

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

ĐẠI HỌC KHOA HỌC

-----\*-----

KHOA ĐIỆN TỬ VIỄN THÔNG

Chương trình chính quy

*Ths Lê Trung Khanh*

*Thực hành*  
**CẢM BIẾN VÀ  
THIẾT BỊ ĐO**

*Lưu hành nội bộ*

--- Tháng 6, 2023 ---

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM  
Độc lập – Tự do – Hạnh phúc

## ĐỀ CƯƠNG CHI TIẾT HỌC PHẦN THỰC HÀNH CẢM BIẾN VÀ THIẾT BỊ ĐO Chương trình Chính quy

### ❖ Thông tin chung

- Mã học phần: ETC10004
- Thuộc khối kiến thức: Đại cương
- Số tín chỉ: 01
- Học phần:
  - Bắt buộc cho ngành: tất cả các ngành
  - Tự chọn:
- Điều kiện đăng ký học phần:
  - Học phần tiên quyết: thực hành điện tử cơ bản, thực hành điện tử tương tự và số, nhập môn kỹ thuật.
  - Học phần học trước: không
  - Học phần học song hành: Cảm biến và thiết bị đo (lý thuyết)
  - Các yêu cầu về kiến thức, kỹ năng của SV (nếu có): nắm các kỹ năng thực hành điện tử cơ bản và điện tử tương tự, có kiến thức và kỹ năng lập trình C cơ bản, có tác phong và thái độ đúng mực của kỹ sư điện tử.

### ❖ Mục tiêu của học phần

Học xong giáo trình này, sinh viên có khả năng:

- Sử dụng thành thạo các thiết bị đo lường điện tử: đồng hồ VOM, Oscilloscope.
- Biết các mở rộng tính năng của thiết bị đo.
- Hiểu nguyên lý hoạt động của một số linh kiện cảm biến.
- Xây dựng mạch ứng dụng cơ bản của các linh kiện cảm biến.
- Hiểu cấu trúc và nguyên lý của hệ thống DAQ.
- Thiết kế và lập trình các kỹ thuật lọc số cho thiết bị đo điện tử.

### ❖ Nội dung học phần

- **Tuần 1:** Đo dòng điện và điện áp DC, kỹ thuật mở rộng tầm đo
- **Tuần 2:** Đo Điện Áp DC: thiết kế nguồn DC bằng ic chuyên dụng
- **Tuần 3:** Cảm biến ánh sáng: quang trở.
- **Tuần 4:** Cảm biến ánh sáng: transistor quang.
- **Tuần 5:** Biến dòng và đo dòng điện AC.

- **Tuần 6:** Cảm biến nhiệt độ loại bán dẫn.
- **Tuần 7:** Cặp nhiệt điện.
- **Tuần 8:** Cảm biến từ trường hiệu ứng Hall.
- **Tuần 9:** Hiệu ứng Hall trong đo dòng điện.
- **Tuần 10:** Ôn tập

❖ **Phần mềm hay công cụ hỗ trợ thực hành**

- Công cụ:
  - Đồng hồ VOM dạng kim, đồng hồ VOM dạng số, tua vít.
  - Kit Arduino
  - Breadboard
  - IC: LM317T, Quang trở, TEPT5700, Biến dòng 5A/5mA, LMT85, cặp nhiệt điện Type-K, A1302, ACS712 5A.
  - Điện trở.
  - Tụ điện.
  - Đèn AC 220V 10W, dây nối, phích cắm.
  - Máy vi tính.
- Phần mềm: Arduino IDE

## **Các nội quy và thang điểm môn Thực hành Cảm biến và Thiết bị Đo**

### **1. Nề nếp: 3đ**

- Dọn dẹp ghế và vị trí thực hành ngăn nắp trước khi ra về.
- Không được vắng quá 2 buổi.
- Nộp báo cáo thực hành vào cuối buổi thực hành.
- Tôn trọng và giúp đỡ các bạn cùng lớp.
- Tuyệt đối tuân thủ hướng dẫn của giáo viên giảng dạy.
- Có ý thức bảo quản thiết bị phòng thí nghiệm.

### **2. Thi: 7đ**

- Đề đóng.
- Nghiêm túc trong phòng thi.
- Thu bài thi và yêu cầu rời phòng thi ngay lập tức đối với các vi phạm sau:
  - Đem tài liệu vào phòng thi.
  - Cố tình phá hoại thiết bị phòng thí nghiệm.
  - Trao đổi với thí sinh khác trong phòng thi.
- Ngay khi hoàn thành được một câu hỏi, phải giơ tay yêu cầu giám thị chấm.

## Bài 1: ĐO DÒNG ĐIỆN VÀ ĐIỆN ÁP DC

### I. Mục đích:

- Khảo sát phương pháp đo điện thế và dòng điện DC.

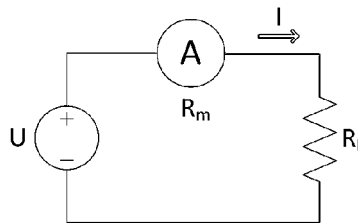
### II. Kết quả đạt được:

- Nắm được phương pháp đo dòng điện và điện thế DC.
- Biết thực hiện phương pháp mở rộng tầm đo điện thế DC bằng điện trở shunt.

### III. Tóm tắt lý thuyết:

#### 1. Đo dòng điện một chiều

Thiết bị dùng để đo điện áp được gọi là ampe kế, được mắc nối tiếp với tải.



**Hình 1.1:** Đo dòng điện dùng ampe kế

Gọi:  $I$  - dòng điện qua mạch.

$R_m$  và  $R_L$  - điện trở nội của ampe kế và của tải.

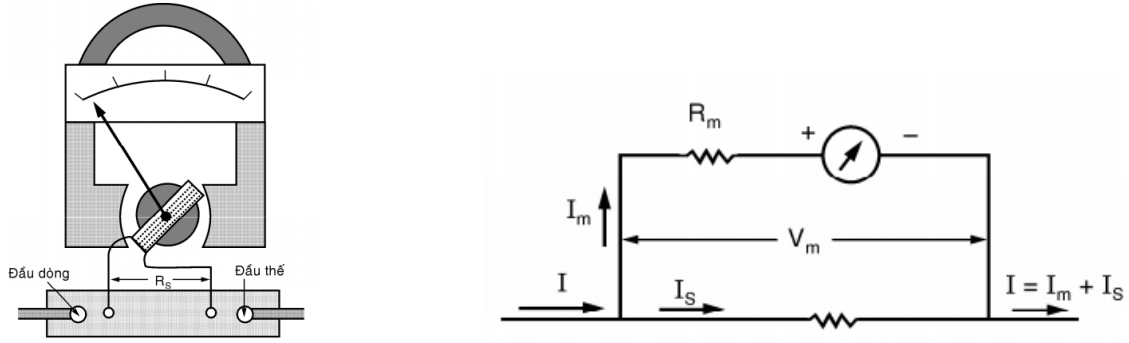
$U$  - điện áp nguồn cung cấp cho mạch điện.

Ta có 
$$I = \frac{U}{R_m + R_L} \quad (1.1)$$

Từ biểu thức trên, ta nhận thấy khi mắc ampe kế vào mạch, phép đo sẽ có sai số do dụng cụ đo có nội trở, ampe kế lý tưởng có nội trở bằng 0.

**Mở rộng tầm đo:** dùng điện trở shunt

Để mở rộng thang đo cho ampe kế, một phương pháp phổ biến là dùng điện trở shunt mắc **song song** với ampe kế (hình 1.2).

**Hình 1.2:** Mạch đo dòng điện trở shunt

Dòng điện đo:  $I = I_m + I_s$  (1.2)

Trong đó:  $I_m$  - dòng điện qua cơ cấu chỉ thị.

$I_s$  - dòng điện qua điện trở shunt.

Điện trở shunt  $R_s$  được xác định:

$$R_s = \frac{I_{max} R_m}{I_t - I_{max}} \quad (1.3)$$

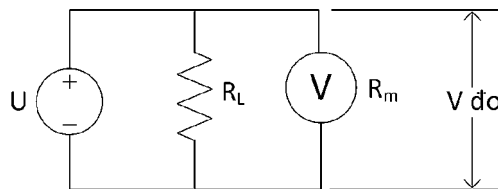
Trong đó:  $R_m$  - điện trở nội của cơ cấu chỉ thị.

$I_{max}$  - dòng điện tối đa của cơ cấu chỉ thị.

$I_t$  - dòng điện tối đa của tầm đo.

## 2. Đo điện áp:

Thiết bị dùng để đo điện áp được gọi là vôn kế, được mắc song song với tải.

**Hình 1.3:** Mạch đo điện thế DC dùng vôn kế

Gọi:  $I$ ,  $I_m$  và  $I_L$  - dòng điện qua toàn mạch, cơ cấu chỉ thị và qua tải.

$R_m$  và  $R_L$  - điện trở nội của vôn kế và của tải.

$V_{do}$  - điện áp cần đo.

Khi mắc vôn kế vào mạch, điện áp rơi trên vôn kế

$$V_{do} = I_m R_m = I_L R_L \quad (1.4)$$

$$I = I_m + I_L = I_L \left(1 + \frac{R_L}{R_m}\right) \quad (1.5)$$

Suy ra  $I = I_L$  thì phép đo chính xác nhất.

Từ biểu thức trên, ta thấy để phép đo đạt được chính xác khi

$$\frac{R_L}{R_m} = 0 \text{ hay } R_m \gg R_L \quad (1.6)$$

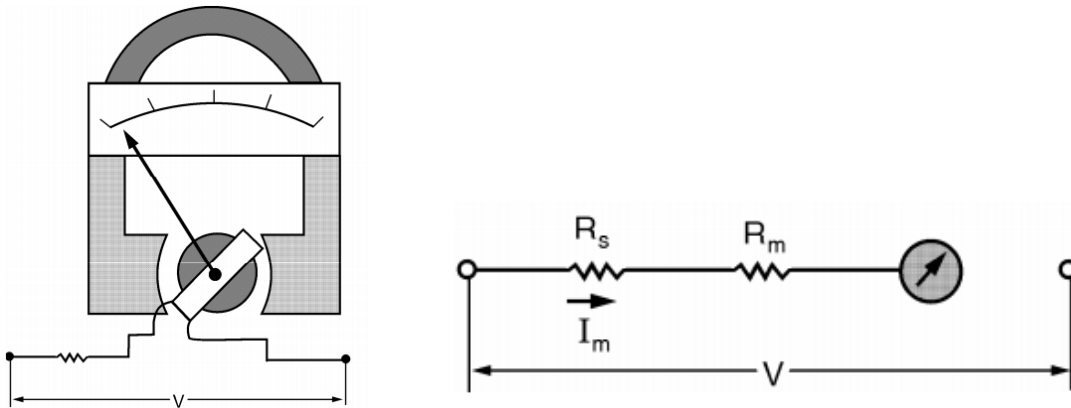
Công suất tiêu hao trên vôn kế:

$$\Delta P = \frac{V_{do}^2}{R_m} \quad (1.7)$$

Như vậy, để công suất tiêu hao trên vôn kế nhỏ thì nội trở của vôn kế phải rất lớn, vôn kế lý tưởng có nội trở bằng vô cùng.

**Mở rộng tầm đo:** dùng điện trở shunt

Để mở rộng thang đo cho vôn kế, một phương pháp phổ biến là dùng điện trở shunt mắc **nối tiếp** với vôn kế (hình 1.4).



**Hình 1.5:** Mạch đo điện thế DC dùng điện trở shunt

Gọi:  $I_m$  - dòng điện qua cơ cấu chỉ thị.

$I_{max}$  - dòng điện cho phép tối đa qua cơ cấu chỉ thị.

$R_m$  - điện trở nội của vôn kế.

$R_s$  - điện trở shunt.

$V_{tầm đo}$  - điện áp tầm đo.

