

Computer Graphics (in2770)
vrijdag 18 augustus 2006, 14.00 - 16.00 uur

N.B.: Dit tentamen bestaat uit 30 opgaven
Totaal aantal bladzijden: 12

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

Supersampling is een antialiasing methode waarbij

- een textuur op meerdere resoluties wordt opgeslagen.
- een pixel wordt voorgesteld als een cirkelvormig of vierkant gebied waarvan de overlap berekend wordt met de polygones van een af te beelden scene.
- uit de richtingscoëfficiënten van de zijden en de coördinaten van de hoekpunten van een polygon berekend wordt of een pixel op de rand van een polygon ligt.
- een afbeelding op een hogere resolutie wordt uitgerekend dan die waarop de afbeelding uiteindelijk wordt weergegeven.

Opgave 2

De afbeelding van een polygon op een raster-scan display introduceert 'jaggies' (gekartelde randen) door:

- de lage resolutie van het beeldscherm
- afrondingsfouten in de berekeningen tijdens het lijngeneratie-proces
- de opbouw van het beeldscherm uit afzonderlijke beeldpunten
- het beperkt aantal intensiteitsniveaus voor een pixel

Opgave 3

Men heeft een systeem waarmee men stukjes animatie op een rasterscherm wil laten zien. Er moeten 25 frames (beeldjes) per seconde gegenereerd worden. De frame buffer bevat 24 bits per pixel. Als men de framebuffer met een snelheid van 96000 Kilobyte (1 Kbyte is 1024 bytes) per seconde kan vorschrijven, wat is dan het maximale formaat van het voor de animatie te gebruiken window?

- a. 1280x1024
- b. 1024x1024
- c. 640x512
- d. 320x128

Opgave 4

Gegeven zijn de volgende VRML knopen die in een beschrijving van een virtuele wereld worden gebruikt om een object met de naam MovingSphere te laten bewegen:

```
DEF Clock TimeSensor {  
    cycleInterval 4  
    loop TRUE  
}  
  
DEF Path PositionInterpolator {  
    key [  
        0.0 0.5 1.0  
    ]  
    keyValue [  
        0.0 0.0 0.0,  
        10.0 0.0 0.0,  
        0.0 0.0 0.0  
    ]  
}
```

en de route:

```
ROUTE Clock.fraction_changed TO Path.set_fraction  
ROUTE Path.value_changed TO MovingSphere.set_translation
```

Het MovingSphere object begint te bewegen op tijdstip T (absolute tijd in seconden). Hoever is het object op tijdstip T+7 verwijderd van de positie waar het is gestart en in welke richting beweegt het object op dat tijdstip?

- | <u>afstand tot beginpunt</u> | <u>bewegingsrichting</u> |
|------------------------------|-------------------------------------|
| a. 2.5 | naar beginpositie toe |
| b. 5 | naar beginpositie toe |
| c. 17.5 | van beginpositie af |
| d. 0 | object beweegt niet op tijdstip T+7 |

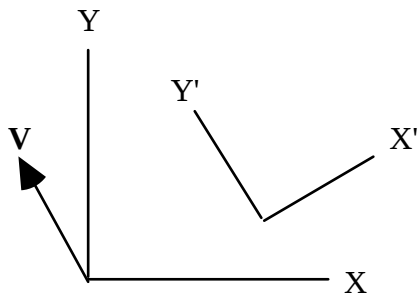
Opgave 5

Welk optisch effect kan niet worden berekend met standaard ray tracing?

- a. spiegeling
- b. transparantie
- c. diffuse interreflectie
- d. schaduw

Opgave 6

Een plaatje in een 2D wereldcoördinatenstelsel moet worden afgebeeld onder een hoek die bepaald wordt door de view up vector $\mathbf{V} = \begin{pmatrix} -1 \\ 2 \end{pmatrix}$. Hiertoe wordt een transformatie uitgevoerd die objecten vanuit het wereldcoördinatenstelsel XY transformeert naar een coördinatenstelsel X'Y' waarvan de richting van de Y'-as bepaald is door $\mathbf{V}$ en waarvan de oorsprong het punt (3, 1) is.



