

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

18

2

13

-1

10

7

9

-3



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

18

2

13

-1

10

7



-3

9

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

18

2

13

-1

10

7



-3

9

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

18

2

13

-1

10



-3

7

9

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

18

2

13

-1

10



-3

7

9

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

18

2

13

-1



10

7

9

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

18

2

13

-1

-3

10

7

9



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

18

2

13



-3

-1

10

7

9



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

18  
2  
13  
-3  
-1  
10  
7  
9



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

18

2



13

-1

10

7

9

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

18  
2  
-3  
13  
-1  
10  
7  
9



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

18  
-3  
2  
13  
-1  
10  
7  
9

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

18  
-3  
2  
13  
-1  
10  
7  
9



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18



**-3**

**18**

**2**

**13**

**-1**

**10**

**7**

**9**

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|    |           |
|----|-----------|
| -3 | <b>-3</b> |
| 18 | 18        |
| 2  | 2         |
| 13 | 13        |
| -1 | -1        |
| 10 | 10        |
| 7  | 7         |
| 9  | 9         |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|    |           |
|----|-----------|
| -3 | <b>-3</b> |
| 18 | 18        |
| 2  | 2         |
| 13 | 13        |
| -1 | -1        |
| 10 | 10        |
| 7  | 7         |
| 9  | 9         |





# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|           |           |
|-----------|-----------|
| <b>-3</b> | <b>-3</b> |
| <b>18</b> | <b>18</b> |
| <b>2</b>  | <b>2</b>  |
| <b>13</b> | <b>13</b> |
| <b>-1</b> | <b>-1</b> |
| <b>10</b> | <b>7</b>  |
| <b>7</b>  | <b>10</b> |
| <b>9</b>  | <b>9</b>  |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|    |           |
|----|-----------|
| -3 | <b>-3</b> |
| 18 | 18        |
| 2  | 2         |
| 13 | 13        |
| -1 | -1        |
| 10 | 7         |
| 7  | 10        |
| 9  | 9         |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|    |           |
|----|-----------|
| -3 | <b>-3</b> |
| 18 | 18        |
| 2  | 2         |
| 13 | 13        |
| -1 | -1        |
| 10 | 7         |
| 7  | 10        |
| 9  | 9         |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|           |                                                                                              |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>-3</b> | <b>-3</b>                                                                                    |
| <b>18</b> | <b>18</b>                                                                                    |
| <b>2</b>  | <b>2</b>                                                                                     |
| <b>13</b> |  <b>-1</b> |
| <b>-1</b> | <b>13</b>                                                                                    |
| <b>10</b> | <b>7</b>                                                                                     |
| <b>7</b>  | <b>10</b>                                                                                    |
| <b>9</b>  | <b>9</b>                                                                                     |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|    |           |
|----|-----------|
| -3 | <b>-3</b> |
| 18 | 18        |
| 2  | 2         |
| 13 | -1        |
| -1 | 13        |
| 10 | 7         |
| 7  | 10        |
| 9  | 9         |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|           |                                                                                             |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>-3</b> | <b>-3</b>                                                                                   |
| <b>18</b> | <b>18</b>                                                                                   |
| <b>2</b>  |  <b>-1</b> |
| <b>13</b> | <b>2</b>                                                                                    |
| <b>-1</b> | <b>13</b>                                                                                   |
| <b>10</b> | <b>7</b>                                                                                    |
| <b>7</b>  | <b>10</b>                                                                                   |
| <b>9</b>  | <b>9</b>                                                                                    |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|    |           |
|----|-----------|
| -3 | <b>-3</b> |
| 18 | 18        |
| 2  | -1        |
| 13 | 2         |
| -1 | 13        |
| 10 | 7         |
| 7  | 10        |
| 9  | 9         |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|    |                                                                                      |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------|
| -3 | <b>-3</b>                                                                            |
| 18 |  -1 |
| 2  | 18                                                                                   |
| 13 | 2                                                                                    |
| -1 | 13                                                                                   |
| 10 | 7                                                                                    |
| 7  | 10                                                                                   |
| 9  | 9                                                                                    |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |
|----|----|
| -3 | -3 |
| 18 | -1 |
| 2  | 18 |
| 13 | 2  |
| -1 | 13 |
| 10 | 7  |
| 7  | 10 |
| 9  | 9  |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |
|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 18 |
| 13 | 2  | 2  |
| -1 | 13 | 13 |
| 10 | 7  | 7  |
| 7  | 10 | 10 |
| 9  | 9  | 9  |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |
|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 18 |
| 13 | 2  | 2  |
| -1 | 13 | 13 |
| 10 | 7  | 7  |
| 7  | 10 | 9  |
| 9  | 9  | 10 |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |
|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 18 |
| 13 | 2  | 2  |
| -1 | 13 | 13 |
| 10 | 7  | 7  |
| 7  | 10 | 9  |
| 9  | 9  | 10 |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |
|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 18 |
| 13 | 2  | 2  |
| -1 | 13 | 13 |
| 10 | 7  | 7  |
| 7  | 10 | 9  |
| 9  | 9  | 10 |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |
|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 18 |
| 13 | 2  | 2  |
| -1 | 13 | 7  |
| 10 | 7  | 13 |
| 7  | 10 | 9  |
| 9  | 9  | 10 |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |
|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 18 |
| 13 | 2  | 2  |
| -1 | 13 | 7  |
| 10 | 7  | 13 |
| 7  | 10 | 9  |
| 9  | 9  | 10 |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |
|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 18 |
| 13 | 2  | 2  |
| -1 | 13 | 7  |
| 10 | 7  | 13 |
| 7  | 10 | 9  |
| 9  | 9  | 10 |





# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |
|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 2  |
| 13 | 2  | 18 |
| -1 | 13 | 7  |
| 10 | 7  | 13 |
| 7  | 10 | 9  |
| 9  | 9  | 10 |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 2  | 2  |
| 13 | 2  | 18 | 18 |
| -1 | 13 | 7  | 7  |
| 10 | 7  | 13 | 13 |
| 7  | 10 | 9  | 9  |
| 9  | 9  | 10 | 10 |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 2  | 2  |
| 13 | 2  | 18 | 18 |
| -1 | 13 | 7  | 7  |
| 10 | 7  | 13 | 13 |
| 7  | 10 | 9  | 9  |
| 9  | 9  | 10 | 10 |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 2  | 2  |
| 13 | 2  | 18 | 18 |
| -1 | 13 | 7  | 7  |
| 10 | 7  | 13 | 9  |
| 7  | 10 | 9  | 13 |
| 9  | 9  | 10 | 10 |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

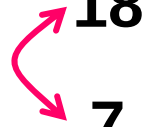
|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 2  | 2  |
| 13 | 2  | 18 | 18 |
| -1 | 13 | 7  | 7  |
| 10 | 7  | 13 | 9  |
| 7  | 10 | 9  | 13 |
| 9  | 9  | 10 | 10 |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 2  | 2  |
| 13 | 2  | 18 | 18 |
| -1 | 13 | 7  | 7  |
| 10 | 7  | 13 | 9  |
| 7  | 10 | 9  | 13 |
| 9  | 9  | 10 | 10 |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 2  | 2  |
| 13 | 2  | 18 | 7  |
| -1 | 13 | 7  | 18 |
| 10 | 7  | 13 | 9  |
| 7  | 10 | 9  | 13 |
| 9  | 9  | 10 | 10 |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 2  | 2  | 2  |
| 13 | 2  | 18 | 7  | 7  |
| -1 | 13 | 7  | 18 | 18 |
| 10 | 7  | 13 | 9  | 9  |
| 7  | 10 | 9  | 13 | 13 |
| 9  | 9  | 10 | 10 | 10 |





# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 2  | 2  | 2  |
| 13 | 2  | 18 | 7  | 7  |
| -1 | 13 | 7  | 18 | 18 |
| 10 | 7  | 13 | 9  | 9  |
| 7  | 10 | 9  | 13 | 10 |
| 9  | 9  | 10 | 10 | 13 |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

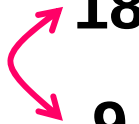
|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 2  | 2  | 2  |
| 13 | 2  | 18 | 7  | 7  |
| -1 | 13 | 7  | 18 | 18 |
| 10 | 7  | 13 | 9  | 9  |
| 7  | 10 | 9  | 13 | 10 |
| 9  | 9  | 10 | 10 | 13 |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 2  | 2  | 2  |
| 13 | 2  | 18 | 7  | 7  |
| -1 | 13 | 7  | 18 | 18 |
| 10 | 7  | 13 | 9  | 9  |
| 7  | 10 | 9  | 13 | 10 |
| 9  | 9  | 10 | 10 | 13 |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 2  | 2  | 2  |
| 13 | 2  | 18 | 7  | 7  |
| -1 | 13 | 7  | 18 | 9  |
| 10 | 7  | 13 | 9  | 18 |
| 7  | 10 | 9  | 13 | 10 |
| 9  | 9  | 10 | 10 | 13 |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 | -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 2  | 2  | 2  | 2  |
| 13 | 2  | 18 | 7  | 7  | 7  |
| -1 | 13 | 7  | 18 | 9  | 9  |
| 10 | 7  | 13 | 9  | 18 | 18 |
| 7  | 10 | 9  | 13 | 10 | 10 |
| 9  | 9  | 10 | 10 | 13 | 13 |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 | -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 2  | 2  | 2  | 2  |
| 13 | 2  | 18 | 7  | 7  | 7  |
| -1 | 13 | 7  | 18 | 9  | 9  |
| 10 | 7  | 13 | 9  | 18 | 18 |
| 7  | 10 | 9  | 13 | 10 | 10 |
| 9  | 9  | 10 | 10 | 13 | 13 |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 | -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 2  | 2  | 2  | 2  |
| 13 | 2  | 18 | 7  | 7  | 7  |
| -1 | 13 | 7  | 18 | 9  | 9  |
| 10 | 7  | 13 | 9  | 18 | 10 |
| 7  | 10 | 9  | 13 | 10 | 18 |
| 9  | 9  | 10 | 10 | 13 | 13 |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 | -3 | -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  |
| 13 | 2  | 18 | 7  | 7  | 7  | 7  |
| -1 | 13 | 7  | 18 | 9  | 9  | 9  |
| 10 | 7  | 13 | 9  | 18 | 10 | 10 |
| 7  | 10 | 9  | 13 | 10 | 18 | 18 |
| 9  | 9  | 10 | 10 | 13 | 13 | 13 |





# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 | -3 | -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  |
| 13 | 2  | 18 | 7  | 7  | 7  | 7  |
| -1 | 13 | 7  | 18 | 9  | 9  | 9  |
| 10 | 7  | 13 | 9  | 18 | 10 | 10 |
| 7  | 10 | 9  | 13 | 10 | 18 | 13 |
| 9  | 9  | 10 | 10 | 13 | 13 | 18 |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

- 每一階段將範圍內最小的元素移到最前面
- 怎麼好像不只最小的元素在動呢??
  - ◆ 因為事先不知道哪一個最小, 所以來個打帶跑
  - ◆ 一邊尋找最小的, 一邊把目前知道的最小元素往前移動

|    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 | -3 | -3 | -3 | -3 | -3 |
| 18 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 2  | 18 | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  |
| 13 | 2  | 18 | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  |
| -1 | 13 | 7  | 18 | 9  | 9  | 9  | 9  |
| 10 | 7  | 13 | 9  | 18 | 10 | 10 | 10 |
| 7  | 10 | 9  | 13 | 10 | 18 | 13 | 13 |
| 9  | 9  | 10 | 10 | 13 | 13 | 18 | 18 |

- 規劃變數來存放資料, 用迴圈來完成重複的動作

- 規劃變數來存放資料, 用迴圈來完成重複的動作

```
int n=8, data[]={18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3};
```

- 規劃變數來存放資料, 用迴圈來完成重複的動作

```
int n=8, data[]={18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3};
```

```
tmp = data[j];  
data[j] = data[j+1];  
data[j+1] = tmp;
```

- 規劃變數來存放資料, 用迴圈來完成重複的動作

```
int n=8, data[]={18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3};
```

```
    if (data[j]>data[j+1]) {  
        tmp = data[j];  
        data[j] = data[j+1];  
        data[j+1] = tmp;  
    }
```

- 規劃變數來存放資料, 用迴圈來完成重複的動作

```
int n=8, data[]={18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3};
```

```
for (j=n-2; j>=0; j--)  
    if (data[j]>data[j+1]) {  
        tmp = data[j];  
        data[j] = data[j+1];  
        data[j+1] = tmp;  
    }
```

- 規劃變數來存放資料, 用迴圈來完成重複的動作

```
int n=8, data[]={18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3};  
for (i=0; i<n-1; i++)  
    for (j=n-2; j>=i; j--)  
        if (data[j]>data[j+1]) {  
            tmp = data[j];  
            data[j] = data[j+1];  
            data[j+1] = tmp;  
        }
```



- 規劃變數來存放資料, 用迴圈來完成重複的動作

```
int i, j, tmp;
```

```
int n=8, data[]={18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3};
```

```
for (i=0; i<n-1; i++)
```

```
    for (j=n-2; j>=i; j--)
```

```
        if (data[j]>data[j+1]) {
```

```
            tmp = data[j];
```

```
            data[j] = data[j+1];
```

```
            data[j+1] = tmp;
```

```
        }
```

- 規劃變數來存放資料, 用迴圈來完成重複的動作

```
int i, j, tmp;
```

```
int n=8, data[]={18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3};
```

```
for (i=0; i<n-1; i++)
```

```
    for (j=n-2; j>=i; j--)
```

```
        if (data[j]>data[j+1]) {
```

```
            tmp = data[j];
```

```
            data[j] = data[j+1];
```

```
            data[j+1] = tmp;
```

```
        }
```

```
void swap(int *a, int *b) {
```

```
    int tmp = *a;
```

```
    *a = *b;
```

```
    *b = tmp;
```

```
}
```

- 規劃變數來存放資料, 用迴圈來完成重複的動作

```
int i, j, tmp;
```

```
int n=8, data[]={18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3};
```

```
for (i=0; i<n-1; i++)
```

```
    for (j=n-2; j>=i; j--)
```

```
        if (data[j]>data[j+1]) {
```

```
            tmp = data[j];
```

```
            data[j] = data[j+1];
```

```
            data[j+1] = tmp;
```

```
        }
```

```
void swap(int *a, int *b) {
```

```
    int tmp = *a;
```

```
    *a = *b;
```

```
    *b = tmp;
```

```
}
```

```
if (data[j]>data[j+1])
```

```
    swap(&data[j], &data[j+1]);
```

