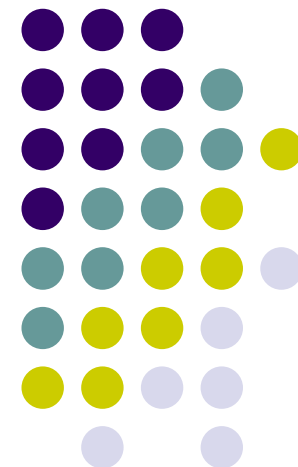


# Kỹ thuật cảm biến

---

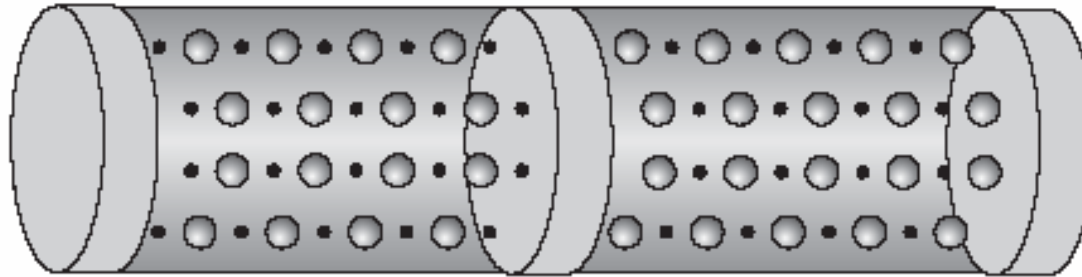
Cảm biến tự phát nguồn



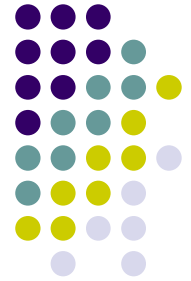


# Cảm biến cặp nhiệt điện

- Cấu trúc của vật liệu kim loại:

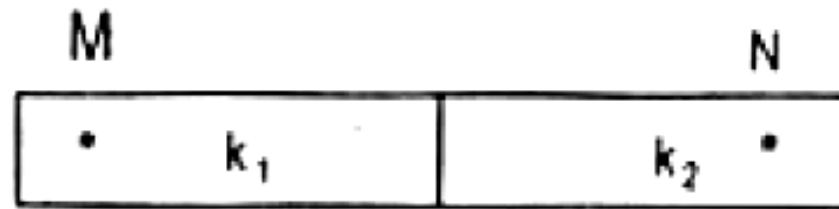


- atoms
  - free electrons



# Cảm biến cặp nhiệt điện

- Hiệu ứng Peltier: Khi hai kim loại M và N khác nhau về mặt bản chất khi tiếp xúc với nhau thì giữa hai kim loại tồn tại một hiệu điện thế



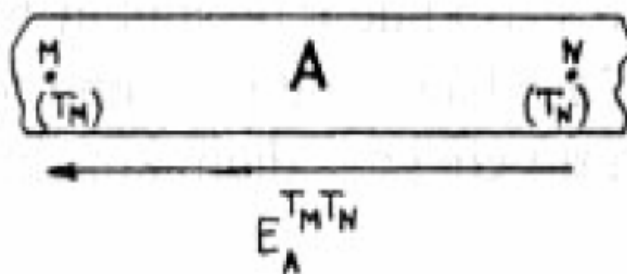


# Cảm biến cặp nhiệt điện

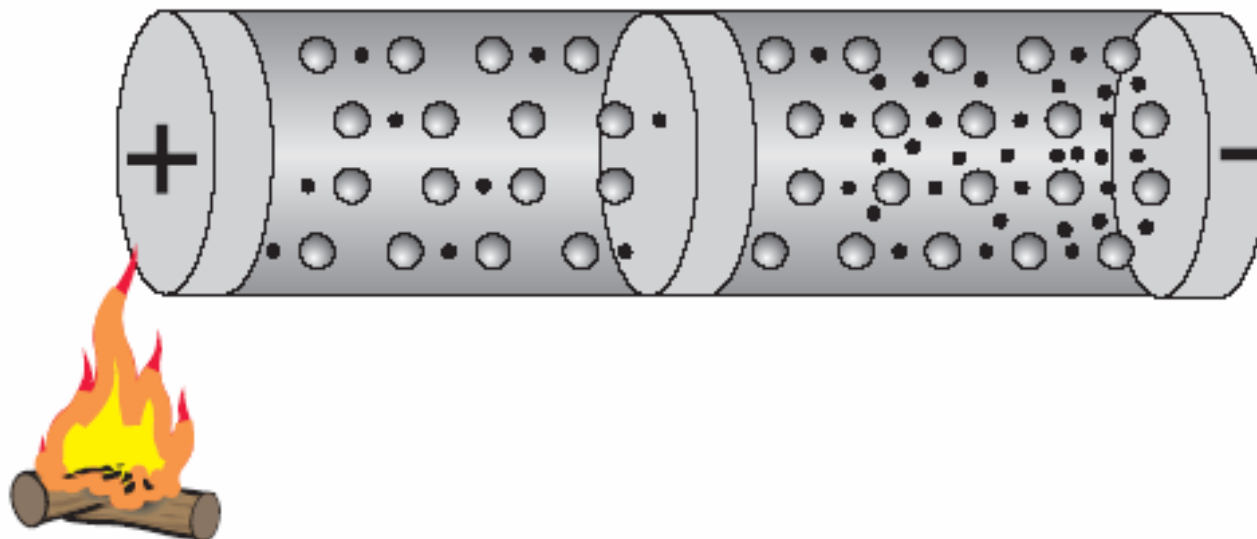
- **Hiệu ứng Thomson:** trong một vật dẫn đồng nhất, giữa hai điểm M và N có nhiệt độ khác nhau sẽ sinh ra một sức điện động. Sức điện động này chỉ phụ thuộc vào bản chất của vật dẫn và nhiệt độ ở hai điểm M và N:

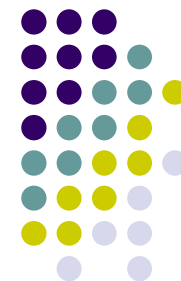
$$E_{\theta} = \int_{t_1}^{t_2} \sigma dt$$

với:  $\sigma$  - hệ số Thomson với vật liệu cho trước



# Cảm biến cặp nhiệt điện

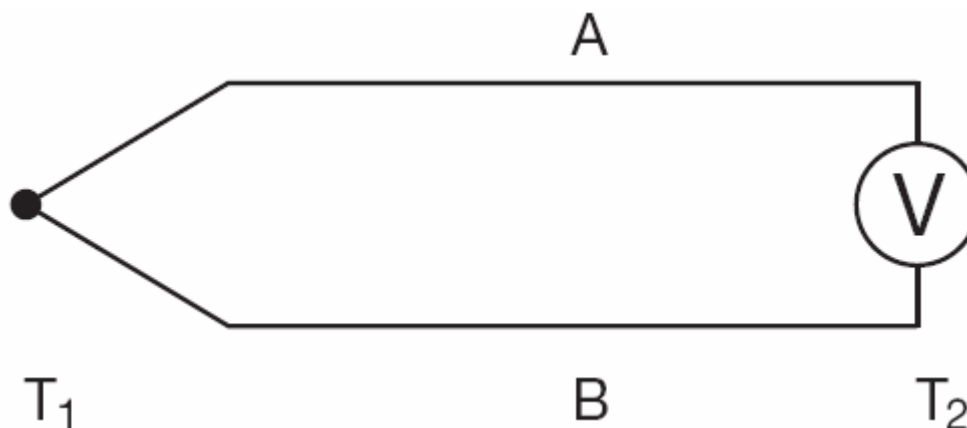




# Cảm biến cặp nhiệt điện

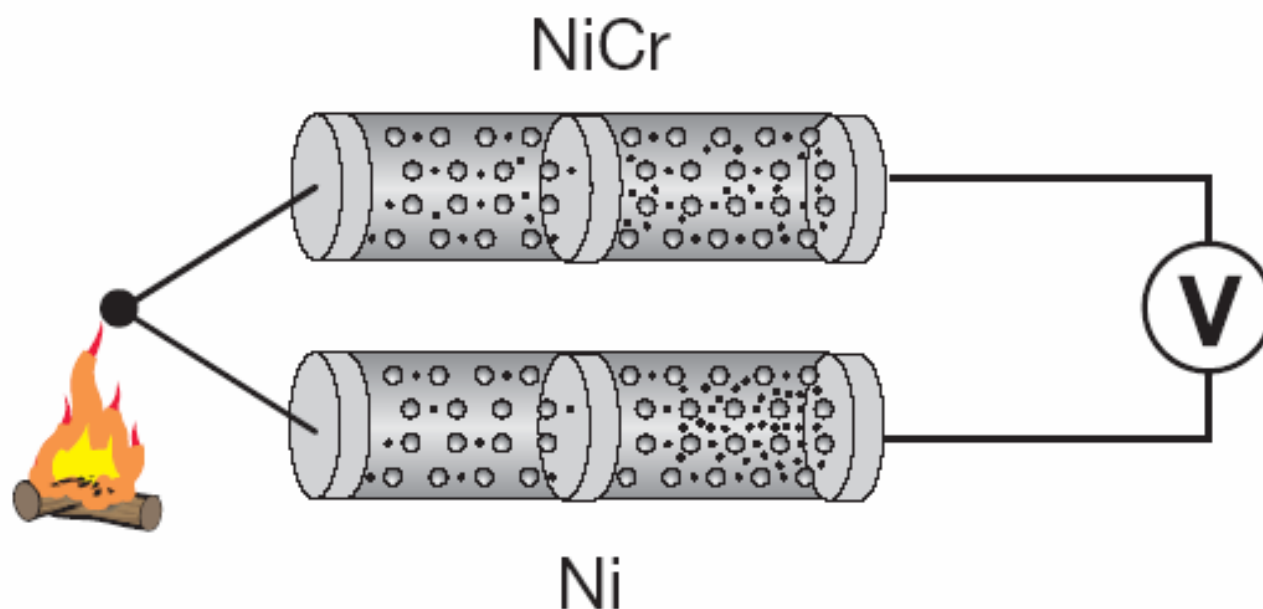
- Hiệu ứng Seebeck:

Nếu có hai dây dẫn khác nhau ( $k_1, k_2$ ) (như hình 7.28a) nối với nhau tại hai điểm  $t_1$  và  $t_2$  và một trong hai điểm đó (ví dụ điểm  $t_1$ ) được đốt nóng thì trong mạch sẽ xuất hiện một dòng điện gây ra bởi sức điện động nhiệt điện.





