



CIS 263 Introduction to Data Structures and Algorithms

Disjoint Set Class

Graph (Formal Definition)

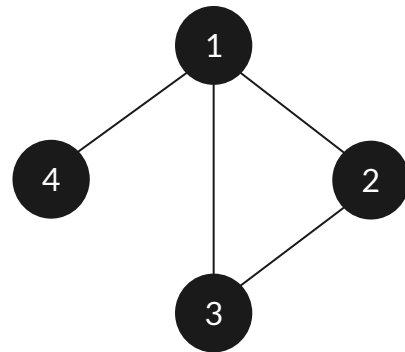
- Pairwise relationship
- A Graph, G , is an ordered pair of vertices, V , and edges, E .

- $G = (V, E)$

$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$$

$$E = \{\{v_1, v_2\}, \{v_2, v_3\}, \{v_3, v_4\}, \{v_2, v_4\}\}$$

Undirected Graph





Graph Input ?

Q. Draw a graph a for the following input ?

$$E = \{\{1, 2\}, \{2, 3\}, \{3, 1\}, \{1, 4\}\}$$



Graph Input ?

Q. Draw a graph a for the following input?

$E = \{\{1, 2\}, \{2, 3\}, \{3, 1\}, \{1, 4\}\}$

$V = \text{Union}(\text{all edge vertices})$

$= \{1, 2, 3, 4\}$



Graph Input ?

Q. Draw a graph a for the following input?

$$E = \{\{1, 2\}, \{2, 3\}, \{3, 1\}, \{1, 4\}\}$$

$$\begin{aligned} V &= \text{Union}(\text{all edge vertices}) \\ &= \{1, 2, 3, 4\} \end{aligned}$$

$$G = (V, E)$$

Graph Input ?

Q. Draw a graph a for the following input edges?

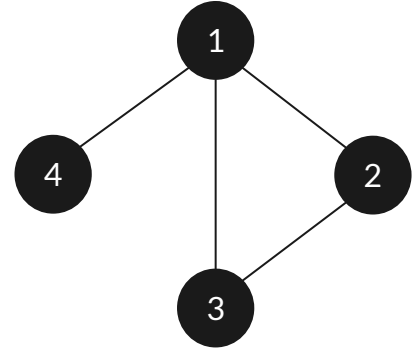
$E = \{\{1, 2\}, \{2, 3\}, \{3, 1\}, \{1, 4\}\}$

$V = \text{Union}(\text{all edge vertices})$

$= \{1, 2, 3, 4\}$

$G = (V, E)$

So, the input required is the set of edges
(at the minimum)



Graph Input ?

Q. Draw a graph a for the following input edges?

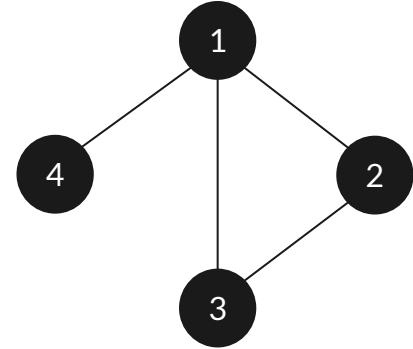
$E = \{\{1, 2\}, \{2, 3\}, \{3, 1\}, \{1, 4\}\}$

$V = \text{Union}(\text{all edge vertices})$

$= \{1, 2, 3, 4\}$

$G = (V, E)$

So, the input required is the set of edges
(at the minimum)



	1	2	3	4
1	0	1	1	1
2	1	0	1	0
3	1	1	0	0
4	1	0	0	0

Adjacency
Matrix



Graph Input ?

