

## **IN2905-I Computer Graphics**

18 juni 2008, 14.00 - 17.00 uur.

Dit is een tentamen met 30 meerkeuzevragen  
Het aantal juiste antwoorden per vraag is: 1  
Totaal aantal pagina's: 11

Aantal juiste antwoorden voor een voldoende: 19

Het gebruik van informatiebronnen is niet toegestaan  
Het gebruik van een rekenmachine is toegestaan

---

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** en **studienummer** in te vullen.
  - Vul je **studienummer** zowel in cijfers als ook met streepjes in (controleer goed).
-

### Opgave 1

Uit hoeveel polygons bestaat in OpenGL een *triangle strip* die is gedefinieerd door  $n$  punten?

- a.  $n / 3$
- b.  $n - 2$
- c.  $n - 1$
- d.  $n$

### Opgave 2

Een afbeelding gemaakt met Gouraud-shading ziet er minder goed uit dan een afbeelding gemaakt met Phong-shading. Waarom?

- a. Bij Gouraud-shading wordt de lichtbron minder goed benaderd
- b. Bij Gouraud-shading wordt de kleurwaarde (in plaats van de normaal) geïnterpoleerd
- c. Bij Gouraud-shading wordt geen spiegelende reflectie bepaald
- d. Bij Gouraud-shading wordt geen rekening gehouden met de ambient-term

### Opgave 3

Als men een plaatje van een 3D scene specificeert, wordt wel eens de analogie met een camera gebruikt. Hoe bereikt men vergroting van de beeldhoek?

- a. door het center of projection dichterbij het beeldvlak (viewing window) te plaatsen
- b. door het near en far plane van het projectiecentrum (COP) af te verplaatsen
- c. door het draaien van de view up vector (VUV)
- d. door het beeldvlak en het COP verder van de scene weg te zetten

### Opgave 4

Beschouw de volgende beweringen over de keuze tussen een  $3 \times 3$  transformatiematrix en een  $4 \times 4$  homogene coördinaten matrix voor de representatie van 3D transformaties:

- (I) Homogene coördinaten zijn noodzakelijk om een perspectief transformatie te representeren
- (II) Homogene coördinaten zijn noodzakelijk om een shear transformatie te representeren

Van deze beweringen is:

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

**Opgave 5**

S en R zijn matrices voor een schaling en een rotatie met respectievelijk  $s_x$  en  $s_y$  als schalingsfactoren en  $\alpha$  als rotatiehoek (in graden). Wat is de voorwaarde (noodzakelijk en voldoende) voor de parameters  $s_x$ ,  $s_y$  en  $\alpha$  opdat

$$S \cdot R = R \cdot S$$

- a.  $\alpha$  is een veelvoud van  $180^\circ$
- b.  $s_x = s_y$
- c.  $\alpha$  is een veelvoud van  $180^\circ$  **en**  $s_x = s_y$
- d.  $\alpha$  is een veelvoud van  $180^\circ$  **of**  $s_x = s_y$

**Opgave 6**

Gegeven zijn de volgende vectoren:

**L** is de eenheidsvector vanaf een oppervlak naar de lichtbron.

**V** is de eenheidsvector vanaf een oppervlak naar de waarnemer

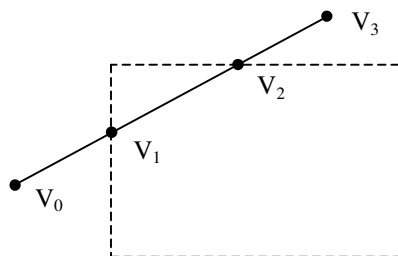
**N** is de eenheidsnormaalvector op een oppervlak

Welke vectoren zijn nodig bij back face culling (back face removal)?

