# Лабораторная работа №2. OpenGL

Стандарт OpenGL (Open Graphics Library - открытая графическая библиотека) был создан и утвержден как эффективный аппаратно-независимый интерфейс, пригодный для реализации на различных платформах. Для использования функций стандарта OpenGL в языке С# будет использоваться библиотека OpenTK, она является открытой и бесплатной.

## OpenTK

Open Toolkit позволяет использовать OpenGL, OpenGL|ES, OpenCL и OpenAL APIs из управляемых языков.

OpenTK начинался как экспериментальное ответвление от "Tao framework" в начале лета 2006 года. Оригинальной целью было создать более чистую обертку (wrapper) чем Tao.OpenGL, однако достаточно быстро появилась другая задача - обеспечить доступ к начальной инициализации Khronos и Creative API. В этом смысле Open Toolkit похож на такие проекты, как Tao, SlimDX, SDL или GLFW.

Однако в отличии от этих библиотек OpenTK значительно сосредоточен на формировании удобного интерфейса. Вместо указателей, OpenTK предоставляет обобщенные классы (generic). Вместо простых констант, OpenTK использует строго-типизированные перечисления. Вместо обычного списка функций, OpenTK разделяет функции по категориям. Также в состав OpenTK включена достаточно обширная математическая библиотека, которая может быть использована из любого API.

## Установка OpenTK и подключение к проекту.

Скачайте установщик OpenTK с официального сайта [1] и установите. Создайте новый проект Windows Forms Application так же, как в предыдущей лабораторной работе. Откройте SolutionExplorer, нажмите ПКМ по папке References -> Add Reference. В открывшемся окне выберите вкладку Browse и найдите библиотеки OpenTK.dll и OpenTK.GLControl.dll (По умолчанию dll лежат в папке Documents -> OpenTK -> 1.1 -> Binaries -> OpenTK - > Release). Откройте панель ToolBox, Нажмите ПКМ в свободной области -> Choose Items, на вкладке .NET Framework Components включите элемент GLControl, и добавьте его на форму. На форме появится черный прямоугольник.

## Настройка окна вывода OpenGL и перспективной проекции.

Создайте новый класс GLGraphics. С помощью директивы using подключите OpenTK.

using OpenTK;

using OpenTK.Graphics.OpenGL;

Создайте функцию Init(), которая будет инициализировать начальное состояние OpenGL/

Создайте функцию Resize() c параметрами width и height – размерами окна для OpenGL.

public void Resize(int width, int height)

{

Вызовите функцию ClearColor, заливающую буфер экрана одним цветом. Функцией ShadeModel установите тип отрисовки полигонов с оттенками (smooth shading). Включите буфер глубины.

GL.ClearColor(Color.DarkGray);

GL.ShadeModel(ShadingModel.Smooth);

GL.Enable(EnableCap.DepthTest);

Создайте матрицу проекции, настройте ее согласно по размерам окна, и загрузите в контекст OpenGL. Для дополнительной информации про матрицу проекции прочитайте тут[2].

Matrix4 perspectiveMat = Matrix4.CreatePerspectiveFieldOfView(

MathHelper.PiOver4,

width / (float)height,

1,

64);

GL.MatrixMode(MatrixMode.Projection);

GL.LoadMatrix(ref perspectiveMat);

В классе GLGraphics создайте функцию Update(). Добавьте в нее строку, очищающую буферы.

public void Update()

{GL.Clear(ClearBufferMask.ColorBufferBit | ClearBufferMask.DepthBufferBit);

В классе Form1 создайте экземпляр класса GLGraphics и инициализируйте конструктором по умолчанию.

public partial class Form1 : Form

{GLGraphics GLGraphics = new GLGraphics();

Откройте свойства вашего glControl, откройте список доступных Events и двойным щелчком создайте метод Load, и в нем вызовите функцию Setup с размерами вашего glcontrol она в качестве параметров.

private void glControl1\_Load(object sender, EventArgs e)

{glGraphics.Resize(glControl1.Width, glControl1.Height);

Аналогичным способом создайте метод Paint, и в нем вызовите метод Update.