- 規劃變數來存放資料, 用迴圈來完成重複的動作

```
int i, j, tmp;
```

```
int n=8, data[]={18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3};
```

```
for (i=0; i<n-1; i++)
```

```
    for (j=n-2; j>=i; j--)
```

```
        if (data[j]>data[j+1]) {
```

```
            tmp = data[j];
```

```
            data[j] = data[j+1];
```

```
            data[j+1] = tmp;
```

```
        }
```

```
void swap(int *a, int *b) {
```

```
    int tmp = *a;
```

```
    *a = *b;
```

```
    *b = tmp;
```

```
}
```

```
if (data[j]>data[j+1])
```

```
    swap(&data[j], &data[j+1]);
```

```
if (data[j]>data[j+1])
```

```
    swap(data+j, data+j+1);
```

- 規劃變數來存放資料, 用迴圈來完成重複的動作

```
int i, j, tmp;
```

```
int n=8, data[]={18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3};
```

```
for (i=0; i<n-1; i++)
```

```
    for (j=n-2; j>=i; j--)
```

```
        if (data[j]>data[j+1]) {
```

```
            tmp = data[j];
```

```
            data[j] = data[j+1];
```

```
            data[j+1] = tmp;
```

```
        }
```

```
void swap(int *a, int *b) {
```

```
    int tmp = *a;
```

```
    *a = *b;
```

```
    *b = tmp;
```

```
}
```

```
if (data[j]>data[j+1])
```

```
    swap(&data[j], &data[j+1]);
```

```
if (data[j]>data[j+1])
```

```
    swap(data+j, data+j+1);
```

- $(n-1)+(n-2)+\dots+1 = n(n-1)/2$  comparisons

- 規劃變數來存放資料, 用迴圈來完成重複的動作

```
int i, j, tmp;
```

```
int n=8, data[]={18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3};
```

```
for (i=0; i<n-1; i++)
```

```
    for (j=n-2; j>=i; j--)
```

```
        if (data[j]>data[j+1]) {
```

```
            tmp = data[j];
```

```
            data[j] = data[j+1];
```

```
            data[j+1] = tmp;
```

```
        }
```

```
void swap(int *a, int *b) {
```

```
    int tmp = *a;
```

```
    *a = *b;
```

```
    *b = tmp;
```

```
}
```

```
if (data[j]>data[j+1])
```

```
    swap(&data[j], &data[j+1]);
```

```
if (data[j]>data[j+1])
```

```
    swap(data+j, data+j+1);
```

- $(n-1)+(n-2)+\dots+1 = n(n-1)/2$  comparisons

$O(n^2)$  comparisons

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

**18** 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

**2**

**13**

**-1**

**10**

**7**

**9**

  
**-3**

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

**18** 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

**2** 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9

**13**

**-1**

**10**

**7**



**9**



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

**18** 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

**2** 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9

**13**

**-1**

**10**

**7**

**-3**

**9**



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

**18** 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

**2** 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9

18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9

**13**

**-1**

**10**



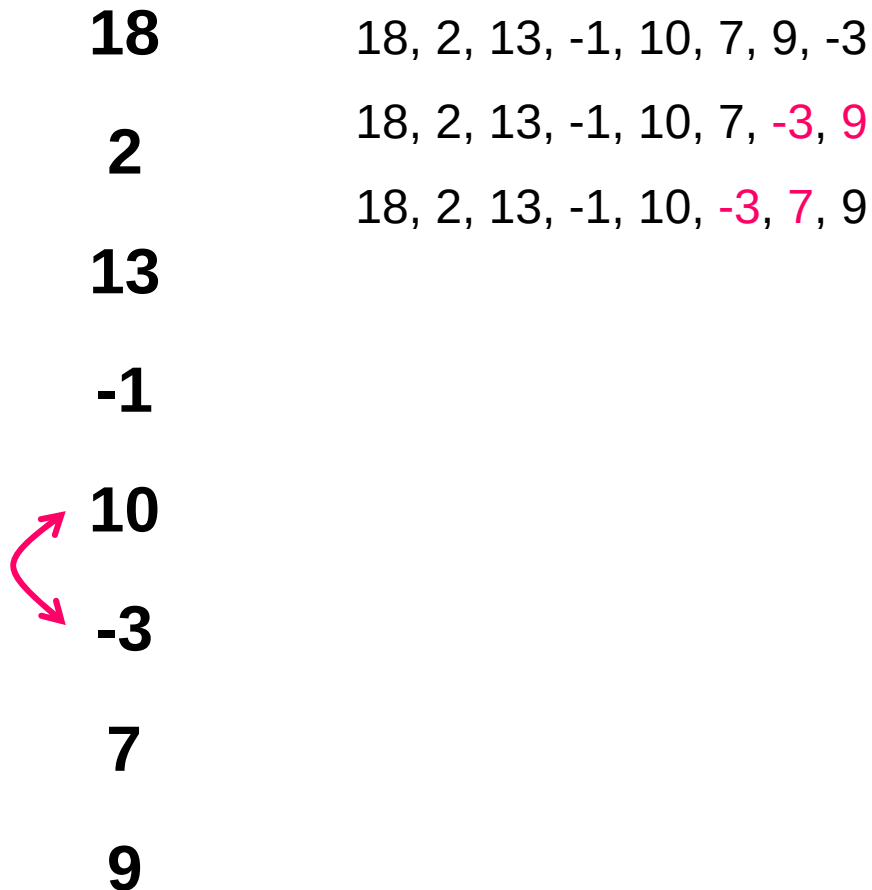
**7**

**9**

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

**18** 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

**2** 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9

18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9

**13** 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9

**-1**



**-3**

**10**

**7**

**9**

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

**18** 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

**2** 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9

18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9

**13** 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9

**-1**

  
**-3**

**10**

**7**

**9**

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|                                                                                       |                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 18                                                                                    | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |
| 2                                                                                     | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 |
|                                                                                       | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 |
| 13                                                                                    | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 |
|  -3 | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 |
| -1                                                                                    |                             |
| 10                                                                                    |                             |
| 7                                                                                     |                             |
| 9                                                                                     |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|    |                             |
|----|-----------------------------|
| 18 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |
| 2  | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 |
|    | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 |
| 13 | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 |
| -3 | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 |
| -1 |                             |
| 10 |                             |
| 7  |                             |
| 9  |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|                                                                                   |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 18                                                                                | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |
| 2                                                                                 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 |
|  | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 |
| -3                                                                                | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 |
| 13                                                                                | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 |
| -1                                                                                | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |
| 10                                                                                |                             |
| 7                                                                                 |                             |
| 9                                                                                 |                             |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|                                                                                   |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>18</b>                                                                         | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |
| <b>2</b>                                                                          | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 |
|  | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 |
| <b>-3</b>                                                                         | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 |
| <b>13</b>                                                                         | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 |
|                                                                                   | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |
| <b>-1</b>                                                                         |                             |
| <b>10</b>                                                                         |                             |
| <b>7</b>                                                                          |                             |
| <b>9</b>                                                                          |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|                                                                                      |                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 18                                                                                   | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |
|  -3 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 |
| 2                                                                                    | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 |
| 13                                                                                   | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 |
| -1                                                                                   | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |
| 10                                                                                   | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |
| 7                                                                                    |                             |
| 9                                                                                    |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|                                                                                   |           |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------|
|  | <b>18</b> | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |
|                                                                                   | <b>-3</b> | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 |
|                                                                                   |           | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 |
|                                                                                   | <b>2</b>  | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 |
|                                                                                   | <b>13</b> | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 |
|                                                                                   |           | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |
|                                                                                   | <b>-1</b> | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |
|                                                                                   | <b>10</b> |                             |
|                                                                                   | <b>7</b>  |                             |
|                                                                                   | <b>9</b>  |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18



