Gráficos y visualización 3D

5. Proyecciones con WebGL

Boni García
Web: http://bonigarcia.github.io/
Email: boni.garcia@urjc.es

Dept. Teoría de la Señal y Comunicaciones y Sistemas Telemáticos y Computación (GSyC)
Escuela Superior De Ingeniería De Telecomunicación (ETSIT)
Universidad Rey Juan Carlos (URJC)

Índice de contenidos

1. Proyecciones
2. Ejemplo: proyección ortogonal
3. Ejemplo: proyección en perspectiva
4. Área de visión
5. Ejemplo: cambio en viewport
6. Librería JavaScript glMatrix
7. Referencia API WebGL
8. Resumen

Índice de contenidos

1. Proyecciones
   I. Introducción
   II. Proyección ortogonal vs. perspectiva
   III. Proyección ortogonal
   IV. Proyección en perspectiva
2. Ejemplo: proyección ortogonal
3. Ejemplo: proyección en perspectiva
4. Área de visión
5. Ejemplo: cambio en viewport
6. Librería JavaScript glMatrix
7. Referencia API WebGL
8. Resumen

1. Proyecciones - Introducción

- En el tema anterior hemos estudiado como las **matrices de transformación** permiten realizar diferentes transformaciones básicas (traslación, escalado, rotación) a un conjunto de vértices (modelo 3D)
- En este tema vamos a ver que existen otras matrices (proyección y vista) que nos van a permitir jugar con la perspectiva de una escena

1. Proyecciones - Introducción

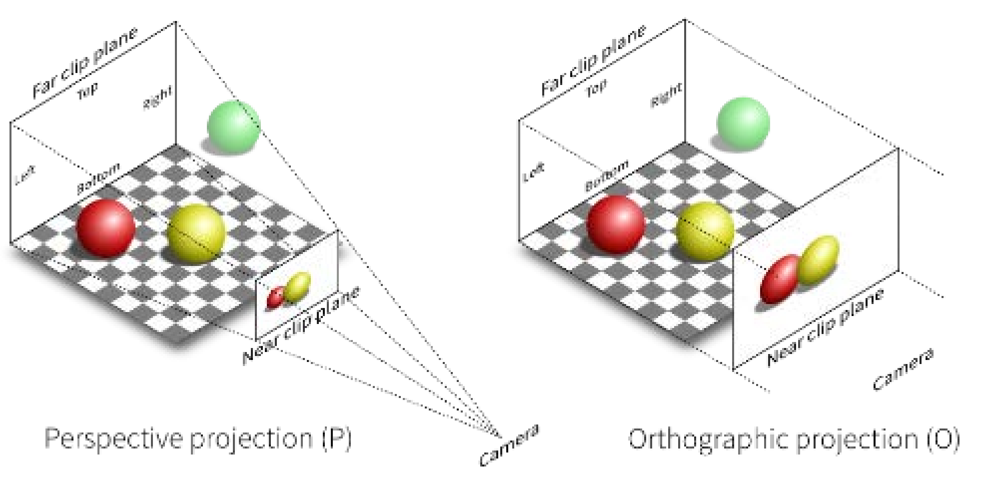
- De este modo, al final vamos a tener 3 matrices en la definición de los vértices
  - Matriz de proyección (*projection*): define el volumen de la escena (*clip space*)
  - Matriz de vista (*viewport*): define las coordenadas de la cámara (*view reference point* o VPR)
  - Matriz de transformación (*modelview*): modifica la posición de los vértices

```
<script id="shaderVs" type="x-shader/x-vertex">
    attribute vec4 a_Position;
    uniform mat4 u_pMatrix;
    uniform mat4 u_vMatrix;
    uniform mat4 u_mvMatrix;
    void main() {
        gl_Position = u_pMatrix * u_vMatrix * u_mvMatrix * a_Position;
    }
</script>
```

