

# 中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學(一)科

082811

自動智發-寵物氣壓飲水機

學校名稱：臺北市士林區天母國民小學

作者：	指導老師：
小四 蔡承哲	鄒兆佳
小五 周士翔	吳馥蘭
小五 吳松燁	

關鍵詞：大氣壓力、寵物飲水機、Micro:bit

## 摘要

為了改善寵物用水的問題，提高寵物飲用水的安全性、貼近使用者的生活方式及設備零件的替換性，我們結合了大氣壓力原理與電子科技，加入智慧判斷與殺菌裝置。我們第一代飲水機雖然能持續供水，卻無法保證飲用水的潔淨度，故在設計第二代時，加裝了紫外線殺菌燈及超音波距離感測來避免紫外線燈傷害。實測時，由於有些寵物的速度較快，超音波感測的距離太短，於是又設計了第三代紅外線偵測，使其距離增加到 100 公分，以達到實際使用安全，並且改用 3D 列印設計產品，避免被水潑濺與被寵物拉扯的狀況。為了更加貼近人性化，經過問卷調查後，在第三代上加裝飲水量計算、掀蓋設計和 UPS 不斷電系統，使我們的寵物飲水機更加符合寵物及飼主的需求。

## 壹、前言

### 一、研究動機

我好朋友家的狗生病了，獸醫說可能水量不足而引起泌尿系統等問題，為了確保牠的健康，他們馬上買了一台大容量的智能寵物飲水機，可是常常有狀況，像是馬達容易卡垢、發霉、儲水箱與喝過的水一直循環變成髒水等等。停電時機器也無法運作，造成寵物沒喝到水。為了改善以上的問題，我們藉著這個科展的機會，嘗試是否能將所需的消毒、距離感測、缺水通知、飲水量計算、掀蓋等功能結合在一起，製作一台多功能的氣壓飲水機。

### 二、研究目的

- (一) 探討氣壓供水之可能性
- (二) 結合電子元件之規劃
- (三) Micro:bit 根據飼主及寵物需求程式設計
- (四) 飲用水及使用安全探討
- (五) 氣壓智能飲水執行之可行性

### 三、文獻回顧

- (一) 寵物飲水不足所引起的疾病：新北市動保處指出狗狗和貓咪每天攝水量應為「體重(公斤) x 60 毫升」，若長期缺乏水份攝取會容易增加罹患腎臟疾病的機率(ETtoday 寵物雲 2019)。
- (二) 寵物容器的衛生：美國國家衛生基金會(NSF)在2011年針對30個居家用品進行腸桿菌類細菌的拭子檢測，結果發現寵物碗的含菌量排名第四高(NSF International 2011)。若飼主忽略寵物容器的清潔，生物膜(其中包含許多不同類型的細菌)容易附著在容器裡，這些生物膜在牙齒會形成牙菌斑，繼而引起牙結石形成、牙周

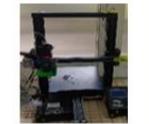
病、齲齒和全身性疾病，危害寵物的消化功能。依據國外的研究，到兩歲時，約 7 成的貓和 8 成的狗都患牙周病。生物膜細菌還會引起寵物的全身炎症、心血管疾病、尿路感染和慢性腎病 (Bat Country Pet Sitting 2021)。

- (三) 飲用水水質標準：大腸桿菌群與總菌落數為我國評估飲用水水質的細菌性指標，目前自來水水質細菌最大容許量為 (1) 每 1 毫升水中總菌落數不超過 100 個；(2) 每 100 毫升水中大腸桿菌菌群數不超過 6 個 (南投縣政府環境保護局 2022)。
- (四) 大氣壓力的應用：大氣層的重量壓在地球表面時會形成「大氣壓力」，任何處於空氣中的物體都會受到大氣壓力的影響。瓶內液體的流動與壓力差有關：當瓶內的氣壓 + 液體壓力 > 瓶外大氣壓力，瓶內的液體會容易流出。但當瓶內氣體因為密閉空間體積變大而壓力變小，加上液體變少液壓也變小，使得內部氣壓 + 液體壓力 < 大氣壓力，液體就會停止流出了 (Zfang 2019)。
- (五) Micro:bit：我們選擇 Micro:bit 的原因除了比較熟悉 Micro:bit 的程式外，另外 Micro:bit 的官方開發環境提供了一個模擬程式實際在板子上運作的功能，這個功能可以節省很多我們實際測試一個新的感測器或控制器的時間 (蘇晉輝、盧東華 2019)。在 Micro:bit 的官網中有一篇文章 "Remote summer school" 裡面也有提到，"模擬器提供了一個虛擬環境，表現了程式會怎麼運作，而不用實際燒錄，這節省了開發創意的時間，也不用花太多時間在程式的除錯上 (Micro:bit Educational Foundation 2021)。
- (六) 距離檢測：在黃翊洛、劉其瑋以及蔡佳俊的 "超音波測距感測器" 和曾兆弘 "超音波測距系統設計" 都有提到超音波在氣體中傳播時擁有容易衰減、容易受溫度與濕度的影響，以及介質會吸收超音波的能量且反射超音波，造成波動能量損失的特性，這些情況都會造成感測器的誤差和準確性降低 (黃翊洛、劉其瑋、蔡佳俊 2013 及曾兆弘 2005)。所以我們改用紅外線的距離感測器，因為紅外線不但沒有上述問題，而且在張平義的 "紅外線感測器" 和楊仲齊的 "人體感應電燈" 中都有提到紅外線擁有只偵測有熱的物體的特性，這讓我們克服了異物阻擋感測器的問題 (張平義 2008；楊仲齊、徐紹齊、黃郁瀚 2019)。
- (七) 紫外線 C (UVC) 消毒功效及原理：UVC 可穿越大氣層的波段介於 200~280 奈米，其已廣泛用於食品和水工業之殺菌。飲用水中的水媒病原體對紫外線照射有不同的敏感性 (順序為高至低)：細菌和原蟲 > 病毒 > 細菌孢子 > 腺病毒 > 藻類。經過紫外線的照射後，微生物細胞中的 DNA (脫氧核糖核酸) 或 RNA (核糖核酸) 的分子結構會受到破壞，引起 DNA 鏈斷裂、核酸和蛋白的交聯破裂，迅速破壞核酸的生物活性，以達到殺菌消毒的效果 (Nicholas F. Gray 2013)。由於紫外線消毒相對安全，不會有殘留化學物質的疑慮，所以本研究藉著使用紫外線燈具，讓飲水機定時進行消毒的動作。
- (八) 重量感測器是根據金屬受力以後的微弱形變來計算其受力的大小，而測量金屬的

