

C/C++: Лекция 5

Воробьев Д.В

02.10.2020

Шаблоны

Шаблонный класс

```
template<typename T>
class Foo {
    private:
        T a;
};

int main() {
    Foo<int> foo;
    return 0;
}
```

Шаблонная функция

```
template<typename T>
T Max(T a, T b) {
    return a < b ? b : a;
}

int main() {
    std::cout << Max(1, 2);

    return 0;
}
```

Различий между class и typename нет

```
template<typename T>
void foo(T a) {
    std::cout << a;
}

int main() {
    foo(1);
    return 0;
}
```

```
template<class T>
void foo(T a) {
    std::cout << a;
}

int main() {
    foo(1);
    return 0;
}
```

Template parameters

Различают 3 типа шаблонных параметров:

- 1) Type template parameter
- 2) Non-type template parameter
- 3) Template template parameter

Type and non-type template parameters

```
// T is a type parameter  
// size is a non-type parameter  
template<class T=int, size_t size=3>  
struct array {  
    T a[size];  
};  
  
int main() {  
    array x;  
    return 0;  
}
```

Template template parameter

Во вложенном `template<typename , typename >` указывается число шаблонных параметров, требуемых для шаблонного шаблонного параметра

```
template<typename K, typename T1, template<typename, typename> typename C>
class Map {
    C<K, T1> x;
    C<T1, 12> y;
};
```

Параметр

Можно задавать параметры по умолчанию

```
template<class T=int>
struct array {
    T a[3];
};

int main() {
    array x;
    return 0;
}
```


Инстанцирование шаблона

Создание экземпляра шаблона с фиксированным типом

Инстанцирование шаблона

```
template<typename T>
T foo(T a) {
    std::cout << typeid(a).name();
    return a;
}

int main() {
    double x = 10;
    std::cout << foo(x);
    int y = 20;
    std::cout << foo(y);
    return 0;
}
```

Инстанцирование происходит единожды

C++

```
template<typename T>
void foo(T a) {}

int main() {
    // 1
    foo(1.0);
    // 2
    foo(4.0);
    return 0;
}
```

x86-64 clang 10.0.0

```
main:
    push    rbp
    ...
    call    void foo<double>(double)
    ...
    call    void foo<double>(double)
    ...
    pop     rbp
    ret

// A single instance of the foo for double
void foo<double>(double):
    push    rbp
    mov     rbp, rsp
    movsd   qword ptr [rbp - 8], xmm0
    pop     rbp
    ret
```

Полная специализация

Имплементация шаблонной entity с указанием всех типов

```
template<typename T>
void foo(T a) {
    std::cout << "templ";
}

template<>
void foo(int a) {
    std::cout << "spec";
}

int main() {
    // templ
    foo(1.0);
    // spec
    foo(4);
    return 0;
}
```

Специализация

Специализируемые функции должны иметь ровно тот же parameter list

```
template<typename T>
void foo(T a) {
    std::cout << typeid(a).name();
}

template<>
// СЕ: это не специализация foo
// т.к. другой parameter list
void foo(int a, int b) {
    std::cout << a;
}

int main() {
    return 0;
}
```

Частичная специализация

Имплементация шаблонного класса с указанием части типов

```
template<typename T, size_t size>
class array {
private:
    T a[size];
};

template<size_t size>
class array<int, size> {
private:
    int a[size];
};
```

Частичная специализация

Для функций отсутствует (смотри внимательно на <> после identifier)

Перегрузка

```
template<typename T1, typename T2>  
void foo(T1 a, T2 b) {}
```

// перегрузка

```
template<typename T1>  
void foo(T1 a, T1 b) {}
```

Частич. специализации нет

```
template<typename T1, typename T2>  
void foo(T1 a, T2 b) {}
```

// CE

```
template<typename T1>  
void foo<T1, T1>(T1 a, T1 b) {}
```

Статический полиморфизм

Полиморфизм - это общее имя, единый интерфейс и множество реализаций данного интерфейса.