Khi mắc mạch vào 2 đầu điện thế cần đo, dòng qua vôn kế được xác định:

$$I_m = \frac{V_{t\grave{a}m\grave{d}o}}{R_m + R_S} \quad (1.8)$$

Để đảm bảo vôn kế không bị phá hủy thì  $I_m \leq I_{max}$ . Xét  $I_m = I_{max}$ , khi đó:

$$R_S = \frac{V_{t\grave{a}m\grave{d}o}}{I_{max}} - R_m \quad (1.9)$$

Thiết bị VOM thường có nhiều tầm đo khác nhau, do đó tổng trở vào mỗi tầm đo cũng khác nhau, người ta dùng trị số độ nhạy  $\Omega/V_{DC}$  để xác định tổng trở vào cho mỗi tầm đo:

$$S_i(\Omega/V) = \frac{R_m}{V_{t\grave{a}m\grave{d}o}} \quad (1.10)$$

#### IV. Thiết bị:

- VOM, DOM, nguồn VDC, điện trở.

#### V. Thực hành:

##### 1. Đo dòng điện DC:

- a. Chọn chế độ đo dòng DCmA trên VOM.
- b. Lắp mạch đo dòng DC với  $R_L = 10k\Omega$ ,  $U = 9V$ . Xác định:
  - Cường độ dòng điện theo lý thuyết (ampe kế là lý tưởng).
  - Cường độ dòng điện đo thực tế. Tính sai số.

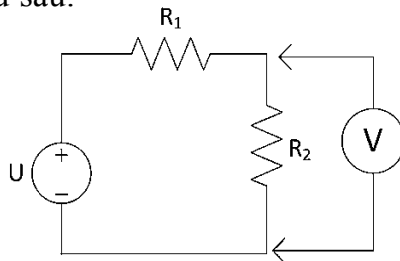
##### 2. Đo điện thế DC:

- a. Xác định độ nhạy của VOM.
- b. Chọn giai đo 10VDC. Xác định:
  - Tổng trở vào của VOM.
  - Giá trị  $I_{max}$  qua VOM tại giai đo 10VDC.
- c. Lắp mạch như sau:

$$U = 5VDC$$

$$R_1 = 10k\Omega$$

$$R_2 = 10k\Omega$$



- Tính giá trị điện thế giữa 2 đầu điện trở  $R_2$ .
- Sử dụng VOM đo giá trị điện thế giữa 2 đầu điện trở  $R_2$ , tính sai số.

**d. Mở rộng tầm đo:**

- Chọn giai đo 10VDC.
- Tính giá trị điện trở shunt cần thiết nối tiếp với VOM để có giai đo 12VDC.
- Sử dụng VOM và điện trở shunt vừa thiết kế để đo điện thế 12v và 5v. Tính sai số so với lý thuyết.

**VI. Câu hỏi:**

1. Phương pháp đo dòng điện DC đòi hỏi ampe kế phải mắc nối tiếp trong mạch, do đó nếu muốn đo mạch bất kỳ phải tiến hành cắt dây tải để gắn ampe kế. Vậy có cách nào đo dòng điện DC mà không phải cắt dây tải hay không? Nếu có hãy trình bày phương pháp đó.
2. Liệt kê các phương pháp đo điện thế DC ngoài phương pháp dùng vôn kế.



## Bài 2: ĐO ĐIỆN ÁP DC (Phần 2)

### I. Mục đích:

- Nắm phương pháp thực hiện mạch nguồn DC bằng ic chuyên dụng.
- Thực hành lại kỹ thuật đo điện áp.

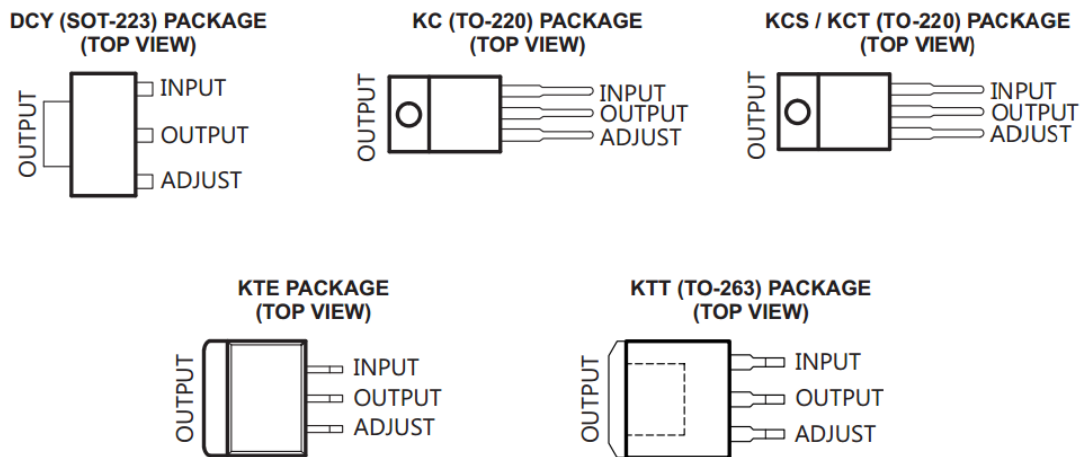
### II. Kết quả đạt được:

- Biết cách thực hiện mạch nguồn DC bằng ic chuyên dụng.
- Biết cách đo kiểm mạch.

### III. Tóm tắt lý thuyết:

#### Thiết kế mạch nguồn DC bằng IC LM317

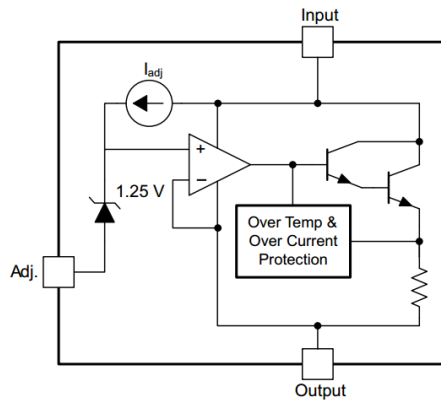
LM317 là linh kiện cấp nguồn DC có thể tinh chỉnh được từ 1.25V đến 37V. IC này có thể cấp dòng tới 1.5A. Bên trong LM317 có tính năng giới hạn dòng, bảo vệ quá nhiệt và quá tải. Cấu trúc chân của LM317 được trình bày ở hình dưới đây.



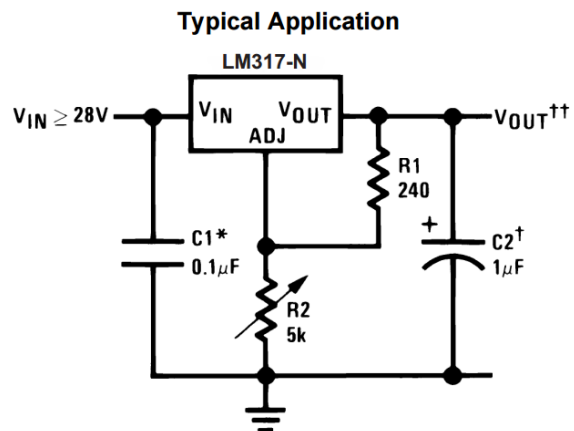
#### Chức năng của các chân:

Chân		Dạng	Mô tả
Tên	DCY, KCS, KCT, KTT		
ADJUST	1	Input	Chân chỉnh điện thế ngõ ra, được kết nối với một cầu điện trở chia thế.
INPUT	3	Input	Nguồn vào
OUTPUT	2	Output	Điện thế ra

Cấu trúc khối bên trong của LM317:



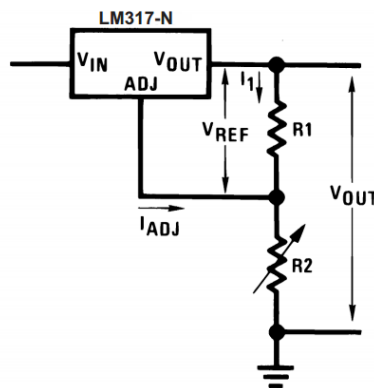
Mạch hoạt động cơ bản:



Điện thế ngõ ra của mạch được tính theo công thức:

$$V_{OUT} = 1.25V \times \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) + I_{ADJ} \times R2$$

Vị trí dòng  $I_{ADJ}$  được mô tả trong hình dưới đây:



Giá trị dòng  $I_{ADJ}$  là  $100\mu A$ .

**IV. Thiết bị:**

- LM317.
- Điện trở, biến trở, tụ điện.
- VOM, nguồn VDC.

**V. Thực hiện:**

1. Phương trình thuận: lắp mạch hoạt động cơ bản của LM317 với  $R_1 = R_2 = 100 \Omega$ . Tính giá trị điện thế ra. Đo giá trị thực tế. Tính sai số.
2. Phương trình ngược (thiết kế): từ mạch hoạt động cơ bản của LM317, tính toán các giá trị  $R_2$  cần thiết để có các điện thế ngõ ra 1.8V. Thực hiện mạch và tính sai số điện thế ngõ ra.
3. Thiết kế hiệu chỉnh được: Thay điện trở  $R_2$  trong câu 2 bằng 1 biến trở. Tính chỉnh giá trị biến trở  $R_2$  để đạt điện thế ngõ ra 1.8V. Đo giá trị điện trở  $R_2$  sau khi chỉnh, tính sai số điện trở so với câu 2.

**VI. Câu hỏi:**

1. Để đạt dòng tải lớn hơn 1.5A, cần mắc mạch LM317 như thế nào?
2. Điều gì sẽ xảy ra nếu chênh lệch giữa điện thế vào và điện thế ra của mạch lớn?

## Bài 3: CẢM BIẾN ÁNH SÁNG

### QUANG TRỞ

#### I. Mục đích:

- Khảo sát linh kiện quang trở.

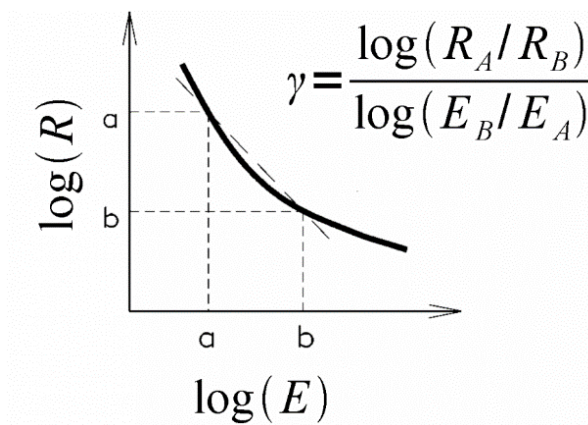
#### II. Kết quả đạt được:

- Nắm được cách hoạt động của quang trở.
- Biết cách thực hiện thiết bị đo cường độ ánh sáng dựa trên linh kiện quang trở.

#### III. Tóm tắt lý thuyết:

Quang trở là 1 cảm biến dạng điện trở, được đặc trưng bởi ảnh hưởng của quang thông bức xạ nhận được và sự phân bố phổ tác động lên giá trị điện trở của cảm biến.

Giá trị điện trở  $R_C$  của quang trở dưới tác dụng của tia bức xạ giảm rất nhanh theo chiều độ. Đường đặc tính của quang trở được mô tả trong hình dưới đây:



Trong đó:

$R_A, R_B$ : điện trở của quang trở tại điểm A và B.

$E_A, E_B$ : cường độ tia bức xạ tại điểm A và B.

$\gamma$ : thường có giá trị giữa 0.5 và 1.