Estas 3 matrices se multiplicarán en el vertex shader

1. Proyecciones - Introducción

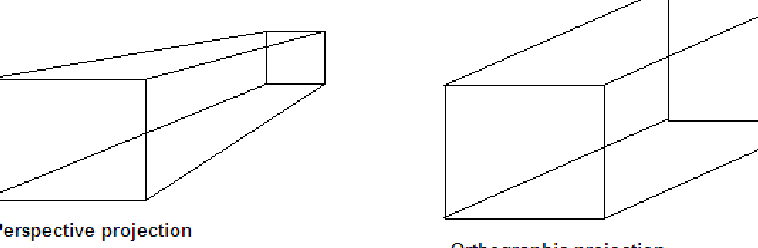
- La **matriz de proyección** cambia las coordenadas del área de visión (*view frustum*) de los vértices hacia un volumen estandarizado (un cubo que se extiende desde -1 a 1 en las 3 dimensiones del espacio)



Los vértices se eliminan de la escena si se encuentra fuera del área de visión (*clipping*)

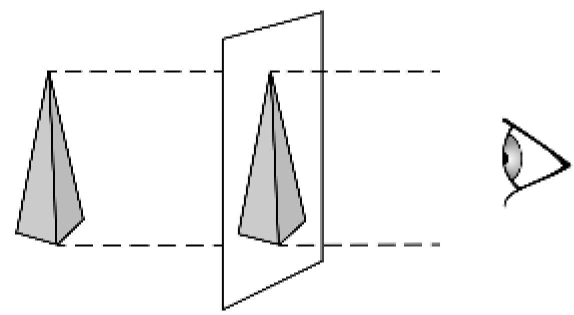
1. Proyecciones - Proyección ortogonal vs. perspectiva

- Hay dos tipos de proyecciones principales para los gráficos en WebGL:
  - Proyección ortogonal: Define un área de visión de tipo paralelepipédico (cuadrada en todas sus caras)
  - Proyección en perspectiva: Define un área de visión en forma de sección piramidal de forma que los objetos más alejados del observador se reducen en tamaño

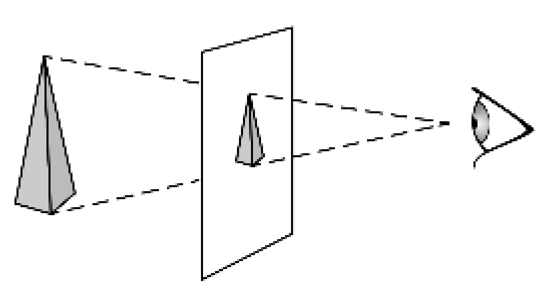


1. Proyecciones - Proyección ortogonal vs. perspectiva

- La proyección ortogonal:
  - Idóneo para diseños y planos
  - Las líneas paralelas siguen siendo paralelas
  - No proporciona sensación de profundidad

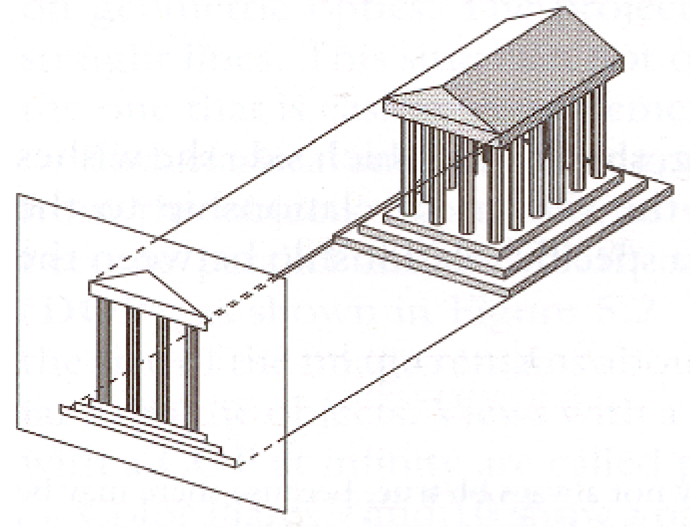


- La proyección en perspectiva:
  - Idóneo para escenas realistas
  - Las líneas paralelas convergen en los puntos de fuga
  - Proporciona sensación de profundad (el tamaño depende de la distancia)



