

屏東縣第61屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學科(1) (機電與資訊)

組 別：國中組

作品名稱：電容祕密大發現_類比式液位偵測系統

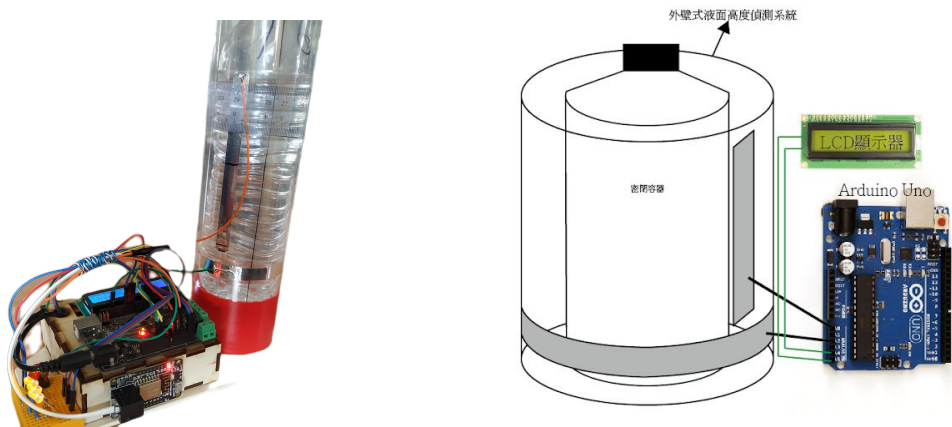
關鍵詞：電容、液位高度、Arduino (最多三個)

編號：B6012

一、摘要

本組想要設計一個可以偵測密閉容器內的液面高度變化的偵測模組。文獻研究發現，密閉容器的表面電容值會因為瓶內有無液體而有所變化。本組著手設計實驗研究如何從偵測容器表面的微電容值變化，來偵測密閉容器內液面的高度。綜合多項探究實驗結果發現：**電極鋁箔黏貼採L型黏貼的方式，能根據密閉瓶內的液面所造成的表面微電容值變化來量測容器內的液面高度。**市售的液位偵測感應器，只能針對單點量測液面是否到達該偵測器位置，本組研發的偵測系統，可以量測容器內的液面高度位置變化，並非只有固定位置偵測。

工業的強酸鹼或有機溶劑儲存槽，槽內的液面高度無法使用內置探測棒來偵測液面高度，強酸鹼溶液或有機溶劑會腐蝕探測裝置。食品工業的飲料儲存槽，槽內液面如果用內置液面探測棒，恐會有污染的疑慮。此時本組研發的外壁式液面高度偵測模組，就可以運用在上述特殊環境中，用以監測密閉容器內的液面高度。

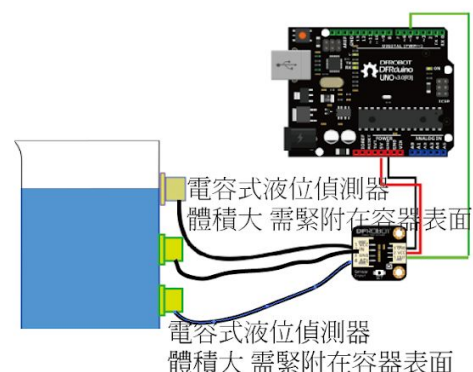


二、研究動機

本組想要設計一個可以偵測密閉容器內的液面高度變化的偵測模組。文獻研究發現，密閉容器的表面電容值會因為瓶內有無液體而有所變化。但是市售的「電容式液位偵測模組」有以下問題：

1. 體積太大
2. 要偵測液面是否到達某個高度，就必須在該位置安置一個偵測器
3. 市售的「電容式液位偵測模組」必須依附在容器表面

本組著手研究如何從偵測容器表面的微電容值變化，來偵測密閉容器內液面的高度。



三、文獻探討

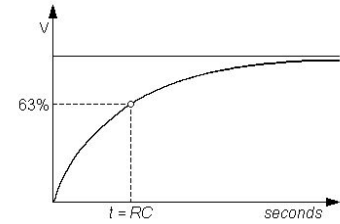
電容器儲存電荷的能力，稱為**電容** (capacitance)，標記為**C**。採用國際單位制，電容的單位是法拉 (farad)，標記為**F**。

電容式液位測量

電容式液位傳感器是利用被測對象物質的導電率，將液位變化轉換成電容變化來進行測量的一種液位計。與其他液位傳感器相比，電容式液位傳感器具有靈敏性好、輸出電壓高、誤差小、動態附應好、無自熱現象、對惡劣環境的適用性強等優點。常見的電容式傳感器測量電路有變壓器電橋式、運算放大器式及脈波寬度式等。這類儀表適用於腐蝕性液體、沈澱性液體以及其它化工工藝液體液面的連續測量與位式測量，或單一液面的液位測量。

自製Arduino電容測量儀器原理

每個 Arduino 電容計都依賴於電阻電容器 (RC) 電路的屬性 - 時間常數。RC 電路的时间常數定義為電容器上的電壓在充滿電時達到其電壓的 63.2% 所用時間：較大的電容器充電時間較長，因此將創建更大的時間常數。RC 電路中的電容與方程中的時間常數相關：



重新排程以求電容：

$$C = \frac{TC}{R}$$

$$TC = R \times C$$

TC : Time constant of the capacitor (in seconds)

R : Resistance of the circuit (in Ohms)

C : Capacitance of the capacitor (in Farads)

每個電容計都有一個RC電路，具有已知的電阻值和未知的電容器值。Arduino 將測量電容器的電壓，並記錄充滿電時達到 63.2% 電壓（時間常數）的時間。由於電阻值已知，我們可以在計算未知電容的程式中使用上述公式。

主題一:自製Arduino電容偵測儀

實驗目的:

市面上的電表，都只能針對某個範圍的電容做偵測。大量程的電容偵測準確的電表，在小量程的電容偵測就不準確。我們搜尋到網路上用Arduino自製電容測量儀器，可以偵測很廣泛的電容量程，製作這個偵測儀器對我們的實驗有決定性的關鍵。

程式:

```
const int OUT_PIN = A2;
const int IN_PIN = A0;

// IN_PIN 與 Ground 之間的電容值
//allow higher capacitance to be measured.

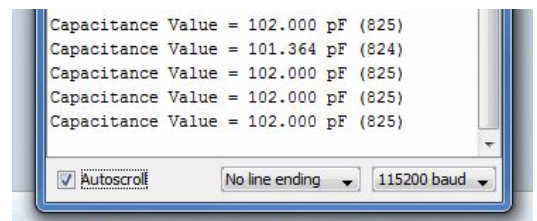
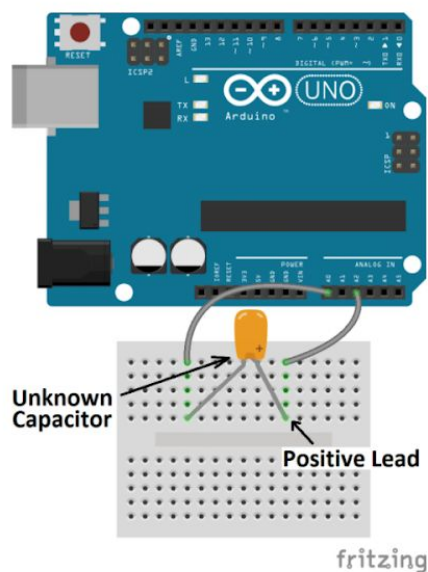
//校正後的雜散電容
const float IN_STRAY_CAP_TO_GND = 24.48;
const float IN_EXTRA_CAP_TO_GND = 0.0;
const float IN_CAP_TO_GND = IN_STRAY_CAP_TO_GND +
IN_EXTRA_CAP_TO_GND;
const int MAX_ADC_VALUE = 1023;
```

```

void setup()
{
  pinMode(OUT_PIN, OUTPUT);
  pinMode(IN_PIN, OUTPUT);
  Serial.begin(115200);
}
void loop()
{
  pinMode(IN_PIN, INPUT); //A0腳位設為輸入, 準備偵測
  digitalWrite(OUT_PIN, HIGH); //A2腳位輸出高電位
  int val = analogRead(IN_PIN); //讀出A0腳位的電壓值
  digitalWrite(OUT_PIN, LOW); //A2腳位設為低電位
  pinMode(IN_PIN, OUTPUT); //A0腳位設為輸出 放電 準備下一次偵測
  Serial.print(F("Capacitance Value = "));
  Serial.print(capacitance, 3);
  Serial.print(F(" pF ("));
  Serial.print(val);
  Serial.println(F(")"));
  while (millis() % 500 != 0)
  ;
}

```

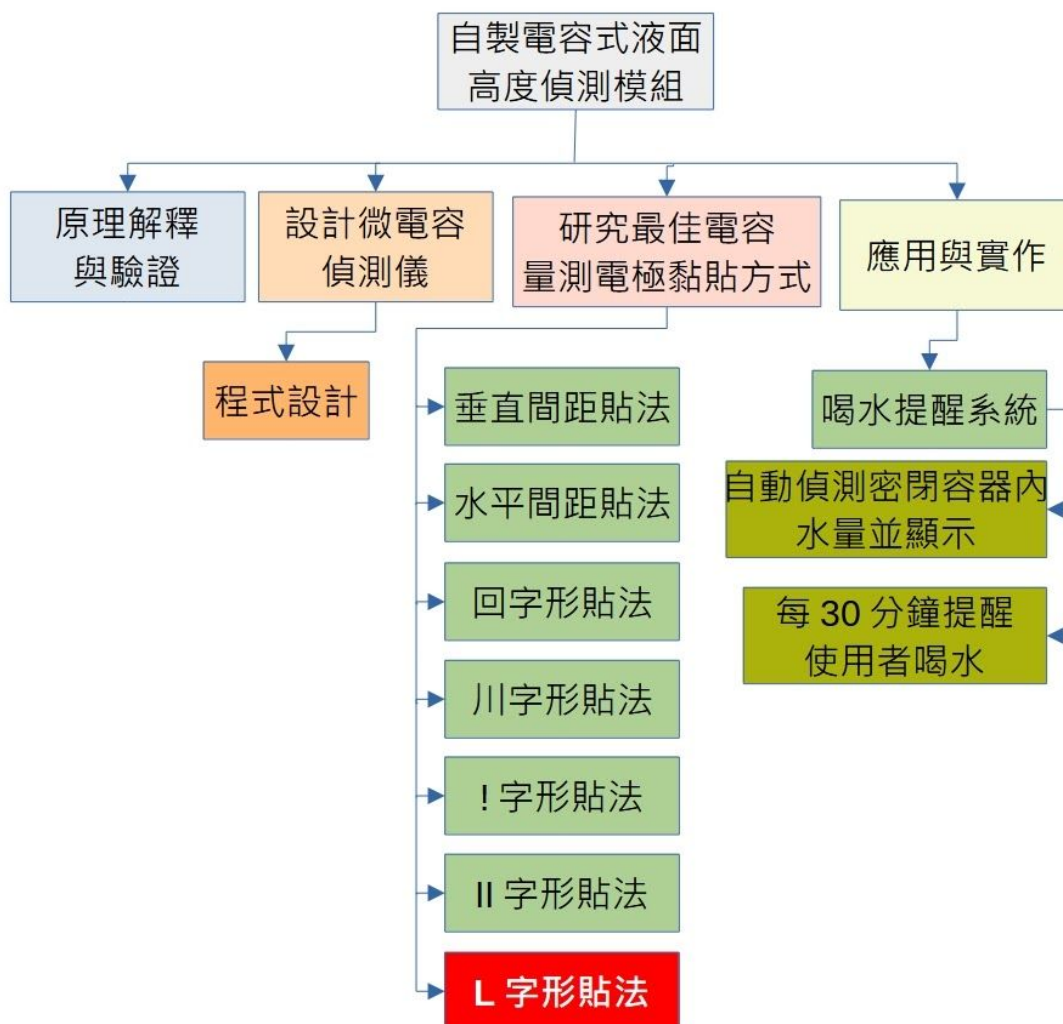
裝置線路:



結論

最佳分辨率約為25pF。此電容偵測儀最佳電容偵測範圍在0.5pF至1.3nF（1300pF）之間。

實驗設計架構



主題二:探討單雙層導電鋁箔對電容偵測靈敏度的影響

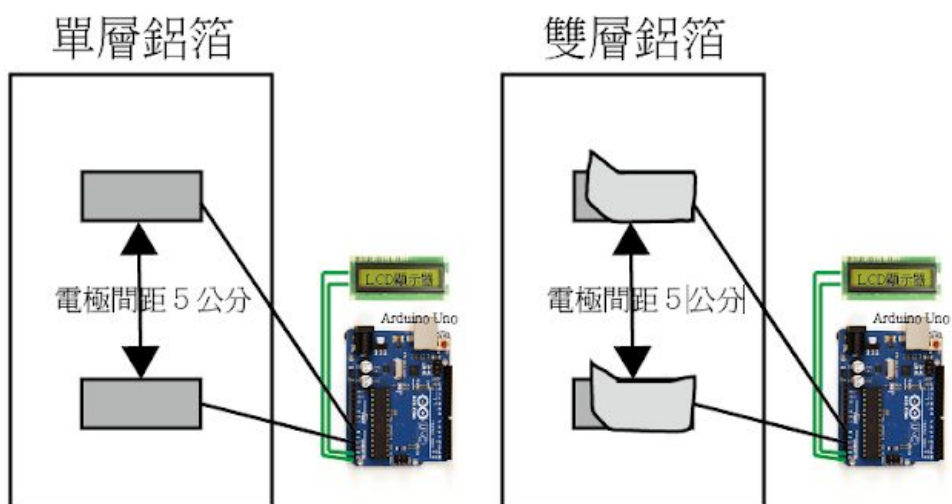
實驗目的:

雙面導電的鋁箔膠帶，背後是靠導電膠來導電，我們想了解單純靠導電膠來導電與導電膠的背後再加上一層鋁箔，看看是否會影響感應的靈敏度

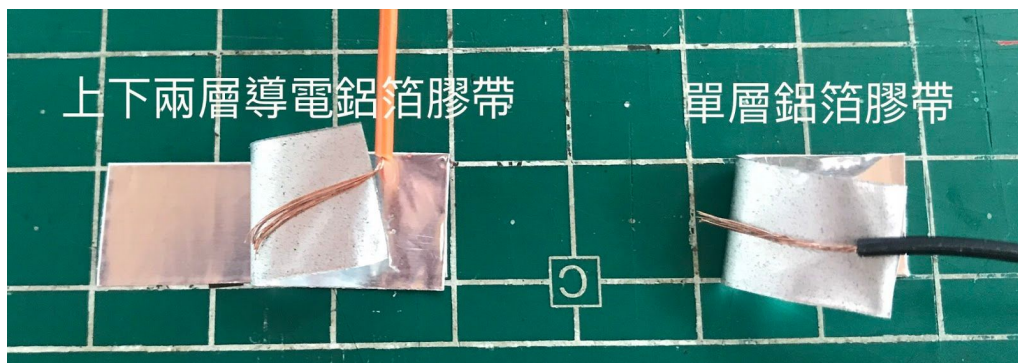
實驗方法:

1. 取雙面導電鋁箔膠帶，長3公分、寬1公分
2. 兩鋁箔膠帶間的距離固定為5公分。
3. 直接將電線用雙面導電的鋁箔膠帶直接黏貼在寶特瓶上，(圖一)
4. 先在寶特瓶上黏貼一層鋁箔，在將電線用鋁箔膠帶黏貼上去。(圖一)

實驗裝置



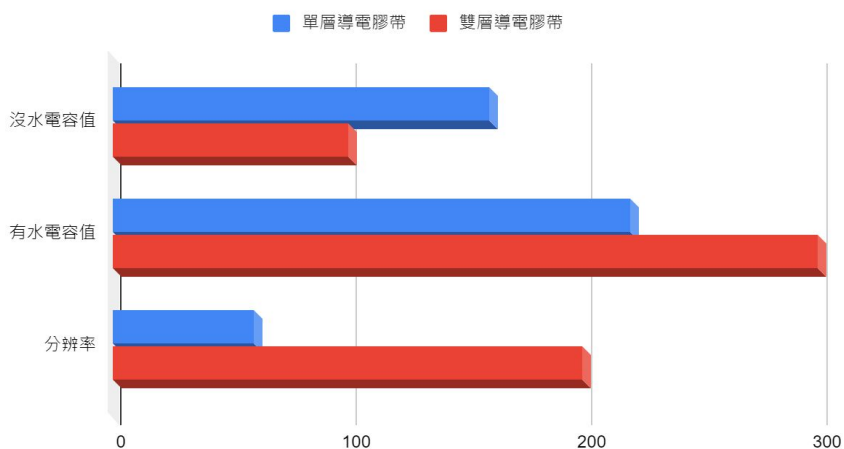
圖一



實驗記錄

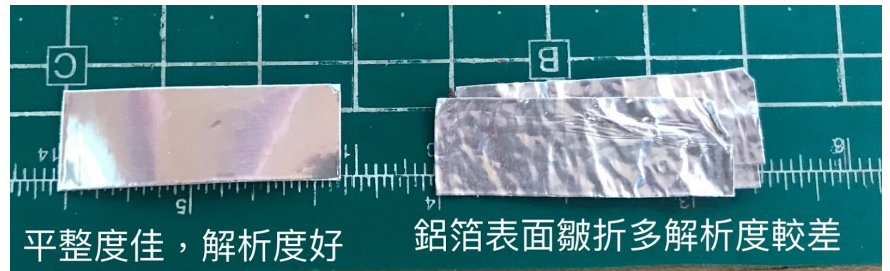
	單層導電膠帶	雙層導電膠帶
沒水電容值	160單位	100單位
有水電容值	220單位	300單位
分辨率	60單位	200單位

單層導電膠帶和雙層導電膠帶



討論與分析

1. 實驗結果發現，雙層導電膠帶，有水與沒水時電容值差異大約為200單位
2. 實驗結果發現，單層導電膠帶，有水與沒水時電容值差異大約為80單位
3. 由實驗結果發現，**雙層導電膠帶來操作實驗，對於容器內有無液體，會有較佳的分辨率。**
4. 實驗過程中發現，**導電鋁箔膠帶貼得越平整(如右圖)，對於容器內有無液體的分辨能力越好。也就是電容值的差距會更明顯。**
5. 實驗過程中發現，測量過程中，如果手去接觸到瓶身，電容的數值會明顯下降，代表人體會明顯影響偵測的電容值。
6. 實驗過程中發現，筆者嘗試使用筆電的USB當作測量儀器的電源，與使用電池當作儀器的電源，實驗發現，使用電池當作測量儀器的電源，測量值較穩定(數值較快達到穩定)。



結論:

往後實驗測量以雙層導電鋁箔膠帶，並且必須注意鋁箔膠帶的平整度，測量儀器以電池作為供電來源。

主題三:探討電極_垂直距離_對靈敏度的影響

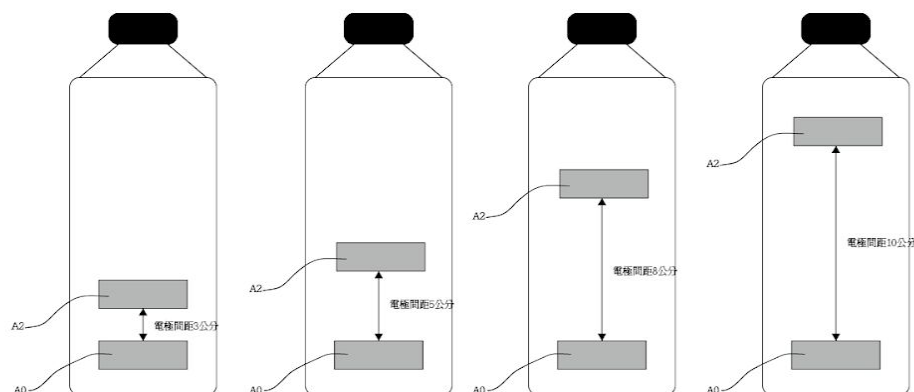
實驗目的:

拿兩塊1cm X 3cm的電極相隔不同的垂直間距，了解瓶內有水與沒水時的電容值變化情形，測試電極間隔距離對靈敏度的影響。

實驗方法:

1. 取雙面導電鋁箔膠帶，長3公分、寬1公分(圖一)
2. 兩鋁箔膠帶間的垂直距離分別為3公分、5公分、8公分、10公分
3. 根據先前的研究結論，先寶特瓶上黏貼一層鋁箔，再將電線用鋁箔膠帶黏貼上去。

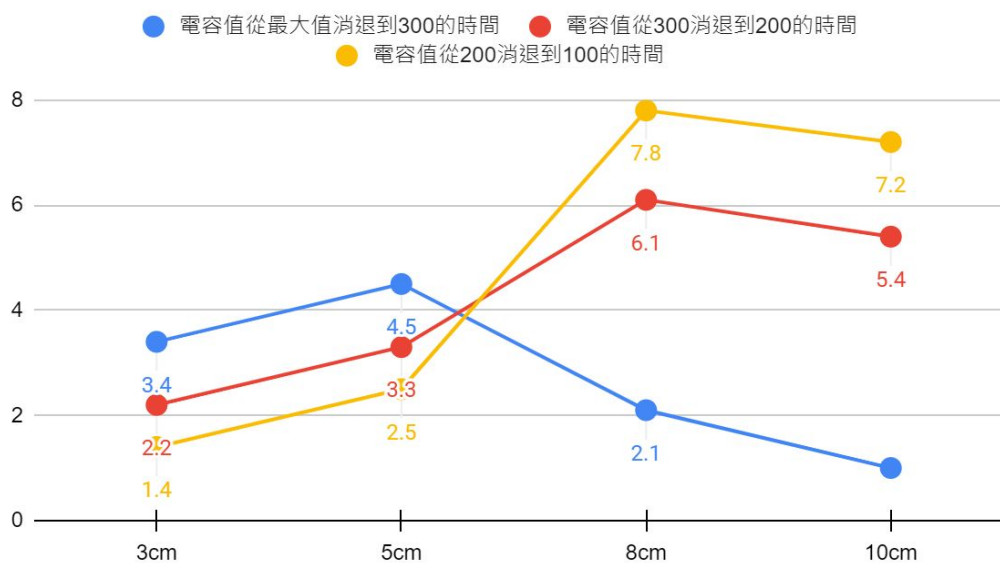
實驗裝置:



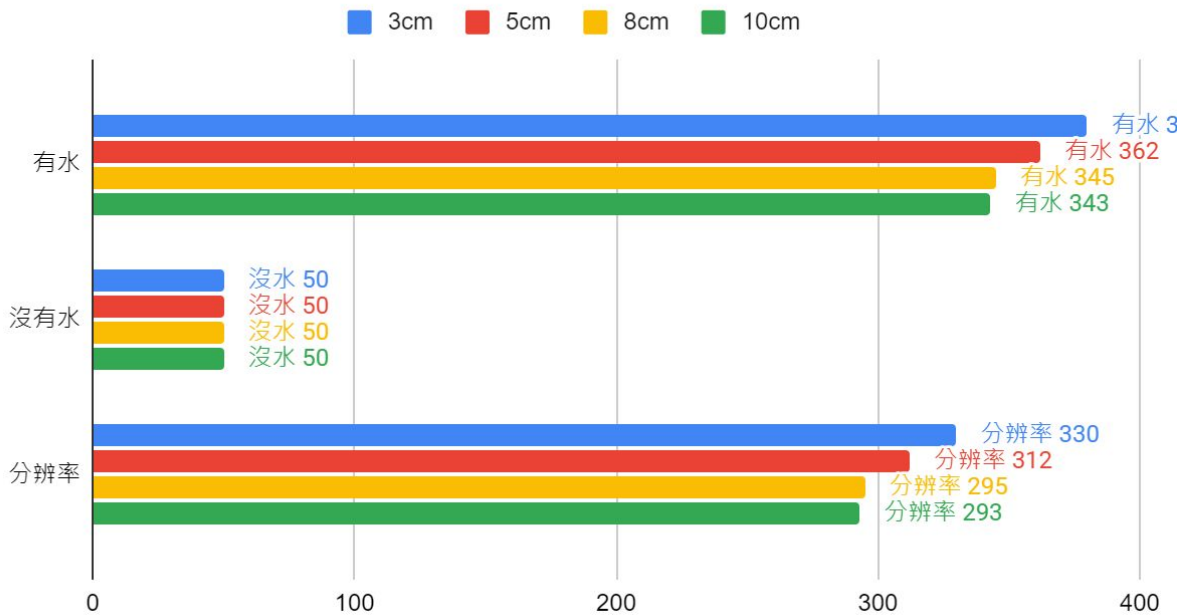
實驗記錄:

	有水	沒有水	分辨率	電容值從最大值消退到300的時間	電容值從300消退到200的時間	電容值從200消退到100的時間
3cm	380單位	50單位	330單位	3.4秒	2.2秒	1.4秒
5cm	362單位	50單位	312單位	4.5秒	3.3秒	2.5秒
8cm	345單位	50單位	295單位	2.1秒	6.1秒	7.8秒
10cm	343單位	50單位	293單位	1.0秒	5.4秒	7.2秒

電極不同垂直間距對電容值消退速度的探討



不同垂直間距所偵測的電容值



討論與分析:

- 在測量電極3公分間距時，電容值隨時間衰減的過程中，出現了非常大的誤差。A同學測量電容值，從380降到300的時間約4秒，但是B同學測量到的時間卻是17秒(如下表)。

	A同學測量到的時間	B同學測量到的時間
3公分間距 電容值從380衰退到300 所需的時間	約4秒	約17秒
問題分析		
<ol style="list-style-type: none"> 我們仔細尋找問題所在，發現B同學在實驗過程中晃動較大，因此水面會來回晃動，導致電極電容感應仍然會感測到一些水，因此Val值得衰退速度較慢。 由上述實驗誤差發現，只要瓶內有一點水，就算是很少，仍會對電容值有很大的影響，表示我們的測量儀器的靈敏度很高，這對我們而言是個好的消息。 		

- 實驗結果發現，兩電極的間距越大，瓶內液面從沒水變成有水的過程中，電容值得變化都很靈敏，也就是說，**電極間距在10公分的範圍內，在測量液面是否上升到測量位置的響應時間都很即時。**
- 當瓶內液面下降到電極高度以下，我們發現電容值的消退速度就會有所不同，我們實驗結果發現，**電極間距越大，電容值的消退速度越快。**
- 根據實驗結果得到結論，電極間距在10公分內，對於測量容器內液面的靈敏度影響不大。

結論:

根據實驗結果得到結論，電極間距在10公分內，對於測量容器內液面的靈敏度影響不大。

主題四:探討電極_面積大小_對電容偵測靈敏度的影響

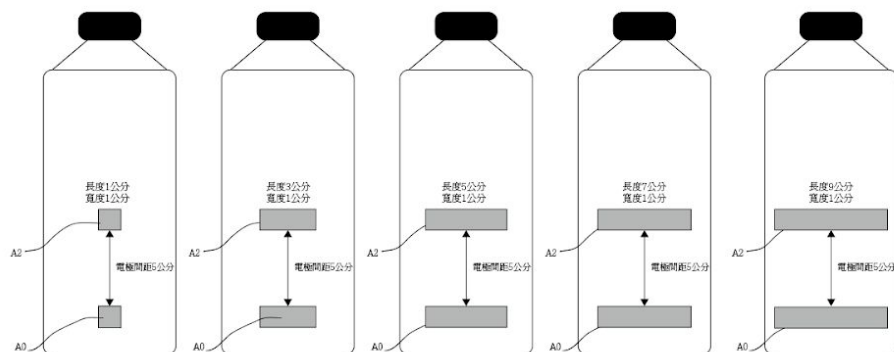
實驗目的:

探討不同面積大小的電極，在相隔固定距離(5公分)的情況下，探討瓶內有水與沒水時的電容值變化情形，了解鋁箔電極面積大小對於靈敏度的影響。

實驗方法:

1. 取雙面導電鋁箔膠帶，面積大小分別為(長1公分寬1公分)、(長3公分寬1公分)、(長5公分寬1公分)、(長8公分寬1公分)、(長10公分寬1公分)
2. 兩鋁箔膠帶間的垂直距離固定為5公分。
3. 根據先前的研究結論，先寶特瓶上黏貼一層鋁箔，再將電線用鋁箔膠帶黏貼上去。

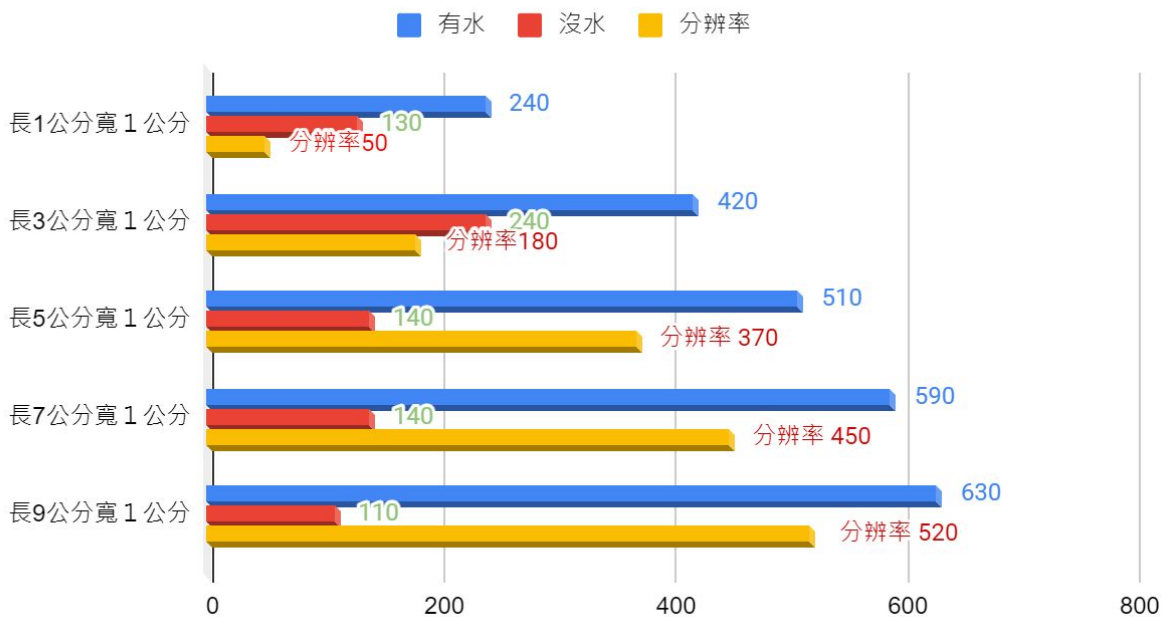
實驗裝置:



實驗記錄:

	有水	沒水	分辨率
長1公分寬1公分	240	130	50
長3公分寬1公分	420	240	180
長5公分寬1公分	510	140	370
長7公分寬1公分	590	140	450
長9公分寬1公分	630	110	520

探討電極_面積大小_對電容偵測靈敏度的影響



分析與討論:

1. 實驗過程中發現，隨著電極鋁箔面積加大，儀器測量瓶內有水與沒水的電容值間距也會加大(分辨率提升)，但是我們發現從有水狀態變成沒水狀態的過程中，電容消退過程雜訊變多，有時數值會忽然回升，數值在消退過程不是一路變小，有時會忽大忽小的變化。
2. 從實驗數據發現，電極鋁箔面積越大，對於瓶內有水與沒水的辨識度會越好。但是伴隨也會有較多的雜訊干擾。
3. 實驗結果發現，要做為瓶內有水與沒水的偵測辨識，要將辨識門檻值設高一點，因為電容值在消退過程中，會受雜訊干擾而不穩，但是剛開始從有水變成沒水的消退過程是很穩定的。

結論:

1. 從實驗數據發現，**電極鋁箔面積越大**，對於瓶內有水與沒水的辨識度會越好。但是伴隨也會有較多的雜訊干擾。
2. 實驗結果發現，要做為瓶內有水與沒水的偵測辨識，要將**辨識門檻值設高一點**，因為電容值在消退過程中，會受雜訊干擾而不穩，但是剛開始從有水變成沒水的消退過程是很穩定的。