private void glControl1\_Paint(object sender, PaintEventArgs e)

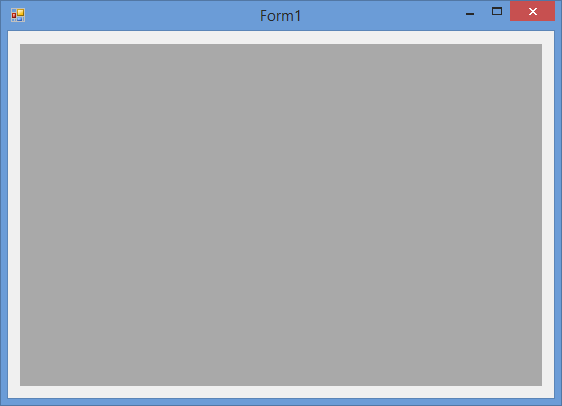
{

GLGraphics.Update();

glControl1.SwapBuffers();

}

Запустите программу. На данном этапе glContol должен окраситься в серый цвет.



## Настройка позиции камеры и рисование тестового квадрата.

В классе GLGraphics создайте функцию drawTestQuad. Рисование примитивов в OpenGL начинается функцией glBenig(), за которой идут координаты вершин (вместе с координатами вершин могут идти цвет этих вершин, нормали, тестурные координаты), и заканчивается рисование функцией glEnd. OpenTK оборачивает вызовы функций на языке С в свои C# функции.

private void drawTestQuad()

{

GL.Begin(PrimitiveType.Quads);

GL.Color3(Color.Blue);

GL.Vertex3(-1.0f, -1.0f, -1.0f);

GL.Color3(Color.Red);

GL.Vertex3(-1.0f, 1.0f, -1.0f);

GL.Color3(Color.White);

GL.Vertex3(1.0f, 1.0f, -1.0f);

GL.Color3(Color.Green);

GL.Vertex3(1.0f, -1.0f, -1.0f);

GL.End();

}

Создайте функцию Render, в которой вызовите только что созданный метод drawTestQuad.

public void Render()

{

drawTestQuad();

}

Создайте переменные Vector3, в которых будет храниться параметры положения камеры.

class GLGraphics

{

Vector3 cameraPosition = new Vector3(2, 3, 4);

Vector3 cameraDirecton = new Vector3(0, 0, 0);

Vector3 cameraUp = new Vector3(0, 0, 1);

В уже созданную функцию Update добавьте код, который создает матрицу преобразования вида с помощью координат камеры и загружает матрицу в контекст OpenGL. Вызовите функцию Render для отрисовки тестового квадрата.

public void Update()

{

GL.Clear(ClearBufferMask.ColorBufferBit | ClearBufferMask.DepthBufferBit);

Matrix4 viewMat = Matrix4.LookAt(cameraPosition, cameraDirecton, cameraUp);

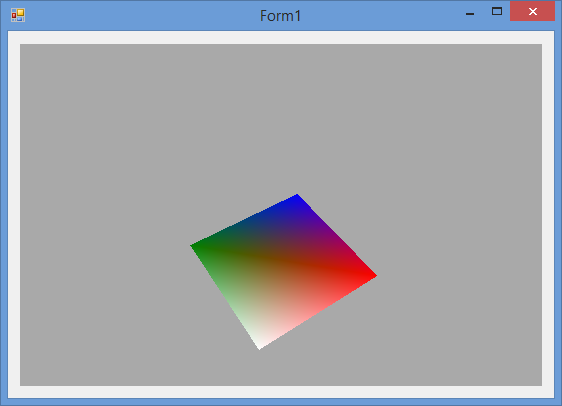
GL.MatrixMode(MatrixMode.Modelview);

GL.LoadMatrix(ref viewMat);

Render();

}

Запустите программу, на экране должен появиться квадрат, раскрашенный градиентом.



## Добавление интерактивности

Для того, чтобы лучше почувствовать объем, нужно реализовать передвижение в пространстве. В данном пособии перемещение в пространстве будет реализовано следующим образом: Камера устремлена в центр координат и движется по окружающей сфере подобно спутнику.

