

Computer Graphics (in2905_I)
29 juni 2007, 14.00 - 17.00 uur.

N.B.: Dit tentamen bestaat uit 30 opgaven
Totaal aantal bladzijden: 11

Aanwijzingen bij het invullen van de antwoordformulieren:

- Vul het antwoordformulier bij voorkeur in met **pen** (beslist **geen rode pen** gebruiken en **geen doorhalingen**). Met **potlood** invullen mag ook, maar niet te licht (gummen mag).
 - Vergeet niet je **naam**, **studierichting** en **studienummer** in te vullen.
 - Vul je **studienummer zowel in cijfers als ook met streepjes** in (controleer goed).
-

Opgave 1

Wat kan een reden zijn om te kiezen voor een lijnafbeelding van een 3D model met parallelprojectie in plaats van perspectiefprojectie?

- Bij een parallelprojectie worden alle lijnen die in het model loodrecht op elkaar staan ook loodrecht op elkaar afgebeeld in tegenstelling tot een perspectiefprojectie.
- Bij een parallelprojectie worden alle lijnen die in het model evenwijdig zijn ook evenwijdig afgebeeld in tegenstelling tot een perspectiefprojectie.
- Bij een parallelprojectie worden alle lijnen door het oogpunt evenwijdig afgebeeld.
- Bij een parallelprojectie worden alle lijnen afgebeeld met behoud van hun werkelijke verhouding in lengte.

Opgave 2

Beschouw het volgende programmafragment met aanroepen van OpenGL functies:

```
glBegin (GL_TRIANGLES);  
    for (i=0; i<9; i++)  
        glVertex2iv (points[i]);    /* negen punten */  
glEnd ();
```

Uit hoeveel driehoeken bestaat deze verzameling polygons?

- 3
- 6
- 7
- 9

Opgave 3

Iemand implementeert het DDA algoritme voor het afbeelden van lijnen op de volgende manier:

```
#define ROUND(a) ((int) (a+0.5))

void lineDDA (int xa, int ya, int xb, int yb)
{
    int dx = xb - xa, dy = yb - ya, steps, k;
    float xIncrement, yIncrement, x = xa, y = ya;

    steps = abs (dx);
    xIncrement = dx / (float) steps;
    yIncrement = dy / (float) steps;

    glBegin (GL_POINTS);
    glVertex2i (ROUND(x), ROUND(y));
    glEnd ();
    for (k=0; k<steps; k++) {
        x += xIncrement;
        y += yIncrement;
        glBegin (GL_POINTS);
        glVertex2i (ROUND(x), ROUND(y));
        glEnd ();
    }
}
```

Gegeven zijn de volgende aanroepen van lineDDA:

- (i) lineDDA(10, 10, 50, 200)
- (ii) lineDDA(10, 10, 200, 50)
- (iii) lineDDA(200, 10, 10, 50)

Bij welke van deze aanroepen van lineDDA wordt het lijnstuk op de juiste positie en zonder gaten afgebeeld?

- a. alleen bij aanroep (i)
- b. alleen bij aanroep (ii)
- c. alleen bij aanroep (i) en (ii)
- d. alleen bij aanroep (ii) en (iii)

Opgave 4

Bij welk van de volgende hidden surface removal algoritmen kan niet vooraf backface removal worden uitgevoerd, omdat de achtervlakken bij de berekening van de zichtbare vlakken gebruikt worden?

- a. bij het z-buffer algoritme
- b. bij het diepte-sorterings algoritme
- c. bij het scanline algoritme
- d. bij elk van deze drie algoritmen kan vooraf backface removal worden toegepast

Opgave 5

De window to viewport transformatie beeldt een window af op een viewport.
Beschouw de volgende twee vragen over de window to viewport transformatie:

- (I) Welk type coördinaten wordt gebruikt voor de specificatie van een window?
- (II) Welk type coördinaten wordt gebruikt voor de specificatie van een viewport?

Welk van de volgende antwoorden is juist?

