



INSTITUTO
SUPERIOR
TÉCNICO

Computação Gráfica

Licenciatura em Engenharia Informática e de Computadores
Alameda / Taguspark

1º Exame
6 de Junho de 2011

O exame tem a duração de **2h30**, tolerância incluída. Responda às questões no espaço reservado para o efeito, **justificando** adequadamente as respostas. O verso das páginas pode ser utilizado como folha de rascunho ou para responder a questões dessa página, quando necessário. Durante o exame apenas é permitido o uso de caneta. Não é permitido o uso de calculadoras, telemóveis ou folhas em branco para rascunho. Uma resposta errada nas perguntas de escolha múltipla desconta 1/2 da cotação da respectiva questão. Identifique **todas** as folhas do exame.

Identificação do Aluno

Número:

Nome:

1. **[1.0v]** O conceito de *frame* é fundamental em computação gráfica. Explique, no contexto da computação gráfica interactiva, o que é uma *frame* e como esta se relaciona com o desempenho de um sistema gráfico.

Uma frame é uma imagem estática que é gerada no final do pipeline, contendo a vista a ser representada no dispositivo de visualização. É através da apresentação em sequência rápida destas imagens que se consegue transmitir o efeito de animação. Esta é tão mais fluida quanto mais imagens se conseguirem apresentar por unidade de tempo. Assim sendo, para se medir o desempenho de um sistema gráfico usa-se o número de frames por segundo (fps).

2. **[1.5v]** Considere que pretende executar a operação de recorte contra o volume ortogonal canónico e que os vértices $V_1=[-0.1, 0.5, 0.8]$, $V_2=[0.1, 0.2, 0.9]$, $V_3=[0.2, 0.2, 1.1]$ e $V_4=[0.2, 0.2, -0.1]$ são usados para definir os triângulos $F_1=\{V_1, V_2, V_3\}$ e $F_2=\{V_2, V_3, V_4\}$.
- a) **[0.5v]** Assumindo que vai aplicar o algoritmo de Cohen-Sutherland, indique quais os *outcodes* para cada um dos vértices.

$$OC(V_1) = 000000$$

$$OC(V_2) = 000000$$

$$OC(V_3) = 010000$$

$$OC(V_4) = 100000$$

- b) **[1.0v]** Indique, justificando, que segmentos são trivialmente aceites, trivialmente rejeitados ou subdivididos.

Trivialmente aceite:

$$[V_1 V_2],$$

$$\text{pois } OC(V_1) = OC(V_2) = 000000$$

Trivialmente rejeitado:

Nenhum

Subdivididos:

$$[V_2 V_3], [V_3 V_1] \text{ e } [V_4 V_2],$$

$$\text{pois } OC(V_2) \& OC(V_3) = 0, OC(V_3) \& OC(V_1) = 0 \text{ e } OC(V_4) \& OC(V_2) = 0$$

Identificação do Aluno

Número:

3. **[2.0v]** Considere uma janela de visualização do volume canónico ortogonal e um viewport definido entre as coordenadas (100, 200) e (900, 800). Determine a matriz de mapeamento em coordenadas de viewport.

$$M = T_2 \cdot S \cdot T_1$$

Onde:

T_1 é translação do canto inferior esquerdo da janela de visualização para a origem;

$$T_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -x_{min} \\ 0 & 1 & 0 & -y_{min} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

T_2 é translação da origem para o canto inferior esquerdo do viewport;

$$T_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & x_v \\ 0 & 1 & 0 & y_v \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 100 \\ 0 & 1 & 0 & 200 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

S é a escala que transforma a largura e altura da janela de visualização na largura e altura do viewport.

$$S = \begin{bmatrix} \frac{w_v}{w} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{h_v}{h} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{800}{2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{600}{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 400 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 300 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Logo:

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 100 \\ 0 & 1 & 0 & 200 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 400 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 300 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 400 & 0 & 0 & 500 \\ 0 & 300 & 0 & 500 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

4. **[1.0v]** Como é aplicado o mapa de cores no formato de imagem JPEG? Justifique a sua resposta.

No formato JPEG não é aplicado o mapa de cores. Este formato tem apenas um modo com 16 milhões de cores, o que inviabiliza a utilização de mapas de cores.

