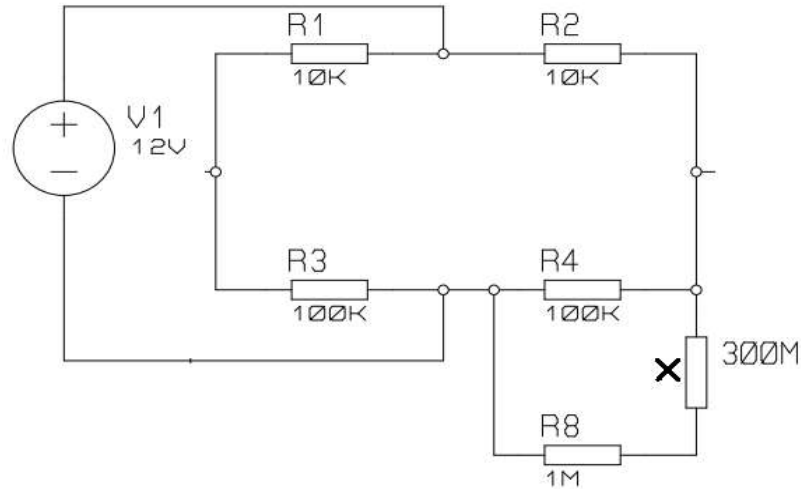


CHƯƠNG 4: HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN MÁY ĐO ĐỘ ẨM HẠT ONLINE

4.1. Thiết kế mạch đọc tín hiệu điện áp cho hệ thống máy đo độ ẩm hạt

4.1.1. Thiết kế mạch Wheaston đọc điện trở hạt



Hình 4.1.1. Mạch cầu Wheatstone đo điện trở hạt

Trong đó: R_1, R_2, R_3, R_4, R_8 : là các điện trở

X: là điện trở của hạt

Theo (2.9) và hình 2.3.6 ta được

$$V_G = \left(\frac{R_3}{R_1 + R_3} - \frac{R_x}{R_x + R_2} \right) V_S \quad (4.1)$$

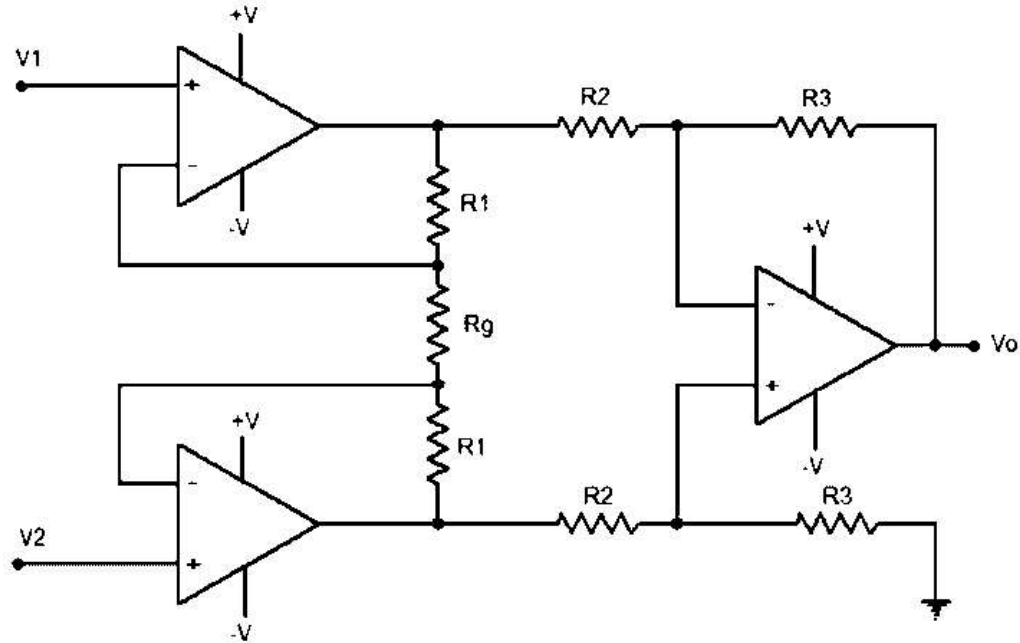
Theo các công thức về mạch mắc nối tiếp và mạch mắc song song