Wat is de matrix van de transformatie die deze conversie naar het nieuwe coördinatenstelsel realiseert?

a.
$$\begin{pmatrix} \frac{2}{5}\sqrt{5} & \frac{1}{5}\sqrt{5} & -\frac{7}{5}\sqrt{5} \\ -\frac{1}{5}\sqrt{5} & \frac{2}{5}\sqrt{5} & \frac{1}{5}\sqrt{5} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

b.
$$\begin{pmatrix} -\frac{2}{5}\sqrt{5} & -\frac{1}{5}\sqrt{5} & \frac{7}{5}\sqrt{5} \\ \frac{1}{5}\sqrt{5} & -\frac{2}{5}\sqrt{5} & -\frac{1}{5}\sqrt{5} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

c.
$$\begin{pmatrix} \frac{2}{5}\sqrt{5} & -\frac{1}{5}\sqrt{5} & -\sqrt{5} \\ -\frac{1}{5}\sqrt{5} & \frac{2}{5}\sqrt{5} & \frac{1}{5}\sqrt{5} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

d.
$$\begin{pmatrix} -\frac{2}{5}\sqrt{5} & \frac{1}{5}\sqrt{5} & \sqrt{5} \\ \frac{1}{5}\sqrt{5} & -\frac{2}{5}\sqrt{5} & -\frac{1}{5}\sqrt{5} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Opgave 7

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 8

Clipping van lijnen tegen een **3D** genormaliseerd view volume kan plaatsvinden met het Cohen en Sutherland algoritme. Voor de ligging van de eindpunten van te clippen lijnen ten opzichte van het view volume worden 6 bits codes gebruikt. Hoeveel verschillende codes zijn er mogelijk voor een willekeurig punt?

- a. 9
- b. 16
- c. 27
- d. 64

Opgave 9

Een polygon heeft een vlakvergelijking met coëfficiënten a, b, c en d. Met een z-buffer algoritme wordt dit polygon afgebeeld. De dieptewaarde voor het polygon voor pixelpositie P = (x, y) is reeds bepaald en gelijk aan z_P . Wat is de dieptewaarde voor positie Q = (x+1, y) ?

- a. $z_Q = z_P + a / c$
- b. $z_Q = z_P - a / c$
- c. $z_Q = z_P + b / c$
- d. $z_Q = z_P - b / c$

Opgave 10

Er wordt een scene afgebeeld met een window to viewport afbeelding die door de volgende OpenGL calls wordt gedefinieerd:

```
glViewport(100, 200, 300, 300)
glMatrixMode(GL_PROJECTION);
glLoadIdentity();
gluOrtho2D(163, 271, 55, 160);
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
glFlush();
```

Hoe wordt de actie genoemd die op het beeldscherm plaatsvindt als vervolgens het volgende stukje code uitgevoerd wordt?

```
glViewport(100, 200, 300, 300)
glMatrixMode(GL_PROJECTION);
glLoadIdentity();
gluOrtho2D(208, 316, 25, 130);
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
glFlush();
```

- a. Zoom in
- b. Zoom out
- c. Panning
- d. Clipping

Opgave 11

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 12

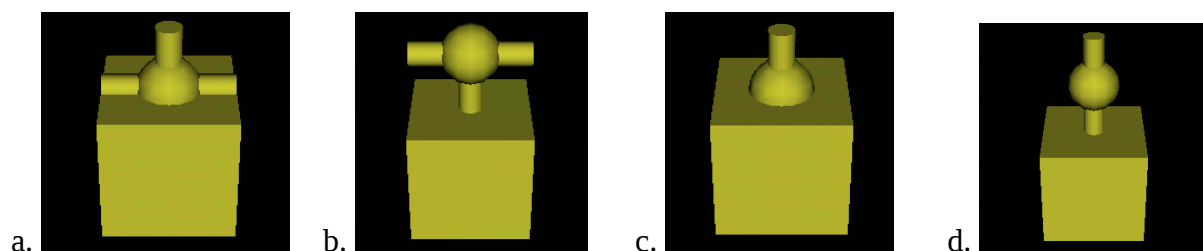
Beschouw de volgende VRML virtuele wereld:

```
#VRML V2.0 utf8
```