- a. alleen **L** en **V**
- b. alleen **L** en **N**
- c. alleen **N** en **V**
- d. **N**, **L** en **V**

**Opgave 7**

De onderstaande figuur toont een window (met streepjeslijnen) waartegen een polygon wordt geclippt. Van het polygon is één zijde  $V_0V_3$  afgebeeld. Er wordt geclippt met het Sutherland Hodgman polygon clipping algoritme. De volgorde van clippen tegen de windowgrenzen is links, rechts, onder, boven.



Welke punten worden in het uitvoerpolygon opgenomen tijdens het clippen *tegen de linker windowgrens*?

- a.  $V_1$ ,  $V_2$  en  $V_3$
- b. alleen  $V_1$  en  $V_2$
- c. alleen  $V_1$  en  $V_3$
- d. alleen  $V_1$

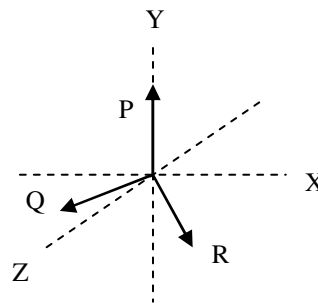
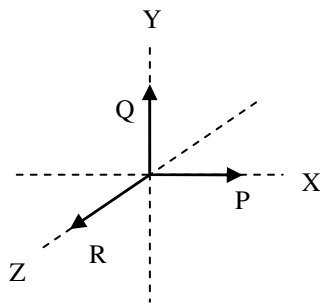
### Opgave 8

Het z-buffer algoritme is een hidden surface removal algoritme. Bij dit algoritme moet vele malen bij een pixel  $(x, y)$  de z-coördinaat van een punt in een polygon met vlakvergelijking  $ax+by+cz+d=0$  berekend worden. Voor onder elkaar liggende pixels  $(x, y)$  en  $(x, y-1)$  kan dit met een incrementele berekening:  $z(x, y-1) = z(x, y) + \text{inc}$ . Hierbij betekent  $z(x, y)$  de diepte (dus z-coördinaat) van het polygon voor pixel  $(x, y)$ . Wat is de juiste increment  $\text{inc}$  waarmee uit de diepte  $z(x, y)$  voor pixel  $(x, y)$  de diepte  $z(x, y-1)$  voor pixel  $(x, y-1)$  berekend kan worden?

- a.  $\text{inc} = -a / c$
- b.  $\text{inc} = -a / b$
- c.  $\text{inc} = -b / c$
- d.  $\text{inc} = b / c$

### Opgave 9

In de onderstaande afbeeldingen met een rechtshandig coördinatenstelsel XYZ zijn de hoeken tussen de vectoren P, Q en R 90 graden (zowel links als rechts). In de rechter afbeelding maakt Q een hoek van 45 graden met de negatieve X-as.



Object PQR in de linker afbeelding wordt door een transformatie afgebeeld op PQR in de rechter afbeelding. Wat is de juiste matrix voor deze transformatie?

a. 
$$\begin{pmatrix} 0 & 1/2\sqrt{2} & -1/2\sqrt{2} & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/2\sqrt{2} & 1/2\sqrt{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

b. 
$$\begin{pmatrix} 0 & -1/2\sqrt{2} & 1/2\sqrt{2} & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/2\sqrt{2} & 1/2\sqrt{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

c. 
$$\begin{pmatrix} 0 & 1/2\sqrt{2} & 1/2\sqrt{2} & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/2\sqrt{2} & -1/2\sqrt{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

d. 
$$\begin{pmatrix} 0 & 1/2\sqrt{2} & 1/2\sqrt{2} & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1/2\sqrt{2} & 1/2\sqrt{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

**Opgave 10**

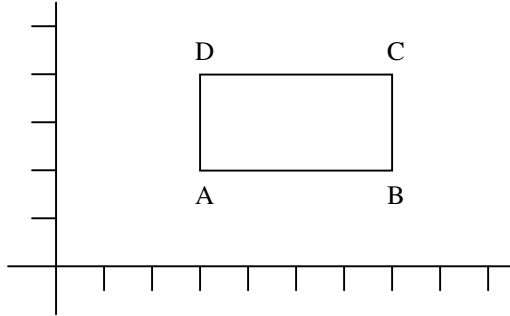
We gebruiken de volgende notatiewijze voor 2D transformaties:

$T_{(a,b)}$  is een translatie over de vector  $(a, b)$ .

