



Exame de Época Especial

Computação Gráfica

LEIC/MEIC

Ano Lectivo de 2008/2009

Prof. João Brisson Lopes

9 de Setembro 2009

Nº _____ Nome: _____

Responda o mais completamente às seguintes questões justificando adequadamente todas as respostas.

O exame tem uma duração de 2h30m.

Todas as páginas devem ter o número e o nome do aluno.

I

1. Considere uma janela e um viewport que se encontram associados na criação da vista de uma cena.

a) Que sistemas de coordenadas se encontram associados a cada uma destas entidades?

A janela encontra-se no sistema de coordenadas do mundo enquanto o viewport está dimensionado segundo o sistema de coordenadas do dispositivo de saída gráfica.

b) Quais os espaços em que estas entidades existem?

A janela existe no espaço do mundo ou dos objectos, enquanto o viewport existe no espaço de imagem.

c) Qual destas duas entidades é afectada ao ser realizada uma operação de zoom (aumento do detalhe) em que a câmara virtual não é deslocada nem reorientada?

A janela. O zoom consiste em diminuir os ângulos de abertura da câmara virtual em projecção de perspectiva.

2. Considere o pipeline de visualização implementado pelo sistema gráfico OpenGL.

a) Que objectivo tem o estado deste pipeline na sua operação?

O estado do pipeline de visualização tem por objectivo definir os parâmetros de cada uma das operações realizadas pelos vários andares do pipeline, separando assim claramente entre dados dos objectos geométricos ou de quadrícula e os dados/parâmetros próprios do pipeline como, por exemplo, os parâmetros da câmara virtual.

b) O pipeline realiza um conjunto de operações em vários andares. Que operações são estas e que andares as implementam?

As operações são as de modelação (colocação dos objectos na cena ou grafo de cena, com as suas dimensões, cores, etc.), projecção (andar da câmara virtual), recorte contra o volume canónico (andar de recorte), andar de remoção de elementos ocultos e andar de rasterização ou de traçado de primitivas vectoriais.

c) Os algoritmos de Cohen-Sutherland, Z-buffer e de ordenação em profundidade são empregues pelo sistema gráfico OpenGL? Se sim, em que andares?

Os algoritmos de Cohen-Sutherland e de Z-buffer são empregues pelo sistema gráfico OpenGL nos andares de rasterização e de remoção de elementos ocultos, respectivamente. O algoritmo de ordenação em profundidade, um algoritmo para a remoção de elementos ocultos necessário quando os dispositivos de saída gráfica são vectoriais, não é empregue pelo sistema gráfico OpenGL pois este sistema só considera dispositivos de quadrícula.

3. O pipeline de visualização do sistema gráfico OpenGL processa de forma diferente as primitivas geométricas e as primitivas de quadrícula (raster). Explique a razão desta diferença.

As primitivas de quadrícula são imagens que são empregues como texturas dos objectos geométricos processados pelo pipeline. Assim, só faz sentido processar os objectos de quadrícula quando se conheçam as posições finais na imagem dos pontos dos objectos aos quais se irão ajustar as texturas, pelo que os objectos de quadrícula não são processados pela maioria dos andares do pipeline, sendo enviados directamente ao andar de rasterização.

II

1. A maioria dos sistemas gráficos define dois tipos de volumes canônicos.

a) Que dois tipos são estes e o que os diferencia?

São os volumes canônicos de projecção paralela e de projecção perspectiva. Enquanto o primeiro define um paralelepípedo de uma unidade de profundidade (segundo z) e duas unidades segundo as duas outras direcções, o segundo é um tronco de pirâmide. Esta pirâmide é quadrada e tem uma unidade de altura e duas unidades de largura do quadrado da base. O volume canónico de perspectiva corresponde a um tronco desta pirâmide com uma altura de $1-k$ unidades.

