

Computer Graphics (in2770)
19 januari 2006, 19:00 – 21:00 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

De grootte van de spiegelende reflectiecomponent in een lichtmodel is afhankelijk van

- a. de positie van het oogpunt en de lichtbron en de richting van de normaalvector op het oppervlak.
- b. alleen de positie van het oogpunt en de lichtbron.
- c. alleen de positie van de lichtbron.
- d. alleen de positie van de lichtbron en de richting van de normaalvector op het oppervlak.

Opgave 2

We willen een virtuele wereld maken met gebruik van de taal VRML. In de wereld bevindt zich een bol. Deze bol moet geleidelijk van kleur veranderen als op de bol geklikt wordt met de muis. Na verloop van enige tijd heeft de bol weer zijn oorspronkelijke kleur. Hierna verandert de bol niet meer totdat er opnieuw op geklikt wordt. Om deze interactie en animatie te realiseren moet in VRML een ROUTE tussen knopen worden gedefinieerd.

Welke typen knopen komen in welke volgorde in deze ROUTE voor?

- a. TimeSensor -, TouchSensor -, ColorInterpolator - en Transform knoop
- b. TouchSensor -, TimeSensor -, ColorInterpolator - en Transform knoop
- c. TouchSensor -, ColorInterpolator - en Transform knoop
- d. TimeSensor -, ColorInterpolator - en Transform knoop

Opgave 3

Welke van de volgende transformaties kan ook bereikt worden met een schaling?

- a. Rotatie
- b. Shear
- c. Translatie
- d. Reflectie

Opgave 4

Een viewing coördinatenstelsel is zo gedefinieerd dat het center of projection het punt $(0,0,-k)$ is (met k de kijkafstand) en het view reference point het punt $(0,0,0)$. Een polygon van het model dat moet worden afgebeeld heeft in viewing coördinaten de vlakvergelijking $ax+by+cz+d=0$. Met welke coëfficiënt van de vlakvergelijking kan bepaald worden of het vlak een achtervlak is?

- a. coëfficiënt a
- b. coëfficiënt b
- c. coëfficiënt c
- d. coëfficiënt d

Opgave 5

We willen ten opzichte van een 3D coördinatenstelsel de 4×4 homogene coördinatenmatrix van een rotatie over een hoek θ om de lijn door de oorsprong met richtingsvector $(\sqrt{3}, 3, \sqrt{3})$ bepalen. We kunnen deze rotatie opbouwen uit de volgende combinatie van elementaire transformaties (rotaties om de assen van het coördinatenstelsel):

$$R_x(-\alpha) \cdot R_y(-\beta) \cdot R_z(\theta) \cdot R_y(\beta) \cdot R_x(\alpha)$$

Over welke hoek α moet geroteerd worden om de x-as?

- a. 30°
- b. 45°
- c. 60°
- d. 90°

Opgave 6

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 7

Om de elektronenkanonnen van een kleurenmonitor aan te sturen worden voor elk van de drie kleurcomponenten 8 bits gebruikt in de kleurentabel. De frame buffer is 6 bits diep. Bepaal:

- (I) het aantal verschillende kleuren die met de elektronenkanonnen gemaakt kunnen worden
- (II) het aantal entrees van de kleurentabel
- (III) het aantal grijstinten dat in één afbeelding getoond kan worden

	(I)	(II)	(III)
a.	2^8	2^{24}	2^6
b.	2^8	2^{24}	2^8
c.	2^{24}	2^6	2^6
d.	2^{24}	2^6	2^8

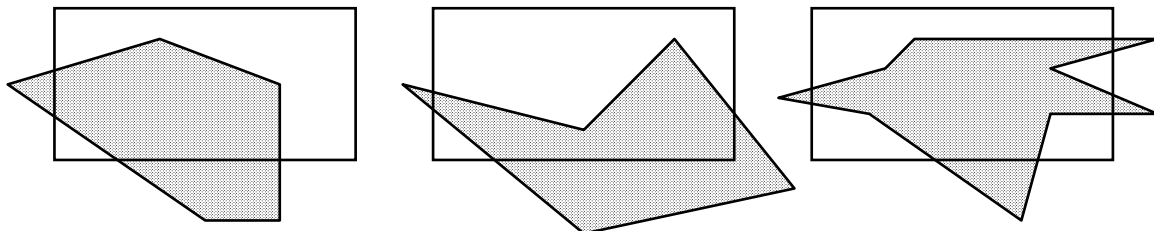
Opgave 8

Iemand implementeert een algoritme dat lijkt op het polygon clipping algoritme van Sutherland en Hodgman.

