

Computer Graphics (in2770)

12 juni 2003, 9.00 - 11.00 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

Welke uitspraak over de 3D viewing parameters van een algemeen viewing systeem is juist?

NB. VRP is View Reference Point

VPN is View Plane Normal

COP is Centre Of Projection

- Het projectievlak wordt volledig bepaald door het VRP en de VPN.
- Het viewing coördinatenstelsel wordt volledig bepaald door het VRP, de VPN en het COP.
- De viewing piramide (voor een perspectief afbeelding) wordt volledig bepaald door het projectievlak, het COP, het Far Plane en het Near Plane.
- Het COP wordt volledig bepaald door het VRP en de VPN.

Opgave 2

De matrix $\begin{pmatrix} 0 & -1 & p \\ 1 & 0 & q \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ representeert een rotatie om punt (a, b).

Welke vergelijkingen gelden er voor p en q ?

- | | | |
|----|--------------|--------------|
| a. | $p = a$ | $q = b$ |
| b. | $p = -a + b$ | $q = a - b$ |
| c. | $p = a + b$ | $q = -a + b$ |
| d. | $p = a - b$ | $q = a + b$ |

Opgave 3

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

- a. Bij Phong-shading wordt de lichtbron beter benaderd
- b. Bij Phong-shading wordt de normaal op het oppervlak geïnterpoleerd
- c. Bij Phong-shading wordt de kleur van de lichtbron meegenomen in de berekening
- d. Bij Phong-shading wordt de invloed van de ambient-term bepaald

Opgave 4

In een virtuele wereld bevindt zich een bol. Van wat voor type VRML knoop moet de waarde van het translation veld worden aangepast om de positie van de bol in de virtuele wereld te veranderen?

- a. een Viewpoint knoop
- b. een Transform knoop
- c. een Shape knoop
- d. een PositionInterpolator knoop

Opgave 5

De waarde van het rotation veld van een knoop in VRML is van type SFRotation. Hoe is zo'n waarde samengesteld?

- a. Uit drie rotatiehoeken (voor rotatie om de x-as, y-as en z-as)
- b. Uit één rotatiehoek en een as-aanduiding (keuze uit x-as, y-as of z-as)
- c. Uit een x-, y- en z-coördinaat van de vector voor de begin-oriëntatie en een x-, y- en z-coördinaat van de vector voor de eind-oriëntatie
- d. Uit een x-, y- en z-coördinaat van een rotatievector en een rotatiehoek

Opgave 6

In een programma dat gebruik maakt van OpenGL staat het volgende codefragment:

```
glBegin(GL_QUAD_STRIP);  
    glVertex2f(...); //1e punt*/  
    ...  
    glVertex2f(...); //16e punt*/  
glEnd();
```

In totaal zijn er 16 punten gespecificeerd. Uit hoeveel polygons bestaat de “quad strip”?

- a. 4
- b. 6
- c. 7
- d. 8

Opgave 7

Welk percentage van de totale geheugenruimte die nodig is om een mip-map op te slaan is in gebruik voor de textuur op de hoogste resolutie?

- a. 25%
- b. 50%
- c. 75%
- d. dit is afhankelijk van het aantal niveaus in de mip-map

Opgave 8

De punten $P = (1,2,3)$, $Q = (6,0,0)$ en $R = (0,4,1)$ vormen een polygon van een 3D convex object. De oorsprong van het coördinatenstelsel ligt binnen het 3D object. Bepaal de juiste naar buiten gerichte normaal van het objectpolygon.

- a. $(10, 13, 8)$
- b. $(2, -7, 8)$
- c. $(13, 10, 8)$
- d. $(-2, 7, -8)$

Opgave 9

Bij de 2D viewing transformatie

- a. heeft ieder lijnstuk dezelfde richtingscoëfficiënt als het beeld hiervan.
- b. heeft ieder lijnstuk dezelfde lengte als het beeld hiervan.
- c. is de verhouding tussen de lengte van een lijnstuk en de lengte van het beeld hiervan voor alle lijnstukken hetzelfde.
- d. geldt geen van de drie bovenstaande uitspraken.

