

e

Leia as instruções atentamente!

- Responda às questões na folha de resposta.
- Pode usar as costas do enunciado para rascunho.
- Não desagrafe o enunciado!
- A opção *Outra* significa que nenhuma das restantes opções está correcta
- Instruções para responder:

	A	B	C	D	E
Seleccionar a resposta (A):	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Substituir a resposta (A) por (C):	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cancelar (C) e reactivar a resposta (A):	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- Este exame tem 36 Questões, cada questão tem uma cotação de 200/36 pontos.
- **DESCONTO** por cada resposta errada (em percentagem da cotação da respectiva questão):

$\sum wrong$	1 = 0%	2 = 6.25%	3 = 12.5%	4 = 18.75%	$\geq 5 = 25.0\%$
--------------	--------	-----------	-----------	------------	-------------------

Nome: _____ Número: _____

Parte 1

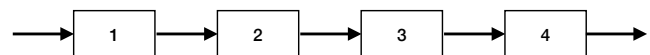
- Um dispositivo gráfico capaz de reproduzir apenas tons de cinzento armazena a informação dos pixels numa imagem agrupando sequências de 4 pixels em 3 bytes, reservando igual número de bits para cada pixel. Qual o número de cores distintas que se conseguiram representar nesse dispositivo de visualização?

A. $2^6 = 64$ B. *Outra* C. $2^4 = 16$ D. $2^{24} = 16777216$ E. $2^3 = 8$
- Uma determinada placa gráfica suporta, no seu modo de mais alta resolução, o formato FullHD de 1920x1080 pixels. Cada pixel é representado por 24 bits, em formato RGB. O sistema usa ainda um z-buffer de 8 bits por pixel para eliminação das superfícies ocultas e a velocidade de refrescamento é de 120Hz. Qual a velocidade mínima de leitura que a memória da placa gráfica terá que suportar para se gerarem as imagens no dispositivo de saída?

A. $1920 \times 1080 \times 32 \times 60$ bytes/s
 B. $1920 \times 1080 \times 32/60$ bits/s
 C. $1920 \times 1080 \times 24 \times 60$ bits/s
 D. $1920 \times 1080 \times 24/60$ bits/s
 E. **Nenhuma das outras**
- Um determinado dispositivo de visualização a operar em modo de cor indexada usa, para cada pixel, 10 bits de informação. O dispositivo é capaz de reproduzir cores com 10 bits por componente (Red, Green ou Blue). Qual o espaço necessário para armazenar uma imagem de 1920x1080 pixels?

A. $1920 \times 1080 \times 10$ bits
 B. $1920 \times 1080/10 + 10 \times 30$ bits
 C. Nenhuma das outras
 D. $1920 \times 1080/10$ bits
 E. **$1920 \times 1080 \times 10 + 1024 \times 30$ bits**

Considere o pipeline lógico numa aplicação WebGL, ilustrado pela figura ao lado.



Considere igualmente o programa GLSL constituído pelos shaders identificados como ① e ②.

Listing 1: ①

```

varying float x;
uniform float v;

void main() {
    ...
    float tmp = x * x;
    ...
}
  
```

Listing 2: ②

```

attribute vec3 a;
uniform float v;
varying float x;
  
```

```

void main() {
    ...
  
```

Page 1 $x = /* expression */ ;$

...

