

Kỹ thuật đo lường

GV: Hoàng Sĩ Hồng

Cơ cấu chỉ thị của dụng cụ đo tương tự

2-1-1. Khái niệm chung

Dụng cụ đo tương tự (Analog) là loại dụng cụ có số chỉ là đại lượng liên tục theo thời gian.

Chỉ thị trong các dụng cụ đo tương tự là chỉ thị cơ điện với tín hiệu vào là dòng điện và tín hiệu ra là góc quay của kim chỉ hoặc độ di chuyển của bút ghi trên băng giấy (dụng cụ tự ghi).

Các cơ cấu chỉ thị trên được sử dụng trong các dụng cụ đo các đại lượng điện như điện áp, tần số, góc pha, công suất, dòng xoay chiều và một chiều tần số công nghiệp.

Nguyên lý làm việc của các chỉ thị cơ điện dựa trên tác động của từ trường lên phần động của cơ cấu chỉ thị khi có dòng điện chạy qua và tạo ra một mômen quay (M_q).

Độ lớn của mômen tỷ lệ với độ lớn của dòng điện đưa vào cơ cấu chỉ thị. Mômen quay M_q được xác định theo biểu thức:

$$M_q = \frac{dW_c}{d\alpha}, \quad (2-1)$$

Cơ cấu chỉ thị của dụng cụ đo tương tự

trong đó W_e - năng lượng điện từ

α - góc quay của phần động.

Nếu ta đặt vào trục của phần động một lò xo cản, khi phần động quay, lò xo bị xoắn lại và tạo ra một mômen cản M_c .

$$M_c = D\alpha. \quad (2-2)$$

D - hệ số phụ thuộc vào kích thước và vật liệu chế tạo lò xo (hoặc dây treo).

Tại thời điểm cân bằng ($M_q = M_c$)

ta có:

$$\frac{dW_e}{d\alpha} = D\alpha$$

và

$$\alpha \pm \frac{1}{D} \frac{dW_e}{d\alpha} \quad (2-3)$$

Đây là phương trình đặc tính thang đo của chỉ thị cơ điện.

Cơ cấu chỉ thị từ điện

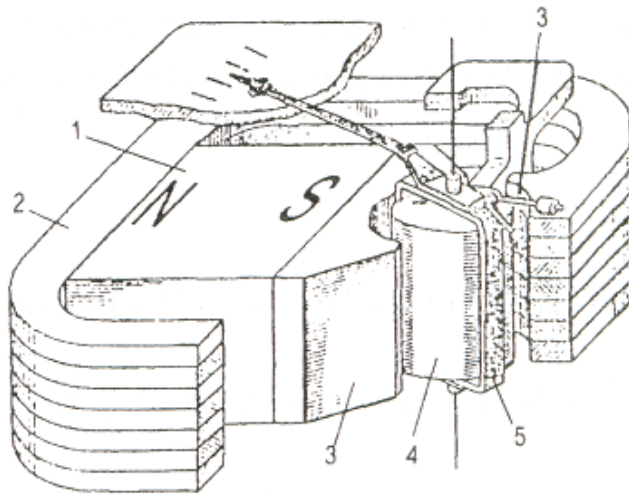
Cơ cấu chỉ thị từ điện gồm có hai phần cơ bản: Phần tĩnh và phần động (hình 2-1)

- Phần tĩnh gồm Nam châm vĩnh cửu, cực từ, lõi thép và giá đỡ không dẫn từ. Giữa cực từ và lõi thép có khe hở không khí.

- Phần động là 1 khung dây được quấn bằng dây đồng có đường kính $\phi = 0,03 \div 0,07 \text{ mm}$.

Khung dây gắn vào trục có thể quay trong khe hở không khí.

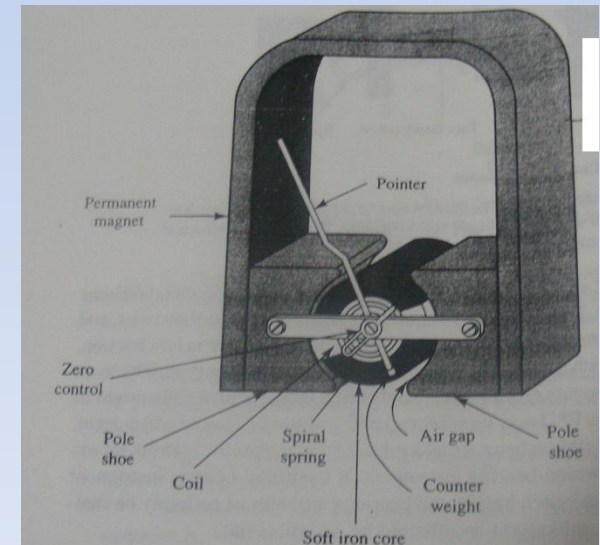
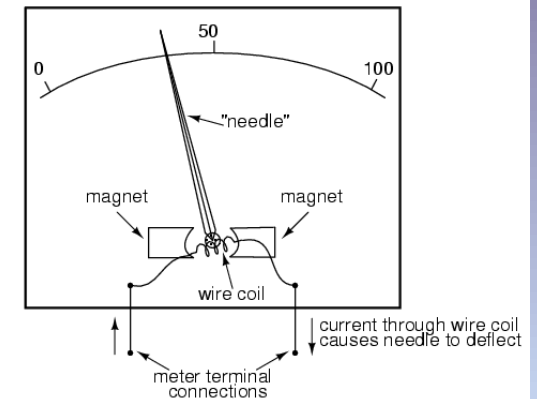
Nam châm chế tạo bằng các hợp kim Vonfram, Alnico, hợp kim Crom v.v... có trị số tự cảm cỡ $0,1 \div 0,12 \text{ Tesla}$ hoặc từ $0,2 \div 0,3 \text{ Tesla}$.



1. Nam châm
2. Mạch từ
3. Khe hở không khí
4. Lõi thép
5. Khung dây

Hình 2-1. Cơ cấu chỉ thị từ điện

Permanent magnet, moving coil (PMMC) meter movement



Cơ cấu chỉ thị từ điện

Khi có dòng điện chạy qua khung dây, dưới tác động của từ trường nam châm vĩnh cửu, khung dây lệch khỏi vị trí ban đầu một góc α . Mômen quay được tính theo biểu thức:

$$M_q = \frac{dW_c}{d\alpha}$$

trong đó:

$$W_c = \phi I. \quad (2-4)$$

ϕ - từ thông trong khe hở không khí.

$$\text{Mà} \quad \phi = BWS\alpha. \quad (2-5)$$

B - độ từ cảm của nam châm;

S - tiết diện khung dây;

W - số vòng của khung dây;

α - góc lệch của khung khỏi vị trí ban đầu.

