

Computer Graphics (in3022DOI / in2770)
13 januari 2004, 19.00 - 21.00 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

Gegeven is de volgende transformatiematrix:

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

Dit is de matrix voor het uitvoeren van een

- a. rotatie
- b. spiegeling
- c. scheve parallel projectie
- d. perspectief projectie

Opgave 2

Een grafisch beeldscherm maakt gebruik van een color look-up table om de diepte van de frame buffer te beperken. De look-up table bevat 64 entries van ieder 24 bits. Met welke factor wordt hierdoor de omvang van de frame buffer gereduceerd?

- a. 8/3
- b. 4
- c. 18
- d. Dit is afhankelijk van het aantal pixels in de frame buffer.

Opgave 3

Inbetweening bij computer animatie is

- a. het tussenvoegen van ontbrekende punten bij motion capture.
- b. het berekenen van tussengelegen rotatiepunten bij inverse kinematica simulatie.
- c. het tussenvoegen van extra scenes in het storyboard.
- d. het bepalen van de tussengelegen beelden tussen twee key frames.

Opgave 4

Welke fout in een computergegenereerde afbeelding wordt niet veroorzaakt door aliasing?

- a. Lijnen in verschillende richtingen hebben verschillende intensiteiten.
- b. De randen van polygons zijn gekarteld (jaggies).
- c. Sterk gecomprimeerde texturen vertonen Moiré patronen.
- d. Op de contour van een bol zie je de zijden van de polygons waarmee het oppervlak is benaderd.

Opgave 5

Beschouw de volgende uitspraken voor het recursieve *8-connected boundary-fill* algoritme:

- (I) Binnen `BoundaryFill(x, y, ...)` staat een recursieve aanroep van `BoundaryFill` met parameters `(x+1, y+1, ...)`.
- (II) Binnen `BoundaryFill(x, y, ...)` staat een recursieve 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 6

Veel grafische hardware voor het afbeelden van polygonen maakt gebruik van een 24-bits z-buffer. Wat is de invloed van het gebruik van een 16-bits z-buffer i.p.v. een 24-bits z-buffer?

- a. het aantal polygonen dat afgebeeld kan worden, wordt kleiner
- b. het aantal verschillende kleuren dat gebruikt kan worden, wordt kleiner
- c. de diepte-resolutie bij de hidden surface eliminatie wordt kleiner
- d. de shading-berekening wordt minder nauwkeurig

Opgave 7

Veel webapplicaties werken met een client-server architectuur. Waar wordt de VRML-code geïnterpreteerd?

- a. op de server
- b. in de browser bij de client
- c. in het grafisch subsysteem van de client
- d. in de grafische hardware van de client

Opgave 8

Met de rubberband techniek

- a. kan een lijn aan een willekeurig punt op een andere lijn bevestigd worden, doordat de startpositie als het ware naar deze lijn wordt toegetrokken.
- b. kan een reeds ingevoerde lijn naar een andere positie gesleept worden, doordat de cursor als het ware aan de lijn wordt vastgemaakt.
- c. kan een lijn ingevoerd worden, doordat steeds de lijn wordt afgebeeld van de startpositie naar de huidige cursorpositie.
- d. kan een horizontale of verticale lijn worden ingevoerd, doordat afhankelijk van de huidige cursorpositie de lijn altijd vanaf de startpositie horizontaal of vertikaal wordt getekend.

Opgave 9

Een viervlak in de driedimensionale ruimte is begrensd door de vlakken V_1 , V_2 , V_3 en V_4 . Van elk van de vier vlakken zijn de coëfficiënten a , b , c en d van de vlakvergelijking $ax + by + cz$

$+ d = 0$ gegeven zodanig dat de normaalvector $\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix}$ naar buiten wijst. De onderstaande tabel

beschrijft het object:

vlak	a	b	c	d
V_1	0	-1	0	0
V_2	0	0	-1	0
V_3	-1	1	1	-1
V_4	1	2	2	-2

Welk punt ligt binnen het viervlak?

- a. (-0.5, 0.5, 0.5)
- b. (0.5, 0.5, 0.5)
- c. (-0.25, 0.3, 0.5)
- d. (0.25, 0.3, 0.5)

Opgave 10

Grafische displays kunnen worden onderverdeeld in *emitters* (displays die licht uitzenden) en *non emitters* (displays die zelf geen licht uitzenden, doch licht reflecteren of doorlaten). Welk van onderstaande displays is een non emitter?

- a. liquid crystal display (LCD)
- b. plasma panel
- c. shadow mask CRT
- d. alle drie de displays zijn *non emitters*

Opgave 11

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?

