Компютърна графика

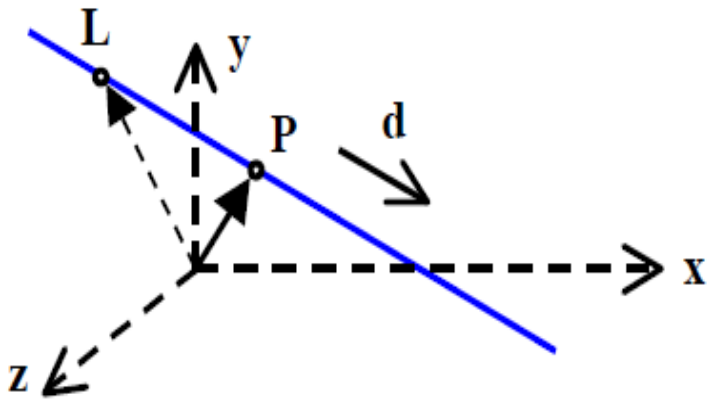
Определяне на видими стени и обекти

доц. Милена Лазарова, кат. КС, ФКСУ

Права

- ***Векторно (параметрично) уравнение на права***
  - правата се задава с
    - радиус-вектор ***P***
    - направляващ вектор ***d***
  - произволна точка от правата се определя от

    $\mathbf{L} = \mathbf{P} + t\mathbf{d}$



  - връзка с декартови координати в 2D

    $x = P_x + t.d_x$

    $y = P_y + t.d_y$

    - ако $d_x \neq 0$, то t може да се елиминира

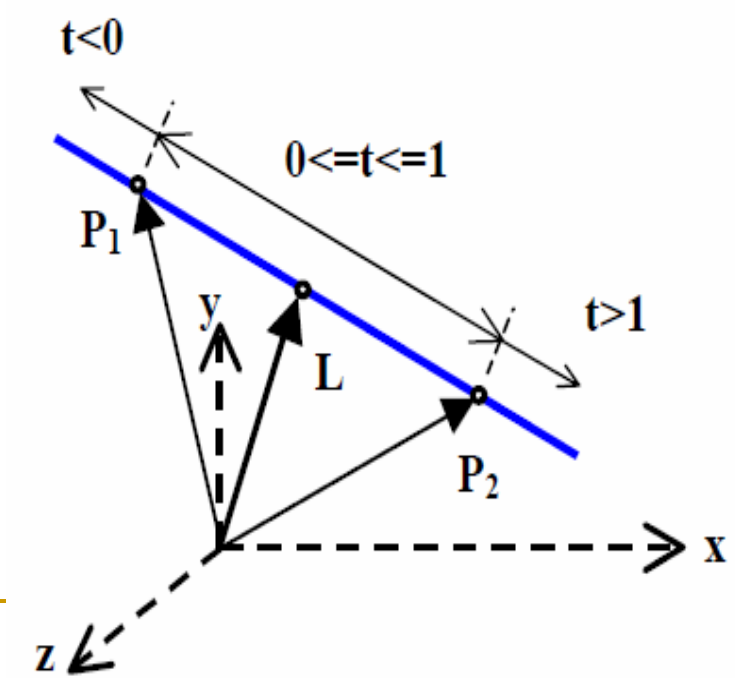
      $y = (P_y - (d_y/d_x).P_x) + (d_y/d_x).x \Rightarrow y = a.x + b$

Права

- Отсечки от прави
  - отсечката е зададена с две точки P_1 и P_2
- Векторът, определящ посоката на правата, е

  $\mathbf{d} = P_2 - P_1$
- Уравнението на правата е

  $\mathbf{L} = P_1 + t\,(P_2 - P_1)$



Права

- ***Точка на пресичане на две отсечки в 2D***
  - отсечките са от P_{11} до P_{12} и от P_{21} до P_{22}

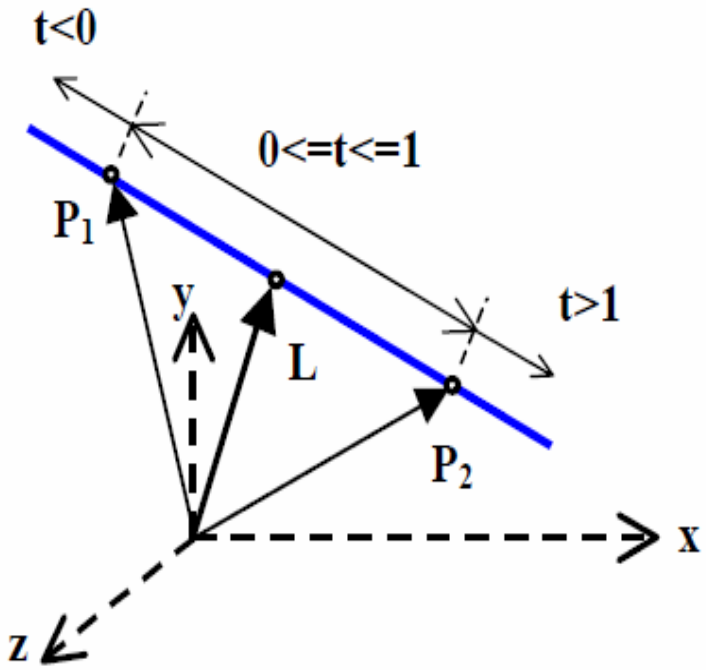
    $L_1 = P_{11} + t_1(P_{12} - P_{11})$

    $L_2 = P_{12} + t_2(P_{22} - P_{21})$

  - в точката на пресичане $L_1 = L_2$
    - за да се определи точката на пресичане се определят t_1 и t_2

      $x_{11} + t_1(x_{12} - x_{11}) = x_{21} + t_2(x_{22} - x_{21})$

      $y_{11} + t_1(y_{12} - y_{11}) = y_{21} + t_2(y_{22} - y_{21})$



    - ако $0 \le t_1 \le 1$ и $0 \le t_2 \le 1$,
      то отсечките имат точка на пресичане

Равнина

- ***Векторно уравнение на равнина***
  - равнината е зададена с три точки P_1, P_2 и P_3

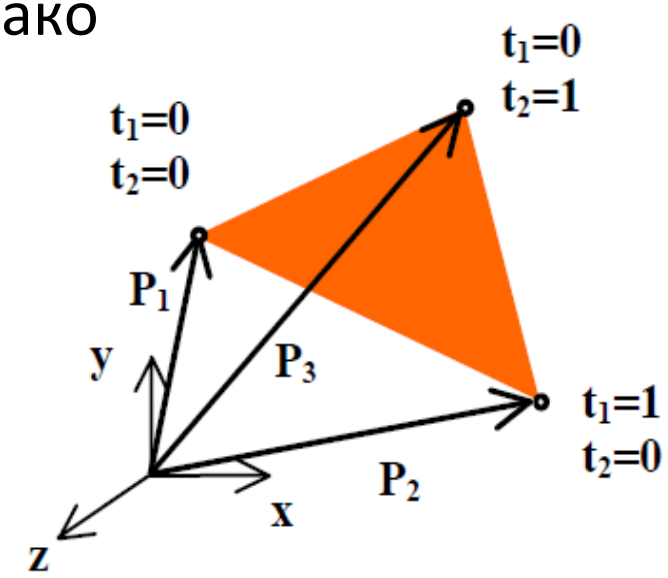
    $\mathbf{P} = P_1 + t_1 (P_2 - P_1) + t_2 (P_3 - P_1)$

- Точка P лежи вътре в триъгълника, ако

  $t_1 > 0$ и

  $t_2 > 0$ и

  $t_1 + t_2 < 1$



Равнина

- Равнина, зададена с точка и нормала
  - ако ***n*** е нормала към равнината, а ***p*** е свободен вектор в равнината, то

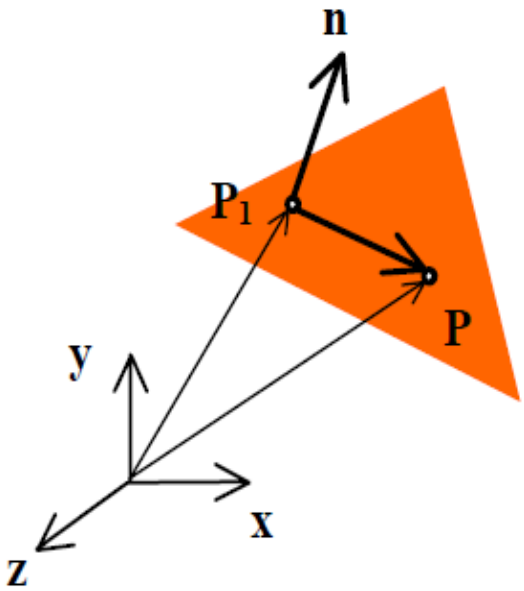
$$\boldsymbol{n} \,.\, \boldsymbol{p} = 0$$

- Ако равнината е зададена с три точки P_1, P_2 и P_3, то нормала към равнината може да се определи от векторното произведение на двете отсечки

$$\boldsymbol{n} = (P_2 - P_1) \times (P_3 - P_1)$$

или

$$\boldsymbol{n} = \|P_2 - P_1\| . \|P_3 - P_1\| . \sin \alpha$$



Равнина

- Ако равнината е зададена с нормала и точка от равнината (радиус-вектор) $\boldsymbol{P}_1$, а $\boldsymbol{P}$ произволна точка от равнината, то

  $\boldsymbol{p} = \boldsymbol{P} - \boldsymbol{P}_1 \qquad \boldsymbol{n}.(\boldsymbol{P} - \boldsymbol{P}_1)=0 \quad \boldsymbol{n}.\boldsymbol{P} = \boldsymbol{n}.\boldsymbol{P}_1=s$ (s е скалар)

  $\boldsymbol{n}.\boldsymbol{P} = s$

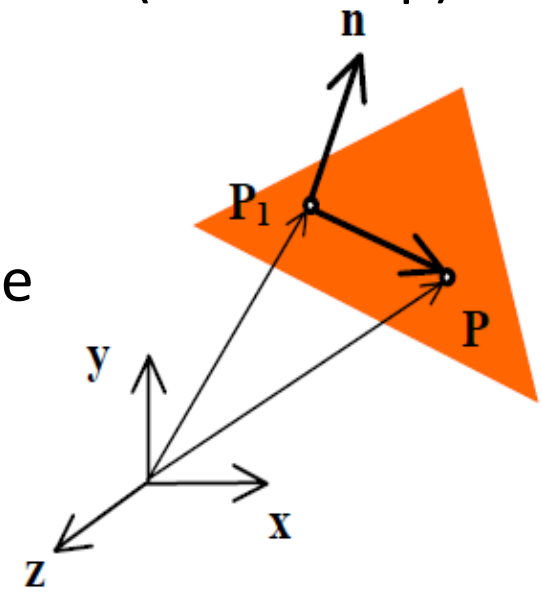
- Преминаване към аналитично уравнение

  $\boldsymbol{n}_x.x + \boldsymbol{n}_y.y + \boldsymbol{n}_z.z - s = 0$

  или

  $Ax + By + Cz + D = 0$

  където $A=\boldsymbol{n}_x$, $B=\boldsymbol{n}_y$, $C=\boldsymbol{n}_z$, $D=-\boldsymbol{n}.\boldsymbol{P}_1$



Равнина

- ***Точка на пресичане на права и равнина***
  - равнината е зададена с

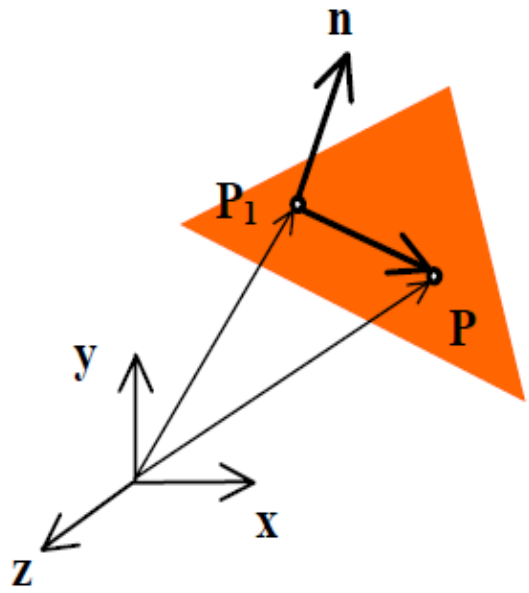
    $\boldsymbol{n}.\boldsymbol{P} = s$
  - правата е зададена с

