计算机图形学

第三次作业

陶钧
taoj23@mail.sysu.edu.cn

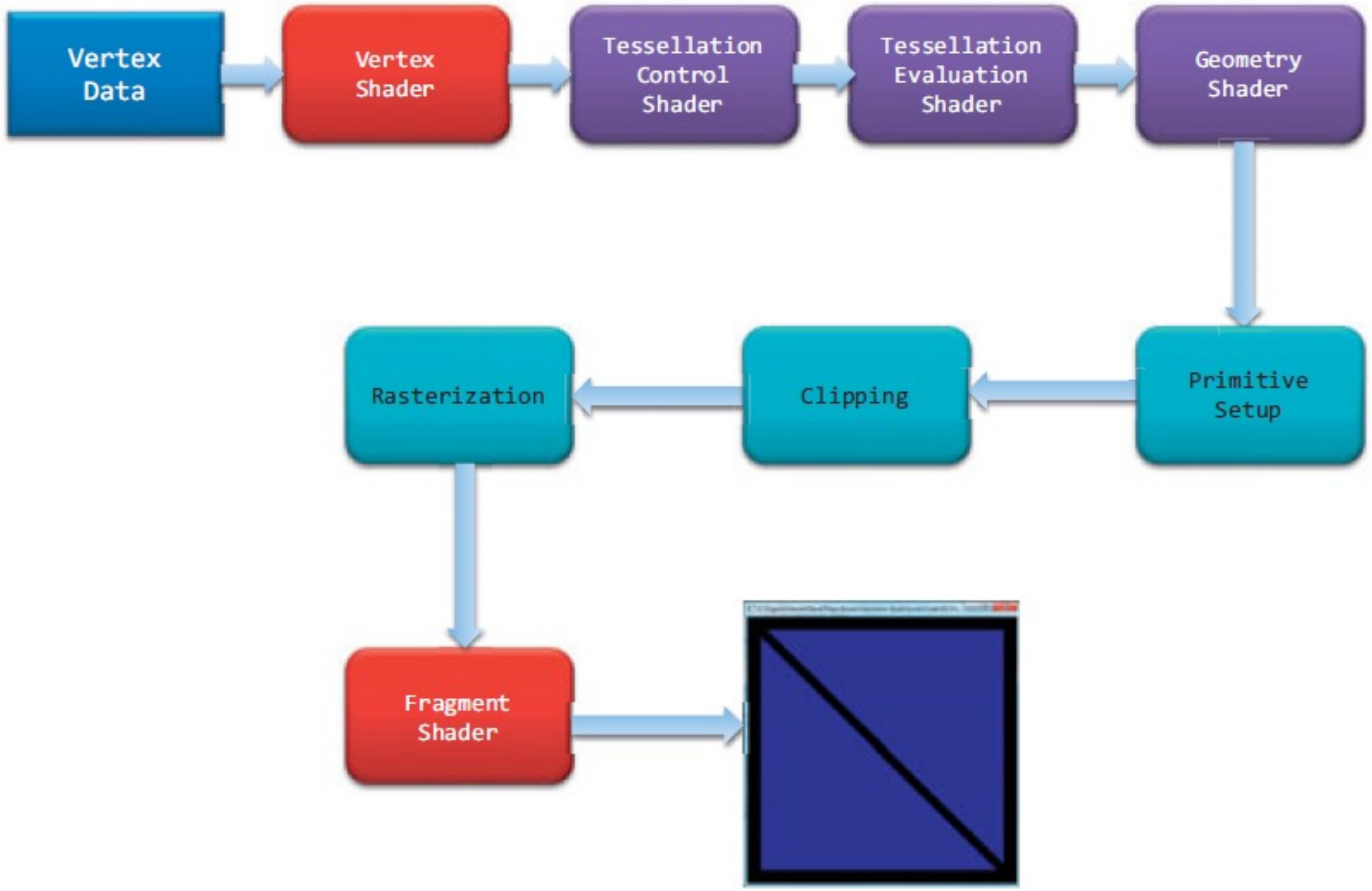
中山大学 数据科学与计算机学院
国家超级计算广州中心

作业3：GLSL入门

- 作业内容：Phong shading与VBO绘制三维物体
  - 通过fragment shader实现Phong shading
    - 在vertex shader中输出法向量
    - GLSL会自动插值并输入fragment shader
    - 在fragment shader中通过Phong shading计算三类反射
  - 使用VBO存储顶点与连接关系
    - 可通过细分物体（如小球）产生足够多的三角面片
  - 使用多个细分迭代次数讨论以下内容
    - 对比Phong shading与OpenGL自带的smoothing shading的区别
    - 使用VBO进行绘制及通过glVertex进行绘制的区别
    - 讨论VBO中是否使用index array的效率区别
- 截止时间：12月16日晚23时59分