- a. 3
- b. 6
- c. 7
- d. 9

Opgave 12

T en Sh zijn matrices voor een translatie en een x-shearing met resp. (tx, ty) als translatievector en shx als shearing parameter. Wat is de voorwaarde (noodzakelijk en voldoende) voor de parameters tx, ty en shx opdat

$$T \cdot Sh = Sh \cdot T$$

- a. $tx=0 \vee shx=0$
- b. $ty=0 \vee shx=0$
- c. $(tx=0 \wedge ty=0) \vee shx=0$
- d. $tx=ty \vee shx=0$

Opgave 13

Wat voor soort afbeelding (van een kubus) kunnen we in de "echte wereld" (als we kijken naar een echte 3D kubus) zelfs niet in benadering zien?

- a. een orthografische projectie
- b. één-punts perspectief projectie
- c. een cavalier projectie
- d. een isometrische projectie

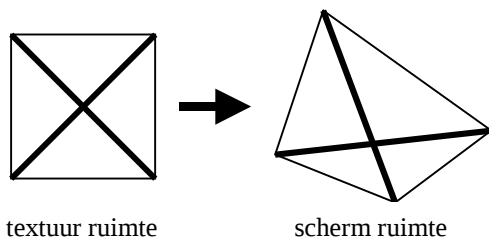
Opgave 14

Wat is de werking van de opdracht
`glutDisplayFunc (display);`
in een computerprogramma dat OpenGL gebruikt?

- De inhoud van de image buffer wordt gewisseld met de inhoud van de frame buffer.
- De display callback functie wordt aangeroepen.
- De afbeelding wordt 'gerefreshed' op het beeldscherm.
- Er wordt een naam gedefinieerd voor de display callback functie.

Opgave 15

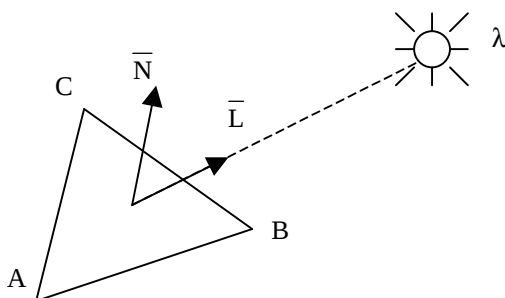
Een textuur (zie linker afbeelding) wordt gemapt op een polygon en afgebeeld op een beeldscherm (zie rechter afbeelding). Welke texture mapping methode is gebruikt?



- een perspective mapping
- een bi-lineaire mapping
- het kan zowel een perspective mapping als een bi-lineaire mapping zijn
- lineaire interpolatie over de zijden van het polygon gevolgd door lineaire interpolatie over de scan lines

Opgave 16

In een scene bevindt zich een polygon ABC met $A=(2, 1, 3)$, $B = (5, 3, 0)$ en $C = (2, 5, 0)$.



$$\bar{L} = \begin{pmatrix} 4 \\ 2 \\ -3 \end{pmatrix}; \quad I_{\lambda} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}; \quad k_d = \begin{pmatrix} 0.87 \\ 0.58 \\ 0.00 \end{pmatrix}$$

Een puntlichtbron • bevindt zich op oneindige afstand. $\bar{L}$ is een vector in de richting naar de lichtbron toe. I_{λ} is de kleur (intensiteit van de R-, G- en B-component) van het licht van de lichtbron. De diffuse reflectie coëfficiënt is k_d . Hoe groot is de diffuse reflectie component van het lichtmodel voor een punt op het polygon ABC?

- $\begin{pmatrix} 0.03 \\ 0.02 \\ 0.00 \end{pmatrix}$
- $\begin{pmatrix} 0.06 \\ 0.04 \\ 0.00 \end{pmatrix}$
- $\begin{pmatrix} 0.09 \\ 0.06 \\ 0.00 \end{pmatrix}$
- $\begin{pmatrix} 0.12 \\ 0.08 \\ 0.00 \end{pmatrix}$

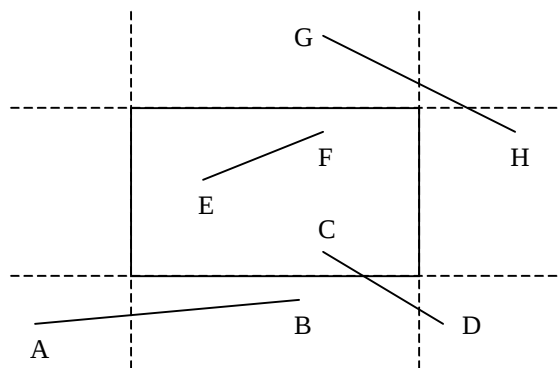
Opgave 17

Bij ray tracing kunnen we verschillende soorten stralen onderscheiden. Welk soort straal gaat altijd naar een lichtbron?

