Lecture 17

Type deduction (вывод типов)

Вывод типов никогда не лезет ч/з implicit cast.

> При перегрузке в цепочке кастов может быть сколько угодно встроенных implicit cast и не более одного пользовательского implicit cast (конструктором / оператором).

- Тип `T` режет ссылки и константность (для компилятора это означает передать что-то на подобии типа T)
- `const T` --> `T` (компилятор считает такое уточнение несущественным)
- Уточнение ссылкой `T&` не режет ничего

```
template <typename T> void foo(T& x);

const int& ref = 4;
foo(ref); // foo<const int>(const int &x)
```

Начиная с C++17 конструкторы классов тоже поддерживают вывод типов.

```
template<typename T> struct container {
    container(T t);
};

container c{7}; // container<int>{7}
```

Вывод типов работает в том числе через косвенность, но она порой требует подсказок компилятору.

Deduction hints

```
template<typename T> struct container {
    template<typename Iter> container(Iter beg, Iter end);
};

// deduction hint: look into iterator_traits to determine type
template<typename Iter> container(Iter b, Iter e) ->
    container<typename iterator_traits<Iter>::value_type>;

std::vector<double> v{1., 2., 3.};
container d(v.begin(), v.end()); // container<double>
```

```cpp
template <typename T> struct NamedValue {
  T value;
  std::string name;
};

// deduction hint - без него T --> const char[6]
NamedValue(const char*, const char*) -> NameValue<std::string>;

NamedValue n{"hello", "world"}; // --> NamedValue<std::string>
```

`auto`

`auto` выводит ссылки также как и шаблоны.

`decltype`

Категории выражений

```cpp
int x, y;
x; // lvalue expression (has mem loc)
x = x + 1; // lval = prvalue
x = x; // lval = lvalToPrval
y = std::move(x); // expiring value (xvalue)
```

Правила вывода типов для `decltype`

- Для имени: `decltype(typeName) --> typeName`
- Для выражения:
  - `decltype(lvalT) = lvalT&`
  - `decltype(xvalT) = xvalT&&`
  - `decltype(prvalT) = prval`

```cpp
int a[10]; decltype(a[0]) b = a[0]; // --> int& b
```

Вывод типов для возвращаемого значения

```cpp
template <typename T>
auto makeAndProcessObj (const T& builder) -> decltype (builder.makeObject())
{
    auto val = builder.makeObject();
    return val;
}
/*
Здесь вывод типов запускается после определения аргументов (функция с
фиксированным ABI)
*/

// начиная с C++14
auto foo(int x);
/*
```

```
Но так делать плохо, ибо нужно лезть в тело (return), чтобы определить этот тип. Первый способ позволяет вывести тип, используя лишь declaration
*/
```

Использование итераторов в цикле

Эти два цикла почти эквивалентны:

```
for (auto it = v.begin(), ite = v.end(); it != ite; ++it)
    use(*it);

for (auto elt : v)
    use(elt);


// лучше всегда делать так
// operator*() = lvalue (val or lvalref) --> smth &elt
// operator*() = rvalue --> smth &&elt
// type of elem выводится из return type перегруженного итератором оператора *
for (auto &&elt : v)
    use(elt);
```

Идиома AAA

Все в программе должно быть определено через `auto`.

> Нужно избегать нефиксированного ABI
>
> ```
> auto foo(int x); // since C++14
> int foo(auto x); // since C++20
> ```

Идиома AAARR (almost all auto ref ref)

Все в программе должно быть определено через `auto&&`

Проблемы `static_cast` при выводе типов

```
int foo();

auto x = static_cast<const  int&>(foo()); // auto = int !!!
```

Свертка ссылок

> Implicit casts: `lval2rval`, `lval2val`

Deduced type	Outer type	Inner Type
T&	T&	T&
T&	T&	T&&
T&	T&&	T&
T&&	T&&	T&&
T&	**T&**	**value**
T&	**T&&**	**value**

> Напоминает таблицу AND, где & = 0, && = 1.

```
int x;
int &y = x;
auto &&d = move(y);

auto &&c = y;       // int & c = y;
auto &&d = move(y); // int &&d = move(y)
```

Универсальные ссылки (forwarding references)

```
template <typename T> void foo(T&& t);
int x;
const int y = 5;
foo(x); // foo<int&>(int& x) - <> - в фигурных скобках в исключительных ситуациях добавляется левая ссылка (по правилам decltype) - дурацкое правило, без которого не обойтись.
foo(5) // foo<int>(int&&)
foo(y) // foo<const int&>(const int&)
```

Условия для возможности свертки

1. Контекст сворачивания требует **вывода типов**, а не их подстановки.

```
template<typename T> struct Buffer {
    void emplace(T&& param); // здесь T подставляется
    // вывод типов происходит в конструкторе
};

template<typename T> struct Buffer {
    template<typename U>
    void emplace(U&& param); // здесь U выводится
}
```

2. Уточнение типа производится только сопомощью `&`, `&&`.

