

# BÀI 6

# LÝ THUYẾT ĐỒ THỊ

Giáo viên: TS. Nguyễn Văn Hiệu

Email: [nvhieuqt@dut.udn.vn](mailto:nvhieuqt@dut.udn.vn)

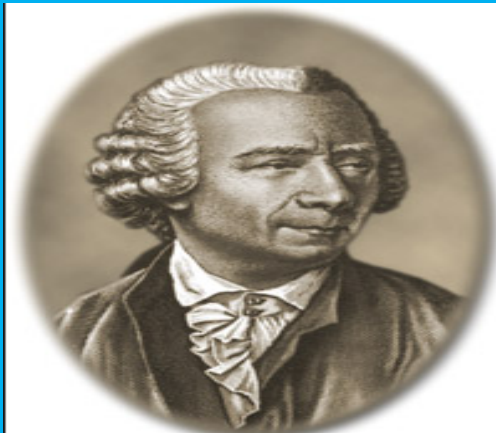
# Nội dung

- Giới thiệu
- Khái niệm cơ bản
  - Đồ thị có hướng và đồ thị vô hướng
  - Bậc, nửa bậc vào, nửa bậc ra
  - Đường đi chu trình, tính liên thông
- Biểu diễn đồ thị
  - Ma trận kề
  - Ma trận liên thuộc
  - Danh sách cạnh (cung)
  - Danh sách kề

# Giới thiệu

## Lý thuyết đồ thị

- Leonhard Euler
- Ngành học lâu đời
- Ngành học có nhiều ứng dụng hiện đại



Leonhard Euler  
(1707-1783)

## Ứng dụng

- Xây dựng mạng điện
- Xác định hai máy tính có kết nối hay không
- Xác định đường đi ngắn nhất giữa hai thành phố
- Phân chia kênh truyền cho đài truyền hình
- Lập lịch thi
- ....

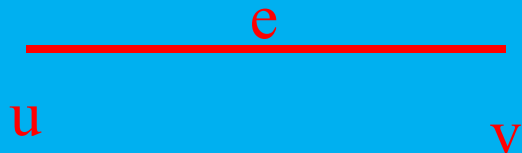
# Khái niệm về đồ thị

## Đồ thị vô hướng

$$G = (V, E)$$

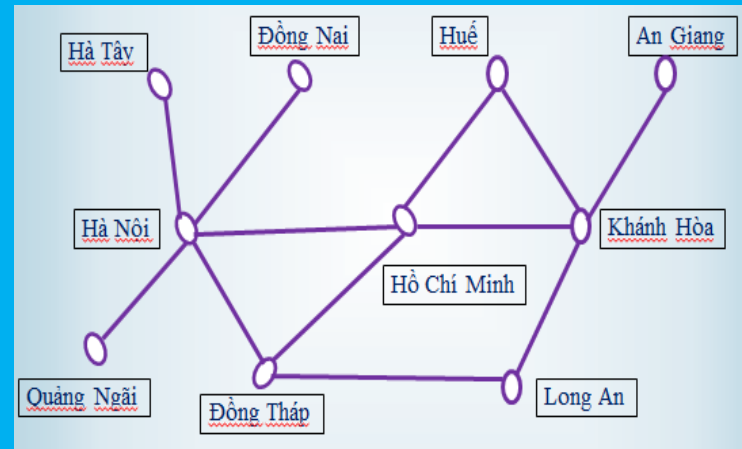
trong đó:

- $V$  - tập đỉnh
- $E$  - tập cạnh
- $\forall e \in E$  liên kết đỉnh  $u$  và  $v$  (không có thứ tự)
- Minh họa:



## Ứng dụng

- ✓ Giữa hai máy tính bất kì có nhiều nhất 1 kênh điện thoại.
- ✓ Kênh thoại cho phép liên lạc hai chiều





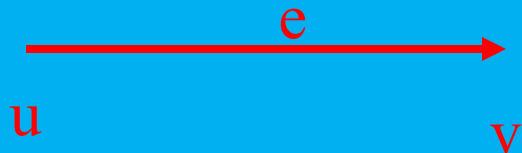
# Khái niệm về đồ thị

## Đồ thị có hướng

$$G = (V, E)$$

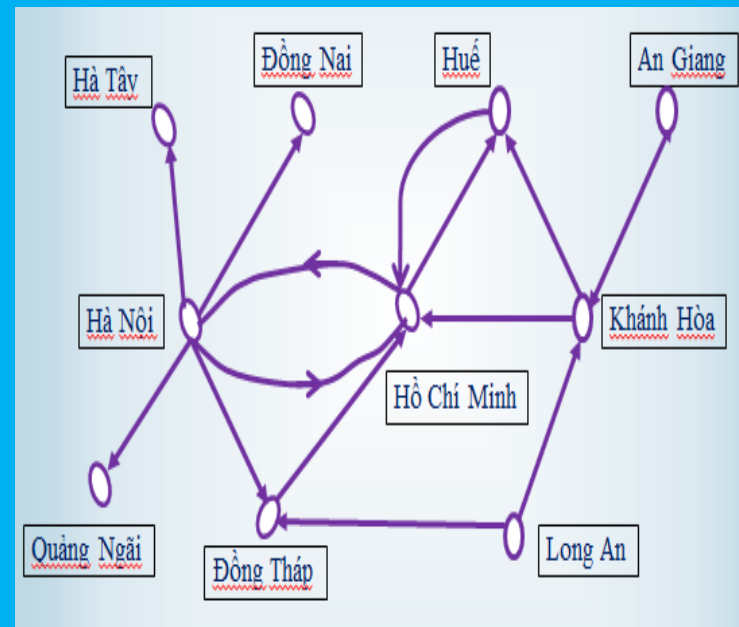
trong đó:

- $V$  - tập đỉnh
- $E$  - tập cung
- $\forall e \in E$  liên kết đỉnh  $u$  và  $v$  (**có thứ tự**)
- Minh họa:



## Ứng dụng

- ✓ Giao thông một chiều



# Khái niệm cơ bản

## Đồ thị lát (hay nền)

$$G = (V, E)$$

- $V$  - tập đỉnh
- $E$  - tập cung
- Nếu thay mỗi cung của đồ thị thành một cạnh

## Cạnh song song

- Nếu có hai cạnh liên thuộc cùng đỉnh  $u$  và  $v$  thì gọi là **cạnh song song**
- Nếu cạnh có hai đỉnh liên kết trùng nhau gọi là **khuyên**

## Liên thuộc đỉnh, cạnh

$$e = (u, v) \in E$$

- $e$  – cạnh liên thuộc đỉnh  $u, v$
- $u, v$  – đỉnh liên thuộc cạnh
- Nếu  $e$  là cung, thì
  - $u$  là **đỉnh đầu**
  - $v$  là **đỉnh cuối**

## Đỉnh cô lập

- Đỉnh không liên thuộc với đỉnh khác

# Khái niệm cơ bản

$$G = (V, E)$$

- **G - Đơn đồ thị**, nếu G không có khuyên và cạnh song song
- **G - Đa đồ thị**, nếu G không có khuyên
- **G- Giả đồ thị**, nếu G có thể chứa khuyên, cạnh song song

**ĐỒ THỊ**

$\equiv$   
**ĐỒ THỊ VÔ HƯỚNG**

**ĐƠN ĐỒ THỊ**

$\subset$

**ĐA ĐỒ THỊ**

$\subset$

**GIẢ ĐỒ THỊ**

# Nội dung

- Giới thiệu
- Khái niệm cơ bản
  - Đồ thị có hướng và đồ thị vô hướng
  - **Bậc, nửa bậc vào, nửa bậc ra**
  - Đường đi chu trình, tính liên thông
- Biểu diễn đồ thị
  - Ma trận kề
  - Ma trận liên thuộc
  - Danh sách cạnh (cung)
  - Danh sách kề



# Khái niệm cơ bản

## Bậc đồ thị

$G = (V, E)$  – vô hướng

- $v \in V$ , có  $p$  cạnh khuyên và  $q$  cạnh liên thuộc. Số bậc của  $v$  -  $\deg(v)$ :

$$\deg(v) = 2 * p + q$$

- Lưu ý:
  - $\deg(v) = 0$ ,  $v$  là đỉnh cô lập
  - $\deg(v) = 1$ ,  $v$  là đỉnh treo

## Nửa bậc vào và nửa bậc ra

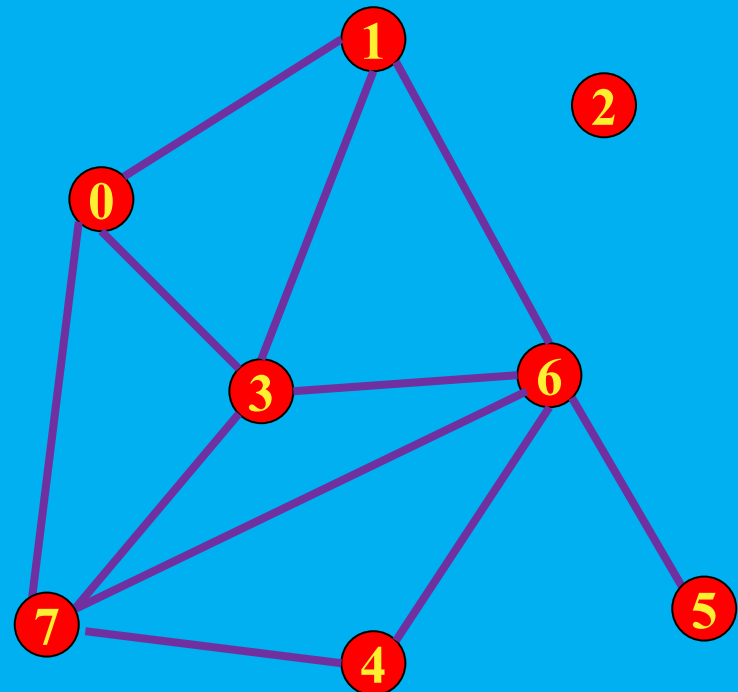
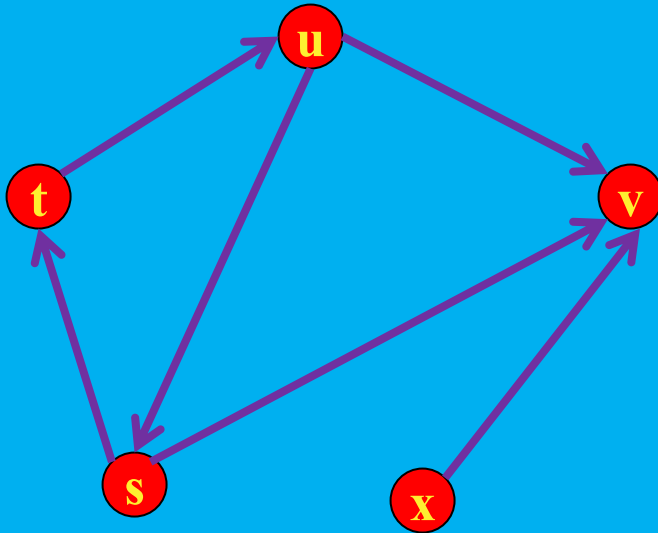
$G = (V, E)$ - có hướng

- $v \in V$ ,
  - Nửa bậc ra của  $v$  là số cung đi ra từ  $v$
  - Nửa bậc vào của  $v$  là số cung đi vào  $v$ .

