

2023 仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

複賽作品說明書

隊伍名稱：呱牛

作品名稱：Mini白手杖

隊 員：李育祐、許翊泓、薛尹喆、鐘傳閔

指導老師：邱科文

科學概念1: 我們運用了水溶液的導電性，來測量在不同水位下，
電阻改變(水的導電範圍變寬→電阻與此寬度成反比)
產生的不同電流強弱，進而換算水位的高度。

科學概念2: 在水溶液中，電是由離子傳導的，溶液越黏稠、離子越難
移動、電阻就越大，但若對溶液加溫，離子動能更大、更
容易移動，進而使電阻減小

註:複賽作品說明書內文總頁數最多 10 頁(不含本封面)

複賽作品說明書內文

1. 發想動機

在寒冬使用飲水機裝熱水時，發現按鈕上的點字，讓我不禁想像視障朋友盛裝熱水時所遇到的困難:滾燙的熱水若不小心溢出會造成燙傷。

調查市面上的類似輔助產品，缺乏通用性(僅限專屬容器)，因此令我思考有什麼裝置讓視障朋友在盛裝熱水、熱湯時，可免除液體溢出、燙傷的危險，且方便攜帶、能廣泛運用在各種容器上。

2. 硬體及電路架構圖:

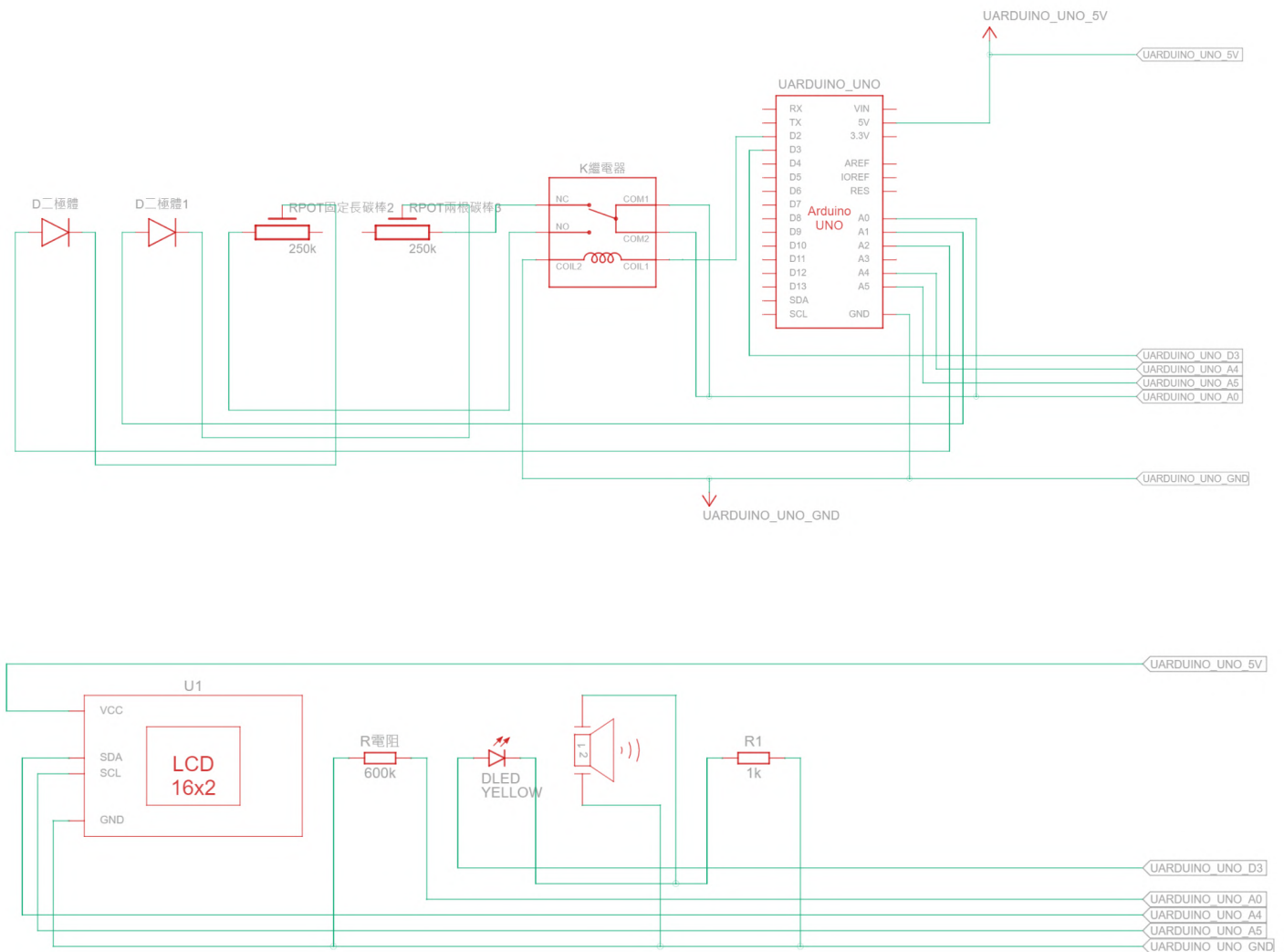
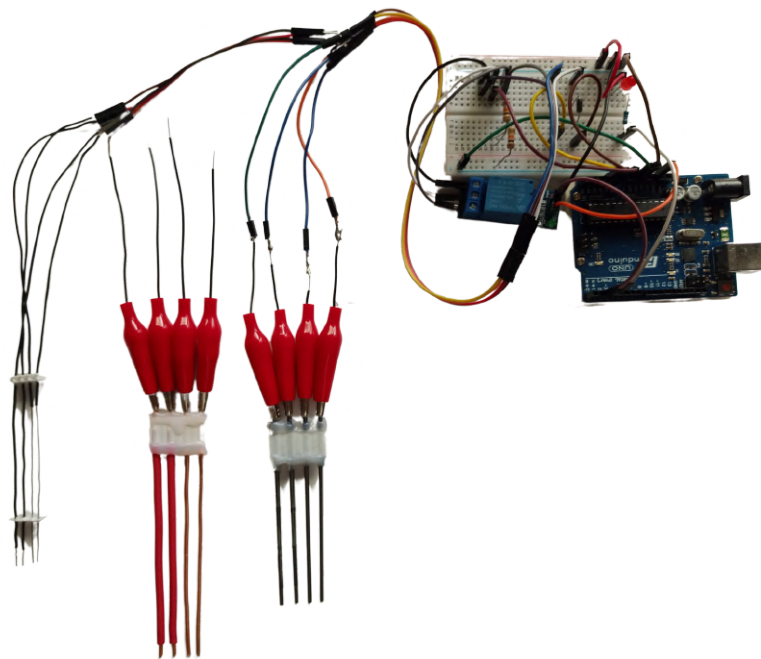