- a. een gereflecteerde straal
- b. een gebroken straal
- c. een primaire straal
- d. een schaduw straal

Opgave 18

Hoeveel van de lijnstukken AB, CD, EF en GH uit onderstaande figuur worden door het Cohen en Sutherland lijn clipping algoritme onmiddellijk geaccepteerd of verworpen (zonder eerst delen van het lijnstuk te verwijderen)?



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

Opgave 19

Scan line algoritmen voor hidden surface removal maken gebruik van een actieve zijden lijst (AZL) en een actieve vlakken lijst (AVL). Beschouw de volgende uitspraken over de inhoud van beide lijsten.

- (I) De AZL bevat alle zijden die de huidige scan line snijden.
- (II) De AVL bevat alle vlakken die de huidige scan line snijden

Van deze uitspraken is

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

Opgave 20

De onderstaande transformaties worden uitgevoerd als onderdeel van de 3D viewing pipeline:

- (I) window to viewport transformatie
- (II) modeling transformaties
- (III) viewing transformatie

Wat is de juiste volgorde van uitvoering van deze transformaties?

- 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 (III), daarna (II) en tenslotte (I)

Opgave 21

Gegeven is het volgende gedeelte van een VRML file:

```
Transform {
  translation 3 0 2
  children DEF RotatingBox Transform {
    children Transform {
      translation -3 0 -2
      children Shape {
        appearance Appearance {
          material Material { }
        }
        geometry Box { }
      }
    }
  }
}

DEF Clock TimeSensor {
  cycleInterval 10.0
  loop TRUE
}

DEF BoxPath OrientationInterpolator {
  key [0.0 0.5 1.0]
  keyValue [
    0.0 0.0 1.0 0.00
    0.0 0.0 1.0 3.14
    0.0 0.0 1.0 6.28
  ]
}

ROUTE Clock.fraction_changed TO BoxPath.set_fraction
ROUTE BoxPath.value_changed TO RotatingBox.set_rotation
```

Om welke as in het wereldcoördinatenstelsel roteert de kubus met naam RotatingBox ?

- a. $\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -3 \\ 0 \\ -2 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$
- b. $\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ 0 \\ 2 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$
- c. $\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -3 \\ 0 \\ -2 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$
- d. $\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \lambda \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$

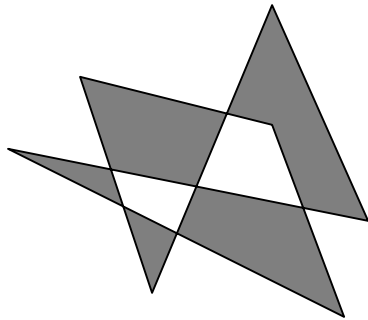
Opgave 22

Voor de antialiasing van een textuur (gedefinieerd in een uv-coördinatenstelsel) die gemapt wordt op een polygon (in een xy-coördinatenstelsel) met behulp van een mip-map, gebruiken we de partiële afgeleiden $\partial u/\partial x$, $\partial u/\partial y$, $\partial v/\partial x$, en $\partial v/\partial y$ om een niveau in de mip-map te bepalen. De partiële afgeleiden worden benaderd door lineaire interpolatie over zijden van het polygon gevolgd door lineaire interpolatie over spans met een incrementele methode. Welke uitspraak is juist?

- a. $\partial u/\partial x$ en $\partial v/\partial x$ zijn constant op een gehele span
- b. $\partial u/\partial x$ en $\partial u/\partial y$ zijn constant op een gehele span
- c. $\partial u/\partial x$ en $\partial u/\partial y$ zijn constant op een gehele zijde van het polygon
- d. $\partial u/\partial y$ en $\partial v/\partial y$ zijn constant op een gehele span

Opgave 23

Beschouw de onderstaande afbeelding van een polygon met elkaar snijdende zijden



Volgens welke regel(s) wordt het polygon ingekleurd zoals in de afbeelding?

- a. volgens de 'odd even' regel en volgens de 'nonzero winding number' regel
- b. alleen volgens de 'odd even' regel
- c. alleen volgens de 'nonzero winding number' regel
- d. niet volgens de 'odd even' regel en ook niet volgens de 'non zero winding number' regel

Opgave 24

Beschouw de volgende uitspraken over 2D transformaties

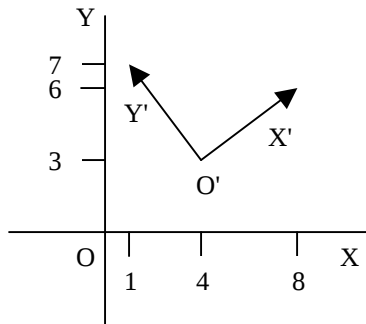
- (I) Een rotatie om de oorsprong over 180° is gelijk aan een schaling met schalingsfactoren -1 en -1.
- (II) Een spiegeling in de lijn $y=x$ is gelijk aan het omwisselen van de x-coördinaat en de y-coördinaat.

