GLSL. Введение

Компьютерная графика

Хранение и компиляция GLSL шейдеров

- GLSL шейдеры принято хранить в виде исходных кодов (хотя в OpenGL 4.1 и появилась возможность загружать шейдеры в виде бинарных данных)
- Такой подход был использован для лучшей переносимости шейдеров на различные аппаратные и программные платформы
- Исходные коды компилируются драйвером
- Они могут быть скомпилированы лишь после создания действующего контекста OpenGL
- Драйвер сам генерирует внутри себя оптимальный двоичный код, который понимает данное оборудование. Это гарантирует, что один и тот же шейдер будет правильно и эффективно работать на различных платформах.

Шаги загрузки и компиляции

- Сначала выделяются идентификаторы в виде GLuint, под шейдеры — **glCreateShader** и шейдерную программу **glCreateProgram**
- На идентификатор шейдера загружается исходный код, который передается драйверу **glShaderSource**
- После шейдер компилируется **glCompileShader**
- Несколько шейдеров разных типов, прикрепляются к программе **glAttachShader**
- Последний шаг — линкование прикрепленных шейдеров в одну шейдерную программу **glLinkProgram**

Обобщённая структура шейдера

```
#version version_number

attribute type attribute_name;

in type in_variable_name;
out type out_variable_name;

uniform type uniform_name;

void main() {
  //  делаем, вычисляем, экспериментируем
  ...
  // Присваиваем результат работы шейдера выходной переменной
  out_variable_name = weird_stuff_we_processed;
}
```

Атрибут (attribute)

```
attribute vec2 coord;
void main() {
    gl_Position = vec4(coord, 0.0, 1.0);
}
```

- Данные передаваемые программой вершинному шейдеру (другим шейдерам данные не доступны)
- Данные приходят шейдеру на каждую вершину
- Данные доступны только для чтения

Количество атрибутов

OpenGL гарантирует возможности передачи по крайней мере 16 4-х компонентных атрибутов, иначе говоря, в шейдер можно передать как минимум 64 значения для каждой вершины

Узнать максимальное количество входных переменных-вершин, передаваемых в шейдер, можно узнать обратившись к атрибуту *GL_MAX_VERTEX_ATTRIBS*

```
GLint nrAttributes;
glGetIntegerv(GL_MAX_VERTEX_ATTRIBS, &nrAttributes);
std::cout << "Maximum" << nrAttributes;
```

Юниформ (uniform)

```
uniform vec4 color;
void main() {
    gl_FragColor = color;
}
```

- Данные посылаемые в шейдер приложением
- В отличии от атрибута они глобальны
- И для фрагментных шейдеров, и для вершинных
- Если объявить юниформ переменную с одинаковым именем в вершинном и фрагментом шейдере, они будут общими для них
- Не зависят от того какая сейчас вершина обрабатывается, они остаются неизменными, пока их не изменит приложение

in и out переменные

- переменные, передаваемые из вершинного шейдера в фрагментный
- интерполируются вдоль грани с учетом перспективы

```
//Переменная передаётся в следующий шейдер, уходит
out vec3 viewVec;

//Переменная приходит в шейдер
in vec3 viewVec;
```

