

屏東縣第 66 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別： 生活與應用科學科(一)

組 別： 國中組

作品名稱：水裝清純，電阻不信－利用水的電阻變化製作水
質檢測器

關 鍵 詞：歐姆定律、水的電阻變化、水質檢測

編號：B6016

摘要

本研究在探討水的電阻與電極大小、電極距離、水的深度的關係。在實驗中，我們根據歐姆定律，將水與固定電阻串聯，利用分壓原理計算，發現水的電阻不是固定不變的。電極大小越大、電極距離越小、水的深度越深，都導致水的電阻變小。固定電極大小與電極距離，我們發現各種水質電阻大小：純水>>飲用水>>地下水>鹽水，而且在水淺時差異較大，水深時差異逐漸縮小。根據水的電阻變化，我們利用電阻、電晶體、繼電器製作水質檢測器，可準確判斷水的種類：純水、飲用水、地下水及鹽水。

壹、研究動機

2025年9月發生的花蓮馬太鞍溪堰塞湖，因樺加沙颱風豪雨導致溢流潰壩，洪流夾帶大量土砂沖毀馬太鞍溪橋並淹沒光復鄉市區，為近年台灣最嚴重的天然災害。屏東縣的天氣狀況，從七月份到10月份不時會有傾盆大雨，導致部分地方積水嚴重。屏東境內的隘寮溪，夏季時的水位也是時不時地劇烈變化。當時我們看到花蓮堰塞湖潰壩的新聞，就想到是否可以利用電子設備來監測水位，達到提前預警效果。於是我們就找到了Arduino使用的水位監測模組，在我們試做並查詢資料之後才知道，原來它的原理是利用測量水的導電性來判斷水位的高低；而且不同水質和測量方式也會影響水的導電性，在我們討論後，我們決定先設計不同實驗觀察水質對導電性的影響，並用不同形式的電極(大小、距離、面積)來實驗，觀察這些資料之後著手設計簡易水質檢測器。

透過本研究，我們不僅能更深入了解水的導電性與電阻變化原理，也能將課堂所學應用於實際生活問題，培養科學探究精神與動手實作能力，並提升對水資源保護與安全議題的重視。

貳、研究目的

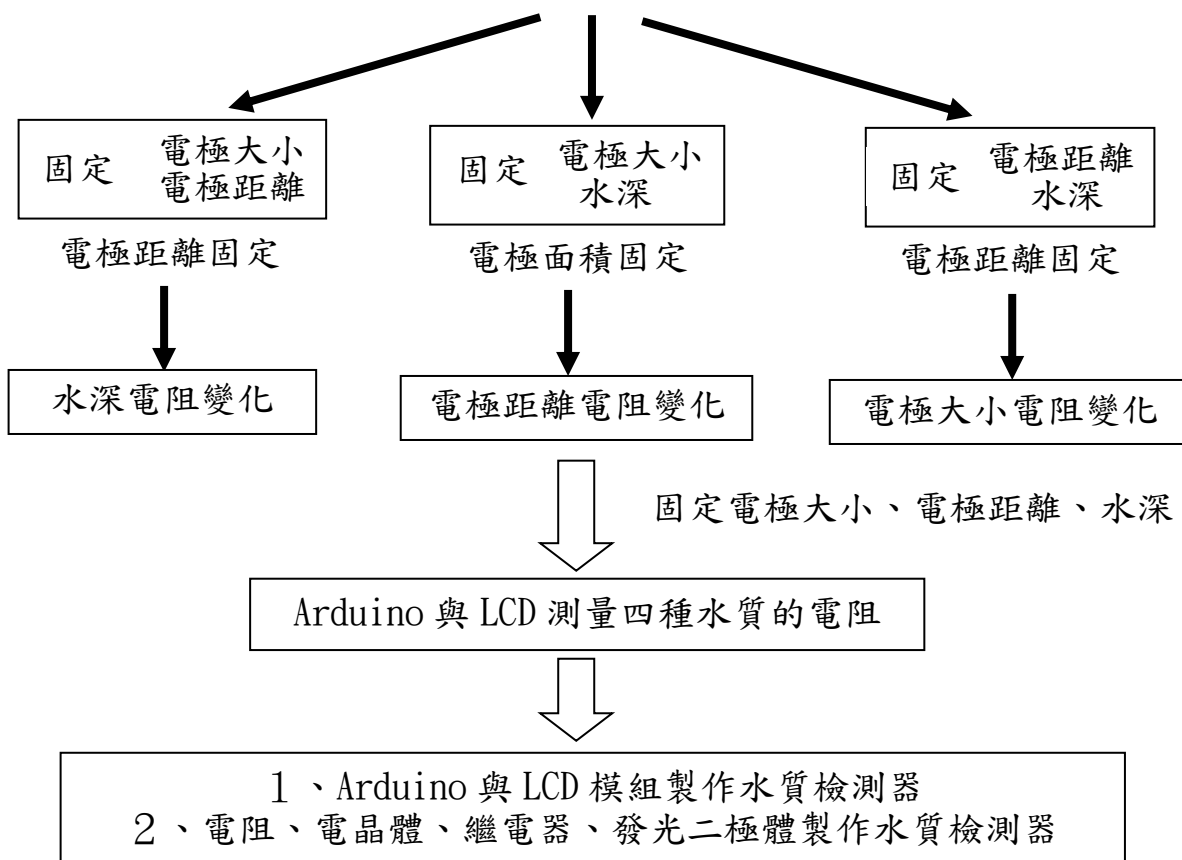
- 一、純水、飲用水、地下水、3%鹽水、飽和鹽水電阻大小比較。
- 二、利用 Arduino UNO 與水位感測模組比較各種水質的電阻。
- 三、電極大小與電極距離固定，比較各種水質在不同水深的電阻。
- 四、電極大小與水深固定，比較各種水質在不同電極距離的電阻。
- 五、電極距離與水深固定，比較各種水質在不同電極大小的電阻。
- 六、固定電極大小、電極距離、水深，利用 Arduino 與 LCD 模組製作水質檢測器判斷各種水質。
- 七、固定電極大小、電極距離、水深，利用低成本的電阻、電晶體、繼電器、發光二極體製作水質檢測器判斷各種水質。

下方三種不同變因下比較[純水、飲用水、地下水、3%鹽水、飽和鹽水]電阻大小

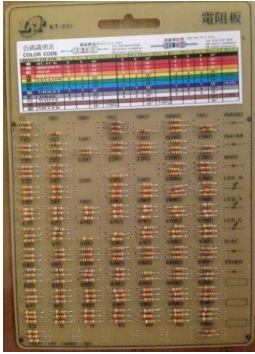
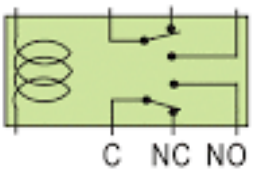
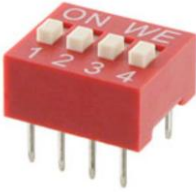
裝置
Arduino UNO
與水位感測
模組

主要原理

$$R(\text{水的電阻}) = \rho(\text{水的電阻率}) \frac{L(\text{電極距離})}{A(\text{電極面積})}$$



參、研究設備及器材

 麵包板	 9013 電晶體	 三用電表
 電阻	 發光二極體	 水位感測模組
 Arduino UNO	 LCD 模組	 5V 繼電器
 插頭	 鋁箔紙	 鋁箔膠帶
 指撥開關	 金屬電極	 高級精鹽

肆、研究過程及方法

一、實驗裝置直交表

☒ 採用此變因
 ☒ 部分採用此變因(兩組)
 ☐ 不採用此變因

實驗裝置 (電極選用) 水質	Arduino (水位監測 模組)	Arduino (銅片電極) 電極距離 1~7cm	Arduino (銅片電極) 電極距離 1~20cm	Arduino (鋁箔膠 帶、大面積 鋁箔紙)	Arduino (市售插 頭、LCD)	電晶體、繼 電器、電 阻、指撥開 關(市售插 頭)
純水					☐ 水深 ☐ 電極距離	☐ 水深 ☐ 電極距離
飲用水	☒ 水深 ☐ 電極距離	☐ 水深 ☒ 電極距離	☐ 水深 ☒ 電極距離	☒ 水深 ☒ 電極距離	☐ 水深 ☐ 電極距離	☐ 水深 ☐ 電極距離
地下水	☒ 水深 ☐ 電極距離	☐ 水深 ☒ 電極距離	☐ 水深 ☒ 電極距離	☒ 水深 ☒ 電極距離	☐ 水深 ☐ 電極距離	☐ 水深 ☐ 電極距離
3%食鹽水	☒ 水深 ☐ 電極距離	☐ 水深 ☒ 電極距離			☐ 水深 ☐ 電極距離	☐ 水深 ☐ 電極距離
飽和食鹽水	☒ 水深 ☐ 電極距離	☐ 水深 ☒ 電極距離			☐ 水深 ☐ 電極距離	☐ 水深 ☐ 電極距離
溪水					☐ 水深 ☐ 電極距離	

二、Arduino UNO 與水位感測模組

Arduino水位感測器原理



Arduino 水位感測器利用液體的導電性原理，透過感測板上的平行裸露銅線，將水位高低轉換為模擬電壓訊號。水越多，導線接觸的面積越大，水的電阻變小，電流導通量越大，感測器輸出的電壓也越高。Arduino 將此模擬訊號讀取並處理，即可判定水位高度。

