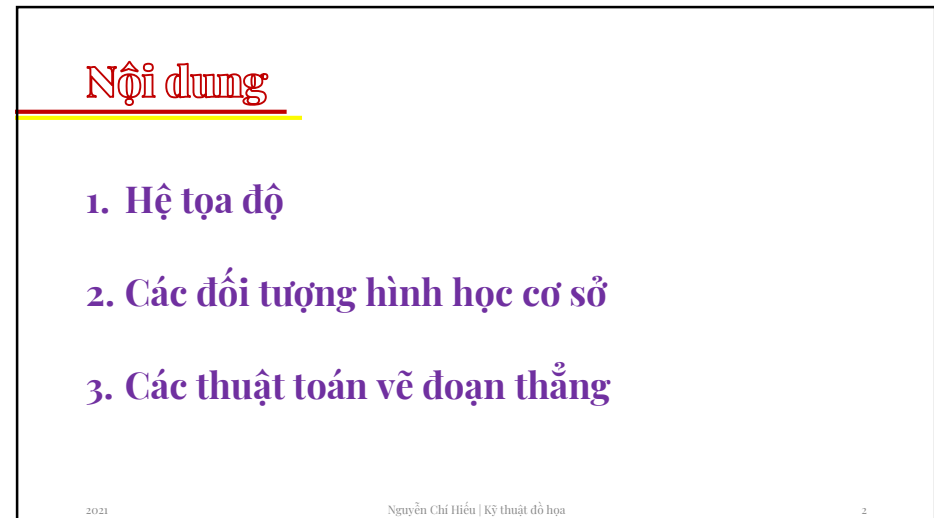
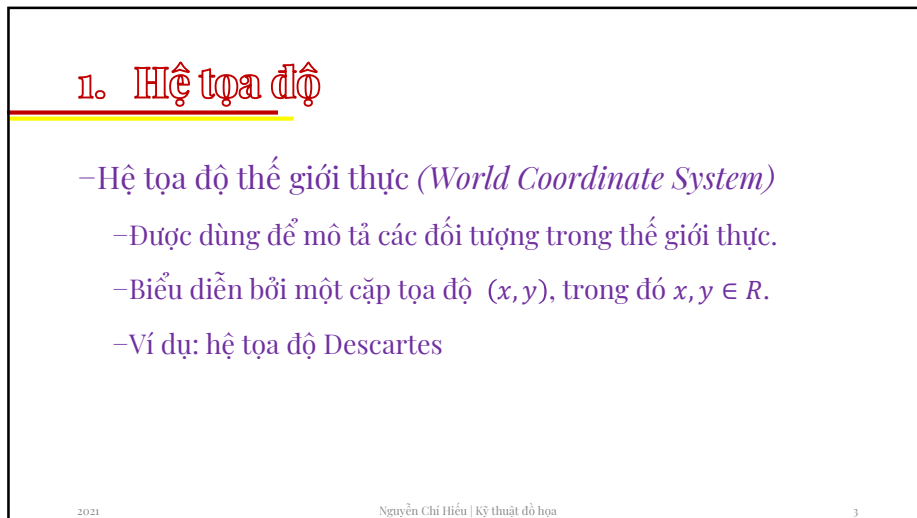