Милый зверь `decltype(auto)`

Разберем его применение на примере прозрачной функции

```
template<typename Fun, typename Arg> return_type
transparent(Fun fun, arg_type arg) {
    return fun(arg); // (e)
}

/*
тут  return_type может быть:
 . auto - тогда при возврате ссылки она срежется
 . auto&& - но из-за невыполнения пункта 1 это будет просто правой ссылкой (не более)
 . decltype(auto) - подходит
*/

/*
arg_type:
Arg - плохо, лишнее копирование в оболочку
Arg& - плохо, не пройдет rval arg
const Arg& - плохо, т.к. для rval arg все еще требует копирования

Arg&& - после вывода типов в случае lval arg будет Arg&, а в случае rval - Arg&&. Чтобы не было копирования в строке (e) требуется std::move в случе rval; в случае lval - не нужен. Это проблема решается условным мувом - std::forward.
*/


```

```
double x;
decltype(auto) tmp = x; // double
decltype(auto) tmp2 = (x); // double& (as lvalue)

```

```
Object::Object(Object &&rval) {
    /*... std::move(rval); */
}
```

Во избежание копирования, `rval` нужно пробрасывать ч/з `std::move`.

Perfect forward

- `std::forvard(x)` <=> `std::move(x)` в случае передачи rval
- `std::forvard(x)` <=> `x` в случае передачи lval

Итераторы

Джигитовка `for`:

```
for (auto it = cont.begin(); it != cont.end(); ++it; ++elts) { /* ... */ }
```

Range-based for

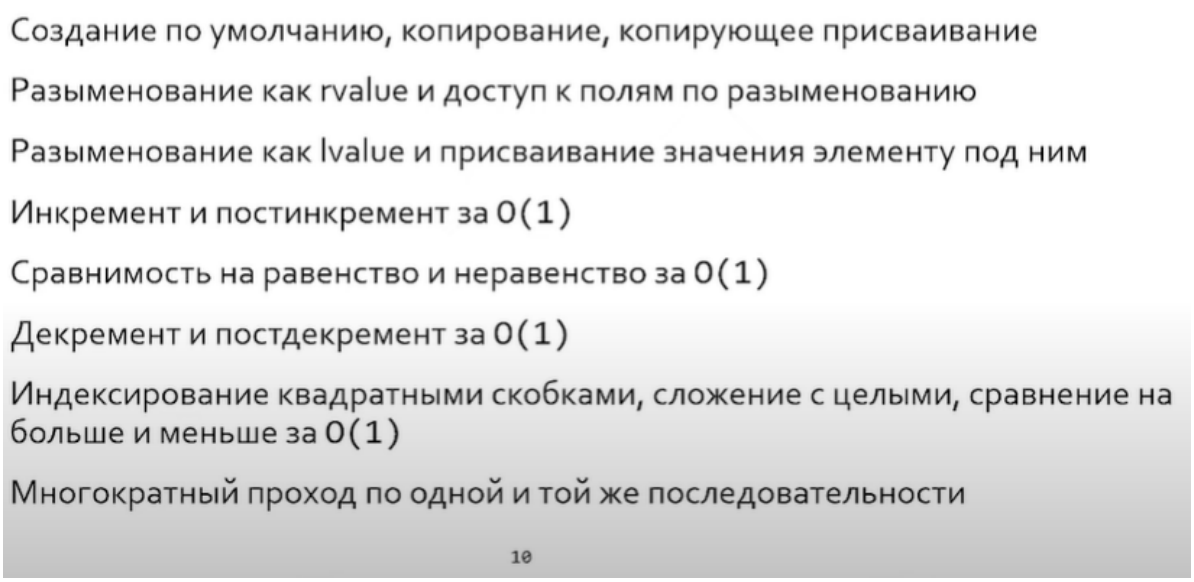
```
for (init_statement; range_declaration : range_expression)
    loop_statement;

 // <=>

auto && __range = range expression;

auto __begin = begin(__range); // обычно std::begin
auto __end = end(__range); // обычно std::end

for ( ; __begin != __end; ++__begin) {
    range_declaration = *__begin;
    loop_statement;
}
```

> Вызов `std::begin` , а не `range.begin` связан с тем, что у нас может быть перелан встроенный массив

> cppinsights.io - заменяет код на код стандартной библотеки.

