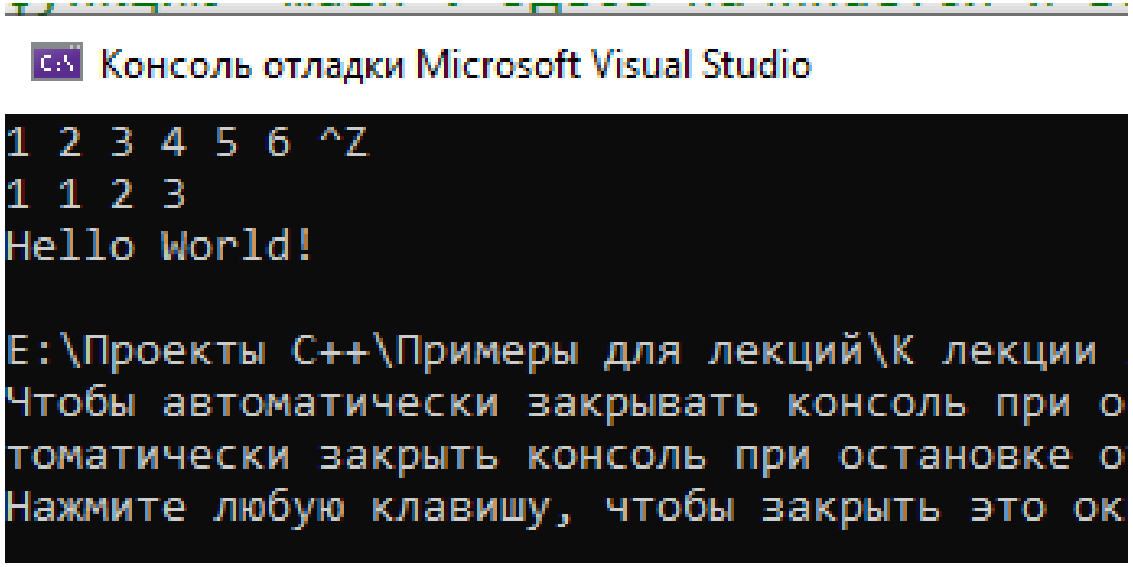
Допустим 1 2 3 4 5 6
istream_iterator<char> a(cin); — указывает на 1
istream_iterator<char> b=a; — указывает на 1
++a; — указывает на 2
++b; — указывает на 3

Алгоритмы, работающие с входными итераторами, не должны пытаться скопировать значение итератора и использовать его для повторного прохода по одной и той же позиции.

Тип значения, возвращаемого итератором, не обязан быть ссылочным, поскольку алгоритмы, работающие со входными итераторами, не должны пытаться посредством них выполнять присваивания.

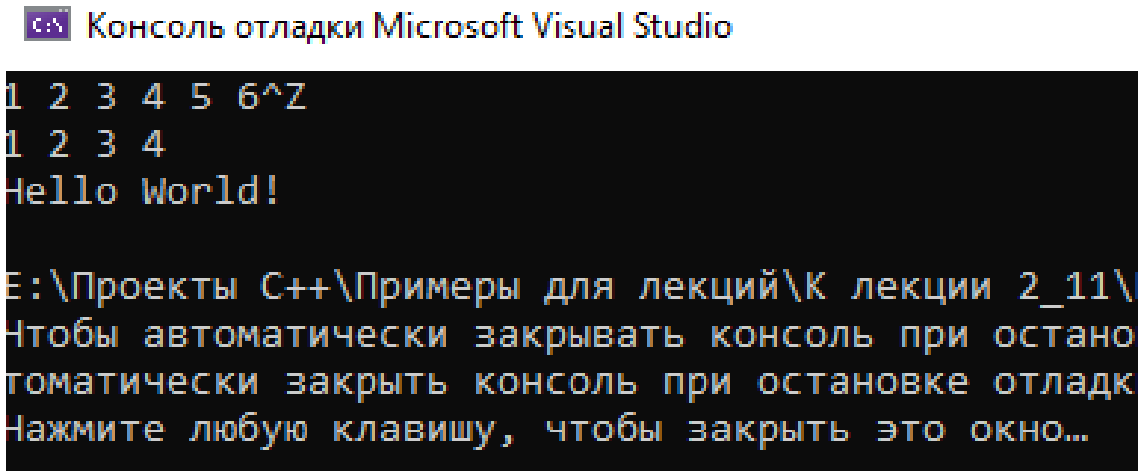
Итераторы ввода — 3

```
int main() {
    istream_iterator<char> a(cin);
    istream_iterator<char> b=a;
    auto x1 = *a;
    auto x2 = *b;
    ++a;
    auto x3 = *a;
    ++b;
    auto x4 = *b;
    cout << x1 << ' ' << x2 << ' ' << x3 << ' ' << x4 << endl;
    std::cout << "Hello World!\n";
}
```



