



2º Teste/1º Exame de Computação Gráfica

LEIC/LESIM/LCI

Prof. Mário Rui Gomes
Prof. João Brisson Lopes

5 de Julho de 2003

Nº _____ Nome: _____

Responda às questões seguintes justificando adequadamente todas as respostas. O Teste tem uma duração máxima, incluindo tolerância, de 1h30m. O Exame tem uma duração máxima, incluindo tolerância, de 2h30m.

Ao 2º teste pertencem todas as perguntas dos grupos V a VIII. Ao 1º Exame pertencem todas as perguntas excepto as dos grupos V a VIII assinaladas como [Teste].

1º Parte

I

1. Qual o factor diferenciador introduzido, na área dos Terminais Gráficos, pela Tektronix em 1964 e que revolucionou a área da Computação Gráfica? Qual o problema que não ficou resolvido e levou ao abandono da tecnologia uma década mais tarde?

A Tektronix introduziu os Terminais de Armazenamento da Imagem no Ecrã, DVST's (Direct View Storage Tubes) os quais não requerem qualquer memória adicional para armazenar a imagem. Como nessa época a memória era muito dispendiosa o preço dos terminais baixou rapidamente.

Neste tipo de terminais só era possível apagar todo o ecrã e não apenas uma parte, funcionalidade esta muito importante em aplicações interactivas.

2. Determine a matriz de transformação 2D em coordenadas homogéneas correspondente a uma escala de 2 em x e 0,5 em y seguida de uma rotação de +90°. Porque é que, em geral, é necessário empregar espaços homogéneos?

As matrizes de escala e rotação em coordenada 2D homogéneas são, respectivamente

$$M_s = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad M_r = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\text{sen}\theta & 0 \\ \text{sen}\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

que, multiplicadas levam-nos a

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -0,5 & 0 \\ 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

O emprego de espaços homogêneos torna-se necessário porque as transformações de translação não são lineares quando consideradas no espaço original em que ocorrem mas, se fizermos a transformação para o espaço homogêneo correspondente, passam a ser lineares e, portanto, podem-se tratar todas as transformações como sendo lineares e existirá assim uma forma única para todas as transformações.

3. Uma transformação composta consiste numa translação seguida de uma transformação de escala uniforme. Será que a ordem destas duas transformações é comutativa? Demonstre a sua afirmação em 2D.

Em geral, as transformações lineares não são comutativas excepto nos casos de translação+translação, escala+escala e rotação+rotação (este última só é comutativa em 2D). Como a transformação composta proposta não pertence a nenhum destes tipos, então as transformações elementares em causa (escala e translação) não são comutativas.

Translação seguida de escala

$$\begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & a \\ 0 & 1 & b \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & af \\ 0 & f & bf \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Escala seguida de translação

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & a \\ 0 & 1 & b \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & a \\ 0 & f & b \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

II

1. Considere as 4 transformações seguintes T1, T2, T3 e T4:

```
DEF T1 Transform {
  rotation 1 0 0 1.57
  scale .5 1 .5
  translation -2 3 5
  children USE Objecto
}
```

```
DEF T2 Transform {
  scale .5 1 .5
  children Transform {
    rotation 1 0 0 1.57
    children Transform {
      translation -2 3 5
    }
  }
  children USE Objecto
}
```

```

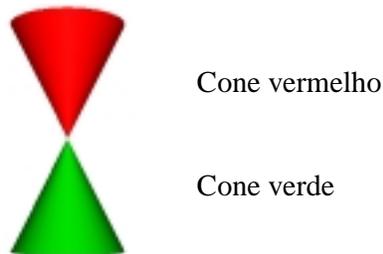
    }}}
DEF T3 Transform {
  translation -2 3 5
  rotation 1 0 0 1.57
  scale .5 1 .5
  children USE Objecto
}
DEF T4 Transform {
  rotation 1 0 0 1.57
  children Transform {
    scale .5 1 .5
    children Transform {
      translation -2 3 5
      children USE Objecto
    }
  }
}

```

Quais destas transformações produzem o mesmo resultado final? Justifique, indicando a sequência de transformações.

As transformações T1 e T3, porque as transformações em VRML são sempre executadas pela mesma ordem, Escala, Rotação e Translação, independentemente da ordem pela qual aparecem na transformação.

