Transformações Geométricas em WebGL

2019-2020

Fernando Birra

Objetivos

- Aprender a efetuar transformações geométricas em WebGL
  - Rotação
  - Translação
  - Mudança de escala
- Funções e conceitos relevantes oferecidos na biblioteca MV.js

Como modelar uma cena?

- Tipicamente, um programador duma aplicação gráfica 3D tem à sua disposição um conjunto de objetos ditos primitivos, os quais vai manipular para compor a sua cena.

- Cada (instância de um) objeto terá o seu tamanho ajustado, será orientado e posicionado na cena

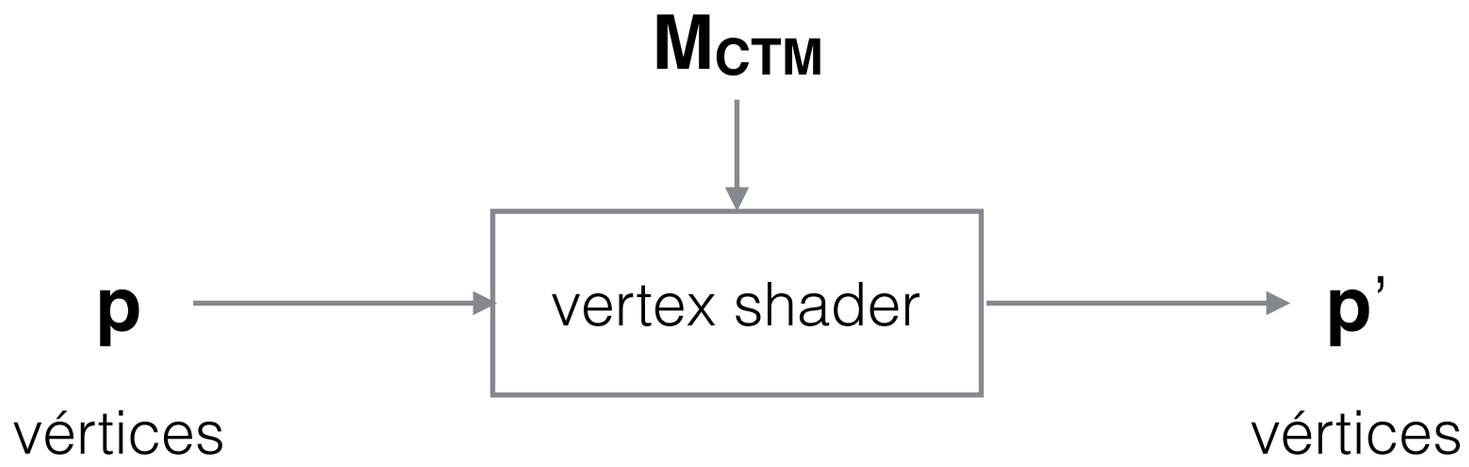
- Em WebGL, usamos o vertex shader para transformar os vértices dos objetos

images retrieved from http://tf3dm.com/3d-model/chess-pieces-83083.html

CTM-Current Transformation Matrix

- Dum ponto de vista conceptual, podemos pensar que todos os vértices que passam pelo pipeline são transformados por uma matriz de transformação corrente (M_{CTM}), a qual pode ir sendo manipulada.

- O valor desta matriz é determinado pela aplicação e colocado à disposição do programa GLSL (no vertex shader).



