



Exame de 1ª Época Computação Gráfica

LEIC - Alameda
Ano Lectivo de 2006/2007

Prof. João Brisson Lopes

28 de Junho 2007

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 e as operações de ampliação/redução (*zoom*) e panorâmica linear (*pan*).

a) Em que espaços existem a janela e o *viewport*?

A janela existe no espaço dos objectos (ou do mundo) enquanto o viewport existe no espaço da unidade de saída gráfica.

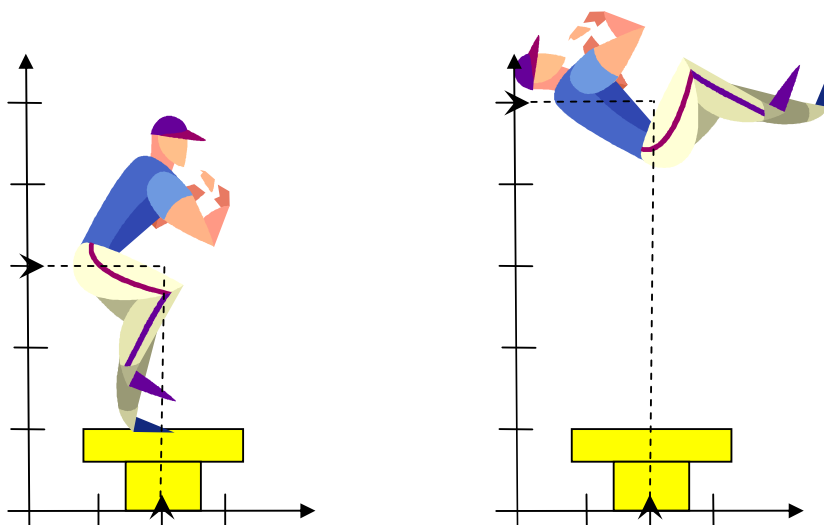
b) Em que espaços são executadas as operações acima?

Ambas as operações são executadas no espaço dos objectos.

c) Ao executar cada uma das operações acima, que sucede às dimensões e localização da janela e do viewport, se a distância do plano de projecção ao centro de projecção se mantiver constante?

No caso da operação de zoom, a posição da janela mantém-se mas as suas dimensões diminuem, ao passo que, na operação de pan, as dimensões da janela manter-se-ão constantes e será a janela a mover-se ao longo do plano de projecção original, solidariamente com o centro de projecção.

2. Foi contratado para compor uma cena para um episódio de uma série de animação 2D, feita por computador. Neste episódio, numa demonstração de perícia, o personagem principal salta em cima de um pedestal de pedra, e faz uma cambalhota (mortal encarpado) para trás, e volta a aterrizar no sítio em que estava. A imagem da esquerda ilustra a cena antes da peripécia. Note que as setas indicam um ponto de referência no personagem.



- a) Enumere, pela ordem correcta de aplicação, as transformações elementares a aplicar ao personagem, tal qual como se encontra na imagem da esquerda, para o colocar na posição da imagem da direita, a $\frac{1}{4}$ do tempo de animação.

Translação (-2, -3); Rotação (+90°); Translação (+2, +5).

- b) Escreva as matrizes correspondentes às transformações elementares e, identificando cada uma por letras (A, B, C, D, etc.), escreva a expressão matricial correspondente à transformação composta.

C x B x A, com as seguintes matrizes

A - Translação

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -2 \\ 0 & 1 & -3 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

B - Rotação

$$\begin{bmatrix} \cos 90 & -\text{sen} 90 & 0 \\ \text{sen} 90 & \cos 90 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

C - Translação

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

II

1. Numa câmara virtual realizando uma projecção perspectiva, o semi-ângulo de abertura vertical é de 30° e o semi-ângulo de abertura horizontal de 45°. O plano de projecção dista 10 unidades da localização da câmara. Relembrando o valor das funções trigonométricas

	0°	30°	45°	60°	90°
sen	0	1 / 2	$\sqrt{2} / 2$	$\sqrt{3} / 2$	1
cos	1	$\sqrt{3} / 2$	$\sqrt{2} / 2$	1 / 2	0
tg	0	$\sqrt{3} / 3$	1	$\sqrt{3}$	∞

- a) Quais são os ângulos de abertura desta câmara virtual e qual é a sua relação de aspecto?

