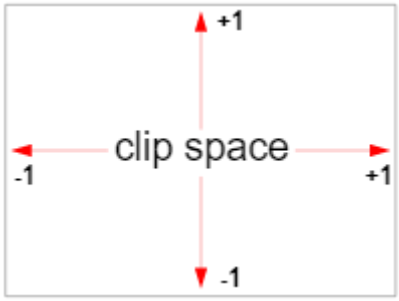
WebGL 初学笔记 1 by Jiaqi Guo

2021-10-4 jacky_guojj@outlook.com

Recommend Website from course：https://webglfundamentals.org/webgl/lessons/zh_cn/

- **WebGL 基础概念：**

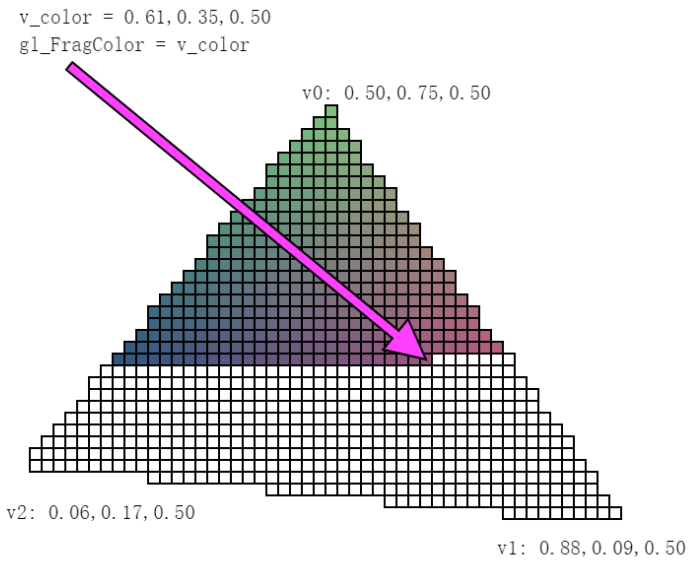
1．WebGL 的定义一般只会涉及到两个参数，坐标空间和颜色，为此我们需要初始化两个 shader 来为 WebGL 提供以上信息。此外需要注意的是无论画布大小如何，我们的 canvas 空间坐标始终在-1 to 1 之间，同理，颜色区间也被定义在 0 to 1 之间（本质是把像素值映射并归一化到特定空间，同理把 RGB 的值 255 映射到 0-1 的向量空间）



2．为什么我们绘制出来的图形有时是彩色的，或者说表面是花的？
假设我们有三个点的 vertex 坐标

values written to gl_Position	
0.000	0.660
0.750	-0.830
-0.875	-0.660

values written to v_color		
0.5000	0.830	0.5
0.8750	0.086	0.5
0.0625	0.170	0.5



由图可见，根据两个顶点的分别数据，v_color 将在这一对值中间进行内插

3．缓冲区 buffer 和 attribute 的实际作用

缓冲区是获取顶点和其他每个顶点数据到 GPU 的方式。 **gl.createBuffer** 创建缓冲区。**gl.bindBuffer** 将该缓冲区设置为要处理的缓冲区。 **gl.bufferData** 将数据复制到缓冲区中。这通常在初始化时完成。(具体例子: **程序 1** 的 7，8 步 ——— 分配 vertex 属性)

```
  var vertexBuffer = gl.createBuffer(); // get it's 'handle'
  gl.bindBuffer(gl.ARRAY_BUFFER, vertexBuffer);
```

然后我们再将数据拷贝到区域中:

```
  gl.bufferData(gl.ARRAY_BUFFER, vertices, gl.STATIC_DRAW);
```

之后，我们需要先询问 WebGL，得到其分配给属性的位置，即**"a_color"**和**"a_position"**，分别对应着 WebGL 的颜色属性和位置坐标属性。(对应**程序 1** 的 9，10 步)

```
  var a_Position = gl.getAttribLocation(gl.program, 'a_Position');
```

一旦我们知道属性的具体位置，我们就会在绘制之前发出剩下两个指令:

```
  gl.enableVertexAttribArray(a_Position);
```