微弱形變最常用的就是應變片。在應用中，通過材料表面不同方位，不同角度貼附的應變片，就可以測量出當前材料所受到拉彎扭的力 (曹永忠、許智誠、蔡英德 2013)。

- (九) 3D 列印：又稱積層製造 (additive manufacturing)，指透過三維噴頭(X、Y、Z 軸)，將液態、粉末或薄層等材料噴出，以層層累積的方式，堆疊製造出各種形狀的立體物品。3D 列印能製造複雜、客製化的物品，適合快速製作產品的原型，有效使用材料與能源，方便進行測試與改良，減少成本的開銷，目前已廣泛應用在許多不同領域的行業上，如建築、工業設計、汽車、航太、軍事、醫學、生物科技(人體組織移植)、服裝、珠寶等領域 (風傳媒 2013)。

## 貳、研究設備及器材

尺	剪刀	水	色素	量杯	漏斗	電鑽
						
螺絲	電子秤	計時器	雙面膠魔鬼氈	止滑墊	強力雙面膠	自製木架
						
寶特瓶(儲水桶)	容器(飲水盆)	電腦	Micro:bit 程式	杜邦線	紫外線燈罩	紫外線消毒燈
						
Micro:bit 開發板	蜂鳴器	擴展板	繼電器	水位傳感器	超音波感測器	USB 傳輸線
						
紅外線感測器	重量感測器	單色螢幕	伺服馬達	電源板	麵包板	狗
						
3D 列印機	3D 列印線材	電源穩壓器	Arduino 控制板	鋰電池 不斷電系統	滴管	3M™Petrifilm™ 總生菌數及大腸 桿菌群快檢片
						

## 參、研究過程或方法

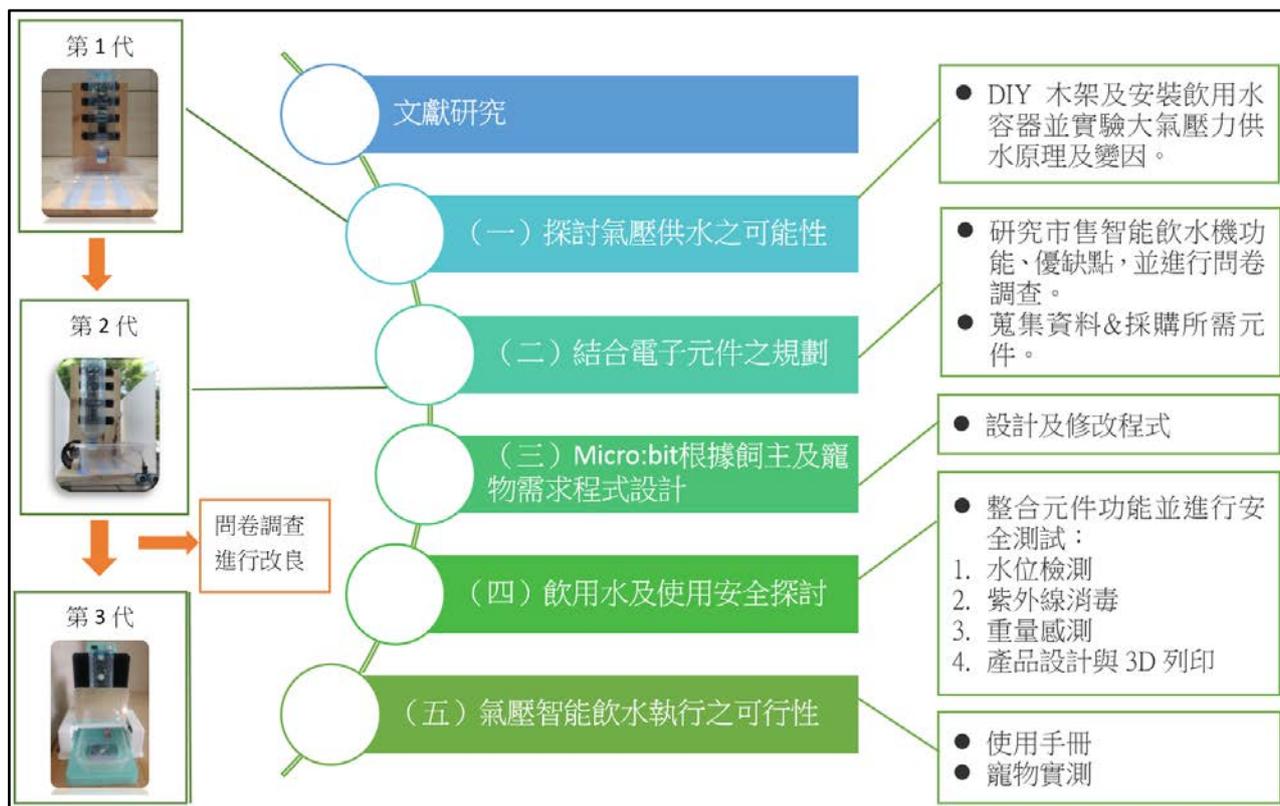


圖 1：研究流程圖

