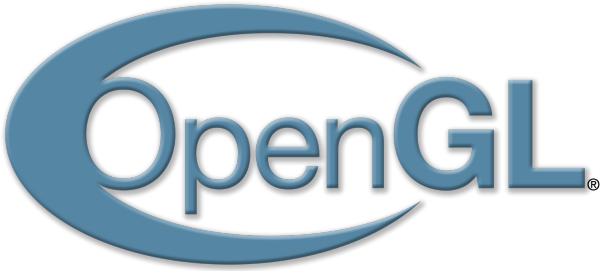
# OpenGL

## Изграждане на Геометрични обекти 2




*гл. ас. д-р А. Пенев*

# Анимация (1/3)

```
glutTimerFunc
glutIdleFunc
glutPostRedisplay
glutPostWindowsRedisplay
…
```

**+**

**Промяна на визуализацията в display**

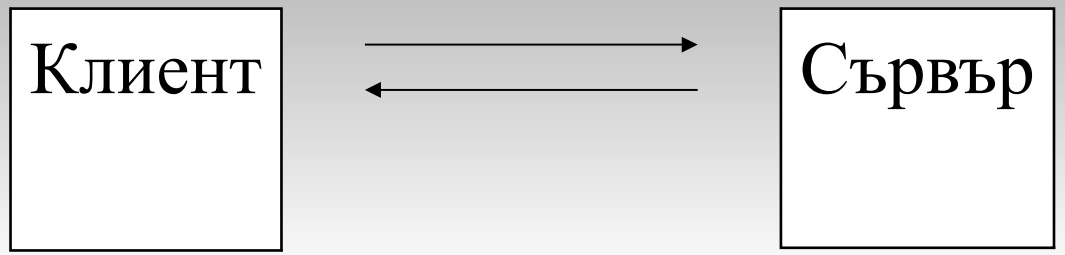
# Анимация (2/3)

```
int angle = 0;

void display(void)
{
  glClearColor(0,0,0,1);
  glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);

  glLoadIdentity();
  glRotated(angle, 0,1,0);

  glColor3d(1,1,1);
  glutSolidTeapot(1);

  glutSwapBuffers();
}

void timer(int value)
{
    angle++;
    glutPostRedisplay();
    glutTimerFunc(50, timer, 1);
}

// В main …
glutTimerFunc(50, timer, 1);
```

# Анимация (3/2)

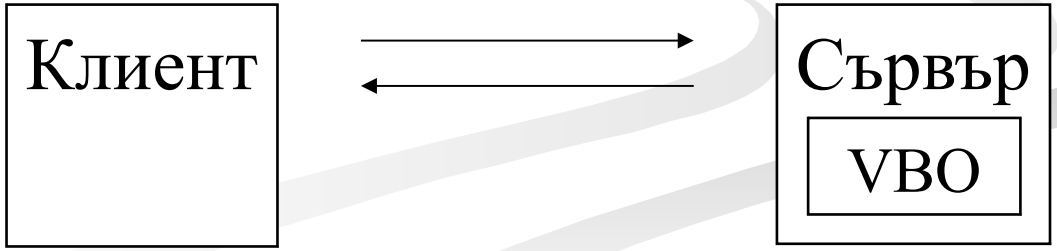
# Масиви и буфери с данни

1. Команди




2. Масиви в клиента


3. Буфери/обекти в сървъра



# Задаване на масиви с данни

```
void glEnableClientState(GLenum caps)
void glDisableClientState(GLenum caps)
```

**caps:**

- GL_VERTEX_ARRAY
- GL_COLOR_ARRAY
- GL_NORMAL_ARRAY
- GL_TEXTURE_COORD_ARRAY
- GL_EDGE_FLAG_ARRAY
- GL_INDEX_ARRAY
- GL_FOG_COORD_ARRAY
- GL_SECONDARY_COLOR_ARRAY

# Клиентско състояние (1/3)

```
void glVertexPointer(
  GLint size,
  GLenum type,
  GLsizei stride,
  const GLvoid *pointer)

void glGetPointerv(GLenum pname,
  GLvoid* *params)
```

# Клиентско състояние (2/3)

```
glColorPointer
glIndexPointer
glNormalPointer
glTexCoordPointer
glEdgeFlagPointer      без размер и тип

void glGetPointerv(GLenum pname,
  GLvoid* *params)
```

