

BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG CAO ĐẲNG CÔNG NGHIỆP VÀ THƯƠNG MẠI

GIÁO TRÌNH
Tên mô đun: Kỹ thuật cảm biến
NGHỀ: ĐIỆN TỬ CÔNG NGHIỆP
TRÌNH ĐỘ TRUNG CẤP/CAO ĐẲNG NGHỀ

*Ban hành kèm theo Quyết định số: /QĐ-CĐCNPY, ngày tháng năm 2018
của Hiệu trưởng trường Cao đẳng Công nghiệp và Thương mại*

Vĩnh Phúc, năm 2018

MỤC LỤC

Bài 1. Các khái niệm và đặc trưng cơ bản của cảm biến.....	5
1.1. Khái niệm và phân loại cảm biến.....	5
1.2. Các hiệu ứng vật lý.....	6
1.3. Các thông số đặc trưng của cảm biến	7
1.4. Mạch sử lý tín hiệu cảm biến	7
Bài 2. Cảm biến quang	10
2.1. Tế bào quang dẫn (quang trở)	10
2.2. Photodiode	14
2.3. Photo transistor	17
2.4. Mạch sử lý tín hiệu cảm biến	20
Bài 3. Cảm biến tiệm cận	30
3.1. Cảm biến tiệm cận điện cảm.....	30
3.2. Cảm biến tiệm cận điện dung	34
3.3. Các ứng dụng của cảm biến tiệm cận	38
Bài 4. Cảm biến nhiệt độ.....	43
4.1. Cảm biến nhiệt điện trở kim loại.....	43
4.2. Cảm biến nhiệt Thermistor.....	44
4.3. Cảm biến nhiệt độ bán dẫn.....	50
4.4. Cặp nhiệt điện (Thermocouple).....	54
Bài 5. Cảm biến vị trí và dịch chuyển.....	57
5.1. Cảm biến biến trở.....	57
5.2. Cảm biến từ	60
5.3. Cảm biến biến áp vi sai	65
5.4. Encoder.....	68
Bài 6. Cảm biến lực và trọng lượng	72
6.1. Cảm biến biến dạng.....	72
6.2. Cảm biến trọng lượng.....	72
6.3. Cảm biến áp suất	74
6.4. Các ứng dụng của cảm biến lực và trọng lượng.....	77
Tài liệu tham khảo	81

CHƯƠNG TRÌNH MÔ ĐUN

Tên mô đun: KỸ THUẬT CẢM BIẾN

Mã số mô đun: MĐTC14010041

Thời gian thực hiện mô đun: 60 giờ (Lý thuyết: 30 giờ; Thực hành: 27 giờ; Kiểm tra 3 giờ)

I. VỊ TRÍ, TÍNH CHẤT CỦA MÔ ĐUN:

- Vị trí: Mô đun này cần được học sau các mô đun cơ sở ngành/ nghề: Linh kiện điện tử, Đo lường điện tử, Kỹ thuật xung - số.
- Tính chất: Là mô đun bắt buộc trong chương trình đào tạo ngành/ nghề điện tử công nghiệp

II. MỤC TIÊU MÔ ĐUN:

- Về kiến thức:
 - + Trình bày đúng cấu tạo, nguyên lý hoạt động, các thông số cơ bản và ứng dụng của các loại cảm biến được sử dụng trong thực tế.
 - + Phân tích được sơ đồ và nguyên lý hoạt động của mạch điện cảm biến.
- Về kỹ năng:
 - + Kiểm tra được hoạt động của các loại cảm biến
 - + Lắp ráp, cân chỉnh được các mạch điện ứng dụng của cảm biến trong điện tử dân dụng.
- Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:
 - + Dự lớp đầy đủ theo quy định, rèn luyện tác phong công nghiệp, tự tổ chức làm việc nhóm
 - + Chăm thận, tỉ mỉ, tích cực, chủ động, sáng tạo, tinh thần đoàn kết trong học tập.

III. NỘI DUNG MÔ ĐUN:

1. Nội dung tổng quát và phân bố thời gian:

Số TT	Tên các bài trong mô đun	Thời gian			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành, thí nghiệm, thảo luận, bài tập	Kiểm tra

1	Bài 1. Các khái niệm và đặc trưng cơ bản của cảm biến. 1.1. Khái niệm và phân loại cảm biến 1.2. Các hiệu ứng vật lý 1.3. Các thông số đặc trưng của cảm biến 1.4. Mạch sử lý tín hiệu cảm biến	06	03	03	0
2	Bài 2. Cảm biến quang 2.1. Tế bào quang dẫn (quang trở) 2.2. Photodiode 2.3. Photo transistor 2.4. Mạch sử lý tín hiệu cảm biến	12	06	05	1
3	Bài 3. Cảm biến tiệm cận 3.1. Cảm biến tiệm cận điện cảm 3.2. Cảm biến tiệm cận điện dung 3.3. Các ứng dụng của cảm biến tiệm cận	10	05	05	0
4	Bài 4. Cảm biến nhiệt độ 4.1. Cảm biến nhiệt điện trở kim loại 4.2. Cảm biến nhiệt Thermistor 4.3. Cảm biến nhiệt độ bán dẫn 4.4. Cặp nhiệt điện (Thermocouple)	12	06	05	1
5	Bài 5. Cảm biến vị trí và dịch chuyển 5.1. Cảm biến biến trở 5.2. Cảm biến từ 5.3. Cảm biến biến áp vi sai 5.4. Encoder	10	05	05	0
6	Bài 6. Cảm biến lực và trọng lượng 6.1. Cảm biến biến dạng 6.2. Cảm biến trọng lượng	10	05	04	1

	6.3. Cảm biến áp suất				
	6.4. Các ứng dụng của cảm biến lực và trọng lượng				
	Cộng	60	30	27	3

Tailieu.vn

BÀI 1: CÁC KHÁI NIỆM VÀ ĐẶC TRƯNG CƠ BẢN CỦA CẢM BIẾN.

