

# ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

## TRƯỜNG ĐIỆN - ĐIỆN TỬ

### BỘ MÔN KỸ THUẬT ĐO VÀ TIN HỌC CÔNG NGHIỆP

\*\*\*\*\*



## BÀI TẬP DÀI MÔN THIẾT KẾ THIẾT BỊ ĐO

**Đề tài:** Thiết kế Thiết bị đo Dòng điện và Điện áp,  
không sử dụng ADC, độ phân dải 10 bit, dải đo 0-1000mA, 0-1V

**Giảng viên hướng dẫn:** PGS.TS Nguyễn Thị Lan Hương

Sinh viên thực hiện	MSSV
Đào Phi Dương	20181432
Phạm Thị Trang	20181787
Đinh Anh Tú	20181805

*Hà Nội - 2022*

## **MỤC LỤC**

<b>DANH MỤC HÌNH ẢNH .....</b>	<b>3</b>
<b>DANH MỤC BẢNG BIỂU .....</b>	<b>4</b>
<b>CHƯƠNG I. PHƯƠNG PHÁP ĐO .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Lựa chọn phương pháp.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.1. Phương pháp tích phân 1 sườn xung .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.2. Phương pháp tích phân 2 sườn xung .....</b>	<b>6</b>
<b>1.2 Sơ đồ khối .....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.1 Mạch tích phân .....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.2 Mạch so sánh đảo dùng Opamp.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.3 Bộ đếm và xử lý.....</b>	<b>9</b>
<b>CHƯƠNG II. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Tính toán thiết kế các khối.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.1 Khối nguồn .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.2 Khối tín hiệu đầu vào .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.3 Khối ADC hai sườn xung .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.4 Khối Vi điều khiển và hiển thị .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Mạch bảo vệ .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.1 Bảo vệ chống cấm ngược cực .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.2 Bảo vệ chống quá áp .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.3 Bảo vệ chống quá dòng .....</b>	<b>20</b>
<b>2.3 Tổng hợp danh sách linh kiện .....</b>	<b>21</b>
<b>2.4 Mặt máy và nối dây.....</b>	<b>21</b>
<b>CHƯƠNG III. KẾT QUẢ VÀ ĐÁNH GIÁ .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1 Thiết kế mạch nguyên lý và mạch in .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2 Kết quả mô phỏng .....</b>	<b>25</b>
<b>3.3 Đánh giá chung về thiết bị .....</b>	<b>26</b>
<b>PHỤ LỤC VỀ DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO.....</b>	<b>27</b>

## DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1. Nguyên lý kỹ thuật các chuyển đổi .....	5
Hình 2. Nguyên lý mã hóa tần số xung .....	5
Hình 3. Nguyên lý mã hóa thời gian xung .....	6
Hình 4. Nguyên lý phương pháp đo 2 sườn xung .....	6
Hình 5. Tổng quan về sơ đồ khối .....	7
Hình 6. Nguyên lý mạch tích phân sử dụng OPAMP .....	7
Hình 7. Dạng điện áp ra và đồ thị Bode của biên độ.....	8
Hình 8. Đặc tính của mạch so sánh sử dụng OPAMP.....	8
Hình 9. Thiết kế khối nguồn.....	10
Hình 10. Thiết kế khối tín hiệu đầu vào .....	10
Hình 11. Một số đặc tính của DG419.....	11
Hình 12. Một số đặc tính của DG419.....	11
Hình 13. Một số đặc tính của DG419.....	11
Hình 14. Khối Switch .....	12
Hình 15. Mạch khuếch đại áp.....	12
Hình 16. Mạch khuếch đại dòng.....	13
Hình 17. Sơ đồ khối ADC hai sườn xung .....	13
Hình 18. Pinout của IC 74HC4066.....	13
Hình 19. ADC hai sườn xung .....	14
Hình 20. Tín hiệu tích phân .....	14
Hình 21. Lưu đồ thuật toán cho vi điều khiển.....	15
Hình 22. Cách lắp đặt Diode Zener .....	19
Hình 23. Thermistor PTC .....	20
Hình 24. Mạch bảo vệ thiết bị .....	20
Hình 25. Mạch PCB.....	22
Hình 26. Vỏ hộp (nhìn từ mặt trên).....	22
Hình 27. Vỏ hộp (nhìn từ hướng khác) .....	23
Hình 28. Vỏ hộp (kích thước) .....	23
Hình 29. Mạch nguyên lý .....	24
Hình 30. Mạch in .....	24
Hình 31. Mô phỏng điện áp.....	25
Hình 32. Mô phỏng dòng điện.....	25

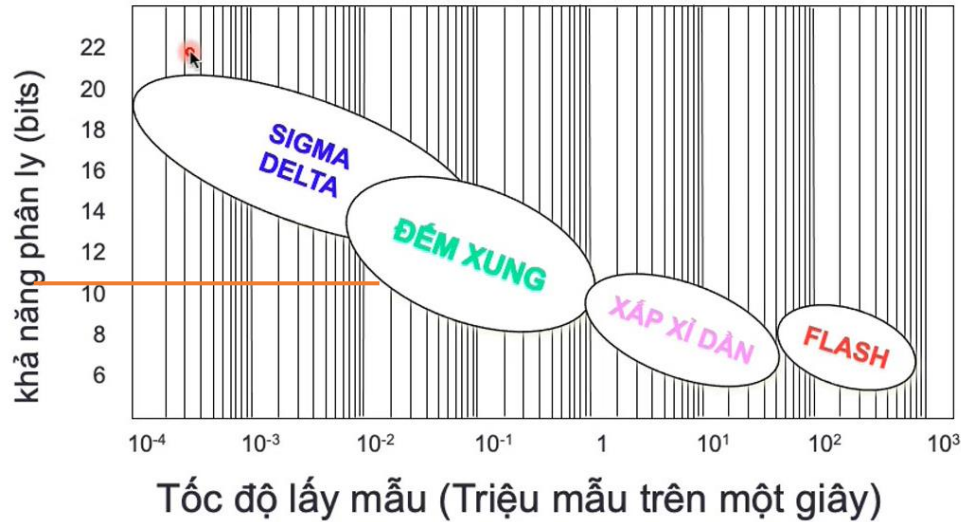
## **DANH MỤC BẢNG BIỂU**

Bảng 1. Bảng so sánh các phương pháp bảo vệ chống ngược cực.....	198
Bảng 2. Tổng hợp danh sách linh kiện .....	219
Bảng 3. Đánh giá thiết bị .....	196

# CHƯƠNG I. PHƯƠNG PHÁP ĐO

## 1.1 Lựa chọn phương pháp

Với mạch đo không sử dụng ADC, độ phân giải 10-bit dựa vào nguyên lý kỹ thuật các chuyển đổi, chúng em chọn phương pháp **đếm xung**.



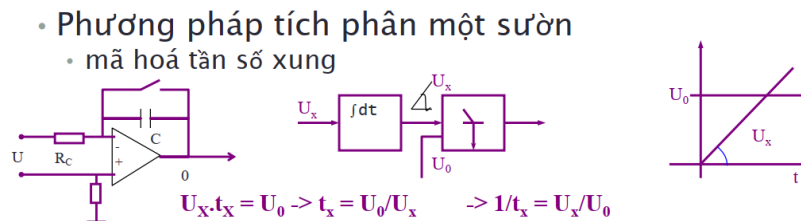
Hình 1: Nguyên lý kỹ thuật các chuyển đổi

Phương pháp đếm xung gồm phương pháp tích phân 1 sườn xung và tích phân 2 sườn xung.

### 1.1.1. Phương pháp tích phân 1 sườn xung

Có thể được thực hiện theo 2 cách :

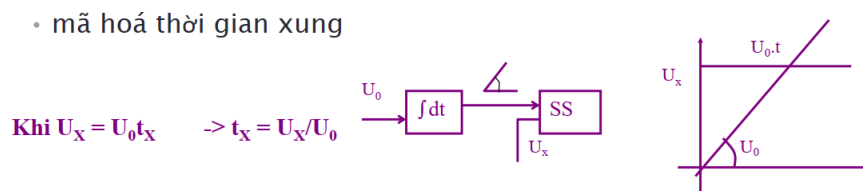
- Cách 1: mã hóa tần số xung



Hình 2: Nguyên lý mã hóa tần số xung

Phương pháp này, tích phân điện áp  $U_x$  thay đổi, sau đó đưa vào mạch so sánh với hằng số  $U_0$  thì điện áp  $U_x$  tỉ lệ với tần số xung (hay giá trị  $1/t_x$ )