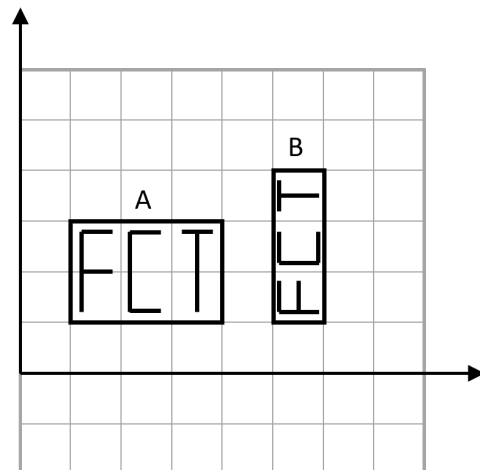
8. Em que fase do pipeline se poderia executar o algoritmo de Cohen-Sutherland ou o de Sutherland-Hodgeman para o recorte de linhas ou de polígonos, respectivamente?
A. 3 B. 1 C. *Outra* D. 4 E. **2**
9. Em que fase do pipeline se poderia executar o algoritmo do ponto médio, para o desenho de segmentos de recta?
A. 1 B. **3** C. 4 D. 2 E. *Outra*
10. Que valores necessitaria estar armazenados em buffers WebGL?
A. a; x B. v; x C. v D. a; v E. **a**
11. A variável `gl.PointCoord` é uma variável acessível ao programador em que estágio?
A. *Outra* B. **4** C. 3 D. 1 E. 2
12. A variável `gl.PointSize` é uma variável acessível ao programador em que estágio?
A. 3 B. 4 C. *Outra* D. 2 E. **1**
13. O algoritmo FILLAREA, usado para pintar o interior de um polígono poderia ser útil em que estágio do pipeline?
A. *Outra* B. 4 C. 2 D. **3** E. 1

Uma aplicação WebGL deverá permitir ao utilizador visualizar o campo gravítico (força gravítica sentida por uma massa unitária) que se faz sentir num determinado local do plano gravitacional dum sistema solar. A visão do sistema solar consiste numa projeção ortogonal onde o plano de projeção é o próprio plano orbital dos planetas (vista de "cima"). O sol, planetas, luas, etc. já se encontram posicionados e são em número reduzido (< 16). O comportamento da aplicação deverá ser tal que, ao deslocar o rato sobre o canvas, uma linha será desenhada tendo como um extremo a posição do rato, sendo o outro extremo determinado pelo campo gravítico que se faz sentir no local. O comprimento da linha desenhada pode ser controlado por uma escala arbitrária controlada pela roda (*wheel*) do rato.

14. Indique como organizaria as variáveis do seu programa, quando fosse desenhar a referida linha, usando a primitiva `gl.LINES`, de modo a que nenhum cálculo fosse efetuado pela componente javascript da aplicação!
A. *Outra*
B. posições das outras massas: attribute; posição do rato: uniform; escala: uniform;
C. posições das outras massas: uniform; posição do rato: uniform; escala: attribute;
D. posições das outras massas: attribute; posição do rato: attribute; escala: uniform;
E. **posições das outras massas: uniform; posição do rato: attribute; escala: uniform;**
15. Indique agora de que tipo seriam as variáveis que guardam as posições das massas que representam o sol, planetas e luas, sabendo que, para os desenhar, irá usar a primitiva `gl.POINTS`!
A. **attribute** B. uniform C. const D. varying E. *Outra*

16. Que transformação geométrica mudará o objeto da posição A para a posição B?

- A. $T(5, 1) \cdot S(1, 1/2) \cdot R(90) \cdot T(-1, -1)$
B. **$T(6, 1) \cdot R(90) \cdot S(1, 1/2) \cdot T(-1, -1)$**
C. $T(5, 1) \cdot R(90) \cdot S(1, 1/2) \cdot T(-1, -1)$
D. *Outra*
E. $T(5, 0) \cdot R(90) \cdot S(1, 1/2)$