该命令告诉 WebGL 我们要从缓冲区提供数据

```
  gl.vertexAttribPointer(a_Position, 4, gl.FLOAT, false, 0, 0);
  //gl.vertexAttribPointer(
     location,
     numComponents,
     typeOfData,
     normalizeFlag,
     strideToNextPieceOfData,
     offsetIntoBuffer);
```

该命令告诉 WebGL 从当前绑定到 ARRAY_BUFFER 绑定点的缓冲区中获取数据，每个顶点有多少个组件 (1 - 4)，数据类型是什么 (BYTE, FLOAT, INT, UNSIGNED_SHORT, 等等...), stride 表示从一个数据到下一个数据要跳过多少字节，以及我们的数据在缓冲区中的偏移量

● 程序 1：Draw Multiple Points (ch03: MultiPoint.js)

1. WebGL 着色器初始化

```
// Vertex shader program..
var VSHADER_SOURCE =
  'attribute vec4 a_Position;\n' +
  'uniform mat4 u_ModelMatrix;\n' +
  'void main() {\n' +
  '  gl_Position = u_ModelMatrix * a_Position;\n' +
  '}\n';
// Fragment shader program
var FSHADER_SOURCE =
  'uniform int u_colr;\n' +
  'void main() {\n' +
  '   if(u_colr == 0) {' +
  '       gl_FragColor = vec4(1.0, 0.0, 0.0, 1.0);\n' +
// RED if u_colr==0
  '   } else { '+
```

```
  '       gl_FragColor = vec4(0.0, 1.0, 0.0, 1.0);\n' +
// GREEN otherwise
  '    }\n;' +
  '}\n';
```

2. 对于 WebGL 使用时 JavaScript 代码的初始化，以及资源调用是否成功的验证（作为模板可以套用）

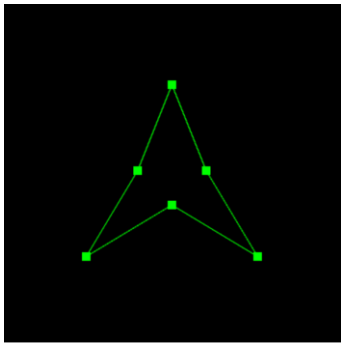
```
// Retrieve <canvas> element
  var canvas = document.getElementById('webgl');

// Get the rendering context for WebGL
  var gl = getWebGLContext(canvas);
  if (!gl) {
    console.log('Failed to get the rendering context for WebGL');
    return;
  }

// Initialize shaders
  if (!initShaders(gl, VSHADER_SOURCE, FSHADER_SOURCE)) {
    console.log('Failed to intialize shaders.');
    return;
  }
  // Write buffer full of vertices to the GPU, and make it available to
 shaders
  var n = initVertexBuffers(gl);
  if (n < 0) {
    console.log('Failed to load vertices into the GPU');
    return;
  }
```

3. 规定 Cavas 画板的背景颜色

```
  // Specify the color for clearing <canvas>
  gl.clearColor(0, 0, 0, 1);
```

四个参数分别为　red, green, blue, alpha(背景图透明度);

此时 WebGL 的背景为黑色:



4. 清空画板

```
// Clear <canvas>
  gl.clear(gl.COLOR_BUFFER_BIT);
```

5. 在 Canvas 上面绘制 6 个点

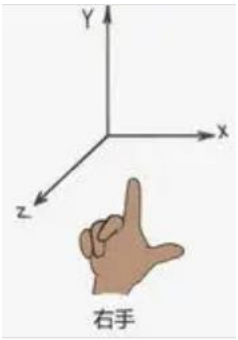
```
  // Draw 6 points. see http://www.khronos.org/opengles/sdk/docs/man/xh
tml/glDrawArrays.xml
 gl.drawArrays(gl.LINE_LOOP, 0, n); // gl.drawArrays(mode, first, count
)
      //mode: sets drawing primitive to use. Other valid choices:
        // gl.LINES, gl.LINE_STRIP, gl.LINE_LOOP,
        // gl.TRIANGLES, gl.TRIANGLES_STRIP, gl.TRIANGLE_FAN
      // first: index of 1st element of array.
      // count; number of elements to read from the array.
```