- Cách 2: mã hóa thời gian xung



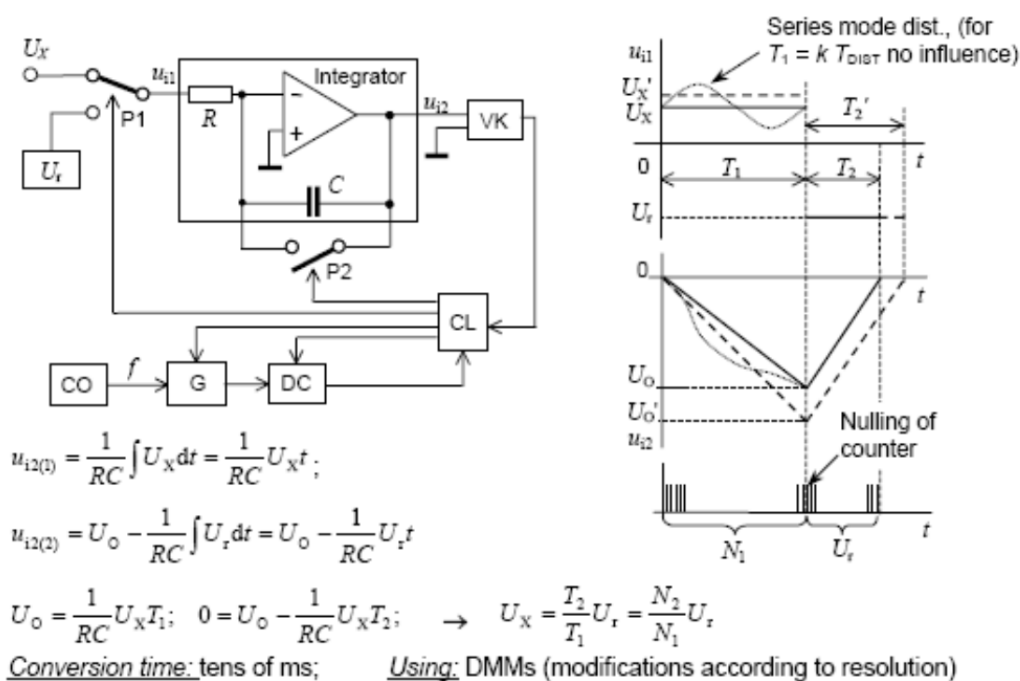
Hình 3: Nguyên lý mã hóa thời gian xung

Tích phân giá trị điện áp  $U_0$  hằng số, sau đó đưa vào mạch so sánh ta được giá trị  $U_x$  thay đổi phụ thuộc vào thời gian tích phân  $t_x$ .

Như vậy  $U_x$  càng lớn, thời gian tích phân càng dài và ngược lại.

Với phương pháp tích phân 1 sườn xung, cả 2 phương pháp cần phụ thuộc vào hằng số tích phân của mạch tích phân. Nếu hằng số không chính xác sẽ ảnh hưởng tới kết quả. Để ổn định hằng số tích phân chúng em lựa chọn phương pháp tích phân 2 sườn xung.

### 1.1.2. Phương pháp tích phân 2 sườn xung



Hình 4: Nguyên lý phương pháp đo 2 sườn xung

Tích phân giá trị  $U_x$ , sau khoảng thời gian  $T_1$  đạt giá trị  $U_0$ . Sau đó ta đưa vào điện áp hằng  $U_r$  ngược chiều với  $U_x$ . Sau khoảng thời gian tích phân  $T_2$ , điện áp từ  $U_0$  về 0V.

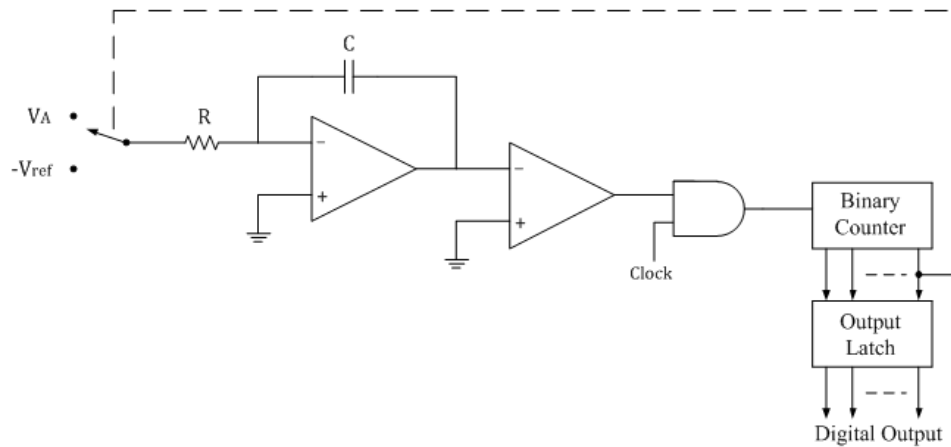
Từ công thức tính tích phân điện áp theo thời gian ở trên ta được:

$$U_x = \frac{T_2}{T_1} U_r = \frac{N_2}{N_1} U_r$$

$U_r$  và  $T_1$  là những giá trị hằng số. Khi ta đưa vào điện áp  $U_x$  thay đổi, thì thời gian  $T_2$  thay đổi. Khi đó ta dùng bộ đếm thời gian  $T_2$ , đưa giá trị đếm vào MCU để xử lý và hiển thị ra giá trị điện áp.

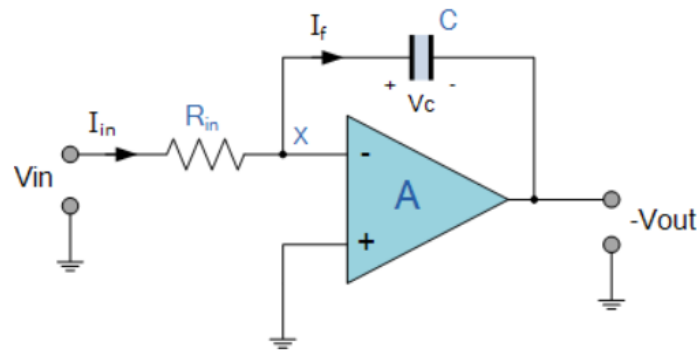
Với phương pháp đếm 2 sườn xung, có thể khắc phục được hệ số tích phân của phương pháp 1 sườn, tuy nhiên sẽ kéo dài thời gian biến đổi, tùy thuộc điện áp vào  $U_x$ . Với yêu cầu đề bài điện áp vào 0-1V, phương pháp này phù hợp. Với dòng điện 0-1000mA, ta biến đổi về điện áp 0-1V cùng mức với đo điện áp.

## 1.2 Sơ đồ khối



Hình 5: Tổng quan về sơ đồ khối

### 1.2.1 Mạch tích phân



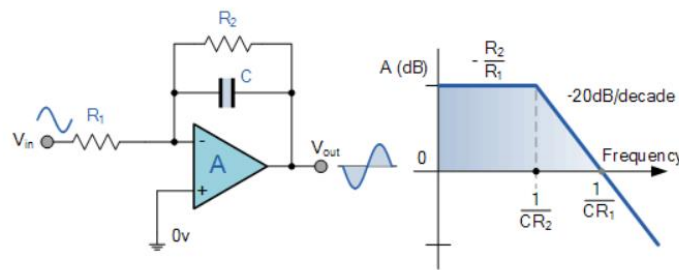
Hình 6: Nguyên lý mạch tích phân sử dụng OPAMP

Mạch Tích Phân Opamp là một mạch khuếch đại hoạt động thực hiện Tích phân, tức là chúng ta có thể khiến đầu ra phản ứng với những thay đổi của điện áp đầu vào theo thời gian khi bộ tích hợp Op-amp tạo ra điện áp đầu ra tỷ lệ với tích phân của điện áp đầu vào.

$$V_{out} = -\frac{1}{R_{in}C} \int_0^t V_{in} dt = -\int_0^t V_{in} \frac{dt}{R_{in} \cdot C}$$

Tốc độ tăng điện áp đầu ra (tốc độ thay đổi) được xác định bởi giá trị của điện trở và tụ điện - “ hằng số thời gian RC”. Bằng cách thay đổi giá trị hằng số thời gian RC này, hoặc bằng cách thay đổi giá trị của Tụ điện C hoặc Điện trở R, thời gian mà điện áp đầu ra đạt đến mức bão hòa cũng có thể được thay đổi.

Với các Op-amp có điện thế offset lớn ở ngõ ra,  $V_o$  sẽ chịu một sai số đáng kể. Để khắc phục tình trạng này, một điện trở  $R_f$  được mắc song song với C để tạo hồi tiếp âm cho tần số thấp. Như vậy khi mạch có  $R_f$ , mạch chỉ tính tích phân khi tần số của tín hiệu thỏa mãn  $f > \frac{1}{2\pi R(\text{feedback})C}$ ,  $R_f$  không được quá lớn do sẽ dẫn đến hồi tiếp âm yếu.

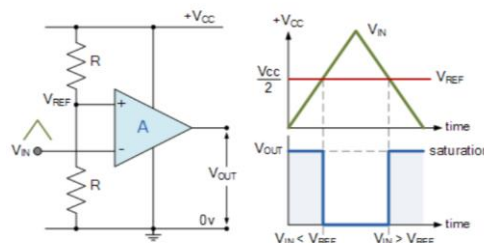


Hình 7: Dạng điện áp ra và đồ thị Bode của biên độ

### 1.2.2 Mạch so sánh đảo dùng Opamp

Điện áp tham chiếu được đặt vào đầu vào không đảo và điện áp so sánh đặt vào đầu vào đảo ngược.

Mạch so sánh đảo



Hình 8: Đặc tính của mạch so sánh sử dụng OPAMP

Khi  $V_{in} < V_{ref}$  đầu ra của bộ so sánh op-amp sẽ bão hòa về phía đường cung cấp dương.

Khi  $V_{in} > V_{ref}$  đầu ra của bộ so sánh op-amp sẽ bão hòa về phía đường cung cấp âm.



### 1.2.3 Bộ đếm và xử lý

Điện áp đầu vào tương tự chưa biết  $U_x$  tỷ lệ với khoảng thời gian T2, vì  $U_r$  là điện áp tham chiếu đã biết và T1 là khoảng thời gian xác định trước. Sự chuyển đổi thực tế của điện áp tương tự  $U_x$  thành số đếm xảy ra trong thời gian T2.