2. Observe a figura seguinte



Escreva o código VRML para criar dois cones com a configuração acima.

```

Shape {
  geometry Cone {bottomRadius 1 height 2}
  appearance Appearance {
    material Material { diffuseColor 0 1 0}
  }
}

Transform {
  rotation 1 0 0 3.1415
  translation 0 2 0
  children [
    Shape {
      geometry Cone {bottomRadius 1 height 2}
      appearance Appearance {
        material Material { diffuseColor 1 0 0}
      }
    }
  ]
}

```

III

1. Considere a modelação geométrica por partição do espaço. Quais as vantagens e desvantagens do emprego da modelação por árvores binárias em relação à modelação por árvore de octantes?

A modelação por árvore binária cria uma árvore binária por meio de planos sub divisores do espaço que, regra geral, se adaptam à fronteira dos objectos a modelar e a representam com bastante precisão.

A modelação por árvore de octantes implica a subdivisão sucessiva do espaço em oito sub volumes de uma forma geralmente rígida, assinalando quais os octantes ocupados e quais os desocupados, e que tem que ser terminada ainda com volumes finitos que podem não representar fidedignamente a fronteira dos objectos modelados.

A desvantagem da modelação por árvore binária em relação à modelação por árvore de octantes é que pode não ser única, enquanto a segunda é sempre única.

2. Explique o fundamento da modelação por varrimento e diga como o aplicaria na modelação de um anel, identificando que tipo de varrimento empregou.

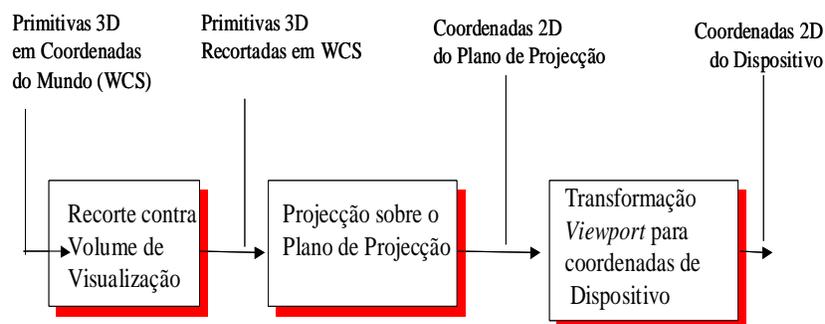
A modelação por varrimento consiste em definir uma secção bidimensional e aplicar-lhe uma trajectória que varre o volume que se pretende definir.

A modelação por varrimento de um anel pode ser feita definindo um círculo e, seguidamente, deslocá-lo de tal forma que o seu centro descreva uma trajectória circular completa em que o círculo seja sempre localmente perpendicular à trajectória. Este tipo de modelação por varrimento é designado por “por rotação”.

IV

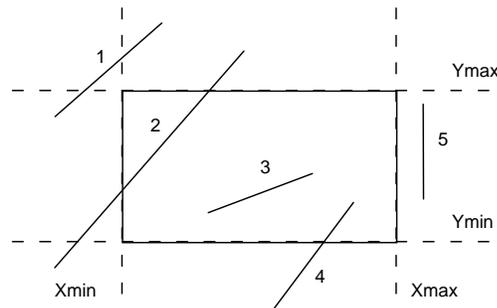
1. Desenhe e descreva o Pipeline de Visualização Genérico (3 andares). No início de cada andar descreva o tipo de informação que é enviado para esse andar e qual o Sistema de Coordenadas que é utilizado. O que deverá ser efectuado para optimizar o funcionamento do pipeline, considerando que o Recorte tem uma grande carga computacional?

De forma sintética o Pipeline de Visualização Genérico é composto por:



Uma vez que a operação de recorte é computacionalmente pesada, deverá ser efectuada uma transformação para o Volume Canónico para que essa operação seja computacionalmente mais leve.

2. O algoritmo de Cohen-Sutherland é particularmente eficaz no recorte de segmentos de recta contra janelas rectangulares. Considere a figura seguinte e explique como seriam processados cada um dos 5 segmentos, pelo algoritmo mencionado. Além de calcular os códigos, tem que definir o critério seguido na subdivisão dos segmentos.



Em primeiro lugar é necessário definir os códigos de cada uma das 9 subáreas e atribuir os respectivos códigos aos vértices dos 5 segmentos de recta (considera-se os vértices da esquerda para a direita):

1 -> 0001 & 1000 = 0000

2 -> 0101 & 1000 = 0000

3 -> 0000 0000 -> Ambos 0000 é trivialmente aceite

4 -> 0100 & 0000 > 0100

5 -> 0010 & 0010 > 0010 diferente de 0000 é trivialmente rejeitada

Para os segmentos de recta restantes:

Segmento de recta 1. Analisando o código do 1º vértice (4º bit a um), calcula-se a intersecção com o lado esquerdo do rectângulo e o respectivo código, o qual será 1000. Como é o mesmo código do 2º vértice, o segmento de recta é trivialmente rejeitado.

