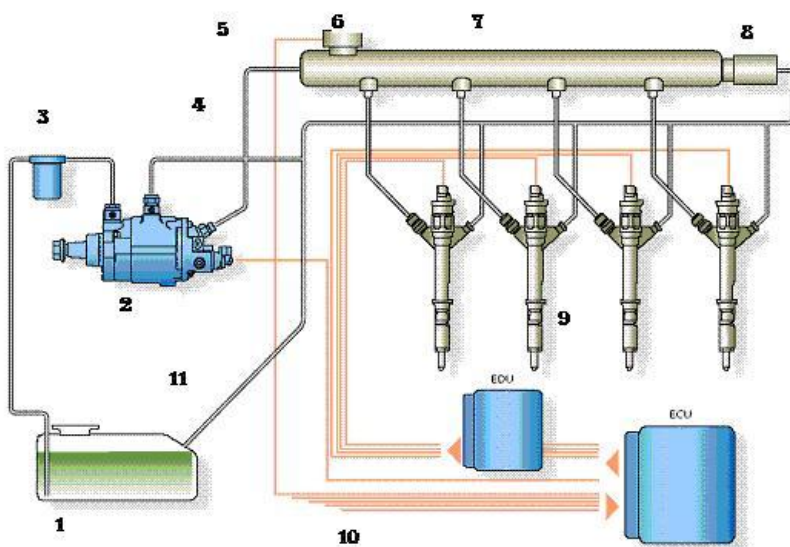


# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO ÁP SUẤT

### 5.6.1. Tổng quan

- Áp suất là thông số quan trọng trong các quy trình công nghệ, các hệ thống thủy lực, hệ thống khí nén.
- Qua việc đo áp suất, ta có thể xác định được các thông số khác của quy trình công nghệ.
- Kiểm tra sự an toàn của thiết bị.
- Kiểm tra và điều khiển hoạt động của máy móc thiết bị.



# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO ÁP SUẤT

### 5.6.2. Khái niệm

- **Áp suất:**

$$p = \frac{dF}{ds}$$

The liquid in a container has a total weight of 152 kN, and the container has a 8.9 m<sup>2</sup> base. What is the pressure on the base?

$$\text{Pressure} = \frac{152}{8.9} \text{ kPa} = 17.1 \text{ kPa}$$

- **Áp suất tĩnh:**  $p = \gamma h$

What is the depth in a lake, if the pressure is 0.1 MPa?

$$\text{Depth} = 0.1 \text{ MPa} \div 9.8 \text{ kN/m}^3 = 10.2 \text{ m}$$

Như trên ta thấy, áp suất tĩnh không phụ thuộc vào hình dạng và thể chứa  $\gamma$ : khối lượng riêng [ kg/m<sup>3</sup> ] =  $\rho \cdot g$ , của nước = 9,8kN/m<sup>3</sup>

Đo áp suất tĩnh có thể tiến hành bằng 02 phương pháp:

- Đo áp suất chất lưu được lấy qua một lỗ khoan trên thành bình.
- Đo trực tiếp biến dạng của thành bình

<sup>i</sup> What is the pressure at the base of a water tower that has 35m of head?

$$p = 9.8 \text{ kN/m}^3 \times 35 \text{ m} = 343 \text{ kPa}$$



# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO ÁP SUẤT

### 5.6.2. Khái niệm

- Trọng lượng riêng của một số chất thông thường:

	Temperature	Specific Weight	
		lb/ft <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>
Acetone	60°F	49.4	7.74
Alcohol (ethyl)	68°F	49.4	7.74
Glycerin	32°F	78.6	12.4
Mercury	60°F	846.3	133
Steel		490	76.93
Water	39.2°F	62.43	9.8

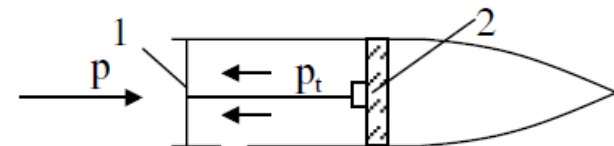
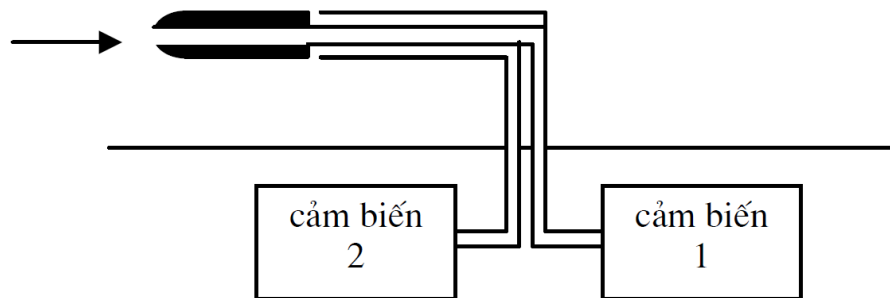
Conversion factors: 1ft<sup>3</sup> = 0.028m<sup>3</sup>; 1 lb = 4.448N; 1 lb/ft<sup>3</sup> = 0.157 kN/m<sup>3</sup>.

**Đối với chất lưu chuyển động**, áp suất chất lưu bằng tổng áp suất tĩnh và áp suất động

$$p = p_t + p_d$$

- Áp suất động do chất lưu chuyển động gây nên:

$$p_d = \frac{\rho v^2}{2}$$



*cảm biến 1: đo áp suất tổng*  
*cảm biến 2: đo áp suất tĩnh*

# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO ÁP SUẤT

### 5.6.3. Đơn vị đo

- Bảng chuyển đổi đơn vị áp suất:

Đơn vị áp suất	pascal (Pa)	bar (b)	kg/cm <sup>2</sup>	atmosphe (atm)	mmH <sub>2</sub> O	mmHg	mbar
1Pascal	1	10 <sup>-5</sup>	1,02.10 <sup>-5</sup>	0,987.10 <sup>-5</sup>	1,02.10 <sup>-1</sup>	0,75.10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>
1 bar	10 <sup>5</sup>	1	1,02	0,987	1,02.10 <sup>4</sup>	750	10 <sup>7</sup>
1 kg/cm <sup>2</sup>	9,8.10 <sup>4</sup>	0,980	1	0,986	10 <sup>4</sup>	735	9,80.10 <sup>2</sup>
1 atm	1,013.10 <sup>5</sup>	1,013	1,033	1	1,033.10 <sup>4</sup>	760	1,013.10 <sup>7</sup>
1mmH <sub>2</sub> O	9,8	9,8.10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-3</sup>	0,968.10 <sup>-4</sup>	1	0,0735	0,098
1mmHg	133,3	13,33.10 <sup>-4</sup>	1,36.10 <sup>-3</sup>	1,315.10 <sup>-3</sup>	136	1	1,33
1mbar	100	10 <sup>-3</sup>	1,02.10 <sup>-3</sup>	0,987.10 <sup>-3</sup>	1,02	0,750	1

	<i>Water</i>		<i>Mercury**</i>		<u>kPa</u>	<i>psi</i>
	<i>in<sup>3</sup></i>	<i>cm<sup>*</sup></i>	<i>mm</i>	<i>in</i>		
<u>1 psi</u>	27.7	70.3	51.7	2.04	6.895	1
1 psf	0.19	0.488	0.359	0.014	0.048	0.007
1 kPa	4.015	10.2	7.5	0.295	1	0.145
1 atm	407.2	1034	761	29.96	101.3	14.7
1 torr	0.535	1.36	1	0.04	0.133	0.019
1 millibar	0.401	1.02	0.75	0.029	0.1	0.014

\*at 39°F \*at 4°C \*\*Mercury at 0°C

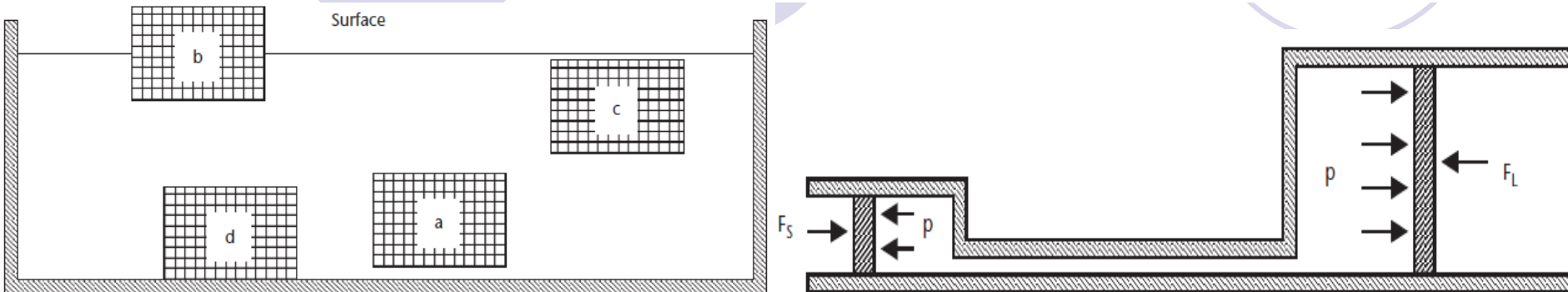
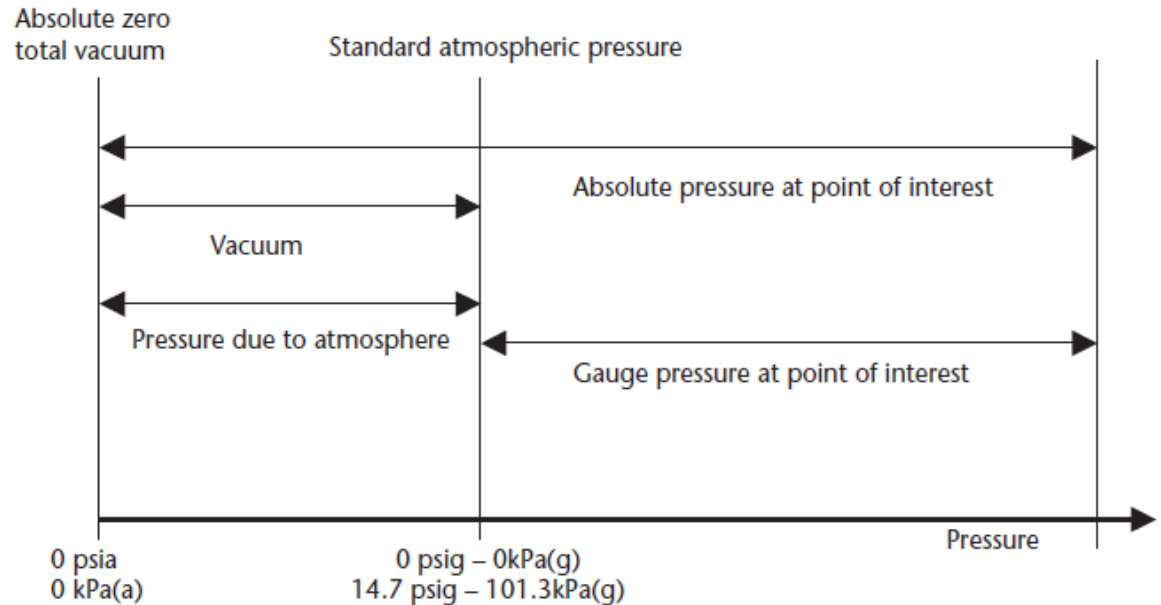
# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO ÁP SUẤT

### 5.6.3. Đơn vị đo

- Bảng chuyển đổi đơn vị áp suất:

- ✓ Chân không tuyệt đối
- ✓ Áp suất khí quyển
- ✓ Áp suất tuyệt đối
- ✓ Áp suất đo
- ✓ Áp suất chân không
- ✓ Chênh lệch áp suất



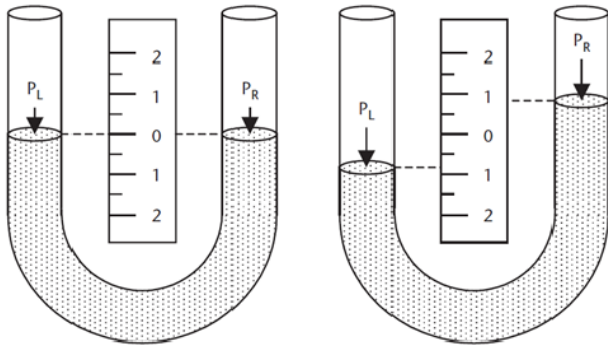
# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO ÁP SUẤT

### 5.6.4. Phần tử đo áp suất

Áp kế chữ U:

$$P_R - P_L = \gamma \times \text{difference in height of the liquid in the columns}$$



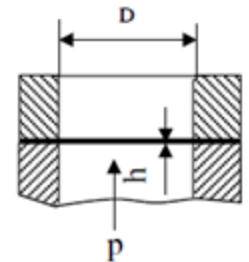
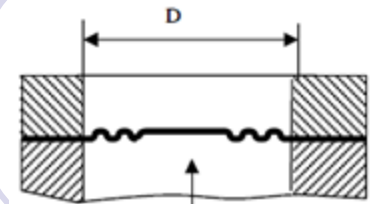
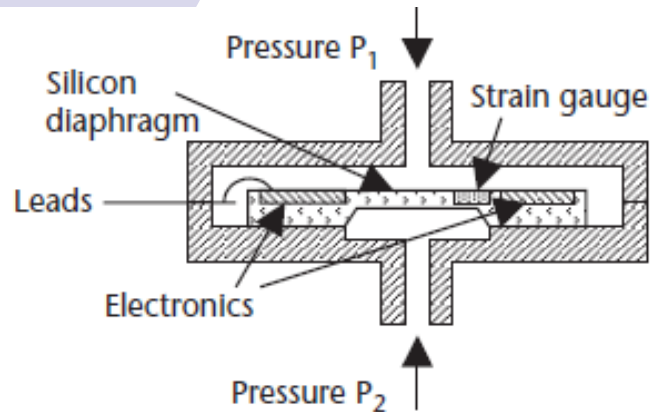
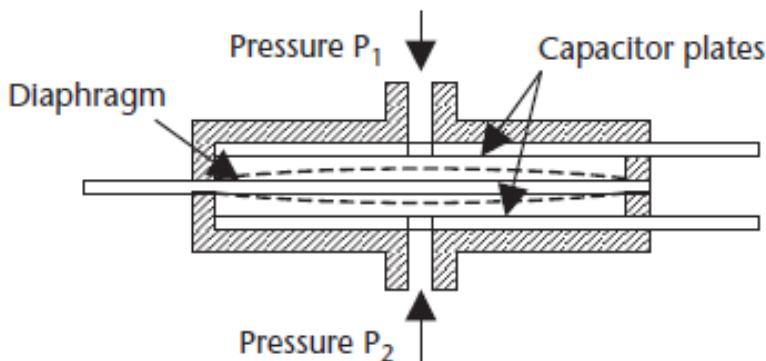
$P_L = P_R$

$P_L > P_R$

$$\Delta p = \gamma \Delta h = 8.5 \times 83/100 \text{ kPa} = 7.05 \text{ kPa}$$

$$\gamma = \frac{p}{h} = \frac{7.85 \text{ kPa}}{1.35 \text{ m}} \times \frac{\text{N/m}^2}{9.8 \text{ N/m}^3} \text{ kg/m}^3$$

### Áp kế kiểu màng ngăn

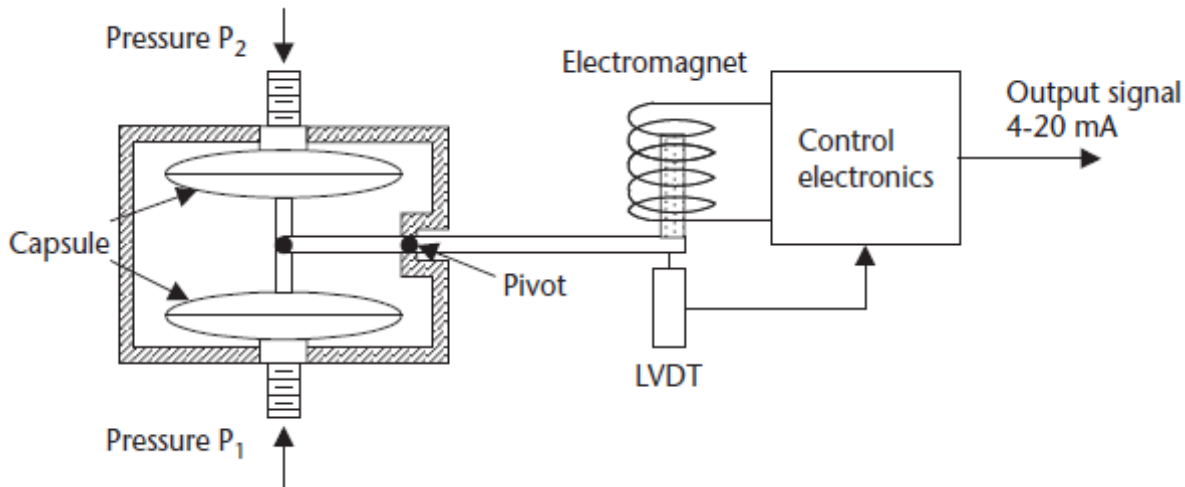


# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

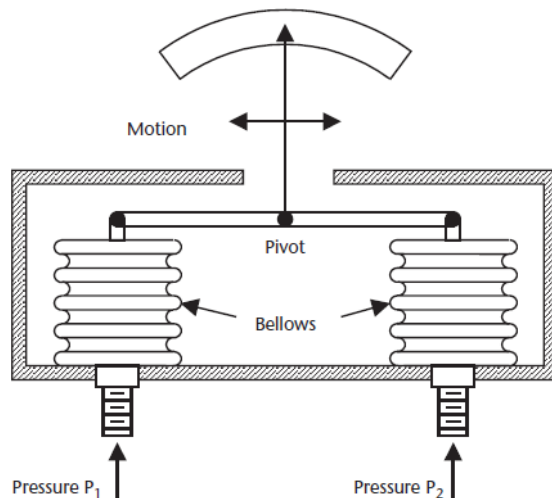
## 5.6. CẢM BIẾN ĐO ÁP SUẤT

### 5.6.4. Phần tử đo áp suất

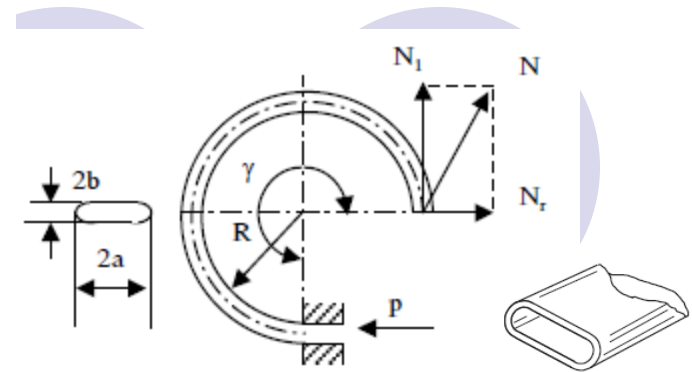
#### Áp kế kiểu màng ngăn



#### Áp kế sử dụng ống Bourdon



#### Áp kế sử dụng lò xo ống



$$\Delta\gamma = p\gamma \frac{1-\nu^2}{Y} \cdot \frac{R^2}{bh} \left(1 - \frac{b^2}{a^2}\right) \frac{\alpha}{\beta + x^2}$$

$\nu$  - hệ số poisson.

$Y$  - mô đun Young.

$R$  - bán kính cong.

$h$  - bề dày thành ống.

$a, b$  - các bán trục của tiết diện ôvan.

$\alpha, \beta$  - các hệ số phụ thuộc vào hình dáng tiết diện ngang của ống.

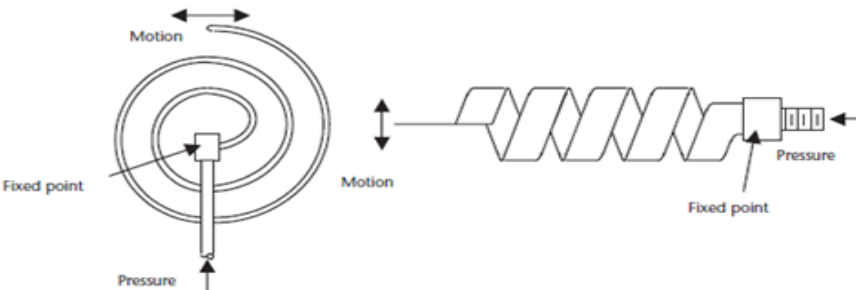
$x = Rh/a^2$  - tham số chính của ống.

# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

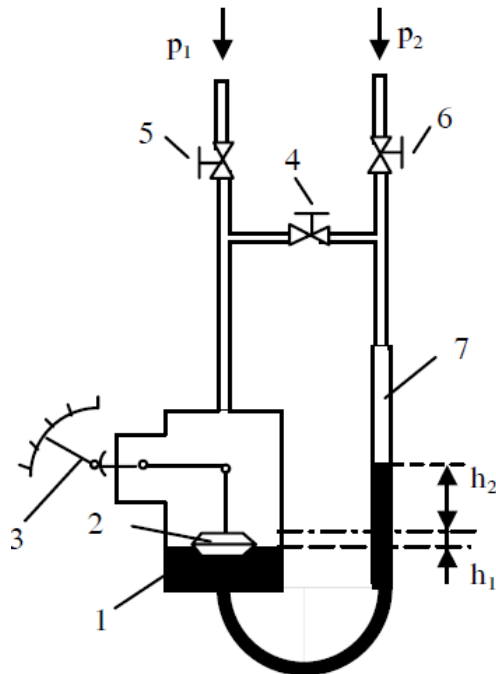
## 5.6. CẢM BIẾN ĐO ÁP SUẤT

### 5.6.4. Phần tử đo áp suất

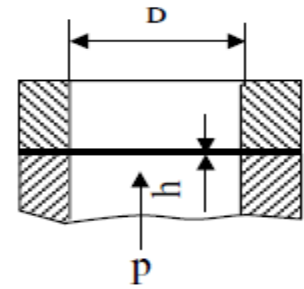
#### Áp kế sử dụng ống Bourdon



#### Áp kế vi sai kiểu phao



#### Áp kế kiểu màng ngăn



Độ võng tâm màng phẳng dưới tác dụng của áp suất tác dụng lên màng xác định theo công thức sau:

$$\delta = \frac{3}{16} (1 - \nu^2) \frac{pR^4}{Yh^3}$$

Khi đạt sự cân bằng áp suất:

$$p_1 - p_2 = g(\rho_m - \rho)(h_1 + h_2)$$

Từ cân bằng thể tích, ta có:

$$F \cdot h_1 = f \cdot h_2$$

Từ cân bằng thể tích, ta có:

$$h_1 = \frac{1}{(1 + F/f)(\rho_m - \rho)g} \cdot (p_1 - p_2)$$



# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO ÁP SUẤT

### 5.6.4. Phần tử đo áp suất

#### Áp kế vi sai kiểu chuông

Ta có độ dịch chuyển của chuông là:

$$dH = \frac{f}{\Delta f \cdot g(\rho_m - \rho)} d(p_1 - p_2)$$

Lấy tích phân giới hạn từ 0 tới  $(p_1 - p_2)$  nhận được phương trình đặc tính tĩnh của áp kế vi sai kiểu chuông:

$$H = \frac{f}{\Delta f \cdot g(\rho_m - \rho)} (p_1 - p_2)$$

F - tiết diện ngoài của chuông.

dH - độ di chuyển của chuông.

dy - độ dịch chuyển của mức chất lỏng trong chuông.

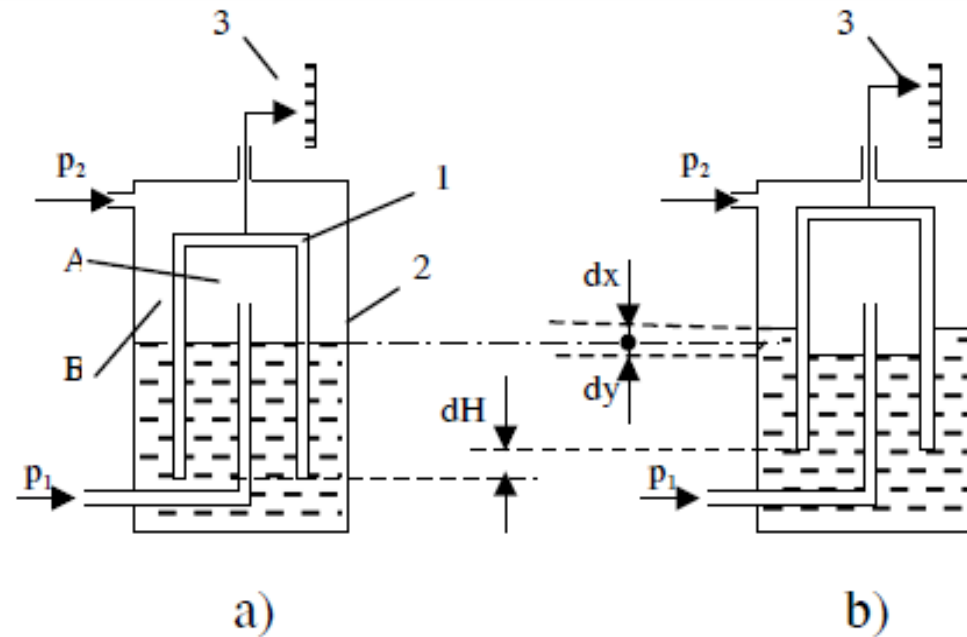
dx - độ dịch chuyển của mức chất lỏng ngoài chuông.

$\Delta f$  - diện tích tiết diện thành chuông.

$\Phi$  - diện tích tiết diện trong của bình lớn.

dh - chênh lệch mức chất lỏng ở ngoài và trong chuông.

f - diện tích tiết diện trong của chuông.

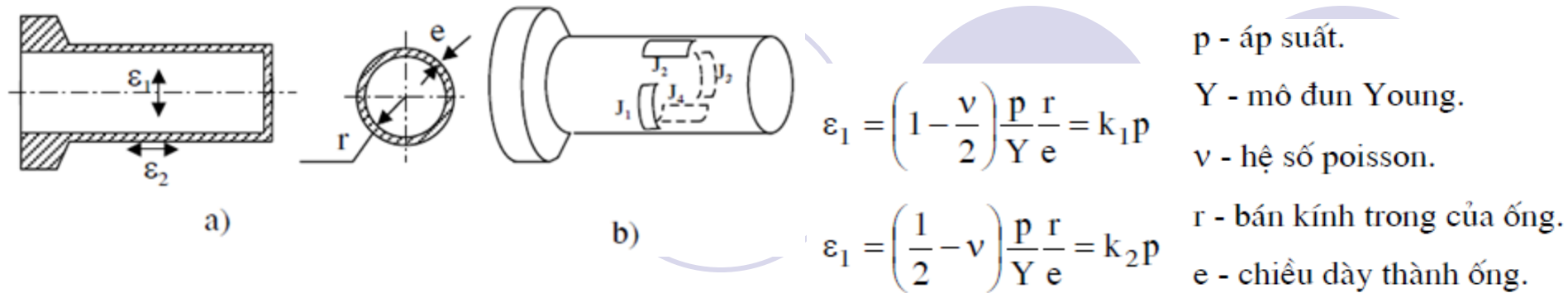


# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO ÁP SUẤT

### 5.6.4. Phần tử đo áp suất

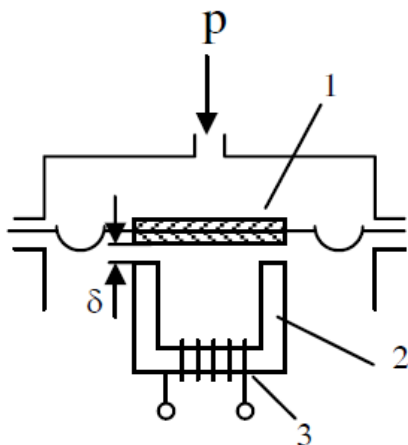
#### Áp kế dựa vào phần tử biến dạng (kiểu ống trụ)



## 5.6. CẢM BIẾN ĐO ÁP SUẤT

### 5.6.5. Bộ phận chuyển đổi điện

#### Bộ biến đổi đo áp suất kiểu điện cảm



Nếu bỏ qua điện trở cuộn dây, từ thông tản và tổn hao trong lõi từ thì độ tự cảm của bộ biến đổi xác định bởi công thức sau:

$$L = W^2 \cdot \mu_0 \frac{S_0}{\delta}$$

L: độ tự cảm của bộ biến đổi [Henry]

$S_0, \delta = k \cdot p$ : tiết diện và chiều dài khe hở không khí

$\mu_0$ : độ từ thẩm của không khí

# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO ÁP SUẤT

### 5.6.5. Bộ phận chuyển đổi điện

#### Bộ biến đổi kiểu biến áp vi sai

$$e_1 = 2\pi f \cdot I_1 M_1$$

$$e_2 = 2\pi f \cdot I_1 M_2$$

$e_1, e_2$ : là các suất điện động cảm ứng xuất hiện tại các nửa cuộn thứ cấp [V]

$M_1, M_2$ : hệ cảm giữa cuộn sơ cấp và các nửa cuộn thứ cấp [Henry]

Suất điện động cảm ứng xuất hiện trong cuộn thứ cấp:

$$E = e_1 - e_2 = 2\pi f I_1 (M_1 - M_2) = 2\pi f I_1 M$$

Như vậy điện áp ra của bộ biến đổi được xác định:

$$V_{ra} = 2\pi f I_1 M_{ra}$$

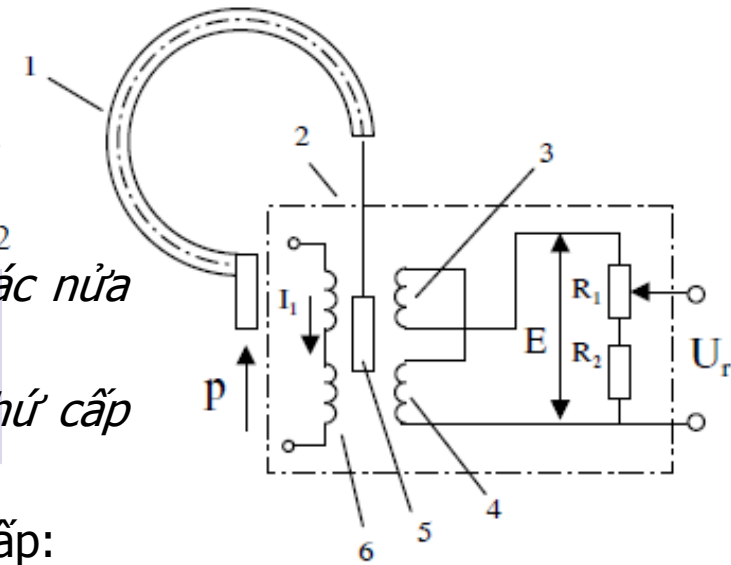
Giá trị hệ cảm  $M_{ra}$  phụ thuộc vào độ dịch chuyển của lõi thép

$$M_{ra} = M_{max} \frac{\delta}{\delta_{max}}$$

Với giá trị hệ cảm  $M_{max}$  phụ thuộc vào độ dịch chuyển lớn nhất của lõi thép

Suy ra:

$$V_{ra} = \frac{2\pi f I_1 M_{max}}{\delta_{max}} \delta$$



# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO ÁP SUẤT

### 5.6.5. Bộ phận chuyển đổi điện

#### Bộ biến đổi kiểu điện dung

$$C = (\epsilon_0 \epsilon_r \cdot A) / (\delta_0 + \Delta\delta)$$

$\epsilon_0, \epsilon_r$  : hằng số điện môi chân không và môi trường

$A$ : diện tích đối nhau giữa 02 bản cực

$\delta_0 + \Delta\delta$ : khoảng cách giữa 02 bản cực

#### Bộ biến đổi kiểu áp điện

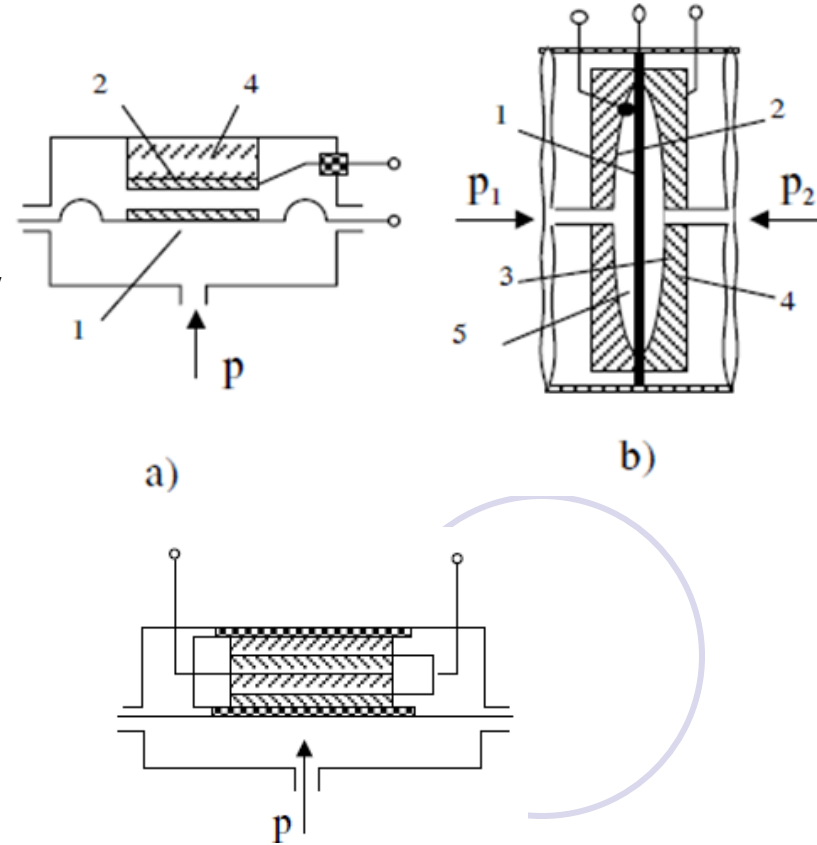
$$Q = kF$$

suy ra,

$$Q = kpS$$

$k$  - hằng số áp điện, trong trường hợp thạch anh  $k = 2,22 \cdot 10^{-12}$  C/N.

$S$  - diện tích hữu ích của màng.

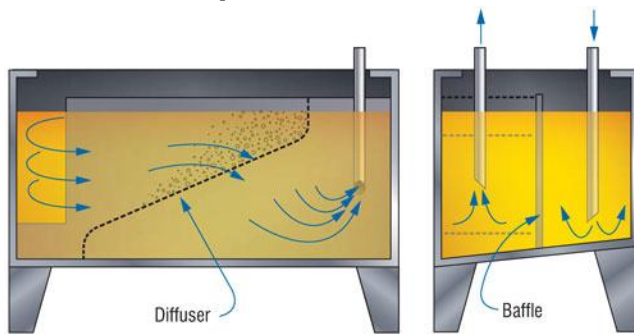


# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO MỨC

### 5.6.6. Tổng quan

- Đo mức của chất lỏng hoặc các chất rắn dạng bột. Đo mức rất quan trọng trong việc điều khiển quá trình công nghệ sản xuất sản phẩm.
- Có nhiều phương pháp đo mức của chất lỏng: phao, áp suất, vật đo trung gian...
- Xác định các mức chất lỏng: theo mức, liên tục, gián tiếp, trực tiếp.
- Các thiết bị đo mức cần thiết kế: dễ kiểm định, bảo dưỡng, thay thế.



# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO MỨC

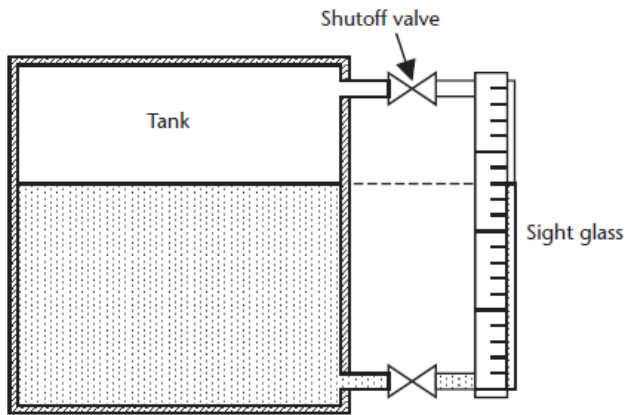
### 5.6.6. Các phương pháp đo mức

Các thiết bị đo mức gồm có 04 loại:

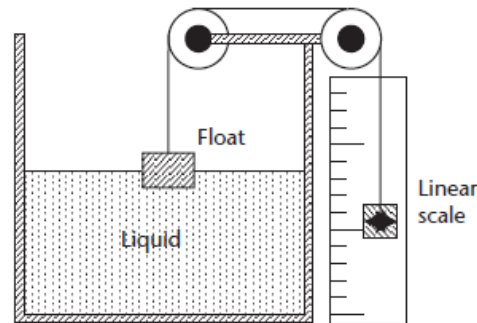
- Đo trực tiếp
- Đo gián tiếp
- Đo mức đơn điểm.
- Xác định mức của các chất rắn dạng bột.

#### a) Đo mức trực tiếp

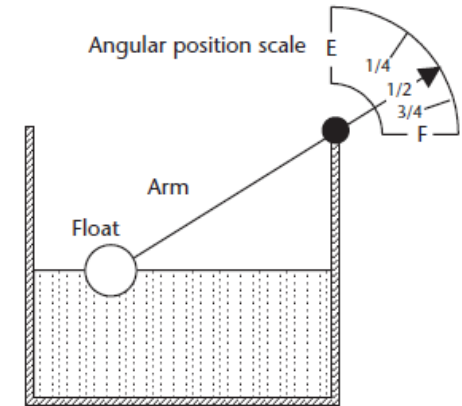
- Có nhiều phương pháp xác định mức chất lỏng trực tiếp: phao; ống thủy;...



*Quan sát mức chất lỏng bằng ống thủy*



*Quan sát mức chất lỏng bằng phao*



## 5.6. CẢM BIẾN ĐO MỨC

### 5.6.6. Các phương pháp đo mức

#### a) Đo mức trực tiếp

##### ***Quan sát mức chất lỏng bằng ống thủy:***

- Chi phí thấp, dễ bị gãy vỡ.
- Không nên sử dụng để quan sát các chất lỏng nguy hiểm.
- Nên sử dụng van khóa để dễ thay thế ống thủy và trong trường hợp ống thủy dễ bị phá hủy.

##### ***Quan sát mức chất lỏng bằng phao: dùng puly & cánh tay đòn:***

→ Phao kết hợp với puly:

- Đo được mực chất lỏng & chất bột rắn
- Dữ liệu đo ổn định, tín hiệu ra tuyến tính.
- Độ chính xác chịu ảnh hưởng bởi: sự ăn mòn điện hóa, các phản ứng hóa học, ma sát với pully...