Ângulo de abertura horizontal: $2 \times 45 = 90^\circ$

Ângulo de abertura vertical: $2 \times 30 = 60^\circ$

Relação de aspecto: h/w e como $h/D = \text{tg } \theta_v$ e $w/D = \text{tg } \theta_h$

$h/w = \text{tg } \theta_v / \text{tg } \theta_h = \text{tg } 30^\circ / \text{tg } 45^\circ = \sqrt{3} / 3$

- b) Mantendo a relação de aspecto calculada na alínea anterior, o que necessitaria modificar para que um objecto, que se encontra a 100 unidades de distância do centro de projecção, e tem 2 unidades de altura, ocupe toda a altura da janela? De que operação se trata?

A nova meia altura da janela passará a ser $2/2 = 1$ unidade e o ângulo de abertura vertical $\text{arctg}(1 / 100) = \text{arctg}(0,01)$. Mantendo-se a relação de aspecto anterior, a meia largura da janela passará a ser $3\sqrt{3}$ e, portanto, o semi-ângulo de abertura vertical será $\text{arctg}(3\sqrt{3} / 100) = \text{arctg}(0,03\sqrt{3})$.

Operação: zoom.

2. Numa cena, uma câmara virtual olha uma superfície plana branca segundo um ângulo de 45°. Presa à câmara virtual, está colocada uma fonte pontual de luz amarela (RGB <1,1,0>). A cena é ainda iluminada por uma luz ambiente verde (RGB <0,1,0>). O material da superfície plana é descrito pelos seguintes termos: $k_a=0,2$ $k_d=0,5$ $k_s=0,7$ e $n=2$. Considere a superfície “metálica” (a cor da luz reflectida especularmente é igual à da fonte de luz). Calcule a cor no ponto para onde a câmara aponta segundo o modelo de Phong.

(Recorde que $\cos(0^\circ)=1$, $\cos(45^\circ)=\sqrt{2} / 2$ e $\cos(90^\circ)=0$)

$$I_t = k_a * O_d * I_a + k_d * O_d * I_d * (N.L) + k_s * O_s * I_s * (R.V)^n$$

(R.V) = 0 e então a componente especular é nula. Assim,

$$\begin{aligned} \langle R, G, B \rangle &= 0,2 x \langle 1; 1; 1 \rangle x \langle 0; 1; 0 \rangle + 0,5 x \langle 1; 1; 1 \rangle x \langle 1; 1; 0 \rangle x \sqrt{2} / 2 \\ &= 0,2 x \langle 0; 1; 0 \rangle + 0,5 x \langle 1; 1; 0 \rangle x \sqrt{2} / 2 \\ &= \langle 0; 0,2; 0 \rangle + 0,25 \sqrt{2} x \langle 1; 1; 0 \rangle \\ &= \langle 0; 0,2; 0 \rangle + \langle 0,25 \sqrt{2}; 0,25 \sqrt{2}; 0 \rangle \\ &= \langle 0,25 \sqrt{2}; 0,2+0,25 \sqrt{2}; 0 \rangle \end{aligned}$$

3. Imagine que, por alguma limitação à representação, um dado programa é incapaz de determinar facetas geométricas, e só é capaz de calcular uma nuvem de pontos para cada objecto. Suponha ainda que esta nuvem de pontos é suficientemente densa e fina para não se verificarem falhas, transmitindo assim a impressão de uma superfície contínua. Será necessário empregar os conceitos de “Modelo de Iluminação” e “Modelo de Sombreamento” nesta situação? Porquê?

Um modelo de iluminação calcula a cor num dado vértice ou ponto específico de um objecto e é necessário neste caso para que se obtenha a cor dos pontos da nuvem. Um modelo de sombreamento procura representar a forma como os valores pontuais anteriores podem ser empregues para aproximar a cor e os parâmetros de que ela depende (normais, por exemplo) para calcular a cor em outros pontos da imagem por interpolação, o que neste caso não é necessário.

