

# Counting sort

([Harold H. Seward](#))

**Liceo G.B. Brocchi - Bassano del Grappa (VI)**  
**Liceo Scientifico - opzione scienze applicate**  
Giovanni Mazzocchin

# Counting sort

A												
items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

- chiamiamo **A** l'array rappresentato sopra
- imponiamo un vincolo sui valori di A:
  - devono essere compresi tra 0 e 9
- in generale, l'algoritmo che vedremo (**Counting sort**) funziona partendo dall'ipotesi che gli elementi (interi) di A appartengano al range  $[0, k]$

# Counting sort

**A**

items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- creiamo un array **C** di 10 elementi, tutti inizializzati a 0
- la lunghezza di C dipende dal range di ipotesi: in questo esempio, ciascun elemento di A appartiene all'insieme  $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$

# Counting sort

**A**

items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di  $i$  in  $A$
- è sufficiente un ciclo su  $A$  per valorizzare correttamente gli elementi di  $C$

# Counting sort

**A**

items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di  $i$  in  $A$
- è sufficiente un ciclo su  $A$  per valorizzare correttamente gli elementi di  $C$

# Counting sort

**A**

items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di  $i$  in  $A$
- è sufficiente un ciclo su  $A$  per valorizzare correttamente gli elementi di  $C$

# Counting sort

**A**

items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di  $i$  in  $A$
- è sufficiente un ciclo su  $A$  per valorizzare correttamente gli elementi di  $C$

# Counting sort

**A**

items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di  $i$  in  $A$
- è sufficiente un ciclo su  $A$  per valorizzare correttamente gli elementi di  $C$



# Counting sort

**A**

items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	1	2	0	0	0	0	0	1	0	1
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di  $i$  in  $A$
- è sufficiente un ciclo su  $A$  per valorizzare correttamente gli elementi di  $C$

# Counting sort

**A**

items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	1	2	0	0	0	0	1	1	0	1
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di  $i$  in  $A$
- è sufficiente un ciclo su  $A$  per valorizzare correttamente gli elementi di  $C$

# Counting sort

**A**

items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	1	2	0	0	0	0	2	1	0	1
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di  $i$  in  $A$
- è sufficiente un ciclo su  $A$  per valorizzare correttamente gli elementi di  $C$

# Counting sort

**A**

items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	1	2	0	0	0	0	2	1	1	1
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di  $i$  in  $A$
- è sufficiente un ciclo su  $A$  per valorizzare correttamente gli elementi di  $C$

# Counting sort

**A**

items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	1	2	0	0	0	0	2	1	2	1
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di  $i$  in  $A$
- è sufficiente un ciclo su  $A$  per valorizzare correttamente gli elementi di  $C$

# Counting sort

**A**

items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	1	3	0	0	0	0	2	1	2	1
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di  $i$  in  $A$
- è sufficiente un ciclo su  $A$  per valorizzare correttamente gli elementi di  $C$

# Counting sort

**A**

items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	1	3	0	0	1	0	2	1	2	1
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di  $i$  in  $A$
- è sufficiente un ciclo su  $A$  per valorizzare correttamente gli elementi di  $C$

# Counting sort

**A**

items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	1	3	0	1	1	0	2	1	2	1
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di  $i$  in  $A$
- è sufficiente un ciclo su  $A$  per valorizzare correttamente gli elementi di  $C$



# Counting sort

**A**

items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	1	3	0	1	1	0	2	1	2	1
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- ora, facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$
- se  $C[i]$  contiene il numero di occorrenze di  $i$  in A, allora  $C[0] + \dots + C[i]$  è il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$

# Counting sort

**A**

items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	1	3	0	1	1	0	2	1	2	1
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- ora, facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$
- se  $C[i]$  contiene il numero di occorrenze di  $i$  in A, allora  $C[0] + \dots + C[i]$  è il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$

# Counting sort

**A**

items	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>

**C**

items	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>

- ora, facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$
- se  $C[i]$  contiene il numero di occorrenze di  $i$  in A, allora  $C[0] + \dots + C[i]$  è il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$

# Counting sort

A												
items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

C										
items	1	4	4	1	1	0	2	1	2	1
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- ora, facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$
- se  $C[i]$  contiene il numero di occorrenze di  $i$  in A, allora  $C[0] + \dots + C[i]$  è il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$

# Counting sort

A												
items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

C										
items	1	4	4	5	1	0	2	1	2	1
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- ora, facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$
- se  $C[i]$  contiene il numero di occorrenze di  $i$  in A, allora  $C[0] + \dots + C[i]$  è il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$

# Counting sort

A												
items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

C										
items	1	4	4	5	6	0	2	1	2	1
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- ora, facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$
- se  $C[i]$  contiene il numero di occorrenze di  $i$  in A, allora  $C[0] + \dots + C[i]$  è il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$

# Counting sort

**A**

items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	1	4	4	5	6	6	2	1	2	1
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- ora, facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$
- se  $C[i]$  contiene il numero di occorrenze di  $i$  in A, allora  $C[0] + \dots + C[i]$  è il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$

# Counting sort

**A**

items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	1	4	4	5	6	6	8	1	2	1
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- ora, facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$
- se  $C[i]$  contiene il numero di occorrenze di  $i$  in A, allora  $C[0] + \dots + C[i]$  è il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$



# Counting sort

A												
items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

C										
items	1	4	4	5	6	6	8	9	2	1
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- ora, facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$
- se  $C[i]$  contiene il numero di occorrenze di  $i$  in A, allora  $C[0] + \dots + C[i]$  è il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$