作业3：GLSL入门

- 回顾此前介绍的渲染管线（讲义5）
  - 显卡是高度并行化的硬件，对所有数据采用同一工作流程进行处理
  - GLSL (GLslang)
    - OpenGL Shading Language
    - 对着色器（shader）进行编程
  - Vertex shader
    - 顶点变换，法向量变换
    - 光照
    - 纹理坐标的产生与变换
  - Fragment shader
    - 纹理访问及颜色计算，等



作业3：GLSL入门

- Vertex shader的输入输出

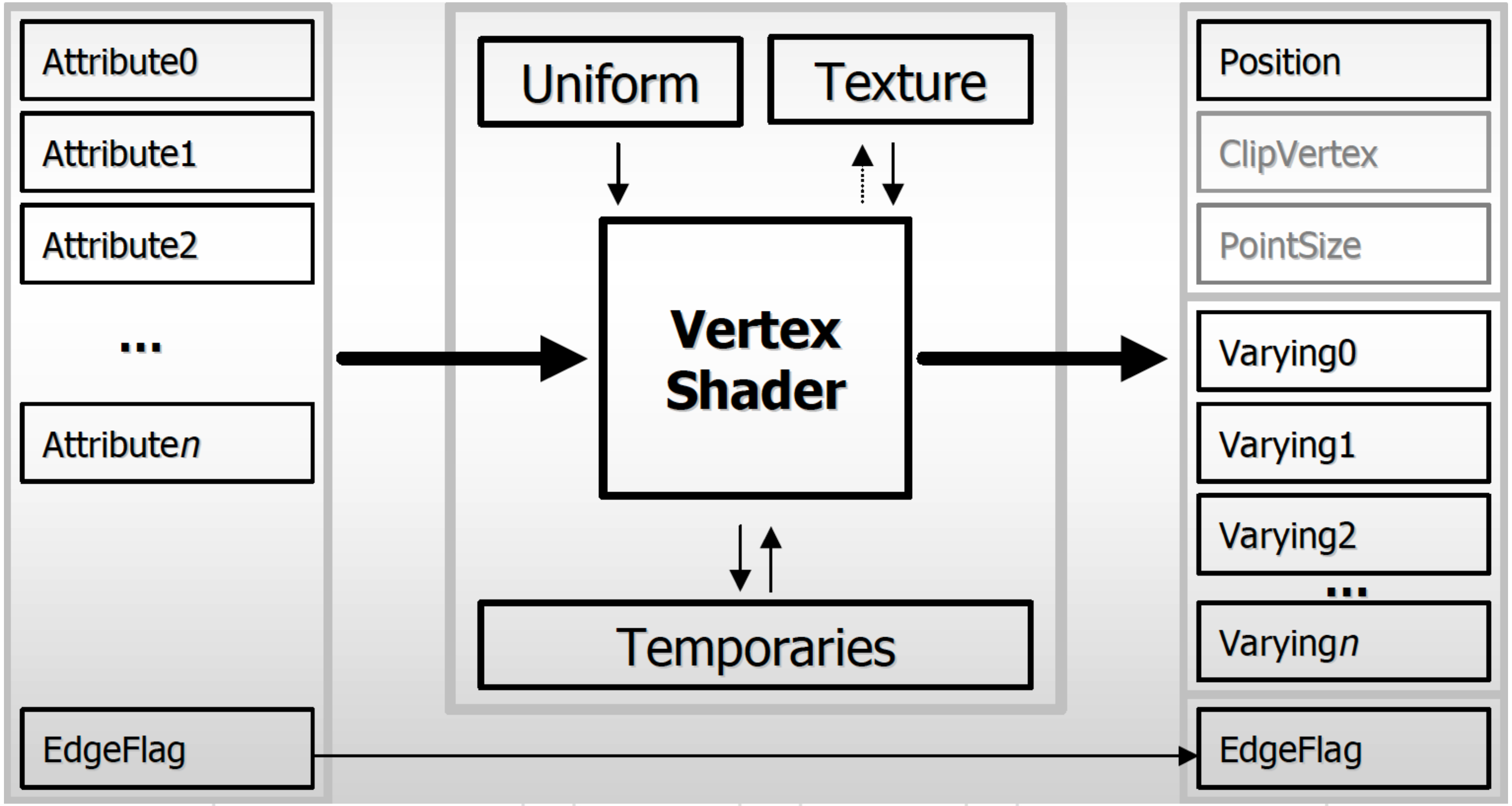


Image courtesy of Cliff Lindsay at WPI.