三个参数分别对应： mode, first, count

https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebGLRenderingContext/drawArrays

✧ 初始化顶点缓存区

6. 定义 vertices 顶点，利用思维坐标系（右手坐标系）




```
  var vertices = new Float32Array([
     0.0,  0.5, 0.0, 1.0, // CAREFUL! I made these into
 4D points/ vertices: x,y,z,w.
    -
0.2,  0.0, 0.0, 1.0, // new point!  (? What happens if
I make w=0 instead of 1.0?)
    -0.5, -0.5, 0.0, 1.0,
     0.0, -0.2, 0.0, 1.0,   // new point!
     0.5, -0.5, 0.0, 1.0, //
     0.2,  0.0, 0.0, 1.0,   // new point!  (Note we nee
d a trailing comma here)
      ]);
```

定义图像的六个顶点。

7. 在定义完成图形的六个顶点之后，我们需要在显卡中创建一个 Vertex Buffer Object (VBO)

```
// Then in the Graphics hardware, create a vertex buffer object (VBO)
  var vertexBuffer = gl.createBuffer(); // get it's 'handle'
```

如果有需要可以在之后验证是否创建 VBO 成功

```
  if (!vertexBuffer) {
    console.log('Failed to create the buffer object');
    return -1;
  }
```

8. 将刚才创建的顶点缓存器和数组缓存器进行绑定，随后再把刚才创建的 vertex 坐标组储

存进缓存区内,以方便 GPU 对数据进行读取。

```
  // Bind the buffer object to target
  gl.bindBuffer(gl.ARRAY_BUFFER, vertexBuffer);
  // COPY data from our 'vertices' array into the vertex buffer object
in GPU:
  gl.bufferData(gl.ARRAY_BUFFER, vertices, gl.STATIC_DRAW);
```

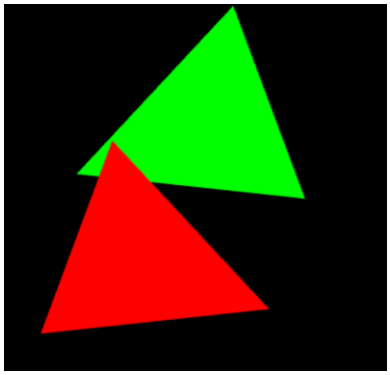
9. 询问 WebGL 分配给 vertex 属性的地址，并验证

```
  var a_Position = gl.getAttribLocation(gl.program, 'a_Position');
  if (a_Position < 0) {
    console.log('Failed to get the storage location of a_Position');
    return -1;
  }
```

10. 将缓冲区 object 赋给上述指定变量，指定坐标维度，数据类型等，最后激活该变量

```
  // Assign the buffer object to a_Position variable
  gl.vertexAttribPointer(a_Position, 4, gl.FLOAT, false, 0, 0);
  // vertexAttributePointer(index, x,y,z,w size=4, type=FLOAT,
  // NOT normalized, NO stride)
  // Enable the assignment to a_Position variable
  gl.enableVertexAttribArray(a_Position);
```

● 程序 2: 旋转三角形 (ch04 RotatingTriangle_withButtons.js)



1. 初始化旋转角度，建立一个 4×4 的 JS 矩阵来向 GPU 传递数据

```
  // Current rotation angle
  var currentAngle = 0.0;
  // Create, JS matrix whose values we will send to GPU to set the 'uni
form'
  // (a 4x4 matrix in a single var) named u_ModelMatrix
  var modelMatrix = new Matrix4();
```

✧ 画一个旋转的三角形

```
  // Start drawing
  var tick = function() {
    currentAngle = animate(currentAngle);  // Update the rotation angle
```

```
    draw(gl, n, currentAngle, modelMatrix, u_ModelMatrixLoc, u_colrLoc)
;
    // Draw the triangle
    requestAnimationFrame(tick, canvas);   // Request that the browser
?calls tick
  };
  tick();
}
```