Opgave 10

De 2D viewing transformatie kan worden samengesteld uit een translatie, een schaling en nog een translatie. De parameters **xwmin**, **xwmax**, **ywmin**, **ywmax**, **xvmin**, **xvmax**, **yvmin** en **yvmax** bepalen de afmetingen van window en viewport. Wat zijn de componenten **tx1** en **ty1** van de translatievector van de eerste translatie en de componenten **tx2** en **ty2** van de translatievector van de tweede translatie?

NB. Met eerste translatie wordt hier bedoeld: De translatie die als eerste uitgevoerd moet worden.

- | | | | | |
|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| a. | tx1 = xwmin | ty1 = ywmin | tx2 = xvmin | ty2 = yvmin |
| b. | tx1 = xwmin | ty1 = ywmin | tx2 = -xvmin | ty2 = -yvmin |
| c. | tx1 = -xwmin | ty1 = -ywmin | tx2 = xvmin | ty2 = yvmin |
| d. | tx1 = -xwmin | ty1 = -ywmin | tx2 = -xvmin | ty2 = -yvmin |

Opgave 11

Een manier om zichtbare vlakken te detecteren is de depth-buffer methode, ook wel de z-buffer methode genoemd. Beschouw de volgende twee uitspraken:

- (I) Bij de depth buffer methode is het noodzakelijk dat de vlakken in een scene gesorteerd zijn voor ze verwerkt worden door het algoritme.
- (II) Bij de depth-buffer methode wordt er naast een diepte buffer ook een frame buffer bijgehouden, met daarin de kleurintensiteit in elk rasterpunt.

Welke van deze uitspraken is juist?

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

Opgave 12

Een 3D transformatie in een rechtshandig coördinatenstelsel kan worden gerepresenteerd door

een 4x4 matrix M , waarbij
$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

Welke van de volgende matrices representeert een 3D rotatie om de lijn door de oorsprong en $A(1, 0, 1)$ over 90° (vanaf A naar O kijkend tegen de wijzers van de klok in)?

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

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

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

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

Opgave 13

Het Sutherland en Hodgman polygon clipping algoritme neemt bij het aflopen van de zijden van het invoerpolygon steeds afhankelijk van de ligging van de zijde ten opzichte van de grens waartegen geclipd wordt 0, 1, of 2 punten op in het uitvoerpolygon.

In het geval dat beide eindpunten buiten de clipgrens liggen (d.w.z. aan de kant waar het window niet ligt), wordt niets opgenomen in het uitvoerpolygon. De andere drie gevallen zijn (voor zijde P_sP_e):

- P_s buiten, P_e binnen de clipgrens
- P_s binnen, P_e buiten de clipgrens
- P_s binnen, P_e binnen de clipgrens

In hoeveel van deze drie gevallen worden precies 2 punten opgenomen in het uitvoerpolygon?

- a. 0
- b. 1
- c. 2
- d. 3

Opgave 14

Beschouw de volgende beweringen over de keuze tussen een 3×3 transformatiematrix en een 4×4 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 15

Bij de perspectief projectie wordt het verschil tussen één, twee of drie verdwijnpunten bepaald door

- a. gebruik van een combinatie van parallel (voor een of meer richtingen) en perspectief projectie.
- b. al of niet deling van x en/of y door z .
- c. de hoogte van het oogpunt ten opzichte van het af te beelden object.
- d. het aantal doorsnijdingen van de coördinaatassen met het beeldvlak.

Opgave 16

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)?

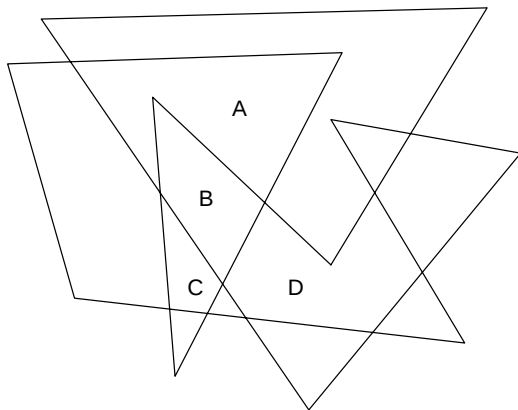
- a. alleen **L** en **V**
- b. alleen **L** en **N**
- c. alleen **N** en **V**
- d. **N**, **L** en **V**

Opgave 17

Voor de bepaling van het binnengebied van een polygon zijn er twee gangbare regels:

- de "odd-even" regel
- de "nonzero winding number" regel

Welk gebied van onderstaande polygon bevindt zich volgens een van beide regels binnen het polygon en volgens de andere regel buiten het polygon?