**-3**

**18**

**2**

**13**

**-1**

**10**

**7**

**9**

18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9

18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9

18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9

18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9

18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9

18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

**-3** 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

**18** 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9

18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9

**2** 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9

**13** 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9

18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9

**-1** 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9

**10** -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9

**7**

  
**9**

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

**-3** 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

**18** 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9

18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9

**2** 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9

**13** 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9

18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9

**-1** 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9

**10** -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9

  
**7**

**9**

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

**-3** 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

**18** 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9

18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9

**2** 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9

**13** 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9

18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9

**-1** 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9

-3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9

-3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9

**10**

**9**



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|           |                             |
|-----------|-----------------------------|
| <b>-3</b> | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |
| <b>18</b> | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 |
|           | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 |
| <b>2</b>  | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 |
| <b>13</b> | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 |
|           | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |
| <b>-1</b> | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |
| <b>7</b>  | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |
| <b>10</b> | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 |
| <b>9</b>  |                             |





# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|                                                                                    |                             |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>-3</b>                                                                          | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |
| <b>18</b>                                                                          | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 |
|                                                                                    | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 |
| <b>2</b>                                                                           | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 |
| <b>13</b>                                                                          | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 |
|  | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |
| <b>-1</b>                                                                          | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |
| <b>7</b>                                                                           | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |
| <b>10</b>                                                                          | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 |
| <b>9</b>                                                                           |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|                                                                                    |                             |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>-3</b>                                                                          | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |
| <b>18</b>                                                                          | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 |
|                                                                                    | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 |
| <b>2</b>                                                                           | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 |
|  | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 |
|                                                                                    | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |
| <b>13</b>                                                                          | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |
| <b>7</b>                                                                           | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |
|                                                                                    | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 |
| <b>10</b>                                                                          | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |
| <b>9</b>                                                                           |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|                                                                                             |                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>-3</b>                                                                                   | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |
| <b>18</b>                                                                                   | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 |
|                                                                                             | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 |
| <b>2</b>                                                                                    | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 |
|  <b>-1</b> | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 |
|                                                                                             | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |
| <b>13</b>                                                                                   | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |
|                                                                                             | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |
| <b>7</b>                                                                                    | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 |
| <b>10</b>                                                                                   | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |
| <b>9</b>                                                                                    |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|                                                                                   |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>-3</b>                                                                         | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |
| <b>18</b>                                                                         | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 |
|  | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 |
| <b>-1</b>                                                                         | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 |
| <b>2</b>                                                                          | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 |
| <b>13</b>                                                                         | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |
| <b>7</b>                                                                          | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |
| <b>10</b>                                                                         | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 |
| <b>9</b>                                                                          | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |
|                                                                                   | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|                                                                                   |                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>-3</b>                                                                         | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3                 |
|                                                                                   | 18, 2, 13, -1, 10, 7, <b>-3, 9</b>          |
|  | 18, 2, 13, -1, 10, <b>-3, 7</b> , 9         |
| <b>-1</b>                                                                         | 18, 2, 13, -1, <b>-3, 10</b> , 7, 9         |
| <b>2</b>                                                                          | 18, 2, 13, <b>-3, -1</b> , 10, 7, 9         |
|                                                                                   | 18, 2, <b>-3, 13</b> , -1, 10, 7, 9         |
| <b>13</b>                                                                         | 18, <b>-3, 2</b> , 13, -1, 10, 7, 9         |
| <b>7</b>                                                                          | <b>-3, 18</b> , 2, 13, -1, 10, 7, 9         |
|                                                                                   | <b>-3</b> , 18, 2, 13, -1, <b>7, 10</b> , 9 |
| <b>10</b>                                                                         | <b>-3</b> , 18, 2, <b>-1, 13</b> , 7, 10, 9 |
| <b>9</b>                                                                          | <b>-3</b> , 18, <b>-1, 2</b> , 13, 7, 10, 9 |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|                                                                                             |                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>-3</b>                                                                                   | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3                         |
|  <b>-1</b> | 18, 2, 13, -1, 10, 7, <b>-3</b> , 9                 |
| <b>18</b>                                                                                   | 18, 2, 13, -1, 10, <b>-3</b> , <b>7</b> , 9         |
| <b>2</b>                                                                                    | 18, 2, 13, -1, <b>-3</b> , <b>10</b> , 7, 9         |
| <b>13</b>                                                                                   | 18, 2, 13, <b>-3</b> , <b>-1</b> , 10, 7, 9         |
| <b>7</b>                                                                                    | 18, 2, <b>-3</b> , <b>13</b> , -1, 10, 7, 9         |
| <b>10</b>                                                                                   | 18, <b>-3</b> , <b>2</b> , 13, -1, 10, 7, 9         |
| <b>9</b>                                                                                    | <b>-3</b> , <b>18</b> , 2, 13, -1, 10, 7, 9         |
|                                                                                             | <b>-3</b> , 18, 2, 13, -1, <b>7</b> , <b>10</b> , 9 |
|                                                                                             | <b>-3</b> , 18, 2, <b>-1</b> , <b>13</b> , 7, 10, 9 |
|                                                                                             | <b>-3</b> , 18, <b>-1</b> , <b>2</b> , 13, 7, 10, 9 |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|                                                                                     |                             |                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>-3</b>                                                                           | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| <b>-1</b>                                                                           | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
|                                                                                     | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 |                             |
| <b>18</b>                                                                           | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 |                             |
| <b>2</b>                                                                            | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 |                             |
|                                                                                     | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| <b>13</b>                                                                           | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| <b>7</b>                                                                            | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
|                                                                                     | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 |                             |
| <b>10</b>                                                                           | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
|  | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |
| <b>9</b>                                                                            | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|    |                             |                             |
|----|-----------------------------|-----------------------------|
| -3 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| -1 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
| 18 | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| 2  | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 13 | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 7  | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 9  | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 10 | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
|    | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|    |                             |                             |
|----|-----------------------------|-----------------------------|
| -3 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| -1 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
| 18 | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| 2  | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 13 | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 7  | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 9  | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 10 | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
|    | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|    |                             |                             |
|----|-----------------------------|-----------------------------|
| -3 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| -1 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
| 18 | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| 2  | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 13 | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 7  | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 9  | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 |                             |
| 10 | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
|    | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|    |                             |                             |
|----|-----------------------------|-----------------------------|
| -3 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| -1 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
| 18 | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| 2  | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
| 7  | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 13 | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 9  | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 10 | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
|    | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
|    | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|    |                             |                             |
|----|-----------------------------|-----------------------------|
| -3 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| -1 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
| 18 | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| 2  | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
| 7  | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 13 | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 9  | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 10 | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
|    | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
|    | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|                                                                                            |                             |                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>-3</b>                                                                                  | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| <b>-1</b>                                                                                  | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
|                                                                                            | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| <b>18</b>                                                                                  | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
|  <b>2</b> | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 |                             |
|                                                                                            | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| <b>7</b>                                                                                   | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| <b>13</b>                                                                                  | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| <b>9</b>                                                                                   | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 |                             |
|                                                                                            | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
| <b>10</b>                                                                                  | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|                                                                                   |                             |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| -3                                                                                | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| -1                                                                                | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
|  | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| 2                                                                                 | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
| 18                                                                                | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 |                             |
|                                                                                   | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 7                                                                                 | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
|                                                                                   | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 13                                                                                | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 |                             |
|                                                                                   | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
| 9                                                                                 | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |
| 10                                                                                |                             |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|    |                             |                             |
|----|-----------------------------|-----------------------------|
| -3 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| -1 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
| 2  | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| 18 | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
| 7  | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 13, 9, 10 |
| 13 | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 9  | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 10 | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
|    | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
|    | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|    |                             |                             |
|----|-----------------------------|-----------------------------|
| -3 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| -1 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
| 2  | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| 18 | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
| 7  | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 13, 9, 10 |
| 13 | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 9  | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 10 | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
|    | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
|    | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|    |                             |                             |
|----|-----------------------------|-----------------------------|
| -3 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| -1 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
| 2  | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| 18 | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
| 7  | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 9, 13, 10 |
| 9  | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 13 | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 10 | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
|    | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|           |                             |                             |
|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>-3</b> | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| <b>-1</b> | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
| <b>2</b>  | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| <b>18</b> | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
| <b>7</b>  | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 9, 13, 10 |
| <b>9</b>  | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| <b>13</b> | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| <b>10</b> | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 |                             |
|           | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
|           | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|                                                                                    |                             |                             |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>-3</b>                                                                          | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| <b>-1</b>                                                                          | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
|                                                                                    | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| <b>2</b>                                                                           | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
| <b>18</b>                                                                          | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 13, 9, 10 |
|  | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 9, 13, 10 |
| <b>7</b>                                                                           | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| <b>9</b>                                                                           | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| <b>13</b>                                                                          | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 |                             |
|                                                                                    | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
| <b>10</b>                                                                          | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|                                                                                      |                             |                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| -3                                                                                   | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| -1                                                                                   | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
| 2                                                                                    | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
|  7 | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
| 18                                                                                   | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 9, 13, 10 |
| 9                                                                                    | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 13                                                                                   | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
| 10                                                                                   | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 |                             |
|                                                                                      | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
|                                                                                      | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|           |                             |                             |
|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>-3</b> | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| <b>-1</b> | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
|           | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| <b>2</b>  | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
| <b>7</b>  | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 13, 9, 10 |
|           | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 9, 13, 10 |
| <b>18</b> | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 13, 10 |
| <b>9</b>  | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 |                             |
|           | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 |                             |
| <b>13</b> | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
| <b>10</b> | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|    |                             |                             |
|----|-----------------------------|-----------------------------|
| -3 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| -1 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
| 2  | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| 7  | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
| 18 | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 9, 13, 10 |
| 9  | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 13, 10 |
| 10 | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 10, 13 |
| 13 | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
|    | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|           |                             |                             |
|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>-3</b> | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| <b>-1</b> | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
|           | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| <b>2</b>  | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
| <b>7</b>  | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 13, 9, 10 |
|           | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 9, 13, 10 |
| <b>18</b> | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 13, 10 |
|           | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 10, 13 |
| <b>9</b>  | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 |                             |
| <b>10</b> | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
| <b>13</b> | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|                                                                                     |                             |                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>-3</b>                                                                           | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| <b>-1</b>                                                                           | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
|                                                                                     | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| <b>2</b>                                                                            | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
| <b>7</b>                                                                            | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 13, 9, 10 |
|                                                                                     | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 9, 13, 10 |
| <b>18</b>                                                                           | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 13, 10 |
|  | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 10, 13 |
| <b>9</b>                                                                            | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 |                             |
| <b>10</b>                                                                           | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
| <b>13</b>                                                                           | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |



# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|                                                                                      |                             |                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| -3                                                                                   | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| -1                                                                                   | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
| 2                                                                                    | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| 7                                                                                    | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
|  9 | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 9, 13, 10 |
| 18                                                                                   | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 13, 10 |
| 10                                                                                   | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 10, 13 |
| 13                                                                                   | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
|                                                                                      | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|           |                             |                             |
|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>-3</b> | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| <b>-1</b> | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
|           | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| <b>2</b>  | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
| <b>7</b>  | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 13, 9, 10 |
|           | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 9, 13, 10 |
| <b>9</b>  | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 13, 10 |
| <b>18</b> | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 10, 13 |
|           | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 | -3, -1, 2, 7, 9, 18, 10, 13 |
| <b>10</b> | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
| <b>13</b> | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|                                                                                               |                             |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>-3</b>                                                                                     | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| <b>-1</b>                                                                                     | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
|                                                                                               | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| <b>2</b>                                                                                      | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
| <b>7</b>                                                                                      | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 13, 9, 10 |
|                                                                                               | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 9, 13, 10 |
| <b>9</b>                                                                                      | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 13, 10 |
| <b>18</b>                                                                                     | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 10, 13 |
|  <b>10</b> | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 | -3, -1, 2, 7, 9, 18, 10, 13 |
|                                                                                               | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
| <b>13</b>                                                                                     | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|    |                             |                             |
|----|-----------------------------|-----------------------------|
| -3 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| -1 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
| 2  | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| 7  | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
| 9  | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 9, 13, 10 |
| 10 | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 13, 10 |
| 18 | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 10, 13 |
| 13 | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 |                             |
|    | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|                                                                                               |                             |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>-3</b>                                                                                     | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| <b>-1</b>                                                                                     | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
|                                                                                               | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| <b>2</b>                                                                                      | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
| <b>7</b>                                                                                      | 18, 2, 13, -3, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 13, 9, 10 |
|                                                                                               | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 9, 13, 10 |
| <b>9</b>                                                                                      | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 13, 10 |
| <b>10</b>                                                                                     | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 10, 13 |
|                                                                                               | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 | -3, -1, 2, 7, 9, 18, 10, 13 |
| <b>18</b>                                                                                     | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 | -3, -1, 2, 7, 9, 10, 18, 13 |
|  <b>13</b> | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|    |                             |                             |
|----|-----------------------------|-----------------------------|
| -3 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| -1 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
| 2  | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| 7  | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
| 9  | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 9, 13, 10 |
| 10 | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 13, 10 |
| 13 | -3, 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 10, 13 |
| 18 | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 | -3, -1, 2, 7, 9, 10, 18, 13 |
|    | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 |                             |

# 氣泡排序法 – $O(n^2)$

未排序資料 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

由小到大排序完成之資料 -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18

|    |                             |                             |
|----|-----------------------------|-----------------------------|
| -3 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3 |                             |
| -1 | 18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 10, 9 |
| 2  | 18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 13, 7, 9, 10 |
| 7  | 18, 2, 13, -1, -3, 10, 7, 9 | -3, -1, 18, 2, 7, 13, 9, 10 |
| 9  | 18, 2, -3, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 18, 7, 9, 13, 10 |
| 10 | 18, -3, 2, 13, -1, 10, 7, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 13, 10 |
| 13 | -3, 18, 2, 13, -1, 7, 10, 9 | -3, -1, 2, 7, 18, 9, 10, 13 |
| 18 | -3, 18, 2, -1, 13, 7, 10, 9 | -3, -1, 2, 7, 9, 10, 18, 13 |
|    | -3, 18, -1, 2, 13, 7, 10, 9 | -3, -1, 2, 7, 9, 10, 13, 18 |

# 資料的比對次數與交換次數



# 資料的比對次數與交換次數

```
for (i=0; i<n-1; i++) {  
    for (j=n-2; j>=i; j--) {  
  
        if (data[j]>data[j+1]) {  
            tmp = data[j];  
            data[j] = data[j+1];  
            data[j+1] = tmp;  
        }  
    }  
}
```

