



2º Teste / 1º Exame de Computação Gráfica 3º Ano

Licenciatura em Eng. Informática e de Computadores

Prof. responsável – João Brisson Lopes

14 de Junho de 2000

Nº _____ Nome: _____ Sala: _____

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

Ao 2º teste pertencem todas as 15 perguntas dos grupos VI a IX. Ao 1º Exame pertencem todas as perguntas menos as dos grupos V a IX assinaladas com *.

1º Parte

I

1. Numa aplicação gráfica interactiva actual o processamento é efectuado através do que se designa por “ciclo controlado por eventos”. Descreva sucintamente esse conceito e o modo como pode terminar a execução de uma aplicação nele baseada.

No que se designa por Modelo Baseado em Acontecimentos (ou eventos) a aplicação está sempre à espera de uma acção por parte do utilizador. Quanto tal acontece selecciona a reacção que deve executar. Os tuplos acção / reacção foram previamente definidos através, por exemplo, um mecanismo de subscrição. O ciclo termina quando o utilizador efectua uma acção cuja reacção corresponde ao terminar a execução da aplicação.

2. Qual foi aquela que é considerada a primeira aplicação operacional de Computação Gráfica? Que tipos de dispositivos de entrada e saída de dados usava?

Aquela que é considerada a primeira aplicação de Computação Gráfica, o SAGE, era um sistema de defesa aérea. Em cada posto de trabalho existia um ecrã de raios catódicos (CRT) como dispositivo de saída e uma caneta luminosa como dispositivo de entrada.

II

1. Que função desempenha o volume canónico quando se especifica uma vista de uma cena e quais são os limites normalizados deste volume nas três direcções do espaço?

O volume canónico define que parte da cena irá ser representada, isto é, que objectos irão ser visualizados, eliminando todos os objectos ou partes de objectos que se encontrem fora desse volume através do recorte. O volume canónico é a porção de espaço de visão tal que $x, y \in [-1; 1]$ e $z \in [0; 1]$.

2. Uma transformação composta consiste numa rotação de $+90^\circ$ em torno do eixo dos YY seguida de uma transformação de escala uniforme cujo factor é de 0,5. Poder-se-ia obter o

mesmo resultado procedendo primeiro à transformação de escala e depois à rotação? Justifique.

Uma transformação composta corresponde ao produto das matrizes das respectivas transformações elementares. Um produto de duas matrizes não é, em geral, comutativo e, portanto, a sequência das transformações é importante. Mas neste caso a transformação de escala pode ser representada pelo produto da matriz identidade por uma escalar. Assim, a ordem das transformações é indiferente.

Resposta alternativa: a duas dimensões (não necessitamos do espaço homogêneo porque não se consideram translações) as matrizes das transformações de escala e rotação são

$$M_s = \begin{bmatrix} f & 0 \\ 0 & f \end{bmatrix} = f \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ e } M_r = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\text{sen} \theta \\ \text{sen} \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \text{ e, se calcularmos os dois}$$

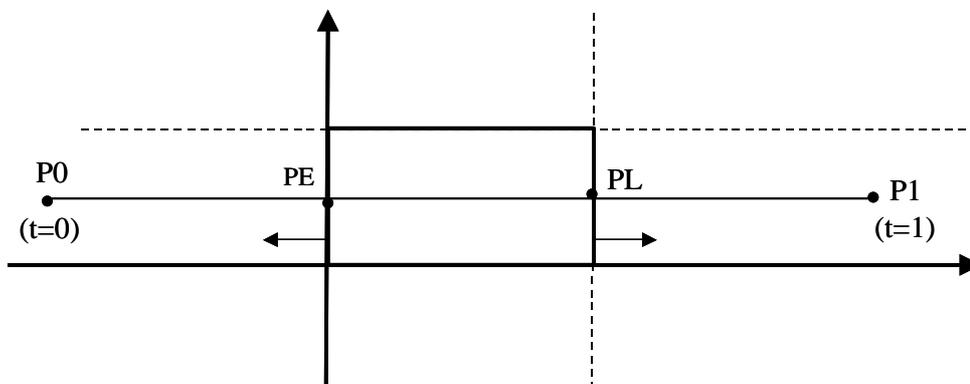
produtos, obtemos sempre o mesmo resultado que é $f \begin{bmatrix} \cos \theta & -\text{sen} \theta \\ \text{sen} \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$.

