



2º Teste / 1º Exame de Computação Gráfica 2º Ano

Licenciatura em Eng. Informática e de Computadores

Prof. responsável – Mário Rui Gomes

7 de Julho de 2000

Nº _____ Nome: _____

Responda às questões seguintes justificando adequadamente todas as respostas. Se necessário utilize o verso da respectiva folha.

Ao 2º teste pertencem todas as 14 perguntas dos grupos VI a IX. Ao 1º Exame pertencem todas as perguntas menos as dos grupos V a IX assinaladas como [Teste] .

1º Parte

I

1. Na taxonomia das Aplicações Gráficas um dos critérios usados é o do modo como os objectos podem ser visualizados. Descreva, sucintamente, 4 desses critérios, dando um exemplo para cada um deles.

Quanto às características dos Objectos e ao modo como são visualizados temos os seguintes critérios (escolher 4):

1. Quanto à Dimensionalidade dos Objectos estes podem ser subdivididos consoante o espaço em que estão definidos: espaços 2D e espaços 3D.
2. Quanto à Dimensionalidade do Espaço em que estão definidos os objectos, podemos definir um ponto num espaço 1D, 2D ou 3D assim como uma curva, uma linha poligonal ou um texto num espaço 2D ou 3D. No entanto não podemos definir uma superfície num espaço 2D.
3. Quanto ao Tipo de Imagens produzidas existe uma dependência relativamente ao espaço em que os objectos estão definidos. Assim uma curva definida num espaço 2D pode ser visualizada como uma linha poligonal ou pelo lugar geométrico dos pontos que pertencem à curva. Pelo outro lado a curva pode ser representada com um padrão (por exemplo traço linha), com diferentes níveis de cinzento ou a cores. Se considerarmos uma superfície esta pode ser representada através de linhas poligonais (arames ou wire-frame), as quais podem, além dos atributos que existem em 2D incluir também a remoção linhas ocultas. Se a superfície for definida como uma malha de facetas (polígonos planares) ou como o lugar geométrico dos pontos que lhe pertencem podem ser retirados os elementos ocultos.
4. A Iluminação tem também um papel muito importante na CG. No Mundo Real para ser possível visualizar um objecto é necessário iluminá-lo. Este conceito de iluminação,

aplicável quer a cenas definidas no espaço 2D ou 3D tem impacto no modo como o objecto é visualizado. Considerando que no Mundo Real não existem objectos 2D é comum que tais objectos, em CG, tenham uma textura e/ou cor não sendo necessário iluminá-los para se obter uma sua imagem.

5. Quanto à Variação em Função do Tempo, no que se designa por Animação por Computador, os objectos podem estar estáticos ou qualquer um dos seus atributos pode variar em função do tempo, quer se trate da geometria, cor, textura ou modo como o objecto é visualizado (câmara em movimento).

6. É ainda possível a estender a área da Computação Gráfica a outros media tais como o Som, o Tacto ou o Cheiro. Dos 5 sentidos unicamente o Gosto não tem sido considerado.

2. A empresa Americana Tektronix introduziu, em meados da década de 60, um novo tipo de terminal gráfico denominado “Direct View Storage Tubes”. Em que consistiu essa inovação tecnológica e qual a sua principal limitação.

Estes terminais usavam um novo tipo de fósforo o qual, após ser sensibilizado, continuava a emitir energia luminosa durante muito tempo, pelo que se denominam por Terminais de Armazenamento da Imagem no Ecrã, DVST's (Direct View Storage Tubes). Esse novo tipo de fósforo apresentava ainda uma propriedade adicional: ao ser bombardeado por feixes de electrões com elevada potência, deixavam de emitir energia luminosa. Na realidade este efeito deve-se á emissão dos chamados electrões secundários devido à carga espacial gravada pelo feixe de electrões que fica retida entre duas camadas da superfície interna do ecrã. Existe um cátodo de flood fill o qual envia electrões que são acelerados por esta camada e vão excitar o fósforo

Estes terminais não necessitavam de memória de ecrã mas tinham como principal inconveniente o facto de não poderem ser usados para apresentar cenas animadas.

