

# C++ ссылки (references)

## Декларация ссылок

ссылка в C++ это альтернативное имя для уже существующей переменной

☞ декларируется в виде:

```
Type & RefName // Type - тип переменной int, double, ...
                  // RefName - имя ссылки, ссылочной переменной
```

## Пример

```
int i = 1;           // обычная переменная i
int& ref_i = i;    // ref_i - ссылка на i
ref_i = 8;          // изменение i через ссылку
cout << i << endl; // 8
```

## Важно помнить:

- ☞ Ссылка не может существовать сама по себе, она обязательно связана с уже существующей переменной, возможно анонимной

```
int& ref_i = i;           // OK!
int& ref_j;              // error: 'ref_j' not initialized
int& ref_j = 1;           // error: can't bind a reference to constant
const int& ref_j = 1;     // reference to a constant anonymous variable
```

- ☞ Невозможно «перенаправить» ссылку на другую переменную

```
int& ref_i = i;
ref_i = j; // меняем значение переменной 'i'
```

- ☞ Адрес ссылки вернет адрес связанной с ней переменной

```
cout << &i << " AND " << &ref_i << endl;
// 0x7fff3a1d5e8 AND 0x7fff3a1d5e8
```

# Ссылки в аргументах функции

Сравните передачу переменной в функцию по ссылке и по адресу

## ссылка как аргумент функции

```
void f_ref(int& x) {  
    x = 1;  
}  
  
int main () {  
    int z = 0;  
    f_ref(z); // 'x' ссылка на 'z'  
    cout << "f_ref: z= "  
         << z << endl;  
}
```

f\_ref: z= 1

## указатель как аргумент функции

```
void f_ptr(int* x) {  
    *x = 1;  
}  
  
int main () {  
    int z = 0;  
    f_ptr(&z); // 'x' адрес 'z'  
    cout << "f_ptr: z= "  
         << z << endl;  
}
```

f\_ptr: z= 1

## Пример: function swap() in C++ style with references

```
void swap(int& a, int& b) {  
    int temp = a;  
    a = b;  
    b = temp;  
}  
  
int main() {  
    int i = 2;  
    int j = 40;  
    cout << "before: i= "<<i<<, j= "<<j<<endl; // before: i= 2, j= 40  
    swap(i,j);  
    cout << "after: i= "<<i<<, j= "<<j<<endl; // after: i= 40, j= 2  
}
```

# Функции возвращающие ссылки

```
int& fun(int& x) {  
    return x;  
}  
int z = 0;  
fun(z) = 2; // вызов функции слева!  
cout << "fun: z= " << z << endl; // fun: z= 2
```

## Зачем это нужно?

- Вызов функции теперь может стоять слева: **L-value**
- Задание цепочек вызовов подобно: `cout << i << j << endl;`
- Переопределение некоторых операторов **невозможно** без возврата ссылки

Цепочка вызовов: cout « i « j ...

- ① Запись cout « i означает вызов функции operator«(cout,i)
- ② Цепочка cout « i « j; разворачивается:  
operator«(operator«(cout,i),j)
- ③ Чтобы цепочка работала, функция operator«(cout,something)  
должна вернуть ссылку на cout

## Перегрузка оператора вывода

```
ostream& operator << (ostream& out, const Rational& r) {  
    return out << r.x << "/" << r.y;  
}
```

- 👉 Первый аргумент и возвращаемое значение имеют тип ostream&
- 👉 Второй аргумент тоже ссылка: это «экономит» копирование при передаче класса

# Символы \* и & в зависимости от контекста

① В декларациях являются частью идентификации типа

```
int & ref_i = i; // декларируют ref_i как ссылку  
int * ptr_i = 0; // декларируют ptr_i как указатель
```

② В выражениях это операторы

```
ptr_i = &i; // взятия адреса переменной i  
j = *ptr_i; // косвенный доступ к данным по адресу в ptr_i
```

# Ссылки или указатели, что лучше?

- ☞ C++ FAQ: используйте ссылки где можете, а указатели только там где должны
- ☞ Ссылки на временные или динамические объекты порождают проблемы

## пример №1: возвращаем большой объект по ссылке

```
vector<int>& BadReferenceFun() {      // very bad function
    vector<int> v {1,2,3};
    return v;
}
vector<int>& vi = BadReferenceFun(); // reference is invalid
cerr << " vi[0]= " << vi[0] << endl; // vi[0]= Segmentation fault
```

- ☞ Проблема функций, возвращающих большие объекты, решается с помощью концепции перемещений (move) в C++11