### 一、探討氣壓供水之可能性

#### (一) 根據寵物的需求提供飲水量

我們使用寶特瓶、喝水容器和自製木架並進行 4 個實驗，來觀察影響飲水盆水位的變因，並確保飲水機能依寵物所需的水量供水。

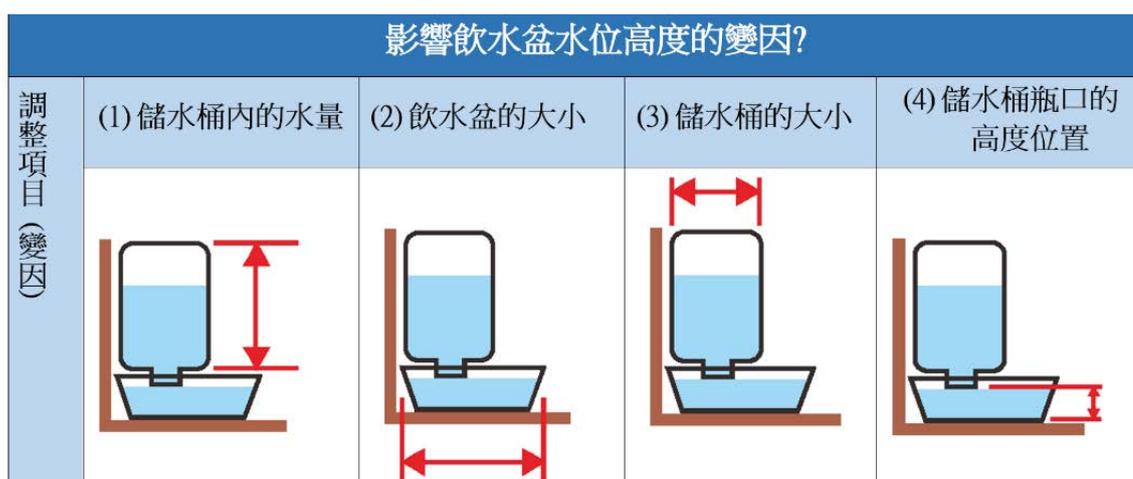


圖 2：探討影響飲水盆水位高度變因的實驗方法

## (二) 確保停電仍能正常供水

我們在喝水容器底部鑽孔來模擬寵物喝水的情形，並觀察補水動作什麼時候會進行，以確保在沒電的情況下飲水機能正常供水。

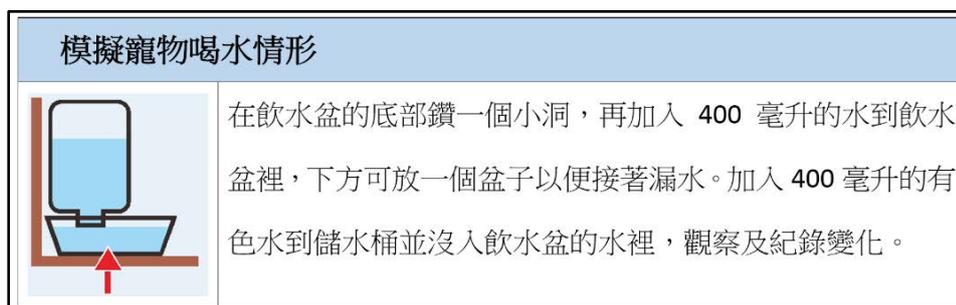


圖 3：模擬寵物喝水的實驗方法

## 二、結合電子元件之規劃

我們主要使用 Micro:bit 設備來完成這些硬體設備，零件的選用均採相容性高且易購買。

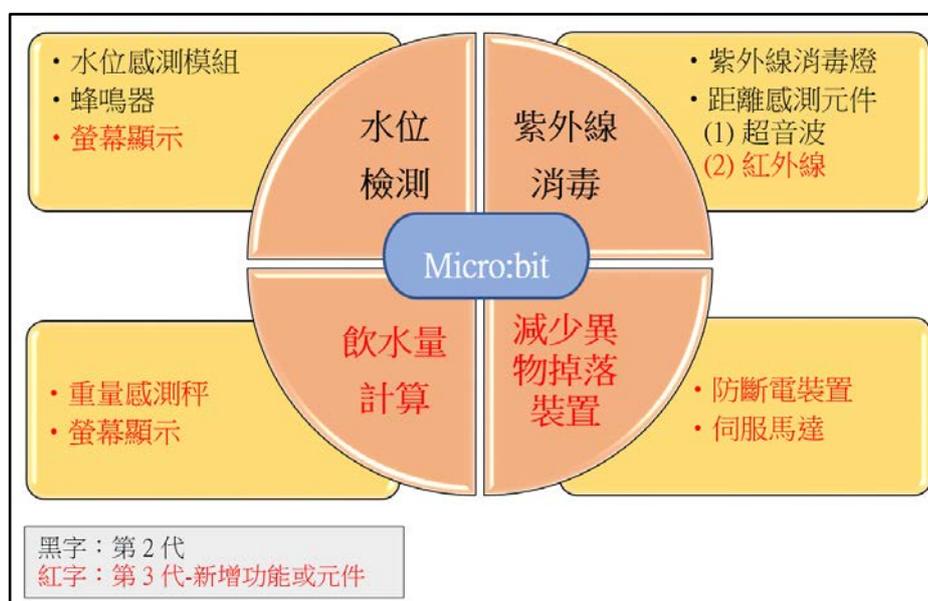


圖 4：電子元件四大功能圖

為了提升飲水機的效能，我們在製作第二代的飲水機前，先研究市售寵物飲水機的種類、功能及優缺點，並實訪寵物店。第二代飲水機雖備有缺水提醒、超音波距離感測和定時紫外線照射功能，但由於超音波偵測距離過短，所以在改成紅外線偵測時，我們也透過問卷設計來調查飼主對寵物飲水機的看法，改善以及加強第三代飲水機的實用性。

問卷方向：

狗的品種、年紀、體型→目前使用的飲水系統→若曾經使用電動飲水機，所遇到的困難→是否願意使用第二代飲水機？原因？→飼主期待新增哪些飲水機的功能？



(二)UPS 不斷電系統：斷電時，防塵蓋仍然可以感應開啟，讓寵物能夠有飲用水。