In plaats van 4 maal het hele polygon te clippen tegen steeds één doorgetrokken windowgrens, clipt het algoritme in één keer tegen het hele window, d.w.z. het algoritme bepaalt zijde voor zijde welke punten in het uitvoerpolygon moeten worden opgenomen door:

- eventuele snijpunten met (niet doorgetrokken) grenzen van het window op te nemen (in de goede volgorde).
- het eindpunt van de zijde op te nemen als dit binnen het window ligt.

Hoeveel van de onderstaande polygons worden door dit algoritme correct geclipt tegen het getekende window?



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

Opgave 9

Bij scan conversie wordt

- a. raster data getransformeerd in de frame buffer
- b. raster data geconverteerd naar een andere resolutie
- c. vector data getransformeerd naar een ander coördinatenstelsel
- d. vector data geconverteerd naar raster data

Opgave 10

Een lijnstuk wordt ingevoerd door eerst de muiscursor op het eerste eindpunt van het lijnstuk te plaatsen en een muisknop in te drukken. Vervolgens wordt, met ingedrukte muisknop, de muiscursor verplaatst waarbij steeds het lijnstuk van het eerste eindpunt naar de huidige positie van de muiscursor wordt getoond. Als het tweede eindpunt bereikt is wordt de muisknop losgelaten, waarna de muiscursor weer verder kan bewegen zonder dat het lijnstuk nog meeverandert.

Bij deze vorm van invoer van een lijn(stuk) spreken we van

- a. invoer met een lijn constraint
- b. invoer door middel van dragging
- c. invoer met een gravitatieveld
- d. rubber band invoer

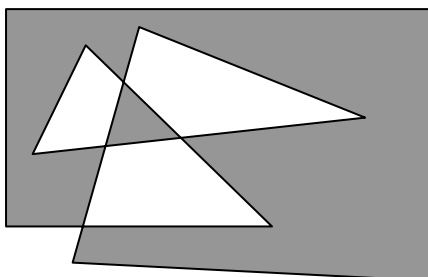
Opgave 11

In een ray tracer heeft het volgen van secundaire stralen tot gevolg dat een aantal optische effecten in afbeeldingen zichtbaar worden. Welk optisch effect is niet direct het gevolg van het volgen van secundaire stralen?

- a. spiegelende reflectie van objecten in gladde oppervlakken
- b. highlights op gladde oppervlakken
- c. slagschaduwen
- d. brekingseffecten bij semi-transparante oppervlakken

Opgave 12

Gegeven is het volgende polygon



Het binnengebied van het polygon is met kleur grijs ingekleurd met de “odd-even” regel. Hoeveel gebieden die hier wit zijn afgebeeld zouden met de “nonzero winding number” regel grijs worden afgebeeld?

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

Opgave 13

$M = \begin{pmatrix} m_{1,1} & m_{1,2} & m_{1,3} \\ m_{2,1} & m_{2,2} & m_{2,3} \\ m_{3,1} & m_{3,2} & m_{3,3} \end{pmatrix}$ is de matrix voor een spiegeling ten opzichte van de lijn $y = -x + 2$.

Het beeld p' van p kan worden berekend als $p' = M p$. Wat is de waarde van het matricelement $m_{1,2}$?

- a. -1
- b. $-\frac{1}{2}\sqrt{2}$
- c. $\frac{1}{2}\sqrt{2}$
- d. 1

Opgave 14

Gegeven is het programmafragment

```
glEnable(GL_LINE_STIPPLE);  
glLineStipple (4, 0x8888);  
glBegin (GL_LINES);  
    glVertex2i (0, 0);  
    glVertex2i (32, 0);  
glEnd ();
```

In de afbeeldingen hieronder bevindt zich het punt (0, 0) aan het linkereind en (32, 0) aan het rechteind. De blokjes zijn pixels. Neem aan dat de afmetingen van window en viewport gelijk zijn. Welke afbeelding toont het lijnstuk dat met bovenstaand codefragment wordt afgebeeld?

a.



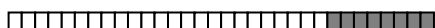
b.



c.



d.



