

Computer Graphics (in2770)
16 augustus 2004, 14.00 - 16.00 uur.

N.B.: Dit tentamen bestaat uit 30 opgaven
Totaal aantal bladzijden: 10

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

Beschouw de volgende uitspraken voor het recursieve **4-connected boundary-fill** algoritme:

- (I) Binnen BoundaryFill(x, y, ...) staat (recursief) een aanroep van BoundaryFill met parameters (x+1, y+1, ...).
- (II) Binnen BoundaryFill(x, y, ...) staat (recursief) een aanroep van BoundaryFill met parameters (x-1, y, ...).

Van deze uitspraken is:

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

Opgave 2

Welke van de onderstaande vectoren is een normaalvector van het vlak waarin de punten (0, 1, 0), (1, 2, 1) en (3, 1, 1) liggen?

- | | | | | | | | |
|----|---|----|--|----|--|----|---|
| a. | $\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$ | b. | $\begin{pmatrix} 1 \\ -2 \\ 3 \end{pmatrix}$ | c. | $\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ -3 \end{pmatrix}$ | d. | $\begin{pmatrix} 1 \\ -2 \\ -3 \end{pmatrix}$ |
|----|---|----|--|----|--|----|---|

Opgave 3

Van welk (exposed) field kan in een VRML 2.0 virtuele wereld de waarde worden aangepast tijdens de navigatie door de wereld, om de afmeting van een bol in die wereld te laten veranderen?

- a. het radius (exposed) field van een Sphere knoop
- b. het size (exposed) field van een Shape knoop
- c. het scale (exposed) field van een Shape knoop
- d. het scale (exposed) field van een Transform knoop

Opgave 4

Welke visualisatie methode is het meest geschikt om afbeeldingen van transparante objecten te maken met breking?

- a. scanline algoritme
- b. z-buffer algoritme
- c. diepte sortering algoritme
- d. ray tracing algoritme

Opgave 5

Beschouw de volgende uitspraken:

- (I) Het Cohen en Sutherland lijn clipping algoritme verworpt alle lijnen die geheel buiten het window liggen direkt op grond van de codes van de beide eindpunten.
- (II) Het Cohen en Sutherland lijn clipping algoritme accepteert alle lijnen die geheel binnen het window liggen direkt op grond van de codes van de beide eindpunten.

Van deze uitspraken is:

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

Opgave 6

Welke viewing parameters worden vastgelegd met behulp van de functie `gluLookAt` uit de OpenGL Utility Library?

- a. alleen het view reference point
- b. alleen het center of projection, het view reference point en de view up vector
- c. alleen het center of projection, het view reference point, de view up vector en het view window
- d. het center of projection, het view reference point, de view up vector, het view window en het near- en far plane

Opgave 7

Veel dingen uit de werkelijkheid kunnen worden gemodelleerd met behulp van een model dat is opgebouwd uit objecten en relaties tussen de objecten. Vaak is het ook handig om bepaalde groepen objecten in het model te bundelen tot samengestelde objecten en zo een hiërarchie in het model aan te brengen. Beschouw de volgende uitspraken over de hiërarchische opbouw van modellen:

- (I) De bundeling van een aantal objecten tot een samengesteld object maakt een model handelbaarder doordat er in totaal minder objecten aanwezig zijn.
- (II) De bundeling van een aantal objecten tot een samengesteld object maakt het mogelijk om op hoger niveau met het model te werken en daardoor bepaalde taken sneller uit te voeren.

Welke van deze uitspraken is juist?

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

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 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

Sh_x en Sh_y zijn matrices voor een x-shearing en een y-shearing met resp. h_x en h_y als shearing parameter. Wat is de voorwaarde (noodzakelijk en voldoende) voor de parameters h_x, h_y opdat

$$\text{Sh}_x \cdot \text{Sh}_y = \text{Sh}_y \cdot \text{Sh}_x$$

- a. $h_x=0 \wedge h_y=0$
- b. $h_x=0 \vee h_y=0 \vee h_x=h_y$
- c. $h_x=0 \vee h_y=0$
- d. $\text{Sh}_x \cdot \text{Sh}_y = \text{Sh}_y \cdot \text{Sh}_x$ voor iedere waarde van h_x en h_y

Opgave 10

Welke uitspraak over een ROUTE in VRML is juist?