# Клиентско състояние (3/3)

**size:**

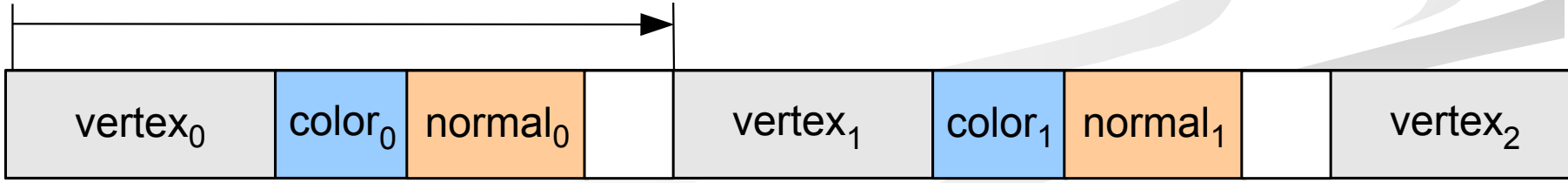
**1,2,3,4 – брой координати**

**type:**

**GL_SHORT, GL_INT, GL_DOUBLE, …**

**stride:**

**0 или повече – отместване между два ел.**



# Позоваване на елемент

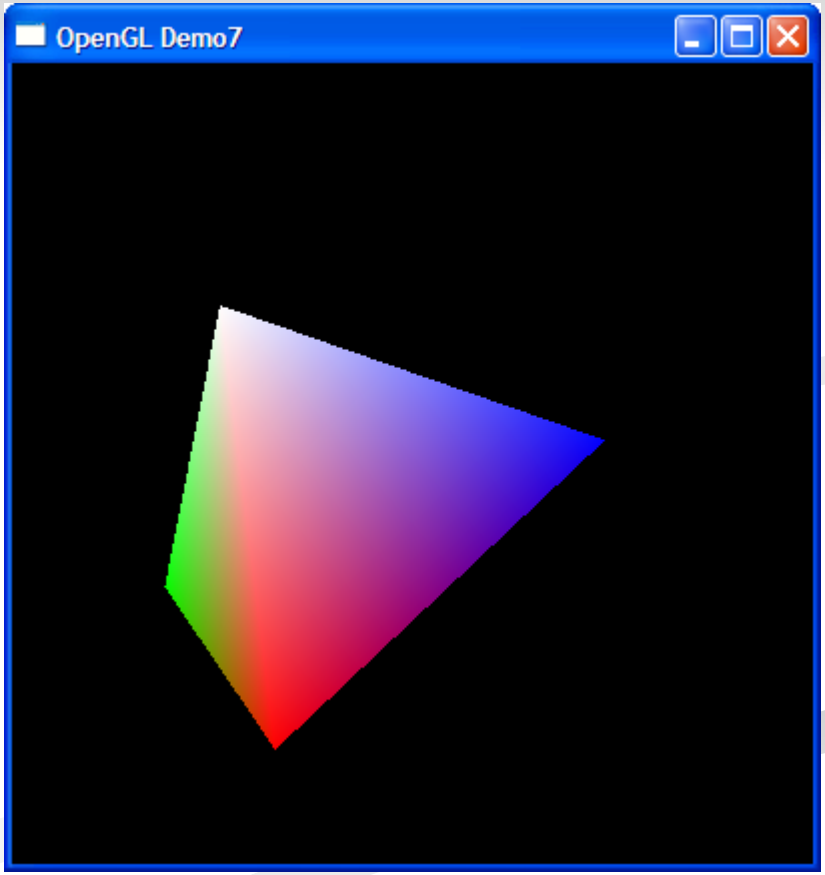
```
void glArrayElement(GLint i)
```

# Пример (1/2)

```
static GLdouble vertices[] = {
   // XYZH
   -1.0, -1.0, -1.0, 1.0,
   1.0, -1.0, -1.0, 1.0,
   0.0, 1.0, -1.0, 1.0,
   0.0, 0.0, 1.0, 1.0
};
static GLfloat colors[] = {
   // RGB
   1.0, 0.0, 0.0,
   0.0, 1.0, 0.0,
   1.0, 1.0, 1.0,
   0.0, 0.0, 1.0
};
```

# Пример (2/2)

```
glEnableClientState(GL_VERTEX_ARRAY);
glEnableClientState(GL_COLOR_ARRAY);
glVertexPointer(4, GL_DOUBLE, 0, vertices);
glColorPointer(3, GL_FLOAT, 0, colors);

glBegin(GL_TRIANGLES);
  glArrayElement(0);
  glArrayElement(1);
  glArrayElement(2);

  glArrayElement(0);
  glArrayElement(1);
  glArrayElement(3);

  glArrayElement(1);
  glArrayElement(2);
  glArrayElement(3);

  glArrayElement(2);
  glArrayElement(0);
  glArrayElement(3);
glEnd();
```