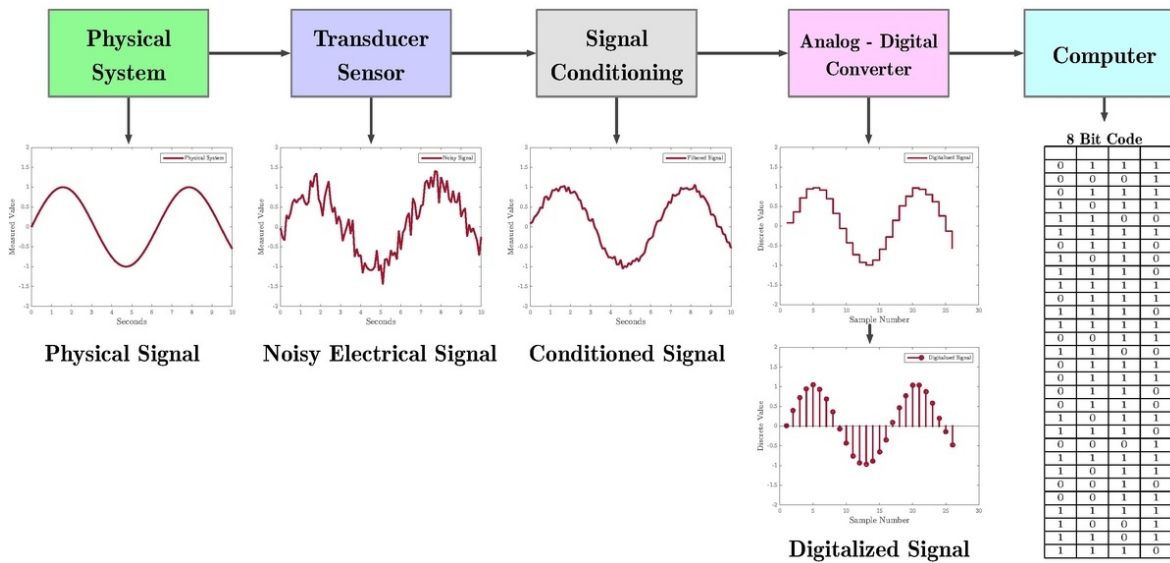
Nhược điểm của quang trở:

- Đáp ứng không tuyến tính với quang thông.
- Thời gian đáp ứng tương đối cao, bằng thông giới hạn.
- Cần phải làm nguội đối với 1 vài loại cảm biến.
- Đặc tính không ổn định.

## Thiết bị đo lường điện tử

Ngày nay, các thiết bị đo lường đa phần được số hóa thay cho việc sử dụng các thiết bị đo truyền thống sử dụng cấu trúc điện kế khung quay. Cấu trúc cơ bản của các thiết bị đo này dựa trên nguyên lý của hệ thống thu thập dữ liệu điện tử Data Acquisition (DAQ).

### Digital Data Acquisition System



Sơ đồ các thành phần trong hệ thống DAQ

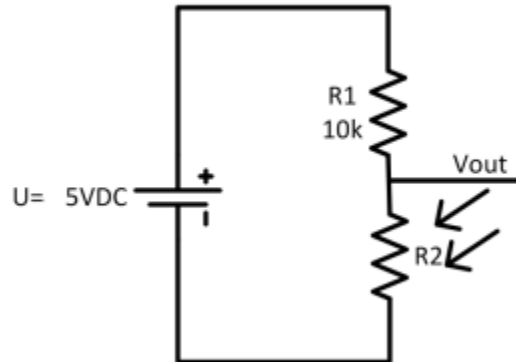
(nguồn: Wikipeda)

Căn cứ theo mô hình trên, cấu trúc cơ bản của thiết bị đo lường điện tử bao gồm 3 nhóm thành phần chính:

- Nhóm thành phần đầu vào: đóng vai trò giao tiếp với các cảm biến và xử lý nhiễu.
- Nhóm thành phần chuyển đổi tín hiệu tương tự sang giá trị số.
- Nhóm thành phần xử lý (thu thập, lọc số, lưu trữ) và hiển thị.

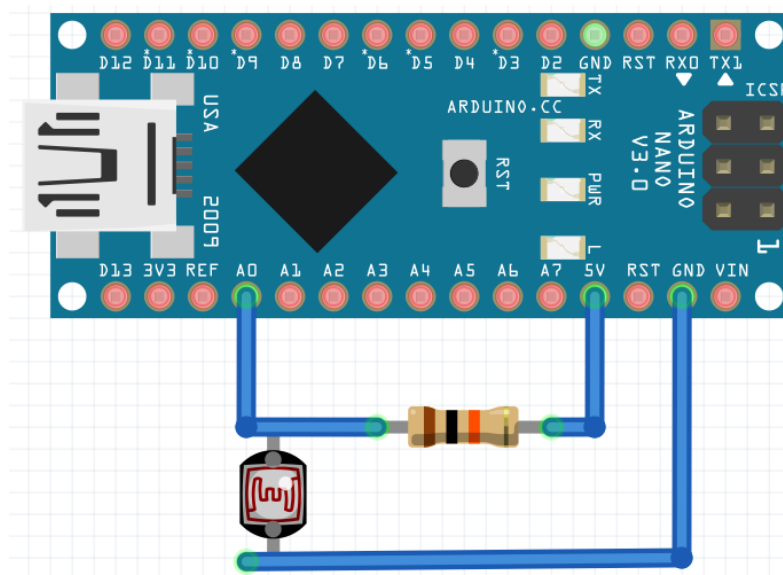
## IV. Thiết bị:

- Điện trở, quang trở.
- Kit Arduino Nano.

**V. Thực hiện:****1. Khảo sát linh kiện quang trở:****a. Lắp mạch như hình dưới**

Trong đó  $R2$  là quang trở.

- Không cho quang trở tiếp xúc với ánh sáng, đo điện thế  $R1$  và  $V_{out}$  từ đó tính giá trị  $R2$  khi không được chiếu sáng.
- Đưa quang trở tiếp xúc với ánh sáng, đo điện thế  $R1$  và  $V_{out}$  từ đó tính giá trị  $R2$  khi được chiếu sáng.
- Tính giá trị cường độ ánh sáng chiếu vào quang trở ở câu trên ( $\gamma = 0.9, R_A = 18k\Omega, E_A = 10lx$ ).

**2. Thực hiện thiết bị đo ánh sáng****a. Lắp mạch như hình dưới:**

- b. Thực hiện đoạn code sau trên Arduino IDE để đo và in giá trị điện thế của quang trở:

```
1 int sensorPin = A0;
2 void setup() {
3     Serial.begin(9600);
4     analogReference(DEFAULT);
5 }
6 void loop() {
7     int sensorValue = analogRead(sensorPin);
8     float vol = sensorValue / 1024.0;
9     vol = vol * 5.0;
10    Serial.println(vol,3);
11    delay(100);
12 }
```

- c. Căn cứ vào phương trình và các thông số đặc trưng của quang trở, lập trình thiết bị đo cường độ ánh sáng bằng quang trở và in ra máy tính.

## VI. Câu hỏi

Tìm phương trình tính cường độ ánh sáng khi sử dụng quang trở với mạch cầu Wheastone cân bằng.

## Bài 4: CẢM BIẾN ÁNH SÁNG

### TRANSISTOR QUANG

#### I. Mục đích:

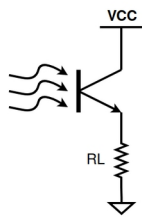
- Khảo sát linh kiện transistor quang.

#### II. Kết quả đạt được:

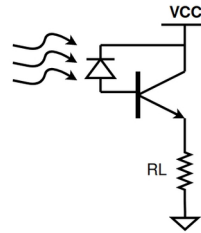
- Nắm được hoạt động của transistor quang.
- Biết cách xây dựng thiết bị đo ánh sáng dựa trên linh kiện transistor quang.

#### III. Tóm tắt lý thuyết:

Transistor quang là 1 cảm biến ánh sáng dựa trên nguyên lý của diode thu quang, được đặc trưng bởi ảnh hưởng của quang thông bức xạ nhận được và sự phân bố phổ tác động lên dòng điện phân cực nghịch trong mỗi nối PN. Vì giá trị dòng phân cực nghịch trong mỗi nối PN của diode thu quang rất nhỏ, transistor quang giúp khuếch đại dòng điện này lên đủ lớn để phục vụ cho mục đích điều khiển và đo lường.



Cách mắc dây kiểu CC



Mô hình tương đương

Phương trình hoạt động của mạch theo cách mắc CC (Common Collector):

$$I_E = \frac{\beta}{\beta + 1} I_r$$

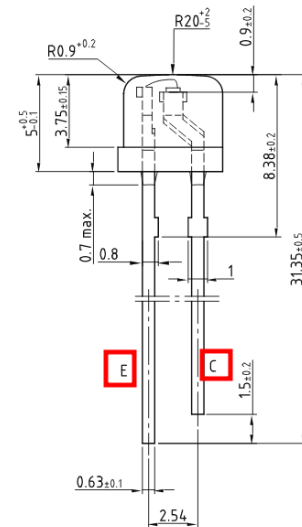
Trong đó:

- $I_E$  là dòng điện cực E.
- $\beta$  là độ khuếch đại dòng của transistor.
- $I_r$  là dòng phân cực nghịch của diode quang đi vào cực B.

#### TEPT5700

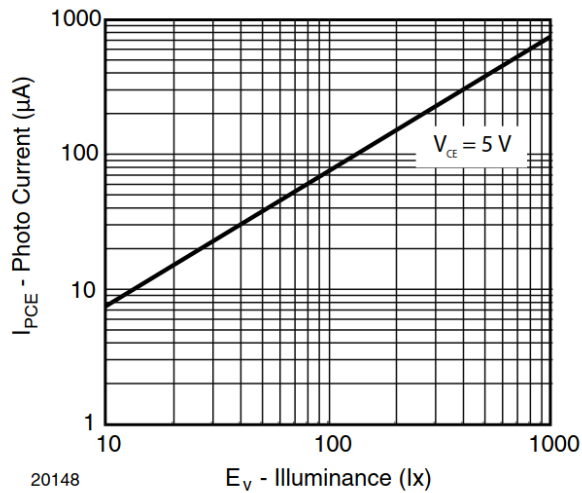
TEPT5700 là một cảm biến transistor quang loại NPN hoạt động ở vùng ánh sáng khả kiến (bước sóng từ 440 nm tới 800 nm), độ nhạy của nó đạt lớn nhất ở bước sóng 570 nm.



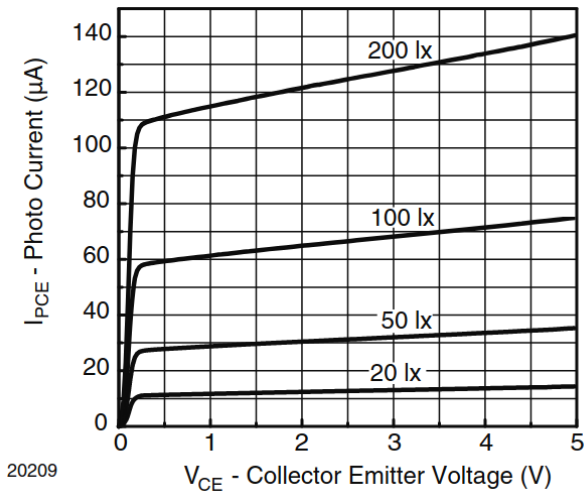


<b>ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS</b> ( $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , unless otherwise specified)				
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
Collector emitter voltage		$V_{CEO}$	6	V
Emitter collector voltage		$V_{ECO}$	1.5	V
Collector current		$I_C$	20	mA
Power dissipation	$T_{amb} \leq 55\text{ }^{\circ}\text{C}$	$P_V$	100	mW
Junction temperature		$T_j$	100	$^{\circ}\text{C}$
Operating temperature range		$T_{amb}$	-40 to +85	$^{\circ}\text{C}$
Storage temperature range		$T_{stg}$	-40 to +100	$^{\circ}\text{C}$
Soldering temperature	$t \leq 5\text{ s}$ , 2 mm distance to package	$T_{sd}$	260	$^{\circ}\text{C}$
Thermal resistance junction/ambient	J-STD-051, soldered on PCB	$R_{thJA}$	230	K/W

<b>BASIC CHARACTERISTICS</b> ( $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , unless otherwise specified)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Collector emitter breakdown voltage	$I_C = 0.1\text{ mA}$	$V_{CEO}$	6			V
Collector dark current	$V_{CE} = 5\text{ V}$ , $E = 0$	$I_{CEO}$		3	50	nA
Collector emitter capacitance	$V_{CE} = 0\text{ V}$ , $f = 1\text{ MHz}$ , $E = 0$	$C_{CEO}$		16		pF
Collector light current	$E_v = 20\text{ lx}$ , CIE illuminant A, $V_{CE} = 5\text{ V}$	$I_{PCE}$	5.2		24	$\mu\text{A}$
	$E_v = 100\text{ lx}$ , CIE illuminant A, $V_{CE} = 5\text{ V}$	$I_{PCE}$		75		$\mu\text{A}$
Angle of half sensitivity		$\phi$		$\pm 50$		deg
Wavelength of peak sensitivity		$\lambda_p$		570		nm
Range of spectral bandwidth		$\lambda_{0.5}$		440 to 800		nm
Collector emitter saturation voltage	$E_v = 20\text{ lx}$ , CIE illuminant A, $I_{PCE} = 1.2\text{ }\mu\text{A}$	$V_{CEsat}$		0.1		V



Độ rọi so với dòng điện cực E



Đường đặc trưng Vôn-Ampe

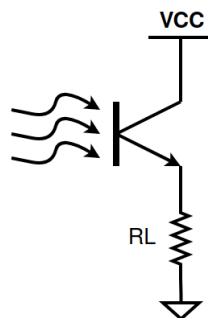
#### IV. Thiết bị:

- Điện trở, TEPT5700.
- Kit Arduino.