主題五:探討電極_水平間距_距離對靈敏度的影響

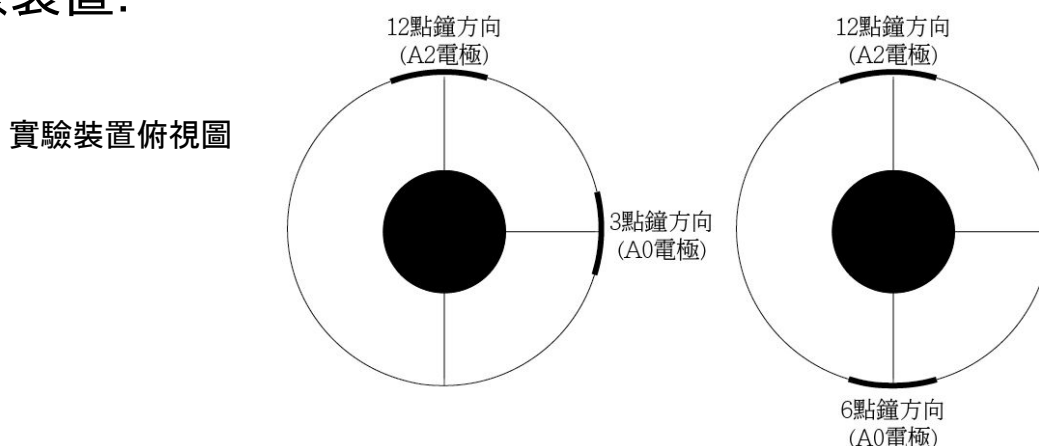
實驗目的:

拿兩塊1cm X 3cm的電極，貼在同一水平面，探討同一水平面的電極貼法，瓶內有水與沒水時電容值的變化，藉此了解同一水平面電極貼法對靈敏度的影響。

實驗方法：

1. 取雙面導電鋁箔膠帶，長3公分、寬1公分(圖一)
2. 兩鋁箔膠帶貼同一水平面，兩電極分別貼在12點鐘、3點鐘、六點鐘方向
3. 兩電極在同一水平面，並且一電極在12點鐘方向，另一電極分別在3點鐘方向與6點鐘方向，探討電極在不同位置分布對靈敏度的影響。
4. 根據先前的研究結論，先寶特瓶上黏貼一層鋁箔，再將電線用鋁箔膠帶黏貼上去。

實驗裝置：

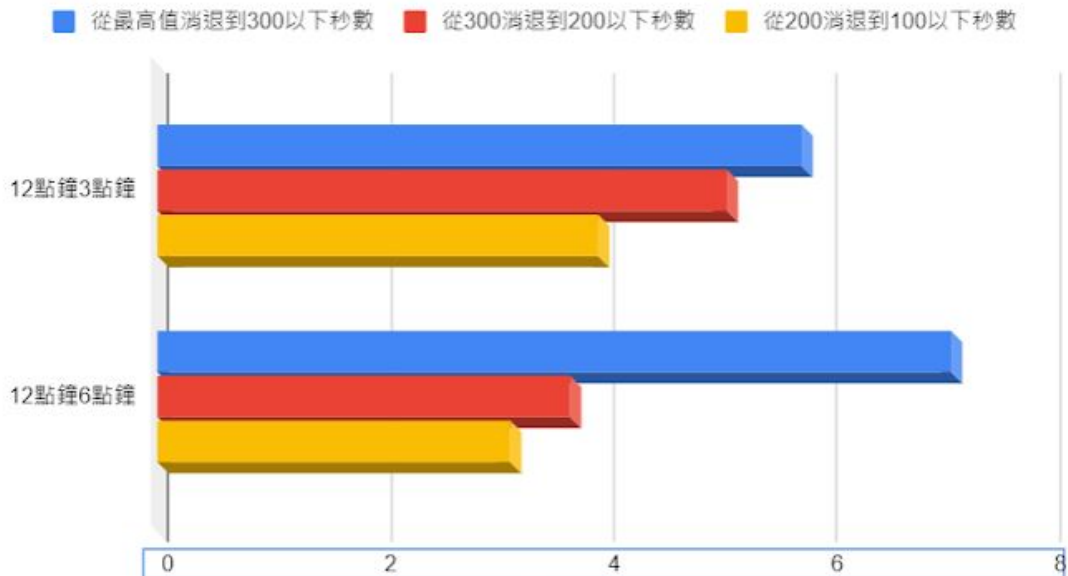


實驗記錄：

電極間距12點鐘與3點鐘方位			
	從最高值消退到300以下秒數	從300消退到200以下秒數	從200消退到100以下秒數
第一次	5.32	3.98	3.85
第二次	6.25	7.25	2.85
第三次	4.78	5.36	4.06
第四次	7.53	4.97	3.69
第五次	5.02	4.03	5.33
平均秒數	5.78	5.118	3.956

電極間距12點鐘與6點鐘方位				
	從最高值消退到300以下秒數	從300消退到200以下秒數	從200消退到100以下秒數	備註
第一次	9.66	4.41	3.45	數值衰退很不穩定，從有水變成沒水的狀態時，數值衰退並不是線性，而是會來回跳動。
第二次	8.62	4.84	4.99	
第三次	4.86	3.55	1.47	
第四次	4.81	1.38	2.58	
第五次	7.62	4.36	3.37	
平均秒數	7.114	3.708	3.172	

探討電極_水平貼法的電容消退速度



分析與討論:

1. 本來我們預期實驗結果應該會和兩鋁箔電極垂直黏貼的方式一樣，但是在實驗操作過程中，我們發現從有水變成沒水的時候，電容值並非一路下降，而是中間有時會停在某個數值很久，或是忽然數值回升，導致測量過程中，量測電容值消退的時間拉得很長，而且每次測都不太一樣。總之，我們發現電極採用同一水平面的貼法，對於瓶內液面的測量並不適合。

結論:

1. 由實驗結果得到結論，水越不容易附著在容器內壁，對於液面的分變靈敏度會越好。
2. 電極後面的水就是造成電容值變化的主因，容器內壁如果越不容易附著水分，當液面低於電極高度以後，電容值的消退速度越快，也就是電極對於液面是否到達電極位置高度的分辨能力會越好。
3. 經本組反覆測試，發現A0與A2兩電極在測量電容值的過程中，不可以同時離開液體，也就是說，如果兩電極的背後瓶內同時都沒有液體，此時電容值的消退會變得很不穩定，數值不會一路下降，而是會來回跳動。
4. 由本次實驗發現，鋁箔電極不能貼在同一水平面。

主題六:探討各式電極貼法找出最佳電容偵測方式

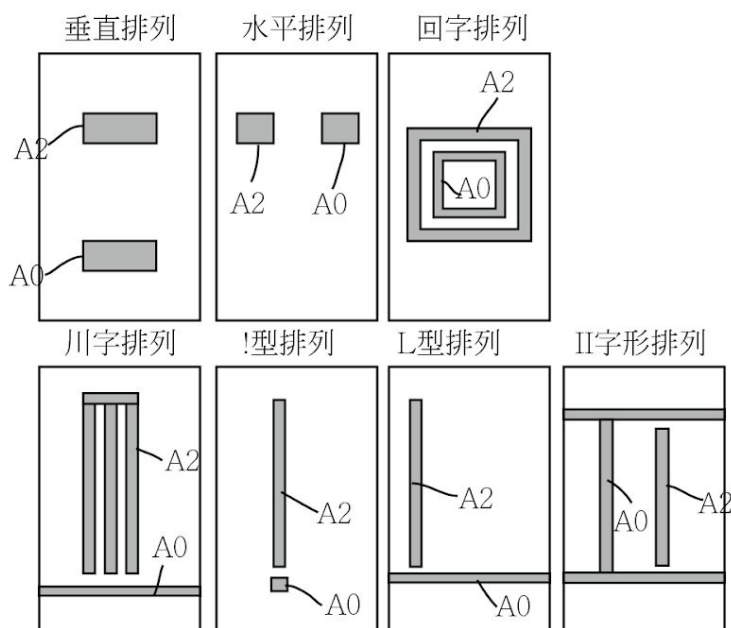
實驗目的:

嘗試各種不同電極貼法，找出最佳電容偵測黏貼方式。

實驗方法:

1. 將鋁箔電極用下列黏貼方式，並記錄電容值偵測變化。
2. 垂直排列法、水平排列法、回字排列法、川字排列法、!字形排列法、L形排列法、II字形排列法。

實驗裝置:



分析與比較:

黏貼方式	有水無水的分辨能力	缺點	優點
上下排列	分辨能力佳	只能定點辨識	
水平排列	分辨能力不佳	無法辨識	
回字排列	分辨能力佳	占用面積很大	可以辨識不同高度水位
川字排列	分辨能力佳	占用面積很大	可以辨識不同高度水位
立字型排列	辨識能力不佳	無法辨識	
!形排列	分辨能力中等		可以辨識不同高度水位
L形排列	分辨能力佳		可以辨識不同高度水位(建議採用)

結論:

1. 以上列各式電極的黏貼方式，根據實驗結果，L型的黏貼方式最佳。
2. L型電極黏貼方式，可以偵測瓶內水位高低變化的電容值，也就是可以透過從瓶外偵測到的電容值，來得知瓶內液面高度。

主題七:設計優化_探討A2電極面積對靈敏度的影響

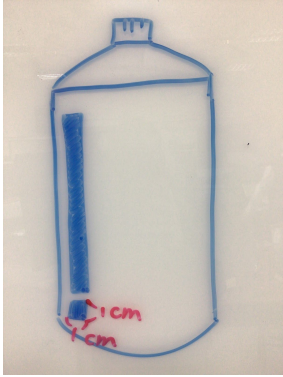
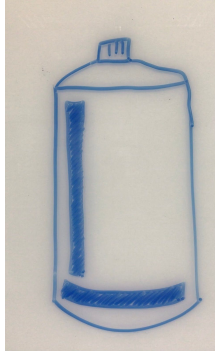
實驗目的:

根據前面的實驗結果得知，L型的電極貼法可以讓電容值隨著液面的高度不同而產生變化。我們將設計下列的實驗，來探討底部A2面積大小與電容值的關係，繼續優化設計。

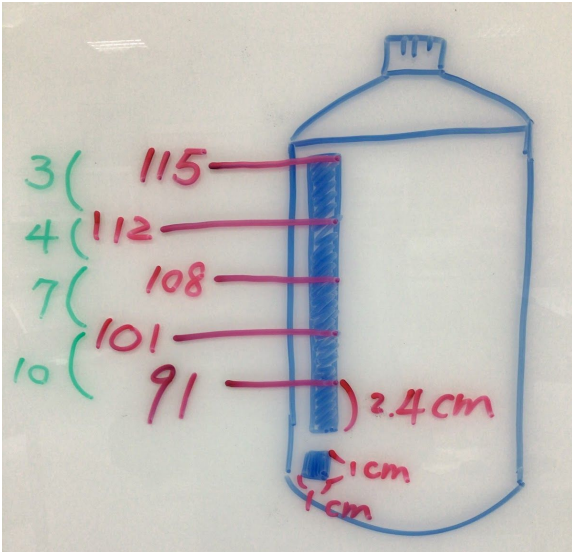
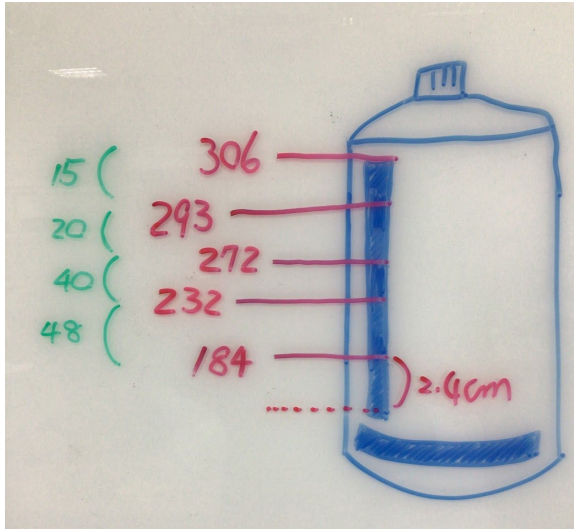
實驗方法:

1. 取雙面導電鋁箔膠帶，面積大小分別為 (長1公分寬1公分)、(長8公分寬1公分)來作為A2電極，A0電極固定為(長12公分寬1公分)電極採用L型方式黏貼。
2. 根據先前的研究結論，先寶特瓶上黏貼一層鋁箔，再將電線用鋁箔膠帶黏貼上去。

實驗裝置:

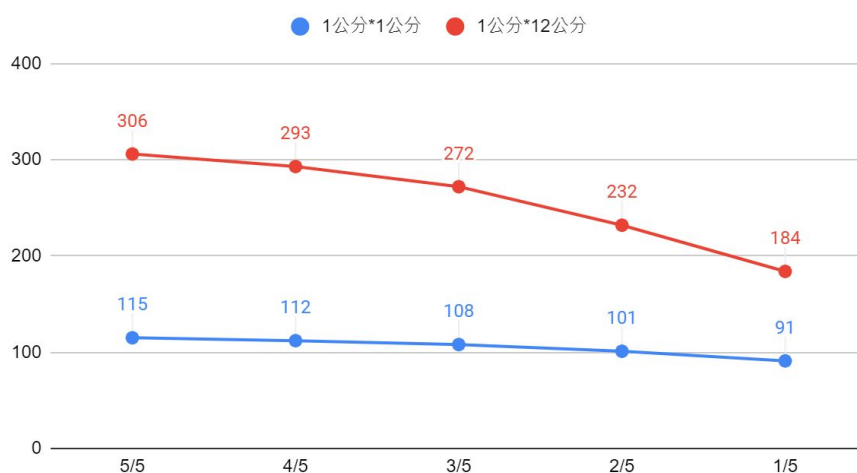
<p>A2電極:長1公分寬1公分 A0電極:長12公分寬1公分</p>	<p>A2電極:長12公分寬1公分 A0電極:長12公分寬1公分</p>
	

實驗記錄:

<p>A2電極:長1公分寬1公分 A0電極:長12公分寬1公分</p>	<p>A2電極:長12公分寬1公分 A0電極:長12公分寬1公分</p>
	

A2電極:長1公分寬1公分 A0電極:長12公分寬1公分			A2電極:直接黏貼成圈狀 A0電極:長12公分寬1公分		
	電容值	備註		電容值	備註
液面高度5/5	115左右		液面高度5/5	306左右	
液面高度4/5	112左右		液面高度4/5	293左右	
液面高度3/5	108左右		液面高度3/5	272左右	
液面高度2/5	101左右		液面高度2/5	232左右	
液面高度1/5	91左右		液面高度1/5	184左右	

A2電極面積對電容值偵測靈敏度的影響



結論

- 從實驗結果得知，A2電極越長(面積越大)，電容值隨著液面高度變化，會呈現較大的數值間距，表示**A2電極越長(面積越大)，對液面高度變化有較佳的分辨能力。**
- 根據實驗結果顯示，採用L型電極黏貼法，A2電極越長(面積越大)，電容值的分辨能力越好，**因此我們將來的設計將採用整圈環繞，可以讓電容值呈現最佳的分辨能力。**

主題八:設計優化_測試厚度3mm水瓶的電容值變化

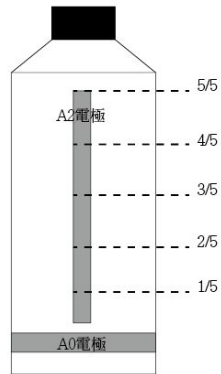
實驗目的:

從前面的實驗得知，L型的電極貼法可以有效且準確地測量瓶內液面高度變化，我們進一步找到厚3mm的水瓶(寶特瓶壁厚0.2mm)來測試，看看瓶內液面高度變化時，是否能量測到電容值的變化。

實驗方法:

1. 此實驗對象是目前最厚的水瓶
2. 電極貼法採用L型貼法(下邊的A0電極採用整圈環繞的形式)
3. 記錄不同液面高度的電容值

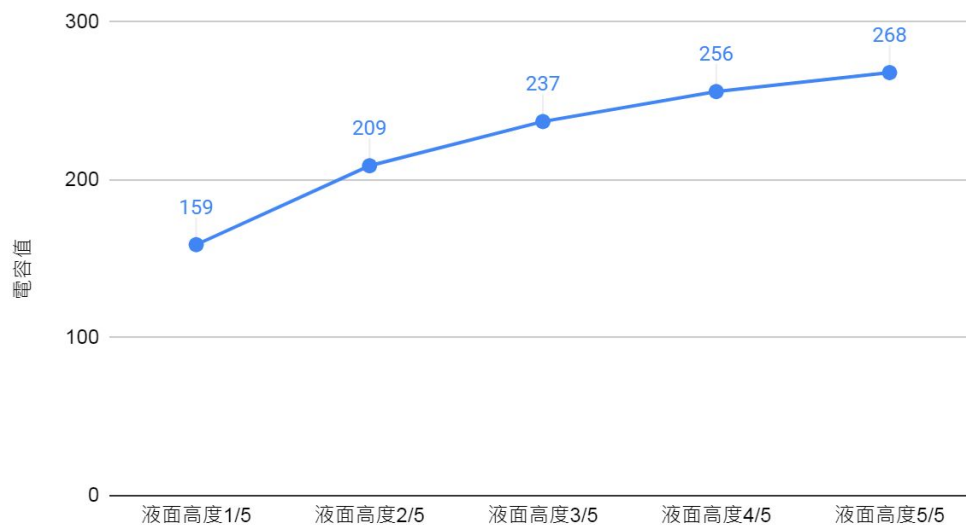
實驗裝置:



實驗記錄:

	電容值	備註
液面高度5/5	268	圖 (5) 位置5
液面高度4/5	256	圖 (4) 位置4
液面高度3/5	237	圖 (3) 位置3
液面高度2/5	209	圖 (2) 位置2
液面高度1/5	159	圖 (1) 位置1

厚度3mm水瓶的電容值變化



分析與討論:

1. 實驗結果發現，瓶內液面越高，測量到的電容值越大。
2. 實驗結果發現。液面越接近A0電極(接近下方)，液面的電容值差距越大。
3. 實驗結果顯示，瓶內高度越高，電容值越大，而且不同高度的電容值很穩定。

結論:

1. 此實驗證實我們的電極貼法就算很厚的瓶身，依然可以準確測得液面的變化。
2. 我們發現，越靠近A0電極的液面，電容值的間距會拉大。這樣的實驗結果啟發我們的靈感。我們著手改變電極的貼法(如下圖)，將進行下一個研究探討。

主題九:設計優化_測試上下都貼A0電極時, 水瓶的電容值變化

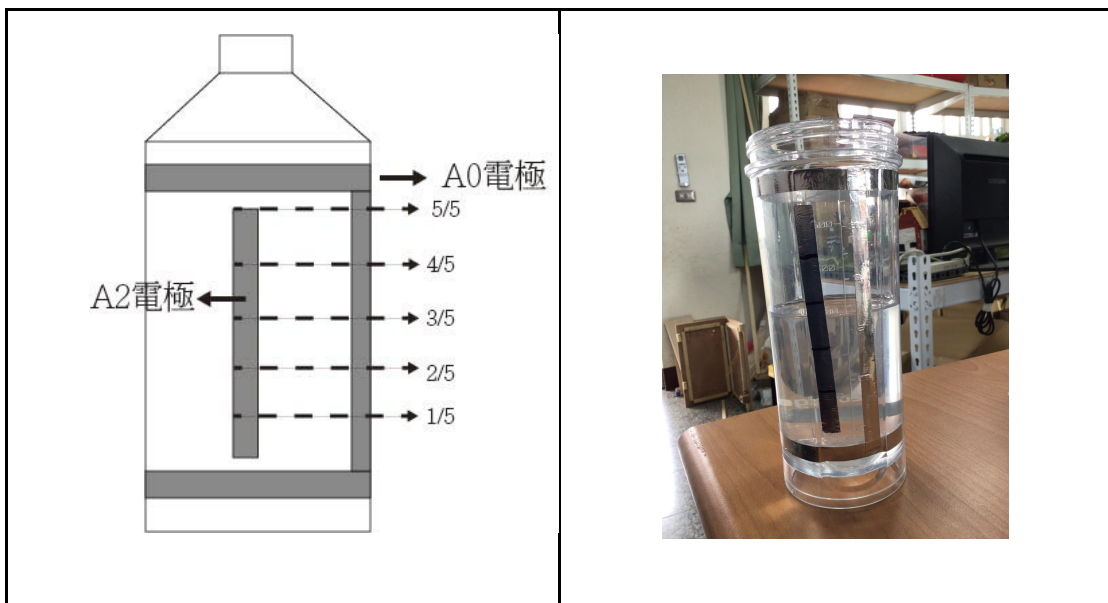
實驗目的:

從前面的實驗得知，L型的電極貼法可以有效且準確地測量瓶內液面高度變化，從上一個實驗結果發現，越靠近下方A0電極的電容值間距越大，越遠離下方A0電極的電容值間距越小。我們想試試看，如果上下都貼A0電極，是否可以讓瓶內不同液面高度的電容值間距會更明顯。

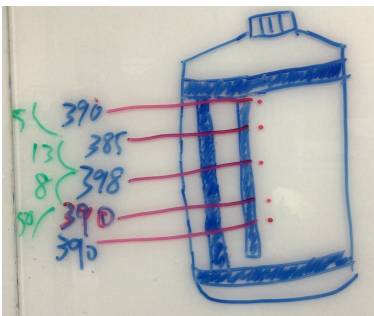
實驗方法:

1. 此實驗對象是目前最厚的水瓶
2. 電極貼法採用上下A0電極貼法
(上下邊的A0電極採用整圈環繞的形式，中間用鋁箔電極連接)
3. 記錄不同液面高度的電容值

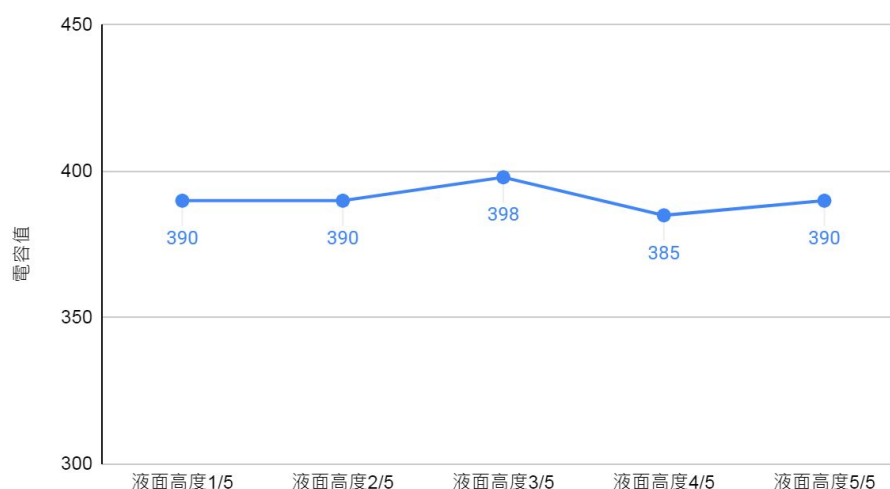
實驗裝置



實驗紀錄:

	電容值	備註
液面高度5/5	390	
液面高度4/5	385	
液面高度3/5	398	
液面高度2/5	390	
液面高度1/5	390	

上下都貼A0電極時水瓶的電容值變化



分析與討論:

1. 由之前的實驗結果發現我們發現到A2電極與A0電極越靠近的地方，電容值的間距會越大，越遠離的地方電容值的間距會越小，因此我們在思考想要把電極的裝置粘貼成上下都是A0電極，如上圖的實驗裝置示意圖。
2. 實驗結果發現這樣子的電極黏貼方式反而無法分辨液面高度，也就是說這樣的電極黏貼方式，電容值不會隨著瓶內液面的高度而改變。
- 3.

