

Функции-члены классов

Это функции **объявленные** внутри класса, методы класса

☞ функции **определенные** внутри класса объявляются встроенными (**inline**) функциями

```
class Stack {  
    ...  
    void push(float val);           // только объявление  
    float pop() {return v[--top];} // объяв.+определение => inline func.  
};  
// определение push() из класса Stack  
void Stack::push(float val) { // Stack:: обязательно!  
    v[top++]=val;  
}
```

👉 Функции-члены вызываются только для объектов такого же класса

```
Stack S, T;  
Stack* pS = new Stack;  
S.push(10.);           // вызов функции для объекта S  
T.push(10.);           // вызов функции для объекта T  
pS->push(10.);         // вызов функции для указателя pS  
push(10.);           // ERROR: нет объекта для вызова  
push(S,10.);        // ERROR: компилятор вас не понимает
```

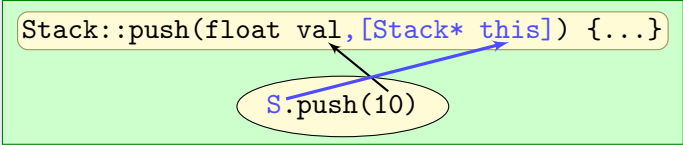
Как это работает?

Указатель «на себя» `this`

в функцию «передается» адрес вызываемого объекта: указатель `this`

```
Stack::push(float val, [Stack* this]) {...}
```

`S.push(10)`



явное и неявное использование `this`:

```
void push(float val) { this->v[this->top++] = val; } // explicit
void push(float val) { v[top++] = val; }           // implicit
```

🔔 `this` используется неявно в большинстве случаев

`this` – это не переменная, это служебное слово!

🔔 запрещено изменять: `(this = ...; // ERROR)`

🔔 невозможно получить адрес: `(&this; // ERROR)`

Константные функции-члены

```
int Size() const { return top;}
```

`const` после списка аргументов означает

☞ про такие функции говорят, что они имеют `cv-квалификатор`:

`const/volatile qualifier`

- функция не меняет объект: в них `this` – константный указатель
- для константных объектов можно вызывать только такие функции
- квалификатор `const` входит в сигнатуру функции:

☞ могут существовать две функции отличающиеся только наличием-отсутствием `const`

Ссылочные квалификаторы в C++11

lvalue ref-qualifier

☞ для lvalue объектов

```
Stack Stack::Rev() const & {  
    cout<<"Stack::Rev() conts &\n";  
    Stack rs(*this);  
    for (int i=0; i < top; ++i) {  
        rs.v[i] = this->v[top-1-i];  
    }  
    return rs;  
}
```

rvalue ref-qualifier

☞ для rvalue объектов

```
Stack Stack::Rev() && {  
    cout << "Stack::Rev() &&\n";  
    for (int i=0; i < top/2; ++i) {  
        std::swap(v[i], v[top-1-i]);  
    }  
    return std::move(*this);  
}
```

```
Stack S {1,2,3};  
Stack rs1 = S.Rev(); // 'copy reverse' Stack::Rev() conts &  
cout << "rs1= " << rs1 << endl; // rs1= 3 2 1  
Stack rs2 = Stack({6,7,8}).Rev(); // 'move reverse' Stack::Rev() &&  
cout << "rs2= " << rs2 << endl; // rs2= 8 7 6
```

Друзья классов `friend`

- Что бы внешние по отношению к классу функции или классы могли иметь полный доступ к её приватным членам их надо объявить `friend`
- Декларацию `friend` помещают внутрь класса в любое место

`operator<<()` вывода на печать часто объявляется другом класса:

- 1 `operator<<()` обычно использует приватные переменные
- 2 `operator<<()` невозможно объявить методом класса

```
friend ostream& operator << (ostream& out, ...);
```

Перегрузка операторов

Для переопределения операторов используется конструкция:

```
ret_type operator⊙ ( list_of_arguments )
```

- ⊙ – «имя» оператора (+, *, « ... »)
 - `ret_type` – возвращаемый тип; `list_of_arguments` – список аргументов, как в обычной функции
- 👉 Переопределить можно почти любой **существующий** оператор C++

Запрещено перегружать

::	разрешение области видимости
.	выбор члена
.*	выбор члена через указатель на член
? :	троичный оператор
sizeof()	оператор sizeof

Класс рациональных чисел для дальнейших примеров

```
class Rational { // number of the form x/y
private:
    int x;
    int y;
public:
    Rational(int a=0, int b=1) { // ctr
        if ( b>0 ) {
            x=a; y=b;
        } else {
            x=-a; y=-b;
        }
    }
};
```


Перегрузка операторов ввода-вывода

добавляем в класс

```
friend istream& operator >> (istream& in, Rational& r);  
friend ostream& operator << (ostream& out, const Rational& r);
```

