

Лекция 1. OpenGL – база

Илья Макаров

ИТМО

14 сентября 2022

Санкт-Петербург

Некоторые вводные

Ожидается, что люди, пришедшие на курс:

- имеют опыт программирования на языках C/C++.
- способны читать документацию на английском языке.

Что будет в лекции

- Рассказ про **OpenGL Context**.
- Расширения (extensions).
- OpenGL **Core** vs **Compatibility** profile.
- **Вершинный** и **индексный** буферы OpenGL.
- Шейдерные программы: **Vertex** и **Fragment**.
- **Атрибуты** (attributes) и **юниформы** (uniforms).
- Шаблон приложения с использованием библиотеки **QT**.

Где искать ответы на вопросы

- Вопросы и ответы <https://stackoverflow.com>.
- Спецификация на <https://www.khronos.org/registry/OpenGL/specs/gl/glspec33.core.pdf/>.
- Все спецификации + расширения https://www.khronos.org/registry/OpenGL/index_gl.php
- Уроки на <https://learnopengl.com/>.
- Переводы части уроков на <https://habr.com/ru/post/310790/>.

Почему OpenGL 3.3?

- Все основные функции уже реализованы.
- Новые версии только добавляют полезные возможности, не изменяя принципов работы с графическим API.
- **3.3** — версия, которая запустится на практически любом графическом ускорителе.
- Дополнительные возможности можно получить с помощью расширений.

Расширения OpenGL

- Производители графических карт могут дополнять функционал графического API.
- Популярные, как правило, попадают в новые версии API.
- Существует механизм для работы с расширениями в run-time. Выглядит это примерно так:

```
if (extension exists) {  
    // call new API  
}  
else {  
    // use old one  
}
```

Core VS Compatibility

- Использование **Core**-профиля заставляет нас пользоваться современными и актуальными практиками при разработке графических приложений.
- **Compatibility**-профиль сохраняет совместимость.

Замечание: на некоторых платформах **Compatibility** не доступен (например, на платформах Apple).

OpenGL Context и его состояние

- OpenGL по своей сути — это **большой конечный автомат**: набор переменных, определяющий некоторое состояние.
- Перед отрисовкой следующего кадра мы задаем необходимое **состояние**, которое говорит OpenGL, **как нужно рисовать**.
- Под состоянием графического конвейера обычно имеют ввиду состояние контекста.

Основные шаги для отрисовки

- Подготавливаем сцену (в геометрическом смысле).
- Создаем и заполняем необходимые OpenGL-буферы, копируем их в видеопамять.
- Задаем необходимое состояние контекста (как рисуем + куда рисуем).
- Делаем вызов отрисовки.
- **ВАЖНО:** освобождаем не нужные более нам ресурсы.

Далее рассмотрим эти шаги подробнее.

Подготовка сцены

- Обновляем объекты в сцене.
- Выполняем предварительные вычисления видимости, т.е. определяем, что попало в сцену, чтобы не рисовать лишние объекты.
- Возможно, обрабатываем пользовательские события.
- ...

В результате должны получить набор объектов C++, которые будем использовать для формирования буферов в видеопамяти.

Буферы OpenGL

- OpenGL — преимущественно C -библиотека, поэтому работа со всеми объектам осуществляется в стиле C.
- Создать объект в видеопамяти значит заполнить некоторую C -структуру, которая в дальнейшем будет записана в видеопамять.

Буферы OpenGL

Общая схема работа с объектами в OpenGL:

```
GLuint object_id = 0;  
glGenObject(1, &object_id);  
glBindObject(object_id);  
glSetObjectStateOrData(...);  
glBindObject(0);
```

Вершинный буфер

- Содержит геометрию вершин и их атрибуты.
- По сути — набор байтов.
- Чтобы OpenGL смог их корректно прочитывать, нужно задать правильные смещения.
- Такие буферы обычно называют **VBO** (Vertex Buffer Object).

Создание вершинного буфера

- Зададим геометрию:

```
GLfloat vertices[] = { // треугольник из 3 вершин
    -0.5f, -0.5f, 0.0f,
    0.5f, -0.5f, 0.0f,
    0.0f, 0.5f, 0.0f
};
```

- Создадим и заполним объект в видеопамяти:

```
GLuint vbo;
glGenBuffers(1, &vbo);
glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, vbo);
glBufferData(GL_ARRAY_BUFFER, sizeof(vertices),
             vertices, GL_STATIC_DRAW);
```

Создание вершинного буфера

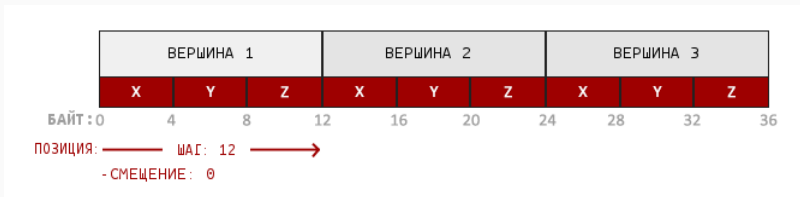
Режимы отрисовки.

- `GL_STATIC_DRAW` — данные редко изменяются в памяти.
- `GL_DYNAMIC_DRAW` — данные изменяются часто.
- `GL_STREAM_DRAW` — данные изменяются на каждый кадр.

Это позволяет оптимально использовать видеопамять.

