



# 1º Teste de Computação Gráfica

Licenciatura em Eng. Informática e de Computadores

Prof. responsável – Mário Rui Gomes

7 de Maio de 2001

Nº \_\_\_\_\_ Nome: \_\_\_\_\_ Sala: \_\_\_\_\_

Responda às questões seguintes justificando adequadamente todas as respostas. Se necessário utilize o verso da respectiva folha. O Teste tem uma duração máxima, incluindo tolerância, de 1h30m.

## I

1. Na taxionomia das Aplicações Gráficas um dos critérios usados é o do tipo de **interacção pessoa máquina**. Descreva, sucintamente, 4 desses tipos, dando um exemplo para cada um deles.

Podem ser escolhidos 4 dos seguintes tipos:

**Representação Passiva** (*offline*) existe uma descrição dos objectos a visualizar limitando-se o utilizador a mandar desenhar as imagens, quer se trate de uma ferramenta de visualização num ecrã, da impressão num plotter ou da sensibilização de um filme de 35mm, recorrendo a um equipamento apropriado ligado ao computador.

**Representação Interactiva** o utilizador manipula os objectos, construindo a cena de modo incremental, grava toda a cena, incluindo a sua iluminação, posição das câmaras e, sempre que entender, obtém uma imagem no suporte mais apropriado.

**Sistemas de Navegação** a cena está pré-definida podendo o utilizador controlar não só o modo de iluminar a cena mas também definir e controlar várias câmaras virtuais e navegar num espaço, normalmente, tridimensional. Estes sistemas designam-se por de Tempo Real, sendo uma das ferramentas mais populares: os navegadores VRML.

**Ambiente de Realidade Virtual**, também de Tempo Real é possível não só navegar mas também alterar a cena, incluindo a geometria e restantes atributos dos objectos. Os navegadores VRML suportam também esta funcionalidade.

**Agentes Autónomos**, em particular nos jogos de computador, devemos considerar um novo tipo de interacção pessoa máquina na qual a máquina detém características que convencionamos chamar humanas, tais como inteligência (dita artificial), autonomia, personalidade, emoções e muitas outras.

**Avatars**, em que os objectos gráficos são representações complexas de outra pessoa com a qual o utilizador está a interactuar. Esta classe de aplicações aparece nos sistemas de comunicação pessoa – pessoa, síncrona, através de canais de comunicação de baixo débito.

2. Considere a história da produção de imagens:

- a. Quais são as características das primeiras imagens produzidas pelo homem e em suporte foram produzidas?

A necessidade de utilizar imagens na comunicação acompanha o homem desde há milhares de anos. Representações planares em cavernas datam do Paleolítico superior (40.000AC) e foram desenhadas sobre pedra.

- b. Qual o nome do investigador que revolucionou a Computação Gráfica Interactiva e descreva, sucintamente, uma das suas contribuições técnico-científicas.

O aluno de doutoramento do MIT, **Ivan Sutherland**, concebe e realiza o primeiro sistema de representação interactiva, o Sistema de Desenho Sketchpad, introduzindo os princípios genéricos da Computação Gráfica Interactiva. Usando uma caneta óptica e o Sketchpad era possível desenhar e editar figuras geométricas desenhadas no ecrã de 9 polegadas.

3. Qual a diferença entre os conceitos de janela e *viewport*?

Através da janela visualiza-se uma Cena, pelo que corresponde à superfície de visualização de uma Câmara Virtual.

*Viewport* é a área do ecrã na qual vai ser desenhada a vista de uma cena obtida através de uma janela.

## II

1. Escreva a matriz de transformação resultante da composição de uma rotação em torno do eixo dos XX de 45° seguida de uma translação de 10 unidades segundo ZZ. Determine as coordenadas homogéneas do ponto [-1 2] do espaço 2D quando w = 3.

As matrizes de transformação individuais são

$$M_T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \dots, M_R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos 45 & -\sin 45 & 0 \\ 0 & \sin 45 & \cos 45 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} & 10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

a matriz de transformação resultante será  $M = M_T \cdot M_R$ :

As coordenadas homogéneas em 2D são da forma [wx wy w]  $w > 0$ . Para  $w=3$  teremos as coordenadas homogéneas da forma [3x 3y 3]. Para o ponto  $P=[-1 2]$  ter-se-á [-3 6 3].

