

Laboratório de Aplicações com Interface Gráfica
Aulas Práticas

MIEIC – 2017/2018

Trabalho 1 – Desenvolvimento de um Motor Gráfico em WebGL

Pretende-se, com este trabalho, constituir uma aplicação dotada de um pequeno motor gráfico 3D. A aplicação deve ser capaz de produzir imagens de qualquer cena, sendo esta especificada através de um ficheiro de texto a ser lido pela aplicação (ver secção 2 deste documento).

O ficheiro de texto deve respeitar uma "linguagem" própria, a que chamaremos LSX - *Language of Scenes in XML*, especificada na secção 2 deste documento, que obedece a um conceito muito vulgar em computação gráfica: o Grafo de Cena (*Scene Graph*). A sintaxe obedece ao formato de *tags* do XML.

A aplicação deve efectuar a leitura de um ficheiro com extensão ".xml" que descreve a cena no formato LSX, construindo simultaneamente a estrutura de dados correspondente ao grafo de cena. Só depois deve efectuar a afixação da imagem respectiva. As fontes de luz devem iniciar-se (*on/off*) de acordo com o especificado no ficheiro .lsx e devem poder ser alteradas por meio de controlos na interface gráfica 2D.

Componentes do Trabalho:

1. Preparar uma cena especificada num ficheiro .xml em formato LSX original, de acordo com as instruções das secções seguintes do presente documento. Todos os ficheiros serão posteriormente divulgados e partilhados, constituindo-se assim um acervo de cenas de teste.
2. Implementar a componente de leitura e interpretação do ficheiro .lsx (*parsing*), por recurso à biblioteca WebCGF (instruções e um exemplo estão disponíveis juntamente com este enunciado).
3. Implementar uma estrutura de dados, que passa pelo grafo de cena apresentado na secção 1 deste documento.
4. Implementar um conjunto de funcionalidades que efectue a visita do grafo anterior e construa a imagem correspondente usando a tecnologia WebGL e com recurso à biblioteca [WebCGF](#).

Notas sobre a avaliação do trabalho:

Composição dos Grupos : Os trabalhos devem ser efetuados em grupos de dois estudantes. Em caso de impossibilidade (p.ex. por falta de paridade numa turma), deve ser discutida com o docente a melhor alternativa.

Avaliação do Trabalho de Grupo : O código resultante do trabalho de grupo será sujeito a uma bateria de testes, com origem em várias cenas representadas por ficheiros .lsx, sendo a classificação atribuída dependente da adequação da resposta dada.

Avaliação Individual : Na prova de avaliação individual, serão pedidas várias funcionalidades adicionais, a implementar sobre o código original desenvolvido em trabalho de grupo. Cada alínea será avaliada, à

semelhança do trabalho de grupo, pelas respostas dadas pelo software a uma bateria de testes.

Avaliação do Trabalho : Média aritmética das duas avaliações anteriores.

De acordo com a formulação constante na ficha de disciplina, a avaliação deste trabalho conta para a classificação final com um peso de:

$$80\% * 30\% = 24\%.$$

Entrega e avaliação:

- Data limite de entrega do ficheiro .xml: 09/10/2017
- Data limite de entrega do trabalho completo: 23/10/2017
 - Por via eletrónica/moodle (instruções a divulgar proximamente).
- Avaliação do trabalho em aulas: semana com início em 23/10/2017
- Prova de avaliação individual: 25/10/2017

1. Grafo de Cena

Um grafo de cena pode ser visitado como uma árvore que especifica, de forma hierárquica, uma cena 3D. Cada nó corresponde a um objecto, simples (folha) ou composto (nó intermédio).

Todo e qualquer nó deve ter um identificador numérico único, assim como manter o identificador do tipo *string* que lhe corresponde no ficheiro .lsx. Um nó pode ser instanciado várias vezes, ou seja, referenciado por vários nós seus ascendentes; por exemplo, um nó pode representar a roda de um automóvel e, por isso, ser referenciado quatro vezes diferentes.

1.1. Nós tipo Folha

Cada folha refere-se exclusivamente a um objecto simples, cuja geometria é directamente interpretada e desenhada por instruções WebGL. Deve por isso conter todos os parâmetros exigidos pela instrução WebGL.

1.2. Nós Intermédios

Subindo na hierarquia, um nó intermédio da árvore possui um ou mais nós como seus descendentes directos, sendo que estes poderão ser folhas ou outros nós intermédios. Está reservada a nós intermédios a declaração de eventuais:

- Propriedades de aspecto (materiais, etc.);
- Transformações geométricas.