圖1 總裝置示意圖

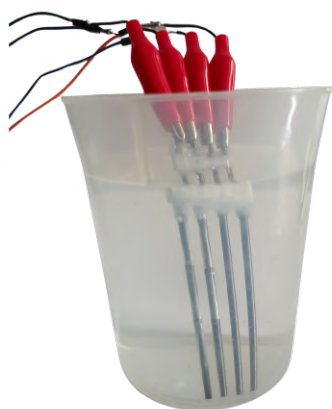
上圖中「兩根碳棒」和「固定長碳棒」為要伸入水裡的測量棒，圖中的電阻等數據不一定是正確的。

3. 作品使用說明及應用

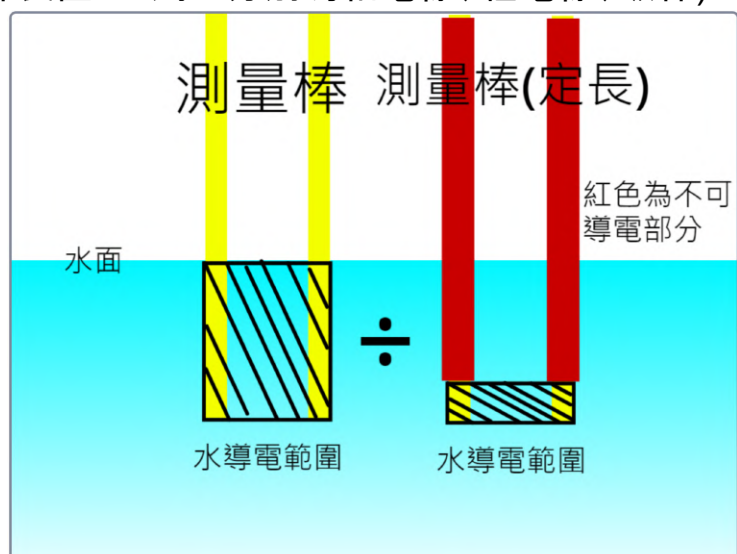
利用測量器浸入水的深度，造成電阻之改變(水的導電範圍變寬→電阻與此寬度成反比)，而換算出水位高度。原本一組的所測出的數據改變的因素有水位高度與液體電阻，一旦比較兩組測量棒之電阻(其中一組定長)相除，即可將液體電阻之因素消除，直接得水位之相對高度(譬如：長組的數值為短組的10倍，相除得液體高度=10倍短組導電長度長)，此比較可以避免不同溫度或電阻的液體(水溫影響水的電阻)造成測得的電阻在換算上的不同，直接輸出水位高度。



