WebGL (Shaders)

2019-2020

Fernando Birra

Objetivos

- Aplicações típicas de:
  - vertex shaders
  - fragment shaders
- GLSL

Aplicações típicas de Vertex Shaders

- Modelação (Transf. coordenadas) e Projeção
- “Mover” vértices
  - Morphing - Transformação/Deformação dum modelo noutro
  - movimentos ondulatórios
  - fractais
- Iluminação

Aplicações típicas de Fragment Shaders

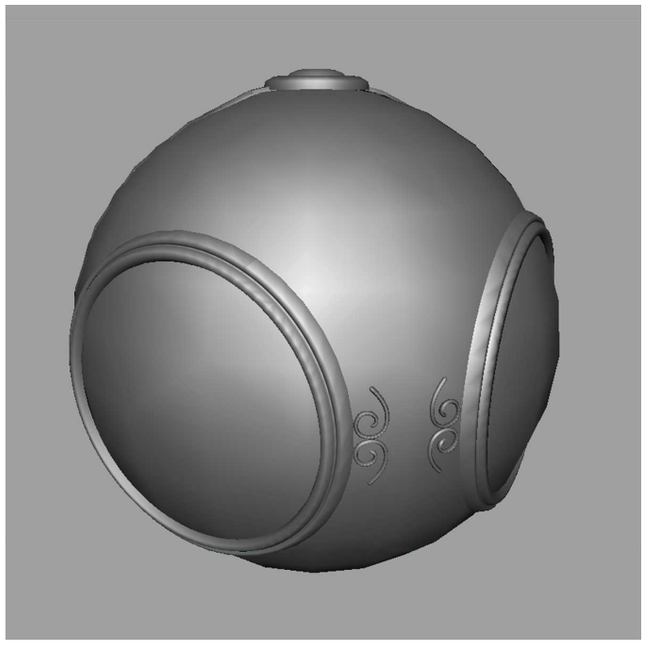
- Iluminação aplicada ao nível dos fragmentos

iluminação por vértice

iluminação por fragmento

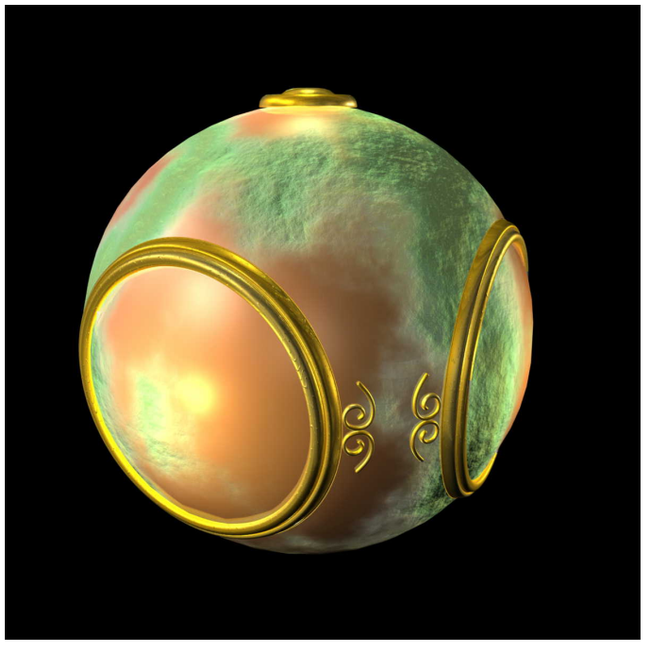
Aplicações típicas de Fragment Shaders

- Mapeamento de texturas



sem texturas

environment mapping



bump mapping

Shaders

- Os primeiros shaders eram programados diretamente em assembler (do GPU)
- Disponibilizados no OpenGL (com o mecanismo de extensões)
- Cg (C for Graphics) - linguagem da nVIDIA para a escrita de shaders, baseada em C
- GLSL - OpenGL Shading Language

GLSL

- OpenGL Shading Language
- OpenGL 2.0 (e posteriores)
- Linguagem de alto nível (ao estilo do C)
- Tipos de dados úteis para CG:
  - vetores, matrizes e samplers
- A partir do OpenGL 3.1, todas as apps têm que fornecer os seus shaders