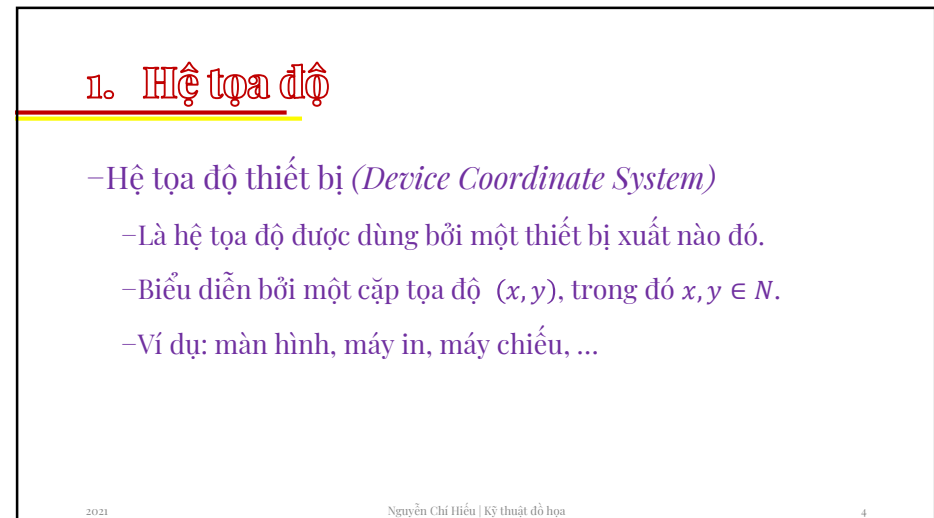
1



2



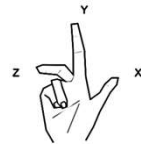
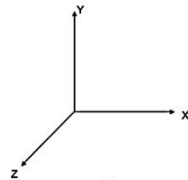
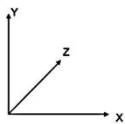
3



4

## 1. Hệ tọa độ

Hệ tọa độ theo quy ước bàn tay trái    Hệ tọa độ theo quy ước bàn tay phải



2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

5

5

## 2. Các đối tượng hình học cơ bản

- Điểm (*point*) là đối tượng hình học cơ sở của một hệ tọa độ.  
Trong đồ họa 2 chiều, một điểm biểu diễn bởi tọa độ  $(x, y)$  và tham số cho biết màu sẽ hiển thị.
- Đoạn thẳng (*line*)
- Đường cong (*curve*)
- Ký tự, chuỗi ký tự (*character*)
- ...

2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

6

6

## Các đối tượng hình học cơ bản

– Trong màn hình Raster-Scan, hai bước cơ bản để hiển thị một đối tượng hình học là:

1. Sử dụng một thuật toán Scan-Convertng để chọn ra điểm ảnh tốt nhất ở bước kế tiếp. Đây là một thao tác phức tạp cần phải chọn thuật toán tối ưu.
2. Hiển thị điểm ảnh được chọn.

2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

7

7

## 3. Các thuật toán vẽ đoạn thẳng

– Phương trình đường thẳng đi qua 2 điểm  $(x_1, y_1)$  và  $(x_2, y_2)$  có dạng sau:

$$y = mx + b$$

trong đó,

- $m$  là hệ số góc.
- $b$  là tung độ góc.

2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

8

8

## Các thuật toán vẽ đoạn thẳng

- Thuật toán DDA
- Thuật toán Bresenham
- Thuật toán MidPoint

2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

9

## Các thuật toán vẽ đoạn thẳng

- Ta có,  $m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$  và  $b = y_1 - mx_1$
- Gọi  $Dx = x_2 - x_1$  và  $Dy = y_2 - y_1$
- Công thức tính  $m$  được viết lại như sau:

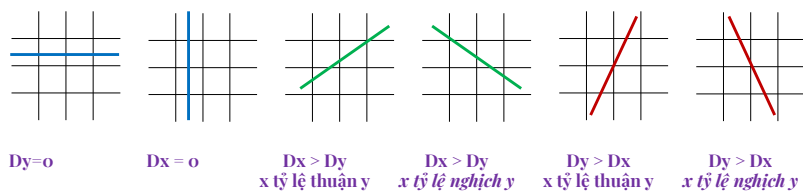
$$m = \frac{Dy}{Dx}$$

2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

10

## Các thuật toán vẽ đoạn thẳng



2021

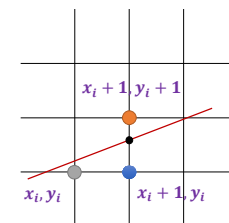
Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

11

## Các thuật toán vẽ đoạn thẳng

- Trường hợp  $Dx > 0, 0 < Dx < 1$ ,  
điểm thứ  $i + 1$  có tọa độ như sau:

$$\begin{cases} x_{i+1} = x_i + 1 \\ y_{i+1} \in \{y_i, y_i + 1\} \end{cases}$$

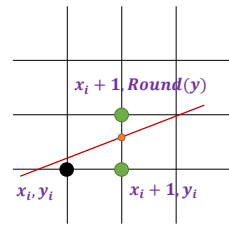


2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

12

## Thuật toán DDA



### -Ý tưởng

- Dựa vào phương trình đường thẳng, ta tính tọa độ của điểm  $(x_i + 1, y)$  thuộc về đường thẳng.
- Chọn điểm kế tiếp  $(x_i + 1, y_i)$  hay  $(x_i + 1, y_i + 1)$  dựa vào việc làm tròn giá trị của tung độ  $y$ .