$R_{O,\alpha}$  is een rotatie om de oorsprong over  $\alpha$  graden.

$S_{(sx,sy)}$  is een schaling t.o.v. de oorsprong met schalingsfactoren  $s_x$  en  $s_y$ .

Rechthoek ABCD uit onderstaande figuur kan op verschillende manieren (door een combinatie van spiegeling, rotatie, translatie en schaling) op zichzelf worden afgebeeld.



Welke samengestelde transformatie beeldt ABCD af op BCDA, d.w.z. A wordt op B afgebeeld, B op C, C op D en D op A?

- $T_{(5,3)} \cdot R_{O,90} \cdot S_{(0.5,2,0)} \cdot T_{(-5,-3)}$
- $T_{(5,0)} \cdot S_{(-1,1)} \cdot T_{(-5,0)}$
- $T_{(0,3)} \cdot S_{(1,-1)} \cdot T_{(0,-3)}$
- $T_{(5,3)} \cdot R_{O,180} \cdot T_{(-5,-3)}$

**Opgave 11**

De onderstaande matrix  $M$  representeert een viewing transformatie, d.w.z. een transformatie die punten uit een orthonormaal rechtshandig wereldcoördinatenstelsel afbeeldt op punten in een orthonormaal rechtshandig viewingcoördinatenstelsel.

$$M = \begin{pmatrix} a & b & c & 0 \\ d & e & f & 0 \\ g & h & i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Beschouw de beweringen:

$$(I) \quad \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} d \\ e \\ f \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g \\ h \\ i \end{pmatrix} \text{ geldt altijd}$$

$$\text{en (II)} \quad \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} \bullet \begin{pmatrix} d \\ e \\ f \end{pmatrix} = 0 \text{ geldt altijd}$$

waarin  $\bullet$  staat voor inwendig product (dot product) en  $\times$  voor uitwendig product (cross product). Welke van de beweringen (I) en (II) zijn juist?

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

**Opgave 12**

Voor de scan conversie van een lijn met een richtingscoëfficiënt tussen 0 en 1 gebruiken we het algoritme van Bresenham. Bij dit algoritme wordt aan de hand van de term  $e$  bepaald of als volgend pixel het pixel naast of schuin boven het voorgaande pixel 'gezet' moet worden. Vervolgens wordt de term  $e$  aangepast zodat in de volgende kolom van pixels op dezelfde manier kan worden gewerkt (met de nieuwe waarde voor de term  $e$ ).

Als in het algoritme wordt beslist om het pixel schuin boven het voorgaande pixel te 'zetten', wat is dan de waarde die bij de term  $e$  opgeteld moet worden?

- a.  $2 * dx$
- b.  $2 * dy$
- c.  $2 * dy - dx$
- d.  $2 * dy - 2 * dx$

**Opgave 13**

Een scan line algoritme voor de scan conversie van een polygon voert in een initialisatiestap een bucket sort op de zijden van het polygon uit. Waarvoor dient deze bucket sort?

- a. De buckets geven aan welke zijden in de actieve zijdenlijst moeten worden opgenomen bij overgang naar een volgende scan line.
- b. De buckets geven aan welke zijden uit de actieve zijdenlijst moeten worden verwijderd bij overgang naar de volgende scan line.
- c. De buckets geven aan welke zijde van het polygon we als volgende tegenkomen als we een maal tegen de wijzers van de klok in de zijden van het polygon aflopen.
- d. De buckets geven aan welke zijden de spangrenzen vormen van de spans die op een bepaalde scan line moeten worden ingekleurd.

**Opgave 14**

Een vierkante textuur wordt gemapt op een willekeurige convexe vierhoek in de schermruimte. Pixel  $P = (x, y)$  en pixel  $Q = (x+1, y)$  liggen naast elkaar.