определение функций ввода и вывода: вне класса

```
istream& operator >> (istream& in, Rational& r) {  
    int x,y;  
    in >> x >> y;  
    r = Rational(x,y); // ctor + assignment (copy or move)  
    return in;  
}  
  
ostream& operator << (ostream& out, const Rational& r) {  
    return out << r.x << "/" << r.y;  
}
```

тестовая программа

```
Rational a;  
Rational b(3);  
Rational c(3,-4);  
cout<<" a= "<<a<<" b= "<<b<<" c= "<<c<<endl; // a= 0 b= 3 c= -3/4  
Rational d;  
cout << " type d(x/y) as two integer numbers x and y:";  
cin >> d; // вводим с клавиатуры: 1 -4  
cout << " d= " << d << endl; // d= -1/4
```

- 👉 В операторе `<<` важно использовать `const reference`;
если убрать `const` то будут проблемы печати временных объектов:

```
cout << "a+b= " << a+b << endl; // invalid initialization  
// of non-const reference
```
- 👉 В операторе `>>` нет внутренних переменных класса, однако оставляем `friend` в объявлении функции для улучшения читаемости

Унарные операторы

Примеры унарных операторов

```
++a; -a; !a; &a;
```

Возможные функции для унарного оператора \odot

	метод класса	внешняя функция
$\odot A ==$	$A.operator\odot ()$	$operator\odot (A)$

Что «лучше» определяется предпочтениями программиста

- ☞ Метод класса подчеркивает связь с классом, поэтому «предпочтительней»

Префиксный и постфиксный операторы ++

Как различить функции для A++ и ++A?

✓ Постфиксный оператор имеет «фиктивный» аргумент типа `int`:

	<code>++A</code>	<code>A++</code>
метод класса:	<code>A.operator++ ()</code>	<code>A.operator++ (int)</code>
внешняя функция:	<code>operator++ (A)</code>	<code>operator++ (A,int)</code>

Пример для методов класса ++A и A++

```
Rational& operator++ () { // ++A
    x+=y;
    return *this;
}
```

```
Rational operator++ (int) { // A++
    Rational tmp(*this);
    x+=y;
    return tmp;
}
```

тест

```
d = Rational(-1,4);  
Rational q1 = d++;  
Rational q2 = ++d;  
cout << " d= " << d           // d= 7/4  
      << " q1= " << q1         // q1= -1/4  
      << " q2= " << q2 << endl; // q2= 7/4
```

Унарный минус


добавляем в public раздел класса

```
Rational operator- () const {  
    return Rational(-x,y);  
}
```

тест

```
const Rational cd(-1,4);  
Rational d1 = -cd;  
cout << " cd= " << cd << " d1= " << d1 << endl; // cd= -1/4 d1= 1/4
```

Обратите внимание

 `operator-` константная функция: не меняет число, для которого вызывается

Перегрузка операторов: бинарные операторы

Примеры бинарных операторов

```
a+b; a-b; a = b; a += b; a < b; cout << a;
```

Возможные функции для бинарного оператора:

	метод класса	внешняя функция
$A \odot B ==$	$A.operator\odot (B)$	$operator\odot (A,B)$

Что лучше определяется предпочтениями программиста

- ☞ Для $(+ - * \dots)$ внешняя функция выглядит более логично из-за симметрии операндов A и B
- ☞ Для $(+= *= \dots)$ «предпочтительнее» функция-член класса

Rational += Rational

добавляем в public раздел класса

```
Rational& operator += (const Rational& r); // member of class
```

```
Rational& Rational::operator += (const Rational& r) { // q += r
    x = x*r.y + y*r.x;
    y = y*r.y;
    return *this; // for expressions like c = (a += b);
}

...
cout << "c=" << c << " d=" << d << endl;    // c=3/4 d=-1/4
cout << (c+=d) << " : " << (c+=c) << endl; // 8/16 : 256/256
```

👉 должно быть возвращаемое значение (*this)

👉 необходимо выполнить проверку c+=c: аргумент r совпадает с this

Rational + Rational

добавляем в класс

```
friend Rational operator+(const Rational& r1, const Rational& r2);
```

определяем функцию через operator += ()

```
Rational operator + (const Rational& r1, const Rational& r2) { // r1+r2
    Rational tmp = r1;
    return tmp += r2;
}
...
Rational e = c+d;
cout<<" c="<<c<<" d="<<d<<" e="<<e<<endl; // c=8/16 d=-1/4 e=16/64
```

👉 В данном случае `friend` не нужен, оставлен «для читаемости» кода

Операции $\text{int} + \text{Rational}$ и $\text{Rational} + \text{int}$

добавляем в `public` раздел класса

```
Rational& operator += (int i);  
friend Rational operator + (int i, const Rational& r);  
friend Rational operator + (const Rational& r, int i);
```

```
Rational& Rational::operator += (int i) { // r += i  
    x += i*y;  
    return *this;  
}  
  
Rational operator + (int i, const Rational& r) { // i + r  
    Rational tmp = r;  
    return tmp += i;  
}  
  
Rational operator + (const Rational& r, int i) { // r + i  
    Rational tmp = r;  
    return tmp += i;  
}
```

ТЕСТ

```
e = (c+=1);  
cout << " e= " << e << endl;           // e= 24/16  
Rational f1 = e+5;  
Rational f2 = 5+e;  
cout << " f1= " << f1 << " f2= " << f2 << endl; // f1= 104/16 f2= 104/16
```

Зачем отдельно писать эти функции?