II

1. Considere as transformações T1, Rotação em torno do eixo dos YY de 90° e T2, escala não uniforme com factores de 10, 3 e 20 em XX YY e ZZ respectivamente.

- a. Escreva a matriz de transformação T2 o T1.

$$T1 = \begin{bmatrix} \cos 90 & 0 & -\text{sen}90 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \text{sen}90 & 0 & \cos 90 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, T2 = \begin{bmatrix} 10 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, T2 \circ T1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -10 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 \\ 20 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- b. Agora escreva a matriz que descreve a composição T1 o T2.

$$T1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, T2 = \begin{bmatrix} 10 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, T1 \circ T2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -20 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 \\ 10 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- c. As matrizes são iguais ou diferentes ? Porquê ?

São diferentes, porque o produto de matrizes não é em geral comutativo

Logo a composição de transformações lineares também não o é.

2. Escreva o código VRML que permite aplicar T1 o T2 a um cubo de lado unitário centrado na origem.

```
.....transform {  
  rotation 0 1 0 1,5707  
  scale 10 3 20  
  children [Shape {appearance Appearance{  
    material Material {  
    }  
  }  
  geometry Box {}]  
}
```

as transformações em VRML são aplicadas na ordem escala, rotação, translação, logo a sequência por omissão produz o resultado desejado. Alternativamente podem aninhar-se os nós transform para garantir a ordem desejada.

III

1. A matriz da figura representa que tipo de projecção? Justifique.

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

Projecção ortogonal segundo o eixo dos zz : $x'=x$, $y'=y$, $z'=0$

2. Escreva a matriz (em coordenadas homogéneas) para a projecção perspectiva, sabendo que o plano de projecção se situa no ponto $z=10$.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/10 & 1 \end{bmatrix}$$

IV

1. Escreva o código VRML que permite definir um cilindro de 10 unidades de altura e 4 de raio na base com cor vermelha reflectiva.

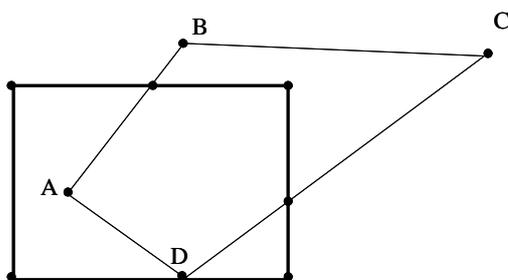
```
Shape { appearance Appearance{  
  material Material { diffuseColor 1.0 0 0 }  
  geometry Cylinder { height 10 radius 1 }  
}  
}
```

2. Comente a seguinte afirmação: "As primitivas CSG permitem descrever objectos complexos através da representação das suas fronteiras".

A afirmação é falsa: CSG é a sigla correspondente a *Constructive Solid Geometry* que permite descrever formas complexas através da combinação em árvore de primitivas sólidas elementares, que descrevem o volume ocupado e não a fronteira destes objectos.

V

1. Aplique o algoritmo de Cohen-Sutherland ao recorte do polígono definido pelos vértices ABCD pelo rectângulo da figura. Tem alguns comentários sobre o que realizou?



Em primeiro lugar calculo os OP dos vértices:

A – 0000

B – 1000

C – 1010

D – 0000

Sendo o polígono formado por 4 segmentos de recta aplico o algoritmo a todos eles:

AB – OP de B \langle 0000, AND = 0000 \rightarrow escolher o vértice que tem OP \langle 0000 e usar o 1º bit \langle 0 para escolher a recta com a qual será calculada a intersecção. Assim subdividir usando a recta de cima do polígono de recorte do que resulta o vértice intermédio, que designo por B' que está marcado na figura o qual tem o OP 0000 pelo que ao fazer o AND dos OP AB' obtenho 0000 pelo que é trivialmente aceite.