→ Phao kết hợp với cánh tay đòn:

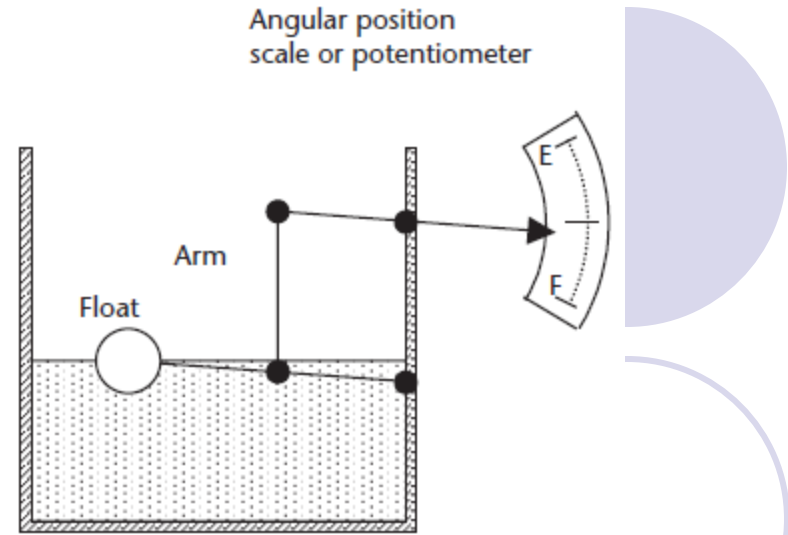
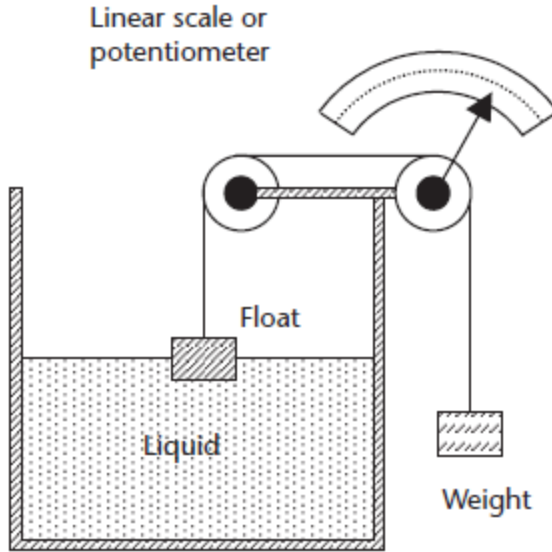
- Chỉ xác định mức chất lỏng theo góc hiển thị từ 0 – 90°C
- Số chỉ thị không tuyến tính

# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

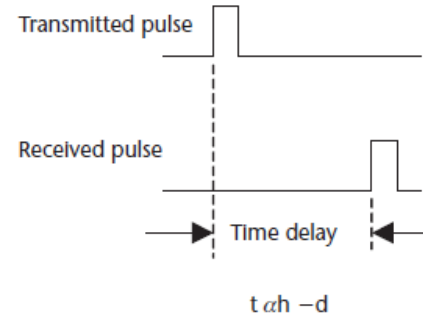
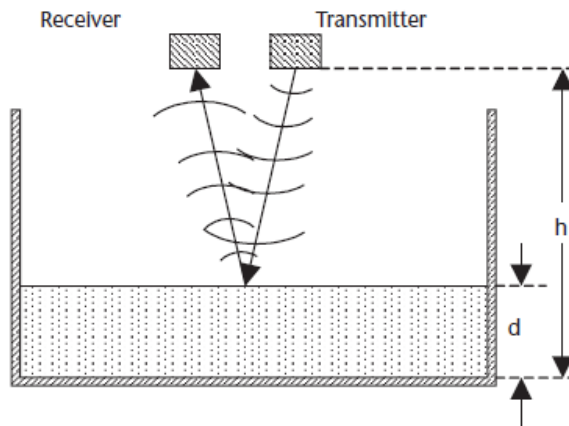
## 5.6. CẢM BIẾN ĐO MỨC

### 5.6.6. Các phương pháp đo mức

#### a) Đo mức trực tiếp



#### *Đo mức chất lỏng bằng siêu âm*





## 5.6. CẢM BIẾN ĐO MỨC

### 5.6.6. Các phương pháp đo mức

#### b) Đo mức gián tiếp

Có nhiều phương pháp đo mức gián tiếp:

- Đo áp lực thủy tĩnh tại đáy của bình chứa (ngoại suy từ áp suất & trọng lượng riêng chất lỏng);
- Dò tìm sự thay đổi điện dung;
- Sử dụng băng điện trở;
- Xác định trọng lượng chất lỏng;
- Sử dụng vật đo trung gian.

**Áp suất:** áp suất tăng khi chiều cao cột chất lỏng tăng

$$p = \gamma h$$

*p: áp suất cột chất lỏng;  $\gamma$ : trọng lượng riêng; h: chiều cao cột chất lỏng*

Ví dụ: Đồng hồ áp suất tại đáy của bình chứa chất lỏng là 1,27MPa (trọng lượng riêng chất lỏng 13.6kN/m<sup>3</sup>). Mức chất lỏng trong bình chứa ?

# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

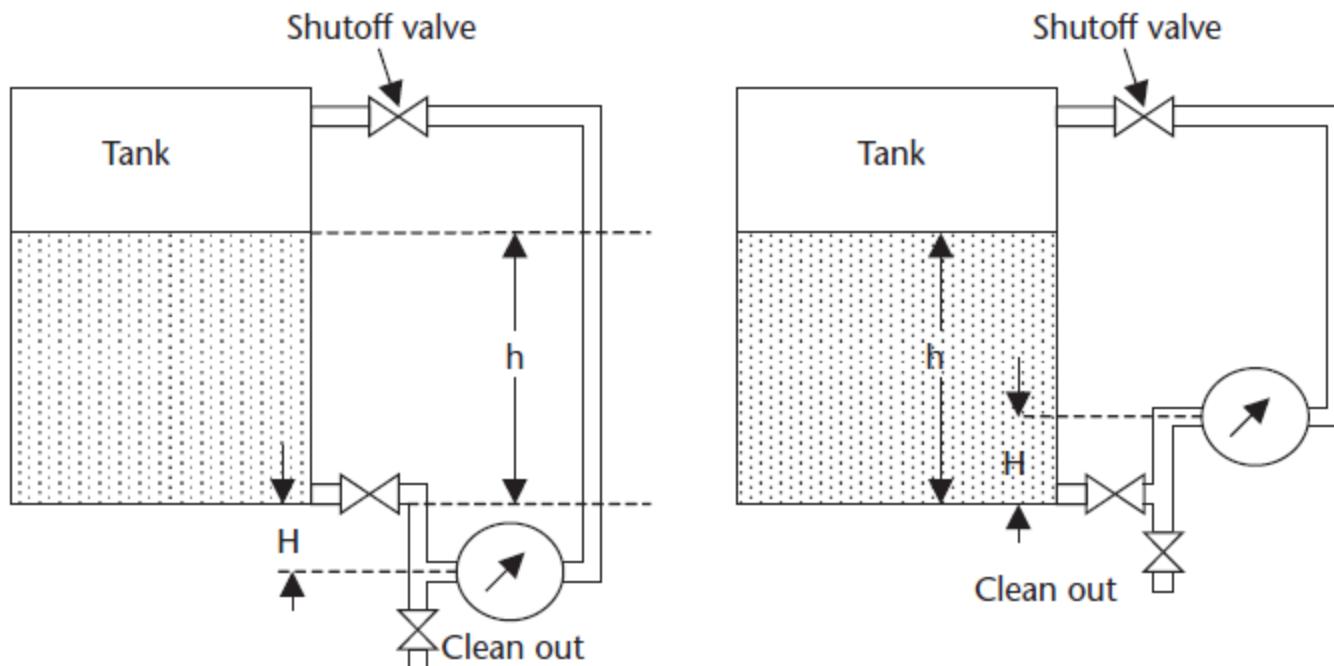
## 5.6. CẢM BIẾN ĐO MỨC

### 5.6.6. Các phương pháp đo mức

#### b) Đo mức gián tiếp

##### Áp suất:

Áp suất có thể được xác định bằng nhiều phương pháp khác nhau. Tuy nhiên, cần lưu ý đến lưu chất đo và tạp chất trong lưu chất khi thiết kế vị trí của bộ phận đo áp suất



# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO MỨC

### 5.6.6. Các phương pháp đo mức

#### b) Đo mức gián tiếp

#### Vật đo trung gian:

Nhận biết sự thay đổi lực nâng tác động lên đối tượng để xác định sự thay đổi mức chất lỏng.

$$F = \frac{\gamma \pi d^2 L}{4}$$

Lực nâng:

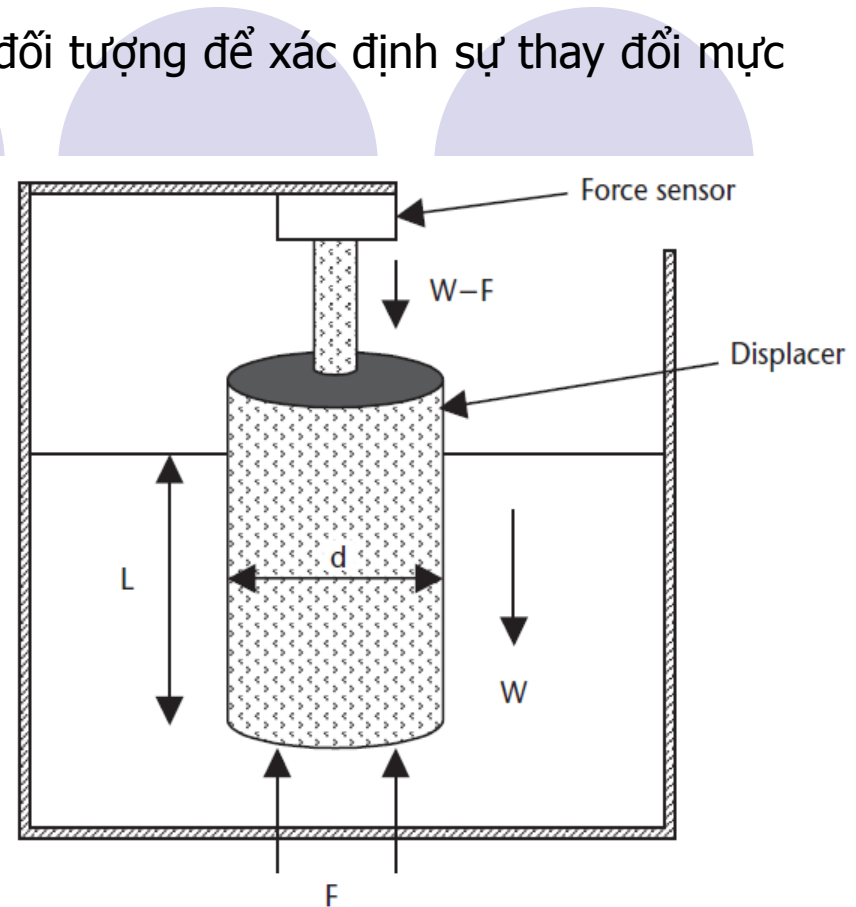
$\gamma$ : trọng lượng riêng của chất lưu;

$d$ : đường kính vật đo;

$L$ : chiều dài vật đo chìm trong chất lưu

Lực đo = Trọng lực vật đo - Lực nâng

Ví dụ: Đường kính vật đo 13cm được dùng để xác định mức nước trong bình. Nếu mức nước dịch chuyển 1,2 m, sự thay đổi lực đo nhận được trên cảm biến là bao nhiêu ?



Ví dụ: Vật đo đường kính 7,3-in sử dụng để đo mức chất lỏng acetone. Nếu mức chất lỏng dịch chuyển 2,3ft, lực đo được sẽ thay đổi bao nhiêu ?

# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO MỨC

### 5.6.6. Các phương pháp đo mức

#### b) Đo mức gián tiếp

##### Điền dung:

- Đo mức chất lỏng & chất rắn dạng bột.
- Điện dung tổng hợp  $C_d$ :

$$C_d = C_a \mu \frac{d}{r} + C_a$$

$C_a$ : điện dung không chứa chất lỏng;  $\mu$ : hằng số điện môi của chất lỏng;  
 $r$ : chiều cao của bản cực;  $d$ : độ sâu mực chất lỏng

Lưu ý: hằng số điện môi của không khí ( $\mu$ ) bằng 1; hằng số điện môi của nước bằng 80

$$d = \frac{(C_d - C_a)}{\mu C_a} r$$

#### Dielectric Constant of Some Common Liquids

Water	80 @ 20°C	Acetone	20.7 @ 25°C
Water	88 @ 0°C	Alcohol (ethyl)	24.7 @ 25°C
Glycerol	42.5 @ 25°C	Gasoline	2.0 @ 20°C
Glycerol	47.2 @ 0°C	Kerosene	1.8 @ 20°C

# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

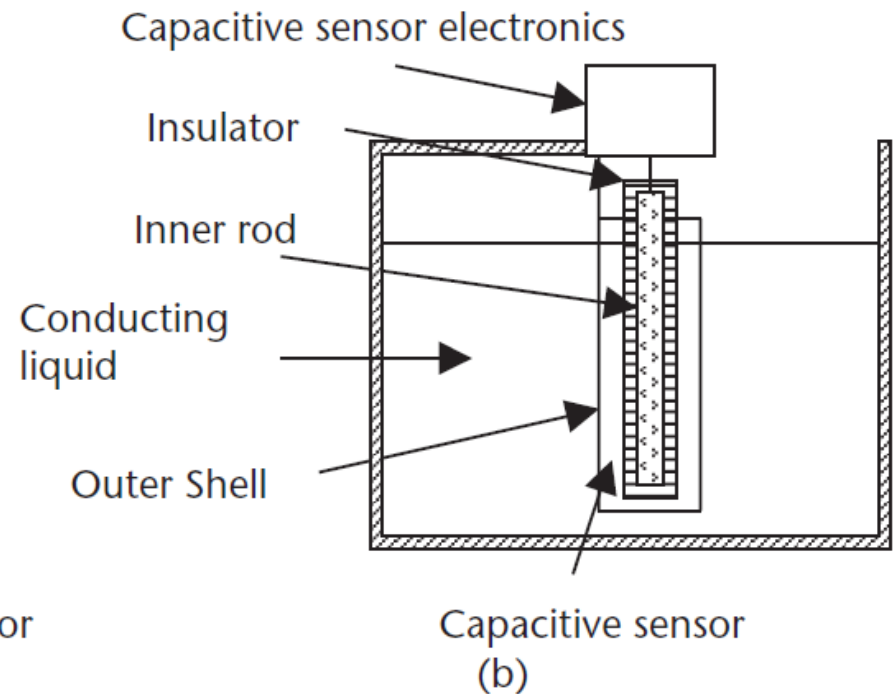
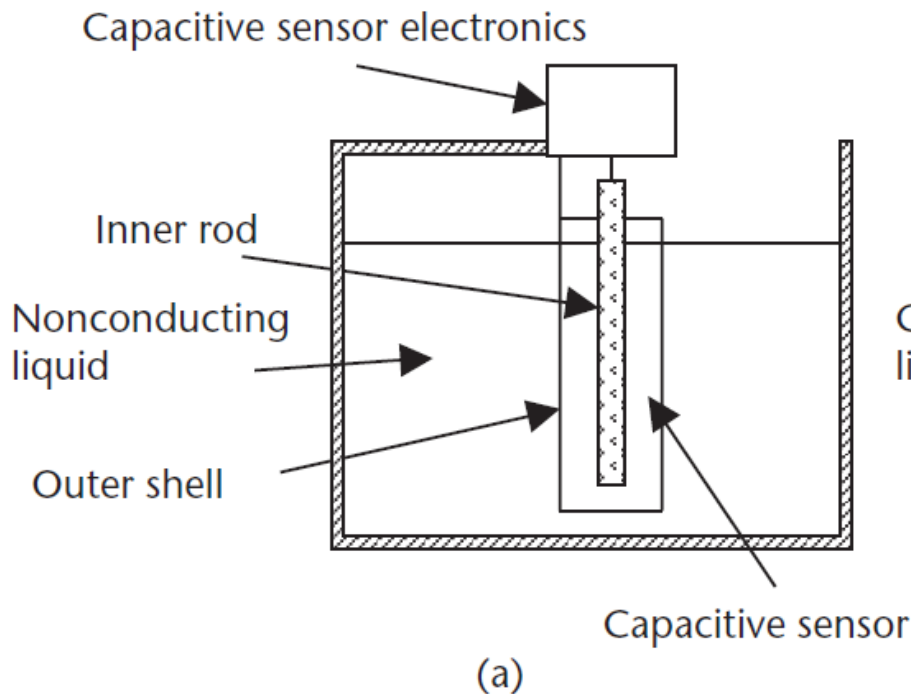
## 5.6. CẢM BIẾN ĐO MỨC

### 5.6.6. Các phương pháp đo mức

#### b) Đo mức gián tiếp

##### Điền dung:

Ví dụ: Đầu dò điện dung với chiều dài 1,3m có điện dung trong không khí là 31pF. Khi một phần đầu dò chìm trong nước, điện dung của đầu dò là 0,97nF. Vậy phần đầu dò điện dung ngập trong nước dài bao nhiêu?



# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO MỨC

### 5.6.6. Các phương pháp đo mức

#### b) Đo mức gián tiếp

##### Điện trở bằng:

- Có thể đo được chất lỏng ăn mòn hoặc chất lỏng sệt; không đo các chất dễ bay hơi hay cháy nổ.
- Giá thành rẻ, chính xác.
- Độ chính xác phụ thuộc vào trọng lượng riêng của chất lưu

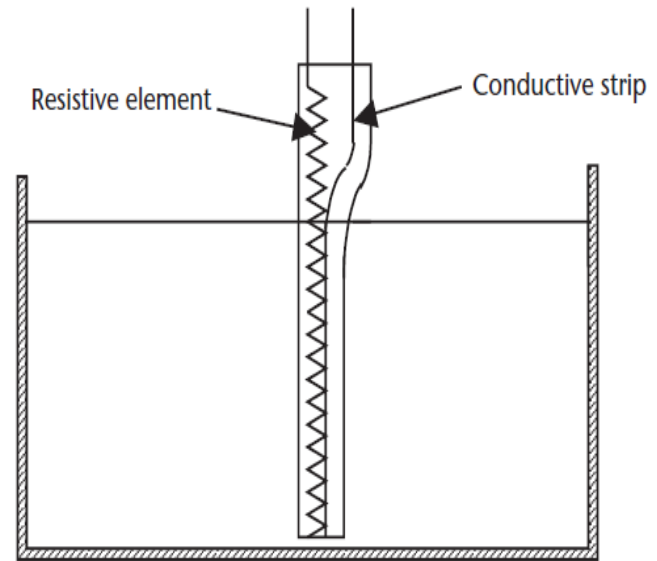
##### Tải trọng:

- Phương pháp này phù hợp nhất cho trường hợp giám sát mức liên tục.
- Hình dạng của bình chứa cần biết trước.
- Mức chất lỏng phụ thuộc vào trọng lượng riêng của chúng.
- Thể tích của chất lưu trong bình chứa:

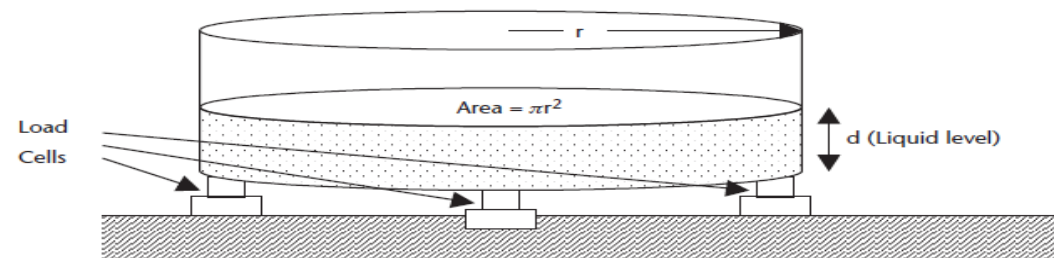
$$V = \text{area} \times \text{depth} = \pi r^2 \times d$$

- Trọng lượng:

$$W = \gamma V$$



*Đo mức bằng điện trở bằng*



*Đo mức bằng phương pháp đo trọng lực*

# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO MỨC

### 5.6.6. Các phương pháp đo mức

#### b) Đo mức gián tiếp

##### Tài trọng:

Ví dụ: Chiều sâu của mực chất lỏng ( $\gamma = 56\text{lb/ft}^3$ ) trong bình chứa là bao nhiêu? Cho biết: bình chứa có trọng lượng 33lb & đường kính 63in; tổng trọng lực cảm biến đo được là 746lb.

### 5.2.3. Giám sát đơn điểm

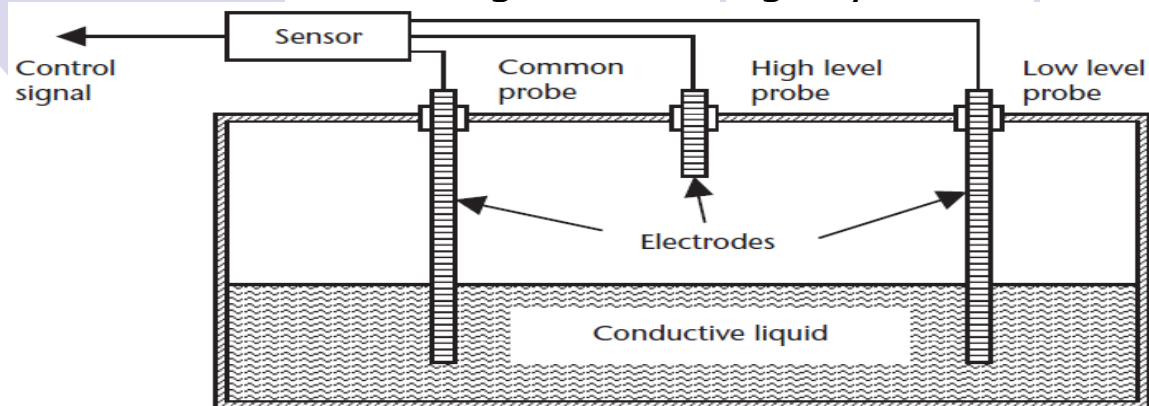
- Sử dụng đầu dò độ dẫn; đầu dò nhiệt; phương pháp tia

#### Đầu dò độ dẫn:

- Ứng dụng để giám sát mức đơn điểm cho các chất lỏng dẫn & không bay hơi.