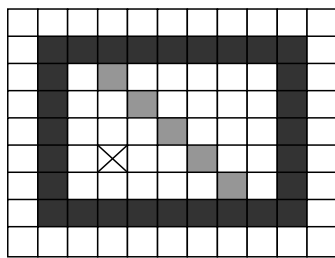
```
Shape {  
  appearance DEF Yellow Appearance  
  {  
    material Material {  
      diffuseColor .8 .8 .2  
    }  
  }  
  geometry Box {}  
}  
Transform {  
  translation 0 1 0  
  children [  
    Shape {  
      appearance USE Yellow  
      geometry Cylinder {  
        radius 0.2  
      }  
    }  
  ]  
}
```

```
Transform {  
  translation 0 1 0  
  children [  
    Shape {  
      appearance USE Yellow  
      geometry Sphere {  
        radius 0.5  
      }  
    }  
    Transform {  
      rotation 0 1 0 1.57  
      children Shape {  
        appearance USE Yellow  
        geometry Cylinder {  
          radius 0.2  
        }  
      }  
    }  
  ]  
}
```

Hoe ziet het model dat in deze wereld wordt gedefinieerd eruit?



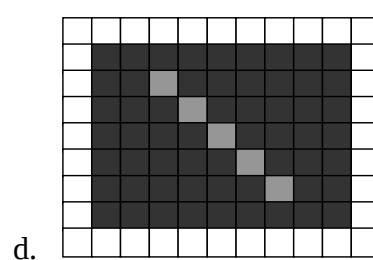
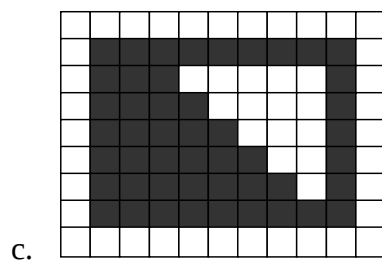
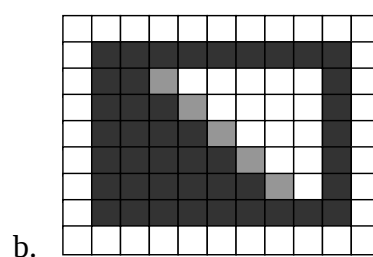
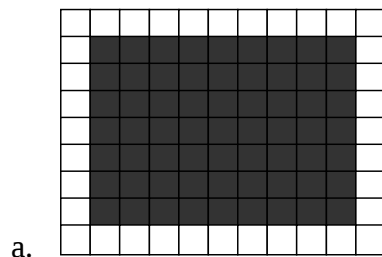
Opgave 13



colors used: white
 gray
 black

seed: X

Hoe ziet het polygon eruit na uitvoering van het 8-connected flood fill algoritme met het pixel met het kruis als startpixel en met vulkleur “black”?



Opgave 14

Gegeven is de volgende programmacode met OpenGL function calls

```
glBegin (polygonMode);  
    ... /* n punten */  
glEnd ();
```

Met welke polygonMode (GL_TRIANGLE_STRIP of GL_TRIANGLE_FAN) genereert bovenstaande code het grootste aantal polygons?

- met GL_TRIANGLE_STRIP
- met GL_TRIANGLE_FAN
- dat hangt af van de waarde van n
- altijd precies even veel

Opgave 15

We kunnen 3D transformaties representeren met 3 bij 3 matrices of met 4 bij 4 matrices (in homogene coördinaten). Alle transformaties kunnen worden gerepresenteerd in homogene coördinaten. Echter, met 3 bij 3 matrices kunnen we bepaalde soorten transformaties niet representeren.

Beschouw de volgende soorten transformaties:

- (I) shearing
- (II) translatie
- (III) perspectief projectie

Welke van deze soorten transformaties kunnen met een 3 bij 3 matrix worden gerepresenteerd?

- a. alleen de shearing transformatie
- b. alleen de translatie
- c. alleen de perspectief projectie
- d. alle drie de soorten transformaties

Opgave 16

De matrix $\begin{pmatrix} -0.28 & -0.96 & 0 \\ -0.96 & 0.28 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ representeert een 2D spiegeling in de lijn $y = mx$.