III

1. Explique a vantagem da pirâmide visual de Alberti sobre o cone visual no contexto do pipeline de visualização em Computação Gráfica.

A pirâmide visual de Alberti e o cone visual destinam-se a delimitar as zonas das cenas que vão ser representadas, definindo o volume de recorte. A pirâmide é mais fácil de processar porque a forma da sua superfície é mais simples o que diminui a complexidade do seu cálculo e o torna mais rápido. Além disto, a pirâmide visual corresponde a forma rectangular das imagens.

2. Aplique o algoritmo de Cyrus-Beck ao recorte do segmento de recta $[-2 \ 0,5]$, $[4 \ 0,5]$ empregando um polígono de recorte cujos vértices têm as seguintes coordenadas: $[0 \ 0]$ $[0 \ 2]$ $[1 \ 2]$ $[1 \ 0]$. Seja claro na descrição.



Desenhando o rectângulo de recorte e o segmento de recta a recortar, obteremos a figura acima. Seja a N_i é a normal exterior ao polígono de recorte (na figura apresentam-se duas dessas normais) e $D = [P1 - P0]$. Calcula-se $N_i \cdot D$ e obtem-se respectivamente <0 (ponto de entrada PE), $=0$ (paralelos), >0 (ponto de saída) e $=0$ (paralelos).

Calculando os valores de t para os pontos de intersecção partir da condição de intersecção: $N_i \cdot [P(t) - P_i] = 0$

$$N_i \cdot [P0 + (P1 - P0).t - P_i] = 0$$

$$N_i \cdot [P0 - P_i] + N_i \cdot [P1 - P0].t = 0$$

$$T_i = N_i \cdot [P0 - P_i] / -N_i \cdot D$$

obtemos $T_e=1/3$ e $T_l=2/3$. Como $T_l > T_e$ o segmento de recta vai ser recortado obtendo-se $[P(T_e) \ P(T_l)]$ com $P(T_e) = [0, 0,5]$ e $P(T_l) = [2, 0,5]$.

IV

1. Com se calcula se um ponto está ou não dentro de um polígono convexo? Que alterações deve efectuar para poder aplicar este teste de inclusão a polígonos côncavos?

Basta calcular o número de intersecções de uma semi-recta com origem no ponto com os lados do polígono. Se o número de intersecções for ímpar o ponto está dentro do polígono, se for par está fora. O algoritmo funciona para polígonos quer côncavos quer convexos.

2. Descreva os passos principais de um algoritmo genérico de preenchimento de polígonos convexos que utilize a coerência espacial, especificamente da linha de varrimento.

1) Traçar sucessivas linhas de varrimento horizontais.

2) Calcular intersecção as duas intersecções entre a linha de varrimento e as arestas (arredondar valores para o interior do polígono e não considerar intersecções com arestas horizontais).

3) Preencher cadeias de quadrículas ("spans") entre pares de pontos.

V

1. Escreva o protótipo de um novo nó VRML para instanciar cilindros com as dimensões fixas de 1 (uma) unidade de diâmetro e 4 (quatro) unidades de altura cujo eixo é sempre paralelo ao eixo dos xx e cujo centro geométrico se localiza em pontos arbitrários situados sobre o eixo dos yy.

PROTO CilindroPedido

```
[ field SFVec3f posicao 0 0 0
  { Transform { translation IS posicao
                rotation 0 0 1 1.57
                children [ Shape { geometry Cylinder { radius .5
                                                                    height 4 }
                          ]
                }
  ]
}
```

2. Qual é a função do campo "creaseAngle" num nó VRML do tipo Extrusion?

O campo creaseAngle especifica como o VRML deve realizar a transição entre secções contíguas num objecto definido por meio de um nó do tipo Extrusion, regulando se esta transição deve ser suave ou ter arestas vivas.

2º Parte (2º Teste)

VI

1. Descreva o algoritmo de remoção de elementos invisíveis de Catmull. Trata-se de um algoritmo do tipo "Precisão Objecto"?