Статический т.к. разрешение сценария "Какую реализацию вызвать под данным общим именем?" происходит на этапе компиляции

К нему относятся:

- шаблоны
- перегрузка функций

Статический полиморфизм: перегрузка

- Общее имя: `foo`
- Общий интерфейс: `foo`
- Реализации: 4 перегрузки
- Разрешение вызываемой версии: `compile time`

Статический полиморфизм: перегрузка

```
void foo(double a, double b) { std::cout << 1; }  
  
void foo(int a, double b) { std::cout << 2; }  
  
void foo(double a, int b) { std::cout << 3; }  
  
void foo(int a, int b) { std::cout << 4; }  
  
int main() {  
    foo(1, 1.0);  
}
```

Статический полиморфизм: шаблоны

```
struct Dog {  
    void Age() { return 10; }  
};  
  
struct Person {  
    void Age() { return 45; }  
};  
  
template<typename T>  
void foo(T obj) {  
    std::cout << obj.Age();  
}  
  
int main() {  
    foo(Dog());  
    foo(Person());  
}
```

Статический полиморфизм: шаблоны

- Общее имя: `T`
- Общий интерфейс: `Age`
- Реализации: реализация `Age` в `Dog`, `Person`
- Разрешение вызываемой версии: `compile time`

Curiously recurring template pattern

Реализуется 3 составляющими:

- наследованием от базы с шаблонным параметром равным дочернему типу
- явным приведением к дочернему типу в `static_cast`
- вызовом реализации дочернего из интерфейса

```

template <class T>
struct Base {
    void interface() {
        static_cast<T*>(this)->implementation();
    }
};

struct Derived : Base<Derived> {
    void implementation() {
        std::cout << "Derived";
    }
};

template<typename T>
void foo(Base<T>& b) {
    b.interface();
}

int main() {
    Derived d;
    foo(d);
}

```

template typedef, using

До C++11 хотели делать так: вводить шаблонный алиас с typedef, но возможности не было

```
template<typename CharT>
typedef std::basic_string<CharT, std::char_traits<CharT>> mystring;

int main() {
    mystring<char> str;
    return 0;
}
```

template typedef, using

В C++11 возможность добавили с синтаксисом using

```
template<typename CharT>
using mystring = std::basic_string<CharT, std::char_traits<CharT>>;

int main() {
    mystring<char> str;
    return 0;
}
```


typename для доступа к полю тип

Без typename

```
template<typename T>
struct Vec {
    typedef T AliasedT;
};

template<typename T>
void foo() {
    // CE: AliasedT считается полем
    Vec<T>::AliasedT x;
}
```

С typename

```
template<typename T>
struct Vec {
    typedef T AliasedT;
};

template<typename T>
void foo() {
    // Получаем доступ к AliasedT
    typename Vec<T>::AliasedT x;
}
```

Реализация некоторых type_traits

Позволяет с типа снять ссылку

```
template<class T> struct remove_reference {  
    typedef T type;  
}  
template<class T> struct remove_reference<T&> {  
    typedef T type;  
}
```

Реализация некоторых type_traits

Позволяет с типа снять const

```
template<class T> struct remove_const {  
    typedef T type;  
}  
template<class T> struct remove_const<const T> {  
    typedef T type;  
}
```

Правила вывода типов для шаблонов

Параметр (P) есть non reference type

A без const $\Rightarrow T = A$

A с const $\Rightarrow T = A$

```
template<typename T>
void foo(T arg) {}

int main() {
    int x = 3;
    // A = int, P=T => T = int
    foo(x);
}
```

```
template<typename T>
void foo(T arg) {}

int main() {
    const int x = 3;
    // A = const int, P=T => T = int
    foo(x);
}
```

Правила вывода типов для шаблонов

Параметр (P) reference type

T = тип, на который ссылается P

```
template<typename T>
void foo(T& arg) {}

int main() {
    int x = 3;
    // A = int, P = T& => T = int
    foo(x);
}
```