上述代码中有两个自定义的函数 分别是 animate 和 draw，其中：

animate：对三角形的旋转角进行实时更新

```
function animate(angle) {
//==============================================================================
// Calculate the elapsed time
  var now = Date.now();
  var elapsed = now - g_last;
  g_last = now;
  // Update the current rotation angle (adjusted by the elapsed time)
  var newAngle = angle + (ANGLE_STEP * elapsed) / 1000.0;
  return newAngle %= 360;
}
```

draw: 绘制图中旋转的三角形，一共有红绿两个图形，这里以绘制红色三角为例

```
function draw(gl, n, currentAngle, modelMatrix, u_ModelMatrixLoc, u_col
rLoc) {
  // Clear <canvas> AND clear the Z-
buffer for proper occlusion/depth test.
  gl.clear(gl.COLOR_BUFFER_BIT | gl.DEPTH_BUFFER_BIT);

//--------------------RED triangle at Z== -0.5
  // Set the rotation matrix
  modelMatrix.setRotate(currentAngle, 0, 0, 1);
  modelMatrix.translate(0.35, 0, -0.5); // -z is away from eye

  // Pass the rotation matrix to the vertex shader
  gl.uniformMatrix4fv(u_ModelMatrixLoc, false, modelMatrix.elements);
  // Pass the 'colr' value  to the fragment shader:
  gl.uniform1i(u_colrLoc, 0); // set value for RED.

  // Draw the triangle
  gl.drawArrays(gl.TRIANGLES, 0, n);
```

- **程序 2: 绘制旋转的 3D 图形(ch05 ColoredMultiObject.js)**

1. **准备一个 4×4 的模型矩阵，并将该模型矩阵的值转换成 GPU 可以解析的变量类型**

```
  // Create a local version of our model matrix in JavaScript
  var modelMatrix = new Matrix4();
  // Constructor for 4x4 matrix, defined in the 'cuon-matrix-
quat03.js' library
  // supplied by your textbook.  (Chapter 3)
  // Initialize the matrix:
  modelMatrix.setIdentity(); // (not req'd: constructor makes identity
matrix)

  // Transfer modelMatrix values to the u_ModelMatrix variable in the G
PU
   gl.uniformMatrix4fv(u_ModelLoc, false, modelMatrix.elements);
```

2. 如何让绘制的图形转起来

将函数储存进一个变量中，然后反复执行：

其中 requestAnimationFrame 主要用于让浏览器不停更新图像

```
//---------------Interactive Animation: draw repeatedly
  // Create an endlessly repeated 'tick()' function by this clever meth
od:
  // a)  Declare the 'tick' variable whose value is this function:
  var tick = function() {
    currentAngle = animate(currentAngle);  // Update the rotation angle
    draw(currentAngle, modelMatrix, u_ModelLoc);   // Draw shapes
//    console.log('currentAngle=',currentAngle);
    requestAnimationFrame(tick, myCanvas);
                      // Request that the browser re-draw the webpage
  };
  // AFTER that, call the function.
  tick();             // start (and continue) animation:
                      // HOW?  Execution j
umps to the 'tick()' function; it
                      // completes each statement inside the curly-
braces {}
                      // and then goes on to the next statement.  That
next
                      // statement calls 'tick()'--
thus an infinite loop!

}
```

draw 函数解析：

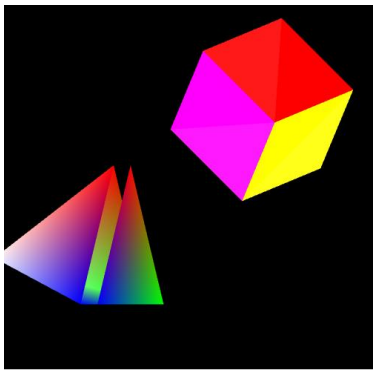
1. 清空画布

```
  // Clear <canvas>  colors AND the depth buffer
  gl.clear(gl.COLOR_BUFFER_BIT | gl.DEPTH_BUFFER_BIT);
```

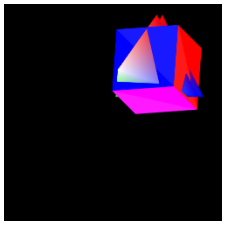
2. 设置图形出现的位置

```
  modelMatrix.setTranslate(-0.4,-0.4, 0.0);
```

```
                // 'set' means DISCARD old matrix,
                // (drawing axes centered in CVV), and then make new
                // drawing axes moved to the lower-left corner of CVV.
```