17. Considere uma aplicação 3D construída com o ThreeJS. No grafo de cena dessa aplicação, o objecto P1 surge como filho do objecto P2. Escolha a afirmação correcta!
- A. as transformações locais armazenadas em P2 não afetam a posição do objecto P1
 - B. as transformações locais armazenadas em qualquer dos objetos alteram a posição do outro
 - C. as transformações locais armazenadas em qualquer dos objetos não alteram a posição do outro
 - D. as transformações locais armazenadas em P1 não afetam a posição do objecto P2
 - E. Outra
18. O ecrã dum computador tem resolução FullHD (1920 x 1080 pixels [16:9]) e vai ser usado para mostrar o conteúdo duma janela definida em coordenadas do mundo (WC) pelos seus limites $-100 \leq x \leq 60$ and $400 \leq y \leq 480$. O visor deverá estar encostado ao canto superior direito do ecrã e deverá maximizar a área de visualização. Quais as suas dimensões em pixels?
- A. $(\frac{1080}{9} \times 16) \times 1080$ B. $1920 \times (\frac{1920}{16} \times 8)$. C. $1920 \times (\frac{1920}{16} \times 9)$. D. Outra E. $(\frac{1080}{8} \times 16) \times 1080$.
19. Com as condições definidas na Questão 18, qual seria a sua escolha para a primeira operação da transformação da janela para o visor?
- A. $T(-1920, 0)$ B. $T(-60, -400)$ C. $T(-60, -480)$ D. $T(-1920, -1080)$ E. Outra
20. Uma vez mais, com as condições definidas na Questão 18, o que alteraria para visualizar o mesmo conteúdo, no mesmo local do ecrã, mas usando a totalidade da superfície do ecrã?
- A. Outra
 - B. A translação final da transformação.
 - C. Os limites inferior e superior (ymin e ymax) da janela.
 - D. O limite (ymax) da janela.
 - E. O factor de escala incluído na transformação.

Parte 2

21. Considere uma visualização arbitrária duma cena composta por poliedros convexos. Sabe-se ainda que para essa cena é possível encontrar uma projecção, axonométrica, que não gera qualquer sobreposição de objetos distintos no ecrã. Qual a opção que melhor descreve a(s) técnica(s) que poderiam ser usadas para tratar de forma correcta da remoção das superfícies ocultas na referida visualização arbitrária.
- A. z-buffer
 - B. z-buffer e back-face culling, em conjunção
 - C. back-face culling
 - D. double buffering
 - E. z-buffer ou back-face culling, bastando uma
22. Das projecções estudadas, escolha uma que não se pode recriar usando apenas as funções `lookAt()`, `ortho()` e `perspective()`!
- A. ortogonal B. perspectiva C. Outra D. oblíqua E. axonométrica

Considere as matrizes apresentadas.

23. Das matrizes apresentadas, qual utilizaria para projectar um objecto centrado na origem, sabendo que essa seria a única matriz a aplicar aos pontos?

A. *Outra*

B. None should be used.

C. Qualquer das matrizes poderia ser usada.

D. **M_2 .**

E. M_1 .

$$M_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1/d & 0 \end{bmatrix}, M_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1/d & 1 \end{bmatrix},$$

$$M_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

24. Que matriz poderia ser usada para criar uma projecção perspectiva ou cónica, de tal forma que pudesse ser usada à esquerda da matriz devolvida pela chamada da função `lookAt(eye, at, up)`, mantendo a semântica dos seus parâmetros?

A. **M_1 .** B. M_1 e M_2 . C. M_2 . D. M_1 e M_3 . E. M_3 .

25. Imagine que quer implementar a projecção definida por M_2 , mas que não está autorizado a usar essa matriz. Que composição de matrizes M_1 and M_3 seria equivalente a M_2 ?

A. **$M_3 \cdot M_1 \cdot (M_3)^{-1}$.** B. $(M_3)^{-1} \cdot M_1 \cdot M_3$. C. $M_1 \cdot M_3 \cdot (M_1)^{-1}$. D. $(M_1)^{-1} \cdot M_3 \cdot M_1$.

E. *Outra*

26. Imagine um prisma rectangular (6 faces rectangulares) cujas arestas estão alinhadas com os eixos principais. Quando o prisma é projetado usando a matriz M_1 , quer as arestas inicialmente alinhadas com o eixo X , quer as arestas inicialmente alinhadas com o eixo Y , deixam de ser visualizadas como sendo paralelas. Escolha a transformação que poderia ter sido usada antes da referida projecção para produzir o efeito descrito.

A. $R_x(\alpha), \alpha \in]0, \pi/2[$ B. ***Outra*** C. $R_y(\alpha), \alpha \in]0, \pi/2[$. D. $R_z(\alpha), \alpha \in]0, \pi/2[$ E. **I** (no transformation).