作业3：GLSL入门

- Fragment shader的输入输出

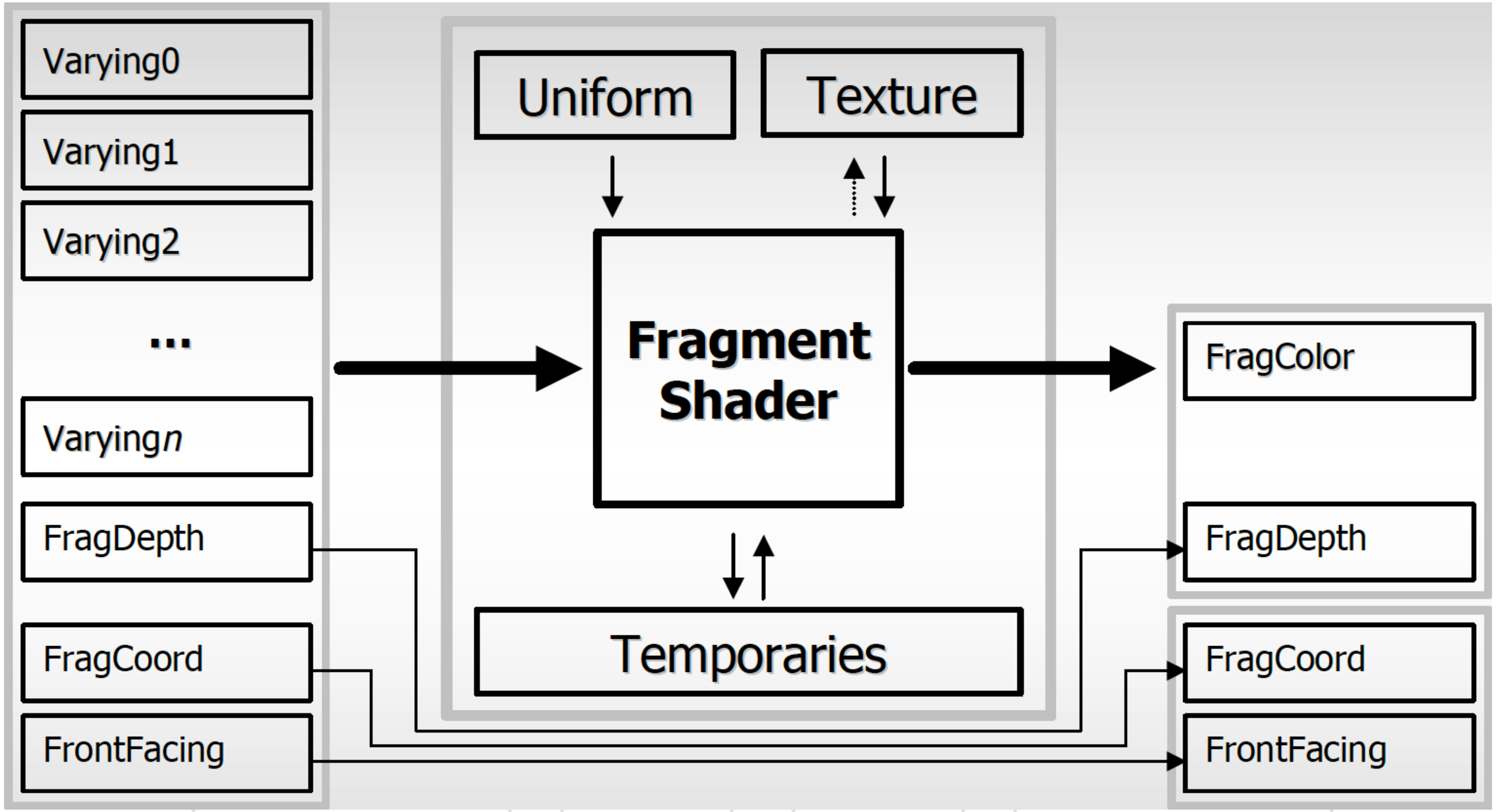