Итераторы ввода — 4

```
int main() {
    istream_iterator<char> a(cin);
    auto x1=*a;
    istream_iterator<char> b(cin);
    auto x2 = *b;
    ++a;
    auto x3 = *a;
    ++b;
    auto x4 = *b;
    cout << x1 << ' ' << x2 << ' ' << x3 << ' ' << x4 <<
endl;
    std::cout << "Hello World!\n";
}
```



Пример. Выполнить поиск первого вхождения заданного значения в массиве, списке и потоке ввода istream. Вывести для каждой коллекции или элемент, следующий за найденным, или сообщение, что найденный — последний, или сообщение, что элемент не найден.

```
#include <iostream>
#include <algorithm>
#include <list>
#include <iterator>
using namespace std;

int main() {
int a[10] = { 12, 3, 25, 7, 11, 213, 7, 123, 29, -3 };        // Инициализация массива 10 целыми числами

int* ptr = find(a, a+10, 7);  // Поиск в массиве первого элемента, равного 7

  if (ptr< a+10 )
    if ((++ptr) < a+10) cout << *(ptr) << endl;
    else cout << "Last found\n";
  else cout << "Not found\n";
```

```
 list<int> listl(a+4, a+10);   // Инициализация списка числами из массива, начиная с a[4]

 auto pi = find(begin(listl), end(listl), 7);         // Поиск в списке первого элемента, равного 7

 if (pi !=end(listl))
   if ((++pi) !=end(listl)) cout << *(pi) << endl;
   else cout << "Last found\n";
 else cout << "Not found\n";

 istream_iterator<char> in(cin);
 istream_iterator<char> eos;
 in = find(in, eos, '7');         // Поиск первого символа во входном потоке, равного 7

 if ((in) != eos)
   if ((++in) != eos)
     cout << *(in) << endl;
   else cout << "Last found\n";
 else cout << "Not found\n";
}
```

Итераторы вывода — 1

Выходные итераторы (итераторы вывода) обладают **противоположной входным** итераторам функциональностью. Они позволяют **записывать значения в последовательность**.

Под последовательностью понимается либо контейнер, либо выходной поток.

Как и в случае итераторов ввода, **алгоритмы**, использующие итераторы вывода, должны быть **однопроходными**.

Итераторы вывода — 2

Операции равенства и неравенства для таких итераторов могут быть не определены.

Алгоритмы, использующие итераторы вывода, могут работать с выходными потоками для размещения данных посредством класса ostream_iterator, а также с итераторами и указателями вставки.

Единственное корректное применение операции operator* к итераторам вывода — в левой части операции присваивания.

Выходной итератор в алгоритме copy для вывода символов в поток cout

copy(text.begin(),text.end(),ostream_iterator<char>(cout,""));

Однонаправленный итератор

Это итератор, который **объединяет** свойства **входного и выходного** итераторов, тем самым обеспечивая возможность чтения и записи.

При этом обход элементов контейнера происходит в одном направлении.

Однонаправленные итераторы обладают также возможностью **сохранить** значение итератора и использовать сохраненное значение **для повторного прохода** из той же позиции.