    $\boldsymbol{P} = \boldsymbol{P}_1 + t\mathbf{d}$

- В точката на пресичане

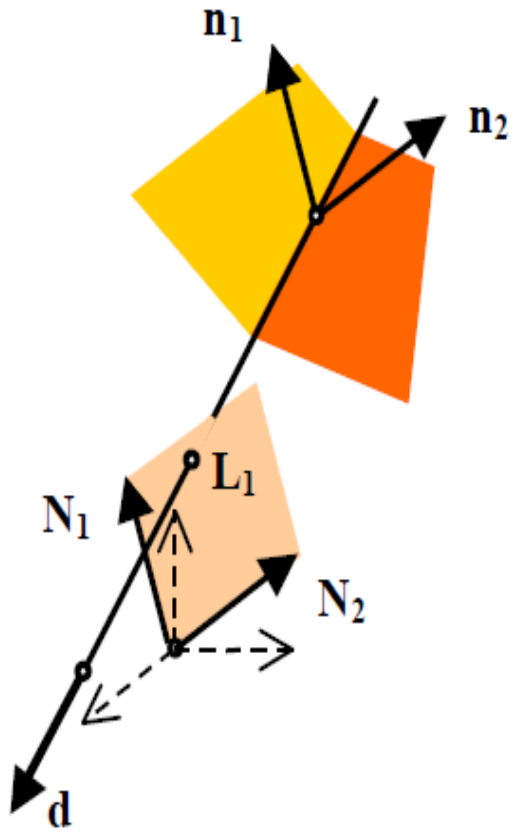
  $\boldsymbol{n}.(\boldsymbol{P}_1 + t\mathbf{d}) = s$

  $t = (s - \boldsymbol{n}.\boldsymbol{P}_1)/\boldsymbol{n}.\mathbf{d}$



Равнина

- ***Права на пресичане на две равнини***
  - двете равнини са зададени с
    $\boldsymbol{n}_1.\boldsymbol{P} = s_1$ и $\boldsymbol{n}_2.\boldsymbol{P} = s_2$
  - правата на пресичане е перпендикулярна на $\boldsymbol{n}_1$ и на $\boldsymbol{n}_2$
  - посоката на правата на пресичане се определя от вектора
    $\boldsymbol{d} = \boldsymbol{n}_1 \times \boldsymbol{n}_2$



  - търси се точка от правата, например $\boldsymbol{L}_1$
  - използват се два радиус-вектора, които образуват равнина перпендикулярна на $\boldsymbol{d}$ и минаваща през т.О: $\boldsymbol{N}_1 = \boldsymbol{n}_1$, $\boldsymbol{N}_2 = \boldsymbol{n}_2$
  - точката $\boldsymbol{L}_1$ лежи в тази равнина

Равнина

- Уравнението на пресечницата е

  $\boldsymbol{L} = \boldsymbol{L}_1 + \boldsymbol{t}(\boldsymbol{n}_1 \times \boldsymbol{n}_2)$

- $\boldsymbol{L}_1$ може да се представи като

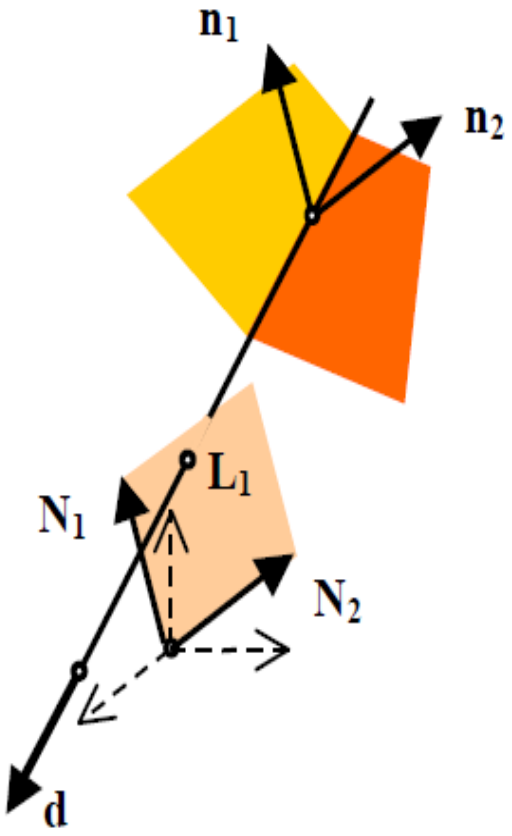
  $\boldsymbol{L}_1 = a.\boldsymbol{N}_1 + b.\boldsymbol{N}_2$ (a и b са скалари)

  или $\boldsymbol{L}_1 = a.\boldsymbol{n}_1 + b.\boldsymbol{n}_2$ / $.\boldsymbol{n}_1$ / $.\boldsymbol{n}_2$

- след умножение с двете нормали

  $\boldsymbol{L}_1.\boldsymbol{n}_1 = a|\boldsymbol{n}_1|^2 + b\boldsymbol{n}_1.\boldsymbol{n}_2 = \boldsymbol{s}_1$

  $\boldsymbol{L}_1.\boldsymbol{n}_2 = a\boldsymbol{n}_1.\boldsymbol{n}_2 + b|\boldsymbol{n}_2|^2 = \boldsymbol{s}_2$



- решава се спрямо *a* и *b* и след заместване се определя $\boldsymbol{L}_1$

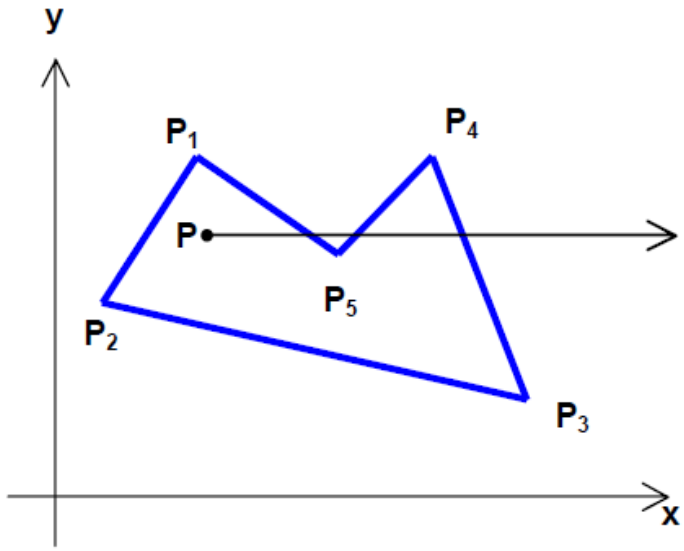
Прави и равнини

- ***Тест за принадлежност на точка в произволен многоъгълник***

- Дадени са

  - многоъгълник с координатите на върховете си
    $\boldsymbol{P}_k$ (k=1, 2, …, n, n+1; $\boldsymbol{P}_{n+1}=\boldsymbol{P}_1$)

  - точка $\boldsymbol{P}(x_p, y_p)$



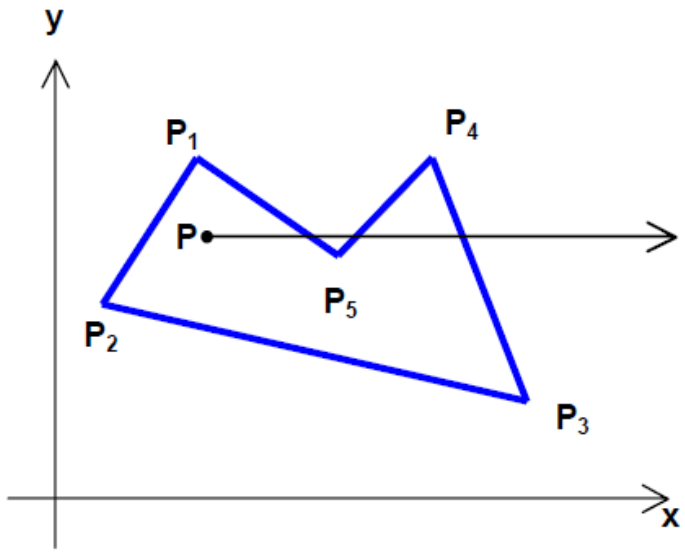
Прави и равнини

- ***Тест 1***

- Уравнение на лъч през т.P успореден на абсцисата

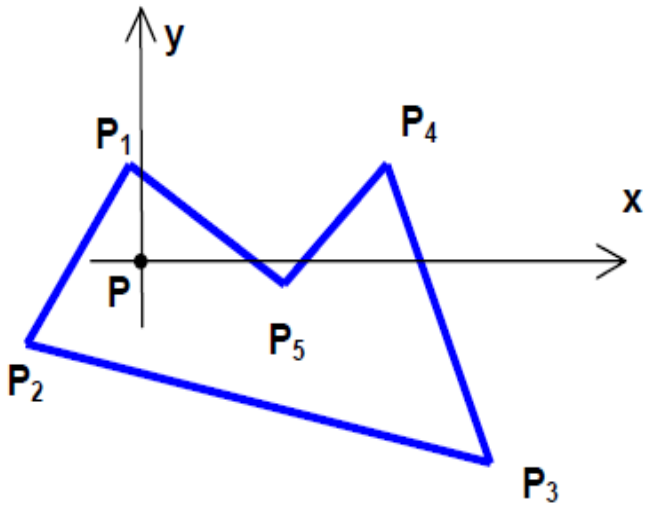
$$\boldsymbol{P} + t_1.i$$

  - *i* е единичен вектор по оста x



- ***Точката е вътре в многоъгълника ако лъча пресича нечетен брой пъти страните на многоъгълника***
  - за всяка страна се определя има ли пресечна точка с лъча

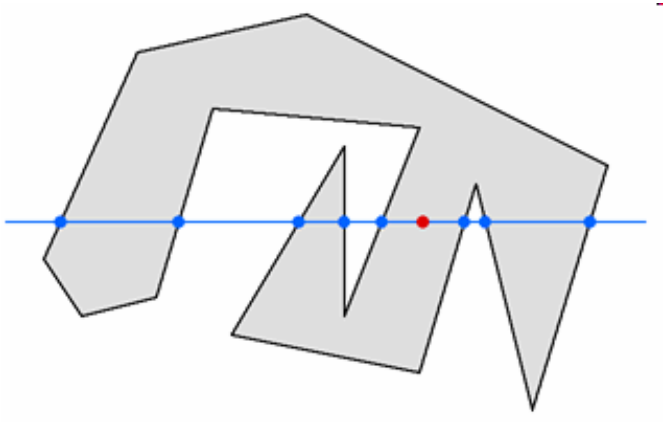
Прави и равнини

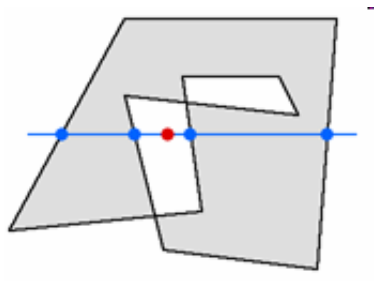


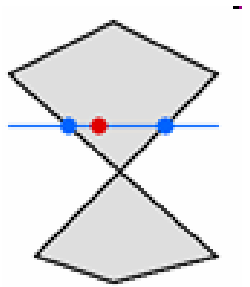
- ***Тест 2***
- Пренасят се т.Р и многоъгълника в началото на КС
  - транслация с $T(-x_p,-y_p)$
- ***При нечетен брой точки на пресичане на страните на многоъгълника с новата абсциса, точката е вътре в многоъгълника***
- Точка на пресичане на ръб с положителната посока на оста *x* има само, ако двете крайни точки на ръба са от различни страни на оста *x* и
  - двете крайни точки са отдясно на оста y или
  - едната крайна точка е отляво, а другата – отдясно на оста y и точката на пресичане има координата x>0

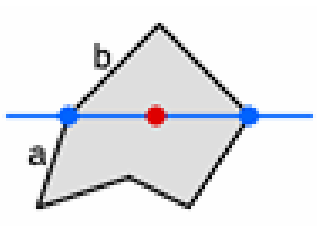
Прави и равнини

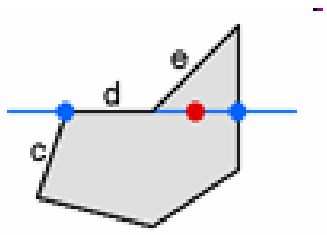
Тест за принадлежност на точка в произволен многоъгълник