#### V. Thực hiện:

##### 1. Khảo sát linh kiện transistor quang:

- a. Lắp mạch như hình dưới

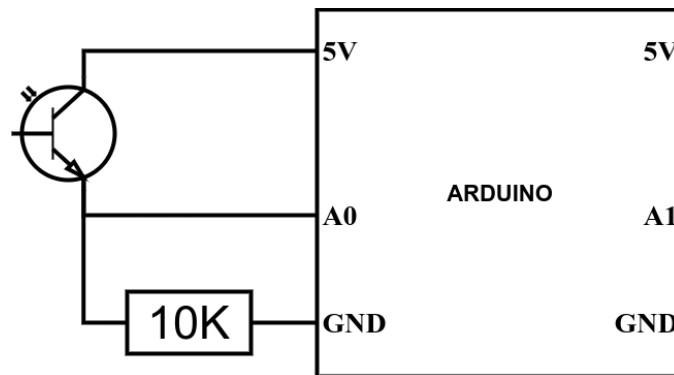


Trong đó  $V_{CC} = 5V_{DC}$ ,  $R_L = 10 k\Omega$ .

- b. Cho cảm biến tiếp xúc với ánh sáng, đo hiệu điện thế rơi trên 2 đầu tải  $R_L$ , từ đó tính điện thế VCE và giá trị dòng điện cực E.
- c. Căn cứ đồ thị mối tương quan giữa độ rọi và dòng điện cực E, tính giá trị cường độ ánh sáng chiếu vào cảm biến từ kết quả ở phần trên.

##### 2. Thực hiện thiết bị đo cường độ sáng:

- a. Lắp mạch như hình dưới:



b. Thực hiện đoạn code sau trên Arduino IDE để đo và in giá trị điện thế  $R_1$ , VCE và dòng điện cực E lên máy tính:

```
const int sensorPin = A0;
int sensorValue = 0;
void setup() {
  // initialize serial communications at 9600 bps:
  Serial.begin(9600);
  // Default ADC reference of 5 volts, Resolution 10 bits
  analogReference(DEFAULT);
}
void loop() {
  // read the sensor in value:
  sensorValue = analogRead(sensorPin);
  // Calculate voltage from ADC value:
  float vol = (float)sensorValue;
  vol = vol / 1024.0;
  vol = vol * 5.0;
  // Calculate Ie from voltage and R1:
  float Ipce = vol / 10000.0;
  // print the results to the Serial Monitor:
  Serial.print("VE = ");
  Serial.print(vol,3);
  Serial.print(" V\t Ipce = ");
  Serial.print(Ipce,6);
  Serial.println(" uA");
  // wait 10 milliseconds before the next loop for the ADC
  delay(10);
}
```

c. Căn cứ đồ thị mối tương quan giữa độ rọi và dòng điện cực E, tìm phương trình mô liên quan giữa giá trị độ rọi và cường độ dòng điện cực E, từ đó lập trình thiết bị đo lường cường độ ánh sáng dựa trên cảm biến transistor quang.

## Bài 5: BIẾN DÒNG VÀ ĐO DÒNG ĐIỆN AC

### I. Mục đích:

- Khảo sát linh kiện biến dòng và phương pháp đo dòng điện AC không chỉnh lưu.
- Tìm hiểu kỹ thuật tính giá trị hiệu dụng của tín hiệu đo lường.

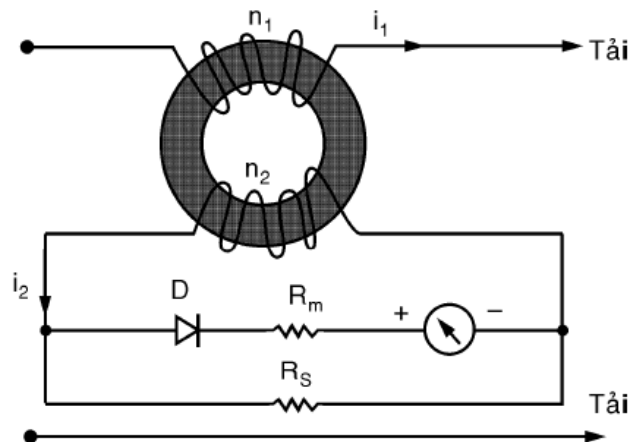
### II. Kết quả đạt được:

- Nắm được cách hoạt động của biến dòng.
- Biết cách thực hiện mạch đo lường dòng điện AC sử dụng biến dòng.

### III. Tóm tắt lý thuyết:

#### 1. Biến dòng

Biến dòng (current transformer) là linh kiện hoạt động dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ. Thường được sử dụng trong các ứng dụng điều chỉnh dòng điện AC (tăng dòng hoặc hạ dòng). Về mặt cấu tạo, biến dòng có cấu trúc tương tự biến áp, bao gồm 02 cuộn dây sơ cấp và thứ cấp được quấn trên một lõi sắt từ.



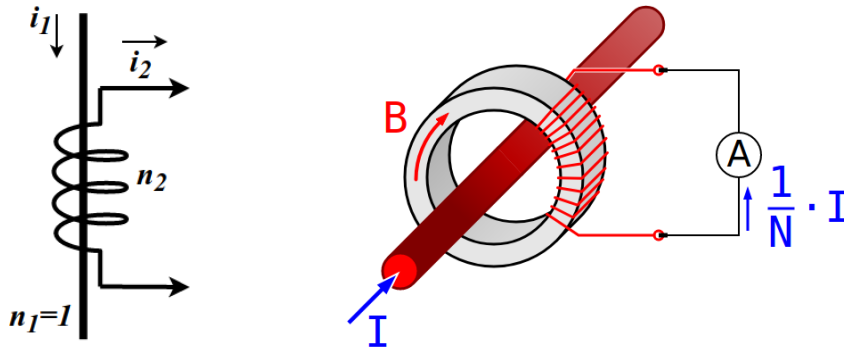
Tuy nhiên, về mặt sử dụng, cuộn sơ cấp của biến dòng được mắc nối tiếp trong mạch tải chính thay vì song song như biến áp, khi đó, tỷ lệ dòng điện giữa cuộn sơ cấp và thứ cấp sẽ theo công thức:

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Trong đó:

- $i_1$  và  $i_2$  lần lượt là dòng điện chạy qua cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp
- $n_1$  và  $n_2$  lần lượt là số vòng dây cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp

Thông thường, cuộn sơ cấp chính là dây tải mạch sơ cấp đi xuyên lõi sắt từ hoặc lõi không khí, khi đó, số vòng dây cuộn sơ cấp được coi là 01 vòng.



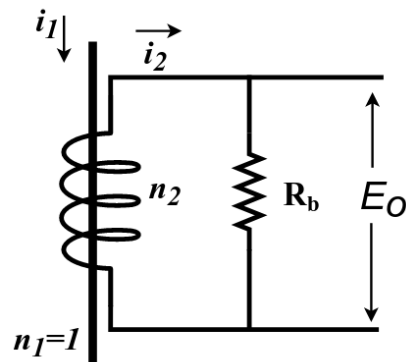
Lúc này, dòng điện ở cuộn thứ cấp được xác định theo phương trình:

$$i_2 = \frac{1}{n_2} \times i_1$$

Để ghi chú thông số của biến dòng, nhà sản xuất thường in tỷ lệ dòng điện tối đa giữa cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp.

Ví dụ: biến dòng 5A/5mA có nghĩa dòng điện tối đa cuộn sơ cấp là 5A, dòng điện tối đa cuộn thứ cấp là 5mA, tỷ lệ hạ dòng (số vòng dây cuộn thứ cấp) là 1000.

Để chuyển đổi dòng điện ở cuộn thứ cấp thành điện thế đo lường, một điện trở gánh được mắc song song với hai đầu cuộn thế cấp và được tính theo công thức:



$$R_b = \frac{E_o}{i_1} \times \frac{n_2}{n_1}$$

Trong đó: -  $R_b$  là điện trở gánh.

-  $E_o$  là điện thế ngõ ra ở thứ cấp.

-  $i_1$  là dòng điện ở sơ cấp.

-  $n_1$  và  $n_2$  lần lượt là số vòng dây cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp

## 2. Giá trị hiệu dụng RMS

Thông thường, các thiết bị đo sẽ hiển thị giá trị trung bình của tín hiệu, tuy nhiên, trong các tình huống tín hiệu có sự đảo dấu (như tín hiệu sóng sin AC), việc lấy giá trị trung bình theo phương trình bậc nhất sẽ không chính xác. Do đó, kỹ thuật tính giá trị trung bình theo phương trình bậc 2 (Root Mean Square - RMS) thường được áp dụng để có kết quả chính xác.

$$f_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} [f(t)]^2 dt}$$

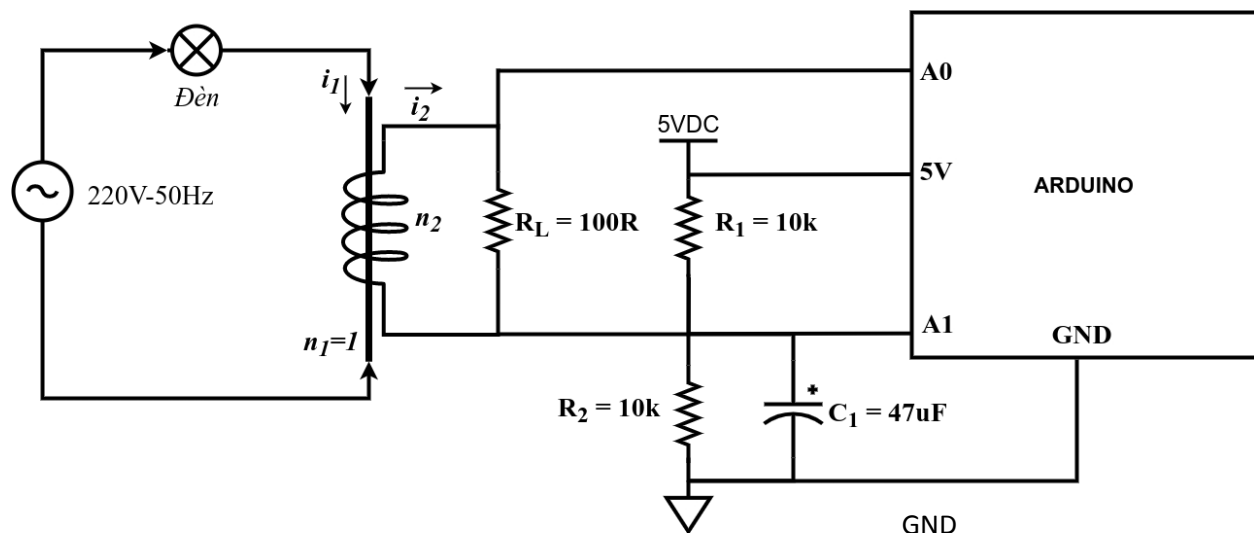
$$f_{\text{rms}} = \lim_{T \rightarrow \infty} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [f(t)]^2 dt} \quad x_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{n} (x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2)}$$

### IV. Thiết bị:

- Điện trở, tụ điện, biến dòng.
- Kit Arduino Nano, tải AC mẫu.

### V. Thực hiện:

a. Lắp mạch như hình dưới



Trong đó  $R_L = 100\Omega$ ,  $R_1 = 10k\Omega$ ,  $R_2 = 10k\Omega$ ,  $C_1 = 47\mu F$ .