- Vị trí các đầu dò được sử dụng để thiết lập các mức chất lỏng.

- Thường sử dụng nguồn điện AC hơn nguồn DC.



Các đầu dò để xác định mức đơn điểm cho các chất lỏng dẫn <sup>23</sup>

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO MỨC

### 5.6.6. Các phương pháp đo mức

#### c) Giám sát đơn điểm

##### Đầu dò nhiệt:

- Gồm một nguồn nhiệt được bố trí liền kề 01 cảm biến nhiệt.
- Khi chất lỏng dâng lên & tiếp xúc đầu dò thì nhiệt sẽ bị phân tán & cảm biến nhiệt cho thấy sự giảm nhiệt rõ rệt.
- Đầu dò đơn giản, giá thành rẻ, độ tin cậy cao phù hợp với giám sát mức đơn điểm.

##### Phương pháp sử dụng nguồn tia:

- Thường sử dụng trong các bình chứa áp lực; chất lỏng ăn mòn hoặc môi trường nhiệt độ cao.
- Các nguồn tia thường sử dụng: ánh sáng; nguồn âm; siêu âm; bức xạ.
- Giá thành rẻ, lắp đặt dễ dàng nhưng dễ bị ảnh hưởng bởi môi trường.
- Các thùng chứa có áp suất nên sử dụng cảm biến sử dụng phương pháp này.



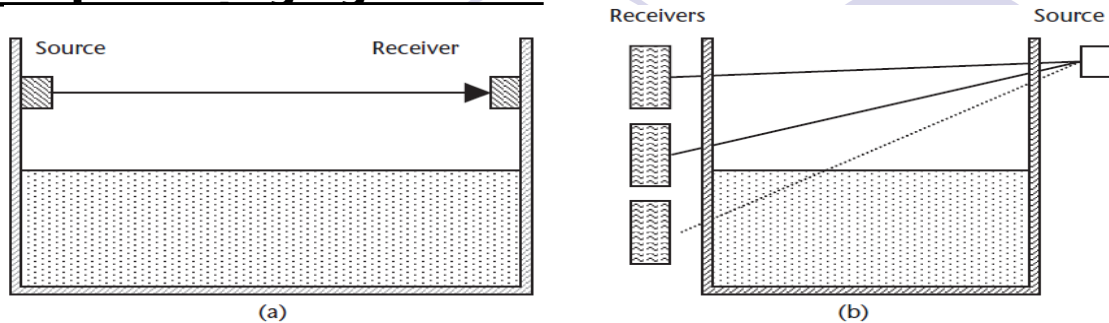
# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO MỨC

### 5.6.6. Các phương pháp đo mức

#### c) Giám sát đơn điểm

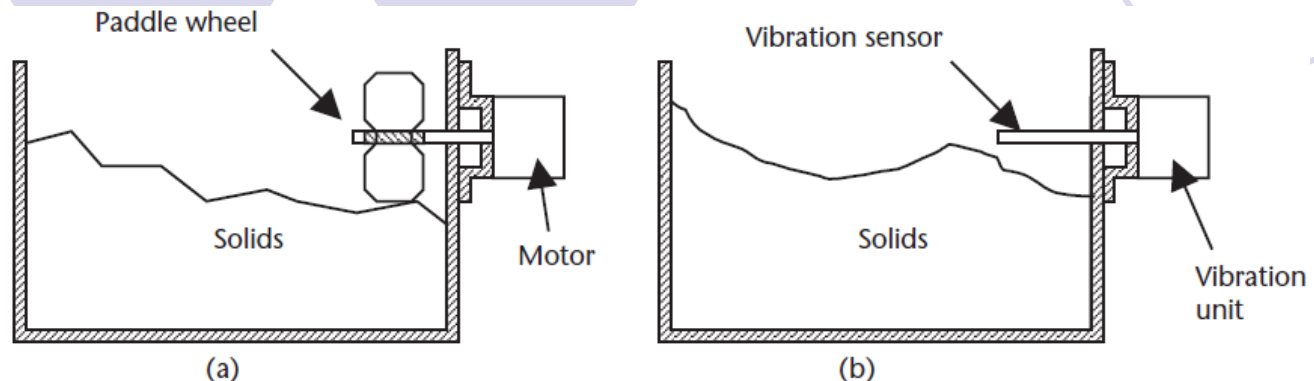
#### Phương pháp sử dụng nguồn tia:



*Đo mức chất lỏng sử dụng nguồn tia (a) Đơn điểm; (b) Đa điểm*

#### d) Giám sát mức vật liệu rời

- Xác định mức cho các vật liệu rắn dạng rời: bột, hạt, ...
- Có hai kiểu: sử dụng động cơ gắn cánh quạt dạng mái chèo; sử dụng nguồn dao động rung.



*Đo mức vật liệu rời (a) Cánh quạt dạng mái chèo; (b) Nguồn dao động*

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO MỨC

### 5.6.7. Ứng dụng đo mức

- Các yếu tố cần xem xét khi lựa chọn loại cảm biến đo mức: áp suất; nhiệt độ; độ đồng đều của chất lỏng; khả năng bay hơi; độ ăn mòn; độ chính xác yêu cầu; đo đơn điểm hay liên tục; đo trực tiếp hay gián tiếp; thành phần rắn trong chất lỏng; loại vật liệu rời; v.v..
- Nhiệt độ là thông số quan trọng khi chọn cảm biến do nhiệt độ ảnh hưởng đến trọng lượng riêng, hằng số điện môi. Vì vậy, một số loại cảm biến cần bù nhiệt độ khi đọc (hoặc hiệu chỉnh) là điện dung, áp suất, sử dụng vật đo trung gian, sử dụng đo tải, siêu âm.

#### **Vật đo trung gian:**

- Trọng lượng riêng của vật đo phải lớn hơn chất lỏng.
- Trọng lượng riêng của chất lỏng là hằng trong quá trình đo.
- Chất lỏng không ăn mòn vật đo.
- Nhiệt độ của chất lỏng cần được giám sát trong khi đo nhằm hiệu chỉnh giá trị trọng lượng riêng.
- Có khả năng đo tới độ sâu 3m, với độ chính xác  $\pm 0,5\text{cm}$ .

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO MỨC

### 5.6.7. Ứng dụng đo mức

#### Điện dung:

- Theo dõi thường xuyên hằng số điện môi của chất lỏng cần được theo dõi thường xuyên.
- Phương pháp điện dung có thể đo mức của thùng chứa chịu áp tới 30MPa, nhiệt độ tới 1000°C.
- Có thể đo tới độ sâu 6m, độ chính xác  $\pm 1\%$

#### Áp suất:

- Lựa chọn phương pháp đo áp suất để theo dõi mức chất lỏng cần lưu ý các vấn đề sau:
  - + Sự có mặt của các hạt chất rắn trong chất lỏng.
  - + Nhiệt độ của chất lỏng.
  - + Áp suất lớn nhất.
  - + Khoảng cách giữa thùng chứa và bộ phận đo áp suất.
  - + Sử dụng van khóa khi hiệu chỉnh đồng hồ áp suất.
- Đo được mức chất lỏng của các bình chứa có áp suất tới 30MPa, nhiệt độ tới 600°C, với độ chính xác  $\pm 1\%$
- Độ sâu chất lỏng phụ thuộc trọng lượng riêng & giá trị của đồng hồ đo áp suất.

# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.6. CẢM BIẾN ĐO MỨC

### 5.6.7. Ứng dụng đo mức

Bảng các thông số của các loại phương pháp đo mức

Level Measuring Devices

Type	Continuous/ Point	Liquid/ Solid	Temperature Range	Pressure Range, psi	Accuracy	Measuring Range, ft
Sight glass	P,C	L	260°C	6,000	±0.25 in	4
Differential pressure	P,C	L	650°C	6,000	±0.5%	Depends on cell
Pulley float	P,C	L	150°C	300	±0.12 in	60
Displacer	P,C	L	260°C	300	±0.25%	10
Bubbler	P,C	L	Dew point	1 atm	±1.0%	Unlimited
Capacitive	P,C	L,S	-30° to +980°C	5,000	±1.0%	20
Resistive	P	L	-30° to +80°C	3,000	±0.12 in	100
Sonic	P,C	L,S	-40° to +150°C	100	±1.0%	3-150
Ultrasonic	P,C	L,S	-25° to +60°C	300	±1.0%	3-12
Radiation	P,C	L,S	60°C	Unlimited	±1.0%	15
Paddle	P	S	175°C	30	±1.0 in	

# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.7 BỘ CHUYỂN ĐỔI ANALOG → DIGITAL

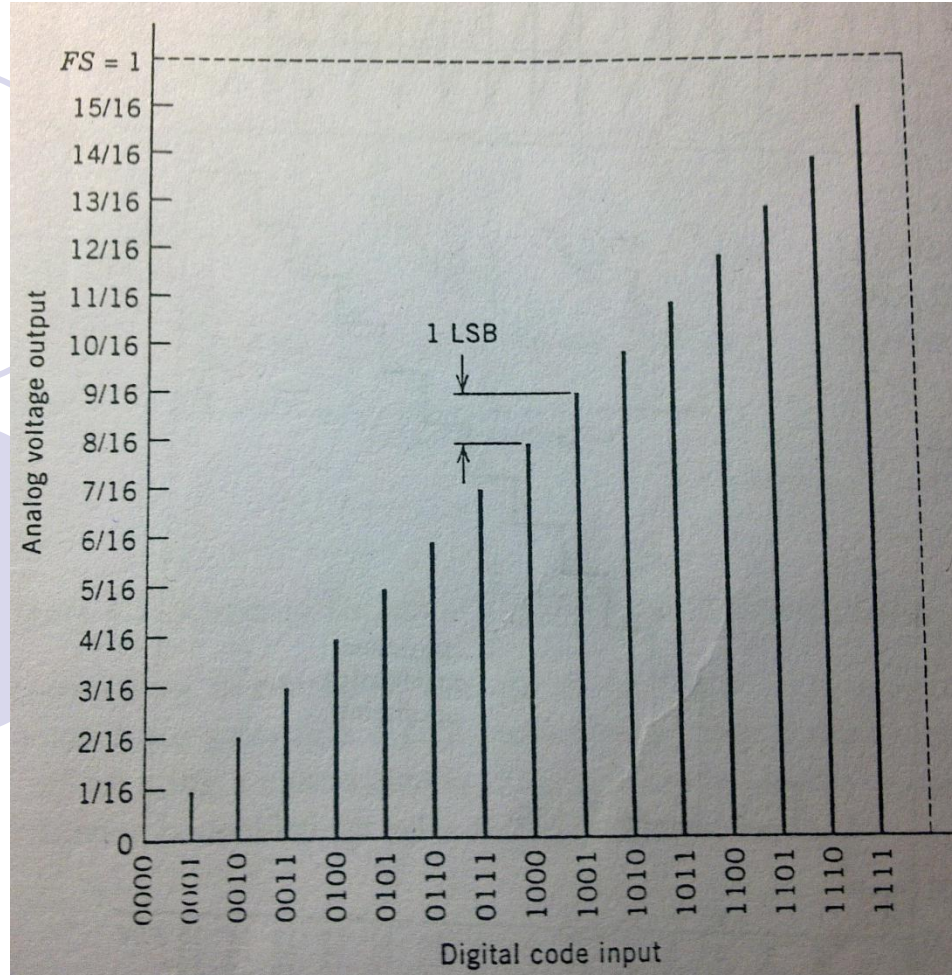
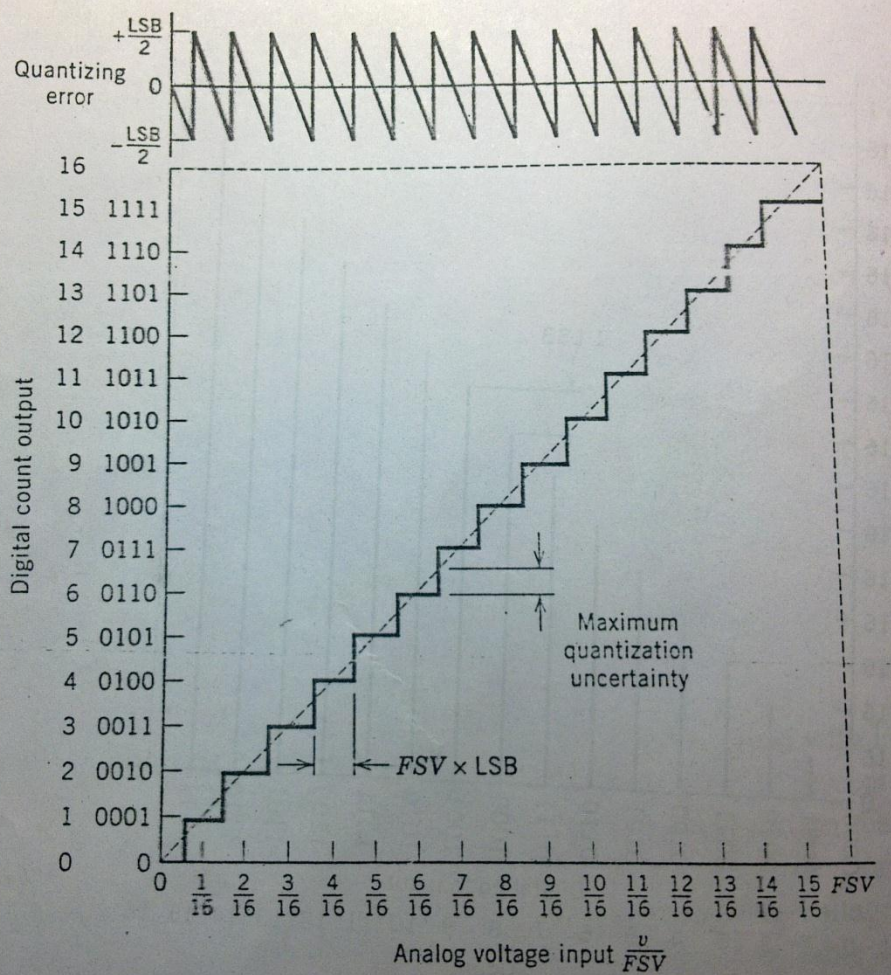
Table 4.1 Equivalent Count for a 4-Bit Binary Code

MSB <sup>a</sup>	Bit 2	Bit 3	LSB <sup>a</sup>	MSB	+	Bit 2	+	Bit 3	+	LSB	=	Count
0	0	0	0	0	+	0	+	0	+	0	=	0
0	0	0	1	0	+	0	+	0	+	2 <sup>0</sup>	=	1
0	0	1	0	0	+	0	+	2 <sup>1</sup>	+	0	=	2
0	0	1	1	0	+	0	+	2 <sup>1</sup>	+	2 <sup>0</sup>	=	3
0	1	0	0	0	+	2 <sup>2</sup>	+	0	+	0	=	4
0	1	0	1	0	+	2 <sup>2</sup>	+	0	+	2 <sup>0</sup>	=	5
0	1	1	0	0	+	2 <sup>2</sup>	+	2 <sup>1</sup>	+	0	=	6
0	1	1	1	0	+	2 <sup>2</sup>	+	2 <sup>1</sup>	+	2 <sup>0</sup>	=	7
1	0	0	0	2 <sup>3</sup>	+	0	+	0	+	0	=	8
1	0	0	1	2 <sup>3</sup>	+	0	+	0	+	2 <sup>0</sup>	=	9
1	0	1	0	2 <sup>3</sup>	+	0	+	2 <sup>1</sup>	+	0	=	10
1	0	1	1	2 <sup>3</sup>	+	0	+	2 <sup>1</sup>	+	2 <sup>0</sup>	=	11
1	1	0	0	2 <sup>3</sup>	+	2 <sup>2</sup>	+	0	+	0	=	12
1	1	0	1	2 <sup>3</sup>	+	2 <sup>2</sup>	+	0	+	2 <sup>0</sup>	=	13
1	1	1	0	2 <sup>3</sup>	+	2 <sup>2</sup>	+	2 <sup>1</sup>	+	0	=	14
1	1	1	1	2 <sup>3</sup>	+	2 <sup>2</sup>	+	2 <sup>1</sup>	+	2 <sup>0</sup>	=	15

<sup>a</sup>Where MSB and LSB are the most and least significant bits, respectively.

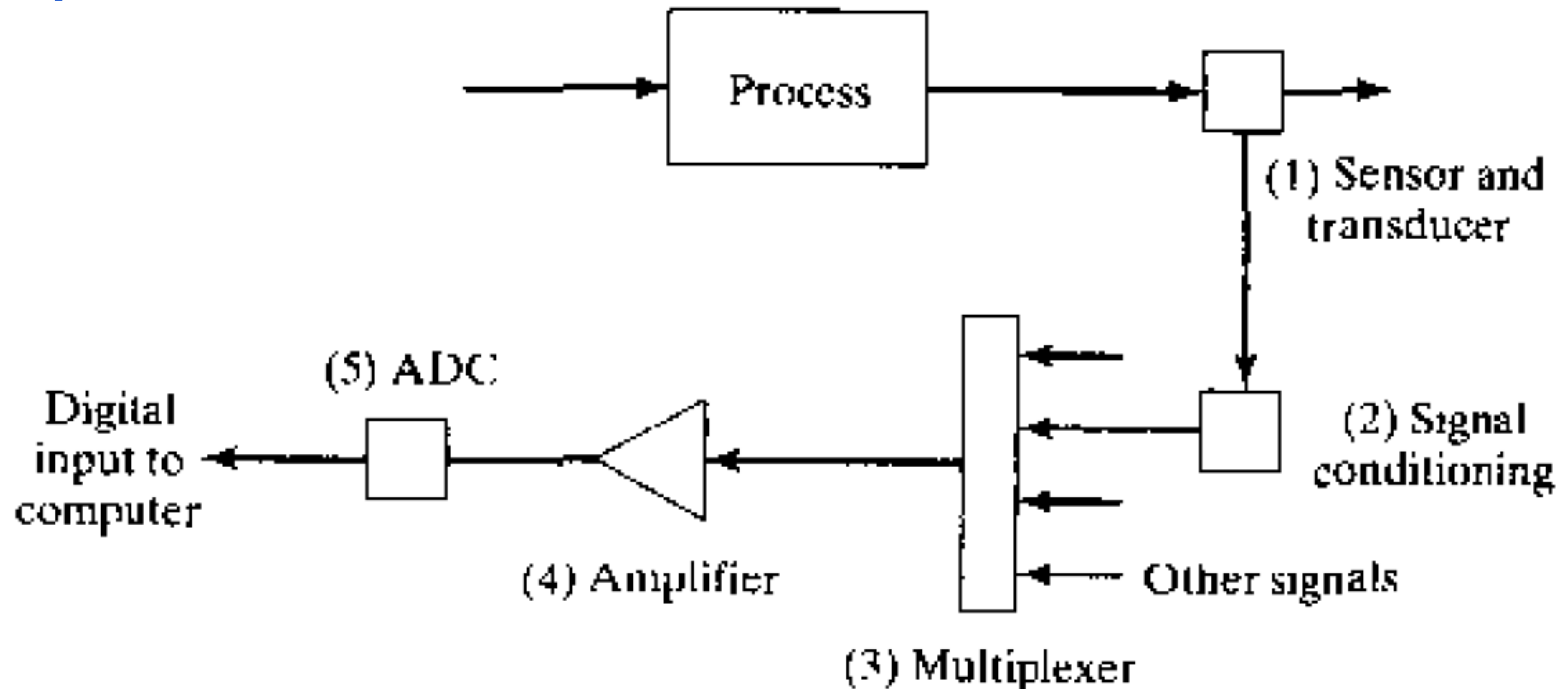
# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.7 BỘ CHUYỂN ĐỔI ANALOG → DIGITAL



# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.7. BỘ CHUYỂN ĐỔI ANALOG → DIGITAL



(1) **Sensor and transducer:** bộ phận đo, cảm nhận tín hiệu vật lý

(2) **Signal conditioning:**

- Lọc tín hiệu, loại bỏ nhiễu ảnh hưởng đến tín hiệu thu nhận được
- Chuyển tín hiệu tồn tại ở dạng này qua dạng khác

(3) **Multiplexer:** bộ phân kênh

(4) **Amplifier:** bộ đệm nhằm điều chỉnh dải tín hiệu phù hợp với tầm hoạt động của bộ ADC

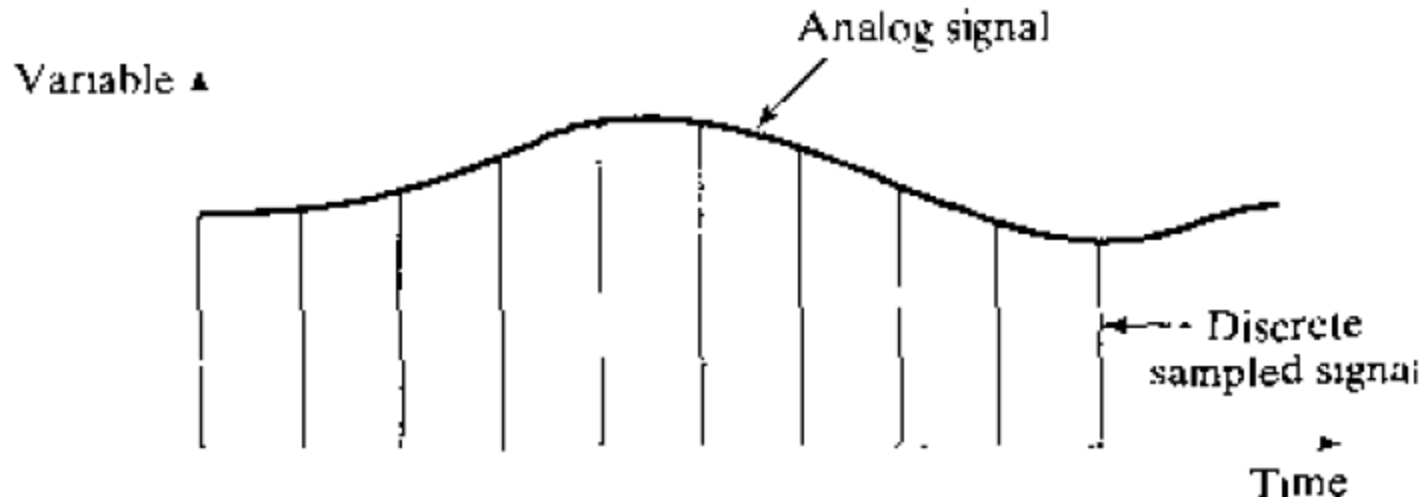
(5) **Analog to Digital Converter:** Bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự (analog)<sup>31</sup> --->

tín hiệu số (digital)

## 5.7 BỘ CHUYỂN ĐỔI ANALOG → DIGITAL

Bộ chuyển đổi AD có 03 giai đoạn:

- **Sampling:** lấy mẫu theo chu kỳ nhằm chuyển tín hiệu liên tục thành một loạt tín hiệu analog rời rạc
- **Quantization:** lượng hóa tín hiệu tương tự bằng cách gán cho mỗi tín hiệu analog một số xác định nằm trong các vùng có mức độ lớn được quy định trước.
- **Encoding:** từ các mức độ lớn rời rạc thu nhận được trong quá trình lượng hóa tín hiệu sẽ được mã hóa thành các số nhị phân.