- a. Een ROUTE definieert een keten van events tussen knopen, waarmee interactie en animatie kan worden gerealiseerd in de virtuele wereld.
- b. Een ROUTE definieert in welke volgorde de knopen in de scene graph moeten worden afgelopen ten behoeve van het renderen van de virtuele wereld.
- c. Een ROUTE definieert een nieuw type interpolator knoop.
- d. Een ROUTE definieert het pad dat een object aflegt in een animatie.

Opgave 11

Van een afbeelding van een 3D object is gegeven dat parallelle lijnen in het model in de afbeelding door 1 punt gaan. De afbeelding is gemaakt met behulp van

- a. orthografische projectie
- b. isometrische projectie
- c. scheve projectie
- d. perspectief projectie

Opgave 12

Bij een animatie van twee bewegende objecten met een vaste vorm en afmeting wordt botsingsdetectie uitgevoerd opdat deze objecten het juiste gedrag kunnen vertonen na botsing. Voor ieder frame van de animatie wordt bepaald of er sprake van botsing is. Echter, in sommige gevallen, waarbij wel botsing optreedt, wordt dit niet opgemerkt. Welke van de mogelijkheden (I) en (II) kunnen hiervan de oorzaak zijn?

- (I) De objecten bewegen te snel ten opzichte van elkaar, waardoor zij elkaar volledig passeren tussen twee opeenvolgende frames in.
 - (II) Bij de botsingsdetectie wordt gebruik gemaakt van bounding volumes die te groot zijn om de botsingsdetectie nauwkeurig uit te voeren.
- a. zowel (I) als (II)
 - b. alleen (I)
 - c. alleen (II)
 - d. (I) niet en (II) ook niet

Opgave 13

Welke component van een elementair licht reflectie model is afhankelijk van de richting **N** van de normaal op het oppervlak?

- a. de diffuse reflectie component en de spiegellende reflectie component
- b. alleen de diffuse reflectie component
- c. alleen de spiegellende reflectie component
- d. de diffuse reflectie component niet en de spiegellende reflectie component ook niet

Opgave 14

Van de matrix $\begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ is gegeven dat deze een 2D transformatie representeert die

objecten *niet vervormt* (rigid-body transformation). Aan hoeveel van de onderstaande vergelijkingen (i), (ii) en (iii) is dan minimaal voldaan?

- (i) $a^2 + b^2 = 1$
- (ii) $d^2 + e^2 = 1$
- (iii) $ad + be = 0$

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

Opgave 15

Gegeven is het volgende VRML codefragment

```
Transform {  
  translation 1.0 2.0 0.0  
  rotation 0.0 1.0 0.0 1.57  
  children [  
    Transform {  
      translation 3.0 0.0 2.0  
      scale 2.0 2.0 1.0  
      children [...]  
    }  
  ]  
}
```

Welke samengestelde transformatie M wordt uitgevoerd (d.m.v. $\mathbf{p}' = M\mathbf{p}$) op de objecten die worden gedefinieerd op plaats . . . in de code?

- a. $M = T_{(1,2,0)} \cdot R_{y-as,90} \cdot T_{(3,0,2)} \cdot S_{2,2,1}$
- b. $M = R_{y-as,90} \cdot T_{(1,2,0)} \cdot S_{2,2,1} \cdot T_{(3,0,2)}$
- c. $M = T_{(3,0,2)} \cdot S_{2,2,1} \cdot T_{(1,2,0)} \cdot R_{y-as,90}$
- d. $M = S_{2,2,1} \cdot T_{(3,0,2)} \cdot R_{y-as,90} \cdot T_{(1,2,0)}$

Opgave 16

Hoeveel van de onderstaande transformaties zijn gelijk aan de volgende combinatie van rotaties: $R_{Z-as, +90} \cdot R_{Y-as, +90} \cdot R_{X-as, +90}$ (d.w.z. een rotatie om de X-as over 90 graden, gevolgd door een rotatie om de Y-as over 90 graden, gevolgd door een rotatie om de Z-as over 90 graden).