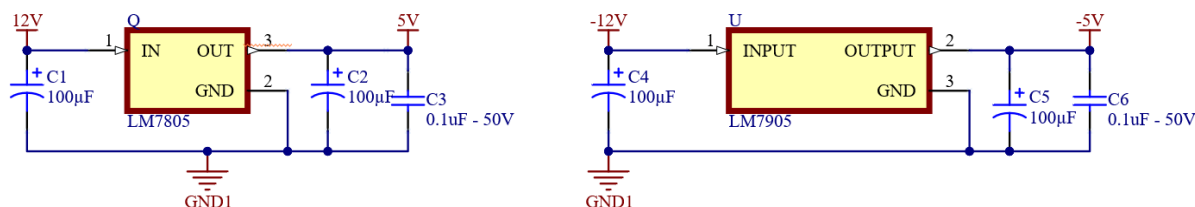
Bộ đếm nhị phân cho giá trị số tương ứng trong khoảng thời gian T2. Đồng hồ được nối với bộ đếm vào đầu T2 và ngắt kết nối vào cuối T2.

Đầu ra từ mạch so sánh đưa vào cổng AND với tín hiệu xung clock. Bất cứ khi nào đầu ra từ mạch so sánh là mức cao, xung clock sẽ được cung cấp cho bộ đếm. Bộ đếm bắt đầu đếm từ 0. Tức là khi có điện áp đầu vào, bộ đếm sẽ đếm từ 0 trở đi. Đưa giá trị của bộ đếm vào vi xử lý 8051 để đọc và hiển thị.

## CHƯƠNG II. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ

### 2.1 Tính toán thiết kế các khối

#### 2.1.1 Khối nguồn

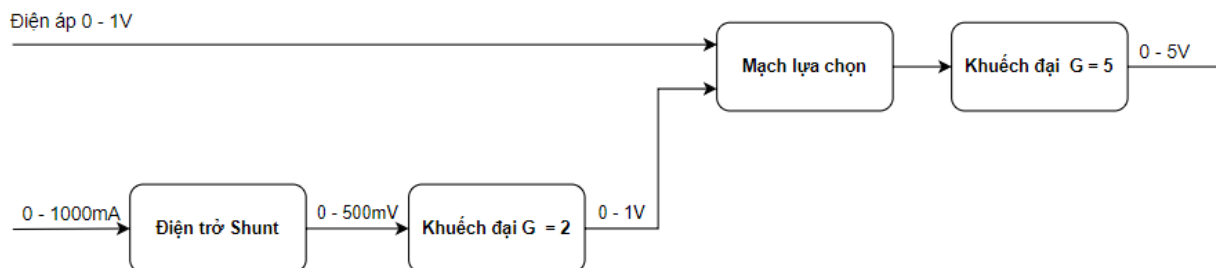


Hình 9: Thiết kế khối nguồn

Thiết bị đo được cấp nguồn từ ba chân đầu vào bao gồm: +12V, -12V và GND. Điện áp +12V và -12V được cấp trực tiếp cho một số IC, đồng thời được hạ áp bởi hai IC nguồn tuyến tính là LM7805 và LM7905 để tạo ra điện áp 5V và -5V cấp nguồn hoạt động cho các IC khác.

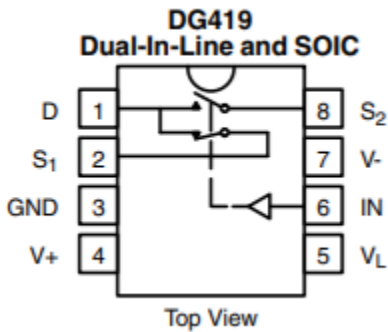
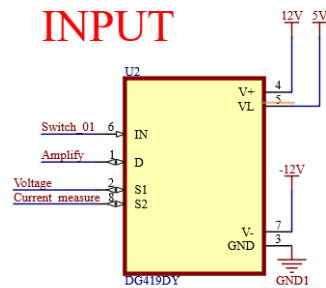
Khối nguồn có các tụ lọc để lọc điện áp đầu vào và đầu ra.

#### 2.1.2 Khối tín hiệu đầu vào



Hình 10: Thiết kế khối tín hiệu đầu vào

Thiết bị có hai chế độ đo: đo dòng hoặc đo áp. Người dùng lựa chọn chế độ đo bằng cách sử dụng một công tắc lựa chọn. Tín hiệu SELECT thể hiện trạng thái của công tắc, dựa trên SELECT, vi điều khiển sẽ điều khiển IC chuyển mạch DG419 (tốc độ chuyển mạch  $\leq 175\text{ns}$ ) để lựa chọn chế độ đo. Ở đây, ta sử dụng hai điện trở là  $1\text{k}\Omega$  và  $4.7\text{k}\Omega$  để phân áp vào cho 8051, đồng thời giới hạn dòng vào 8051 là 4mA.



TRUTH TABLE DG419		
Logic	SW <sub>1</sub>	SW <sub>2</sub>
0	ON	OFF
1	OFF	ON

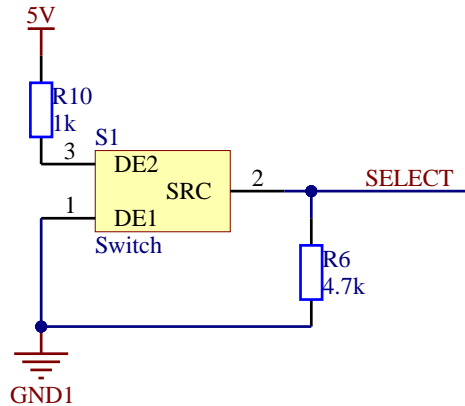
Logic "0"  $\leq 0.8\text{ V}$

Logic "1"  $\geq 2.4\text{ V}$

Hình 11,12,13: Một số đặc tính của DG419

Đại lượng cần đo là điện áp 0 – 1V và dòng điện 0 – 1000mA. Mạch đo phía sau (khởi ADC hai sườn xung) có đầu vào là 0 – 5V. Vì vậy, điện áp sẽ được khuếch đại qua một mạch khuếch đại không đảo có hệ số khuếch đại  $G = 5$ .

Dòng điện cần đo được đo gián tiếp thông qua điện áp. Dòng điện được cho đi qua một điện trở Shunt  $0.5\Omega$ , điện áp hai đầu điện trở là 0 – 500mV. Điện áp hai đầu điện trở Shunt sau đó được khuếch đại tới 0 – 1V (hệ số  $G = 2$ ). Sau khi đi qua IC chuyển mạch DG419, tương tự như chế độ đo điện áp, điện áp 0 – 1V tiếp tục được khuếch đại thành điện áp 0 – 5V ( $G = 5$ ) trước khi đi vào mạch ADC hai sườn xung.

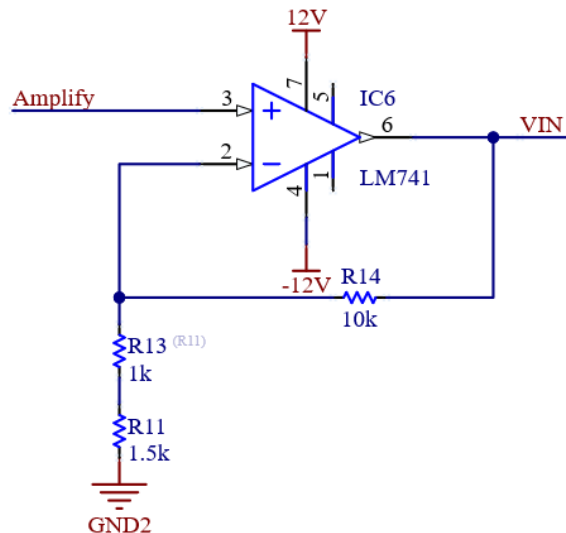


Hình 14: Khởi Switch

Mạch khuếch đại  $G = 5$  là mạch khuếch đại không đảo. Opamp được sử dụng là LM741 của TI có điện áp hoạt động  $\leq \pm 15V$ , trở kháng vào là  $2M\Omega$ , được cấp nguồn hoạt động là  $\pm 12V$ . Với mạch khuếch đại không đảo ta có:

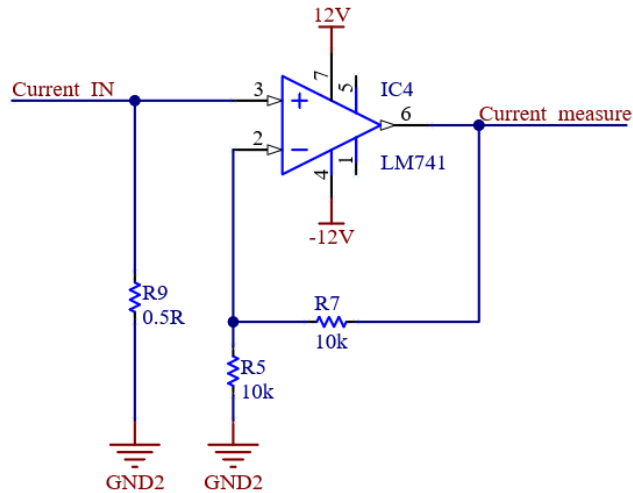
$$G = 1 + \frac{R_{ph}}{R_{nối\ đất}} = 5$$

$\Rightarrow$  Chọn điện trở  $R_{ph} = 10k\Omega$ , điện trở nối đất sẽ là hai điện trở nối tiếp  $1k\Omega$  và  $1.5k\Omega$ .