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_x} &= \frac{1}{X + R_8} + \frac{1}{R_4} \\ \rightarrow R_x &= \frac{R_4(X + R_8)}{X + R_8 + R_4} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Từ (4.1) và (4.2) ta được

$$V_G = \left(\frac{R_3}{R_1 + R_3} - \frac{R_4(X + R_8)}{R_4(X + R_8) + R_2(X + R_8 + R_4)} \right) V_S \quad (4.3)$$

4.1.2. Thiết kế mạch khuếch đại vi sai sử dụng Op – amp cho hệ thống máy đo độ ẩm online



Hình 4.1.2. Mạch khuếch đại vi sai cho hệ thống máy đo độ ẩm ^[75]

Theo hình 4.1.1. ta có:

$$V_3 - V_1 = I_o \cdot R_1 \quad (4.4)$$

$$V_4 - V_2 = I_o \cdot R_1 \quad (4.5)$$

Vì đây là mạch khuếch đại không đảo

$$V_4 = V_2 \cdot \left(1 + \frac{2R_1}{R_{gain}}\right) \quad (4.6)$$

$$V_3 = V_1 \cdot \left(1 + \frac{2R_1}{R_{gain}}\right) \quad (4.7)$$

$$\begin{aligned} V_o &= A \cdot (V_4 - V_3) \\ &= A \left(1 + \frac{2R_1}{R_{gain}}\right) \cdot (V_2 - V_1) \end{aligned} \quad (4.7)$$

Trong đó: $A = \frac{R_3}{R_2}$ (mạch khuếch đại vi sai)

⁷⁵ <https://dientuonglai.com/bo-khuech-dai-vi-sai.html>

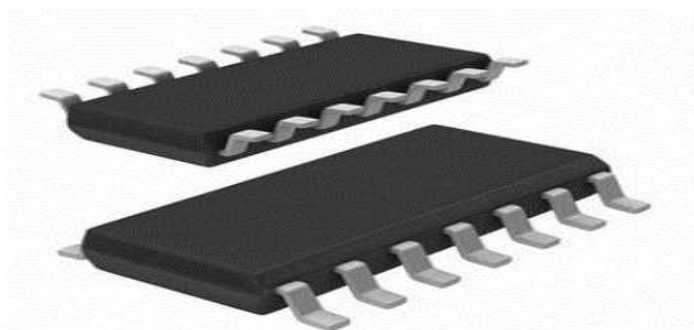
Hệ số khuếch đại

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_2 - V_1} = \left(1 + \frac{2R_1}{R_{gain}}\right) \cdot \frac{R_3}{R_2} \quad (4.8)$$

4.1.3. Thiết kế mạch đọc tín hiệu điện áp của hạt

4.1.3.1. Linh kiện cho mạch khuếch đại tín hiệu

Các linh kiện cần thiết để thiết kế mạch gồm: LM324, các điện trở 10k, 100k, 470k, ...



Hình 4.1.3. Linh kiện LM324 ^[76]

Bảng 4.1. Thông số cơ bản của LM324

Manufacturer Part Number	LM324
Description	IC OPAMP GP 1.2MHZ 14DIP
Manufacturer	Fairchild Semiconductor
Lead Free Status / RoHS Status	Lead free / RoHS Compliant
Number of Circuits	4
Output Type	-
Slew Rate	0.5 V/μs
Gain Bandwidth Product	1.2MHz
-3db Bandwidth	-

⁷⁶ <https://icdayroi.com/lm324>

Current - Input Bias	20nA
Voltage - Input Offset	3mV
Current - Supply	1.4mA
Current - Output / Channel	60mA
Voltage - Supply, Single/Dual (\pm)	3 V ~ 32 V, ± 1.5 V ~ 16 V
Operating Temperature	0°C ~ 70°C
Mounting Type	Through Hole
Package / Case	14-DIP (0.300", 7.62mm)

4.1.3.2. Thiết kế mạch mô phỏng

Dựa trên mạch cầu wheatstone đo tín hiệu điện và mạch khuếch đại vi sai sử dụng op- amp, nhóm đã tính toán và thiết kế mạch đo tín hiệu cho hệ thống máy đo độ ẩm hạt online.