Создайте в классе переменные для радиуса окружающей сферы и угла по широте и долготе.

public float latitude = 47.98f;

public float longitude = 60.41f;

public float radius = 5.385f;

В функции Update создайте вычисление текущей позиции камеры по радиусу и углам широты и долготы, для вычислений используйте формулы перехода от сферических координат к декартовым.

cameraPosition = new Vector3(

(float)(radius\*Math.Cos(Math.PI/180.0f\*latitude)\*Math.Cos(Math.PI/180.0f\*longitude)),

(float)(radius\*Math.Cos(Math.PI/180.0f\*latitude)\*Math.Sin(Math.PI/180.0f\*longitude)),

(float)(radius \* Math.Sin(Math.PI / 180.0f \* latitude)));

Откройте методы Events у расположенного на форме glContol и двойным щелчком создайте метод MouseMove. В методе пропишите преобразование координат текущего положения мыши в расстояние от центра изображения до текущего положения мыши, нормализуйте от -0.5 до 0.5, умножьте

private void glControl1\_MouseMove(object sender, MouseEventArgs e)

{

float widthCoef = (e.X - glControl1.Width \* 0.5f) / (float)glControl1.Width;

float heightCoef = (-e.Y + glControl1.Height \* 0.5f) / (float)glControl1.Height;

GLGraphics.latitude = heightCoef \* 180;

GLGraphics.longitude = widthCoef \* 360;

}

## Трансформация объекта

Трансформировать объекты принято в следующем порядке:

1. Масштабирование (функция scale);
2. Поворот (функция rotate);
3. Перемещение (функция translate).

Чтобы трансформация затрагивала только один объект, до трансформаций вызывается функция pushMatrix, а после отрисовки трансформированного объекта функция popMatrix. Для объектов, рисуемых после данного вызова, трансформации нужно применять заново. Отдельно можно уточнить функцию Rotate: в качестве параметров для нее используются угол, на который нужно повернуть рисуемый объект, и вектор, вокруг которого поворот происходит.

В функцию Render добавьте код, который рисует копию уже нарисованного квадрата с примененными к нему трансформациями.

drawTestQuad();

GL.PushMatrix();

GL.Translate(1, 1, 1);

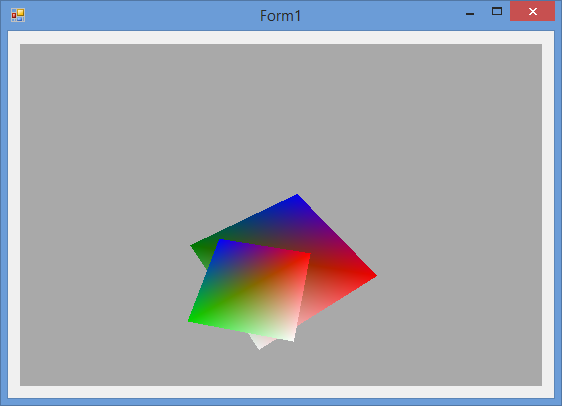
GL.Rotate(45, Vector3.UnitZ);

GL.Scale(0.5f, 0.5f, 0.5f);

drawTestQuad();

GL.PopMatrix();

Результатом работы вашей программы должно быть подобное изображение.



Самый простой способ создания анимации вращения – хранить значение угла в переменной, которую изменять по определенному закону, и перерисовывать изображение.

В классе GLGraphics создайте переменную rotateAngle типа float. В функции Update ее увеличьте значение на константу, например, на 0.1. В методе Render используйте эту переменную в качестве значения угла поворота. Создайте функцию Application\_Idle, которая будет заставлять вашу форму перерисовываться.

void Application\_Idle(object sender, EventArgs e)

{

while (glControl1.IsIdle)

glControl1.Refresh();

}

В методе glcontrol\_load подключите созданную нами функцию к событию формы idle.

Application.Idle += Application\_Idle;

## Наложение текстуры

Для наложения текстур на объекты используются текстурные координаты.