Встроенные переменные

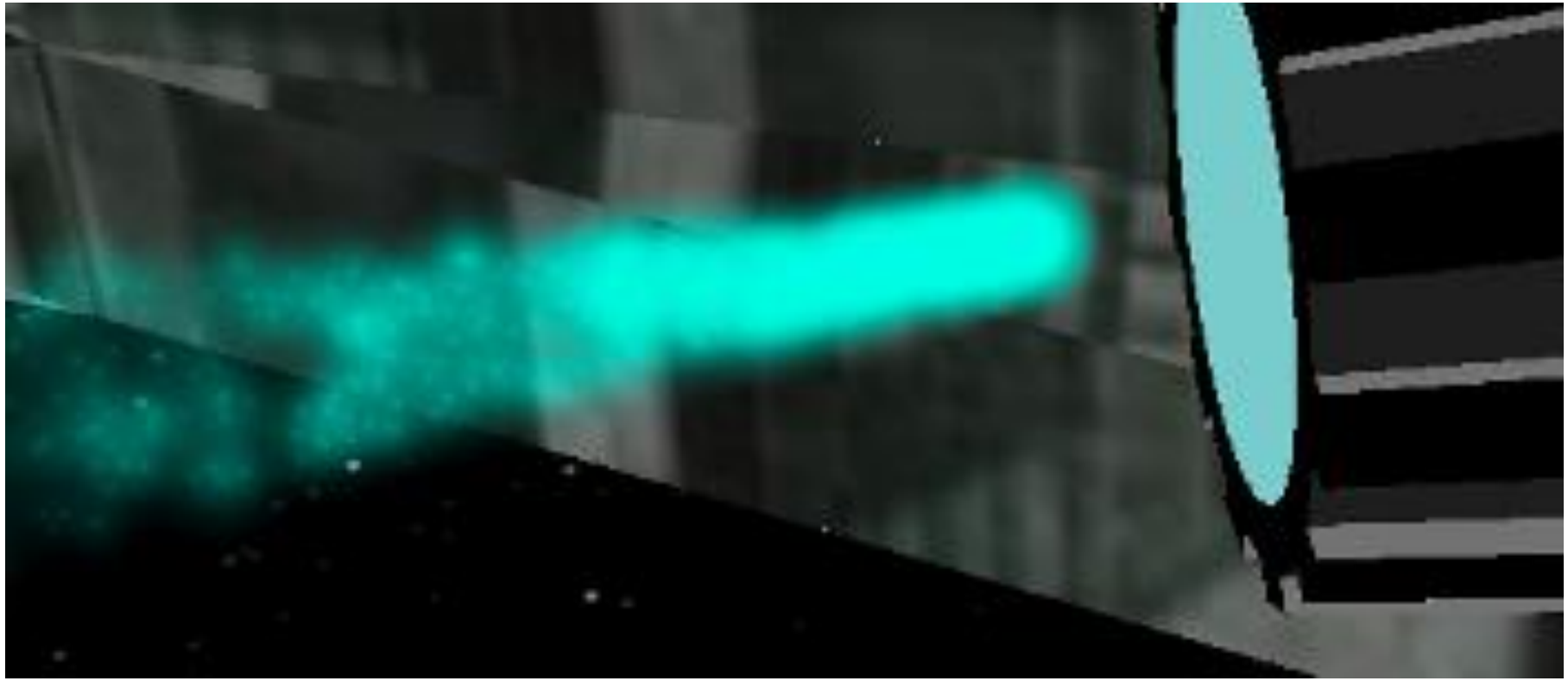
```
attribute vec2 coord;
void main() {
    gl_Position = vec4(coord, 0.0, 1.0);
}
```

```
uniform vec4 color;
void main() {
    gl_FragColor = color;
}
```

- gl_Position — это встроенная переменная для записи обработанной вершинным шейдером позиции вершины
- Далее данные о вершине идут дальше по конвейеру
- gl_FragColor — в неё записывается обработанный фрагментным шейдером цвет фрагмента

Размер точки

gl_PointSize : float, размер точки



Типы данных GLSL

Scalar — bool, int, uint, float, double

Array

Vector

Matrix

Sampler — Встроенный тип данных (сэмплер)

Struct — Пользовательские типы данных

Квалификаторы для чисел с плавающей точкой

highp — число с плавающей точкой сохраняет максимальную точность — положение вершины

mediump — число со средней точностью — текстурные координаты

lowp — число с низкой точностью — значения цвета

```
//Например
lowp vec4 color=vec4(1.0,1.0,0.0,1.0);  // lowp достаточно для хранения цвета
```