- | | (I) | (II) |
|----|--------------------|--------------------|
| a. | wereld coördinaten | wereld coördinaten |
| b. | wereld coördinaten | scherm coördinaten |
| c. | scherm coördinaten | wereld coördinaten |
| d. | scherm coördinaten | scherm coördinaten |

Opgave 6

$$M = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Wat voor transformatie representeert de matrix M ?

- a. schaling
- b. rotatie
- c. shear
- d. spiegeling

Opgave 7

Wat maakt geen deel uit van de *measure* bij het optreden van een mouse event in OpenGL?

- a. een indicatie welke muisknop wordt gebruikt
- b. een indicatie of de muisknop is ingedrukt of losgelaten
- c. een indicatie of de muis cursor zich in het display window van de applicatie bevindt
- d. de x- en y-coördinaat van de positie van de muiscursor

Opgave 8

Hoeveel polygons worden verwijderd door back face removal (back face culling) toe te passen voorafgaand aan de hidden surface removal?

- a. De helft van de polygons waaruit het model bestaat.
- b. Altijd meer dan de helft van de polygons waaruit het model bestaat.
- c. Altijd minder dan de helft van de polygons waaruit het model bestaat.
- d. Soms meer en soms minder dan de helft van de polygons waaruit het model bestaat.

Opgave 9

Gegeven is dat **a** en **b** twee loodrecht op elkaar staande eenheidsvectoren zijn die gedefinieerd zijn in een rechtshandig orthonormaal coördinatenstelsel. Het uitwendig product van **a** en **b** is **a x b**. Beschouw de volgende uitspraken

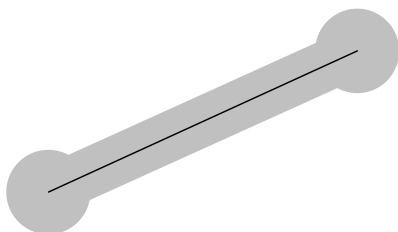
- (I) **a x b** is een eenheidsvector die loodrecht op **a** en **b** staat.
- (II) **a**, **b** en **a x b** vormen een linkshandig coördinatenstelsel.

Van deze uitspraken is

- | | (I) | (II) |
|----|---------|---------|
| a. | juist | juist |
| b. | juist | onjuist |
| c. | onjuist | juist |
| d. | onjuist | onjuist |

Opgave 10

In een tekenprogramma is de volgende techniek geïmplementeerd die nauwkeurig tekenen bevordert:



Als de gebruiker een positie selecteert binnen het haltervormige gebied om het lijnstuk, dan wordt het geselecteerde punt verplaatst naar het dichtstbijzijnde punt op het lijnstuk.

Deze techniek noemen we

- a. grid constraint
- b. gravitatieveld constraint
- c. rubber band techniek
- d. rubber line techniek

Opgave 11

Gegeven zijn de volgende matrices $M1$, $M2$ en $M3$:

$$M1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad M2 = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad M3 = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Hoeveel van bovenstaande transformatiematrices zijn geschikt voor de conversie van een rechtshandig coördinatenstelsel naar een linkshandig coördinatenstelsel?

- a. geen van allen
- b. 1
- c. 2
- d. 3

Opgave 12

Gegeven is dat de matrix $M = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & 1 \end{pmatrix}$ een perspective mapping representeert van ABCD

in textuuruimte naar $A'B'C'D'$ in schermruimte waarbij A op A' , B op B' , C op C' en D op D' wordt afgebeeld. In onderstaande tabel zijn de coördinaten van de acht hoekpunten gegeven:

	u	v		x	y
A	0	0	A'	150	200
B	1	0	B'	50	150
C	1	1	C'	0	0
D	0	1	D'	200	0

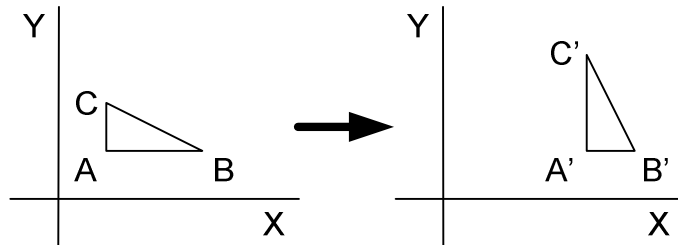
Wat is de waarde van element d in matrix M ?