В классе GLGraphics создайте функцию loadTexture, которая загружает текстуру из изображения в память видеокарты. Результатом работы этой функции будет являться ID текстуры, который будет использоваться для того, чтобы указать, какую текстуру применять.

public int LoadTexture(String filePath)

{

try

{

Bitmap image = new Bitmap(filePath);

int texID = GL.GenTexture();

GL.BindTexture(TextureTarget.Texture2D, texID);

BitmapData data = image.LockBits(

new System.Drawing.Rectangle(0, 0, image.Width, image.Height),

ImageLockMode.ReadOnly, System.Drawing.Imaging.PixelFormat.Format32bppArgb);

GL.TexImage2D(TextureTarget.Texture2D, 0,

PixelInternalFormat.Rgba, data.Width, data.Height, 0,

OpenTK.Graphics.OpenGL.PixelFormat.Bgra, PixelType.UnsignedByte, data.Scan0);

image.UnlockBits(data);

GL.GenerateMipmap(GenerateMipmapTarget.Texture2D);

return texID;

}

catch (System.IO.FileNotFoundException е)

{

return -1;

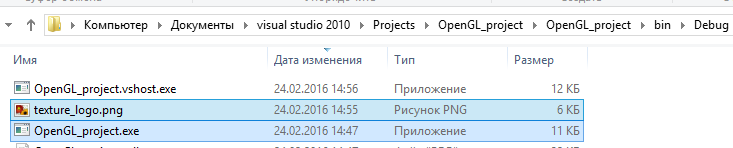
}

}

Создайте список номеров текстур и инициализируйте конструктором по умолчанию.

public List<int> texturesIDs = new List<int>();

Скопируйте файл, который будете использовать в качестве текстуры, в папку с исполняемым файлом (.exe). Чтобы открыть папку с исполняемым файлом, откройте SolutionExplorer, нажмите по проекту ПКМ -> Open Folder in Windows Explorer. В открывшемся окне перейдете в папку bin -> Debug (или Release, если вы собираете Release версию). Скопируйте вашу текстуру в данную папку.



Загрузите текстуру с помощью написанной вами функции. Загрузить текстуру нужно один раз при запуске программы. Нет разницы в том, вызывать загрузку текстуры из класса Form1 или из класса GLGraphics. Например, при загрузке текстур внутри функции glControl\_load код будет выглядеть так:

int texID = GLGraphics.LoadTexture("texture\_logo.png");

GLGraphics.texturesIDs.Add(texID);

Создайте метод drawTextureQuad по аналогии с методом drawtextquad. Главным отличием является то, что в новой функции каждой вершине ставится в соответствие текстурная координата.

private void drawTexturedQuad()

{

GL.Enable(EnableCap.Texture2D);

GL.BindTexture(TextureTarget.Texture2D, texturesIDs[0]);

GL.Begin(PrimitiveType.Quads);

GL.Color3(Color.Blue);

GL.TexCoord2(0.0, 0.0);

GL.Vertex3(-1.0f, -1.0f, -1.0f);

GL.Color3(Color.Red);

GL.TexCoord2(0.0, 1.0);

GL.Vertex3(-1.0f, 1.0f, -1.0f);

GL.Color3(Color.White);

GL.TexCoord2(1.0, 1.0);

GL.Vertex3(1.0f, 1.0f, -1.0f);

GL.Color3(Color.Green);

GL.TexCoord2(1.0, 0.0);

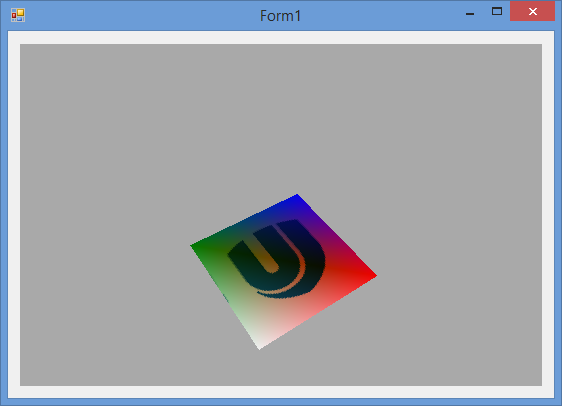
GL.Vertex3(1.0f, -1.0f, -1.0f);

GL.End();

GL.Disable(EnableCap.Texture2D);

}

Вызовите функцию, рисующую текстурированный квадрат, в функции Render. Проверьте правильность отрисовки.