Operações sobre a M_{CTM}

- A matriz de transformação corrente pode ser alterada por afetação direta dum novo valor:

Afetar com a matriz identidade: $\mathbf{M_{CTM} \leftarrow I}$
Afetar com uma dada matriz M: $\mathbf{M_{CTM} \leftarrow M}$
Afetar com uma matriz de Translação: $\mathbf{M_{CTM} \leftarrow T}$
Afetar com uma matriz de Rotação: $\mathbf{M_{CTM} \leftarrow R}$
Afetar com uma matriz de Escala: $\mathbf{M_{CTM} \leftarrow S}$

- ou por concatenação (exemplo com pós-multiplicação):

Pós-multiplicação com uma matriz dada: $\mathbf{M_{CTM} \leftarrow M_{CTM}.M}$
Pós-multiplicação com uma matriz de translação: $\mathbf{M_{CTM} \leftarrow M_{CTM}.T}$
Pós-multiplicação com uma matriz de rotação: $\mathbf{M_{CTM} \leftarrow M_{CTM}.R}$
Pós-multiplicação com uma matriz de mudança de escala: $\mathbf{M_{CTM} \leftarrow M_{CTM}.S}$

Rotação em torno dum eixo arbitrário (desviado da origem)

- Começar com a matriz identidade: $\mathbf{M_{CTM} \leftarrow I}$

- Trazer um ponto $\mathbf{p}_f$ do eixo para a origem: $\mathbf{M_{CTM} \leftarrow M_{CTM}.T}(-\mathbf{p}_f)$

- Efetuar a rotação: $\mathbf{M_{CTM} \leftarrow M_{CTM}.R}(\theta)$

- Mover o ponto $\mathbf{p}_f$ de volta: $\mathbf{M_{CTM} \leftarrow M_{CTM}.T}(\mathbf{p}_f)$

- Resultado Acumulado: $\mathbf{T}(-\mathbf{p}_f).\mathbf{R}(\theta).\mathbf{T}(\mathbf{p}_f)$

Ordem errada! (com pós-concatenação)

Não esquecer que os pontos são multiplicados do lado direito: $\mathbf{p'} = \mathbf{M_{CTM}.p}$

Rotação em torno dum eixo arbitrário (desviado da origem)

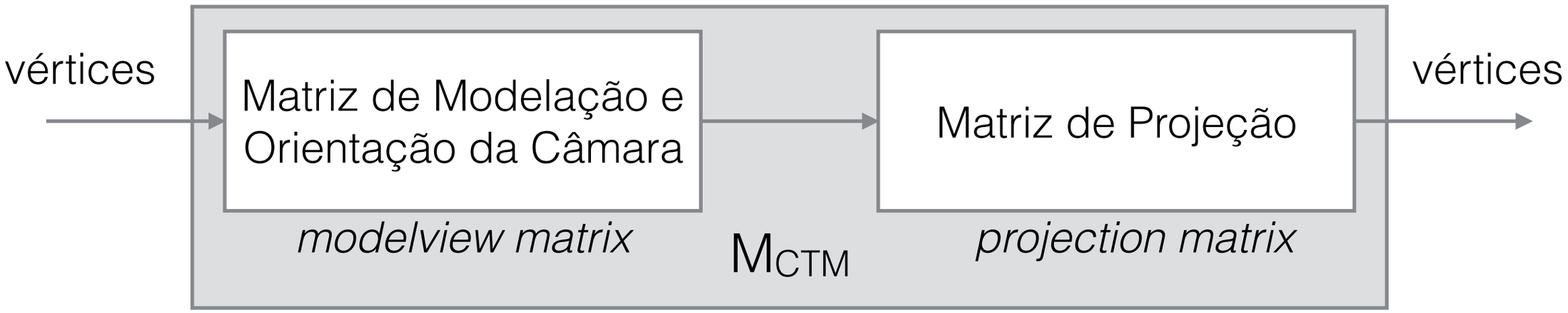
- É necessário inverter a ordem das transformações!

1. $\mathbf{M}_{CTM} \leftarrow \mathbf{I}$
2. $\mathbf{M}_{CTM} \leftarrow \mathbf{M}_{CTM}.\mathbf{T}(\mathbf{p}_f)$
3. $\mathbf{M}_{CTM} \leftarrow \mathbf{M}_{CTM}.\mathbf{R}(\theta)$
4. $\mathbf{M}_{CTM} \leftarrow \mathbf{M}_{CTM}.\mathbf{T}(-\mathbf{p}_f)$

- Resultado Acumulado: $\mathbf{T}(\mathbf{p}_f).\mathbf{R}(\theta).\mathbf{T}(-\mathbf{p}_f)$

M_{CTM} em WebGL

- As versões de OpenGL antigas expunham a matriz M_{CTM} sob a forma do produto de duas matrizes com finalidades diferentes:



- É do nosso interesse emular este processo, mantendo uma matriz dedicada à projeção, separada da matriz usada para instanciar os objetos primitivos e orientar a câmara.