Q. Can you draw a graph a for the following input edges?

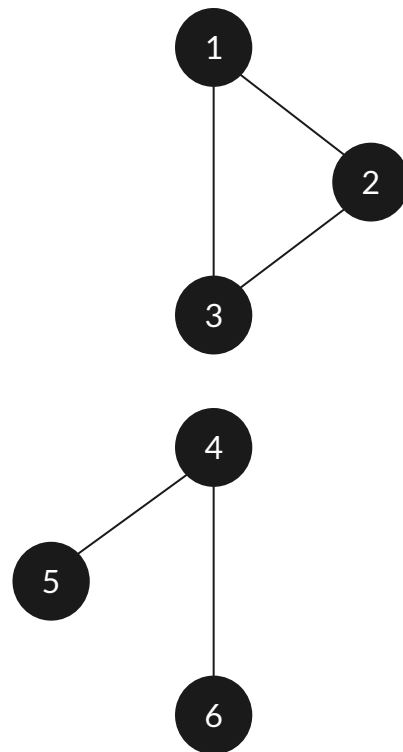
$$E = \{\{2, 3\}, \{3, 1\}, \{1, 2\}, \{5, 4\}, \{4, 6\}\}$$

Graph Input ?

Q. Can you draw a graph a for the following input edges?

$E = \{\{2, 3\}, \{3, 1\}, \{1, 2\}, \{5, 4\}, \{4, 6\}\}$

It turned out to be two graphs; right?



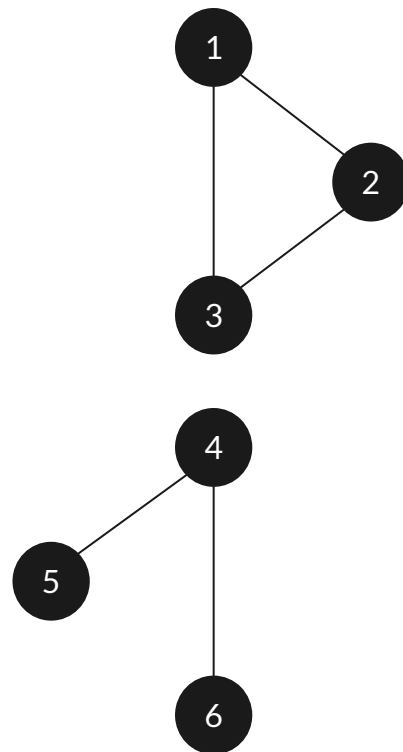
Graph Input ?

Q. Can you draw a graph a for the following input edges?

$E = \{\{2, 3\}, \{3, 1\}, \{1, 2\}, \{5, 4\}, \{4, 6\}\}$

It turned out to be two graphs; right?

How do we know that we have two graphs?



Graph Input ?

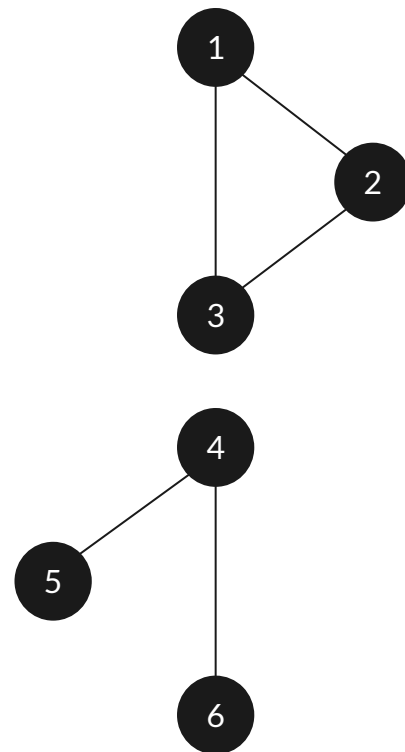
Q. Can you draw a graph a for the following input edges?

$E = \{\{2, 3\}, \{3, 1\}, \{1, 2\}, \{5, 4\}, \{4, 6\}\}$

It turned out to be two graphs; right?

How do we know that we have two graphs?

Visual inspection



Graph Input ?

