

INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

# Computação Gráfica

Licenciatura em Engenharia Informática e de Computadores  
Alameda / Taguspark

## Primeiro Teste

25 de Outubro de 2014

O teste tem a duração de **1h00**, tolerância incluída. Responda às questões **unicamente** nestas duas primeiras folhas, justificando adequadamente as respostas de desenvolvimento. Só estas duas folhas deverão ser entregues, e como tal, serão as únicas avaliadas. **Identifique ambas as folhas.** As restantes folhas podem ser utilizadas como folhas de rascunho. Durante o exame apenas é permitido o uso de caneta. Não é permitido o uso de calculadoras ou telemóveis. Uma resposta errada nas perguntas de escolha múltipla desconta 1/3 da cotação da respectiva questão.

### Respostas:

1. [1.0v] \_\_\_\_\_

2.a) [1.0v] \_\_\_\_\_

2.b) [1.0v] A= \_\_\_\_\_ B= \_\_\_\_\_

2.c) [1.0v] Cor: \_\_\_\_\_

3.a) [1.0v]

3.b) [0.5v]

3.c) [0.5v]

4.a) [1.0v]

4.b) [1.0v]

4.c) [1.0v]

### Identificação do Aluno

Nome:

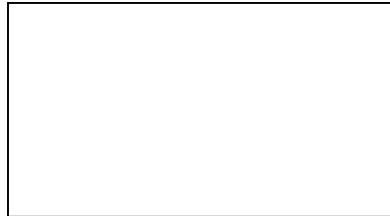
Número:



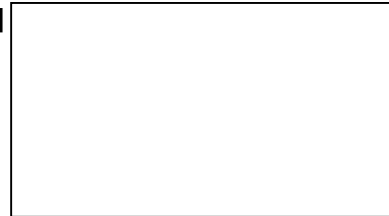
5.a) [1.0v] \_\_\_\_\_ 5.b) [1.0v] \_\_\_\_\_

6.a) [1.0v] \_\_\_\_\_

6.b) [1.0v]



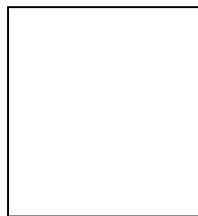
6.c) [1.0v]



7.a) [1.0v]  $I =$  \_\_\_\_\_

7.b) [1.0v]

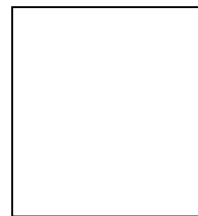
$\vec{n} =$



$\vec{l} =$



$\vec{h} =$



7.c) [1.0v]

$I_a =$

\_\_\_\_\_

$I_d =$

\_\_\_\_\_

$I_s =$

\_\_\_\_\_

8.a) [1.0v]

\_\_\_\_\_

8.b) [1.0v]

$R =$  \_\_\_\_\_

$G =$  \_\_\_\_\_

$B =$  \_\_\_\_\_

8.c) [1.0v]

$R =$  \_\_\_\_\_

$G =$  \_\_\_\_\_

$B =$  \_\_\_\_\_

**Identificação do Aluno**

Nome:

Número:

	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$
<i>sin</i>	0,5	0,707	0,866
<i>cos</i>	0,866	0,707	0,5
<i>tan</i>	0,578	1,0	1,732

	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$
<i>sin</i>	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
<i>cos</i>	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$
<i>tan</i>	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	1	$\sqrt{3}$

```

void glutInitWindowSize(int width, int height);
void glutInitWindowPosition(int x, int y);
void glViewport(GLint x, GLint y, GLsizei width, GLsizei height);
void glOrtho( GLdouble left, GLdouble right,
              GLdouble bottom, GLdouble top,
              GLdouble nearVal, GLdouble farVal);
void gluLookAt(GLdouble eyeX, GLdouble eyeY, GLdouble eyeZ,
               GLdouble centerX, GLdouble centerY, GLdouble centerZ,
               GLdouble upX, GLdouble upY, GLdouble upZ);
void gluPerspective( GLdouble fovy, GLdouble aspect,
                    GLdouble zNear, GLdouble zFar);

```

**1. [1.5v]** Na arquitectura das Unidades Gráficas Vectoriais existe:

(escolha múltipla: indique a opção correcta na página de respostas)

- A:** Memória de Ecrã;
- B:** Memória do Processador Gráfico;
- C:** Memória de refrescamento;
- D:** Unidade de Processamento Gráfico;
- E:** Nenhuma das anteriores.

**Resposta correcta: C****2. [1.5v]** Considere o seguinte programa em OpenGL.

```
01:  int main(int argc, char *argv[]) {
02:      glutInit(&argc, argv);
03:      glutInitDisplayMode(GLUT_SINGLE | GLUT_RGB);
04:      glutInitWindowSize (400, 400);
05:      glutInitWindowPosition (-1, -1);
06:      glutDisplayFunc(myDisplay);
07:      glutReshapeFunc(myReshape);
08:      glutMainLoop();
09:      return 0; }
```

Qual a função glut que está em falta?