- (i) $R_{X-as, +90} \cdot R_{Y-as, +90} \cdot R_{Z-as, +90}$
- (ii) $R_{Y-as, +90}$
- (iii) $R_{X-as, +90} \cdot R_{Z-as, -90} \cdot R_{X-as, -90}$

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

Opgave 17

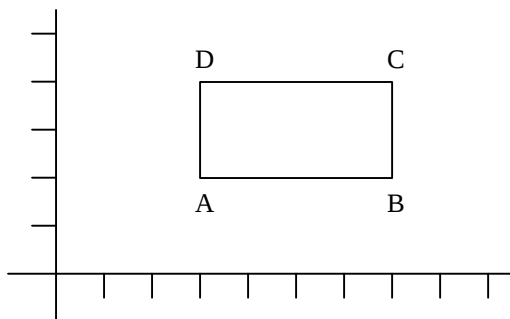
We gebruiken de volgende notatiewijze voor 2D transformaties:

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

$R_{O,\alpha}$ is een rotatie om de oorsprong over α 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 ?

- a. $T_{(5,3)} \cdot R_{O,90} \cdot S_{(0.5,2.0)} \cdot T_{(-5,-3)}$
- b. $T_{(5,0)} \cdot S_{(-1,1)} \cdot T_{(-5,0)}$
- c. $T_{(0,3)} \cdot S_{(1,-1)} \cdot T_{(0,-3)}$
- d. $T_{(5,3)} \cdot R_{O,180} \cdot T_{(-5,-3)}$

Opgave 18

In welke volgorde vinden de onderstaande stappen (I), (II) en (III) plaats bij Phong shading?

- (I) interpoleer normaalvectoren over polygon
 - (II) bepaal het gemiddelde van normaalvectoren voor hoekpunten
 - (III) pas lichtreflectiemodel toe
- a. eerst (I), daarna (II) en tenslotte (III)
 - b. eerst (II), daarna (I) en tenslotte (III)
 - c. eerst (II), daarna (III) en tenslotte (I)
 - d. eerst (I), daarna (III) en tenslotte (II)

Opgave 19

Beschouw de volgende beweringen:

- (I) Uitvoeren van backface removal is noodzakelijk om met het depth sorting algoritme een correcte afbeelding te verkrijgen.
- (II) Uitvoeren van backface removal is noodzakelijk om met het scan-line algoritme een correcte afbeelding te verkrijgen.

Van deze beweringen is

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

Opgave 20

Een kubus is in een wereldcoördinatenstelsel geplaatst met ribben evenwijdig aan de coördinaatassen. Van deze kubus wordt een perspectiefafbeelding gemaakt op een beeldscherm. De afbeelding blijkt een 1-punts perspectief te zijn. Na wijziging van welke viewing parameter kan de afbeelding veranderen in een 2-punts perspectief?

- a. het View Reference Point (VRP)
- b. de View Up Vector (VUV)
- c. de view angle
- d. de view distance

Opgave 21

Welke stap in het 3D transformatieproces introduceert punten met homogene coördinaat (w-coördinaat) die niet gelijk aan 1 is?

- a. de modelling transformatie
- b. de viewing transformatie
- c. de perspectief transformatie
- d. de window to viewport transformatie

Opgave 22

Beschouw de volgende beweringen:

- (I) Als twee afbeeldingen tegelijkertijd in z'n geheel op het scherm zichtbaar moeten zijn mogen de windows (in wereldcoördinaten) elkaar niet overlappen.
- (II) Als twee afbeeldingen tegelijkertijd in z'n geheel in hetzelfde display window op het scherm zichtbaar moeten zijn mogen de viewports (in schermcoördinaten) elkaar niet overlappen.

Van deze beweringen is:

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

Opgave 23

Een vierkante textuur wordt door middel van een perspectivische mapping afgebeeld op een willekeurige vierhoek op het scherm. Wat is de vorm van het pre-image (in textuur ruimte) van een vierkant pixel (in scherm ruimte)?