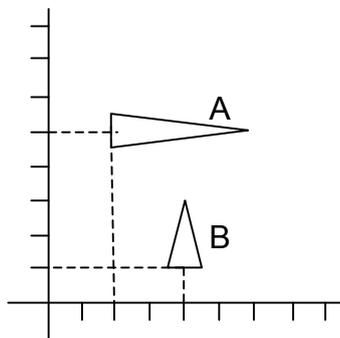
b) Que andar do pipeline de visualização se situa logo a seguir à transformação dos dados geométricos para os volumes canónicos? Qual é o objectivo deste andar?

Andar de recorte. Este andar tem o objectivo de eliminar todos os objectos ou parte dos objectos que não se encontrem dentro do volume canónico.

c) O andar do pipeline de visualização mencionado na alínea anterior tem tratamento diferente dos dados geométricos consoante o tipo de volume canónico? Explique.

Não, porque a transformação de perspectiva não termina com a transformação para o volume canónico de perspectiva. Este é ainda transformado num volume canónico de projecção paralela o que permite que o andar de recorte opere com um volume simples e normalizado qualquer que tenha sido o tipo de projecção empregue.

2. Pretende-se transformar o triângulo A no triângulo B conforme a figura seguinte



- a) Apresente, pela ordem correcta, as transformações elementares necessárias para que se obtenha a transformação pretendida.

Translação do centro da base para a origem ($\Delta x = -2$, $\Delta y = -5$), rotação de 90° no sentido directo (positiva), escala com os factores de 1 em x e de $\frac{1}{2}$ em y , e translação para a posição final ($\Delta x = 4$, $\Delta y = 1$). Em alternativa, a escala pode preceder a rotação mas, neste caso, a escala terá que ter como factores $\frac{1}{2}$ em x e 1 em y .

- b) Apresente as matrizes de cada uma das transformações elementares que mencionou na resposta à alínea anterior e, identificando cada uma delas por uma letra (A, B, C, etc.), escreva a expressão matricial que permite obter a matriz da transformação composta.

A – Translação (-2, -6)

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

B – Rotação (-90°)

$$\begin{bmatrix} \cos(90) & -\sin(90) & 0 \\ \sin(90) & \cos(90) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

C – Escala (2, 2)

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

D – Translação (+6, +4)

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 4 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Para calcular a matriz da transformação composta é necessário calcular o produto matricial $D \times C \times B \times A$.

3. Considere a modelação por varrimento

- a) Em que consiste a modelação por varrimento e quais são as suas características principais?

A modelação por varrimento consiste na descrição de um volume gerado pela deslocação de uma figura plana segundo uma trajectória que, em geral, é perpendicular à figura plana em cada ponto da trajectória. A figura plana pode não ser constante ao longo da trajectória, isto é, pode deformar-se.

- b) Que distingue a modelação por varrimento por extrusão da por rotação?

Na extrusão, a trajectória da figura plana é uma trajectória rectilínea, ao passo que no varrimento por rotação a figura plana roda em torno de um eixo fixo.

III

1. Considere o algoritmo de Cohen-Sutherland.

a) Qual é o objectivo deste algoritmo?

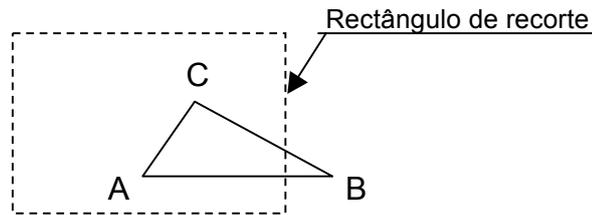
Recorte de segmentos de recta contra o volume ou rectângulo de recorte.

b) Descreva o algoritmo de Cohen-Sutherland.