2 ngõ ra của biến dòng nối vào các vị trí A0 và A1 của kit Arduino Nano.

b. Thực hiện đoạn code sau trên Arduino IDE:

```
1 #define VREF 4.9
2
3 const int analogInPin0 = A0;
4 const int analogInPin1 = A1;
5
6 void setup() {
7     // initialize serial communications at 115200 bps:
8     Serial.begin(115200);
9     analogReference(DEFAULT);
10 }
11
12 void loop() {
13     /* Read the analog in differential value */
14     int Xn = analogRead(analogInPin0) - analogRead(analogInPin1);
15     /* Convert to voltage */
16     float vol = VREF * (Xn / 1024.0);
17     /* Convert to Millivolt */
18     float mvol = vol * 1000;
19     /* Print or Plot */
20     Serial.println(mvol,3);
21 }
```

- c. Đo lại điện thế 5V trên mạch và cập nhật chính xác giá trị vào VREF trong chương trình ở phần b.
- d. Nạp chương trình ở phần c vào mạch.
- e. Trong Arduino IDE, vào Tools -> SerialPlotter, chọn tốc độ baud tương ứng với tốc độ ở chương trình phần c.
- f. Vẽ lại dạng sóng điện thế ngõ ra thứ cấp của biến dòng.
- g. Hiệu chỉnh chương trình ở phần c để tính và vẽ dạng sóng giá trị dòng điện ở cuộn sơ cấp của biến dòng.
- h. Thực hiện chương trình đo dòng điện hiệu dụng RMS và công suất biểu kiến.

## VI. Câu hỏi

## Bài 6: CẢM BIẾN NHIỆT ĐỘ LOẠI BÁN DẪN

### I. Mục đích:

- Khảo sát linh kiện cảm biến nhiệt độ bằng bán dẫn.

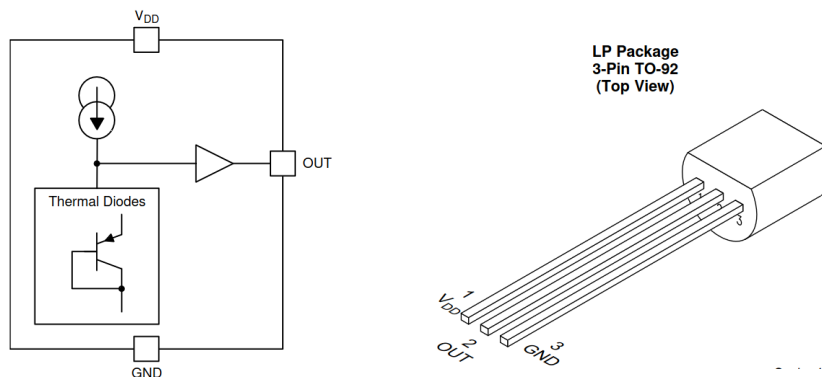
### II. Kết quả đạt được:

- Nắm được hoạt động của cảm biến nhiệt độ bằng bán dẫn.
- Biết cách xây dựng thiết bị đo nhiệt độ điện tử.

### III. Tóm tắt lý thuyết:

**1. Khái niệm:** cảm biến nhiệt độ là một thiết bị có chức năng chuyển đổi đại lượng nhiệt thành tín hiệu điện.

**2. Nguyên lý hoạt động:** IC được cấu tạo từ những transistor giống nhau được sử dụng làm cảm biến nhiệt độ dựa vào việc đo sự khác biệt điện áp  $V_{BE}$  dưới tác dụng của nhiệt độ. Các cảm biến này tạo ra dòng điện hoặc điện áp tỷ lệ với nhiệt độ tuyệt đối, độ tuyến tính cao, vận hành đơn giản, tuy nhiên phạm vi hoạt động giới hạn  $-50^{\circ}\text{C}$  đến  $150^{\circ}\text{C}$ .



Sơ đồ nguyên lý cảm biến nhiệt độ bán dẫn và sơ đồ chân LMT85.

$$V_{BE} = \frac{kT}{q} \ln \left( \frac{I_T}{I_0} \right)$$

Trong đó:  $V_{BE}$ : điện thế nền-phát của transistor.

$k$ : hằng số Boltzmann.

$I_T$ : dòng điện qua transistor tại nhiệt độ  $T^{\circ}\text{K}$ .

$I_0$ : dòng điện phân cực ngược của transistor.

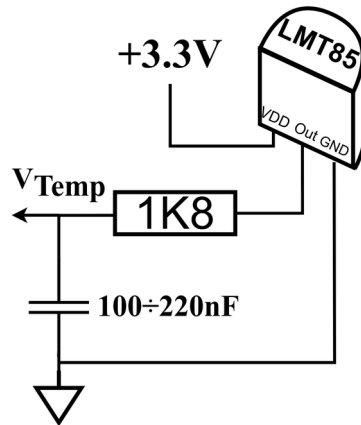


**VII. Thiết bị:**

- Tụ điện, điện trở, LMT85.
- Kit Arduino.

**VIII. Thực hiện:****1. Khảo sát đặc tính cảm biến nhiệt độ LM35:****a. Hàm nhiệt độ chính xác theo hàm Parabolic:**

- Lắp mạch như hình dưới:



- Đo điện thế tại ngõ ra cảm biến, xác định nhiệt độ phòng theo công thức:

$$T^{\circ}C = \frac{8.194 - \sqrt{(-8.194)^2 + 4 \times 0.00262 \times (1324 - V_{Temp}(mV))}}{2 \times (-0.00262)} + 30$$

**b. Hàm nhiệt độ chính xác theo hàm 2 điểm:**

- Sử dụng mạch ở câu a. Biết bảng giá trị của cảm biến như sau:

**Table 3. LMT85 Transfer Table**

TEMP (°C)	V <sub>OUT</sub> (mV)	TEMP (°C)	V <sub>OUT</sub> (mV)	TEMP (°C)	V <sub>OUT</sub> (mV)	TEMP (°C)	V <sub>OUT</sub> (mV)	TEMP (°C)	V <sub>OUT</sub> (mV)
-50	1955	-10	1648	30	1324	70	991	110	651
-49	1949	-9	1639	31	1316	71	983	111	642
-48	1942	-8	1631	32	1308	72	974	112	634
-47	1935	-7	1623	33	1299	73	966	113	625
-46	1928	-6	1615	34	1291	74	957	114	617
-45	1921	-5	1607	35	1283	75	949	115	608
-44	1915	-4	1599	36	1275	76	941	116	599
-43	1908	-3	1591	37	1267	77	932	117	591
-42	1900	-2	1583	38	1258	78	924	118	582
-41	1892	-1	1575	39	1250	79	915	119	573
-40	1885	0	1567	40	1242	80	907	120	565
-39	1877	1	1559	41	1234	81	898	121	556
-38	1869	2	1551	42	1225	82	890	122	547

- Tính lại nhiệt độ phòng theo công thức 2 điểm như sau:

$$V_{Temp} - V_1 = \frac{V_2 - V_1}{T_2 - T_1} \times (T - T_1)$$

Trong đó,  $V_1$  là điện thế tại nhiệt độ  $T_1$  (theo bảng giá trị),  $V_2$  là điện thế tại nhiệt độ  $T_2$  (theo bảng giá trị),  $V_{Temp}$  là điện thế tại nhiệt độ  $T$ ,  $T_1$  và  $T_2$  là dải nhiệt độ hoạt động đang xét ( $T_1 < T_2$ ). Cho dải nhiệt độ hoạt động từ  $-10^\circ\text{C}$  tới  $120^\circ\text{C}$ .

- Tính sai số giữa kết quả từ hàm parabolic và công thức 2 điểm.

## 2. Thực hiện mạch đo nhiệt độ điện tử:

- a. Kết đường VTemp trong mạch ở phần 1a vào một kênh ADC của kit Arduino.
- b. Viết chương trình in ra nhiệt độ theo hàm Parabolic.
- c. Viết chương trình in ra nhiệt độ theo công thức 2 điểm với dải nhiệt độ hoạt động từ  $-10^\circ\text{C}$  tới  $120^\circ\text{C}$ .

## Bài 7: CẶP NHIỆT ĐIỆN

### I. Mục đích:

- Khảo sát linh kiện cảm biến cặp nhiệt.
- Tìm hiểu kỹ thuật đo tín hiệu giá trị nhỏ trong hệ thống số có ADC.
- Tìm hiểu phương pháp xây dựng hàm hoạt động của cảm biến.

### II. Kết quả đạt được:

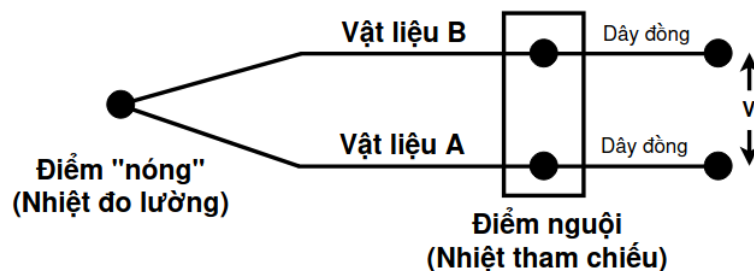
- Nắm được cách thực hiện mạch đo nhiệt độ dựa trên linh kiện cặp nhiệt điện.
- Biết được cách sử dụng bảng tra cứu dữ liệu cảm biến và xây dựng hàm hoạt động.

### III. Tóm tắt lý thuyết:

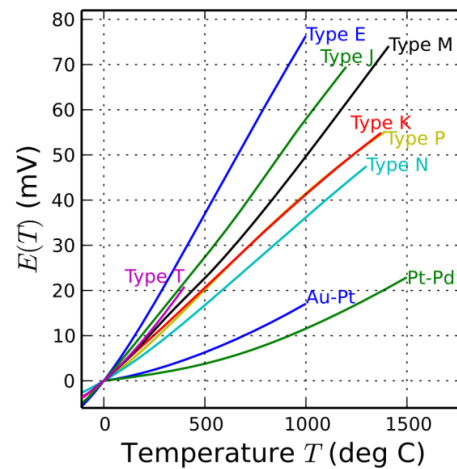
1. **Khái niệm:** hiệu ứng nhiệt điện, hay hiệu ứng Peltier-Seebeck, là sự chuyển nhiệt năng trực tiếp thành điện năng và ngược lại, trên một số kết nối giữa hai vật dẫn điện khác nhau.

#### 2. Nguyên lý hoạt động:

Cặp nhiệt điện là một linh kiện được hình thành bằng việc kết nối hai vật liệu dẫn điện khác nhau tại một điểm nối chung, phần còn lại của mỗi dây hình thành một điện cực. Khi hai đầu của cặp nhiệt điện được đặt ở hai vùng có nhiệt độ chênh lệch nhau, giữa hai đầu điện cực của cặp nhiệt điện xuất hiện một hiệu điện thế là một hàm phụ thuộc vào nhiệt độ và vật liệu của dây (hiệu ứng Seebeck).



Tùy vào vật liệu cấu thành nên cặp nhiệt điện mà mỗi loại cặp nhiệt điện có hàm điện thế ngõ ra theo nhiệt độ khác nhau.