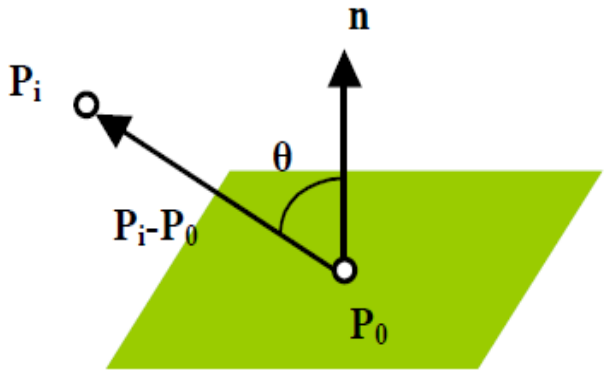






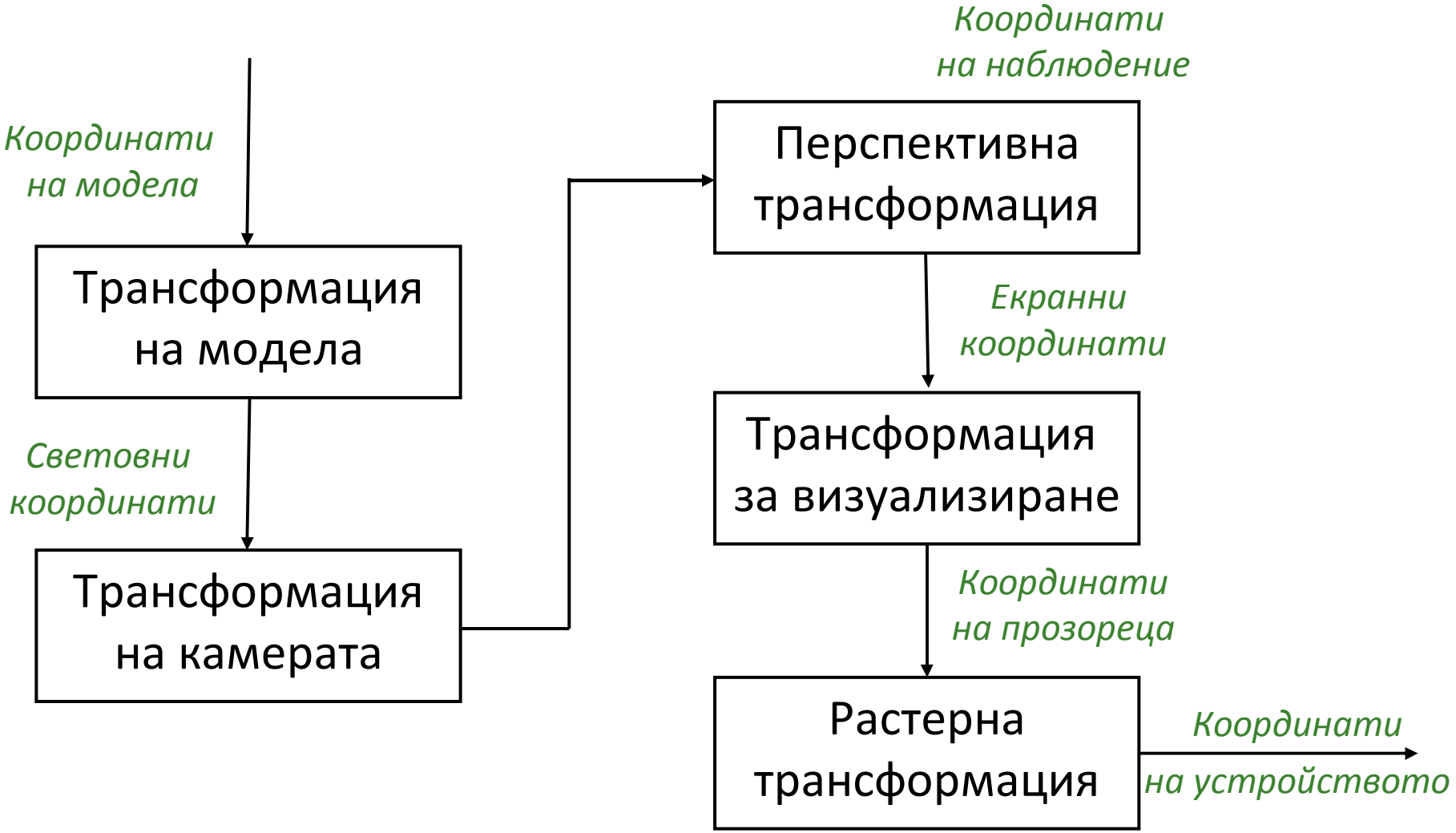
Прави и равнини

- ***Разделяне на пространството от равнина***
  - дадена е равнина с точка $\boldsymbol{P}_0$ и нормала $\boldsymbol{n}$ и две точки $\boldsymbol{P}_1$ и $\boldsymbol{P}_2$
  - да се определи дали двете точки лежат от една и съща страна на равнината

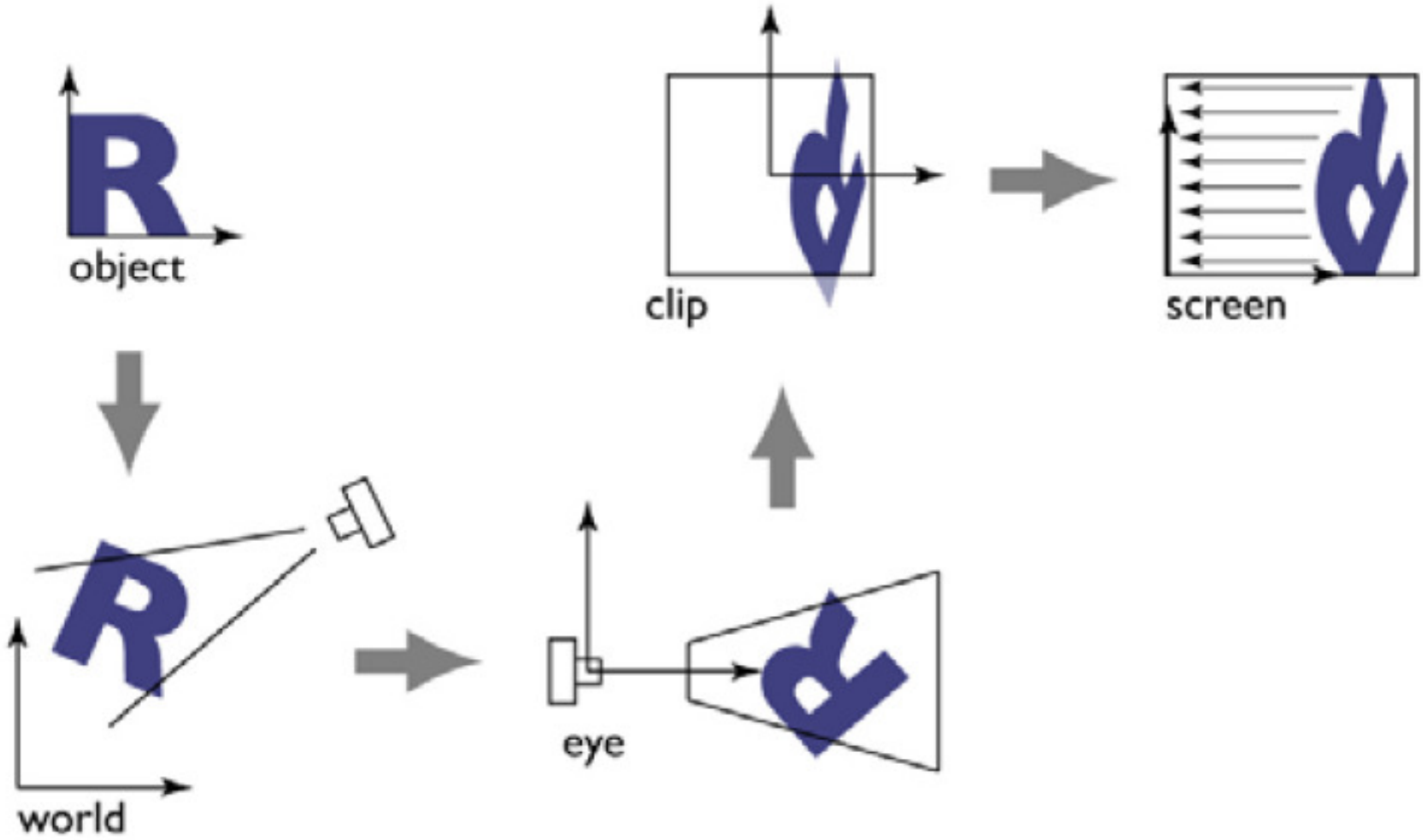


  - Използва се знака на скаларно произведение
    - ако $\boldsymbol{n}.(\boldsymbol{P}_i - \boldsymbol{P}_0) > 0$, то точката $\boldsymbol{P}_i$ лежи в това полупространство, в което е нормалата $\boldsymbol{n}$ ($\boldsymbol{P}_i \neq \boldsymbol{P}_0$, $\boldsymbol{P}_0$ е точка от равнината)
    - ако $\boldsymbol{n}.(\boldsymbol{P}_1 - \boldsymbol{P}_0)$ и $\boldsymbol{n}.(\boldsymbol{P}_2 - \boldsymbol{P}_0)$ имат еднакви знаци, то $\boldsymbol{P}_1$ и $\boldsymbol{P}_2$ лежат от една и съща страна на равнината

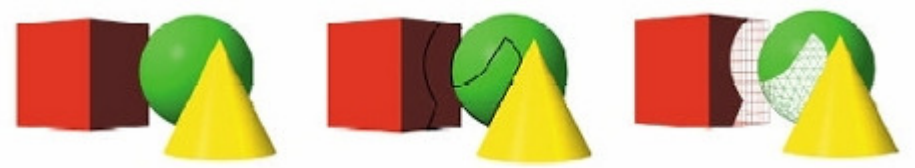
Основен графичен конвейер



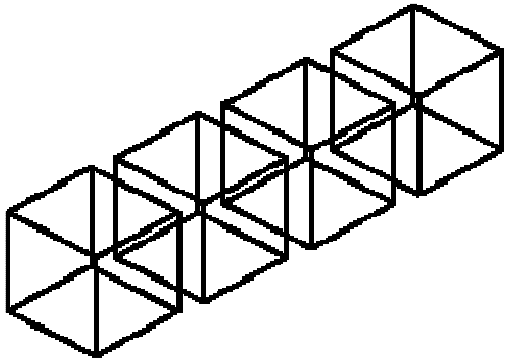
Основен графичен конвейер

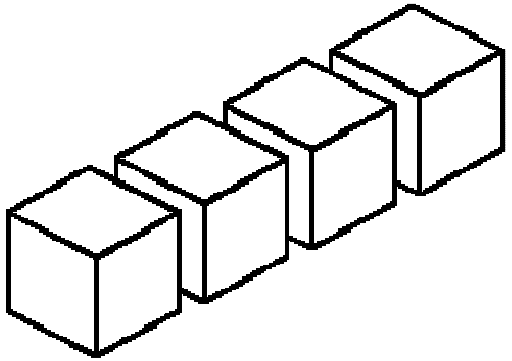


Видими обекти /скрити обекти



- Цел
  - да се определи какво се вижда от дадена сцена при определена позиция на наблюдение
    - не се рендират примитиви, които не са видими
    - отхвърлят се примитиви, които не променят сцената и генерираното изображение





- Кога?
  - колкото е възможно по-рано в графичния конвейер

Видими обекти /скрити обекти

- Термини
  - ***culling***
    - отхвърлят се примитиви или групи от примитиви
    - ***операция за оптимизация на рендирането***
  - ***clipping***
    - примитив се разделя на видима и невидима част
    - ***необходима операция***
  - ***testing***
    - отхвърля се фрагмент (потенциален пиксел)
    - ***необходима операция***

Видими обекти /скрити обекти

- Форми на закриване/невидимост
  - ***Изрязване с визуален обем*** (View-frustum culling)
    - невидим, защото е извън визуалния обем
  - ***Скриване*** (Backface culling)
    - невидим, защото е вътре в затворена фигура
  - ***Закриване*** (Occlusion culling)
    - невидим, защото е закрит
  - ***Незначителност*** (Importance culling)
    - (почти) невидим, защото проекцията му е твърде малка в сравнение с останалите елементи

Видими обекти /скрити обекти

- Форми на закриване/невидимост
  - ***Хардуерна имплементация (GPU)***
    - автоматизирано
    - много ефективно (много малко забавяне)
    - изпълнява се късно в графичния конвейер и разглежда само един примитив в даден момент
  - ***Софтуерна имплементация (CPU)***
    - алгоритми и структури от данни за изпълнението
    - по-малко ефективно
    - изпълнява се рано в графичния конвейер и разглежда цели групи примитиви

Видими обекти /скрити обекти

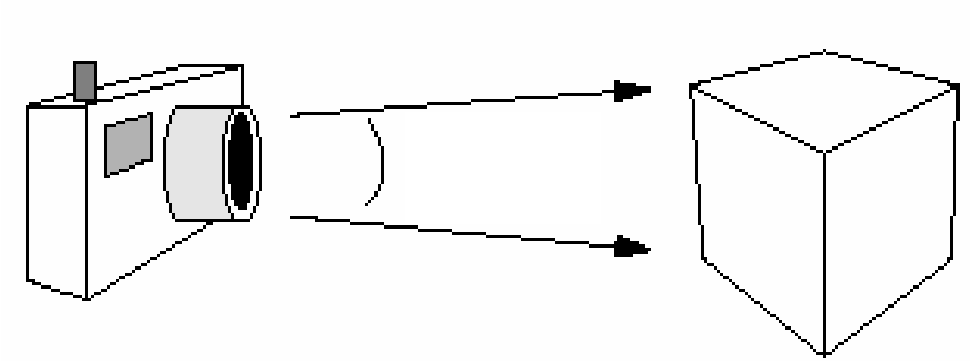
- Форми на закриване/невидимост
  - ***Умерени (Conservative)***
    - примитив се отхвърля само ако е сигурно че трябва да се отхвърли
    - понякога се визуализира обект, който не е видим
  - ***Не умерени (Non Conservative)***
    - примитивите се отхвърлят според евристики
    - понякога НЕ се визуализира (частично) обект!