Um nó recebe do seu antecessor uma matriz de transformações geométricas **Ma**. Sendo um nó intermédio, possui as suas próprias transformações geométricas, representadas por uma matriz única **Mp**. A matriz a aplicar ao objecto, assim como a passar aos seus eventuais descendentes, é calculada pela expressão **M=Ma*Mp**.

Cada nó recebe propriedades de aspeto do seu antecessor (devem ser definidos valores de "default" para o nó raiz) e pode ter definidas as suas próprias propriedades de aspeto. As regras de desambiguação a usar

neste caso são definidas na especificação da linguagem LSX, na secção 2 deste documento.

1.3. Outras Entidades

Além de objectos, a linguagem pressupõe a existência de outras entidades, como sejam as câmaras de visualização, as fontes de luz, as texturas e os materiais. As entidades de iluminação e de visualização, tais como as fontes de luz, interferem com todo o grafo e, por isso, não devem ser ligadas a qualquer dos nós do grafo. Por isso, a linguagem exige a sua declaração na parte inicial do ficheiro XML. As texturas e os materiais servem para utilização nos nós intermédios, pelo que também é previsto prepararem-se no início do ficheiro. Ao declarar-se uma textura esta deve ser lida, para memória, a partir do ficheiro .jpg ou .png correspondente (atenção: o comprimento e a largura de cada textura devem ser potências de 2).

A figura 1 apresenta um exemplo de um grafo de cena, com os nós intermédios representados por retângulos, e a folhas ("leaves") por círculos.

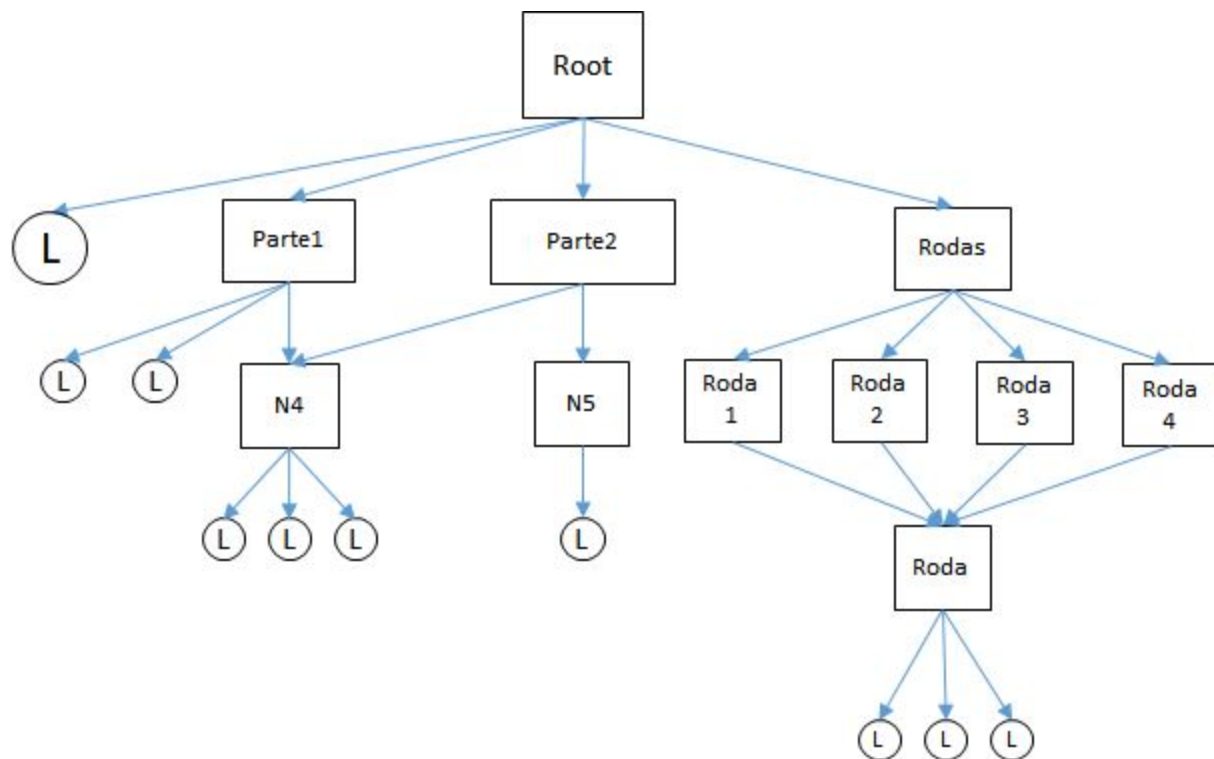


Figura 1 - Exemplo de um grafo de cena

Note-se que o número de descendentes directos de um nó intermédio é indeterminado, mas tem de existir pelo menos um descendente. Todo e qualquer nó deve ter um identificador, que é fornecido no ficheiro XML.