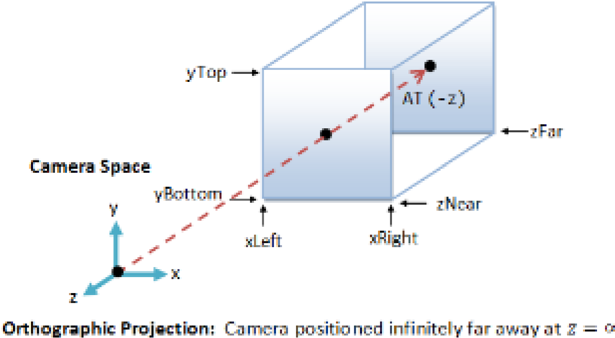
1. Proyecciones - Proyección ortogonal

- La **proyección ortogonal** trabaja situando el centro de proyección en el infinito.
- Todos los puntos tienen la misma dirección de proyección (DOP), son rectas paralelas
- Es la proyección usada por defecto en WebGL



1. Proyecciones - Proyección ortogonal

- Se puede definir una proyección ortogonal en base a los siguiente parámetros:
  - Left: Límite por la izquierda (eje X)
  - Right: Límite por la derecha (eje X)
  - Bottom: Límite inferior (eje Y)
  - Top: Límite superior (eje Y)
  - *Near*: Inicio de la escena (eje Z)
  - Far: Final de la escena (eje Z)



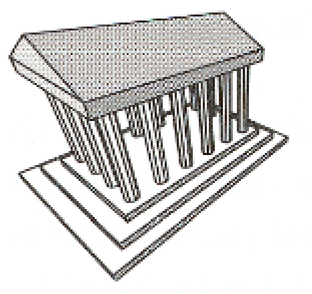
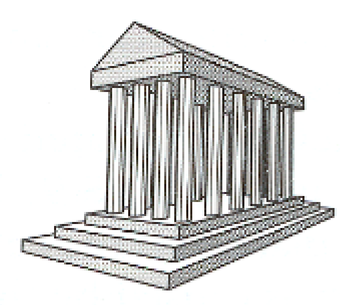
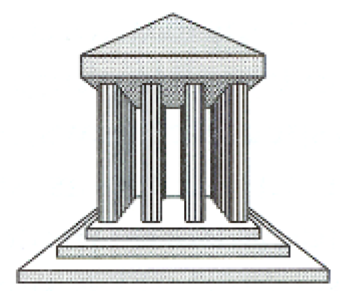
http://learnwebgl.brown37.net/08_projections/create_ortho/create_ortho.html

1. Proyecciones - Proyección en perspectiva

- La **proyección en perspectiva** permite representar los objetos en disposición con que se aparecen a al espectador. La idea es que los objetos lejanos se ven más pequeños
- Esta técnica se empezó a usar en el arte renacentista

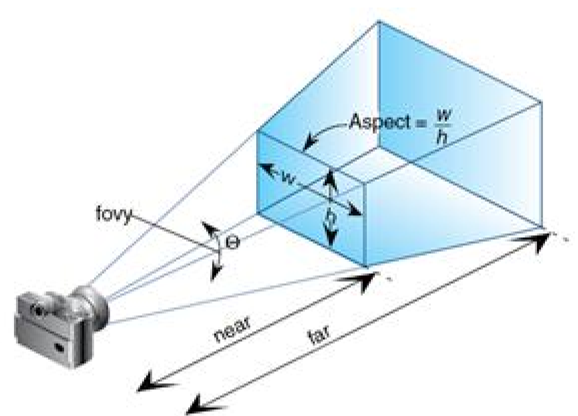
1. Proyecciones - Proyección en perspectiva

- Las líneas paralelas en un sistema en perspectiva convergen hacia un punto denominado punto de fuga
- Puede haber un punto de fuga (vista frontal), dos (vista oblicua) o tres puntos de fuga (vista área)