Từ (2 - 4) thay vào (2-1) ta được:

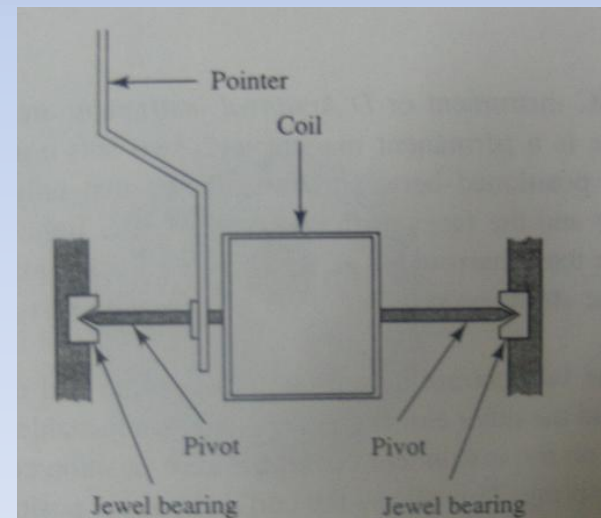
$$M_q = \frac{d(\phi I)}{d\alpha} = \frac{d(BWS\alpha I)}{d\alpha} = BWSI \quad (2-6)$$

ở vị trí cân bằng với $M_q = M_c$, ta có:

$$BWSI = D\alpha \text{ và } \alpha = \frac{1}{D} BWSI = S_1 I \quad (2-7)$$

S_1 - độ nhạy của cơ cấu theo dòng.

Cơ cấu chỉ thị từ điện chỉ có thể đo dòng điện một chiều, thang đo tuyến tính và dùng để chế tạo ampemét, vônmet, ômmét với độ chính xác cao (cấp 0,1 + 0,5).



Cơ cấu chỉ thị điện từ

Cơ cấu chỉ thị điện từ gồm có phần tĩnh là một cuộn dây và một mạch từ khép kín (hình 2-2).

Bên trong bố trí lá kim loại cố định và lá kim loại di chuyển được gắn với trục quay.

Khi có dòng điện chạy trong cuộn dây sẽ xuất hiện từ trường và từ hóa các tấm kim loại tĩnh và động để tạo thành nam châm. Giữa các tấm kim loại hình thành lực đẩy lẫn nhau và tạo nên mômen quay (M_q).

$$\text{Ta có: } M_q = \frac{dW_c}{d\alpha}$$

trong đó:

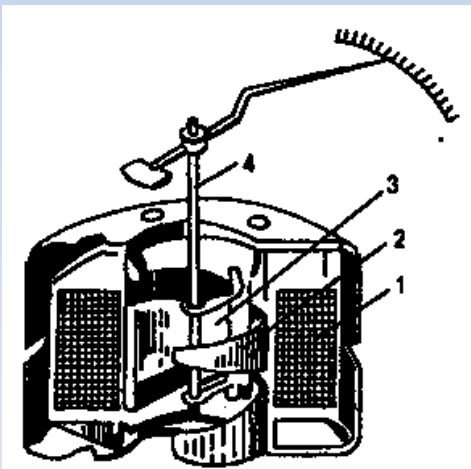
$$W_c = \frac{LI^2}{2} \quad (2-8)$$

L - điện cảm của cuộn dây,

I - dòng điện chạy trong cuộn dây, do đó:

$$M_q = \frac{d\left(\frac{LI^2}{2}\right)}{d\alpha} = \frac{1}{2} LI^2 \frac{dL}{d\alpha} \quad (2-9)$$

1. Cuộn dây
2. Lá thép cố định
3. Lá thép động



Hình 2-2. Cơ cấu chỉ thị điện từ

Cơ cấu chỉ thị điện từ

Khi ở vị trí cân bằng: $M_q = M_c$

$$\frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\alpha} = D\alpha \quad \text{và} \quad \alpha = \frac{1}{2D} I^2 \frac{dL}{d\alpha} \quad (2-10)$$

Cơ cấu chỉ thị điện từ được dùng để chế tạo vônmet, ampemét trong mạch điện xoay chiều tần số công nghiệp.

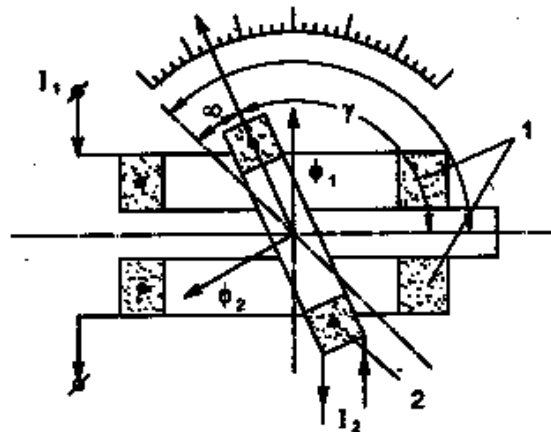
Thang đo của chỉ thị không đều, tiêu thụ công suất lớn và độ chính xác không cao (độ chính xác cấp 1 ÷ 2)

Cơ cấu chỉ thị điện động

Cơ cấu chỉ thị điện động gồm cuộn dây tĩnh được chia thành hai phần nối tiếp nhau để tạo ra từ trường đều khi có dòng điện chạy qua.

Phần động là một khung dây đặt bên trong cuộn dây tĩnh và gắn trên trục quay (hình 2-3). Cả phần động và tĩnh thường được bọc kín bằng màn chắn từ để tránh ảnh hưởng của từ trường ngoài đến sự làm việc của cơ cấu.

Nguyên lý làm việc dựa trên sự tác động của điện từ trường khi cho dòng điện đi qua các cuộn dây và tạo nên mômen quay làm cho khung dây quay đi một góc α .