Cada nó intermédio pode ser instanciado várias vezes, ou seja, pode ser referenciado por mais do que um nó ascendente. Por exemplo, um nó pode representar a roda de um veículo e, por isso, ser referenciado quatro vezes diferentes como se vê na figura 1: o objecto "Roda" tem a sua subárvore e tem as suas transformações geométricas particulares. No entanto, para que as quatro rodas tenham distintas posições no espaço, é necessário que possuam diferentes transformações geométricas. Assim, são criados os nós intermédios de instanciação *Roda1*, *Roda2*, *Roda3* e *Roda4*, todos referindo serem compostos pelo nó *Roda*, mas cada um

dos quatro com transformações geométricas diferentes.

2. Objetos do tipo patch

Os objetos do tipo patch serão modelados através da representação Non-Uniform rational basis spline (NURBS). Crie uma classe Patch, extensão de CGFobject, de forma a gerar, utilizando NURBS, uma superfície de grau 1,2 ou 3 nas duas direções U e V. Considere a representação do elemento patch na linguagem LSX.

3. Linguagem LSX

A linguagem LSX - *Language of Scenes* constitui uma forma de especificar cenas 3D de uma forma muito simples e fácil de interpretar. Um documento em linguagem LSX pode ser escrito em qualquer editor de texto e obedece a regras de XML, baseadas em *tags*.

Ao ser lido e interpretado por uma aplicação gráfica, um ficheiro .xml em formato LSX deve ser verificado em termos de sintaxe, devendo a aplicação gerar algumas mensagens de erro, eventualmente identificando os eventuais erros encontrados.

Cada comando representa-se por um ou mais *tags*, contendo os parâmetros respectivos (se existirem). Um grupo de caracteres ou mesmo linhas limitado por `<!--` e `-->` é considerado um comentário.

A linguagem assume os seguintes valores por omissão (*defaults*) que, por isso, a aplicação deve inicializar:

```
front face = CCW
depth func = LEQUAL, enable
cull face  = back, enable
lighting   = enable
shading    = Gouraud
polygon mode = fill
```

Um documento LSX divide-se em blocos, cada um iniciando-se com um termo identificador de bloco, escrito entre "`<`" "`>`" (por exemplo `<LIGHTS>`) e terminando com o mesmo termo antecedido de uma barra de divisão (no mesmo exemplo, `</LIGHTS>`). A sequência de blocos é a seguinte:

INITIALS	<code><!--global values --></code>
ILLUMINATION	<code><!--illumination parameters --></code>
LIGHTS	<code><!--specification of all lights --></code>
TEXTURES	<code><!--specification of all textures --></code>
MATERIALS	<code><!-- specification of all materials --></code>
LEAVES	<code><!-- specification of all simple objects --></code>
NODES	<code><!--specification of all combined objects --></code>

Os últimos cinco blocos anteriores contêm definições de entidades do tipo correspondente (várias luzes, várias texturas, etc...). Cada uma dessas entidades contém um identificador do tipo *string*. Cada identificador

deve ser único dentro de cada bloco (por exemplo, não podem existir duas fontes de luz com o mesmo identificador).

Segue-se uma listagem representativa da sintaxe pretendida.

In the following, these symbols have the significance:

ii: integer value
ff: float value
ss: string value
cc: character "x" or "y" or "z"
tt: "0" or "1" with Boolean significance

<SCENE>

<INITIALS>

```
<frustum near="ff" far="ff"/>
<translate x="ff" y="ff" z="ff" />
<rotation axis="cc" angle="ff" />
<rotation axis="cc" angle="ff" />
<rotation axis="cc" angle="ff" />
<scale sx="ff" sy="ff" sz="ff" />
<reference length="ff" />
```

<!-- frustum planes-->
<!-- initial translate -->
<!-- initial rotation 3 -->
<!-- initial rotation 2 -->
<!-- initial rotation 1 -->
<!-- initial scaling -->
<!-- axis length; "0" means no axis-->