O algoritmo de remoção de elementos invisíveis de Catmull, mais conhecido por Z-Buffer, baseia-se na existência de uma memória, o Z-buffer, na qual é armazenada a profundidade do objecto mais próximo do ponto de vista e visível através de uma quadrícula.

Assim, na fase de inicial, o Z-buffer é preenchido com a profundidade máxima e Frame-buffer com a cor de fundo.

Em seguida para cada polígono e neste para cada quadrícula (algoritmo do tipo “Precisão Imagem”) calcula-se o valor de Z. Se o valor for inferior ao valor que está armazenado na respectiva posição (x, y) do Z-buffer então armazena-se o valor de Z calculado e escreve-se no Frame Buffer a respectiva cor do polígono.

O algoritmo não é do tipo “Precisão Objecto”.

2. Na remoção de elementos invisíveis existem duas estratégias algorítmicas principais. Descreva-as.

A diferença fundamental reside no espaço de coordenadas Imagem ou Objecto no qual cada algoritmo funciona.

Nos algoritmos conhecidos como de “Precisão Imagem” para cada quadrícula da imagem determina-se o objecto mais próximo visível através da quadrícula e desenha-se com a cor correcta (está a ser obtido a parte visível do objecto).

Nos algoritmos conhecidos como de “Precisão Objecto” para cada objecto da cena determinam-se as partes visíveis e, seguidamente desenham-se essas partes com a cor correcta.

3. * Como se calculam as “faces traseiras” e qual o sistema de coordenadas utilizado?

Para calcular quais as faces de um poliedro que são traseiras tem que se calcular o produto interno entre a normal à face e o vector de visualização com origem no centro da projecção e terminando em qualquer ponto do polígono.

- < 0 Face visível
- = 0 Aresta visível
- > 0 Face invisível ou Traseira

O cálculo deve ser realizado no sistema de coordenadas de visualização.

VII

1. Defina o que entende por modelação geométrica por instanciação de primitivas e diferencie as primitivas deste tipo de modelação das primitivas empregues na modelação geométrica por decomposição do espaço.

A modelação geométrica por instanciação de primitivas define formas primitivas paramétricas em que cada instanciação atribui valores definitivos aos parâmetros geométricos. Estes valores podem só poder assumir valores discretos (ex.; parafusos). Uma primitiva assim instanciada pode ser transladada e rodada mas as suas dimensões não podem ser alteradas nem se podem definir novas primitivas à custa das primitivas existentes. Por seu lado, as primitivas empregues na decomposição do espaço podem ser livremente escaladas e não existem quaisquer limitações para as suas dimensões nem o escalamento está dependente de quaisquer parâmetros.

2. A designação de modelação por extrusão em VRML e a designação de extrusão dada a um subtipo de modelação por descrição de trajectória correspondem ou não ao mesmo tipo de modelação? Justifique detalhadamente.

Não. A designação de extrusão em VRML corresponde à modelação por descrição da trajectória, englobando todos os tipos desta modelação (translação, rotação e extrusão propriamente dita).

3. Quais as formas da Representação Analítica de uma superfície? Enumere 3 (três) das suas principais desvantagens.

A Representação Analítica tem duas formas, a explícita: $z = f(x, y)$ e a implícita: $f(x, y, z) = 0$;

As principais desvantagens são as seguintes:

- Representação dependente do sistema de coordenadas adoptado
- Dificuldade de representação de declives infinitos
- Tratamento computacional complicado
- Dificuldade de representar curvas fechadas ou multi-valor (pelo menos explicitamente)
- Informação adicional para definir os limites da curva

4. * O que se entende por Funções de Mistura? Descreva o modo como se definem as curvas paramétricas de tipo Hermite, Bezier e B-Spline.

As Funções de Mistura definem a influência de cada ponto de controlo na forma da curva paramétrica.

Com as mesmas Funções de Mistura e diferentes Coeficientes Geométricos determinam-se curvas do mesmo tipo:

- HERMITE: Definidas pela posição e vectores tangentes dos pontos extremos.
- BEZIER: Definidas pela posição dos pontos extremos e utilizando dois pontos adicionais para definir indirectamente as tangentes à curva nas suas extremidades.
- B-SPLINE: Constrói uma curva aproximada aos pontos extremos mas sem passar por eles. Este grau de liberdade permite a obtenção de continuidade à primeira e segunda derivadas nos pontos de junção entre segmentos de curva.