- a. altijd een vierkant
- b. altijd een rechthoek; het hoeft geen vierkant te zijn
- c. een willekeurige vierhoek; het hoeft geen rechthoek te zijn
- d. een willekeurig gebied met gekromde zijden; het hoeft geen vierhoek te zijn

Opgave 24

Supersampling is

- a. een hidden surface removal methode
- b. een antialiasing methode
- c. een scan conversie methode
- d. een texture mapping methode

Opgave 25

Een textuur wordt op een polygon afgebeeld door middel van lineaire interpolatie over zijden van het polygon gevolgd door lineaire interpolatie over de scan lines. $A = (300, 150)$ en $B = (450, 350)$ zijn twee opeenvolgende hoekpunten van het polygon. Op punt A wordt het punt uit de textuur met coördinaten $(u_A, v_A) = (0.2, 0.1)$ afgebeeld. Op punt B wordt het punt uit de textuur met coördinaten $(u_B, v_B) = (0.8, 1.0)$ afgebeeld.

De scan conversie vindt plaats vanaf de scan line waarop punt A ligt in de richting van de scan line waarop punt B ligt. Wat is de u-increment voor zijde AB bij overgang naar de volgende scan line?

- a. 0.003
- b. 0.004
- c. 0.0045
- d. 0.006

Opgave 26

Gegeven is dat een lijn een richtingscoëfficiënt heeft tussen -1 en 0 . Aan welke voorwaarde voldoet bij scan conversie van die lijn met het DDA algoritme de stapgrootte in de x-richting?

- a. de stapgrootte in de x-richting is gelijk aan 1
- b. de stapgrootte in de x-richting is gelijk aan -1 of 1
- c. de stapgrootte in de x-richting ligt tussen 0 en 1
- d. de stapgrootte in de x-richting is in absolute waarde kleiner dan 1

Opgave 27

Beschouw de volgende codefragmenten met OpenGL function calls:

```
(I)
glBegin (GL_LINES);
    /* definieer punten voor n lijnstukken */
    ...
glEnd ();
```

```
(II)
glBegin (GL_LINE_STRIP);
    /* definieer punten voor n lijnstukken */
    ...
glEnd ();
```

Hoeveel punten moeten bij codefragment (I) **meer** worden gedefinieerd dan bij codefragment (II) om grafische uitvoer bestaande uit n aan elkaar grenzende lijnstukken te genereren?

- a. 1
- b. $n-1$
- c. n
- d. $n+1$

Opgave 28

De volgende OpenGL calls staan in een programma (in de gegeven volgorde):

```
glMatrixMode (GL_MODELVIEW);  
glLoadIdentity ();  
glScalef(1.0, 2.0, 1.0);  
glTranslatef (2.0, 1.0, -3.0);  
glRotatef (90.0, 1.0, 0.0, 0.0);
```

Wat is de waarde van de modelview matrix na uitvoering van dit programmafragment?

- a. $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 2 & 0 & -3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ b. $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & -2 & 6 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ c. $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ d. $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & -2 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

Opgave 29

Het lijnstuk AB met $A = (-4, -3)$ en $B = (6, 2)$ wordt geclipd met het Liang-Barsky lijn clipping algoritme. De grenzen van het window zijn $x_{\min} = -3$, $x_{\max} = 3$, $y_{\min} = -2$ en $y_{\max} = 2$.

De gebruikte parametervoorstelling van de lijn is $p(u) = \mathbf{a} + u(\mathbf{b} - \mathbf{a})$ waarbij $\mathbf{a}$ en $\mathbf{b}$ de plaatsvectoren van de punten A en B zijn.

Het algoritme start met het parameterinterval $[u_0, u_1] = [0, 1]$. Welk parameterinterval blijft over na clippen tegen alle vier de windowgrenzen?

- a. $[0.1, 0.7]$
- b. $[0.2, 0.7]$
- c. $[0.1, 0.8]$
- d. $[0.2, 0.8]$

Opgave 30

Polygon scan conversie algoritmen bepalen per scan line welke spans moeten worden ingekleurd. Hiertoe wordt een actieve zijden lijst (AZL) bijgehouden. Bij overgang naar de volgende scan line moet de data per zijde in de AZL worden aangepast. Welke aanpassing vindt plaats?

- a. De richtingscoëfficiënt van de zijden wordt aangepast.
- b. De verwijzing naar de span waar de zijde bij hoort wordt aangepast.
- c. De x-increment, die moet worden gebruikt voor overgang naar de volgende scan line, wordt aangepast.
- d. De x-coördinaat van het snijpunt met de scan line wordt aangepast.

einde tentamenopgaven