III

1. Pretende-se produzir imagens de uma cena com a resolução de 1000x800 píxeis pelo método de Ray-tracing. Na cena existem 5.000 objectos uniformemente dispersos.
- a) Calcule o número de testes de intersecção de raios primários com objectos a efectuar, quando nenhuma técnica de optimização é empregue.

Por cada raio primário serão efectuados tantos testes como o número de objectos. Sendo necessários 1000x800 raios primários, o número de testes de intersecção será então de $1000x800x5000 = 40x10^8 = 4x10^9$.

- b) Recorrendo à técnica de optimização de volumes envolventes com 200 volumes idênticos e com igual número de objectos, apresente uma estimativa para o valor determinado na alínea anterior

Dado que os objectos se encontram uniformemente distribuídos, cada um dos 200 volumes envolventes conterá, em média, $5000/200=25$ objectos. Assim, para cada raio primário, haverá que testar a sua possível intersecção com cada um dos 200 volumes envolventes e com os 25 objectos existentes em cada um deles. O número de testes será então $1000 \times 800 \times 225 = 1,8 \times 10^8$ testes.

- c) No caso da alínea anterior, como combinaria a optimização pela técnica de volumes envolventes com a técnica de hierarquização de volumes? Esta combinação teria algumas vantagens? Porquê?

A hierarquização de volumes seria efectuada pela inclusão de vários volumes envolventes num volume envolvente. Vários tais volumes envolventes poderiam então ser sucessivamente envolvidos por um novo volume envolvente. Por exemplo, supondo que existam 5 volumes ao nível mais alto em que cada um envolve outros 5 volumes que envolvem (cada um) 8 volumes, teríamos, para cada raio primário $5+5+8+25 = 43$ testes em lugar de 225 testes.

2. Considere o método de geração de imagens sintéticas por radiosidade.

- a) As imagens produzidas por este método são ou não fotorrealistas? Porquê?

Este método destina-se a produzir imagens fotorrealistas em cuja geração é tida em conta a reflexão difusa múltipla que, de outro modo, não é possível calcular com a aproximação necessária e distribuição adequada.

- b) O modelo de iluminação local de Phong pode ou não ser empregue na geração de imagens por este método? Porquê?

O modelo de iluminação local de Phong é um modelo “local”, isto é, um modelo que calcula a iluminação de um dado local de uma cena apenas em função das fontes de luz e não considera a contribuição dos outros objectos existentes na cena. Por contraposição, a radiosidade é um modelo de iluminação global que tem em conta a contribuição de todos os objectos de uma cena para todos eles, independentemente de serem fontes de luz ou não. Por isso, o modelo de iluminação local de Phong não apresenta qualquer termo para o cálculo da reflexão difusa múltipla, nem tem forma de calcular qual a quantidade de luz resultante da reflexão difusa múltipla nem qual a sua distribuição pela cena. Em seu lugar é empregue uma aproximação denominada de termo ambiente, uniforme em toda a cena. Por tudo isto, este modelo não pode ser empregue em radiosidade.

IV

1. O João, o Pedro e o Filipe pertencem a um grupo da disciplina de CG. Após preparação prévia de uma das aulas de laboratório, reparam que as cores escolhidas no computador de casa para representar uma cena não correspondem exactamente às cores visualizadas no monitor do computador do laboratório.

a) Qual o modelo de cor usado para representar a cor nos monitores? Justifique, descrevendo o modelo indicado.

O modelo de cor RGB foi concebido com base nos dispositivos de saída gráfica com três cores primárias: o vermelho (Red), verde (Green) e azul (Blue). Este modelo descreve as cores como o resultado da adição das três componentes de cor, em que cada uma delas apresenta uma intensidade que pode variar entre 0 (intensidade mínima) e 1 (intensidade máxima). A cor branca corresponde a todas as componentes com intensidade máxima e a cor preta a todas as componentes com intensidade mínima, sendo por isso utilizado em objectos com superfícies emissores de luz como os televisores e monitores a cores.

b) Ambos os monitores estão a funcionar correctamente. Como se explica então a diferença de cores entre os dispositivos?