MỤC TIÊU BÀI HỌC

Học xong bài này học viên sẽ có khả năng:

- Hiểu được các khái niệm của bộ cảm biến
- Có mối liên hệ giữa các hiệu ứng của cảm biến với các thông số đo kiểm tra đầu ra của cảm biến
- Phân tích, lắp ráp được các mạch đo của cảm biến.
- Cần thận đảm bảo an toàn thiết bị và dụng cụ
- Nghiêm túc, khoa học, tỉ mỉ

1.1 Khái niệm và phân loại cảm biến

Cảm biến là thiết bị dùng để cảm nhận và biến đổi các đại lượng vật lý và các đại lượng không có tính chất về điện cần đo thành các đại lượng mang tính chất về điện có thể đo và xử lý được

Các đại lượng cần đo (m) thường không có tính chất về điện như nhiệt độ, áp suất,... tác động lên cảm biến cho ta một đặc trưng (s) mang tính chất điện như điện áp, điện tích, dòng điện hoặc trở kháng chứa đựng thông tin cho phép xác định giá trị của đại lượng đo. Đặc trưng (s) là hàm của đại lượng cần đo (m) :

$$s = f(m) \quad (1)$$

Người ta gọi (s) là đại lượng đầu ra hoặc là phản ứng của cảm biến, (m) là đại lượng đầu vào hay kích thích (có nguồn gốc là đại lượng cần đo). Thông qua đo đạc (s) cho phép nhận biết giá trị (m).

Phân loại

1.2 Các hiệu ứng vật lý

- Độ nhạy của cảm biến

Đối với cảm biến tuyến tính, giữa biến thiên đầu ra D_s và biến thiên đầu vào D_m có sự liên hệ tuyến tính:

$$D_s = S \cdot D_m \quad (2)$$

Đại lượng S được xác định bởi biểu thức $S = \frac{D_s}{D_m}$ (3) được gọi là độ nhạy của cảm biến.

- Sai số và độ chính xác

Các bộ cảm biến cũng như các dụng cụ đo lường khác, ngoài đại lượng cần đo (cảm nhận) còn chịu tác động của nhiều đại lượng vật lý khác gây nên sai số giữa giá trị đo được và giá trị thực của đại lượng cần đo. Gọi D_x là độ lệch tuyệt đối giữa giá trị đo và giá trị thực x (sai số tuyệt đối), sai số tương đối của bộ cảm biến được tính bằng :

$$d = \frac{Dx}{x} \cdot 100, [\%] \quad (4)$$

Sai số của cảm biến mang tính chất ước tính bởi vì không thể biết chính xác giá trị thực của đại lượng cần đo.

- Độ nhanh và thời gian hồi đáp

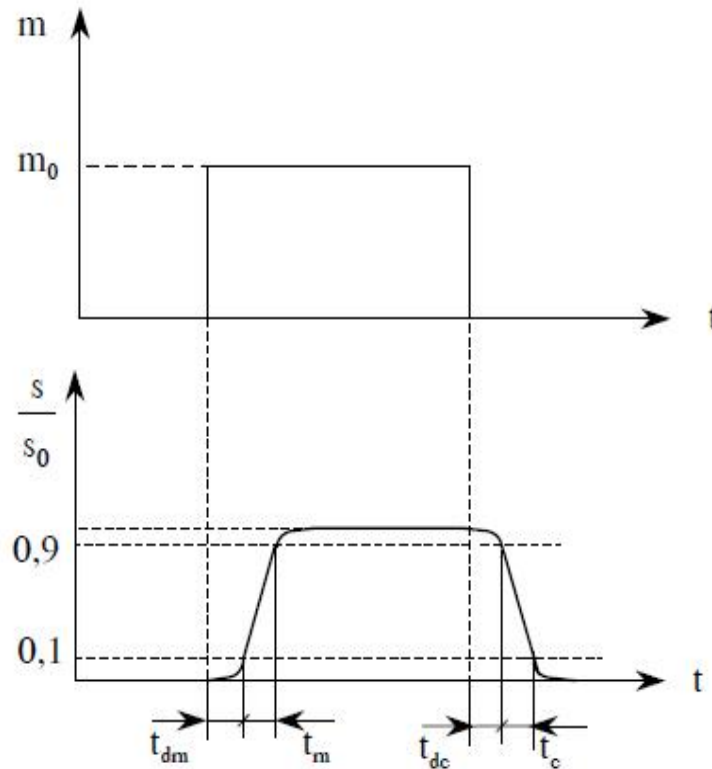
Độ nhanh là đặc trưng của cảm biến cho phép đánh giá khả năng theo kịp về thời gian của đại lượng đầu ra khi đại lượng đầu vào biến thiên. Thời gian hồi đáp là đại lượng được sử dụng để xác định giá trị số của độ nhanh.

Độ nhanh t_r là khoảng thời gian từ khi đại lượng đo thay đổi đột ngột đến khi khi biến thiên của đại lượng đầu ra chỉ còn khác giá trị cuối cùng một lượng giới hạn e tính bằng %. Thời gian hồi đáp tương ứng với e (%) xác định khoảng thời gian cần thiết phải chờ đợi sau khi có sự biến thiên đại lượng đo để lấy giá trị của đầu ra với độ chính xác định trước. thời gian hồi đáp đặc trưng cho chế độ quá độ của cảm biến và là hàm của các thông số thời gian xác định chế độ này.