# Cảm biến cặp nhiệt điện





# Cảm biến cặp nhiệt điện

$$E_{K_1K_2}(t_1, t_2) = E_{K_1K_2}(t_1) + E_{K_1K_2}(t_2) + \int_{t_1}^{t_2} (\sigma_{K_1} - \sigma_{K_2}) dt$$

Sức điện động này phụ thuộc vào nhiệt độ  $t_1$ ,  $t_2$  và có thể biểu diễn dưới dạng:

$$E_{K_1K_2}(t_1, t_2) = e_{K_1K_2}(t_1) - e_{K_1K_2}(t_2)$$

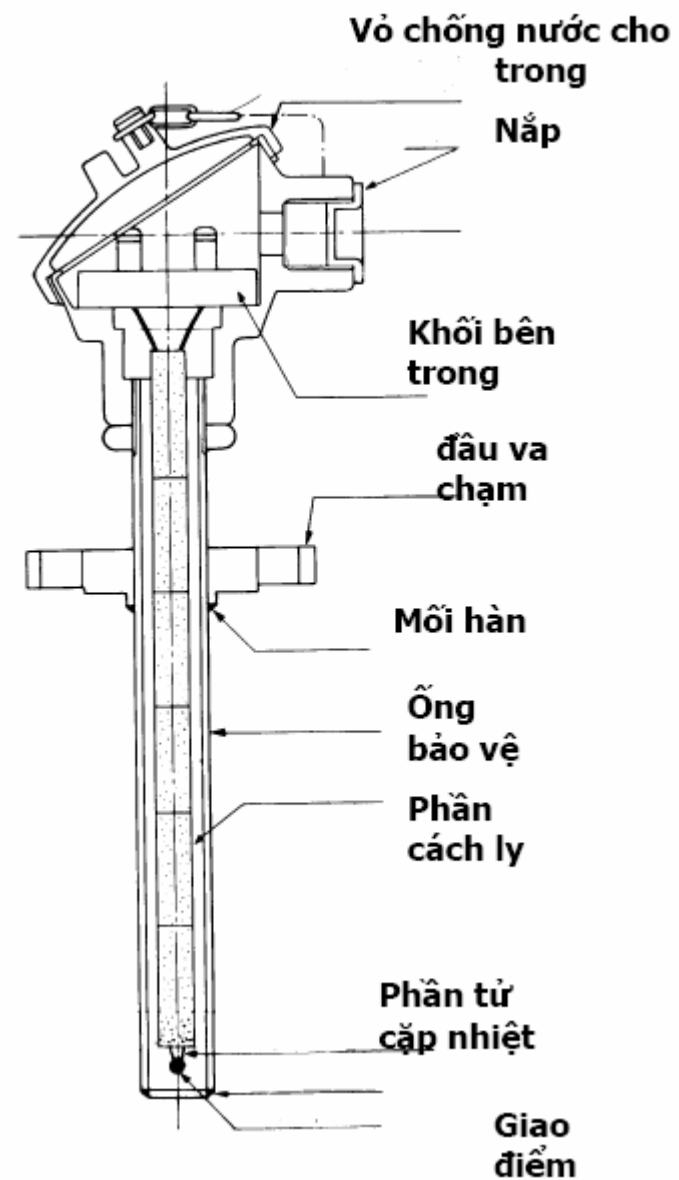
Nếu ở một đầu giữ nhiệt độ không đổi ( $t_2$ ) và đầu kia ( $t_1$ ) đặt ở môi trường đo nhiệt độ ta có:

$$E_{K_1K_2}(t_1, t_2) \sim E_1(t_1)$$

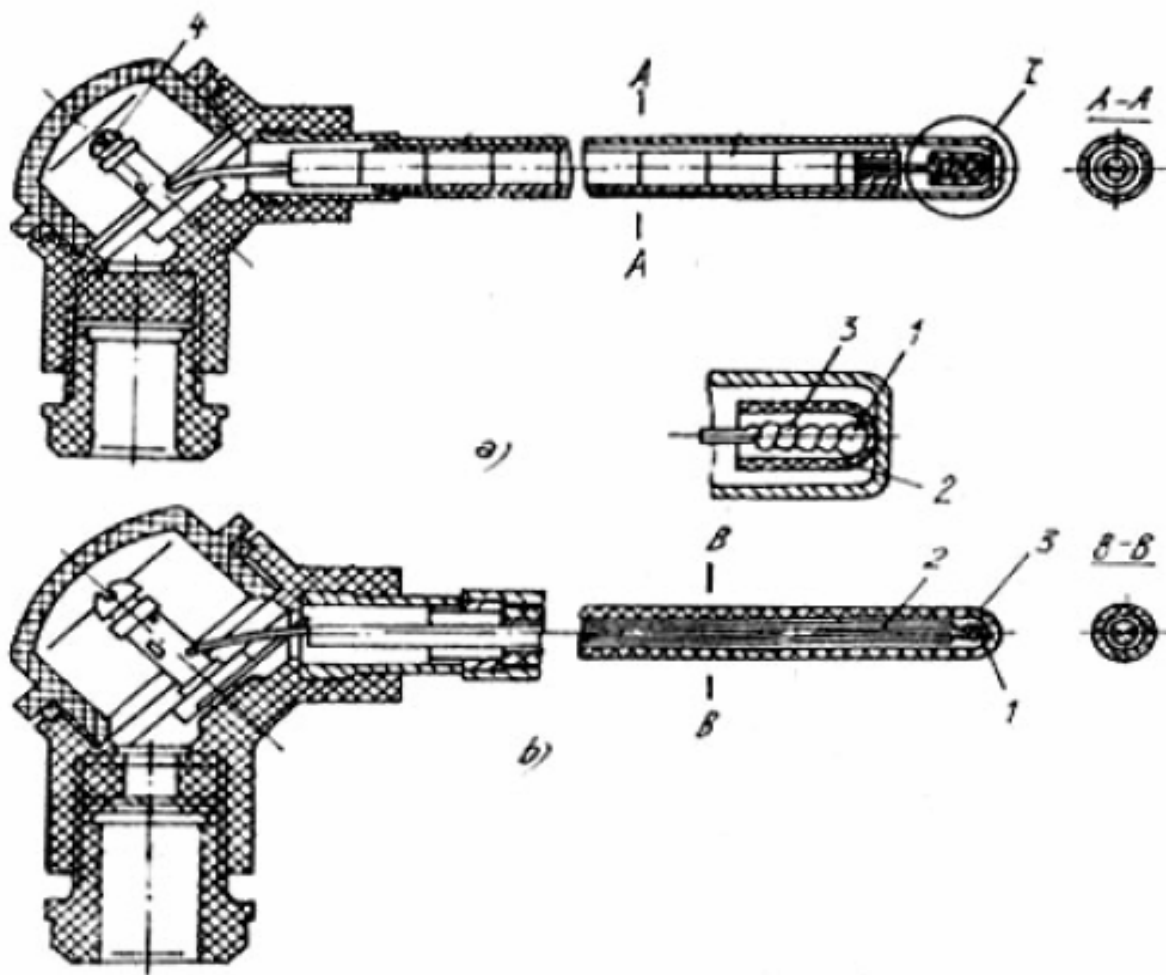
đầu  $t_1$  gọi là đầu làm việc,  $t_2$  là đầu tự do.



# Cảm biến cặp nhiệt



# Cảm biến cặp nhiệt điện





# Cảm biến cặp nhiệt điện



## Weld Pad Probes





# Cảm biến cặp nhiệt điện

- Các kiểu cặp nhiệt điện:

## IEC 584-1, EN 60 584-1

iron - constantan (Fe-Con or Fe-CuNi)

copper - constantan (Cu-Con or Cu-CuNi)

nickel chromium - nickel (NiCr-Ni)

nickel chromium - constantan (NiCr-Con or NiCr-CuNi)

nicrosil - nisil (NiCrSi-NiSi)

platinum rhodium - platinum (Pt10Rh-Pt)

platinum rhodium - platinum (Pt13Rh-Pt)

platinum rhodium - platinum (Pt30Rh-Pt6Rh)

## Type Designation

J

T

K

E

N

S

R

B



# Cảm biến cặp nhiệt điện

Ký hiệu	Ký hiệu hình thức	Vật liệu cấu thành	Đặc điểm cần lưu tâm
B	-	Patin Rhodium 30- Platin.Rhomdium 6	Dây dương như là hợp kim 70%Pt, 30% Rh. Dây âm là hợp kim 94%Pt, 6% Rh. Loại B bền hơn loại R, dải đo nhiệt độ đến 1800°C, còn các đặc tính khác th× như loại R
R	-	PtRh 13 - Pt	Dây dương là loại hợp kim 87% Pt, 13% Rh. Dây âm là Pt nguyên chất. Cặp này rất chính xác, bền với nhiệt và ổn định. Không nên dùng ở nh÷ng môi trường có hơi kim loại
S	-	PtRh10-Pt	Dây dương là hợp kim 90% Pt, 10%Rh. Dây âm là Pt nguyên chất. Các đặc tính khác như loại R
K	CA	Cromel-Alumel	Dây dương là hợp kim gồm chủ yếu là Ni và Cr. Dây âm là hợp kim chủ yếu là Ni. Dùng rộng rãi trong Công nghiệp, bền với môi trường oxy hoá. Không được dùng ở môi trường có CO, SO <sub>2</sub> hay khí S có H
E	CRC	Cromel- Constantan	Dây dương nư đối với loại K. Dây âm như loại J. Có sức điện động nhiệt điện cao và thường dùng ở môi trường acid

50



# Cảm biến cặp nhiệt điện

Thermocouple		Maximum temperature	defined up to
Fe-Con	J	750°C	1200°C
Cu-Con	T	350°C	400°C
NiCr-Ni	K	1200°C	1370°C
NiCr-Con	E	900°C	1000°C
NiCrSi-NiSi	N	1200°C	1300°C
Pt10Rh-Pt	S	1600°C	1540°C
Pt13Rh-Pt	R	1600°C	1760°C
Pt30Rh-Pt6Rh	B	1700°C	1820°C



# Cảm biến cặp nhiệt điện

Type	Common name	Color code	M.P. (°C)	Recommended range, (°C) <sup>d</sup>	emf at 400°C, (mV)	Uncertainty, +/– Special tolerance Normal tolerance	$\rho$ ( $\mu\Omega$ -cm)
B	—	Brown <sup>a</sup>	1810	870 to 1700	0.787	0.25%	34.4
BX	—	Gray <sup>a</sup>	—	—	—	0.50%	—
BP	Pt30Rh	Gray	1910	—	—	—	18.6
BN	Pt6Rh	Red	1810	—	—	—	15.8
E	—	Brown <sup>a</sup>	1270	–200 to 870	28.946	1.0°C or 0.40%	127
EX	—	Purple <sup>a</sup>	—	—	—	1.7°C or 0.50%	—
EP	Chromel <sup>b</sup>	Purple	1430	—	—	—	80
EN	Constantan	Red	1270	—	—	—	46
J	—	Brown <sup>a</sup>	1270	0 to 760	21.848	1.1°C or 0.40%	56
JX	—	White <sup>a</sup>	—	—	—	2.2°C or 0.75%	—
JP	Iron	White	1536	—	—	—	10
JN	Constantan	Red	1270	—	—	—	46
K	—	Brown <sup>a</sup>	1400	–200 to 1260	16.397	1.1°C or 0.40%	112
KX	—	Yellow <sup>a</sup>	—	—	—	2.2°C or 0.75%	—
KP	Chromel	Yellow	1430	—	—	—	80
KN	Alumel <sup>b</sup>	Red	1400	—	—	—	31



# Cảm biến cặp nhiệt điện

N	—	Brown <sup>a</sup>	—	0 to 1260	12.974	1.1°C or 0.40%	—
NX	—	Orange <sup>a</sup>	—			2.2°C or 0.75%	—
NP	Nisil	Orange			—	—	—
NN	Nicrosil	Red					
R	—	Brown <sup>a</sup>	1769	0 to 1480	3.408	0.6°C or 0.10%	29
RX	—	Green <sup>a</sup>	—	—		1.5°C or 0.25%	—
RP	Pt13Rh	Green	1840	—	—		19
RN	Pt	Red	1769	—		—	10
S	—	Brown <sup>a</sup>	1769	0 to 1480	3.259	0.6°C or 0.10%	30
SX	—	Green <sup>a</sup>	—	—		1.5°C or 0.25%	—
SP	Pt10Rh	Green	1830	—	—		20
SN	Pt	Red	1769	—		—	10
T	—	Brown <sup>a</sup>	1083	−200 to 370	20.810	0.5°C or 0.40%	48
TX	—	Blue <sup>a</sup>	—	—		1.0°C or 0.75%	—
TP	Copper	Blue	1083	—		—	2
TN	Constantan	Red	1270	—		—	46





# Cảm biến cặp nhiệt điện

Phương trình biến đổi của cặp nhiệt điện trong trường hợp chung, một cách gần đúng có thể biểu diễn dưới dạng:

$$E_T = A.t + B.t^2 + C.t^3$$

với:  $E_T$  - sức điện động nhiệt điện.