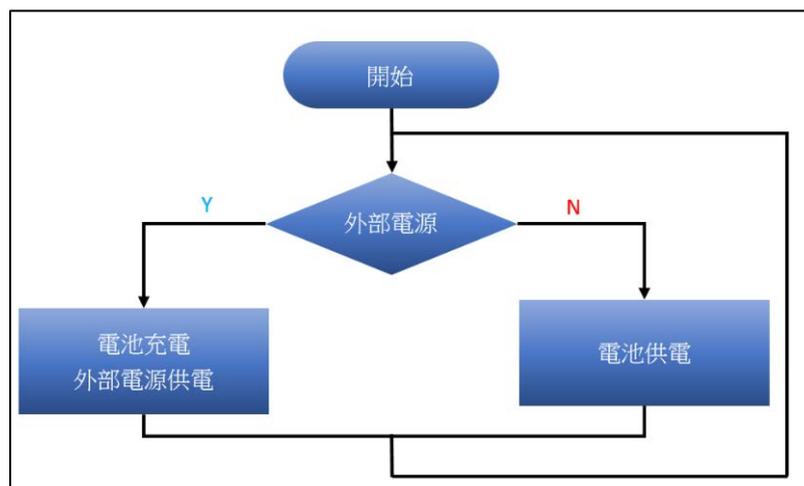


圖 6：UPS 不斷電系統程式流程圖

#### 四、飲用水及使用安全探討

大氣壓力原理在與電子科技結合的部分，我們主要是使用 Micro:bit 的幾個電子元件及設備來完成(圖 4)。但由於市面上並沒有紫外線消毒殺菌的元件，所以我們使用繼電器加上紫外線消毒燈來結合 Micro:bit 的程式控制，這樣就相當於一個紫外線燈的消毒模組。有了這些硬體模組，我們就可以用支援以下功能：

- 水位檢測：當飲水盆水位低於特定位置時，飲水機的螢幕會閃爍並會發出鳴叫聲。
- 紫外線消毒：紫外線雖然能夠消毒細菌，但也會造成寵物的傷害，故連接距離感測來啟動或關閉紫外線燈，所以我們實測超音波與紅外線的感應距離。
- 重量感測：模擬寵物飲水量與實際上減少水量的比較。
- 減少異物掉落：伺服馬達會在寵物未喝水時，蓋上防塵蓋，減少異物掉落，且在停電時，不斷電系統會啟動，讓寵物有水可以飲用。

(一)缺水提醒測試：進行水位偵測，並提醒主人補水，確保寵物有足夠飲用水。

在 Micro:bit 程式中，如果從水位感測器讀到低於預設的參數，螢幕會閃爍，並且蜂鳴器會發出聲音。

##### 1. 水位高度與電阻值關聯測試及準確性：

我們希望飲水盆的水位至少能夠維持特定的高度，不會完全沒水時才提醒飼主，所以我們設定當水位高度低於 2.5 公分左右時，飲水機能夠發出提醒。為了確認水位高度與電阻值之間的關聯及準確性，我們需要分別測試 4 組水位高度在 0.5、1.5、2.5、3.5 公分時的電阻值，檢測上列數值共 6 次，減去最高值與最低值後，取 4 次中最高的數值來當參數。