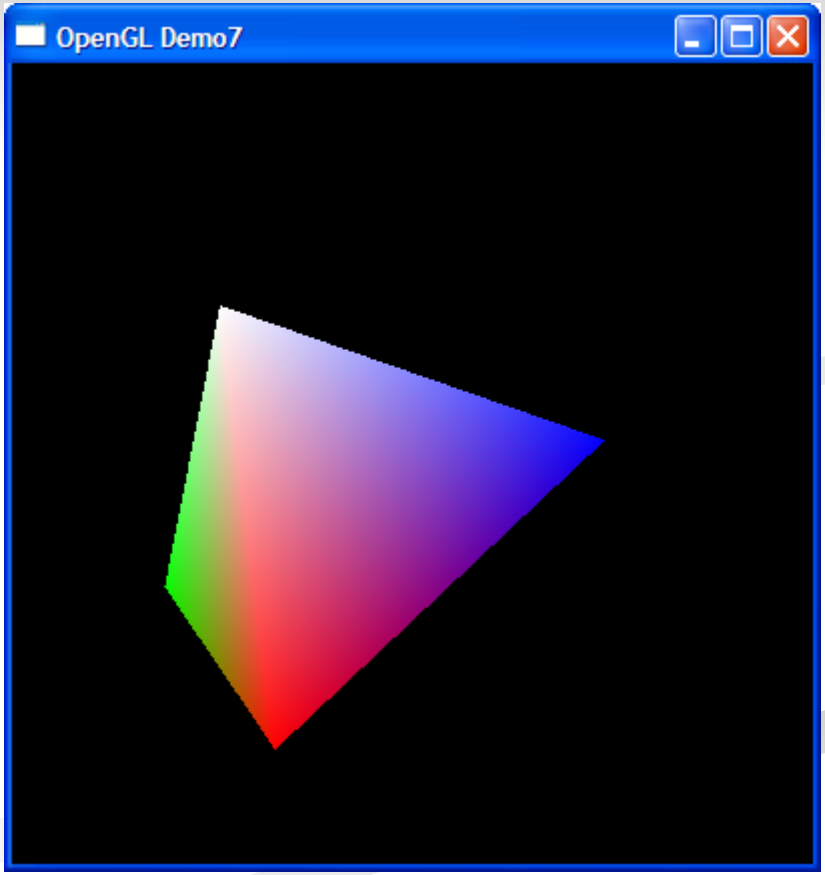


# Пример (1/2)

```
struct {
   GLdouble vertex[4];
   GLfloat color[3];
} points[] = {
  // XYZH, RGB
  {{-1.0, -1.0, -1.0, 1.0}, {1.0, 0.0, 0.0}},
  {{1.0, -1.0, -1.0, 1.0}, {0.0, 1.0, 0.0}},
  {{0.0, 1.0, -1.0, 1.0}, {0.0, 0.0, 1.0}},
  {{0.0, 0.0, 1.0, 1.0}, {1.0, 1.0, 1.0}}
};
```

# Пример (2/2)

```
glEnableClientState(GL_VERTEX_ARRAY);
glEnableClientState(GL_COLOR_ARRAY);
glVertexPointer(4, GL_DOUBLE,
  sizeof(points[0]), points[0].vertex);
glColorPointer(3, GL_FLOAT,
  sizeof(points[0]), points[0].color);

glBegin(GL_TRIANGLES);
  glArrayElement(0);
  glArrayElement(1);
  glArrayElement(2);

  glArrayElement(0);
  glArrayElement(1);
  glArrayElement(3);

  glArrayElement(1);
  glArrayElement(2);
  glArrayElement(3);

  glArrayElement(2);
  glArrayElement(0);
  glArrayElement(3);
glEnd();
```



# Много елементи (1/3)

```
void glDrawElements(
  GLenum mode,
  GLsizei count,
  GLenum type,
  const GLvoid *indices)
```

# Много елементи (2/3)

**mode:**
**GL_TRIANGLES, GL_LINES, GL_POINTS, …**

**count:**
**Брой елементи за визуализация.**

**type:**
**GL_UNSIGNED_BYTE**
**GL_UNSIGNED_SHORT**
**GL_UNSIGNED_INT**

**indices:**
**Масив от индексите на елементите.**

# Много елементи (3/3)

```
glBegin(mode);
for (int i = 0; i < count; i++)
   glArrayElement(indices[i]);
glEnd();
```

# Много елементи в диапазон (1/1)

```
void glDrawRangeElements(
  GLenum mode,
  GLsizei start,
  GLsizei end,
  GLsizei count,
  GLenum type,
  const GLvoid *indices)
```