Vertex Shader

um valor por vértice

tipo

valor fornecido pela aplicação e colocado num buffer

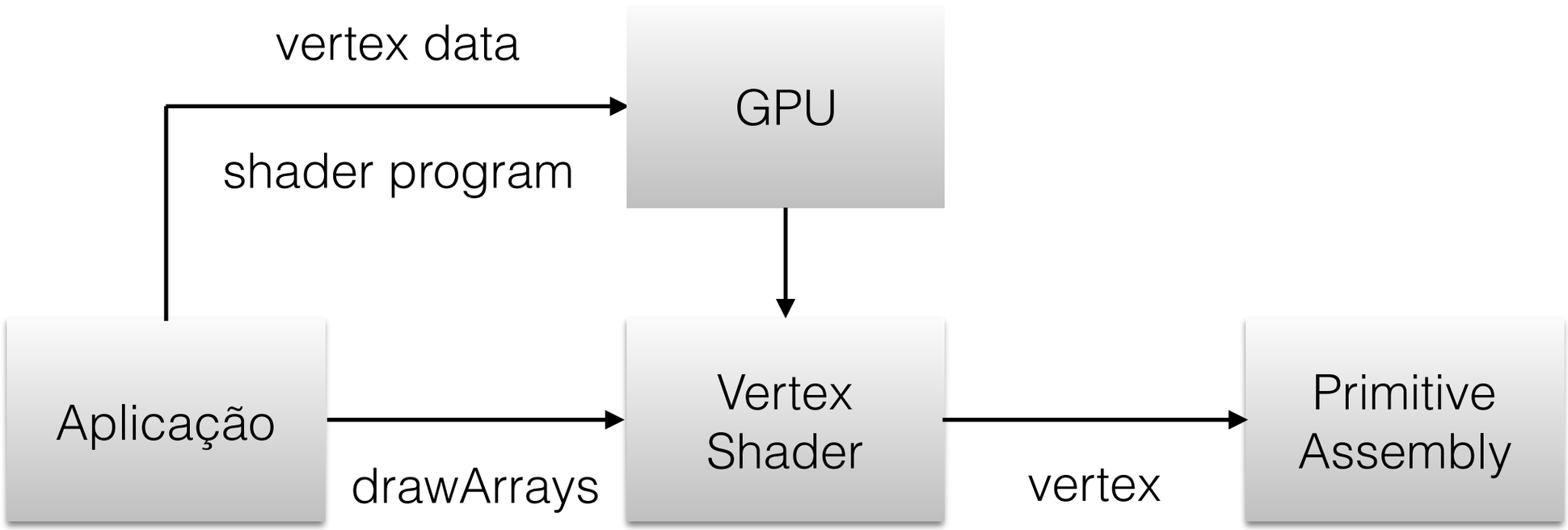
```
attribute vec4 vPosition;

void main(){
    gl_Position = vPosition;
}
```