Modelview+Projection

- A matriz ModelView (M_{MV}) é usada para:
  - posicionar a câmara e orientá-la em relação ao restante da cena
  - Aplicar transformações de modelação/instanciação aos objetos primitivos
    - Pode ser criada por composição de rotações e translações mas a biblioteca MV.js disponibiliza a função lookAt() para este efeito.
- A matriz de projeção (M_{PROJ}) serve para definir o volume de visão (escolha da lente)
- Embora estas matrizes já não façam parte do estado do sistema, é uma boa estratégia usá-las na nossa aplicação:

$$\mathbf{p' = M_{PROJ} \cdot M_{MV} \cdot p}$$

Suporte em MV.js

- Criar uma matriz identidade:

```
var m = mat4();
```

- Criar uma matriz de rotação:

```
r = rotate(angle, vx, vy, vz);
```

```
r = rotateX(angle);
r = rotateY(angle);
r = rotateZ(angle)
```

- Criar uma matriz de mudança de escala:

```
m = scalem(sx, sy, sz);
```

- Criar uma matriz de translação:

```
m = translate(dx, dy, dz);
```

- Efetuar a pós-multiplicação:

```
m = mult(m, m1);
```

Exemplo

- Rodar 30º em torno dum eixo paralelo a Z, que passa pelo ponto (1,2,3)

```
var m = mult(translate(1,2,3),
             mult(rotateZ(30), translate(-1,-2,-3)));
```

- Aumentar a dimensão x para o dobro e fazer um deslocamento de (2,0,3):

```
var m = mult(translate(2,0,3),scalem(2,1,1));
```

Transformações (Matrizes) Arbitrárias

- É possível enviar para o programa GLSL uma matriz 4x4 arbitrária, cujo conteúdo foi previamente definido pela aplicação.

- As matrizes são guardadas como arrays unidimensionais de 16 elementos, mas podem ser acedidas por índices linha, coluna usando o tipo de dados mat4.

- O formato nativo usado pelo WebGL (e pelo OpenGL) requer os elementos dispostos em memória percorrendo primeiro as colunas.

- A função flatten(), da biblioteca MV.js, trata de converter o tipo de dados mat4 (elementos dispostos por linhas) para o formato requerido pelas funções da API WebGL (elementos dispostos por colunas).

- A função gl.uniformMatrix4fv() tem um parâmetro para transpor automaticamente a matriz, mas na versão corrente tem que estar a **false**.

Envio duma matriz de transformação para um programa GLSL

- Supondo que temos uma matriz **`m`**, de tipo **`mat4`**, o seu envio para que um shader a possa usar é feito com:

sempre **`false`**!

```
gl.uniformMatrix4fv(loc, false, flatten(m))
```

obtido previamente com **`gl.getUniformLocation`**(…)

Variável Javascript que contém a matriz que a aplicação pretende enviar

Pilhas de Transformações Geométricas

- Em muitas ocasiões (especialmente ao percorrer a base de dados da cena), pretende-se preservar a transformação corrente para uso posterior (Ver capítulo 9).

- Nas versões de OpenGL anteriores à versão 3.1, eram oferecidas várias pilhas de transformações para diferentes usos:
  - ModelView stack, Projection stack , Color stack, Texture stack

- A mesma funcionalidade pode ser facilmente recriada em Javascript usando objetos de tipo Array:

```
var stack = []
stack.push(modelViewMatrix);
...
modelViewMatrix = stack.pop()
```