Wat is de richtingscoëfficiënt m van deze lijn?

- a. $m = 3/4$
- b. $m = -3/4$
- c. $m = 4/3$
- d. $m = -4/3$

Opgave 17

In een VRML virtuele wereld loopt een route van een TimeSensor knoop via een PositionInterpolator knoop naar een knoop waaraan (met DEF) de naam MovingBall is gegeven. Het resultaat is dat een bol in de virtuele wereld beweegt.

Wat voor soort knoop is MovingBall?

- a. een Sphere knoop
- b. een Shape knoop
- c. een Group knoop
- d. een Transform knoop

Opgave 18

De window to viewport transformatie M (voor windowgrenzen $xwmin$, $xwmax$, $ywmin$ en $ywmax$ en viewportgrenzen $xvmin$, $xvmax$, $yvmin$ en $yvmax$) transformeert viewing coördinaten naar screen coördinaten met een combinatie van een translatie T_1 , gevolgd door een schaling S , gevolgd door nog een translatie T_2 . Gegeven is:

$$T_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & e \\ 0 & 1 & f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad S = \begin{pmatrix} c & 0 & 0 \\ 0 & d & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad T_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & a \\ 0 & 1 & b \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad M = T_2 \cdot S \cdot T_1$$

waarbij (I) of (II) en (III) of (IV) geldt:

(I) $a = -xwmin$, $b = -ywmin$, $e = xvmin$ en $f = yvmin$

(II) $a = -xvmin$, $b = -yvmin$, $e = xwmin$ en $f = ywmin$

(III) $c = (xwmax - xwmin) / (xvmax - xvmin)$ en $d = (ywmax - ywmin) / (yvmax - yvmin)$

(IV) $c = (xvmax - xvmin) / (xwmax - xwmin)$ en $d = (yvmax - yvmin) / (ywmax - ywmin)$

Wat is de juiste combinatie?

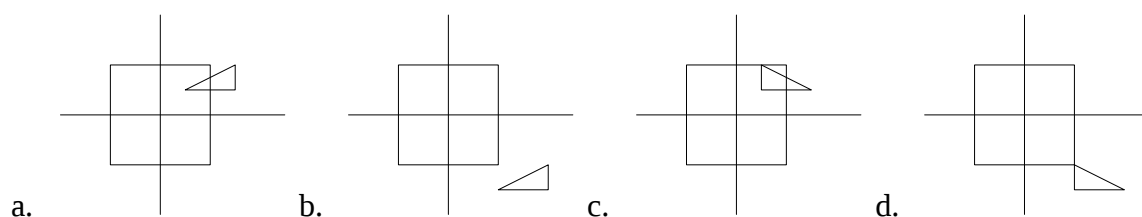
- a. (I) en (III)
- b. (I) en (IV)
- c. (II) en (III)
- d. (II) en (IV)

Opgave 19

Gegeven is het volgende programmafragment met OpenGL functie aanroepen:

```
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);  
glLoadIdentity();  
  
glBegin(GL_QUADS);  
glVertex2f(-2.0, 2.0);    glVertex2f(2.0, 2.0);  
glVertex2f(2.0, -2.0);    glVertex2f(-2.0, -2.0);  
glEnd();  
  
glScale2f(2.0, -1.0);  
glTranslate2f(1.0, 2.0);  
  
glBegin(GL_TRIANGLES);  
glVertex2f(0.0, 1.0);    glVertex2f(1.0, 1.0);    glVertex2f(1.0, 0.0);  
glEnd();
```

Welke figuur toont de correcte grafische uitvoer?



Opgave 20

Beschouw het scan line hidden surface removal algoritme. Dit algoritme maakt gebruik van een actieve zijdenlijst (AZL) en een actieve vlakkenlijst (AVL). Beantwoord de volgende vragen over de AZL en de AVL:

- (I) Op welk moment worden zijden toegevoegd aan of verwijderd uit de actieve zijdenlijst (AZL)?
- (II) Op welk moment worden vlakken toegevoegd aan of verwijderd uit de actieve vlakkenlijst (AVL)?