# Khái niệm cơ bản

## Ví dụ

- Tính bậc của các đỉnh của đồ thị G?
- Xác định đỉnh treo đỉnh cô lập?



# Khái niệm cơ bản

## Định lý

$$G = (V, E)$$

Định lý 1: Tổng số bậc của  $G$  là số chẵn:

$$\sum_{v \in V} \deg(v) = 2 |E|$$

Định lý 2: Nếu  $G$  có hướng, thì tổng bậc vào bằng tổng bậc ra

$$\sum_{v \in V} \deg_0(v) =$$

$$\sum_{v \in V} \deg_1(v) = |E|$$

## Ứng dụng

- Số đỉnh bậc lẻ của  $G$  là số chẵn.
- Tính số đỉnh của  $G$ , biết  $G$  có 10 cạnh, 3 đỉnh bậc 1, 2 đỉnh bậc 2, 1 đỉnh bậc 4 và các đỉnh còn lại bậc 3.

# Khái niệm cơ bản

## Ứng dụng

### ✓ Đồ thị tình yêu

Tên	Giới tính	Sở thích
A	trai	thời trang, thể thao, nấu ăn
B	gái	thời trang
C	gái	nấu ăn, <span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 80px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span>
D	gái	thể thao, nấu ăn, khiêu vũ
E	trai	khiêu vũ

### ✓ Hai người có ít nhất cùng 1 sở thích thì có thể ghép đôi

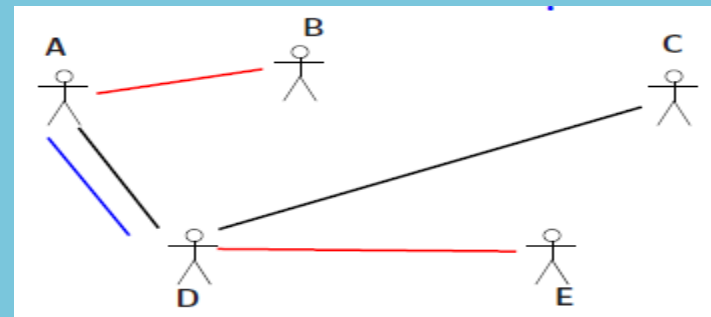
### ? Tìm cách ghép đôi sao cho số người cô đơn là ít nhất

## Ứng dụng

✓  $G = (V, E)$

✓  $V = \{A, B, C, D, E\}$

✓  $E: (u, v) \in E$  nếu  $u$  và  $v$  có cùng một sở thích





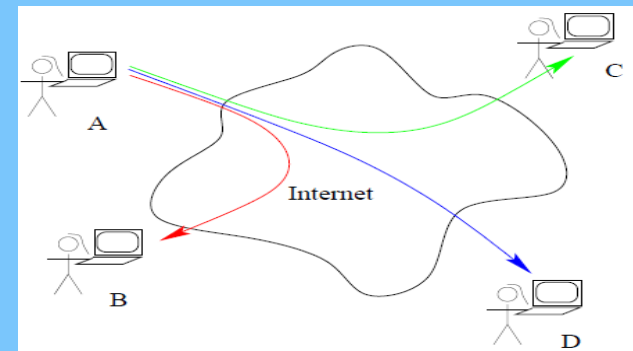
# Khái niệm cơ bản

## Ứng dụng

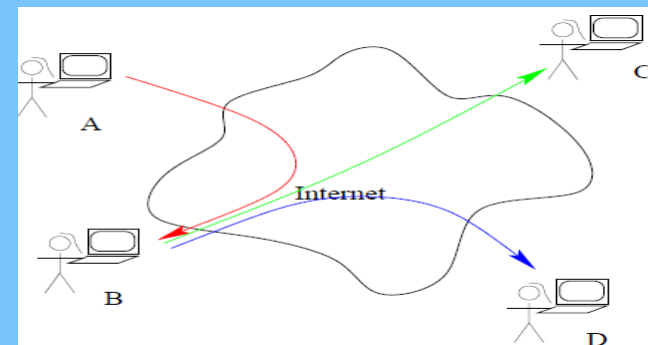
- ✓ Có  $n$  điểm tham gia hội thảo, mỗi điểm phát tính hiệu cho các điểm còn lại
  - ✓ Tổng các điểm phát ra từ  $v$  phải nhỏ hơn băng thông của  $v$ .
  - ✓ Thời gian trễ từ điểm  $v$  đến điểm  $u$  phải nhỏ hơn một thông số cho trước.
  - ✓ Đảm bảo băng thông được sử dụng tốt nhất

## Ứng dụng

✓

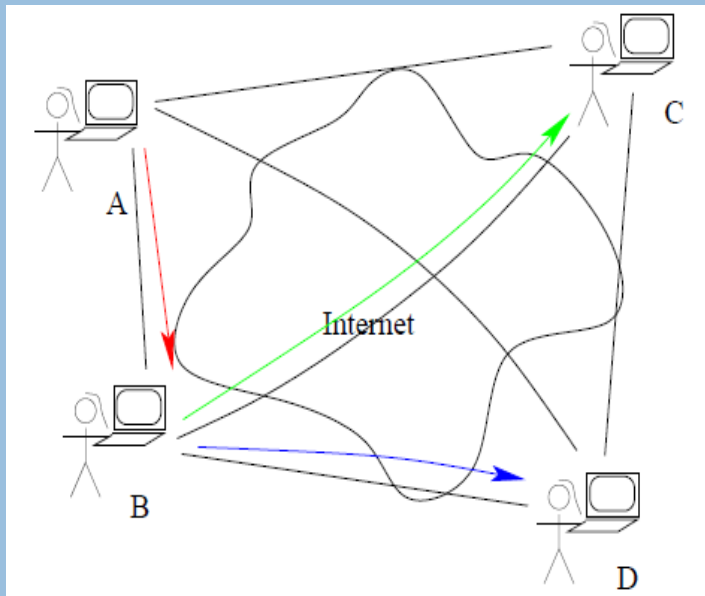


✓



# Khái niệm về đồ thị

## Ứng dụng



## Ứng dụng

- ✓  $G = (V, E)$
- ✓  $V$ : tập các điểm tham gia hội thảo
- ✓  $E$ : tập tất cả các kết nối có thể có (đồ thị đầy đủ)
- ✓ **Tìm một cây phủ:** cây thể hiện việc phát tính hiệu từ một điểm

# Nội dung

- Giới thiệu
- Khái niệm cơ bản
  - Đồ thị có hướng và đồ thị vô hướng
  - Bậc, nửa bậc vào, nửa bậc ra
  - **Đường đi chu trình, tính liên thông**
- Biểu diễn đồ thị
  - Ma trận kề
  - Ma trận liên thuộc
  - Danh sách cạnh (cung)
  - Danh sách kề

# Khái niệm cơ bản

## Đường đi

$$G = (V, E)$$

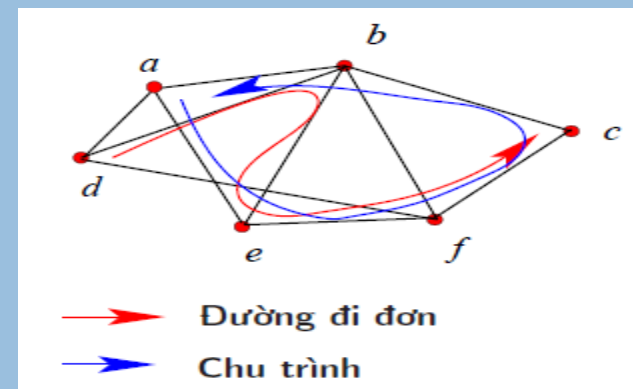
- ✓ **Đường đi** từ  $u$  tới  $v$  là tập hợp các đỉnh và các cạnh nối tiếp nhau:

$$u, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, e_n, v$$

- ✓ Lưu ý: đường đi có thể lặp đỉnh.
- ✓ **Đường đi sơ cấp**: đường đi không lặp đỉnh
- ✓ **Đường đi đơn**: đường đi không lặp cạnh

## Chu trình

- ✓ **Chu trình** là đường đi có đỉnh đầu và cuối trùng nhau ( $u \equiv v$ )
- ✓ **Chu trình sơ cấp**: chu trình không lặp đỉnh.
- ✓ **Chu trình đơn**: chu trình không lặp cạnh



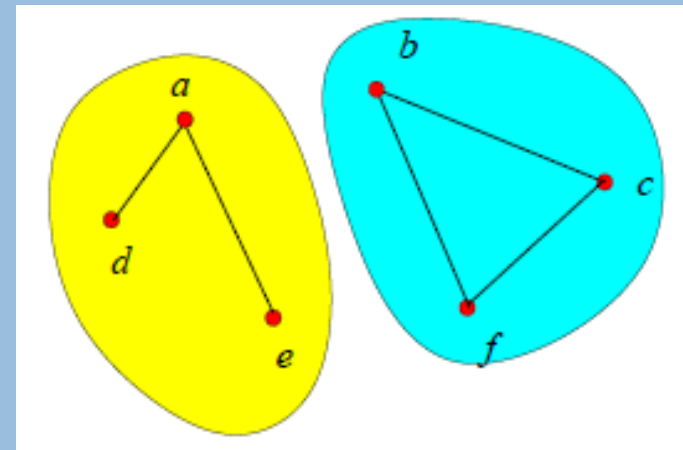


# Khái niệm cơ bản

## Tính liên thông

$$G = (V, E)$$

- Đồ thị gọi **liên thông** nếu:  
 $\forall u, v \in V :$   
 $\exists$  đường đi giữa  $u$  và  $v$
- Đồ thị có hướng gọi là **liên thông mạnh** nếu  
 $\forall u, v \in V :$   
 $\exists$  đường đi từ  $u$  đến  $v$  và ngược lại



# Khái niệm cơ bản

## Tính liên thông

$$G = (V, E)$$

- Đồ thị có hướng gọi **bán liên thông** nếu  
 $\forall u, v \in V:$   
 $\exists$  đường đi từ  $u$  đến  $v$  **hoặc**  
ngược lại
- Đồ thị có hướng gọi **liên thông yếu** nếu đồ thị nền là liên thông