2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

13

13

## Thuật toán DDA

-Ta có,

$$y_{i+1} = mx_{i+1} + b = m(x_i + 1) + b$$

-Ta lại có,

$$y_i = mx_i + b$$

-Suy ra,

$$y_{i+1} = y_i + m$$

2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

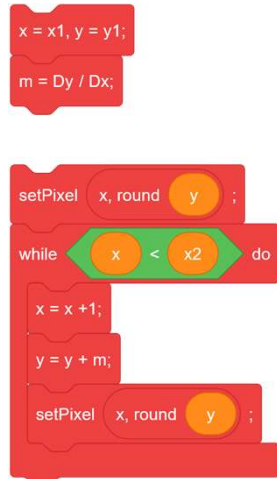
14

14

## Thuật toán DDA

-Điểm thứ  $i + 1$  có tọa độ như sau:

$$\begin{cases} x_{i+1} = x_i + 1 \\ y_{i+1} = \text{Round}(y_i + m) \end{cases}$$



2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

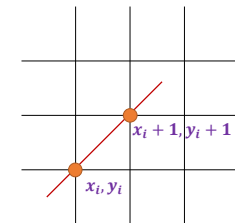
15

15

## Thuật toán DDA

-Ví dụ: Áp dụng thuật toán DDA vẽ đường thẳng từ điểm A(1, 1) đến điểm B(6, 6)

x	y	Tọa độ
1	1	(1, 1)
2	2	(2, 2)
3	3	(3, 3)
4	4	(4, 4)
5	5	(5, 5)



2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

16

16

## Thuật toán DDA

– Ví dụ: Áp dụng thuật toán DDA vẽ đường thẳng từ điểm A(1, 1) đến điểm B(6, 5).

x	y	Tọa độ
1	1	(1, 1)
2	2	(2, 4)
3	3	(3, 3)
4	3	(4, 3)
5	4	(5, 4)
6	5	(6, 5)

2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

17

17

## Nhận xét

- Ưu điểm: không cần tính trực tiếp từ phương trình  $y = mx + b$  (khử được phép nhân trên số thực)
- Nhược điểm: cộng dồn giá trị m vào y và làm tròn giá trị của y dẫn tới sai số (đoạn thẳng sẽ không chính xác khi đoạn thẳng quá dài)

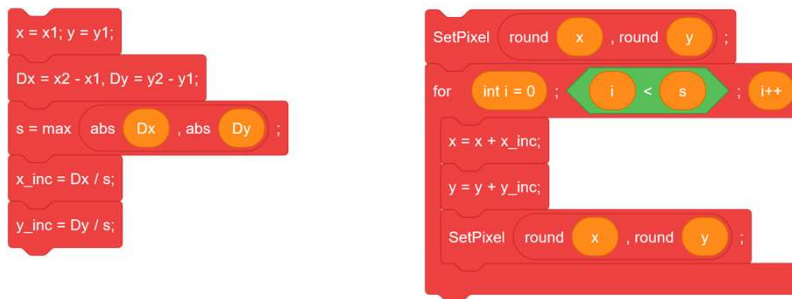
2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

18

18

## Thuật toán DDA tổng quát



2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

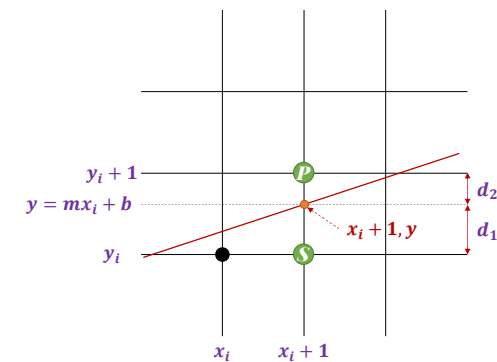
19

19

## Thuật toán Bresenham

### – Ý tưởng

- Mỗi điểm trên đường thẳng được xác định dựa vào khoảng cách của đường thẳng và điểm có tung độ gần nhất.