Identificação do Aluno

Número:

5. [2.0v] Considere os seguintes excertos de código VRML e OpenGL, respectivamente:

```
IndexedFaceSet {
  coord Coordinate {
    point [
      0 0 0, 1 0 0, 1 1 0, 0 1 0,
      0 0 1, 1 0 1, 1 1 1, 0 1 1
    ]
  }
  coordIndex [
    0 1 2 3 -1,
    0 1 5 4 -1,
    1 2 6 5 -1,
    2 3 7 6 -1,
    3 0 4 7 -1,
    4 5 6 7
  ]
}
```

```
void draw() {
  glBegin(GL_QUADS);
  glVertex3f(0.0f, 0.0f, 0.0f);
  glVertex3f(1.0f, 0.0f, 0.0f);
  glVertex3f(1.0f, 1.0f, 0.0f);
  glVertex3f(0.0f, 1.0f, 0.0f);
  glEnd();
  glBegin(GL_QUADS);
  glVertex3f(0.0f, 0.0f, 0.0f);
  glVertex3f(1.0f, 0.0f, 0.0f);
  glVertex3f(1.0f, 0.0f, 1.0f);
  glVertex3f(0.0f, 0.0f, 1.0f);
  glEnd();
  glBegin(GL_QUADS);
  glVertex3f(1.0f, 1.0f, 0.0f);
  glVertex3f(0.0f, 1.0f, 0.0f);
  glVertex3f(0.0f, 1.0f, 1.0f);
  glVertex3f(1.0f, 1.0f, 1.0f);
  glEnd();
  glBegin(GL_QUADS);
  glVertex3f(0.0f, 0.0f, 1.0f);
  glVertex3f(1.0f, 0.0f, 1.0f);
  glVertex3f(1.0f, 1.0f, 1.0f);
  glVertex3f(0.0f, 1.0f, 1.0f);
  glEnd();
}
```

a) [1.0v] Os dois excertos representam o mesmo objecto sólido 3D? Justifique.

Não. O código VRML representa um cubo com arestas de 1 unidade. O código OpenGL representa apenas quatro das faces desse cubo.

b) [1.0v] Indique, para cada um dos casos, qual a técnica de representação de malhas de polígonos utilizada.

O código VRML usa uma malha de polígonos representada por uma lista de vértices (sem repetições) em que cada polígono é descrito por referência aos vértices dessa lista.

O código OpenGL usa uma malha de polígonos em que cada polígono é representado por uma lista explícita das coordenadas de cada vértice (há repetições).

Identificação do Aluno

Número:

6. [1.5v] Considere as seguintes matrizes de transformação de normalização para um volume canónico ortogonal.

$$T_{ort} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad S_{ort} = \begin{bmatrix} 1/1200 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/800 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/200 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- a) [0.5v] Indique qual das utilizações da função `glOrtho()` indicadas abaixo está correcta.

Nota: assinatura da função `glOrtho`:

```
void glOrtho(GLdouble left, GLdouble right,
             GLdouble bottom, GLdouble top,
             GLdouble nearVal, GLdouble farVal)
```

A: `glOrtho(0, 1200.0f, 0.0f, 800.0f, -100.0f, 100.0f)`

B: `glOrtho(0, 1200.0f, 0.0f, 800.0f, -50.0f, 50.0f)`

C: `glOrtho(-600.0f, 600.0f, -400.0f, 400.0f, -100.0f, 200.0f)`

D: `glOrtho(-600.0f, 600.0f, -400.0f, 400.0f, -200.0f, 100.0f)`

E: `glOrtho(0.0f, 800.0f, 0.0f, 1200.0f, -100.0f, 100.0f)`

A resposta correcta seria a A para um volume canónico ortogonal definido pelos seis planos: $x = 0$, $x = 1$, $y = 0$, $y = 1$, $z = 0$, $z = 1$.

Nenhuma das opções está correcta para um volume canónico ortogonal definido pelos seis planos habituais: $x = -1$, $x = 1$, $y = -1$, $y = 1$, $z = 0$, $z = 1$.

Ambas as respostas foram consideradas correctas.

- b) [1.0v] Justifique a sua escolha.