**glutCreateWindow****3. [2.0v]** Considere o seguinte programa em OpenGL.

```
1:  void myDisplay(void) {
2:      glColor3f(0.0f, 0.0f, 0.0f);
3:      glClearColor(1.0f, 1.0f, 1.0f, 0.0f);
4:      glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
5:      glBegin(GL_POLYGON);
6:          glVertex3f(-1.0, -1.0f, A);
7:          glVertex3f(B, -1.0f, 0.5f);
8:          glVertex3f(1.0f, 1.0f, 0.5f);
9:          glVertex3f(-1.0f, 1.0f, C);
10:      glEnd();
11:      glFlush();
12:  }
```

**a) [1.5v]** O que faz a linha de código número 4?

(escolha múltipla: indique a opção correcta na página de respostas)

- A:** Limpa o buffer com a cor GL\_COLOR\_BUFFER\_BIT;
- B:** Inicializa todo o buffer com a cor preta;

- C:** Inicializa todo o buffer com a cor branca;  
**D:** Define qual a cor que será usada para desenho;  
**E:** Nenhuma das anteriores.

Resposta correcta: C

- b) [0.5v] Indique os valores de A, B e C de forma a que o código acima desenhe um quadrado.

Resposta: A = 0.5f B=1.0f C=0.5f

4. [2.5v] Considere as seguintes transformações em 2D:

T<sub>1</sub>: Rotação de 60° em torno do ponto 2,2

T<sub>2</sub>: Factor de escala com relação de aspecto de 2:1 segundo Y

- a) [1.5v] Escreva as respectivas matrizes M<sub>1</sub> e M<sub>2</sub>

Resposta: M<sub>1</sub> vai ser o produto de três transformações

$$\begin{aligned}
 M_1 &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos 60 & -\sin 60 & 0 \\ \sin 60 & \cos 60 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -2 \\ 0 & 1 & -2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1/2 & -\sqrt{3}/2 & 0 \\ \sqrt{3}/2 & 1/2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -2 \\ 0 & 1 & -2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1/2 & -\sqrt{3}/2 & -1+\sqrt{3} \\ \sqrt{3}/2 & 1/2 & -\sqrt{3}-1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 1/2 & -\sqrt{3}/2 & 1+\sqrt{3} \\ \sqrt{3}/2 & 1/2 & 1-\sqrt{3} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_2 &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & M_3 = M_2 M_1 &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1/2 & -\sqrt{3}/2 & 1+\sqrt{3} \\ \sqrt{3}/2 & 1/2 & 1-\sqrt{3} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \\
 &\begin{bmatrix} 1/2 & -\sqrt{3}/2 & 1+\sqrt{3} \\ \sqrt{3} & 1 & 2-2\sqrt{3} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

$$M'_2 = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} M'_3 = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1/2 & -\sqrt{3}/2 & 1+\sqrt{3} \\ \sqrt{3}/2 & 1/2 & 1-\sqrt{3} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\sqrt{3} & 2+2\sqrt{3} \\ \sqrt{3}/2 & 1/2 & 1-\sqrt{3} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- b) [1.0v] Qual o resultado da transformação T<sub>1</sub> composta com T<sub>2</sub> (T<sub>2</sub> após T<sub>1</sub>) aplicada ao ponto P = (1, 1)?

$$P' = M_3 \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} 1/2 & -\sqrt{3}/2 & 1 + \sqrt{3} \\ \sqrt{3} & 1 & 2 - 2\sqrt{3} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (3 + \sqrt{3})/2 \\ 3 - \sqrt{3} \\ 1 \end{bmatrix} \text{ ou também}$$

$$P'' = M'_3 \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} 1 & -\sqrt{3} & 2 + 2\sqrt{3} \\ \sqrt{3}/2 & 1/2 & 1 - \sqrt{3} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 + \sqrt{3} \\ (3 - \sqrt{3})/2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