工作原理

1、平行導線感測：

水位感測器板上佈滿一系列平行排列的裸露銅線，這些銅線被分開，但當被水淹沒時，會形成導電迴路。

2、電阻變化：

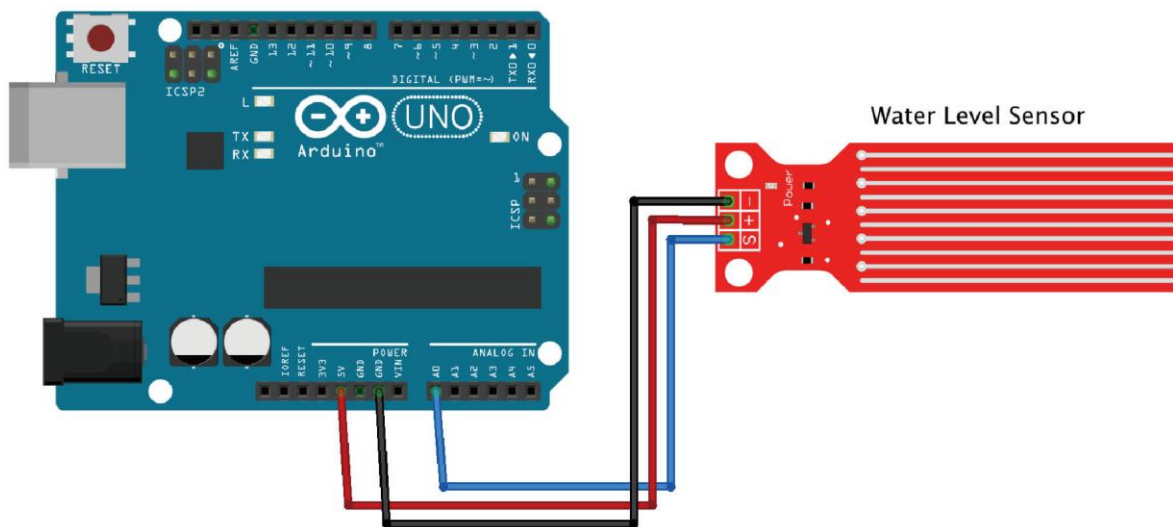
水中的礦物質使水具有導電性，水越多，水的電阻變小，導線之間的導電性越強。反之，水越少，水的電阻變大，導電性越差，電阻越大。

3、訊號轉換：

電阻的變化會導致輸出電壓的改變，這就像一個可變電阻或電位器。Arduino 的類比輸入引腳 A0 會讀取這些類比電壓訊號。

4、水位判讀：

透過讀取感測器輸出的模擬訊號，Arduino 可以判斷電壓的高低，進而推算出水位的深度或是否有水。

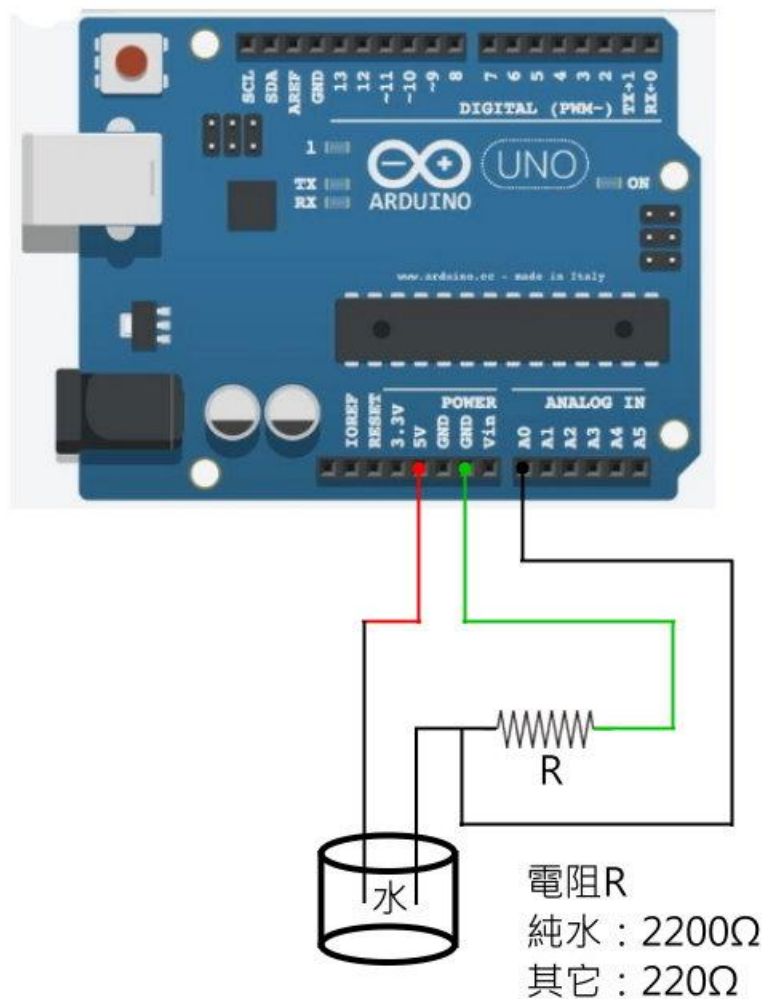


```
float water;
int val=0;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(A0, INPUT);
}
void loop()
{
  val=analogRead(A0);
  water = 5.0*val/1024;
  Serial.println(water);

  delay(100);
}
```

三、自製電極計算水的電阻

自製電極有三組實驗，第一組使用銅片固定水深，測量四種水質與在5種電極距離下分別的水電阻。第二組使用和第一組相同的銅片，測量兩種水質在大幅改變電極距離後的水電阻。第三組實驗使用大面積和小面積鋁箔為電極，分別在兩種水質下、兩種電極距離並改變水深後的電阻變化。



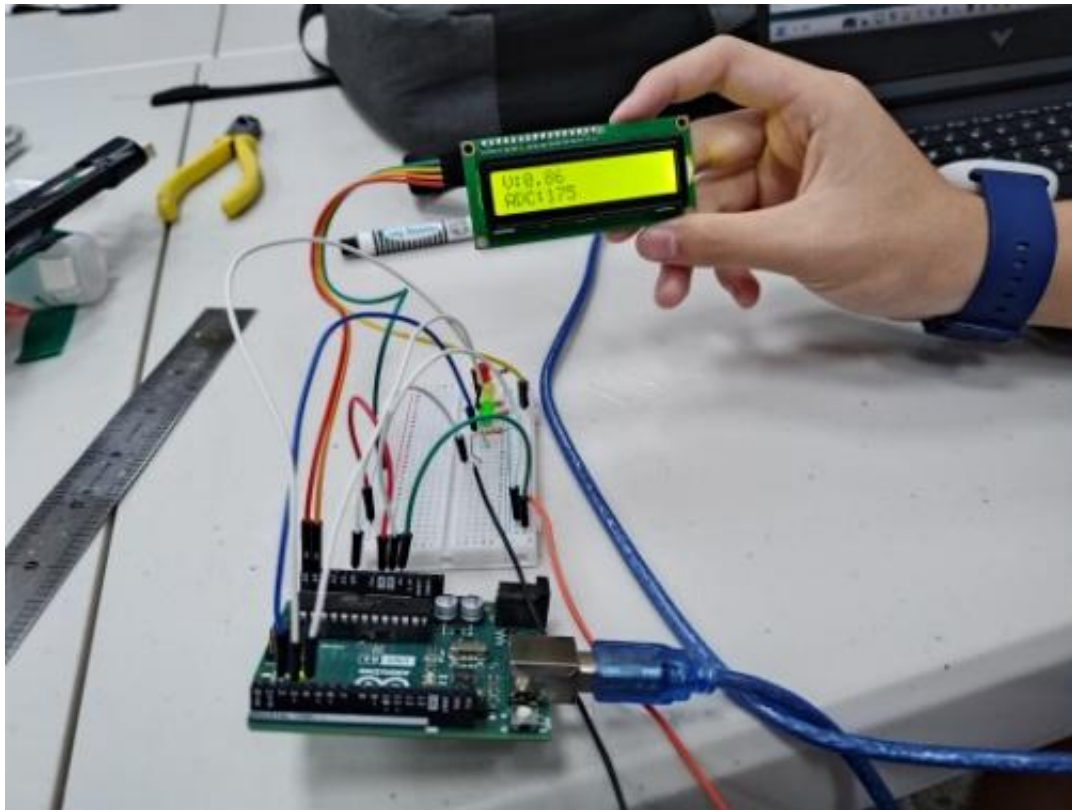
歐姆定律 V （電壓） = I （電流） × R （電阻）

$$I = \frac{V_{A0}}{R}$$

$$R_{\text{水}} = \frac{5 - V_{A0}}{I} = \frac{5 - V_{A0}}{\frac{V_{A0}}{R}}$$

四、利用Arduino與LCD模組判斷各種水質

固定電極大小、固定電極距離、固定水位深度，利用 Arduino 與 LCD 模組讀出 A0 腳位電壓，判斷水的種類。



```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
```

```
// 感測器
const int sensorPin = A0;
```

```
// LED 腳位
const int greenLED = 2;
const int yellowLED = 3;
const int redLED = 4;
```