2. 水位高度 1.5、2.5 及 3.5 公分，電阻值參數為 480 歐姆時的測試：我們設定當飲水盆水位低於 2.5 公分時，螢幕會閃爍及發出鳴叫聲。此實驗主要是測試在 3 個不同水位時的電阻值及螢幕與蜂鳴器的狀況。

(二) 紫外線消毒設計：確保寵物有乾淨用水及避免寵物照射到紫外線。

我們希望能用紫外線燈消毒水，但是紫外線頻率高、波長短，寵物直接被照射到的話會造成身體傷害，所以我們用 Micro:bit 程式讓飲水機只在固定時間消毒，並當寵物靠近時紫外線燈能自動關閉。

我們利用 3M™ Petrifilm™ 快速總生菌數及大腸桿菌群檢測片及來檢測消毒成效。根據快檢片使用說明，快檢片內含標準培養基、水溶膠和方便判讀的微生物呈色劑等。菌落會經由呈色劑染色：1. 總生菌菌落數只需計算所有藍點和紅點，2. 大腸桿菌群菌落數，有氣泡包圍的紅色菌落即是。

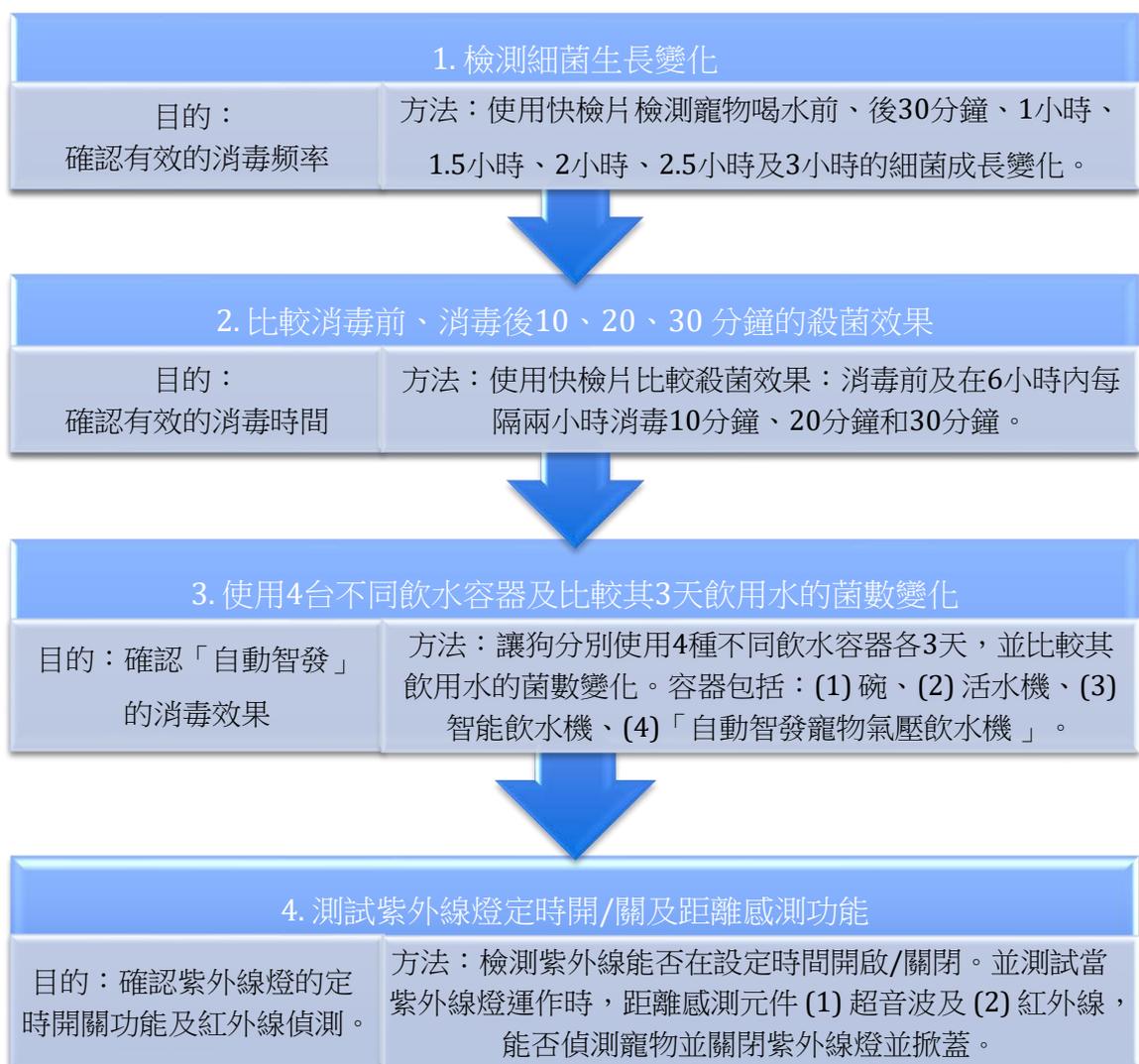


圖 7：紫外線消毒測試流程圖

### (三) 重量感測

我們要知道實際減少的水量與重量感測顯示的差異，所以使用每次飲水消耗量的累加，來計算寵物的飲水量。我們用量杯取出不定量的水並測量其重量，再和機器螢幕上的耗水量相比，以確定我們重量感測元件的準確度。

