

# OpenGL

Лекция 1 (19.09.2013)

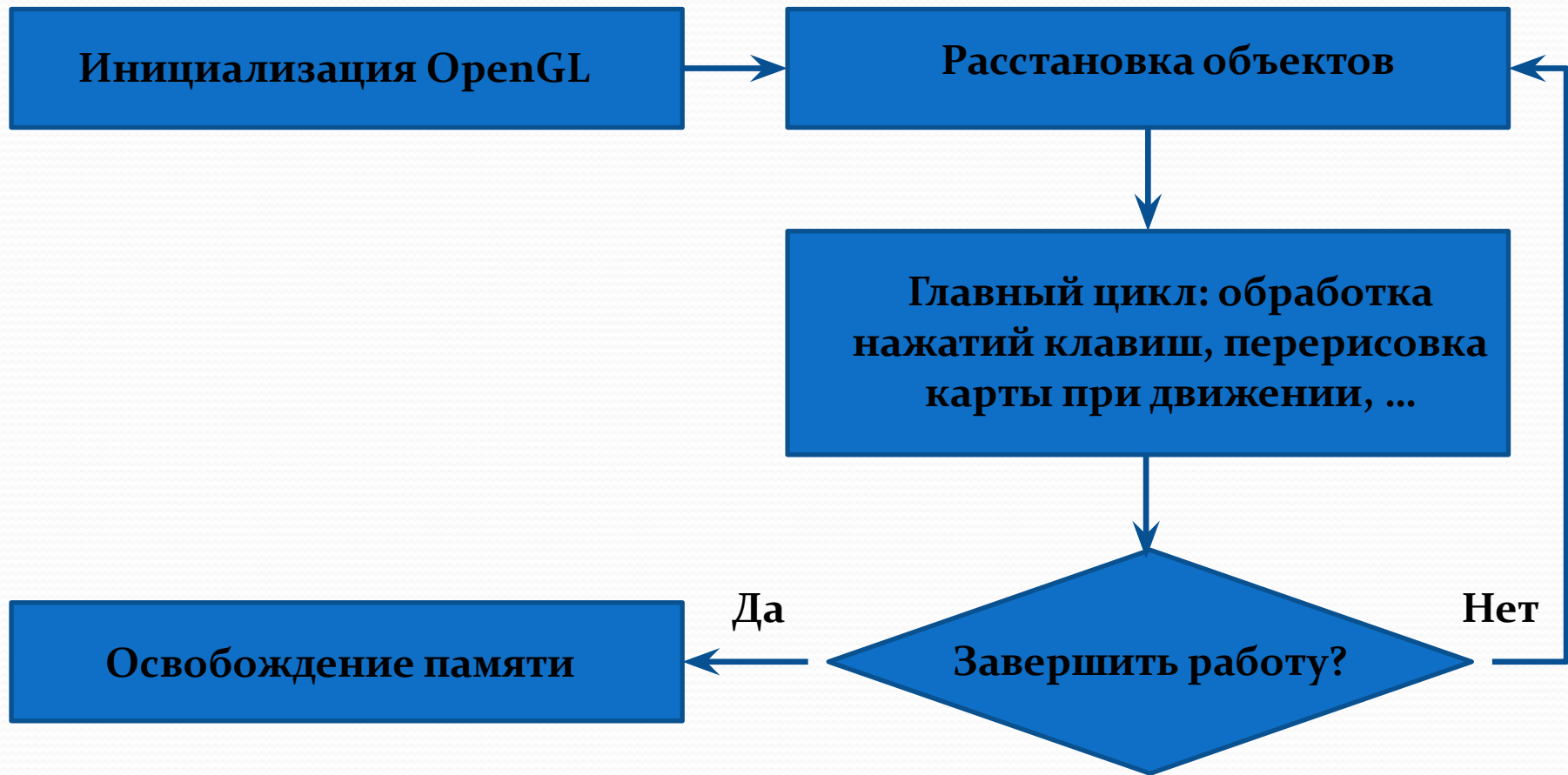
# Основные возможности OpenGL

- Набор базовых примитивов: точки, линии, многоугольники и т.п.
- Видовые и координатные преобразования
- Удаление невидимых линий и поверхностей (z-буфер)
- Использование сплайнов для построения линий и поверхностей
- Наложение текстуры и применение освещения
- Добавление специальных эффектов: тумана, изменение прозрачности, сопряжение цветов (blending), устранение ступенчатости (anti-aliasing).