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);

  // LCD 初始化
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Water Sensor");
```

```

// LED 輸出設定
pinMode(greenLED, OUTPUT);
pinMode(yellowLED, OUTPUT);
pinMode(redLED, OUTPUT);
}

void loop() {
  int sensorValue = analogRead(sensorPin);
  float voltage = sensorValue * (5.0 / 1023.0);

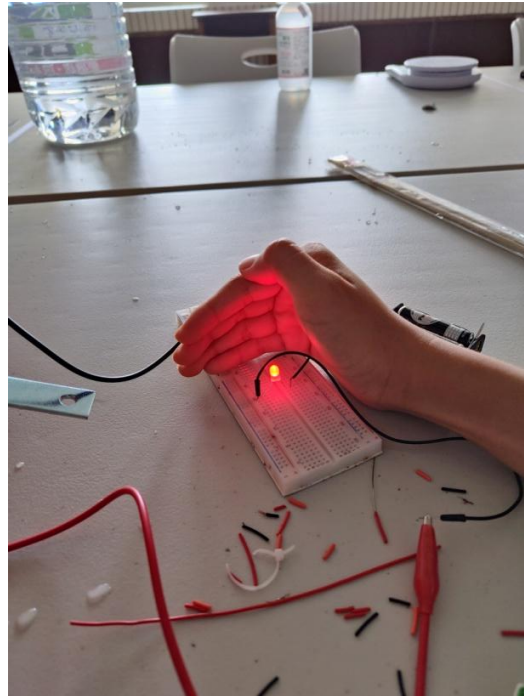
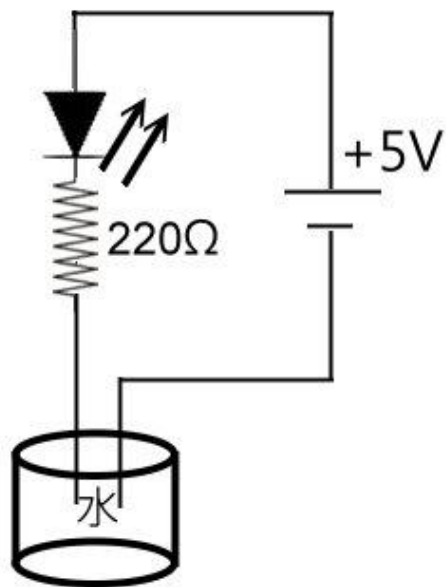
  // LCD 顯示
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("V:");
  lcd.print(voltage, 2);
  lcd.print("    ");

  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("ADC:");
  lcd.print(sensorValue);
  lcd.print("    ");

  // LED 判斷 (可自行調整門檻)
  if (voltage < 1.0) {
    // 水質乾淨
    digitalWrite(greenLED, HIGH);
    digitalWrite(yellowLED, LOW);
    digitalWrite(redLED, LOW);
  }
  else if (voltage < 2.5) {
    // 普通
    digitalWrite(greenLED, LOW);
    digitalWrite(yellowLED, HIGH);
    digitalWrite(redLED, LOW);
  }
  else {
    // 導電度高 (水含鹽或髒)
    digitalWrite(greenLED, LOW);
    digitalWrite(yellowLED, LOW);
    digitalWrite(redLED, HIGH);
  }
  delay(500);
}