### (四) 產品設計與 3D 列印

我們的成品使用 3D 列印進行製作，利用其可快速實現構想的特性，方便我們進行測試與改進。列印的材料使用 3D 列印廣泛通用的 PLA 材料，特性與一般常見的 ABS 相近。



圖 8：3D 列印機與材料

## 五、氣壓智能飲水執行之可行性

### (一) 使用手冊

我們的飲水機均由主控制板 Micro:bit 的兩個按鍵來控制，螢幕顯示其功能及選項，有飲水重量、警告應設定、消毒時間及自動開蓋功能。

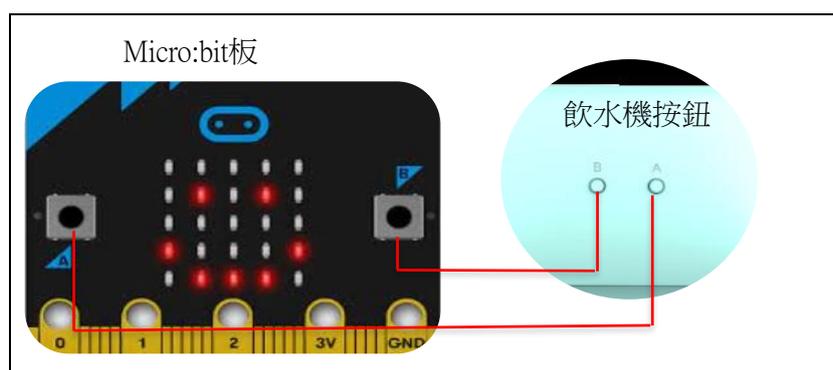


圖 9：Micro:bit 按鍵控制

### (二) 成品實測

為了確認我們機器的實用性，我們讓寵物來使用「自動智發寵物氣壓飲水機」，並測試所有功能像是否能實際執行。

## 肆、研究結果

### 一、探討氣壓供水之可能性

#### (一) 根據寵物的需求提供飲水量

實驗結果發現影響飲水機飲水盆的水位高度主要是儲水桶瓶口與飲水盆底部的距離，當此距離越大(小)時，水位就會越高(低)，飼主可依照寵物的體型及其所需的飲水量來調整飲水機的出水開口的高低。