2. Considere a Matriz de transformação

$$\begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

a. Indique qual o resultado se aplicada ao ponto de coordenadas [1 1 0]

Como a matriz está em coordenadas homogéneas o ponto deve escrever-se [1 1 0 1],

O resultado  $P' = M.P = [2 \ 2 \ 0 \ 1]$  que corresponde ao ponto de coordenadas [2 2 0].

b. Porque razão a matriz tem 4 x 4 elementos? Quais as vantagens?

A matriz tem 4x4 elementos dado que transforma pontos em coordenadas homogéneas. As vantagens desta abordagem consistem em poder tratar a composição de transformações como produto de matrizes, permitindo exprimir as translações como transformações lineares (o que não acontece em R3), simplificando muito a componente da *pipeline* de visualização que lida com transformações.

### III

1. Qual a forma do volume de visualização no caso de uma transformação perspectiva e de uma transformação paralela? Justifique.

O volume de visualização é definido pelas projectantes e pelos planos de recorte anterior e posterior, que são perpendiculares à direcção de visualização. Na transformação perspectiva, as projectantes convergem no centro de projecção (posição da câmara) pelo que o volume tem a forma de um tronco de pirâmide. No caso da transformação paralela, as projectantes são paralelas entre si e perpendiculares aos planos de recorte, definindo com estes a forma de um paralelepípedo rectângulo.

2. Comente a seguinte frase: "Não existem pontos de fuga numa projecção perspectiva se o plano de projecção for perpendicular a um dos eixos".

Esta afirmação é incorrecta: dado que as projectantes convergem no centro de projecção, existirão sempre pontos de fuga (i.e. pontos onde rectas paralelas não perpendiculares ao plano de projecção convergem). O número desses pontos é igual ao número de intersecções do plano de projecção com os eixos coordenados. No caso indicado a projecção terá exactamente um ponto de fuga.

### IV

1. As superfícies paramétricas são representadas como malha de polígonos para efeitos de visualização. Indique duas vantagens e duas desvantagens desta abordagem.

A principal vantagem de se representarem superfície paramétrica como malha de facetas consiste em **simplificar os cálculos de visibilidade e intersecção** com faces planas (recorte) que passam a fazer-se sobre entidades mais simples (polígonos). Por outro lado **simplificam o cálculo da interacção** com raios luminosos. Finalmente **operações de interrogação** à

**estrutura de dados** por exemplo para cálculo de intersecção de raios e trocas de energia características da radiação são mais simples de efectuar com polígonos que sob a forma paramétrica.

As desvantagens desta representação (malha de polígonos) consistem no **dispêndio de memória** (codificação menos compacta), na **perca de precisão** versus a quantidade de memória gasta (maior precisão requer o quadrado dos polígonos) e no **gasto de largura de banda** necessário para transmitir a informação para o processador gráfico. Finalmente, a malha de polígonos não tem **informação de adjacências implícita**, requerendo memória adicional para a sua manutenção.

2. Qual a utilidade das matrizes de transformação para a composição hierárquica de objectos?

As matrizes de transformação permitem definir transformações de coordenadas locais entre dois pontos do grafo acíclico orientado (GAO ou DAG) que descreve a cena. Por atravessamento do grafo de cena e através da concatenação de transformações é possível articular elementos da estrutura hierárquica e aplicar transformações globais a partir dos elementos de topo da estrutura. É graças às matrizes de transformação que se pode definir movimentos realistas do colecções hierárquicas de objectos de uma forma simples.

3. Suponha que necessita de calcular a intersecção de um raio com uma cena com elevado número de objectos. Que estrutura de dados utilizaria para descrever a cena? Porquê?

O cálculo de intersecções de raios luminosos com cenas complexas é comum em operações de visualização como por exemplo o traçado de raios ou cálculos de visibilidade no espaço objecto. Para fazer estes cálculos de uma forma expedita importa rapidamente eliminar porções da cena sem sequer efectuar cálculos de intersecção com objectos individuais. Neste âmbito as estruturas de dados que efectuem uma divisão recursiva do espaço euclidiano como as octrees e BSP-trees permitem efectuar este tipo de interrogações eliminando à partida grande quantidade de objectos.