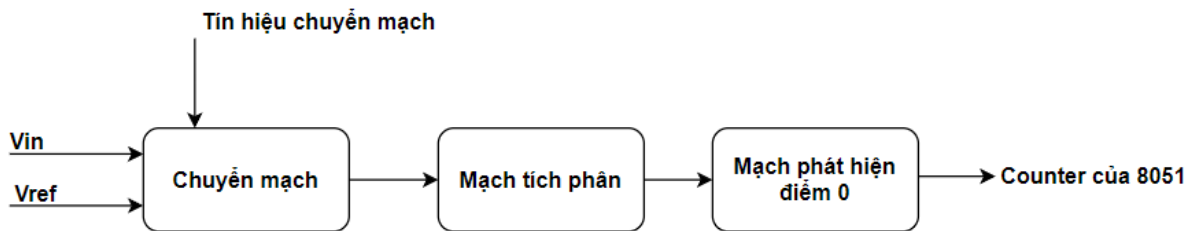
Hình 15: Mạch khuếch đại áp

Mạch khuếch đại điện áp ra của điện trở shunt có  $G = 2$ , sử dụng opamp LM741. Cấu hình mạch khuếch đại không đảo: chọn  $R_{ph} = 10k\Omega$  và  $R_{nối\ đất} = 10k\Omega$ .



Hình 16: Mạch khuếch đại dòng

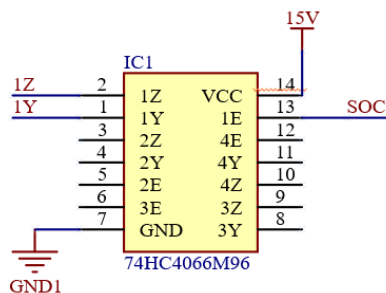
### 2.1.3 Khối ADC hai sườn xung



Hình 17: Sơ đồ khối ADC hai sườn xung

Mạch ADC hai sườn xung dựa hoàn toàn trên lý thuyết về mạch ADC hai sườn xung đã trình bày ở chương 1.

IC chuyển mạch DG419 có tác dụng nhận tín hiệu điều khiển từ 8051 để cho phép  $V_{in}$  (điện áp 0 – 5V cần đo) hay  $V_{ref}$  (điện áp tham chiếu -5V) đi vào mạch tích phân phía sau.

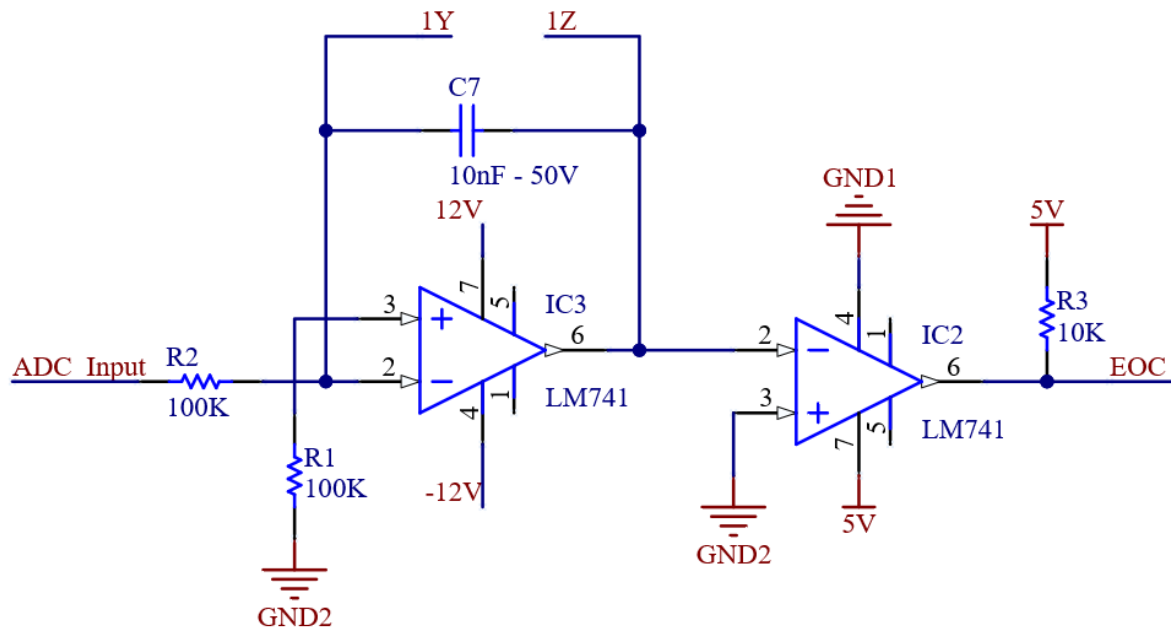


Hình 18: Pinout của IC 74HC4066

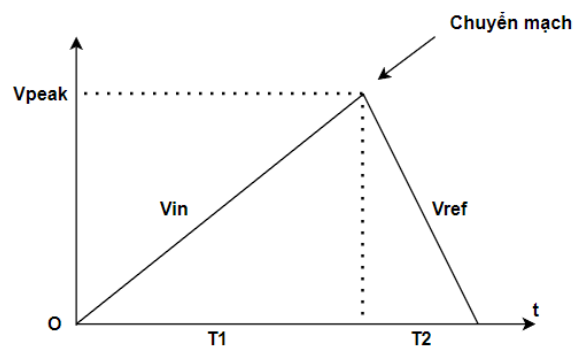
Bắt đầu quá trình đo, 8051 sẽ điều khiển IC 74HC4066 nối hai đầu tụ điện trong mạch tích phân để xả hết điện áp trên tụ. Ban đầu, tín hiệu  $V_{in} (\geq 0)$  đi qua IC chuyển mạch vào mạch tích phân. Tín hiệu tích phân tăng dần từ 0 đến  $V_{peak}$  trong khoảng thời gian  $T_1$ .  $T_1$  được lập trình trong 8051 là 1ms. Ta có:

$$0V \leq V_{in} \cdot \frac{T_1}{RC} \leq 5V$$

$\Rightarrow RC = 10^{-3}$ .  $\Rightarrow$  Chọn  $R = 100k\Omega$  và  $C = 10nF$ .



Hình 19: ADC hai sườn xung



Hình 20: Tín hiệu tích phân

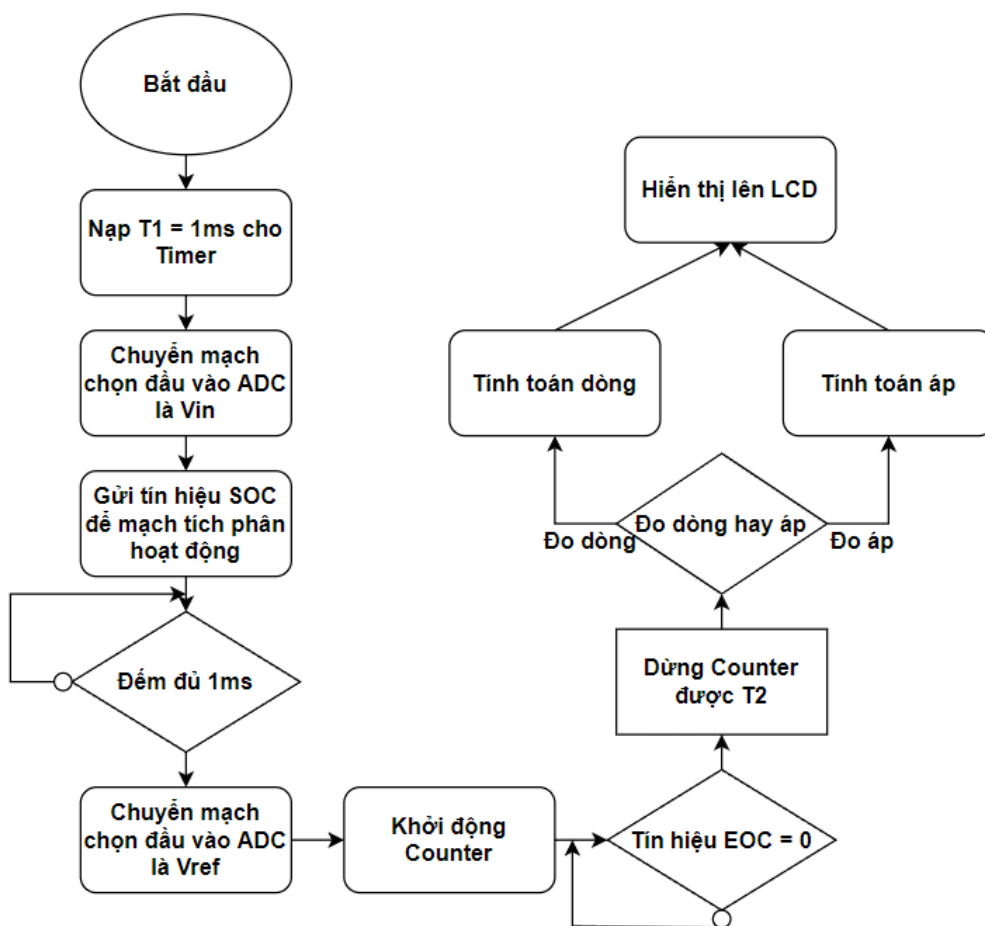
Sau thời gian  $T_1$ , tín hiệu tích phân đạt  $V_{peak}$ . 8051 phát xung để điều khiển IC chuyển mạch, lúc này, đầu vào mạch tích phân là  $V_{ref}$ . Do  $V_{ref} = -5V$  nên tín hiệu tích phân

sẽ giảm từ  $V_{peak}$  về 0V. Thời gian từ  $V_{peak}$  về 0V là  $T_2$  được đếm bởi 8051. Khi tín hiệu tích phân về 0, nhờ có mạch phát hiện điểm 0 (Zero crossing detector), 8051 nhận biết được tín hiệu tích phân đã về 0 ( $EOC = 0V$ ) và dừng đếm  $T_2$ .