Trong trường hợp sự thay đổi của đại lượng đo có dạng bậc thang, các thông số thời gian gồm thời gian trễ khi tăng (t_{dm}) và thời gian tăng (t_m) ứng với sự tăng đột ngột của đại lượng đo hoặc thời gian trễ khi giảm (t_{dc}) và thời gian giảm (t_c) ứng với sự giảm đột ngột của đại lượng đo. Khoảng thời gian trễ khi tăng (t_{dm}) là thời gian cần thiết để đại lượng đầu ra tăng từ giá trị ban đầu của nó đến 10% của biến thiên tổng cộng của đại lượng này và khoảng thời gian tăng (t_m) là thời gian cần thiết để đại lượng đầu ra tăng từ 10% đến 90% biến thiên tổng cộng của nó.

Tương tự khi đại lượng đo giảm, thời gian trễ khi giảm (t_{dc}) là thời gian cần thiết để đại lượng đầu ra giảm từ giá trị ban đầu của nó đến 10% biến thiên tổng cộng của đại lượng này và khoảng thời gian giảm (t_c) là thời gian cần thiết để đại lượng đầu ra giảm từ 10% đến 90% biến thiên tổng cộng của nó.

Các thông số về thời gian (t_r), (t_{dm}), (t_m), (t_{dc}), (t_c) của cảm biến cho phép ta đánh giá về thời gian hồi đáp của nó.



Hình 1 Xác định các khoảng thời gian đặc trưng cho chế độ quá độ

1.3 Các thông số đặc trưng của cảm biến

Ngày nay các bộ các biến được sử dụng nhiều trong các ngành kinh tế và kỹ thuật như trong các ngành công nghiệp, nông nghiệp, giao thông vận tải,... Các bộ cảm biến đặc biệt rất nhạy được sử dụng trong các thí nghiệm và trong nghiên cứu khoa học. Trong lĩnh vực tự động hóa, các bộ cảm biến được sử dụng nhiều nhất với nhiều loại khác nhau kể cả các bộ cảm biến bình thường cũng như đặc biệt.

1.4 Mạch xử lý tín hiệu cảm biến

- Theo nguyên tắc chuyển đổi giữa đáp ứng và kích thích

Hiện tượng	Chuyển đổi giữa đáp ứng và kích thích
Hiện tượng vật lý	Nhiệt điện , quang điện , quang từ , điện từ, quang đàn hồi , từ điện , nhiệt từ,...
Hóa học	Biến đổi hoá học , Biến đổi điện hoá , Phân tích phổ,...
Sinh học	Biến đổi sinh hoá , Biến đổi vật lý , Hiệu ứng trên cơ thể sống,...

- Theo dạng kích thích

Kích thích	Các đặc tính của kích thích.
Âm thanh	-Biên pha, phân cực-Phổ-Tốc độ truyền sóng...
Điện	-Điện tích, dòng điện-Điện thế, điện áp-Điện trường-Điện dẫn, hằng số điện môi...
Từ	-Từ trường-Từ thông, cường độ từ trường-Độ từ thẩm...
Cơ	-Vị trí-Lực, áp suất-Gia tốc, vận tốc, ứng suất, độ cứng-Mômen -Khối lượng, tỉ trọng-Độ nhớt...
Quang	-Phổ-Tốc độ truyền-Hệ số phát xạ, khúc xạ...
Nhiệt	-Nhiệt độ-Thông lượng-Tỷ nhiệt...
Bức xạ	-Kiểu-Năng lượng-Cường độ...

- Theo tính năng

- + Độ nhạy
- + Độ chính xác
- + Độ phân giải
- + Độ tuyến tính
- + Công suất tiêu thụ
- + Dải tần
- + Độ trễ
- + Khả năng quá tải
- + Tốc độ đáp ứng
- + Độ ổn định
- + Tuổi thọ
- + Điều kiện môi trường
- + Kích thước, trọng lượng

- Phân loại theo phạm vi sử dụng

- + Công nghiệp
- + Nghiên cứu khoa học
- + Môi trường, khí tượng
- + Thông tin, viễn thông
- + Nông nghiệp
- + Dân dụng
- + Giao thông vận tải...

- Theo thông số của mô hình mạch điện thay thế

- + Cảm biến tích cực (có nguồn) : Đầu ra là nguồn áp hoặc nguồn dòng
- + Cảm biến thụ động (không có nguồn): Cảm biến gọi là thụ động khi chúng cần có thêm nguồn năng lượng phụ để hoàn tất nhiệm vụ đo kiểm, còn loại cực tính thì không cần. Được đặc trưng bằng các thông số: R, L, C...tuyến tính hoặc phi tuyến.

YÊU CẦU VỀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ HỌC TẬP BÀI MỞ ĐẦU

 Nội dung:

+ Về kiến thức: Trình bày được khái niệm, ứng dụng và cách phân loại các bộ cảm biến

+ Về thái độ: Đảm bảo an toàn và vệ sinh công nghiệp.

 Phương pháp:

- + Về kiến thức: Được đánh giá bằng hình thức kiểm tra viết, trắc nghiệm
- + Thái độ: Tỉ mỉ, cẩn thận, chính xác, ngăn nắp trong công việc.

Tailieu.vn

BÀI 2

CẢM BIẾN QUANG

MỤC TIÊU

- Học xong bài này học viên sẽ có khả năng:
- Hiểu được hoạt động của các loại cảm biến quang
- Đo kiểm tra được hoạt động của các loại cảm biến quang
- Phân tích, lắp ráp cân chỉnh được các mạch sử dụng cảm biến quang
- Cần thận đảm bảo an toàn thiết bị và dụng cụ
- Nghiêm túc, khoa học, tỉ mỉ

2.1 Tế bào quang dẫn (quang trở)

Ánh sáng có 2 tính chất cơ bản là sóng và hạt.

