Абстракции C++

контейнеры и итераторы

2019

Массив

```
std::array<float,3> x{1,2,3}, y{3,4,5};
std::cout << x.empty() << '\n'; // 0
std::cout << x.size() << '\n';  // 3
std::cout << (x < y) << '\n';   // 1
for (float f : x) {
    std::cout << f << '\n';
}
float z[3] = {1,2,3};
for (float f : z) {             // ошибка
    std::cout << f << '\n';
}
```

Требования к элементам:

- `T(T&&)` или `T(const T&)`
- `T& operator=(T&&)` или `T& operator=(const T&)`

Вектор

```
std::vector<float> x{1,2,3}, y{3,4,5};
std::cout << x.empty() << '\n'; // 0
std::cout << x.size() << '\n';  // 3
std::cout << (x < y) << '\n';   // 1
for (float f : x) {
    std::cout << f << '\n';
}
```

Требования к элементам:

- `T(T&&)` или `T(const T&)`
- `T& operator=(T&&)` или `T& operator=(const T&)`

Таблица

```
std::map<std::string,int> x{
    {"hello", 3},
    {"world", 4}
};
x["!!!"] = 5;
std::cout << x.empty() << '\n'; // 0
std::cout << x.size() << '\n';  // 3
for (const auto& pair : x) {
    std::cout << pair.first << "->" << pair.second << '\n';
}
```

Требования к элементам:

- `T(T&&)` или `T(const T&)`
- `T& operator=(T&&)` или `T& operator=(const T&)`
- `bool operator<(const T&)`

Хэш-таблица

```
std::unordered_map<std::string,int> x{
    {"hello", 3},
    {"world", 4}
};
x["!!!"] = 5;
std::cout << x.empty() << '\n'; // 0
std::cout << x.size() << '\n';  // 3
for (const auto& pair : x) {
    std::cout << pair.first << "->" << pair.second << '\n';
}
```

Требования к элементам:

- `T(T&&)` или `T(const T&)`
- `T& operator=(T&&)` или `T& operator=(const T&)`
- специализация `std::hash<T>`

Шаблон std::hash

```
namespace std {
    // объявление шаблона
    template <class T> struct hash;
    // частичная специализация для примитивных типов
    template <>
    struct hash<int> {
        typedef size_t result_type;
        typedef int argument_type;
        result_type operator()(argument_type x) const {
            return static_cast<result_type>(x);
        }
    };
}
```

Очередь

```
std::queue<float> q;
q.push(0);
q.push(1);
q.push(2);
float f = q.front();
q.pop(); // извлечение первого элемента
```

Требования к элементам:

- `T(T&&)` или `T(const T&)`
- `T& operator=(T&&)` или `T& operator=(const T&)`

А что если положить контейнер в контейнер?

Контейнер в контейнере

```
std::vector<std::vector<float>> x;        // ок
std::map<std::vector<std::string>,int> y; // ок
y = {
    {{"hello", "world"}, 3},
    {{"a", "b"}, 4}
};
x[{"!!!", "???"}] = 5;
std::unordered_map<std::vector<std::string>,int> z; // ошибка
std::map<std::map<std::string,std::string>,int> u; // ок
std::unordered_map<std::tuple<std::string,std::string>,int> v;
// ок
```

Все контейнеры

Массивы:

- `std::array`
- `std::vector`

Очереди:

- `std::queue`
- `std::deque`
- `std::stack`
- `std::priority_queue`

Списки:

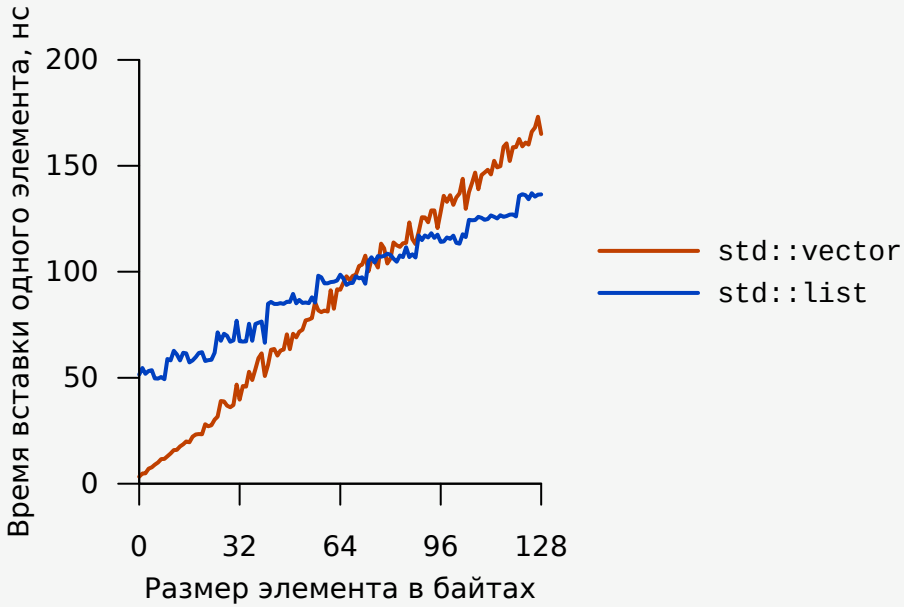
- `std::list`
- `std::forward_list`

Упорядоченные ассоциативные массивы:

- `std::map`
- `std::set`
- `std::multimap`
- `std::multiset`

Ассоциативные массивы с хэшем:

- `std::unordered_map`
- `std::unordered_set`
- `std::unordered_multimap`
- `std::unordered_multiset`


Время вставки одного элемента, нс
200
150
100
50
0
0
32
64
96
128
Размер элемента в байтах
std::vector
std::list

Указатели

```
std::vector<float> x(10);
float* first = x.data();           // указатель на первый элемент
float* last = x.data() + x.size(); // указатель на элемент,
                                   // идущий за последним
while (first != last) {
    std::cout << *first << '\n';   // "разыменование"
    ++first;                       // инкремент
}

float* first2 = &x[0];             // получить адрес
```

Итераторы

```
typedef std::vector<float>::iterator iterator;
std::vector<float> x(10);
iterator first = x.begin();       // итератор для первого элемента
iterator last = x.end();          // итератор для элемента,
                                  // идущего за последним
while (first != last) {
    std::cout << *first << '\n';  // "разыменование"
    ++first;                      // инкремент
}
```

```
std::map<std::string,int> x{ {"hello",3}, {"world",4} };
auto first = x.begin(), last = x.end();
while (first != last) {
    std::cout << first->first << "->" << first->second << '\n';
    ++first;
}
```

Типы итераторов

- Ввод (`std::input_iterator_tag`).
- Вывод (`std::output_iterator_tag`).
- Однонаправленный (`std::forward_iterator_tag`).
- Двунаправленный (`std::bidirectional_iterator_tag`).
- Произвольный доступ (`std::random_access_iterator_tag`).

Пример: итератор для массива

```
template <class T> class array_iterator {
private:
    T* ptr;
public:
    using iterator_category = std::random_access_iterator_tag;
    using value_type = T;
    using reference = T&; using const_reference = const T&;
    using pointer = T*; using const_pointer = const T*;
    reference operator*() { return *ptr; } // разыменование
    const_reference operator*() const { return *ptr; }
    pointer operator->() { return ptr; } // индирекция
    const_pointer operator->() const { return ptr; }
    array_iterator& operator++() { return ++ptr; } // инкремент
    array_iterator operator++(int) { return ptr++; }
    bool operator==(const array_iterator&) const;
    bool operator!=(const array_iterator&) const;
};
```

Пример: считывание чисел

```
std::istream_iterator<float> first(std::cin), last; // итератор
std::vector<float> x;                               // ввода
while (first != last) {
    x.push_back(*first);
    ++first;
}
```

Пример: считывание строк

```
struct Line { std::string text; };

std::istream& operator>>(std::istream& in, Line& line) {
    return std::getline(in, line.text, '\n');
}

std::istream_iterator<Line> first(std::cin), last; // итератор
std::vector<Line> lines;                           // ввода
while (first != last) {
    lines.emplace_back(*first);
    ++first;
}
```