## Освещение в OpenGL

Настройку освещения в OpenGL можно условно разделить на две части: настройка источников света и настройка материала освещаемых объектов. В данной лабораторной работе для всех объектов будет использоваться один и тот же материал для упрощения работы.

В OpenGL реализовано моделирование освещения точечными источниками света (до 8 источников света).

В классе GLGraphics создайте метод SetupLightning. Внутри метода включите расчет освещения, включите нулевой источник света, включите освещение, включите освещение освещение цветных вершин.

GL.Enable(EnableCap.Lighting);

GL.Enable(EnableCap.Light0);

GL.Enable(EnableCap.ColorMaterial);

Установите положение источника света.

Vector4 lightPosition = new Vector4(1.0f, 1.0f, 4.0f, 0.0f);

GL.Light(LightName.Light0, LightParameter.Position, lightPosition);

Установите ambient цвет источника – цвет, который будет иметь объект, не освещенный источником.

Vector4 ambientColor = new Vector4(0.2f, 0.2f, 0.2f, 1.0f);

GL.Light(LightName.Light0, LightParameter.Ambient, ambientColor);

Установите diffuse цвет источника – цвет, который будет иметь объект, освещенный источником.

Vector4 diffuseColor = new Vector4(0.6f, 0.6f, 0.6f, 1.0f, 1.0f);

GL.Light(LightName.Light0, LightParameter.Diffuse, diffuseColor);

Для создания бликов на поверхностях установите всем материалам зеркальную составляющую. Из-за большого значения диффузной составляющей зеркальную не будет видно до тех пор, пока она не примет очень большое значение. В данном пособии Specular компонента будет включена для всех объектов, но в настоящий проектах specular составляющая устанавливается для каждого материала отдельно.

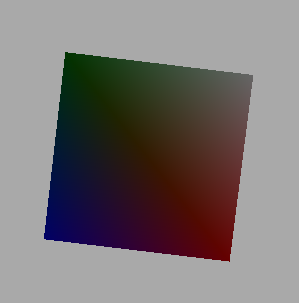
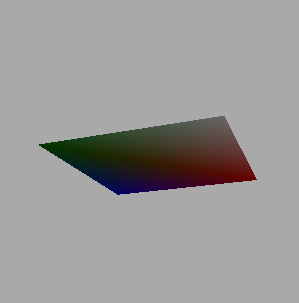
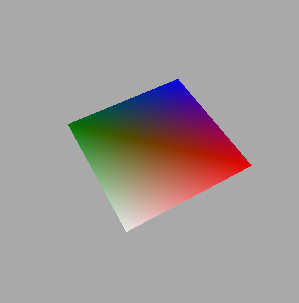
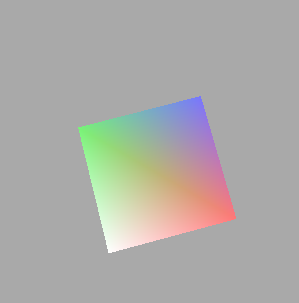
Vector4 materialSpecular = new Vector4(1.0f, 1.0f, 1.0f, 1.0f);

GL.Material(MaterialFace.Front, MaterialParameter.Specular, materialSpecular);

float materialShininess = 100;

GL.Material(MaterialFace.Front, MaterialParameter.Shininess, materialShininess);

Вызовите созданную функцию SetupLightning в методе Resize, посмотрите на цветной квадрат под разными углами. Квадрат с освещенной стороны должен изменять свой цвет в зависимости от угла просмотра, а с неосвещенной стороны быть темным и не менять свой цвет в зависимости от угла.