Dạng sóng ánh sáng là sóng điện từ phát ra khi có sự chuyển điện tử giữa các mức năng lượng của nguyên tử nguồn sáng. Các sóng này có vận tốc truyền đi trong chân không là $c = 299792 \text{ km/s}$, trong môi trường vật chất là :

$$v = c/n \quad (5-1) \quad (n : \text{chiết suất của môi trường})$$

Tần số γ và bước sóng λ của ánh sáng liên hệ với nhau qua biểu thức :

$$\lambda = v/\gamma \quad (5-2) \quad \text{trong chân không : } \lambda = c/\gamma \quad (5-3)$$

Phổ ánh sáng được biểu diễn như hình 5.1

Tính chất hạt thể hiện qua sự tương tác của nó với vật chất. Ánh sáng bao gồm các hạt photon mang năng lượng w_f phụ thuộc duy nhất vào tần số.

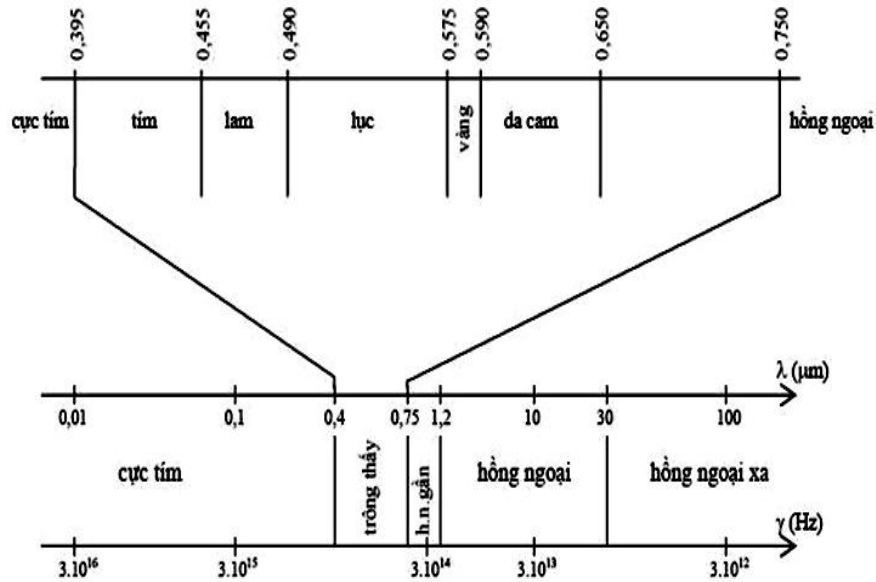
$$w_f = h.\gamma \quad (5-4) \quad (h = 6,6256.10^{-24} \text{ Js : hằng số Planck})$$

Các đại lượng quang học :

- Thông lượng : oat (W)
- Cường độ : oat/steradian (W/Sr)
- Độ chói : (W/Sr.m²)
- Năng lượng : J

Một điện tử được liên kết có năng lượng W_1 , để giải phóng các điện tử khỏi nguyên tử cần cung cấp cho nó năng lượng bằng với năng lượng liên kết W_1 . Vậy một điện tử sẽ được giải phóng nếu nó hấp thụ một photon có năng lượng

$$w_f \geq w_1 \text{ nghĩa là } g^3 \frac{w_f}{h} \text{ hay } I \geq \frac{hc}{w_1} \quad (5-5)$$



Hình 5.1 Phân bố phổ ánh sáng

Bước sóng ngưỡng (bước sóng lớn nhất) của ánh sáng có thể gây nên hiện tượng giải phóng điện tử được tính từ biểu thức :
$$l_s = \frac{hc}{W_1} \quad (5-6)$$

Hiện tượng hạt dẫn điện được giải phóng dưới tác dụng của ánh sáng làm thay đổi tính chất điện của vật liệu gọi là hiệu ứng quang điện. Đây là nguyên lý cơ bản của cảm biến quang.

Một cảm biến quang chỉ hiệu quả khi phù hợp với bức xạ ánh sáng (phổ, thông lượng, tần số). Nguồn sáng quyết định mọi đặc tính của bức xạ.

* Đèn sợi đốt vonfram

Cấu tạo : gồm một sợi vonfram đặt trong bóng thủy tinh có chứa khí halogen để giảm bay hơi sợi đốt.

Đặc điểm :

- Nhiệt độ giống như nhiệt độ của một vật đen tuyệt đối.
- Phổ phát xạ nằm trong vùng nhìn thấy.
- Quang thông lớn, dải phổ rộng.
- Quán tính nhiệt lớn nên không thể thay đổi bức xạ nhanh chóng.
- Tuổi thọ thấp, dễ vỡ.

* Diode phát quang

Cấu tạo : gồm nối P-N. Năng lượng giải phóng do sự tái hợp các hạt dẫn làm phát sinh các photon.

Đặc điểm :

- Thời gian hồi đáp nhỏ cỡ ns, có khả năng biến điệu tần số cao.
- Phổ ánh sáng hoàn toàn xác định, độ tin cậy cao.

- Tuổi thọ cao, kích thước nhỏ, tiêu thụ năng lượng thấp.
- Quang thông tương đối nhỏ và nhạy với nhiệt độ là nhược điểm hạn chế phạm vi sử dụng của đèn.

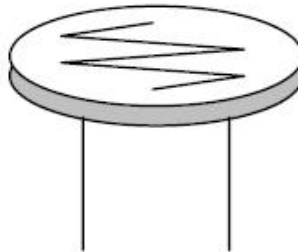
*** Laser (Light Amplification by Stimulated Emission Radiation)**

Laser là nguồn sáng rất đơn sắc, độ chói lớn, rất định hướng và đặc biệt là tính liên kết mạnh (cùng phân cực, cùng pha). Đối với những nguồn sáng khác, bức xạ phát ra là sự chồng chéo của rất nhiều sóng thành phần có phân cực và pha khác nhau. Trong trường hợp tia laser, tất cả các bức xạ cấu thành đều cùng pha cùng phân cực và bởi vậy khi chồng chéo lên nhau chúng tạo thành một sóng duy nhất và rất xác định.