- | | |
|--|---|
| (I) | (II) |
| a. bij overgang naar de volgende scan line | bij overgang naar de volgende scan line |
| b. bij overgang naar de volgende scan line | bij overgang naar de volgende span |
| c. bij overgang naar de volgende span | bij overgang naar de volgende scan line |
| d. bij overgang naar de volgende span | bij overgang naar de volgende span |

Opgave 21

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 object dat bijvoorbeeld groen is te veranderen in rood?

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

Opgave 22

Gegeven is het polygon ABCD. Op ABCD wordt een textuur gemapt met textuurcoördinaten van 0 tot 1 in u en v richting. De onderstaande tabel geeft de correspondentie tussen de punten A, B, C en D en de textuur.

hoekpunt	textuur ruimte		scherm ruimte	
	u	v	x	y
A	0	0	200	200
B	1	0	600	100
C	1	1	200	700
D	0	1	100	600

De textuur wordt op het polygon gemapt met een bilineaire mapping. Op welk punt in schermcoördinaten wordt het punt (0.5, 0.25) in textuurcoördinaten afgebeeld?

- a. (325, 250)
- b. (325, 275)
- c. (337.5, 250)
- d. (337.5, 275)

Opgave 23

Een textuur moet op een polygon worden afgebeeld. Om Moiré patronen te voorkomen passen we anti-aliasing toe. Wat is een goede reden om bij de anti-aliasing gebruik te maken van een mip-map?

- a. De mip-map maakt het mogelijk om de textuur met willekeurige schaaufactoren op het polygon te mappen.
- b. De mip-map verkleint de hoeveelheid geheugenruimte die nodig is voor het opslaan van de textuur.
- c. De mip map versnelt de anti-aliasing.
- d. De mip map verbetert de kwaliteit van de gemapte textuur in de schermruimte.

Opgave 24

In een lichtmodel wordt de lichtsterkte onafhankelijk van de afstand naar de lichtbron verondersteld. Twee lichtbronnen $light_1$ en $light_2$ (op eindige afstand) hebben gelijke lichtintensiteit $I_1 = I_2$. Licht van beide lichtbronnen valt op een polygon met vlakvergelijking $2x - 3y + z + 5 = 0$. De vector in de richting naar de lichtbron $light_1$ en $light_2$ toe is resp. $L_1 = (4, 2, 0)$ en $L_2 = (3, 0, 1)$. Wat is de verhouding tussen de grootte van de diffuse reflectie component van $light_1$ en van $light_2$ voor een punt op het oppervlak van het polygon?

- a. diffuse reflectie van $light_1$: diffuse reflectie van $light_2 = 1 : 7$
- b. diffuse reflectie van $light_1$: diffuse reflectie van $light_2 = \sqrt{2} : 7$
- c. diffuse reflectie van $light_1$: diffuse reflectie van $light_2 = 2 : 7$
- d. diffuse reflectie van $light_1$: diffuse reflectie van $light_2 = 2\sqrt{2} : 7$

Opgave 25

In een polygon model zijn de hoekpunten van de polygons niet consequent tegen de wijzers van de klok in gedefinieerd, als je vanaf de buitenkant naar de objecten kijkt. Voor welke stap in de viewing pipeline levert dit een probleem op?

- a. de modeling transformaties
- b. de perspectief projectie
- c. de back face removal
- d. het z-buffer algoritme

Opgave 26

Zijn isometrische projecties en cavalier projecties parallel projecties of perspectief projecties?

- | | <u>isometrische projectie</u> | <u>cavalier projectie</u> |
|----|-------------------------------|---------------------------|
| a. | parallel | parallel |
| b. | parallel | perspectief |
| c. | perspectief | parallel |
| d. | perspectief | perspectief |

Opgave 27

Een rotatie om de vector (x, y, z) over 30° , genoteerd als $R_{(x,y,z)}(30^\circ)$, is opgebouwd uit de volgende elementaire transformaties:

1. een rotatie om de x-as over 45° , genoteerd als $R_{x-as}(45^\circ)$
2. een rotatie om de y-as over 45° , genoteerd als $R_{y-as}(45^\circ)$
3. een rotatie om de z-as over 30° , genoteerd als $R_{z-as}(30^\circ)$
4. een rotatie om de y-as over -45° , genoteerd als $R_{y-as}(-45^\circ)$
5. een rotatie om de x-as over -45° , genoteerd als $R_{x-as}(-45^\circ)$

Er geldt dus: $R_{(x,y,z)}(30^\circ) = R_{x-as}(-45^\circ) \cdot R_{y-as}(-45^\circ) \cdot R_{z-as}(30^\circ) \cdot R_{y-as}(45^\circ) \cdot R_{x-as}(45^\circ)$

Wat is de vector (x, y, z) van deze transformatie?

- a. $(\sqrt{2}, 1, 1)$
- b. $(-\sqrt{2}, 1, 1)$
- c. $(\sqrt{2}, \sqrt{2}, 1)$
- d. $(-\sqrt{2}, -\sqrt{2}, 1)$

Opgave 28

Een lijnstuk AB met beginpunt $A = (800, 300)$ en eindpunt $B = (300, 550)$ wordt gescanconverteerd met het DDA algoritme. Wat is de y-increment die bij de uitvoering van het algoritme wordt gebruikt?

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

Opgave 29

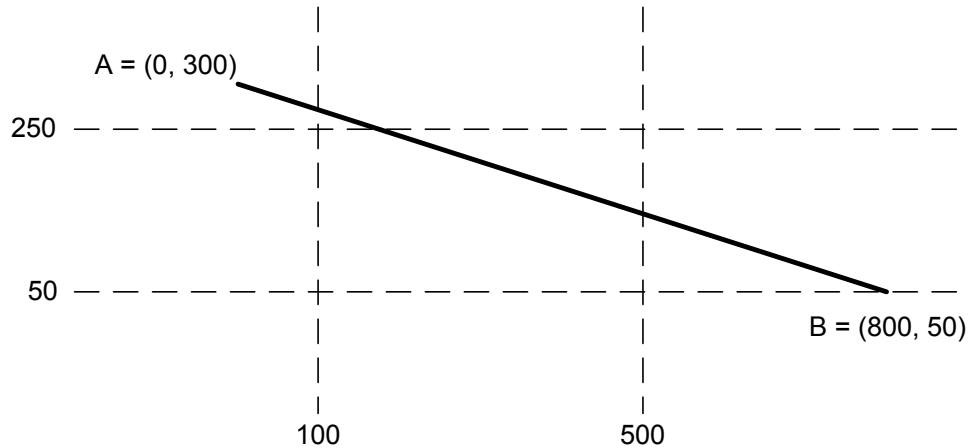
De matrix $\begin{pmatrix} -1 & 0 & p \\ 0 & -1 & q \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ representeert een rotatie om het punt (a, b) over een hoek α .

Wat is de waarde van p en q ?

- a. $p = a + b$ en $q = -a + b$
- b. $p = -a + b$ en $q = a + b$
- c. $p = 2a$ en $q = 2b$
- d. $p = -2a$ en $q = -2b$

Opgave 30

Het lijnstuk AB uit de onderstaande figuur wordt geclippt met het Liang en Barsky algoritme. De windowgrenzen hebben in het algoritme de volgorde links, rechts, onder, boven. De afmetingen van het window en de coördinaten van de punten A en B zijn in onderstaande figuur gegeven.



Hoe verandert het parameterinterval tijdens het clippen van het lijnstuk AB met dit algoritme?

- a. $[0.0, 1.0] \Rightarrow [0.125, 1.0] \Rightarrow [0.125, 0.625] \Rightarrow [0.2, 0.625]$
- b. $[0.0, 1.0] \Rightarrow [0.125, 1.0] \Rightarrow [0.2, 1.0] \Rightarrow [0.2, 0.625]$
- c. $[0.0, 1.0] \Rightarrow [0.2, 1.0] \Rightarrow [0.2, 0.7] \Rightarrow [0.3, 0.7]$
- d. $[0.0, 1.0] \Rightarrow [0.2, 1.0] \Rightarrow [0.3, 1.0] \Rightarrow [0.3, 0.7]$

einde tentamenopgaven