1. Proyecciones - Proyección en perspectiva

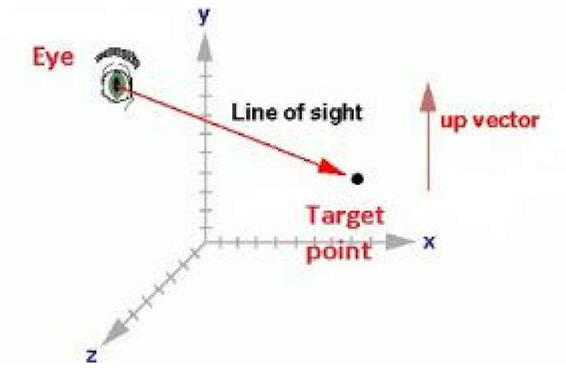
- Se puede definir una proyección en perspectiva en base a los siguiente parámetros:
  - *Fovy*: Ángulo de visón de la cámara respecto a la escena
  - *Aspect*: Relación ancho/alto de la escena
  - *Near*: Distancia de la cámara respecto al inicio de la escena
  - *Far*: Distancia de la cámara respecto al final de la escena



http://learnwebgl.brown37.net/08_projections/create_perspective/create_perspective.html

1. Proyecciones - Proyección en perspectiva

- En la proyección en perspectiva, es habitual cambiar la posición en la que **cámara** "mira" (*lookAt*) a un punto distante
- Esta configuración de la cámara se puede definir a en base a los siguientes parámetros:
  - *Eye*: Posición de la cámara (punto de referencia, VPR)
  - *Center*: Posición del centro objetivo
  - *Up*: Vector de lo que se considera "arriba" para la cámara



http://learnwebgl.brown37.net/07_cameras/camera_trunk_lookat/camera_trunk_lookat.html

Índice de contenidos

1. Proyecciones
2. Ejemplo: proyección ortogonal
3. Ejemplo: proyección en perspectiva
4. Área de visión
5. Ejemplo: cambio en viewport
6. Librería JavaScript glMatrix
7. Referencia API WebGL
8. Resumen

Fork me on GitHub

2. Ejemplo: proyección ortogonal

```
<!DOCTYPE html>
<html>

<head>
    <title>WebGL projections: orthographic</title>

    <script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/gl-matrix/2.8.1/gl-matrix-min.js"></script>

    <script id="shaderVs" type="x-shader/x-vertex">
        attribute vec4 a_Position;
        attribute vec3 a_Color;
        uniform mat4 u_pMatrix;
        uniform mat4 u_mvMatrix;
        varying highp vec4 v_Color;
        void main() {
            gl_Position = u_pMatrix * u_mvMatrix * a_Position;
            v_Color = vec4(a_Color, 1.0);
        }
    </script>

    <script id="shaderFs" type="x-shader/x-fragment">
        varying highp vec4 v_Color;
        void main() {
            gl_FragColor = v_Color;
        }
    </script>

    <script>
        // ...
    </script>

</head>

<body onload="init()">
    <canvas id="myCanvas" width="640" height="480"></canvas>
</body>

</html>
```

Se usa la matriz de transformación y proyección

WebGL projections: orthographic
localhost:8000/projections/orthographic.html

Fork me on GitHub

2. Ejemplo: proyección ortogonal

```
<script>
    var gl;
    var count = 0.0;

    function init() {
        // Get canvas object from the DOM
        var canvas = document.getElementById("myCanvas");

        // Init WebGL context
        gl = canvas.getContext("webgl");
        if (!gl) {
            console.log("Failed to get the rendering context for WebGL");
            return;
        }

        // Init shaders
        var vs = document.getElementById('shaderVs').innerHTML;
        var fs = document.getElementById('shaderFs').innerHTML;
        initShaders(gl, vs, fs);

        // Init vertex shader
        initVertexShader(gl);

        // Init projection matrix
        initProjection(gl, canvas);

        // Set clear canvas color
        gl.clearColor(0.0, 0.0, 0.0, 1.0);

        // Hidden surface removal
        gl.enable(gl.DEPTH_TEST);

        // Draw Scene
        drawScene();
    }
</script>
```

La función `init()` es similar a la que hemos visto en ejemplo anteriores

Como primera novedad, se llama a la función `initProjection` que implementará la matriz de proyección

Además se fuerza la eliminación de las superficies ocultas para que el cubo sea sólido