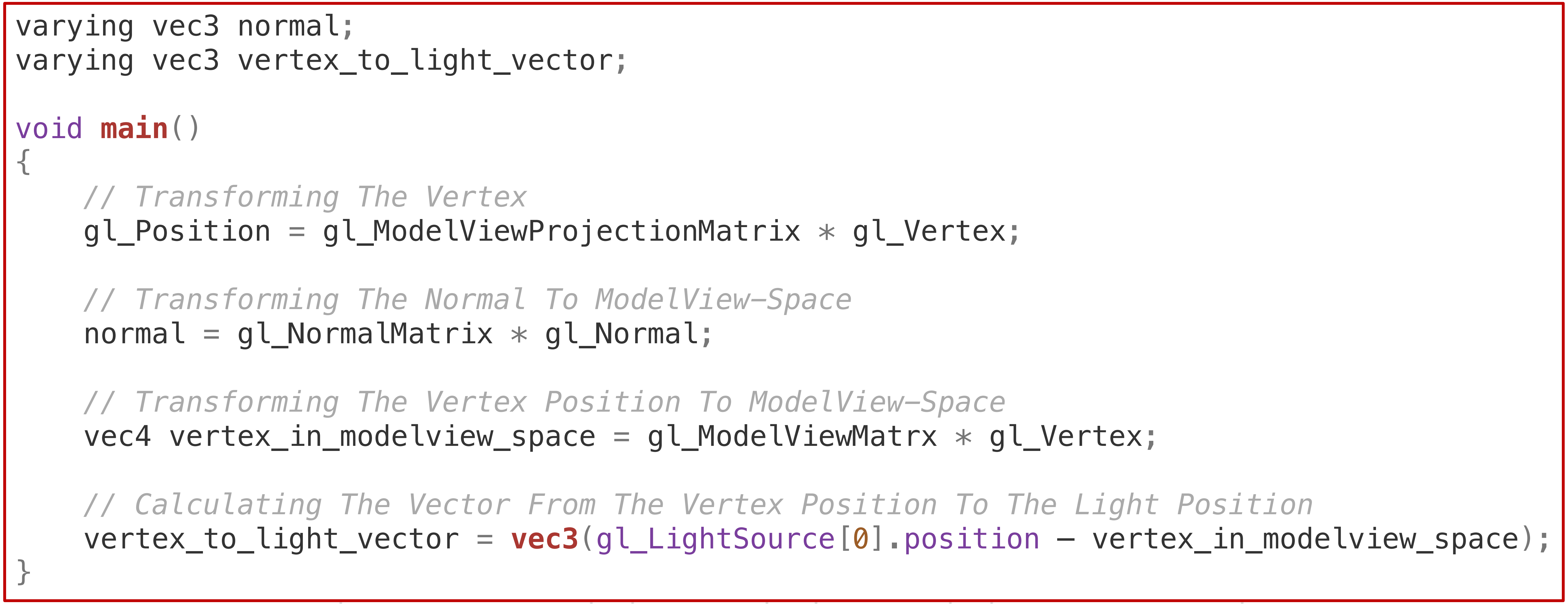