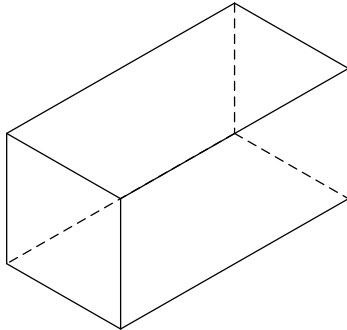
Opgave 15

Bij *Phong shading* vindt interpolatie plaats van

- a. kleuren
- b. diffuse reflectie coëfficiënten
- c. vlakvergelijkingen
- d. normaalvectoren

Opgave 16

Gegeven is de onderstaande afbeelding van een rechthoekig blok. De afbeelding bevat 3 viertallen van evenwijdige lijnen.

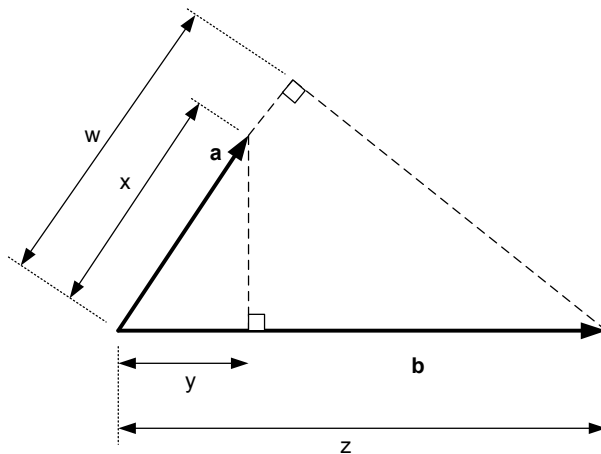


Wat voor soort projectie is toegepast bij deze afbeelding?

- a. isometrische projectie
- b. cabinet projectie
- c. cavalier projectie
- d. perspectief projectie

Opgave 17

Gegeven is de onderstaande figuur met de vectoren **a** en **b** en de maten (lengten van lijnstukken) w , x , y en z .



Aan welk produkt van maten is het inwendig produkt $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}$ van de vectoren **a** en **b** gelijk?

- a. wy
- b. xy
- c. xz
- d. yz

Opgave 18

Beschouw de volgende uitspraken over een inhomogene schaling in 2D, d.w.z een schaling met verschillende schalingsfactoren in x-richting en y-richting.

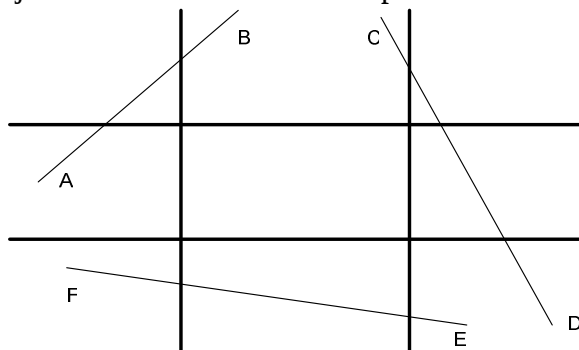
- (I) Twee parallelle lijnen die deel uitmaken van een object dat een inhomogene schaling ondergaat zijn na uitvoering van die schaling nog steeds parallel.
(II) Twee even lange lijnen die deel uitmaken van een object dat een inhomogene schaling ondergaat zijn na uitvoering van die schaling nog steeds even lang.

Welke van deze uitspraken zijn juist?

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

Opgave 19

In het Cohen en Sutherland lijn clipping algoritme worden eindpunten van lijnstukken voorzien van een code die de ligging aangeeft ten opzichte van het window. Op grond van de codes van de eindpunten van een lijnstuk wordt beslist of het lijnstuk geaccepteerd (afgebeeld) of verworpen (niet afgebeeld) moet worden, of dat een deel van het lijnstuk verwijderd moet worden waarna opnieuw een beslissing moet worden genomen.

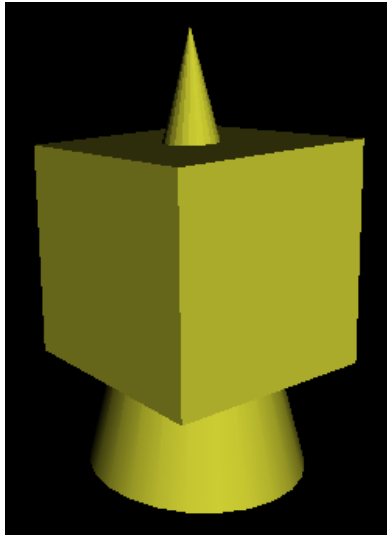


Hoeveel van de lijnstukken AB, CD en EF in bovenstaande figuur worden, zonder eerst delen te verwijderen, op grond van de codes van de eindpunten verworpen?