## V

1. Comente a seguinte afirmação: "O volume de visualização canónico é definido como um tronco de cone para tornar mais simples a operação de projecção".

A afirmação é incorrecta a dois títulos. Em primeiro lugar o volume de visualização é definido como um tronco de pirâmide para tornar mais simples a operação de recorte (ao invés de uma superfície cónica que requereria a realização de sistemas de equações de ordem elevada para calcular o recorte de objectos, as faces planas do VV permitem calcular intersecções de forma simples. Finalmente, a complexidade da projecção não é afectada pela forma do volume de visualização. A normalização do VV tem a ver com a simplificação das operações de recorte.

2. Quais os parâmetros que é necessário fornecer para definir completamente a transformação de visualização? (refira-se ao modelo de câmara virtual dado nas aulas).

Os parâmetros a definir são seis:

1. posição da câmara (VRP), também representa o Centro de Projecção
2. orientação (VPN – normal ao plano de visualização, VUV' - view up vector)
3. distância D - plano de visualização ao VRP definida sobre VPN

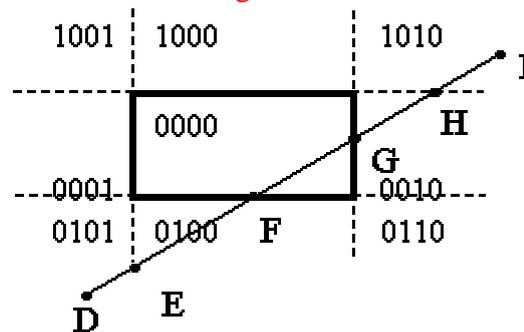
4. dimensões da janela de visualização (simétrica relativamente a VRP); alternativas: largura, altura, Relação de Aspecto e FOV (vertical e horizontal)
5. planos de recorte através das distâncias F(ront) e B(ack) definidas sobre VPN
6. Tipo de projecção: ortográfica ou perspectiva: o modelo simplificado não permite projecções oblíquas.

## VI

1. Considere o algoritmo de Cohen – Suntherland.

- a. Qual o número máximo de recortes de um segmento de recta aplicando esse algoritmo?

O número máximo de recortes a um segmento de recta será de 4, como consta na figura.



- b. Quais os *outcodes* dos vértices de um segmento de recta de modo a que o número máximo de intersecções seja 0?

Os *outcodes* dos vértices de um segmento de recta, para que o número máximo de intersecções seja 0, correspondem às situações de aceitação trivial: ambos 0000 ou rejeição trivial OC1 & OC2 diferente de 0.

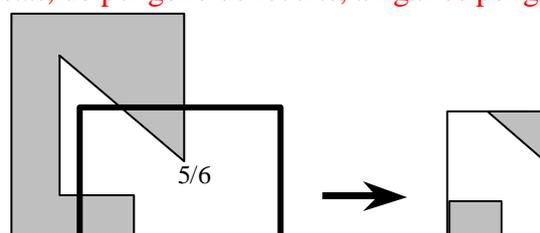
2. Considere a situação do recorte de um polígono por outro polígono. Qual a situação mais genérica e qual o algoritmo que utilizaria nessa situação? Justifique.

A situação mais genérica seria o recorte de um polígono concavo por outro polígono concavo (não considerando polígonos com buracos). Nessa situação utilizaria o algoritmo de Sutherland – Hodgman o qual, ao tratar as relações de cada aresta do polígono a recortar com cada aresta do polígono de recorte não coloca qualquer constrangimento aos tipos dos 2 polígonos. Só tem que se ter em consideração o retirar das arestas fantasmas do polígono recortado.

3. Descreva os principais problemas que podem ocorrer ao aplicar o recorte a um polígono côncavo? Justifique, utilizando uma figura.

Ao recortar um polígono côncavo podem ocorrer dois problemas principais, como se pode observar na figura.

- O Polígono pode, após o recorte dar origem a mais do que um polígono, pelo que a estrutura de dados tem que contemplar essa situação.
- Podem existir arestas, do polígono de recorte, a ligar os polígonos recortados pelo que



têm que ser removidas.

### Cotação

	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>
<b>1.</b>	1	1	1.5	1	1	1
<b>2.</b>	1.5	2	1.5	1.5	2	1.5
<b>3.</b>	0.5			1.5		1.5
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>