Видими обекти /скрити обекти

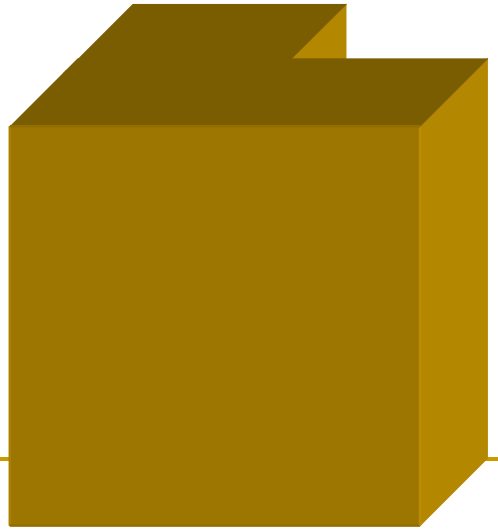
- Две основни групи алгоритми за откриване на видими повърхности
  - **Методи в пространството на обектите *(Object Space Methods)***
    - сравняват се обекти и части от обекти в сцената за да се определи кои са видими
  - **Методи в пространството на изображението *(Image Space Methods)***
    - видимостта се определя точка по точка за всеки пиксел в проекционната равнина

Скрити повърхности

- Отстраняване на невидими стени на изпъкнали тела
  - ***Backface culling***
  - ***Back-Face Detection***
  - ***Self-Hidden Surfaces***

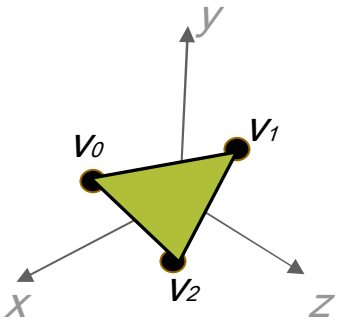


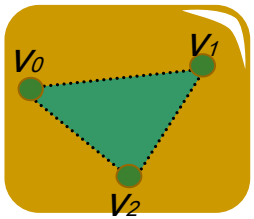
  - Хардуерна имплементация
  - Софтуерна имплементация

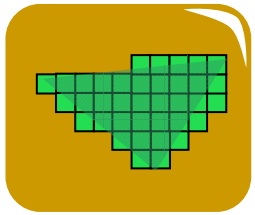


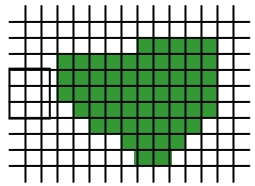
Скрити повърхности

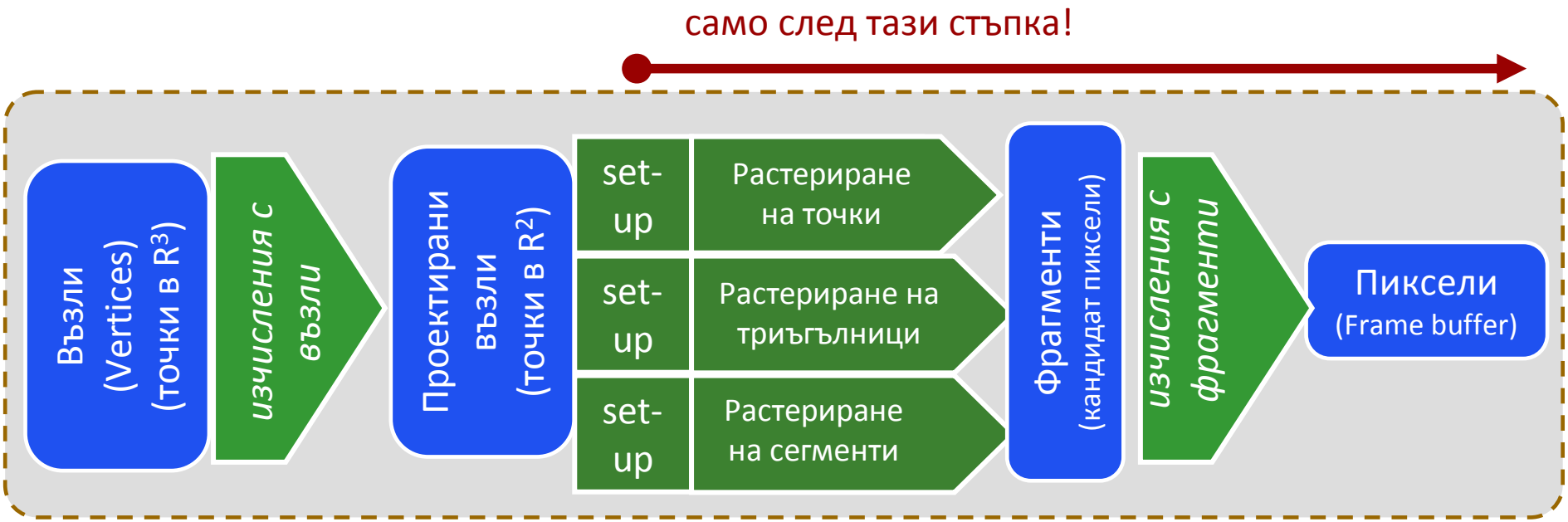
- ***Хардуерна имплементация***





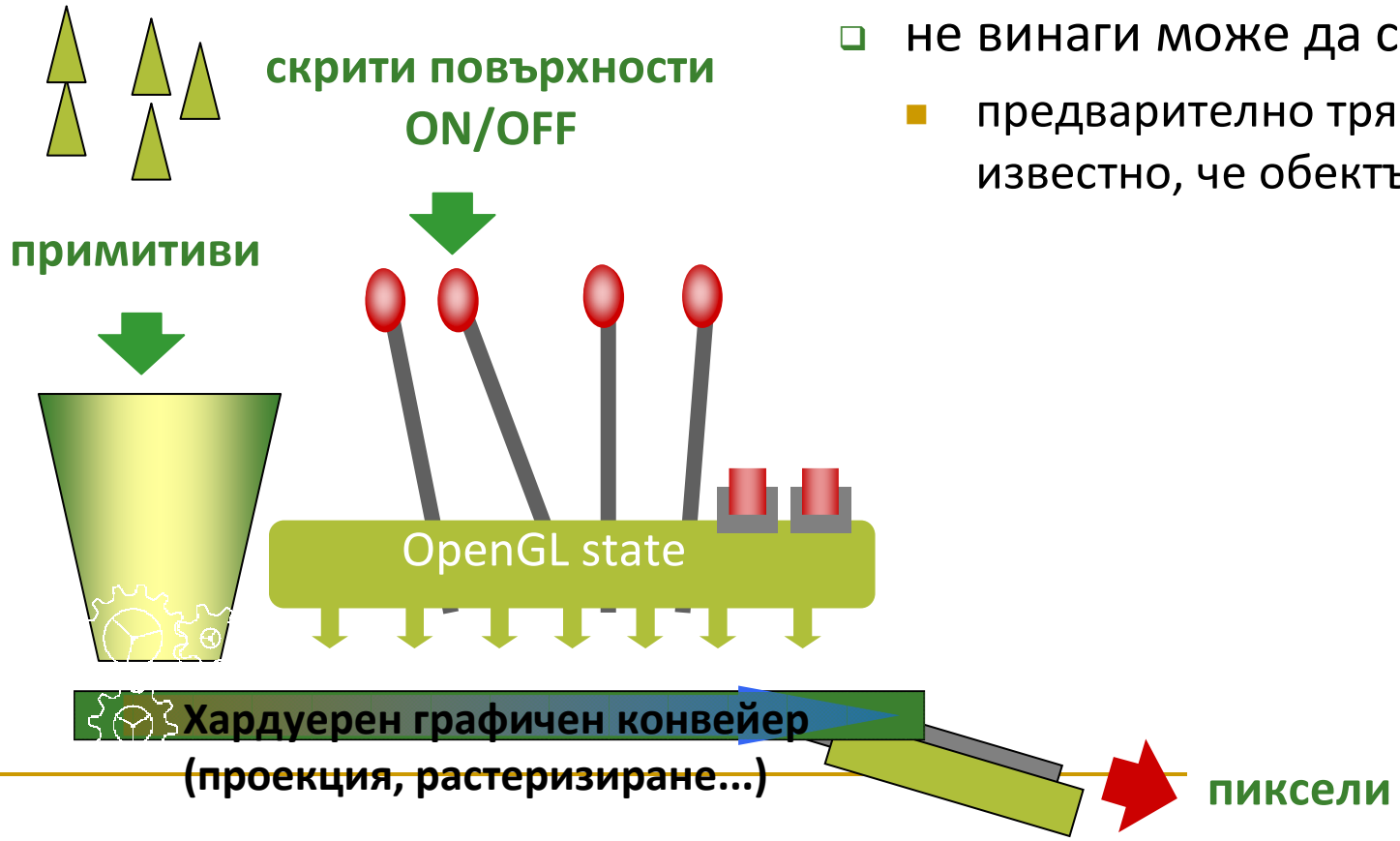






Скрити повърхности

- ***Хардуерна имплементация***



- не винаги може да се приложи
  - предварително трябва да е известно, че обектът е затворен

Скрити повърхности

- ***Хардуерна имплементация***
  - OpenGL state
    - функции за промяна на състоянието

```
glEnable(GL_CULL_FACE);
glDisable(GL_CULL_FACE);
```

      - променят само състоянието, но не екрана

    - функции за определяне дали се отхвърлят предни или задни скрити стени

```
glCullFace(GL_FRONT);
glCullFace(GL_BACK);
```

    - ***недостатък: работи само за изпъкнали обекти***

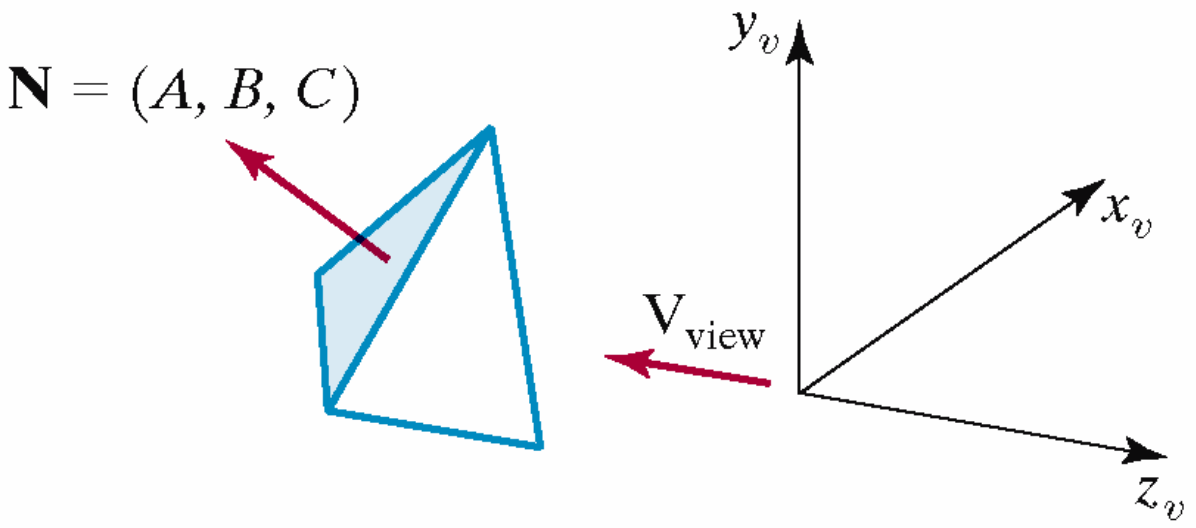
Скрити повърхности

- ***Софтуерна имплементация***
  - определяне и отхвърляне на задната стена на твърди тела, които са изпъкнали многостени
  - най-простият подход
    - отстраняват се от по-нататъшно разглеждане част от стените на обекти в сцената
  - Дадена е т.P(*x, y, z*)
  - Даден е многоъгълник в равнина, определена с параметрите *A, B, C, D*
  - Точката е зад равнината на многоъгълника ако

$$Ax + By + Cz + D < 0$$

Скрити повърхности

- ***Софтуерна имплементация***
  - Нека е дадена дясно ориентирана координатна система с посока на наблюдение по отрицателната посока на оста *z*
  - Ако *z* компонента на нормалата на многоъгълника е по-малка от 0, то повърхнината не се вижда