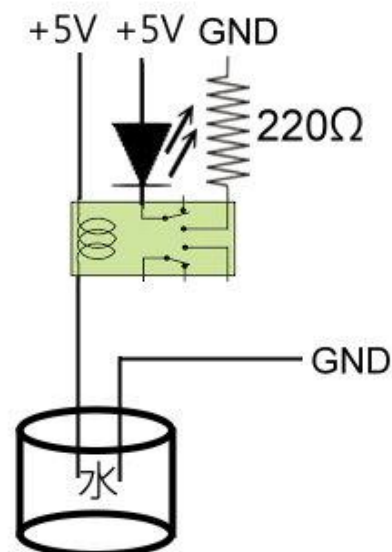
```

五、利用電晶體製作的水質檢測器判斷純水、飲用水、地下水、鹽水



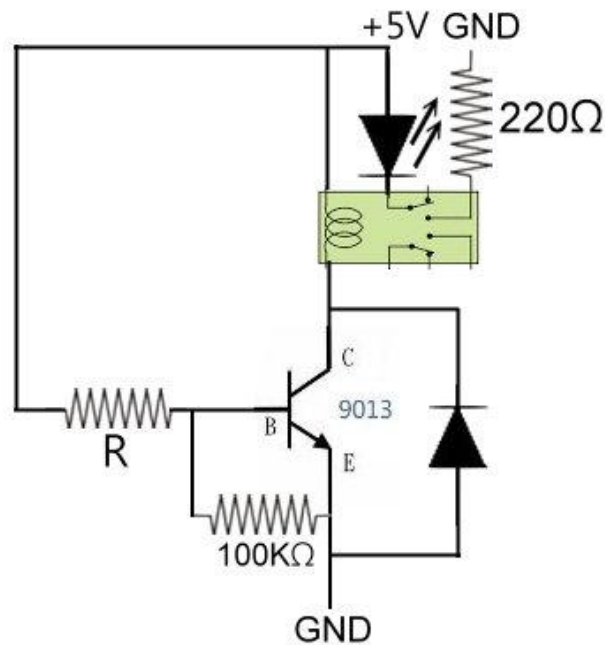
金屬電極相隔 40cm，放入地下水，LED 仍會點亮

將電極互相碰觸，LED 燈亮了。電極放入純水中，LED 不會亮；但電極放入飲用水、地下水、鹽水，因為水的電阻比較大，所以 LED 燈只有微亮，LED 燈點亮和微亮比較難判斷，所以我們採用繼電器判斷 LED 燈有沒有點亮

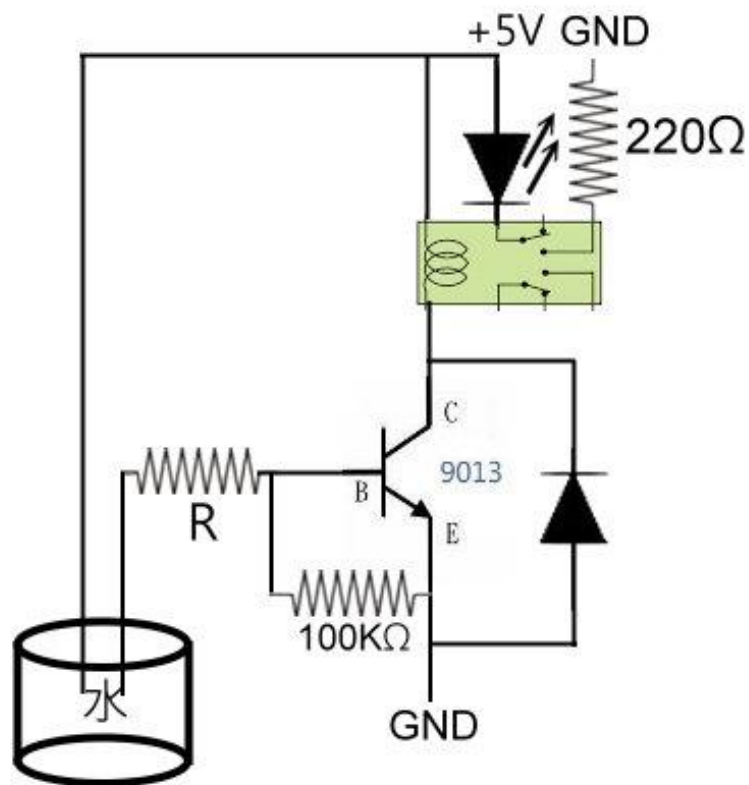


將電極互相碰觸，繼電器啟動，LED 燈亮了。但電極放入飲用水、地下水、純水，因為水的電阻比較大，繼電器不動，所以 LED 燈不亮。水的電阻太大，電流太小，所以繼電器不動，LED 燈不會亮。電晶體有放大電流的功能，所以我們加入電晶體製作水質檢測器。因為純水及飲用水的電阻很大，地下水、鹽水的電阻相對小很多，所以我們固定電極大小、固定電極距離、固定水位深度。利用電晶體加上繼電器製作的水質檢測器就可以判斷純水、飲用水、地下水、鹽水。

首先，我們要知道電阻R的範圍可以啟動繼電器，LED亮燈



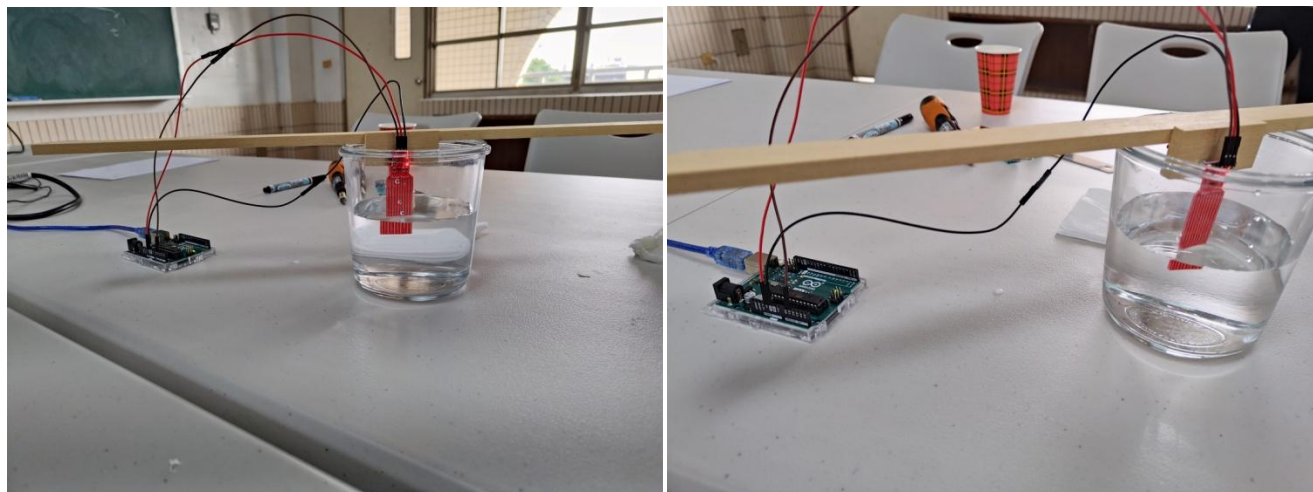
水質檢測時，要判斷各種水質需要配合多少電阻R可以啟動繼電器，LED亮燈



伍、研究結果與討論

一、利用水位感測模組偵測不同水質在不同高度電壓

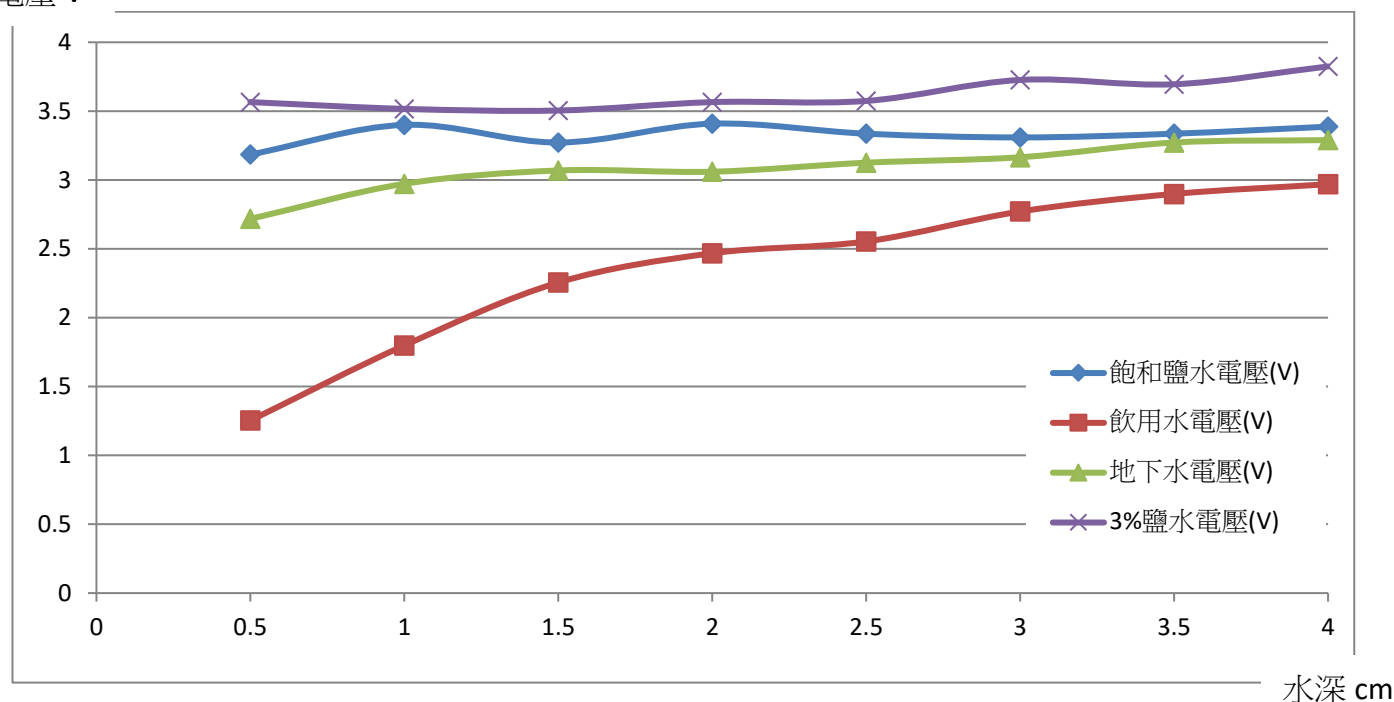
我們選用飲用水、地下水、3%鹽水、飽和鹽水



水深(cm)	飽和鹽水電壓(V)	飲用水電壓(V)	地下水電壓(V)	3%鹽水電壓(V)
0.5	3.185	1.2535	2.7175	3.5655
1	3.400	1.7985	2.9720	3.5165
1.5	3.272	2.2555	3.0690	3.5045
2	3.409	2.4680	3.0600	3.5655
2.5	3.336	2.5535	3.1255	3.5740

3	3.309	2.7710	3.1650	3.7265
3.5	3.336	2.8985	3.2720	3.6950
4	3.387	2.9690	3.2895	3.8245

電壓 V



- 1、3%鹽水：台灣附近海水的濃度大約是 3%。利用食鹽加入飲用水調製而成。
- 2、飽和鹽水：室溫大約 26 度，食鹽加入飲用水調製到飽和狀態。
- 3、利用水位感測模組偵測不同水質在不同高度 A0 電壓：
- 4、水位高低與 A0 電壓值呈現上升關係，水位愈高，水與電極極板接觸面積愈大，電壓值愈大。
- 5、水深在 0.5cm 時，各種水質 A0 電壓有明顯差距。水深愈深，差距縮小。要分別各種水質，水深小於 1cm 時可明顯判斷。
- 6、各種水質電壓比較：3%鹽水〉飽和鹽水〉地下水〉飲用水
水質的電壓越大，導電性越大，電阻越小。
- 7、在理論上，飽和鹽水的電解質濃度比 3%鹽水大，所以飽和鹽水的導電性應該大於 3%鹽水。但實際測出卻是相反？
雖然理論上飽和鹽水離子濃度最高，但在實際量測時，因為離子活動度下降，未溶解鹽影響與電極效應，反而可能出現 3%鹽水的電阻比飽和鹽水更小

的結果。

3%鹽水：離子之間距離較大，導電效率高，電阻小。

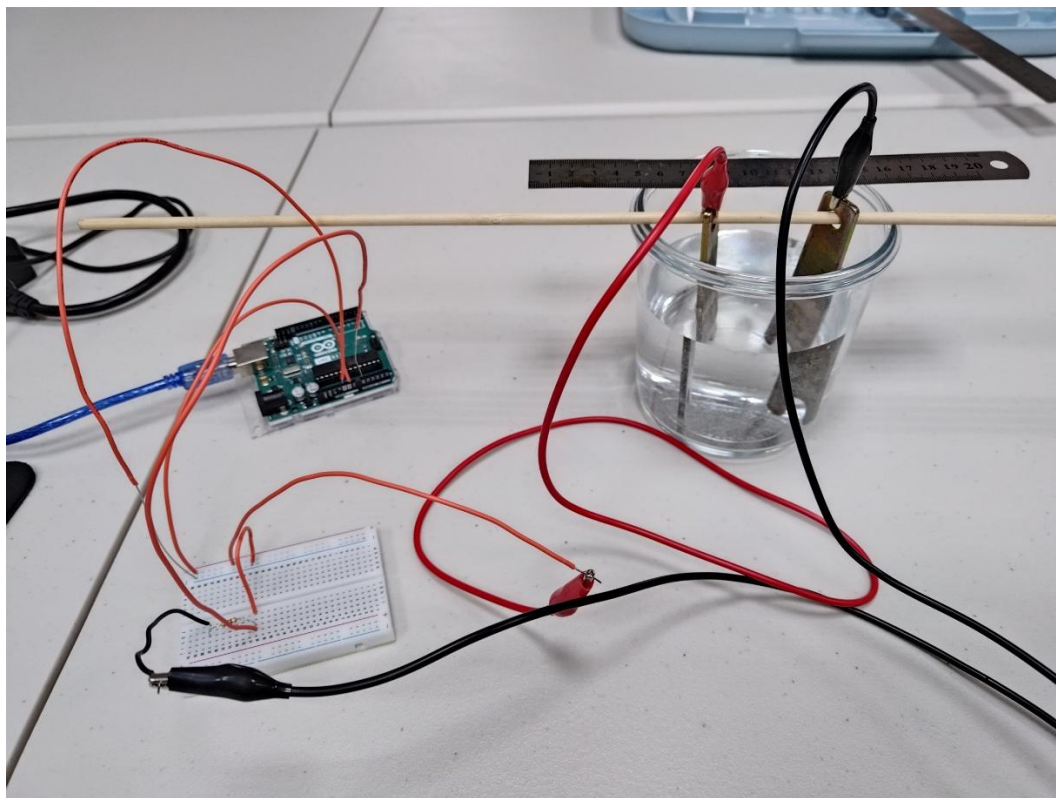
飽和鹽水：離子極度擁擠，離子彼此干擾、碰撞，移動速度變慢，導電效率反而下降。