# Библиотеки OpenGL

- На данный момент реализация OpenGL включает в себя несколько библиотек (описание базовых функций OpenGL, GLU, GLUT, GLAUX и другие).
- Библиотека GLAUX уступает по популярности написанной несколько позже библиотеке GLUT, хотя они предоставляют примерно одинаковые возможности.
- В состав библиотеки GLU вошла реализация более сложных функций, таких как набор популярных геометрических примитивов (куб, шар, цилиндр, диск), функции построения сплайнов, реализация дополнительных операций над матрицами и т.п. Все они реализованы через базовые функции OpenGL.

# Структура программы на OpenGL



# Названия команд

- `type glCommand_name[1 2 3 4][b s i f d ub us ui][v](type1 arg1,...,typeN argN)`
- `gl` это имя библиотеки, в которой описана эта функция: для базовых функций OpenGL, функций из библиотек GLU, GLUT, GLAUX это `gl`, `glu`, `glut`, `aux` соответственно.
- `Command_name` имя команды `[1 2 3 4]` число аргументов команды `[b s i f d ub us ui]` тип аргумента:
- символ `b` означает тип `GLbyte` (аналог `char` в `C\C++`), символ `f` тип `GLfloat` (аналог `float`), символ `i` – тип `GLint` (аналог `int`) и так далее. Полный список типов и их описание можно посмотреть в файле `gl.h`
- `[v]` наличие этого символа показывает, что в качестве параметров функции используется указатель на массив значений

# Инициализация OpenGL

- Инициализация проводится с помощью функции `glutInit(int *argc, char **argv)`
- Эта функция проводит необходимые начальные действия для построения окна приложения, и только несколько функций GLUT могут быть вызваны до нее. К ним относятся:
- `glutInitWindowPosition` (int x, int y)  
`glutInitWindowSize` (int width, int height)  
`glutInitDisplayMode` (unsigned int mode) Первые две функции задают соответственно положение и размер окна, а последняя функция определяет различные режимы отображения информации, которые могут совместно задаваться с использованием операции побитового “или” (|):

# Режимы отображения

- **GLUT\_RGBA** Режим RGBA. Используется по умолчанию, если не указаны явно режимы **GLUT\_RGBA** или **GLUT\_INDEX**. **GLUT\_RGB** То же, что и **GLUT\_RGBA**. **GLUT\_INDEX** Режим индексированных цветов (использование палитры). Отменяет **GLUT\_RGBA**. **GLUT\_SINGLE** Окно с одиночным буфером. Используется по умолчанию. **GLUT\_DOUBLE** Окно с двойным буфером. Отменяет **GLUT\_SINGLE**. **GLUT\_DEPTH** Окно с буфером глубины.

# Виды буферов

- Двойной буфер обычно используют для анимации, сначала рисуя что-нибудь в одном буфере, а затем меняя их местами, что позволяет избежать мерцания. Буфер глубины или z-буфер используется для удаления невидимых линий и поверхностей.



# Листинг инициализации

- `glutInit(&argc, argv);`
- `glutInitDisplayMode(GLUT_DOUBLE |  
GLUT_DEPTH | GLUT_RGB);`
- `int cx = GetSystemMetrics(SM_CXFULLSCREEN);  
int cy = GetSystemMetrics(SM_CYFULLSCREEN);`
- `glutInitWindowSize(cx, cy);`
- `glutCreateWindow("Lecture 1");`

# Обработка событий

- void **glutDisplayFunc** (void (\*func) (void))
- void **glutReshapeFunc** (void (\*func) (int width, int height))
- void **glutMouseFunc** (void (\*func) (int button, int state, int x, int y))
- void **glutIdleFunc** (void (\*func) (void))
- Параметром для них является имя соответствующей функции заданного типа. С помощью **glutDisplayFunc()** задается функция рисования для окна приложения, которая вызывается при необходимости создания или восстановления изображения. Для явного указания, что окно надо обновить, иногда удобно использовать функцию void **glutPostRedisplay**(void)
- Через **glutReshapeFunc()** устанавливается функция обработки изменения размеров окна пользователем, которой передаются новые размеры.
- **glutMouseFunc()** определяет обработчика команд от мыши, а **glutIdleFunc()** задает функцию, которая будет вызываться каждый раз, когда нет событий от пользователя.
- Контроль всех событий происходит внутри бесконечного цикла в функции void **glutMainLoop**(void) которая обычно вызывается в конце любой программы, использующей GLUT.