#### 2.1.4 Khối Vi điều khiển và hiển thị

Mạch sử dụng vi điều khiển 8051, cụ thể AT89S52 là vi điều khiển 8 bit, với giá thành rẻ, lập trình đơn giản mà vẫn có thể sử dụng Timer, Counter theo yêu cầu của đề bài. Vi điều khiển 8051 được cấp xung clock là 12MHz. Kết quả đo được hiển thị lên LCD 1602.

Để kết quả đo được có độ phân giải là 10bit, Timer trong 8051 dùng để đếm xung cần có độ phân giải  $\geq 10$ bit, trong bài tập lớn này sử dụng Timer ở chế độ 16bit.



Hình 21: Lưu đồ thuật toán cho vi điều khiển

Ban đầu, vi điều khiển sẽ nạp  $T1 = 1\text{ms}$  vào vi điều khiển và chuyển mạch để đầu vào ADC là  $V_{IN}$  (điện áp cần đo  $0 - 5\text{V}$ ). Sau đó, tín hiệu SOC được kéo xuống thấp, nối hai đầu tụ trong mạch tích phân (xả tụ) và bắt đầu đếm. Khi Timer đã đủ  $1\text{ms}$ , 8051 gửi tín hiệu chuyển mạch để đầu vào ADC là  $V_{ref}$  và khởi động bộ đếm (Counter).

Khi tín hiệu tích phân của  $V_{ref}$  về 0, đầu ra mạch phát hiện điểm 0 xuống mức thấp ( $EOC = 0$ ), 8051 nhận tín hiệu EOC và dừng bộ đếm.

Tại đây, tùy theo chế độ đo là điện áp hay dòng điện (đã chọn từ đầu nhờ công tắc vật lý) mà 8051 sẽ có cách tính khác nhau:

- Chế độ đo điện áp:

$$V_{in} = -V_{ref} \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow V_{cần\ đo} = -\frac{1}{5} \times V_{ref} \frac{T_1}{T_2}$$

- Chế độ đo dòng điện:

$$V_{shunt} = \frac{1}{5} \times \frac{1}{2} \times \left( -V_{ref} \frac{T_1}{T_2} \right)$$

$$\Rightarrow I_{cần\ đo} = \frac{V_{shunt}}{R_{shunt}}$$

$$\Rightarrow I_{cần\ đo} = -0.2 \times V_{ref} \frac{T_1}{T_2}$$

Sau khi đã tính được điện áp và dòng điện cần đo, 8051 điều khiển LCD 1602 để hiển thị kết quả lên màn hình.

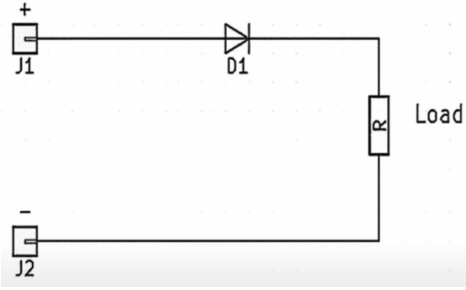
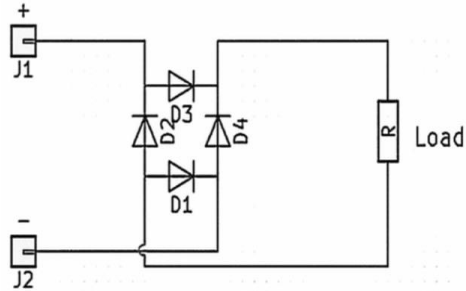
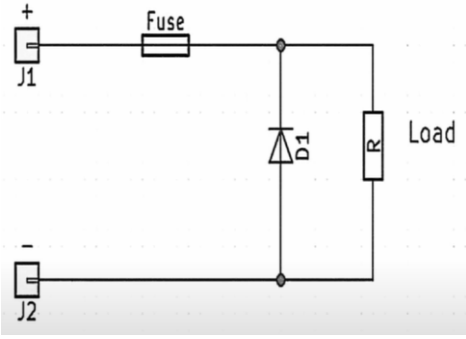
## 2.2 Mạch bảo vệ

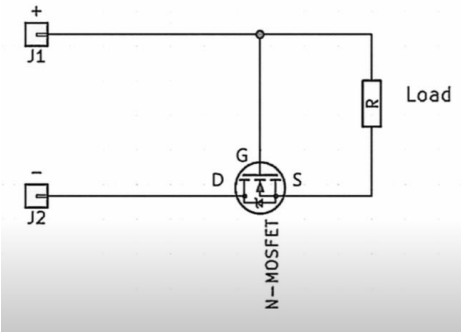
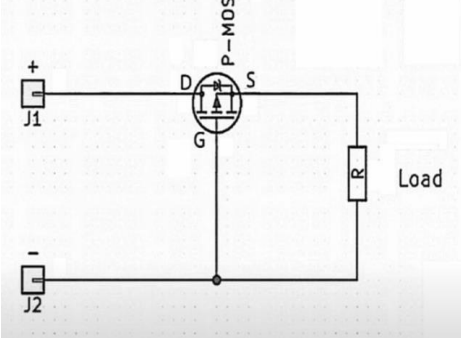
### 2.2.1 Bảo vệ chống cắm ngược cực

Trong quá trình cắm các đầu đo vào thiết bị để đo dòng (áp), đôi khi chúng ta có thể vô tình cắm ngược cực dẫn đến hư hỏng thiết bị, gây cháy nổ, .... Vì vậy, để bảo vệ cho mạch, nhóm có thiết kế thêm tính năng chống ngược nguồn. Ở đây nhóm đã cân nhắc một số phương pháp như sau:

STT	Phương pháp	Sơ đồ lắp	Nguyên lý	Ưu điểm	Nhược điểm
-----	-------------	-----------	-----------	---------	------------



1	Sử dụng Diode.		<p>Khi gắn đúng cực, dòng điện đi qua tải từ trên xuống dưới.</p> <p>Khi gắn ngược cực, Diode sẽ không cho dòng điện đi qua tải và bảo vệ tải.</p>	<p>Đơn giản, dễ thực hiện vì chỉ cần sử dụng thêm một con Diode.</p>	<p>Gây sụt áp trên Diode khoảng 0.7V nên không phù hợp để đo áp (gây ra sai số).</p>
2	Sử dụng cầu Diode.		<p>Khi ta gắn theo chiều nào ( của cực) thì dòng điện nó vẫn đi qua tải theo chiều từ trên xuống dưới.</p>	<p>Ta có thể gắn cực tính bất kỳ.</p>	<p>Dòng điện nó sẽ đi qua 2 con Diode nên gây sụt áp gấp đôi so với cách thứ nhất.</p>
3	Sử dụng mạch Crowbar ( Diode – cầu chì).		<p>Khi ta gắn đúng cực, dòng điện sẽ đi từ cực (+) qua tải. Khi ta gắn ngược cực, dòng điện không đi qua tải mà đi qua Diode, dòng điện rất lớn sẽ làm đứt cầu chì, ngắt mạch bảo vệ thiết bị.</p>	<p>Không gây sụt áp như 2 cách trước.</p>	<p>Trong trường hợp ngược cực thì ta phải đi thay cầu chì, chỉ dùng được 1 lần.</p>

4	Sử dụng kênh Mosfet loại N.		<p>Nếu đúng cực tính : dòng điện (+) đi qua tải và đi vào G, qua Diode trong Mosfet và đi vào cực (-). Mosfet thông, dòng điện chính trong mạch đi qua S tới D.</p> <p>Khi gắn ngược cực, điện áp của chân G và S cùng là 0V, Diode trong Mosfet phân cực ngược nên không dẫn, Mosfet cũng vậy.</p>	<p>Gây ra sụt áp rất nhỏ và đường như không đáng kể.</p>	<p>Mosfet ngắt ở chân (-), thường thì người ta hay ngắt ở chân (+).</p>
5	Sử dụng kênh Mosfet loại P.		<p>Khi gắn đúng cực tính: dòng điện đi từ dương nguồn tới chân D, qua Diode bên trong Mosfet đi vào chân S, qua tải và về Ground. Ở các lần sau thì nó sẽ đi thẳng từ D sang S không qua Diode (Diode chỉ có tác dụng mỗi ban đầu).</p> <p>Khi gắn ngược cực: điện áp ở chân S và chân G đều cao nên Mosfet không dẫn, bảo vệ mạch.</p>	<p>Ngắt ở cực (+), tổn hao ở Mosfet cũng không đáng kể.</p>	

*Bảng 1. Bảng so sánh các phương pháp bảo vệ chống ngược cực*

Qua những phân tích ở trên, nhóm nhận thấy cách bảo vệ chống cấm ngược nguồn thứ 5 (dùng Mosfet kênh P) là tối ưu và chính xác nhất.

=> Qua các phân tích về thông số kỹ thuật, nhóm lựa chọn Mosfet kênh P có tên là **IRF9640**, với dòng D-S cực đại bằng 11A và công suất cực đại là 125W. Con **IRF9640** sẽ được mắc giữa 2 cực và song song với tải.