No recorte bidimensional, o plano é dividido em 9 zonas, conforme a figura anexa, e a cada zona é atribuído um código denominado, outcode, composto por dois bits por cada direcção do espaço. Um dos bits assinala se a zona está abaixo do valor mínimo do rectângulo/volume de recorte segundo essa direcção (1) ou não (0), o outro se a zona se encontra acima do valor máximo do rectângulo/volume de recorte segundo a direcção (1) ou não (0). A cada extremo de um segmento de recta é atribuído um outcode (composto por 6 bits no caso tridimensional). Se os dois outcodes forem 0, os dois extremos estão dentro do volume de recorte e o segmento é trivialmente aceite. Caso contrário, se de uma operação de e lógico entre os dois outcodes resultar um valor não nulo, o segmento é liminarmente rejeitado porque os dois extremos se encontram ambos abaixo ou acima do valor limite do volume de recorte em, pelo menos, uma das direcções do espaço. Nos restantes casos, há que reduzi-los a um dos casos anteriores pela subdivisão do segmento contra os limites do volume de recorte. Tomando um dos extremos, é fácil determinar qual dos limites é excedido dado que o bit correspondente estará aceso. Calculando a intersecção do segmento com o limite em questão, obtém-se um novo ponto extremo e o seu outcode e volta-se novamente a comparar os outcodes dos extremos.

1001	1000	1010
0001	0000	0010
0101	0100	0110

- c) Aplique o algoritmo de Cohen-Sutherland à figura seguinte, considerando um espaço bidimensional.



Considerando 4 bits para, da esquerda para direita, y_{max} , y_{min} , x_{max} e x_{min} , os outcodes para os pontos A, B e C serão, respectivamente, 0000, 0010 e 0000. O segmento AC será trivialmente aceite dado que os outcodes dos seus extremos são 0.

No caso dos segmentos AB e BC, esta condição não se verifica e de um e lógico entre os outcodes dos extremos resulta um valor nulo. Há então que verificar que é o outcode de B que não é nulo porque o seu 3º bit é 1 (x excede o valor de x_{max}). A intersecção do segmento AB com o valor de x_{max} produz um ponto que substitui o ponto B e cujo outcode é 0 e agora o segmento resultante é trivialmente aceite. De igual modo se procede para o caso do segmento BC em que o ponto de intersecção de BC com o limite direito do rectângulo de recorte substitui o ponto B.

2. Considere os algoritmo de Z-buffer e de ordenação em profundidade.

- a) Qual é o objectivo de cada um destes algoritmos?

Remoção de elementos ocultos.

- b) Em que espaços operam estes algoritmos?

O algoritmo de Z-buffer opera no espaço de imagem enquanto o algoritmo de ordenação em profundidade opera no espaço dos objectos.

- c) Descreva o algoritmo de Z-buffer.

É criado um buffer de profundidade (o Z-buffer) com tantos elementos como o número de quadrículas da imagem a produzir. A cada quadrícula do buffer da imagem corresponde um elemento do Z-buffer que contém a profundidade da quadrícula. Inicialmente, todos os elementos do Z-buffer são inicializados com o valor da profundidade máxima e todas as quadrículas da imagem com a cor de fundo. Ao receber um novo valor de cor para uma quadrícula, o algoritmo verifica primeiro se a profundidade correspondente é menor do que o valor correntemente armazenado no elemento associado do Z-buffer e,

Nº _____ Nome: _____

em caso afirmativo, substitui a cor antiga pela nova cor no buffer da imagem e a antiga profundidade pela nova profundidade no Z-buffer.

3. Apresente a razão pela qual o núcleo do algoritmo de Bresenham apenas permite discretizar segmentos de recta com declives entre 0 e 1, descrevendo como se deve proceder para segmentos de recta com outros declives.

O algoritmo de Bresenham é incremental e, para garantir o maior número de pixéis acesos e uma adequada densidade visual, terá que fazer variar mais em uma direcção (x) do que noutra (y), o que significa que o declive deve estar entre 0 e 1.