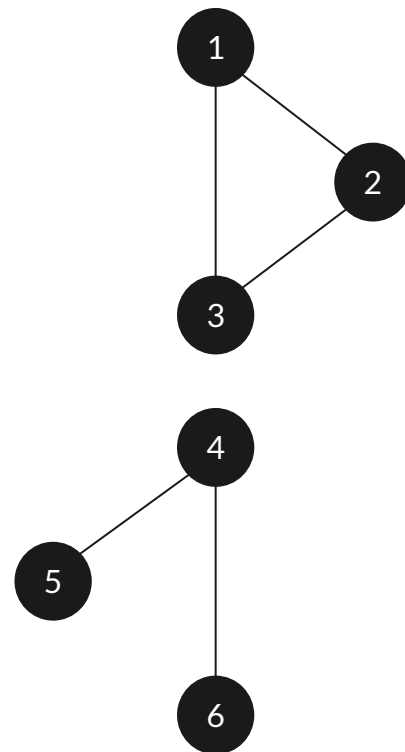
Q. Can you draw a graph a for the following input edges?

$E = \{\{2, 3\}, \{3, 1\}, \{1, 2\}, \{5, 4\}, \{4, 6\}\}$

It turned out to be two graphs; right?

How do we know that we have two graphs?

Visual inspection (AI Tools)



Graph Input ?

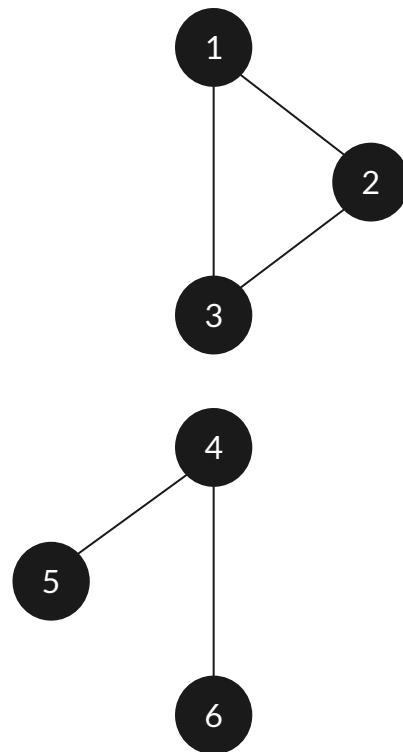
Q. Can you draw a graph a for the following input edges?

$E = \{\{2, 3\}, \{3, 1\}, \{1, 2\}, \{5, 4\}, \{4, 6\}\}$

It turned out to be two graphs; right?

How do we know that we have two graphs?

Disjoint Set Class



$$E = \{\{2, 3\}, \{3, 1\}, \{1, 2\}, \{5, 4\}, \{4, 6\}\}$$
$$V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

Edge processed	Collection of disjoint Sets					
Initial sets	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}

Disjoint Set Class

$E = \{\{2, 3\}, \{3, 1\}, \{1, 2\}, \{5, 4\}, \{4, 6\}\}$

$V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$

Edge processed	Collection of disjoint Sets					
Initial sets	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
{2, 3}	{1}	<div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div></div> <				

Disjoint Set Class

$E = \{\{2, 3\}, \{3, 1\}, \{1, 2\}, \{5, 4\}, \{4, 6\}\}$

$V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$

Edge processed	Collection of disjoint Sets					
Initial sets	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
{2, 3}	{1}	{2, 3}		{4}	{5}	{6}
{3, 1}	{1, 2, 3}			{4}	{5}	{6}