### 2.2.2 Bảo vệ chống quá áp

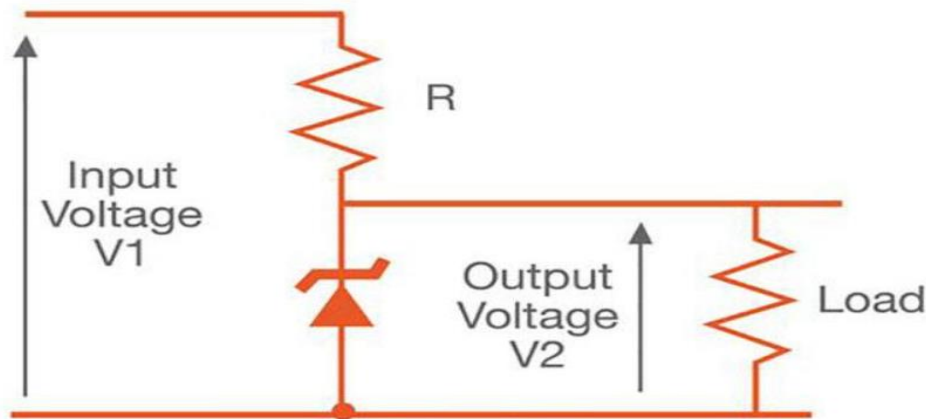
Để bảo vệ chống quá áp cho mạch, ta sử dụng một con Diode Zener.

Tác dụng của Diode Zener là để ổn áp, có nghĩa là ta sẽ ghim vào 2 đầu con Diode Zener một điện áp cố định. Khi đó, nếu ta đấu một nguồn có mức điện áp cao hơn mức cho phép thì điện áp giữa 2 đầu tải sẽ được giới hạn bởi con Diode Zener => Bảo vệ chống quá áp.

Điện áp ổn áp ta cần sử dụng ở đây là 12V.

Do đó ta sử dụng Diode Zener 1N4742A 12V 1W, nhiệt độ làm việc từ -55 – 150 độ C.

*Cách lắp đặt* : lắp Diode Zener song song với tải, nối tiếp với điện trở Rs.



*Hình 22: Cách lắp đặt Diode Zener*

*Tính toán như sau:*

Dòng điện cực đại chạy qua Diode Zener:

$$I_{max} = W/U = 1/12 \text{ (A)} = 83.33 \text{ (mA)}$$

Giá trị tối thiểu của điện trở nối tiếp là:

$$R_s = (V_s - V_z)/I_{max} = (12-5)/(1/12) = 84 \text{ (Ohm)}.$$

Dòng tải nếu điện trở tải 2kOhm được kết nối qua Diode Zener :

$$I(L) = V_z/R(L) = 5/2000 = 2.5(\text{mA}).$$

Do đó dòng điện Zener  $I_z$  ở mức đầy tải bằng :

$$I_z = I_{\text{max}} - I(L) = 83.33 - 2.5 = 80.83 (\text{mA}).$$

Giá trị điện trở  $R_s$  được chọn có trị số bằng 2k Ohm.

### 2.2.3 Bảo vệ chống quá dòng

Để bảo vệ chống quá dòng, ta sử dụng một RTD, cụ thể là một loại Thermistor làm bằng vật liệu Oxit bán dẫn (Oxit kim loại). Thermistor có 2 loại là PTC ( Positive Temperature Coefficient ) và NTC (Negative Temperature Coefficient), tương ứng với hệ số nhiệt độ (+) và (-), tức là khi nhiệt độ tăng thì điện trở tăng hay giảm. Như vậy, nếu dòng điện tăng quá mức cho phép, Thermistor với hệ số nhiệt độ dương, điện trở tăng lên thì giá trị dòng điện sẽ bị ghim lại, không bị quá mức cho phép.

Ở đây nhóm lựa chọn Thermistor PTC là PRG21BC1R0MM1RA, với các thông số:

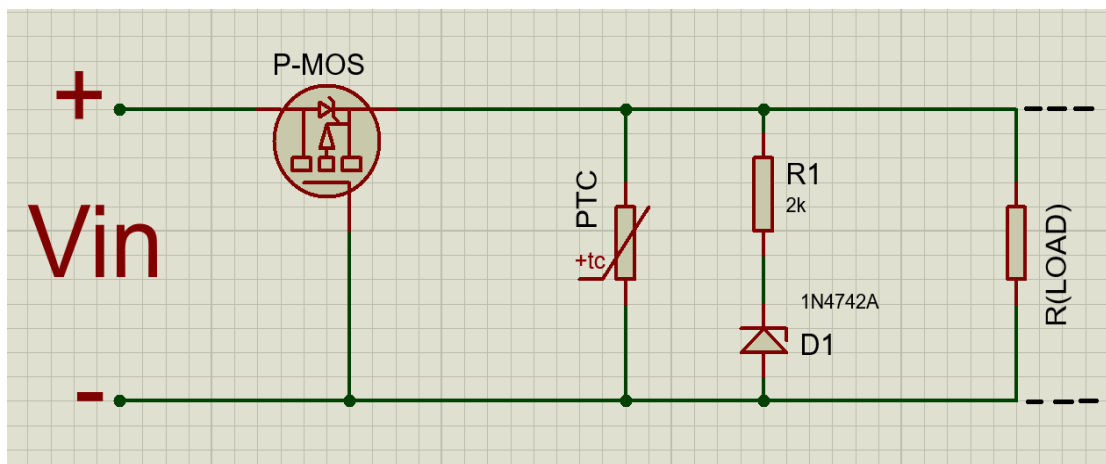
$$V_{\text{max}} = 12\text{V} \text{ và } I_{\text{max}} = 1\text{A}.$$

Con PTC được mắc song song với tải.



Hình 23: Thermistor PTC

Ta có mạch bảo vệ của thiết bị kia như sau :



Hình 24: Mạch bảo vệ thiết bị

### 2.3 Tổng hợp danh sách linh kiện

STT	Tên linh kiện	Tác dụng	Đặc điểm
1	Opamp LM741	So sánh, tích phân, khuếch đại	Trở kháng vào $2M\Omega$
2	LM7805	Ổn định điện áp ra 5V	Đầu vào 5V – 15V, đầu ra 5V
3	LM7905	Ổn định điện áp ra -5V	Đầu vào $\geq -25V$ , đầu ra -5V
4	DG419DY	IC chuyển mạch	Tốc độ chuyển mạch $\leq 175ns$
5	74HC4066	IC chuyển mạch	Tốc độ chuyển mạch 500ns
6	8051	Vi điều khiển	Xung clock $\leq 12Mhz$
7	LCD 1602	Màn hình LCD hiển thị 2 hàng, 16 cột	
8	1N4742A	Diode Zener bảo vệ quá áp	Điện áp ngược tối đa 12V
9	PRG21BC	Nhiệt điện trở bảo vệ quá dòng	Hệ số nhiệt dương

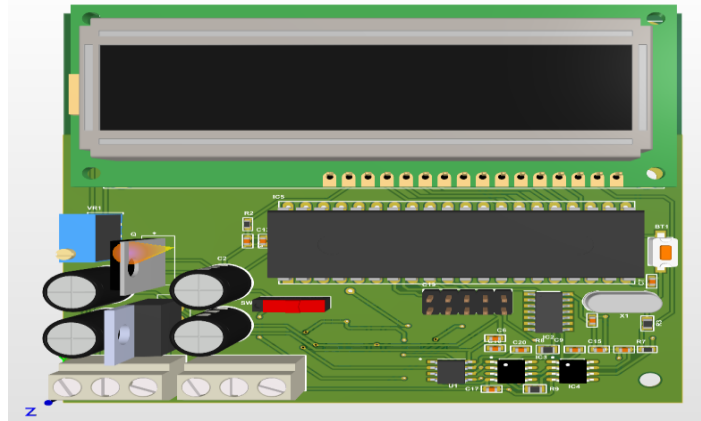
*Bảng 2. Tổng hợp danh sách linh kiện*

### 2.4 Mặt máy và nối dây

Để thiết bị đo được hoàn thiện hơn thì nhóm sẽ thiết kế một vỏ hộp có các lỗ để nối dây cũng như thực hiện các thao tác bật, tắt từ bên ngoài. Vỏ hộp sẽ giúp bảo vệ thiết bị khỏi các tác nhân bụi bẩn, giúp chống thấm, chống ẩm, chống nước để thiết bị không bị biến chất, không bị oxi hóa. Ngoài ra vỏ hộp cứng cáp còn giúp chống chịu các va đập trong quá trình vận chuyển giúp thiết bị không bị méo mó, biến dạng, hư hỏng. Phần mặt máy sẽ cung cấp những thông tin cần thiết về sản phẩm.