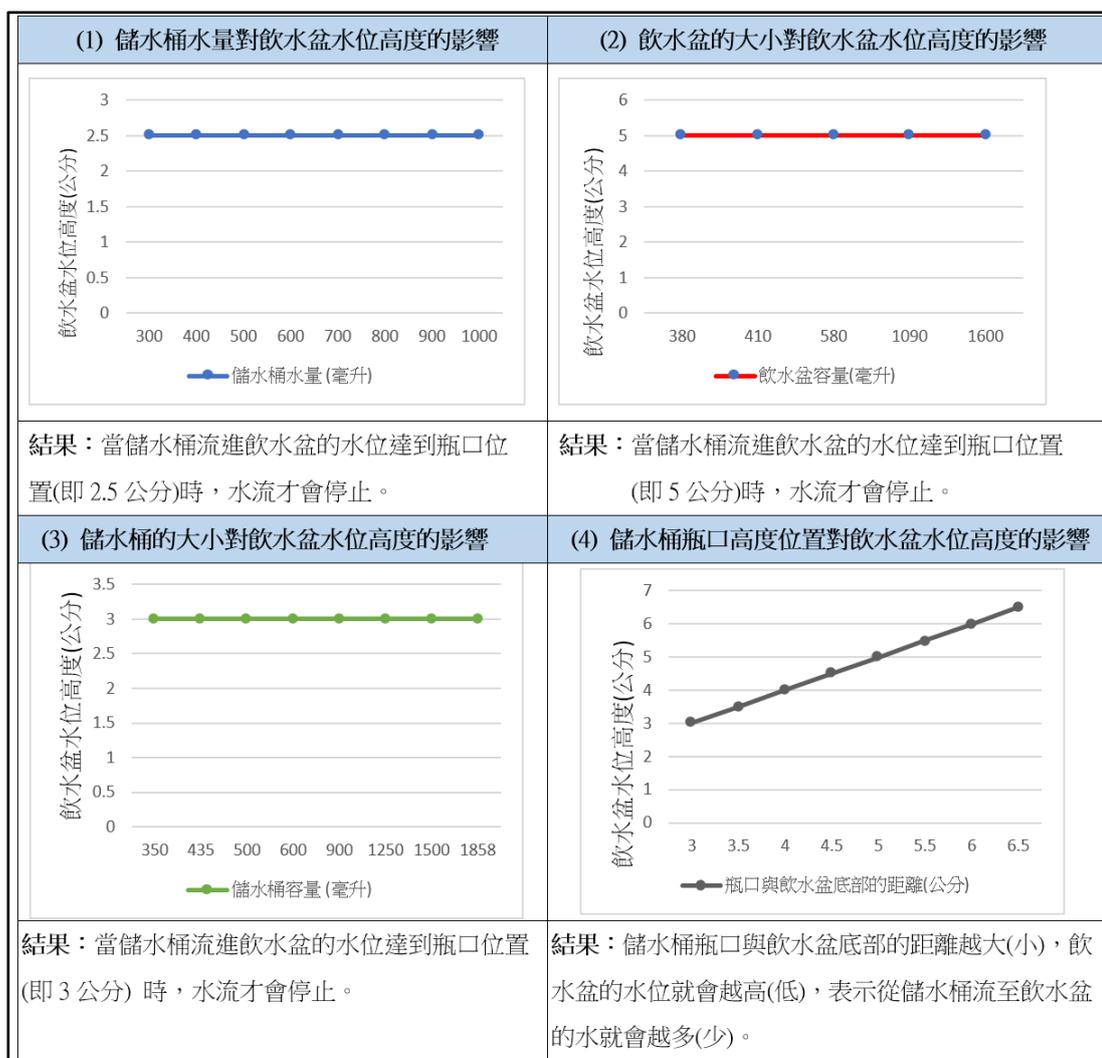


圖 10：影響飲水盆水位高度變因實驗結果

#### (二) 確保停電仍能正常供水

我們在飲水盆底下鑽洞來模擬寵物喝水，發現補水動作不需靠任何電力進行。當飲水盆的水位低於儲水桶的瓶口時，空氣進入儲水桶裡，瓶內的有色水產生泡泡並流出，直到飲水盆水位達到瓶口位置才停止。補水動作會一直重複，直到儲水桶裡的水全部流進飲水盆裡。