Задание и проверка поддержки точности

Задать точность для всех переменных определённого типа можно с помощью ключевого слова **precision**

```
precision highp float;        //теперь все float считаются highp
precision mediump int;        //все int считаются mediump
```

```
#ifdef GL_FRAGMENT_PRECISION_HIGH
precision highp float;
#else
precision mediump float;
#endif
```

Array

```
float a[5];
...
float b[] = a;
float b[5] = a;
float b[] = float[](1,2,3,4,5);
```

Vector

vecn (например, vec4) — это vector, содержащий в себе n значений типа float
bvecn (например, bvec4) — это vector, содержащий в себе n значений типа boolean
ivecn (например, ivec4) — это vector, содержащий в себе n значений типа integer
uvecn (например, uvecn) — это vector, содержащий в себе n значений типа unsigned integer
dvecn (например, dvecn) — это vector, содержащий в себе n значений типа double

vec2, vec3, vec4
ivec2, ivec3, ivec4
bvec2, bvec3, bvec4

```
vec3f Vector = { 0.2f, 0.3f, 0.4f };

vec2 v = vec2(1.0, 2.0);
```

Доступ к компонентам векторов

как к обычным массивам

через . с помощью {x, y, z, w}
через . с помощью {r, g, b, a}
через . с помощью {s, t, r, q}

```
vec4 Vec4;
Vec4[0] = Vec4.x = Vec4.r = Vec4.s
Vec4[1] = Vec4.y = Vec4.g = Vec4.t
Vec4[2] = Vec4.z = Vec4.b = Vec4.r
Vec4[3] = Vec4.w = Vec4.a = Vec4.q

vec3 v2 = Vec4.rgb;
//vec4 v3 = Vec4.xyba;  ошибка!
```

```
vec2 myVec = vec2(0.0,1.0);
float myF0 = myVec[0]; // myF0=0.0
float myF1 = myVec[1]; // myF1=1.0

vec2 myVeci = myVec.xy // myVec2 = {0.0,1.0}
myVeci = myVec.xx // myVec2 = {0.0,0.0}
myVeci = myVec.yy // myVec2 = {1.0,1.0}
```

swizzling

Из вектора, при обращении к данным через точку, можно получить не только одно значение, но и целый вектор, используя следующий синтаксис, который называется **swizzling**

```
vec2 someVec;
vec4 differentVec = someVec.xyxx;
vec3 anotherVec = differentVec.zyw;
vec4 otherVec = someVec.xxxx +
anotherVec.yxzy;
```

```
vec2 vect = vec2(0.5f, 0.7f);
vec4 result = vec4(vect, 0.0f, 0.0f);
vec4 otherResult = vec4(result.xyz, 1.0f);
```

Matrix

mat2, mat3, mat4

```
mat2 fMatrix = { 0.0f, 0.1, 2.1f, 2.2f  };

vec4 c[3][2] = { vec4[2](vec4(0.0), vec4(1.0)),
                   vec4[2](vec4(0.0), vec4(1.0)),
                   vec4[2](vec4(0.0), vec4(1.0))
                 };

vec4 b[2] = vec4[2](vec4(0.0), vec4(0.1));

vec4[3][2] a = vec4[3][2](b, b, b);
```

Доступ к компонентам матриц

```
mat4 m;
m[2] = vec4(1.0, 2.0, 3.0, 4.0);
m[0][0] = 1.0;
```

Метод length

```
vec4 a[3][2];
a.length()     // this is 3
a[x].length()  // this is 2
```

Sampler

uniform sampler2D gSampler;