Considere o polígono $P=[A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L]$ representado à direita. O polígono P vai ser recortado com o algoritmo de Sutherland-Hodgeman contra a janela de recorte $Q=[1,2,3,4]$, usando a seguinte sequência de recorte: BAIXO, DIREITA, CIMA, ESQUERDA.

27. Quais seriam os primeiros vértices do polígono resultante da primeira fase de recorte (BAIXO)?

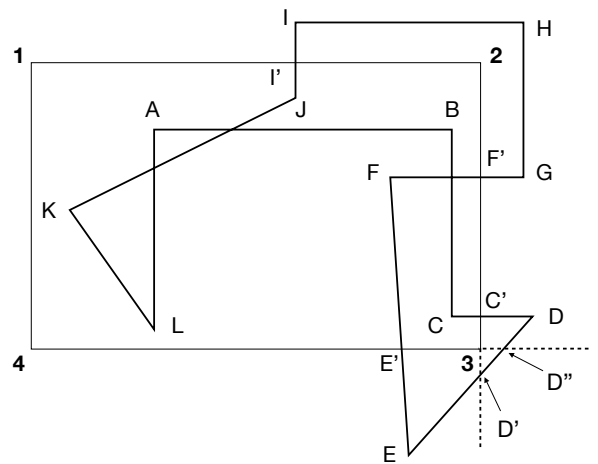
A. *Outra*

B. **B, C, D, D', E', F**

C. A, B, C, D, D'', E'

D. B, C, D, D', D'', E'

E. B, C, D, D', E', F



28. Quais seriam os primeiros vértices do polígono resultante da segunda fase de recorte (DIREITA)?

A. *Outra*

B. $B, C, C', 3, E, F$

C. $B, C, C', 3, E', F$

D. $C, C', 3, E', F, G$

E. **$C, C', 3, E', F, F'$**

29. Quantas arestas teria o polígono final, depois de aplicadas todas as fases de recorte?
 A. 12 B. **13** C. 11 D. 14 E. Outra

Imagine que o polígono P (original) iria ser pintado usando o algoritmo de FILLAREA.

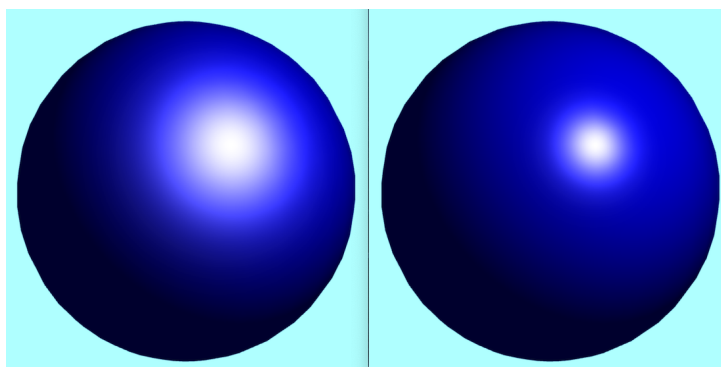
30. Quantas entradas não vazias teria a tabela de arestas (TA)?
 A. 7 B. Outra C. 5 D. **6** E. 4
31. Qual o número máximo de arestas activas atingido durante o preenchimento?
 A. 2 B. Outra C. **4** D. 5 E. 3
32. Qual seria o conteúdo da tabela de arestas activas (TAA) imediatamente antes de pintar a linha de varrimento que passa pelo vértice F?
 A. $\overline{AL} \rightarrow \overline{KJ} \rightarrow \overline{EF} \rightarrow \overline{BC}$
 B. Outra
 C. $\overline{AL} \rightarrow \overline{KJ} \rightarrow \overline{BC} \rightarrow \overline{GH}$
 D. $\overline{KJ} \rightarrow \overline{AL} \rightarrow \overline{EF} \rightarrow \overline{BC} \rightarrow \overline{GH}$
 E. **$\overline{KJ} \rightarrow \overline{AL} \rightarrow \overline{BC} \rightarrow \overline{GH}$**
33. Um determinado polígono foi pintado/preenchido usando o algoritmo scanline/fillarea com uma dada cor A. O fundo era inicialmente todo de cor branca. De seguida, as arestas desse mesmo polígono foram desenhadas com espessura 1 e com a cor B, usando-se para tal o algoritmo do ponto médio (ou o algoritmo de Bresenham). Escolha a frase correcta!
 A. Todos os pixels pintados com a cor B, estavam pintados anteriormente com a cor A.
 B. Independentemente da posição relativa de cada aresta, em relação ao polígono, todos os pixels numa mesma aresta (pintados com a cor B) ou estavam todos pintados com a cor do fundo, ou estavam todos pintados da cor A.
 C. Dependendo da posição relativa de cada aresta em relação ao polígono, todos os pixels numa mesma aresta (pintados com a cor B) ou estavam todos pintados com a cor do fundo, ou estavam todos pintados da cor A.
 D. Nenhum dos pixels pintados com a cor B tinha anteriormente a cor A.
 E. **Outra**