(圖2-1 線路板與測量棒裝置：左到右分別為細電線、粗電線、碳棒)



(圖2-1 實際測量水位)



(圖3 導電理想圖)

4. 作品創意性

此裝置不同於市面上的盲人水杯，其不受限於任何容器形狀、大小，且可以在任何液體(可導電的)中測量，僅以國、高中會學到的知識運用原理(如：液體導電體積與電組織關係)、設計電路，製作過程中遇到種種問題，如：arduino特性產生之問題、電路每一結構如何影響電的流向與大小.....等，皆可當作教材使用。

5. 作品成果報告

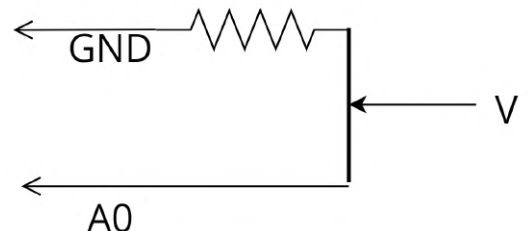
此次測量沒有使用成品的感測器(例如網路上有販售之水位測量器)(因為找不到合適的，網路上的成品有限制水溫範圍)，而是經由操作arduino腳位直接讀取電壓電流而獲得數據，所以目前還有很多困難要克服，不過我們已經克服了不少，許多是arduino本身的「特性」。

- 問題1: 為了精確測量電流，我們使用類比腳位(A0~A5)，在讀取時，發現腳位不接任何東西，仍會讀取到電流且數值不小，推測是因它會讀取到自己的工作電壓。

解決方法：將腳位與GND並聯(如右圖)

可將腳位無使用時的工作電壓導出，

並在有電壓輸入時讀取，GND串聯電阻的原因是避免在有電壓輸入時，GND搶走所有電流；此電阻設大一點，則不使腳位讀取過少電流。



- 問題2: 測量水位電阻時，並非只有水有電阻，還有系統本身(電線、腳位等)的電阻，若忽略、直接以測得數據換算，將會影響結果的準確度。

解決方法：我們將系統電阻納入考慮範圍並解出方程式：

$$\text{水位} \propto \frac{1}{\text{碳棒電阻}}$$

$$\text{碳棒電阻} = \text{總電阻} - \text{系統電阻}$$

$$\frac{1}{\text{系統電阻}} \propto \text{腳位電阻} \propto \text{腳位電壓}$$

碳棒無電阻時，系統電阻 = 此時總電阻，

$$\text{設此時測得的腳位電壓} = X \propto \frac{1}{\text{此時總電阻}} = \frac{1}{\text{系統電阻}}$$

滿水位時，滿水位碳棒電阻 = 此時電阻 - 系統電阻，

$$\text{設此時測得的腳位電壓} = Y \propto \frac{1}{\text{此時總電阻}}，\text{則滿水位碳棒電阻} = \frac{1}{Y} - \frac{1}{X}$$

未滿水位時，測量碳棒電阻 = 此時總電阻 - 系統電阻，

$$\text{設此時測得的腳位電壓} = Z \propto \frac{1}{\text{此時總電阻}}，\text{則測量碳棒電阻} = \frac{1}{Z} - \frac{1}{X}$$

$$\text{水位高度} = \frac{\text{測量水位}}{\text{滿水位}} \propto \frac{\frac{1}{\text{測量碳棒電阻}}}{\frac{1}{\text{滿水位電阻}}} \propto \frac{\text{滿水位碳棒電阻}}{\text{測量碳棒電阻}} \propto \frac{\frac{1}{Y} - \frac{1}{X}}{\frac{1}{Z} - \frac{1}{X}}$$