Скрити повърхности

- ***Софтуерна имплементация***
- Вектор на наблюдение
  - при перспективна проекция с център C

$$\boldsymbol{V} = \boldsymbol{C} - \boldsymbol{P}$$

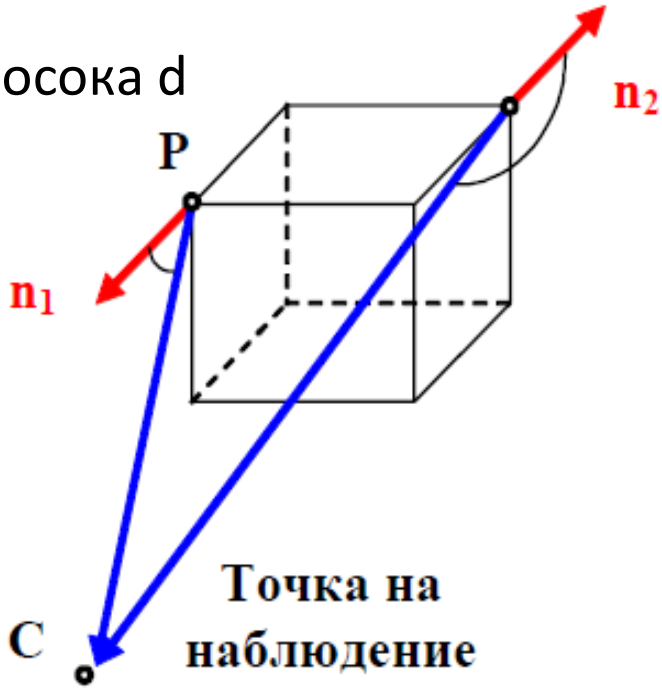
  - при паралелна проекция, зададена с посока d

$$\mathbf{V} = \boldsymbol{P} + \boldsymbol{t}.\boldsymbol{d}$$

- Ако

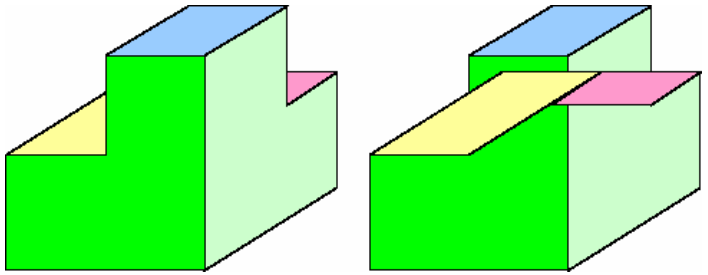
$$\boldsymbol{n}.\boldsymbol{V} > 0$$

  то стената е видима



Скрити повърхности

- ***Софтуерна имплементация***
  - обикновено се елиминират около половината от стените на многоъгълниците от по-нататъшни тестове на видимостта

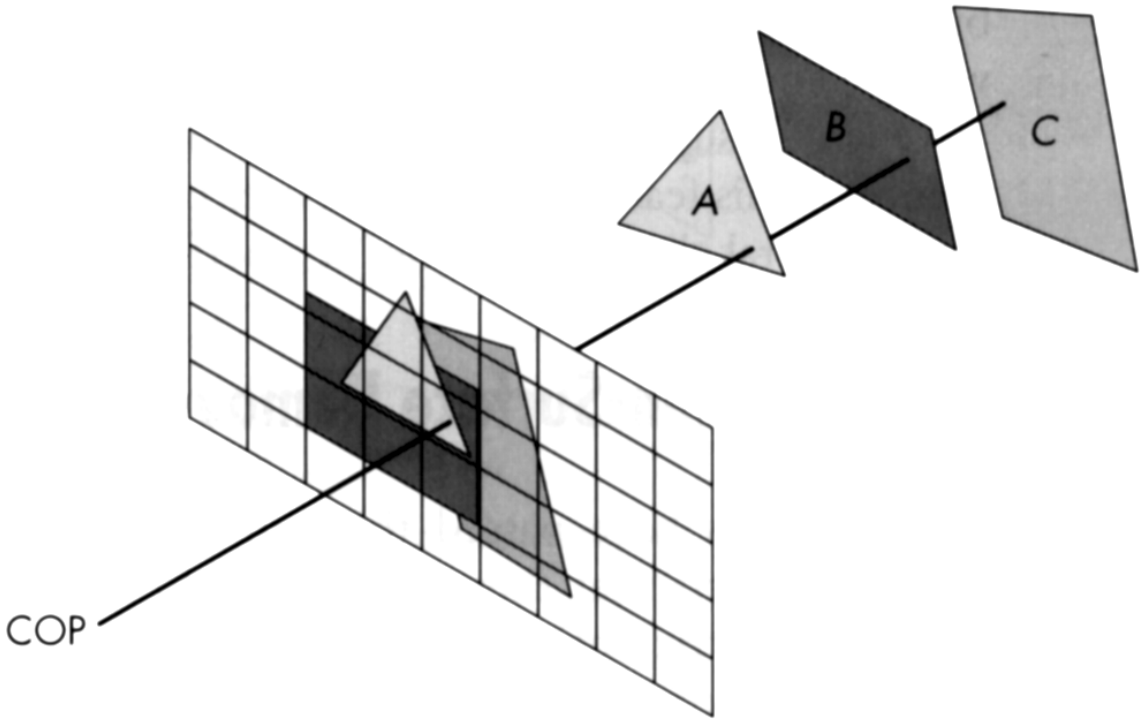


- Необходими са други подходи за по-сложните ситуации
  - само-закриване
  - частично закриване на един обект от друг

Закрити повърхности

- ***Occlusion culling***
  - много важна форма на определяне на невидимост
  - могат да бъдат отхвърлени голяма част от примитивите

- по-близко разположените до камерата обекти закриват по-отдалечените



Закрити повърхности

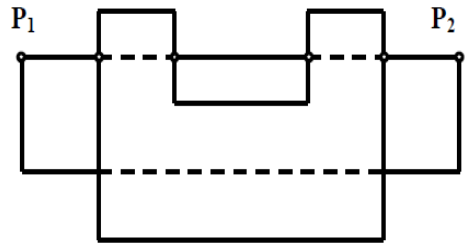
- Два подхода
  - премахване на цели стени
    - триъгълници, групи от триъгълници, полигони
  - премахване на части от стени

- Историческо развитие на методите
  - ***Премахване на скрити линии***
  - ***Алгоритъм на художника***
  - ***Метод на z-буфер***

Закрити повърхности

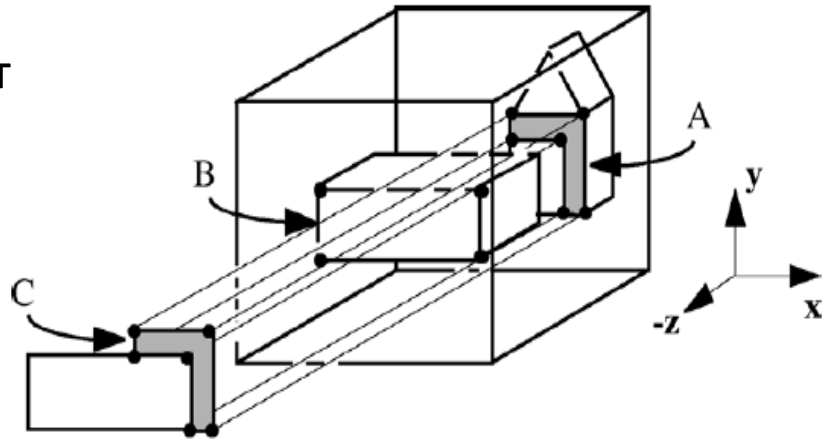
- ***Премахване на скрити линии*** (Roberts, 1963)
  - сравнява се всеки ръб във всеки обект и се елиминират невидимите ръбове или части от ръбове

    - стени, които скриват само части от ръб го делят на няколко изцяло видими или изцяло невидими отсечки



Закрити повърхности

- ***Премахване на скрити линии*** (Roberts, 1963)
  - подобен подход се прилага и за скрити стени
    - всеки многоъгълник се изрязва с проекцията на всички останали многоъгълници, разположени пред него
      - елиминират се невидимите части от стената и се създават нови видими многоъгълници
  - недостатък
    - сложността е $O(n^2)$
      - всеки обект се сравнява с всички ръбове



Polygon *A* is clipped by *B* which is in front of it. A new sub-polygon, *C*, is created.

Закрити повърхности

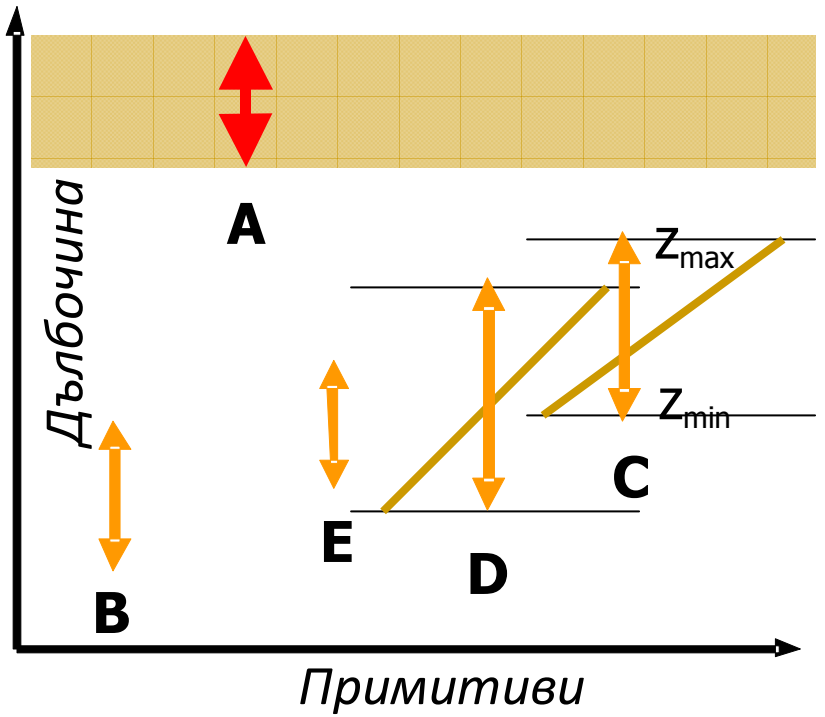
- ***Алгоритъм на художника***
  - визуализират се цели стени, но се изчертават в ***правилен ред***
  - създава се ред за визуализиране на стените
    - всеки многоъгълник се наслагва върху предишните
    - гарантира се коректно визуализиране при всякаква разделителна способност
  - многоъгълниците се сортират по ***дълбочина*** на разположението им
    - от най-отдалечения към най-близкия до позицията на камерата

Откриване на видими повърхности

- ***Алгоритъм на художника***

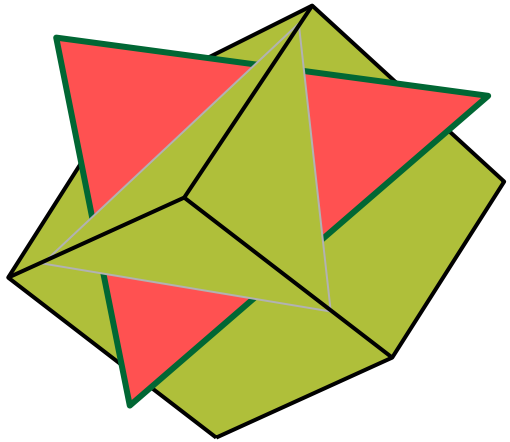
  1) Отстраняват се задните стени
  2) Стените се сортират в намаляващ ред на z координатите им
  3) Всяка стена от сортирания списък се проектира на екрана и се рендира като запълнен многоъгълник

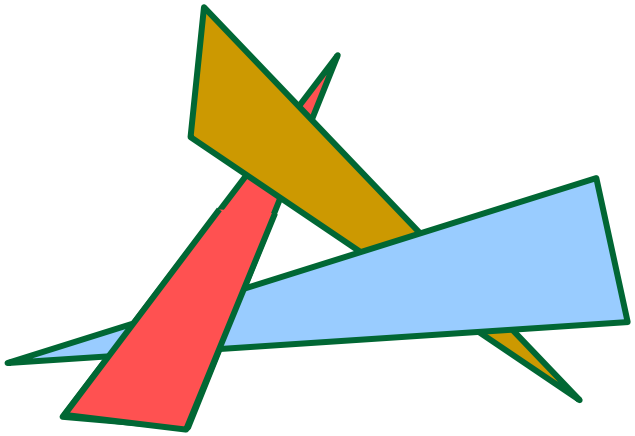
  - ***Проблеми***
    - примитивите имат max и min дълбочина
      - съществува ли “правилен” ред?
      - първо C или първо D?