### 5.7 BỘ CHUYỂN ĐỔI ANALOG → DIGITAL

Khi lựa chọn bộ chuyển đổi AD, cần quan tâm đến các thông số sau: (1) sampling rate; (2) conversion time; (3) resolution; (4) conversion method

**(1) Sampling rate:** là tốc độ lấy mẫu tín hiệu analog liên tục; nếu tốc độ lấy mẫu càng cao thì dạng của đường tín hiệu tương tự liên tục càng đúng.

**(2) Conversion time:** tốc độ lấy mẫu lớn nhất của bộ chuyển đổi AD bị giới hạn bởi thời gian chuyển đổi của nó. Thời gian chuyển của bộ chuyển đổi AD là khoảng thời gian tính từ lúc tín hiệu analog đưa vào tới lúc tín hiệu digital được xác định (bởi giai đoạn quantization & encoding). Thời gian chuyển đổi phụ thuộc vào: Số bit  $n$  của bộ ADC & loại chuyển đổi


**(3) Resolution:** là độ chính xác của ADC. Độ chính xác được xác định dựa vào số lượng mức lượng hóa hay số bit của ADC. Ta có mối quan hệ giữa **số lượng mức lượng hóa** & số bit của ADC:  $N_q = 2^n$ .

Độ phân giải được xác định dựa vào công thức sau:

$$R_{ADC} = \frac{\text{range}}{N_q - 1} = \frac{\text{range}}{2^n - 1}$$

## 5.7 BỘ CHUYỂN ĐỔI ANALOG → DIGITAL

Quantization error: *sai số*

$$\text{Quantization error} = \pm \frac{1}{2} \cdot R_{\text{ADC}}$$


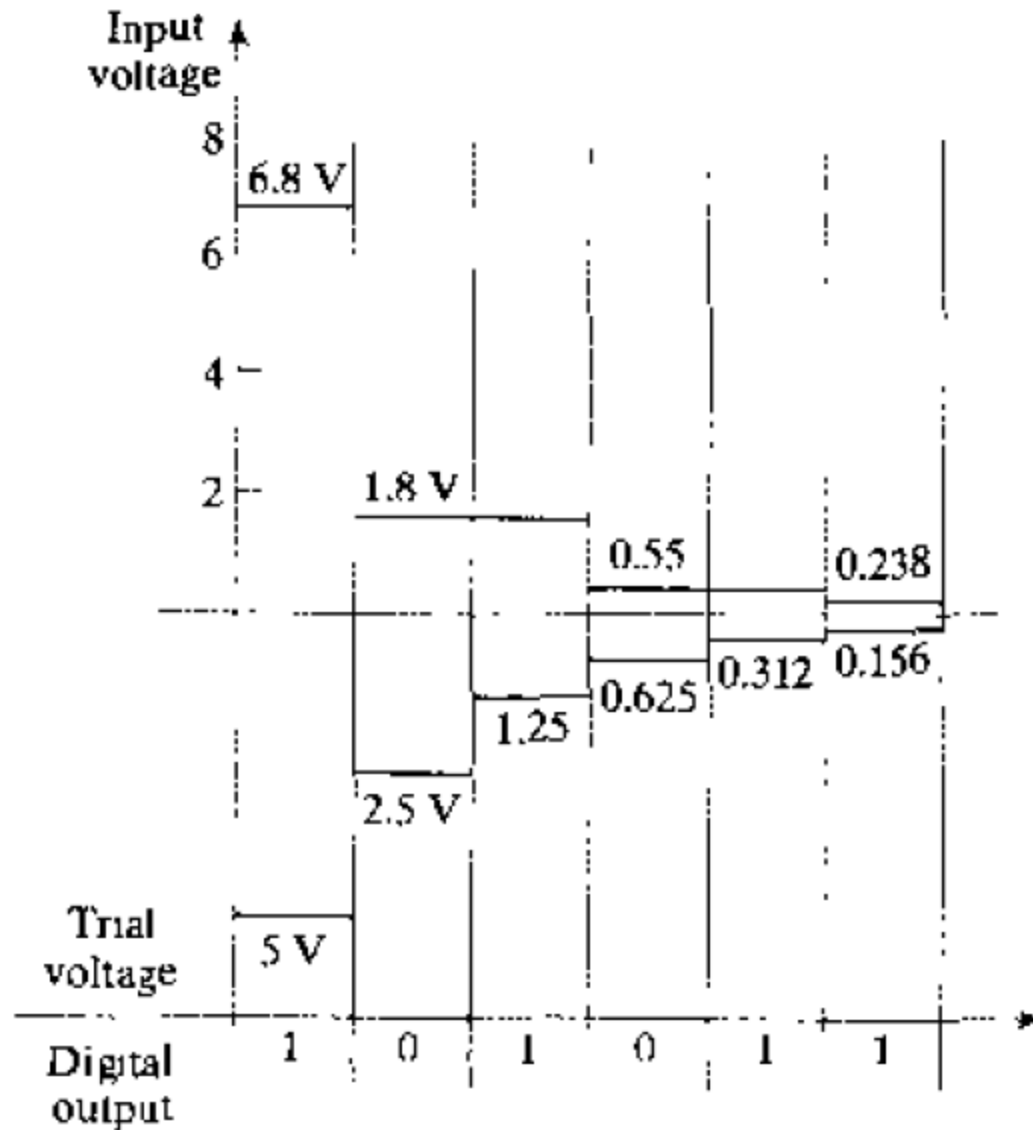
**Ví dụ:**

Suppose the input signal is 6.8 V. Use the successive approximation method to encode the signal for a 6-bit register for an ADC with a full-scale range of 10 V.

***Solution:*** The encoding procedure for the input of 6.8 V is illustrated in Figure 5.3. In the first trial, 6.8 V is compared with 5.0 V. Since  $6.8 > 5.0$ , the first bit value is 1. Comparing the remainder  $(6.8 - 5.0) = 1.8$  V with the second trial voltage of 2.5 V yields a 0, since  $1.8 < 2.5$ . The third trial voltage = 1.25 V. Since  $1.8 > 1.25$ , the third bit value is 1. The rest of the 6 bits are evaluated in the figure to yield an encoded value = 6.718 V.

# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.7 BỘ CHUYỂN ĐỔI ANALOG → DIGITAL

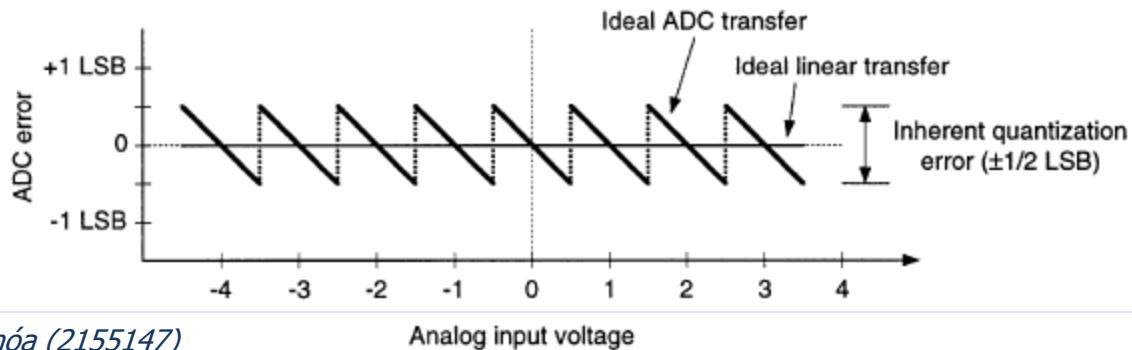
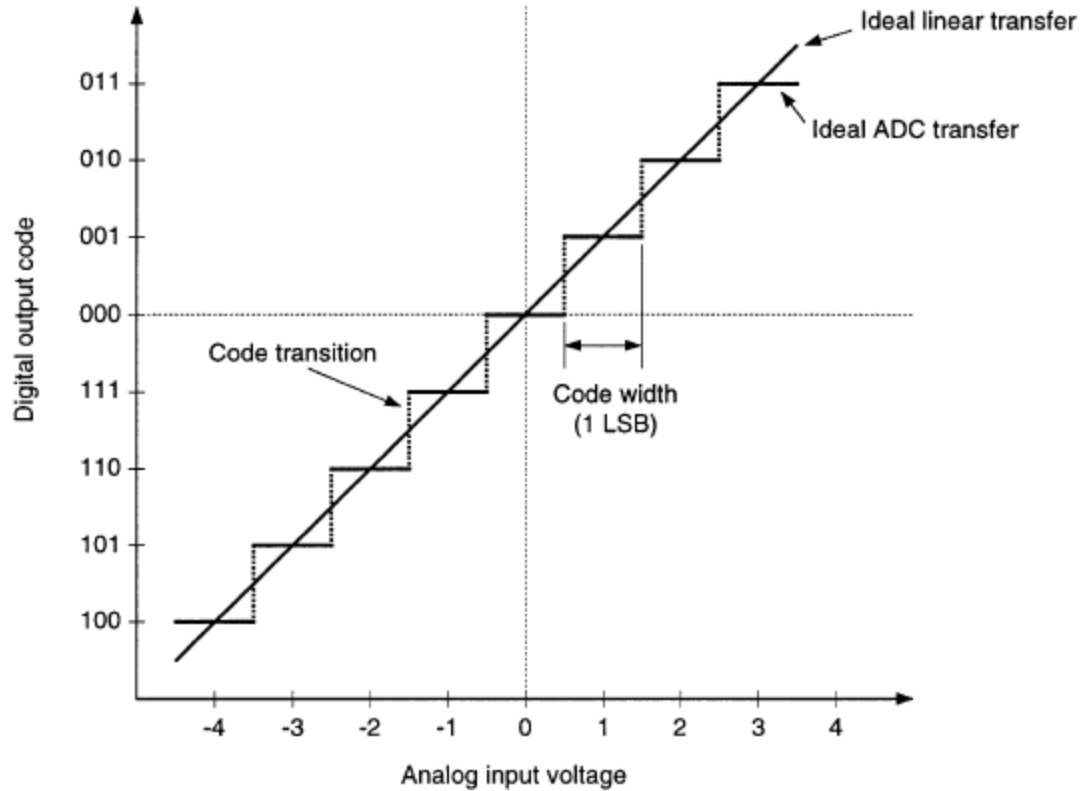


For six digit precision,  
the resulting binary  
digital value is 101011,  
which is interrupted as:

$$\begin{array}{r} 1 \times 5.0 \text{ V} \\ 0 \times 2.5 \text{ V} \\ 1 \times 1.25 \text{ V} \\ 0 \times 0.625 \text{ V} \\ 1 \times 0.312 \text{ V} \\ 1 \times 0.156 \text{ V} \\ \hline \text{Total} = 6.718 \text{ V} \end{array}$$

# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

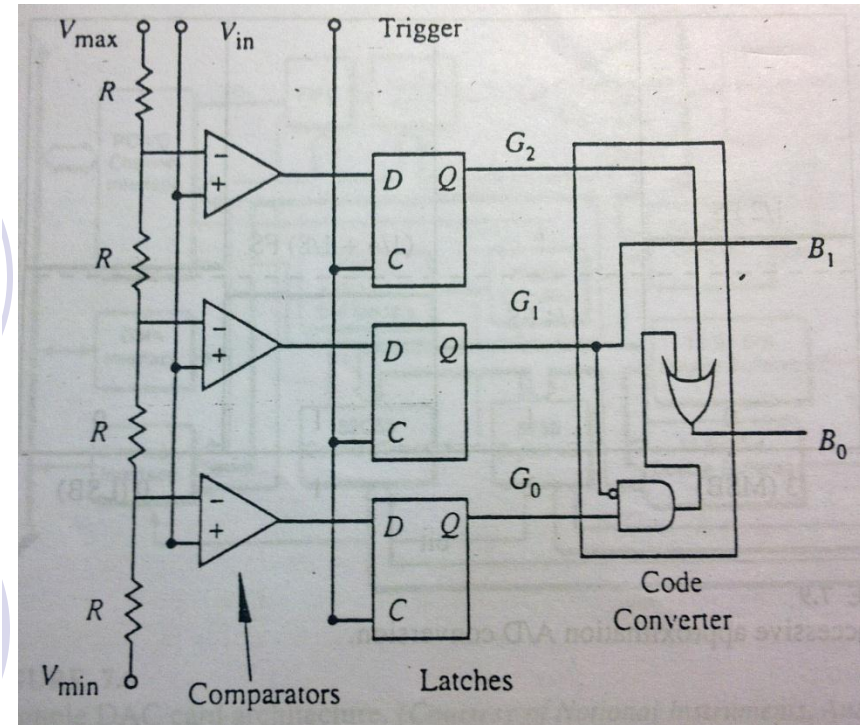
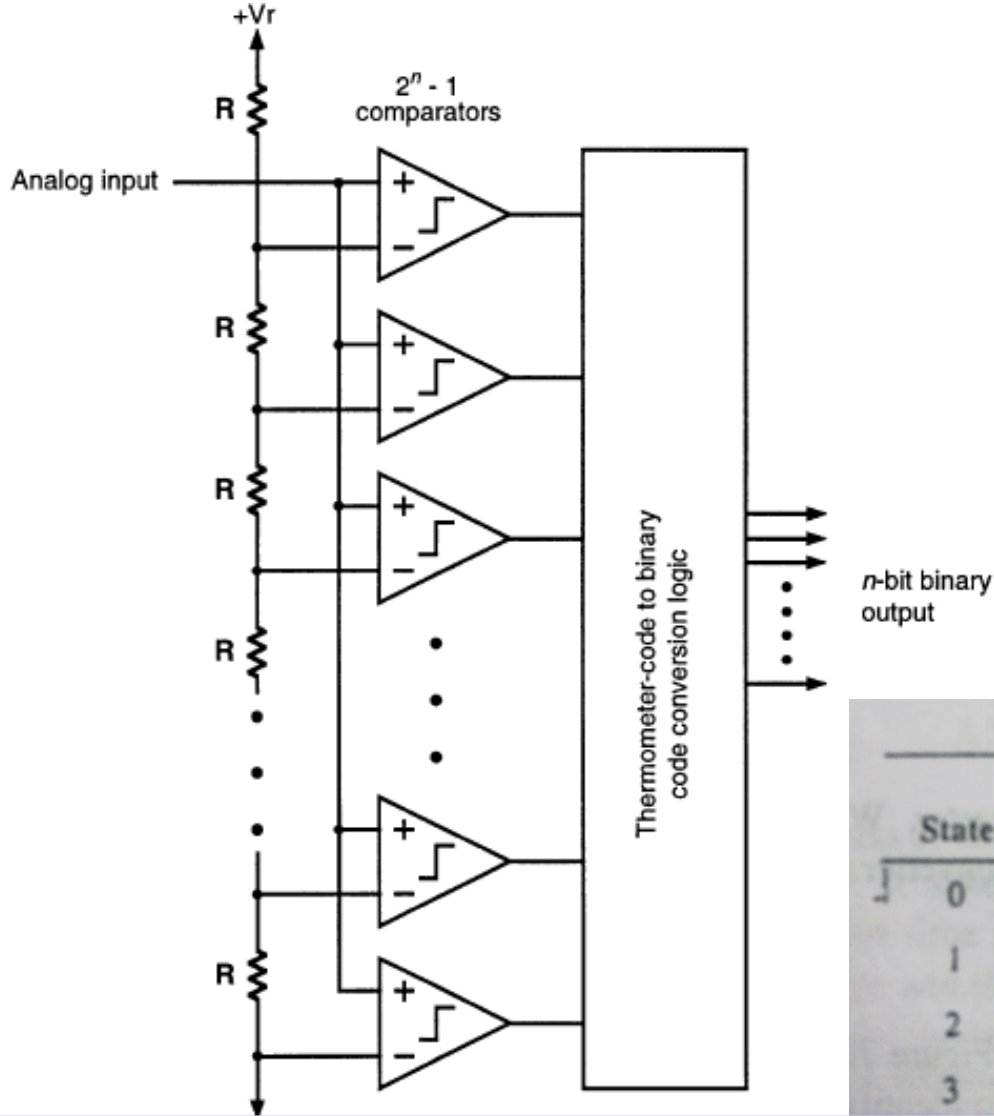
## 5.7 BỘ CHUYỂN ĐỔI ANALOG → DIGITAL



# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.7 BỘ CHUYỂN ĐỔI ANALOG → DIGITAL

Phương pháp chuyển đổi AD khác:



2-Bit flash converter output

State	Code ( $G_2G_1G_0$ )	Binary ( $B_1B_0$ )	Voltage range
0	000	00	0-1
1	001	01	1-2
2	011	10	2-3
3	111	11	3-4

# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.8 BỘ CHUYỂN ĐỔI DIGITAL → ANALOG

Chuyển Digital --> Analog gồm 02 giai đoạn: (1) decoding; (2) data holding

### (1) decoding

$$E_0 = E_{ref} \{ 0,5 \cdot B_1 + 0,25 \cdot B_2 + 0,125 \cdot B_3 + \dots + (2^n)^{-1} \cdot B_n \}$$

$E_0$  : điện áp ra của bước giải mã (V)

$E_{ref}$  : điện áp tham chiếu (V)

$B_1, B_2, \dots, B_n$  : trạng thái của từng bit trên thanh ghi

$n$  : số bit của thanh ghi

### (2) data holding

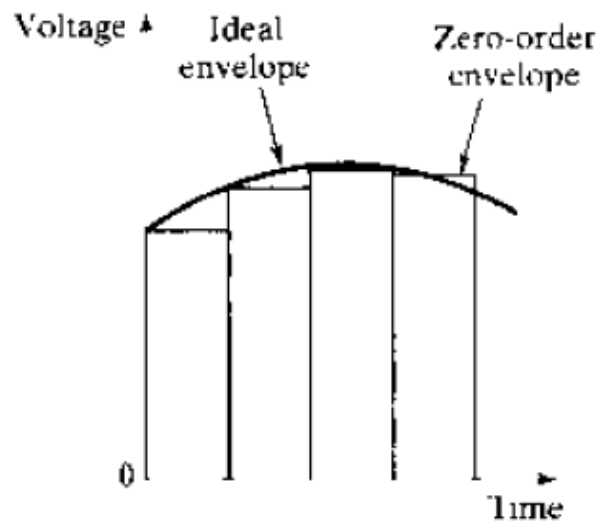
(a) zero-order hold

$$E(t) = E_0$$

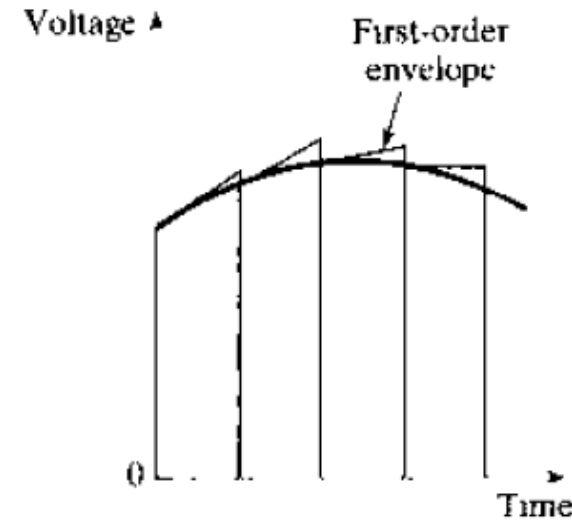
(b) first-order hold

$$E(t) = E_0 + \alpha \cdot \tau$$

$$\alpha = \frac{E_0 - E_0(-\tau)}{\tau}$$



(a)



(b)

Data holding step using (a) zero-order hold and (b) first-order hold

## 5.8 BỘ CHUYỂN ĐỔI DIGITAL → ANALOG

### EXAMPLE 5.2 Zero-Order and First-Order Data Hold for Digital-to-Analog Converter

A digital-to-analog converter uses a reference voltage of 100 V and has 6-bit precision. In three successive sampling instants, 0.5 sec apart, the data contained in the binary register are the following:

<i>Instant</i>	<i>Binary Data</i>
1	101000
2	101010
3	101101

Determine: (a) the decoder output values for the three sampling instants and the voltage signals between instants 2 and 3 for (b) a zero-order hold and (c) a first-order hold.