BC – OP de B \langle 0000, AND = 1000 \langle 0000 \rightarrow rejeitar.

CD – OP de C \langle 0000, AND = 0000 \rightarrow escolher o vértice que tem OP \langle 0000 e usar o 1º bit \langle 0 para escolher a recta com a qual será calculada a intersecção. Escolhe-se C e intersecta-se com o segmento de recta de cima obtendo-se um vértice C' que não aparece na imagem e que terá OP 0010. Aplica-se novamente o processo e obtém-se um novo vértice C'' que resulta da intersecção com o segmento de recta da direita do rectângulo de recorte o qual tem OP = 0000 pelo que o segmento de recta C''D será trivialmente aceite.

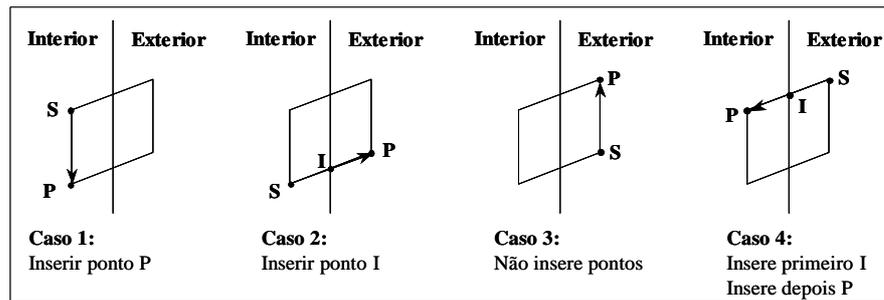
DA – AND = 0000 \rightarrow segmento de recta trivialmente aceite.

Da aplicação do algoritmo obtivemos os segmentos de recta AB', C''D e DA e não um polígono recortado. Mesmo que fossem usados os vértices AB'C''D para representar um novo polígono ele não seria o polígono recortado.

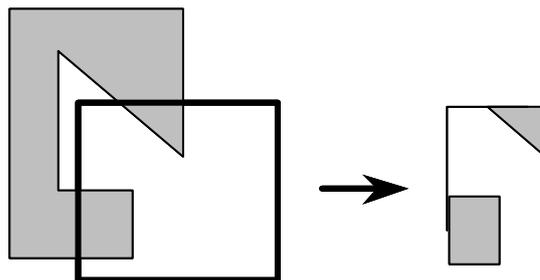
Assim teria que usar outro tipo de algoritmo como o de Sutherland – Hodgman.

2. Descreva o algoritmo de Sutherland – Hodgman. O que poderá acontecer se o algoritmo for aplicado a um polígono côncavo. Ilustre com um exemplo.

O algoritmo baseia-se na estratégia de dividir para conquistar: Assim é fornecido um primeiro conjunto de vértices e é efectuado o recorte com uma aresta invisível. Após o recorte será obtido um novo conjunto de vértices que são obtidos através das regras que se apresentam na figura.



Aplicando o algoritmo ao polígono da esquerda obtemos o polígono da direita que inclui uma aresta que liga dois polígonos. Essa aresta deverá ser retirada.



2º Parte (2º Teste)

VI

- Suponha que tem um ecrã de 10cm x 8cm cuja resolução é de 100 quadrículas por centímetro. Se o *frame-buffer* estiver organizado em 3 bytes (RGB) por pixel, a memória estiver organizada em bytes e o endereço do canto-superior esquerdo do ecrã correspondente ao pixel de coordenadas (0, 0) for 0 (zero), qual o endereço da quadrícula de coordenadas (x, y) ?

A memória reservada para o *frame-buffer* é 1000x800x3 e está organizada por linhas. O endereço da posição correspondente ao pixel (0, 0) é 0. O endereço correspondente ao pixel (0, 1) será a posição $0 + 1000 \cdot 1 \cdot 3 = 3000$. Logo a posição correspondente ao pixel (x,y) será $(x + 1000 \cdot y) \cdot 3$

- Suponha um triângulo com os vértices nos pontos A (1, 2) B (10, 12) e C (1, 15).

a) Preencha a tabela de Arestas inicial considerando o algoritmo de Scan-Line leccionado nas aulas.