variável *bulit-in*.
Output obrigatório do Vertex Shader

Vertex shader: produz vértices em coordenadas de recorte

Modelo de Execução



Fragment Shader

precisão do frame buffer

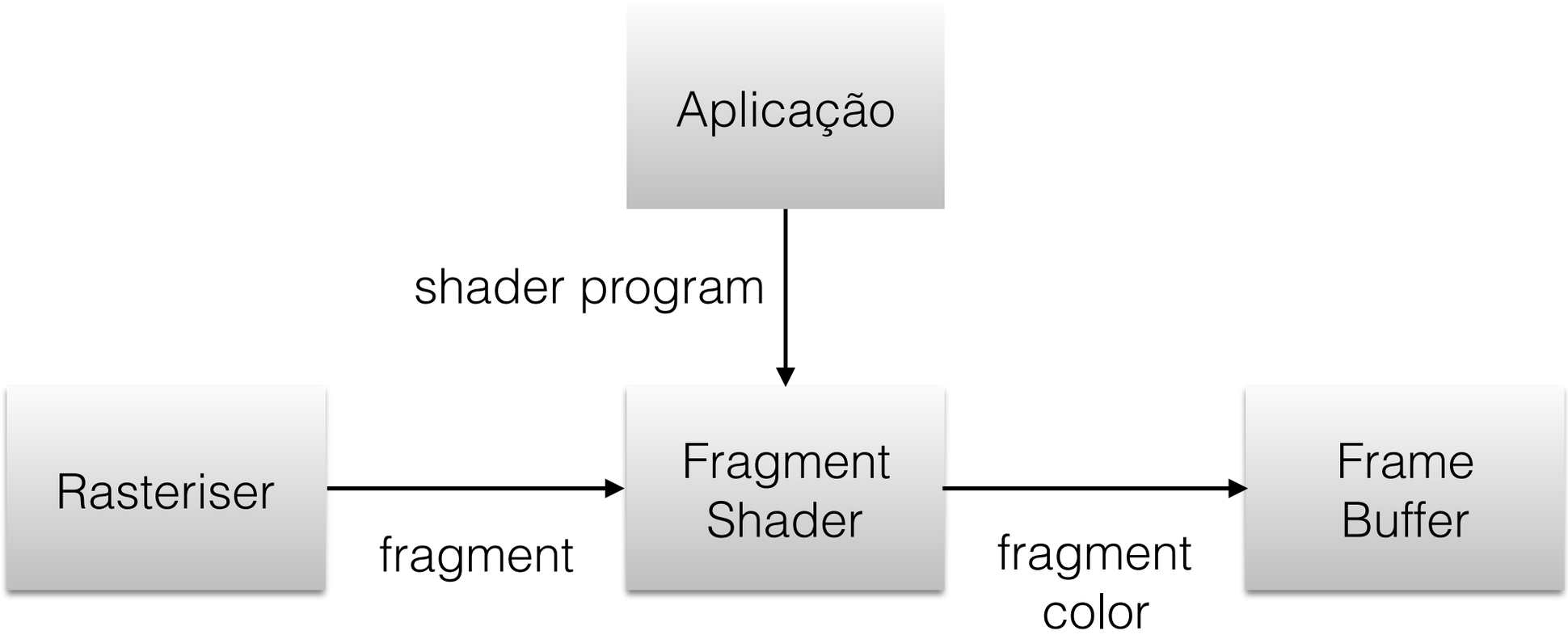
```
precision mediump float;

void main(){
    gl_FragColor = vec4(1.0, 0.0, 0.0, 1.0);
}
```

variável *bulit-in*.
Output obrigatório do Fragment Shader

Fragment shader: produz cores para pixels

Modelo de Execução



Tipos de Dados

- Tipos C: int, float, bool
- Vetores:
  - float vec2, vec3, vec4
  - int (ivec) e boolean (bvec)
- Matrizes (mat2, mat3, mat4):
  - guardadas por colunas
  - acesso standard m[linha][coluna]
- Construtores ao estilo C++:
  - vec3 a = vec3(1.0, 2.0, 3.0)
  - vec2 b = vec2(a)

Apontadores

- Não há apontadores em GLSL
- Podem usar-se registos (struct) C como resultados de funções
- Os tipos matN e vecN podem ser passados e retornados de funções:
  - mat3 inverse(mat3 a)
- Passagem de parâmetros por valor

Qualificadores

- GLSL tem alguns dos qualificadores do C++, tal como `const`
- Há qualificadores novos devido ao modelo de execução ser diferente
- Variáveis podem variar:
  - Uma vez por primitiva
  - Uma vez por vértice
  - Uma vez por fragmento
  - Em qualquer altura na aplicação
- Os atributos dos vértices podem ser interpolados na fase de varrimento (rasterization) originando atributos dos fragmentos

Qualificador `attribute`

- As variáveis com o qualificador `attribute` podem variar uma vez por cada vértice (são atributos dos vértices)

- Existem algumas variáveis *built-in*, tais como `gl_Position` (em OpenGL há um maior número)

- Exemplos:

```
attribute float temperature

attribute vec3 velocity
```

cada vértice, ao ser processado pelo vertex shader, terá disponível o valor do atributo respetivo, previamente disponibilizado pela aplicação num buffer

Qualificador `uniform`

- As variáveis com o qualificador `uniform` são constantes durante o desenho da primitiva
- Podem ser modificadas pela aplicação e enviadas aos shaders (ao programa)
- Não podem ser modificadas pelos shaders
- Usadas para passar informação “global”. Por exemplo:
  - tempo (numa simulação)
  - posição da luz, cor da luz, matriz de projeção, etc.

```
uniform float time

uniform vec3 lightPos
```

Os valores permanecem constantes durante todo o desenho das primitivas.

Estão acessíveis quer no vertex shader, quer no fragment shader.