Fork me on GitHub

2. Ejemplo: proyección ortogonal

```
<script>
    function initVertexShader(gl) {
        // Vertexes and colors  (X, Y, Z, R, G, B)
        var vertexesAndColors = [
            -0.5, -0.5, -0.5,    1, 1, 0,
            0.5, -0.5, -0.5,     1, 1, 0,
            0.5, 0.5, -0.5,      1, 1, 0,
            -0.5, 0.5, -0.5,     1, 1, 0,

            -0.5, -0.5, 0.5,     0, 0, 1,
            0.5, -0.5, 0.5,      0, 0, 1,
            0.5, 0.5, 0.5,       0, 0, 1,
            -0.5, 0.5, 0.5,      0, 0, 1,

            -0.5, -0.5, -0.5,    0, 1, 1,
            -0.5, 0.5, -0.5,     0, 1, 1,
            -0.5, 0.5, 0.5,      0, 1, 1,
            -0.5, -0.5, 0.5,     0, 1, 1,

            0.5, -0.5, -0.5,     1, 0, 0,
            0.5, 0.5, -0.5,      1, 0, 0,
            0.5, 0.5, 0.5,       1, 0, 0,
            0.5, -0.5, 0.5,      1, 0, 0,

            -0.5, -0.5, -0.5,    1, 0, 1,
            -0.5, -0.5, 0.5,     1, 0, 1,
            0.5, -0.5, 0.5,      1, 0, 1,
            0.5, -0.5, -0.5,     1, 0, 1,

            -0.5, 0.5, -0.5,     0, 1, 0,
            -0.5, 0.5, 0.5,      0, 1, 0,
            0.5, 0.5, 0.5,       0, 1, 0,
            0.5, 0.5, -0.5,      0, 1, 0
        ];


        // ...
```

En este ejemplo vamos a definir las posición de los vértices (x, y, z) en el mismo array que los colores (r, g, b) de cada vértice

Fork me on GitHub

2. Ejemplo: proyección ortogonal

```
        // Indexes (for drawing squares using triangles)
        var indexes = [
            0, 1, 2,
            0, 2, 3,

            4, 5, 6,
            4, 6, 7,

            8, 9, 10,
            8, 10, 11,

            12, 13, 14,
            12, 14, 15,

            16, 17, 18,
            16, 18, 19,

            20, 21, 22,
            20, 22, 23
        ];

        // Write a_Position and a_Color using gl.ARRAY_BUFFER
        gl.bindBuffer(gl.ARRAY_BUFFER, gl.createBuffer());
        gl.bufferData(gl.ARRAY_BUFFER, new Float32Array(vertexesAndColors), gl.STATIC_DRAW);

        var vertexPositionAttribute = gl.getAttribLocation(gl.program, "a_Position");
        gl.enableVertexAttribArray(vertexPositionAttribute);
        gl.vertexAttribPointer(vertexPositionAttribute, 3, gl.FLOAT, false, 4 * (3 + 3), 0);

        var vertexColorAttribute = gl.getAttribLocation(gl.program, "a_Color");
        gl.enableVertexAttribArray(vertexColorAttribute);
        gl.vertexAttribPointer(vertexColorAttribute, 3, gl.FLOAT, false, 4 * (3 + 3), 4 * 3);

        // Write indexes in gl.ELEMENT_ARRAY_BUFFER
        gl.bindBuffer(gl.ELEMENT_ARRAY_BUFFER, gl.createBuffer());
        gl.bufferData(gl.ELEMENT_ARRAY_BUFFER, new Uint16Array(indexes), gl.STATIC_DRAW);
    }

</script>
```

Vamos a usar índices para dibujar el cubo en base a triángulos

Se crea el buffer `gl.ARRAY_BUFFER` con el contenido de vértices y colores

El desplazamiento en bytes de los vértices será `4 * (3 + 3)`, donde `4` es el número de bytes de un `gl.FLOAT` y `(3 + 3)` es la posición (x,y,z,r,b,a)

Fork me on GitHub

2. Ejemplo: proyección ortogonal

```
<script>
       function drawScene() {
           // Clear
           gl.clear(gl.COLOR_BUFFER_BIT);

           // Rotate
           var mvMatrix = mat4.fromRotation(mat4.create(), count, [0.5, 0.5, 0.5]);
           var uMvMatrix = gl.getUniformLocation(gl.program, "u_mvMatrix");
           gl.uniformMatrix4fv(uMvMatrix, false, mvMatrix);

           // Draw
           gl.drawElements(gl.TRIANGLES, 6 * 2 * 3, gl.UNSIGNED_SHORT, 0);

           // Call drawScene again in the next browser repaint
           count += 0.01;
           requestAnimationFrame(drawScene);
       }


       function initProjection(gl, canvas) {
           // Write u_pMatrix
           var pMatrixUniform = gl.getUniformLocation(gl.program, "u_pMatrix");
           var ratio = canvas.width / canvas.height;
           var pMatrix = mat4.ortho(mat4.create(), -ratio, ratio, -1.0, 1.0, 1.0, -1.0);
           gl.uniformMatrix4fv(pMatrixUniform, false, pMatrix);
       }
   </script>
```