Image courtesy of Cliff Lindsay at WPI.

作业3：GLSL入门

- Vertex shader：齐次坐标顶点→屏幕坐标顶点
  - 同时产生顶点相关的属性（经过插值后将输入至fragment shader）



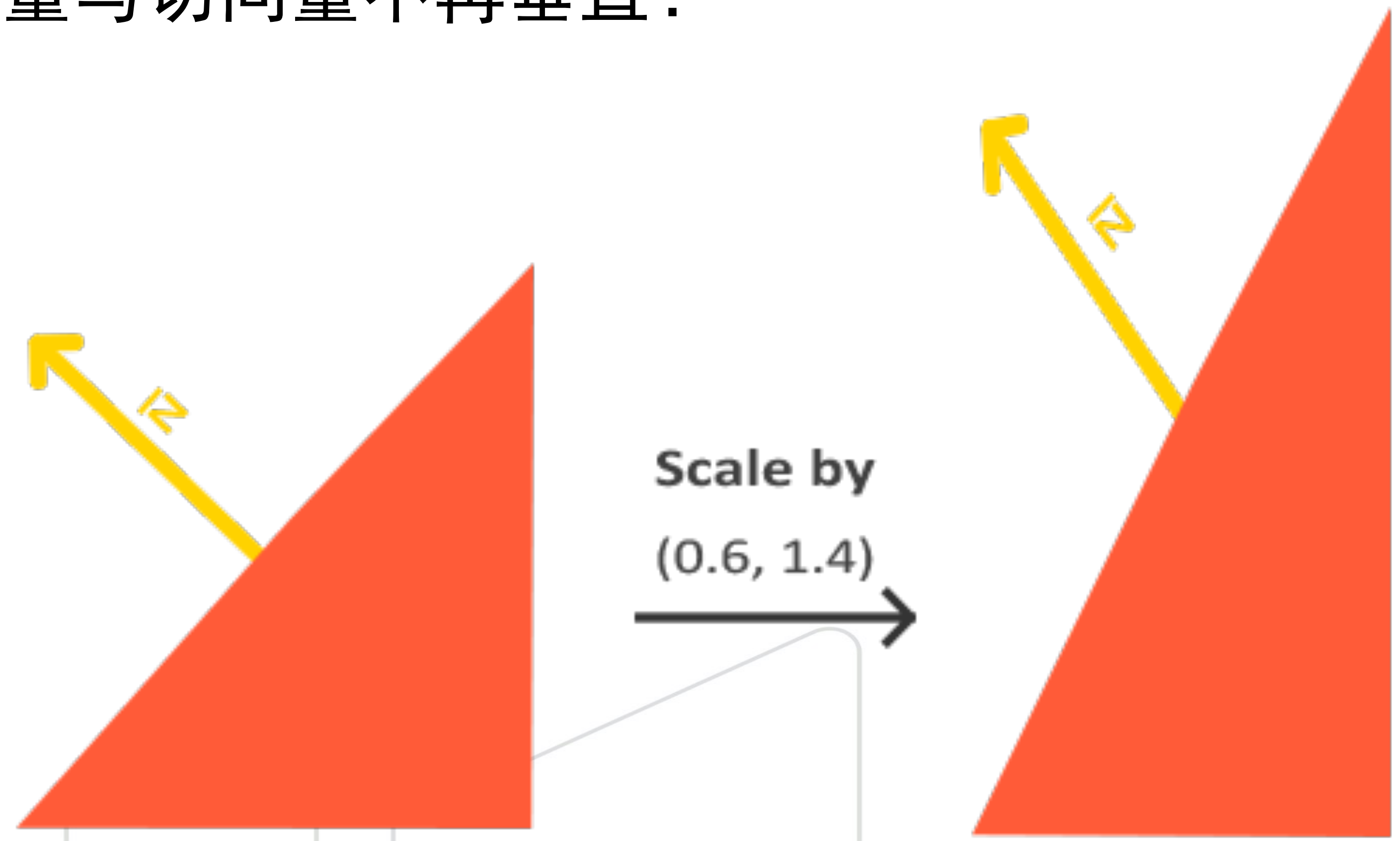
```
varying vec3 normal;
varying vec3 vertex_to_light_vector;

void main()
{
    // Transforming The Vertex
    gl_Position = gl_ModelViewProjectionMatrix * gl_Vertex;

    // Transforming The Normal To ModelView-Space
    normal = gl_NormalMatrix * gl_Normal;

    // Transforming The Vertex Position To ModelView-Space
    vec4 vertex_in_modelview_space = gl_ModelViewMatrx * gl_Vertex;

    // Calculating The Vector From The Vertex Position To The Light Position
    vertex_to_light_vector = vec3(gl_LightSource[0].position - vertex_in_modelview_space);
}
```

来自http://nehe.gamedev.net/article/glsl_an_introduction/25007/index.html

作业3：GLSL入门

Normal matrix

- 将向量v视为两个顶点的差$p-q$则其在camera space中为
  - $\mathbf{M}\cdot p-\mathbf{M}\cdot q=\mathbf{M}\cdot(p-q)=\mathbf{M}\cdot v$
  - 可适用于切向量，但不适用于法向量
  - Nonuniform scaling下，法向量与切向量不再垂直！
- 计算normal matrix
  - $n^T\cdot t=0$
  - $(N\cdot n)^T\cdot(M\cdot t)=0$
  - $n^T(N^TM)t=0$
  - $N=(M^{-1})^T$



图片来自于LearnOpenGL.com

作业3：GLSL入门

- Fragment shader：计算片元颜色
  - – 计算过程中可能使用顶点属性插值后得到的片元属性

```glsl
varying vec3 normal;
varying vec3 vertex_to_light_vector;

void main()
{
    // Defining The Material Colors
    const vec4 AmbientColor = vec4(0.1, 0.0, 0.0, 1.0);
    const vec4 DiffuseColor = vec4(1.0, 0.0, 0.0, 1.0);

    // Scaling The Input Vector To Length 1
    vec3 normalized_normal = normalize(normal);
    vec3 normalized_vertex_to_light_vector = normalize(vertex_to_light_vector);

    // Calculating The Diffuse Term And Clamping It To [0;1]
    float DiffuseTerm = clamp(dot(normal, vertex_to_light_vector), 0.0, 1.0);

    // Calculating The Final Color
    gl_FragColor = AmbientColor + DiffuseColor * DiffuseTerm;
}
```