Đặc điểm chính của laser là có bước sóng đơn sắc hoàn toàn xác định, quang thông lớn, có khả năng nhận được chùm tia rất mảnh với độ định hướng cao, truyền đi khoảng cách rất lớn.

*** Tế bào quang dẫn :**

Tế bào quang dẫn là một loại cảm biến quang dựa trên hiện tượng quang dẫn do kết quả của hiệu ứng quang điện bên trong. Đó là hiện tượng giải phóng các hạt tải điện trong vật liệu bán dẫn dưới tác dụng của ánh sáng.



Hình 5.2 Tế bào quang dẫn

- Các vật liệu dùng để chế tạo tế bào quang dẫn:

Tế bào quang dẫn thường được chế tạo bằng các bán dẫn đa tinh thể đồng nhất hoặc đơn tinh thể, bán dẫn riêng hoặc pha tạp.

+ Đa tinh thể: CdS, CdSe, CdTe, PbS, PbSe, PbTe.

+ Đơn tinh thể: Ge, Si tinh khiết hoặc pha tạp Au, Cu, Sb, In, SbIn, AsIn, CdHgTe.

- Các tính chất cơ bản của tế bào quang dẫn:

+ Điện trở vùng tối R_c phụ thuộc vào hình dạng, kích thước, nhiệt độ và bản chất lý hoá của vật liệu

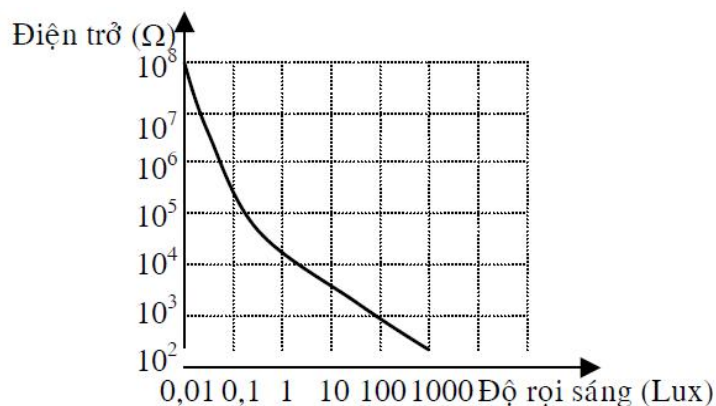
Các chất PbS, CdS, CdSe có điện trở vùng tối rất cao (từ 10^4 tới $10^5 \Omega$ ở 25°C) , trong khi đó SbIn, PbS, CdHgTe có điện trở vùng tối tương đối nhỏ (từ 10 tới $10^3 \Omega$ ở 25°C).

Khi được chiếu sáng, điện trở của tế bào quang dẫn giảm xuống rất nhanh, quan hệ giữa điện trở của tế bào quang dẫn và độ rọi sáng :

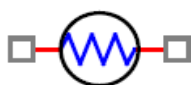
$$R_c = a F^{-\gamma} \quad (5-7)$$

Trong đó : a – là hằng số phụ thuộc vào vật liệu

γ – tần số của ánh sáng $0,5 < \gamma < 1$



Hình 5.3 Quan hệ giữa độ rọi và điện trở của tế bào quang dẫn



Hình 5.4 Ký hiệu của tế bào quang dẫn

+ Độ nhạy của tế bào quang dẫn : Nếu đặt lên 2 đầu tế bào quang dẫn một điện áp V , thì sẽ có một dòng điện I chảy qua tế bào quang dẫn :

$$I = \frac{V}{R_c} = \frac{V}{a} \cdot F^{\gamma} \quad (5-8)$$

Độ nhạy của tế bào quang dẫn :

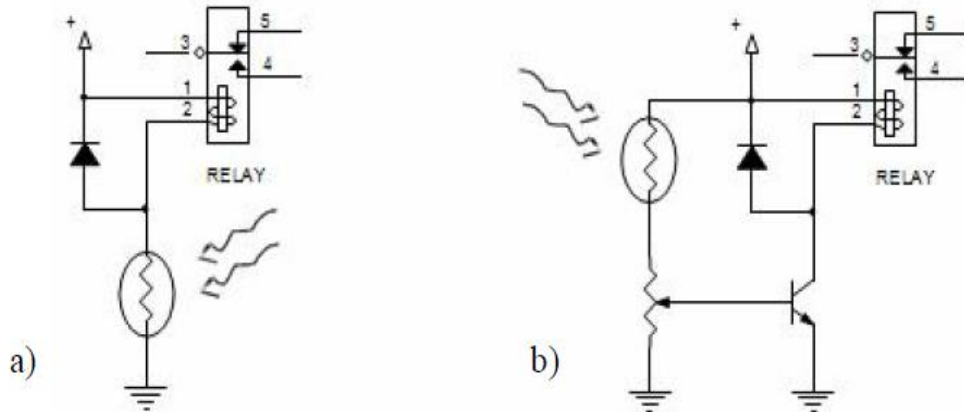
$$s = \frac{dI}{dF} = \frac{g \cdot V}{a} \cdot F^{\gamma-1} \quad (5-9)$$

- Ứng dụng của tế bào quang dẫn :

Trong thực tế các tế bào quang dẫn thường được ứng dụng trong hai trường hợp :

+ Điều khiển relay.

+ Thu tín hiệu quang : tế bào quang điện có thể được sử dụng để biến đổi xung quang thành xung điện. Người ta ứng dụng mạch đo kiểu này để đếm vật, đo tốc độ quay đĩa.