Tín hiệu đo được từ mạch cầu wheatstone khi điện trở của hạt dao động từ vài trăm Kiloohm đến vài trăm Megaohm thì tín hiệu điện dao động từ 0.01V đến 0.1V, tín hiệu này qua bộ khuếch đại vi sai sử dụng Op- amp đưa tín hiệu đo được lên từ 0V đến 10V để bộ vi xử lý có thể đọc được.

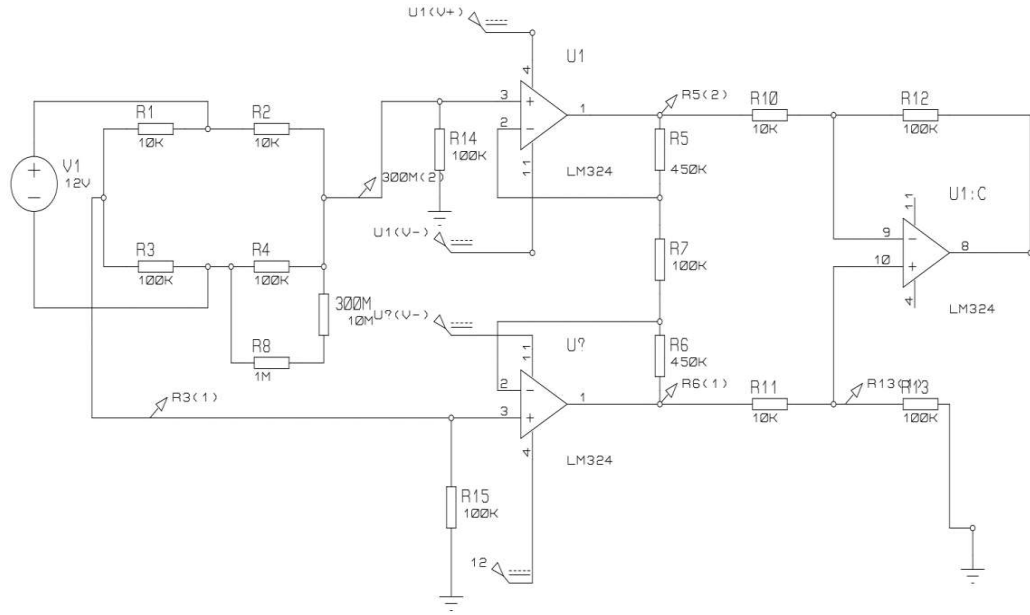
Lựa chọn các giá trị điện trở để thiết kế với

$$R_1 = R_2 = R_{10} = R_{11} = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = R_4 = R_7 = R_{12} = R_{13} = R_{14} = R_{15} = 100 \text{ k}\Omega$$

$$R_8 = 1 \text{ M}\Omega$$

$$R_5 = R_6 = 470 \text{ k}\Omega$$



Hình 4.1.4. Mạch mô phỏng đo tín hiệu điện áp của hệ thống máy đo độ ẩm hạt online

Từ công thức 4.3

$$V_G = \left(\frac{R_3}{R_1 + R_3} - \frac{R_4(X + R_8)}{R_4(X + R_8) + R_2(X + R_8 + R_4)} \right) V_s$$