Tendo em conta a forma genérica das matrizes:

$$T_{ort} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -F \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad S_{ort} = \begin{bmatrix} 1/w & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/h & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/(B-F) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

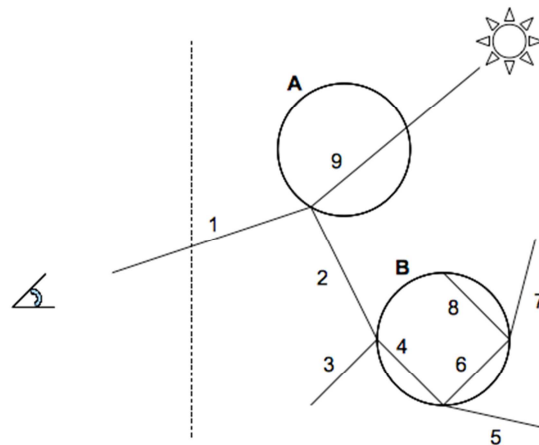
As opções B e D estão incorrectas, porque de $T(ort)$ retiramos que $-F = 100$, ou seja o plano anterior (F ou `nearVal`) é igual a -100 . A opção C está incorrecta, porque de $S(ort)$ retiramos que $B - F = 200$, ou seja o plano posterior (B ou `farVal`) é igual a 100 (sendo $F = -100$). Para o volume canónico ortogonal definido pelos seis planos: $x = 0$, $x = 1$, $y = 0$, $y = 1$, $z = 0$, $z = 1$, de $S(ort)$ retiramos que $w = 1200$ e $h = 800$, o que valida a opção A e invalida a opção E.

Para o volume canónico ortogonal definido pelos seis planos: $x = -1$, $x = 1$, $y = -1$, $y = 1$, $z = 0$, $z = 1$, de $S(ort)$ retiramos que $w/2 = 1200$ e $h/2 = 800$, o que invalida as opções A e E. Neste último caso a utilização correcta seria: `glOrtho(-1200.0f, 1200.0f, -800.0f, 800.0f, -100.0f, 100.0f)`

Identificação do Aluno

Número:

7. **[1.5v]** Considere o seguinte diagrama que representa os raios traçados por um Ray Tracer para um determinado pixel.



- a) **[0.5v]** Classifique o tipo de todos os raios identificados por números.

1 – Raio Primário
 2, 3, 6, 8 – Raios Reflectidos
 4, 5, 7 – Raios Refractados
 9 – Shadow Feeler.

- b) **[1.0v]** O que pode concluir sobre os materiais das esferas A e B.

A esfera A é opaca (porque não tem raios refractados) e reflectora.
 A esfera B é translúcida e reflectora.

Identificação do Aluno

Número:

8. [1.0v] O efeito de aliasing é característico da representação *raster* de uma cena. Justifique.

9. [1.5v] Indique, justificando, quais as transformações necessárias para transformar o frustum genérico no volume canónico ortogonal.

O ângulo fornecido como primeiro argumento respeita a abertura vertical em graus.

A relação existente entre a semi-altura e a distância à janela de visualização (definida pelo argumento near) é a tangente da semi-abertura vertical ou seja:
 $\text{top} = \text{tg}(120/2) * 10$ e como $\text{bottom} = -\text{top}$ significa que a altura da janela vale $20 * \text{tg}(60)$;

Dado que a relação de aspecto é 1,33 temos que $\text{right} = 1,33 * \text{top}$ e $\text{left} = -\text{right}$. Assim a largura da janela vale $1,33 * 20 * \text{tg}(60)$

$\text{Tg}(60^\circ) = 1,732$

Resposta:

Altura= $20 * 1,732 = 34,64$

Largura= $1,33 * 34,64 = 46,0712$

Identificação do Aluno

Número:

10. [1.0v] Apresente as duas principais desvantagens do método de sombreamento de Gouraud.

Possibilidade de não capturar o efeito especular e as bandas de Mach (zonas de brilho intenso nas arestas que acentuam o aspecto poligonal do objecto).

11. [1.5v] No algoritmo de RSO conhecido como Lista de Prioridades (Newell-Sancha-Newell) podem existir situações de ambiguidade as quais é necessário resolver. Explique essas situações e descreva dois testes para as resolver. Pode utilizar imagens para ilustrar as várias situações.