# 資料的比對次數與交換次數

```
for (i=0; i<n-1; i++) {  
    for (j=n-2; j>=i; j--) {  
        nComp = nComp + 1;  
        if (data[j]>data[j+1]) {  
            tmp = data[j];  
            data[j] = data[j+1];  
            data[j+1] = tmp;  
        }  
    }  
}
```

# 資料的比對次數與交換次數

```
int nComp=0;
for (i=0; i<n-1; i++) {
    for (j=n-2; j>=i; j--) {
        nComp = nComp + 1;
        if (data[j]>data[j+1]) {
            tmp = data[j];
            data[j] = data[j+1];
            data[j+1] = tmp;
        }
    }
}
```

# 資料的比對次數與交換次數

```
int nComp=0;
for (i=0; i<n-1; i++) {
    for (j=n-2; j>=i; j--) {
        nComp = nComp + 1;
        if (data[j]>data[j+1]) {
            tmp = data[j];
            data[j] = data[j+1];
            data[j+1] = tmp;
        }
    }
}
printf("%d", nComp);
```

# 資料的比對次數與交換次數

```
int nComp=0;
for (i=0; i<n-1; i++) {
    for (j=n-2; j>=i; j--) {
        nComp = nComp + 1;
        if (data[j]>data[j+1]) {
            tmp = data[j];
            data[j] = data[j+1];
            data[j+1] = tmp;
        }
    }
}
printf("%d", nComp);
```

```
for (i=0; i<n-1; i++) {
    for (j=n-2; j>=i; j--) {
        if (data[j]>data[j+1]) {

            tmp = data[j];
            data[j] = data[j+1];
            data[j+1] = tmp;
        }
    }
}
```

# 資料的比對次數與交換次數

```
int nComp=0;
for (i=0; i<n-1; i++) {
    for (j=n-2; j>=i; j--) {
        nComp = nComp + 1;
        if (data[j]>data[j+1]) {
            tmp = data[j];
            data[j] = data[j+1];
            data[j+1] = tmp;
        }
    }
}
printf("%d", nComp);
```

```
for (i=0; i<n-1; i++) {
    for (j=n-2; j>=i; j--) {
        if (data[j]>data[j+1]) {
            nExch = nExch + 1;
            tmp = data[j];
            data[j] = data[j+1];
            data[j+1] = tmp;
        }
    }
}
```

# 資料的比對次數與交換次數

```
int nComp=0;
for (i=0; i<n-1; i++) {
    for (j=n-2; j>=i; j--) {
        nComp = nComp + 1;
        if (data[j]>data[j+1]) {
            tmp = data[j];
            data[j] = data[j+1];
            data[j+1] = tmp;
        }
    }
}
printf("%d", nComp);
```

```
int nExch=0;
for (i=0; i<n-1; i++) {
    for (j=n-2; j>=i; j--) {
        if (data[j]>data[j+1]) {
            nExch = nExch + 1;
            tmp = data[j];
            data[j] = data[j+1];
            data[j+1] = tmp;
        }
    }
}
```

# 資料的比對次數與交換次數

```
int nComp=0;
for (i=0; i<n-1; i++) {
    for (j=n-2; j>=i; j--) {
        nComp = nComp + 1;
        if (data[j]>data[j+1]) {
            tmp = data[j];
            data[j] = data[j+1];
            data[j+1] = tmp;
        }
    }
}
printf("%d", nComp);
```

```
int nExch=0;
for (i=0; i<n-1; i++) {
    for (j=n-2; j>=i; j--) {
        if (data[j]>data[j+1]) {
            nExch = nExch + 1;
            tmp = data[j];
            data[j] = data[j+1];
            data[j+1] = tmp;
        }
    }
}
printf("%d", nExch);
```



# 提早結束迴圈

- 如果在某一個  $i$  值

# 提早結束迴圈

- 如果在某一個  $i$  值, 發現已經沒有任何的資料需要交換時

# 提早結束迴圈

- 如果在某一個  $i$  值, 發現已經沒有任何的資料需要交換時, 表示已經依照順序排好了

# 提早結束迴圈

- 如果在某一個  $i$  值, 發現已經沒有任何的資料需要交換時, 表示已經依照順序排好了, 可以提早結束迴圈, 例如:

# 提早結束迴圈

- 如果在某一個  $i$  值, 發現已經沒有任何的資料需要交換時, 表示已經依照順序排好了, 可以提早結束迴圈, 例如:

|         |    |
|---------|----|
| $i = 4$ | -3 |
|         | -1 |
|         | 2  |
|         | 7  |
|         | 9  |
|         | 10 |
|         | 13 |
|         | 18 |

# 提早結束迴圈

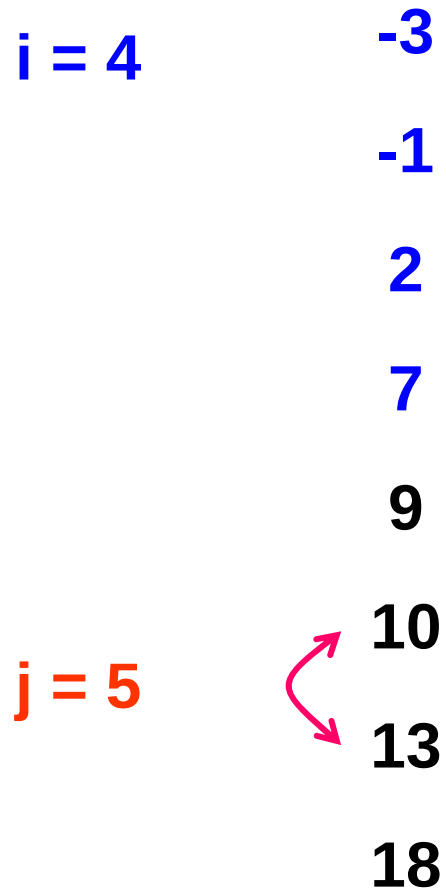
- 如果在某一個  $i$  值, 發現已經沒有任何的資料需要交換時, 表示已經依照順序排好了, 可以提早結束迴圈, 例如:

|         |    |
|---------|----|
| $i = 4$ | -3 |
|         | -1 |
|         | 2  |
|         | 7  |
|         | 9  |
|         | 10 |
|         | 13 |
| $j = 6$ | 18 |



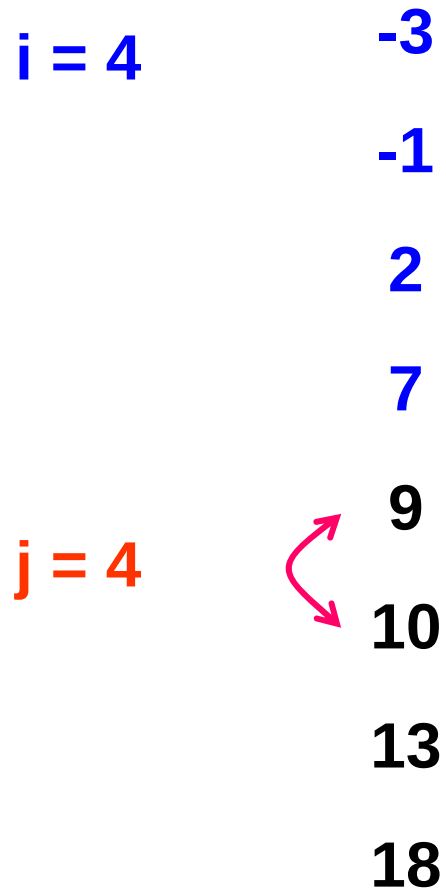
# 提早結束迴圈

- 如果在某一個  $i$  值, 發現已經沒有任何的資料需要交換時, 表示已經依照順序排好了, 可以提早結束迴圈, 例如:



# 提早結束迴圈

- 如果在某一個  $i$  值, 發現已經沒有任何的資料需要交換時, 表示已經依照順序排好了, 可以提早結束迴圈, 例如:





# 提早結束迴圈

- 如果在某一個  $i$  值, 發現已經沒有任何的資料需要交換時, 表示已經依照順序排好了, 可以提早結束迴圈, 例如:

|         |    |
|---------|----|
| $i = 4$ | -3 |
|         | -1 |
|         | 2  |
|         | 7  |
|         | 9  |
|         | 10 |
|         | 13 |
|         | 18 |

# 提早結束迴圈

- 如果在某一個  $i$  值, 發現已經沒有任何的資料需要交換時, 表示已經依照順序排好了, 可以提早結束迴圈, 例如:

|                           |           |                                     |
|---------------------------|-----------|-------------------------------------|
| <b><math>i = 4</math></b> | <b>-3</b> | for ( $i=0$ ; $i<n-1$ ; $i++$ ) {   |
|                           | <b>-1</b> |                                     |
|                           | <b>2</b>  | for ( $j=n-2$ ; $j\geq i$ ; $j--$ ) |
|                           | <b>7</b>  | if ( $data[j]>data[j+1]$ ) {        |
|                           | <b>9</b>  | tmp = data[j];                      |
|                           | <b>10</b> | data[j] = data[j+1];                |
|                           | <b>13</b> | data[j+1] = tmp;                    |
|                           |           | }                                   |
|                           | <b>18</b> | }                                   |

# 提早結束迴圈

- 如果在某一個  $i$  值, 發現已經沒有任何的資料需要交換時, 表示已經依照順序排好了, 可以提早結束迴圈, 例如:

|         |    |                                                  |
|---------|----|--------------------------------------------------|
| $i = 4$ | -3 | <code>int nExch;</code>                          |
|         | -1 | <code>for (i=0; i&lt;n-1; i++) {</code>          |
|         | 2  | <code>    nExch=0;</code>                        |
|         | 7  | <code>    for (j=n-2; j&gt;=i; j--)</code>       |
|         | 9  | <code>        if (data[j]&gt;data[j+1]) {</code> |
|         | 10 | <code>            tmp = data[j];</code>          |
|         | 13 | <code>            data[j] = data[j+1];</code>    |
|         | 18 | <code>            data[j+1] = tmp;</code>        |
|         |    | <code>        }</code>                           |
|         |    | <code>    }</code>                               |

# 提早結束迴圈

- 如果在某一個  $i$  值, 發現已經沒有任何的資料需要交換時, 表示已經依照順序排好了, 可以提早結束迴圈, 例如:

|                           |           |                                            |
|---------------------------|-----------|--------------------------------------------|
| <b><math>i = 4</math></b> | <b>-3</b> | <b>int nExch;</b>                          |
|                           | <b>-1</b> | <b>for (i=0; i&lt;n-1; i++) {</b>          |
|                           | <b>2</b>  | <b>    nExch=0;</b>                        |
|                           | <b>7</b>  | <b>    for (j=n-2; j&gt;=i; j--)</b>       |
|                           | <b>9</b>  | <b>        if (data[j]&gt;data[j+1]) {</b> |
|                           | <b>10</b> | <b>            nExch = nExch + 1;</b>      |
|                           | <b>13</b> | <b>            tmp = data[j];</b>          |
|                           |           | <b>            data[j] = data[j+1];</b>    |
|                           |           | <b>            data[j+1] = tmp;</b>        |
|                           | <b>18</b> | <b>        }</b>                           |
|                           |           | <b>    }</b>                               |

# 提早結束迴圈

- 如果在某一個  $i$  值, 發現已經沒有任何的資料需要交換時, 表示已經依照順序排好了, 可以提早結束迴圈, 例如:

|              |           |                                                         |
|--------------|-----------|---------------------------------------------------------|
| <b>i = 4</b> | <b>-3</b> | <b>int nExch;</b>                                       |
|              | <b>-1</b> | <b>for (i=0; i&lt;n-1 &amp;&amp; nExch&gt;0; i++) {</b> |
|              | <b>2</b>  | <b>nExch=0;</b>                                         |
|              | <b>7</b>  | <b>for (j=n-2; j&gt;=i; j--)</b>                        |
|              | <b>9</b>  | <b>if (data[j]&gt;data[j+1]) {</b>                      |
|              | <b>10</b> | <b>nExch = nExch + 1;</b>                               |
|              | <b>13</b> | <b>tmp = data[j];</b>                                   |
|              |           | <b>data[j] = data[j+1];</b>                             |
|              |           | <b>data[j+1] = tmp;</b>                                 |
|              | <b>18</b> | <b>}</b>                                                |
|              |           | <b>}</b>                                                |

# 提早結束迴圈

- 如果在某一個  $i$  值, 發現已經沒有任何的資料需要交換時, 表示已經依照順序排好了, 可以提早結束迴圈, 例如:

|                           |           |                                                         |
|---------------------------|-----------|---------------------------------------------------------|
| <b><math>i = 4</math></b> | <b>-3</b> | <b>int nExch=1;</b>                                     |
|                           | <b>-1</b> | <b>for (i=0; i&lt;n-1 &amp;&amp; nExch&gt;0; i++) {</b> |
|                           | <b>2</b>  | <b>    nExch=0;</b>                                     |
|                           | <b>7</b>  | <b>    for (j=n-2; j&gt;=i; j--)</b>                    |
|                           | <b>9</b>  | <b>        if (data[j]&gt;data[j+1]) {</b>              |
|                           | <b>10</b> | <b>            nExch = nExch + 1;</b>                   |
|                           | <b>13</b> | <b>            tmp = data[j];</b>                       |
|                           |           | <b>            data[j] = data[j+1];</b>                 |
|                           |           | <b>            data[j+1] = tmp;</b>                     |
|                           | <b>18</b> | <b>        }</b>                                        |
|                           |           | <b>    }</b>                                            |

# 程式做了什麼？

程式做了什麼？ 讓它自己說清楚...



# 程式做了什麼？ 讓它自己說清楚...

這個程式要求大家在**每一次資料交換**之後就把目前陣列裡的資料印出來

# 程式做了什麼？ 讓它自己說清楚...

這個程式要求大家在**每一次資料交換**之後就把目前陣列裡的資料印出來

18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

# 程式做了什麼？ 讓它自己說清楚...

這個程式要求大家在**每一次資料交換**之後就把目前陣列裡的資料印出來

18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

18, 2, 13, -1, 10, 7, **-3, 9**

# 程式做了什麼？ 讓它自己說清楚...

這個程式要求大家在**每一次資料交換**之後就把目前陣列裡的資料印出來

18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9

18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9

⋮

# 程式做了什麼？ 讓它自己說清楚...

這個程式要求大家在**每一次資料交換**之後就把目前陣列裡的資料印出來

- 好討厭, 爲什麼要印那麼多?