VIII

1. A transformação do modelo de cor RGB para o modelo de cor HSV é ou não uma transformação biunívoca (a um valor RGB corresponde um e um só valor HSV e vice-versa)? Explique porquê.

A transformação entre os espaços RGB e HSV é uma transformação biunívoca porque se trata de uma transformação afim. O espaço HSV não é mais do que uma transformação por deformação do espaço RGB.

2. Em que é que a técnica de meios tons (halftoning) difere da técnica de dithering?

A técnica de meios tons emprega uma matriz de pontos que podem assumir a cor branca ou a cor negra que, por integração do sistema de visão humano, é percebida como uma área de tons cinzentos tanto mais escura quanto maior for o número de pontos negros da matriz. A técnica de dithering estende este conceito pela introdução da possibilidade de os pontos poderem assumir uma das três cores primárias (aditivas ou subtractivas) para além de branco e negro. Isto permite obter áreas percebidas como sendo de cores correspondentes a misturas de cor não suportadas pelos dispositivos de saída gráfica simples como tons rosa, castanhos ou laranja, por exemplo.

3. Descreva o que entende por Modelo de Reflexão e Modelo de Iluminação e qual a relação entre eles.

O Modelo de Reflexão descreve a forma como a luz interage com a superfície dos objectos, função das propriedades dessas superfícies e da natureza da luz incidente.

O Modelo de Iluminação descreve a natureza e a distribuição de intensidade da luz emanada pelas fontes luminosas presentes na cena que se pretende representar.

Definidos estes modelos e conhecidas as posições e orientações relativas dos objectos e das fontes de luz, é possível proceder ao Cálculo de Sombreamento das superfícies desses objectos.

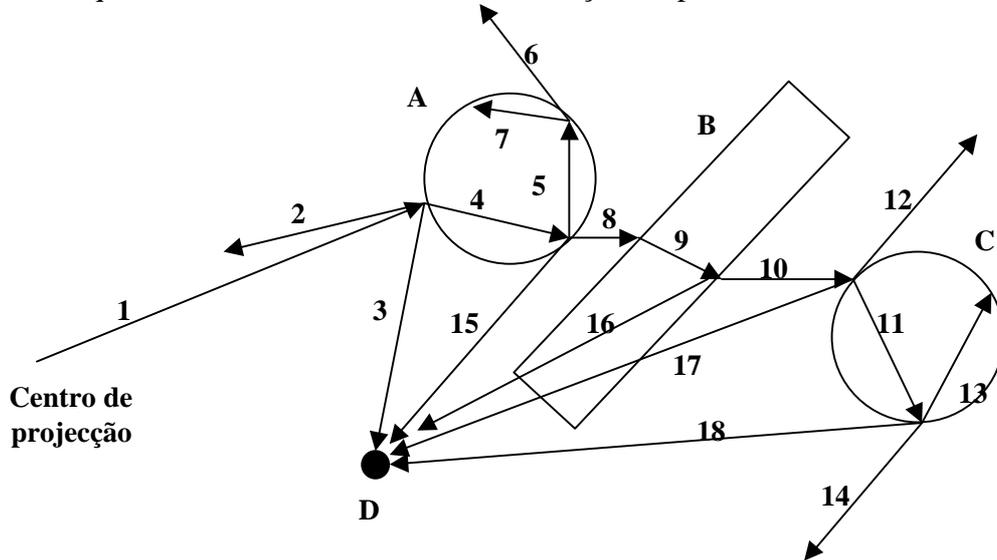
4. * O Modelo de Iluminação de Phong suporta correctamente o decaimento da intensidade luminosa (*depth cueing*) de um raio de luz devido ao efeito de nevoeiro? Qual a solução adoptada?

O modelo de Iluminação de Phong suporta o *depth cueing* de um modo empírico, limitando-se a definir uma constante K e a introduzir na fórmula uma dependência da distância do objecto ao ponto de vista, r .