2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

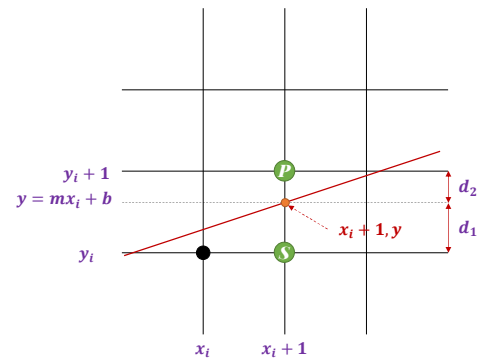
20

20

## Thuật toán Bresenham

– Chọn điểm kế tiếp?

- $S(x_i + 1, y_i)$
- $P(x_i + 1, y_i + 1)$



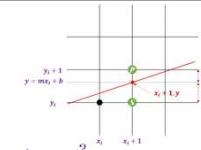
2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

21

21

## Thuật toán Bresenham



- Gọi  $d_1 = y - y_i$  là khoảng cách giữa  $S$  và điểm  $(x_i + 1, y)$
- Gọi  $d_2 = (y_i + 1) - y$  là khoảng cách giữa  $P$  và điểm  $(x_i + 1, y)$
- Khi đó,  $d_1 - d_2$  được gọi là độ lệch giữa  $d_1$  và  $d_2$

$$d_1 - d_2 = 2y - 2y_i - 1$$

– TH1:  $d_1 - d_2 < 0$ , chọn  $S$

– TH2:  $d_1 - d_2 \geq 0$ , chọn  $P$

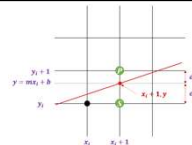
2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

22

22

## Thuật toán Bresenham



$$d_1 - d_2 = 2y - 2y_i - 1$$

$$= 2[m(x_i + 1) + b] - 2y_i - 1$$

$$= 2\left[\frac{Dy}{Dx}(x_i + 1) + b\right] - 2y_i - 1$$

$$= 2\frac{Dy}{Dx}x_i + 2\frac{Dy}{Dx} - 2y_i + 2b - 1$$

$$\Leftrightarrow Dx(d_1 - d_2) = 2Dy \cdot x_i - 2Dx \cdot y_i + (2Dy + 2Dx \cdot b - Dx)$$

$$= 2Dy \cdot x_i - 2Dx \cdot y_i + c$$

$$\text{với } c = 2Dy + 2Dx \cdot b - Dx$$

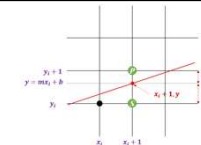
2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

23

23

## Thuật toán Bresenham



– Đặt  $p_i = Dx(d_1 - d_2) = 2Dy \cdot x_i - 2Dx \cdot y_i + c$

– Xét trường hợp  $Dx > 0$ , dấu của  $d_1 - d_2$  cũng là dấu của  $p_i$

– Tham số  $p_i$  ảnh hưởng đến quyết định chọn điểm tiếp theo

– TH1:  $p_i < 0$ , chọn  $S(x_i + 1, y_i)$ .

– TH2:  $p_i \geq 0$ , chọn  $P(x_i + 1, y_i + 1)$ .

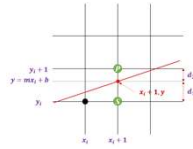
2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

24

24

## Thuật toán Bresenham



– Tính nhanh  $p_{i+1}$  dựa vào dấu của  $p_i$

$$\begin{aligned} p_{i+1} - p_i &= (2Dy \cdot x_1 - 2Dx \cdot y_{i+1} + c) - (2Dy \cdot x_i - 2Dx \cdot y_i + c) \\ &= 2Dy \cdot (x_{i+1} - x_i) - 2Dx \cdot (y_{i+1} - y_i) \\ &= 2Dy - 2Dx \cdot (y_{i+1} - y_i). \end{aligned}$$

– TH1:  $p_i < 0$ , thì  $y_{i+1} - y_i = 0 \Rightarrow p_{i+1} = p_i + 2Dy$ .