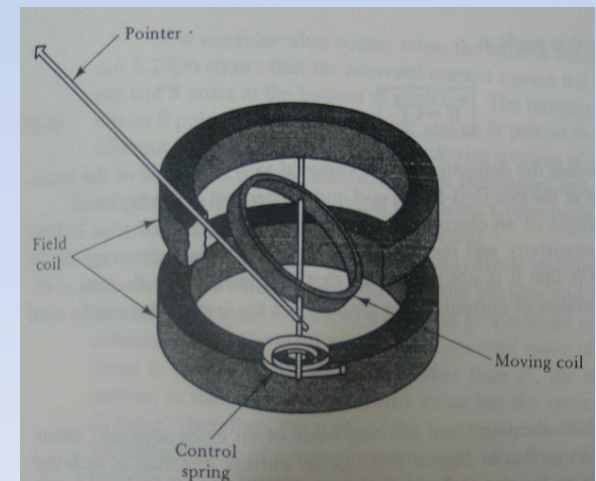
Hình 2-3. Cơ cấu chỉ thị điện động
1. Cuộn dây tĩnh; 2. Cuộn dây động

$$M_q = \frac{dW_e}{d\alpha}$$

$$W_e = M_{12} I_1 I_2$$

M_{12} - Hệ cảm giữa hai cuộn dây;

I_1, I_2 - dòng điện chạy trong cuộn dây tĩnh và động.



Cơ cấu chỉ thị điện động

ta có:

$$M_q = \frac{dW_e}{d\alpha} = \frac{dM_{12}}{d\alpha} I_1 I_2.$$

Ở vị trí cân bằng $M_q = M_c$

$$I_1 I_2 \frac{dM_{12}}{d\alpha} = D\alpha; \quad \alpha = \frac{1}{D} I_1 I_2 \frac{dM_{12}}{d\alpha} \quad (2-11)$$

Khi cuộn dây tĩnh và cuộn dây động mắc nối tiếp nhau $I_1 = I_2 = I$. Từ (2-11) ta có

$$\alpha = \frac{1}{D} I^2 \frac{dM_{12}}{d\alpha} \quad (2-12)$$

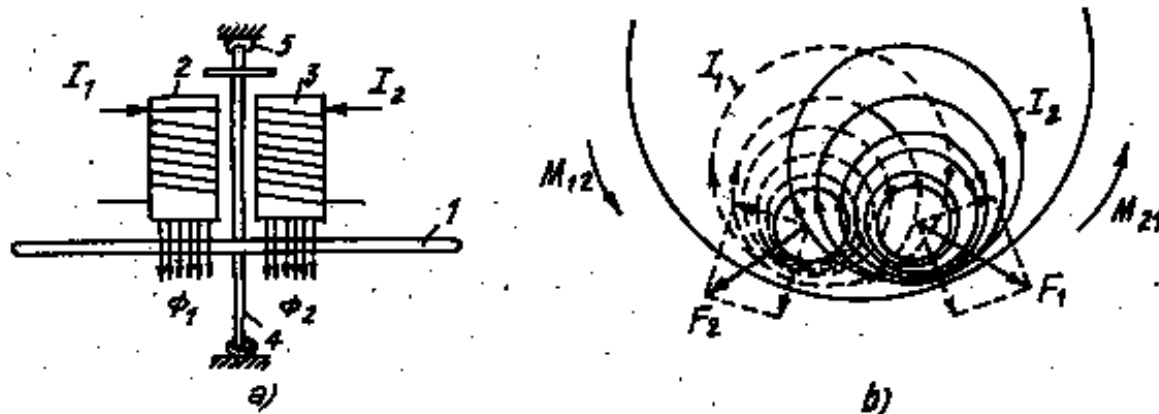
Cơ cấu chỉ thị điện động dùng để chế tạo ampemét, vônmet và oátmét dòng điện một chiều và xoay chiều tần số công nghiệp.

Thang đo của chỉ thị không đều, độ chính xác cao (đạt cấp 1 ÷ 0,5)

Cơ cấu chỉ thị cảm ứng

5-6-1. Cấu tạo

Cơ cấu chỉ thị cảm ứng gồm hai phần : phần tĩnh và phần động (h. 5-19).



Hình 5-19. Cơ cấu chỉ thị cảm ứng.

Phần tĩnh là các cuộn dây điện 2, 3, cấu tạo của chúng làm sao để khi có dòng điện chạy trong cuộn dây sẽ sinh ra từ trường móc vòng qua mạch từ và qua phần động. Số lượng nam châm điện ít nhất là hai.

Phần động là một đĩa kim loại 1 (thường cấu tạo bằng nhôm) gắn vào trục 4 quay trên trụ 5 về nguyên tắc cơ cấu này dựa trên sự tác động tương hỗ giữa từ trường xoay chiều và dòng điện xoáy tạo ra trong đĩa của phần động do đó mà cơ cấu này chỉ làm việc ở mạch xoay chiều. Để chỉ thị số vòng quay của đĩa người ta gắn vào trục cơ cấu chỉ thị số cơ khí.

Cơ cấu chỉ thị cảm ứng

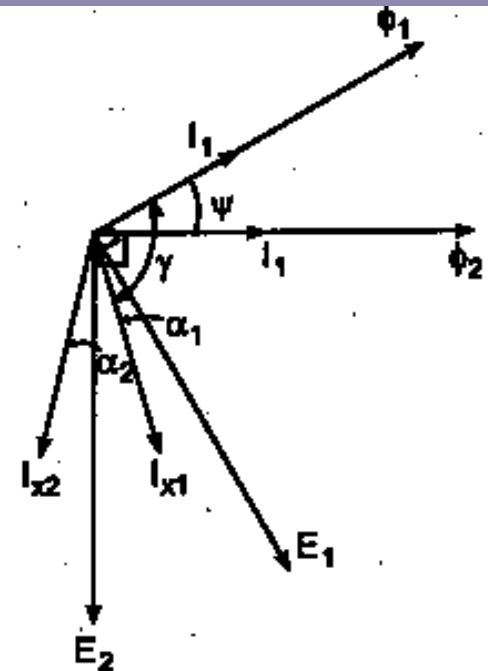
5-6-2. Nguyên lý làm việc

Khi cho các dòng điện I_1, I_2 vào các cuộn dây phân tính sẽ sinh ra các từ thông ϕ_1, ϕ_2 các từ thông này cũng như dòng điện lệch nhau một góc ψ (h.5-20).

Các từ thông ϕ_1, ϕ_2 cắt đĩa nhôm làm xuất hiện trong đĩa nhôm các sức điện trong tương ứng E_1, E_2 lệch pha với các từ thông một góc là $\frac{\pi}{2}$.

Các dòng điện xoáy I_{x1}, I_{x2} được sinh ra trong đĩa nhôm lệch pha với E_1, E_2 bởi các góc α_1, α_2 vì ngoài điện trở thuần còn có thành phần cảm ứng.