Segmento de recta 2: Analisando o código do 2º vértice, escolhe-se o bit da esquerda que está a 1 (2º bit) e calcula-se a intersecção com a respectiva recta (definida pelo lado inferior do rectângulo). O código da intersecção é agora 0001. Efectua-se a mesma operação e obtém-se uma 2ª intersecção com código 0000. Como o 1º vértice, resultado desta última intersecção, tem código 000 vai usar-se o código do 2º vértice para escolher a recta intersectante. Como o código do 2º vértice é 1000, escolhe-se o lado superior do rectângulo. O ponto de intersecção tem o código 0000, pelo que o segmento de recta resultante será, finalmente, trivialmente aceite.

Segmento de recta 4: Como o 1º vértice tem código 0100 será calculada a intersecção com o lado inferior do rectângulo, do que resulta uma intersecção com o código 0000, pelo que o segmento de recta resultante será trivialmente aceite.

3. Descreva sucintamente o modo como funciona o Algoritmo de Cyrus-Beck e indique um ponto fraco e outro forte desse algoritmo.

O algoritmo de Cyrus-Beck baseia-se na facilidade de calcular a posição relativa de um ponto face a uma recta através do cálculo do que se designa por função D , $D = [P1 - P0]$, em que $P1$ e $P0$ são inicialmente os vértices do segmento de recta a recortar pela janela de recorte. Com base no sinal dessa função, é possível identificar se o vector (segmento de recta com origem em $P0$) está, por exemplo, a transitar do semi-espaco esquerdo para o semi-espaco direito definido através da recta sobre a qual assenta o lado esquerdo do rectângulo de recorte e nesse caso designa-se por ser um ponto Potencial de Entrada ou da recta sobre a qual assenta o lado direito do rectângulo de recorte e nesse caso designa-se por ser um ponto Potencial de Saída.

Ordenam-se os 4 pontos obtidos escolhendo-se o maior ponto Potencial de Entrada e o menor ponto Potencial de Saída, em coordenadas paramétricas, e, se o valor do parâmetro do Potencial de Entrada for superior do ponto Potencial de Saída, como não se pode sair antes de entra, todo o segmento de recta é descartado. No caso contrário são calculadas as coordenadas dos pontos de entrada e saída e obtém-se as coordenadas do segmento de recta recortado.

Como se pode verificar este algoritmo só calcula coordenadas quando existe a certeza de serem as coordenadas dos vértices do segmento de recta recortado, pelo que é particularmente eficiente quando a maioria dos segmentos de recta vão mesmo ser recortados. Quando a maioria dos segmentos de recta não são recortados (todo o segmento de recta no interior ou no exterior) então o algoritmo não é muito eficiente uma vez que tem que calcular as funções D .

2º Parte (2º Teste)

V

1. Considere que pretende discretizar o triângulo ABC cujos vértices têm as coordenadas A (5, 5), B (10, 10), C (6, 9). Escreva os valores da Tabela de Lados (*Edge Table*), explicando como é que esta tabela é utilizada.

A Tabela de Lados tem um vector de apontadores. Um elemento deste vector será nulo se não existirem lados cujo menor Y seja igual à ordem desse elemento no vector. Caso contrário, o elemento aponta para a lista ligada dos lados cujo Y mínimo é igual à ordem desse elemento no vector. Assim existem entradas para Y=5 e Y=9. Em cada entrada aparece a informação do valor de Ymax de cada um dos segmentos de recta que partilham o vértice, o valor de X do Ymin e 1/m que corresponde ao inverso do declive do lado em questão.

Na entrada de Y=5 teremos uma lista com 2 elementos, respectivamente (9, 5, 0.8) e (10, 5, 1). Na entrada de Y=9 teremos só o tuplo (10, 6, 4).

O valor de Ymax permite saber quando é que a aresta deixa de ser activa. O valor de X do Ymin permite saber qual o início do preenchimento. O valor de 1/m permite saber qual o início do preenchimento na linha de varrimento seguinte.

2. O algoritmo de Bresenham utiliza o critério do Ponto Intermédio. Em que consiste esse critério e como é aplicado?

Sendo dados os coeficientes da recta na sua função implícita, $F(x, y) = a.x + b.y + c$, para saber se um ponto está no semi-plano esquerdo ou direito da recta basta obter o sinal da respectiva função para esse mesmo ponto.