**ĐỒ THỊ LIÊN THÔNG MẠNH**

$\subset$

**ĐỒ THỊ LIÊN THÔNG YẾU**

$\subset$

**ĐỒ THỊ BÁN LIÊN THÔNG**

# Khái niệm cơ bản

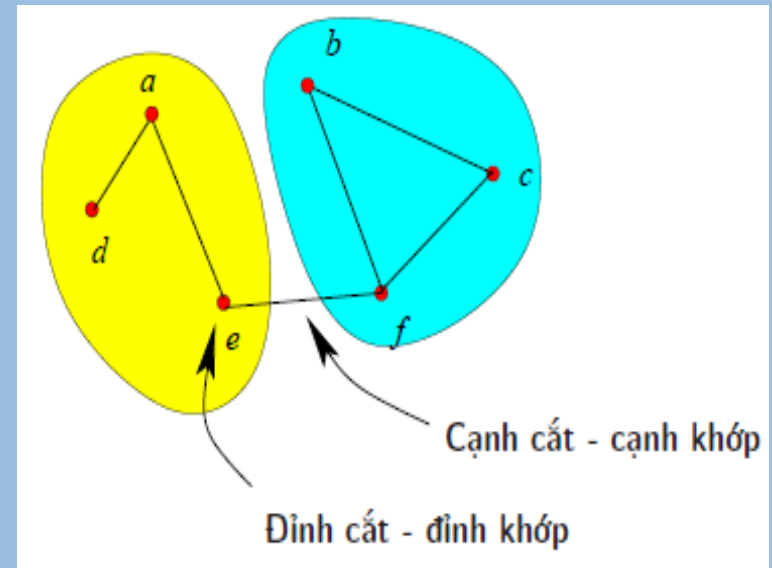
## Cạnh cắt, đỉnh khớp

$$G = (V, E)$$

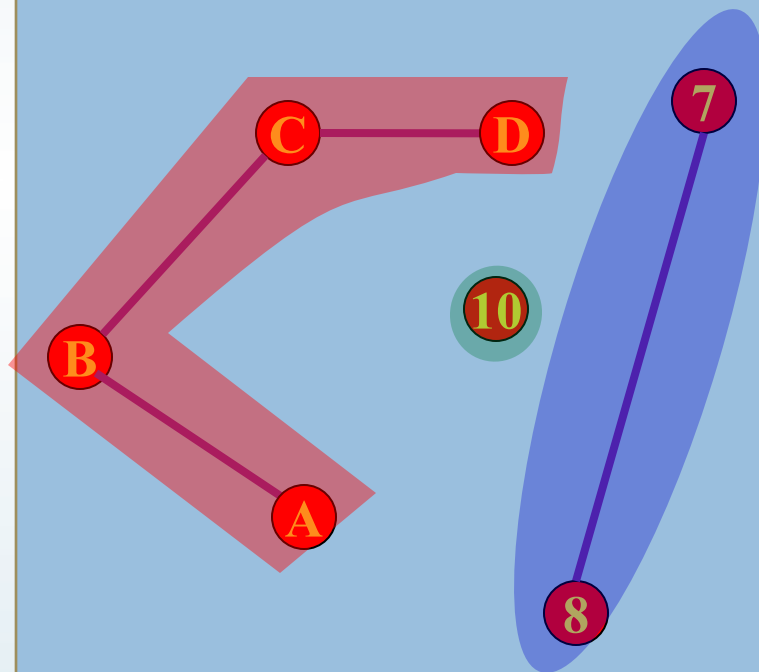
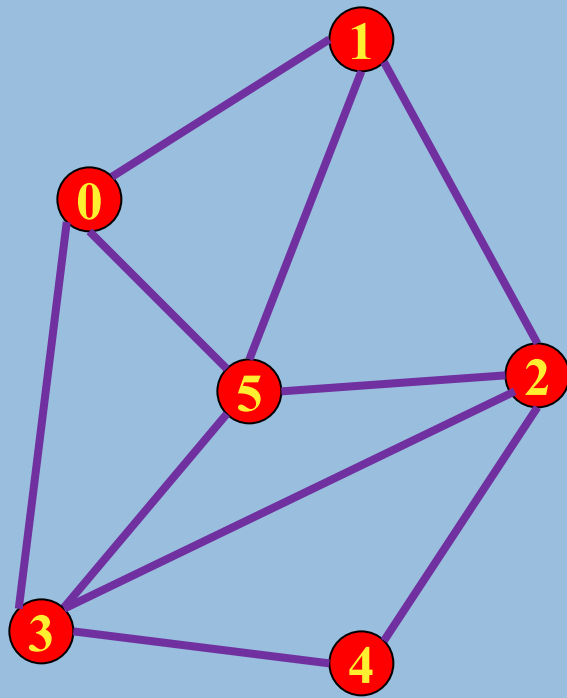
$$G = G1 \cup G2, G1 \neq \oplus, G2 \neq \otimes, \\ G1 \cap G2 = \oplus$$

- Nếu  $G$  liên thông  $\Rightarrow G_i$  **thành phần liên thông**
- $G$  liên thông  $\Rightarrow \exists!$  một thành phần liên thông (chính là  $G$ )
- **Đỉnh khớp**: đỉnh nếu loại bỏ sẽ thu được lớn hơn 1 thành phần liên thông.
- **Cạnh cắt**: cạnh nếu loại bỏ sẽ thu được lớn hơn 1 thành phần liên thông.

## Ví dụ

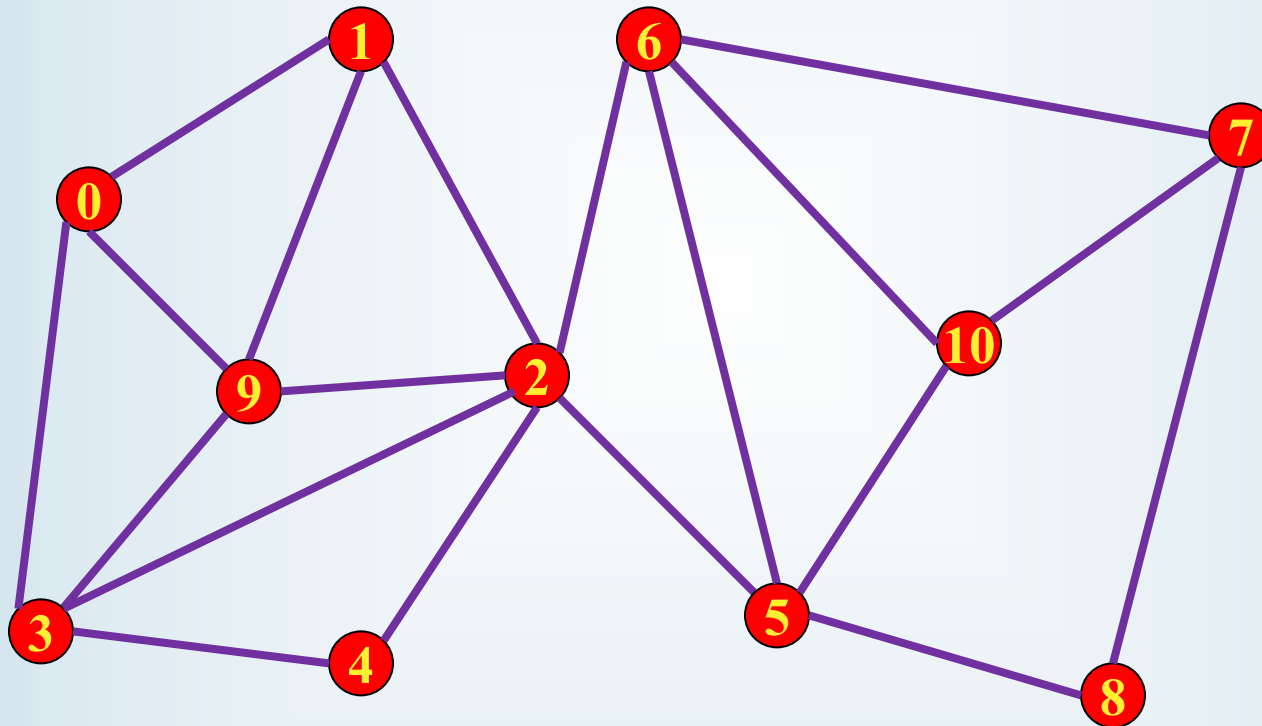


# Khái niệm cơ bản





# Khái niệm cơ bản



# Đồ thị đặc biệt

## Đồ thị vòng - $C_n$

- ✓ Có  $n$  đỉnh
- ✓ Các đỉnh nối với nhau theo vòng tròn
- ✓ Mỗi đỉnh có bậc là 2

✓ Hãy vẽ

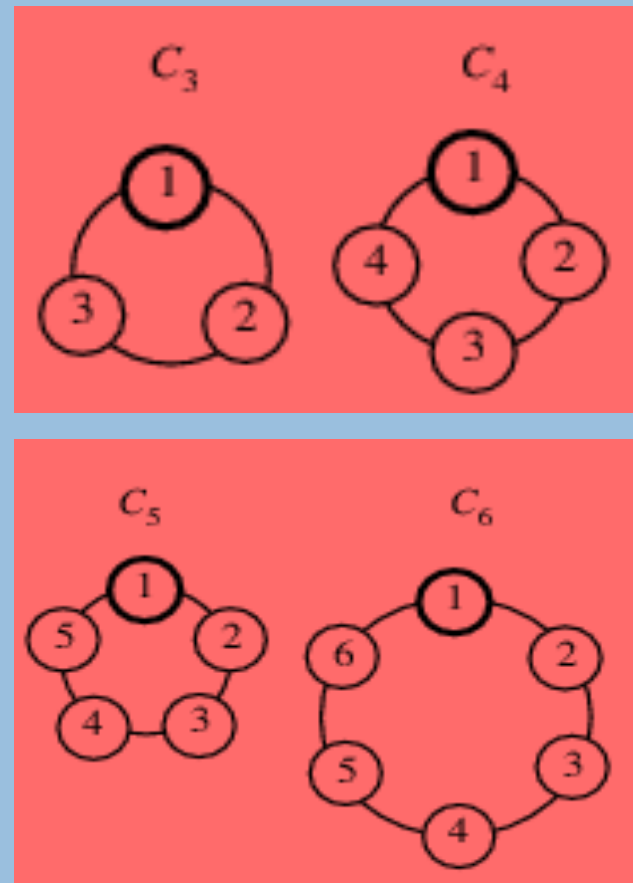
$C_3$ ,

$C_4$ ,

$C_5$ ,

$C_6$ .