La función `drawScene()` realiza una rotación en los 3 ejes y se llama a sí misma mediante `requestAnimationFrame`

En la función `initProjection` se calcula la matriz de proyección usando `mat4.ortho`. El valor de esta matriz se escribe en la variable `u_pMatrix` del vertex shader

Índice de contenidos

1. Proyecciones
2. Ejemplo: proyección ortogonal
3. Ejemplo: proyección en perspectiva
4. Área de visión
5. Ejemplo: cambio en viewport
6. Librería JavaScript glMatrix
7. Referencia API WebGL
8. Resumen

Fork me on GitHub

3. Ejemplo: proyección en perspectiva

```
<!DOCTYPE html>
<html>

<head>
    <title>WebGL projections: perspective</title>

    <script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/gl-matrix/2.8.1/gl-matrix-min.js"></script>

    <script id="shaderVs" type="x-shader/x-vertex">
        attribute vec4 a_Position;
        attribute vec3 a_Color;
        uniform mat4 u_pMatrix;
        uniform mat4 u_vMatrix;
        uniform mat4 u_mvMatrix;
        varying highp vec4 v_Color;
        void main() {
            gl_Position = u_pMatrix * u_vMatrix * u_mvMatrix * a_Position;
            v_Color = vec4(a_Color, 1.0);
        }
    </script>

    <script id="shaderFs" type="x-shader/x-fragment">
        varying highp vec4 v_Color;
        void main() {
            gl_FragColor = v_Color;
        }
    </script>

    <script>
        // ...
    </script>

</head>

<body onload="init()">
    <canvas id="myCanvas" width="640" height="480"></canvas>
</body>

</html>
```

Se usa la matriz de transformación, proyección, y vista

WebGL projections: perspective

localhost:8000/projections/perspective.html

Fork me on GitHub

2. Ejemplo: proyección ortogonal

```
<script>
       function initProjection(gl, canvas) {
           // Write u_pMatrix
           var pMatrixUniform = gl.getUniformLocation(gl.program, "u_pMatrix");
           var ratio = canvas.width / canvas.height;
           var pMatrix = mat4.perspective(mat4.create(), 150, ratio, 0.1, 100);
           gl.uniformMatrix4fv(pMatrixUniform, false, pMatrix);

           // Write u_vMatrix
           var vMatrixUniform = gl.getUniformLocation(gl.program, "u_vMatrix");
           var vMatrix = mat4.lookAt(mat4.create(), [0, 0, -3], [0, 0, 0], [0, 1, 0]);
           gl.uniformMatrix4fv(vMatrixUniform, false, vMatrix);
       }
   </script>
```

En la función `initProjection` se calcula la matriz de proyección usando `mat4.perspective`. El valor de esta matriz se escribe en la variable `u_pMatrix` del vertex shader

Además, se calcula la matriz de vista usando `mat4.lookAt` y se escribe el valor de esta matriz en la variable `u_vMatrix` del vertex shader

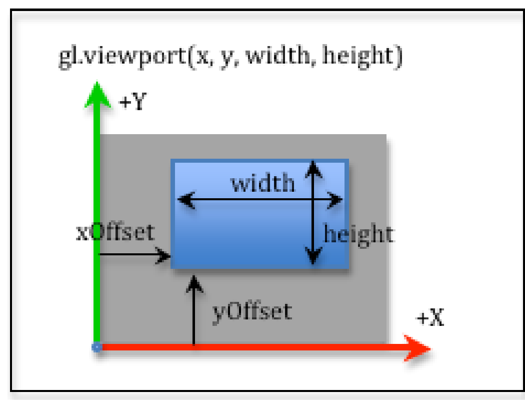
Índice de contenidos

1. Proyecciones
2. Ejemplo: proyección ortogonal
3. Ejemplo: proyección en perspectiva
4. Área de visión
5. Ejemplo: cambio en viewport
6. Librería JavaScript glMatrix
7. Referencia API WebGL
8. Resumen