# Структура приложения, использующего анимацию

- `#include <GL/glut.h>`
- `void MyIdle(void){ ... };`
- `void MyDisplay(void){ ... glutSwapBuffers(); };`
- `void main(int argc, char **argv){`
- `glutInit(&argc, argv);`
- `glutInitWindowSize(640, 480);`
- `glutInitWindowPosition(0, 0);`
- `glutCreateWindow("My OpenGL Application");`
- `glutInitDisplayMode(GLUT_RGBA | GLUT_DOUBLE | GLUT_DEPTH);`
- `glutDisplayFunc(MyDisplay);`
- `glutIdleFunc(MyIdle);`
- `glutMainLoop();`
- `};`

# Очистка экрана

- Для задания цвета фона используется команда `void glColorClear(GLclampf red, GLclampf green, GLclampf blue, GLclampf alpha)`. Значения должны находиться в отрезке  $[0,1]$  и по умолчанию равны нулю. После этого вызов команды `void glColorClear(GLbitfield mask)` с параметром `GL_COLOR_BUFFER_BIT` устанавливает цвет фона во все буфера, доступные для записи цвета (иногда удобно использовать несколько буферов цвета).
- `glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);`  
`glLoadIdentity();`
- Вызов функции `glLoadIdentity()` устанавливает начало системы координат в центр экрана, причем ось  $X$  идет слева направо, ось  $Y$  вверх и вниз, а ось  $Z$  к и от наблюдателя. Центр OpenGL экрана находится в точке  $0, 0, 0$ . Координаты, расположенные слева, снизу и вглубь от него, имеют отрицательное значение, расположенные справа, сверху и по направлению к наблюдателю – положительное.