No caso do algoritmo de Bresenham, dada a função implícita do segmento de recta a discretizar, basta utilizar as coordenadas do ponto médio entre duas quadrículas verticais para, com base no respectivo sinal, saber se a recta se encontra acima ou abaixo do ponto médio e, desse modo, saber se deve ser escolhido, respectivamente, a quadrícula abaixo, direcção E, ou acima, direcção NE.

A complexidade algorítmica deste algoritmo é menor do que a dos seus antecessores.

3. **[Teste]** Quando é efectuada a discretização de polígonos por linha de varrimento são aplicadas algumas regras relacionadas com o cálculo de intersecções. Quais são essas regras?

1) *Scan-line passando por um vértice intermédio, contabiliza intersecção na aresta intersectada em Y_{min} e não na aresta intersectada em Y_{max} .*

2) *Não contabilizar intersecções com arestas horizontais, colineares com a “scan-line”.*

VI

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 $n \times p$; e 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. O que se entende pelo conceito de “faces traseiras”, que vantagem apresenta a sua remoção?

Faces traseiras são faces cuja orientação é tal que não são visíveis do ponto de vista usado. A identificação das faces traseiras permite diminuir o número de facetas activas de uma cena e assim aumentar o desempenho do cálculo da imagem.

3. Descreva sucintamente o algoritmo recursivo de Warnock. Quais são os critérios de paragem?

O algoritmo de Warnock baseia-se na subdivisão de área e explora a coerência de área. A subdivisão termina quando numa área só está visível, no máximo, um único polígono. Isso acontece em 4 situações:

1) *Não existe nenhum polígono na área;*

2) *Só existe um polígono que intersecta ou está totalmente contido na área;*

3) *Só um polígono ocupa toda a área;*

4) *Existem vários polígonos, mas um deles ocupa toda a área e está à frente de todos os outros; Neste caso é necessário comparar os valores de Z nos 4 vértices da área.*

4. **[Teste]** Descreva a estratégia seguida pelo algoritmo do Pintor no cálculo de elementos visíveis por “Ordenação em Profundidade”.

O Algoritmo do Pintor assume que todos os polígonos pertencem a planos com Z constante (2.5D).

O Algoritmo do Pintor segue a seguinte estratégia de desenhar os polígonos na ordem decrescente da distância ao observador. Assim:

1º Ordena todos os polígonos constituintes da cena por ordem crescente da sua menor coordenada z.

2º Rasteriza os polígonos (originais e resultantes da fragmentação) por ordem crescente da sua menor coordenada (desenhar os polígonos por ordem decrescente de profundidade).

VII

1. Segundo o Modelo de Phong a cor de cada quadrícula é uma combinação linear de 3 componentes. Quais são essas componentes e o que pretendem modelar?

As três componentes são: a Reflexão Ambiente, a Reflexão Difusa e a Reflexão Especular.

A componente ambiente modela a luz que resulta de múltiplas reflexões nas superfícies dos objectos e nas fronteiras da cena.

A componente especular modela o grau de brilho de uma superfície e é representada pela quantidade de luz reflectida, de modo especular, em torno da direcção de reflexão ideal (ângulo de reflexão igual ao ângulo de incidência)

A componente difusa é propagada em todas as direcções e é responsável pela cor do objecto (parte da luz incidente é selectivamente absorvida pelo próprio objecto).

2. Como definiria um cinzento no modelo CMY? Qual o significado de cada uma das iniciais e qual a relação com o modelo RGB?

Para obter um cinzento teria que ter os três componentes Ciano, Magenta e Amarelo (Yellow) com o mesmo valor. O CMY é um modelo substractivo da cor, em oposição ao modelo RGB que é designado por modelo aditivo da cor. As cores ciano, magenta e amarelo são designadas por cores primárias complementares ou cores primárias substractivas dada a forma como resultam da subtracção do, respectivamente, vermelho, verde e azul à cor branca.

3. Compare os formatos de imagem PNG e JFIF quanto ao tipo de compressão (com perda ou sem perda) que empregam, tendo em conta os tipos de imagem a que se destinam e justifique a razão desse emprego.

O formato PNG emprega o algoritmo de compressão PKZIP que opera sem perda, enquanto o formato JFIF emprega o algoritmo de compressão JPEG que opera sempre com perda, embora o seu grau seja controlável.