## пример №2

```
vector<int>& ProblematicReferenceFun() { // questionable function
    vector<int>* v = new vector<int> {1,2,3};
    return *v;
}

vector<int>& rv = ProblematicReferenceFun(); // ok!
cerr << " rv[0]= " << rv[0] << endl;           // rv[0]= 1
delete &rv; // ok, but no 'NULL'-reference
cerr << " rv[1]= " << rv[1] << endl;           // rv[1]= 0?

vector<int> vv = ProblematicReferenceFun(); // memory leak!
```

 Пользуйтесь тем средством работы которого лучше понимаете

# R-value references in C++11

- R-value ссылка ссылается всегда на что-то, что может стоять только справа (**R-value**), но позволяет модифицировать его значение

```
int i {1}, j {2}; // 'i' and 'j' are lvalues of type 'int'  
int&& rri = i; // ERROR: cannot bind to lvalue  
int&& rref = i+j; // 'i+j' is the R-value  
rref += 1; // OK rref=4
```

- «Обычные» ссылки теперь называют L-value references

```
int& li = i; // lvalue reference  
const int& lref = i+j; // lvalue const reference to rvalue  
lref += 1; // ERROR: read-only reference 'lref'
```

## L- и R- ссылки в функциях

```
void fun(int& x) { cout << " fun(int&) x= " << x << endl; }
void fun(int&& x) { cout << " fun(int&&) x= " << x << endl; }
int i {1}, j {2};
fun(i);           // fun(int&) x= 1
fun(i+j);        // fun(int&&) x= 3
fun(std::move(i)); // fun(int&&) x= 1 преобразование к R-reference
```

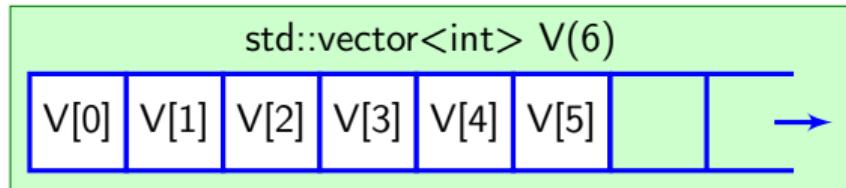
## Understand auto type deduction (auto определение типа)

```
auto x = 27;           // int (27 is int)
const auto cx = x;     // const int
auto& lrx = x;         // int &
const auto& clrx = x; // const int &

// forwarding (universal) references: template<class T> void f(T&& x)
auto&& ur1 = x;         // int & (x is lvalue)
auto&& ur2 = cx;        // const int & (cx is lvalue)
auto&& ur3 = 27;         // int && (27 is rvalue)
```

## STL `vector<>`

Вектор (`vector`) это *контейнер хранящий последовательность элементов*



### Вектор как динамический массив

- Тип элементов указывается в угловых скобках:  
`vector<int>`, `vector<double>`, ...
- Прямой доступ к произвольному элементу: `v[5] == *(&v[0]+5)`,  
подобно обычному массиву
- При увеличении размера вектора происходит автоматическое  
перераспределение памяти

# STL vector: конструкторы

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

- Пустой вектор:

```
vector<int> v;
```

- Вектор из N элементов «по умолчанию» или заданным значением
  - vector<Rational> R(50); // 50 elements, default initialization
  - vector<double> d(10,1.); // 10 elements, initialize with 1.

- Вектор копия другого вектора:

```
vector<double> c(d);
```

- В C++11 можно инициализовать списком:

```
vector<int> v {1,2,3,4,5};
```

## STL vector: доступ к элементам

V[idx]	элемент с индексом <code>idx</code> , как в обычном массиве
V.front()	первый элемент
V.back()	последний элемент
V.at(idx)	<code>== V[idx]</code> плюс проверка индекса (exception)

```
vector<int> v {1,2,3,4,5};  
cout << " v[2]= " << v[2] << endl; // v[2]= 3  
cout << " v first element: " << v.front() << endl; // v first element: 1  
cout << " v last element: " << v.back() << endl; // v last element: 5  
cerr << " v.at(5)= " << v.at(5) << endl;  
v.at(5)= terminate called after throwing an instance of  
'std::out_of_range' what(): vector::_M_range_check:  
_n (which is 5) >= this->size() (which is 5)
```

# STL vector: размер и ёмкость

- Вектор содержит информацию о числе элементов

`V.size()` количество элементов (размер) вектора

`V.empty()` возвращает `true` для пустого вектора

`V.resize(num)` делает число элементов равным `num`, удаляя или добавляя из/в конец вектора