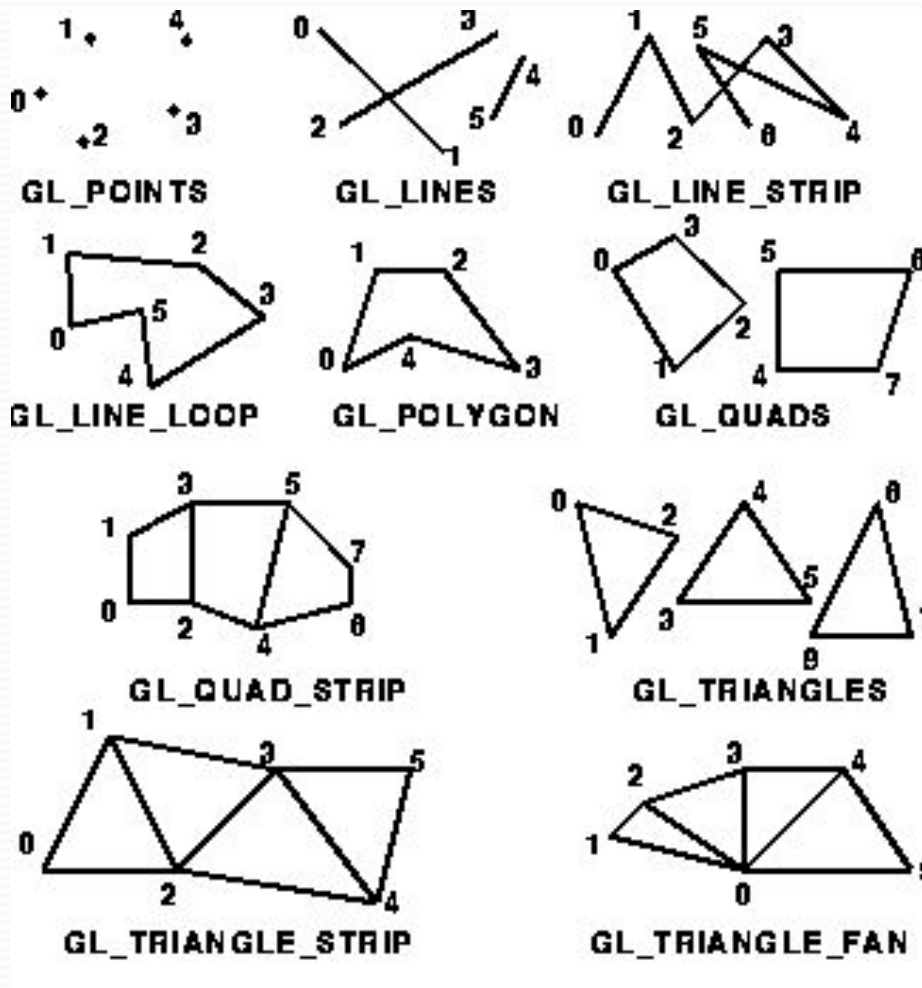
# Вершины

- Под вершиной понимается точка в трехмерном пространстве, координаты которой можно задавать следующим образом:
- `void glVertex[2 3 4][s i f d](type coords)`
- `void glVertex[2 3 4][s i f d]v(type *coords)`
- Координаты точки задаются максимум четырьмя значениями:  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $w$ , при этом можно указывать два ( $x, y$ ) или три ( $x, y, z$ ) значения, а для остальных переменных в этих случаях используются значения по умолчанию:  $z=0$ ,  $w=1$ . Как уже было сказано выше, число в названии команды соответствует числу явно задаваемых значений, а последующий символ – их типу.
- Координатные оси расположены так, что точка  $(0,0)$  находится в левом нижнем углу экрана, ось  $x$  направлена влево, ось  $y$  – вверх, а ось  $z$  – из экрана. Это расположение осей мировой системы координат, в которой задаются координаты вершин объекта, другие системы координат будут рассмотрены ниже.

# Примитивы

- Задание примитива происходит внутри командных скобок:
- `void glBegin(GLenum mode)`
- `void glEnd(void)`
- Параметр `mode` определяет тип примитива, который задается внутри и может принимать следующие значения:
- **GL\_POINTS** каждая вершина задает координаты некоторой точки.
- **GL\_LINES** каждая отдельная пара вершин определяет отрезок; если задано нечетное число вершин, то последняя вершина игнорируется.
- **GL\_LINE\_STRIP** каждая следующая вершина задает отрезок вместе с предыдущей.
- **GL\_LINE\_LOOP** отличие от предыдущего примитива только в том, что последний отрезок определяется последней и первой вершиной, образуя замкнутую ломаную.
- **GL\_TRIANGLES** каждая отдельная тройка вершин определяет треугольник; если задано не кратное трем число вершин, то последние вершины игнорируются.
- **GL\_TRIANGLE\_STRIP** каждая следующая вершина задает треугольник вместе с двумя предыдущими.
- **GL\_TRIANGLE\_FAN** треугольники задаются первой и каждой следующей парой вершин (пары не пересекаются).
- **GL\_QUADS** каждая отдельная четверка вершин определяет четырехугольник; если задано не кратное четырем число вершин, то последние вершины игнорируются.
- **GL\_QUAD\_STRIP** четырехугольник с номером  $n$  определяется вершинами с номерами  $2n-1$ ,  $2n$ ,  $2n+2$ ,  $2n+1$ .
- **GL\_POLYGON** последовательно задаются вершины выпуклого многоугольника.

# Примитивы



# Цвет вершин

- Для задания текущего цвета вершины используются команды
- `void glColor[3 4][b s i f](GLtype components)`
- `void glColor[3 4][b s i f]v(GLtype components)`
- Первые три параметра задают R, G, B компоненты цвета, а последний параметр определяет alpha-компоненту, которая задает уровень прозрачности объекта. Если в названии команды указан тип 'f' (float), то значения всех параметров должны принадлежать отрезку [0,1], при этом по умолчанию значение alpha-компоненты устанавливается равным 1.0, что соответствует полной непрозрачности. Если указан тип 'ub' (unsigned byte), то значения должны лежать в отрезке [0,255].
- Разным вершинам можно назначать различные цвета и тогда будет проводиться линейная интерполяция цветов по поверхности примитива.
- Для управления режимом интерполяции цветов используется команда `void glShadeModel(GLenum mode)` вызов которой с параметром `GL_SMOOTH` включает интерполяцию (установка по умолчанию), а с `GL_FLAT` отключает.



# Как нарисовать треугольник?

- `GLfloat BlueCol[3]={0,0,1};`
- `glBegin(GL_TRIANGLES);`
- `glColor3f(1.0, 0.0, 0.0); //красный`
- `glVertex3f(0.0, 0.0, 0.0);`
- `glColor3ub(0,255,0); //зеленый`
- `glVertex3f(1.0, 0.0, 0.0);`
- `glColor3fv(BlueCol); //синий`
- `glVertex3f(1.0, 1.0, 0.0);`
- `glEnd();`