//Получение цвета пикселя в текстуре по заданным координатам
texture2D(sampler2D sampler, vec2 coord)

vec3 tempColor= texture2D(gSampler,gl_TexCoord[0].xy);

struct

```
struct LightStruct  {
   vec4 position;
   vec4 color;
   float force;
} LightVar;

LightVar=LightStruct(vec4(0.5,1.0,0.0,0.0),    //position
                     vec4(0.0,1.0,1.0,0.0),//color
                      0.5);                    //force

vec4 pos=LightVa.position;
float f=LightVar.force;
```

const

```
const float zero = 0;          // Ошибка!
const float zero = 0.0; // Правильно

const vec4 red = vec4(1.0, 0.0, 0.0, 1.0);
const mat4 identity = mat4(1.0);
```

Функции, операторы и блоки в GLSL

Операции и Выражения

Функции

Блоки {}

Операторы

Операции и выражения

Операции
+,-,*,/,=,+=,++,
<<,>>,==,!=,>=,
!,&& , ^^,||

//на некоторых GPU
x= x/2.0; // медленнее
y = y*0.5; // быстрее

Примеры встроенных функций GLS

abs(x); round(x)
mod(x); fmod(x)
sqrt(x); pow(x, y)
max(x, y); min(x, y)
sin(angle); cos(angle); tan(angle)
log(x)

dot(x, y) — скалярное произведение векторов x и y
cross(x, y) — векторное произведение векторов x и y

matrixCompMult(mat x, mat y) — произведение матриц x и y, которые должны быть одной размерности

normalize(x) — нормализованный вектор x
reflect(t, n) — отражает вектор t вдоль вектора n

vec4 texture2D (sampler2D sampler,vec2 coord) — выборка текстур

Функции

```
vec4 diffuse(vec3 normal,vec3 light,vec4 baseColor) {
   return baseColor * dot(normal, light);
}
```

Важно: Функции в GLSL не могут быть рекурсивными

```
//  Создание матрицы, для двухмерного вращения
mat2 rot(in float a) {
    return mat2(cos(a),sin(a),-sin(a),cos(a));
}

//  Создание матрицы, для двухмерного вращения  (альтернативный вариант)
void rot2(in float a, out mat2 rezult) {
    rezult = mat2(cos(a),sin(a),-sin(a),cos(a));
}

// Используем функцию
  vec2 pos1 = rot(17.0) * pos;

// альтернативный вариант
mat2 m;
rot2(17.0, m);
pos1 = m * pos;
```

Операторы управления

if

switch

discard // для фрагментного шейдера
// приводит к прекращению дальнейшей обработки текущего фрагмента
//без его попадания в буфер цвета

break

continue

do

for

while

```
if (color.a < 0.25) {
  color *= color.a;
}
else {
  color = vec4(0.0);
}

for(int i = 0; i < 3; i++) {
  sum += i;
}
//Важно. Циклы стараться не применять!
//Особенно во фрагментных шейдерах


float value = gl_TexCoord[0].x;
if (value > 0.5) {
  discard();
  //прекращение  выполнения программы и запрещение обработки пикселя
}
```

Ограничения оператора discard

discard доступен только в фрагментном шейдере

Вызов discard вычеркивает пиксель как будто у него не только альфа равна 0, но и не учитывает его в буфере глубины и остальных буферах.
После вызова все вычисления по заданному пикселю прекращаются

discard не зависит от режима блендинга

И главное: discard является тяжелейшей операцией. Производители рекомендуют не использовать discard, потери производительности будут большими

Дело в том что при вызове discard чипу нужно остановить ВСЕ процессоры и перестроить буфер глубины, перестроить фрагмент и т.д. и только после этого можно продолжать работать

Макросы

Присутствуют макросы:
\#if, \#ifdef, \#elif, \#else, \#endif, \#define, \#pragma и прочие