- a. -200
- b. 0
- c. 150
- d. 200

Opgave 13

Gegeven zijn de punten A(1, 1), B(3, 1), C(1, 2), A'(3, 1), B'(4, 1) en C'(3, 3). De transformatie die A op A', B op B' en C op C' afbeeldt heeft transformatiematrix

$$M = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \text{ Wat is de waarde van } c?$$



- a. 1.0
- b. 1.5
- c. 2.0
- d. 2.5

Opgave 14

Gegeven zijn de punten A = (xA, yA) en B = (xB, yB). Laat dx = xB – xA en dy = yB – yA.

We willen de lijn AB met richtingscoëfficiënt tussen 0 en 1 scan converteren met het Bresenham algoritme. Het algoritme maakt gebruik van een beslissingsparameter (foutterm die we e zullen noemen) aan de hand waarvan bepaald wordt of als volgend pixel het pixel naast of schuin boven het voorgaande pixel gezet moet worden.

Als $e > 0$, wat is dan de juiste incrementering van de foutterm?

- a. $e += 2 * dx$
- b. $e += 2 * dy$
- c. $e += 2 * dy - dx$
- d. $e += 2 * dy - 2 * dx$

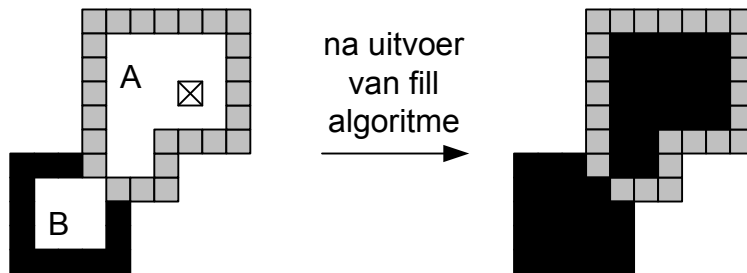
Opgave 15

Op een polygon wordt een textuur afgebeeld met de methode van lineaire interpolatie over zijden van het polygon gevolgd door lineaire interpolatie over de scanline. Op scan line $y = 200$ moet de span van $x = 100$ tot $x = 600$ worden afgebeeld. Op de linker spangrens op scanline $y = 200$ zijn de textuurcoördinaten (0.1, 0.4) en op de rechter spangrens (0.7, 0.9). Welke textuurcoördinaten worden gebruikt voor pixel (250, 200)?

- a. (0.28, 0.55)
- b. (0.28, 0.75)
- c. (0.52, 0.55)
- d. (0.52, 0.75)

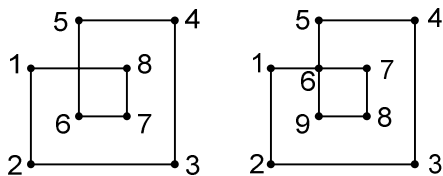
Opgave 16

In een frame buffer staan witte, grijze en zwarte pixels zoals in de linker figuur. De gebieden A en B bestaan beide geheel uit witte pixels. De rand van A is grijs, de rand van B is zwart. We willen de gebieden A en B (gedeelten binnen de grijze en de zwarte begrenzing) geheel vullen met de kleur zwart, zoals in de figuur rechts. We maken gebruik van een fill algoritme. Met welk algoritme worden de gebieden A en B correct gevuld door het algoritme 1 maal uit te voeren met als startpixel het witte pixel dat we in de figuur links hebben aangegeven met het kruis?



- met het 4 connected flood fill algoritme
- met het 8 connected flood fill algoritme
- met het 4 connected boundary fill algoritme
- met het 8 connected boundary fill algoritme

Opgave 17



Gegeven zijn de bovenstaande polygons. De nummering geeft de volgorde van de hoekpunten aan. Beschouw de onderstaande beweringen over deze twee polygons.