有了此方程式，能在定水溫的情況下，精準測量水位高度，此時只用到兩根碳棒。

- **問題3:**實驗一開始都是用銅線當作測量棒，直到發現水開始產生氫氧化銅沉澱，才注意到電解會使金屬釋出離子(金、鉑除外，但很貴)，這會影響食安。
解決方法:我們的成品打算用不會釋出離子的碳棒取代，但由於碳棒容易斷裂，所以若非實際派上用場(測量過的水要拿來喝)，我們還是用銅線做實驗。
- **問題4:**發現水連續導電的時間越久，電阻越小，這會影響到觀測數據。
解決方法:我們以固定頻率供電，不使水連續導電太久，以固定測量到的水的電阻。
- **問題5:**在測量某液體導電度下所測得數據(XY等固定常數)，將不適用於其他導電度的液體，例如冷熱水導電度的差異很大。
解決方法:為了使水位測量器能夠在任何溫度或導電度下運作，我們打算加入更多碳棒增加數據計算的靈活性，一開始只打算加入一根碳棒，但後來發現若硬要以僅多出的一根碳棒求得解答，會使情況複雜許多，因此最後加入兩根，總共四根。加入的兩根碳棒僅有前面一小段能導電，目的是為了測得固定水位的電阻，與另外兩根碳棒(水位可變)比較，相除求出相對水位高度;由於兩組碳棒泡在同一杯水裡，會互相導電，因此我們分流供電、測量兩組之數據。

為此重新定義、更改方程式:

$$\text{水位高低(\%)} = N * \frac{\frac{1}{Y2} - \frac{1}{Y1}}{\frac{1}{X2} - \frac{1}{X1}}$$

重新定義:

X1=兩根銅線之系統電阻

X2=兩根銅線之測量電阻

Y1=定長銅線之系統電阻

Y2=定長銅線之測量電阻

$$\frac{\frac{1}{Y2} - \frac{1}{Y1}}{\frac{1}{X2} - \frac{1}{X1}}$$

其中N為在以任意液體滿水位時測量之 之倒數*100%

- **問題6:**實驗結果仍不準確，為此另做實驗:觀察定長碳棒完全泡入水裡時，與另一組碳棒水位高度之關係，發現另一組的水位越深，定長碳棒的電流就會越小，推測arduino的輸出腳位也會接收(搶)電流，在一旁沒用到(分流測量時只會同時使用到一組)的碳棒腳位也是。
解決方法:為了使兩組不互相干擾，我們加入了繼電器已徹底斷開未用組別的通路，並在輸出腳位中加上單向閥，以避免電流逆流，不過因繼電器本身的切換頻率限制，測量頻率會降低。線路圖最終變成圖1的模樣，程式碼為:

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

```

float beep_f=3;    //蜂鳴器or LED閃爍頻率
int beep_index1=0;
bool beep_index2=false;

//這個"beep"函數的功能似delay, 但是在delay的過程中仍可控制蜂鳴器or LED閃爍頻率, 類似協程
void beep(int ms){
  for(int i=0;i<ms;i++){
    beep_index1-=1;
    if(beep_index1<1){
      beep_index2=!beep_index2;
      if(beep_index2){
        beep_index1=50;
      }
      else{
        beep_index1=1000/beep_f-50;
      }
    }
    digitalWrite(3,beep_index2);
    delay(1);
  }
}

float X1=912, X2, Y1=906, Y2;
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);
  pinMode(A0,INPUT);    //電流數據輸入腳位
  pinMode(A1,OUTPUT);  //測量碳棒電壓供應腳位
  pinMode(A2,OUTPUT);  //定長碳棒電壓供應腳位
  pinMode(2,OUTPUT);   //繼電器控制位
  pinMode(3,OUTPUT);   //蜂鳴器or LED腳位
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.init();
  lcd.setBacklight(100);
  lcd.print("Welcome!");
  delay(1000);
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:

  //先供電給測量碳棒讀數據
  digitalWrite(2,0);
  analogWrite(A1,1023);
  analogWrite(A2,0);
  beep(50);    //給時間讓繼電器與電壓切換
  X2=analogRead(A0);

  //再供電給定長碳棒讀數據
  digitalWrite(2,1);
  analogWrite(A1,0);
  analogWrite(A2,1023);
  beep(50);    //給時間讓繼電器與電壓切換
  Y2=analogRead(A0);

  analogWrite(A1,0);
  analogWrite(A2,0);

  float X=(float)1/((1/X2)-(1/X1));    //正比於測量碳棒導電面積
  float Y=(float)1/((1/Y2)-(1/Y1));    //正比於定長碳棒導電面積
}