Do có sự tác động tương hỗ giữa từ thông ϕ_1, ϕ_2 và



Hình 5-20. Biểu đồ vectơ của cơ cấu chỉ thị cảm ứng.

Cơ cấu chỉ thị cảm ứng

các dòng điện xoáy I_{x1} , I_{x2} mà sinh ra các lực F_1 , F_2 và các mômen quay tương ứng làm quay đĩa nhôm (h.5-19b).

Giá trị tức thời của mômen quay M_t do sự tác động tương hỗ giữa ϕ_{1t} và dòng tức thời i_{x1} là :

$$M_t = C\phi_{1t} i_{x1} \quad (5-40)$$

Ở đây C - là hệ số tỉ lệ.

Nếu $\phi_{1t} = \Phi_{1m} \sin \omega t$ và $i_{x1} = I_{x1m} \sin (\omega t - \gamma)$,

γ - là góc lệch pha giữa ϕ_{1t} và i_{x1} , thì :

$$M_t = C\Phi_{1m}I_{x1m} \sin \omega t \sin (\omega t - \gamma) \quad (5-41)$$

Vì phần động có quán tính lớn cho nên ta có mômen là đại lượng trung bình trong một chu kì T .

$$M = \frac{1}{T} \int_0^T M_t dt = \frac{1}{T} C\Phi_{1m}I_{x1m} \int_0^T \sin \omega t \sin (\omega t - \gamma) dt = C\Phi_1 I_{x1} \cos \gamma \quad (5-42)$$

Để đơn giản hoá, ta có thể coi đĩa nhôm chỉ có điện trở thuần, do đó các góc $\alpha_1 = \alpha_2 \approx 0$ và $\gamma \approx \frac{\pi}{2}$. Vậy thì $\cos \gamma = \cos \frac{\pi}{2} = 0$. Do đó biểu thức (5-42) sẽ bằng 0. Tức là mômen sinh ra giữa từ thông Φ_1 và dòng I_{x1} sẽ bằng không.

Cơ cấu chỉ thị cảm ứng

Bây giờ ta hãy xét các mômen thành phần như sau :

M_{11} - mômen sinh ra do Φ_1 tác động lên I_{x1} ;

M_{12} - mômen sinh ra do Φ_1 tác động lên I_{x2} ;

M_{21} - mômen sinh ra do Φ_2 tác động lên I_{x1} ;

M_{22} - mômen sinh ra do Φ_2 tác động lên I_{x2} .

Tương tự như (5-42) ta có thể viết các mômen thành phần là :

$$M_{11} = C_{11} \Phi_1 I_{x1} \cos \frac{\pi}{2} = 0$$

$$M_{12} = C_{12} \Phi_1 I_{x2} \cos\left(\frac{\pi}{2} + \psi\right) = -C_{12} \Phi_1 I_{x2} \sin\psi$$

$$M_{21} = C_{21} \Phi_2 I_{x1} \cos\left(\frac{\pi}{2} - \psi\right) = C_{21} \Phi_2 I_{x1} \sin\psi$$

$$M_{22} = C_{22} \Phi_2 I_{x2} \cos \frac{\pi}{2} = 0$$

Như vậy mômen quay sẽ là tổng của các mômen thành phần tức là tổng của M_{12} và M_{21} có dấu ngược nhau. Cũng chính nhờ sự ngược dấu nhau này mà mômen tổng sẽ kéo đĩa quay về một phía duy nhất. Nghĩa là mômen quay sẽ là:

$$M_q = C_{12} \Phi_1 I_{x2} \sin\psi + C_{21} \Phi_2 I_{x1} \sin\psi \quad (5-43)$$

Nếu dòng điện tạo ra Φ_1 , Φ_2 là hình sin và đĩa đồng nhất (chỉ có điện trở thuần) thì các dòng xoáy sinh ra sẽ tỉ lệ với tần số f và từ thông sinh ra nó.

Tức là : $I_{x1} = C_3 f \Phi_1$ và $I_{x2} = C_4 f \Phi_2$.

Cơ cấu chỉ thị cảm ứng

Thay vào biểu thức (5-43), gộp các hệ số lại với nhau ta có :

$$M_q = C f \Phi_1 \Phi_2 \sin \varphi \quad (5-44)$$

Trong đó $C = C_{12} C_4 + C_{21} C_3$ – là hằng số của cơ cấu chỉ thị cảm ứng.

5-6-3. Đặc tính và ứng dụng

Từ biểu thức (5-44) ta suy ra đặc tính của cơ cấu chỉ thị cảm ứng như sau :

1. Điều kiện để có mômen quay là ít nhất phải có hai từ trường.
2. Mômen quay đạt được giá trị cực đại nếu như góc lệch pha giữa hai từ trường đó




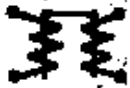





$$\text{là } \varphi = \frac{\pi}{2}.$$

3. Mômen quay phụ thuộc tần số của dòng điện tạo ra hai từ trường.
4. Cơ cấu chỉ thị cảm ứng chỉ làm việc trong mạch xoay chiều.

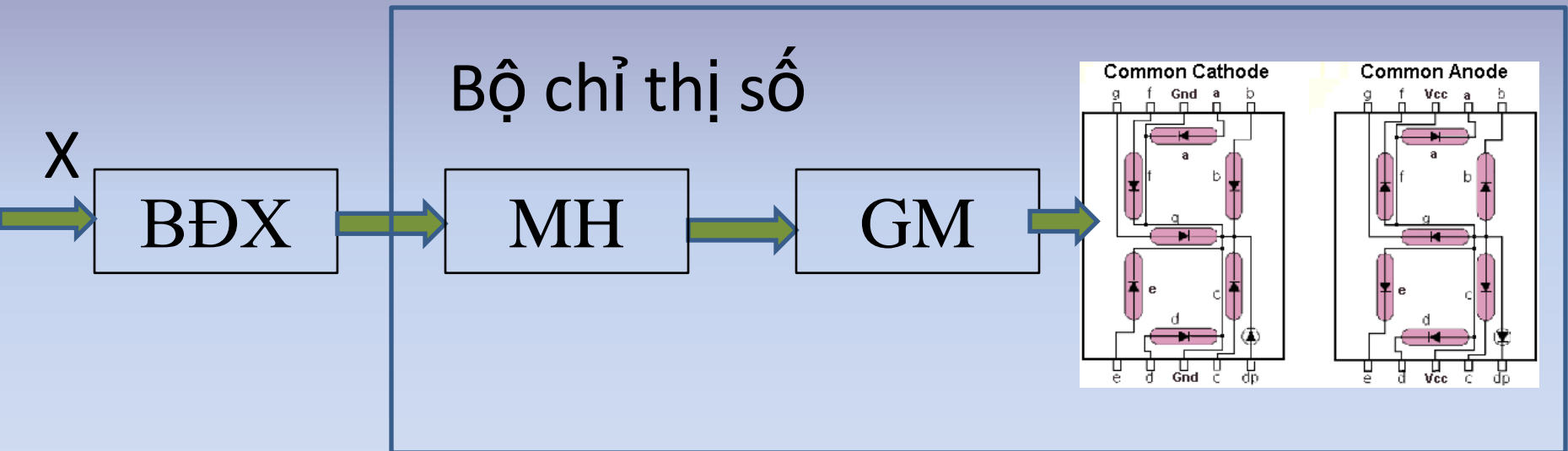
Ứng dụng : Cơ cấu chỉ thị cảm ứng chủ yếu sử dụng để chế tạo công tơ đo năng lượng (xem chương 10. Tập hai). Đôi khi người ta còn sử dụng để đo tần số.