O modelo RGB é omissivo quanto ao que é uma cor primária pura, ou seja, não define qual o comprimento de onda correspondente a cada uma das três cores primárias. Esta omissão, conjuntamente com a maior ou menor qualidade dos tubos de raios catódicos, tem consequências na reprodução da cor de cada dispositivo pois verificam-se variações sensíveis de monitor para monitor.

Aliado a estes factos está também a grande variabilidade da resposta dos tubos de raios catódicos o que provoca que a correcção gama a aplicar seja diferente de modelo para modelo, fazendo surgir cores mais claras nuns e mais escuras em outros.

2. Em modelação geométrica existe uma forma de modelação que emprega malhas de polígonos.

a) Como se designa esta modelação e a que tipo pertence?

Esta forma de modelação designa-se por modelação por malha poligonal e pertence ao tipo de modelação por descrição da fronteira.

- b) Apresente a razão ou razões pelas quais esta forma de modelação é uma das formas mais empregues em modelação geométrica.

Esta forma de modelação é bastante empregue porque aproxima a forma das superfícies limites dos objectos dividindo-as em facetas planas que são mais fáceis de processar do que a forma original da superfície, especialmente se as facetas forem triangulares.

V

1. Considere o pipeline de visualização tridimensional

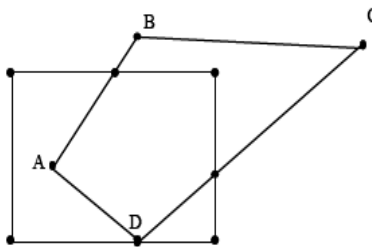
- a) Exponha a razão ou razões pelas quais é necessário recorrer ao pipeline de visualização tridimensional em detrimento de métodos de geração de imagem com foto-realismo que geram imagens de muito melhor qualidade.

Os métodos de geração de imagem fotorrealistas apresentam o inconveniente de demorarem bastante tempo a gerar uma imagem o que impede o seu emprego por jogos e outras aplicações interactivas em que tem que ser assegurado um número mínimo de imagens por unidade de tempo. Empregando o pipeline de visualização tridimensional assegura-se esse número mínimo de imagens por unidade de tempo permitindo animações suaves e coerentes, embora com imagens de menor qualidade em que sombras, iluminação e outras podem falhar ou estar incorrectas.

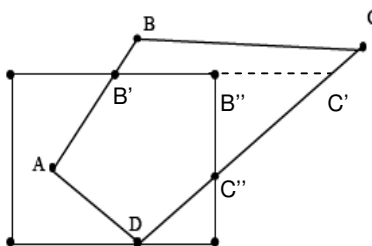
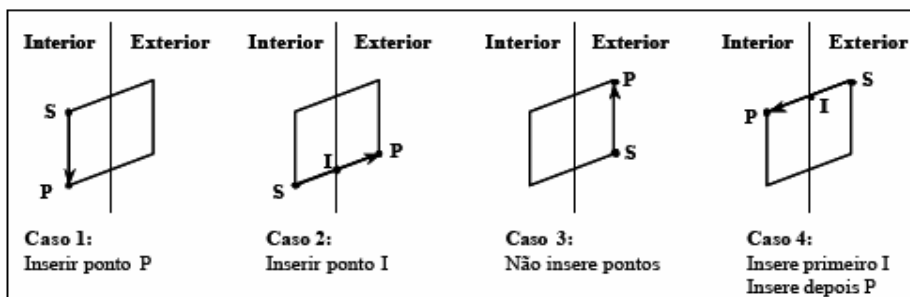
- b) Que operações devem ser executadas pelo andar final deste pipeline? Porquê? Considere tanto unidades gráficas vectoriais como unidades gráficas de quadrícula.