主題十:設計優化_探討水瓶與電極間距對電容值測量的影響

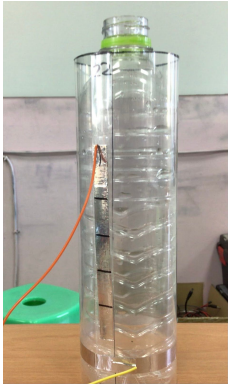
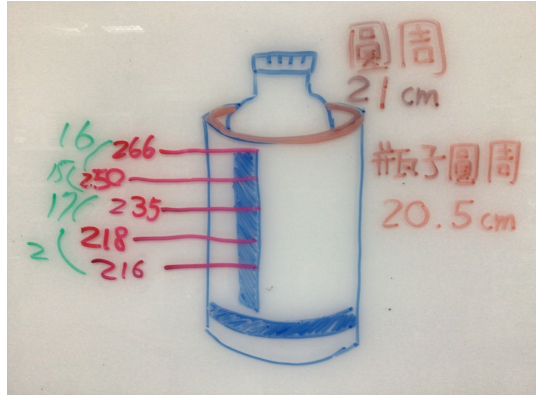
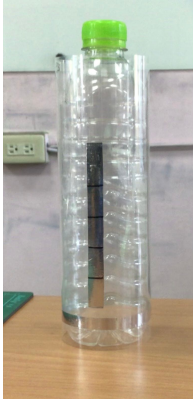
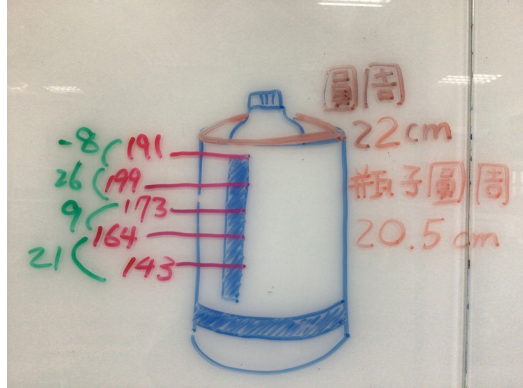
實驗目的:

製作圓周21公分與22公分的塑膠筒，測量瓶內不同液面高度時的電容值。我們想知道，電極沒有直接黏貼在裝水寶特瓶上，是否仍能測出寶特瓶內不同液面高度的電容值變化，我們要找出不把電極直接黏貼在瓶上仍可測出電容值的方式。

實驗方法:

1. 利用塑膠薄片製作一個圓周21公分與22公分的測量圓筒。
2. 在圓筒外面貼上L型的鋁箔電極
3. 塑膠圓筒內放置不同液面高度的寶特瓶(圓周20.5公分), 並測量其電容值的變化

實驗裝置:

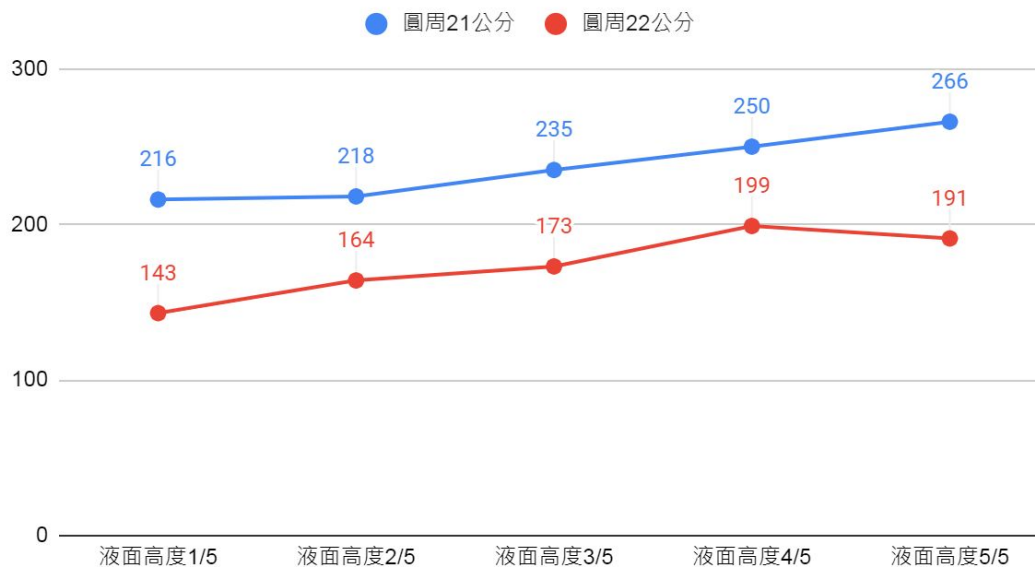
<p>寶特瓶圓周20.5公分 外面塑膠筒圓周21公分 塑膠圓筒外側貼上L型鋁箔電極</p>	<p>實驗裝置手繪示意圖</p>
	
<p>寶特瓶圓周20.5公分 外面塑膠筒圓周22公分 塑膠圓筒外側貼上L型鋁箔電極</p>	<p>實驗裝置手繪示意圖</p>
	

實驗紀錄:

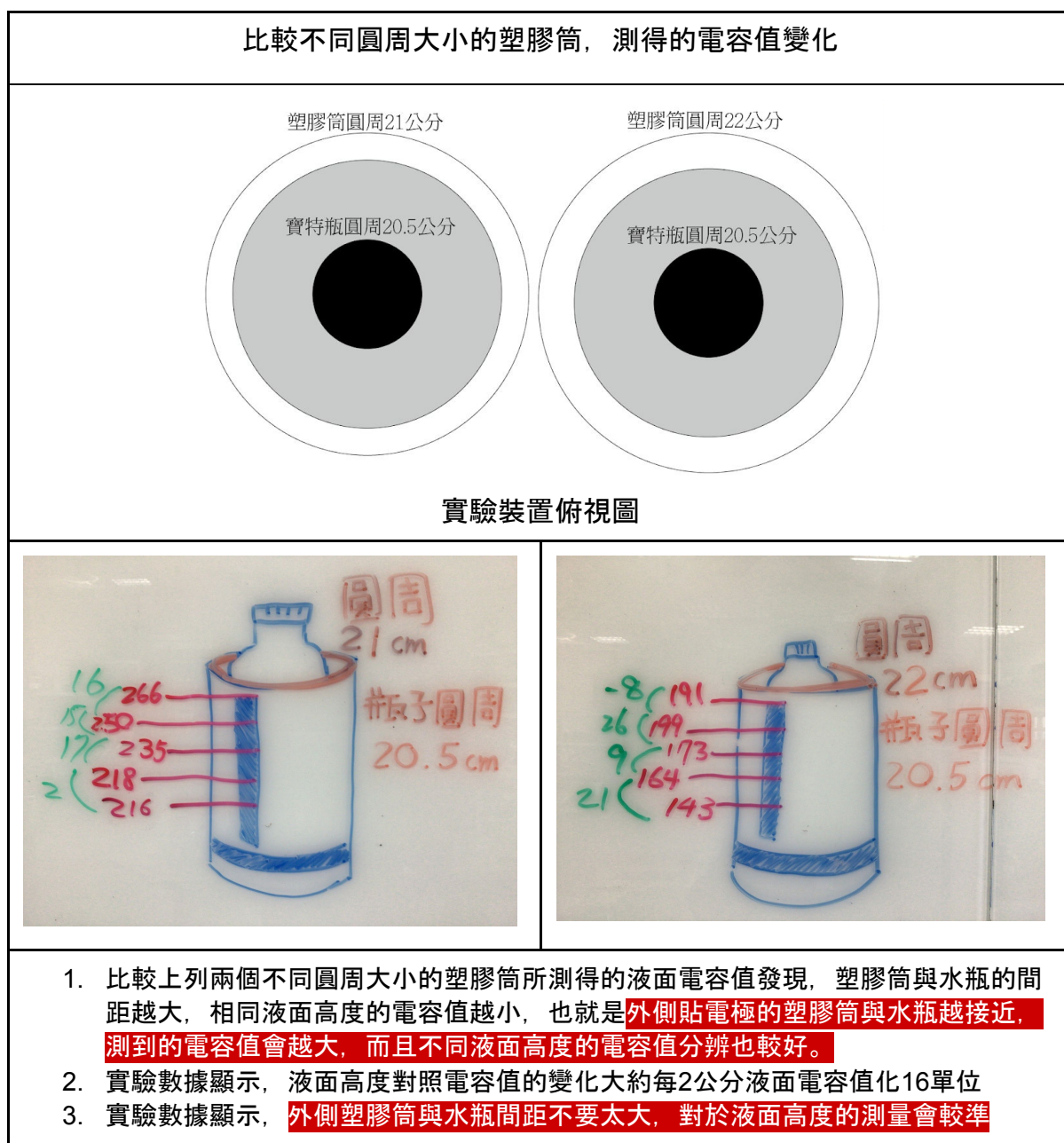
	電容值	備註
液面高度5/5	266單位	
液面高度4/5	250單位	
液面高度3/5	235單位	
液面高度2/5	218單位	
液面高度1/5	216單位	

	電容值	備註
液面高度5/5	191單位	
液面高度4/5	199單位	
液面高度3/5	173單位	
液面高度2/5	164單位	
液面高度1/5	143單位	

電極與水瓶間距對電容值測量的影響

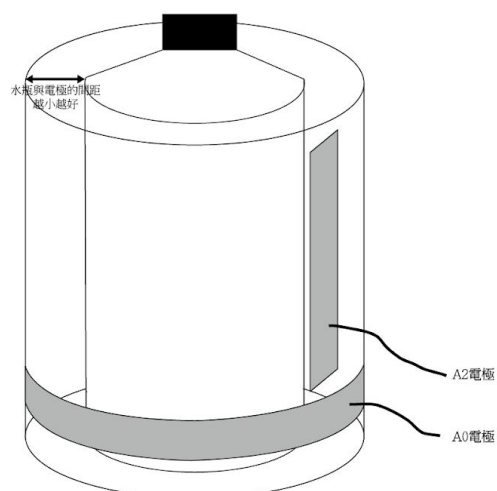


分析與討論:



結論:

電極與水瓶的間距會影響電容值，建議在實際運用時，儘量減少水瓶與電極的間距(如右圖所示)，這樣可避免因為水瓶與電極的間距過大，而導致水瓶擺放位置所產生較大的電容值誤差。



主題十一:設計優化_探討瓶內液面高度 對應電容值的關係

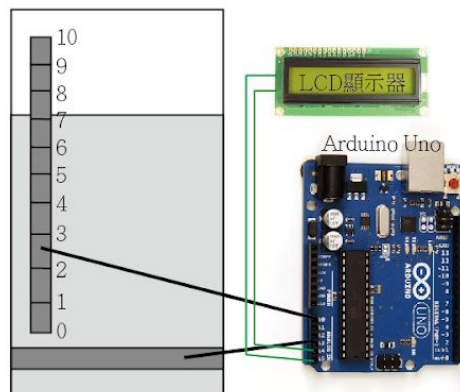
實驗目的:

本組要進一步找出瓶內液面高度對應電容值的關係。接下來就可以利用瓶外測得的電容值反推，來得知瓶內液面高度。

實驗方法:

將電極A0劃分為10等分，每等分間距1公分，添加溶液到相對應的刻度，量測不同液面高度的電容值，並加以記錄。

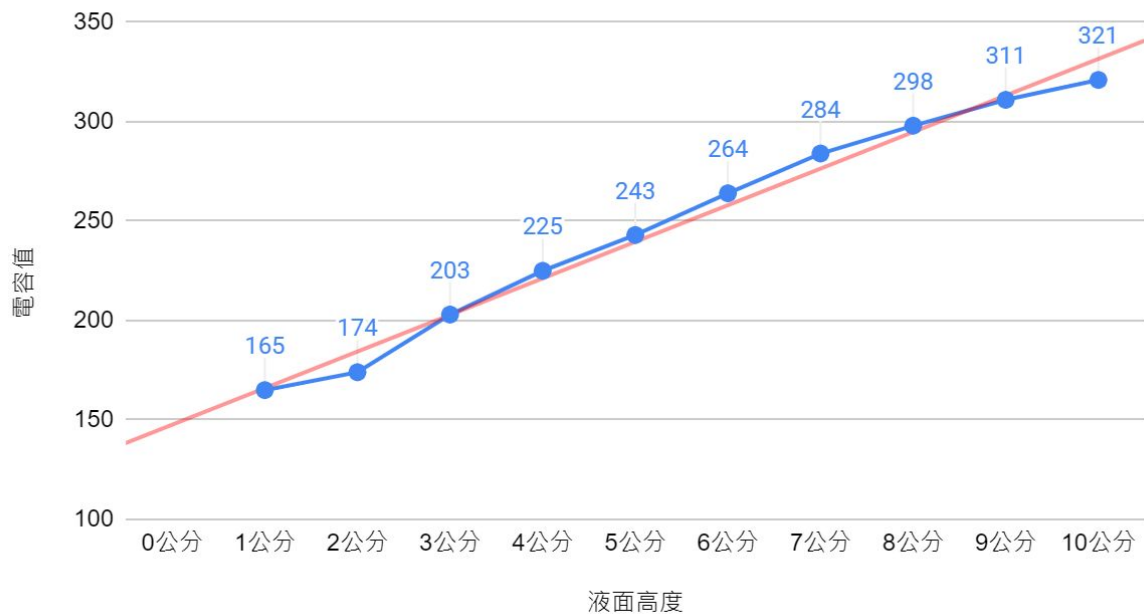
實驗裝置:



實驗紀錄:

液面高度	電容值
10公分	324
9公分	316
8公分	301
7公分	289
6公分	267
5公分	250
4公分	227
3公分	218
2公分	199
1公分	192
0公分	167

液面高度對應電容值的關係



分析與討論:

1. 根據實驗結果，瓶內液面高度與所對應的電容值，呈現高度正相關。
2. 根據實驗結果計算，瓶內液面高度平均每上升1公分，電容值會上升17單位。

理論探究：探討密閉容器表面電容值變化原因

假設理論:

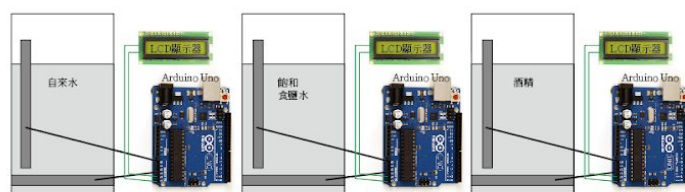
本組認為，瓶內液面高度會造成屏壁外側表面電容值的變化，是由於瓶內液體可以導電，因此，瓶內液面越高，藉由溶液導電所累積的電荷也越多，因此可以偵測到的電容值也越高。本組推論，若是瓶內液體的導電性越好(電解質越多)，在相同液面高度時，所偵測到的電容值應該會越大。

本組著手設計下列實驗，藉由填裝相同高度的自來水、飽和食鹽水、95%酒精，並偵測此三種溶液的電容值，若是測量到的電容值與溶液導電性呈正相關，表示本組對於理論的推論正確。

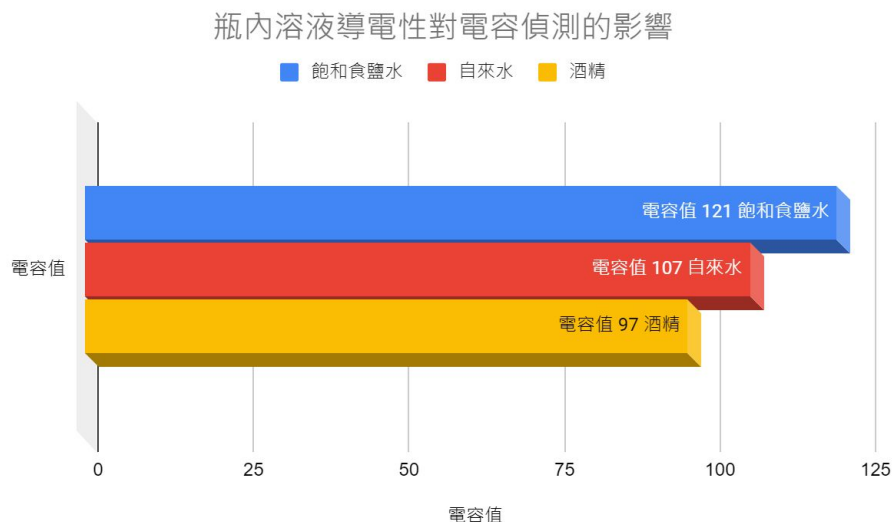
實驗方法:

在水瓶內分邊裝填自來水、食鹽水與95%藥用酒精三種溶液，接著從容器外部測量電容值大小。

實驗裝置



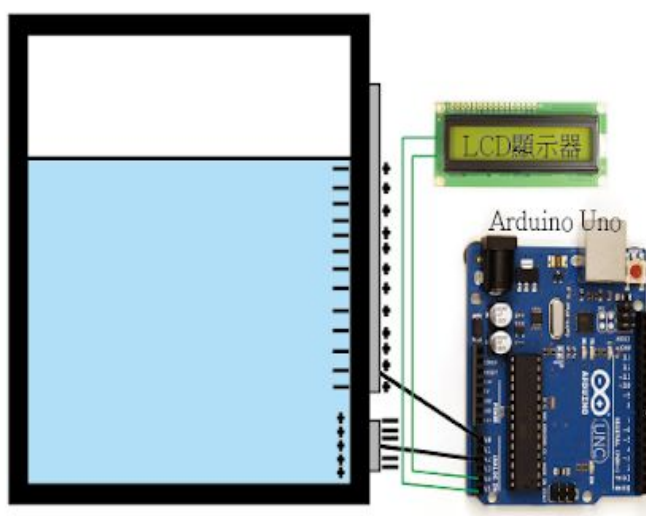
實驗紀錄:



分析與討論:

1. 實驗結果驗證，A0電極可以偵測到瓶內液面所造成的電容值變化，主要是因為瓶內液體可以導電，導致屏壁表面電荷發生變化。

2. 實驗結果發現，瓶內液體填裝導電性佳的食鹽水時，測得的電容值最大(121)，瓶內液體為95%的酒精時(導電性差)，測得的電容值為(107)。此實驗結果應證我們的推論，當A2電極放電時，瓶內相對A2位置被極化，此時透過瓶內液體導電，與A2的同性電荷被液體傳遞至A0電極的瓶內位置，此時A0電極就可以偵測到感應電荷所造成瓶壁表面的電容值變化。



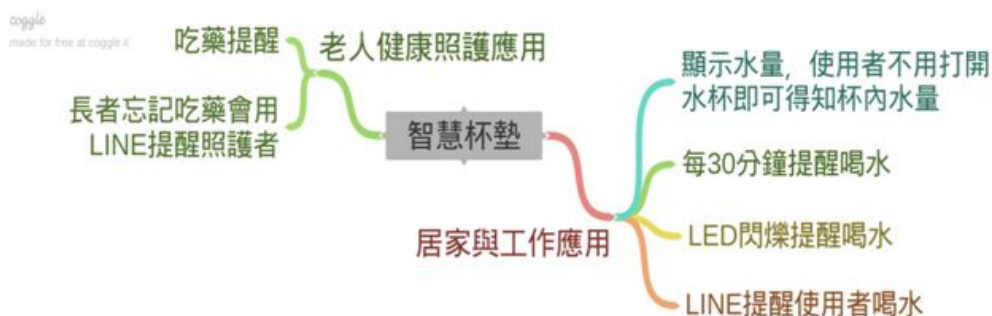
實際應用:自製「喝水提醒系統」

設計理念

現代人忙碌，常常忘記喝水。家中長輩常常因為忙碌而少喝水，導致腎結石或是痛風，發作起來痛苦萬分。我們想製作一個可以提醒使用者喝水的「喝水提醒系統」，我們製作的「喝水提醒系統」有下列功能:

1. 每半小時利用閃燈提醒使用者喝水
2. 可以顯示水杯內的水量，提醒使用者適時補充
3. 也可以用LINE提醒使用者喝水。
4. 可以應用作為老人健康照護系統

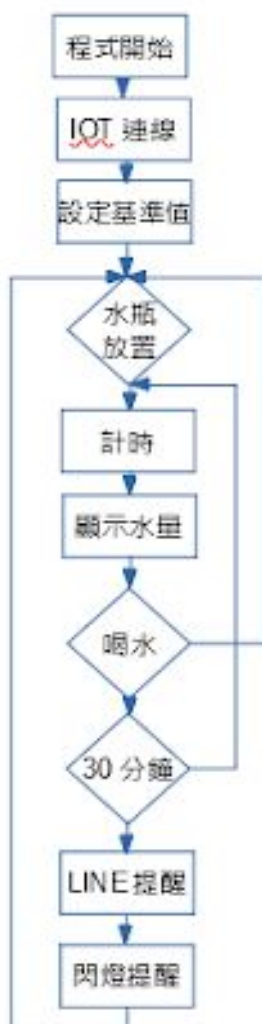
作品構想



作品特色

1. 使用自製液位偵測器，可以自動偵測水量，並且顯示，使用者不用打開杯子即可得知杯內水量。
2. 使用IOT技術，傳LINE通知使用者喝水。
3. 利用LED閃燈來提醒使用者喝水，不會打擾工作。
4. 可以做為老人健康照護，可以得知長輩是否服藥喝水。
5. LED可以提供做為夜間照明，放在床頭，夜間不用再開燈。

「喝水提醒系統」_作品程式設計流程圖



「喝水提醒系統」_程式碼

```

#include <Wire.h>
#include <motoLiquidCrystal_I2C.h>
/****ESP8266*****/
#include "motoWiFiEsp.h"
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial esp8266_Serial(9, 8); //綠、黃
WiFiEspClient esp_client;
int connect_status = WL_IDLE_STATUS;
const int OUT_PIN = A2;
const int IN_PIN = A0;
int base = 300 ;
/*****電容偵測*****/
//Capacitance between IN_PIN and Ground
//Stray capacitance is always present. Extra capacitance can be added to
//allow higher capacitance to be measured.
const float IN_STRAY_CAP_TO_GND = 24.48; //校正後的雜散電容
const float IN_EXTRA_CAP_TO_GND = 0.0;
const float IN_CAP_TO_GND = IN_STRAY_CAP_TO_GND + IN_EXTRA_CAP_TO_GND;
const int MAX_ADC_VALUE = 1023;
/*****LCD液晶螢幕*****/
LiquidCrystal_I2C mylcd(0x27, 16, 2);
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  /*****ESP8266初始化*****/
  esp8266_Serial.begin(9600);
  esp8266_Serial.listen();
  WiFi.init(&esp8266_Serial);
  if (WiFi.status() == WL_NO_SHIELD) {
    Serial.println(F("Esp8266 module no present"));
    while (true);}
  while (connect_status != WL_CONNECTED) {
    Serial.println(F("Connect to router..."));
    connect_status = WiFi.begin("mcjh001", "087363078"); }
  Serial.println("Connected !");
  /*****/
  digitalWrite(7, HIGH);
  /*****/
  pinMode(OUT_PIN, OUTPUT);
  //digitalWrite(OUT_PIN, LOW); //This is the default state for outputs
  pinMode(IN_PIN, OUTPUT);
  //digitalWrite(IN_PIN, LOW);
  /*****LCD初始化*****/
  mylcd.init();
  mylcd.backlight();
  /*****LED燈設定*****/
  pinMode(10, INPUT_PULLUP);
  pinMode(3, OUTPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);
  pinMode(5, OUTPUT);
  pinMode(7, OUTPUT);
  delay(500);
  digitalWrite(7, LOW);}
void loop(){

```

```

bool flag = 0 ;
byte count = 0
//Capacitor under test between OUT_PIN and IN_PIN
//Rising high edge on OUT_PIN
pinMode(IN_PIN, INPUT); //設定A0為電容偵測腳位
digitalWrite(OUT_PIN, HIGH); //A2腳位開始放電
int val = analogRead(IN_PIN); //讀取A0腳位的電壓值
//清除所有訊號，準備做下一次偵測
digitalWrite(OUT_PIN, LOW);
pinMode(IN_PIN, OUTPUT);
if (digitalRead(10) == 0 ){
    base = val ; //紅色按鍵被按下時，把此時的電容值設為基準值}
//計算輸出顯示
float capacitance = (float)val * IN_CAP_TO_GND / (float)(MAX_ADC_VALUE - val);
//LCD 螢幕顯示偵測到的電容值
mylcd.clear();
mylcd.setCursor(0, 1);
mylcd.print("val");
mylcd.setCursor(5, 1);
mylcd.print(val);
mylcd.setCursor(0, 0);
mylcd.print("base:");
mylcd.setCursor(5, 0);
mylcd.print(base);
mylcd.setCursor(10, 0);
mylcd.print(digitalRead(10));
//顯示偵測水位高度
if ( (val-base) > 50 ) {
    digitalWrite(3, 1);
    digitalWrite(4, 1);
    digitalWrite(5, 1);
    flag = 1 ;
} else if ((val-base) > 30) {
    digitalWrite(3, 1);
    digitalWrite(4, 1);
    digitalWrite(5, 0);
    flag = 1 ;
} else if ((val-base) > 15) {
    digitalWrite(3, 1);
    digitalWrite(4, 0);
    digitalWrite(5, 0);
    flag = 1 ;}
//開始計時，並監控有沒有喝水
while ( (val-base) > 5 && count < 10 ) {
    pinMode(IN_PIN, INPUT);
    digitalWrite(OUT_PIN, HIGH);
    val = analogRead(IN_PIN);
    //清除所有訊號，準備做下一次偵測
    digitalWrite(OUT_PIN, LOW);
    pinMode(IN_PIN, OUTPUT);
    mylcd.clear();
    mylcd.setCursor(0, 1);
    mylcd.print("val");

```

```

mylcd.setCursor(5, 1);
mylcd.print(val);
mylcd.setCursor(0, 0);
mylcd.print("count down:");
mylcd.setCursor(10, 0);
mylcd.print(count);
mylcd.setCursor(16, 0);
mylcd.print(base);

if ( (val-base) > 50 ) {
digitalWrite(3, 1);
digitalWrite(4, 1);
digitalWrite(5, 1);
flag = 1 ;
} else if ((val-base) > 30) {
digitalWrite(3, 1);
digitalWrite(4, 1);
digitalWrite(5, 0);
flag = 1 ;
} else if ((val-base) > 15) {
digitalWrite(3, 1);
digitalWrite(4, 0);
digitalWrite(5, 0);
flag = 1 ;}
count += 1 ;
delay(1000);}
//如果沒有喝水，閃燈5次，並且傳簡訊
if (count >= 10) {
//esp8266傳簡訊
esp8266_Serial.listen();
if (esp_client.connectSSL("notify-api.line.me", 443)) {
String data = "message=" + String("溫馨提醒:您已經30分鐘沒補充水分嘍");
esp_client.println("POST /api/notify HTTP/1.1");
esp_client.println("Host: notify-api.line.me");
esp_client.println("Authorization: Bearer ygqnuSUSmc1BgqqymdwrRuS53rC");
esp_client.println("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded");
esp_client.print("Content-Length: ");
esp_client.println(data.length());
esp_client.println();
esp_client.println(data);
esp_client.stop();}
//3、4、5號腳位閃燈5次
for (byte j = 0 ; j < 5 ; ++j) {
for (byte i = 3 ; i < 6 ; ++i) {
digitalWrite(i, 1); }
delay(500);
for (byte k = 3 ; k < 6 ; ++k) {
digitalWrite(k, 0);}
delay(500); }
} else {
for (byte k = 3 ; k < 6 ; ++k) {
digitalWrite(k, 0);}
}
}

```

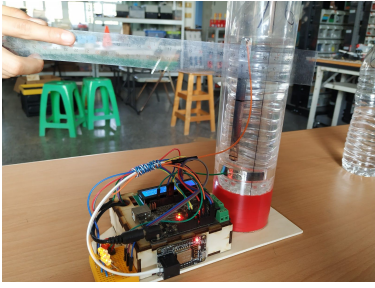
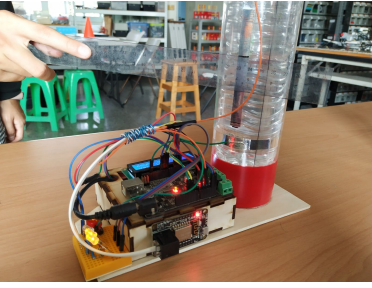
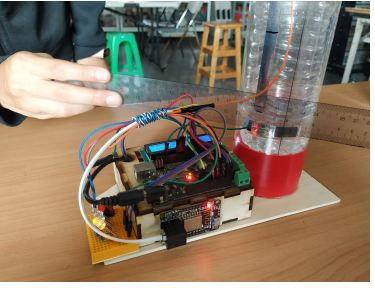


```

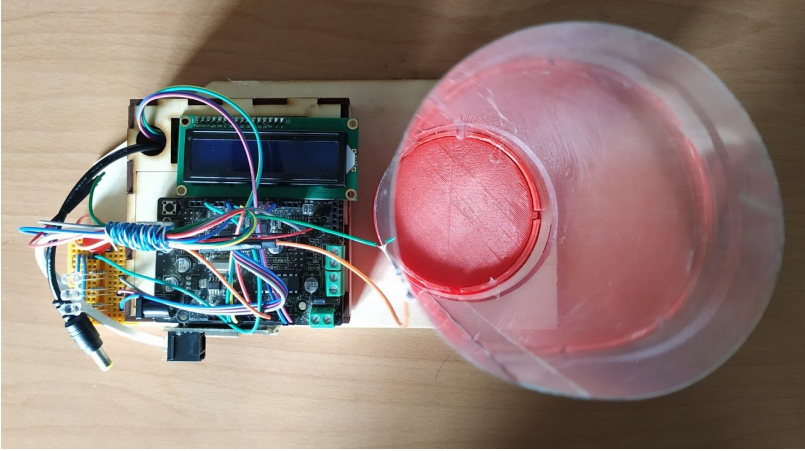
while (millis() % 500 != 0);
}

```

作品說明圖說

水杯水量全滿時， LED燈全亮	水杯水量半滿時， LED只亮2顆燈	水量到達最低水位時， LED只亮1顆燈
		

喝水提醒系統完整全貌

	<p>右側透明塑膠筒為自製的液位偵測系統</p> <p>LCD液晶螢幕可以顯示及時偵測的電容值</p> <p>左側3顆LED燈顯示密閉瓶內水量</p>
---	---

老人健康照護應用

老人家或是生病的家屬，常常會忘記吃藥。此時家中的照護者可以運用「喝水提醒系統」。倒一杯水放在「喝水提醒系統」上，如果病人或是老人家30分鐘內沒有拿起水杯喝水吃藥，系統就會透過LINE傳送警示訊息，此時照護家屬就會知道老人家或是病人可能忘記吃藥。

參考資料

一、HOW TO MAKE AN ARDUINO CAPACITANCE METER

<https://www.circuitbasics.com/how-to-make-an-arduino-capacitance-meter/>

二、電容單位換算

<https://kknews.cc/zh-tw/news/on85ljm.html>

三、使用Arduino作為電容測量

<https://circuits4you.com/2016/05/13/capacitance-measurement-arduino/>

<https://www.instructables.com/Measure-Capacitance-with-Arduino/>

四、Arduino 電容式感應器

<https://www.best-microcontroller-projects.com/arduino-capacitive-sensor.html>

五、更精確版

<https://wordpress.codewrite.co.uk/pic/2014/01/21/cap-meter-with-arduino-un-o/>
index.html