```

```

float N=6.0;
float water_level=(float)100*(X/Y)/N;    //換算出水位高
if(water_level>10 and water_level<200)    //避免因未碰到水，頻率無限大
    beep_f=water_level/10;    //設定頻率f=水位高(%)/10
else
    beep_f=1;    //未碰到水，頻率f=1

Serial.println(water_level);    //序列埠輸出

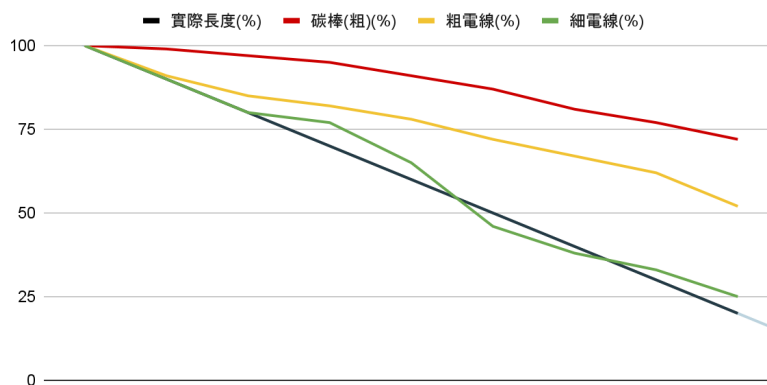
//LCD I2C顯示
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("level: ");
lcd.print(water_level);
lcd.print(" %");

beep(100);
}

```

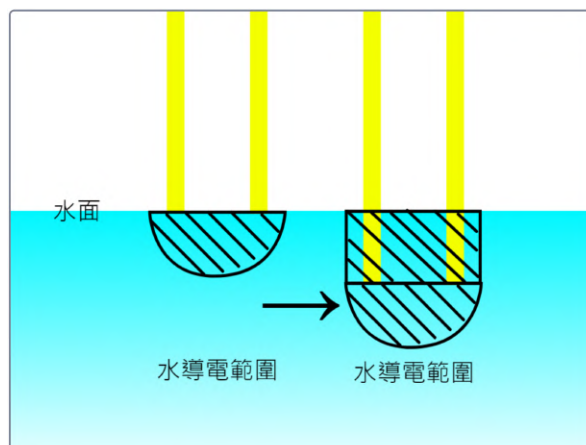
● 問題7:比較細電線、粗電線與碳棒之精確度:

固定水溫，比較三種測量棒(導線)之精確度(註:細電線無法完全筆直，可能會因此造成誤差，但此為硬體上的問題)



(圖4 測量棒精確度比較圖)

發現直徑長的粗電線與碳棒之誤差非常大，再經實驗:將一組(兩根)碳棒的前端(平面)泡入水中，以電流換算出的「液體導電範圍」即佔滿水位時的50%以上，推論液體導電範圍並非如圖3，而是如圖5:



(圖5 更正後的導電理想圖)(左邊碳棒前端入水)

如圖所示，碳棒底下(甚至四周)也會有電流經過(導電範圍形似半圓)，並非只以最短路徑直導另一根碳棒，而且底面積越大、底下的液體導電範圍越大，因此猜測這也是底面積小的細電線誤差小的原因。由於裝置設計為測量棒底部可能會碰到杯底，進而減少底部導電範圍、影響水位高低的運算，我們最終選擇細電線當作測量棒以減少誤差，未來可考慮使用細筆芯代替(筆芯易斷，且目前製作技術、時間不足，暫時做不出來)，有何方法可完全解決此現象造成的誤差?或許可在測量棒底部與側邊裝上盒子，讓測量棒只有一面露出，成功與否?有待進一步實驗。

分析:經上述改進，測出的結果仍隨著水溫有些許誤差，但比起原本裝置改進不少，若論未來發展，應可先釐清水在液體中導電的狀態(電子路徑之類的)，回過頭來，應仍有進步空間。