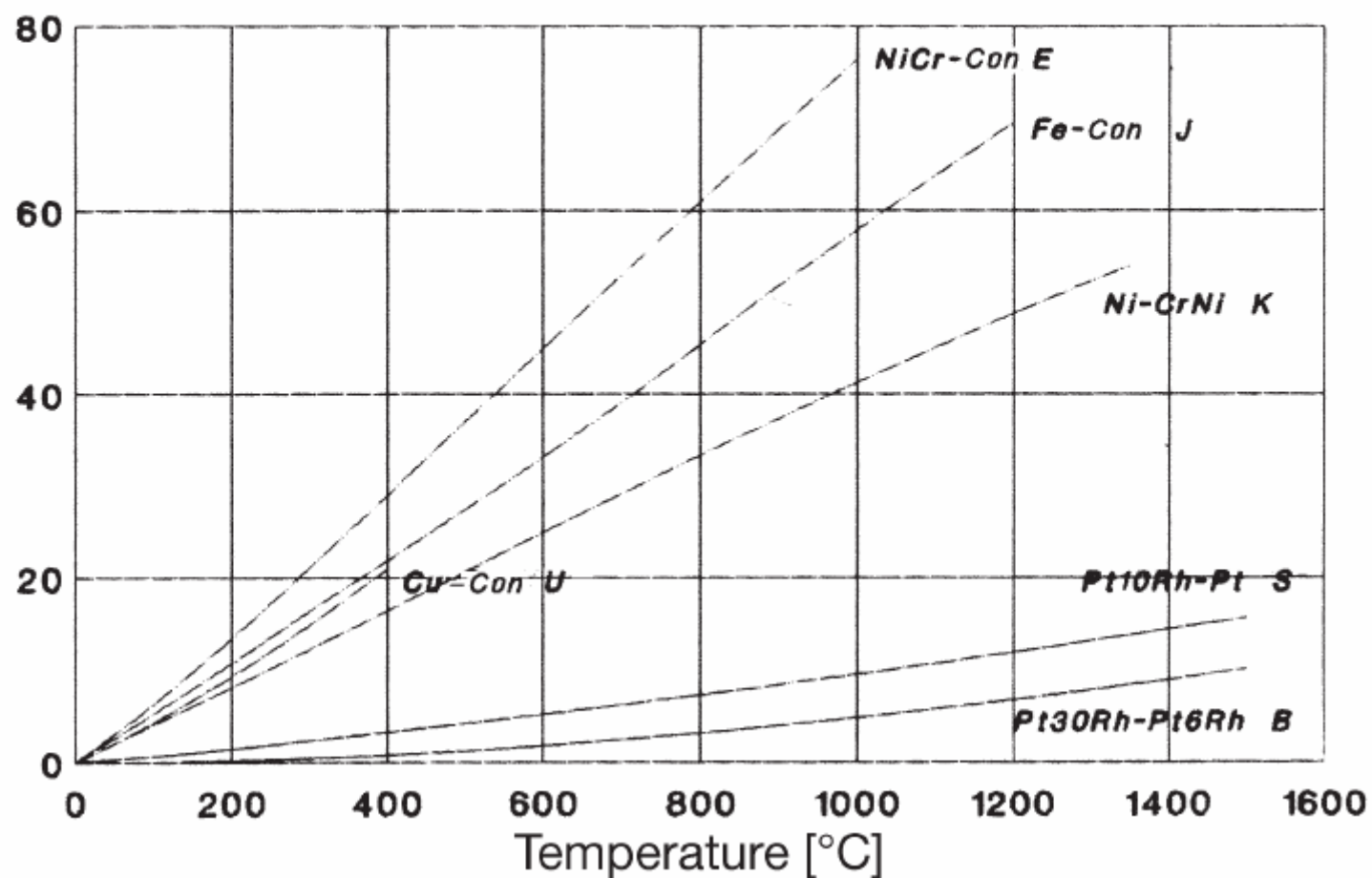
$t$  - hiệu nhiệt độ giữa đầu công tác và đầu tự do.

$A, B, C$  - các hằng số phụ thuộc nhiệt độ của dây làm cặp nhiệt điện.

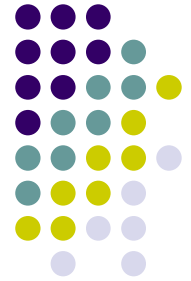


# Cảm biến cặp nhiệt điện

Voltage/mV

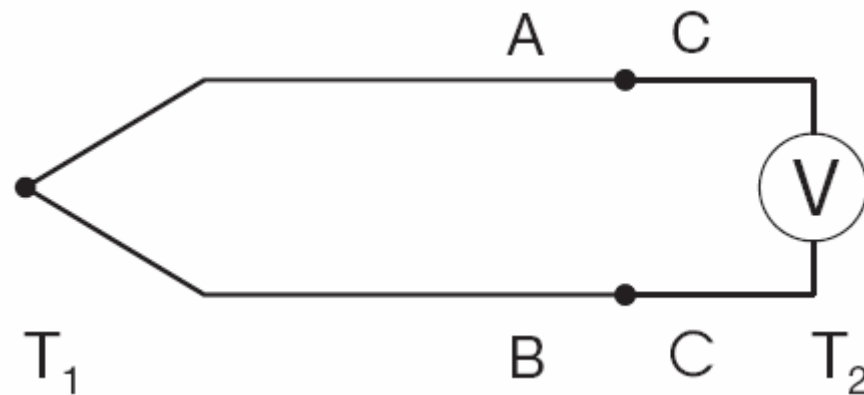


Đào Đức Thịnh - Giảng viên thực hành và lý thuyết

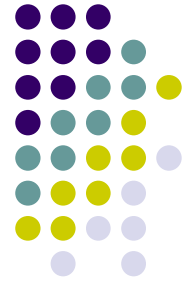


# Cảm biến cặp nhiệt điện

- Một vấn đề nảy sinh là khi đo bằng voltage meter là phát sinh các chuyển tiếp A-C và B-C.



# Cảm biến cặp nhiệt điện

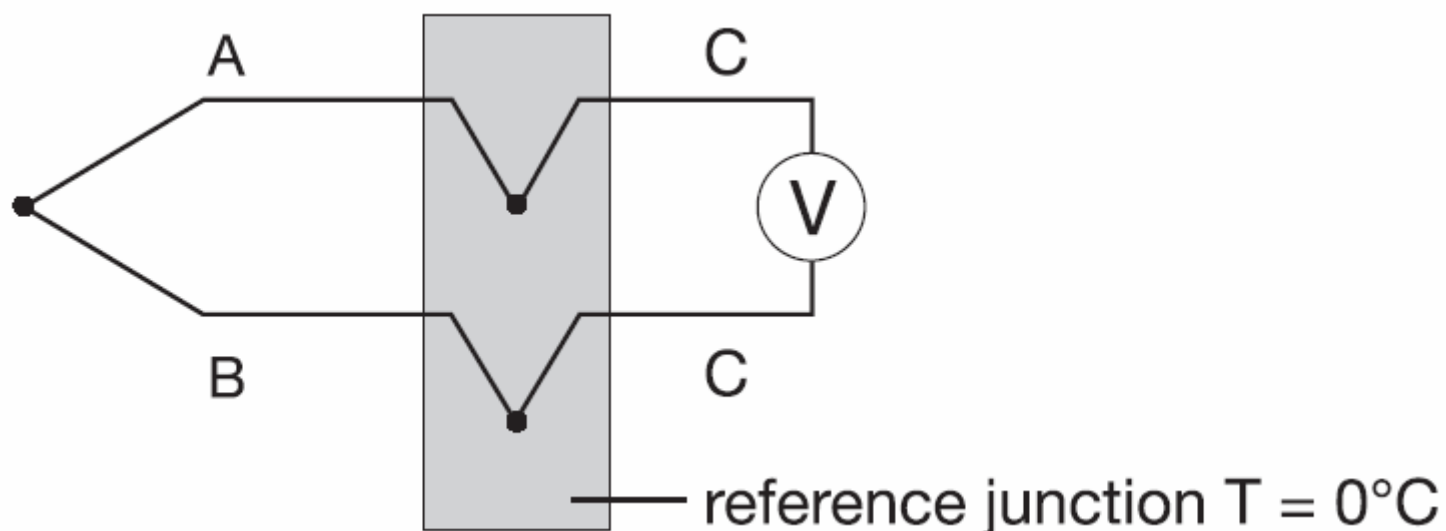


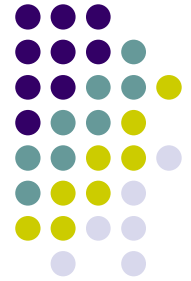
- Bù nhiệt độ đầu tự do cho cặp nhiệt:



# Cảm biến cặp nhiệt điện

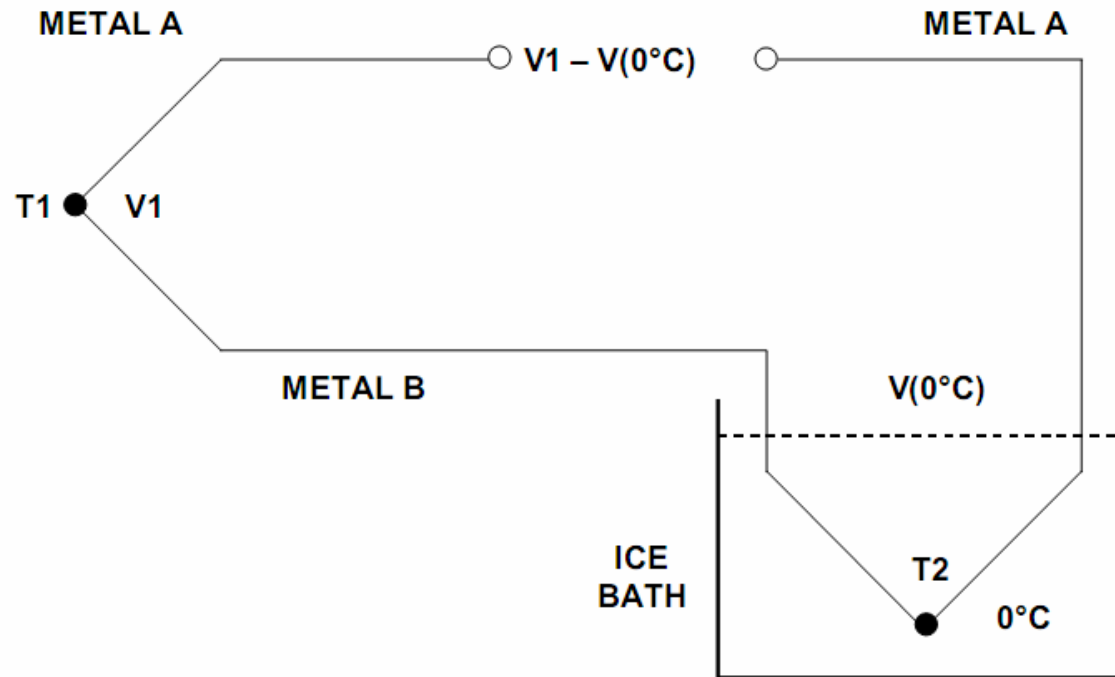
- Đưa đầu tự do về nhiệt độ cố định ( 0 độ C)