坐标是（-0.4, -0.4, 0.0）所以正四面体会出现在左下角，即第三象限，如果将这组数据修改为（0.4，0.4，0.0）那么正四面体将与正立方体重合，如下图所示



3. 从右手坐标系转换为左手坐标系，再进行坐标的缩放

```
  modelMatrix.scale(1,1,-1);
// convert to left-handed coord sys
// to match WebGL display canvas.
  modelMatrix.scale(0.5, 0.5, 0.5);
// if you DON'T scale, tetra goes outside the CVV; clipped!
```

4. 让绘制的图形旋转起来，利用模型矩阵的 rotate 属性

```
  modelMatrix.rotate(currentAngle, 0, 1, 0);  // Make new drawing axes
that
  // modelMatrix.rotate(90.0, 0,1,0);
                // that spin around y axis (0,1,0) of the previous
                // drawing axes, using the same origin.
```

currentAngle 是一个不断在变化并且更新的变量，决定了旋转的角度
后面三个参数（0，1，0）决定了旋转的对称轴。

5. 将定义的顶点坐标数据传入

```
  gl.uniformMatrix4fv(u_ModelLoc, false, modelMatrix.elements);
      // Draw just the first set of vertices: start at vertex 0...
```

在本程序中具体定义为

```
      // Face 0: (left side)
     0.0,  0.0, sq2, 1.0,     1.0,  1.0,  1.0,  // Node 0
     c30, -0.5, 0.0, 1.0,     0.0,  0.0,  1.0,  // Node 1
     0.0,  1.0, 0.0, 1.0,     1.0,  0.0,  0.0,  // Node 2
      // Face 1: (right side)
     0.0,  0.0, sq2, 1.0,     1.0,  1.0,  1.0,  // Node 0
     0.0,  1.0, 0.0, 1.0,     1.0,  0.0,  0.0,  // Node 2
    -c30, -0.5, 0.0, 1.0,     0.0,  1.0,  0.0,  // Node 3
      // Face 2: (lower side)
     0.0,  0.0, sq2, 1.0,     1.0,  1.0,  1.0,  // Node 0
    -c30, -0.5, 0.0, 1.0,     0.0,  1.0,  0.0,  // Node 3
     c30, -0.5, 0.0, 1.0,     0.0,  0.0,  1.0,  // Node 1
      // Face 3: (base side)
```

```
    -c30, -0.5, 0.0, 1.0,     0.0,  1.0,  0.0,  // Node 3
     0.0,  1.0, 0.0, 1.0,   1.0,  0.0,  0.0,  // Node 2
     c30, -0.5, 0.0, 1.0,     0.0,  0.0,  1.0,  // Node 1
```

每一个面由三个顶点（4D 左边）确定，右边的 3×3 的矩阵为图形颜色的定义矩阵（RGB）

6. 最后一步开始绘图

```
  gl.drawArrays(gl.LINE_LOOP, 0, 12);
```

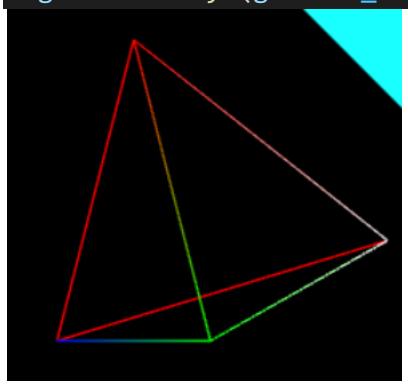


fig 1 Draw with Line_Loop

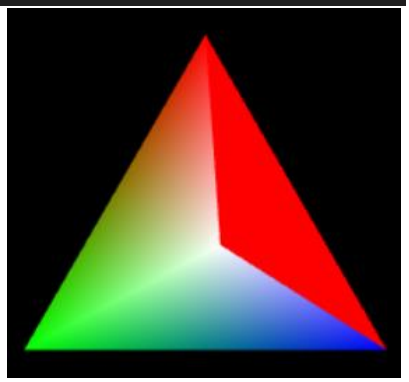


fig 2 Draw with TRIANGLES