Situações ambíguas, ocorrem nos casos em que os intervalos de ocupação dos polígonos segundo zz' se sobrepõem, pelo que não é possível a sua ordenação.

Sendo os polígono P e Q a resolução de ambiguidades

O processo de comparação tem por objectivo provar que P não obstrui a visibilidade de Q. Basta que uma das 5 condições seguintes se verifique: (por ordem crescente de complexidade)

- 1) Os intervalos de ocupação de P e Q, segundo xx' , não se sobrepõem.
- 2) Os intervalos de ocupação de P e Q, segundo yy' , não se sobrepõem.
- 3) P encontra-se totalmente contido no semi-espaço definido pelo plano de Q, oposto àquele em que se encontra o ponto de observação da cena.
- 4) Q encontra-se totalmente contido no mesmo semi-espaço, definido pelo plano de P, em que se encontra o ponto de observação da cena
- 5) As projecções de P e Q no plano (x, y) não se sobrepõem.

Se P passar no teste de não obstrução com todos os polígonos Q, pode ser discretizado e o próximo polígono da lista passa a ser o novo polígono P. Se o teste falhar com um dos polígonos Q, o polígono deve fragmentar-se segundo um plano de corte co-planar com Q, descartar-se o polígono original, inserir na lista os fragmentos resultantes por ordem crescente de Z_{min} , e repetir o algoritmo.

Identificação do Aluno

Número:

- 12. [1.0v]** Apresente o modelo de cor CMY, descrevendo as suas características, o significado das letras do seu acrónimo e o seu domínio no espaço CMY. Mencione também um tipo de unidade de saída gráfica que empregue este modelo.

O modelo de cor CMY é um modelo substractivo, cujos 3 parâmetros são as cores complementares azul ciano (C), magenta (M) e amarela (Y), e apresenta um espaço de cor constituído por um cubo em cuja origem (0,0,0) se encontra a cor branca, estando a cor negra (1,1,1) no vértice oposto. Este modelo é complementar do modelo RGB ($CMY=1-RGB$) e é empregue essencialmente por impressoras a cor.

- 13. [1.5v]** Normalmente, o algoritmo de remoção de faces traseiras é aplicado conjuntamente com outros algoritmos para a remoção de elementos invisíveis.

- a) [1.0v]** Deve este algoritmo suceder ou anteceder os outros algoritmos no pipeline de visualização. Porquê?

Esta operação deve preceder as restantes operações de remoção de elementos invisíveis porque é de todas a operação computacionalmente mais leve e que permite, com pouco esforço de cálculo, eliminar a maioria dos elementos invisíveis numa cena e, conseqüentemente, passa muito menos elementos para serem processados pelos outros algoritmos de remoção de invisíveis que são muitíssimo mais pesados (mesmo que se empregue o algoritmo de Z-buffer).

- b) [0.5v]** Cite uma situação em que a aplicação do algoritmo de remoção de faces traseiras dispensa a aplicação de outros algoritmos para remoção de elementos invisíveis.

Objectos dispostos de forma tal que não se ocludam, sem concavidades nem reentrâncias (esferas, ou poliedros convexos, p. ex).

Identificação do Aluno

Número:

14. [2.0v] Explique em que consiste o critério do ponto médio quando aplicado à discretização de segmentos de recta no algoritmo de Bresenham e que vantagens apresenta em relação ao algoritmo incremental básico.

O critério do ponto médio empregue pelo algoritmo de discretização de Bresenham permite determinar qual de dois pixéis se encontra mais perto de um segmento de recta para um dado valor da ordenada desse segmento apenas com operações de aritmética de inteiros (inspecção do sinal da equação implícita da recta contendo o segmento no ponto médio entre os dois pixéis candidatos) e, assim, executar rapidamente a discretização sem acumulação de erros. O algoritmo incremental básico é muito mais lento porque recorre a operações de vírgula flutuante e acumula erros devido à provável representação aproximada da parte fraccionária do valor do declive dos segmentos quando este é adicionado ao valor da ordenada.

Identificação do Aluno

Número: