

# ООП

## ООП в C++.

### Наследование. Полиморфизм

Черновик

Кафедра ИВТ и ПМ

2020

# План

## Прошлые темы

### Наследование (Inheritance)

- Простое наследование

- Перегрузка и перекрытие методов

- Множественное наследование

### Динамический полиморфизм

- Таблица виртуальных методов

- RTTI (Run Time Type Identification)

### Другие виды полиморфизма

- Шаблоны

### Ссылки и литература

# Outline

## Прошлые темы

### Наследование (Inheritance)

- Простое наследование

- Перегрузка и перекрытие методов

- Множественное наследование

### Динамический полиморфизм

- Таблица виртуальных методов

- RTTI (Run Time Type Identification)

### Другие виды полиморфизма

- Шаблоны

### Ссылки и литература

# Прошлые темы

- ▶ Опишите парадигму ООП
- ▶ Чем она отличается от парадигмы процедурного и модульного программирования?
- ▶ Из каких элементов строится программа написанная согласно парадигме объектно-ориентированного программирования?
- ▶ Что такое класс?
- ▶ Что такое объект?
- ▶ Чем отличается класс от объекта?
- ▶ Что такое поле класса?
- ▶ Что такое метод класса?
- ▶ Что такое абстрагирование? Инкапсуляция?

## Прошлые темы

- ▶ Для чего нужен `this`?
- ▶ Какие модификаторы доступа могут применяться к атрибутам класса?

# Outline

Прошлые темы

## Наследование (Inheritance)

Простое наследование

Перегрузка и перекрытие методов

Множественное наследование

Динамический полиморфизм

Таблица виртуальных методов

RTTI (Run Time Type Identification)

Другие виды полиморфизма

Шаблоны

Ссылки и литература

# Outline

Прошлые темы

Наследование (Inheritance)

Простое наследование

Перегрузка и перекрытие методов

Множественное наследование

Динамический полиморфизм

Таблица виртуальных методов

RTTI (Run Time Type Identification)

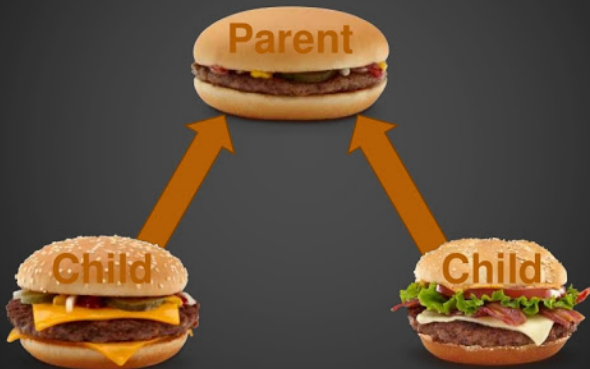
Другие виды полиморфизма

Шаблоны

Ссылки и литература

4 Major Principles for OOP

## Inheritance





# Наследование (Inheritance)

**Наследование** – построение новых классов на основе уже существующих.

**Базовый класс (предок)** – класс на основе которого строится определение нового класса - **производного класса (потомка)**.

# Наследование? Зачем?

Опишем класс для вектора  $V = (v_x, v_y)$  на плоскости

```
// класс - вектор на плоскости
class Vector2D{
    float _x, _y;
public:
    Vector2D();
    void setX(float x) {_x = x;}
    void setY(float y) {_y = y;};
    float x() const {return _x;}
    float y() const {return _y;}
    float abs() const {return sqrt(_x*_x + _y*_y);}
};
```

Что если потребуется создать класс для представления вектора  $V = (v_x, v_y, v_z)$ ? Придётся писать часть кода заново?

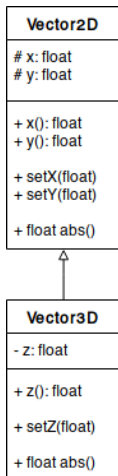
# Наследование? Зачем?

Если потребуется создать класс для представления вектора  $V = (v_x, v_y, v_z)$  то новый класс можно построить на основе старого, в котором уже будут методы и поля старого класса.

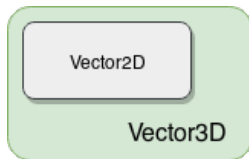
Наследование позволяет построить новый класс на основе имеющегося, *добавив* в него новые поля и методы.

# Наследование

## UML диаграмма классов



Любой экземпляр класса **Vector3D** теперь включает в себя всё, что есть в классе **Point2D**



В диаграмме выше для класса **Vector3D** приведены только его собственные поля, без полей унаследованных от **Vector2D**

# Наследование

```
class Vector2D{ // вектор на плоскости
protected:
    float _x, _y; // компоненты вектора
public:
    Vector2D() {}
    void setX(float x) {_x = x;}
    void setY(float y) {_y = y;}
    float x() const {return _x;}
    float y() const {return _y;}
    float abs() const {return sqrt(_x*_x + _y*_y);}
};

class Vector3D : public Vector2D{ // построим новый класс на основе Vector2D
    float _z; // поля _x и _y унаследованы
public: // x(), setX() и др. методы тоже унаследованы
    Vector3D() {}
    void setZ(float z) {_z = z;}
    float z() const {return _z;}
    // метод вычисления длины вектора здесь должен быть свой
    float abs() {return sqrt(_x*_x + _y*_y + _z*_z);}
};

Vector3D v1;
v1.setX(3);
v1.setZ(4);
v1.abs(); // 5
```

# Преобразование типов при наследовании

```
Vector2D v1(10, 20);  
Vector2D *v11;
```

```
Vector3D v2(100, 200, 300);  
Vector3D *v22;
```

*// так можно. но все, что не входит в Vector2D будет отброшено*

```
v1 = v2;
```

```
v11 = &v2; // и так можно.
```

```
v11->setX(42); // v2 = (42, 200, 300). но z так не поменять
```

*// а так нельзя: откуда взять z?*

```
v2 = v1;
```

*// это тоже нельзя*

```
v22 = v11;
```

## Наследование. Пример 2

```
class B{
    int x_;
protected:
    int y;
public:
    B() { cout << "Base constructor";
        x_ = 42; y = 9000;}
    void setX(int x_) {x = x_;}
    int x() const {return x_;}
    int getY() {return y;}
    void foo() const {cout << "Base";}
};
```

```
class D : public B{
    // поле x_ унаследовано,
    // но к нему нет прямого доступа
    // к полю y есть прямой доступ
    // только внутри этого класса
public:
    // в списке инициализации возможен
    // вызов конструктора базового класса
    D() : B() { setX(1729); }
    void bar() const
        {cout << "Delivered";}
};
```

```
B base;
D del;
base.foo();    // Base
// вызов унаследованного метода
del.foo();     // Base
del.bar();     // Delivered
del.x();       // 1729
del.getY();    // 9000
```

# Наследование и конструкторы, деструкторы ...

Эти методы хоть и наследуются, но не избавляют от написания аналогичных в производном классе:

- ▶ Конструкторы
- ▶ Деструктор
- ▶ Операторы присваивания

Например в конструкторе производного класса можно вызывать конструктор базового класса, но нельзя вызывать второй *вместо* первого.



# Наследование и конструкторы, деструкторы ...

- ▶ Конструктор по умолчанию базового класса вызывается автоматически перед вызовом конструктора производного класса.
- ▶ Если базовых классов несколько (многоуровневое наследование) то сначала вызывается конструктор самого базового класса.
- ▶ Деструкторы вызываются в обратном порядке: от производного класса к базовым

# Наследование и конструкторы, деструкторы ...

```
class Vector2D{
    public:
        Vector2D(float x, float y) {_x = x; _y = y;}
        // ...
};

class Vector3D : public Vector2D{
    public:
        // Вызов конструктора базового класса в конструкторе производного
        Vector3D(float x, float y, float z) : Vector2D(x,y) {_z = z;}
        // ...
}
```

# Наследование и операторы

```
class Vector2D{  
    public:  
    // ...  
    Vector2D operator + (const Vector2D& v);  
};
```

```
class Vector3D : public Vector2D{  
    // ...  
};
```

```
Vector3D v1, v2;  
Vector3D v3 = v1 + v2;
```

Компилируется?

# Наследование и операторы

```
class Vector2D{  
    public:  
    // ...  
    Vector2D operator + (const Vector2D& v);  
};
```

```
class Vector3D : public Vector2D{  
    // ...  
};
```

```
Vector3D v1, v2;  
Vector3D v3 = v1 + v2;
```

Компилируется?

Ошибка: не определено оператора сложения для класса Vector3D.

Операторы наследуются. Однако в примере выше нужен оператор для класса Vector3D, однако унаследованный оператор принимает Vector2D

Ошибка станет очевиднее, если записать вызов оператора как Vector3D  
v3 = v1.operator + (v2);

# Наследование и модификаторы наследования

When the component is declared as:	When the class is inherited as:	The resulting access inside the subclass is:
public	public	Public
protected		protected
private		none
public	protected	protected
protected		protected
private		none
public	private	private
protected		private
private		none

# Outline

Прошлые темы

Наследование (Inheritance)

Простое наследование

Перегрузка и перекрытие методов

Множественное наследование

Динамический полиморфизм

Таблица виртуальных методов

RTTI (Run Time Type Identification)

Другие виды полиморфизма

Шаблоны

Ссылки и литература

## перегрузка методов (overloading)

**Перегрузка методов (overloading)** – это объявление в классе методов с одинаковыми именами при этом с различными параметрами.

```
class B {  
    public:  
    void bar() {cout << "bar";}  
    void bar(string s) {cout << "bar s: " << s;}  
    void bar(float x) {cout << "bar " << x;}  
};
```

Метод bar перегружен и имеет три версии. Какая версия будет вызвана зависит от типа и количества параметров:

```
B b;
```

```
b.bar();           // bar;  
b.bar(42);         // bar 42  
b.bar(42 + 2);     // bar 44  
b.bar("42");       // bar s: 42  
b.bar("qwerty");   // bar s: qwerty
```

# перегрузка имён (overloading)

## Пример 2

```
class B {  
    public:  
    void bar() {cout << "bar";}  
    void bar(string s) {cout << "bar s: " << s;}  
    void bar(float x) {cout << "bar " << x;}  
};  
  
class D: public B{  
    public:  
    void bar(int x, int y) {cout << "bar " << x << y;}  
  
    D d;  
  
    d.bar();           // bar;  
    d.bar(42);         // bar 42  
    d.bar(40, 2);      // bar 40 2  
    d.bar("qwerty");   // bar s: qwerty
```



## перегрузка методов (overloading)

**Переопределение метода (overriding)** - объявление в производном классе метода, который заменяет собой одноименный метод базового. При этом новый метод должен иметь те же параметры что и метод базового класса.

```
class B {  
    public:  
        void foo() {cout << "base";}  
};  
  
class D: public B{  
    public:  
        void foo(){cout << "delivered";}  
};
```

```
B base;  
D delivered;  
base.foo();           // base  
delivered.foo();      // delivered  
// Если нужно вызывать метод базового класса в производном:  
delivered.B::foo();   // base
```

# Outline

Прошлые темы

## Наследование (Inheritance)

Простое наследование

Перегрузка и перекрытие методов

Множественное наследование

Динамический полиморфизм

Таблица виртуальных методов

RTTI (Run Time Type Identification)

Другие виды полиморфизма

Шаблоны

Ссылки и литература

# Множественное наследование

Множественное наследование - наследование от нескольких классов одновременно.

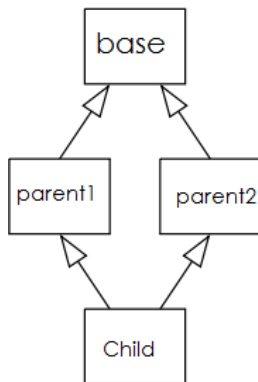
```
class Z: public X, public Y { . . . };
```

При множественном наследовании возникает проблема неоднозначности из-за совпадающих имен в базовых классах.

Поэтому лучше наследоваться от интерфейсов и классов-контейнеров.

# Deadly Diamond of Death

Проблема ромба [ [wiki](#) ]



если метод класса Child вызывает метод, определенный в классе A, а классы B и C по-своему переопределили этот метод, то от какого класса его наследовать: B или C ?