# Много елементи в диапазон (2/2)

**mode:**

**GL_TRIANGLES, GL_LINES, GL_POINTS, …**

**start, end:**

**Минимален и максимален индекс в масива с индексите за визуализация.**

**count:**

**Брой елементи за визуализация.**

**type:**

**GL_UNSIGNED_BYTE**
**GL_UNSIGNED_SHORT**
**GL_UNSIGNED_INT**

**indices:**

**Масив от индексите на елементите.**

# Много последователни елементи (1/2)

```
void glDrawArrays(GLenum mode,
  GLint first, GLsizei count)
```

# Много последователни елементи (2/2)

```
glBegin(mode);
for (int i = 0; i < count; i++)
   glArrayElement(first + i);
glEnd();
```

# Повече последователни елементи

```
void glMultiDrawArrays(
  GLenum mode,
  GLint *first, GLsizei *count
  Glsizei primcount)
```

# Едновременна настройка

```
void glInterleavedArrays(
   GLenum format,
   GLsizei stride,
   const GLvoid *pointer)
```

# Видове масиви

```
GL_V2F
GL_V3F
GL_C4UB_V2F
GL_C4UB_V3F
GL_C3F_V3F
GL_N3F_V3F
GL_C4F_N3F_V3F
```

```
GL_T2F_V3F
GL_T4F_V4F
GL_T2F_C4UB_V3F
GL_T2F_C3F_V3F
GL_T2F_N3F_V3F
GL_T2F_C4F_N3F_V3F
GL_T4F_C4F_N3F_V4F
```

# Пример 1

**Например GL_C3F_V3F означава:**

- **Color с 3 GLfloat елемента;**
- **Vertex с 3 GLfloat елемента.**

# Vertex Buffer Object (VBO)

```
void glGenBuffers(GLsizei n,
  GLuint* buffers)
void glDeleteBuffers(GLsizei n,
  const GLuint* buffers)

GLboolean glIsBuffer(GLuint
  buffer)
```

# Използване на VBO

```
void glBindBuffer(
  GLenum target,
  GLuint buffer)
```

**target:**

**GL_ARRAY_BUFFER – Vertex атрибути;**

**GL_ELEMENT_ARRAY_BUFFER – индекси;**

**buffer:**

**Име(номер) на буфера с данни.**

# Зареждане на данни във VBO

```
void glBufferData(
   GLenum target,
   GLsizei size, const void* data,
   GLenum usage)

void glBufferSubData(…)
```

**target:**

**GL_ARRAY_BUFFER – Vertex атрибути;**
**GL_ELEMENT_ARRAY_BUFFER – индекси;**

**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**

# Промяна на данни във VBO

```
void* glMapBuffer(
   GLenum target,
   GLenum access)

GLboolean glUnmapBuffer(GLenum target)
```

target:

GL_ARRAY_BUFFER – Vertex атрибути;

GL_ELEMENT_ARRAY_BUFFER – индекси;

access:

GL_READ_ONLY – само за четене;

GL_WRITE_ONLY – само за запис;

GL_READ_WRITE – за четене и запис.

# Пример 2 (1/2)

```
GLuint vboIdVertex = 0;

// Създаваме VBO
glGenBuffers(1, &vboIdVertex);

// Активиране на VBO за използване
glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, vboIdVertex);

// Зареждаме данните във VBO
glBufferData(GL_ARRAY_BUFFER,
  …dataSize…, …data…, …usage…);
```

# Пример (2/2)

```
// Преминаваме в режим на работа с VBO
glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, vboIdVertex);
glEnableClientState(GL_VERTEX_ARRAY);

// Последния параметър е отместване, а на указател!
glVertexPointer(3, GL_FLOAT, 0, 0);

glDrawArrays(GL_QUADS, 10, 5);
// Ако имаме свързан и GL_ELEMENT_ARRAY_BUFFER, то
// последният параметър на следващата ф-я е отместване!
// glDrawElements(GL_QUADS, 24, GL_UNSIGNED_BYTE, 0);

glDisableClientState(GL_VERTEX_ARRAY);

// Връщане в нормалния режим на работа с масиви
glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, 0);
```

# OpenGL Изграждане на Геометрични обекти 2

## Въпроси?