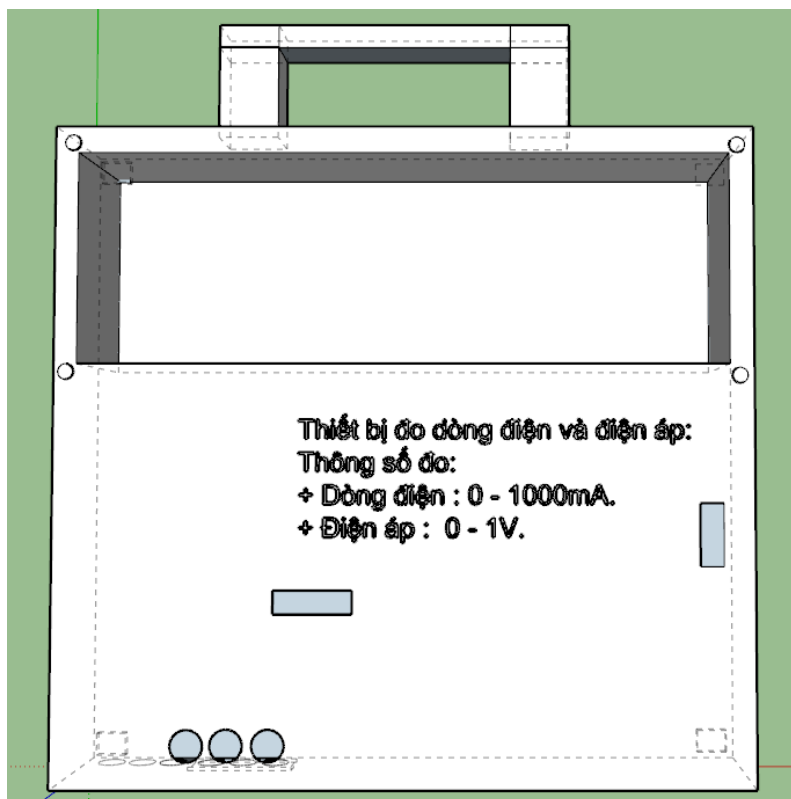
Vỏ hộp, mặt máy do nhóm thiết kế đảm bảo các mục tiêu sau:

- Vỏ hộp có dạng hình hộp chữ nhật.
- Vừa vặn với kích thước của mạch, hình chiếu từ trên xuống (hình chiếu bằng) là hình chữ nhật có kích thước là 89\*84 (mm).
- Chiều cao của vỏ hộp đủ để lọt các linh kiện vào bên trong, cụ thể là 19mm.
- Có khoét các lỗ trong hộp để cắm các đầu dây vào, công tắc chuyển mạch, reset, hiển thị màn hình LCD và 4 ốc vít để cố định LCD vào thiết bị. Vì đây là thiết bị cầm tay nên bọn em sẽ không thiết kế ốc vít để gắn vào tường.
- Mặt máy có các thông tin về thiết bị như thông số kỹ thuật, chức năng,...
- Thiết bị có tay cầm, tiện khi mang đi.

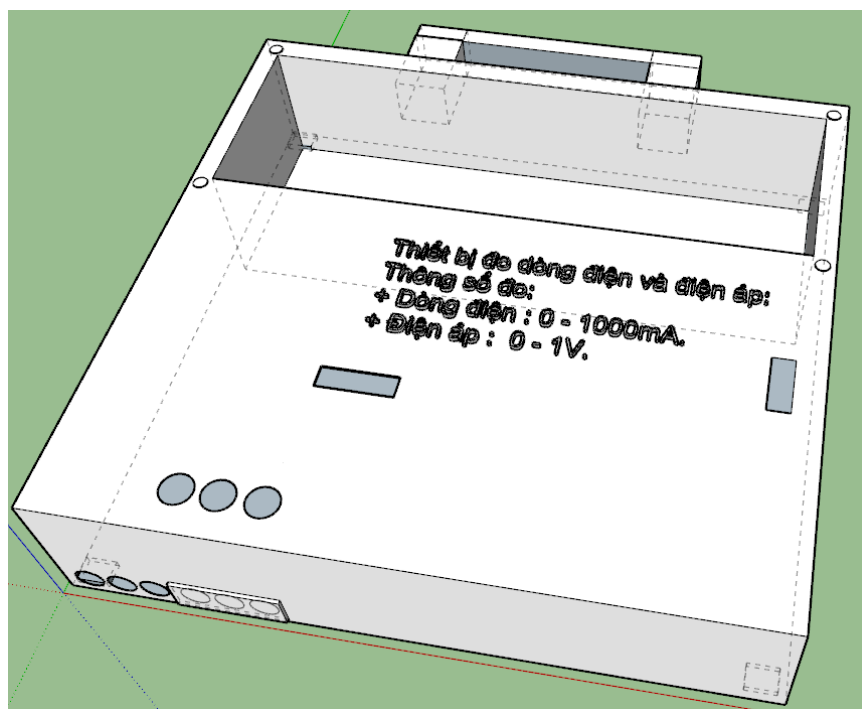


Hình 25: Mạch PCB

Với những mục tiêu đã đặt ra ban đầu như trên, nhóm tiến hành thiết kế vỏ hộp và mặt máy để nối dây cho thiết bị. Sau đây là một số hình ảnh của mô hình đã hoàn thiện:



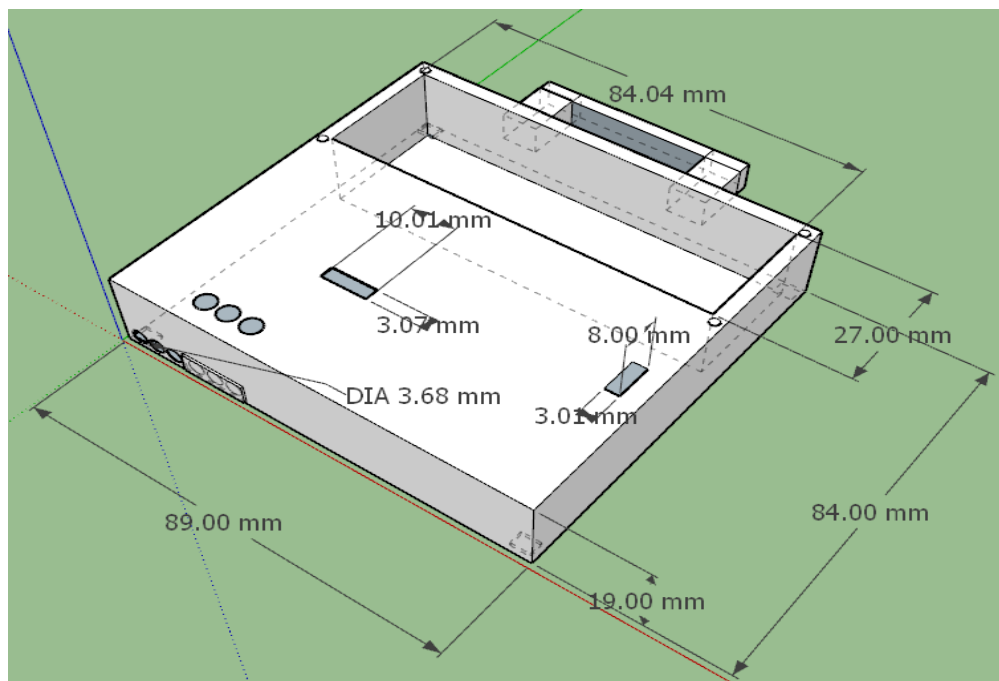
Hình 26: Vỏ hộp (nhìn từ mặt trên)



Hình 27: Vỏ hộp (nhìn từ hướng khác )

Về mặt nối dây: 3 lỗ cắm được hở trên vỏ hộp ở mặt cạnh theo thứ tự từ trái sang phải lần lượt là 3 chân để cấp nguồn (+12V, GND , -12V) và 3 lỗ cắm ở mặt trên lần lượt tương đương với các chế độ đo (GND, Current, Voltage).

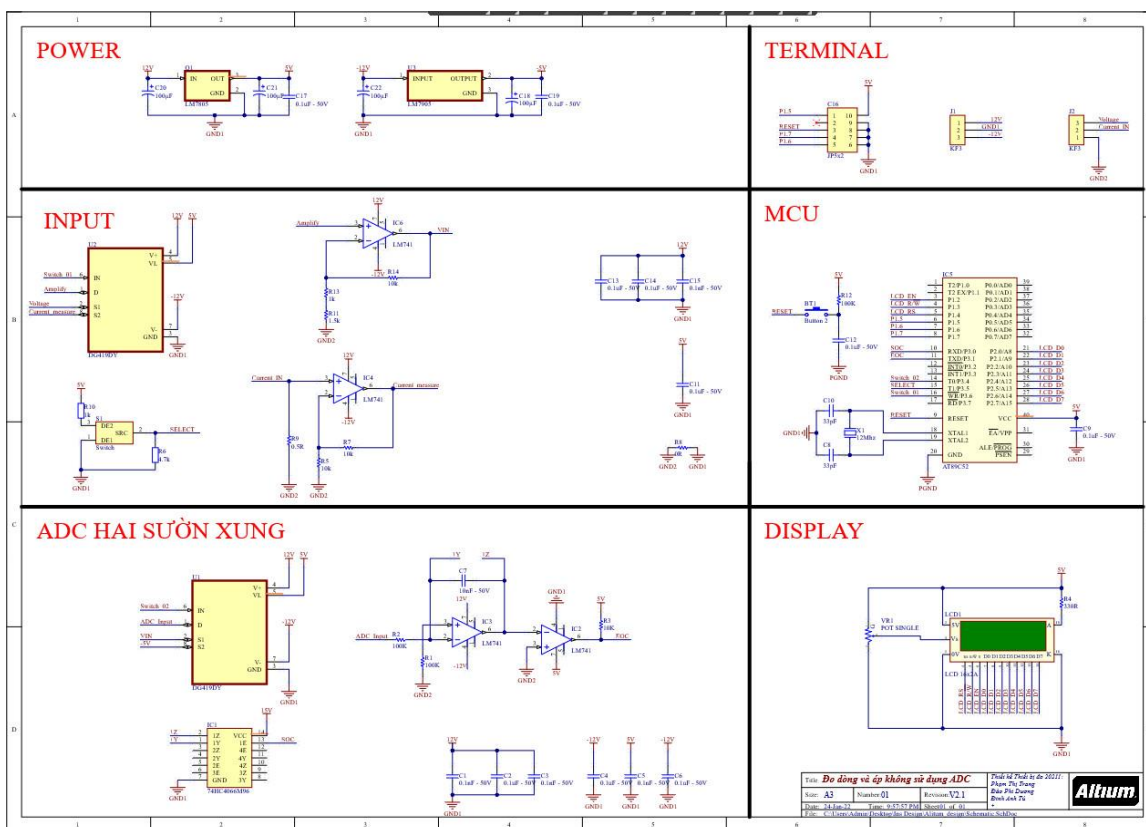
Dưới đây là kích thước của vỏ hộp và một số chi tiết trên vỏ hộp:



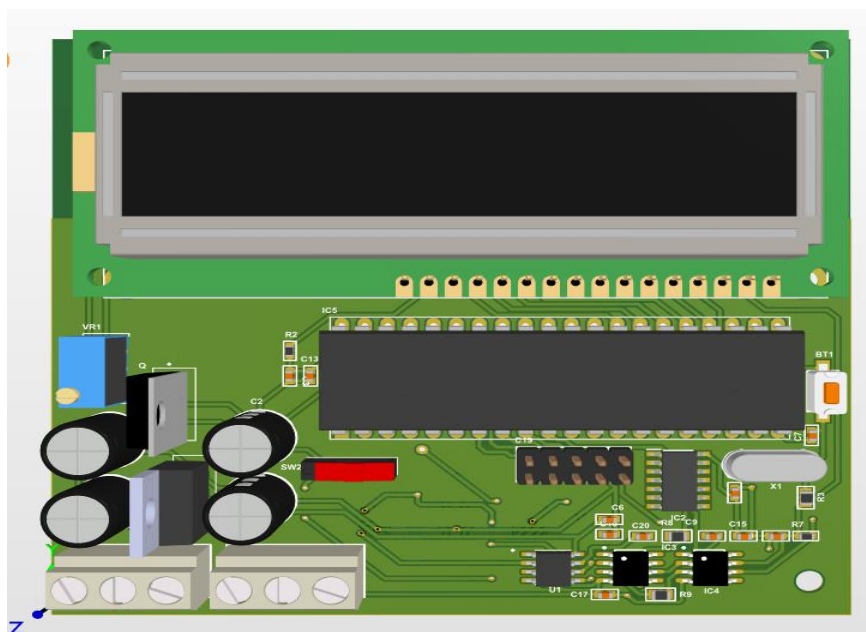
Hình 28: Vỏ hộp ( kích thước )

# CHƯƠNG III. KẾT QUẢ VÀ ĐÁNH GIÁ

## 3.1 Thiết kế mạch nguyên lý và mạch in



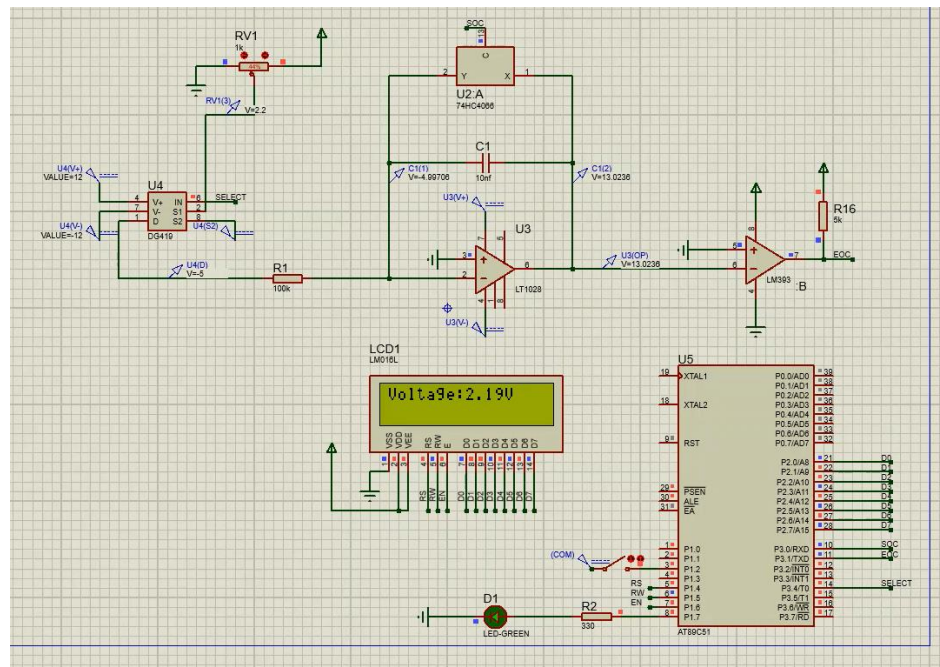
Hình 29 : Mạch nguyên lý



Hình 30: Mạch in

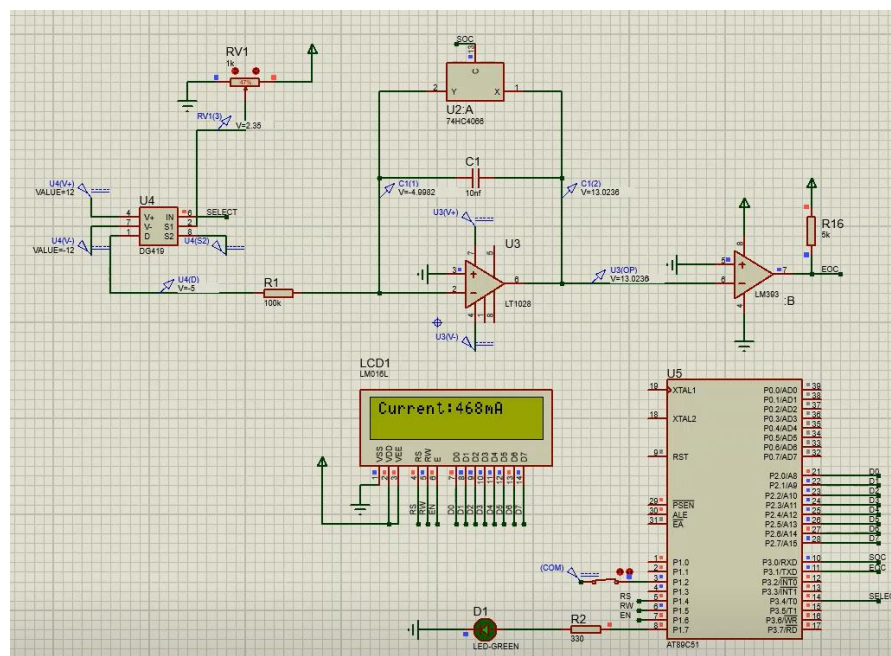


### 3.2 Kết quả mô phỏng



Hình 31 : Mô phỏng điện áp.

Điện áp vào 2.2V - Điện áp đo được: 2.19V.



Hình 32 : Mô phỏng dòng điện.

Dòng vào 470mA - dòng đo được 468mA.

***Ta có một số nhận xét như sau :***

- Kết quả đo điện áp khá chính xác: giá trị trên LCD xấp xỉ với kết quả hiển thị ở que đo RV1(3) (dải đo từ 0-5V, điện áp đầu vào được thay đổi bằng cách điều chỉnh chiết áp).
- Thiết bị nhận biết chính xác chế độ đo dòng hay áp qua công tắc chuyển mạch Switch.
- Việc đo dòng điện tương tự cũng cho kết quả khá chính xác (dải đo từ 0-1000mA).

***Giải thích:***

- Do điện thế/ dòng offset cả Opamp nên giá trị nhỏ nhất khác 0.
- Dòng điện và điện áp đo được phụ thuộc vào bộ đếm nên giá đo có thể bé hơn giá trị đặt một lượng nhỏ.
- Do sai số mô phỏng Proteus.

### **3.3 Đánh giá chung về thiết bị.**

<b>Mục tiêu</b>	<b>Kết quả</b>	<b>Ghi chú</b>
Đo điện áp 0-1V.	Đo được điện áp 0.01-5V.	Điện thế offset của opamp nên $V_{min} = 0.01V$ .
Đo dòng điện 0-1000mA.	Đo được dòng 2-999 mA.	Dòng offset của opamp nên $I_{min} = 2mA$ .
Có thiết kế mạch bảo vệ.	Bảo vệ quá dòng, quá áp, cấm ngược nguồn.	
Thiết kế mặt máy, vỏ hộp.	Đảm bảo yêu cầu cơ bản thành phẩm.	Nhỏ gọn, thuận lợi di chuyển.
Chuyển đổi giữa 2 chế độ đo.	Dùng công tắc chuyển đổi đo được dòng/áp.	
Tối ưu chi phí thiết kế.	Dùng vi xử lý, IC, module đơn giản, đảm bảo yêu cầu.	Đi dây mạch PCB hợp lý, tiết kiệm diện tích.

*Bảng 3. Đánh giá thiết bị*

## PHỤ LỤC VỀ DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Slide bài giảng môn Thiết kế thiết bị đo của PGS.TS Nguyễn Thị Lan Hương
- [2] Datasheet các linh kiện LM7805, LM7905, DG419DY, 74HC4066, 8051, LCD 1602, 1N4742A, PRG21BC
- [3] [https://product.tdk.com/en/techlibrary/applicationnote/howto\\_ptc-limiter.html](https://product.tdk.com/en/techlibrary/applicationnote/howto_ptc-limiter.html)
- [4] [https://www.electronics-tutorials.ws/opamp/opamp\\_6.html](https://www.electronics-tutorials.ws/opamp/opamp_6.html)
- [5] [Dual Slope type ADC | Analog-integrated-circuits || Electronics Tutorial \(electronics-tutorial.net\)](#)
- [6] [https://www.youtube.com/watch?v=2gF\\_nfaBV\\_0](https://www.youtube.com/watch?v=2gF_nfaBV_0)
- [7] <https://www.youtube.com/watch?v=-PBm0Rz03zw>
- [8] <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1084784>