# Outline

Прошлые темы

Наследование (Inheritance)

- Простое наследование

- Перегрузка и перекрытие методов

- Множественное наследование

Динамический полиморфизм

- Таблица виртуальных методов

- RTTI (Run Time Type Identification)

Другие виды полиморфизма

- Шаблоны

Ссылки и литература

# Одинаковые операции с разными типами

Требуется вычислить общую площадь для набора геометрических фигур, определённых классами

```
class Square{  
    float a;  
public:  
    // ...  
    float area() {return a*a;}  
};
```

```
class Circle{  
    float r;  
public:  
    // ...  
    float area() {return M_PI * r*r;}  
};
```

## Одинаковые операции с разными типами

потребуется два отдельных массива для хранения экземпляров этих классов...

```
vector<Square> squares;  
vector<Circle> circles;
```

... и потребуется два отдельных цикла для совершения одинаковых действий, с этими типами данных

```
// ...  
float S = 0;  
  
for (Circle &c: circles)  
    S += c.area();  
  
for (Square &s: squares)  
    S += s.area();
```

## Проблемы:

- ▶ экземпляры схожих классов требуется хранить отдельно
- ▶ для совершения схожих действий с экземплярами разных классов приходится писать код для работы с каждым из классов отдельно



## Решение. п.1: связать классы общим предком

- ▶ C++ позволяет записать указатель на производный класс в указатель на базовый класс
- ▶ Это возможно потому, что указатели имеют одинаковый размер вне зависимости от объекта на который они ссылаются
- ▶ Объявим новый класс, который будет базовым для Circle и Square

```
class Shape{  
    public:  
        float area() {return 0;}  
};
```

```
class Square: public Shape{  
    // ...  
    float area() {return a*a;}  
};
```

```
class Circle: public Shape{  
    // ...  
    float area() {return M_PI * r*r;}  
};
```

# Определение типа

- ▶ Тогда можно будет хранить **указатели** на производные классы так:

```
vector< Shape* > shapes;  
Square *s = new Square(10);  
Circle *c = new Circle(5);  
shapes.push_back(s);  
shapes.push_back(c);
```

- ▶ Но, если вызывать метод производного класса из указателя на базовый, то будет вызван одноименный метод *базового* класса

```
Shape *shape;  
Square *s = new Square(10);  
Circle *c = new Circle(5);  
if ( random()%2 == 0 ) shape = s;  
else shape = c;  
cout << shape->area(); // 0
```

## Раннее связывание

- ▶

```
Shape *shape;  
Square *s = new Square(10);  
Circle *c = new Circle(5);  
if ( random()%2 == 0 ) shape = s;  
else shape = c;  
cout << shape->area(); // 0
```
- ▶ Это происходит из-за того, что тип данных для которого будет вызван метод определяется ещё на этапе компиляции. Он всегда соответствует типу данных используемого указателя в данном случае для хранения ссылки используется указатель на Shape
- ▶ Такой подход называется **ранним связыванием**, когда тип данных переменной определяется (связывается) на этапе компиляции
- ▶ Раннее связывание – это **статическая типизация**. Переменная не меняет тип данных.

## Решение п.2: позднее связывание

- ▶ Если бы тип данных указателя определялся не по его объявлению, а по фактически записанным в него данным...
- ▶ Определение типа данных во время работы программы называется **поздним связыванием**
- ▶ Позднее связывание лежит в основе **динамической типизации**<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Python использует именно динамическую типизацию

# Виртуальные методы

- ▶ Чтобы задействовать механизм позднего связывания для данных классов, рассматриваемый метод должен быть объявлен как **виртуальный** в базовом классе

```
class Shape{  
    public:  
        // ...  
        float virtual area() {return 0;}  
};
```

- ▶ В производных классах этот метод переопределён

```
class Square: public Shape{  
    // ...  
    float area() {return a*a;}    };  
  
class Circle: public Shape{  
    // ...  
    float area() {return M_PI * r*r;}    };
```

- ▶ Такая концепция называется **динамическим полиморфизмом**: один интерфейс - много объектов; тип конкретного объекта определяется динамически - во время выполнения программы

# Динамический полиморфизм

- Теперь тип объекта, указатель на который записан в переменную будет проверяться во время выполнения программы

```
// если метод area() будет виртуальным...  
Shape *shape;  
Square *s = new Square(10);  
Circle *c = new Circle(5);  
if ( random()%2 == 0 ) shape = s;  
else shape = c;  
  
// будет вызван метод соответствующий не типу shape  
// а фактически записанному в него объекту  
cout << shape->area();
```

# Динамический полиморфизм

Код полностью

```
class Shape{
public:
    // ...
    float virtual area() {return 0;} // возвращает площадь
};
```

```
class Square: public Shape{
    float a;
public:
    // ...
    float area() {return a*a;} };
```

```
class Circle: public Shape{
    float r;
public:
    // ...
    float area() {return M_PI * r*r;}    };
```

Shape \*s; *// Полиморфизм реализуется с использованием указателей на объекты*

Square square = new Square(10);