Nhược điểm : Mômen quay phụ thuộc tần số nên cần phải ổn định tần số.

Bảng tổng kết các cơ cấu chỉ thị cơ điện

Số TT	Tên gọi cơ cấu chỉ thị	Kí hiệu	Tín hiệu đo	Ứng dụng
1	Cơ cấu chỉ thị từ điện		$I -$	A, V, Ω , G
2	Lôgômét từ điện		$I_1 - I_2 -$	Ω , đo không điện
3	Cơ cấu chỉ thị điện từ		$I^2 \sim$	A, V
4	Lôgômét điện từ		$(I_1 \sim / I_2 \sim)^2$	Tần số kế, ôm kế đo góc pha...
5	Cơ cấu chỉ thị điện động		$I_1 I_2 \sim$	A, V, Ω , W, $\cos\phi$, tần số kế...
6	Cơ cấu chỉ thị suất điện động		$I_1 I_2 \sim$	A, V, Ω tự ghi
7	Lôgômét điện động		$I_1 / I_2 \sim$	Ω , tần số kế, $\cos\phi$
8	Cơ cấu chỉ thị tĩnh điện		$U^2 \sim$	V, kV
9	Cơ cấu chỉ thị cảm ứng		$I_1, I_2 \sim$	Công tơ

Cơ cấu chỉ thị hiện số

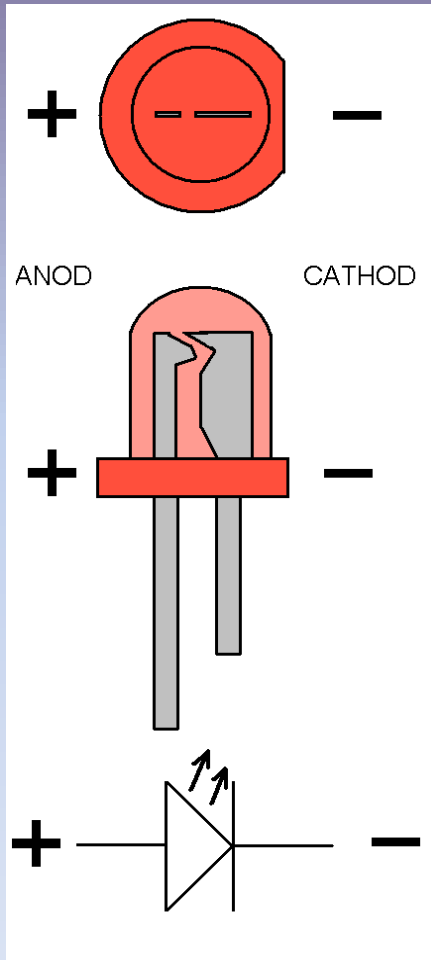


Mã số



- Thập phân: 12
- Nhị phân: $1100 = 2^3 \times 1 + 2^2 \times 1 + 2^1 \times 0 + 2^0 \times 0$
- BCD (2-10)= 0001 0010

LED (LIGHT EMITTING DIODE)



Advantages of Light Emitting Diodes (LEDs)

Longevity:

The light emitting element in a diode is a small conductor chip rather than a filament which greatly extends the diode's life in comparison to an incandescent bulb (10 000 hours life time compared to ~1000 hours for incandescence light bulb)

Efficiency:

Diodes emit almost no heat and run at very low amperes.

Greater Light Intensity:

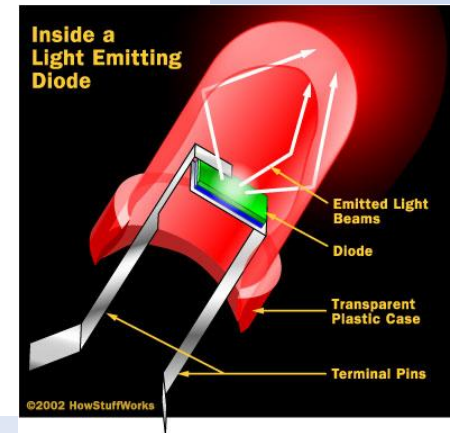
Since each diode emits its own light

Cost:

Not too bad

Robustness:

Solid state component, not as fragile as incandescence light bulb



How does it work?

Recombination produces light!!

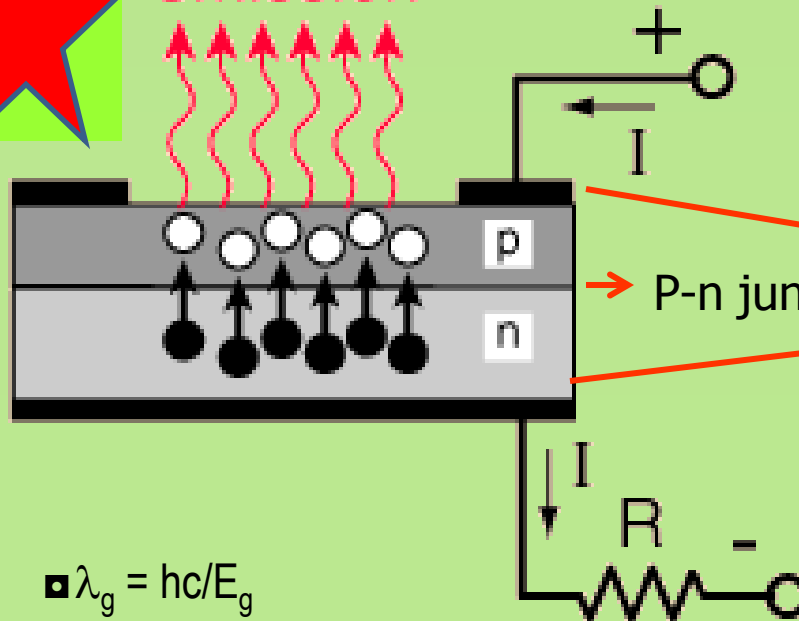


P: lỗ trống (+)

n: điện tử (-)

$$\lambda_g = hc/E_g$$

Light emission



Junction is biased to produce even more e-h and to inject electrons from n to p for recombination to happen