- a. A
- b. B
- c. C
- d. D

Opgave 18

Welke techniek wordt niet gebruikt als (onderdeel van een) antialiasing methode?

- a. filtering
- b. backface culling
- c. super sampling
- d. mip mapping

Opgave 19

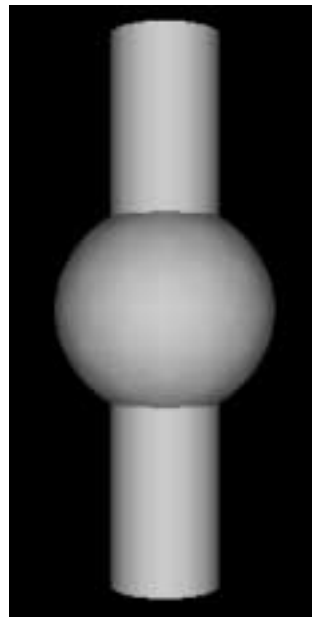
In OpenGL kan door middel van de GLUT_DOUBLE optie double buffering worden aanzet. Wat gebeurt er ten gevolge van het aanzetten van double buffering?

- Grafische uitvoer wordt opgebouwd in een apart array dat gewisseld kan worden met de frame buffer op het moment dat een plaatje volledig is opgebouwd.
- Events van invoerapparaten die niet direkt kunnen worden afgehandeld worden bewaard in twee aparte wachtrijen in plaats van één.
- Een kopie van alle berekende afbeeldingen wordt (als een animatie) bewaard in een bestand.
- De grafische informatie die achter een display window verborgen is wordt in een aparte buffer opgeslagen, zodat bij schalen of verplaatsen van het display window de eronder verborgen afbeelding weer (gedeeltelijk) zichtbaar wordt.

Opgave 20

Gegeven is de VRML file:

```
#VRML V2.0 utf8
... {
  children [
    Shape {
      appearance DEF Gray
    Appearance {
      material Material {}
    }
    geometry Sphere {}
  ],
  Shape {
    appearance USE Gray
    geometry Cylinder {
      radius 0.5
      height 5.0
    }
  }
]
}
```



Wat kan er op de plaats van . . . staan opdat de VRML file syntactisch en semantisch correct is en de wereld uit de afbeelding creëert?

- Group of Transform
- Group, maar niet Transform
- Transform, maar niet Group
- noch Group, noch Transform

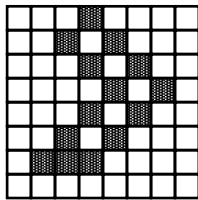
Opgave 21

Met het DDA algoritme wordt de lijn door de punten (x_1, y_1) en (x_2, y_2) afgebeeld. De punten zijn gegeven in schermcoördinaten. Het aantal pixels dat gezet wordt is gelijk aan:

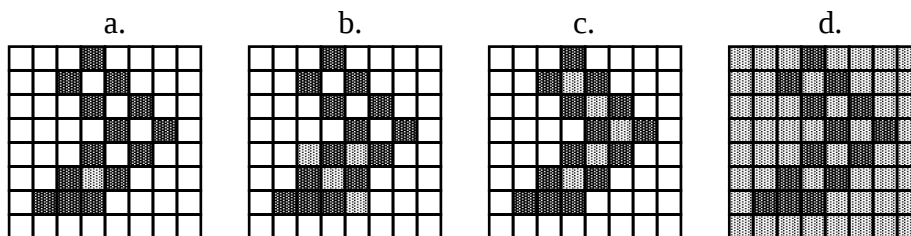
- a. $\max\{|x_2 - x_1|, |y_2 - y_1|\}$
- b. $\max\{|x_2 - x_1|, |y_2 - y_1|\} + 1$
- c. $\min\{|x_2 - x_1|, |y_2 - y_1|\}$
- d. $\min\{|x_2 - x_1|, |y_2 - y_1|\} + 1$

Opgave 22

In een raster zijn alle pixels wit gemaakt. Vervolgens zijn de pixels van de onderstaande figuur zwart gemaakt. De zwarte pixels vormen de begrenzing van een polygon.