Это позволяет использовать однонаправленные итераторы в **многопроходных** алгоритмах.

Однонаправленные и двунаправленные

Контейнер **forward_list** имеет **однонаправленный** итератор **forward_list<T>::iterator**.

Последовательные контейнеры **vector, list, deque**, а также **массивы**, имеют **двунаправленные** итераторы, которые **обладают свойствами однонаправленных**.

Поэтому к ним тоже применимы алгоритмы, использующие однонаправленные итераторы.

Алгоритм replace

Заменяет в диапазоне все элементы с заданным значением другим значением

Ему необходим однонаправленный итератор

```
int a[10];
for (int i=0; i<10; ++i)
  cin >> a[i];
// Замена всех элементов массива, равных
5, на 6
replace(a, a+10, 5, 6);
```

```
deque<char> deq;
char c;
for (int i=0; i<10;++i) {
  cin>>c;
  deq.push_back(c);
  deq.push_front(c);
}
// Замена всех 'e' в deq на 'o'
replace(deq.begin(), deq.end(), 'e', 'o');
```

Поскольку тип deque<T>::iterator также удовлетворяет всем требованиям к однонаправленным итераторам, этот алгоритм можно использовать и для замены элементов в деке

Двунаправленный итератор

Аналогичен однонаправленному, кроме того, он допускает обход в обоих направлениях.

То есть, двунаправленные итераторы должны поддерживать все операции однонаправленных итераторов, а кроме них — **операцию --**, делая возможным обход последовательности в обратном направлении.

И префиксный, и постфиксный operator-- должны выполняться за константное время.

Возможность обхода структуры данных в обратном порядке важна потому, что без неё некоторые алгоритмы не могут эффективно работать.

Например, **алгоритм** STL **reverse** может использоваться для обращения порядка элементов в последовательности только при наличии **двунаправленных** итераторов.

Контейнер list<T>

Предоставляет двунаправленные итераторы, так что его можно использовать с алгоритмом **reverse**

```
list<int> listl;
//  Код для вставки значений в listl
reverse(begin(listl),end(listl));          //  Обращение порядка значений в списке
```

Возможность предоставления контейнером двунаправленного итератора зависит от внутренней организации контейнера.

Контейнер list<T> реализован как двусвязный список, поэтому предоставляет возможность итератору реализовать операцию operator-- за константное время.

В случае односвязного списка эффективно реализовать operator-- (с константным временем работы) невозможно.

Достижимость элементов

Имеются некоторые алгоритмы, для **эффективной** работы которых требуется, чтобы **любой** элемент последовательности был **достижим** из любого другого **за константное время**.

Например, обобщённый алгоритм бинарного поиска

binary_search(first, last, value);

Для **эффективной** работы таких алгоритмов **необходимы** итераторы **произвольного** доступа.

Итераторы произвольного доступа

Должны поддерживать все операции двунаправленных итераторов, плюс нижеперечисленные

- Прибавление и вычитание целых чисел: r+n, n+r, r-n, r+=n и r-=n
- Доступ к n-му элементу при помощи выражения r[n], которое означает *(r+n)
- Вычитание итераторов r-s
- Сравнения r<s, r>s, r<=s и r>=s

Алгоритм binary_search

Алгоритм binary_search на таких контейнерах как **векторы, деки и массивы**, имеет наибольшую эффективность — **время работы O(log N)**, т.к. их итераторы являются итераторами **произвольного доступа**.

Однако **требование** алгоритма — наличие **однонаправленного** итератора, позволяет использовать его и для других контейнеров, например, списков.

Но время работы увеличится, т.к. имея указатели на начало и конец списка, единственный способ добраться до элемента посредине — это обойти элементы один за другим.

Это займет время, пропорциональное длине списка.

Адаптеры итераторов

Адаптеры — шаблонные классы, которые обеспечивают изменение поведения при сохранении интерфейса.