# Cảm biến cặp nhiệt điện

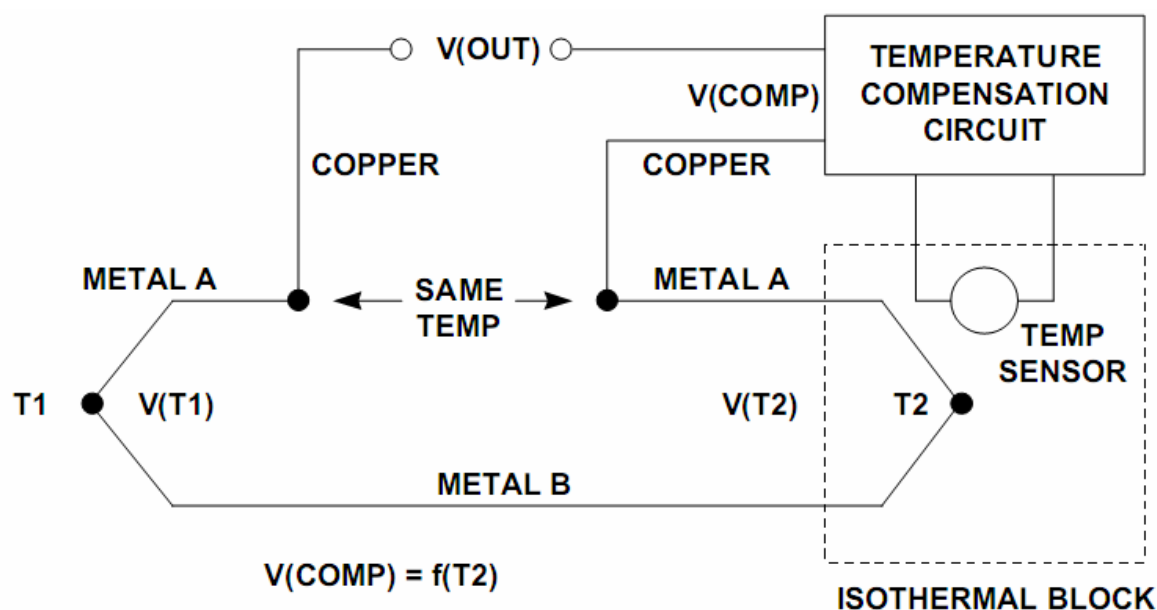
- Sử dụng nước đá đang tan:





# Cảm biến cặp nhiệt điện

- Sử dụng mạch điện tử:



$$V(Comp) = f(T2)$$

$$V(OUT) = V(T1) - V(T2) + V(Comp)$$

IF  $V(Comp) = V(T2) - V(0^{\circ}C)$ , THEN

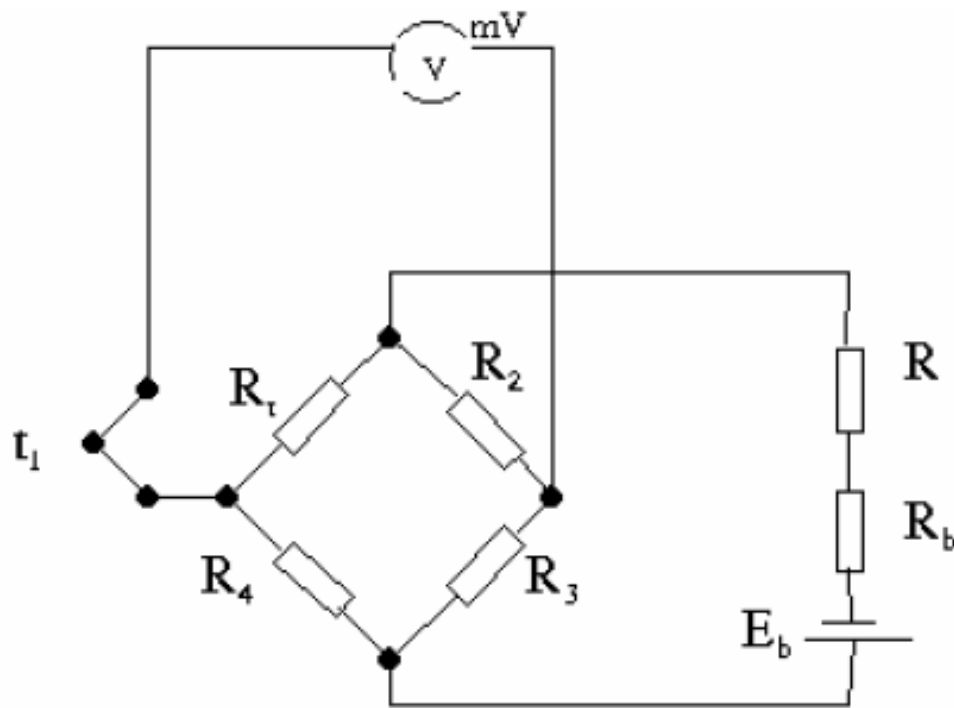
$$V(OUT) = V(T1) - V(0^{\circ}C)$$

Đào Đức Thịnh - BM Kỹ thuật đo và THCN



# Cảm biến cặp nhiệt điện

- Bù bằng cầu nhiệt điện trở:







# Cảm biến cặp nhiệt điện

Mạch bù nhiệt độ đầu tự do được thực hiện bằng 1 mạch cầu 4 nhánh trên ấy có một nhiệt điện trở, hoạt động của nó như sau: Ở 0°C 4 nhánh của cầu cân bằng điện áp ở đường chéo cầu  $\Delta U=0$ , khi nhiệt độ ở trên đầu hộp nối dây tức là nhiệt độ đầu tự do thay đổi:

$$\Delta U = \frac{U_{CC}}{4} \frac{\Delta R_T}{R_T} = \frac{U_{CC}}{4} \alpha t_{td}$$

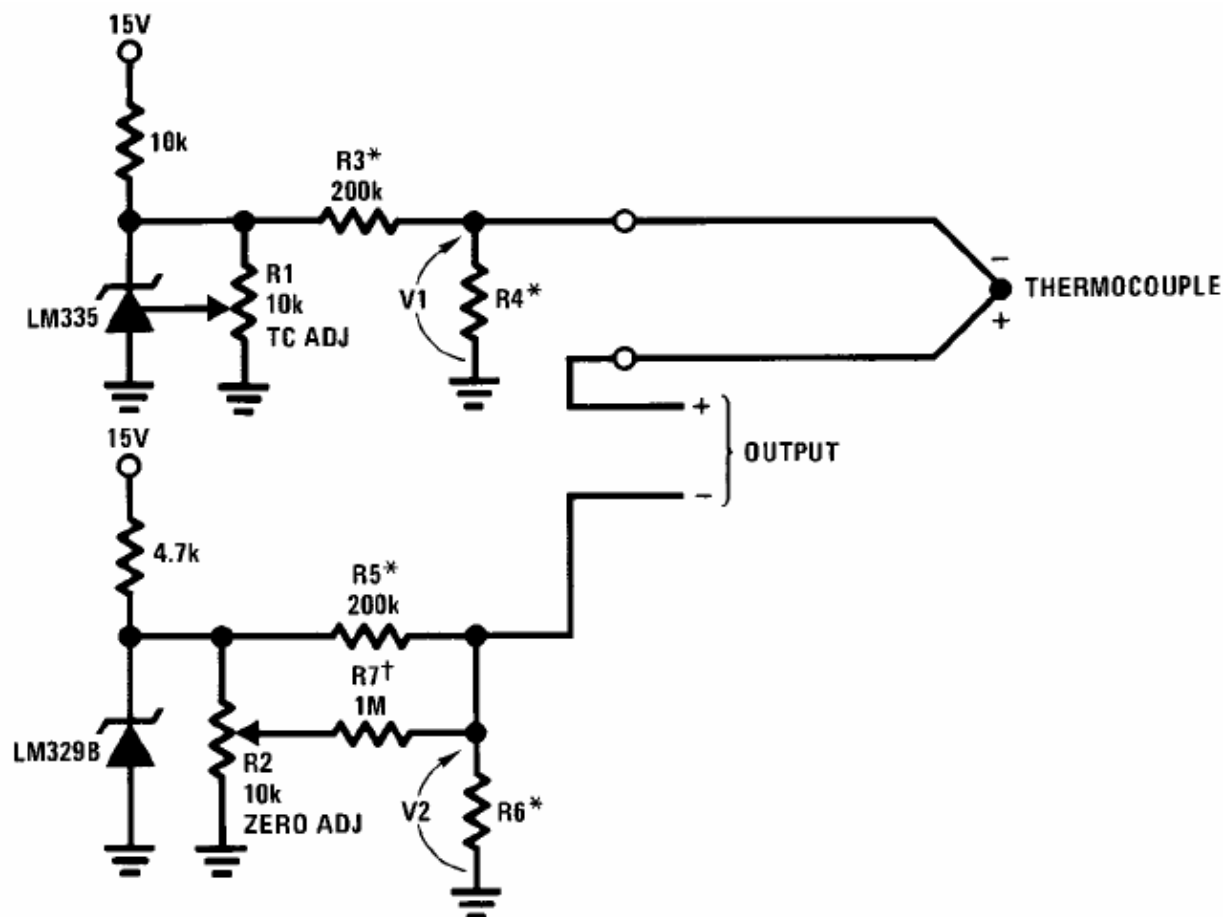
Ta lại có  $E_T = K_T (t_{nóng} - t_{tự do}) = K_T t_{nóng} - K_T t_{tự do}$

Để bù ảnh hưởng của nhiệt độ đầu tự do ta có

$$K_T t_{tự do} = \frac{U_{CC}}{4} \alpha t_{tự do} \rightarrow U_{CC} = \frac{4K_T}{\alpha}$$



# Cảm biến cặp nhiệt điện



Thermocouple Type	Seebeck Coefficient ( $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ )	R4 ( $\Omega$ )	R6 ( $\Omega$ )
J	52.3	1050	385
T	42.8	856	315
K	40.8	816	300
S	6.4	128	46.3

\*R3 thru R6 are 1%, 5 ppm/ $^\circ\text{C}$ . (10 ppm/ $^\circ\text{C}$  tracking.)