+

I

p

n

I

R

-

P-n junction

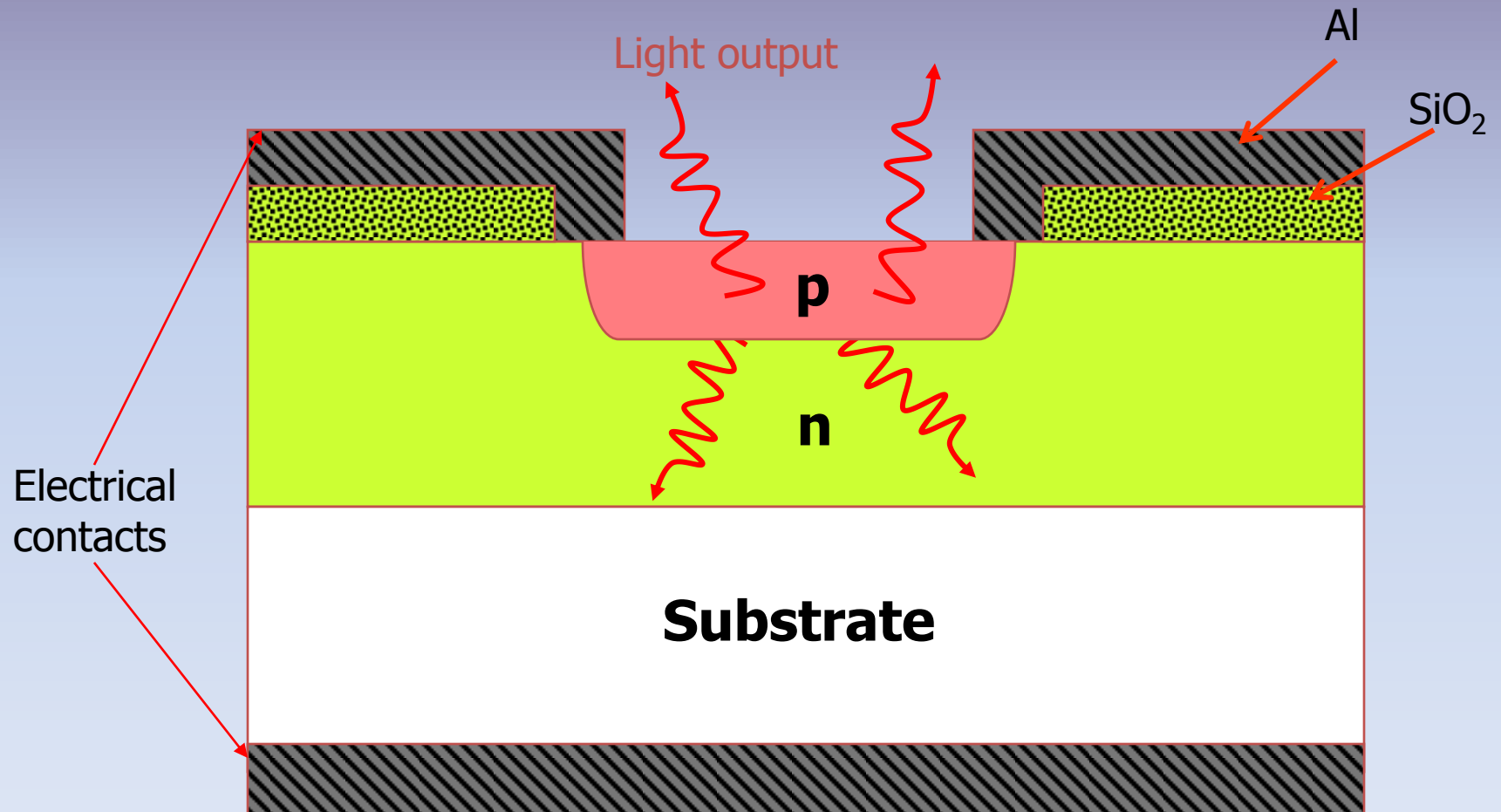
Electrical Contacts

A typical LED needs a p-n junction

There are a lot of electrons and holes at the junction due to excitations

Electrons from n need to be injected to p to promote recombination

Cấu trúc của 1 led điển hình



Visible LED



Definition:

LED which could emit visible light, the band gap of the materials that we use must be in the region of visible wavelength = 390- 770nm. This coincides with the energy value of 3.18eV- 1.61eV which corresponds to colours as stated below:

Colour of an LED should emits



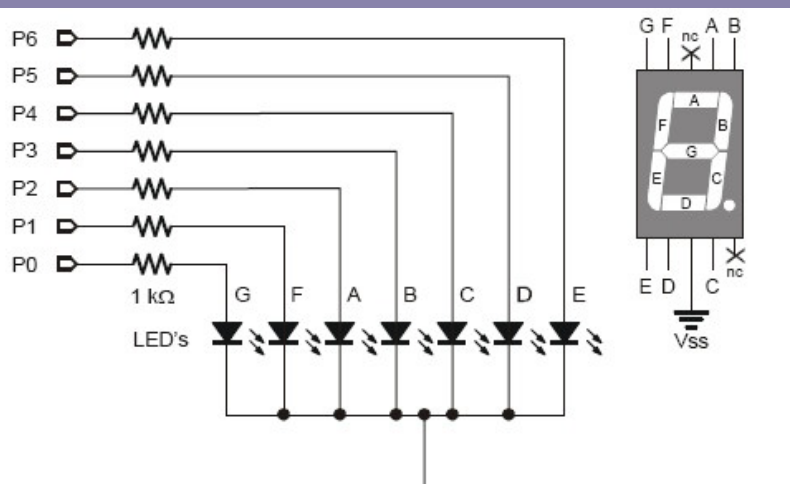
Violet
Blue
Green
Yellow
Orange
Red

$\sim 3.17\text{eV}$
 $\sim 2.73\text{eV}$
 $\sim 2.52\text{eV}$
 $\sim 2.15\text{eV}$
 $\sim 2.08\text{eV}$
 $\sim 1.62\text{eV}$