Разметка вершинных атрибутов

- Формат вершин:



- Разметка:

```
glVertexAttribPointer(0, 3, GL_FLOAT, GL_FALSE,
                      3 * sizeof(GLfloat), 0);
glEnableVertexAttribArray(0);
```


Разметка вершинных атрибутов

Аргументы **glVertexAttribPointer**:

1. Какой аргумент шейдера хотим настроить (location).
2. Размер аргумента шейдера, в нашем случае vec3.
3. Тип данных — GL_FLOAT.
4. Нужно ли нормализовать данные.
5. Размер вершины.
6. Смещение от начала буфера.

```
glVertexAttribPointer(0, 3, GL_FLOAT, GL_FALSE,  
                     3 * sizeof(GLfloat), 0);  
glEnableVertexAttribArray(0);
```

Индексный буфер

- Содержит индексы вершин из вершинного буфера.
- Такие буферы обычно называют **IBO** (Index Buffer Object) или **EBO** (Element Buffer Object).

Создание индексного буфера

- Зададим индексы:

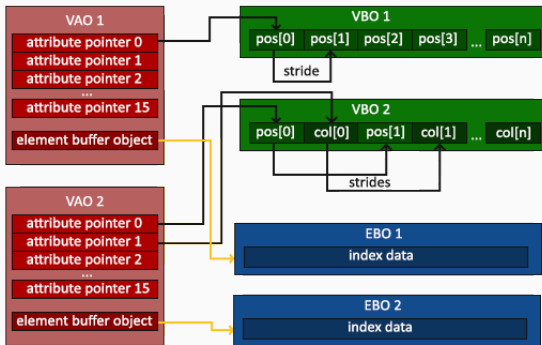
```
GLuint indices[] = { // треугольник из 3 вершин  
    0, 1, 2  
};
```

- Создадим и заполним объект в видеопамяти:

```
GLuint ibo;  
glGenBuffers(1, &ibo);  
glBindBuffer(GL_ELEMENT_ARRAY_BUFFER, ibo);  
glBufferData(GL_ELEMENT_ARRAY_BUFFER,  
             sizeof(indices), indices,  
             GL_STATIC_DRAW);
```

Vertex Array Object

Некоторая обертка, позволяющая быстро переиспользовать VBO и IBO.



Шейдерные программы

- Соответствуют специальным программируемым частям конвейера.
- Пишутся на C-подобном языке — **GLSL**.
- Требуют дополнительной компиляции.
- Вершинный шейдер обрабатывает каждую вершину.
- Фрагментный шейдер — каждый фрагмент (в каком-то смысле пиксель).

Вершинный шейдер

Пример вершинного шейдера:

```
#version 330 core

layout (location = 0) in vec3 vertex_position;

void main()
{
    gl_Position = vec4(vertex_position.xyz, 1.0);
}
```

Вершинный шейдер

Создание вершинного шейдера:

```
GLuint vs = glCreateShader(GL_VERTEX_SHADER);  
glShaderSource(vs, 1, &vs_source, 0);  
glCompileShader(vs);
```

Фрагментный шейдер

Пример фрагментного шейдера:

```
#version 330 core

out vec4 fragment_color;

void main()
{
    fragment_color = vec4(1.f, 0.f, 0.f, 1.f);
}
```


Фрагментный шейдер

Создание фрагментного шейдера:

```
GLuint fs = glCreateShader(GL_FRAGMENT_SHADER);  
glShaderSource(fs, 1, &fs_source, 0);  
glCompileShader(fs);
```

Шейдерная программа

Соответствует набору шейдеров.

```
GLuint sp = glCreateProgram();  
glAttachShader(sp, vs);  
glAttachShader(sp, fs);  
glLinkProgram(sp);
```

Замечание: если шейдер не задан, то он заменяется шейдером по умолчанию.

Подготовка к отрисовке

Задаем буферы для отрисовки:

```
glBindVertexArray(vao);  
glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, vbo);  
glBufferData(GL_ARRAY_BUFFER, sizeof(vertices),  
             vertices, GL_STATIC_DRAW);  
glVertexAttribPointer(0, 3, GL_FLOAT, GL_FALSE,  
                     3 * sizeof(GLfloat), 0);  
glEnableVertexAttribArray(0);  
glBindVertexArray(0);
```

Отрисовка

Сначала зададим шейдерную программу и VAO:

```
glUseProgram(sp);  
glBindVertexArray(vao);
```

Отрисуем треугольник:

```
glDrawElements(GL_TRIANGLES, 3, GL_UNSIGNED_INT, 0)  
glBindVertexArray(0);
```

Uniforms

- Юниформы — некоторые глобальные для всей шейдерной программы переменные.
- Задаются из пользовательского кода на C++.
- Используются в шейдере при помощи ключевого слова **uniform**. Например:

```
#version 330 core
out vec4 color;

uniform vec4 u_color;

void main()
{
    color = u_color;
}
```

Unifroms

Как задать uniform из кода?

- Сначала узнаем расположение:

```
GLint color_location;  
color_location = glGetUniformLocation(sp,  
                                     "u_color");
```

- Потом задаем значение:

```
glUseProgram(sp);  
glUniform4f(color_location, 1.f, 0.f, 0.f, 1.f);
```

Обработка ошибок

- Обработка ошибок происходит в стиле C.
- Для получения статусов используются функции вида **glGet***. Например, для шейдеров:

```
GLint status;  
glGetShaderiv(vs, GL_COMPILE_STATUS, &status);
```

- Также существует функция **glGetError**, которая возвращает информацию об ошибках.

Корректное управление ресурсами

- Все созданные OpenGL объекты должны быть освобождены вручную.
- Инициализация объектов должна производиться единожды.
- Заполнять и модифицировать эти объекты можно бесконечно много раз.
- Заполнять данные нужно только по мере их изменения.