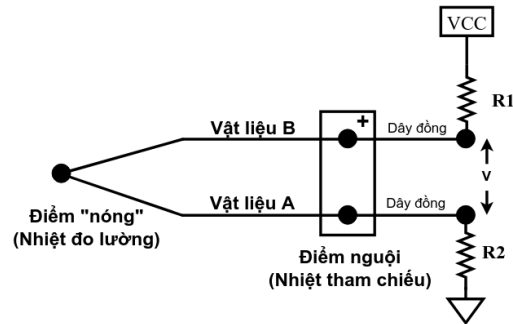


ANSI Code	ANSI MC 98.1 Color Coding		Alloy Combination		Maximum T/C Grande temp. range	EMF(mv)Over Max.temp.range	IEC 584-3 Color Coding	IEC Code
	Thermocouple	Extension	+ Lead	- Lead				
<b>K</b>			NICKEL-CHROMIUM Ni-Cr	NICKEL-ALUMINUM Ni-Al	-270 to 1372°C -454 to 2501°F	-8.458 to 54.888		<b>K</b>
<b>J</b>			IRON Fe (magnetic)	CONTANTAN COOPER-NICKEL Cu-Ni	-210 to 1200°C -346 to 2193°F	-8.095 to 69.553		<b>J</b>
<b>T</b>			COPPER Cu	CONTANTAN COOPER-NICKEL Cu-Ni	-270 to 400°C -454 to 752°F	-8.258 to 20.872		<b>T</b>
<b>E</b>			NICKEL-CHROMIUM Ni-Cr	CONTANTAN COOPER-NICKEL Cu-Ni	-270 to 1000°C -454 to 1832°F	-9.835 to 76.373		<b>E</b>
<b>N</b>			NICROSIL Ni-Cr-Si	NISIL Ni-Si-Mg	-270 to 1300°C -450 to 2372°F	-4.345 to 47.513		<b>N</b>
<b>S</b>	NONE ESTABLISHED		PLATINUM-10% RHODIUM Pt-10%Rh	PLATINUM Pt	-50 to 1768°C -58 to 3214°F	-0.236 to 18.693		<b>S</b>
<b>R</b>	NONE ESTABLISHED		PLATINUM-13% RHODIUM Pt-13%Rh	PLATINUM Pt	-50 to 1768°C -58 to 3214°F	-0.226 to 21.101		<b>R</b>
<b>B</b>	NONE ESTABLISHED		PLATINUM-30% RHODIUM Pt-30%Rh	PLATINUM-6% RHODIUM Pt-6%Rh	0 to 1820°C 32 to 3308°F	0 to 13.820		<b>B</b>

Bảng màu dây và dải nhiệt độ

**IV. Thiết bị:**

- Điện trở, cặp nhiệt điện loại K.
- Kit Arduino Nano.

**V. Thực hành:****1. Lắp mạch như hình sau:**

Trong đó  $R_1 = 22\text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 22\text{ k}\Omega$ ,  $VCC = 5\text{V}$ .

- Chọn thang đo mV, đo điện thế ngõ ra V giữa 2 đầu cảm biến.
- Biết cảm biến thuộc loại K, tìm giá trị nhiệt độ theo bảng tra dưới đây:

	° C	0	1	2	3	4	5	6			
7	8	9	10	(Thermoelectric Voltage in mV)							
<u>0</u>	0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357	0.397
<u>10</u>	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758	0.798
<u>20</u>	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.163	1.203
<u>30</u>	1.203	1.244	1.285	1.326	1.366	1.407	1.448	1.489	1.530	1.571	1.612
<u>40</u>	1.612	1.653	1.694	1.735	1.776	1.817	1.858	1.899	1.941	1.982	2.023
<u>50</u>	2.023	2.064	2.106	2.147	2.188	2.230	2.271	2.312	2.354	2.395	2.436
<u>60</u>	2.436	2.478	2.519	2.561	2.602	2.644	2.685	2.727	2.768	2.810	2.851
<u>70</u>	2.851	2.893	2.934	2.976	3.017	3.059	3.100	3.142	3.184	3.225	3.267
<u>80</u>	3.267	3.308	3.350	3.391	3.433	3.474	3.516	3.557	3.599	3.640	3.682
<u>90</u>	3.682	3.723	3.765	3.806	3.848	3.889	3.931	3.972	4.013	4.055	4.096
<u>100</u>	4.096	4.138	4.179	4.220	4.262	4.303	4.344	4.385	4.427	4.468	4.509
<u>110</u>	4.509	4.550	4.591	4.633	4.674	4.715	4.756	4.797	4.838	4.879	4.920
<u>120</u>	4.920	4.961	5.002	5.043	5.084	5.124	5.165	5.206	5.247	5.288	5.328
<u>130</u>	5.328	5.369	5.410	5.450	5.491	5.532	5.572	5.613	5.653	5.694	5.735
<u>140</u>	5.735	5.775	5.815	5.856	5.896	5.937	5.977	6.017	6.058	6.098	6.138

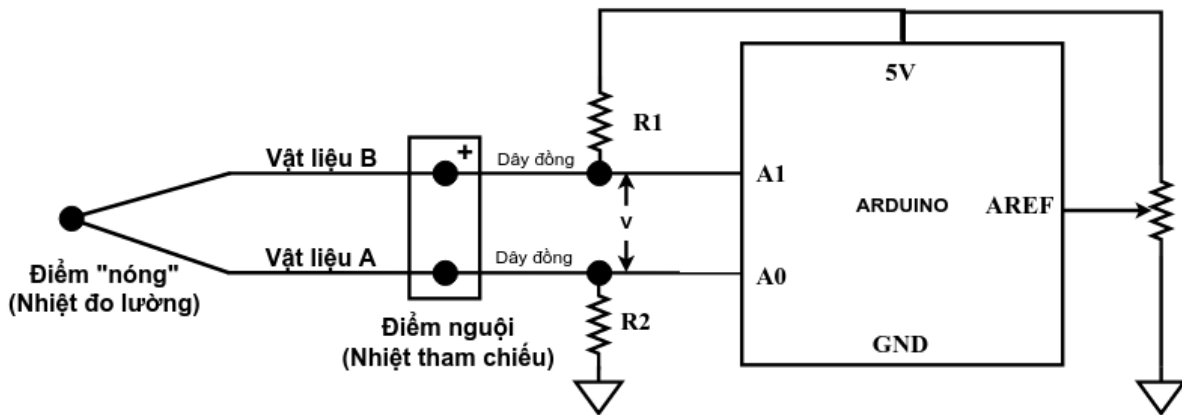
ITS-90 Table for type K thermocouple

4. Biết phương trình tổng quát của cặp nhiệt điện có thể được tính toán gần đúng bằng thức bậc n:

$$T_j = \sum_{i=0}^n a_i V_j^i$$

Chọn bậc đa thức  $n = 2$ , căn cứ vào bảng số liệu cảm biến ở phần trên, tìm phương trình tính toán gần đúng nhiệt độ đo lường từ điện thế ngõ ra cảm biến.

5. Kết nối mạch cảm biến vào mạch vi điều khiển như hình dưới:



6. Hiệu chỉnh biến trở để chân AREF có điện thế 3.0V.  
7. Chạy mã nguồn sau để in giá trị điện thế giữa 2 đầu cảm biến ra màn hình

```

1  #define VREF 3.0
2  const int analogInPin0 = A0;
3  const int analogInPin1 = A1;
4  unsigned long count = 0;
5  long Xn = 0;
6  void setup() {
7      // initialize serial communications at 115200 bps:
8      Serial.begin(115200);
9      analogReference(EXTERNAL);
10 }
11 void loop() {
12     /* Read the analog in differential value */
13     Xn += analogRead(analogInPin1) - analogRead(analogInPin0);
14     count++;
15     /* Convert to voltage */
16     float vol = VREF * (Xn / 1024.0);
17     /* Convert to Average Millivolt */
18     float mvol = vol * 1000.0 / count;
19     /* Print or Plot */
20     Serial.println(mvol, 3);
21 }

```

8. Căn cứ phương trình ở phần 4, hiệu chỉnh mã nguồn ở phần 7 để in ra màn hình giá trị nhiệt độ từ điện thế đo được trên cảm biến.

## **VI. Câu hỏi**

Thiết kế mạch khuếch đại tín hiệu cảm biến cặp nhiệt điện dùng nguồn đơn.

## Bài 8: CẢM BIẾN TỪ TRƯỜNG HIỆU ỨNG HALL

### I. Mục đích:

- Khảo sát linh kiện cảm biến Hall.

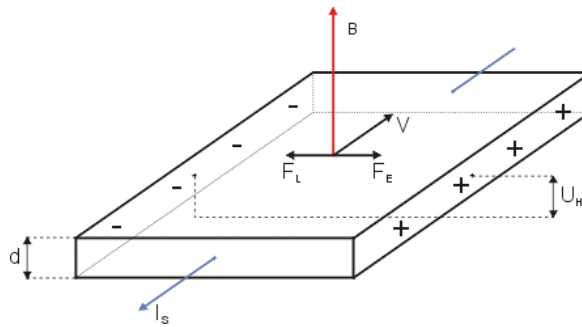
### II. Kết quả đạt được:

- Nắm được đặc tính hoạt động của cảm biến Hall A1302.
- Biết cách xây dựng thiết bị đo từ trường điện tử.

### III. Tóm tắt lý thuyết:

#### 1. Hiệu ứng Hall:

Cảm biến Hall là loại cảm biến sử dụng hiệu ứng Hall để đo từ trường trong một môi trường nhất định.



**Hình 8.1:** Hiệu ứng Hall

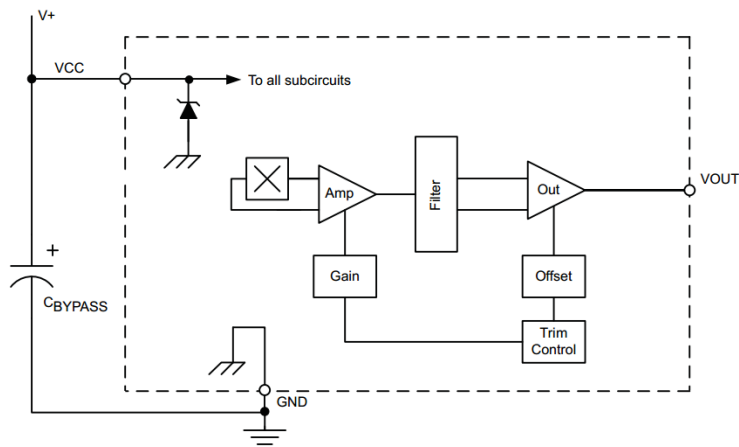
Hiệu ứng Hall được giải thích dựa vào bản chất của dòng điện chạy trong vật dẫn điện. Dòng điện này chính là sự chuyển động của các điện tích (ví dụ như electron trong kim loại). Khi chạy qua từ trường, các điện tích chịu lực Lorentz bị đẩy về một trong hai phía của thanh kim loại, tùy theo điện tích chuyển động đó âm hay dương. Sự tập trung các điện tích về một phía tạo nên sự tích điện trái dấu ở 2 mặt của thanh kim loại tạo ra một hiệu điện thế Hall theo công thức:

$$V_{Hall} = \frac{IB}{dq n}$$

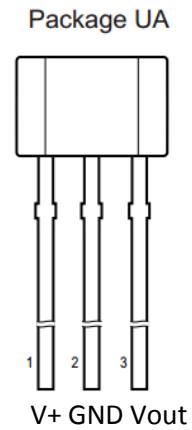
Trong đó:  $I$  - cường độ dòng điện;  $B$  - cường độ từ trường;  
 $d$  - độ dày thanh kim loại;  $q$  - điện tích hạt mang điện;  
 $n$  - mật độ các hạt mang điện trong thanh kim loại.