5. [2.5v] Considere a seguinte chamada a função

```
gluLookAt(0.0, 0.0, 0.0, -1.0, 1.0, -1.0, 0.0, 0.0, 1.0);
```

```
void gluLookAt(eyeX, eyeY, eyeZ, centerX, centerY, centerZ, upX, upY, upZ);
```

a) [1.0v] Escreva os vectores VPN e VUV correspondentes

$$VRP = [eye_x \ eye_y \ eye_z] = [0 \ 0 \ 0]$$

$$VPN = [center_x - eye_x \ center_y - eye_y \ center_z - eye_z] = [-1 \ 1 \ -1]$$

$$VUV' = [up_x \ up_y \ up_z] = [0 \ 0 \ 1]$$

$$\begin{aligned} VUV &= VUV' - VPN(VPN \cdot VUV') \\ &= [0 \ 0 \ 1] - [-1 \ 1 \ -1] * ([-1 \ 1 \ -1] \cdot [0 \ 0 \ 1]) \\ &= [0 \ 0 \ 1] - [-1 \ 1 \ -1] * -1 = [-1 \ 1 \ 0] \end{aligned}$$

b) [0.5v] Descreva qual o valor da matriz CTM após a execução do seguinte código:

```
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
glLoadIdentity();
glScalef(3.0f, 2.0f, 1.5f);
```

Resposta:

$$CTM = \begin{bmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

c) [1.0v] Escreva a sequência de código C++/OpenGL que permite rodar um objecto por 60° em torno do vector [0.0, -1.0, -1.0]<sup>T</sup> mantendo inalterado o ponto de coordenadas [5.0, 6.0, 7.0]<sup>T</sup>.

Resposta:

```
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
```

```
glLoadIdentity();
glTranslatef(5.0f, 6.0f, 7.0f);
glRotatef(60.0f, 0.0, -1.0f, -1.0f);
glTranslatef(-5.0f, -6.0f, -7.0f);
```

6. [2.5v] Considere uma cena tridimensional constituída por um cubo de lado 3, centrado na origem, e por uma esfera de raio 1 com o centro nas coordenadas  $x=0$ ,  $y=0$ ,  $z=2$ . Indique qual dos seguintes volumes de visualização ortogonal permitem visualizar a cena completa, isto é, sem elementos recortados.

(escolha múltipla: indique a opção correcta abaixo)

- A:  $left=-1, right=1, bottom=-1, top=1, near=-1, far=1$ ;
- B:  $left=-2, right=2, bottom=-2, top=2, near=-2, far=2$ ;
- C:  $left=-2, right=2, bottom=-2, top=2, near=-2, far=4$ ;
- D:  $left=1, right=1, bottom=-1, top=1, near=-1, far=1$ ;
- E: Nenhuma das anteriores.

$Xmin=-1,5$   $xmax=1,5$   $ymin=-1,5$   $ymax=1,5$   $zmin=-1,5$   $zmax= 3$

Resposta correcta: C

7. [2.5v] Considere o código abaixo:

```
01:  glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
02:  glLoadIdentity();
03:  glMatrixMode(GL_PROJECTION);
04:  glLoadIdentity();
05:  glOrtho(-2.0f, 2.0f, 0.0f, 2.0f, -1.0f, 1.0f);
06:  glBegin(GL_POINTS);
07:  glVertex3f(1.0f, 0.5f, 0.5f); // ponto A
09:  glVertex3f(1.5f, 1.5f, 0.0f); // ponto B
10:  glVertex3f(-1.5f, 0.5f, 0.0f); // ponto C
11:  glVertex3f(1.5f, -1.5f, 0.0f); // ponto D
12:  glEnd();
```

- a) [1.0v] Indique que pontos se encontram dentro do volume de visualização.

Pontos A, B e C

- b) [1.5v] Calcule o conteúdo da matriz de projecção após a execução integral do código acima.

$$M_{\text{Projection}} = \begin{bmatrix} 1/2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



8. [2.5v] Considere uma janela de visualização com largura  $L=2$  ( $w=1.0f$ ) e altura  $A=4$  ( $h=2.0f$ ).

- a) [1.5v] Qual das seguintes projecções de perspectiva é a correcta assumindo que os planos de recorte anterior e de visualização estão ambos a uma distância  $F = D = 2.0f$ .

(escolha múltipla: indique a opção correcta na página de respostas)

A: gluPerspective(45.0f, 2.0f, 2.0f, 12.0f)

B: gluPerspective(45.0f, 1.0f, 4.0f, 14.0f)

C: gluPerspective(90.0f, 0.5f, 2.0f, 14.0f)

D: gluPerspective(90.0f, 0.5f, 4.0f, 12.0f)

E: Nenhuma das anteriores

Resposta correcta: C

- b) [1.0v] Calcule a matriz de projecção se, para a janela de visualização indicada, se considerarem os seguintes parâmetros:

$$FoV_y = 90.0f$$

$$F = 2.0f$$

$$B = 4.0f$$

Resultado:

$$M_{proj} = \begin{bmatrix} \cot \frac{FoV_y}{2} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{aspect} & \cot \frac{FoV_y}{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{n+f}{n-f} & \frac{2 * n * f}{n-f} \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$M_{proj} = \begin{bmatrix} \cot 45 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{1/2} & \cot 45 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{2+4}{2-4} & \frac{2 * 2 * 4}{2-4} \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$M_{proj} = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -3 & -8 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$