- 8、本次實驗使用水位感測模組，只測量到電壓，由測量電壓的數據推論電阻大小的比較，但未能得知真正的電阻大小。於是我們打算在下個實驗用歐姆定律將水與固定電阻串聯，利用分壓原理計算得出水的電阻大小。

二、深度不變，改變兩個電極相隔距離及用電阻分壓原理測量不同水質的電壓

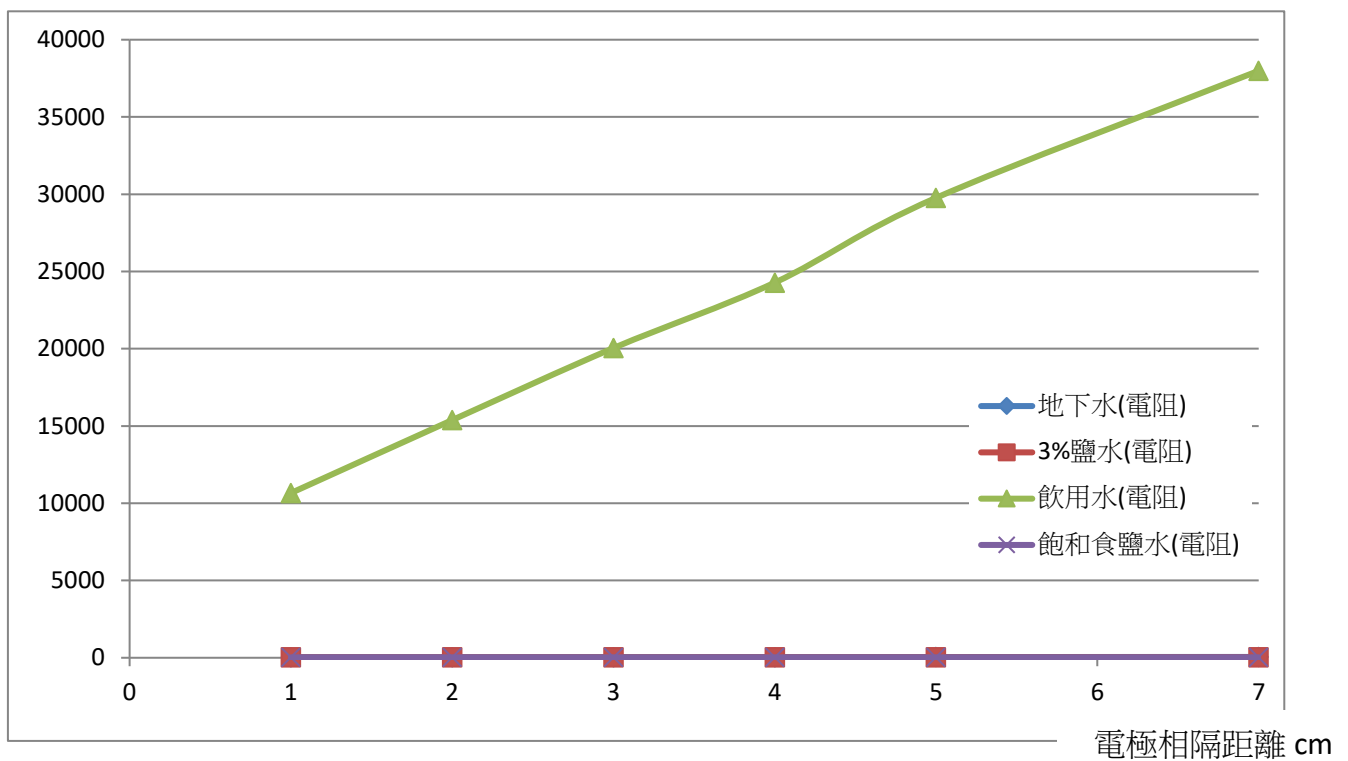
實驗水的種類：飲用水、地下水、3%鹽水、飽和食鹽水

水的深度固定為 9 公分

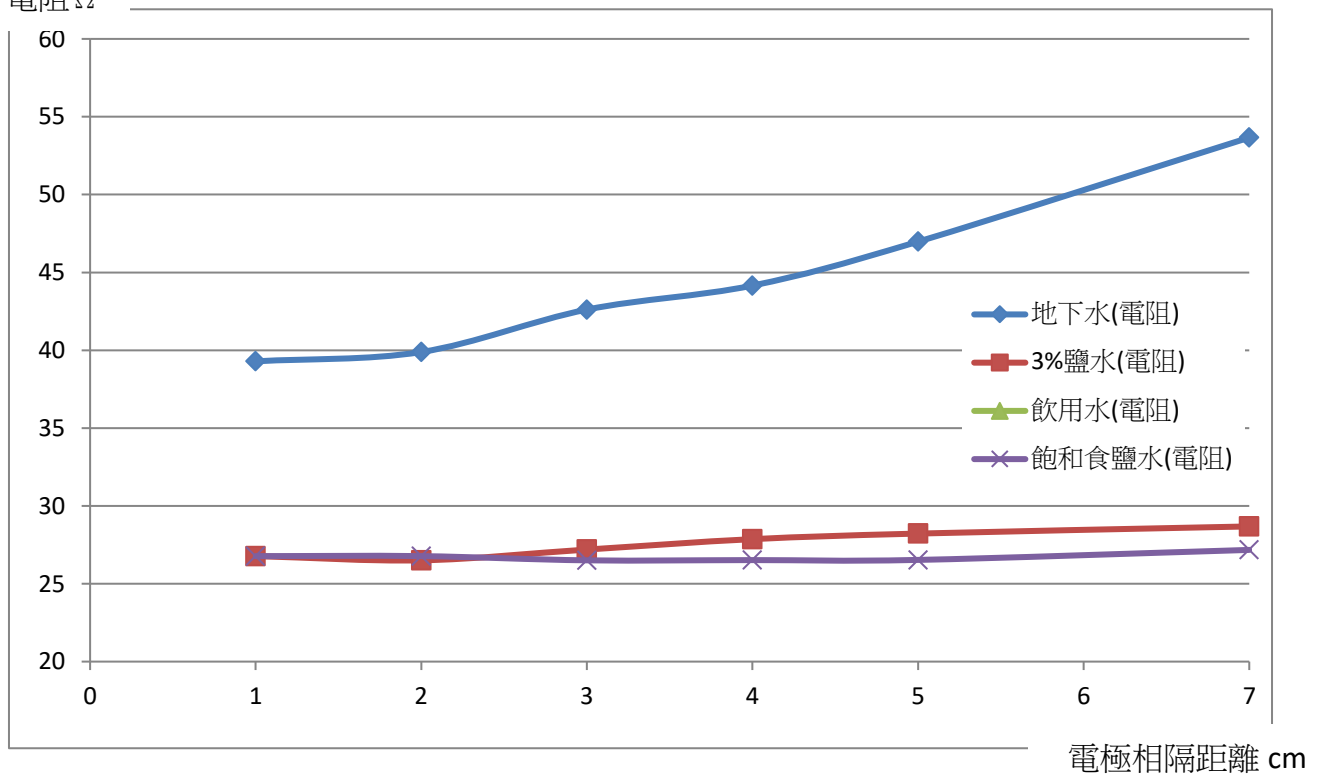


電極相隔 距離 (cm)	地下水 (電壓 V)	地下水 (電阻 Ω)	3%鹽水 (電壓 V)	3%鹽水 (電阻 Ω)	飲用水 (電壓 V)	飲用水 (電阻 Ω)	飽和食鹽水 (電壓 V)	飽和食鹽水 (電阻 Ω)
7	4.0196	53.65907055	4.4233	28.68310990	0.2737	37989.98904	4.4503	27.17434780
5	4.1202	46.97733120	4.4315	28.22294934	0.3441	29767.45132	4.4619	26.53174657
4	4.1642	44.15638058	4.4379	27.86498118	0.4154	24280.50072	4.4621	26.52069653
3	4.1887	42.61131139	4.4499	27.19656621	0.4985	20046.8004	4.4624	26.50412334
2	4.2326	39.88753957	4.4624	26.50412334	0.6256	15383.1202	4.4575	26.77509815
1	4.2424	39.28719593	4.4575	26.77509815	0.8553	10660.98445	4.4575	26.77509815

電阻 Ω



電阻 Ω



- 1、電阻大小比較：飲用水 $\gg$ 地下水 $>$ 3%鹽水 $\approx$ 飽和食鹽水
- 2、飲用水、地下水、3%鹽水：電極相隔距離愈遠，量測的電壓變小，電阻變大
- 3、飽和鹽水：電極相隔距離在 7cm 以內對飽和鹽水的電阻影響不大

三、水的深度不變，電極距離加大，改變兩個電極距離及用電阻分壓原理測量不同水質的電壓

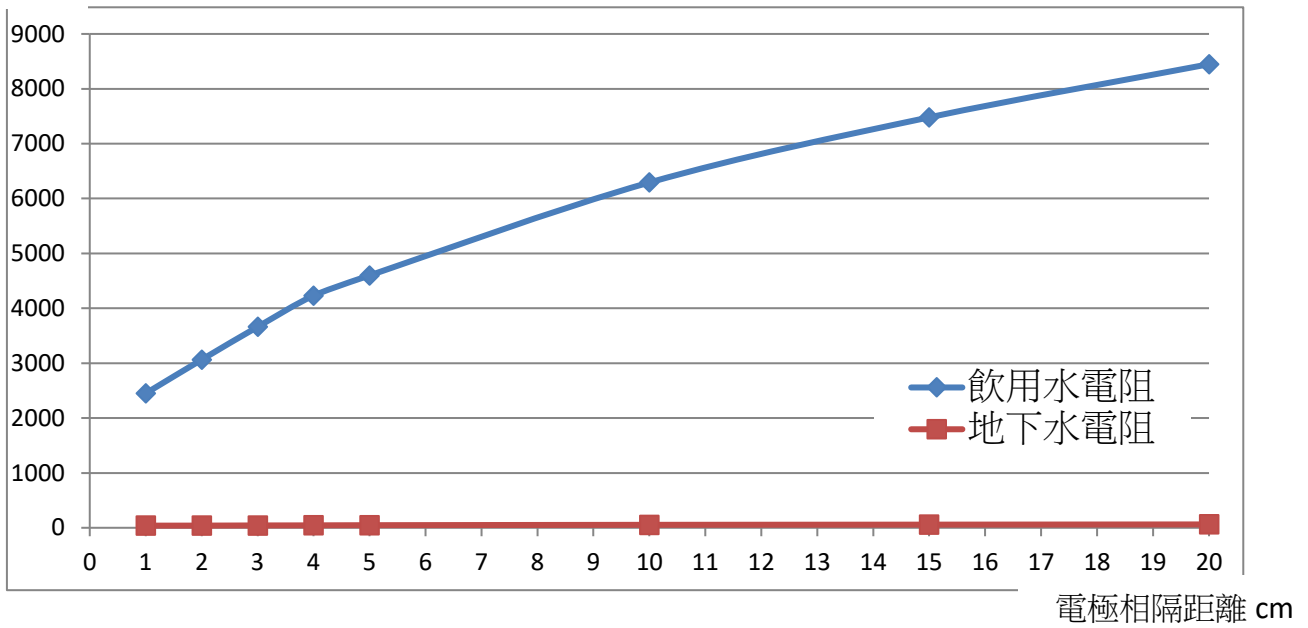
實驗水的種類：飲用水與地下水

水的深度固定為 6 公分

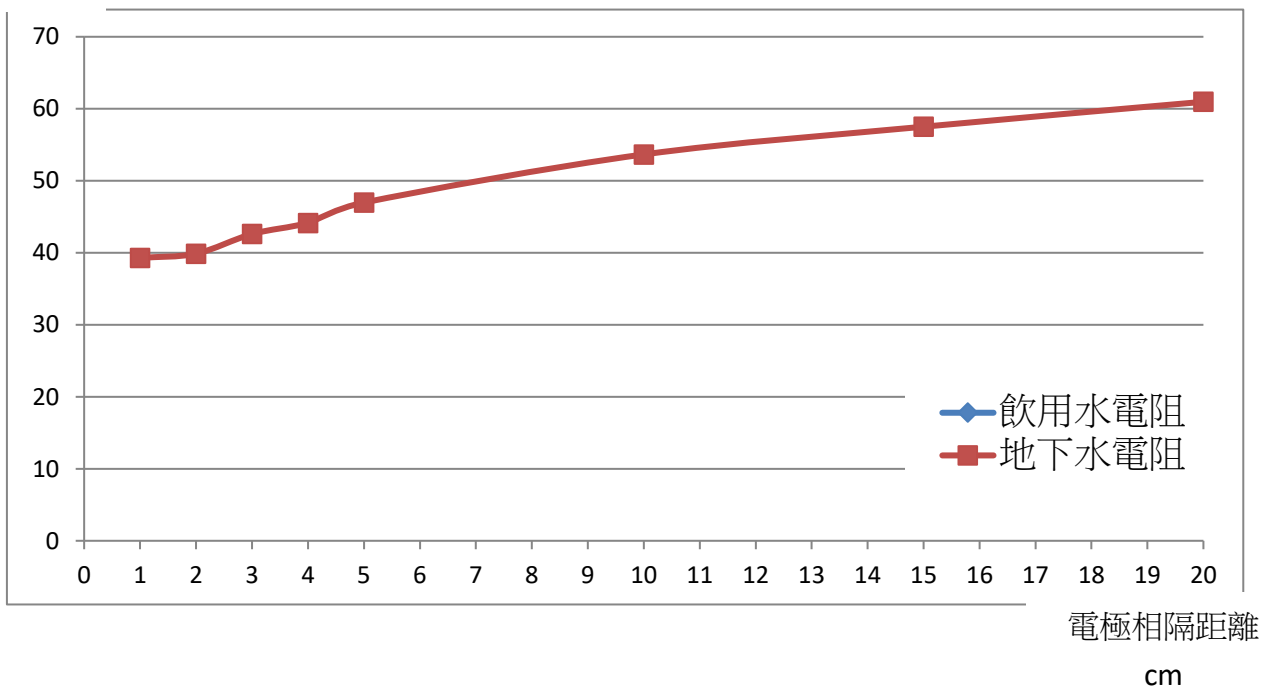


電極相隔距離 (cm)	飲用水(電壓 V)	地下水(電壓 V)	飲用水(電阻 Ω)	地下水(電阻 Ω)
20	1.0330	3.9150	8448.596321	60.97062580
15	1.1364	3.9638	7479.690250	57.51147888
10	1.2952	4.0196	6292.896850	53.65907055
5	1.6179	4.1202	4598.936894	46.97733120
4	1.7104	4.1642	4231.244153	44.15638058
3	1.8766	4.1887	3661.664713	42.61131139
2	2.0900	4.2326	3063.157895	39.88753957
1	2.3656	4.2424	2449.983091	39.28719593

電阻 Ω



電阻 Ω



- 1、電極相隔距離愈遠，電阻變大，量測的電壓變小
- 2、電阻大小比較：飲用水 >> 地下水
- 3、電極相隔距離愈遠，飲用水的電阻明顯的變大