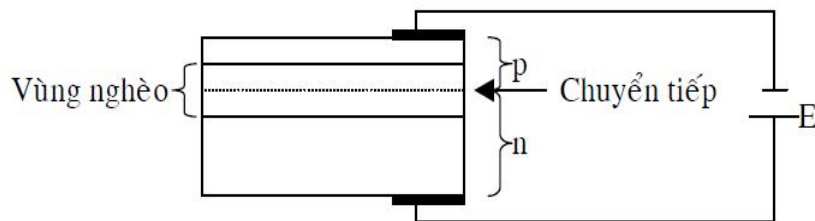
Hình 5.5 Minh họa dùng tế bào quang dẫn điều khiển Relay

a) Điều khiển trực tiếp b) Điều khiển gián tiếp qua transistor khuếch đại

2.2 Photo Diode :

- Cấu tạo của Photo Diode :

Photo diode là một tiếp giáp p-n được tạo bởi các vật liệu như: Ge, Si (cho vùng ánh sáng trông thấy và gần hồng ngoại), GaAs, InAs, CdHgTe, InSb (cho vùng ánh sáng hồng ngoại).



Hình 5.6 Cấu tạo của Photo Diode

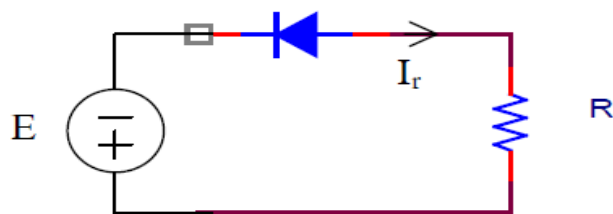
- Nguyên lý làm việc của photo diode:

Khi chiếu sáng lên bề mặt của photo diode bằng bức xạ có bước sóng nhỏ hơn bước sóng ngưỡng $\lambda < \lambda_n$ sẽ xuất hiện thêm các cặp điện tử- lỗ trống. Để các hạt này có thể tham gia vào độ dẫn và làm tăng dòng điện I ta cần phải ngăn quá trình tái hợp của chúng nghĩa là phải nhanh chóng tách cặp điện tử- lỗ trống dưới tác dụng của điện trường. Quá trình này chỉ xảy ra trong vùng nghèo và làm tăng dòng điện ngược.

- Các chế độ làm việc của Photo Diode :

+ Chế độ quang dẫn :

Ở chế độ quang dẫn, Photo Diode được phân cực ngược bởi nguồn sức điện động E như hình 5.7



Hình 5.7 Sơ đồ phân cực Photo Diode ở chế độ quang dẫn
Dòng điện ngược I_r chạy qua diode :

$$I_r = -I_0 \exp\left(\frac{qV_d}{kT}\right) + I_0 + I_p \quad (5-10)$$

Trong đó : I_0 - là dòng ngược khi không được chiếu sáng

I_p - là dòng quang điện khi ánh sáng đạt tới vùng nghèo sau khi qua bề dày X của lớp bán dẫn

$$I_p = K.F_0.\exp(-\alpha X) \quad (5-11)$$

Trong đó : K - là hằng số

Φ_0 - là quang thông bên ngoài lớp bán dẫn

$$\alpha \approx 10^5 [\text{cm}^{-1}]$$

V_d - là điện áp ngược trên photo diode

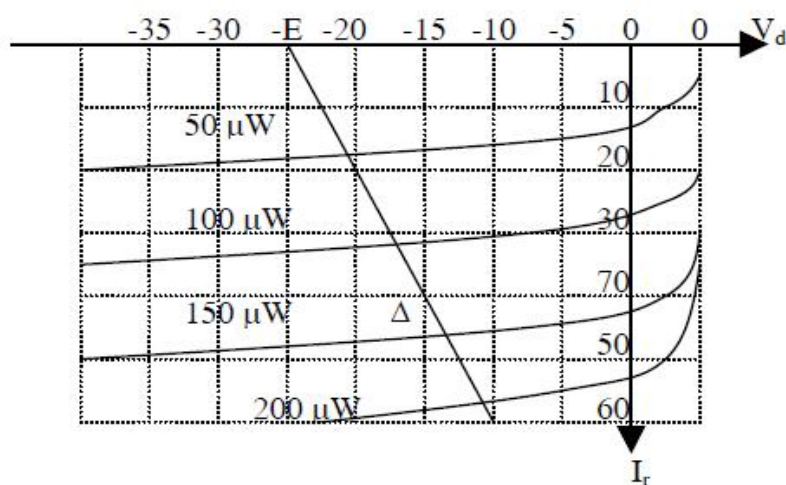
Khi V_d có giá trị đủ lớn thì : $I_r = I_0 + I_p \quad (5-12)$

do I_0 thường rất nhỏ nên : $I_r = I_p \quad (5-13)$

Viết phương trình cho mạch điện hình 5.7 : $E = VR - V_d \quad (5-14)$

Trong đó : $VR = R.I_r \quad (5-15)$ - là đường thẳng tải

Hay :
$$I_r = \frac{E}{R} + \frac{V_d}{R} \quad (5-16)$$



Hình 5.8 Đặc tuyến I – V với thông lượng khác nhau của photo diode
+ Chế độ quang thế :

Trong chế độ quang thể không có điện áp ngoài đặt vào Diode, Photo diode làm việc như một nguồn dòng. Đặc điểm của chế độ này là không có dòng điện tối do không có nguồn phân cực ngoài nên giảm được ảnh hưởng của nhiễu và cho phép đo quang thông nhỏ.

Khi chiếu sáng vào photo diode, các hạt dẫn không cơ bản tăng lên làm cho hàng rào điện thế của tiếp giáp thay đổi một lượng DV_b khi đó ta có :

$$-I_0 \exp\left(\frac{qDV_b}{kT}\right) + I_0 + I_p = 0 \quad (5-17)$$

$$DV_b = \frac{kT}{q} \ln\left(1 + \frac{I_p}{I_0}\right) \quad (5-18)$$

Sự thay đổi của hàng rào điện thế này được xác định bằng cách đo hiệu điện thế trên photo diode ở trạng thái hở mạch.