Wat is het resultaat als getracht wordt met het 8-connected flood-fill algoritme het polygon grijs in te kleuren, waarbij het start-pixel het pixel is in de 4e kolom van links en de 3e rij van onder?



Opgave 23

Wat is in-betweening?

- a. het mengen van de kleur van een polygon en de kleur van de achtergrond voor pixels aan de rand van een polygon
- b. het mengen van kleuren van textuurpixels wanneer een scherpixel op meerdere textuurpixels wordt afgebeeld
- c. het bepalen van de kleuren van alle pixels van een frame in een animatie door interpolatie tussen de kleuren in de overeenkomstige frames van twee animaties
- d. het bepalen van de positie van een object op een tijdstip tussen twee key frame tijdstippen bij key frame animatie

Opgave 24

We voeren de volgende 2D transformaties achter elkaar uit:

- rotatie om de oorsprong over een hoek van 45°
- schaling ten opzichte van de oorsprong met factoren $s_x = \sqrt{3}$ en $s_y = 1$
- rotatie om de oorsprong over een hoek van -30°
- schaling ten opzichte van de oorsprong met factoren $s_x = \frac{1}{2}\sqrt{2}$ en $s_y = \frac{1}{3}\sqrt{6}$

Het resultaat is een x-richting shearing transformatie. Wat is de shearfactor van deze shearing?

- a. 0.5
- b. 1
- c. -0.5
- d. -1

Opgave 25

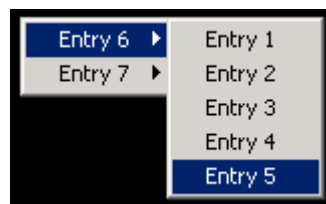
Gegeven is het volgende programmafragment met OpenGL calls om een menustructuur te creëren:

```
c_menu = glutCreateMenu(color_menu_callback_func);
glutAddMenuEntry("Entry 1", 1);
glutAddMenuEntry("Entry 2", 2);
glutAddMenuEntry("Entry 3", 3);
f_menu = glutCreateMenu(fill_menu_callback_func);
glutAddMenuEntry("Entry 4", 4);
glutAddMenuEntry("Entry 5", 5);
glutCreateMenu(menu_callback_func);
glutAddSubMenu("Entry 6", c_menu);
glutAddSubMenu("Entry 7", f_menu);
glutAttachMenu(GLUT_RIGHT_BUTTON);
```

Welke van de onderstaande menu-entry selecties is mogelijk bij een menustructuur zoals in bovenstaande code wordt gedefinieerd?



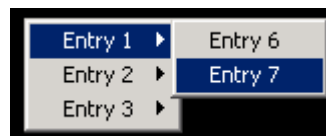
a.



c.



b.



d.

Opgave 26

Het vierkante gebied van (0, 0) tot (1, 1) in textuurcoördinaten (TC) wordt afgebeeld op een polygon $P_0P_1P_2P_3$ in schermcoördinaten (SC). De onderstaande tabel geeft aan welk hoekpunt van het vierkant in textuurcoördinaten wordt afgebeeld op welk hoekpunt van het polygon.

punt in SC	x	y	punt in TC	u	v
P_0	x_0	y_0	T_0	0	0
P_1	x_1	y_1	T_1	1	0
P_2	x_2	y_2	T_2	1	1
P_3	x_3	y_3	T_3	0	1

De afbeelding van textuurcoördinaten naar schermcoördinaten is een perspectivische mapping