</INITIALS>

<ILLUMINATION>

```
<ambient r="ff" g="ff" b="ff" a="ff" />
<doubleside value="tt" />
<background r="ff" g="ff" b="ff" a="ff" />
```

<!-- global ambient -->
<!-- double or single side illum. -->
<!-- background color -->

</ILLUMINATION>

<LIGHTS>

```
<LIGHT id="ss">
  <enable value="tt" />
  <position x="ff" y="ff" z="ff" w="ff" />
  <ambient r="ff" g="ff" b="ff" a="ff" />
  <diffuse r="ff" g="ff" b="ff" a="ff" />
  <specular r="ff" g="ff" b="ff" a="ff" />
```

<!-- light identifier -->
<!-- enable/disable -->
<!-- light position -->
<!-- ambient component -->
<!-- diffuse component -->
<!-- specular component -->

<!-- NOTE: this block "LIGHT" must be repeated as necessary with different "id" -->

</LIGHTS>

<TEXTURES>

```
<TEXTURE id="ss">
  <file path="ss" />
  <amplif_factor s="ff" t="ff" />
```

<!-- path to file -->
<!-- x/s, y/t -->

<!-- NOTE: this block "TEXTURE" must be repeated as necessary with different "id" -->

</TEXTURES>

<MATERIALS>

```
<MATERIAL id="ss">
  <shininess value="ff" />
  <specular r="ff" g="ff" b="ff" a="ff" />
  <diffuse r="ff" g="ff" b="ff" a="ff" />
  <ambient r="ff" g="ff" b="ff" a="ff" />
  <emission r="ff" g="ff" b="ff" a="ff" />
```

<!-- specular reflection -->
<!-- diffuse reflection -->
<!-- ambient reflection -->
<!-- emission component -->

```

</MATERIAL>

<!-- NOTE: the "MATERIAL" block may be repeated as required. Each defined material requires a distinct "id"
-->

</MATERIALS>

<NODES>

<ROOT id="ss" />      <!-- identifier of root node of the scene graph; this node      -->
                        <!-- must be defined in one of the following NODE declarations -->

<NODE id="ss">        <!-- defines one intermediate node; may be repeated as necessary -->

    <!-- next two lines are mandatory -->
    <MATERIAL id="ss" />      <!-- declared material superimposes the material received from parent node -->
                                <!-- id="null" maintains material from parent node      -->
    <TEXTURE id="ss" />      <!-- declared texture superimposes the texture received from parent node -->
                                <!-- id="null" maintains texture from parent node      -->
                                <!-- id="clear" clears texture declaration received from parent node -->
    <!-- geom. transf. are optional and may be repeated, in any order, as necessary -->
    <TRANSLATION x="ff" y="ff" z="ff" />
    <ROTATION axis="cc" angle="ff" />
    <SCALE sx="ff" sy="ff" sz="ff" />

    <!-- declaring descendants, at least one node or one leaf must be present -->
    <DESCENDANTS>
        <NODEREF id="ss" />      <!-- "ss" is the identifier of a node or of leaf; -->
                                    <!-- may be repeated as necessary. It can refer an -->
                                    <!-- identifier of another node, later defined in the lsx file. -->

        <!-- next lines define nodes of type leaf; may be repeated, in any order, as necessary -->
        <LEAF itype="rectangle" args="ff ff ff ff" />      <!-- 2D coordinates for left-top and
right-bottom vertices. -->
        <LEAF type="cylinder" args="ff ff ff ii ii" />      <!-- height, bottom radius, top radius,
sections along height, parts per section -->
        <LEAF type="sphere" args="ff ii ii" />      <!-- radius, parts along radius, parts per
section -->
        <LEAF type="triangle" args="ff ff ff ff ff ff ff ff ff" />      <!-- coordinates of each
vertex -->
        <LEAF type="patch" args="ff ff" >      <!-- Non-Uniform rational basis spline
(NURBS), divisions across U and across V-->
        <CPLINE>      <!-- a controlpoint line declaration. use
as many CPLINE elements as required to characterize the U dimension -->
            <CPOINT xx="ff" yy="ff" zz="ff" ww="ff" />      <!-- a controlpoint declaration.
Use as many CPOINT as required to characterize the V dimension -->
        </CPLINE>
    </LEAF>

    </DESCENDANTS>

</NODE>

</NODES>

</SCENE>

```