4. Área de visión

- La API JavaScript de WebGL nos permite elegir cuál será el área de visión de nuestro gráfico dentro del canvas HTML5, mediante la función:

```
gl.viewport(xOffset, yOffset, width, height);
```



Índice de contenidos

1. Proyecciones
2. Ejemplo: proyección ortogonal
3. Ejemplo: proyección en perspectiva
4. Área de visión
5. Ejemplo: cambio en viewport
6. Librería JavaScript glMatrix
7. Referencia API WebGL
8. Resumen

Fork me on GitHub

5. Ejemplo: cambio en viewport

Partimos del ejemplo anterior y añadimos controles de tipo rango (`type="range"`) en la interfaz de usuario

```
<!DOCTYPE html>
<html>

<head>
    <title>WebGL projections: viewport change</title>

    <script>
        // ...
    </script>

</head>

<body onload="init()">
    <canvas id="myCanvas" width="640" height="480"></canvas><br>
    <input type="range" id="x" min="0" max="640" value="0" step="1"> x<br>
    <input type="range" id="y" min="0" max="640" value="0" step="1"> y<br>
    <input type="range" id="aspect" min="0" max="1" value="1" step="0.01"> aspect<br>
</body>
</html>
```

WebGL projections: viewport cha

localhost:8000/projections/viewport.html

x
y
aspect

Fork me on GitHub

5. Ejemplo: cambio en viewport

Cada vez que se dibuja nuestra escena (`drawScene()`) se lee el valor de los rangos y se usan para invocar el método `viewport` de la API WebGL

```
function drawScene() {
    // Change viewport
    var x = document.getElementById("x").value;
    var y = document.getElementById("y").value;
    var aspect = document.getElementById("aspect").value;
    gl.viewport(x, y, aspect * canvas.width, aspect * canvas.height);

    // Clear
    gl.clear(gl.COLOR_BUFFER_BIT);

    // Rotate
    var mvMatrix = mat4.fromRotation(mat4.create(), count, [0.5, 0.5, 0.5]);
    var uMvMatrix = gl.getUniformLocation(gl.program, "u_mvMatrix");
    gl.uniformMatrix4fv(uMvMatrix, false, mvMatrix);

    // Draw
    gl.drawElements(gl.TRIANGLES, 6 * 2 * 3, gl.UNSIGNED_SHORT, 0);

    // Call drawScene again in the next browser repaint
    count += 0.01;
    requestAnimationFrame(drawScene);
}
```

Índice de contenidos

1. Proyecciones
2. Ejemplo: proyección ortogonal
3. Ejemplo: proyección en perspectiva
4. Área de visión
5. Ejemplo: cambio en viewport
6. Librería JavaScript glMatrix
7. Referencia API WebGL
8. Resumen

6. Librería JavaScript glMatrix

```
(static) ortho(out, left, right, bottom, top, near, far) → {mat4}
```

Generates a orthogonal projection matrix with the given bounds

Parameters:

Name	Type	Description
`out`	mat4	mat4 frustum matrix will be written into
`left`	number	Left bound of the frustum
`right`	number	Right bound of the frustum
`bottom`	number	Bottom bound of the frustum
`top`	number	Top bound of the frustum
`near`	number	Near bound of the frustum
`far`	number	Far bound of the frustum

Source: mat4.js, line 1348

Returns:

out

Type

mat4

http://glmatrix.net/docs/module-mat4.html

6. Librería JavaScript glMatrix

```
(static) perspective(out, fovy, aspect, near, far) → {mat4}
```

Generates a perspective projection matrix with the given bounds. Passing null/undefined/no value for far will generate infinite projection matrix.