## Minh họa



# Đồ thị đặc biệt

## Đồ thị bánh xe - $W_n$

- ✓  $n+1$  đỉnh
- ✓  $2n$  cạnh
- ✓  $n$  đỉnh bậc 3 và 1 đỉnh bậc  $n$
- ✓ Hai đỉnh bất kỳ luôn kề nhau

✓ Hãy vẽ

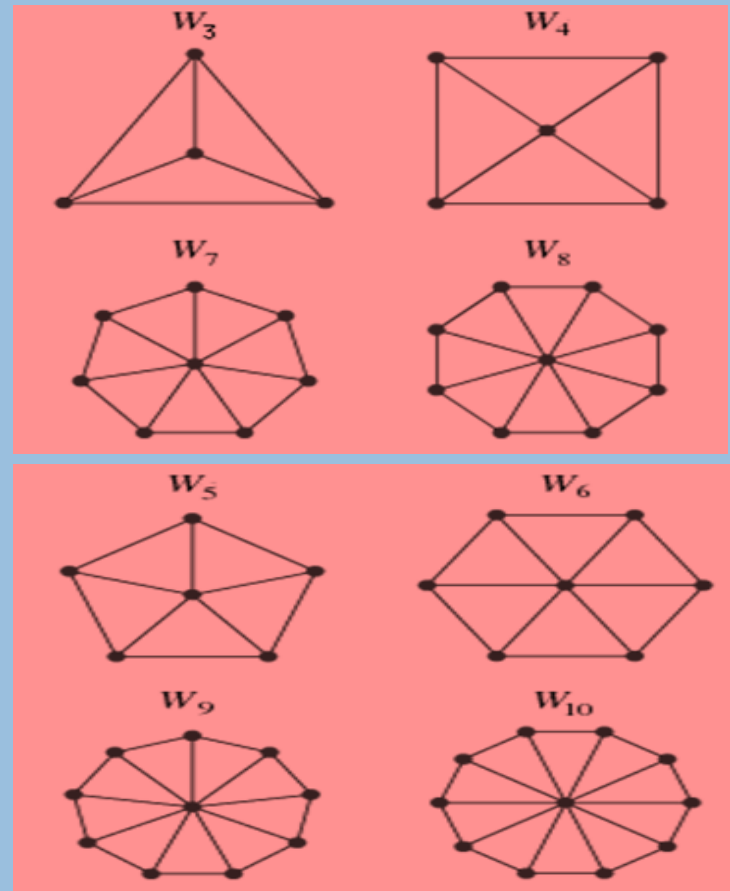
$W_3$

$W_4$

...

$W_7$

## Minh họa



# Đồ thị đặc biệt

## Đồ thị lập phương - $Q_n$

- ✓  $2^n$  đỉnh
- ✓  $(n-1) \cdot 2^{n-1}$  cạnh
- ✓ Các đỉnh đều có bậc  $n - 1$
- ✓ Các đỉnh biểu diễn cho các dãy  $n$  bit.

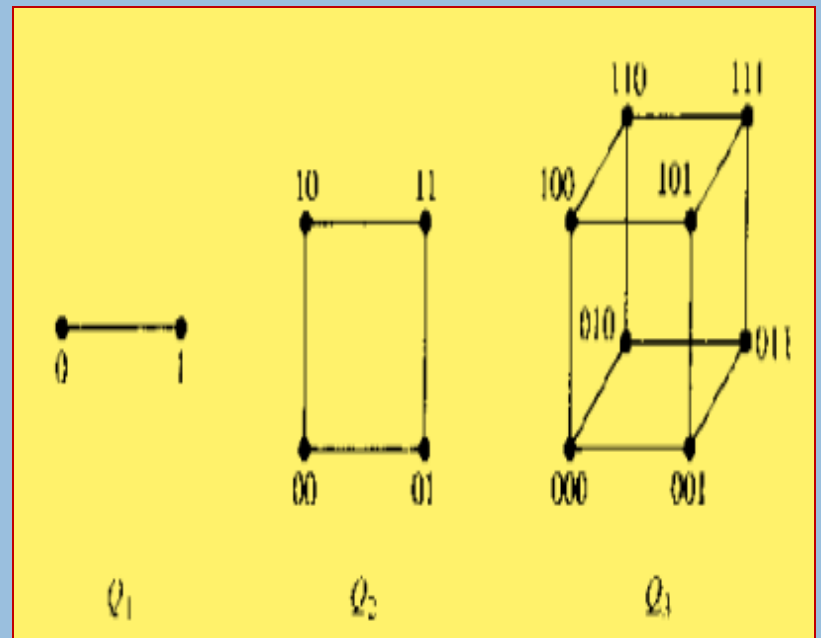
- ✓ Hãy vẽ

$Q_1$

$Q_2$

$Q_3$

## Minh họa





# Đồ thị đặc biệt

## Ứng dụng

- ✓ Mạng LAN
  - ✓ Mạng cục bộ cấu trúc hình sao
  - ✓ Mạng cục bộ cấu trúc vòng
  - ✓ Mạng cục bộ cấu trúc hỗn hợp
- ✓ Xử lý song song

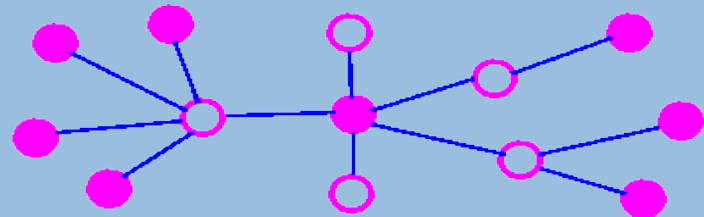
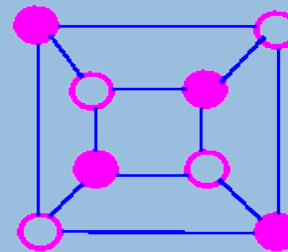
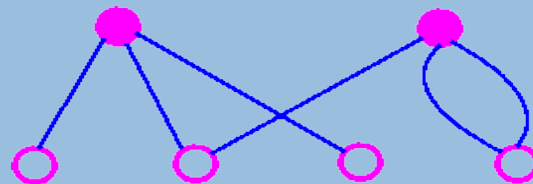
# Đồ thị đặc biệt

## Đồ thị phân đôi

$$G = (V, E)$$

- $G$  – đồ thị phân đôi nếu
  - $V = V_1 \cup V_2$ ,  
 $V_1 \neq \emptyset, V_2 \neq \emptyset, V_1 \cap V_2 = \emptyset$
  - $\forall (u, v) \in E \Rightarrow u \in V_i, v \in V_j, i \neq j$
- $G$  – đồ thị phân đôi đầy đủ nếu
  - ✓  $G$  là đồ thị phân đôi
  - ✓  $\forall u \in V_1$  và  $\forall v \in V_2 \Rightarrow (u, v) \in E$

## Ví dụ



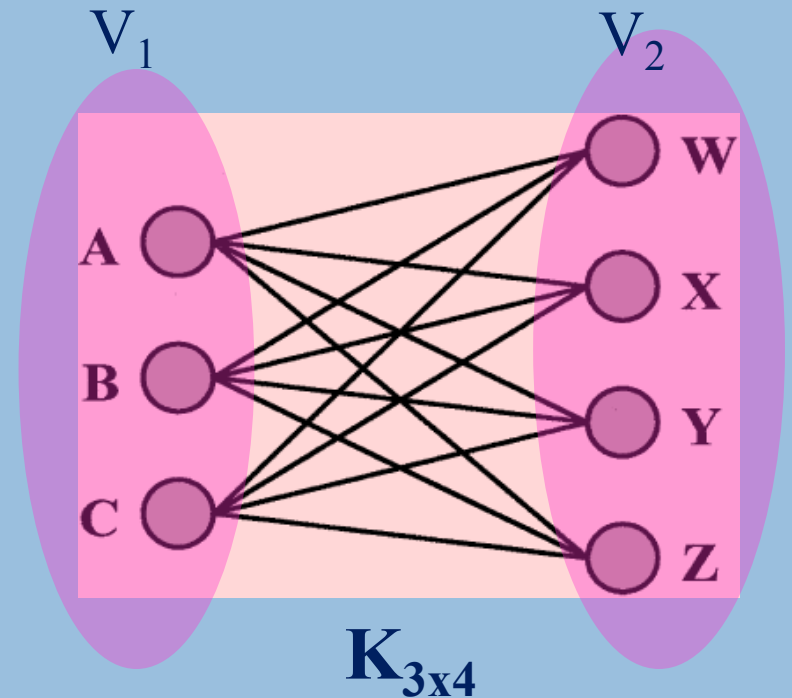
# Đồ thị đặc biệt

## Đồ thị phân đôi đầy đủ

$$G = (V, E)$$

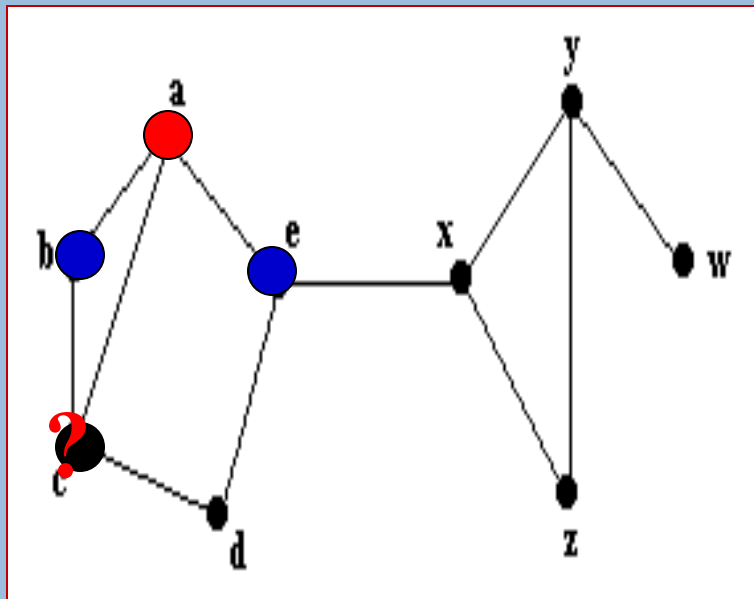
- $G$  – đồ thị phân đôi nếu
  - $V = V_1 \cup V_2$ ,  
 $V_1 \neq \emptyset, V_2 \neq \emptyset, V_1 \cap V_2 = \emptyset$
  - $\forall (u, v) \in E \Rightarrow u \in V_i, v \in V_j, i \neq j$
- $G$  – đồ thị phân đôi đầy đủ nếu
  - $G$  là đồ thị phân đôi
  - $\forall u \in V_1$  và  $\forall v \in V_2 \Rightarrow (u, v) \in E$

## Minh họa



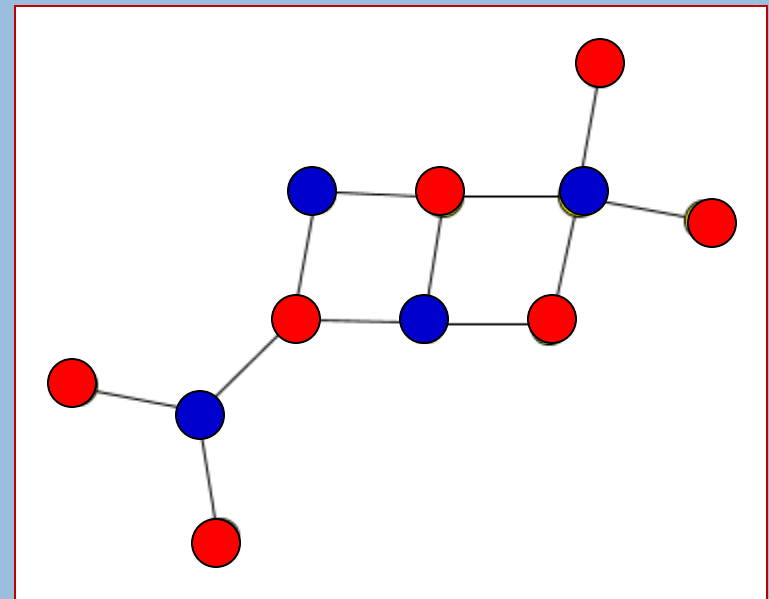
# Đồ thị đặc biệt

Đồ thị có phân đôi không?