作业3：GLSL入门

- GLSL中的数据类型
  - 向量：vec2, vec3, vec4, ivec2, ivec3, ivec4, bvec2, bvec3, bvec4
  - 矩阵：mat2, mat3, mat4
  - 纹理：sampler1D, sampler2D, sampler3D, samplerCube, sampler1Dshadow, sampler2Dshadow
- GLSL中的数据修饰词
  - uniform：对所有顶点而言为常量，不因顶点而异（如光源位置）
  - attribute：因顶点而异，只读，只能在vertex shader中使用
  - varying：vertex shader的输出，fragment shader的输入，传输过程中进行插值
  - in, out：表明变量为输入或输出

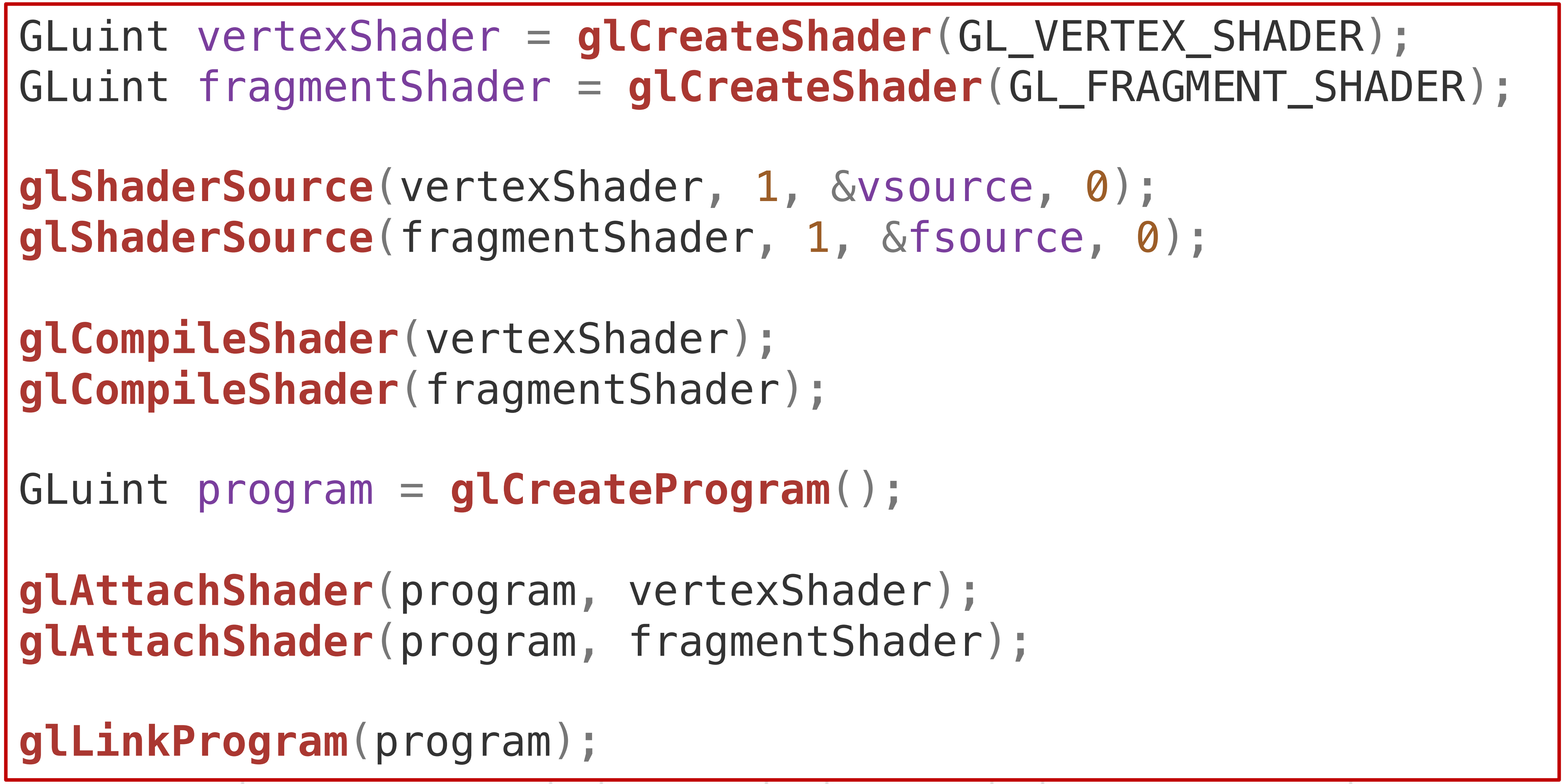
作业3：GLSL入门

GLSL中的内置变量

- Vertex shader中的内置attribute
  - gl_Vertex, gl_Normal, gl_Color, gl_MultiTexCoordX
- 内置uniform
  - gl_ModelViewMatrix, gl_ModelViewProjectionMatrix, gl_NormalMatrix
- Shader输出
  - vertex shader： gl_Position
  - fragment shader：gl_FragColor, gl_FragDepth

作业3：GLSL入门

- 编译GLSL着色器程序



```
GLuint vertexShader = glCreateShader(GL_VERTEX_SHADER);
GLuint fragmentShader = glCreateShader(GL_FRAGMENT_SHADER);

glShaderSource(vertexShader, 1, &vsource, 0);
glShaderSource(fragmentShader, 1, &fsource, 0);

glCompileShader(vertexShader);
glCompileShader(fragmentShader);

GLuint program = glCreateProgram();

glAttachShader(program, vertexShader);
glAttachShader(program, fragmentShader);

glLinkProgram(program);
```

作业3：GLSL入门

- 使用GLSL着色器程序
  - glUseProgram(program)：指明在接下来的绘制中使用program所代表的着色器程序
  - glUseProgram(0)：使用默认着色器
- 设置程序中uniform变量的值
  - 获取uniform变量在程序中的位置
    - glGetUniformLocation(program, ”variable_name")
  - 设置uniform变量在程序中的值
    - glUniform{a}{b}{c}(location, value);
    - {a}: 1, 2, 3, 4
    - {b}: f, i, ui
    - {c}: /, v