Откриване на видими повърхности

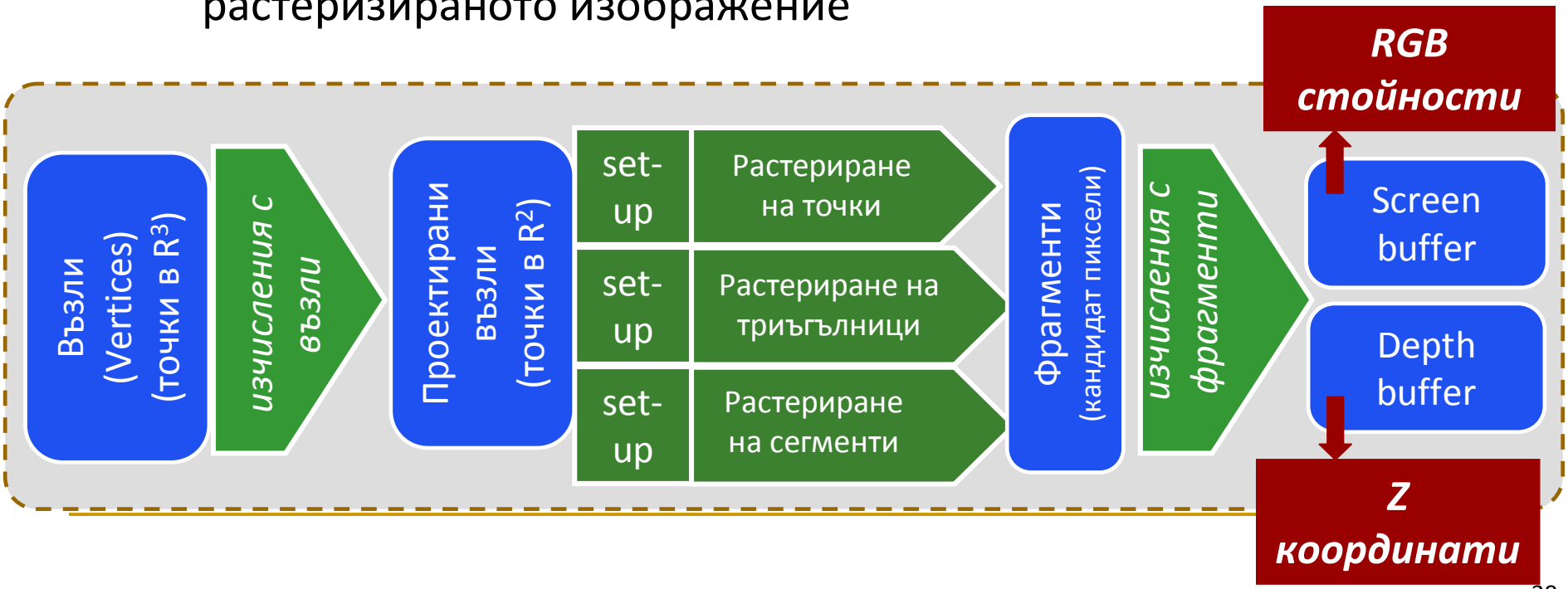
- ***Алгоритъм на художника***
  - ***Проблеми***
    - взаимно закриващи се обекти
  - ***Недостатъци***
    - изчислителна сложност
      - сортиране → (n log (n))
        - в компютърната графика повече от линейна сложност води до проблеми
    - само софтуерна имплементация! (CPU)
      - не се интегрира в хардуерния конвейер
    - не се паралелизира





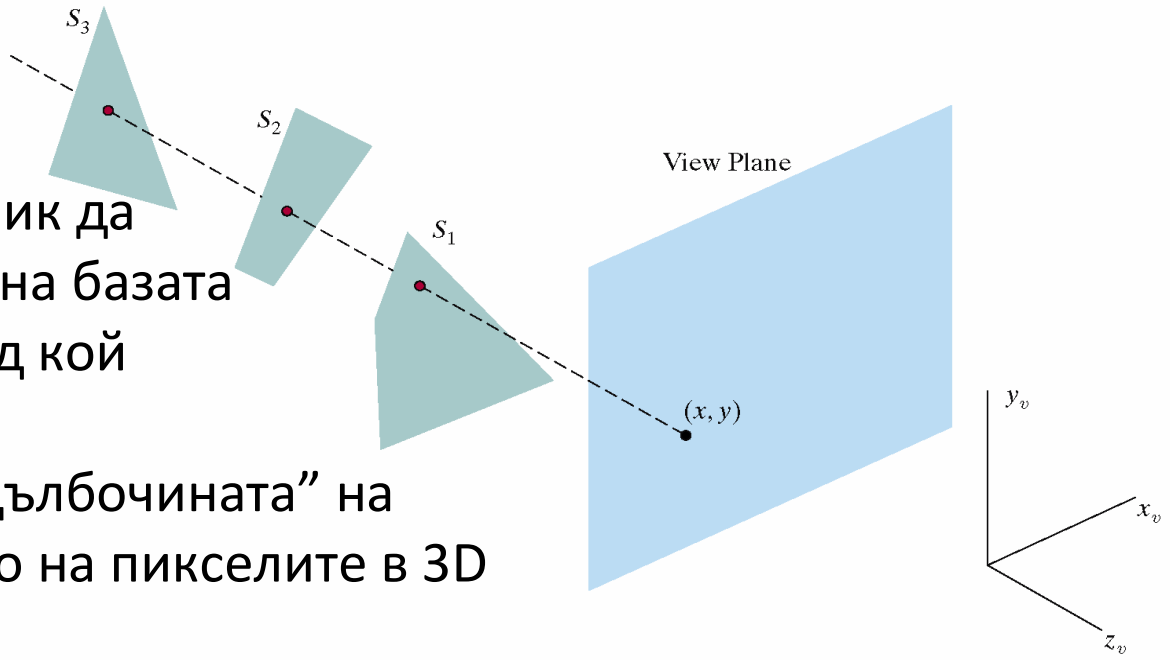
Метод на z-буфер

- ***Алгоритъм на z-буфер***
  - ***Depth-Buffer Method***
    - Сравнява стойностите на z-координатите за всеки пиксел в растеризираното изображение



Метод на z-буфер

- ***Алгоритъм на z-буфер***
  - Цел
    - да се определи кой многоъгълник да се визуализира на базата на това кой пред кой е разположен
    - анализира се “дълбочината” на разположението на пикселите в 3D пространството
    - z-координатите се изчисляват лесно
      - алгоритъмът е бърз



Метод на z-буфер

- За всеки многоъгълник от сцената
  - растеризира се многоъгълника
  - определя се z-координата за всеки пиксел от екрана в рамката за визуализиране
  - ако z-координатата е по-голяма (т.е. обекта е по-близко до позицията на наблюдение), то се заменя цвета на пиксела с новата стойност за многоъгълника

- Обикновено се прилага за сцени, които съдържат само многоъгълници

Метод на z-буфер

- За да се приложи алгоритъм със z-буфер се използват
  - frame buffer (screen buffer)
    - съдържа стойностите с цвета за всеки пиксел
  - z-buffer
    - съдържа текущата стойност на z-координатата за всеки пиксел
- Двата буфера имат еднакви размери
- Не се изисква анализ на пресичането на обекти един с друг
- Не се изисква сортиране на обектите
  - реда на обработването на стените няма значение
- Алгоритъмът изисква допълнителна памет за z-буфера

Метод на z-буфер

- ***Алгоритъм на z-буфер***

1. Инициализация на z-буфер и frame буфер
   - за всеки пиксел (x, y) от рамката на екрана

```
frameBuff(x, y) = backgroundColor
depthBuff(x, y) = 1.0
```

Метод на z-буфер

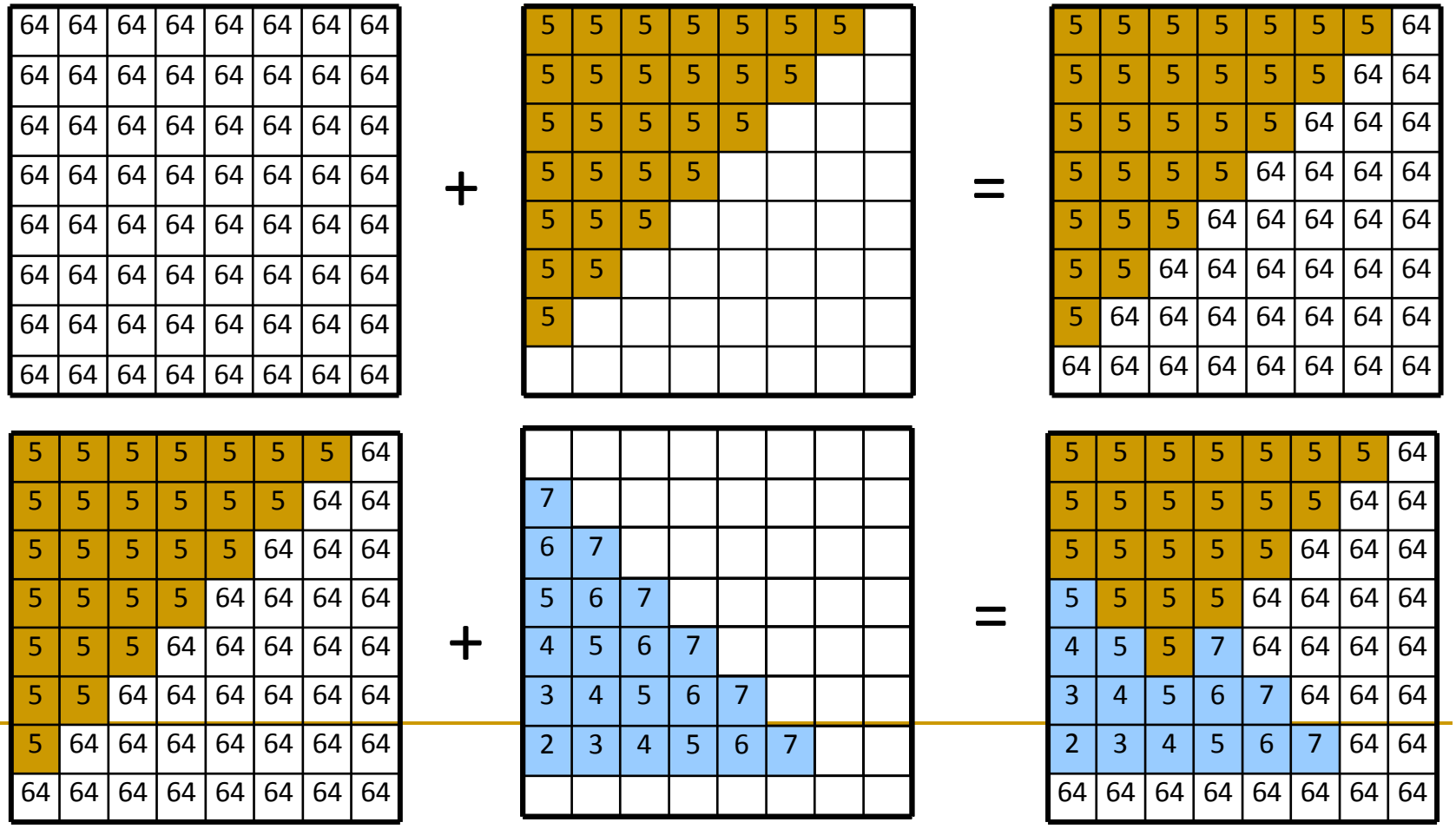
- ***Алгоритъм на z-буфер***

2. Обработва се всеки многоъгълник в сцената един по един
   - проектира се многоъгълника на екрана
   - за всеки проектиран възел от многоъгълника с координати (*x, y*) за изчислява дълбочината *z* (ако не е известна)
   - Ако z < depthBuff(x, y) то се определя цвета на многоъгълника за тази позиция и се задават нови стойности

```
depthBuff(x, y) = z
frameBuff(x, y) = surfColour(x, y)
```

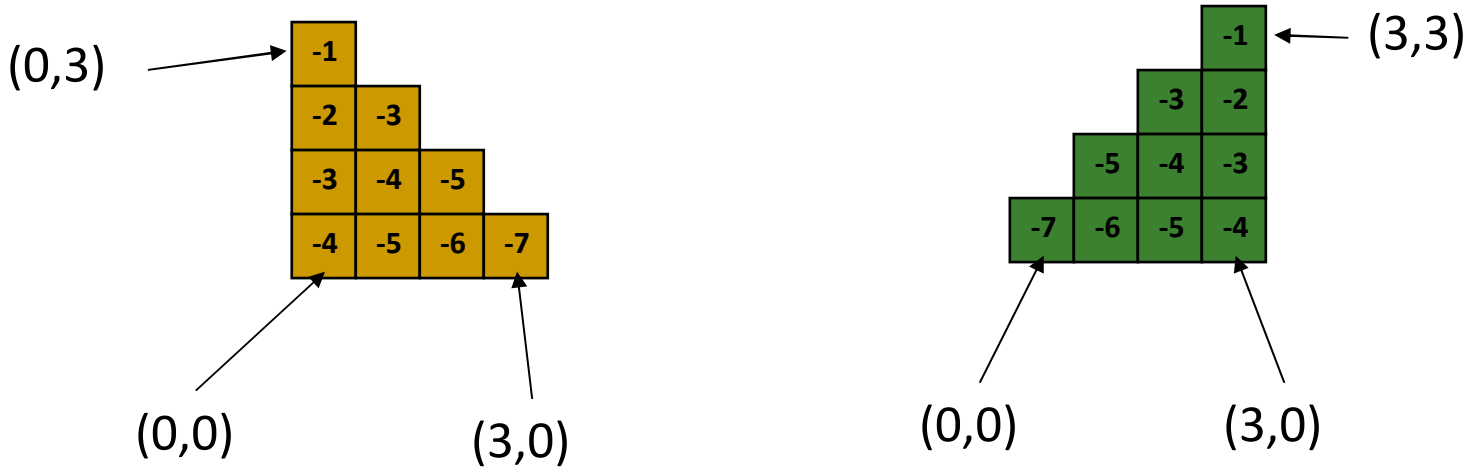
Метод на z-буфер

- ***Пример*** (стойността за всеки пиксел е z-координатата)