Отсутствует:
\#include

#define PI 3.14

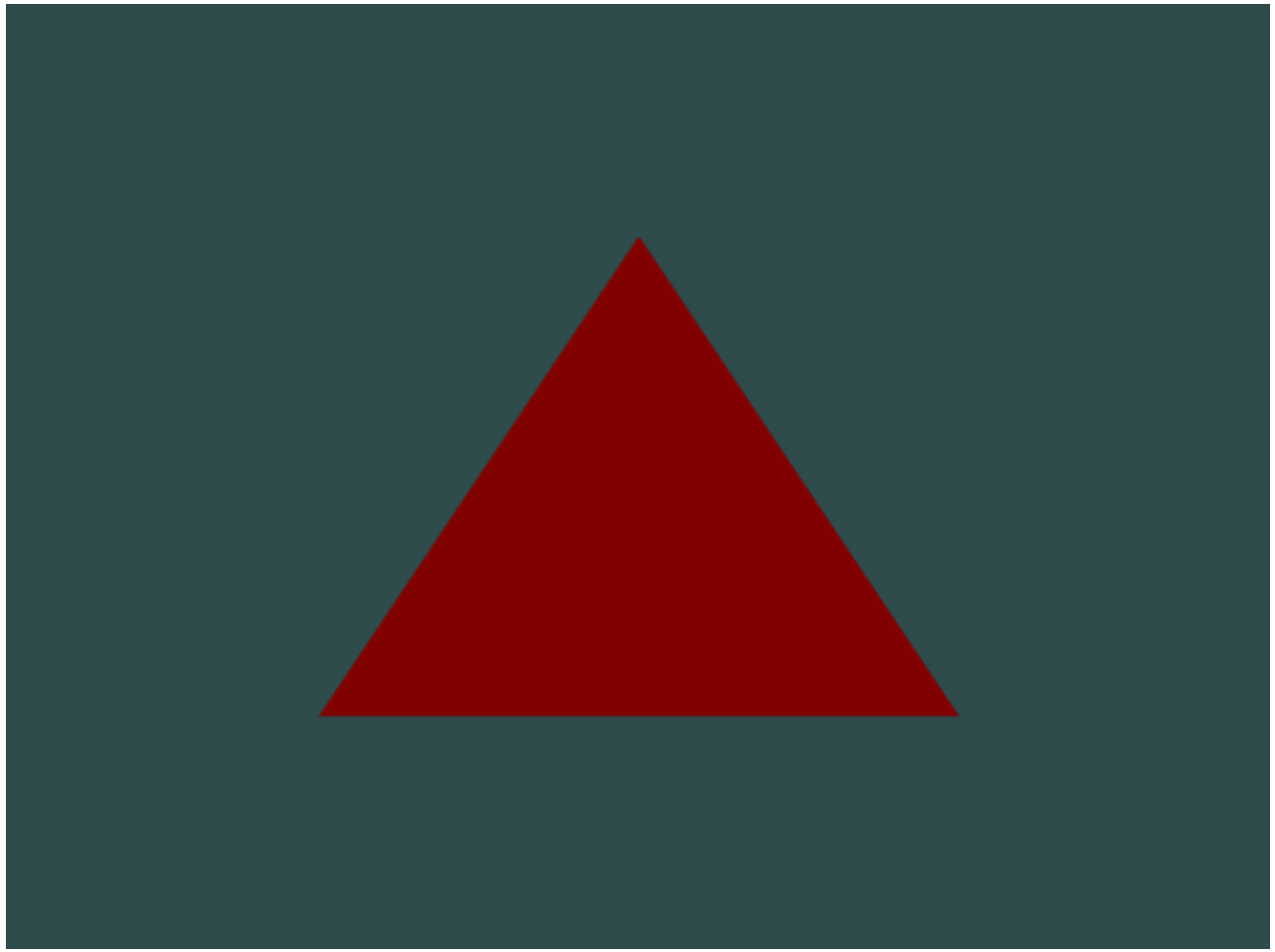
Контроль версии

__VERSION__

4 версия это 400

версия 3.3 это 330

```
#if __VERSION__ > 400
// Тут расположен код для старших версий, начиная с 4 версии и выше
#else
// Тут код для остальных версий
#endif
```