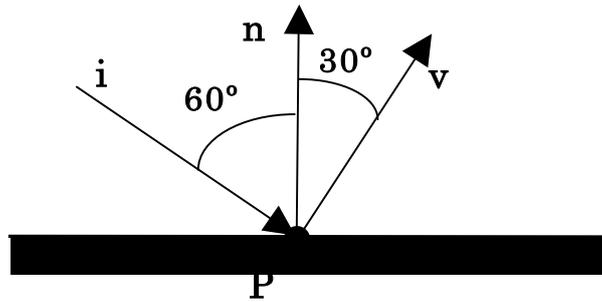
Para segmentos de recta com outros declives há que transformá-los em segmentos de recta com declives naquele intervalo e, depois de obter os pontos discretizados, transformá-los de volta para o declive de origem. Isto realiza-se invertendo primeiro os declives negativos, trocando a ordem dos pontos extremos, e, de seguida, trocando os valores de x e y se o declive for superior a 1.

IV

1. Que modelo de cor é empregue pelo formato de imagem JFIF? Porque razão é este o modelo empregue pelo formato acima e não um outro modelo dos modelos mais comuns?

O formato de imagem JFIG emprega o modelo de cor YCbCr. Este modelo foi escolhido devido ao facto de ser o modelo empregue pelas normas de televisão a cores mais utilizadas (SECAM e PAL) e de se adequar muito bem a situações em que a variação de cor das imagens é monótona e não abrupta.

2. Considere a cena da figura anexa, que compreende uma superfície iluminada por uma luz pontual, onde a componente especular da luz é branca, a componente especular do material da superfície é vermelha e o coeficiente de brilho da superfície é 2. Na figura, i representa o raio de luz incidente no ponto P, a normal à superfície neste ponto é n e o vector v indica a direcção ao observador. Os vectores i , n e v existem no mesmo plano. Calcule a intensidade da reflexão especular no ponto P da superfície usando o Modelo de Iluminação de Phong. (Sugestão: comece por desenhar o vector r , correspondente à reflexão do raio de luz incidente, e calcule o ângulo entre r e v).



Se i , n e v existem no mesmo plano, o vector r de reflexão da luz incidente existirá também no mesmo plano e fará 60° com a normal e, portanto, um ângulo de 30° com v . Por seu lado a luz especular incidente será $L(1,1,1)$ e o coeficiente de reflexão especular $R(1,0,0)$. A luz especularmente reflectida será então, aplicando o modelo de iluminação de Phong,

$$L R (v.r)^n = (1,1,1) (1,0,0) (\cos 30^\circ)^2 = (1,0,0) (\sqrt{3}/2)^2 = (3/4,0,0)$$

3. No cálculo de uma das quadrículas de uma imagem sintética gerada pelo método de ray-tracing, a contribuição de um dado raio secundário para a cor da quadrícula é de 0,4. Este raio secundário atinge um objecto num ponto em que os coeficientes de reflexão especular, difusa e de ambiente são, respectivamente, 0,6, 0,7 e 0,06. O objecto é translúcido com um coeficiente de transmissão de 0,1. A parametrização do algoritmo não considera contribuições de raios secundários inferiores a 5%. Assim, apresente, justificando convenientemente, quantos raios secundários deverão ser calculados com origem naquele ponto do objecto.

No computo geral, as contribuições deste ponto para a cor da quadrícula serão de $0,6 \times 0,4 = 0,24$, $0,7 \times 0,4 = 0,28$, $0,06 \times 0,4 = 0,024$ e $0,1 \times 0,4 = 0,04$ para, respectivamente, reflexão especular, reflexão difusa local, termo ambiente e luz refractada. Como o limite imposto é de 0,05 (5%), os termos ambiente e de luz refractada não deverão ser tidos em conta. Assim, bastará calcular um raio de reflexão e tantos raios de iluminação quantas as fontes de iluminação existentes na cena.

Cotações

	I	II	III	IV	
1.	1,5	2	1,5	1	
2.	2	2	2	2	
3.	1	1,5	1,5	2	Total
Grupo	4,5	5,5	5	5	20 Valores