O algoritmo de compressão JPEG, porque realiza transformações do co-seno, tende suavizar as diferenças de cor entre quadrículas vizinhas e é adequado para imagens de tons variando continuamente como é o caso de fotografias.

Quando este algoritmo é aplicado a imagens com transições abruptas de cor, surgem cores falsas intermédias entre as cores diferentes contíguas e que “esborratam” as imagens. É por isso que o formato PNG é melhor para este último tipo de imagens, já que não introduz quaisquer perdas.

O algoritmo de compressão empregue no formato PNG é óptimo para imagens com variações abruptas de cor e que apresentam várias quadrículas contíguas da mesma cor. Porém, quando aplicado a imagens com variação contínua de cor não conseguem comprimir a imagem de forma eficaz, daqui resultando ficheiros de dimensão demasiado grande.

4. **[Teste]** Explique porque razão o emprego de um mapa de cores é vantajoso para imagens de quadrícula com até 256 cores (8 bits) e já não o é para imagens com 16.777.216 cores (24 bits).

O emprego de um mapa de cores permite que, no caso de 256 cores únicas, o espaço contendo a informação sobre os pixéis da imagem seja reduzido para 1/3 à custa do gasto do número de bytes ocupado pelo mapa de cores, usualmente 3 vezes o número de cores contidas no mapa. Este último valor é muito inferior ($3 \times 256 = 768$, por exemplo) à redução do espaço ocupado pela informação dos pixéis e, portanto, obtém-se uma redução muito significativa do tamanho do ficheiro contendo a imagem.

No caso de uma imagem com a possibilidade de ter 16.777.216 cores, verifica-se que o espaço ocupado por um eventual mapa de cor seria muitas vezes superior à redução do espaço ocupado pela informação dos pixéis e, conseqüentemente, não faz qualquer sentido o emprego de mapas de cores neste caso.

VIII

1. O algoritmo do método de Ray Tracing é um algoritmo recursivo. Explique em que consiste esta recursividade e o fim a que se destina.

O ponto da cena em que um raio primário intersecta o objecto mais próximo deve a sua iluminação à iluminação directa proveniente das fontes de luz existentes na cena e à luz proveniente dos outros objectos que lhe chega e ele reflecte ou lhe chega transmitida através de meios transparentes ou translúcidos.

Para determinar estas duas últimas contribuições é necessário gerar novos raios (denominados secundários) para poder determinar o valor destas contribuições, inspeccionando os respectivos pontos de origem. A determinação destas contribuições nesses pontos implica novamente a exploração da cena com novos raios secundários e assim por diante, num processo recursivo para que existem critérios limitadores de paragem.

2. A geração de imagens sintéticas pelo método da Radiosidade permite ou não que nessas imagens existam zonas com brilho? Explique porquê e como calcularia estas zonas de brilho.

O método da Radiosidade não permite calcular zonas brilhantes porque estas são devidas à reflexão especular nas superfícies e o método da Radiosidade não contempla este tipo de reflexão no seu algoritmo. Para poder calcular correctamente tais zonas seria necessário associar à Radiosidade o cálculo da reflexão especular com técnicas apropriadas como, por exemplo, a de Ray Tracing.

3. **[Teste]** Em que se baseia a técnica do hemicubo e qual a sua importância na geração de imagens sintéticas pelo método da Radiosidade?

A técnica do hemicubo baseia-se na analogia de Nusselt que exprime a igualdade dos ângulos sólidos de duas superfícies diferentes em relação a uma dada superfície que as vê segundo a mesma forma ou, o que é importante para a radiosidade, o mesmo factor de forma.

A técnica do hemicubo consiste em envolver a superfície (que vê outras superfícies) com um meio cubo e, assim, o cálculo de factores de forma opera com superfícies paralelas ou perpendiculares para as quais existem expressões e algoritmos relativamente simples.

Deste modo é possível calcular o factor de forma de uma superfície para uma outra complexa através do cálculo do factor de forma para uma terceira superfície para a qual o cálculo é mais fácil.

Cotação do 2º Teste

	V	VI	VII	VIII	Total
1.	2	1,5	2	1,5	
2.	1	1,5	1,5	1,5	
3.	1	2	1,5	1	
4.		1	1		
Total	4	6	6	4	20 Valores

Cotação do 1º Exame

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Total
1.	1	1	1	0,5	1,5	1	1	1	
2.	1	1	1	1,5	0,5	0,5	1	1	
3.	1			1		1,5	1		
Total	3	2	2	3	2	3	3	2	20 Valores