Khi chiếu sáng yếu : $I_p \ll I_0$ thì :

$$DV_b = \frac{kT}{q} \cdot \frac{I_p}{I_0} = \frac{kT}{q} \cdot \frac{KF_0 \cdot \exp(-aX)}{I_0} \quad (5-19)$$

Do đó điện áp trên diode phụ thuộc tuyến tính vào thông lượng ánh sáng Φ

Khi chiếu sáng mạnh : $I_p \gg I_0$ thì :

$$DV_b = \frac{kT}{q} \ln \frac{I_p}{I_0} \quad (5-20)$$

Với I_p được tính trong công thức ở trên thì từ đây ta thấy điện áp trên photo diode phụ thuộc theo thông lượng ánh sáng theo hàm logarit.

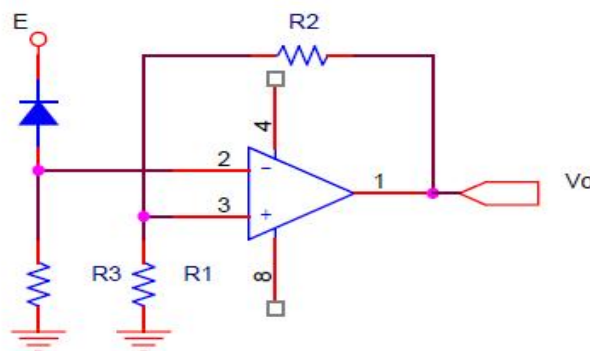
- Độ nhạy của photo diode :

$$s = \frac{dI_p}{dI_0} = K \cdot e^{-aX} \quad (5-21)$$

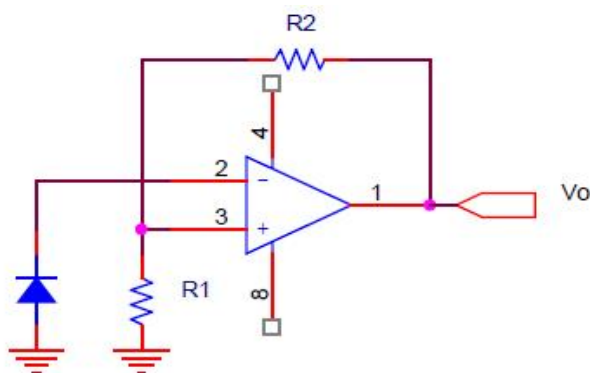
- Ứng dụng của photo diode :

Photo diode có thể dùng để đo thông lượng ánh sáng, dò vạch dẫn đường cho mobile robot, làm đầu thu trong các bộ điều khiển từ xa không dây,

Sơ đồ dùng photo diode :



Hình 5.9 Sơ đồ mạch đo dòng ngược dùng photo diode ở chế độ quang dẫn

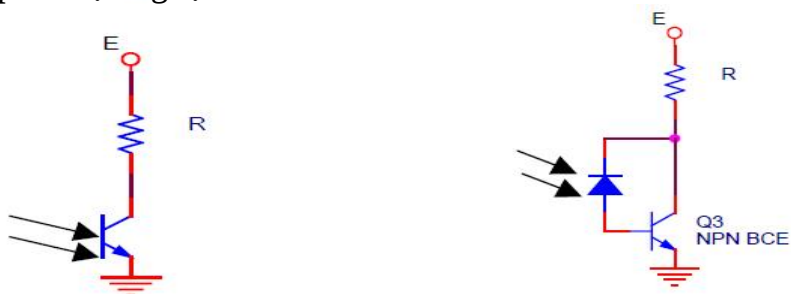


Hình 5.9 Sơ đồ mạch đo dùng photo diode ở chế độ quang thế

2.3 Photo transistor :

- Cấu tạo của photo transistor và nguyên lý làm việc của transistor quang :

Photo transistor là transistor silic loại NPN mà vùng Bazơ có thể được chiếu sáng. Khi không có điện áp đặt lên Bazơ chỉ có điện áp đặt lên Colector, chuyển tiếp BC bị phân cực ngược như hình 5.10



a) Sơ đồ phân cực transistor quang

b) Sơ đồ tương đương

Hình 5.10 Sơ đồ mạch đo dùng transistor quang

Điện áp đặt vào E hầu như tập trung toàn bộ trên chuyển tiếp B-C, trong khi đó sự chênh lệch điện thế giữa Emite và Bazơ là không đáng kể ($V_{BE} \approx 0,7 [V]$). Khi chuyển tiếp B-C được chiếu sáng, nó hoạt động như một photo diode ở chế độ quang dẫn với dòng điện ngược

$$I_r = I_o + I_p \quad (5-22)$$

Trong đó : I_o - là dòng điện ngược khi không được chiếu sáng

I_p - là dòng quang điện khi có quang thông Φ_o chiếu qua bề dày X của lớp bán dẫn

I_r đóng vai trò như dòng Bazơ, nó sẽ gây nên dòng colector I_c :

$$I_c = (\beta + 1)I_r \quad (5-23)$$

Trong đó : β - là hệ số khuếch đại dòng khi emite nối chung

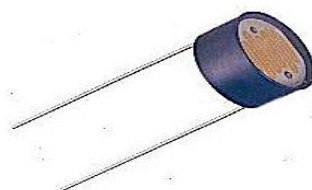
- Độ nhạy của transistor quang :

$$s = \frac{dI_c}{dF_0} = K(b+1)e^{-ax} \quad (5-24)$$

- Ứng dụng của transistor quang :

Transistor có thể dùng để đo thông lượng ánh sáng, dò vạch dẫn đường cho mobile robot, làm đầu thu trong các bộ điều khiển từ xa không dây, đọc mã vạch, chế tạo các cảm biến quang trong công nghiệp ...