四、大面積鋁箔紙、鋁箔膠帶在不同電極距離及不同水深下量測地下水的電壓

水的種類： 地下水

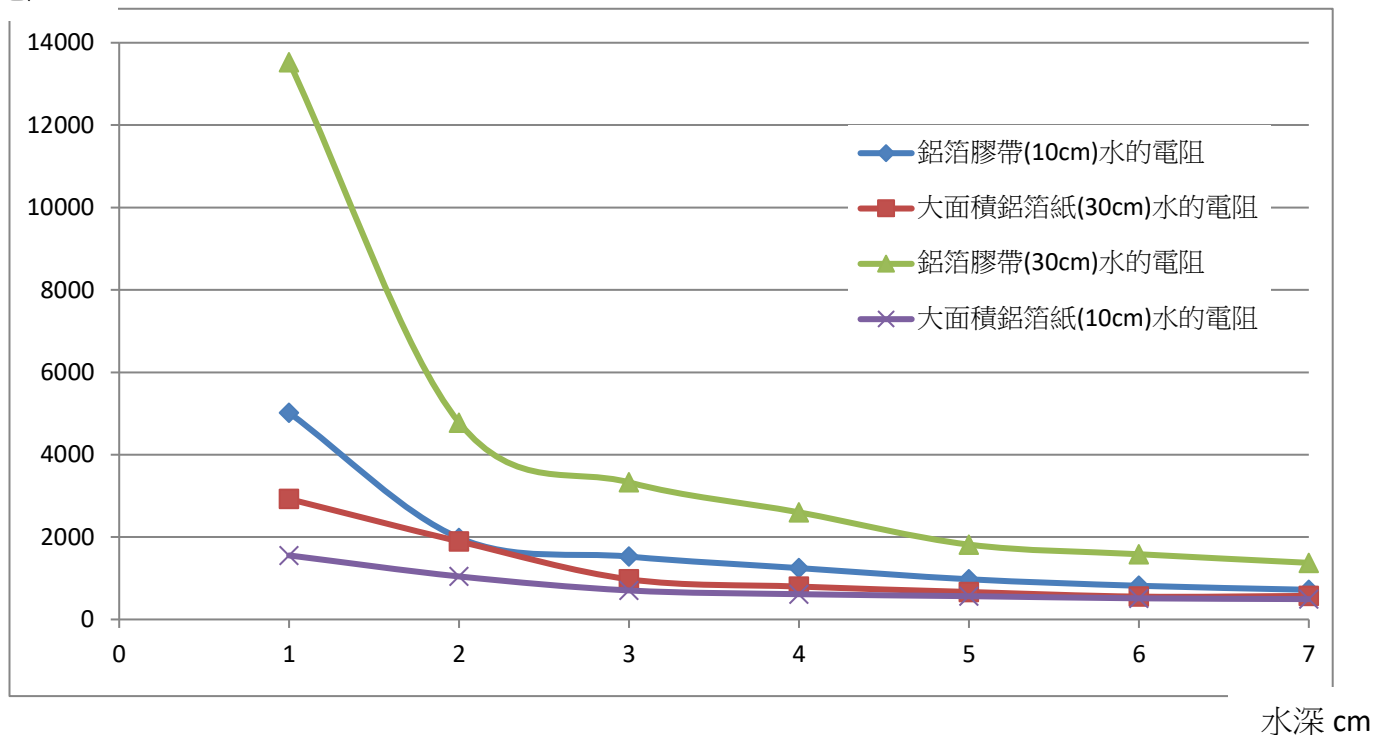
鋁箔膠帶： 寬 2 公分

大面積鋁箔紙： 寬 22 公分



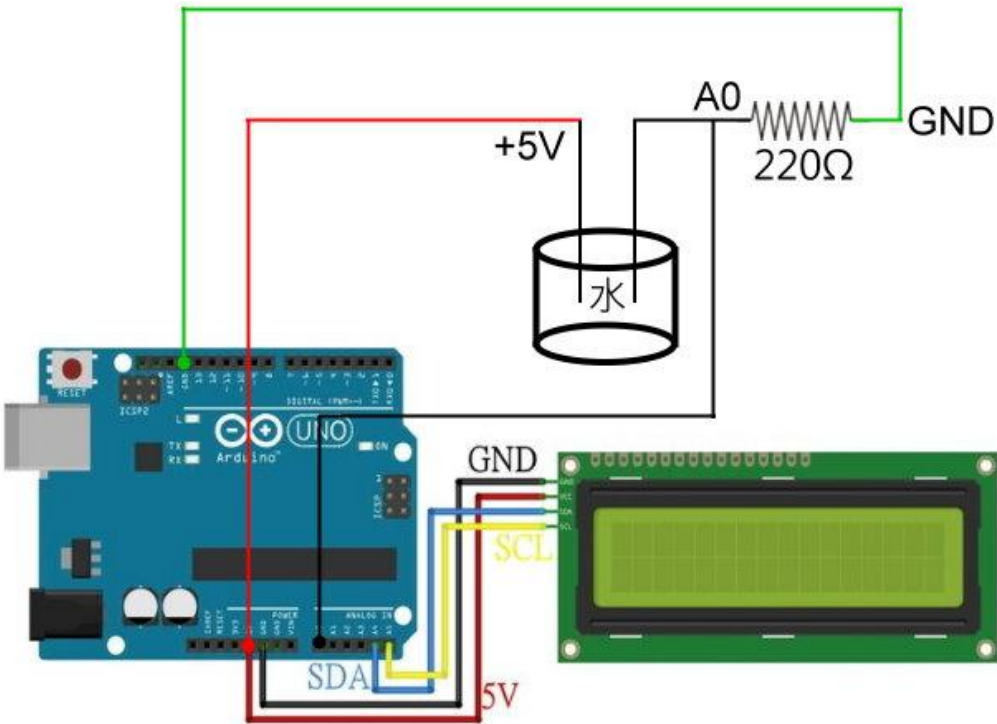
水深 (cm)	鋁箔膠帶 (距離 10cm) 電壓 V	大面積鋁箔紙 (距離 30cm) 電壓 V	鋁箔膠帶 (距離 30cm) 電壓 V	大面積鋁箔紙 (距離 10cm) 電壓 V	鋁箔膠帶(距 離 10cm) 水的電阻 Ω	大面積鋁箔紙 (距離 30cm) 水的電阻 Ω	鋁箔膠帶 (距離 30cm) 水的電阻 Ω	大面積鋁箔紙 (距離 10cm) 水的電阻 Ω
1	0.21	0.35	0.08	0.62	5018.095238	2922.857143	13530.000000	1554.193548
2	0.50	0.52	0.22	0.87	1980.000000	1895.384615	4780.000000	1044.367816
3	0.63	0.92	0.31	1.19	1526.031746	975.6521739	3328.387097	704.3697479
4	0.75	1.08	0.39	1.32	1246.666667	798.5185185	2600.512821	613.3333333
5	0.92	1.24	0.54	1.40	975.6521739	667.0967742	1817.037037	565.7142857
6	1.06	1.42	0.61	1.50	817.7358491	554.6478873	1583.278689	513.3333333
7	1.17	1.39	0.69	1.54	720.1709402	571.3669065	1374.202899	494.2857143

電阻 Ω



- 1、水深為 1cm 時，電阻大小差異較大，水深越深，電阻大小差異縮小
- 2、水的電阻：鋁箔膠帶(相隔距離 30cm) > 鋁箔膠帶(相隔距離 10cm) > 大面積鋁箔紙(相隔距離 30cm) > 大面積鋁箔紙(相隔距離 10cm)
- 3、電極距離越遠，電阻越大。
- 4、電極越寬，電阻越小
- 5、水深越深，電阻越小
- 6、水深增加其實就是電極和水的接觸面積增加，單看電阻的趨勢圖和線條排序，是符合理論的，但是有個值得注意的現象，可以看到綠的線條在增加深度後電阻大幅度地減少，其他組的實驗沒有。我們查詢資料後討論出的可能原因：在本實驗中，電極附近的可攜帶電荷的離子越多就好比水管越粗，固定的電壓就好比固定大小高度的水塔，當我們增加水管半徑，出水量有明顯增加，但是當水管大到一定程度之後(例如比水槽還寬)，這時候繼續增加水管直徑就不會有太大的影響。

五、利用Arduino製作水質檢測器 (電極為市售插頭)



此裝置測出的四種水質電阻如下

水質	電阻
純水	55KΩ
飲用水	22KΩ
地下水	0.83KΩ
3%鹽水	0.047KΩ

選用區分水質的範圍參數

3%鹽水 3% Salt water	地下水 Groundwater	飲用水 Drinking water	純水 Pure water
rWater < 350	350 <= rWater < 1500	1500 <= rWater <= 35000	35000 < rWater
電阻 <0.35KΩ	0.35KΩ<= 電阻 <1.5KΩ	1.5KΩ<= 電阻 <=35KΩ	35KΩ< 電阻

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