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

Opgave 20

Beschouw de onderstaande afbeelding en de VRML code:



```
Shape {  
  appearance DEF Yellow Appearance  
  {  
    material Material {  
      diffuseColor .8 .8 .2  
    }  
  }  
  geometry Box {}  
}  
Transform {  
  translation <vector>  
  scale 1 2 1  
  children [  
    DEF YellowCone Shape {  
      appearance USE Yellow  
      geometry Cone {}  
    }  
  ]  
}
```

Wat moet er op de plaats van **<vector>** worden ingevuld opdat de code het in de afbeelding getoonde object creëert?

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

Opgave 21

Een VRML file is opgebouwd uit knopen. De ‘verzameling’ knopen in een VRML file heeft een hiërarchische structuur. Waardoor wordt dit veroorzaakt?

- a. iedere knoop is een verzameling van 0 of meer knopen.
- b. iedere knoop heeft een veld dat de plaats van de knoop in de hiërarchie bepaalt.
- c. de plaats van knopen in de hiërarchie wordt bepaald door routes.
- d. een knoop heeft een aantal velden en de waarden van sommige velden zijn van het type SFNode of MFNode.

Opgave 22

In een polygonmodel worden van alle polygons de hoekpunten in volgorde **“tegen de wijzers van de klok in”** gedefinieerd. Waarvoor is dit van belang?

- a. voor het berekenen van de juiste naar buiten gerichte normaalvector voor ieder polygon.
- b. voor het berekenen welke polygons grenzen aan een gegeven polygon.
- c. voor het correct transformeren van de polygons naar schermcoördinaten.
- d. voor het correct uitvoeren van de dieptesortering van de polygons.

Opgave 23

Een textuur wordt op een polygon gemapt met de mapping $\begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 30 & b & 70 \\ 40 & e & 10 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix}$.

De vierhoek $T_1T_2T_3T_4$ in de textuur wordt afgebeeld op $P_1P_2P_3P_4$ op het scherm. De coördinaten van de hoekpunten van de textuur-vierhoek en de scherm-vierhoek zijn gegeven in de onderstaande tabel.

punt	u	v	punt	x	y
T_1	0	0	P_1	70	10
T_2	1	0	P_2	100	50
T_3	1	1	P_3	x_3	y_3
T_4	0	1	P_4	10	90

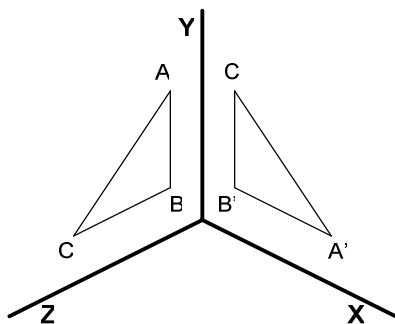
Wat zijn de coördinaten van het punt $P_3 = (x_3, y_3)$?

- | | | |
|----|-------|-------|
| | x_3 | y_3 |
| a. | 20 | 110 |
| b. | 20 | 130 |
| c. | 40 | 110 |
| d. | 40 | 130 |

Opgave 24

In onderstaand rechtshandig coördinatenstelsel wordt driehoek ABC getransformeerd naar $A'B'C'$, waarbij A' het beeld is van A, B' het beeld van B en C' het beeld van C. ABC ligt in het YZ-vlak en $A'B'C'$ in het XY-vlak. ABC en $A'B'C'$ zijn congruent (gelijkvormig en even groot).

Welke matrix representeert een transformatie die ABC op $A'B'C'$ afbeeldt op de hierboven beschreven manier?



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

Opgave 25

Een window to viewport transformatie is gedefinieerd door de windowgrenzen $x_{wmin} = 40$, $x_{wmax} = 90$, $y_{wmin} = 200$, $y_{wmax} = 400$ en viewportgrenzen $x_{vmin} = 200$, $x_{vmax} = 600$, $y_{vmin} = 400$, $y_{vmax} = 900$.