Circle circle = new Circle(10);

s = square;

cout << s->area() << endl; *// 100*

s = circle;

cout << s->area() << endl; *// 314.159*

## Динамический полиморфизм

Теперь можно воспользоваться преимуществом полиморфизма и реализовать поставленную задачу (см. слайд 29) следующим образом:

```
// набор указателей на базовые классы
vector<Shape*> shapes;

// в shapes можно записать указатель на объект
// любого из производных классов
for (unsigned i = 0; i < n; i++){
    if ( rand()%2 == 0 )
        shapes.push_back( new Square(rand()%100) );
    else
        shapes.push_back( new Circle(rand()%100) );
}

float S = 0;
// Какой из методов вызывать (для какого класса)
// будет определено на этапе выполнения
for (Shape *s: shapes){
    S += s->area();
}
```



# Полиморфизм

**Полиморфизм** – обработка разных типов данных одним способом.

**Полиморфизм** – это один интерфейс — много реализаций

Б. Страуструп

# Полиморфизм



by Sinipull for codecall.net

# Абстрактные методы

- ▶ Абстрактный метод - это виртуальный метод, который не имеет реализации
- ▶ Абстрактные методы объявляются так:

```
class Shape{  
    public:  
        // ...  
        // это абстрактный метод  
        float virtual area() = 0;  
  
        // а это виртуальный метод  
        float virtual foo();  
};
```

- ▶ Абстрактный метод должен быть переопределён в производных классах для данного.
- ▶ Класс, который содержит абстрактный метод называется абстрактным
- ▶ Экземпляры такого класса создавать нельзя

# Абстрактные методы

- ▶ Для чего нужны абстрактные классы, если нельзя создавать их экземпляры?
- ▶ Абстрактные классы задают *интерфейс* - набор методов для всех своих потомков
- ▶ Причём в потомках эти методы обязаны быть определены
- ▶ Абстрактные классы C++ – это **интерфейсы**
- ▶ "Интерфейс должен быть **реализован**"=  
"на основе абстрактного класса должен быть построен новый класс"
- ▶ Интерфейсы особенно рекомендуется использовать при множественном наследовании

# Outline

Прошлые темы

Наследование (Inheritance)

- Простое наследование

- Перегрузка и перекрытие методов

- Множественное наследование

Динамический полиморфизм

- Таблица виртуальных методов

- RTTI (Run Time Type Identification)

Другие виды полиморфизма

- Шаблоны

Ссылки и литература

# Объекты и методы

- ▶ Какой код создаст компилятор для следующей строки?  
`object.foo( 42 )`
- ▶ Хранятся ли методы в объектах?

# Объекты и методы

- ▶ Какой код создаст компилятор для следующей строки?  
`object.foo( 42 )`

- ▶ Хранятся ли методы в объектах?

Нет. Это было бы слишком расточительно, хранить одинаковые методы в каждом экземпляре класса.

Методы хранятся в сегменте кода, как и функции. Ведь вызов метода, это вызов функции, только записанный иначе, с неявной передачей `this`.

# Как реализуется динамическим полиморфизм компилятором

**Таблица виртуальных методов** (vtable, virtual method table, VMT) — координирующая таблица или vtable — механизм, используемый в языках программирования для поддержки динамического соответствия (или метода позднего связывания).



# Таблица виртуальных методов

- ▶ Таблица виртуальных методов (vtable) строится для каждого класса с виртуальными методами (т.е. сколько классов – столько и таблиц)
- ▶ vtable – статический массив, который создаётся компилятором во время компиляции
- ▶ Записи в таблице – указатели на виртуальные функции (собственные или базовых классов).
- ▶ Каждый объект содержит в себе указатель на виртуальную таблицу. *Т.е. в объект неявно добавляется ещё одно поле*

# Таблица виртуальных методов

- ▶ Таким образом для организации полиморфизма нельзя связывать статически объект и его методы
- ▶ Поэтому в базовый виртуальный класс компилятором добавляется поле – указатель на таблицу с адресами методов
- ▶ Этот указатель инициализируется на этапе выполнения программы, а не на этапе компиляции.
- ▶ По этой таблице можно определить какой метод должен быть вызван в зависимости от типа (класса) объекта.
- ▶ Ссылки на методы в таблице виртуальных методов могут указывать на таблицы базовых классов.