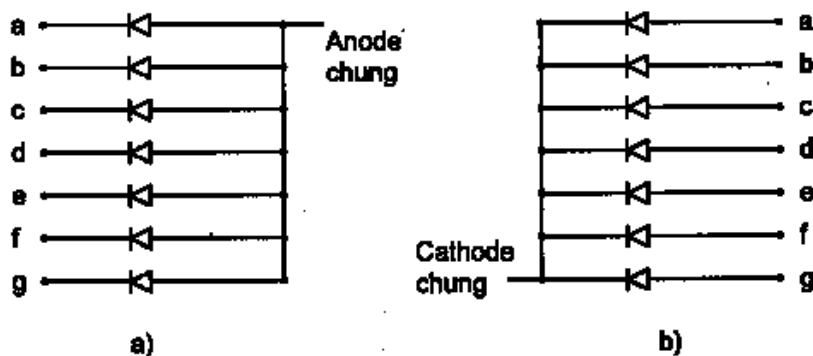
The band gap, E_g that the semiconductor must posses to emit each light



LED 7 thanh



Trong các bộ hiển thị bảy thanh dùng đèn LED người ta mắc theo hai cách: Nối Anốt chung hoặc Catốt chung (hình 2-11a, b).

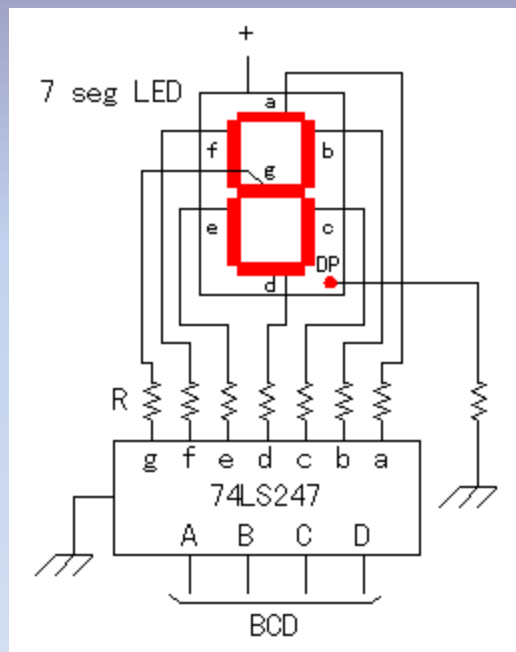


Hình 2-11. Sơ đồ mắc bộ hiển thị 7 thanh
a) Anốt chung; b) Catốt chung

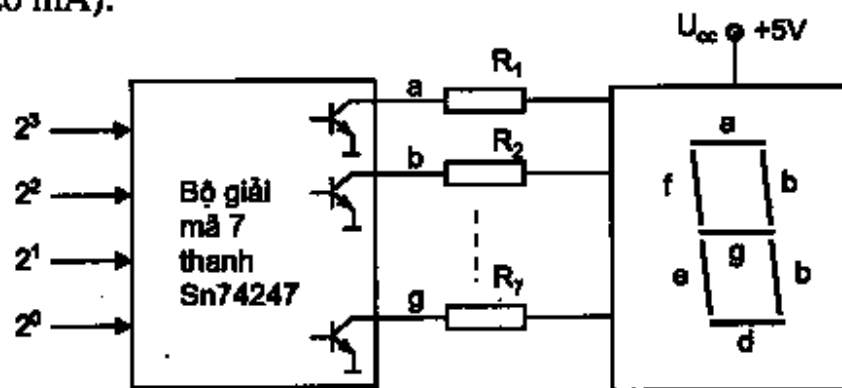
Ưu điểm của led:

- Kích thước bé có thể ghép nối diện tích rộng
- Cường độ sáng phụ thuộc vào dòng điện đi qua, do đó có thể điều khiển được cường độ sáng thích hợp
- màu sắc ánh sáng phụ thuộc vào vật liệu ví dụ: GaAs: đỏ, GaAsP đỏ hoặc vàng, GaP đỏ hoặc xanh.
- Khả năng chuyển mạch nhanh (1 ns)
- Điện áp sụt trên led khoảng 1.2 V với dòng thuận cung cấp cỡ 20 mA