Вариант 1

Vertex shader

```
in vec3 position;

void main() {
    // Напрямую передаем vec3 в vec4
    gl_Position = vec4(position, 1.0);
}
```

Fragment shader

```
void main() {
 gl_FragColor = vec4(0.5f, 0.0f, 0.0f, 1.0f);
}
```

Вариант 2

Vertex shader

```
in vec3 position;

void main() {
   // Напрямую передаем vec3 в vec4
   gl_Position = vec4(position, 1.0);
}
```

Fragment shader

```
out vec4 color;

void main() {
   color = vec4(0.5f, 0.0f, 0.0f, 1.0f);
}
```

Вариант 3

Vertex shader

```
in vec3 position;

void main() {
   // Напрямую передаем vec3 в vec4
   gl_Position = vec4(position, 1.0);
}
```

Fragment shader

```
uniform vec4 color1;

void main() {
 gl_FragColor = color1;
}
```

Вариант 4

Vertex shader

```
in vec3 position;

void main() {
   // Напрямую передаем vec3 в vec4
   gl_Position = vec4(position, 1.0);
}
```

Fragment shader

```
uniform vec4 color1;
out vec4 color;

void main() {
   color = color1;
}
```

Вариант 5

Vertex shader

```
#version 330 core

in vec3 position;

out vec4 vertexColor; // Передаем цвет во фрагментный шейдер

void main() {
    // Напрямую передаем vec3 в vec4
    gl_Position = vec4(position, 1.0);
    // Устанавливаем значение выходной переменной в темно-красный цвет.
    vertexColor = vec4(0.5f, 0.0f, 0.0f, 1.0f);
}
```

Fragment shader

```
#version 330 core

in vec4 vertexColor;
// Входная переменная из вершинного шейдера (то же название и тот же тип)

out vec4 color;

void main() {
    color = vertexColor;
    // или
    // gl_FragColor = vertexColor;
}
```

Вариант 6

Vertex shader

```
#version 330 core

in vec3 position;
uniform vec4 color1;


out vec4 vertexColor; // Передаем цвет во фрагментный шейдер

void main() {
    // Напрямую передаем vec3 в vec4
    gl_Position = vec4(position, 1.0);
    // Устанавливаем значение выходной переменной в темно-красный цвет.
    vertexColor = color1;
}
```