## Рисование объекта с большим числом полигонов

Для того, чтобы нарисовать сферу, создайте функцию DrawSphere. В приведенном ниже коде рассматривается создание сферы из четырехугольников подобно тому, как поверхность глобуса разбита на четырехугольники линиями широты и долготы. Количество четырехугольник по ширине и высоте задается параметрами nx и ny. На сфере единичного радиуса значение нормали в точке совпадает с координатой точки, что очень удобно.

private void DrawSphere(double r, int nx, int ny)

{

int ix, iy;

double x, y, z;

for (iy = 0; iy < ny; ++iy)

{

GL.Begin(BeginMode.QuadStrip);

for (ix = 0; ix <= nx; ++ix)

{

x = r \* Math.Sin(iy \* Math.PI / ny) \* Math.Cos(2 \* ix \* Math.PI / nx);

y = r \* Math.Sin(iy \* Math.PI / ny) \* Math.Sin(2 \* ix \* Math.PI / nx);

z = r \* Math.Cos(iy \* Math.PI / ny);

GL.Normal3(x, y, z);

GL.Vertex3(x, y, z);

x = r \* Math.Sin((iy + 1) \* Math.PI / ny) \* Math.Cos(2 \* ix \* Math.PI / nx);

y = r \* Math.Sin((iy + 1) \* Math.PI / ny) \* Math.Sin(2 \* ix \* Math.PI / nx);

z = r \* Math.Cos((iy + 1) \* Math.PI / ny);

GL.Normal3(x, y, z);

GL.Vertex3(x, y, z);

}

GL.End();

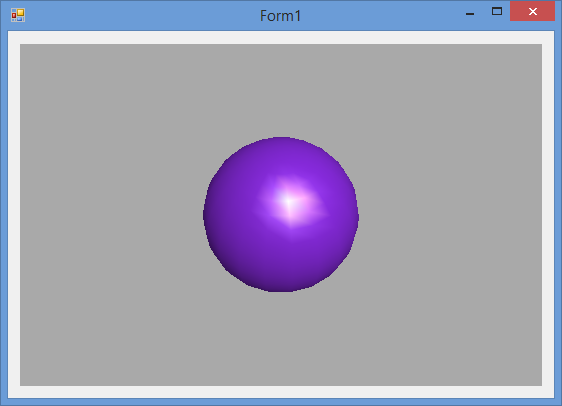
}

}

Вызовите созданную функцию в методе Render, предварительно установив сфере цвет. Посмотрите на сферу под разными углами с включенным освещением и бликами.

*GL*.*Color3*(*Color*.*BlueViolet*);

drawSphere(1.0f,20,20);



## Задания для самостоятельного выполнения

Применив полученные знания, выполните следующие задания.

* Создайте остальные графические примитивы: Point, Line, Triangle, TriangleStrip, TriangleFan и др.
* Создайте функцию DrawCube, которая будет рисовать куб с 6 гранями, наложите на разные грани разные текстуры.
* Измените код так, чтобы объект двигался по круговой траектории.
* Создайте два источника света разных цветов, рядом с какой-либо поверхностью, чтобы увидеть, как происходит смешивание освещений.

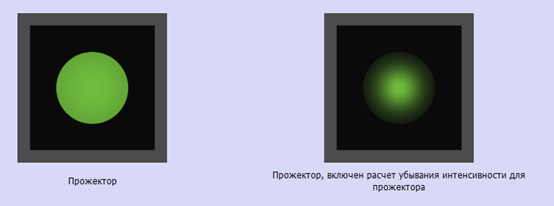
## Дополнительные задания

Для дополнительного развития навыков программирования, выполните следующие задания.

* Добавьте возможность изменения дальности камеры от начала координат при помощи клавиш клавиатуры или колесика мыши.
* Измените код так, чтобы объект двигался по закону плоского математического маятника, либо пружинного маятника.
* Добавьте в код сферы создание текстурных координат у вершин, и наложите на сферу текстуру.
* Реализуйте различные типа освещения: реализация различных типов освещения на языке C++ и C# можно изучить по ссылкам[3,4].







## Ссылки

1. <http://www.opentk.com/>
2. <http://opengl-tutorial.blogspot.ru/p/3.html>
3. <http://esate.ru/uroki/OpenGL/uroki_opengl/_p4077/>
4. <http://www.intuit.ru/studies/courses/2313/613/lecture/13305>