Bộ giải mã 7 thanh

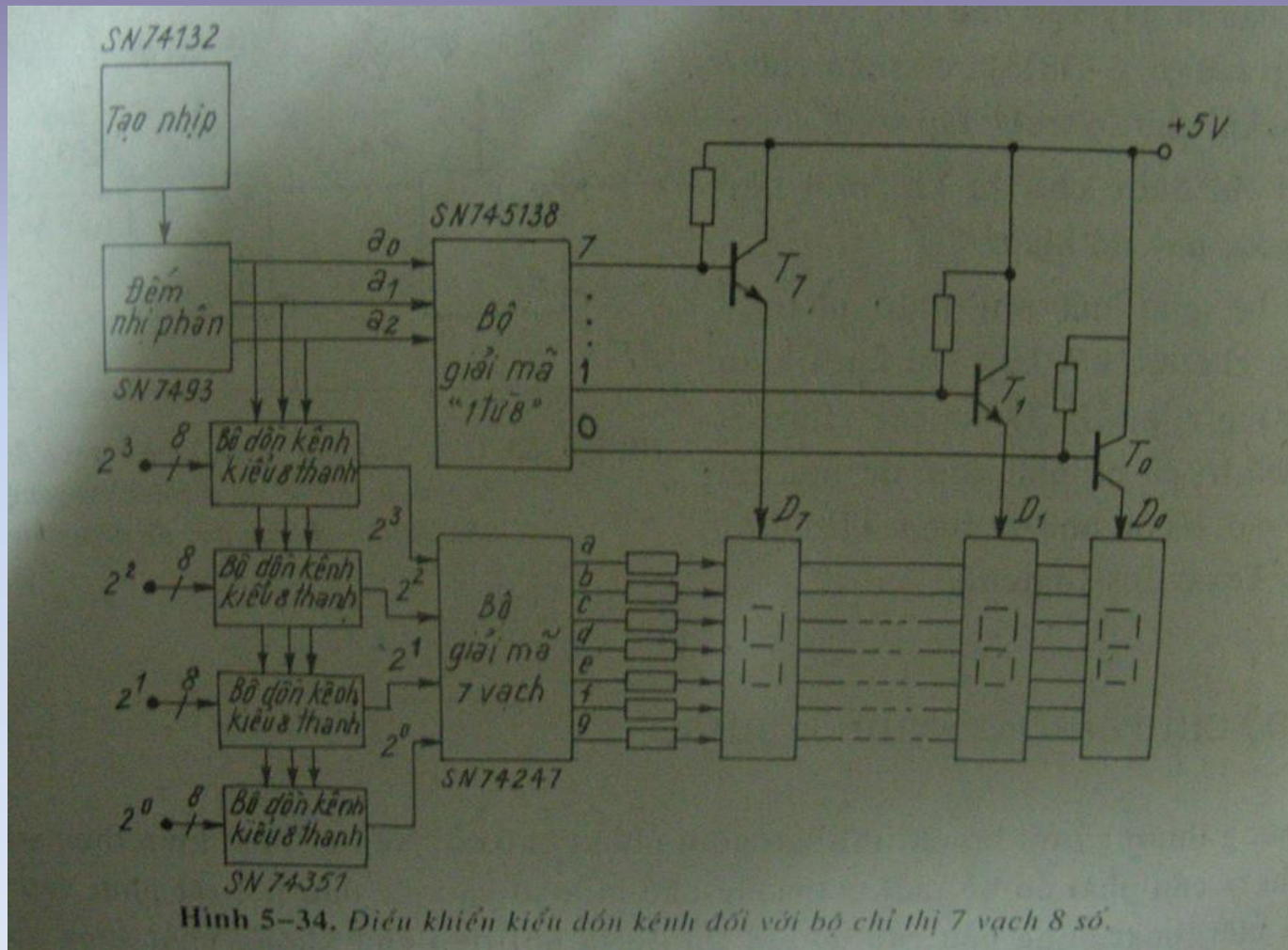


Ví dụ: Vi mạch SN74247 (hình 2-10) có các đầu ra hở cực góp để điều khiển LED có chung Anốt + 5V. Các điện trở $R_1 \dots R_7$ hạn chế dòng đốt Anốt (5 - 20 mA).

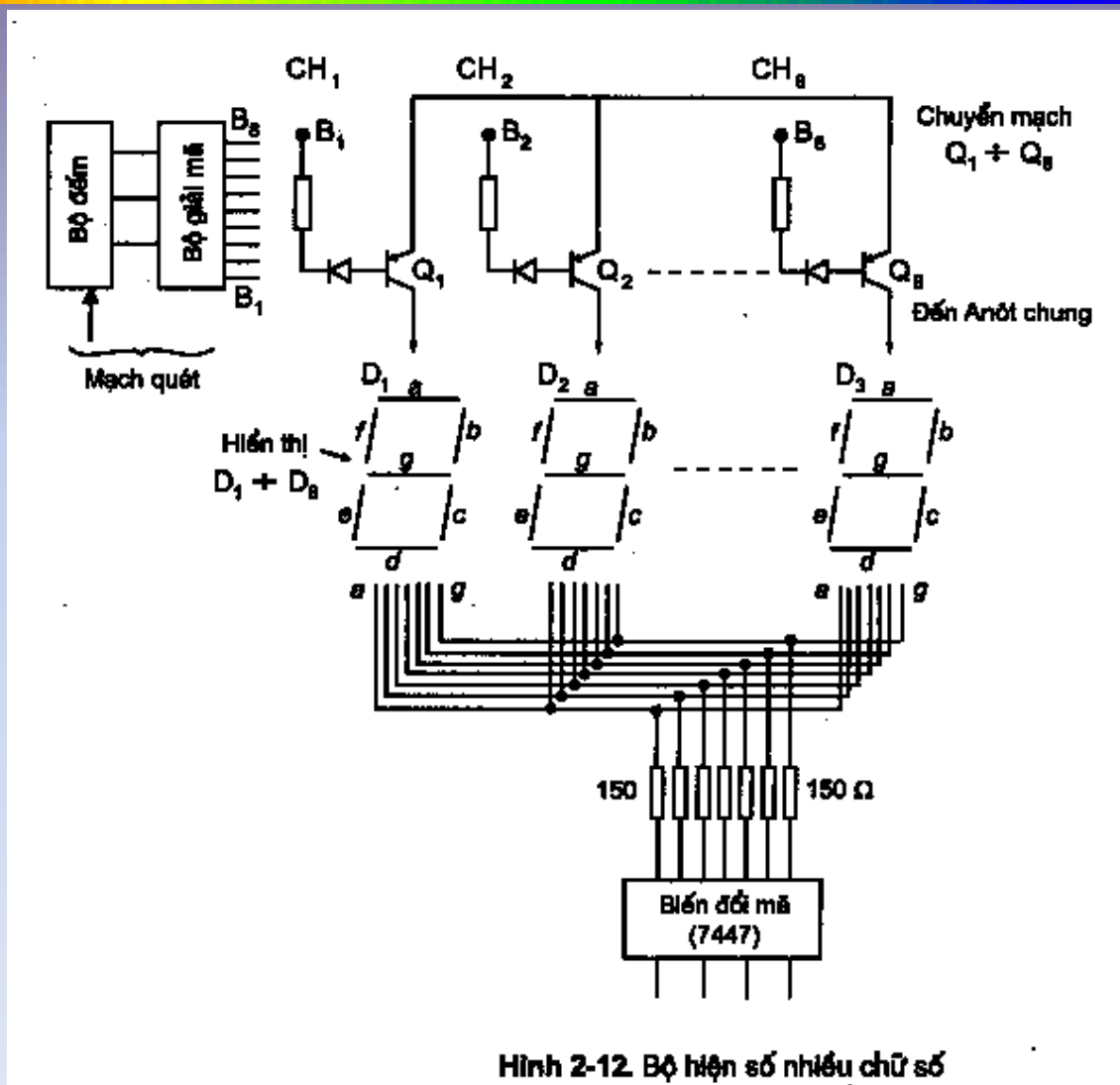


Hình 2-10. Bộ giải mã 7 thanh

Bộ chỉ thị nhiều chữ số



Bộ chỉ thị nhiều chữ số



Hình 2-12. Bộ hiện số nhiều chữ số

Nguyên lý quét động