– TH2:  $p_i \geq 0$ , thì  $y_{i+1} - y_i = 1 \Rightarrow p_{i+1} = p_i + 2Dy - 2Dx$ .

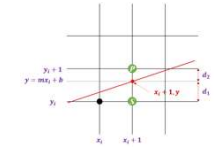
2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

25

25

## Thuật toán Bresenham



– Tính giá trị khởi tạo của  $p_0$  tại điểm  $(x_0, y_0)$  thuộc đoạn thẳng

– Ta có,  $y_0 = mx_0 + b$  nên  $b = y_0 - mx_0 = y_0 - \frac{Dy}{Dx} x_0$

– Ta lại có,  $p_0 = 2Dy \cdot x_0 - 2Dx \cdot y_0 + (2Dy + 2Dx \cdot b - Dx)$

– Thế  $b$  vào công thức trên, ta tìm được

$$p_0 = 2Dy - Dx$$

2021

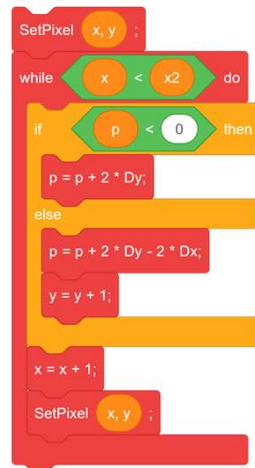
Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

26

26

## Thuật toán Bresenham

```
x = x1, y = y1;
Dx = x2 - x1, Dy = y2 - y1;
p = 2 * Dy - Dx;
```



2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

27

27

## Thuật toán Bresenham

– Ví dụ: Áp dụng thuật toán Bresenham vẽ đường thẳng từ điểm A(1, 1) đến điểm B(6, 5).

x	y	p
1	1	1
2	2	-1
3	3	7
4	3	5
5	4	3
6	5	

2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

28

28

## Nhận xét

- Thuật toán tối ưu hơn DDA vì các thao tác thực hiện trên số nguyên và chỉ sử dụng 2 phép toán cộng và dịch bit (phép nhân với số 2)

2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

29

29

## Thuật toán Mid Point

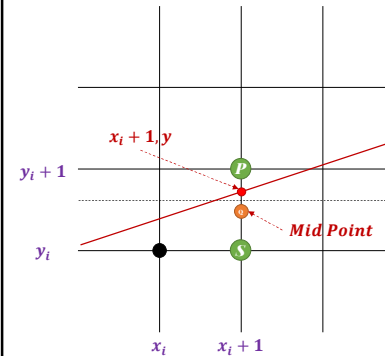
– Ý tưởng

- Chọn điểm kế tiếp là  $S$  hay  $P$  bằng cách so sánh điểm thực  $Q$  với trung điểm

$M(x_i + 1, y_i + \frac{1}{2})$  của  $S$  và  $P$

- Nếu  $Q$  nằm dưới trung điểm chọn  $S$ .

- Ngược lại, chọn  $P$ .



2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

30

30

## Thuật toán Mid Point

– Ta có,  $y = mx + b = \frac{Dy}{Dx}x + b$ .

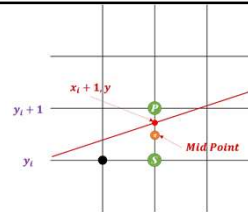
– Nhân 2 vế phương trình với  $Dx$

$$Dx \cdot y = Dy \cdot x + Dx \cdot b$$

$$\Leftrightarrow Dy \cdot x - Dx \cdot y + Dx \cdot b = 0$$

– Đặt  $A = Dy, B = -Dx, C = Dx \cdot b$ , ta được phương trình tổng quát của đường thẳng như sau:

$$Ax + By + C = 0$$



2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

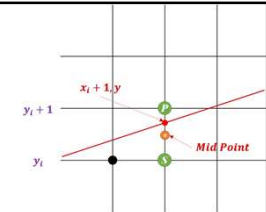
31

31

## Thuật toán Mid Point

– Cho  $f(x, y) = Ax + By + C$ , ta nhận xét

$$f(x, y) = \begin{cases} < 0, (x, y) \text{ nằm phía dưới đường thẳng} \\ = 0, (x, y) \text{ thuộc về đường thẳng} \\ > 0, (x, y) \text{ nằm phía trên đường thẳng} \end{cases}$$