Disjoint Set Class

$E = \{\{2, 3\}, \{3, 1\}, \{1, 2\}, \{5, 4\}, \{4, 6\}\}$

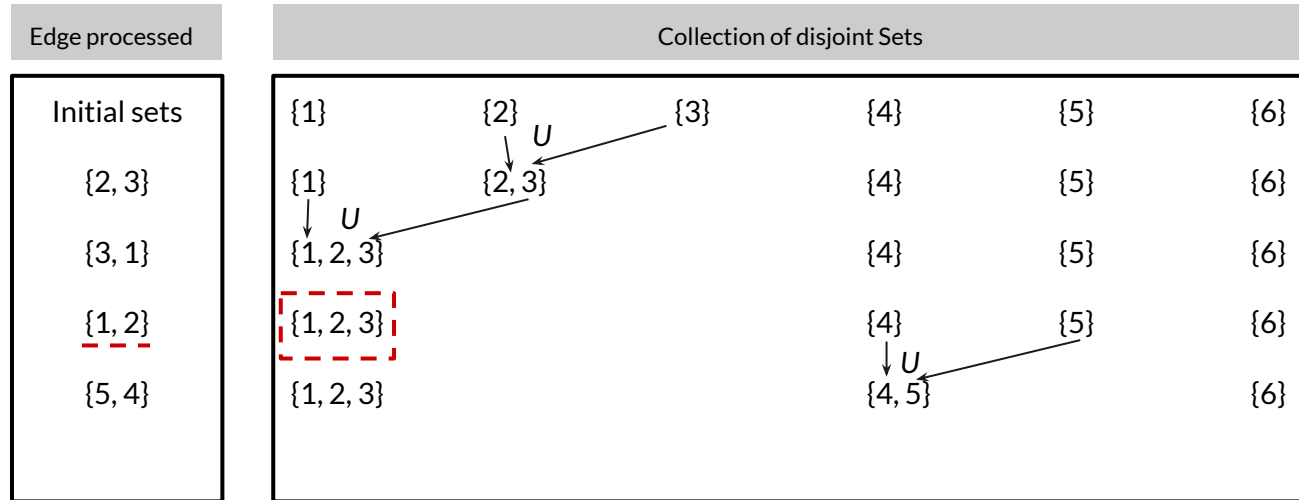
$V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$

Edge processed	Collection of disjoint Sets					
Initial sets	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
{2, 3}	{1}	{2, 3}		{4}	{5}	{6}
{3, 1}	{1, 2, 3}			{4}	{5}	{6}
<u>{1, 2}</u>	<u>{1, 2, 3}</u>			{4}	{5}	{6}

Disjoint Set Class

$E = \{\{2, 3\}, \{3, 1\}, \{1, 2\}, \{5, 4\}, \{4, 6\}\}$

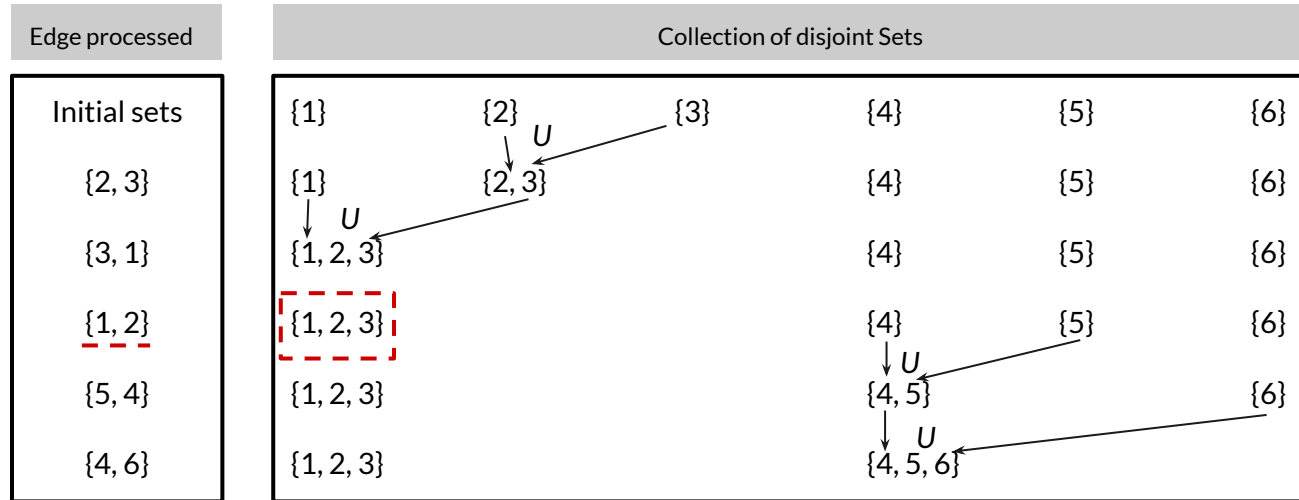
$V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$