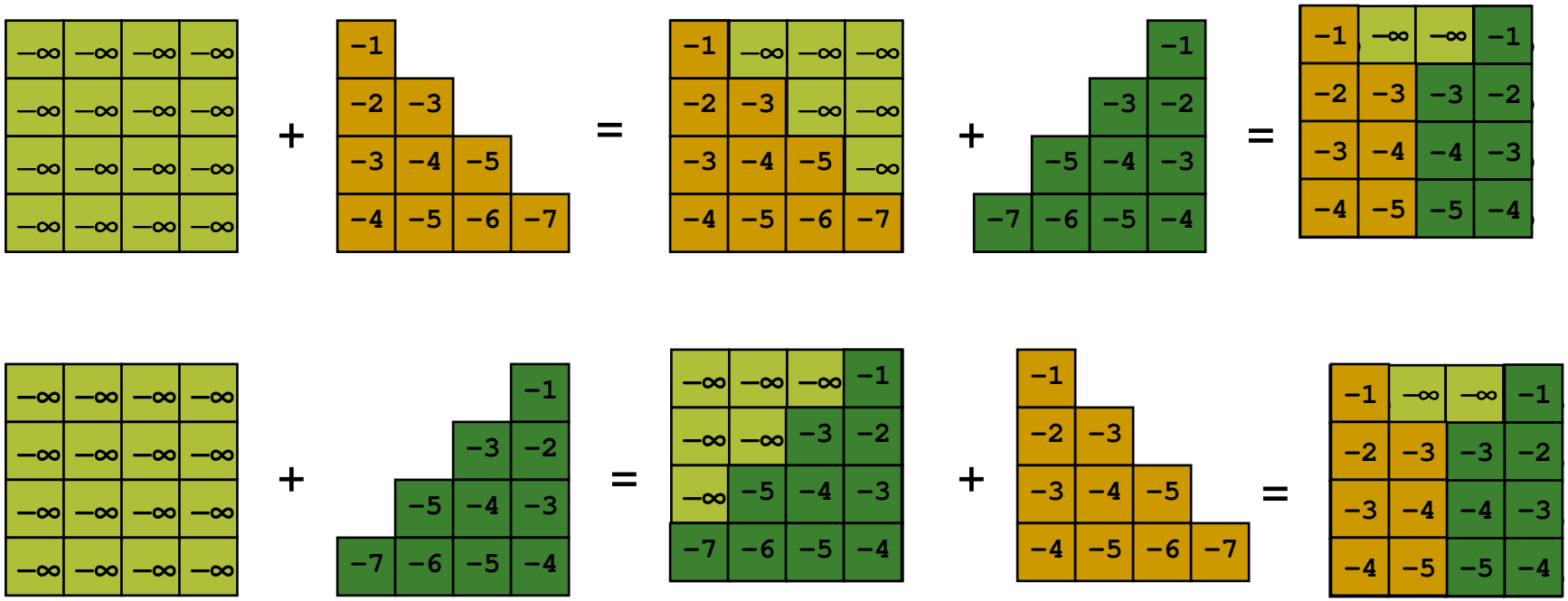
Метод на z-буфер

- ***Пример***
  - Има ли значение реда на обработване?



Метод на z-буфер

- ***Пример***
  - Има ли значение реда на обработване?



Метод на z-буфер

```
allocate z-buffer;

// Initialize color and depth
for each pixel (x,y)
  color  [x][y] = backgroundColor;
  zBuffer[x][y] = farPlane;

// Draw polygons (in any order)
for each polygon p
  for each pixel (x,y) in p      // Rasterize polygon
    p_z = p's z-value at (x,y);  // Interpolate polygon's z-value
    if p_z > zBuffer[x][y]       // If new depth is closer:
      color[x][y] = newColor;    //    Write new color & new
  depth
      zBuffer[x][y] = p_z;
```

Метод на z-буфер

- ***Използване на depth buffer в OpenGL***

1. Инициализиране на буфер

```
glutInitDisplayMode(GLUT_DEPTH)
```

2. Разрешаване на depth buffering

```
glEnable(GL_DEPTH_TEST)
```

3. Изтриване на depth buffer
   - когато се изтрива и color buffer в callback функцията display

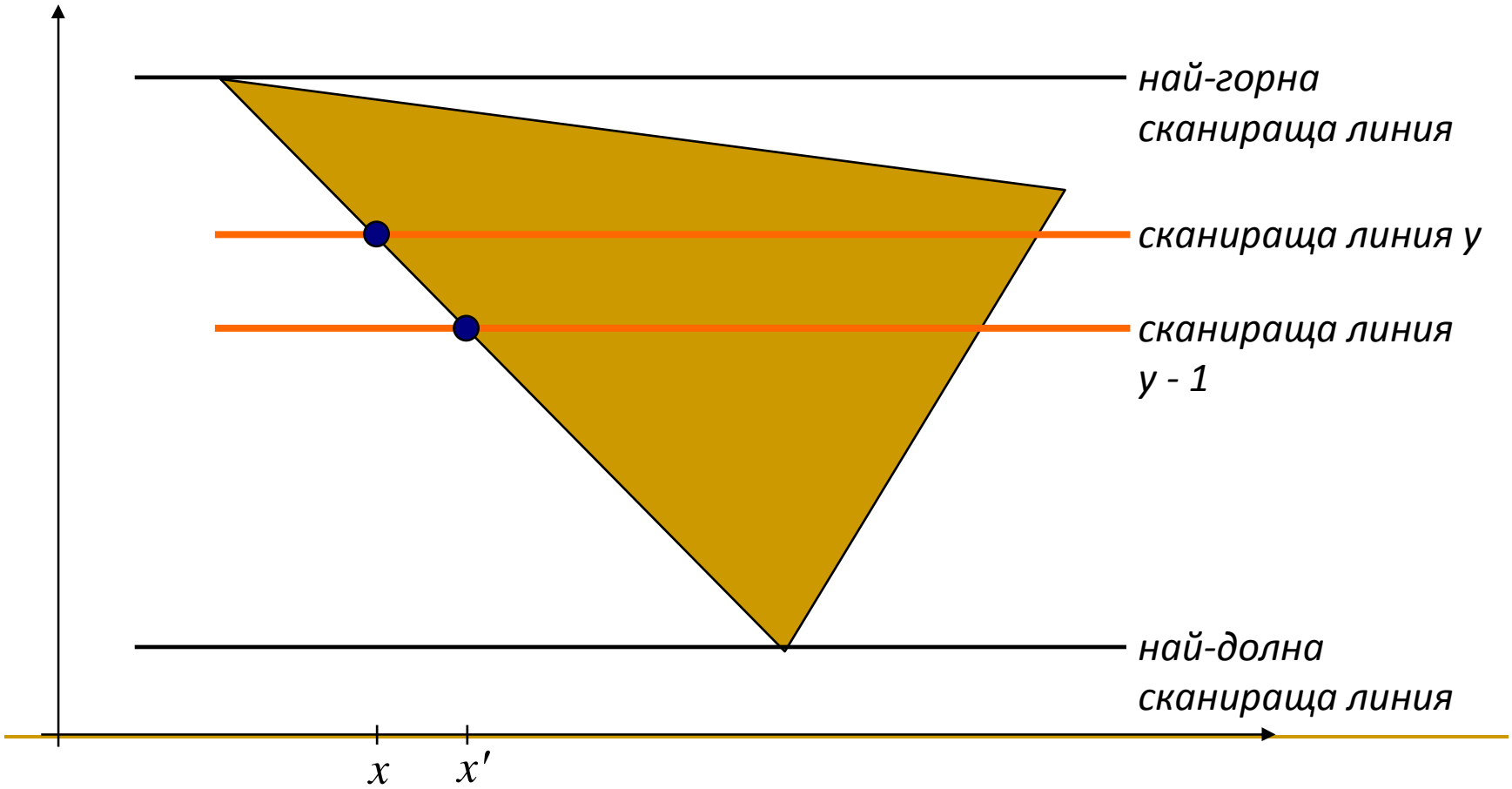
```
glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT|GL_DEPTH_BUFFER_BIT)
```

Метод на z-буфер

- ***Изчисляване на дълбочина***
  - Итеративни изчисления със сканираща линия
    - за всеки многоъгълник в сцената най-напред се разглежда най-горния възел
    - след това рекурсивно се изчисляват стойностите на *x*-координатите надолу по левия ръб на полигона

Метод на z-буфер

- ***Изчисляване на дълбочина***



Метод на z-буфер

- ***Изчисляване на дълбочина***
  - За всяка точка от многоъгълника z-координатата се определя от уравнението на равнината

$$z = \frac{-Ax - By - D}{C}$$

  - За всяка сканираща линия съседните x-координати и съседните y-координати се различават с ±1

$$z' = \frac{-A(x+1) - By - D}{C}$$

$$z' = z - \frac{A}{C}$$

Метод на z-буфер

- ***Изчисляване на дълбочина***
  - Стойностите на *x*-координатата на началната точка от всяка сканираща линия се определя от предишната

$$x' = x - \frac{1}{m}$$

    - където *m* е наклона

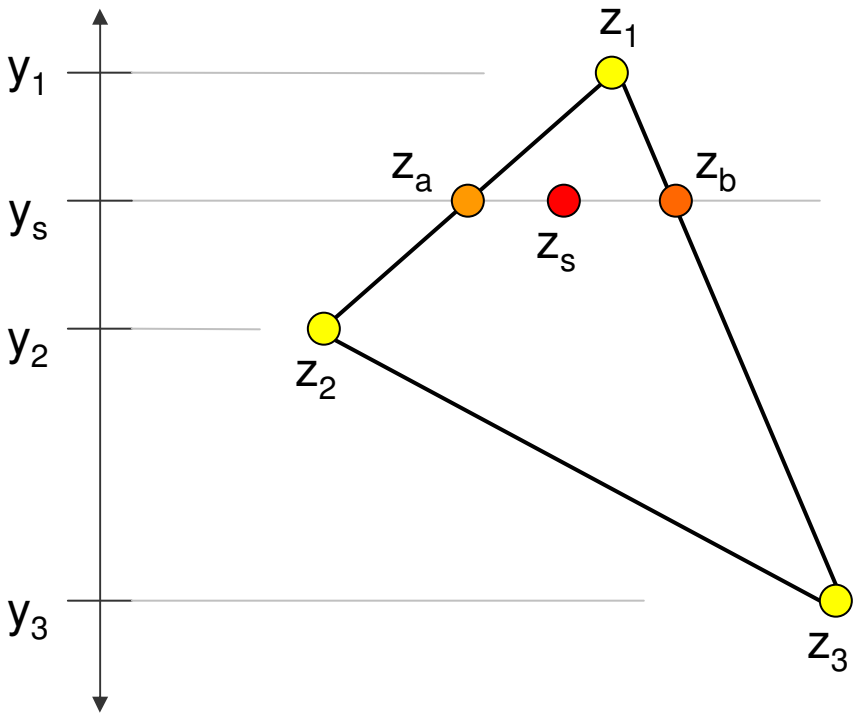
  - Стойностите на z-координатата по ръба се изчисляват с интерполация

$$z' = z - \frac{A/m + B}{C}$$

    - ако ръбът е вертикален: m=∞, то $z' = z + \frac{B}{C}$

Метод на z-буфер

- ***Изчисляване на дълбочина***



$$z_a = z_1 + (z_2 - z_1)\frac{y_1 - y_s}{y_1 - y_2}$$

$$z_b = z_1 + (z_3 - z_1)\frac{y_1 - y_s}{y_1 - y_3}$$

$$z_s = z_b + (z_a - z_b)\frac{x_b - x_s}{x_b - x_a}$$

Метод на z-буфер

- ***Предимства***
  - приложим при всички случай на скриване, закриване, самозакриване
  - резултатът не зависи от реда на обработване на примитивите
  - бърз, лесно се имплементира
    - не се сортират обекти
  - подходящ за хардуерна имплементация
    - бърза памет за съхраняване на z-буфера
  - лесно се прилага при осветеност и сенки