* Quang trở (photoresistor) :



Hình 5.11 Quang trở

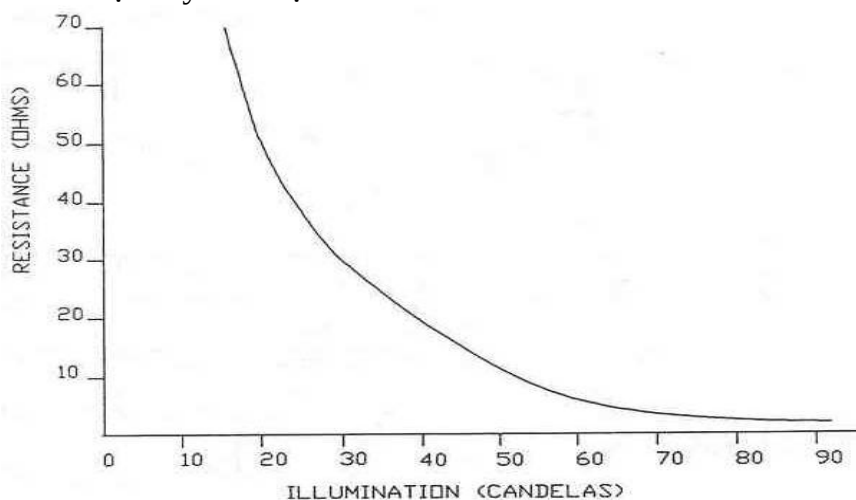
Giá trị điện trở của quang trở thay đổi khi có cường độ ánh sáng chiếu vào bề mặt của nó thay đổi. Giá trị điện trở của quang trở cũng giảm khi cường độ ánh sáng chiếu vào nó cũng mạnh và ngược lại.

Độ nhạy của quang trở được xác định :

$$K_{photo} = \frac{DI}{DR} \quad (5-25)$$

Trong đó : ΔI - sự thay đổi của cường độ ánh sáng

ΔR - sự thay đổi điện trở



Hình 5.12 Đường đặc tính của quang trở

* Cảm biến hồng ngoại :

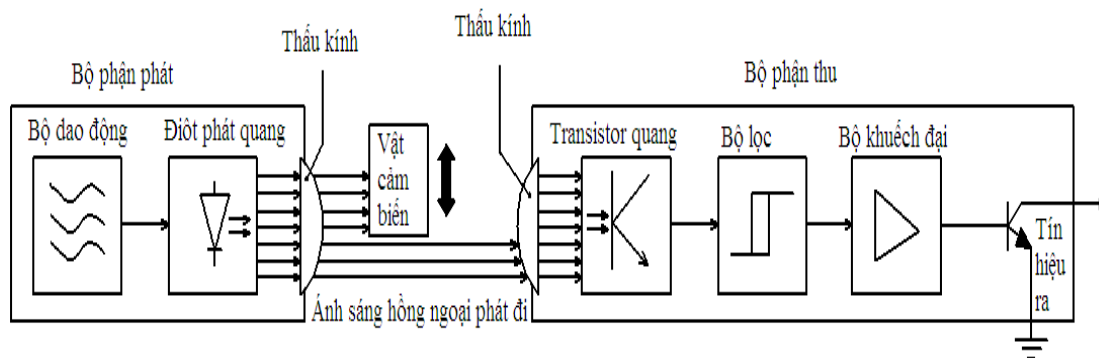
Bao gồm các loại sau :

- Cảm biến quang loại phát thu độc lập
- Cảm biến quang loại phản xạ gương

- Cảm biến quang loại phản xạ khuếch tán

* Cấu tạo và nguyên lý hoạt động :

Cảm biến quang loại thu phát độc lập (through beam) bao gồm hai bộ phận chính đó là bộ phận phát và bộ phận thu (như hình 5.13)



Hình 5.13 Cấu tạo cảm biến quang loại thu phát độc lập

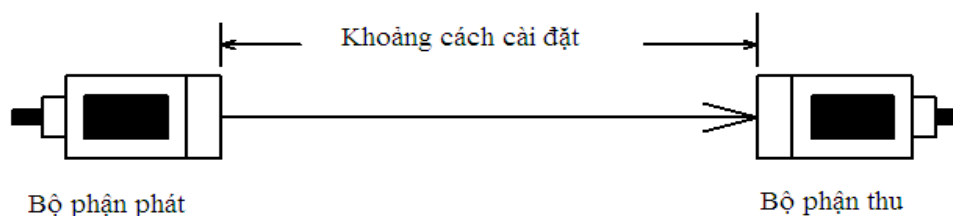
Bộ phận phát sẽ phát ra ánh sáng hồng ngoại và truyền đi thẳng, ánh sáng hồng ngoại này đã được mã hóa theo 1 tần số nào đó, mục đích nhằm tránh ảnh hưởng của các nguồn ánh sáng xung quanh.

Nếu đặt bộ phận thu trên đường truyền thẳng của ánh sáng hồng ngoại thì bộ phận thu sẽ nhận được ánh sáng và không có tác động gì ở ngõ ra.

Nếu có vật cảm biến đi ngang qua và ngắt ánh sáng truyền đến bộ phận thu thì bộ phận thu sẽ không nhận được ánh sáng từ bộ phận phát, lúc này bộ phận thu sẽ có tín hiệu tác động ở ngõ ra.

* Khoảng cách phát hiện :

Đối với cảm biến quang loại thu phát độc lập, khoảng cách cài đặt là khoảng cách tính từ bộ phận phát đến bộ phận thu sao cho bộ phận thu có thể nhận được ánh sáng hồng ngoại phát ra từ bộ phận phát. Do đó, có thể nói khoảng cách phát hiện cũng chính là khoảng cách cài đặt.



Hình 5.14 Khoảng cách cài đặt của cảm biến quang loại thu phát độc lập

* Góc phát quang :

Trên thực tế bộ phận phát không phát ra một tia sáng truyền thẳng mà phát ra một tia sáng có đường kính tăng dần