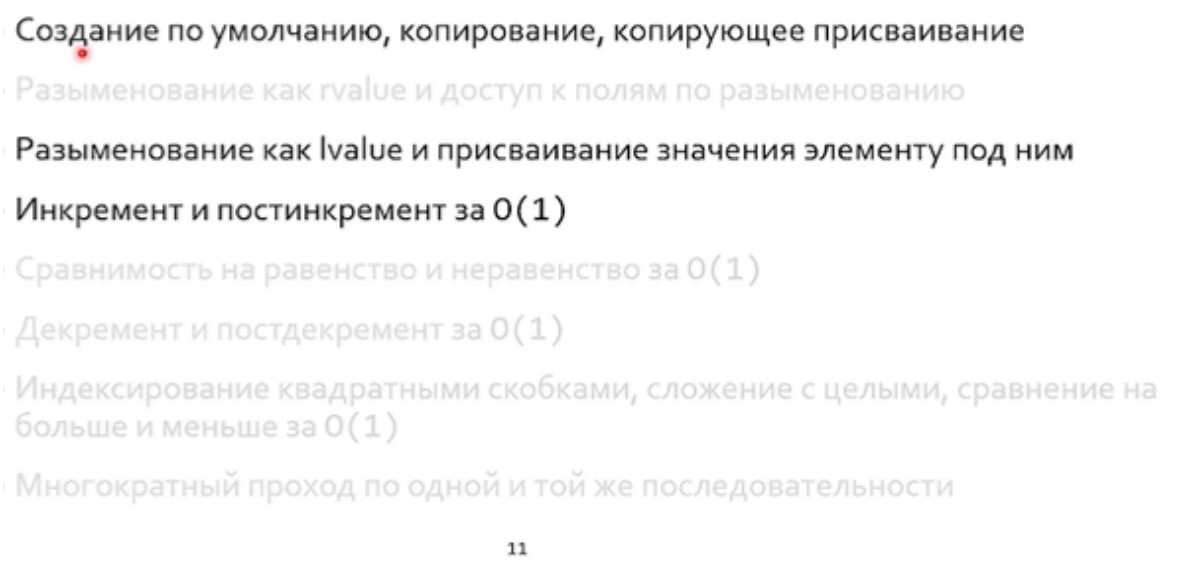
Итератор это не наследник - это обещание на функционал.