2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

32

32



## Thuật toán Mid Point

– Chọn tham số quyết định  $p_i$  chọn điểm tiếp theo như sau:  $y_i$

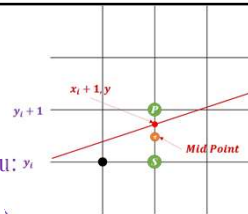
$$p_i = f\left(x_i + 1, y_i + \frac{1}{2}\right) = A(x_i + 1) + B\left(y_i + \frac{1}{2}\right) + C$$

– TH1:  $p_i < 0$ , chọn  $S(x_i + 1, y_i)$  nên  $y_{i+1} = y_i$

$$p_{i+1} = f\left(x_i + 2, y_i + \frac{1}{2}\right) = A(x_i + 2) + B\left(y_i + \frac{1}{2}\right) + C$$

Suy ra,  $p_{i+1} - p_i = A$

$$p_{i+1} = p_i + Dy = p_i + Dy$$



2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

33

33

## Thuật toán Mid Point

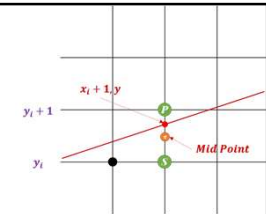
– TH2:  $p_i \geq 0$ , chọn  $P(x_i + 1, y_i + 1)$

– Ta có  $y_{i+1} = y_i + 1$

$$p_{i+1} = f\left(x_i + 2, y_i + \frac{1}{2}\right) = A(x_i + 2) + B\left(y_i + \frac{1}{2}\right) + C$$

– Suy ra,  $p_{i+1} - p_i = A + B = Dy - Dx$

$$p_{i+1} = p_i + Dy - Dx$$



2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

34

34

## Thuật toán Mid Point

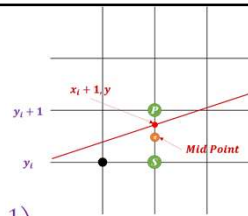
– Tính giá trị  $p_0$  của điểm  $(x_0, y_0)$  thuộc đường thẳng

$$p_0 = f\left(x_0 + 1, y_0 + \frac{1}{2}\right) = A(x_0 + 1) + B\left(y_0 + \frac{1}{2}\right) + C$$

$$= (Ax_0 + By_0 + C) + \left(A + \frac{B}{2}\right)$$

$$= A + \frac{B}{2}$$

$$= Dy - \frac{Dx}{2}$$



2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

35

35

## Thuật toán Mid Point

```
x = x1, y = y1;
Dx = x2 - x1, Dy = y2 - y1;
p = Dy - Dx / 2;
```

```
SetPixel x, y ;
while x < x2 do
  if p < 0 then
    p = p + Dy;
  else
    p = p + Dy - Dx;
    y = y + 1;
  x = x + 1;
  SetPixel x, y ;
```

2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

36

36

## Bài tập

- Thiết kế thuật toán DDA, Bresenham, Mid Point cho các trường hợp còn lại.

2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

37

37

## Tài liệu tham khảo

1. Hoàng Kiếm, Dương Anh Đức, Vũ Hải Quân, Lê Đình Duy. *Giáo trình Đồ họa máy tính*. NXB ĐH Quốc gia TP Hồ Chí Minh, 2005.
2. Donald Hearn, M. Baker, Warren Carithers. *Computer Graphics with Open GL, 4th Edition*. Pearson, 2010.
3. Edward Angel, Dave Shreiner. *Interactive Computer Graphics A Top-Down Approach With Shader-Based OpenGL*, 6th Editionn. Pearson, 2011.

2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

38

38