作业3：VBO

- 此前，我们的绘制方式是
  - 使用glVertex, glColor, glNormal指明顶点位置，颜色，法向量等信息
    - 慢：对每个顶点的每个属性都需要调用一次相应的函数，将数据传至OpenGL的buffer中，此后在绘制时，将buffer中内容传至显存进行绘制
  - 使用GLSL中的内置变量gl_Vertex，gl_Normal等引用这些信息

```
out vec3 normal;

void main()
{
    gl_Position = gl_ModelViewProjectionMatrix * gl_Vertex;
    normal = gl_NormalMatrix * gl_Normal;
}
```

- 当前趋势使用generic attributes，而非gl_Vertex等内置变量

作业3：VBO

- 使用VBO将需要绘制的内容放在编程人员创建的buffer中
  - 创建VBO：`void glGenBuffers(GLsizei n, GLuint* ids)`
  - 绑定VBO：`void glBindBuffer(GLenum target, GLuint id)`
  - 拷贝数据至VBO：`void glBufferData(GLenum target, GLsizei size, const void* data, GLenum usage)`
    - usage：GL_STATIC_DRAW，GL_STATIC_READ，GL_STATIC_COPY，GL_DYNAMIC_DRAW，GL_DYNAMIC_READ，GL_DYNAMIC_COPY，GL_STREAM_DRAW，GL_STREAM_READ，GL_STREAM_COPY
    - STATIC：拷贝一次后不再改变
    - DYNAMIC：程序运行过程中可能发生改变
    - STREAM：绘制过程中的每帧都发生改变
  - 删除VBO：`void glDeleteBuffers(GLsizei n, const GLuint* ids)`

作业3：VBO

- 使用VBO将需要绘制的内容放在编程人员创建的buffer中
  - 完整示例

```
GLuint vboId; // ID of VBO
GLfloat* vertices = new GLfloat[vCount*3]; // create vertex array

// generate a new VBO and get the associated ID
glGenBuffers(1, &vboId);
// bind VBO in order to use
glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, vboId);
// upload data to VBO
glBufferData(GL_ARRAY_BUFFER, dataSize, vertices, GL_STATIC_DRAW);
// it is safe to delete after copying data to VBO
delete [] vertices;
...
// delete VBO when program terminated
glDeleteBuffers(1, &vboId);
```