✓ Không là đồ thị phân đôi

Đồ thị có phân đôi không?



✓ Đồ thị phân đôi



# Đồ thị đặc biệt

## Xác định đồ thị phân đôi

✓ Dùng breadth first search

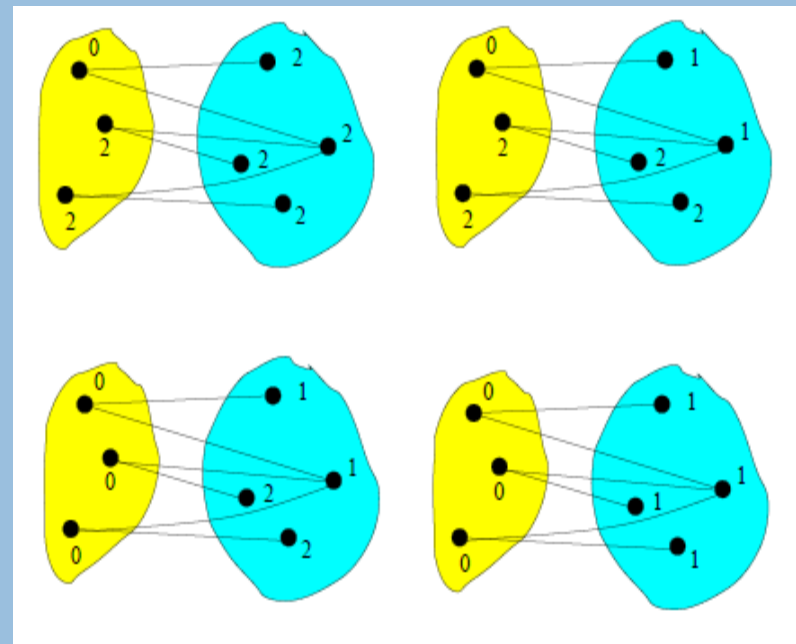
✓ Đánh số đỉnh

$$L_{v \text{ thuộc } V} = \begin{cases} 0, \text{ nếu } v \text{ thuộc } V1 \\ 1, \text{ nếu } v \text{ thuộc } V2 \\ 2, \text{ chưa duyệt} \end{cases}$$

✓ Đồ thị nào sau là phân đôi?

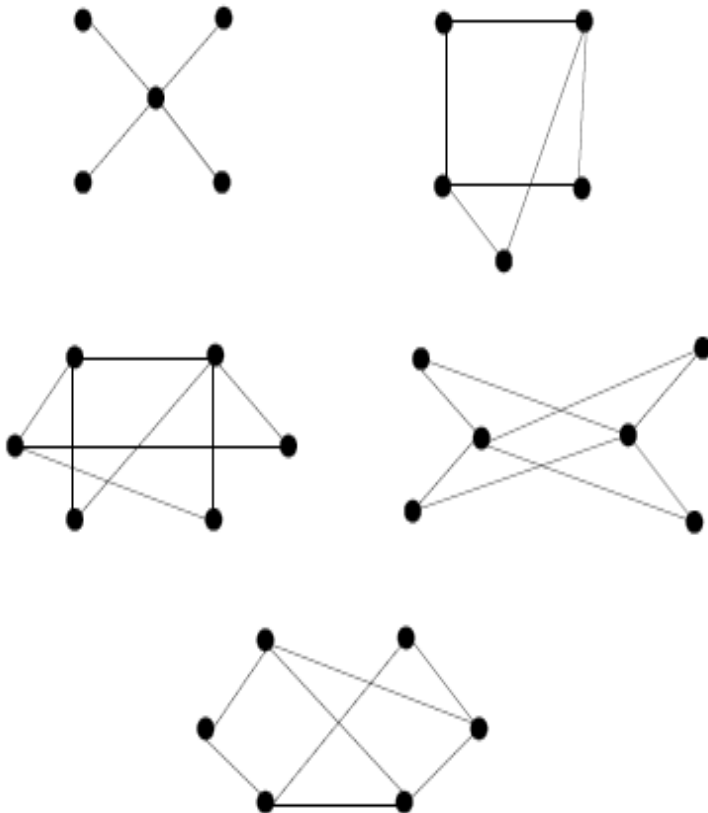
- ✓  $C_6$
- ✓  $C_n$
- ✓  $K_3$
- ✓  $K_n$

## Xác định đồ thị phân đôi



# Bài tập

## Đồ thị có phân đôi không?



## Tìm đồ thị G

- G có 12 cạnh và mọi đỉnh có bậc 2
- G có 15 cạnh, ba đỉnh bậc 4, mọi đỉnh còn lại có bậc 3
- G có 6 cạnh và mọi đỉnh còn lại có bậc bằng nhau

# Nội dung

- Giới thiệu
- Khái niệm cơ bản
  - Đồ thị có hướng và đồ thị vô hướng
  - Bậc, nửa bậc vào, nửa bậc ra
  - Đường đi chu trình, tính liên thông
- **Biểu diễn đồ thị**
  - Ma trận kề
  - Ma trận liên thuộc
  - Danh sách cạnh (cung)
  - Danh sách kề

# Biểu diễn đồ thị

- ❑ Máy tính không thể biểu diễn đồ thị dưới dạng hình vẽ thông thường.
- ❑ Đồ thị được biểu diễn khác nhau khi tiến hành lưu trữ.

## ❑ Tiêu chuẩn

- Cấu trúc dữ liệu phải đơn giản,
- Cấu trúc dữ liệu phù hợp với ứng dụng,
- Cấu trúc dữ liệu dễ biểu diễn,
- Cấu trúc dữ liệu dễ cài đặt.



# Biểu diễn đồ thị

## Ma trận kề

$$G = (V, E),$$

$$V = \{v_1, \dots, v_n\}$$

- Ma trận kề là ma trận vuông  $A = \{a_{ij}\}$  cấp  $n$ :

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{nếu } (v_i, v_j) \in E \\ 0, & \text{trường hợp trái lại} \end{cases}$$

## Ma trận kề

- Đồ thị vô hướng
  - ✓ Có tính chất đối xứng
  - ✓ Tổng số phân tử trên một dòng hoặc một cột bằng số bậc của đỉnh tương ứng.
  - ✓  $G$  liên thông khi và chỉ khi phân tử ngoài đường chéo chính của  $T$  đều lớn hơn 0.  
$$T = A^1 + A^2 + \dots + A^{n-1}$$

# Biểu diễn đồ thị

## Ma trận kề

$G = (V, E)$ , có hướng

$$V = \{v_1, \dots, v_n\}$$

- Ma trận kề là ma trận vuông  $A = \{a_{ij}\}$  cấp  $n$ , với **cung**:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{nếu } (v_i, v_j) \in E \\ 0, & \text{trường hợp trái lại} \end{cases}$$

## Ma trận kề

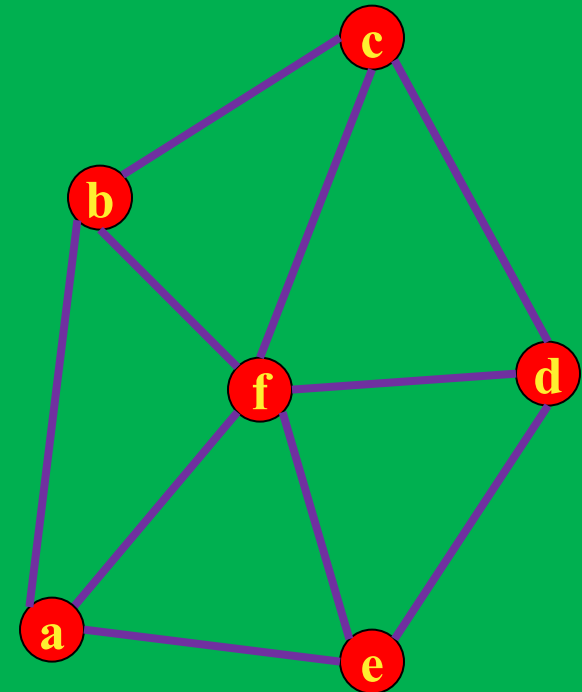
- Đồ thị có hướng
  - ✓ Tổng các phần tử trên dòng  $i$  bằng số bậc ra của đỉnh  $i$ .
  - ✓ Tổng các phần tử trên cột  $i$  bằng số bậc vào của đỉnh  $i$ .
  - ✓  $G$  liên thông mạnh khi và chỉ khi phần tử ngoài đường chéo chính của  $T$  đều lớn hơn 0.
$$T = A^1 + A^2 + \dots + A^{n-1}$$