Fragment shader

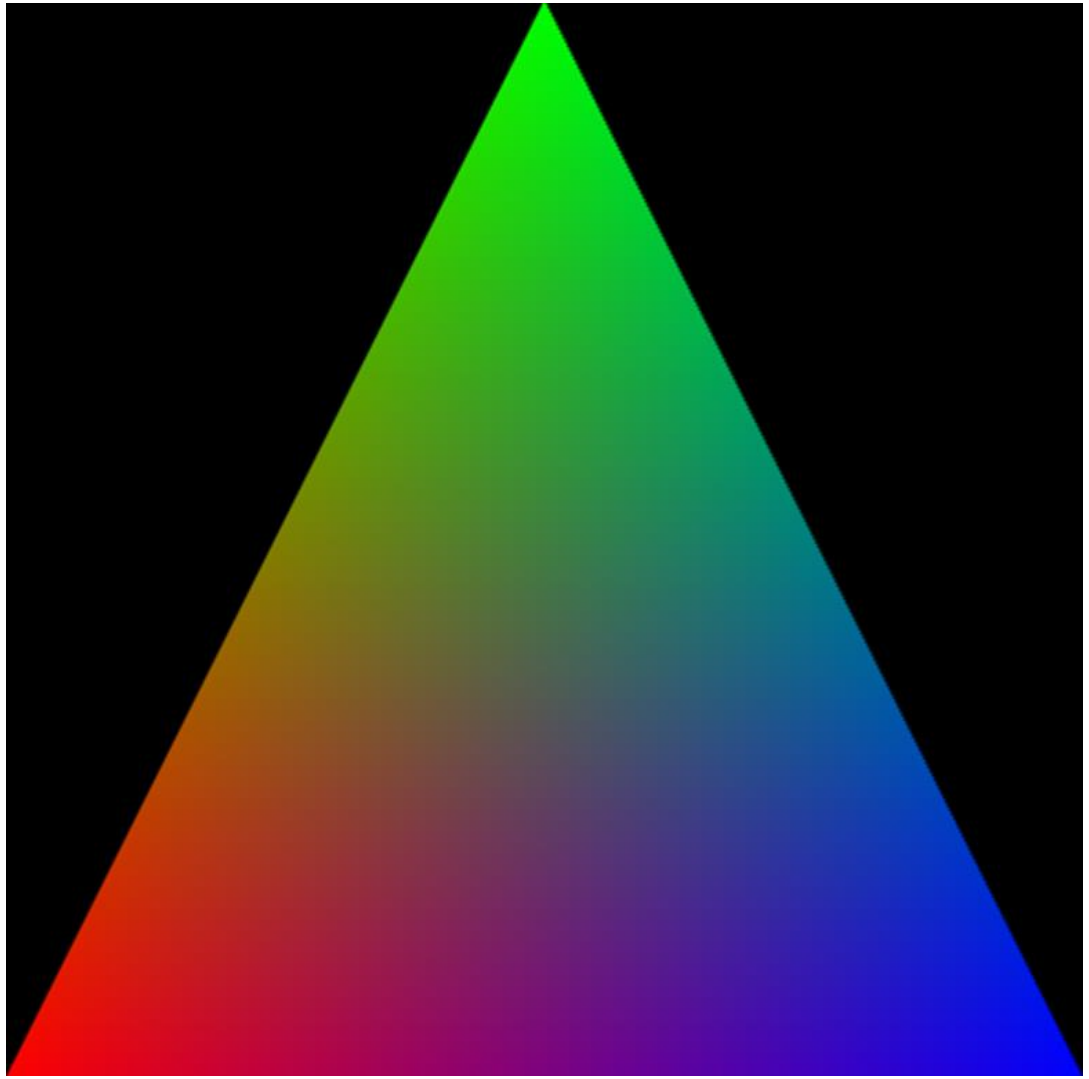
```
#version 330 core

in vec4 vertexColor;
// Входная переменная из вершинного шейдера (то же название и тот же тип)

out vec4 color;

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

Градиентная заливка



Vertex shader

```
#version 330 core

in vec3 position;
in vec4 color;


out vec4 vertexColor; // Передаем цвет во фрагментный шейдер

void main() {
    // Напрямую передаем vec3 в vec4
    gl_Position = vec4(position, 1.0);
    // Устанавливаем значение выходной переменной равным атрибуту цвета
    vertexColor = color;
}
```

Fragment shader

```
#version 330 core

in vec4 vertexColor;
// Входная переменная из вершинного шейдера (то же название и тот же тип)

out vec4 color;

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

Шейдер с discard

```
// Раскрашиваем примитив в красный цвет, но в середине будет квадратная дыра
void main(void)
{
  gl_FragColor = vec4(1.0, 0., 0., 1.0);
  if(gl_FragCoord.x>0.25 && gl_FragCoord.x<0.75)
    if(gl_FragCoord.y>0.25 && gl_FragCoord.y<0.75)
      discard; // Игнорируем результат работы шейдера
}
```

Рекомендации по оптимизации шейдеров

Старайтесь сократить размер шейдера, особенно фрагментного

Часто многие расчеты можно вынести из фрагментного в вершинный

Старайтесь не использовать ветвления в фрагментном шейдере

Старайтесь использовать встроенные функции

Старайтесь использовать встроенные функции

```
float f1,f2,f,3,f4;
…
float c = f1+f2+f3+f4; // медленно

float в = dot(vec4(f1,f2,f3,f4),vec4(1.0)); // быстро
```