†R7 is 1%, 25 ppm/ $^\circ\text{C}$ .

$$\text{choose } R4 = \frac{\alpha}{10 \text{ mV}/^\circ\text{C}} \cdot R3$$

$$\text{choose } R6 = \frac{-T_0 \cdot \alpha}{V_Z} \cdot (0.9R5)$$

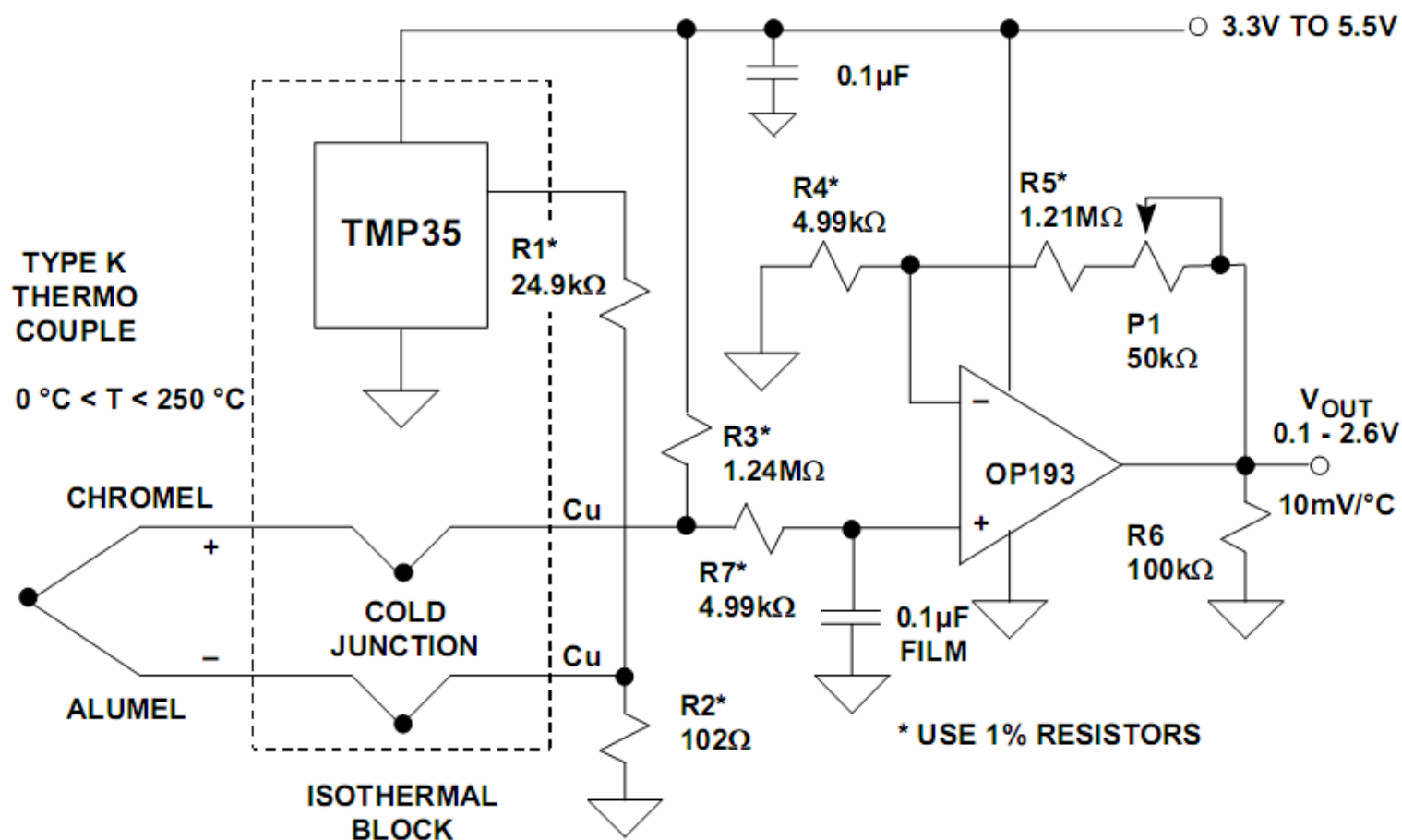
$$\text{choose } R7 = 5 \cdot R5$$

where  $T_0$  is absolute zero ( $-273.16^\circ\text{C}$ )

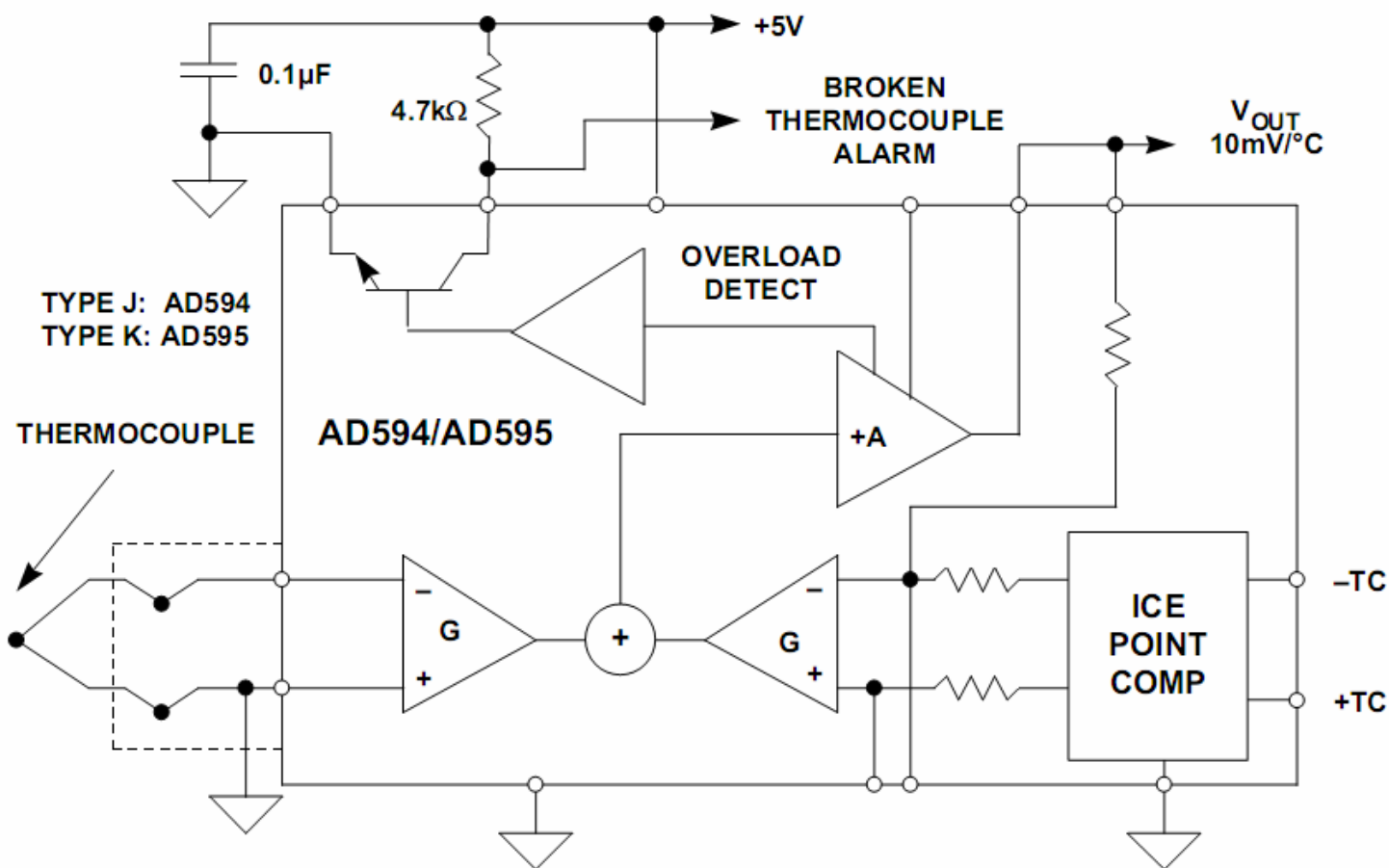
$V_Z$  is the reference voltage (6.95V for LM329B)

TL/H/7471-3

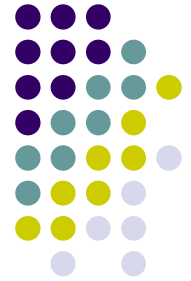
# Cảm biến cặp nhiệt điện



# Cảm biến cặp nhiệt điện



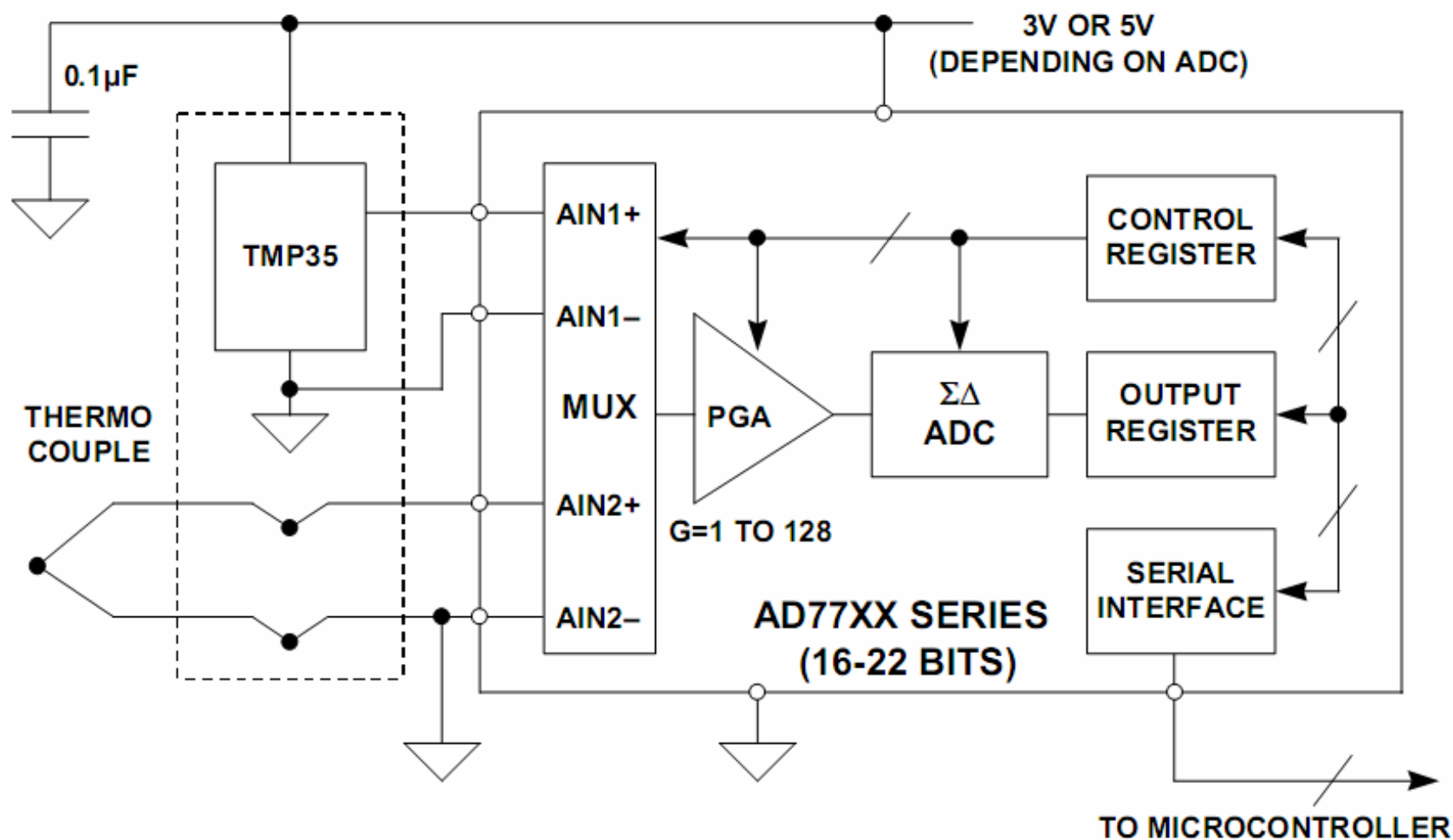
# Cảm biến cặp nhiệt điện

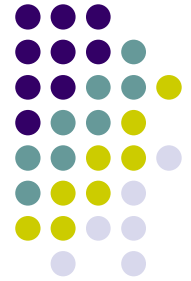


- Bù bằng vi điều khiển:



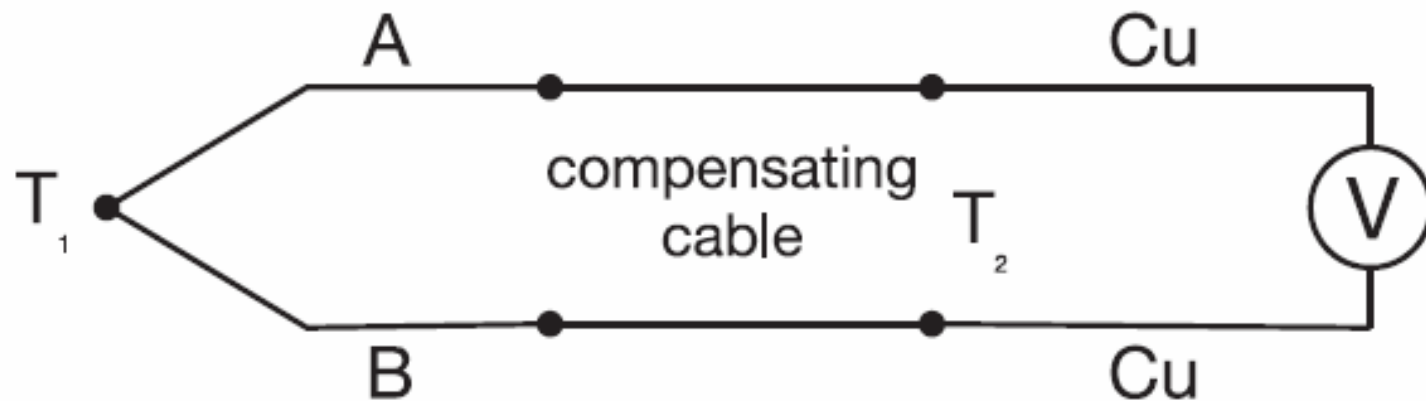
# Cảm biến cặp nhiệt điện





# Cảm biến cặp nhiệt điện

- Sử dụng dây bù cho cặp nhiệt





# Cảm biến cặp nhiệt điện

$$I = \frac{E_T}{R_{CT} + R_{ND} + R_d}$$

với:  $E_T$  - sức điện động nhiệt điện  
 $R_{CT}$  - điện trở của milivônmet  
 $R_{ND}$  - điện trở cặp nhiệt điện  
 $R_d$  - điện trở đường dây.

Điện áp rơi trên milivônmet:

$$U_{CT} = E - I(R_{ND} + R_d) = \frac{E \cdot R_{CT}}{R_{CT} + R_{ND} + R_d}$$



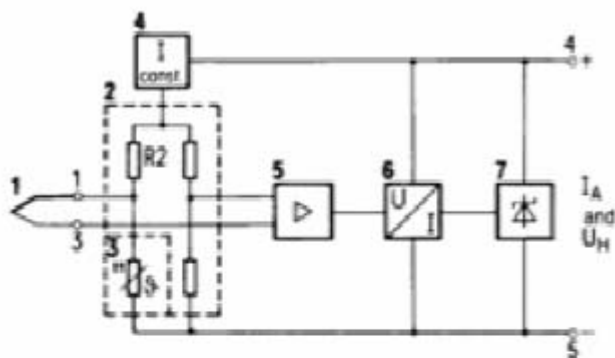
# Cảm biến cặp nhiệt điện



- Để giữ cho sai số nhỏ thì điện trở vào của mạch đo phải lớn.



# Cảm biến cặp nhiệt điện



**Hình 1.2**

$I_A$  và  $U_H$  - Tín hiệu ra một chiều và nguồn cung cấp.

1- Cặp nhiệt ngẫu  
cầu

2- Đầu vào của mạch

3- Đầu lạnh của cặp nhiệt

4- nguồn dòng hằng

5- Điện áp một chiều khuếch đại

6- Modul ra

7- điều chỉnh điện áp



# Cảm biến cặp nhiệt điện

- Ứng dụng:
  - Để đo nhiệt độ chủ yếu với nhiệt độ cao.
  - Đo các đại lượng không điện khác thông qua nhiệt độ



# Cảm biến quang điện

- Ánh sáng có tính chất sóng và hạt:

$$Q_{\phi} = h\nu$$

với:      h - hằng số planck (  $h = 6,6256 \cdot 10^{-34} \text{Js}$  )  
            ν - tần số của sóng ánh sáng

- Một điện tử được giải phóng khi:

$$Q_{\phi} \geq Q_e \Leftrightarrow \nu \geq \frac{Q_e}{h} \Leftrightarrow \lambda \leq \frac{hc}{Q_e}$$

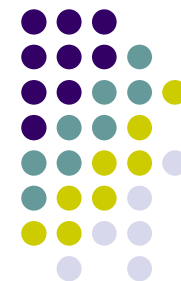


# Cảm biến quang điện

- Bước sóng lớn nhất có thể gây ra hiện tượng quang điện:

$$\lambda_{\max} = \frac{hc}{Q_e} = \frac{1,237}{Q_e} (\mu m)$$

# Cảm biến quang điện



*Đèn sợi đốt*: là một bóng đèn thủy tinh trong chứa chất khí hiếm hoặc halôgen và có sợi đốt làm bằng vonfram. Ánh sáng đèn sợi đốt nằm trong vùng nhìn thấy. Ưu điểm của đèn sợi đốt là thông lượng lớn, dải phổ rộng và có thể thay đổi được. Nhược điểm là quán tính lớn, thời gian sử dụng ngắn và dễ vỡ.

# Cảm biến quang điện



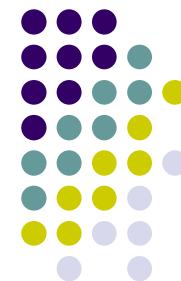
*Điốt phát quang - LED (Light Emitting Diode):* là các đèn điốt, năng lượng được giải phóng do sự tái hợp điện tử - lỗ trống ở phần chuyển tiếp P-N làm phát sinh các photon. Ưu điểm của điốt phát quang là thời gian hồi đáp nhỏ (cỡ ns) do vậy có thể điều chế được ở tần số cao bằng nguồn nuôi, phổ ánh sáng hoàn toàn xác định, kích thước nhỏ, công suất tiêu thụ bé, độ tin cậy cao, độ bền tốt. Nhược điểm là thông lượng nhỏ (cỡ mW) và nhạy với nhiệt độ.

# Cảm biến quang điện



*Laze - Laser (Light Amplification by Stimulated Emission Radiation)*: là nguồn đơn sắc, độ chói lớn, rất định hướng tính liên kết mạnh (cùng phân cực và cùng pha) do vậy khi các bức xạ chồng chéo lên nhau chúng tạo thành một sóng duy nhất và xác định. Ưu điểm: laze có bước sóng đơn sắc hoàn toàn xác định, thông lượng lớn, chùm tia mảnh, độ định hướng cao và truyền đi xa.





# Cảm biến quang điện

*Tế bào quang điện (photo-cell):* tế bào quang điện là phần tử quang điện sử dụng *hiệu ứng quang điện ngoài*, đó là một đèn chân không hoặc có khí. Dưới tác dụng của dòng ánh sáng catốt sẽ phát xạ các điện tử.

Sự phát xạ điện tử diễn ra theo các giai đoạn: hấp thụ photon và giải phóng điện tử. Các điện tử được giải phóng di chuyển lên bề mặt và dưới tác dụng của điện trường các điện tử sẽ di chuyển theo một hướng nhất định.

Tùy theo cấu tạo và nguyên lý làm việc người ta phân thành 3 loại tế bào quang điện: tế bào quang điện chân không, đèn iôn khí và bộ nhân quang điện.

# Cảm biến quang điện

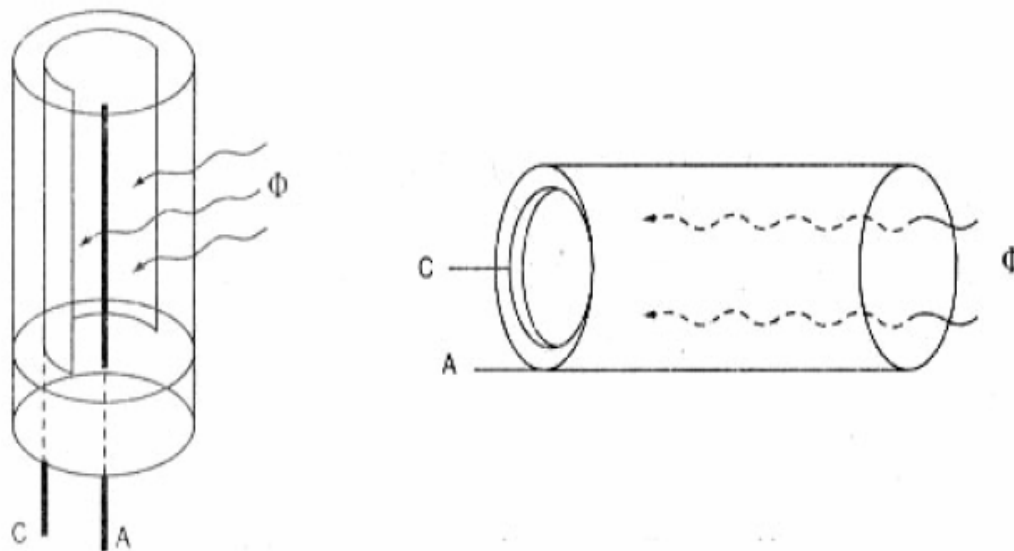


Các vật liệu sử dụng làm photo catốt của tế bào quang điện là: AgOCs nhạy với vùng hồng ngoại;  $\text{Cs}_3\text{Sb}$ ,  $(\text{Cs})\text{Na}_2\text{KSb}$ ,  $\text{K}_2\text{CsSb}$ : nhạy với ánh sáng nhìn thấy và vùng tử ngoại;  $\text{Cs}_2\text{Te}$ ,  $\text{Rb}_2\text{Te}$ ,  $\text{CsT}$ : nhạy trong vùng tử ngoại.