Deze transformatie kan worden opgebouwd uit een translatie gevolgd door een schaling gevolgd door wederom een translatie: $T(x_{vmin}, y_{vmin}) \cdot S(s_x, s_y) \cdot T(-x_{wmin}, -y_{wmin})$

Wat zijn de correcte schalingsfactoren s_x en s_y ?

- a. $s_x = 0.125$ en $s_y = 0.4$
- b. $s_x = 0.2$ en $s_y = 0.5$
- c. $s_x = 5$ en $s_y = 2$
- d. $s_x = 8$ en $s_y = 2.5$

Opgave 26

Beschouw de volgende uitspraken over het scan-line hidden surface algoritme:

- (I) Op een span grens wordt altijd een vlak toegevoegd aan de actieve vlakkenlijst of een vlak verwijderd uit de actieve vlakkenlijst.
- (II) Op een span grens wordt altijd een zijde toegevoegd aan de actieve zijdenlijst of een zijde verwijderd uit de actieve zijdenlijst.

Van deze uitspraken is

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

Opgave 27

In een lichtmodel wordt rekening gehouden met de verschillende lichtsterkte bij verschillende afstand van een objectoppervlak naar een lichtbron. Deze afstandsafhankelijkheid wordt in

het lichtmodel geïmplementeerd met een factor $\frac{1}{a_0 + a_1 d + a_2 d^2}$.

In een programma, dat gebruik maakt van OpenGL, staat een functieaanroep van de vorm `glLightf(GL_LIGHT1, GL_QUADRATIC_ATTENUATION, ...)`; met op de plaats van `...` iets passends ingevuld.

Welke parameters van de lichtbron `GL_LIGHT1` worden door deze aanroep gedefinieerd?

- a. alleen d .
- b. alleen a_2 .
- c. alleen a_0 , a_1 en a_2 .
- d. a_0 , a_1 , a_2 en d .

Opgave 28

In een computerprogramma, dat gebruik maakt van OpenGL, worden achtereenvolgens (met daartussen andere functieaanroepen voor het genereren van grafische uitvoer) de volgende functieaanroepen uitgevoerd:

```
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);  
glLoadIdentity();  
glTranslatef(1.0, 2.0, 0.0);           // translatie T(1,2,0)  
glPushMatrix();  
glScalef(1.0, 3.0, 1.0);              // schaling S(1,3,1)  
glPopMatrix();  
glPushMatrix();  
glRotatef(90.0, 0.0, 0.0, 1.0);       // rotatie R(z-as, 90°)
```

Wat is hierna de waarde van de modelview matrix M?

- a. $M = T(1,2,0) \cdot R(\text{z-as}, 90^\circ)$
- b. $M = R(\text{z-as}, 90^\circ) \cdot T(1,2,0)$
- c. $M = T(1,2,0) \cdot S(1,3,1) \cdot R(\text{z-as}, 90^\circ)$
- d. $M = R(\text{z-as}, 90^\circ) \cdot S(1,3,1) \cdot T(1,2,0)$

Opgave 29

Welke uitspraak over het DDA algoritme en het Bresenham algoritme voor de scan conversie van lijnen is correct?

- a. Het DDA algoritme is sneller dan het Bresenham algoritme omdat alleen het DDA algoritme een incrementele methode gebruikt.
- b. Het Bresenham algoritme is sneller dan het DDA algoritme omdat alleen het Bresenham algoritme een incrementele methode gebruikt.
- c. Het DDA algoritme is sneller dan het Bresenham algoritme omdat alleen het DDA algoritme rekent met integers en geen vermenigvuldigingen en delingen bevat.
- d. Het Bresenham algoritme is sneller dan het DDA algoritme omdat alleen het Bresenham algoritme rekent met integers en geen vermenigvuldigingen en delingen bevat.

Opgave 30

Voor de anti-aliasing van een textuur kan gebruik worden gemaakt van een mip-map. Wat wordt er opgeslagen in een mip map?

- a. de textuurcoördinaten van de hoekpunten van de vierhoek in de textuur waarop ieder pixel wordt afgebeeld met de inverse mapping
- b. de schermcoördinaten van de pixels die op ieder textuur pixel worden afgebeeld met de inverse mapping
- c. gemiddelde textuurwaarden van vierkante gebieden in de textuur
- d. gemiddelde textuurwaarden van cirkelvormige gebieden in de textuur

einde tentamenopgaven