### 5.8 BỘ CHUYỂN ĐỔI DIGITAL → ANALOG

**Solution:** (a) The decoder output values for the three sampling instants are computed according to Eq. (5.4) as follows:

$$\begin{aligned}\text{Instant 1, } E_o &= 100\{0.5(1) + 0.25(0) + 0.125(1) + 0.0625(0) + 0.03125(0) + 0.015625(0)\} \\ &= 62.50 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Instant 2, } E_o &= 100\{0.5(1) + 0.25(0) + 0.125(1) + 0.0625(0) + 0.03125(1) + 0.015625(0)\} \\ &= 65.63 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Instant 3, } E_o &= 100\{0.5(1) + 0.25(0) + 0.125(1) + 0.0625(1) + 0.03125(0) + 0.015625(1)\} \\ &= 70.31 \text{ V}\end{aligned}$$

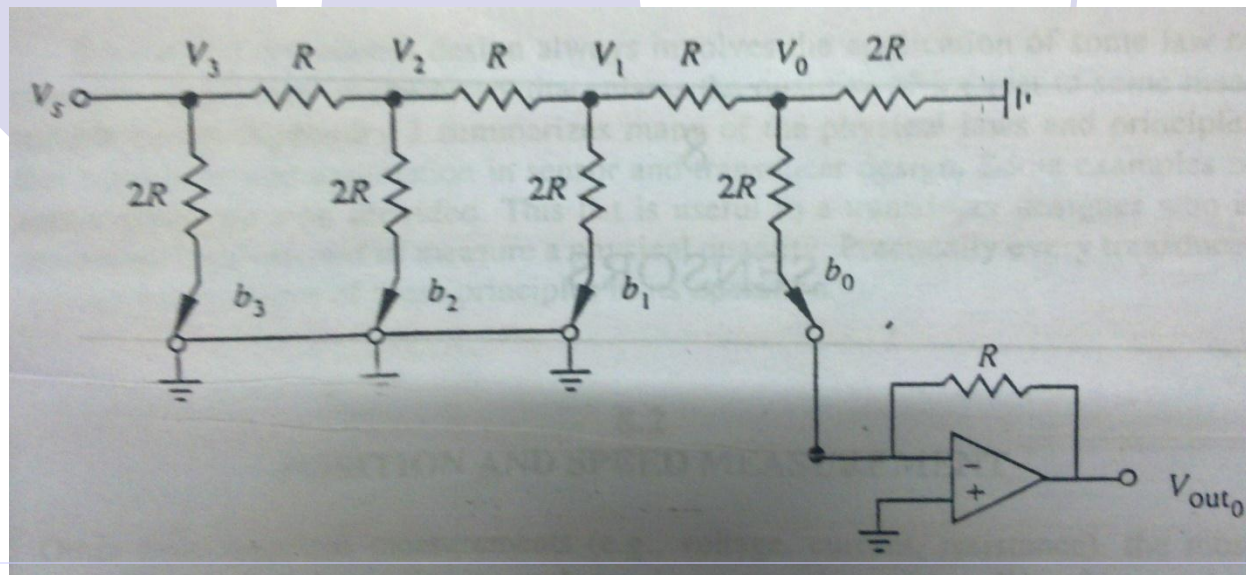
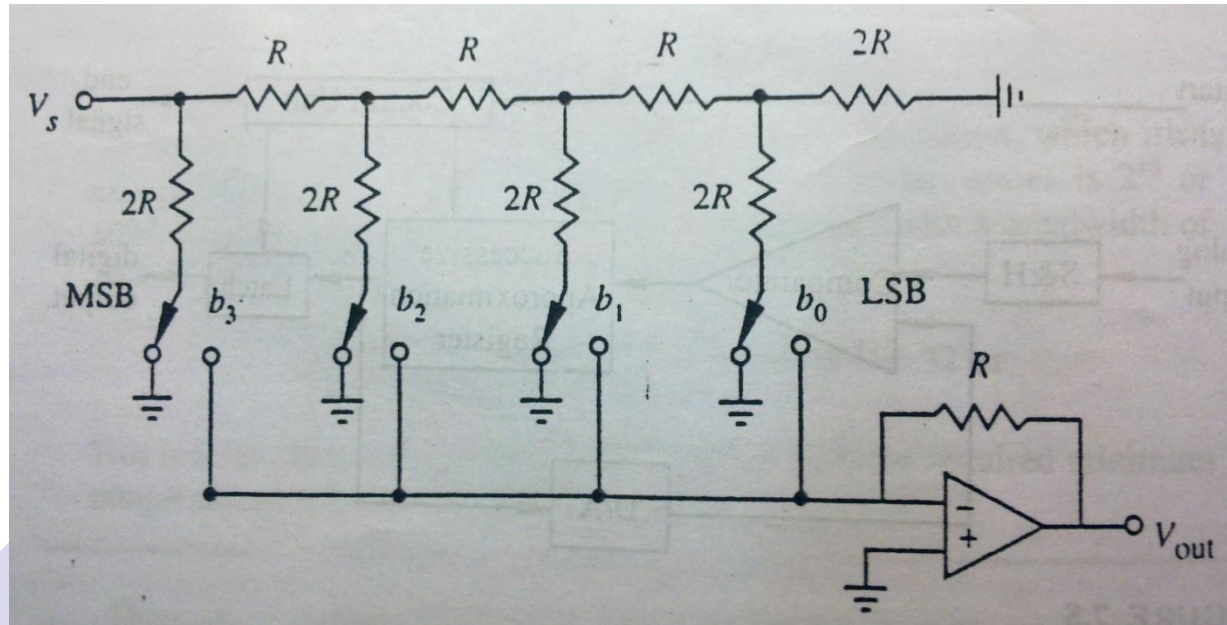
(b) The zero-order hold between sampling instants 2 and 3 yields a constant voltage  $E(t) = 65.63 \text{ V}$  according to Eq. (5.5).

(c) The first-order hold yields a steadily increasing voltage. The slope  $\alpha$  is given by Eq. (5.7):



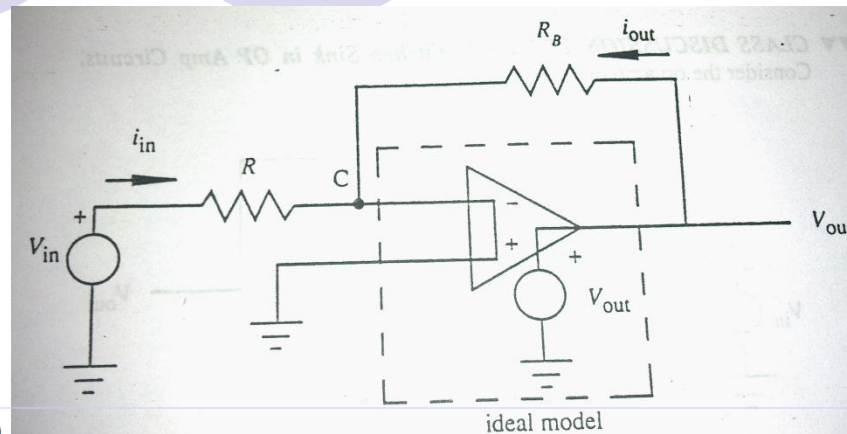
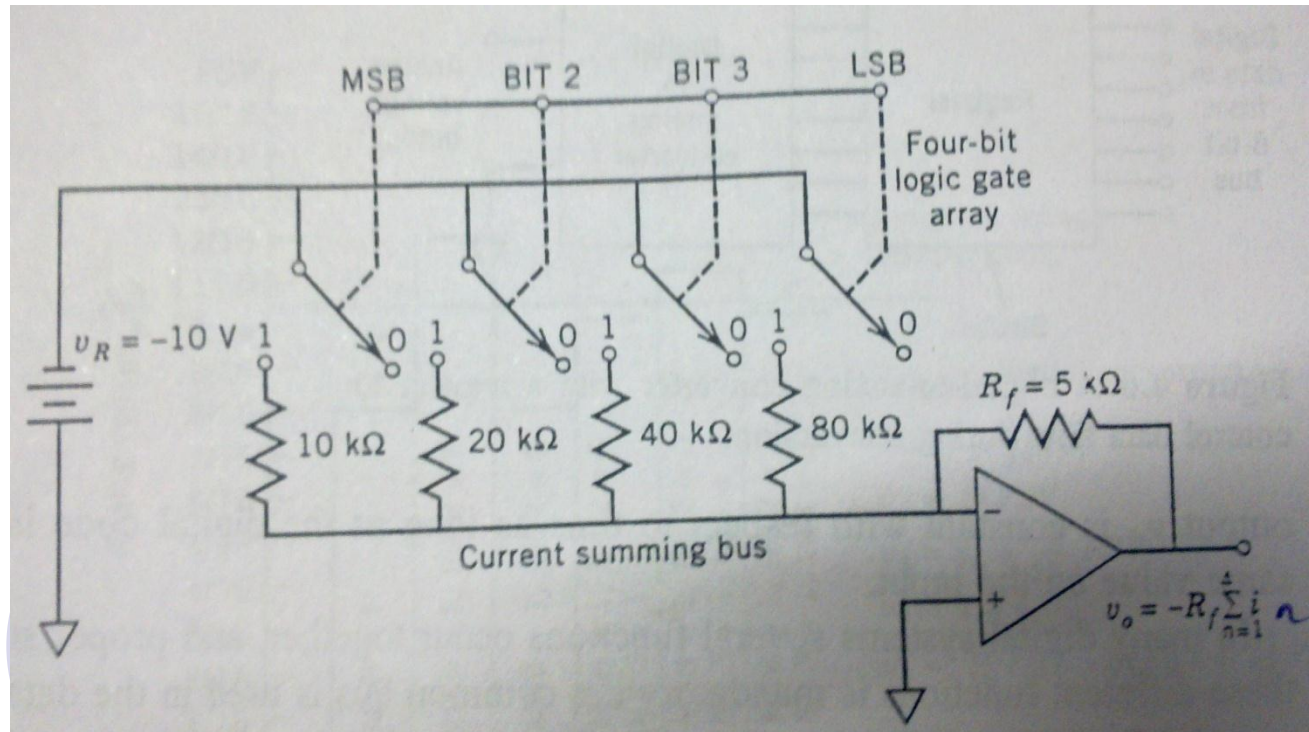
# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.8 BỘ CHUYỂN ĐỔI DIGITAL → ANALOG



# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

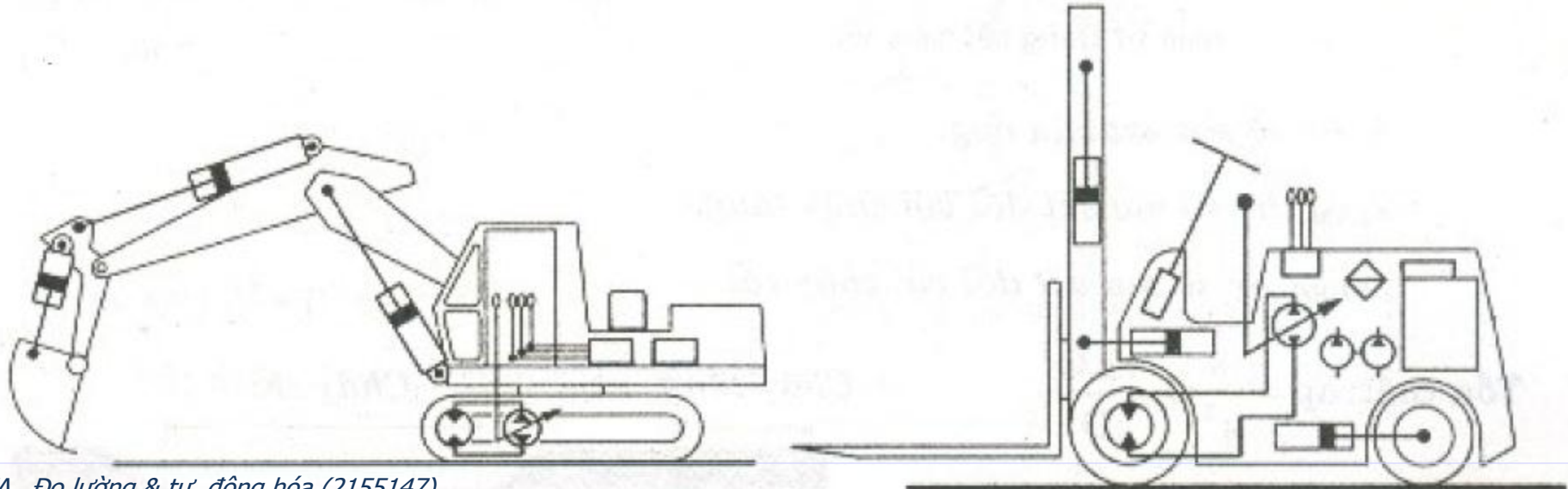
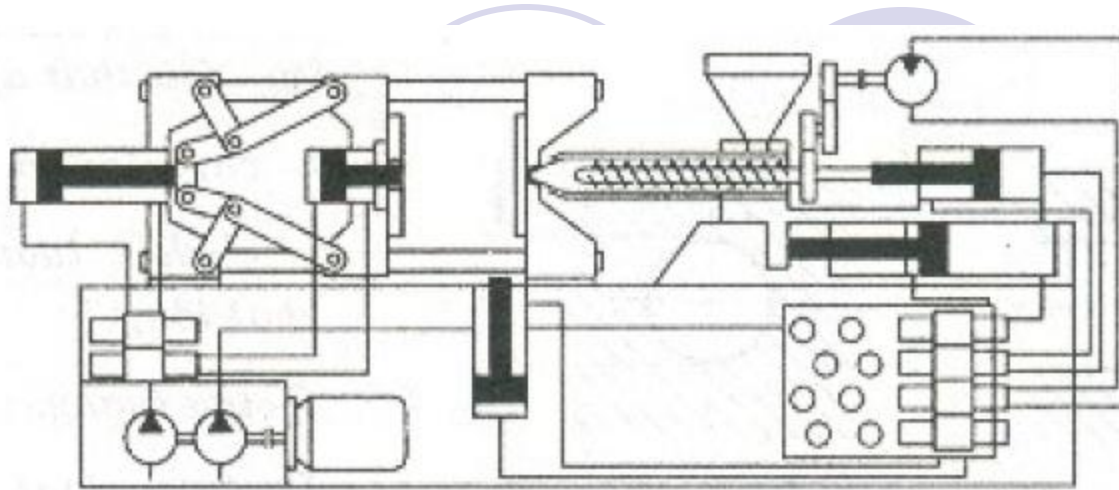
## 5.8 BỘ CHUYỂN ĐỔI DIGITAL → ANALOG



# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.9 BỘ PHẬN CHẤP HÀNH (ACTUATORS)

### 5.9.1. Hệ thống thủy lực

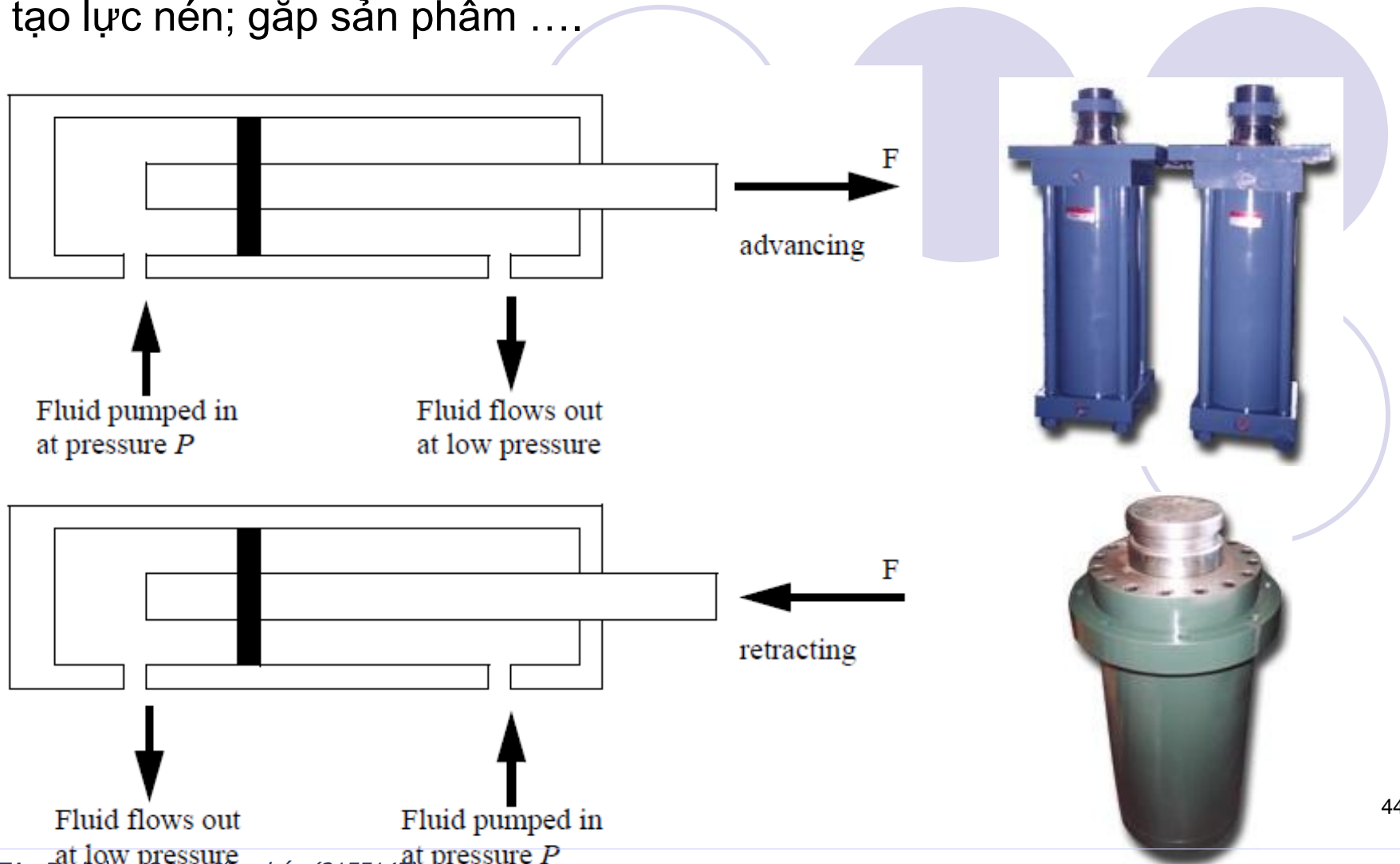


# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.9 CƠ CẤU CHẤP HÀNH (ACTUATORS)