Parameters:

Name	Type	Description
`out`	mat4	mat4 frustum matrix will be written into
`fovy`	number	Vertical field of view in radians
`aspect`	number	Aspect ratio. typically viewport width/height
`near`	number	Near bound of the frustum
`far`	number	Far bound of the frustum, can be null or Infinity

Source: mat4.js, line 1271

Returns:

out

Type
mat4

http://glmatrix.net/docs/module-mat4.html

6. Librería JavaScript glMatrix

`(static) lookAt(out, eye, center, up) → {mat4}`

Generates a look-at matrix with the given eye position, focal point, and up axis. If you want a matrix that actually makes an object look at another object, you should use targetTo instead.

Parameters:

Name	Type	Description
out	mat4	mat4 frustum matrix will be written into
eye	vec3	Position of the viewer
center	vec3	Point the viewer is looking at
up	vec3	vec3 pointing up

Source: mat4.js, line 1381

Returns:

out

Type
mat4

http://glmatrix.net/docs/module-mat4.html

Índice de contenidos

1. Proyecciones
2. Ejemplo: proyección ortogonal
3. Ejemplo: proyección en perspectiva
4. Área de visión
5. Ejemplo: cambio en viewport
6. Librería JavaScript glMatrix
7. Referencia API WebGL
8. Resumen

7. Referencia API WebGL

`gl.enable(cap)`

Enable the function specified by *cap* (capability).

Parameters	cap	Specifies the function to be enabled.	
		`gl.DEPTH_TEST`[2]	Hidden surface removal
		`gl.BLEND`	Blending (see Chapter 9, "Hierarchical Objects")
		`gl.POLYGON_OFFSET_FILL`	Polygon offset (see the next section), and so on[3]
Return value	None		
Errors:	INVALID_ENUM	None of the acceptable values is specified in *cap*	

[2] A "DEPTH_TEST" in the hidden surface removal function might sound strange, but actually its name comes from the fact that it decides which objects to draw in the foreground by verifying (TEST) the depth (DEPTH) of each object.

[3] Although not covered in this book, you can also specify `gl.CULL_FACE`, `gl.DITHER`, `gl.SAMPLE_ALPHA_TO_COVERAGE`, `gl.SAMPLE_COVERAGE`, `gl.SCISSOR_TEST`, and `gl.STENCIL_TEST`. See the book *OpenGL Programming Guide* for more information on these.

7. Refere

gl.vertexAttribPointer(location, size, type, normalized, stride, offset)

Assign the buffer object bound to `gl.ARRAY_BUFFER` to the attribute variable specified by *location*.

Parameters	location	Specifies the storage location of an attribute variable.
	size	Specifies the number of components per vertex in the buffer object (valid values are 1 to 4). If *size* is less than the number of components required by the attribute variable, the missing components are automatically supplied just like `gl.vertexAttrib[1234]f()`. For example, if *size* is 1, the second and third components will be set to 0, and the fourth component will be set to 1.
	type	Specifies the data format using one of the following:

`gl.UNSIGNED_BYTE`	unsigned byte	for `Uint8Array`
`gl.SHORT`	signed short integer	for `Int16Array`
`gl.UNSIGNED_SHORT`	unsigned short integer	for `Uint16Array`
`gl.INT`	signed integer	for `Int32Array`
`gl.UNSIGNED_INT`	unsigned integer	for `Uint32Array`
`gl.FLOAT`	floating point number	for `Float32Array`

	normalized	Either `true` or `false` to indicate whether nonfloating data should be normalized to [0, 1] or [–1, 1].
	stride	Specifies the number of bytes between different vertex data elements, or zero for default stride (see Chapter 4).
	offset	Specifies the offset (in bytes) in a buffer object to indicate what number-th byte the vertex data is stored from. If the data is stored from the beginning, *offset* is 0.
Return value	None	
Errors	INVALID_OPERATION	There is no current program object.
	INVALID_VALUE	*location* is greater than or equal to the maximum number of attribute variables (8, by default). *stride* or *offset* is a negative value.

7. Referencia API WebGL

```
gl.viewport(x, y, width, height)
```

Set the viewport where `gl.drawArrays()` or `gl.drawElements()` draws. In WebGL, x and y are specified in the `<canvas>` coordinate system.

Parameters	x, y	Specify the lower-left corner of the viewport rectangle (in pixels).
	width, height	Specify the width and height of the viewport (in pixels).
Return value	None	
Errors	None	