A tabela de arestas tem as seguintes entradas não nulas:

$TA[2] = [(AC, Y_{max}=15, X_{min}=1, 1/m = 0), (AB, Y_{max}=12, X_{min}=1, 1/m=9/10)]$

$TA[12] = [(BC, Y_{max}=15, X_{min}=10, 1/m=9/3)]$

b) Escreva a tabela de Arestas Activas para o mesmo algoritmo na linha $y=5$. [Considere por conveniência a origem do sistema de coordenadas no canto inferior esquerdo].

$TAE[5]=[AC, AB]$ ou vice-versa dado que X_{min} é igual

3. [Teste] Como sabe, o Algoritmo de Bresenham só permite o traçado de segmentos de recta dentro de determinados limites.

a) Diga quais são estes limites.

O algoritmo de Bresenham tal como apresentado nas aulas só permite desenhar linhas no primeiro quadrante com declive ≤ 1 que passem na origem.

b) Escreva o pseudo código adicional necessário ao desenho de segmentos de recta sem as limitações indicadas em a).

Para obviar a esta limitação transforma-se a recta desejada numa outra que passe pelo primeiro quadrante e aplica-se a transformação inversa aos pixéis individuais na função WritePixel. Por translação pode colocar-se a origem do segmento de recta no ponto $(0, 0)$ considerando o segmento $(0, 0) - (x1 - x0, y1 - y0)$ e faz-se WritePixel $(x + x0, y + y0)$. De forma semelhante é possível reduzir os segmentos de recta ao primeiro quadrante. Para as rectas de declive > 1 troca-se x com y , p.ex.

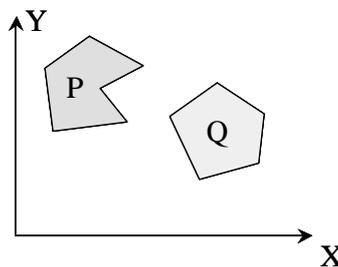
VII

1. A remoção de elementos ocultos pode ser efectuada no Espaço Objecto ou no Espaço Imagem. Compare as duas famílias de algoritmos quanto à precisão, complexidade do algoritmo e à complexidade das operações individuais que são efectuadas.

No Espaço Imagem: a precisão depende da resolução do dispositivo de visualização sendo a visibilidade determinada em cada quadrícula; para n objectos e p quadrículas a complexidade é do tipo $n \times p$; as operações individuais são elementares e de baixa carga computacional.

No Espaço Objecto: a precisão é virtualmente infinita; para n objectos presentes na cena temos uma carga computacional proporcional a n^2 ; as operações individuais são tipicamente complexas e de elevada carga computacional.

2. Qual a estratégia que é usada pelos algoritmos designados por *Depth Sort* quando aplicado a facetas? Explique os passos principais desse tipo de algoritmos e aplique-o ao exemplo da figura em que aparecem 2 facetas num plano paralelo a Z.



Este tipo de algoritmo baseia-se na ordenação das facetas, ou de outro tipo de objectos e no seu desenho na ordem decrescente da distância ao observador.

Os passos são os seguintes:

1º Ordenar todas as facetas constituintes da cena por ordem crescente da sua menor coordenada z .

2º Resolver situações ambíguas, nalguns casos em que os intervalos de ocupação das facetas segundo z se sobrepõem o que pode original na sua fragmentação da faceta.

3º Discretizar as facetas (originais e resultantes da fragmentação) por ordem crescente da sua menor coordenada.

No caso da figura tem que ser resolvida a ambiguidade resultante de estarem ambas as facetas no mesmo plano Z. No entanto como a projecção das facetas em X não se intersectam a ordem pela qual se ordenam as facetas é arbitrária.