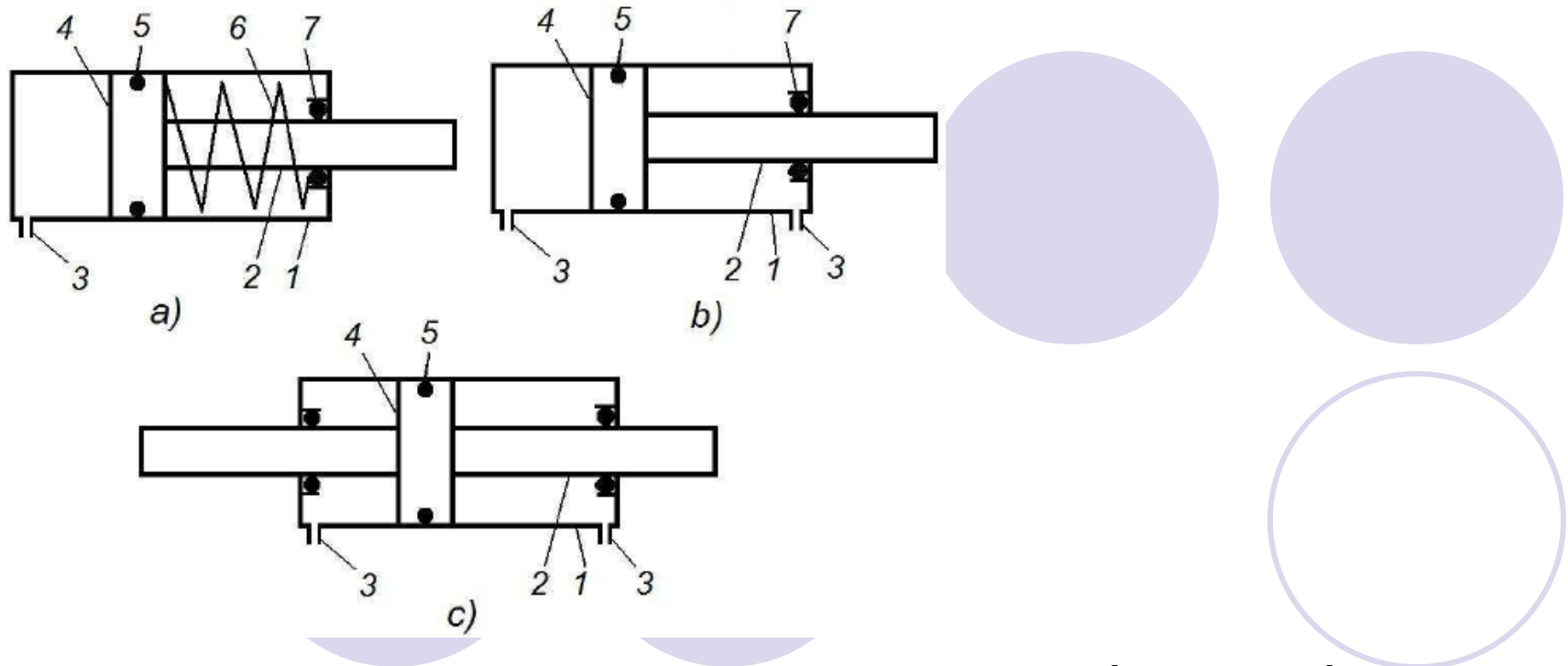
### 5.9.2. Xylanh (Cylinders)

Có nhiều loại xylanh sử dụng trong nhiều ứng dụng khác nhau: truyền động; tạo lực nén; gấp sản phẩm ....



## 5.9 CƠ CẤU CHẤP HÀNH (ACTUATORS)

### 5.9.2. Xylanh (Cylinders)



- (a) Xylanh hành trình đơn chỉ có một đường dẫn dầu vào buồng; hành trình trở về do lò xo hoặc tự trọng lượng của pittông thực hiện
- (b) Xylanh hành trình kép loại một dầu trực
- (c) Xylanh hành trình kép loại 02 dầu trực

Chú thích: 1) Xylanh; 2) Trục tác động; 3) Đường ống dẫn dầu; 4) Pittông; 5) & 7) Zoong bịt kín; 6) Lò xo

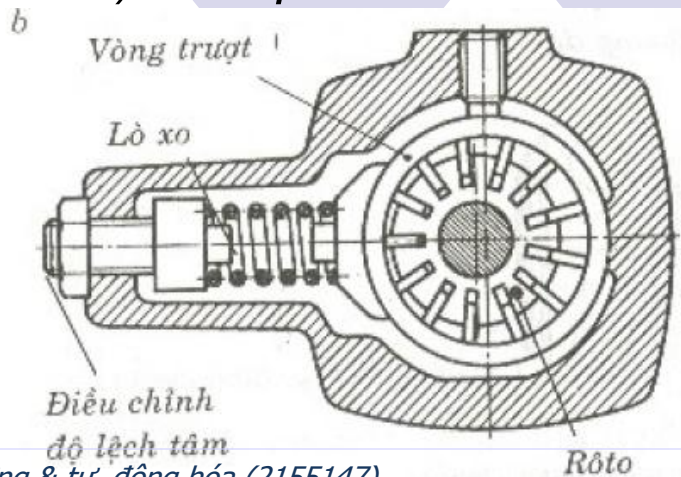
# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.9 CƠ CẤU CHẤP HÀNH (ACTUATORS)

### 5.9.3. Bơm thủy lực (pump)

Có nhiều loại bơm thủy lực khác nhau: bơm bánh răng; bơm pittong; ...

a) Bơm piston

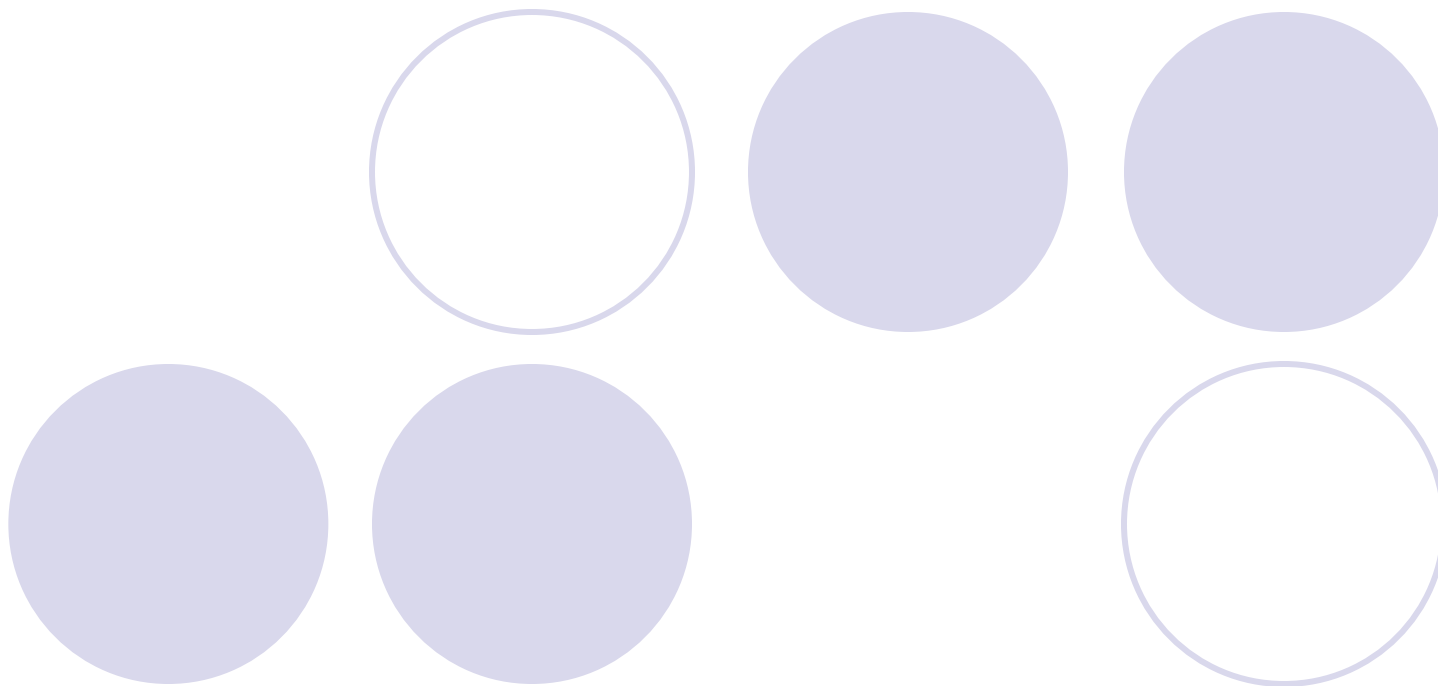


b) Bơm bánh răng

c) Bơm cánh gạt

## 5.9 CƠ CẤU CHẤP HÀNH (ACTUATORS)

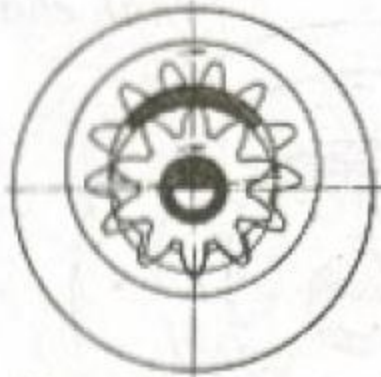
### 5.9.3. Bơm thủy lực (pump)



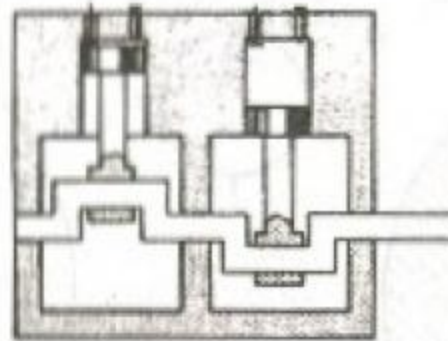
# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.9 CƠ CẤU CHẤP HÀNH (ACTUATORS)

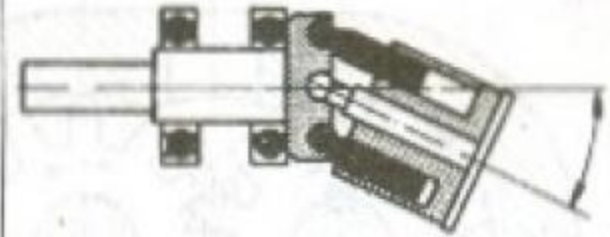
### 5.9.3. Bơm thủy lực (pump)



Bơm bánh răng ăn khớp trong



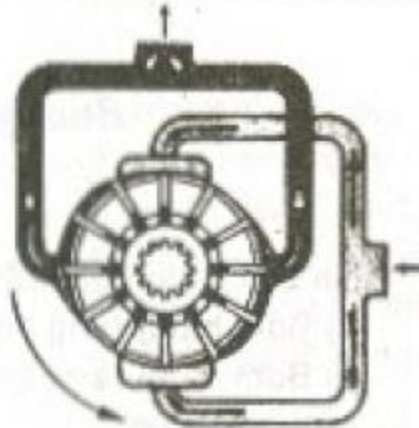
Bơm pittông dây



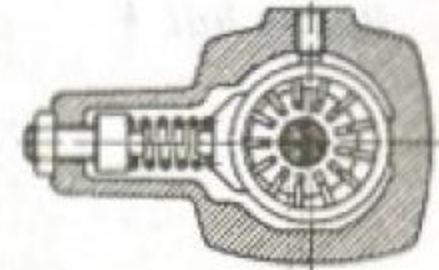
Bơm pittông hướng trục (truyền bằng khớp cầu)



Bơm rôto



Bơm cánh gạt kép



Bơm cánh gạt đơn

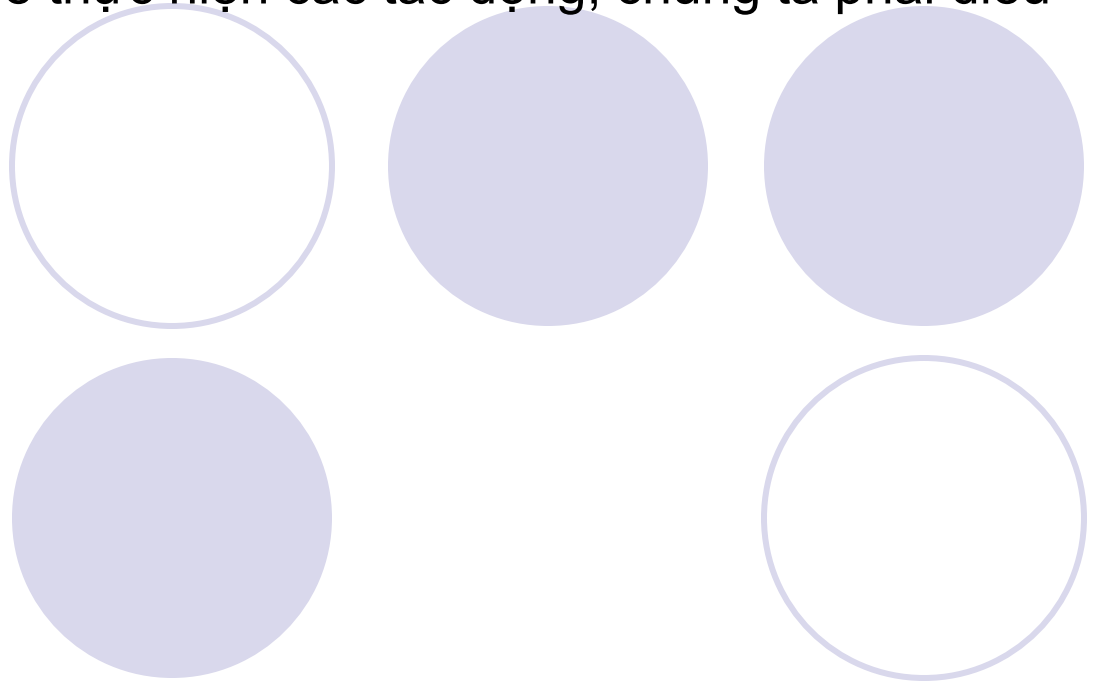
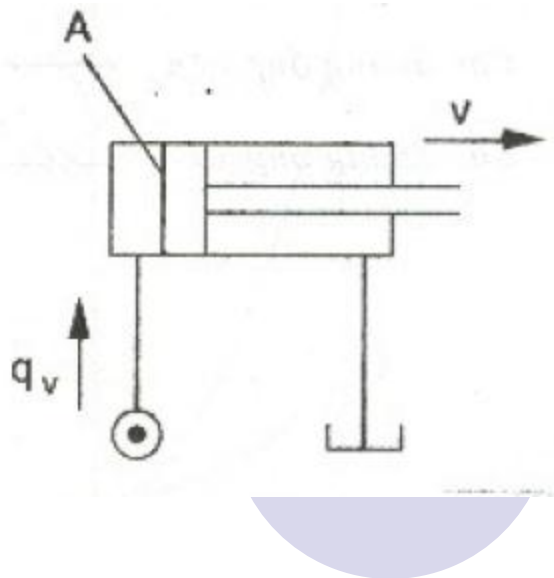


# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.9 CƠ CẤU CHẤP HÀNH (ACTUATORS)

### 5.9.4. Van (valve)

Để điều khiển các xy lanh để thực hiện các tác động, chúng ta phải điều khiển các van phân phối

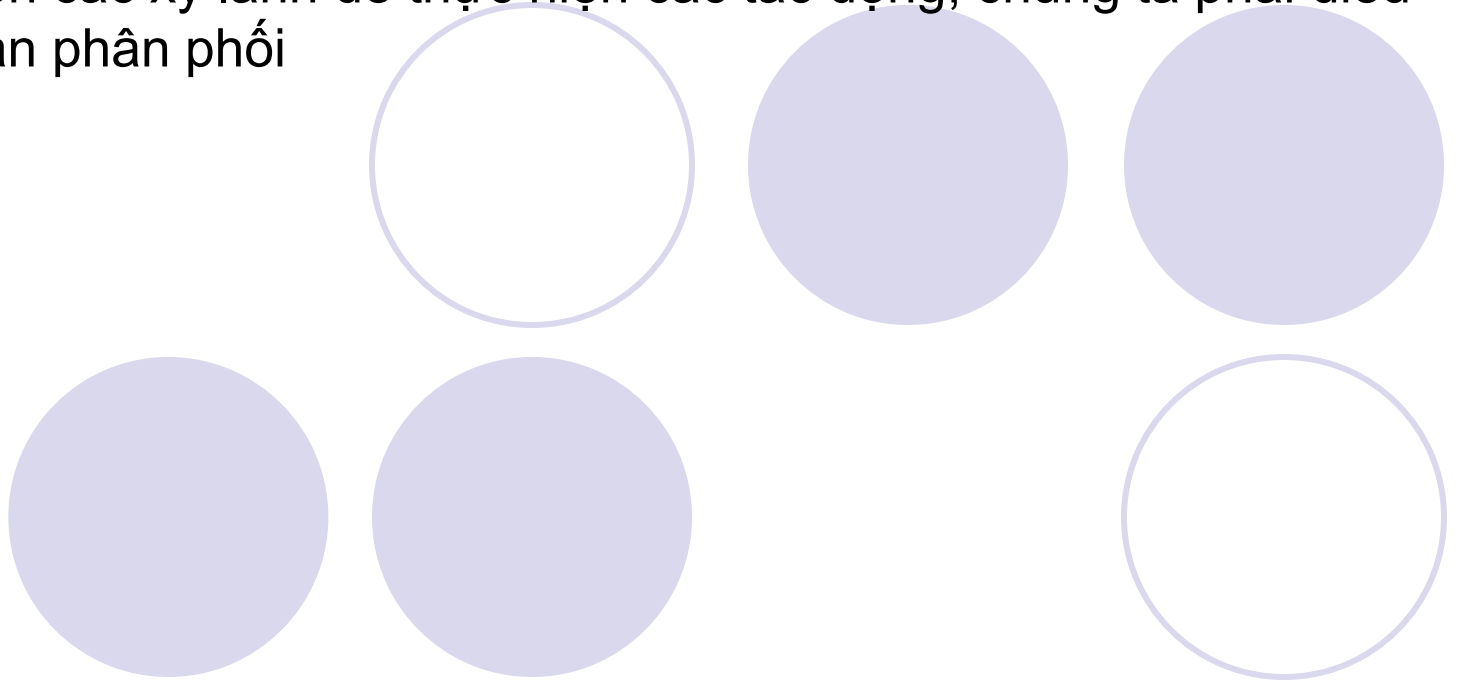


*Điều khiển xy lanh ??*

## 5.9 CƠ CẤU CHẤP HÀNH (ACTUATORS)

### 5.9.4. Van (valve)

Để điều khiển các xy lanh để thực hiện các tác động, chúng ta phải điều khiển các van phân phối