- 👉 для оптимизации: в три раза меньше операций умножения
- 👉 для разрешения неоднозначности неявного преобразования типов:
// если нет функций для `int+Rational`, `Rational+int`
`Rational f1 = r+5;` // `r+Rational(int)` OK!
`Rational f2 = 5+r;` // не компилируется если `operator+()` метод кл.
// а также возможно `5+double(r)` и затем `Rational(double)`?
- ✓ неявное преобразование к(от) `double` лучше запретить:
`explicit operator double() const`
`explicit Rational(double)`

Другие операторы

- Оператор вызова функции: `operator () (...)`
- Индексация: `operator [] (int index)`
- Операторы `new` и `delete`
- Оператор доступа к члену класса: `operator -> ()`
- Оператор «звёздочка» `operator * ()`

Оператор функционального вызова ()

- Функция `operator () (...)` должна быть членом класса
- Количество и тип аргументов, а также тип возвращаемого значения могут быть любыми

```
Rational& operator () (int a, unsigned int b) {  
    x=a; y=b;  
    return *this;  
}  
...  
Rational t(1);  
Rational f = d + t(-6,4);  
cout<<" d= "<<d<<" t ="<<t<<" f= "<<f<< endl; // d= 7/4 t= -6/4 f= 4/16
```

Оператор «взятия индекса» []

- `operator [] (...)` должен быть членом класса
- Количество и тип аргументов, а также тип возвращаемого значения могут быть любыми
- ☞ ожидается целочисленный аргумент и то что функция вернет ссылку:
`element-type& operator[](integral type)`

Пример только в демонстрационных целях

```
enum TypeR {NOM,DENOM};  
int& Rational::operator [] (TypeR idx) {  
    switch(idx) {  
        case NOM:    return x;  
        case DENOM:  return (int&)y;  
    }  
}
```

TEST

```
a = Rational(1,5);
cout << " a= " << a // a= 1/5
    << " NOM= " << a[Rational::NOM] // NOM= 1
    << " DENOM= " << a[Rational::DENOM] << endl; // DENOM= 5
a[Rational::NOM]++;
a[Rational::DENOM]--;
cout << " NOM++; DENOM-- = " << a << endl; // NOM++; DENOM-- = 2/4
a[Rational::DENOM]=0;
cout << " a= " << a << endl; // a= 2/0
```

Краткое резюме по перегрузке операторов

- ❶ Нельзя ввести новые операторы, можно менять только имеющиеся
- ❷ Операторы перегружаются только для пользовательских классов, за исключением операторов `new` и `delete`
- ❸ Контроль за адекватным поведением и согласованностью операторов лежит полностью на совести программиста
- ❹ Аккуратная разработка класса требует многочисленных тестирующих примеров

Дополнительные слайды

Порядок вычисления в C++17

Проблемный пример

```
std::string str = "I heard it even works if you don't believe";
str.replace(0,8,"")
    .replace(str.find("even"),4,"sometimes")
    .replace(str.find("you don't"),9,"I");
std::cout << str << '\n';
// gcc-4.8.5 -std=c++11: it even worsometimesf youIlieve
// -std=c++17: it sometimes works if I believe
```

👉 Порядок вычисления аргументов функции в C++ не определен

```
int a() {return std::puts("a");}
int b() {return std::puts("b");}
int c() {return std::puts("c");}
void z(int,int,int){};
```

```
int main() {
    z(a(),b(),c());
    // all combinations are allowed
} // gcc: cba  clang: abc
```

Более строгие правила вычисления в C++17

- В этих выражениях гарантируется, что $E1$ вычисляется до $E2$

$E1(E2)$

$E2=E1$

$E1[E2]$

$E2+=E1$

$E1.E2$

$E2-=E1$

$E1->E2$

$E2*=E1$

$E1<<E2$

$E2/=E1$

$E1>>E2$

- Если в выражении $\text{fun}(a(x), b(y), c(z))$ вычисляется y то $b(y)$ вычисляется полностью до $x, a(x), z, c(z)$

```
int i = 0;
std::cout << ++i << ' ' << --i << '\n'; // 1 0 garanted in C++17
i = i++ + 2;                               // well-defined in C++17
i = i++ + i;                               // still undefined
```