Van deze uitspraken is

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

Opgave 25

Welke matrix is de transformatiematrix van de transformatie die het assenstelsel $O'X'Y'$ transformeert zodanig dat O' in O komt te liggen, de X' as samenvalt met de X as en de Y' as met de Y as?



- a. $\begin{pmatrix} 3/5 & 4/5 & 0 \\ -4/5 & 3/5 & -5 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ b. $\begin{pmatrix} 4/5 & 3/5 & 0 \\ -3/5 & 4/5 & -5 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ c. $\begin{pmatrix} 3/5 & 4/5 & -5 \\ -4/5 & 3/5 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ d. $\begin{pmatrix} 4/5 & 3/5 & -5 \\ -3/5 & 4/5 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

Opgave 26

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

- (I) interpoleer kleuren
(II) bepaal het gemiddelde van normaalvectoren
(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 27

We willen in VRML een virtuele wereld maken van een gebouw met een begane grond en 3 verdiepingen. In het gebouw is een lift aanwezig waarmee de waarnemer het gehele gebouw kan bereiken. Hoeveel Viewpoint knopen zijn (minimaal) nodig om de waarnemer met de lift te kunnen vervoeren en alle verdiepingen en de begane grond bereikbaar te maken?

- a. 4 Viewpoint knopen, namelijk voor iedere verdieping en voor de begane grond 1.
b. 3 Viewpoint knopen, namelijk 1 voor het instappen in de lift, 1 voor het vervoer in de lift en 1 voor het uitstappen.
c. 2 Viewpoint knopen, namelijk 1 voor het gehele gebouw en 1 voor het vervoer in de lift.
d. 1 Viewpoint knoop, want de waarnemer zal nooit naar een andere positie in de virtuele wereld springen.

Opgave 28

Gegeven is dat $\mathbf{a}$ en $\mathbf{b}$ twee loodrecht op elkaar staande eenheidsvectoren zijn die gedefinieerd zijn in een rechtshandig orthonormaal coördinatenstelsel. Het uitwendig product van $\mathbf{a}$ en $\mathbf{b}$ is $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$. Beschouw de volgende uitspraken

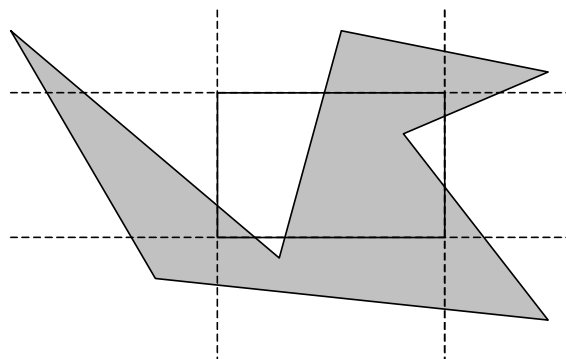
- (I) $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$ is een eenheidsvector die loodrecht op $\mathbf{a}$ en $\mathbf{b}$ staat.
- (II) $\mathbf{a}$, $\mathbf{b}$ en $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$ vormen een linkshandig coördinatenstelsel.

Van deze uitspraken is

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

Opgave 29

Het polygon in onderstaande figuur wordt geclipt met het Sutherland Hodgman algoritme tegen het gegeven window. Er wordt in 4 stappen geclipt in de volgorde: links, rechts, onder, boven. Het invoer polygon en het resultaat na iedere stap wordt gerepresenteerd als een lijst van hoekpunten. Uit hoeveel hoekpunten bestaat deze lijst na de 2^e stap (clippen tegen rechtergrens) en na de 3^e stap (clippen tegen ondergrens)?



- | | na 2 ^e stap | na 3 ^e stap |
|----|------------------------|------------------------|
| a. | 8 | 9 |
| b. | 8 | 10 |
| c. | 9 | 9 |
| d. | 9 | 10 |

Opgave 30

Welke OpenGL functie heeft betrekking op de definitie van een window voor de window to viewport transformatie?

- a. `glutCreateWindow`
- b. `gluOrtho2D`
- c. `glutInitWindowPosition`
- d. `gluLookAt`

einde tentamenopgaven