# Counting sort

**A**

items	7	9	1	0	1	6	6	8	8	1	4	3
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	1	4	4	5	6	6	8	9	11	1
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- ora, facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$
- se  $C[i]$  contiene il numero di occorrenze di  $i$  in A, allora  $C[0] + \dots + C[i]$  è il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$

# Counting sort

**A**

items	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>

**C**

items	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>

- ora, facciamo in modo che  $C[i]$  contenga il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$
- se  $C[i]$  contiene il numero di occorrenze di  $i$  in A, allora  $C[0] + \dots + C[i]$  è il numero di occorrenze di tutti gli elementi di A minori o uguali ad  $i$

# Counting sort

**B**

items												
	ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**C**

items	1	4	4	5	6	6	8	9	11	12
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- ora, sfruttiamo C per creare un nuovo array (B) contenente tutti gli elementi di A ordinati in senso ascendente
- **intuizione:** *se hai esattamente tre fratelli più grandi di te, allora tu sei il quarto figlio (o il figlio di indice 3, se numeriamo i figli da 0)*

# Counting sort

**B**

items												
	ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**C**

items	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>

- cicliamo sugli indici di A, dall'ultimo al primo, utilizzando la variabile  $j$

# Counting sort

**B**

items					3							
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	1	4	4	4*	6	6	8	9	11	12
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- $j$ : 11
- $A[11]$ : 3
- $C[3]$ : 5
- poniamo 3 in posizione  $5-1:4$  di B, poi decrementiamo  $C[3]$  di 1

# Counting sort

**B**

items					3	4						
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	1	4	4	4	5*	6	8	9	11	12
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- $j: 10$
- $A[10]: 4$
- $C[4]: 6$
- poniamo 4 in posizione  $6-1:5$  di B, poi decrementiamo  $C[4]$  di 1

# Counting sort

**B**

items				<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>						
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>

**C**

items	<b>1</b>	<b>3*</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>

- $j: 9$
- $A[9]: 1$
- $C[1]: 4$
- poniamo 1 in posizione  $4-1:3$  di B, poi decrementiamo  $C[1]$  di 1



# Counting sort

**B**

items				<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>					<b>8</b>	
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>

**C**

items	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10*</b>	<b>12</b>
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>

- $j: 8$
- $A[8]: 8$
- $C[8]: 11$
- poniamo 8 in posizione  $11-1:10$  di B, poi decrementiamo  $C[8]$  di 1

# Counting sort

**B**

items				<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>				<b>8</b>	<b>8</b>	
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>

**C**

items	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>9*</b>	<b>12</b>
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>

- $j: 7$
- $A[7]: 8$
- $C[8]: 10$
- poniamo 8 in posizione  $10-1:9$  di B, poi decrementiamo  $C[8]$  di 1

# Counting sort

**B**

items				<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>		<b>6</b>		<b>8</b>	<b>8</b>	
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>

**C**

items	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7*</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>12</b>
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>

- $j: 6$
- $A[6]: 6$
- $C[6]: 8$
- poniamo 6 in posizione  $8-1:7$  di B, poi decrementiamo  $C[6]$  di 1

# Counting sort

**B**

items				<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>6</b>		<b>8</b>	<b>8</b>	
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>

**C**

items	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6*</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>12</b>
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>

- $j: 5$
- $A[5]: 6$
- $C[6]: 7$
- poniamo 6 in posizione  $7-1:6$  di B, poi decrementiamo  $C[6]$  di 1

# Counting sort

**B**

items			1	1	3	4	6	6		8	8	
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**C**

items	1	2*	4	4	5	6	6	9	9	12
ind.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- $j$ : 4
- $A[4]$ : 1
- $C[1]$ : 3
- poniamo 1 in posizione  $3-1:2$  di B, poi decrementiamo  $C[1]$  di 1

# Counting sort

**B**

items	<b>0</b>		<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>6</b>		<b>8</b>	<b>8</b>	
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>

**C**

items	<b>0*</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>12</b>
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>

- $j: 3$
- $A[3]: 0$
- $C[0]: 1$
- poniamo 0 in posizione  $1-1:0$  di B, poi decrementiamo  $C[0]$  di 1

# Counting sort

**B**

items	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>6</b>		<b>8</b>	<b>8</b>	
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>

**C**

items	<b>0</b>	<b>1*</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>12</b>
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>

- $j: 2$
- $A[2]: 1$
- $C[1]: 2$
- poniamo 1 in posizione  $2-1:1$  di B, poi decrementiamo  $C[1]$  di 1

# Counting sort

**B**

items	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>6</b>		<b>8</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>

**C**

items	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>11*</b>
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>

- $j: 1$
- $A[1]: 9$
- $C[9]: 12$
- poniamo 9 in posizione  $12-1:11$  di B, poi decrementiamo  $C[9]$  di 1



# Counting sort

**B**

items	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>

**C**

items	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>8*</b>	<b>9</b>	<b>11</b>
ind.	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>

- $j: 0$
- $A[0]: 7$
- $C[7]: 9$
- poniamo 7 in posizione  $9-1:8$  di B, poi decrementiamo  $C[7]$  di 1

# Counting sort

```
counting_sort(A, B, k):  
    for i = 0 to k:  
        C[i] = 0  
  
    for i = 0 to length(A) - 1:  
        item = A[i]  
        C[item] = C[item] + 1  
  
    for i = 1 to k:  
        C[i] = C[i] + C[i - 1]  
  
    for i = length(A) - 1 downto 0:  
        item = A[i]  
        count_lte = C[item]  
        pos_item = count_lte - 1  
        B[pos_item] = item
```