3. Considere o Sistema de Visão. Descreva os vários tipos de células receptoras ópticas, seu tipo, número e distribuição na retina.

Os cones permitem perceber a cor, existindo os designados cones azuis, em menor número, verdes e vermelhos. No total são cerca de 7 milhões concentrados na zona central da retina.

Os bastonetes em muito maior número (entre 115 e 120 milhões) permitem a percepção acromática, os quais não existem na zona central da retina. Devido a esse facto a visão periférica só permite a percepção das formas e não das cores.

4. [Teste] Na comparação entre formatos de imagem pode ser usada uma taxonomia. Quais são os 3 critérios e qual o seu significado. Caracterize o formato GIF, descrevendo 2 vantagens e 2 inconvenientes desse formato.

Utilização ou não de mapa de cores. Utilização de algoritmos de compressão, com ou sem perdas. Utilização de interlaçamento ao desenhar a imagem.

No formato GIF o mapa de cores é obrigatório, é efectuada compressão sem perdas e o interlaçamento é opcional por linhas.

Entre as vantagens pode destacar-se a possibilidade de termos Gifs animados e a pequena dimensão dos ficheiros que são produzidos. Entre as desvantagens o limite das 256 cores, pelo que impróprio para imagens com qualidade fotográfica.

VIII

1. Descreva o método de Sombreamento Constante e duas situações em que a utilização dessa técnica pode ser adequada.

O método de Sombreamento Constante consiste em calcular a intensidade luminosa para um só ponto de cada polígono e aplica-se o valor obtido no sombreamento de toda a sua área interior. Tal corresponde a admitir que os produtos N.L e N.V são constantes dentro de cada polígono.

Os resultados obtidos por este método só são aceitáveis se: 1) A malha poligonal a sombrear representa realmente a superfície do objecto, não sendo por isso uma aproximação grosseira de uma superfície curva original. 2) Mesmo não se verificando a condição anterior, quando se pretende obter uma primeira representação da cena, num intervalo de tempo muito curto.

2. Descreva 2 limitações do sombreamento de Gouraud sendo uma delas não resolvida pelo sombreamento de Phong. Justifique.

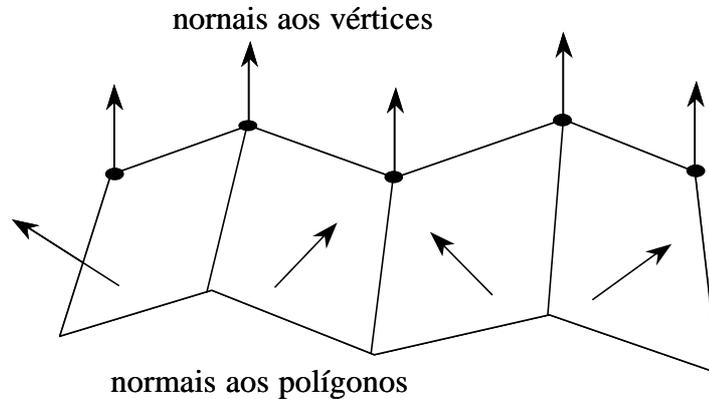
Percepção parcial da malha poligonal de base, devido ao efeito de “Mach banding”. Vista humana é sensível a variações de intensidade luminosa até à segunda derivada, apreende descontinuidades junto das fronteiras poligonais (faixas brilhantes). Bastante perceptível quando a zona especular se estende por vários polígonos.

OU

Perturbações perceptíveis em sequências animadas (c/ rotações, translações, movimentações de câmara), dado que a interpolação de intensidades é executada em coordenadas de ecrã, mas partindo de vectores normais calculados em coordenadas do Mundo.

E

Podem ocorrer erros porque as normais aos vértices são calculadas pela média das normais aos polígonos como se pode observar na figura:



Como se trata de um problema de erro no cálculo das normais aos vértices o problema mantém-se no sombreamento de Phong.