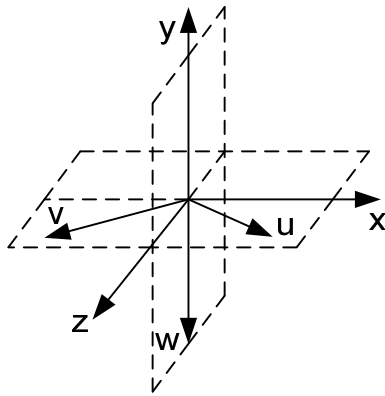
- Met de odd even regel worden de polygons op dezelfde manier ingekleurd.
- Met de non zero winding number regel worden de polygons op dezelfde manier ingekleurd.

Van deze beweringen is:

- | (I) | (II) |
|------------|---------|
| a. juist | juist |
| b. juist | onjuist |
| c. onjuist | juist |
| d. onjuist | onjuist |

Opgave 18

De assenstelsels xyz en uvw zijn beide rechtshandig. De u -as en de v -as liggen in het vlak dat wordt opgespannen door de x -as en de z -as. De u -as en de v -as maken een hoek van 45 graden met de x -as en de z -as, zoals in de figuur is te zien. De transformatie M transformeert punten uit het xyz -coördinatenstelsel naar het uvw -coördinatenstelsel. Wat is de juiste transformatiematrix M ?



a. $M = \begin{pmatrix} \frac{1}{2}\sqrt{2} & 0 & \frac{1}{2}\sqrt{2} & 0 \\ -\frac{1}{2}\sqrt{2} & 0 & \frac{1}{2}\sqrt{2} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

b. $M = \begin{pmatrix} \frac{1}{2}\sqrt{2} & 0 & \frac{1}{2}\sqrt{2} & 0 \\ -\frac{1}{2}\sqrt{2} & 0 & \frac{1}{2}\sqrt{2} & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

c. $M = \begin{pmatrix} \frac{1}{2}\sqrt{2} & 0 & -\frac{1}{2}\sqrt{2} & 0 \\ \frac{1}{2}\sqrt{2} & 0 & \frac{1}{2}\sqrt{2} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

d. $M = \begin{pmatrix} \frac{1}{2}\sqrt{2} & 0 & -\frac{1}{2}\sqrt{2} & 0 \\ \frac{1}{2}\sqrt{2} & 0 & \frac{1}{2}\sqrt{2} & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

Opgave 19

Een window wordt afgebeeld op een viewport. De matrix voor de window to viewport

transformatie is $\begin{pmatrix} 50 & 0 & 500 \\ 0 & 25 & -100 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$. Het linkerbenedenhoekpunt van het viewport is het punt

(200, 300). Wat zijn de coördinaten van het linkerbenedenhoekpunt van het window?

- a. (-6, 16)
- b. (-6, 8)
- c. (-10, 16)
- d. (-10, 8)

Opgave 20

Welke stap in de 3D viewing pipeline maakt geen gebruik van de z-coördinaat in een 3D coördinatenstelsel?

- a. hidden surface removal
- b. shading
- c. scan conversie
- d. clipping

Opgave 21

Welk probleem in een afbeelding op een computerbeeldscherm wordt niet veroorzaakt door aliasing?

- a. gekartelde randen van polygons
- b. Moiré patronen op polygons met textuur
- c. lagere intensiteit van diagonale lijnen dan van horizontale en verticale lijnen
- d. zichtbaar zijn van een polygon dat achter een ander polygon verborgen hoort te zijn

Opgave 22

Gegeven is het volgende

- $S_{3,1}$ is een schaling met schalingsfactoren 3 in de x-richting en 1 in de y-richting
- $T_{a,b}$ is een translatie over de vector $\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$
- Het maakt niet uit in welke volgorde de schaling en de translatie worden uitgevoerd, d.w.z. $T_{a,b} \cdot S_{3,1} = S_{3,1} \cdot T_{a,b}$

Welke conclusie kun je hieruit trekken?

- a. $a = 0$ en $b = 3$
- b. $a = 0$ en b is willekeurig
- c. $a = 3$ en $b = 0$
- d. a is willekeurig en $b = 0$

Opgave 23

Bij ray tracing worden stralen door de ruimte gevolgd. De primaire stralen gaan door

- a. een hoekpunt van een polygon en een pixel.
- b. een hoekpunt van een polygon en het oogpunt.
- c. het oogpunt en een pixel.
- d. het oogpunt en een hoekpunt van het scherm.