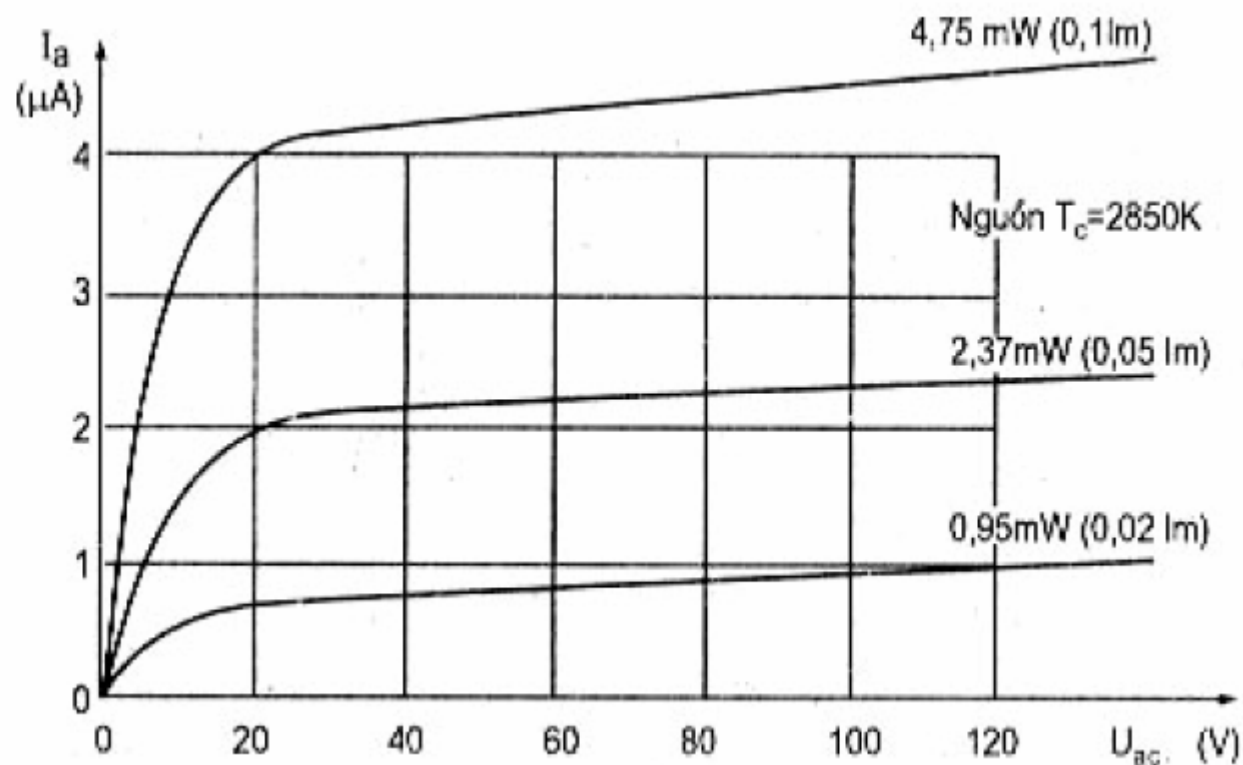
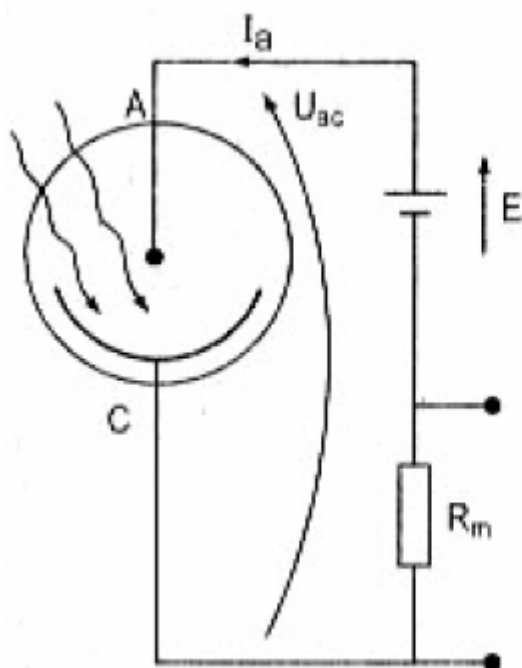


# Cảm biến quang điện

*Tế bào quang điện chân không:* là một ống hình trụ được hút chân không tới áp suất  $10^{-6} \div 10^{-8}$  mmHg. Trong ống đặt một catốt có khả năng phát xạ khi được chiếu sáng và một anốt. Hình dạng và vị trí của các điện cực được thiết kế sao cho catốt có thể hấp thụ tối đa thông lượng ánh sáng chiếu tới mà không bị anốt che tối nhưng vẫn thu được tối đa số điện tử phát xạ từ catốt:



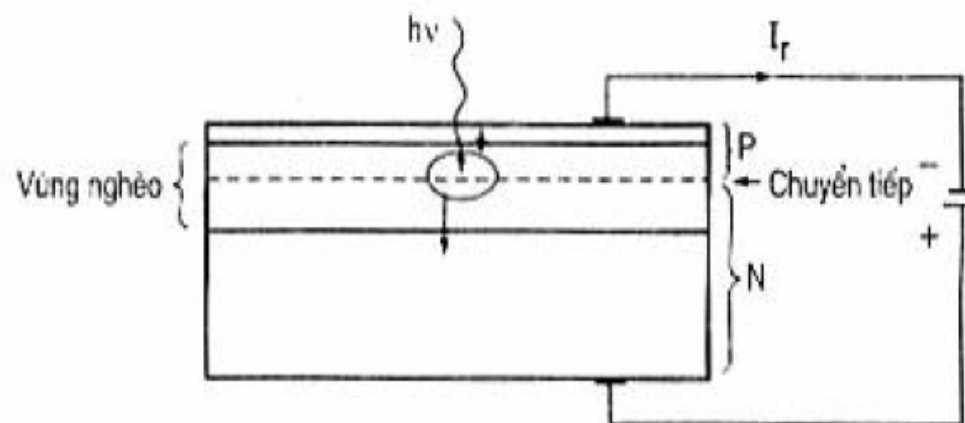
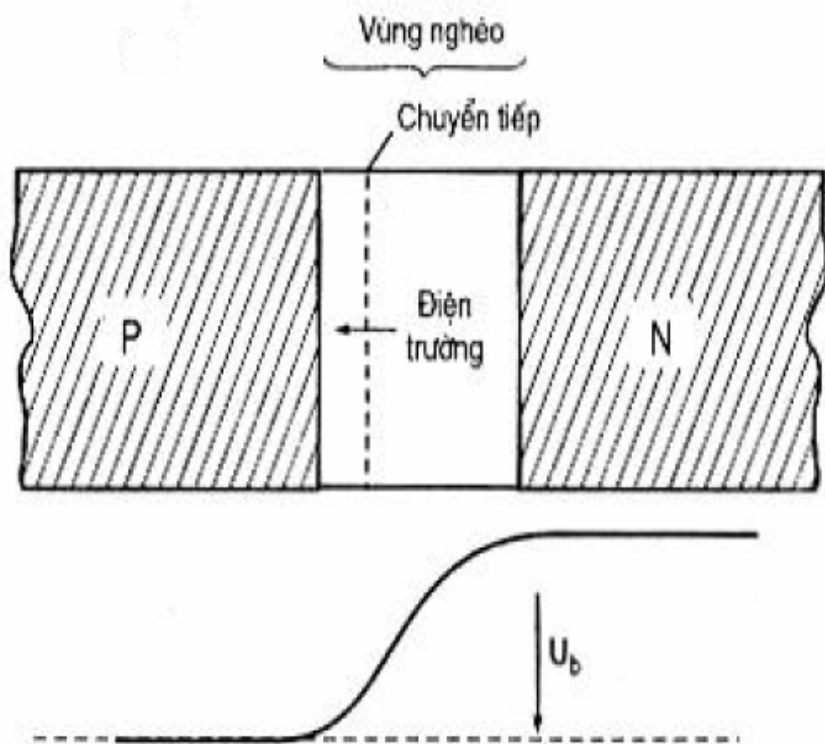
# Cảm biến quang điện



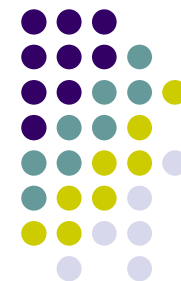


# Cảm biến quang điện

*Nguyên lý làm việc:* dựa trên hiện tượng thay đổi độ dẫn phụ thuộc vào ánh sáng của lớp tiếp giáp P-N của các chất bán dẫn



# Cảm biến quang điện



Khi không có điện áp đặt lên tiếp giáp P-N thì dòng điện qua tiếp giáp bằng không ( $I = 0$ ). Dòng điện  $I$  lúc này là tổng của hai dòng điện ngược chiều nhau và bằng nhau đó là *dòng khuếch tán các hạt cơ bản* sinh ra khi ion hoá tạp chất (lỗ trống trong bán dẫn loại p và điện tử trong bán dẫn loại n) và *dòng hạt dẫn không cơ bản* (điện tử trong bán dẫn loại p và lỗ trống trong bán dẫn n) do kích thích nhiệt.



# Cảm biến quang điện

Khi đặt lên điôt (lên tiếp giáp P-N) điện áp ngược  $U_d$  thì chiều cao của hàng rào điện thế và bề rộng vùng nghèo thay đổi làm cho dòng điện  $I$  thay đổi theo. Khi đó  $I$  được gọi là dòng điện ngược (dòng điện rò), có chiều từ K đến A của điôt và có giá trị tính bằng:

$$I = I_0 - I_0 \cdot \exp\left[-\frac{U_d}{(KT/q)}\right]$$

với:  $U_d$  - điện áp đặt lên điôt;  $I_0$  - dòng điện tối

# Cảm biến quang điện



Với điện áp ngược đạt giá trị đủ lớn ( $U_d \gg KT/q$ , cỡ 26mV tại  $T=300K$ ) thì chiều cao hàng rào thế tăng đến mức dòng khuếch tán của các hạt dẫn cơ bản trở nên rất nhỏ có thể bỏ qua và chỉ còn lại dòng các hạt dẫn không cơ bản, dòng điện này gọi là *dòng ngược (dòng rò) của điốt*  $I_r$ :

$$I_r = I_0$$





# Cảm biến quang điện

Khi đó nếu chiếu vào điôt dòng ánh sáng có bước sóng nhỏ hơn bước sóng ngưỡng ( $\lambda < \lambda_0$ ) thì sẽ xuất hiện các cặp điện tử-lỗ trống và dưới tác dụng của điện trường chúng di chuyển theo hướng của các hạt dẫn không cơ bản tạo ra dòng điện gọi là *dòng quang điện*  $I_p$  làm tăng dòng điện ngược  $I_r$

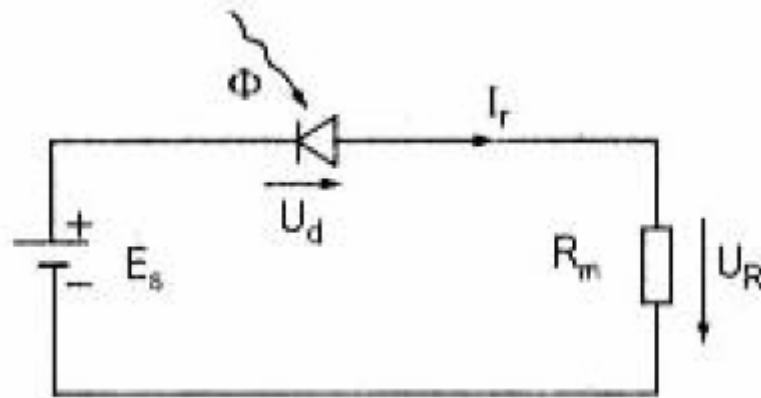
$$I_r = I_0 + I_p$$

$$I_p = \frac{q \eta (1 - R) \exp(-\lambda X)}{hc} \lambda \phi_o$$



# Cảm biến quang điện

- Chế độ quang dẫn:



# Cảm biến quang điện



$I_0 \ll I_p$  nên ta có:

$$I_r = I_0 + I_p$$

$$I_r \approx I_p$$

$$E = U_R + U_d ; U_R = R \cdot I_r$$

$$I_r = \frac{E - U_d}{R}$$

$U_R$  tỉ lệ với thông lượng ánh sáng  $\Phi$ :

$$U_R = f(\Phi)$$



# Cảm biến quang điện

- Chế độ hở mạch ( $U_h$ ): khi điốt bị chiếu sáng thì dòng quang điện  $I_p$  tăng làm cho hàng rào thế giảm đi một lượng  $\Delta U_b$ , do đó dòng các hạt dẫn cơ bản tăng lên để đảm bảo cân bằng giữa dòng hạt dẫn cơ bản và không cơ bản sao cho  $I_r = 0$ . Khi đó nếu trong tối (ánh sáng yếu)  $I_p \ll I_0$  thì:

$$U_h = \frac{KT}{q} \cdot \frac{I_p}{I_0}$$



# Cảm biến quang điện

Còn khi thông lượng ánh sáng mạnh  $I_p \gg I_0$  thì:

$$U_h = \frac{KT}{q} \cdot \log \frac{I_p}{I_0}$$

lúc này  $U_h$  có giá trị tương đối lớn (0,1÷0,6V) nhưng quan hệ giữa  $U_h$  và  $\Phi$  có dạng hàm lôgarit

# Cảm biến quang điện



- Chế độ ngắn mạch thì dòng  $I_p$  tỉ lệ với thông lượng ánh sáng.

# Cảm biến quang điện



$$S_{\lambda} = \frac{\Delta I_p}{\Delta \Phi} = \frac{q \cdot \eta \cdot (1 - R) \cdot \exp(-\alpha X)}{hc} \cdot \lambda = f(\lambda, \eta, \alpha)$$

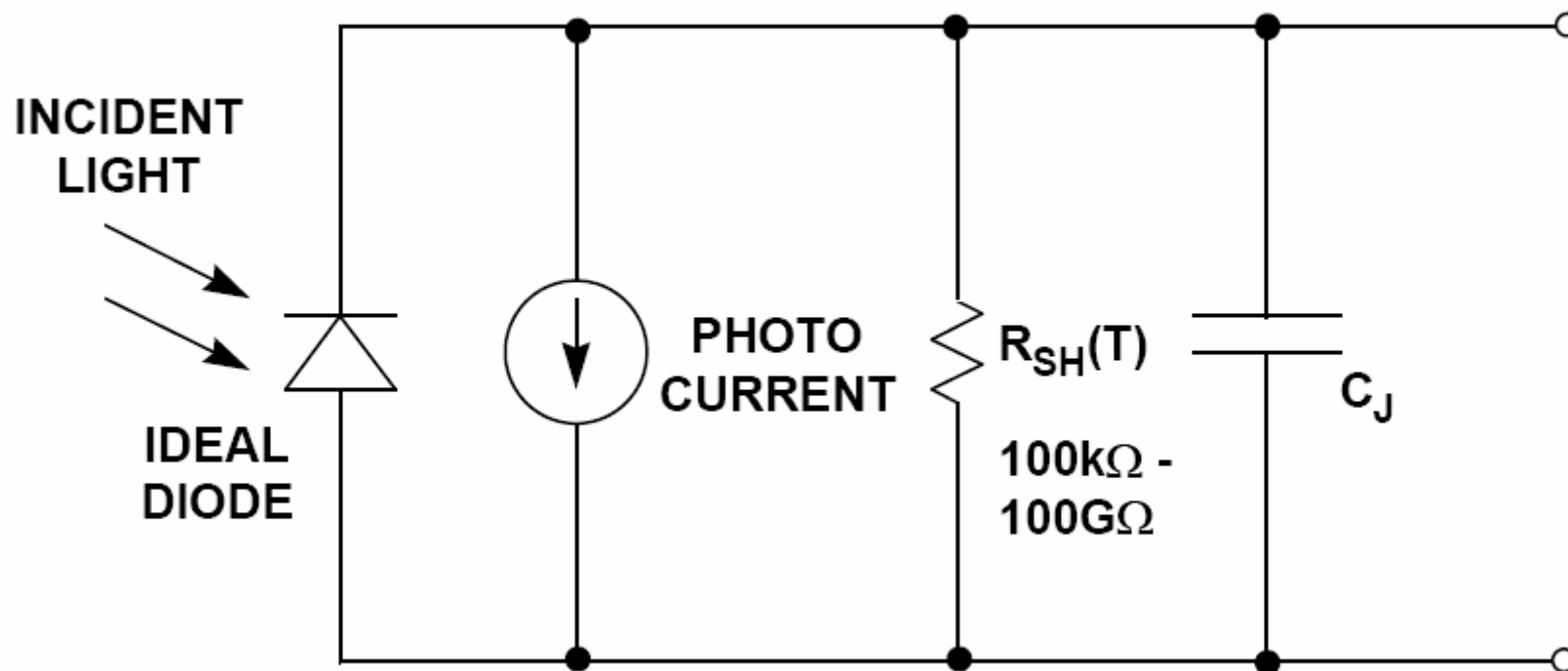
q - điện tích;

R - hệ số phản xạ;

$\eta$  - hiệu suất lượng tử,

$\alpha$  - hệ số hấp thụ

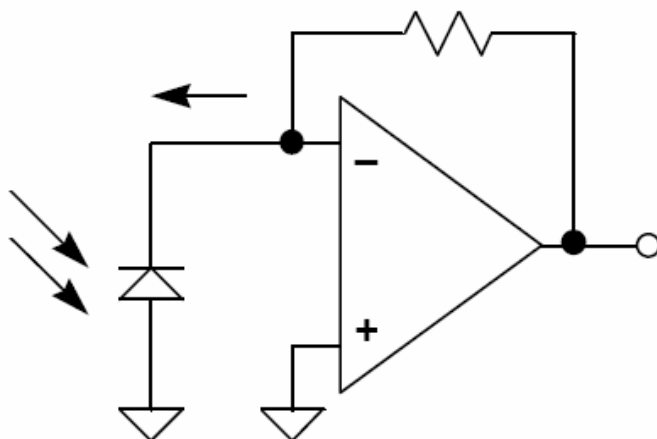
# Cảm biến quang điện





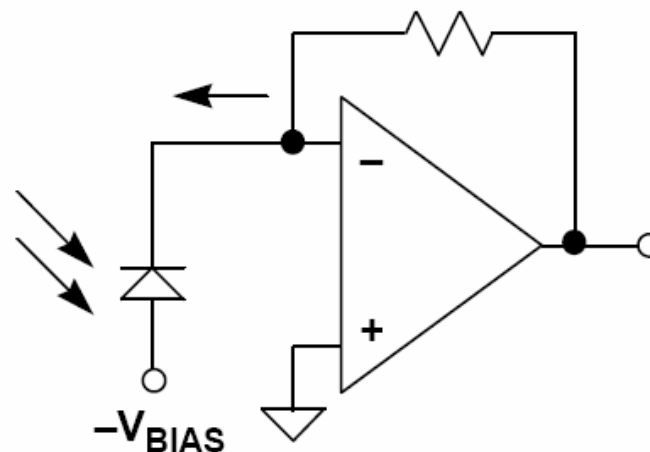


# Cảm biến quang điện



**PHOTOVOLTAIC**

- Zero Bias
- No "Dark" Current
- Linear
- Low Noise (Johnson)
- Precision Applications



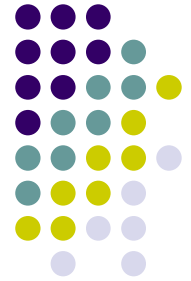
**PHOTOCONDUCTIVE**

- Reverse Bias
- Has "Dark" Current
- Nonlinear
- Higher Noise (Johnson + Shot)
- High Speed Applications



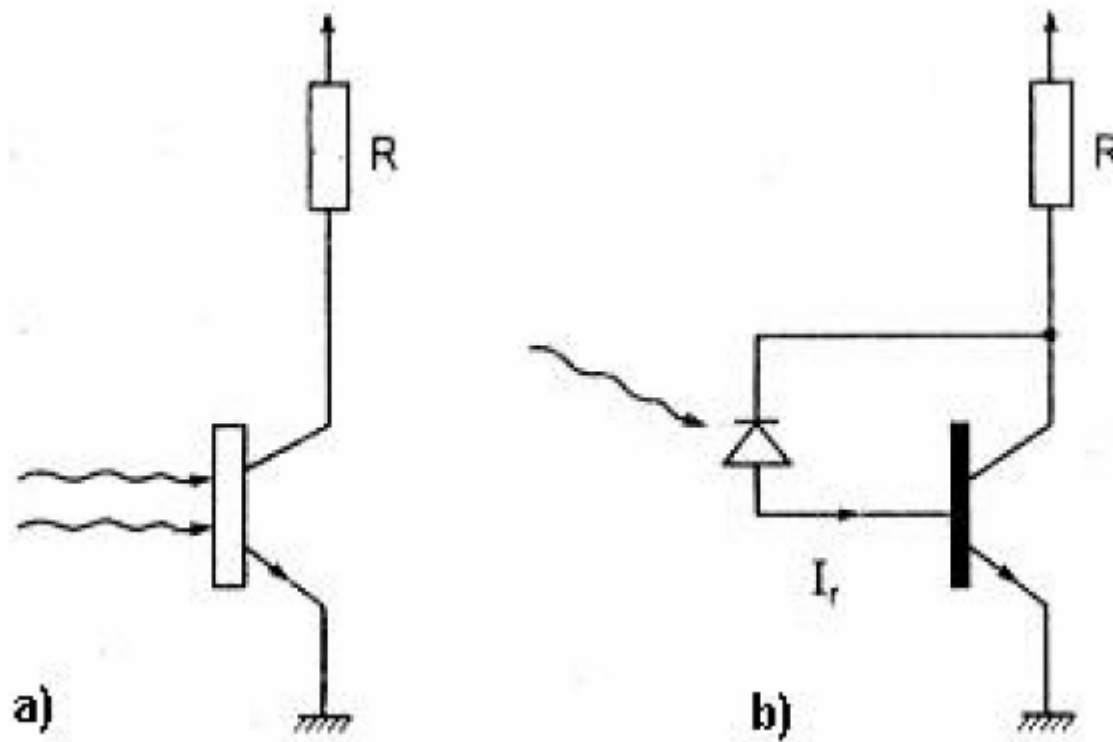
# Cảm biến quang điện

- Ứng dụng:
  - Cảm biến vị trí.
  - Encoder và thước mã.
  - Đo cường độ ánh sáng.
  - Ghép quang cách li tín hiệu
  - .....

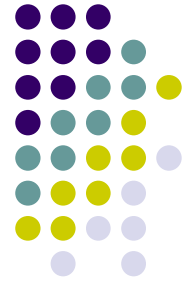


# Cảm biến quang điện

- Transistor quang



# Cảm biến quang điện



$$I_p = \frac{q\eta(1-R)\exp(-\lambda X)}{hc} \lambda \phi_o$$

$$I_c = (\beta + 1)I_r = (\beta + 1)I_o + \beta + 1)I_p$$