總結:

我們試了不同的測水位方法，如:電解觀測、超音波測距、重量量測、浮力作用等。

一、超音波

- 實驗模型使用tinkercad設計，因學校電腦課有接觸此類課程，簡單又好用。一開始，我們是以夾子為原型去設計第一版如圖6、7，但很快就發現問題:不同的人夾不同杯子時，會有傾斜角度及高低位置的不同，種種因素，第一版就被淘汰了。

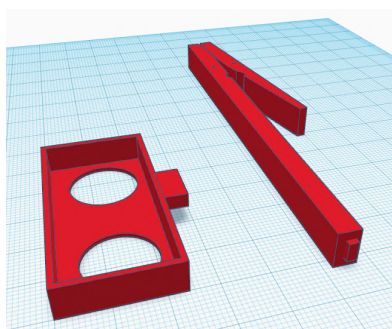


圖6 第一版超音波模型1

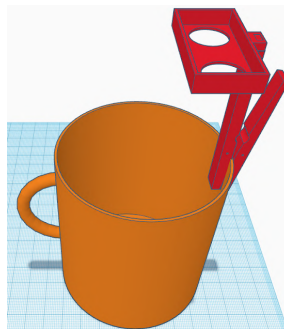


圖7 第一版超音波模型2

- 為了讓超音波能固定在同一樣的位置，我們以馬克杯為基準設計了第二版，如圖8、9，直接將模型插在杯身兩側，可固定儀器位置。但儀器在馬克杯的正中央，不便於裝水，所以我們修改第二版，設計成任意杯子皆可測量的第三版，如圖10、11。雖然裝水的問題解決了，但僅限於正常人，盲人看不見出水口跟儀器，儀器很容易被水弄濕，所以超音波不太適宜用來測量。

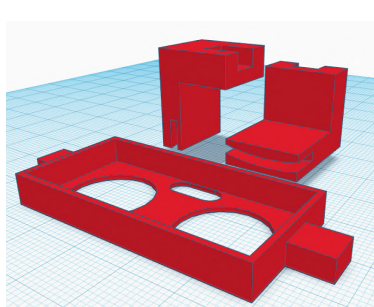


圖8 第二版超音波模型1

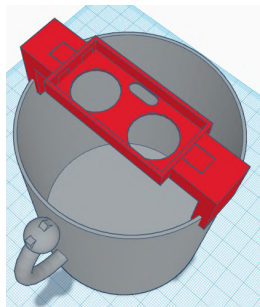


圖9 第二版超音波模型2

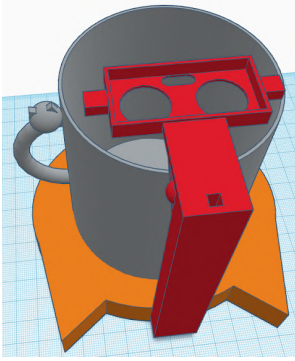


圖10 第三版超音波模型

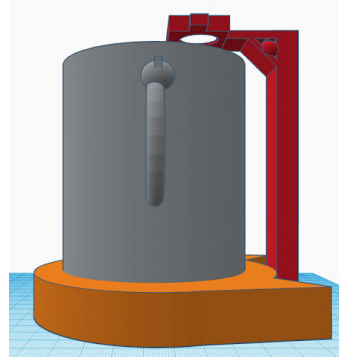


圖11 第三版超音波模型

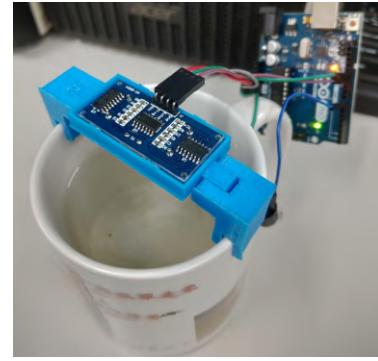


圖12 超音波感測組實品圖

二、重量

我們使用HX711重量感測模組，主要原理是根據金屬受力以後的微弱形變來計算其受力的大小，而測量金屬微弱形變最常用的就是應變片。在典型的應用中，通過材料表面不同方位，不同角度貼附的應變片，可測量當前材料所受到拉彎扭的力。此外，我們還結合蜂鳴器，在水量快滿時會發出聲音提醒使用者。