# Biểu diễn đồ thị

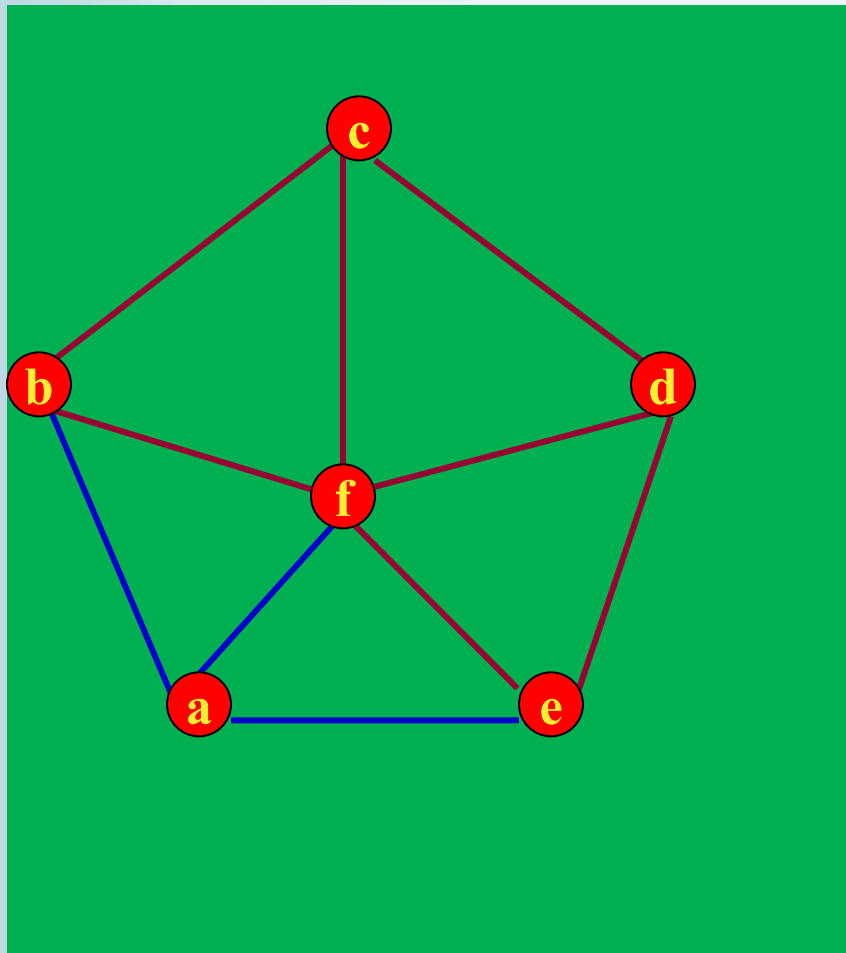
✓ Biểu diễn đồ thị bên phải bằng ma trận kề và kiểm tra các tính chất?

✓ Sẽ sắp xếp theo:  
a,b,c,d,e,f.

✓  $\{v_i, v_j\}$   
    ↙    ↘  
hàng    cột



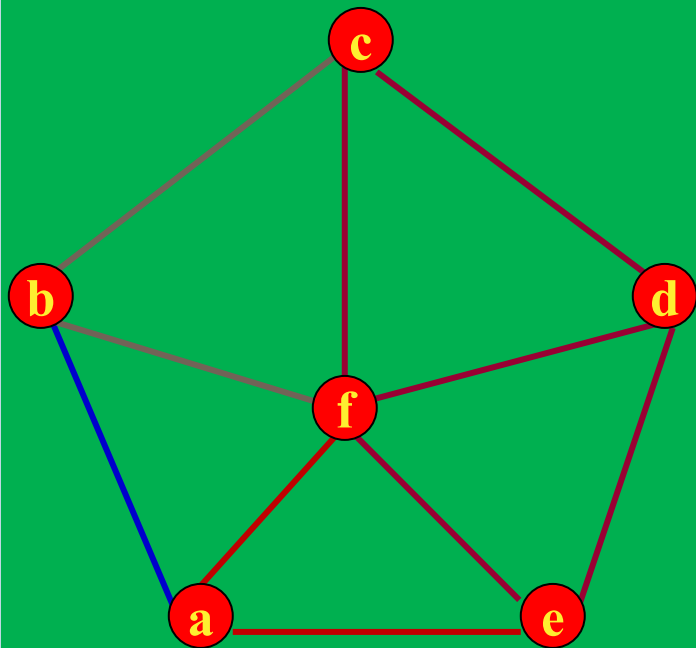
# Biểu diễn đồ thị



Từ	Đến					
	a	b	c	d	e	f
a	0	1	0	0	1	1
b						
c						
d						
e						
f						

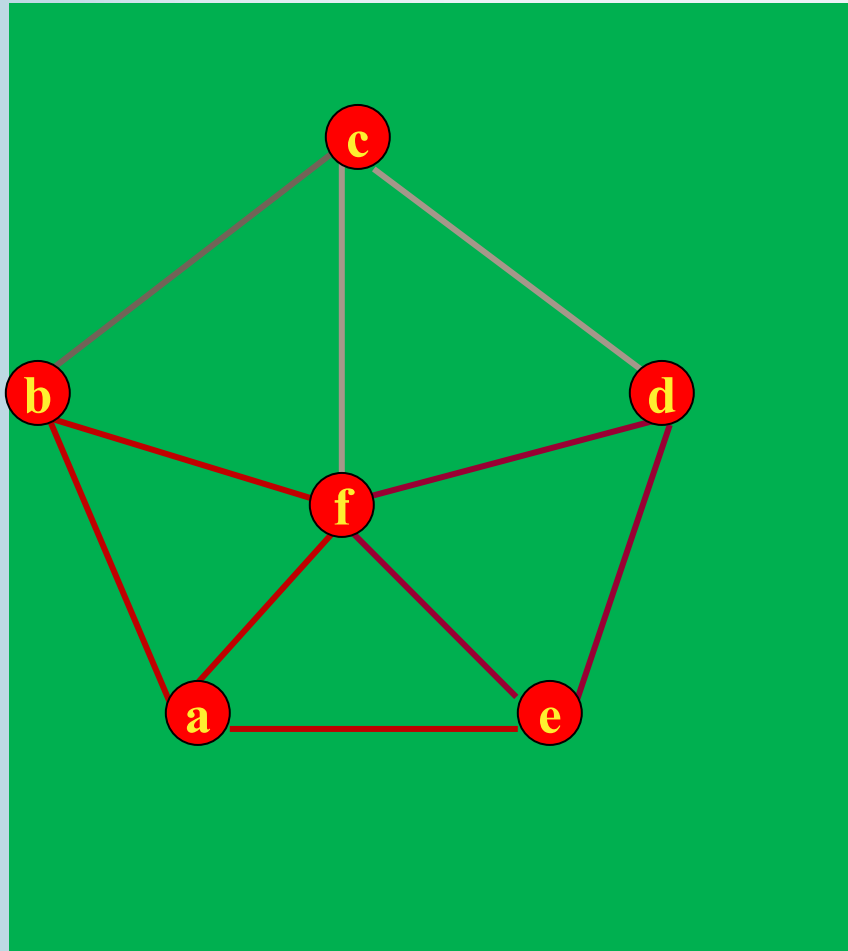


# Biểu diễn đồ thị



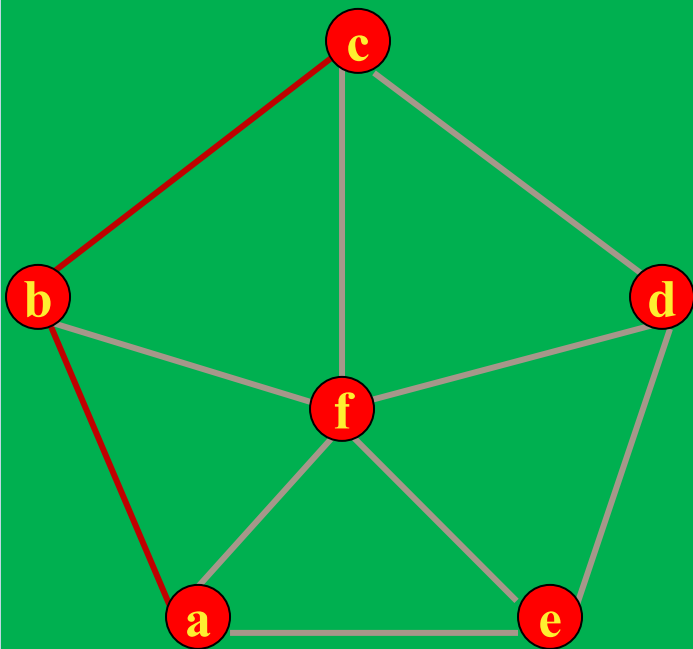
		Đến					
Từ		a	b	c	d	e	f
	a	0	1	0	0	1	1
	b	1	0	1	0	0	1
	c						
	d						
	e						
	f						

# Biểu diễn đồ thị



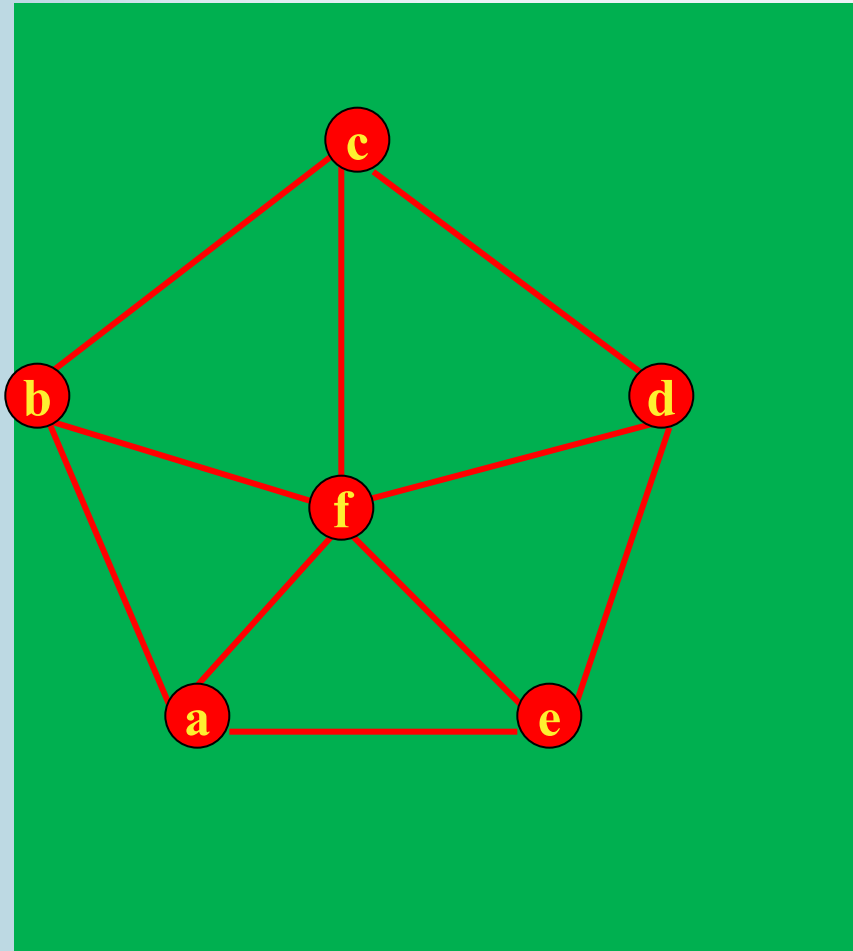
Từ	Đến					
	a	b	c	d	e	f
a	0	1	0	0	1	1
b	1	0	1	0	0	1
c	0	1	0	1	0	1
d						
e						
f						