Considere o modelo de iluminação de Phong sem atenuação, implementado de acordo com a expressão abaixo, aplicado apenas num contexto de iluminação directa:

$$\mathbf{I} = \mathbf{I}_a \mathbf{K}_a + \mathbf{I}_p [\mathbf{K}_d \cos \alpha + \mathbf{K}_s \cos^n \phi].$$

34. Considere a esfera apresentada na figura da esquerda, iluminada de acordo com o modelo de iluminação de Phong, por uma única fonte de luz. Indique o que é necessário alterar para se produzir o resultado apresentado na figura do lado direito.

- A. **Aumentar o valor de n**
 B. Aumentar o valor de K_d
 C. Outra
 D. Aumentar o valor de I_p
 E. Aumentar o valor de K_s

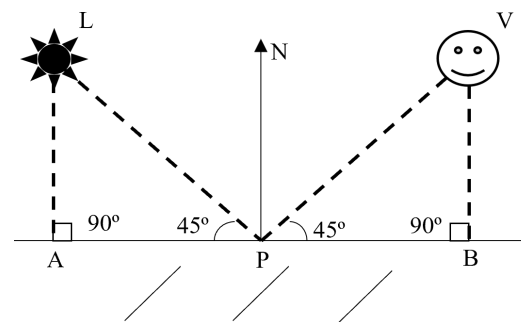


35. Imagine que pretende iluminar um objeto sem espessura (tal como um rectângulo, um quadrado ou um parabolóide). As normais definidas nos vértices da malha de triângulos, usada para modelar o objeto, apontam, de forma sistemática, para um mesmo lado da superfície. Que modificação faria nos shaders por forma a iluminar tal objeto? Admita que N , L e V são variáveis que representam vetores de comprimento com o significado habitual na literatura (normal, direção para a luz e direção para a câmara, respetivamente).

- A. Substituiria $\text{dot}(N, L) * K_d * I_p$ por $\text{abs}(\text{dot}(N, L)) * K_d * I_p$
- B. Introduziria o seguinte pedaço de código antes de proceder ao cálculo da iluminação: `if (dot(N, L) < 0.0) N = -N;`
- C. Substituiria $\text{max}(0.0, \text{dot}(N, L)) * K_d * I_p$ por $\text{max}(0.0, \text{abs}(\text{dot}(N, L))) * K_d * I_p$
- D. Introduziria o seguinte pedaço de código antes de proceder ao cálculo da iluminação: `if (dot(N, V) < 0.0) N = -N;`
- E. Outra

36. Se a iluminação for monocromática e considerando $I_a = I_p = 1$, $n = 1$ e $K_a = K_d = K_s$, os valores da iluminação em 3 pontos equidistantes A, P e B (ver figura), de uma superfície com um determinado material, são tais que

- A. reflexão difusa em A < reflexão difusa em P
- B. reflexão especular em A > reflexão especular em B
- C. $I(A) > I(P) > I(B)$
- D. $I(P) > I(A) = I(B)$
- E. $I(P) > I(A) > I(B)$



Boa Sorte!