Với $R_1 = R_2 = 10 \text{ k}\Omega$

$$R_3 = R_4 = 100 \text{ k}\Omega$$

$$R_8 = 1000 \text{ k}\Omega$$

$$V_s = 12V$$

$$\Rightarrow V_G = \left(\frac{10}{11} - \frac{100 \cdot (X + 1000)}{100 \cdot (X + 1000) + 10 \cdot (X + 1100)} \right) V_s$$

$$\Rightarrow V_G = \left(\frac{10}{11} - \frac{10X + 10000}{10X + 10000 + X + 1100} \right) V_s$$

$$\Rightarrow V_G = \left(\frac{10}{11} - \frac{10X + 10000}{11X + 11100} \right) V_s \quad (4.9)$$

Theo công thức (4.9) ta có

$$A_V = \frac{V_{out}}{V_2 - V_1} = \left(1 + \frac{2R_1}{R_{gain}} \right) \cdot \frac{R_3}{R_2}$$

Với $R_1 = R_2 = 10\text{ k}\Omega$

$$R_3 = 100\text{ k}\Omega$$

$$R_{gain} = 470\text{ k}\Omega$$

$$V_2 - V_1 = V_G$$

$$\Rightarrow A_v = \frac{V_{out}}{V_G} = (1 + 9.4) * 10 = 104 \quad (4.10)$$

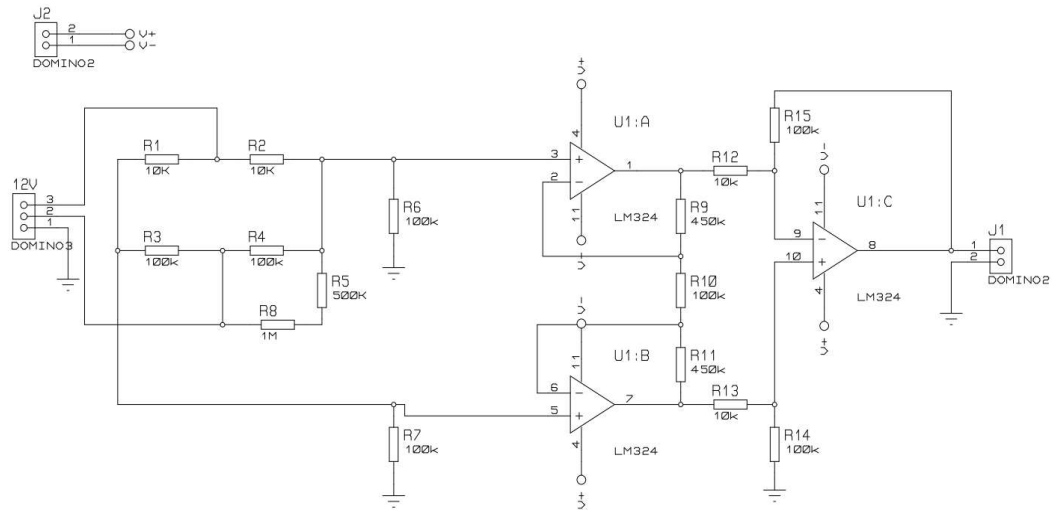
Từ (4.9) và (4.10)

$$\text{Ta có: } \left(\frac{10}{11} - \frac{10X+10000}{11X+11100} \right) V_s = \frac{V_{out}}{104} \quad (4.11)$$