# Biểu diễn đồ thị



Từ	Đến					
	a	b	c	d	e	f
a	0	1	0	0	1	1
b	1	0	1	0	0	1
c	0	1	0	1	0	1
d						
e						
f						

# Biểu diễn đồ thị



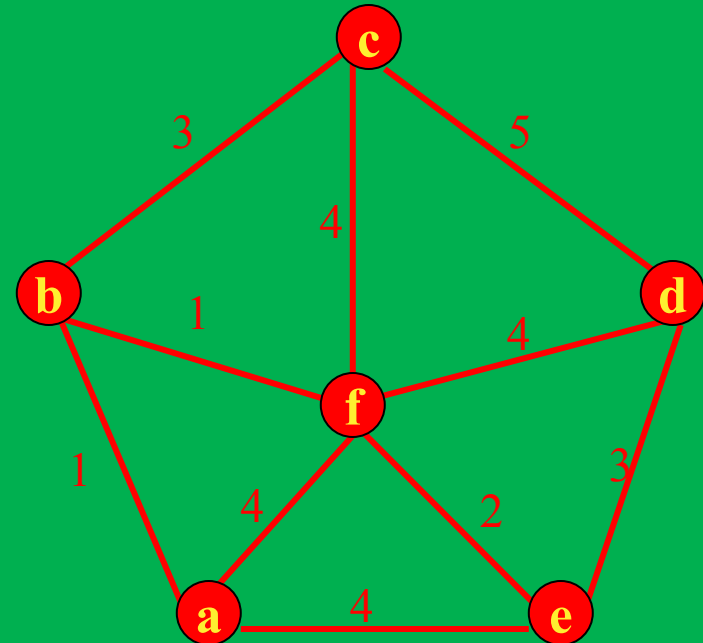
Từ	Đến					
	a	b	c	d	e	f
a	0	1	0	0	1	1
b	1	0	1	0	0	1
c	0	1	0	1	0	1
d	0	0	1	0	1	1
e	1	0	0	1	0	1
f	1	1	1	1	1	0



# Biểu diễn đồ thị

- G đồ thị có trọng số
  - ✓ Mỗi  $(v_i, v_j) \in E$  gán một giá trị  $c_{ij}$
  - ✓  $C = \{C[i,j]: \forall i,j \in V\}$  - Ma trận trọng số
  - ✓  $C[i,j] = \begin{cases} c_{ij} & \text{nếu } (v_i, v_j) \in E \\ \infty & \text{trái lại.} \end{cases}$
  - ✓  $\infty$  có thể 0 hoặc  $\infty$

- ✓ Xây dựng ma trận trọng số của đồ thị bên dưới



# Nội dung

- Giới thiệu
- Khái niệm cơ bản
  - Đồ thị có hướng và đồ thị vô hướng
  - Bậc, nửa bậc vào, nửa bậc ra
  - Đường đi chu trình, tính liên thông
- Biểu diễn đồ thị
  - Ma trận kề, ma trận trọng số
  - **Ma trận liên thuộc**
  - Danh sách cạnh (cung)
  - Danh sách kề

# Biểu diễn đồ thị

## Ma trận liên thuộc

$$G = (V, E)$$

$$V = \{v_1, \dots, v_n\}, \quad E = \{e_1, \dots, e_m\}$$

- Ma trận liên thuộc là ma trận  $A = \{A[i, j]\}_n^m$ :

$$A[i, j] = \begin{cases} 1: & v_i \text{ là đỉnh đầu của } e_j \\ 0: & v_i \text{ không là đỉnh đầu của } e_j \end{cases}$$

- $A$  là ma trận liên thuộc giữa đỉnh và cạnh

## Ma trận liên thuộc

- Đồ thị vô hướng
  - Số lượng các phần tử khác không trên một dòng chính là bậc của đỉnh tương ứng với dòng đó.

# Biểu diễn đồ thị

## Ma trận liên thuộc

$G = (V, E)$  – có hướng

$V = \{v_1, \dots, v_n\}$ ,  $E = \{e_1, \dots, e_m\}$

- Ma trận liên thuộc của  $G$  là ma trận  $A = \{A[i, j]\}_n^m$  trong đó

$$A[i, j] = \begin{cases} 1: & v_i \text{ là đỉnh đầu của } e_j \\ -1: & v_i \text{ là đỉnh cuối của } e_j \\ 0: & \text{ngược lại} \end{cases}$$

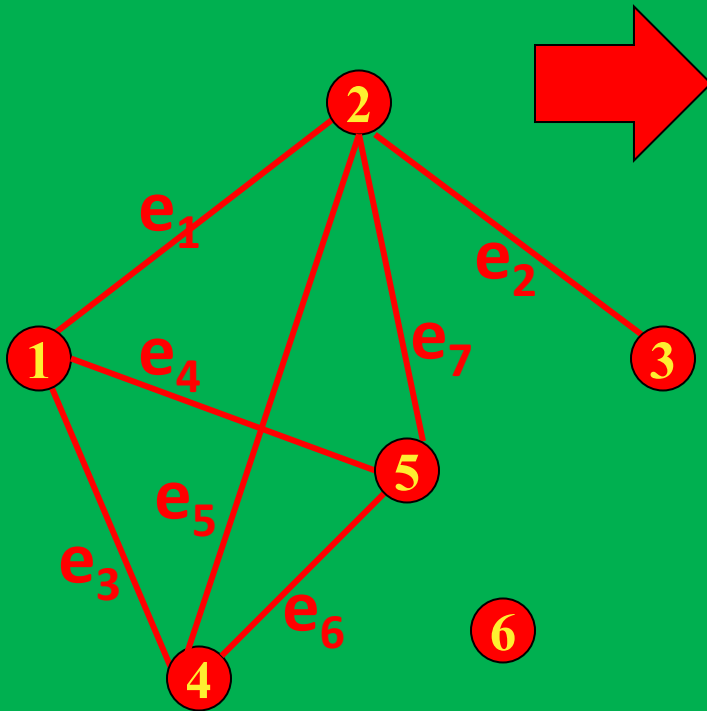
- Ma trận  $A$  là **ma trận liên thuộc giữa đỉnh và cung**

## Ma trận liên thuộc

- Đồ thị có hướng
  - Số lượng các **phần tử 1** trên dòng chính là bán bậc ra của đỉnh tương ứng với dòng đó.
  - Số lượng các **phần tử -1** trên dòng chính là bán bậc vào của đỉnh tương ứng với dòng đó.



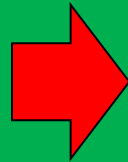
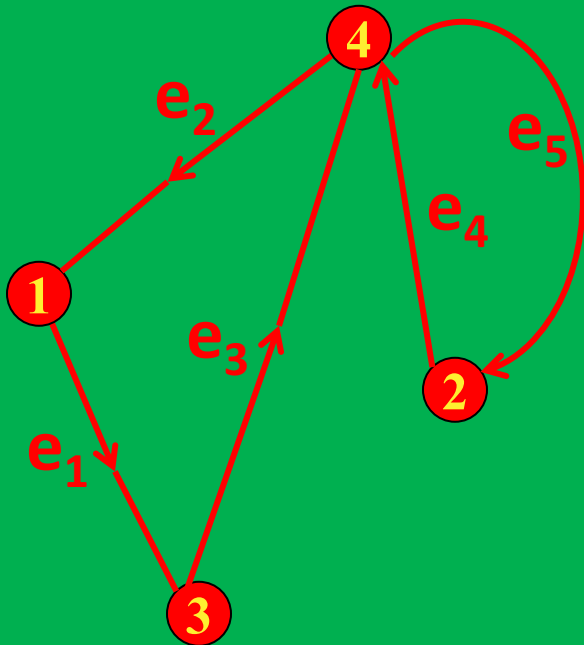
# Biểu diễn đồ thị



$A =$

	$e_1$	$e_2$	$e_3$	$e_4$	$e_5$	$e_6$	$e_7$
1							
2							
3							
4							
5							
6							

# Biểu diễn đồ thị



$A =$

	$e_1$	$e_2$	$e_3$	$e_4$	$e_5$
1					
2					
3					
4					

# Nội dung

- Giới thiệu
- Khái niệm cơ bản
  - Đồ thị có hướng và đồ thị vô hướng
  - Bậc, nửa bậc vào, nửa bậc ra
  - Đường đi chu trình, tính liên thông
- Biểu diễn đồ thị
  - Ma trận kề
  - Ma trận liên thuộc
  - **Danh sách cạnh (cung)**
  - Danh sách kề

# Biểu diễn đồ thị

## Danh sách cạnh (cung)

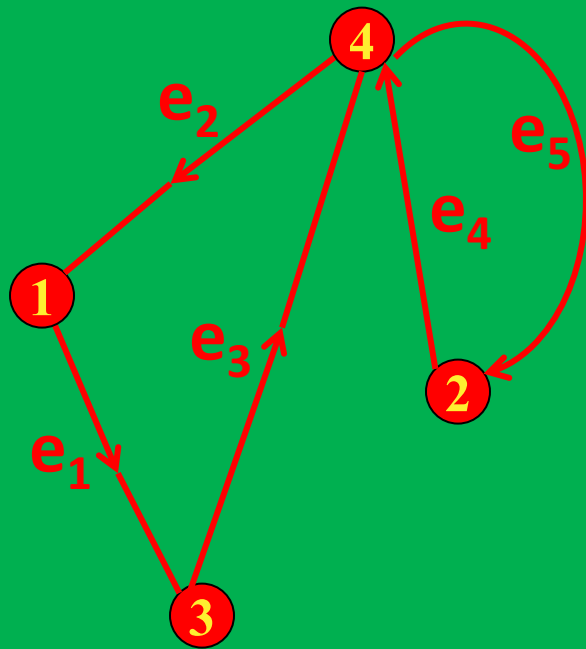
- Dùng với đồ thị:  $|E| < 6|V|$
- Danh sách cung(cạnh) của  $G$  sẽ bao gồm hai mảng 1 chiều có kích thước  $|E|$ :
  - Mảng **Đầu** lưu các đỉnh đầu của các cung
  - Mảng **Cuối** lưu đỉnh cuối của các cung

## Danh sách cung

- Đồ thị có hướng
  - Số lần xuất hiện của một đỉnh trên mảng **Đầu**, chính là bán bậc ra của đỉnh đó.
  - Số lần xuất hiện của một đỉnh trên mảng **Cuoi**, chính là bán bậc vào của đỉnh đó