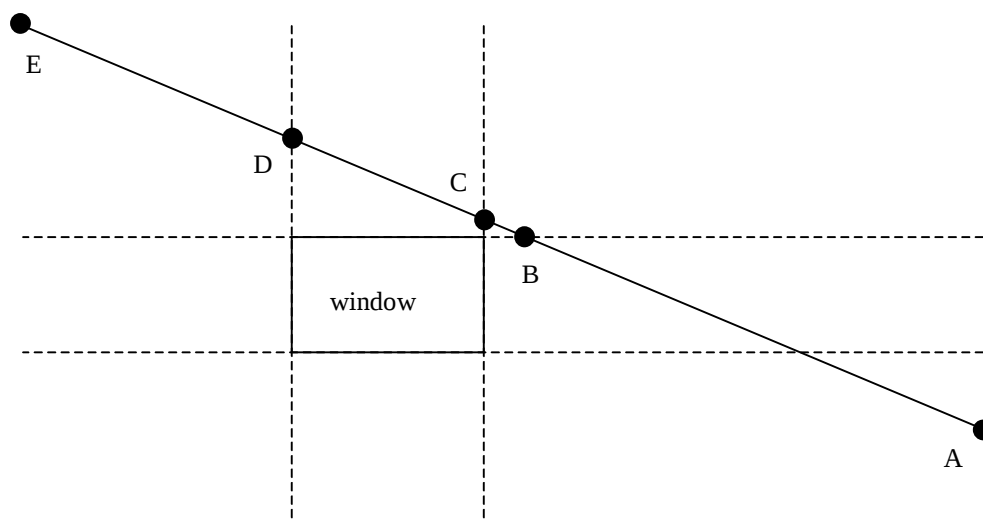
die kan worden gerepresenteerd met de matrix $M = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & 1 \end{pmatrix}$.

Uit deze gegevens kan een stelsel van 8 vergelijkingen met 8 onbekenden (a t/m h) worden opgesteld waaruit a t/m h kunnen worden opgelost. Welke vergelijking behoort tot dit stelsel?

- $x_1 = a + c + gx_1$
- $x_2 = a + b + c - gx_2 - hx_2$
- $y_1 = a + c + dy_1$
- $y_2 = a + b + c - dy_2 - ey_2$

Opgave 27

Hoe wordt het lijnstuk met beginpunt A en eindpunt E uit onderstaande figuur geclipt met het Cohen en Sutherland lijn clipping algoritme bij clipping volgorde links, rechts, onder, boven?



- AE -> CE -> CD -> verworpen
- AE -> AD -> CD -> verworpen
- AE -> DE -> verworpen
- AE -> CE -> verworpen

Opgave 28

Gegeven is het volgende lichtreflectiemodel $I = k_a I_a + k_d I_l (N \cdot L) + k_s I_l (N \cdot H)^{n_s}$

Welke parameter van het objectoppervlak (materiaaleigenschap) moet een andere waarde krijgen om een kleine felle highlight op een objectoppervlak te veranderen in een grote niet felle highlight?

- a. k_d
- b. k_s
- c. I_l
- d. n_s

Opgave 29

Bij ray tracing worden verschillende soorten stralen gevolgd door de 3D scene:

- primaire stralen (primary rays)
- gebroken stralen (refracted rays)
- schaduw stralen (shadow rays)
- gereflecteerde stralen (reflected rays)

Van hoeveel van deze vier soorten stralen wordt de parametervoorstelling opgesteld aan de hand van de normaalvector op het oppervlak van een van de objecten in de scene?

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

Opgave 30

Overwogen wordt het volgende algoritme te gebruiken voor de scan conversie van willekeurige polygones:

1. Bepaal de snijpunten van alle scan lines met alle zijden van het polygon
2. Sorteer de snijpunten op y-coördinaat en bij gelijke y-coördinaat op toenemende x-coördinaat
3. Voor eerste t/m laatste paar snijpunten in gesorteerde lijst
 - 3.1. Teken de span tussen het paar opeenvolgende snijpunten

Wat is een belangrijk nadeel van deze methode?

- a. De sorteerstap in het algoritme vergt meer rekentijd dan nodig is.
- b. De snijpunten van de scan lines met de zijden van het polygon kunnen niet met een incrementele methode worden bepaald.
- c. Er wordt geen gebruik gemaakt van coherentie op de scan lines
- d. Er worden veel meer snijpunten berekend dan nodig is.

einde tentamenopgaven