18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9

18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9

⋮

# 程式做了什麼？ 讓它自己說清楚...

這個程式要求大家在**每一次資料交換**之後就把目前陣列裡的資料印出來

- 好討厭, 爲什麼要印那麼多?  
都看不清楚到底印出什麼了☹

18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9

18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9

⋮

# 程式做了什麼？ 讓它自己說清楚...

這個程式要求大家在**每一次資料交換**之後就把目前陣列裡的資料印出來

18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9

- 好討厭, 爲什麼要印那麼多?

18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9

都看不清楚到底印出什麼了☹

⋮

有沒有錯? 到底哪裡有錯也不容易找到

# 程式做了什麼？ 讓它自己說清楚...

這個程式要求大家在**每一次資料交換**之後就把目前陣列裡的資料印出來

18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

18, 2, 13, -1, 10, 7, **-3, 9**

- 好討厭, 爲什麼要印那麼多?

18, 2, 13, -1, 10, **-3, 7, 9**

都看不清楚到底印出什麼了☹

⋮

有沒有錯? 到底哪裡有錯也不容易找到

- **重要方法:**



# 程式做了什麼？ 讓它自己說清楚...

這個程式要求大家在**每一次資料交換**之後就把目前陣列裡的資料印出來

18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

18, 2, 13, -1, 10, 7, **-3, 9**

- 好討厭, 爲什麼要印那麼多?

18, 2, 13, -1, 10, **-3, 7, 9**

都看不清楚到底印出什麼了☹

⋮

有沒有錯? 到底哪裡有錯也不容易找到

- **重要方法**: 想要知道程式做了什麼事, 就是要看到所有的**資料變化**

# 程式做了什麼？ 讓它自己說清楚...

這個程式要求大家在**每一次資料交換**之後就把目前陣列裡的資料印出來

18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9

- 好討厭, 爲什麼要印那麼多?

18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9

都看不清楚到底印出什麼了☹

⋮

有沒有錯? 到底哪裡有錯也不容易找到

- **重要方法**: 想要知道程式做了什麼事, 就是要看到所有的**資料變化**, **如果程式最後的表現不對**

# 程式做了什麼？ 讓它自己說清楚...

這個程式要求大家在**每一次資料交換**之後就把目前陣列裡的資料印出來

18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9

- 好討厭, 爲什麼要印那麼多?

18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9

都看不清楚到底印出什麼了☹

⋮

有沒有錯? 到底哪裡有錯也不容易找到

- **重要方法**: 想要知道程式做了什麼事, 就是要看到所有的**資料變化**, **如果程式最後的表現不對**, 就需要和手動的**資料變化**比較

# 程式做了什麼？ 讓它自己說清楚...

這個程式要求大家在**每一次資料交換**之後就把目前陣列裡的資料印出來

18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9

- 好討厭, 爲什麼要印那麼多?

18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9

都看不清楚到底印出什麼了☹

⋮

有沒有錯? 到底哪裡有錯也不容易找到

- **重要方法**: 想要知道程式做了什麼事, 就是要看到所有的**資料變化**, **如果程式最後的表現不對**, 就需要和手動的**資料變化**比較, 找到不一致

# 程式做了什麼？ 讓它自己說清楚...

這個程式要求大家在**每一次資料交換**之後就把目前陣列裡的資料印出來

18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9

- 好討厭, 爲什麼要印那麼多?

18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9

都看不清楚到底印出什麼了☹

⋮

有沒有錯? 到底哪裡有錯也不容易找到

- **重要方法**: 想要知道程式做了什麼事, 就是要看到所有的**資料變化**, **如果程式最後的表現不對**, 就需要和手動的**資料變化**比較, 找到不一致, 再去找**哪一列程式**導致這個中間結果的不一致, 修改它

# 程式做了什麼？ 讓它自己說清楚...

這個程式要求大家在**每一次資料交換**之後就把目前陣列裡的資料印出來

18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3

18, 2, 13, -1, 10, 7, -3, 9

- 好討厭, 爲什麼要印那麼多?

18, 2, 13, -1, 10, -3, 7, 9

都看不清楚到底印出什麼了☹

⋮

有沒有錯? 到底哪裡有錯也不容易找到

- **重要方法**: 想要知道程式做了什麼事, 就是要看到所有的**資料變化**, **如果程式最後的表現不對**, 就需要和手動的**資料變化**比較, 找到不一致, 再去找**哪一列程式**導致這個中間結果的不一致, 修改它, 這是**標準的 Debug 方法**

大部分的實作 - 讓最重的沉下去

# 大部分的實作 - 讓最重的沉下去

```
int n=8, data[]={18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3};
```



# 大部分的實作 - 讓最重的沉下去

```
int n=8, data[]={18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3};
```

```
    tmp = data[j];  
    data[j] = data[j+1];  
    data[j+1] = tmp;
```

# 大部分的實作 - 讓最重的沉下去

```
int n=8, data[]={18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3};
```

```
    if (data[j]>data[j+1]) {  
        tmp = data[j];  
        data[j] = data[j+1];  
        data[j+1] = tmp;  
    }
```

# 大部分的實作 - 讓最重的沉下去

```
int n=8, data[]={18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3};
```

```
for (j=0; j<=n-2; j++)  
    if (data[j]>data[j+1]) {  
        tmp = data[j];  
        data[j] = data[j+1];  
        data[j+1] = tmp;  
    }
```

# 大部分的實作 - 讓最重的沉下去

```
int n=8, data[]={18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3};  
for (i=0; i<n-1; i++)  
    for (j=0; j<=n-2-i; j++)  
        if (data[j]>data[j+1]) {  
            tmp = data[j];  
            data[j] = data[j+1];  
            data[j+1] = tmp;  
        }
```

# 大部分的實作 - 讓最重的沉下去

```
int i, j, tmp;
int n=8, data[]={18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3};
for (i=0; i<n-1; i++)
    for (j=0; j<=n-2-i; j++)
        if (data[j]>data[j+1]) {
            tmp = data[j];
            data[j] = data[j+1];
            data[j+1] = tmp;
        }
```

# 大部分的實作 - 讓最重的沉下去

```
int i, j, tmp;
int n=8, data[]={18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3};
for (i=0; i<n-1; i++)
    for (j=0; j<=n-2-i; j++)
        if (data[j]>data[j+1]) {
            tmp = data[j];
            data[j] = data[j+1];
            data[j+1] = tmp;
        }
```

- 最主要的差別在於第二層的迴圈

# 大部分的實作 - 讓最重的沉下去

```
int i, j, tmp;  
int n=8, data[]={18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3};  
for (i=0; i<n-1; i++)  
    for (j=0; j<=n-2-i; j++)  
        if (data[j]>data[j+1]) {  
            tmp = data[j];  
            data[j] = data[j+1];  
            data[j+1] = tmp;  
        }
```

➤ 最主要的差別在於第二層的迴圈

◆ 沉下去 - 由最前面一對 (0,1) 開始向後比 for (j=0; j<=n-2-i; j++)

# 大部分的實作 - 讓最重的沉下去

```
int i, j, tmp;
int n=8, data[]={18, 2, 13, -1, 10, 7, 9, -3};
for (i=0; i<n-1; i++)
    for (j=0; j<=n-2-i; j++)
        if (data[j]>data[j+1]) {
            tmp = data[j];
            data[j] = data[j+1];
            data[j+1] = tmp;
        }
```

➤ 最主要的差別在於第二層的迴圈

- ◆ 沉下去 - 由最前面一對 (0,1) 開始向後比 for (j=0; j<=n-2-i; j++)
- ◆ 浮上來 - 由最後面一對 (n-2,n-1) 開始向前比 for (j=n-2; j>=i; j--)