3. [Teste] O que se entende por *Depth Cueing*? Escreva a equação de iluminação de Phong contemplando o efeito do *Depth Cueing*.

Depth Cueing pretende representar, de modo empírico a menor intensidade da energia luminosa reflectida pelos objectos que se encontrem mais afastados do ponto de observação.

No modelo de Phong para considerar o efeito da atenuação atmosférica sobre a intensidade da luz que parte dos objectos e atinge o ponto de observação introduzem-se duas variáveis:

r é a distância entre o objecto e o ponto de observação

K uma constante a qual permite controlar, de modo empírico a diminuição da intensidade da energia luminosa.

$$I = I_a \cdot K_a + I_i [K_d (L \cdot N) + K_s (R \cdot V)^n] / (r + K)$$

IX

1. O Ray Tracing é um algoritmo do Espaço Imagem ou do Espaço Objecto?

.....O ray-tracing usa uma abordagem mista: os raios são disparados a partir do espaço imagem (passam pelo centro das quadrículas do ecrã) mas os cálculos de intersecção destes com as primitivas tem lugar no espaço objecto.

2. Imagine que pretende calcular, por traçado de raios (ray-tracing) uma cena contendo 100 objectos simples (esferas p. ex.) uma imagem com resolução de 4096x4096 quadrículas de dimensão. Assumindo que os objectos se encontram uniformemente dispersos pela cena e na ausência de quaisquer estratégias de optimização, quantos raios primários é necessário “disparar”?

Na ausência de otimização teremos de disparar um raio por quadrícula ou seja 4096 x 4096 no total.

3. Comente a seguinte afirmação – "O cálculo de uma cena através do método de radiosidade é mais rápido mas o modelo de iluminação é menos preciso que o do ray-tracing"

O cálculo de iluminação de cenas utilizando radiosidade não é necessariamente mais rápido que o ray-tracing. O modelo de iluminação usado não distingue a radiosidade do ray-tracing, porque aquela se ocupa das reflexões difusas entre objectos, enquanto que este se baseia no traçado individual de raios. A radiosidade permite sintetizar cenas com fotorrealismo e sombras suaves ao contrário do ray-tracing que não aproxima tão bem estes fenómenos naturais.

4. [Teste] Diga o que são e para o que servem os factores de forma nos cálculos de radiosidade.

O factor de forma é definido entre duas superfícies como o ângulo sólido segundo o qual uma superfície vê a outra. Estes dependem unicamente da geometria da cena. A matriz dos factores de forma é utilizada para resolver o balanço energético entre os elementos da cena de acordo com a seguinte equação, onde o termo F_{i-j} representa o Factor de Forma entre a superfície i e j , e os índices ρ_i representam as reflectividades de cada superfície, B_i a radiosidade da superfície i e E_i a intensidade luminosa da fonte i .

$$\begin{bmatrix} 1 - \rho_1 F_{1-1} & -\rho_1 F_{1-2} & \cdots & -\rho_1 F_{1-n} \\ -\rho_2 F_{2-1} & 1 - \rho_2 F_{2-2} & \cdots & -\rho_2 F_{2-n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ -\rho_n F_{n-1} & -\rho_n F_{n-2} & \cdots & 1 - \rho_n F_{n-n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \cdots \\ B_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \cdots \\ E_n \end{bmatrix}$$

Cotação do 2º Teste

	VI	VII	VIII	IX	Total
1.	1	2	1.5	1	
2.	1.5	1.5	1.5	2	
3.	1.5	1	1	1.5	
4.		1.5		1.5	
Total	4	6	4	6	20 Valores

Cotação do 1º Exame

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Total
1.	1.5	1	1	0.5	1.5	0.5	1.5	1	0.5	
2.	0.5	1	1	1	1	1.5	1	1	1.5	
3.							0.5		1	
Total	2	2	2	1.5	2.5	2	3	2	3	20 Valores