Qualificador `varying`

- variáveis que são passadas do vertex shader para o fragment shader

- São interpoladas automaticamente durante o varrimento

- No WebGL, o qualificador GLSL usado é o mesmo em ambos os shaders. Exemplos:

```
varying vec4 color

varying float temperature
```

Os valores atribuídos no vertex shader a cada vértice determinam o valor acessível pelo fragment shader (por interpolação)

Convenção para os nomes

- **atributos** passados ao vertex shader têm os nomes começados por v (vPosition, vColor, vTemperature), quer na aplicação, quer no shader

- No shader:

```
attribute vec4 vPosition;
```

- Na aplicação:

```
var vPosition = gl.getAttribLocation(program, "vPosition");
```

Convenção para os nomes

- variáveis passadas do vertex shader para o fragment shader começam com f (fColor, fTemperature).

- Usa-se o mesmo nome nos dois shaders

No vertex shader:

```
attribute float vTemperature;
varying float fTemperature;

void main() {
    fTemperature = vTemperature;
    gl_Position = …
}
```

No fragment shader:

```
varying float fTemperature;

void main() {
    gl_FragColor = colorFromTemp(fTemperature);
}
```

função definida pelo programador do shader numa aplicação hipotética

Convenção para os nomes

- As variáveis `uniform` têm nome sem prefixo, mas com o sufixo Loc

- Na aplicação:

```
var twistLoc = gl.getUniformLocation(program, “twist”);
```

- Num shader:

```
uniform float twist;

void main() {
    gl_Position = posFromTwist(twist);
}
```

função definida pelo programador do shader numa aplicação hipotética

Passagem de valores para os atributos (`attribute`)

```
var cBuffer = gl.createBuffer();
gl.bindBuffer(gl.ARRAY_BUFFER, cBuffer);
gl.bufferData(gl.ARRAY_BUFFER, flatten(colors), gl.STATIC_DRAW);

var vColor = gl.getAttribLocation(program, “vColor”);
gl.vertexAttribPointer(vColor, 3, gl.FLOAT, false, 0, 0);
gl.enableVertexAttribArray(vColor);
```

```
vertexAttribPointer(index, size, type, normalize, stride, offset)
```

The number of components per attribute. Must be 1,2,3,or 4. Default is 4.

Specifies the data type of each component in the array.

Specifies the offset in bytes between the beginning of consecutive vertex attributes.

Index of target attribute in the buffer bound to gl.ARRAY_BUFFER

if gl.TRUE, values are normalised when accessed

Specifies an offset in bytes of the first component of the first vertex attribute in the array. Default is 0 which means that vertex attributes are tightly packed.

Passagem de valores constantes (`uniform`)

Na aplicação:

```
var color = vec4(1.0, 0.0, 0.0, 1.0);
colorLoc = gl.getUniformLocation(program, “color”);
gl.uniform4fv(colorLoc, color);
```

usando o tipo de dados vec4

Pertence a uma família de métodos: uniform*

No fragment shader (de forma idêntica no vertex shader):

```
uniform vec4 color;

void main()
{
    gl_FragColor = color;
}
```

Passagem de valores constantes (`uniform`)

Na aplicação:

```
var color = [1.0, 0.0, 0.0, 1.0];
colorLoc = gl.getUniformLocation(program, “color”);
gl.uniform4fv(colorLoc, color);
```

Alternativa usando um array javascript diretamente

Pertence a uma família de métodos: uniform*

No fragment shader (de forma idêntica no vertex shader):

```
uniform vec4 color;

void main()
{
    gl_FragColor = color;
}
```

GLSL: operadores e funções

- Funções C standard:
  - trigonométricas
  - aritméticas
  - vetoriais: normalize, reflect, length, dot
  - overloading de operadores para vetores e matrizes

```
mat4 a;

vec4 b, c, d, e;

c = a*b; // vetor coluna

d = b*a; // vetor linha

e = c*d; // component-wise multiplication
```

GLSL: swizzling e seleção

- Podemos nos referir aos elementos dos tipos vetor e matriz usando [] ou o operador de seleção (.) com:
  - x,y,z,w
  - r,g,b,a
  - s,t,p,q
- `a[2], a.b, a.z e a.p` são exatamente a mesma componente
- Swizzling permite manipular as componentes:

```
vec4 a, b;

a.yz = vec2(1.0, 2.0);

b = a.yxzw;
```