## 2. Cảm biến A1302:

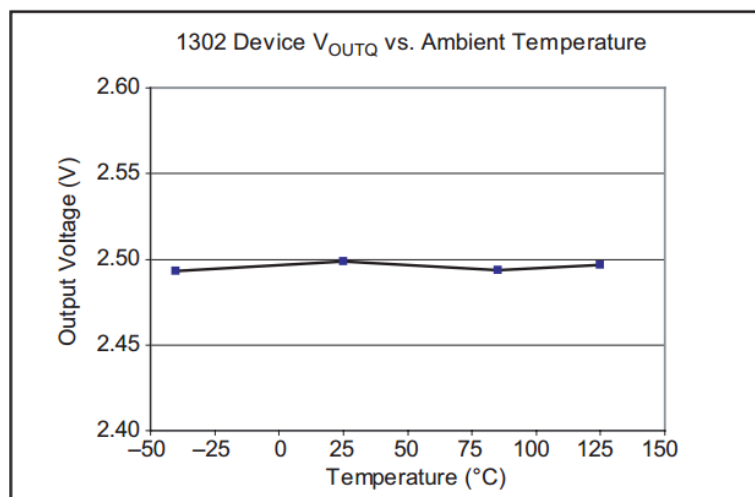


a) Sơ đồ cấu trúc khối

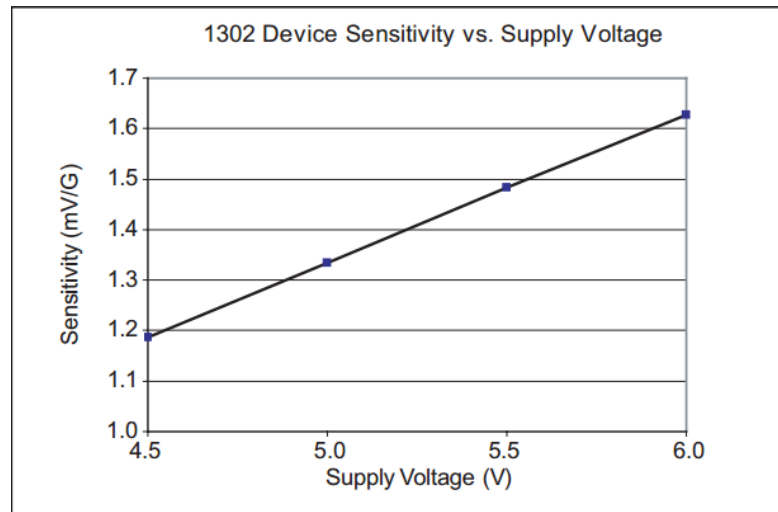


b) Sơ đồ chân

**Hình 8.2:** Cấu trúc cảm biến A1302



**Hình 8.3** Điện thế ngõ ra cân bằng của cảm biến ứng với nhiệt độ ( $VCC=5V$ )



**Hình 8.4** Độ nhạy của cảm biến ứng với điện thế cung cấp

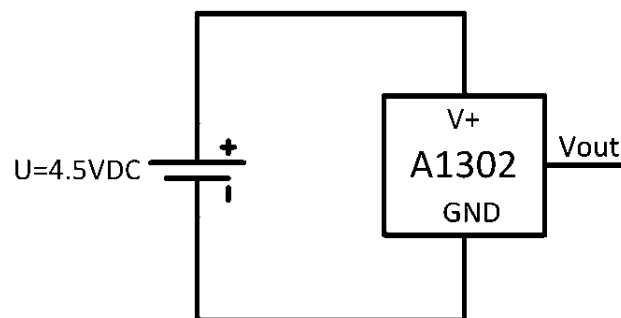
#### IV. Thiết bị:

- Điện trở, A1302, nam châm.
- Kit Arduino.

#### V. Thực hiện:

##### 1. Khảo sát cảm biến Hall A1302:

a. Lắp mạch như hình dưới:



- b. Cách ly cảm biến với từ trường, đo điện thế ngõ ra của cảm biến.
- c. Tìm độ nhạy mV/G của cảm biến.
- d. Cho từ trường tới gần cảm biến, đo điện thế ngõ ra của cảm biến và tính cường độ từ trường.

##### 2. Thực hiện thiết bị đo từ trường

- a.** Kết nối chân Output của mạch cảm biến ở phần 1 vào chân A0 của kit Arduino.
- b.** Thực hiện chương trình trên Arduino IDE để đo và in giá trị cường độ từ trường lên máy tính, đồng thời in lên máy tính tên cực từ (Nam, Bắc) đang tác dụng vào cảm biến.

## **VI. Câu hỏi**

Căn cứ vào đồ thị độ nhạy của cảm biến ứng với điện thế cung cấp, tìm phương trình mối liên quan giữa độ nhạy và điện thế nguồn.

## Bài 9: HIỆU ỨNG HALL TRONG ĐO DÒNG ĐIỆN

### I. Mục đích:

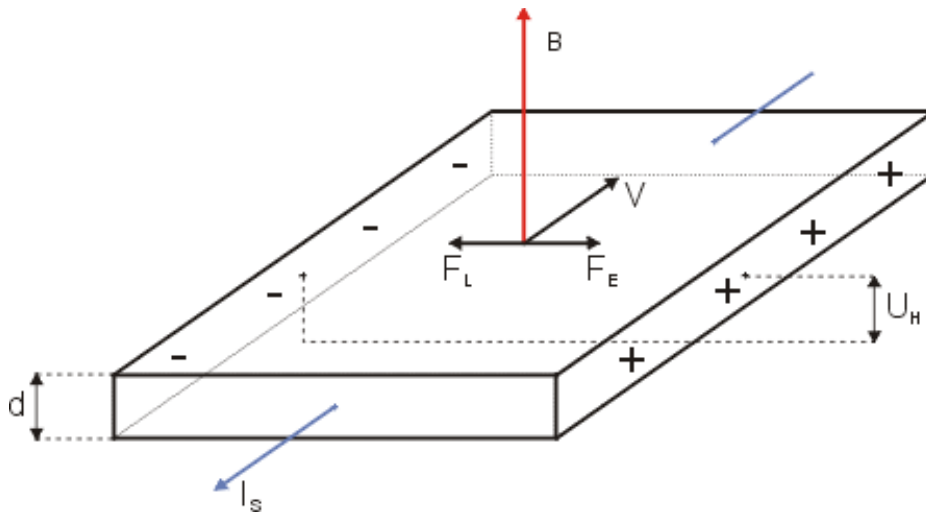
- Khảo sát phương pháp đo dòng điện dựa trên hiệu ứng Hall.
- Khảo sát ảnh hưởng của môi trường lên thiết bị đo.

### II. Kết quả đạt được:

- Nắm được hoạt động của cảm biến dòng điện sử dụng hiệu ứng Hall.
- Nắm được phương pháp bù nhiệt trong thiết bị đo dòng điện bằng kỹ thuật số.

### III. Tóm tắt lý thuyết:

Ta đã biết hiệu ứng Hall là ứng của vật liệu mang điện đặt trong từ trường, hiệu điện thế Hall là một hàm theo từ trường và dòng điện.



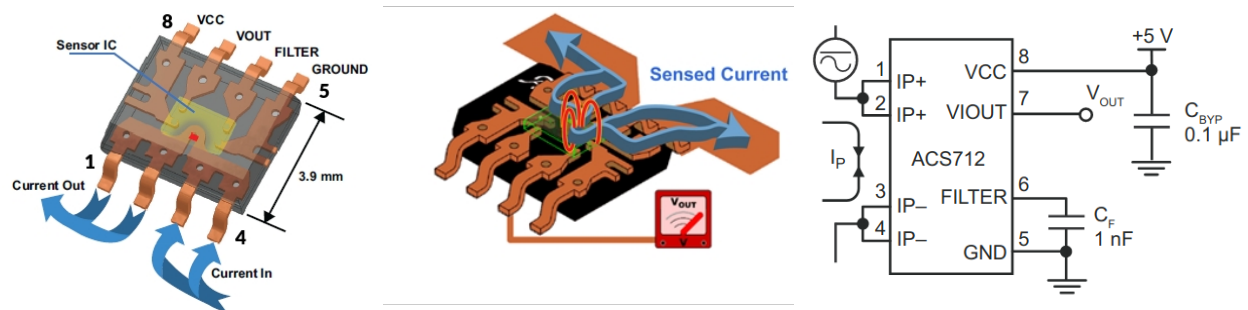
$$V_{Hall} = \frac{IB}{dq n}$$

**Hình 9.1:** Hiệu ứng Hall và phương trình ngõ ra

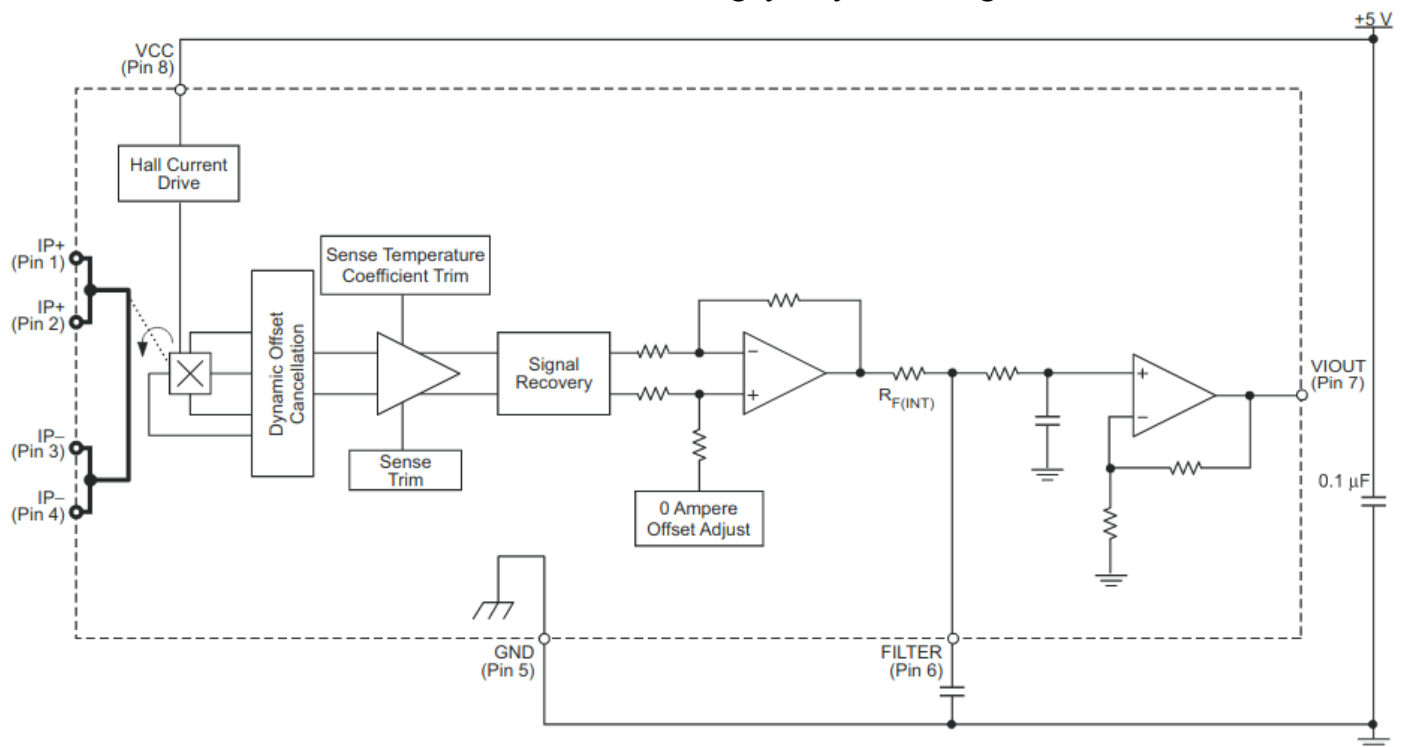
Bên cạnh đó, dòng điện chạy trong dây dẫn luôn sinh ra xung quanh nó một từ trường. Như vậy, nếu ta đặt cảm biến Hall gần một dây dẫn điện, cảm biến sẽ chịu tác động do từ trường sinh ra bởi dòng điện trong dây dẫn. Việc đo lường từ trường này sẽ giúp ta xác định cường độ của dòng điện. Nói một cách khác, hiệu ứng Hall giúp tạo ra một phương pháp đo dòng điện không tiếp xúc và áp dụng được cho cả dòng điện AC lẫn DC.

**ACS712**

ACS712 là một linh kiện thuộc họ cảm biến đo dòng điện dựa trên hiệu ứng Hall. Khác với biến dòng, ACS712 cho phép thực hiện đo lường không chỉ với dòng điện AC mà còn cả với dòng điện DC.