Disjoint Set Class

$E = \{\{2, 3\}, \{3, 1\}, \{1, 2\}, \{5, 4\}, \{4, 6\}\}$

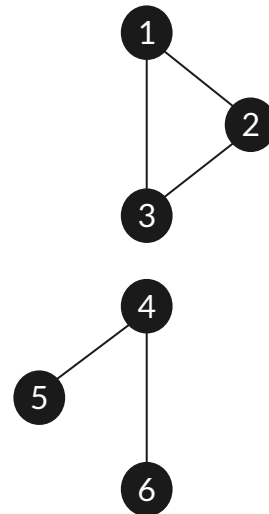
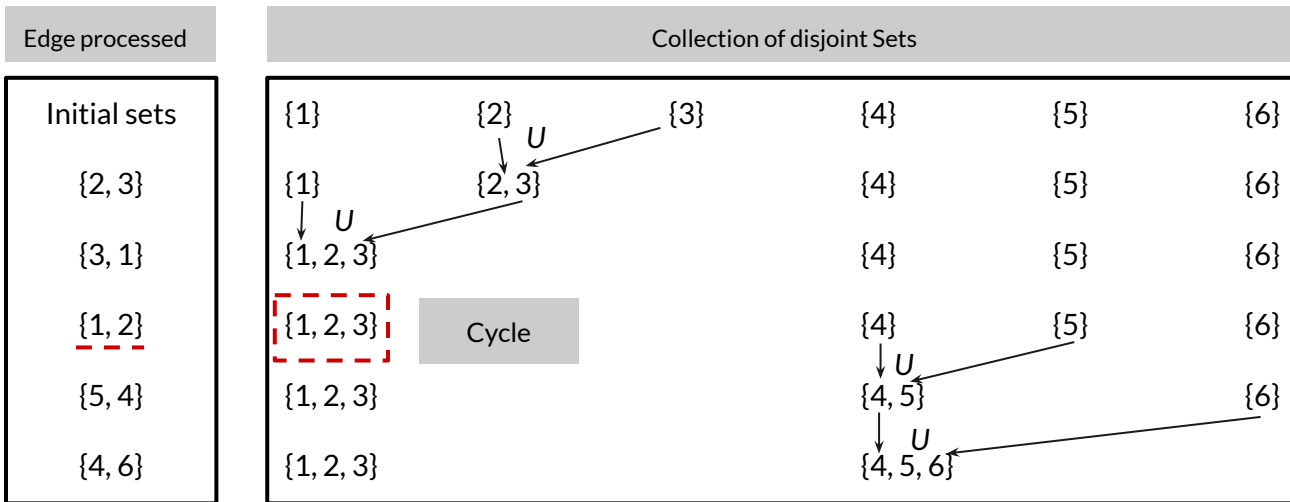
$V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$



Disjoint Set Class

$E = \{\{2, 3\}, \{3, 1\}, \{1, 2\}, \{5, 4\}, \{4, 6\}\}$

$V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$





Let's Practice some BFSs ..

- *Let build a graph and try the BFS*

$E = \{\{2, 3\}, \{3, 1\}, \{1, 2\}, \{5, 4\}, \{4, 6\}, \{3, 4\}\}$



QA