# Таблица виртуальных методов

## Пример 2

[ravesli.com/urok-167-virtualnye-tablitsy/](https://ravesli.com/urok-167-virtualnye-tablitsy/) – Пример.

# Вопросы

- ▶ Чем отличается переопределение виртуальных методов от переопределения остальных?
- ▶ Для чего нужен динамический полиморфизм? Приведите примеры.
- ▶ Как задействовать позднее связывание?

override и final

# Outline

Прошлые темы

Наследование (Inheritance)

- Простое наследование

- Перегрузка и перекрытие методов

- Множественное наследование

Динамический полиморфизм

- Таблица виртуальных методов

- RTTI (Run Time Type Identification)

Другие виды полиморфизма

- Шаблоны

Ссылки и литература

# RTTI (Run Time Type Identification)

# Outline

Прошлые темы

Наследование (Inheritance)

- Простое наследование

- Перегрузка и перекрытие методов

- Множественное наследование

Динамический полиморфизм

- Таблица виртуальных методов

- RTTI (Run Time Type Identification)

Другие виды полиморфизма

- Шаблоны

Ссылки и литература



# Другие виды полиморфизма

- ▶ Статический

- ▶ с помощью шаблонов (templates в C++)
- ▶ с помощью перегрузки функций (методов)

# Outline

Прошлые темы

Наследование (Inheritance)

- Простое наследование

- Перегрузка и перекрытие методов

- Множественное наследование

Динамический полиморфизм

- Таблица виртуальных методов

- RTTI (Run Time Type Identification)

Другие виды полиморфизма

- Шаблоны

Ссылки и литература

# Шаблоны

Шаблоны (template) — средство языка C++, предназначенное для кодирования обобщённых алгоритмов, без привязки к некоторым параметрам (например, типам данных, размерам буферов, значениям по умолчанию).

# Обобщённое программирование

Обобщённое программирование (generic programming) — парадигма программирования, заключающаяся в таком описании данных и алгоритмов, которое можно применять к различным типам данных, не меняя само это описание.

# Шаблоны функций

```
template< typename T >
void sort( T array[], unsigned size ){
T t;
    for (int i = 0; i < size - 1; i++) {
        for (int j = size - 1; j > i; j--) {
            if (array[j] < array[j-1]) {
                t = array[j]; array[j] = array[j-1]; array[j-1] = t; }
        }
    } }
```

```
char a[] = {1,2,3,4,5};
sort< int >( c, 5 );
```

```
char c[] = "бвгд";
sort< char >( c, 5 );
```

# Шаблоны

- ▶ Шаблоны – это способ переложить рутинную работу по созданию однообразных функций и классов, работающих с разными типами данных.
- ▶ Компилятор создаст версию шаблонных функции и класса, основываясь на вызовах функций и объявлении объектов. В примере выше будет создано две версии функции sort
- ▶ Шаблонные функции и классы должны быть целиком определены в заголовочных файлах. Но можно объявить класс в одном файле, определить в другом, и подключить (include) этот файл в конец первого.

[stackoverflow.com/questions/495021/why-can-templates-only-be-implemented-in-the-header-file](https://stackoverflow.com/questions/495021/why-can-templates-only-be-implemented-in-the-header-file)

# Outline

Прошлые темы

Наследование (Inheritance)

- Простое наследование

- Перегрузка и перекрытие методов

- Множественное наследование

Динамический полиморфизм

- Таблица виртуальных методов

- RTTI (Run Time Type Identification)

Другие виды полиморфизма

- Шаблоны

Ссылки и литература

## Ссылки и литература

1. <https://stepik.org/course/7> Программирование на языке C++
2. Г. Буч. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений. 720 с. 2010 г. 700 страниц. Теория. Примеры на C++. Картинки! Вторая половина книги - примеры OOA и OOD с UML диаграммами.
3. MSDN - Microsoft Developer Network
4. Qt 5.X. Профессиональное программирование на C++. Макс Шлее. 2015 и более поздние издания г. 928 с. Книга периодически обновляется с выходом новых версий фреймворка Qt.
5. [www.stackoverflow.com](http://www.stackoverflow.com) - система вопросов и ответов
6. [draw.io](http://draw.io) — создание диаграмм.



# Материалы курса

Слайды, вопросы к экзамену, задания, примеры

[github.com/VetrovSV/OOP](https://github.com/VetrovSV/OOP)