Bij welke methode(n) van texture mapping kunnen de textuurcoördinaten  $(u_Q, v_Q)$  voor pixel Q worden berekend uit de textuurcoördinaten  $(u_P, v_P)$  voor pixel P d.m.v.  $u_Q = u_P + du$  en  $v_Q = v_P + dv$ , waarbij de incrementen  $du$  en  $dv$  gelijk blijven op de gehele scan line?

- a. Bij bi-lineaire mapping en bij perspective mapping
- b. Alleen bij bi-lineaire mapping
- c. Alleen bij perspective mapping
- d. Niet bij bi-lineaire mapping en ook niet bij perspective mapping

**Opgave 15**

Voor antialiasing bij texture mapping kunnen we een mip-map datastructuur van de textuur gebruiken. Als de grootte van de textuur  $m$  is, hoe groot is dan de complete mip-map?

- a.  $\frac{5}{4}m$
- b.  $\frac{4}{3}m$
- c.  $2m$
- d.  $4m$

**Opgave 16**

Een vierkante textuur ABCD wordt gemapt op een vierhoek A'B'C'D' in de schermruimte d.m.v. bi-lineaire mapping. De coördinaten van de hoekpunten van ABCD en A'B'C'D' zijn als volgt:

|                 |                 |                 |                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| A = (0, 0)      | B = (1, 0)      | C = (1, 1)      | D = (0, 1)      |
| A' = (800, 400) | B' = (200, 500) | C' = (100, 300) | D' = (300, 200) |

Op welk punt in de schermruimte wordt het textuurpunt (0.4, 0.2) afgebeeld?

- a. (484, 392)
- b. (484, 400)
- c. (492, 392)
- d. (492, 400)

**Opgave 17**

In een programma dat gebruik maakt van OpenGL komen de volgende regels code voor.

```
glutInitWindowPosition(x, y);  
en  
glViewport(x1, y1, x2, y2);
```

Het programma maakt gebruik van een coördinatensysteem van het window systeem, waarvoor de y-as naar beneden wijst. Ook wordt een OpenGL coördinatensysteem gebruikt, waarvoor de y-as naar boven wijst.

Welk van deze twee coördinatensystemen is gebruikt voor het punt (x, y) en welk coördinatensysteem voor de punten (x1, y1) en (x2, y2)?

- | (x, y)                     | (x1, y1) en (x2, y2)    |
|----------------------------|-------------------------|
| a. y-as wijst naar boven   | y-as wijst naar boven   |
| b. y-as wijst naar beneden | y-as wijst naar beneden |
| c. y-as wijst naar beneden | y-as wijst naar boven   |
| d. y-as wijst naar boven   | y-as wijst naar beneden |

**Opgave 18**

Een grafisch programma gebruikt een boom datastructuur die de functie heeft van een *scene graph*. Het programma toont een animatie van objecten in een 3D scène. Wat wordt gedaan met de scene graph om één frame van de animatie af te beelden?

- a. Er wordt vanuit de root van de scene graph afgedaald naar het blad dat het betreffende frame representeert.
- b. Alleen het blad of de interne knoop die het betreffende frame representeert wordt gebruikt.
- c. Vanuit de root van de scene graph wordt de gehele boom één keer afgelopen.
- d. Vanuit de root worden alleen alle paden die corresponderen met bewegende onderdelen van het model één maal afgelopen.

**Opgave 19**

Een 2D transformatie wordt gerepresenteerd door de matrix  $\begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ . Uit welke elementaire transformaties kan deze transformatie worden opgebouwd?