*Van phân phối 2 cửa, 2 vị trí (2/2)*

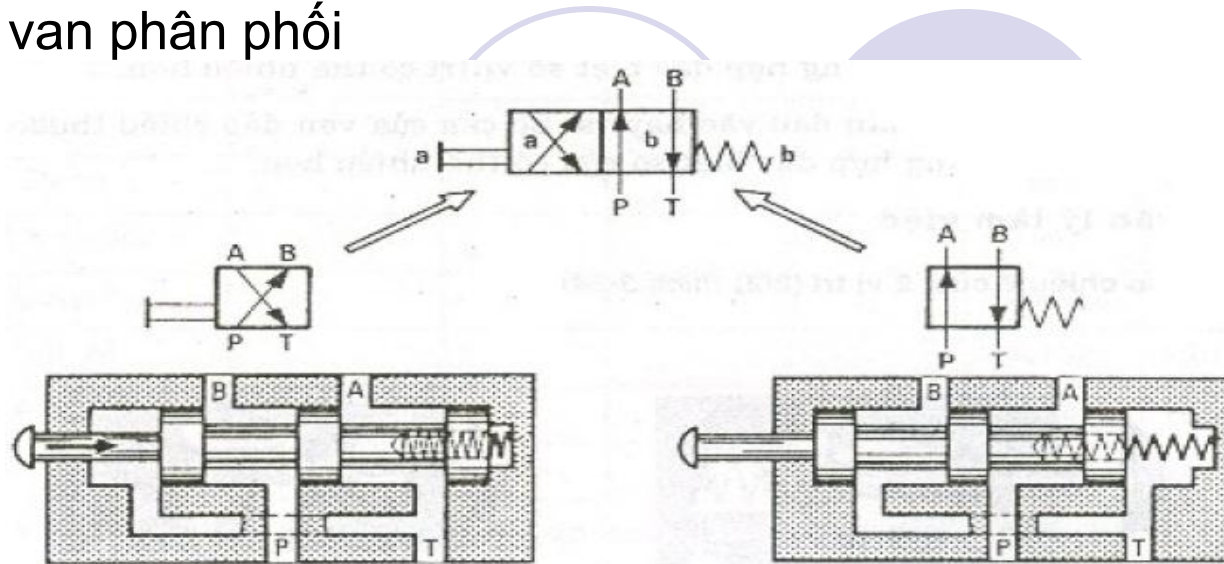
*Van phân phối 3 cửa, 2 vị trí (3/2)*

# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.9 CƠ CẤU CHẤP HÀNH (ACTUATORS)

### 5.9.4. Van (valve)

Để điều khiển các xy lanh để thực hiện các tác động, chúng ta phải điều khiển các van phân phối



*Van phân phối 4 cửa, 2 vị trí (2/2)*

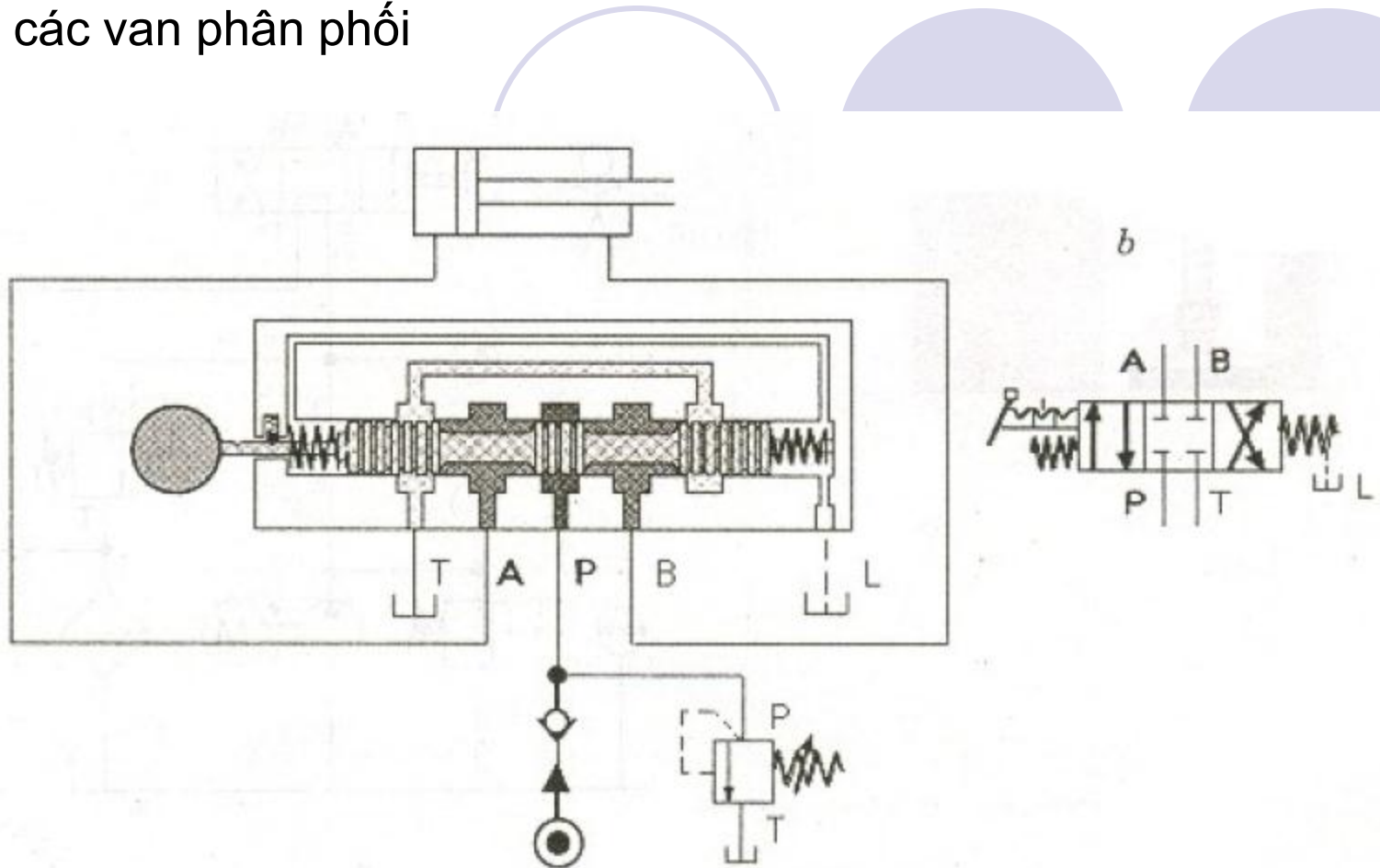
*Van phân phối 4 cửa, 3 vị trí (4/3)*

# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.9 CƠ CẤU CHẤP HÀNH (ACTUATORS)

### 5.9.4. Van (valve)

Để điều khiển các xy lanh để thực hiện các tác động, chúng ta phải điều khiển các van phân phối

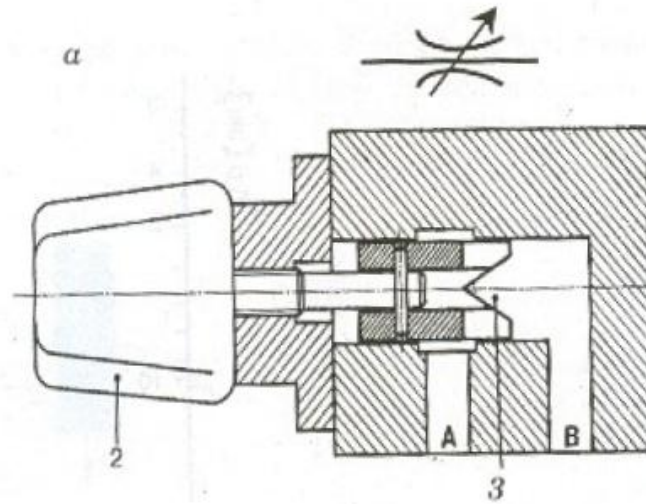


# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.9 CƠ CẤU CHẤP HÀNH (ACTUATORS)

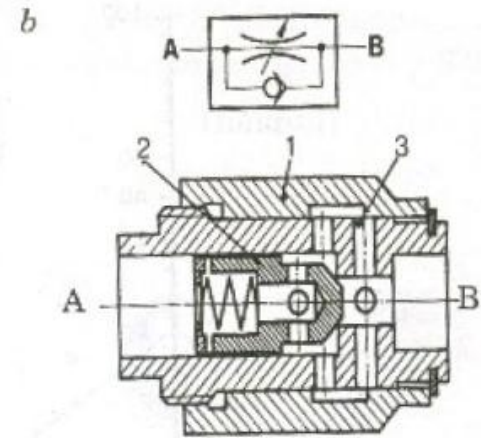
### 5.9.4. Van

#### Van tiết lưu



a) Van tiết lưu 02 chiều

#### Van tràn



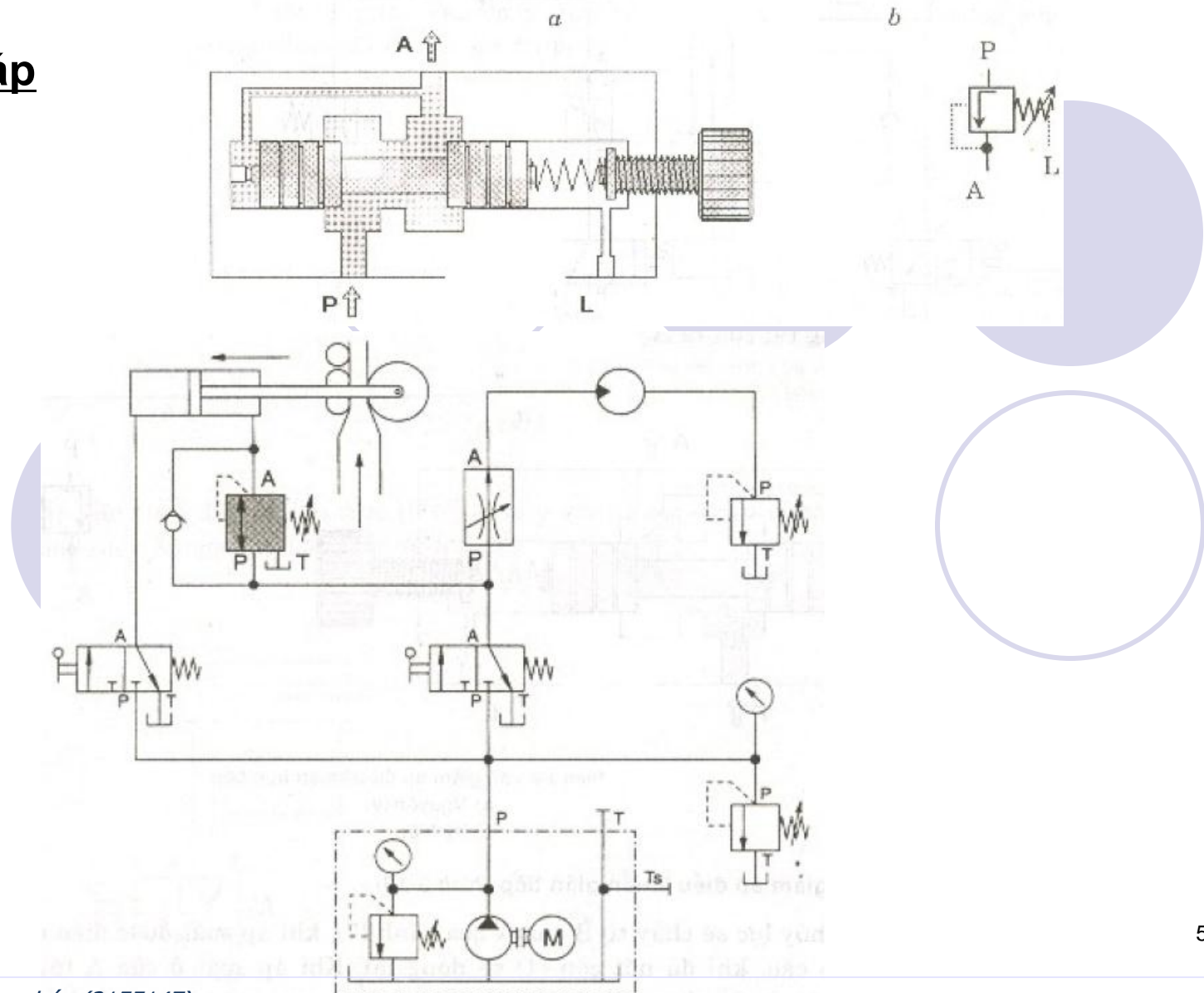
a) Van tiết lưu 01 chiều

# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.9 CƠ CẤU CHẤP HÀNH (ACTUATORS)

### 5.9.4. Van

#### Van giảm áp

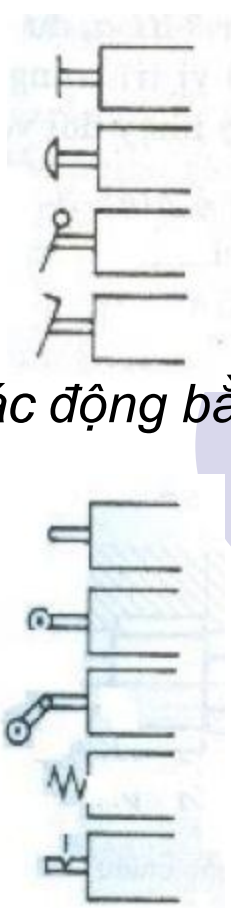


# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.9 CƠ CẤU CHẤP HÀNH (ACTUATORS)

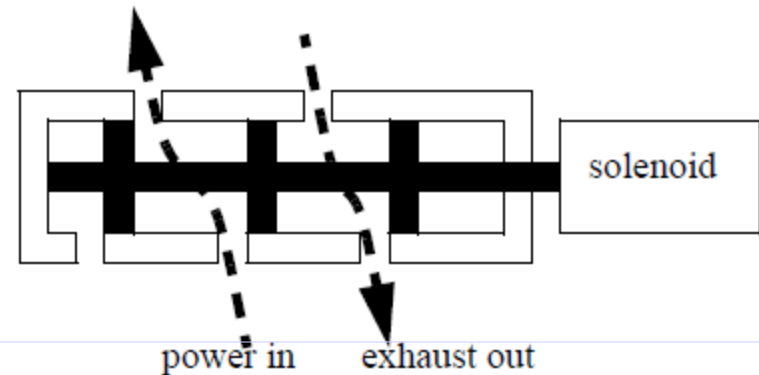
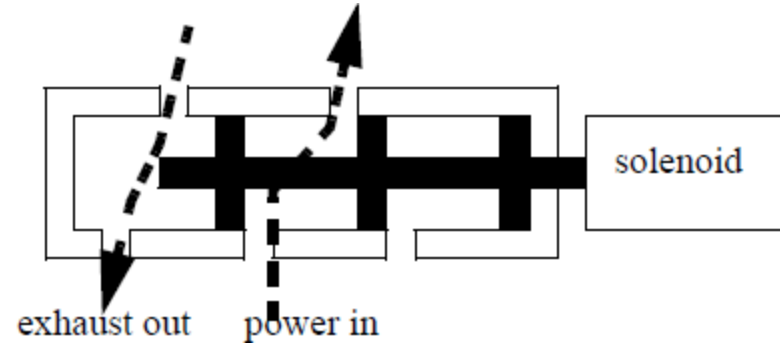
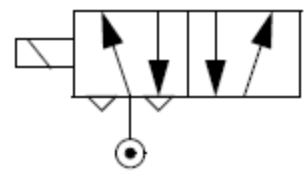
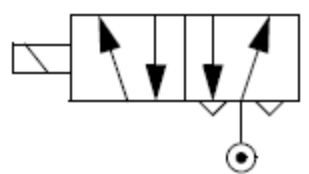
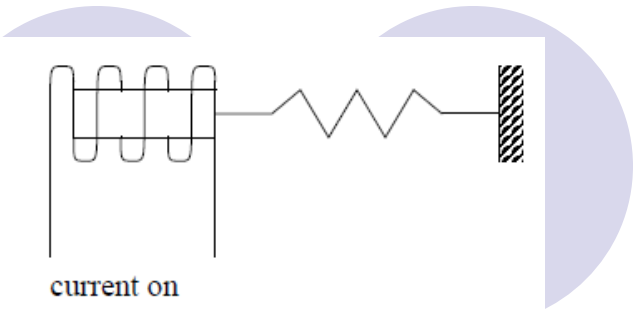
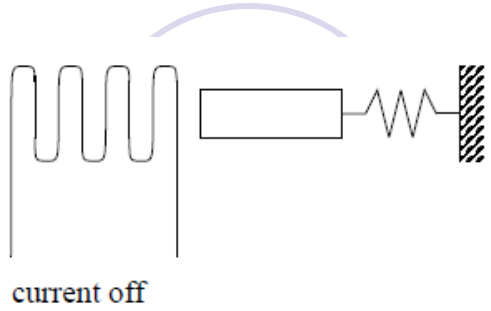
### 5.9.5. Solenoid

Cuộn solenoid để thực hiện các tác động lên các van thủy lực thay vì phải tác động các lực cơ



Tác động bằng tay

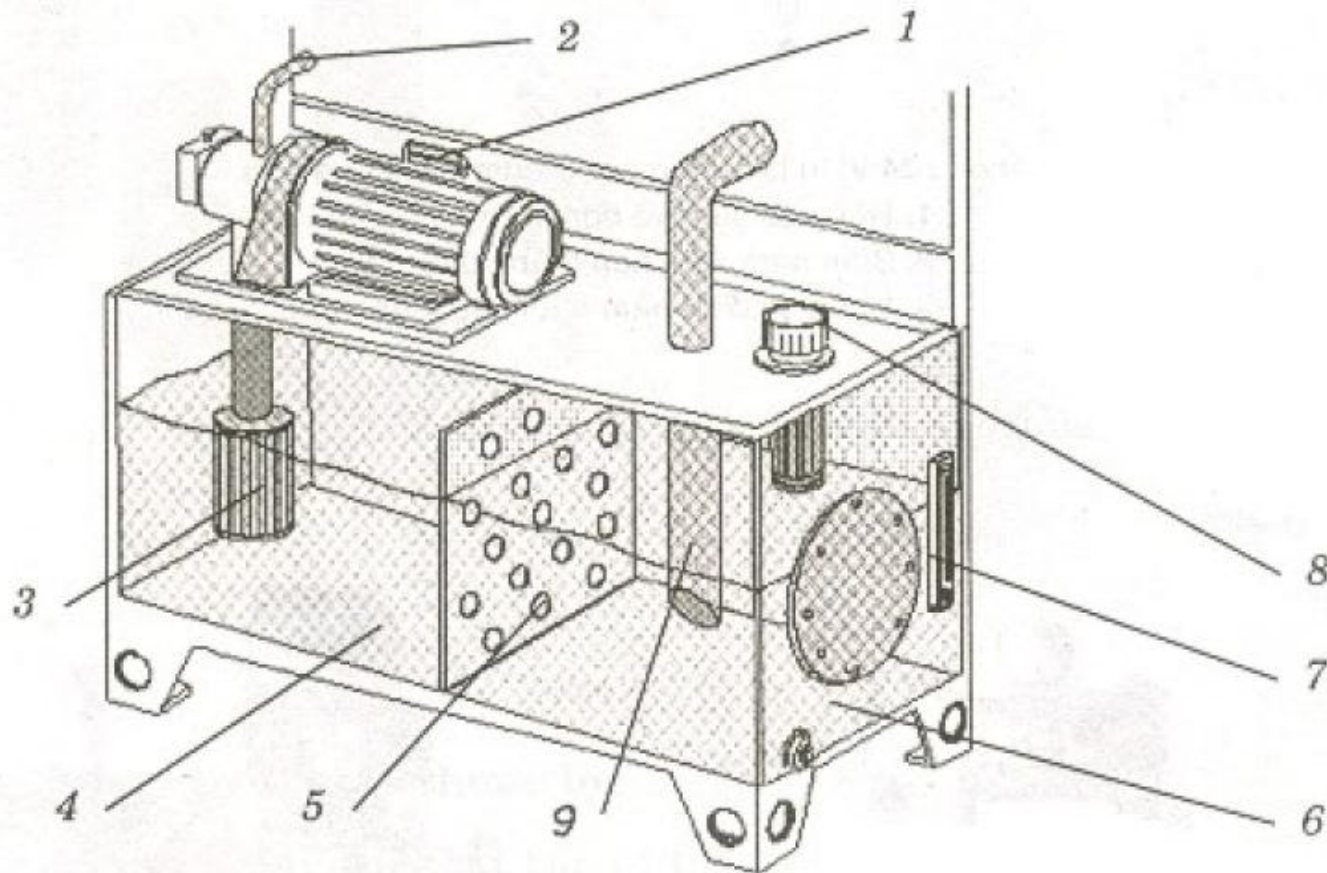
Tác động bằng cơ



# Chương 5: ĐO LƯỜNG TRONG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA

## 5.9 CƠ CẤU CHẤP HÀNH (ACTUATORS)

### 5.9.6. Bể dầu (tank)



- 1) Động cơ; 2) Đường ống dầu đi (nén); 3) Bộ lọc; 4) Phía hút; 5) Vách ngăn; 6) Phía xả; 7) Đo mức dầu & nhiệt độ dầu; 8) Nắp đổ dầu & thông khí; 9) Đường ống dầu về