Свойства указателей



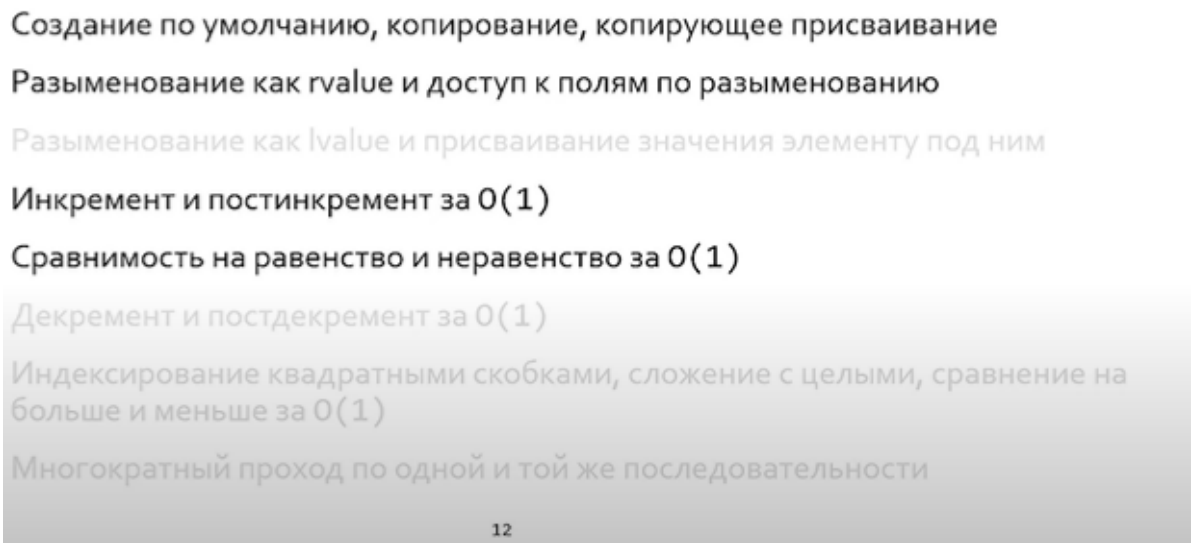
Output iterator

Например, ostream



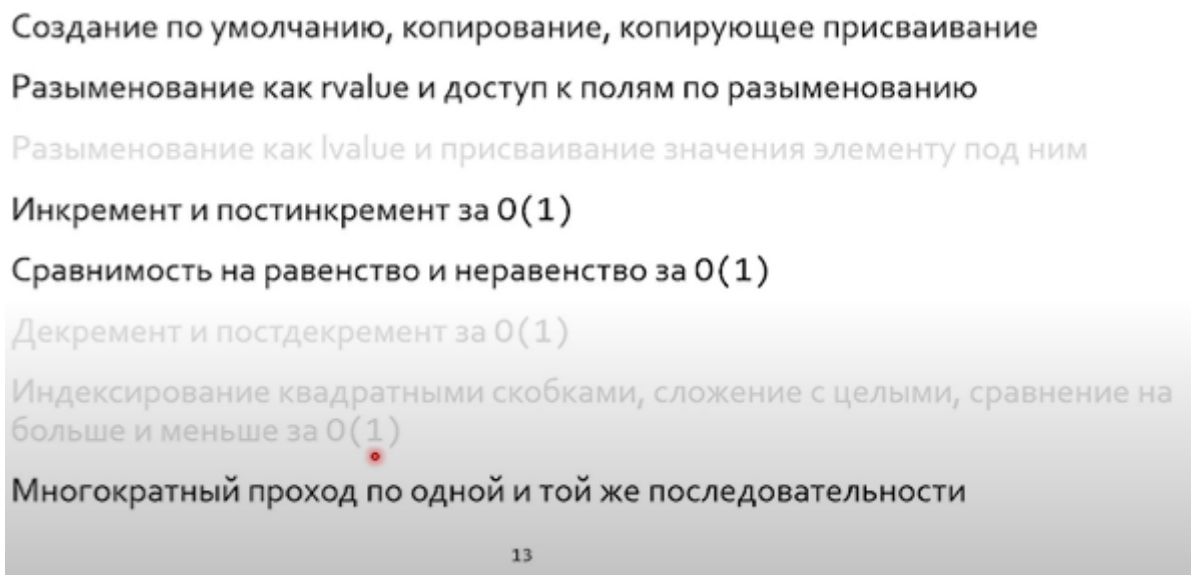
Input iterator

Например, istream



Forward iterator

Итератор по псевдослучайным числам



Bidirectional iterator

Создание по умолчанию, копирование, копирующее присваивание

Разыменование как rvalue и доступ к полям по разыменованию

Разыменование как lvalue и присваивание значения элементу под ним

Инкремент и постинкремент за $O(1)$

Сравнимость на равенство и неравенство за $O(1)$

Декремент и постдекремент за $O(1)$

Индексирование квадратными скобками, сложение с целыми, сравнение на больше и меньше за $O(1)$

Многократный проход по одной и той же последовательности

Random access iterator

Создание по умолчанию, копирование, копирующее присваивание

Разыменование как rvalue и доступ к полям по разыменованию

Разыменование как lvalue и присваивание значения элементу под ним

Инкремент и постинкремент за $O(1)$

Сравнимость на равенство и неравенство за $O(1)$

Декремент и постдекремент за $O(1)$

Индексирование квадратными скобками, сложение с целыми, сравнение на больше и меньше за $O(1)$

Многократный проход по одной и той же последовательности

15

+ Сложение с целыми **за O(1)**

Итерационные функции

```
std::distance(Iter fst, int n); // snd - fst, либо цикл
std::advance(Iter sat, int n); // fst + n, либо цикл
```

У таких функций, в отличие от интерфейса итераторов, неопределенная асимптотическая сложность.

`prev = std::exchange(cur, cur + prev)` - записать в `cur` новое значение, а старое `cur` выдать в `prev`.