然而使用重量感測有一項較難解決的問題：因重量感測過於精準，只要稍微晃動杯身或放置水杯的平台，測量的數值就會改變，容易造成程式誤判水量。



圖13 重量感測組實品圖

三、浮力

利用將物體放入液體會產生的壓力差去測量水位的高度，將可導電的材質纏繞在浮力裝置的底部，使之與上方的電線導通之後，利用arduino的數位腳位讀取電路的電位，當讀取到高電位時，蜂鳴器則發出聲音提醒。

在裝置上是利用tinkercad描繪出3D模型：

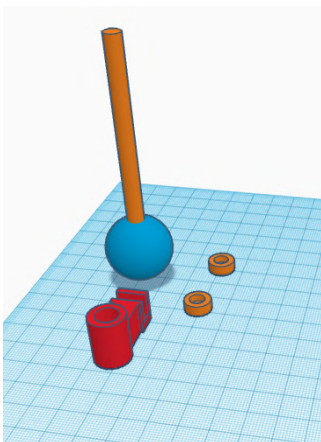


圖14 浮力裝置零件

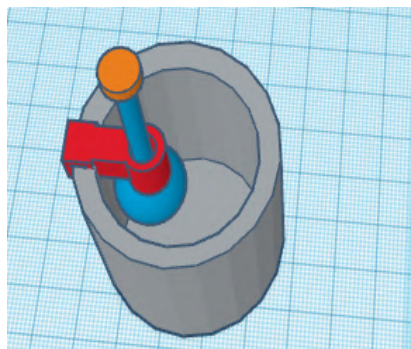


圖15 浮力裝置示意圖

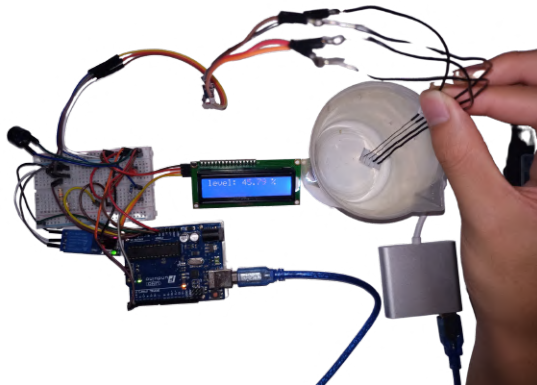


圖16 浮力感測組實品圖

在過程中只有針對裝置的尺寸進行微調，外型上無大幅改動。

浮力裝置尚未能精準測得水位高度，只能偵測到裝滿的水位。或許可利用滑動電阻測量改變的電阻值，利用電阻值的變化量更精準的推算水位的高度。並且在浮力方面也有許多類似的產品，在作品創意性上也有所不足。

經過比較上述各組實驗優缺點之後，我們決定使用電解組為主，因為它的體積最小(扣除arduino板和麵包板)，使用方便(掛在杯口即可使用)，幾乎適用於任何形狀的容器。最後成品如圖17，有蜂鳴器與LED隨著水位高低而變換聲響及閃爍頻率，亦有lcd顯示器方便得知水位。



(圖17 電解感測組實品圖)

6. 參考文獻

- 趙英傑(2020)。超圖解Arduino互動設計入門(第四版)。臺灣:旗標
- <https://shop.mirotek.com.tw/arduino/rduino-adv-2/> (LCD 1602 I2C 顯示模組)
- <https://www.amz-fog.com.tw/conductivity-and-impedance.html> (水溫與電阻之關係)
- <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/water-temperature/> (溫度如何影響溶液電阻)
- https://atceiling.blogspot.com/2017/03/arduino_28.html(HC-SR04 超音波感測器)
- <https://shop.playrobot.com/products/arduino-hx711-digital-scale>
(飆機器人-HX711 5KG高精度精密電子秤DIY套件, 相容Arduino)

2023 仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

作品設計費支出明細表(複賽用)

隊伍名稱：呱牛

項目名稱	費用	備註
HC-SR04	37	超音波感測器
3D列印材料	100	超音波及浮力裝置使用
(40P彩色杜邦線 公對母 20CM) 2.54MM 雙頭1P膠殼	40	
HX711 5KG 高精度精密電子秤DIY 套件	600	
鱷魚夾	64	
粗電線	24	
細電線	20	
2mm鉛筆芯(碳棒)	20	
蜂鳴器*2	30	
總價(新台幣)(元)	935	