- a. een rotatie om de oorsprong over -90 graden gevolgd door een translatie over  $\begin{pmatrix} 2 \\ 0 \end{pmatrix}$ .
- b. een translatie over  $\begin{pmatrix} 2 \\ 0 \end{pmatrix}$  gevolgd door een rotatie om de oorsprong over -90 graden.
- c. een rotatie om de oorsprong over +90 graden gevolgd door een translatie over  $\begin{pmatrix} 2 \\ 0 \end{pmatrix}$ .
- d. een translatie over  $\begin{pmatrix} 2 \\ 0 \end{pmatrix}$  gevolgd door een rotatie om de oorsprong over +90 graden.

**Opgave 20**

Een window to viewport transformatie schaalt een window met afmetingen  $dx$  bij  $dy$  naar een viewport met afmetingen  $dx * sx$  bij  $dy * sy$ , d.w.z.  $sx$  en  $sy$  zijn de schaalfactoren van de window to viewport transformatie.

Het linkerbenedenhoekpunt van het window is  $(xwmin, ywmin)$ . Het linkerbenedenhoekpunt van het viewport is  $(xvmin, yvmin)$ .

De window to viewport transformatie bevat geen rotaties.

Gegeven is dat het lijnstuk  $AB$  in wereldcoördinaten door de window to viewport transformatie wordt afgebeeld op  $A'B'$ , zodanig dat  $A'$  het beeld van  $A$  is en  $B'$  het beeld van  $B$ . Hierbij is  $A = (3, -4)$ ,  $B = (9, 6)$ ,  $A' = (250, 100)$  en  $B' = (550, 600)$ .

Welke van de parameters  $sx$ ,  $sy$ ,  $xwmin$ ,  $ywmin$ ,  $xvmin$ ,  $yvmin$  kunnen worden berekend uit het gegeven dat  $AB$  op  $A'B'$  wordt afgebeeld?

- a.  $sx$ ,  $sy$ ,  $xwmin$ ,  $ywmin$ ,  $xvmin$  en  $yvmin$
- b. alleen  $sx$  en  $sy$
- c. alleen  $xwmin$ ,  $ywmin$ ,  $xvmin$  en  $yvmin$
- d. geen enkele van de parameters  $sx$ ,  $sy$ ,  $xwmin$ ,  $ywmin$ ,  $xvmin$  en  $yvmin$

**Opgave 21**

Welke stap uit de 3D viewing pipeline wordt het eerste uitgevoerd?

- a. hidden surface removal
- b. clipping
- c. viewing transformatie
- d. perspectief projectie

### Opgave 22

Het vlak met vlakvergelijking  $3x - 2y + z - 5 = 0$  verdeelt de 3D ruimte in twee halfruimten (aan één kant van het vlak en aan de andere kant van het vlak). Welk punt ligt in dezelfde halfruimte als het punt  $(0, 0, 0)$ ?

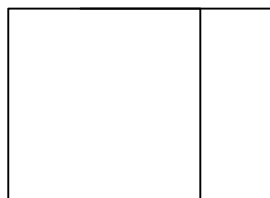
- a.  $(-3, -4, 7)$
- b.  $(0, -5, -3)$
- c.  $(2, 2, 4)$
- d.  $(3, -1, -8)$

### Opgave 23

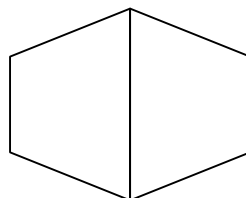
Gegeven zijn twee vectoren **a** en **b**. De hoek tussen de vectoren **a** en **b** is  $\alpha$ . Welke uitspraak over een uitwendig product (cross product) **a** x **b** is correct?

- a. De lengte van het uitwendig product is gelijk aan  $|\mathbf{a}| |\mathbf{b}|$
- b. De lengte van het uitwendig product is gelijk aan  $|\mathbf{a}| |\mathbf{b}| \sin \alpha$ .
- c. De lengte van het uitwendig product is gelijk aan  $|\mathbf{a}| |\mathbf{b}| \cos \alpha$ .
- d. De lengte van het uitwendig product is gelijk aan de lengte van **a** maal de lengte van de (loodrechte) projectie van **b** op **a**.

