

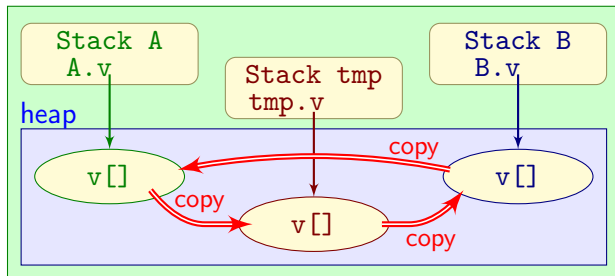
Концепция перемещений (move)

(C++11)

Мотивация или для чего это нужно?

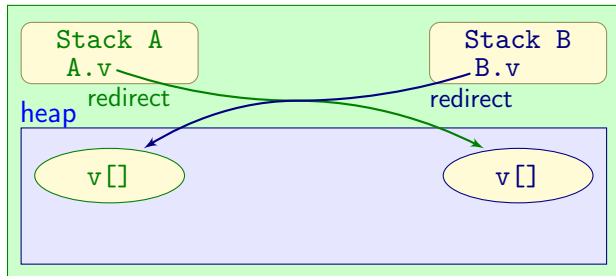
Пример ① : функция обмена для двух стеков

```
void swap_copy(Stack& a, Stack& b) {  
    Stack tmp(a); // а нужен ли tmp.v[]?  
    a = b;  
    b = tmp;  
}
```



«Идеальное» решение

👉 Нет никакого копирования и дополнительный буфер `tmp` не нужен!



👉 Возможное решение – специальная функция, `friend of Stack`, для перенаправления указателей без копирования данных

Пример ② : функция возвращает «большой объект»

```
Stack Reverse(Stack s) {  
    Stack rs;  
    while ( !s.isEmpty() ) {  
        rs.push(s.pop());  
    }  
    return rs;  
}  
  
...  
Stack rS( Reverse(S) ); // copy or move ctor...  
Stack rS2 = Reverse(S); // copy or move assignment ...
```

Дополнительные, ненужные расходы:

- 👉 Объект возвращается из функции, копируется во временный, а затем уничтожается

Перемещающие конструктор и присваивание

👉 В стандарт C++11 введены **перемещающий конструктор** и **перемещающий оператор присваивания** оптимизирующие управление объектами

Две новые обязательные «функции»:

- move constructor: `Class(const Class&&);`
 - move assignment: `Class& operator=(const Class&&);`
- 👉 Если в классе эти функции отсутствуют, компилятор создаст для них свои версии

Обратите внимание

👉 В качестве аргумента используется «R-value reference» (`&&`)

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

```
int&& rref1 = sqrt(25);      // sqrt(25) is the R-value
rref1 += 1;                  // OK!
int&& rref_i = i;           // i is L-value
```

- «Обычные» ссылки теперь называют L-value references

```
int& ref_i = i;               // L-value reference
const int& ref_c = sqrt(25); // L-value const reference on R-val
```

Пример: 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
```

Перемещающий конструктор

(C++11)

```
Stack::Stack(Stack&& a) : top(a.top),v(a.v) { // move
    a.top = 0;      // clear "old" object
    a.v = nullptr;
    std::cout << "Move ctor called " << *this << std::endl; // for debug
}
```

Перемещающее присваивание

(C++11)

```
Stack& Stack::operator=(Stack&& a) {
    if ( this == &a ) return *this; // protection against S = move(S);
    delete [] v; // exclude memory leak
    top = a.top; // move
    v = a.v;
    a.top = 0;   // clear "old" object
    a.v = nullptr;
    std::cout << "Move operator= " << *this << std::endl; // for debug
    return *this;
}
```

Копирующий обмен

```
void swap_copy(Stack& a, Stack& b){  
    Stack tmp(a);  
    a = b;  
    b = tmp;  
}
```

Перемещающий обмен

```
void swap_move(Stack& a, Stack& b){  
    Stack tmp(move(a));  
    a = move(b);  
    b = move(tmp);  
}
```

👉 `std::move()` выполняет преобразование типа к R-value, явно указывая компилятору, что объект временный: без `move()` будет копирование

```
Copy ctor called 1 2 3  
Copy operator= called 8 9  
Copy operator= called 1 2 3
```

Test:

```
Stack X {1,2,3};  
Stack Y {8,9};  
swap_copy(X,Y);  
swap_move(X,Y);
```

```
Move ctor called 8 9  
Move operator= 1 2 3  
Move operator= 8 9
```

Тестируем как это работает на примере Reverse()

```
Stack S {1,2,3};  
Stack rS( Reverse(S) );  
S = Reverse(rS);
```

компиляция по умолчанию

```
Copy ctor called 1 2 3  
Copy ctor called 3 2 1  
Move operator= 1 2 3
```

c++14 -fno-elide-constructors

```
Copy ctor called 1 2 3  
Move ctor called 3 2 1  
Move ctor called 3 2 1  
Copy ctor called 3 2 1  
Move ctor called 1 2 3  
Move operator= 1 2 3
```

- до C++14 включительно, исключение «ненужных» операций копирования и перемещения не гарантируется
- в C++11 используются оптимальные «move»-функции
- в C++17 исключение ненужных copy/move ctor часть стандарта

Конструктор как преобразователь типа

- Конструктор который может быть вызван с одним аргументом задает преобразование: $(\text{type of argument}) \rightarrow (\text{type of class})$

Пример

```
Stack::Stack(int max) : top(0) {  
    v = new float[std::max(20,max)];  
    std::cout << " capacity=" << max << std::endl; // for test  
}  
Stack S(100); // вызов конструктора, OK!
```

... ВОЗМОЖНО НЕЖЕЛАТЕЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ

```
Stack S1 = 100; // Stack S1=Stack(100): int->Stack: capacity=100  
Stack S2 = 23.5; // double->int->Stack: capacity=23  
Stack S3(13.5); // double->int->Stack: capacity=20
```

explicit конструктор

explicit

- Спецификатор `explicit` в декларации конструктора запрещает неявные (implicit) преобразования:

```
public:  
    explicit Stack(int max);
```

```
Stack Se(100);    // OK explicit  
Stack S1=100;  // ERROR: not explicit  
Stack S2=13.5; // ERROR: conversion from 'double'  
Stack S3(13.5);  // still OK, but we can 'delete' Stack(double) ctr!
```

- 📖 в C++98 `explicit` используется только в конструкторах
- 📖 в C++11 `explicit` можно использовать и для операторов преобразования типа

Оператор преобразования типа (type casting)

преобразования CLASS → type

- функция член класса вида: `operator type()`

👉 возвращаемое значение не указывается

Пример: преобразование Stack → int

public:

```
explicit      operator int() const {return top;}
```

```
Stack S11 {5,6,7};           // list initializer C++11
int a = S11;                // ERROR: implicit conversion
int b = int(S11);             // b = 3: explicit conversion
int c = static_cast<int>(S11); // c = 3: cast conversion
```

👉 `explicit operator type()` – запрет неявного преобразования (C++11)

Конструктор с инициализацией списком

(C++11)

- `auto il = {1,2,3};` создает объект с типом `initializer_list<int>`
- Похож на вектор, но в нем хранятся константы
- 👉 Надо указывать заголовочный файл `<initializer_list>`

`initializer_list` удобно использовать как аргумент конструктора:

```
#include <initializer_list>

Stack::Stack(std::initializer_list<float> il) { // ctor
    v = new float[std::max(int(il.size()),20)];
    top = 0;
    for (auto a : il) { v[top++] = a; }
}

Stack Sli {1,2,3,4,5};
cout << " Sli= " << Sli << endl; // Sli= 1 2 3 4 5
```

Приоритеты конструкторов при инициализация фигурными скобками

- ❶ Конструктор по умолчанию
- ❷ Конструктор со списком инициализации
- ❸ «Обычные конструкторы»

```
Stack S1 {};           // Stack()
Stack S2 {1,2,3};      // Stack(initializer_list)
Stack S3 {50U};        // Stack(initializer_list) !
Stack S4(50U);         // Stack(int)
Stack S5 {"test"};     // Stack(char*), если есть
```

Обратите внимание

~~Stack S1();~~ // 🚫 ERROR: это не вызов конструктора!

☞ Можно вызвать один конструктор из другого, но рекурсия запрещена

Пример:

```
struct A {  
    A(int a, double b, char* t) {...}           // common part  
    explicit A(int a):A(a,0,nullptr){}          // A(int)  
    explicit A(double b):A(0,b,nullptr){}       // A(double)  
    A(char* t,int n):A(0,0,t){...}              // others...  
};
```

- ✓ Такую же функциональность можно получить и в C++98 с помощью функции «инициализации» и вызова ее в конструкторах

Статические члены класса

- 👉 Переменные, объявленные внутри класса как `static`, являются глобальными переменными общими для всех объектов класса

```
struct Test {  
    static int counter;          // static member: counter for objects  
    Test(){counter++;}  
    Test(const Test&){counter++;}  
    ~Test(){counter--;}  
};
```

- 👉 Статические члены должны быть явно объявлены и определены в глобальной области видимости вне функций
- 👉 В момент объявления статических членов объектов класса еще нет и доступ осуществляется в виде: `class-name::identifier`

```
int Test::counter = 0; // определение и задание значения: без static
int main() {
    Test a;                // default ctor
    Test* b = new Test(); // default ctor
    cout << " Test::counter = " << Test::counter << endl; // 2
    Test& c = a;           // reference - no new object
    cout << " Test::counter = " << Test::counter << endl; // 2
    {
        Test e = c;        // copy ctor
        cout << " e.counter = " << e.counter << endl; // 3
    }                      // end of life for 'e'
    cout << " Test::counter = " << Test::counter << endl; // 2
    delete b;             // end of life for 'b'
    cout << " Test::counter = " << Test::counter << endl; // 1
}
```

👉 Если объект **object** создан, то доступ к статическим членам возможен и в обычном виде: **object.identifier**

Статические функции-члены

Функция, объявленная в классе как static:

- статическая функция может быть вызвана даже если нет объектов класса
- в такой функции отсутствует указатель `this`, поэтому в ней можно использовать только статические члены и функции класса

```
struct Test {  
    Test(){counter++;}  
    ~Test(){counter--;}  
    static int get_counter() {return counter;} // static function  
private:  
    static int counter; // теперь counter в private  
};
```

```
int Test::counter = 0; // определение и задание значения
int main() {
    cout << Test::get_counter() << endl; // 0
    Test a;
    Test* b = new Test();
    Test& c = a;
    cout << Test::get_counter() << endl; // 2
}
```

Обратите внимание:

- 👉 Определение статической переменной всегда одинаково и не зависит от секции public/private
- 👉 статическая функция не может быть `virtual`, `const`, `volatile` или переопределяться функцией членом класса
- 👉 адрес статической функции отличается от указателя на функцию класса и его можно сохранить в обычном указателе на функцию

Личные (private) конструкторы и деструктор

Зачем это может быть нужно?

- когда **все конструкторы** в **private** создание объектов запрещено всюду кроме как в статических или дружественных функциях
- поместив деструктор в **private** мы запрещаем удаление ранее созданных объектов

Пример применения – класс «одиночка» (singleton)

- ✓ **Singleton** – класс позволяющий создать ровно один объект
- ✓ обычно этот объект существует до конца выполнения программы

Пример реализации «одиночки»

```
class Single {
public:
    static Single* Instance(); // basic function for creating
                                // a single object of this class
    void set_sg(int i) {sg = i;}
    int get_sg() const {return sg;}
private:
    Single() = default; // the only constructor for internal use
    Single(const Single&) = delete;
    Single& operator= (const Single&) = delete;
    ~Single() = delete;

    static Single* p_instance; // global static pointer for
                                // a single instance of a class
    int sg;                    // another variable(s)
};
```

Статическая функция создающая ровно один объект

```
Single*  Single::p_instance = nullptr;

Single*  Single::Instance() {
    if( !p_instance ) p_instance = new Single();
    return p_instance;
}
```

Комментарии

- ✓ Первый вызов `Single::Instance()` приводит к созданию объекта и сохраняет указатель на него в `Single::p_instance`
- ✓ Следующие вызовы `Single::Instance()` приводят к возврату этого указателя на уже существующий объект

Пример использования:

```
void testfun() {
    Single* t = Single::Instance();
    cout<<"testfun: "<<t->get_sg()<<endl; // доступ к сохраненным данным
}

int main() {
    // Single* a = new Single; // ERROR: Single::Single() is private
    Single* a = Single::Instance(); // единственный способ получить объект
    // delete a; // ERROR: use of deleted Single::~~Single()
    a->set_sg(15); // сохраняем данные
    cout << a->get_sg() << endl; // 15
    testfun(); // testfun: 15
}
```

- ☞ Все конструкторы и оператор присваивания в **private**: нельзя ни создать еще один новый объект ни удалить имеющийся
- ☞ Созданный объект «живет» до конца существования программы