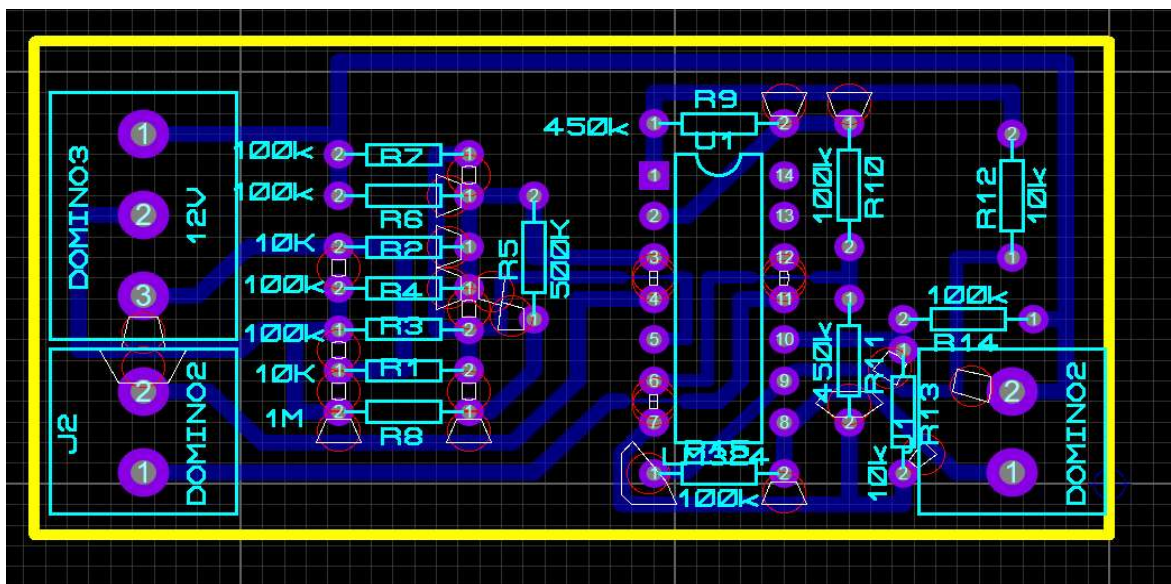
$$\text{Suy ra: } V_{out} = 104 \left(\frac{10}{11} - \frac{10X+10000}{11X+11100} \right) V_s$$

4.1.3.3. Thiết kế mạch in mạch khuếch đại tín hiệu

Dựa trên mạch mô phỏng và kết quả đúng với tính toán, nhóm quyết định thiết kế mạch và gia công mạch in.



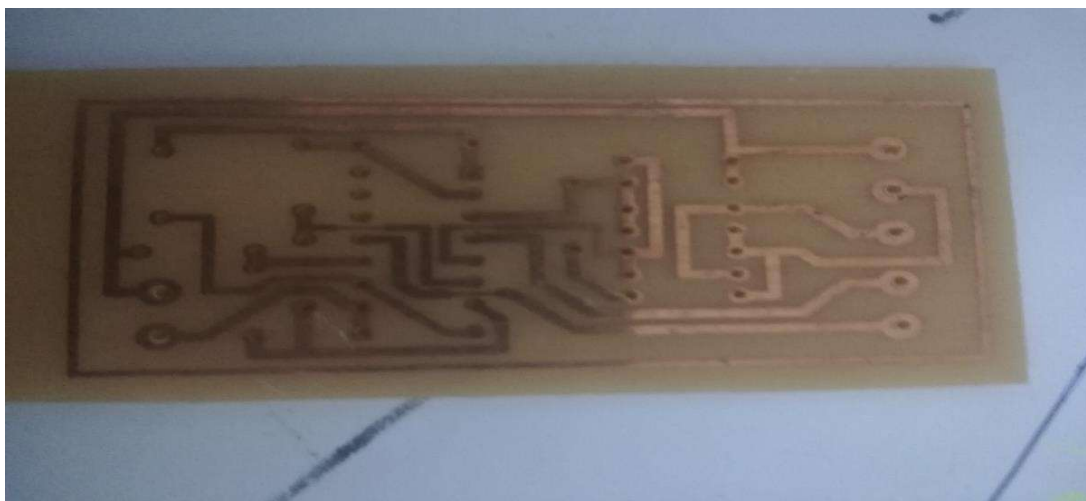
Hình 4.1.5. Mạch các linh kiện cho gia công mạch in



Hình 4.1.6. Thiết kế mạch in

4.1.3.4. Gia công mạch khuếch đại tín hiệu

Sau khi gia công và hàn các linh kiện điện tử ta được mạch đo tín hiệu cho hệ thống máy đo độ ẩm hạt online



Hình 4.1.7. Mạch in gia công