### Opgave 24



kubus 1



kubus 2

De bovenstaande hidden line removal afbeeldingen stellen beiden een kubus voor. Kubus 1 is afgebeeld als een vierkant en een rechthoek. Kubus twee is afgebeeld als een vierhoek en de in een verticale lijn gespiegelde vierhoek. Wat voor soorten projecties zijn dit?

- | kubus 1                     | kubus 2                |
|-----------------------------|------------------------|
| a. orthografische projectie | isometrische projectie |
| b. orthografische projectie | perspectief projectie  |
| c. scheve projectie         | isometrische projectie |
| d. scheve projectie         | perspectief projectie  |

**Opgave 25**

Het Cohen en Sutherland lijn clipping algoritme maakt bij het clippen van een lijnstuk AB gebruik van 4-bits codes codeA en codeB voor de beide eindpunten. Gegeven is dat codeA = 1010 en codeB = 0101. Wat kan worden opgemerkt over het clippen van lijnstuk AB?

- a. Na clippen blijft lijnstuk AB over (dus er wordt niets verwijderd)
- b. Na clippen blijft een korter lijnstuk over
- c. Na clippen blijft niets over (dus AB wordt geheel verwijderd)
- d. Na clippen kan een korter lijnstuk overblijven, maar er kan ook niets overblijven.

**Opgave 26**

De matrix  $\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$  representeert een spiegeling in een vlak. In welk vlak wordt gespiegeld?

- a. in het vlak  $x + y + 1 = 0$
- b. in het vlak  $x + y - 1 = 0$
- c. in het vlak  $x - y + 1 = 0$
- d. in het vlak  $x - y - 1 = 0$

**Opgave 27**

Op een 2D object worden modeling transformaties uitgevoerd, die bestaan uit een combinatie van translaties, rotaties en schalingen. Door het uitvoeren van de modeling transformaties wordt punt A afgebeeld op A', B op B' en C op C'.

De coördinaten van de punten A, B, C, A', B' en C' zijn als volgt:

|               |                 |
|---------------|-----------------|
| $A = (-2, 1)$ | $A' = (12, 0)$  |
| $B = (-1, 1)$ | $B' = (12, -2)$ |
| $C = (-1, 5)$ | $C' = (4, -2)$  |

Op welk punt wordt het punt (-4, 4) afgebeeld?

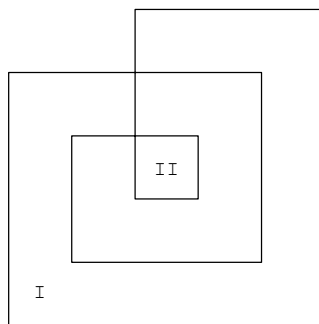
- a. op punt (5, 3)
- b. op punt (5, 4)
- c. op punt (6, 3)
- d. op punt (6, 4)

### Opgave 28

Een bol met straal 25 en middelpunt  $M = (20, 30, 50)$  wordt verlicht door een lichtbron in punt  $L = (56, 3, 110)$ . Wat is het punt  $P$  op het boloppervlak waarvoor de diffuse reflectie maximaal is?

- a.  $P = (29, 10, 62)$
- b.  $P = (29, 18, 70)$
- c.  $P = (32, 10, 59)$
- d.  $P = (32, 21, 70)$

### Opgave 29



Om te bepalen wat het binnengebied van een polygon is maken we gebruik van de “non zero winding number rule”. Als gegeven is dat het winding number van gebied I gelijk is aan 1, wat is dan het winding number van gebied II?

- a. -1
- b. 0
- c. 1
- d. 3

### Opgave 30

Het scan line hidden surface removal algoritme kan worden beschouwd als een uitbreiding op een scan conversie algoritme voor één enkel polygon. Welk begrip speelt wel een rol in het scan line hidden surface removal algoritme, maar niet in een polygon scan conversie algoritme?

- a. spans op scan lines
- b. bucket sort
- c. actieve zijdenlijst
- d. actieve vlakkenlijst

**einde tentamenopgaven**