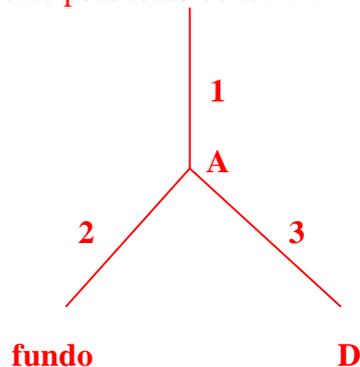
Na fórmula todas as componentes, excepto, por razões óbvias, a de ambiente, são divididas pelo valor de $(r + K)$.

IX

1. Observe a figura anexa em que se encontram representados os raios empregues no cálculo da cor de um pixel de uma imagem gerada por ray tracing. As características dos objectos são: A é espelhado; B é semi-transparente; C é opaco e D é uma fonte de luz. Diga quais os raios que devem ser considerados e estabeleça a respectiva árvore de raios.



Como o objecto A apresenta uma superfície reflectora perfeita (espelhado) não existe transmissão de luz através do objecto e, conseqüentemente, o raio 4 e todos os raios dele derivados não fazem qualquer sentido. Temos então que os únicos raios a considerar são o raio primário 1, o raio secundário reflectido 2 que contribui com a cor de fundo para a cor do ponto e o raio secundário de iluminação 3 que determina que o ponto é iluminado directamente pela fonte de luz D. A árvore de raios correspondente é então



2. Uma metodologia muito empregue ao aplicar os algoritmos da radiosidade para a geração de imagens sintéticas é a de separar os cálculos das cores vermelha, verde e azul. Explique a razão (razões) que leva(m) ao emprego desta metodologia.

A razão desta separação tem origem no facto de que a grande maioria dos objectos são reflectores selectivos, isto é, um objecto verde reflecte a luz na gama de comprimentos de onda centrada na cor verde e absorve a luz em todas os outros comprimentos de onda. Daqui resulta que a radiosidade de uma tal superfície ser apenas na zona do verde e ter valores nulos nas zonas de vermelho e de azul. Os cálculos efectuados têm então que ter em conta este facto, separando as radiosidades por gamas de cor, para que a cor calculada das superfícies seja a cor correcta.

3. * Apresente a diferença principal entre o recorte sobre o volume canónico em geral e o recorte sobre o volume canónico adaptado para ray tracing, explicando a razão ou razões desta diferença.

O volume canónico tem por objectivo definir o volume de recorte dos objectos contidos na cena, eliminando todos os objectos ou partes de objectos que se encontrem fora do volume canónico nos andares do pipeline de visualização gráfica a seguir à transformação de perspectiva por forma a reduzir a carga computacional. No entanto, em ray tracing, é necessário considerar todos os objectos da cena para calcular a cor dos objectos contidos dentro do volume canónico pelo que a eliminação dos objectos não contidos no volume canónico só pode ter lugar depois de realizados os cálculos de ray tracing e não imediatamente a seguir à transformação de perspectiva, como é normal acontecer.

4. * A estratégia de optimização por partição do espaço em ray tracing permite que um objecto se localize em mais do que uma partição do espaço. Apresente uma modificação desta estratégia que faça com que o cálculo da intersecção de um raio com um destes objectos se realize apenas na primeira partição atravessada pelo raio em que se detecta que há que determinar a intersecção do raio com o objecto.

Quando um raio intersecta uma partição do espaço em que existe um objecto que se localiza em duas ou mais partições, é necessário calcular a intersecção do raio com o objecto. Esta intersecção pode corresponder a um ponto não contido na partição corrente pelo que, o ponto calculado seria ignorado e voltaria a ser calculado quando se fosse calcular a intersecção do raio com o objecto numa das outras partições em que o objecto também se localiza. A modificação consiste em, logo que se determine a intersecção do raio com o objecto pela primeira vez, associar ao objecto a informação correspondente ao ponto de intersecção determinado. Esta informação fica imediatamente disponível quando se considerarem as outras partições e, portanto, não é necessário voltar a calcular a intersecção.

Cotação do 2º Teste

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

Cotação do 1º Exame

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