Пример: запись строк

```
struct Line { std::string text; };

std::istream& operator<<(std::istream& out, const Line& line) {
    return out << line << '\n';
}

// итератор вывода
std::ostream_iterator<Line> result(std::cout, "\n");
std::vector<Line> lines;
// ... заполнение вектора строк ...
auto first = lines.begin();
auto last = lines.end();
while (first != last) {
    *result = *first;
    ++first; ++result;
}
```

Пример: копирование строк

```
std::istream_iterator<Line> first(std::cin), last;
std::ostream_iterator<Line> result(std::cout, "\n");
while (first != last) {
    *result = *first;
    ++first; ++result;
}
```

Пример: копирование строк

```
std::istream_iterator<Line> first(std::cin), last;
std::ostream_iterator<Line> result(std::cout, "\n");
while (first != last) {
    *result = *first;
    ++first; ++result;
}
```

Версия с алгоритмом:

```
std::copy(
    std::istream_iterator<Line>(std::cin),
    std::istream_iterator<Line>(),
    std::ostream_iterator<Line>(std::cout, "\n")
);
```

Копирование

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

Копирование с условием

```
template <class InputIterator, class OutputIterator, class Pred>
OutputIterator copy_if(InputIterator first, InputIterator last,
    OutputIterator result, Pred pred) {
    while (first != last) {
        if (pred(*first)) { *result++ = *first; }
    ++first;
    }
    return result;
}
```

Диспетчеризация

```
template <class InputIterator, class OutputIterator>
OutputIterator copy(InputIterator first, InputIterator last,
    OutputIterator result) {
    typedef typename iterator_traits<InputIterator>::value_type V1;
    typedef typename iterator_traits<OutputIterator>::value_type V2;
    bool simple = is_pointer<InputIterator>::value &&
        is_pointer<OutputIterator>::value &&
        is_same<V1,V2>::value &&
        is_trivial<V1>::value;
    if (simple) {
        std::memmove(result, first, last-first);
    } else {
        while (first != last) { *result++ = *first++; }
    }
    return result;
}
```

Сумма

```
template <class InputIterator, class T>
T accumulate(InputIterator first, InputIterator last, T init) {
    while (first != last) {
        init = init + *first;
        ++first;
    }
    return init;
}
```

Некоторые алгоритмы

```
std::copy
std::copy_if
std::sort
std::find
std::find_if
std::mismatch
std::accumulate
std::search
```

```
std::equal
std::for_each
std::copy_n
std::generate
std::generate_n
std::fill
std::transform
std::reverse
```

Всего более 100 алгоритмов.

Итератор вставки

```
std::vector<float> x;
std::copy(
    std::istream_iterator<float>(std::cin),
    std::istream_iterator<float>(),
    std::back_inserter(x));

std::list<float> y;
std::copy(
    std::istream_iterator<float>(std::cin),
    std::istream_iterator<float>(),
    std::inserter(y, y.begin()));
```

Итератор чередования

```
template <class T, class Delimiter=const char*>
class intersperse_iterator {
    std::ostream* ostr = nullptr;
    Delimiter delim = nullptr;
    bool first = true;
public:
    intersperse_iterator&
    operator=(const T& value) {
        if (ostr) {
            if (delim != 0 && !first) { *ostr << delim; }
            *ostr << value;
            if (first) { first = false; }
        }
        return *this;
    }
};
```

Представление контейнера

```
template <class Iterator> struct view {
    Iterator first, last;
    Iterator begin() { return first; }
    Iterator end() { return last; }
};

template <class Container> auto
make_view(Container& cnt) -> view<decltype(cnt.begin())> {
    return {cnt.begin(), cnt.end()};
}

template <class X> view<std::istream_iterator<X>>
make_view(std::istream& in) {
    return { std::istream_iterator<X>(in),
             std::istream_iterator<X>() };
}
```

Представление контейнера

```
for (float f : make_view<float>(std::cin)) {
    std::cout << f << '\n';
}
```

Итератор для директории

```
struct MyEntry: public dirent { /* ... */ };
struct MyDirectory {
    MyDirectory& operator>>(MyEntry& entry) { /* ... */ }
    MyIstreamIterator<MyEntry> begin() { return {*this}; }
    MyIstreamIterator<MyEntry> end() { return {}; }
};

MyDirectory home("/home/myuser");
for (const MyEntry& entry : home) {
    std::cout << entry.d_name << std::endl;
}
```