Opgave 24

In het Liang en Barsky lijn clipping algoritme wordt een lijnstuk met eindpunten (x_1, y_1) en (x_2, y_2) geclipd tegen een window met windowgrenzen $x = x_{wmin}$, $x = x_{wmax}$, $y = y_{wmin}$ en $y = y_{wmax}$ door de parameterwaarde $u = \frac{q_k}{p_k}$ te berekenen van snijpunten van de lijn met de naar oneindig verlengde windowgrenzen. Voor $k = 1$ hebben we te maken met de linker windowgrens, voor $k = 2$ met de rechter grens, voor $k = 3$ met de ondergrens en voor $k = 4$ met de bovengrens. Wat zijn de juiste waarden voor q_2 en p_2 ?

- a. $q_2 = x_2 - x_1$ en $p_2 = x_{wmax} - x_{wmin}$
- b. $q_2 = x_{wmax} - x_{wmin}$ en $p_2 = x_2 - x_1$
- c. $q_2 = x_2 - x_1$ en $p_2 = x_{xwmax} - x_1$
- d. $q_2 = x_{wmax} - x_1$ en $p_2 = x_2 - x_1$

Opgave 25

Een lichtreflectiemodel maakt gebruik van 3 componenten (een ambient component, een diffuse reflectie component en een spiegellende reflectie component) om de hoeveelheid licht te berekenen die vanaf een zichtbaar punt op een objectoppervlak het oog van de waarnemer bereikt. Welke componenten in dit lichtmodel zijn afhankelijk van de richting van de normaalvector op het oppervlak?

- a. alleen de diffuse reflectie component
- b. alleen de spiegellende reflectie component
- c. alleen de diffuse reflectie component en de spiegellende reflectie component
- d. alledrie de componenten

Opgave 26

Wat is de afstand van het vlak $3x + 4z - 5 = 0$ tot het punt $(2, -1, 2)$?

- a. 0.6
- b. 0.9
- c. 1.8
- d. 3.0

Opgave 27

Welke OpenGL functie definieert geen window voor de window to viewport transformatie?

- a. `gluPerspective`
- b. `glOrtho`
- c. `glFrustum`
- d. `gluLookAt`

Opgave 28

Welk vlak staat loodrecht op het vlak $x - 2y + z - 3 = 0$?

- a. $3x + 2y + z + 5 = 0$
- b. $3x - 2y - 4z + 2 = 0$
- c. $2x - y + z + 4 = 0$
- d. $2x + y - 4z + 3 = 0$

Opgave 29

Een model van een 3D scène bevat vier polygons waarvoor pixel (200, 400) binnen de projectie ligt van het polygon op het projectievlak. De vlakvergelijkingen van de vier polygons (in 3D schermcoördinaten) zijn:

polygon 1: $3x + y + 2z - 10 = 0$

polygon 2: $x + 2y + 3z - 4 = 0$

polygon 3: $2x - y + 2z + 10 = 0$

polygon 4: $4x - 2y + 3z + 27 = 0$

Van de scène wordt een afbeelding met ingekleurde vlakken gemaakt met een parallelprojectie. De waarnemer bevindt zich in de oorsprong en kijkt langs de negatieve z-as, dus van (0, 0, 0) richting (0, 0, -1). Welk polygon is zichtbaar in het pixel (200, 400)?

- a. polygon 1
- b. polygon 2
- c. polygon 3
- d. polygon 4

Opgave 30

Welke component in het lichtreflectiemodel en welke shading methode leveren de grootste bijdrage aan highlights van hoge kwaliteit op objectoppervlakken?

- a. de diffuse reflectiecomponent en de methode van Phong shading
- b. de diffuse reflectiecomponent en de methode van Gouraud shading
- c. de spiegelende reflectiecomponent en de methode van Phong shading
- d. de spiegelende reflectiecomponent en de methode van Gouraud shading

einde tentamenopgaven