Например, для двунаправленных итераторов и итераторов произвольного доступа существуют адаптеры — **обратные (реверсивные) итераторы** — reverse_iterator.

Они переопределяют операции увеличения (уменьшения) таким образом, что перемещение происходит в противоположном направлении.

Для инициализации реверсивных итераторов используются операции rbegin() и rend().

Проверка контейнера на симметричность

```
auto itb = v.begin();
auto itrb = v.rbegin();
while (b && itb < itrb.base()) {
  b = (*itb) == (*itrb);
  itb++;
  itrb++;
}
```

Порядок сортировки

Например, чтобы **изменить порядок сортировки** вектора с возрастания на убывание, можно **вместо** написания своего **компаратора** использовать **реверсивные итераторы**.

```
// сортирует вектор в порядке возрастания
sort( v.begin(), v.end() );
// сортирует вектор в порядке убывания
sort( v.rbegin(), v.rend() );
```

И ещё адаптеры итераторов — итераторы вставки

Главное отличие этих итераторов состоит в том, что выражение
*it = value
трактуется как вставка в контейнер нового элемента со значением value.

Позиция вставки при этом определяется типом итератора it.

Три типа итераторов вставки

Существует три типа итераторов вставки, параметризованные типом контейнера:

- insert_iterator<Container> – использует функцию insert() класса Container
- back_insert_iterator<Container> — использует функцию push_back()
- front_insert_iterator<Container> – использует функцию push_front()

Объявление итераторов вставки

Например, если v — вектор целых чисел,
то объявление для него итератора вставки перед вторым элементом будет выглядеть следующим образом.

```
insert_iterator<vector <int> > it(v,next(begin(v)));
```

Шаблоны функций, возвращающие итераторы

Чтобы было удобнее использовать вводятся шаблоны функций, возвращающие нужные итераторы

- back_inserter
- front_inserter
- inserter

Так для нашего примера объявление будет выглядеть следующим образом

```
auto it = inserter(v, next(begin(v)));
```

Итераторы вставки

```
vector<int> v(10);   //123
vector<int> v1;
copy(begin(v), end(v), back_inserter(v1));
//123
```

```
vector<int> v(10);  //123
 list<int> l1;
 copy(begin(v), end(v), front_inserter(l1));
//321
```

```
vector<int> v(10); //123
vector<int> v1;      //123
copy(v.begin(), v.end(), inserter(v1, next(begin(v1))));
//112323
```

Примеры использования insert

```
vector <int> vecInt(3,100);              ///Создаем вектор из 3 элементов и заполняем его значением 100

vector <int>::iterator it;
it = begin(vecInt);              ///Итератор указывает на vec[0]

                                 ///Вектор расширяется теперь до 4 элементов
vecInt.insert (it,200);          ///И первым элементом записывается 200

                                 ///Вектор расширяется теперь до 5 элементов
it = vecInt.begin() + 3;         ///Итератор указывает на 4 элемент (0-элемент+3-элемента)
vecInt.insert(it,300);           ///И четвертым элементом записывается 300

                                 ///Вектор расширяется теперь до 6 элементов
vecInt.insert(it+1,900);         ///И 5 элементом записывается 900
```

Рекомендации по вводу и выводу

```
vector<int> v(10);
copy(v.begin(), v.end(), ostream_iterator<int>(cout," "));

vector<int> v;
copy(istream_iterator<int>(cin), istream_iterator<int>(), back_inserter(v));
```

Как устроено внутри

// Допустим нужно копировать последовательность **vector<int> v{1, 5, 3};** в поток cout
// хочется написать так copy(begin(v), end(v), cout)

// На деле создаётся обертка над cout

```
copy(begin(v), end(v), ostream_iterator<int>(cout, " "));

template<typename T>
class ostream_iterator {
   ostream & os;
   string delim;
public:
   ostream_iterator(cout ostream& oos, const string& d): os(oss), delim(d){}
   void operator++(){}
   void operator=(const T & t)     {
      os << t << delime;
   }
};
```