`V.resize(num, elem)` при добавлении используется `elem`

- Можно зарезервировать область памяти для использования

`V.reserve(num)` резервирование памяти для `num` элементов

`V.capacity()` размер зарезервированной памяти

`V.shrink_to_fit()` уменьшает `capacity` до `size()`

# STL vector: вставка и удаление

<code>V.push_back(elem)</code>	добавляет элемент в конец вектора
<code>V.pop_back()</code>	удаляет последний элемент
<code>V.insert(pos, elem)</code>	вставляет элемент перед итератором <code>pos</code> и возвращает итератор на него
<code>V.insert(pos, beg, end)</code>	вставляет перед итератором <code>pos</code> элементы из диапазона <code>[beg, end)</code>
<code>V.clear()</code>	удаляет все элементы
<code>V.erase(pos)</code>	удаляет элемент на позиции итератора <code>pos</code> и возвращает позицию следующего элемента
<code>V.erase(beg, end)</code>	удаляет все элементы в диапазоне <code>[beg, end)</code> и возвращает позицию следующего элемента

## Пример: размер и ёмкость

```
// 1) create vector of 5 elements
vector<int> vec {1,2,3,4,5}; // 1 2 3 4 5 : size= 5 capacity= 5
// 2) append one element
vec.push_back(-1);           // 1 2 3 4 5 -1 : size= 6 capacity= 10
// 3) remove the last element
vec.pop_back();              // 1 2 3 4 5 : size= 5 capacity= 10
// 4) remove all elements
vec.clear();                  // : size= 0 capacity= 10
// 5) resize vector
vec.resize(4,0);              // 0 0 0 0 : size= 4 capacity= 10
// 6) shrink_to_fit
vec.shrink_to_fit();          // 0 0 0 0 : size= 4 capacity= 4
// 7) reserve memory
vec.reserve(25);              // 0 0 0 0 : size= 4 capacity= 25
```

# Передача вектора в функцию

Пример: сумма элементов `vector<int>`

```
int Sum(const vector<int> & m) { // use reference!
    int s = 0;
    for ( size_t i = 0; i < m.size(); ++i ) {
        s += m[i];
    }
    return s;
}
...
vector<int> V {5,4,3,2,1};
cout << " Sum(V)= " << Sum(V) << endl; // Sum(V)= 15
```

☞ передавайте `vector<>` в функцию «по ссылке»

☞ константная ссылка гарантирует, что функция не меняет вектор

# Использование вектора как обычного массива

- Имеется функция для работы с обычными массивами типа `int`:

```
int Sum(int m[], int n) {  
    int s = 0;  
    for(int i = 0; i < n; ++i) { s += m[i]; }  
    return s;  
}
```

Можно ли её использовать для `vector<int>`?

- ☞ Вектор всегда можно использовать вместо массива используя начало «внутреннего массива вектора»:

`VectorName.data()` (C++11) или `&VectorName[0]` (C++98)

```
vector<int> V {5,4,3,2,1};  
cout << " Sum[V]= " << Sum(V.data(),V.size()) << endl; // Sum[V]= 15  
// cout << " Sum[V]= " << Sum(&V[0],V.size()) << endl; // C++98
```

# Цикл «range-for» in C++11

## перебор всех элементов вектора

```
vector<int> v {1,2,3,4};  
int s = 0;  
for(auto x : v) { // x - это копия элемента v[i]  
    s += x;  
}  
cout << " s= " << s << endl; // s= 10
```

## перебор с изменением элементов вектора

```
s = 0;  
for(auto& x : v) { // x - это ссылка на элемент v[i]  
    s += x;  
    x = s;           // сохраняем кумулятивную сумму  
}  
// v= 1 3 6 10
```

Часто используют следующий синтаксис:

- ❶ `for(auto x : v) {...} // x - копия элемента вектора`
- ❷ `for(auto& x : v) {...} // x - ссылка на элемент`
- ❸ `for(const auto& x : v) {...} // x - константная ссылка`

Пример: «range-for» не только для вектора

```
int a[] {1,6,8,9};  
for(const auto& x : a) { // an array  
    cout << x << " ";  
}  
cout << endl; //  1 6 8 9  
for(auto x : {1.,1.3,1.21}) { // braced-init-list  
    cout << x << " ";  
}  
cout << endl; //  1 1.3 1.21
```

# Дополнительные слайды

# Массив переменной длины отсутствует в C++

## Variable Length Arrays in C99

```
void fun(int n) {  
    int vla[n]; // ошибка для многих компиляторов C++  
    ...  
}
```

В C++ вместо VLA используйте `vector<>`

```
#include <vector>  
void fun(int n) {  
    vector<int> v(n);  
    ...  
}
```