```

// ---- 依你的需求設定 ----
const int SENSE_PIN = A0;

const int LED_R = 2; // 紅
const int LED_Y = 3; // 黃
const int LED_B = 4; // 藍
const int LED_G = 5; // 綠

const float R1 = 220.0; // 固定電阻 220Ω
const float VREF = 5.0; // UNO 預設參考電壓 5V
const int ADC_MAX = 1023;

// LCD: 16x2, I2C address 常見 0x27 / 0x3F
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

int readAdcAvg(int pin, int samples = 20) {
    long sum = 0;
    for (int i = 0; i < samples; i++) {
        sum += analogRead(pin);
        delay(2);
    }
    return (int)(sum / samples);
}

void setLED(bool r, bool y, bool b, bool g) {
    digitalWrite(LED_R, r);
    digitalWrite(LED_Y, y);
    digitalWrite(LED_B, b);
    digitalWrite(LED_G, g);
}

void setup() {
    pinMode(LED_R, OUTPUT);
    pinMode(LED_Y, OUTPUT);
    pinMode(LED_B, OUTPUT);
    pinMode(LED_G, OUTPUT);
    setLED(false, false, false, false);

    lcd.init();
    lcd.backlight();

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Water Tester");
}

```

```

    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Starting...");
    delay(800);
}

void loop() {
    int adc = readAdcAvg(SENSE_PIN, 30);

    float vA0 = VREF * ((float)adc / (float)ADC_MAX);

    float rWater;
    if (vA0 < 0.01) {
        rWater = 999999.0;    // 幾乎開路
    } else if (vA0 > (VREF - 0.01)) {
        rWater = 0.0;        // 幾乎短路
    } else {
        rWater = R1 * (VREF / vA0 - 1.0);
    }

    const char* typeText;
    bool r = false, y = false, b = false, g = false;

    if (rWater < 42.8) {
        typeText = "Saturated Salt";
        r = true;
    } else if (rWater < 350.0) {
        typeText = "3% Salt water";
        y = true;
    } else if (rWater < 1500.0) {
        typeText = "Groundwater";
        b = true;
    } else if (rWater <= 35000.0) {
        typeText = "Drinking water";
        g = true;
    } else {
        typeText = "Pure water";
        g = true;
    }

    setLED(r, y, b, g);

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("V:");
    lcd.print(vA0, 2);    // 電壓顯示 2 位小數
}

```

```

lcd.print(" R:");
printResistance(rWater);