# Biểu diễn đồ thị



Đầu	Cuối
1	3
4	1
3	4
2	4
4	2

# Nội dung

- Giới thiệu
- Khái niệm cơ bản
  - Đồ thị có hướng và đồ thị vô hướng
  - Bậc, nửa bậc vào, nửa bậc ra
  - Đường đi chu trình, tính liên thông
- Biểu diễn đồ thị
  - Ma trận kề
  - Ma trận liên thuộc
  - Danh sách cạnh (cung)
  - **Danh sách kề**

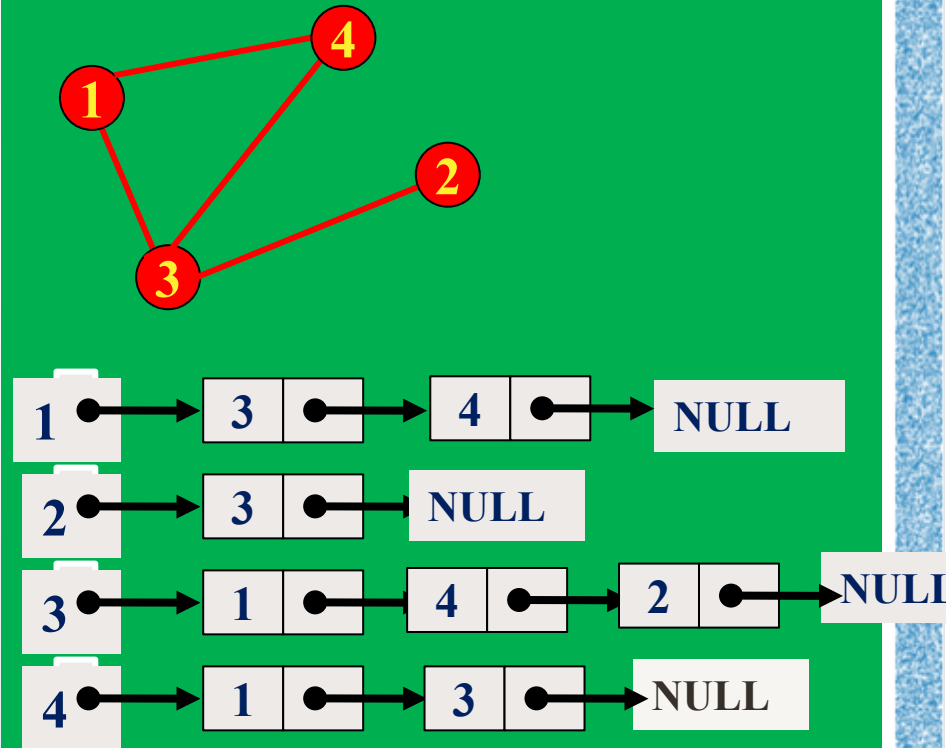
# Biểu diễn đồ thị

## Danh sách kề

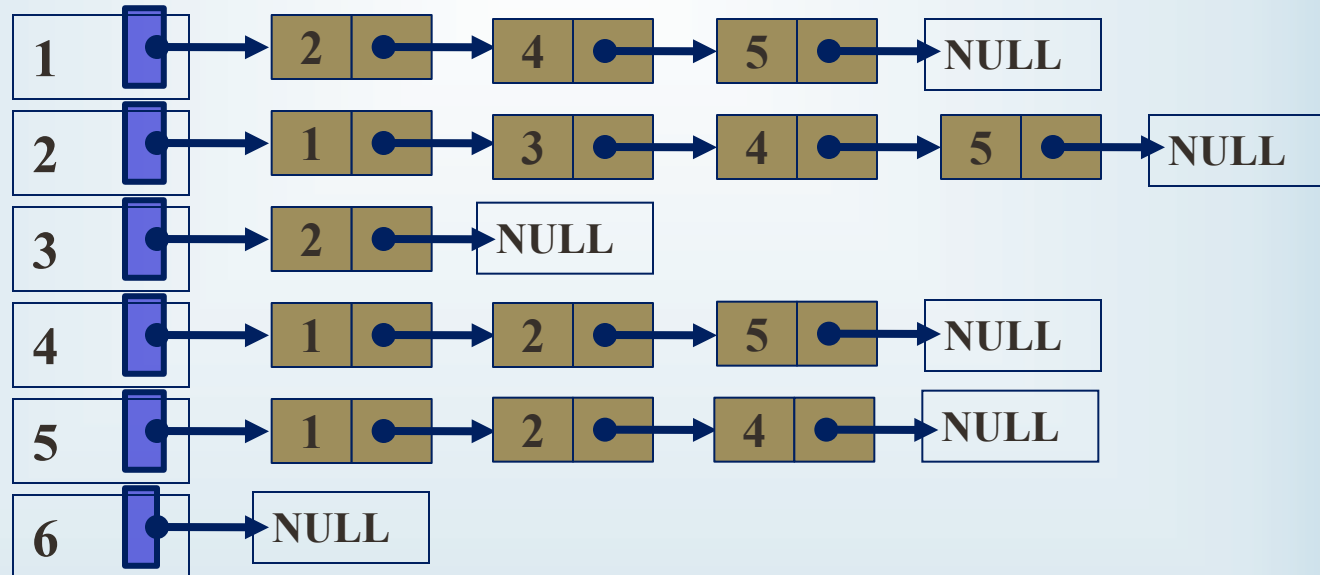
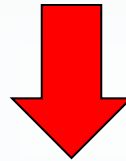
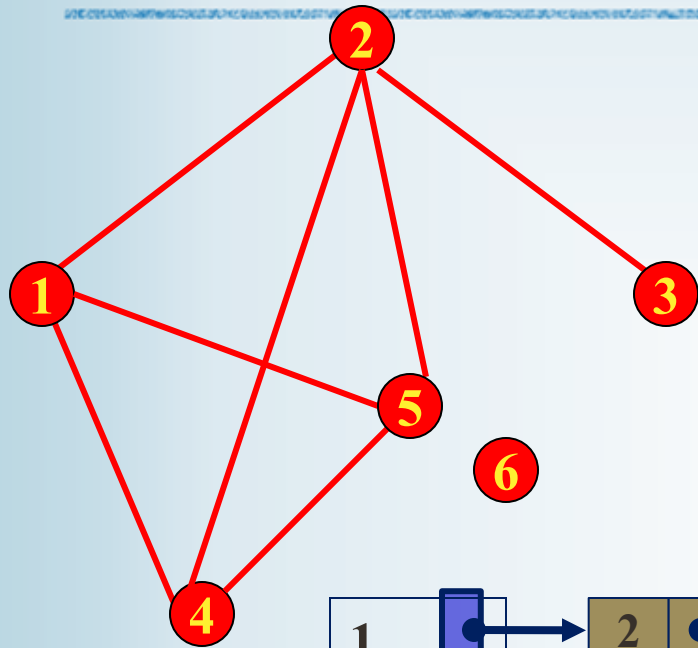
$$G = (V, E)$$

$$V = \{v_1, \dots, v_n\},$$

- Đồ thị  $G$  có thể được biểu diễn bằng  $n$  danh sách liên kết, trong đó
  - ✓ Mỗi danh sách liên kết thứ  $i$  sẽ biểu diễn các đỉnh kề với đỉnh  $v_i$



# Biểu diễn đồ thị





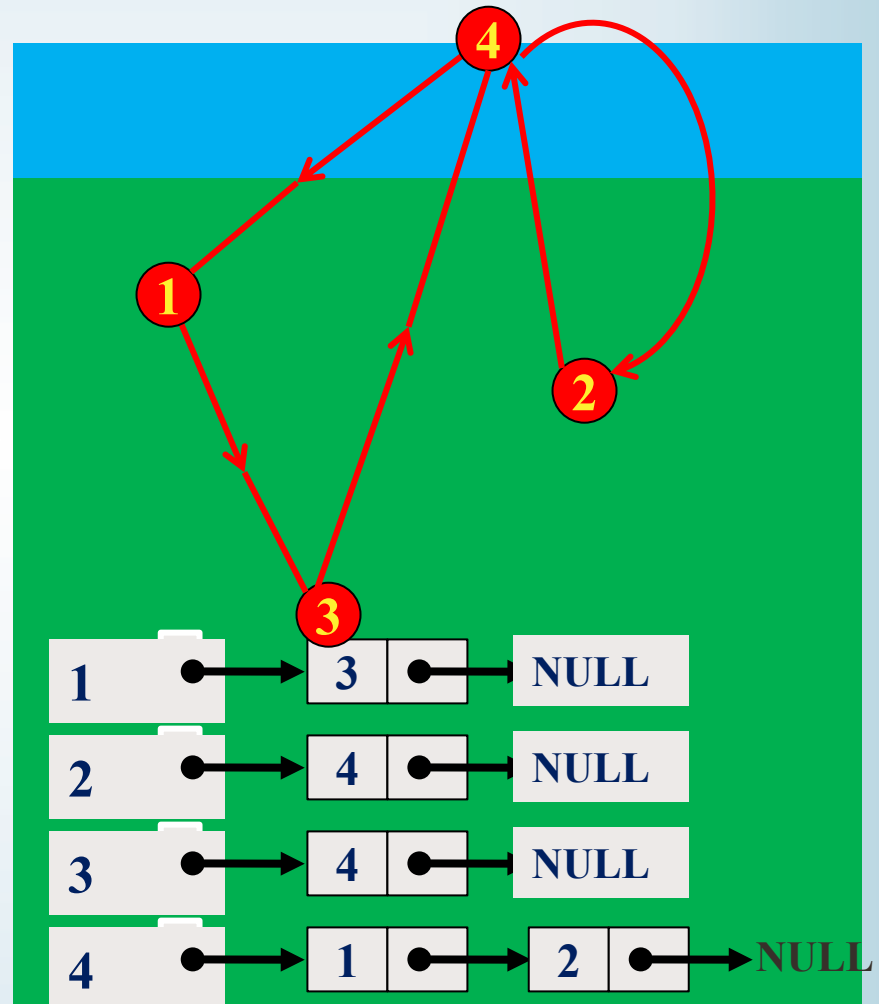
# Biểu diễn đồ thị

## Danh sách kề

$$G = (V, E)$$

$$V = \{v_1, \dots, v_n\},$$

- Đồ thị  $G$  có thể được biểu diễn bằng  $n$  danh sách liên kết, trong đó
  - ✓ Mỗi danh sách liên kết thứ  $i$  sẽ biểu diễn các đỉnh kề với đỉnh  $v_i$



# Bài tập

- Lập trình nhập đồ thị với các cấu trúc dữ liệu đã mô tả.
- Lập trình cho phép chuyển đổi từ cấu trúc dữ liệu biểu diễn đồ thị dưới dạng ma trận kề sang danh sách kề và ngược lại



**THAT'S ALL; THANK YOU**

**What NEXT?**