**Hình 9.2:** Sơ đồ chân và nguyên lý hoạt động



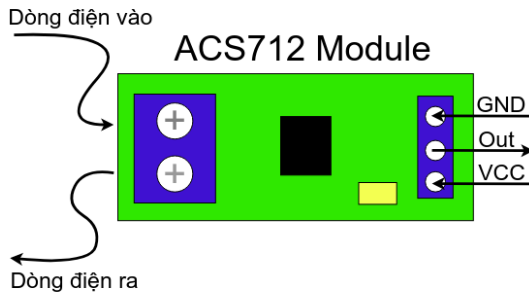
**Hình 9.3:** Sơ đồ tổng quan các khối bên trong cảm biến

**COMMON OPERATING CHARACTERISTICS<sup>1</sup>** over full range of  $T_A$ ,  $C_F = 1 \text{ nF}$ , and  $V_{CC} = 5 \text{ V}$ , unless otherwise specified

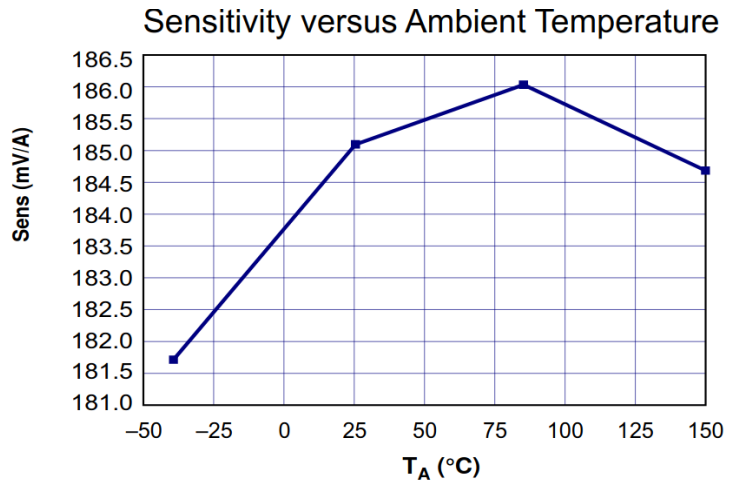
Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
<b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS</b>						
Supply Voltage	$V_{CC}$		4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	$I_{CC}$	$V_{CC} = 5.0 \text{ V}$ , output open	–	10	13	mA
Output Capacitance Load	$C_{LOAD}$	VIOUT to GND	–	–	10	nF
Output Resistive Load	$R_{LOAD}$	VIOUT to GND	4.7	–	–	k $\Omega$
Primary Conductor Resistance	$R_{PRIMARY}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	–	1.2	–	m $\Omega$
Rise Time	$t_r$	$I_P = I_P(\text{max})$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ , $C_{OUT} = \text{open}$	–	5	–	$\mu\text{s}$
Frequency Bandwidth	$f$	–3 dB, $T_A = 25^\circ\text{C}$ ; $I_P$ is 10 A peak-to-peak	–	80	–	kHz
Nonlinearity	$E_{LIN}$	Over full range of $I_P$	–	1.5	–	%
Symmetry	$E_{SYM}$	Over full range of $I_P$	98	100	102	%
Zero Current Output Voltage	$V_{IOUT(Q)}$	Bidirectional; $I_P = 0 \text{ A}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	$V_{CC} \times 0.5$	–	V
Power-On Time	$t_{PO}$	Output reaches 90% of steady-state level, $T_J = 25^\circ\text{C}$ , 20 A present on leadframe	–	35	–	$\mu\text{s}$
Magnetic Coupling <sup>2</sup>			–	12	–	G/A
Internal Filter Resistance <sup>3</sup>	$R_{F(INT)}$			1.7		k $\Omega$

**Hình 9.4:** Bảng thông số hoạt động cơ bản**x05B PERFORMANCE CHARACTERISTICS**  $T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ <sup>1</sup>,  $C_F = 1 \text{ nF}$ , and  $V_{CC} = 5 \text{ V}$ , unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	$I_P$		–5	–	5	A
Sensitivity	Sens	Over full range of $I_P$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	180	185	190	mV/A
Noise	$V_{NOISE(PP)}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^\circ\text{C}$ , 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47 \text{ nF}$ , $C_{OUT} = \text{open}$ , 2 kHz bandwidth	–	21	–	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta I_{OUT(Q)}$	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $25^\circ\text{C}$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ to $150^\circ\text{C}$	–	–0.26 –0.08	–	mV/ $^\circ\text{C}$ mV/ $^\circ\text{C}$
Sensitivity Slope	$\Delta \text{Sens}$	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $25^\circ\text{C}$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ to $150^\circ\text{C}$	–	0.054 –0.008	–	mV/A/ $^\circ\text{C}$ mV/A/ $^\circ\text{C}$
Total Output Error <sup>2</sup>	$E_{TOT}$	$I_P = \pm 5 \text{ A}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	$\pm 1.5$	–	%

**Hình 9.5:** Bảng thông số độ nhạy của loại 5A

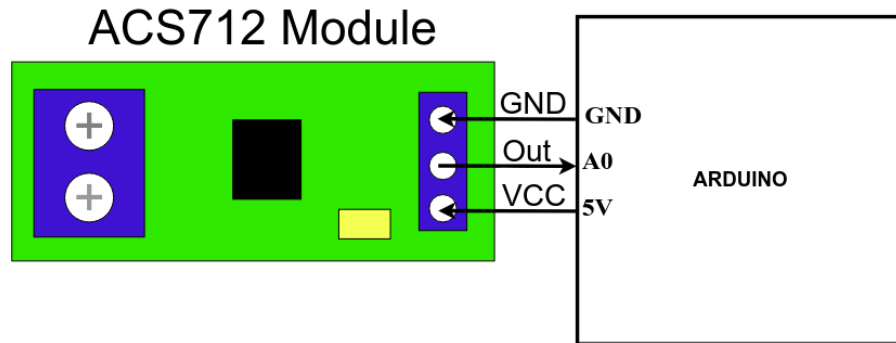
Module ACS712



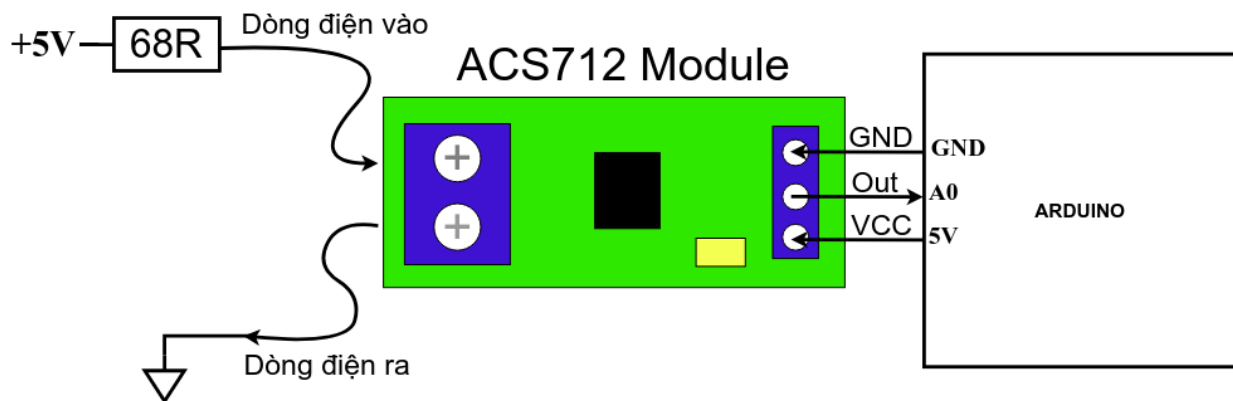
Độ nhạy so với nhiệt độ môi trường

**IV. Thiết bị:**

- Điện trở, module ACS712, LM35.
- Kit Arduino.

**V. Thực hiện:****1. Khảo sát linh kiện cảm biến dòng điện sử dụng hiệu ứng Hall:****a. Lắp mạch như hình dưới**

**b.** Viết chương trình trên kit Arduino đo điện thế ngõ ra của mạch cảm biến (có áp dụng lọc thấp qua) khi không có dòng tải ( $I_p=0A$ ). Đặt điện thế này là điện thế cân bằng  $V_q$ .

**c. Thêm mạch tải như hình dưới**

Trong đó  $VCC = 5VDC$ ,  $R_L = 68 \Omega$ .

**d.** Viết chương trình trên kit Arduino đo điện thế ngõ ra của mạch cảm biến (có lọc thấp qua) từ đó tính giá trị dòng điện đi qua mạch tải, biết phương trình dòng điện được xác định như sau:

$$I_p = \frac{V_{out} - V_q}{S}$$

Trong đó: -  $I_p$  là dòng điện qua mạch tải.

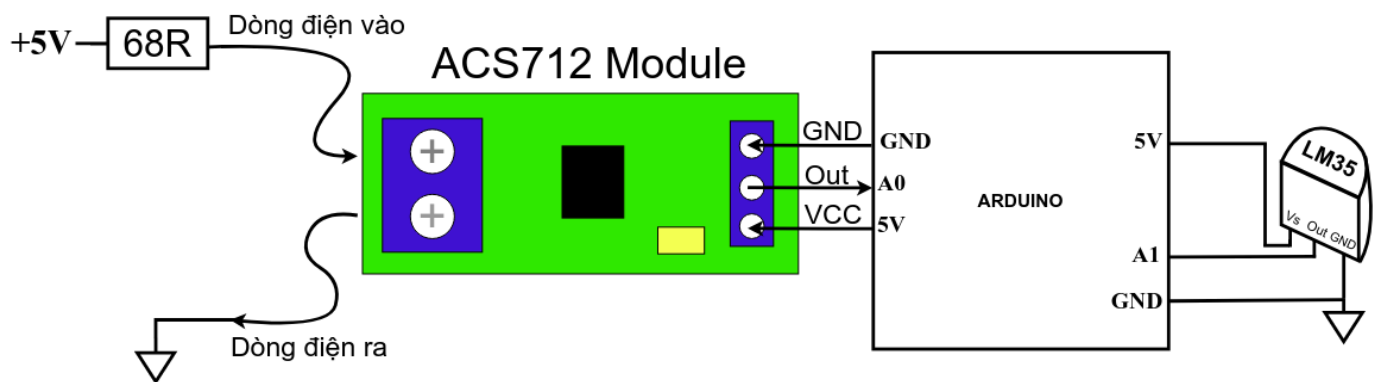
-  $V_{out}$  là điện thế ngõ ra cảm biến.

-  $V_q$  là điện thế cân bằng khi  $I_p = 0$  A.

-  $S$  là độ nhạy dòng điện của cảm biến.

## 2. Cân chỉnh tự động cho thiết bị đo do ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường:

a. Lắp mạch như hình dưới:



b. Căn cứ vào đồ thị Độ nhạy so với nhiệt độ môi trường, tìm phương trình liên hệ giữa nhiệt độ và độ nhạy trong khoảng nhiệt độ -25 tới 150 độ C.

c. Viết chương trình trên kit Arduino in ra màn hình nhiệt độ môi trường, độ nhạy của cảm biến theo nhiệt độ và giá trị dòng điện đi qua mạch tải theo độ nhạy.

## VI. Câu hỏi

Điện thế cân bằng  $V_q$  của cảm biến phụ thuộc vào điện thế cung cấp cho mạch cảm biến. Biết kit Arduino có 2 mức điện thế tham chiếu cho ADC là VCC và 1.1V. Bằng phương pháp dùng cầu chia thế và ADC, hãy tìm phương trình đo điện thế VCC không phụ thuộc vào điện trở cầu chia thế.



## Bài 10: ÔN TẬP

### **I. Mục đích:**

- Củng cố các kiến thức và kỹ năng đã thực hành.

### **II. Kết quả đạt được:**

- Nắm được nội dung chính của chương trình học.
- Giải đáp các thắc mắc và tìm phương pháp tối ưu cách thực hiện.

### **III. Tóm tắt lý thuyết:**

Nội dung tổng thể của các bài thực hành đã cung cấp các kiến thức thực tế về:

- Nguyên lý và cách sử dụng các thiết bị đo thông dụng trong lĩnh vực điện tử bao gồm đồng hồ vạn năng, máy đo sóng, máy phát sóng và hệ thống đo lường điện tử.

- Nguyên lý các loại cảm biến:

- ✓ Quang trở
- ✓ Transistor quang
- ✓ Biến dòng
- ✓ Cảm biến nhiệt độ loại bán dẫn
- ✓ Cặp nhiệt điện
- ✓ Cảm biến hiệu ứng Hall

- Các kỹ thuật xử lý tín hiệu cảm biến:

- ✓ Kỹ thuật tính RMS
- ✓ Phương pháp sử dụng bảng tra và xây dựng phương trình cảm biến.
- ✓ Phương pháp đo dòng điện dựa trên các hiệu ứng điện từ trường.



.....

.

.....

.

.....

.

.....

.

.....

.

.....

.

.....

.

.....

.

===== HẾT =====