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(typeText);

    delay(500);
}

void printResistance(float r) {
    if (r < 1000.0) {
        lcd.print(r, 1);    // Ω : 1 位小數
        lcd.print("o");
    } else {
        lcd.print(r / 1000.0, 2); // kΩ : 2 位小數
        lcd.print("ko");
    }
}

```



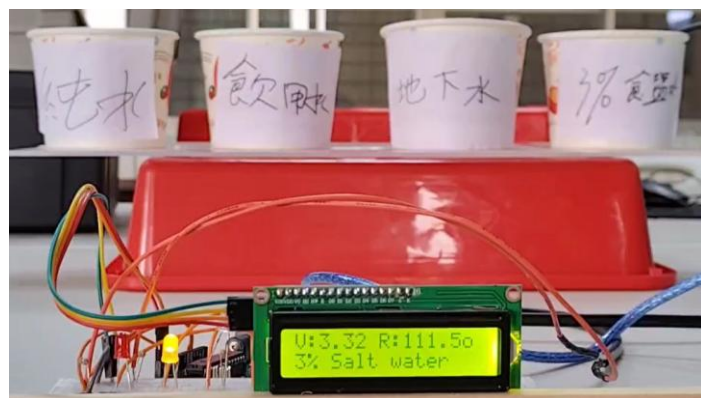
純水



飲用水



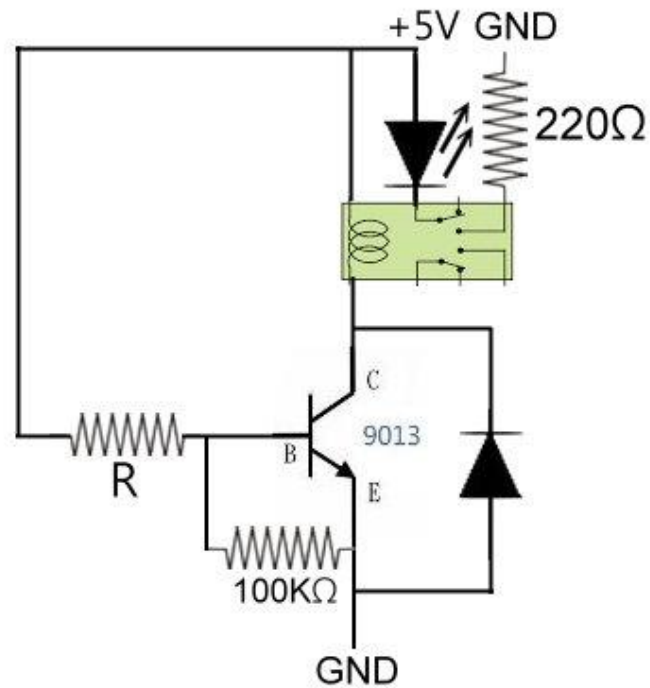
地下水



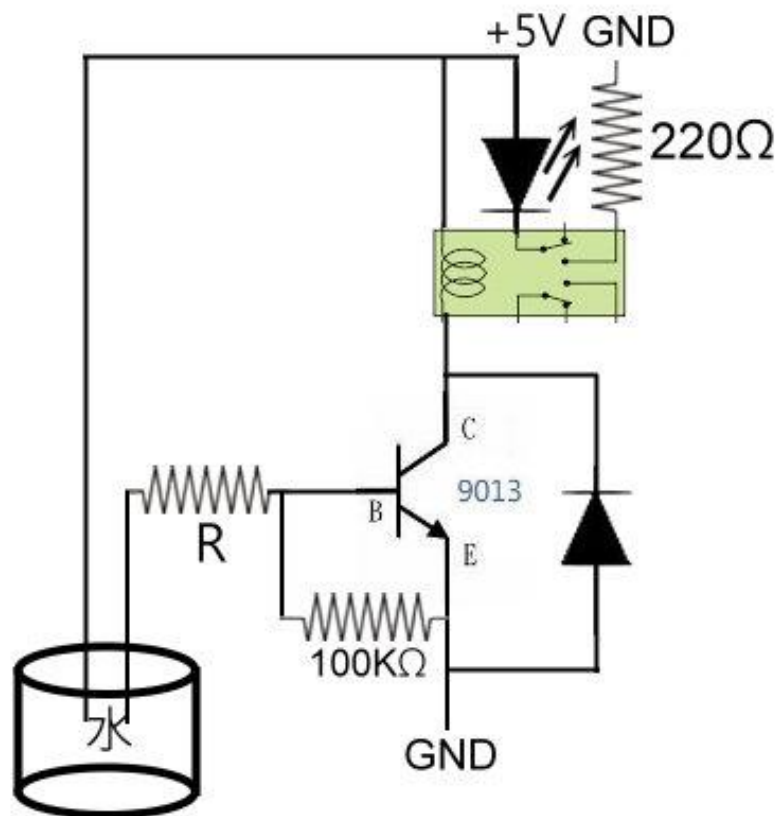
3%鹽水

裝置接上電源或電腦後，將電極(插頭)放入待測水中，LCD 會顯示量測出的電壓、水的電阻、水質。

五、利用電晶體及繼電器製作水質檢測器



上圖，經由實驗得知，當 $R \leq 39.4\text{K}\Omega$ ，繼電器啟動，LED亮燈。



$R_{\text{水}} + R$ 只要 $\leq 39.4\text{K}\Omega$ ，就可以啟動繼電器

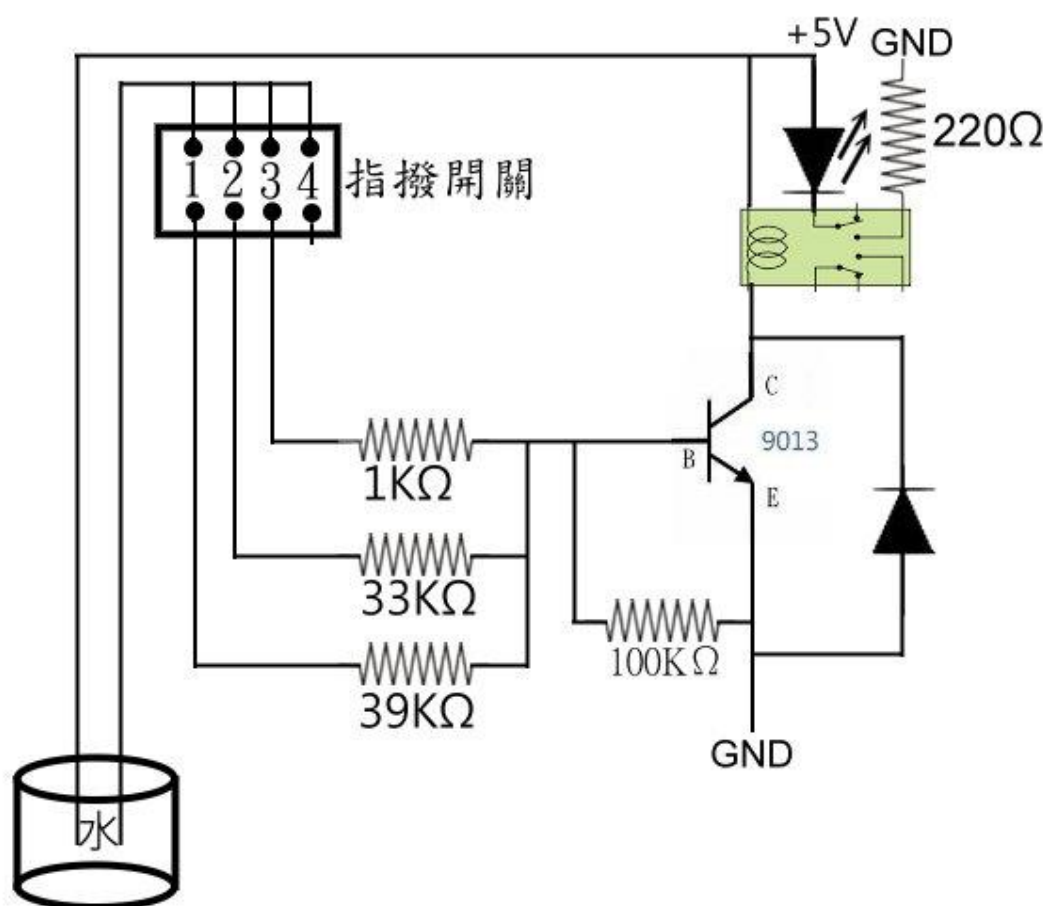
為了固定電極大小，我們選用插頭當電極，配合電阻R值判斷各種水質

水質	電阻
純水	55K Ω
飲用水	22K Ω
地下水	0.83K Ω
3%鹽水	0.047K Ω

根據上表數據，我們可以選用不同R值來區分不同水質

R值電阻我們選用了：39K Ω 、33K Ω 、1K Ω

指撥開關水質顯示器



指撥開關1號、2號、3號開關分別代表水的電阻串聯39K Ω 、33K Ω 、1K Ω 。

當我們使用它來測試未知水質時，必須從一號開關(最大串聯電阻)開始使用，如同使用三用電表測電壓時，刻度要從大電壓開始測試，如此可以防止因為鹽水電阻太小且串聯電阻太小導致大電流經過電晶體造成毀損。

B極串聯電阻 水質	1 號開關 39K Ω	2 號開關 33K Ω	3 號開關 1K Ω
	亮	亮	亮
鹽水	亮	亮	亮
地下水	暗	亮	亮
飲用水	暗	暗	亮
純水	暗	暗	暗



陸、參考資料及其它

一、【Arduino 進階教學課程】 第二篇：水位感測器應用

取自：<https://shop.mirotek.com.tw/tutorial/arduino-adv-2/>

二、水的電阻是多少？電阻率/表面電阻率 是甚麼？

取自：<https://www.strongpilab.com/water-resistance-resistivity/>

三、我可以幫你什麼忙？

取自：<https://chatgpt.com/zh-TW/>