作业3：VBO

- 使用VBO将需要绘制的内容放在编程人员创建的buffer中
  - 拷贝部分数据至VBO
    - `void glBufferSubData(GLenum target, GLint offset, GLsizei size, void* data)`
  - 在VBO之间拷贝数据
    - `void glCopyBufferSubData(GLenum readtarget, GLenum writetarget, GLintptr readoffset, GLintptr writeoffset, GLsizeiptr size)`
  - 修改VBO内的数据

```
float data[] = {0.5f, 1.0f, -0.35f, [...]};
glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, buffer);
// get pointer
void *ptr = glMapBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, GL_WRITE_ONLY);
// now modify data: for example, copy data into memory
memcpy(ptr, data, sizeof(data));
// make sure to tell OpenGL we're done with the pointer
glUnmapBuffer(GL_ARRAY_BUFFER);
```

作业3：VBO

- 使用VBO进行绘制
  - 指明每个属性在VBO中的位置
    - glVertexPointer, glColorPointer, glNormalPointer, glTexCoordPointer
    - Generic: glVertexAttribPointer
  - 开启/关闭相应属性的使用
    - glEnableClientState/glDisableClientState
      - GL_VERTEX_ARRAY, GL_COLOR_ARRAY, GL_NORMAL_ARRAY, GL_TEX_COORD_ARRAY
    - Generic: glEnableVertexAttribArray/glDisableVertexAttribArray
  - 绘制函数
    - glDrawArrays, glMultiDrawArrays, glDrawElements, glMultiDrawElements, glDrawRangeElements

作业3：VBO

- 使用VBO进行绘制（使用内置变量）

```
// bind VBOs for vertex array and index array
glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, vboId1); // for vertex attributes
glBindBuffer(GL_ELEMENT_ARRAY_BUFFER, vboId2); // for indices

glEnableClientState(GL_VERTEX_ARRAY); // activate vertex position array
glEnableClientState(GL_NORMAL_ARRAY); // activate vertex normal array
glEnableClientState(GL_TEXTURE_COORD_ARRAY); // activate texture coord array

// do same as vertex array except pointer
glVertexPointer(3, GL_FLOAT, stride, offset1); // last param is offset, not ptr
glNormalPointer(GL_FLOAT, stride, offset2);
glTexCoordPointer(2, GL_FLOAT, stride, offset3);

// draw 6 faces using offset of index array
glDrawElements(GL_TRIANGLES, 36, GL_UNSIGNED_BYTE, 0);

glDisableClientState(GL_VERTEX_ARRAY); // deactivate vertex position array
glDisableClientState(GL_NORMAL_ARRAY); // deactivate vertex normal array
glDisableClientState(GL_TEXTURE_COORD_ARRAY); // deactivate vertex tex coord array

// bind with 0, so, switch back to normal pointer operation
glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, 0);
glBindBuffer(GL_ELEMENT_ARRAY_BUFFER, 0);
```

作业3：VBO

- 使用VBO进行绘制（使用generic属性）

```
// bind VBOs for vertex array and index array
glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, vboId1); // for vertex coordinates
glBindBuffer(GL_ELEMENT_ARRAY_BUFFER, vboId2); // for indices

glEnableVertexAttribArray(attribVertex); // activate vertex position array
glEnableVertexAttribArray(attribNormal); // activate vertex normal array
glEnableVertexAttribArray(attribTexCoord); // activate texture coords array

// set vertex arrays with generic API
glVertexAttribPointer(attribVertex, 3, GL_FLOAT, false, stride, offset1);
glVertexAttribPointer(attribNormal, 3, GL_FLOAT, false, stride, offset2);
glVertexAttribPointer(attribTexCoord, 2, GL_FLOAT, false, stride, offset3);

// draw 6 faces using offset of index array
glDrawElements(GL_TRIANGLES, 36, GL_UNSIGNED_BYTE, 0);

glDisableVertexAttribArray(attribVertex); // deactivate vertex position
glDisableVertexAttribArray(attribNormal); // deactivate vertex normal
glDisableVertexAttribArray(attribTexCoord); // deactivate texture coords

// bind with 0, so, switch back to normal pointer operation
glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, 0);
glBindBuffer(GL_ELEMENT_ARRAY_BUFFER, 0);
```

作业3：VBO

- 使用内置变量 vs 使用generic属性
  - 内置变量

```
out vec3 normal;

void main()
{
    gl_Position = gl_ModelViewProjectionMatrix * gl_Vertex;
    normal = gl_NormalMatrix * gl_Normal;
}
```

  - generic属性

```
layout (location=0) in vec3 vertex_attrib;
layout (location=1) in vec3 normal_attrib;
uniform mat4 model;
uniform mat4 view;
uniform mat4 projection;
out vec3 normal;

void main()
{
    gl_Position = projection*view*model*vertex_attrib;
    normal = mat3(transpose(inverse(view*model))*normal_attrib;
}
```

Questions?