O andar final do pipeline deve tratar os elementos gráficos directamente relacionados com os dispositivos de saída gráfica e deve receber para processar apenas aqueles elementos que vão ser afixados nessa unidades. Tais elementos são dos mais simples (pontos ou pequenos polígonos) e, porque serão em número muito elevado, as operações a serem realizadas deverão ser o mais simples possível (na realidade, muitas destas operações são realizadas em hardware, tal a sua simplicidade).

2. Como se denomina o algoritmo para recorte de polígonos mais corrente? Aplique-o ao polígono da figura, definido segundo o sentido contrário aos ponteiros do relógio.



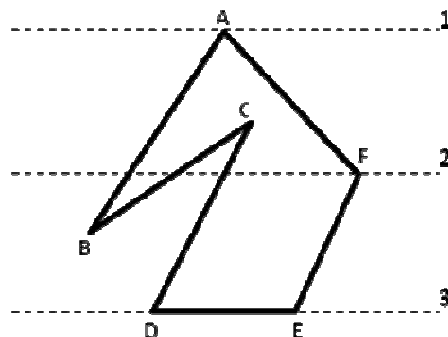
Algoritmo de Sutherland-Hodgman. O algoritmo baseia no recorte dos lados do polígono contra uma aresta infinita coincidindo com os lados do polígono de recorte, um lado de cada vez, como indicado abaixo. Após o recorte é obtido um novo conjunto de vértices através das regras da figura abaixo.



Considerando em primeiro lugar, por exemplo, o limite superior do rectângulo de recorte, são eliminados os vértices B e C, surgindo dois novos pontos: B' (da intersecção com AB) e C' da intersecção com CD. O novo polígono é AB'C'D. No passo seguinte, escolhendo o limite direito do rectângulo de recorte, obtêm-se dois novos vértices, o vértice B'' (vértice superior direito do rectângulo de recorte) que resulta da intersecção com B'C' e o vértice C'' que resulta da intersecção com o C'D', sendo eliminado o ponto C'. Resulta assim o polígono AB'B''C''D. Neste momento, todos os vértices encontram-se dentro do rectângulo de recorte pelo que o algoritmo não irá alterar este resultado quando considerar o limite inferior e o limite esquerdo do rectângulo de recorte.

VI

1. Considere o seguinte polígono côncavo [ABCDEF]:



a) Descreva os passos principais de um algoritmo genérico de preenchimento capaz de desenhar um polígono como o da figura que empregue a coerência espacial da linha de varrimento.

- *Eliminação de todas as arestas horizontais.*
- *Traçado sucessivo de linhas de varrimento horizontais.*
- *Cálculo dos pontos de intersecção entre a linha de varrimento e as arestas:*
 - i. Se há intersecção com um vértice, considerar intersecção apenas se o vértice corresponder ao y menor da aresta, rejeitar se for o y máximo.*
 - ii. Ordenação dos pontos de intersecção por abcissa crescente*
 - iii. Arredondamento dos valores das abcissas das intersecções para o interior do polígono*
- *Preenchimento das cadeias de quadrículas (“spans”) entre pares de pontos sucessivos.*

b) De acordo com o algoritmo descrito anteriormente, diga, justificando, que pontos de intersecção são considerados quando a linha de varrimento se encontra nas posições 1, 2 e 3. Indique a que arestas pertencem os pontos que mencionar.

Linha 1: nenhum ponto é considerado, pois em A verifica-se o y máximo das arestas AB e AF.

Linha 2: são considerados os pontos de intersecção com AB, BC, CD e o ponto F da aresta AF (é o menor y desta aresta).

Linha 3: D de CD e E de EF.

2. Considere o algoritmo de remoção de elementos ocultos de Catmull.

a) Que memória adicional requer este algoritmo e para que serve tal memória?

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

b) Descreva sucintamente o funcionamento do algoritmo.

Na fase de inicial, o Z-buffer é preenchido com a profundidade máxima e framebuffer com a cor de fundo. Em seguida para cada quadrícula de cada polígono 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 cor do polígono.

c) Indique duas vantagens deste algoritmo face ao algoritmo de Ordenação em Profundidade.

Não é necessário efectuar a ordenação de polígonos nem o cálculo de intersecções de polígonos (ou a sua fragmentação).

Cotações

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