Метод на z-буфер

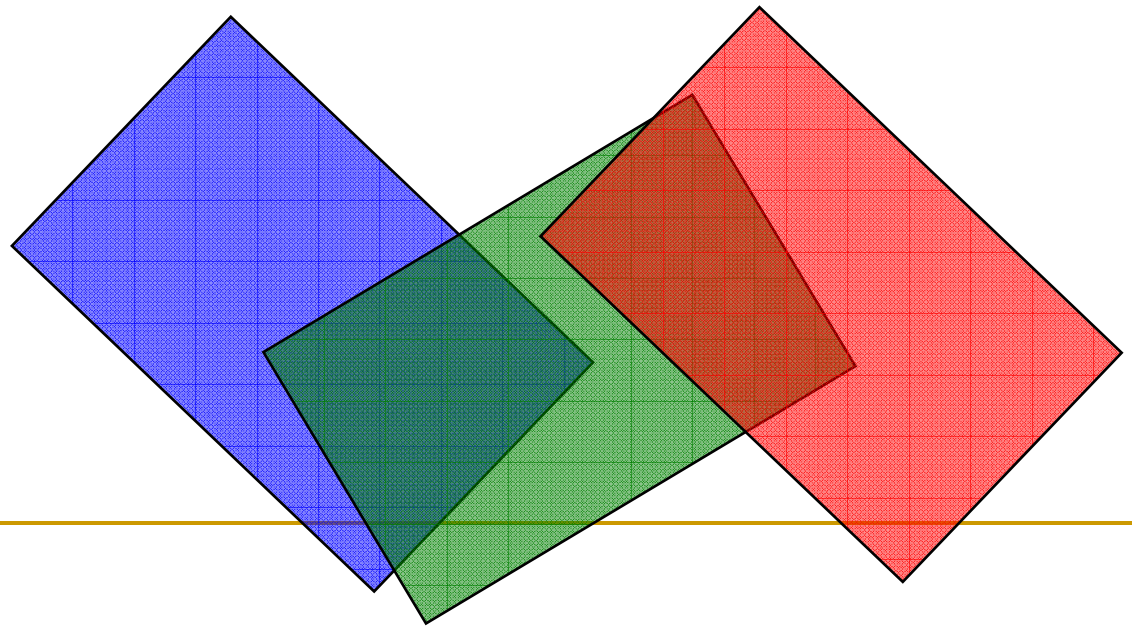
- ***Недостатъци***
  - изисква допълнителна памет за z-буфера
    - целочислени стойности за дълбочината
    - алгоритъм на сканиращата линия
  - данните са споделени
    - четенето и записа изискват синхронизация
  - възможно е “нащърбване” при дискретизирането (aliasing)
    - налага се използване на супер-резолюция
  - не е подходящ при прозрачни обекти

Метод на A-буфер

- ***A-буфер***
  - anti-aliased, area-averaged, accumulation buffer
- Разширение на метода на z-буфер
  - Разработен от Lucasfilm Studios за системата за графична визуализация **REYES**
  - **R**enders **E**verything **Y**ou **E**ver **S**aw

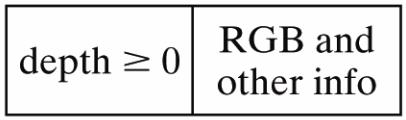
Метод на A-буфер

- Разширението на метода на z-буфер е в посока на допускане на прозрачност
- Основна структура за данни в алгоритъма на A-buffer
  - ***accumulation buffer***

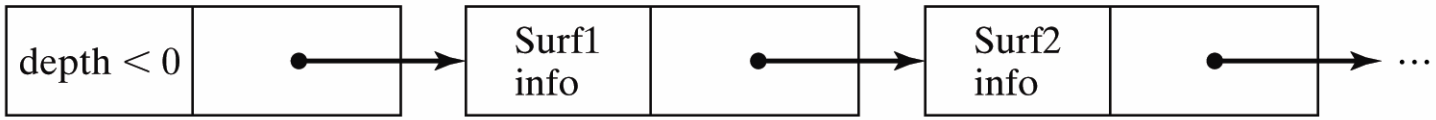


Метод на A-буфер

- Ако дълбочината е по-голяма от 0, то в A-буфера се съхранява z-координатата за съответния пиксел от екрана
  - както и при z-буфер
- Ако дълбочината е по-малка от 0, то в A-буфера се съхранява указател към свързан списък с данни за визуализиране на повърхнината



(a)



(b)

Метод на A-буфер

- Информацията за повърхнината в A-буфера включва
  - стойности на RGB компонентите на цвета
  - параметър за непрозрачност
  - дълбочина (z-координата)
  - процентно покритие на многоъгълника
  - идентификатор на повърхността
  - други параметри за визуализиране на многоъгълника
- Алгоритъмът с A-буфер е същия както при z-буфер
  - стойностите на дълбочината и прозрачността се определят за определяне на окончателния цвят на пиксела

Метод на сканиращата линия

- Метод за определяне на видимите повърхности в пространството на изображението
- Изчисляват се и се сравняват стойностите на z-координатите в сцената по протежение на различни сканиращи линии

- Използват се две таблици
  - таблица на ръбовете (*edge table*)
  - таблица на стените (*surface facet table*)

Метод на сканиращата линия

- ***Таблицата на ръбовете*** съдържа
  - координати на крайните точки на отсечки в сцената
  - обратния наклон на всяка отсечка
  - указател към таблицата на стените

- ***Таблицата на стените*** съдържа
  - коефициентите на равнината, в която лежи стената
  - характеристики на материал на стената
  - други данни за повърхността на стената
  - възможно е да има указатели към таблицата с ръбовете

Метод на сканиращата линия

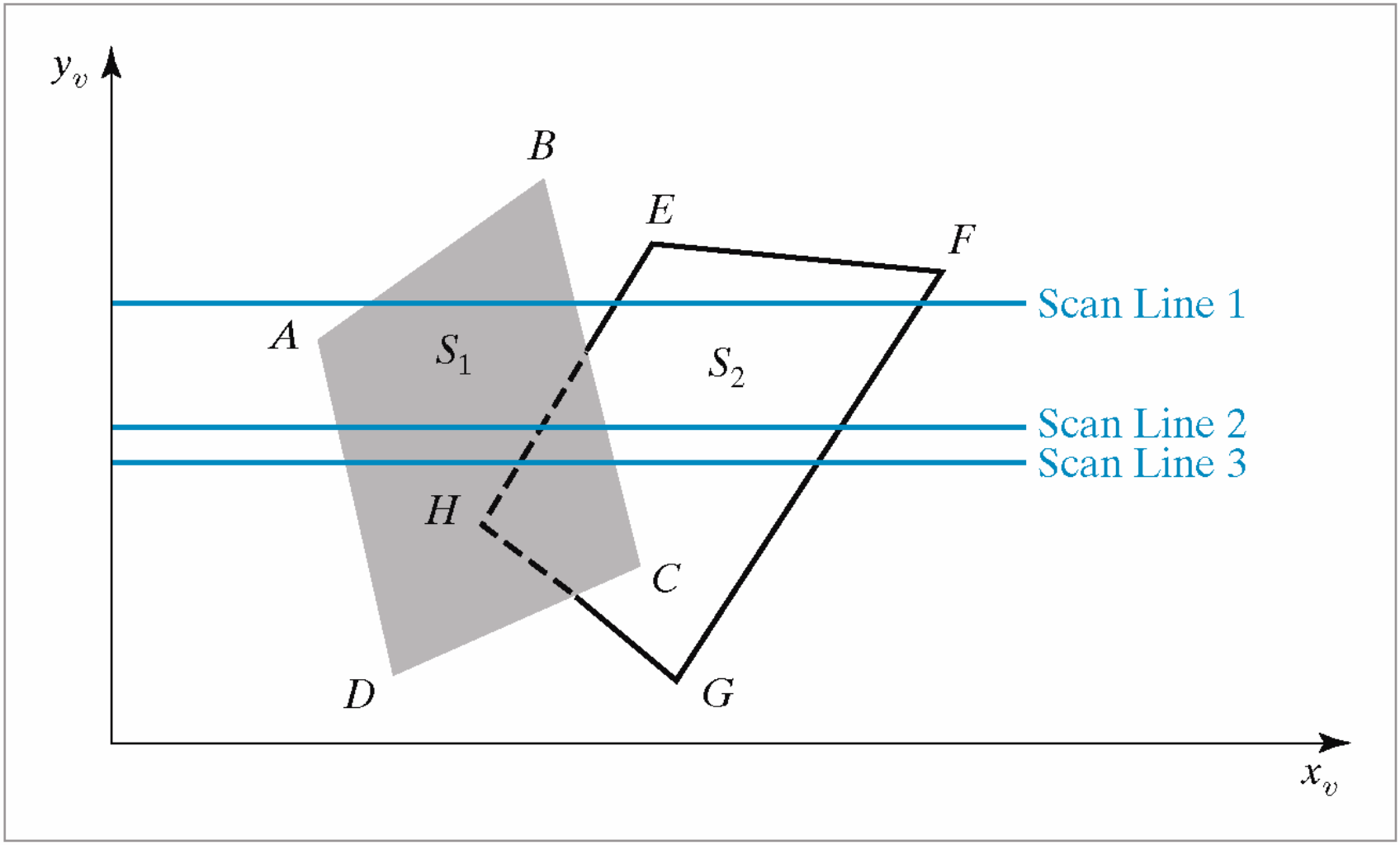
- За да се ускори определянето на пресечни точки за дадена сканираща линия се формира активен списък на ръбовете за всяка сканираща линия по време на обработването й
  - активният списък ръбове съдържа само тези ръбове, които пресичат сканиращата линия в ред на намаляване на x

- За всяка стена се задава флаг, който определя дали дадена точка по протежение на сканиращата линия е вътре или извън многоъгълника на стената

Метод на сканиращата линия

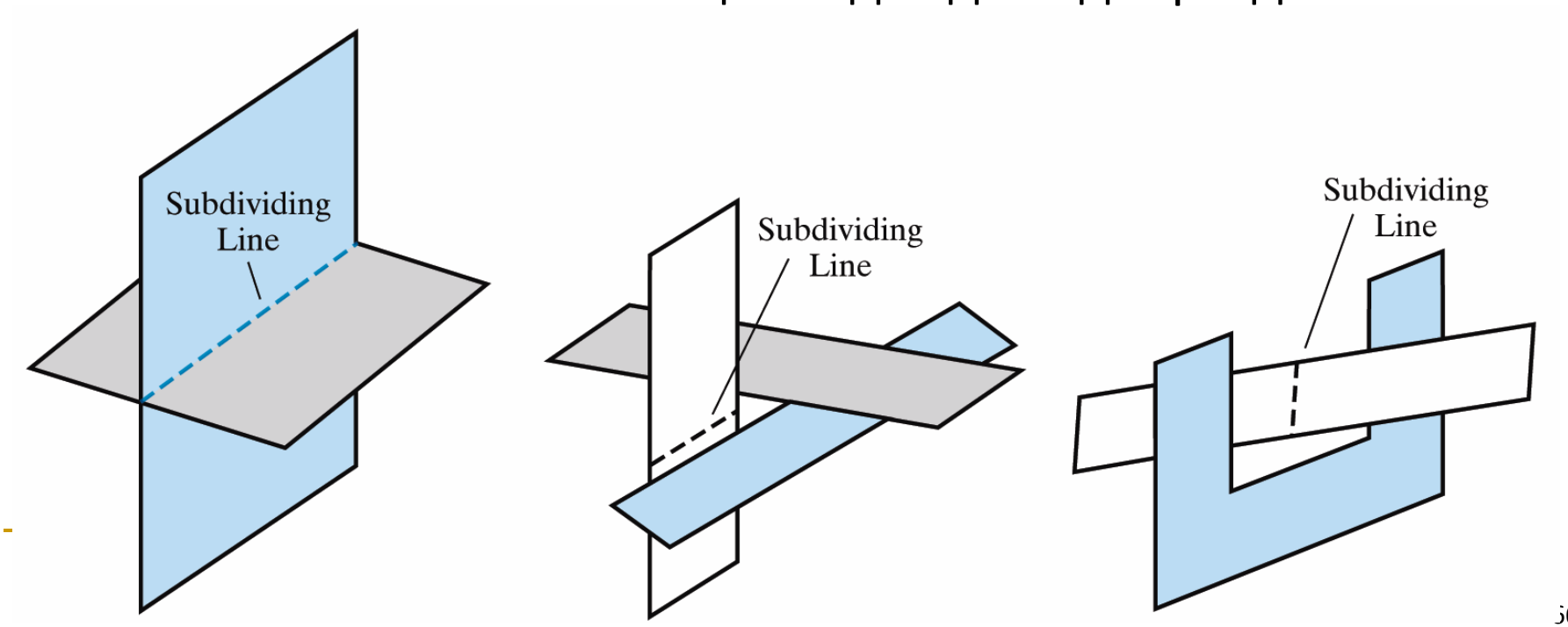
- Пикселите по протежение на всяка сканираща линия се обработват от ляво надясно
  - при пресичане отляво със стената флагът на стената се вдига
  - при пресичане отдясно със стената флагът се сваля
- Изчисления за дълбочината на разположение се извършват само ако флаговете на повече от една стена са вдигнати за определена точка от сканиращата линия

Метод на сканиращата линия



Метод на сканиращата линия

- ***Ограничения***
  - методът не се справя със случаите на пресичане на многоъгълници или при циклично припокриване
    - такива многоъгълници следва да бъдат разделени



Видими обекти /скрити обекти

- ***Редуциране на сложността и ускоряване на изчисленията***
  - използва се съгласуваност в различни аспекти
    - ***Обекти***
      - ако обектите са разделени, то се сравняват обекти, не полигони
    - ***Полигони***
      - ако полигон се променя плавно, то се модифицира инкрементално
    - ***Отсечки***
      - отсечка променя видимостта само ако пресича друга отсечка или полигон
    - ***Сканираща линия***
      - множество видими обекти не се променя значително по протежение на сканираща линия
    - ***Област***
      - групи съседни пиксели често принадлежат на един и същи видим полигон
    - ***Дълбочина***
      - съседни части от една повърхнина обикновено имат близки стойности за дълбочината
    - ***Кадри***
      - в анимация съседните кадри обикновено са много подобни

КРАЙ

Следваща тема:

Геометрично моделиране

на 2D и 3D обекти