圖 11：模擬寵物喝水實驗

## 二、結合電子元件之規劃

Micro: bit 與其他電子元件硬體訊號如下：

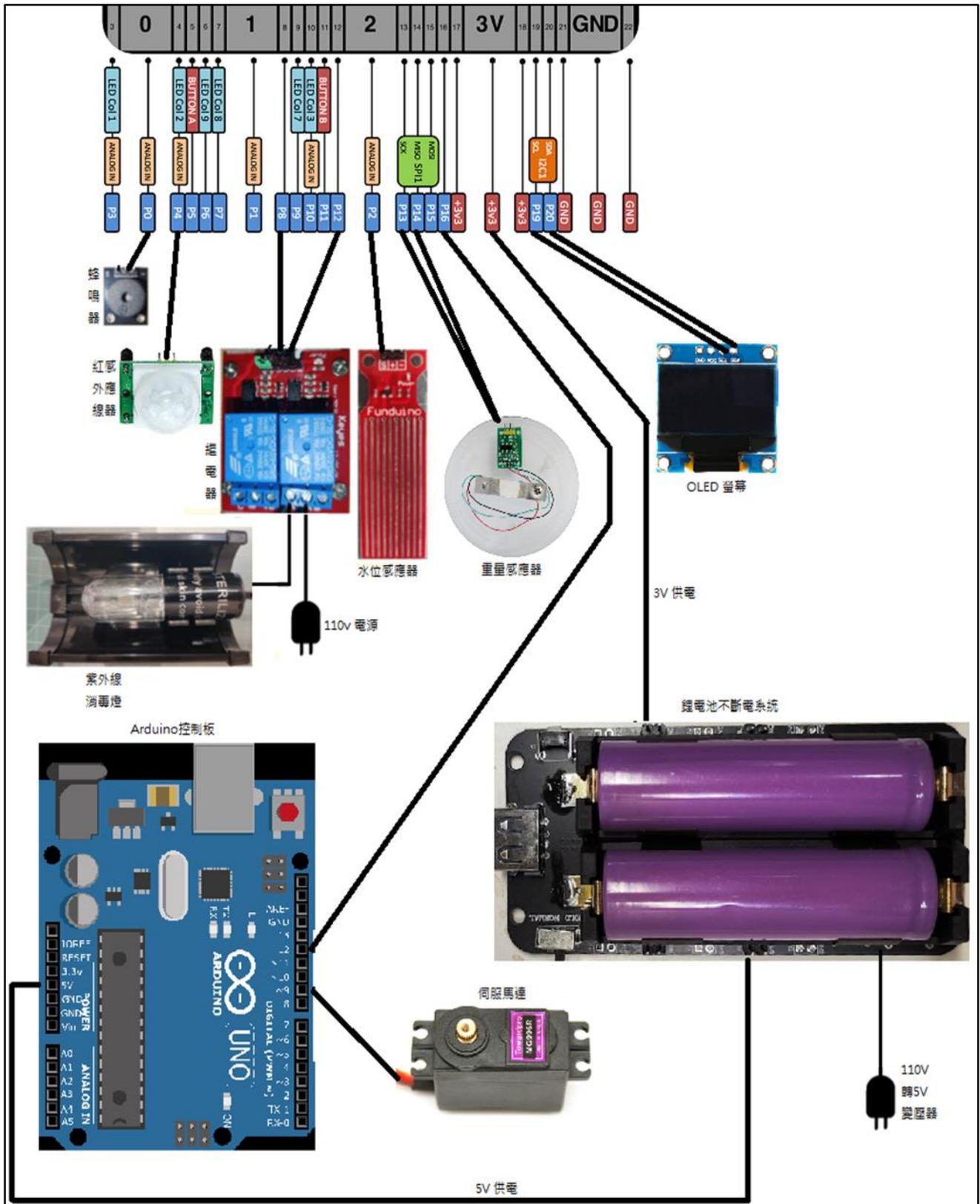


圖 12：電路系統硬體訊號圖

根據問卷調查，除狗碗以外，使用其他飲水機的飼主，時常會面臨清洗困難、馬達聲音過大、機器容易損壞、停電就無法供水、機器占空間等問題，而自動智發寵物氣壓飲水機的製作原理，除機器會大於狗碗之外，並不會有上述的問題產生。在改良第三代時，除加強偵測距離，也根據飼主意願，加入了重量感測及減少異物掉落的功能，其他像是寵物攝影、加溫功能等，由於需求性不高，所以暫不考慮。

我們的飲水機，由於體積較狗碗大，未來在製作第四代時，會把此原因列入首要改良。

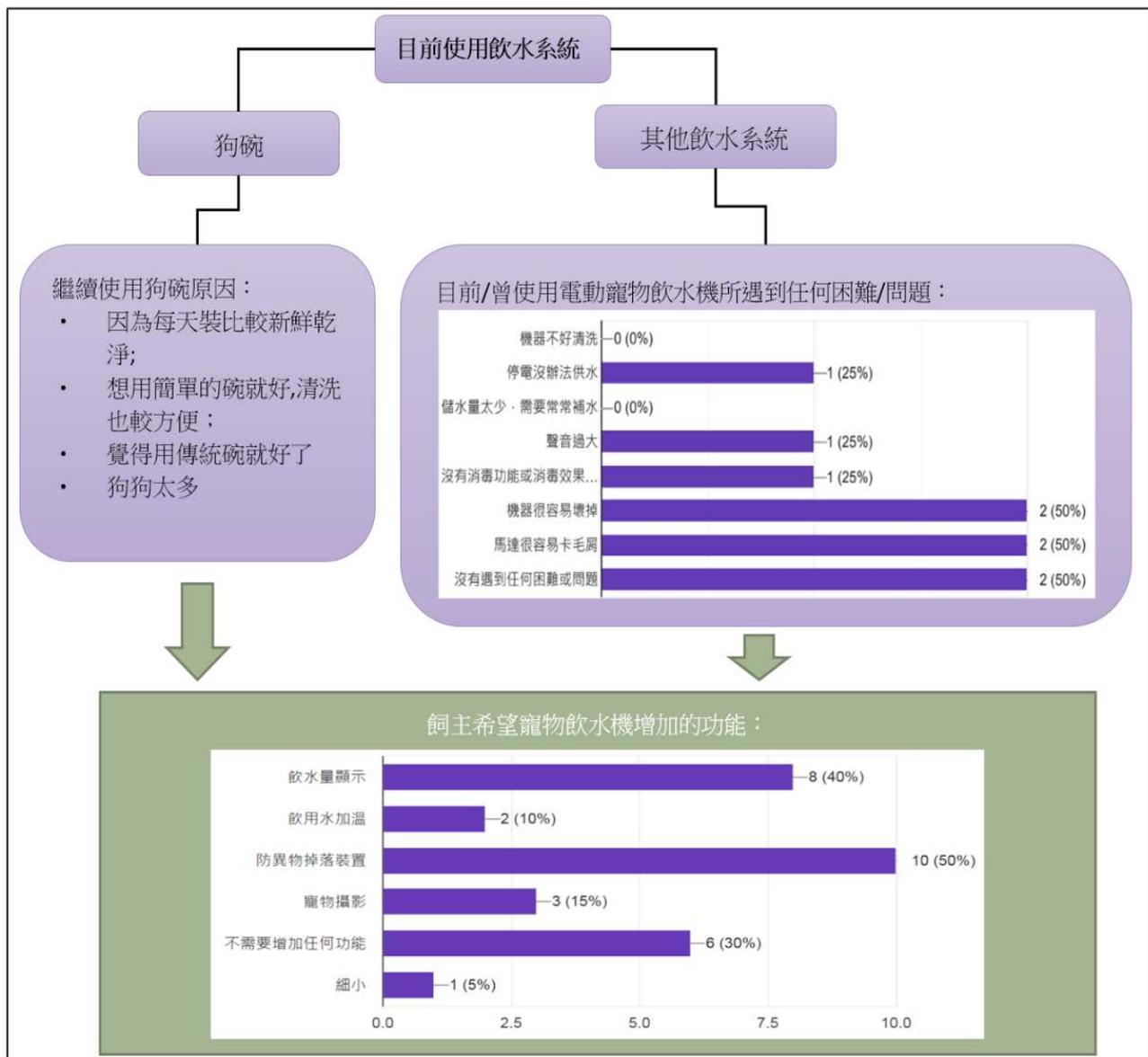


圖 13：問卷調查結果

三、Micro:bit 根據飼主及寵物需求程式設計  
列入四大功能主要程式參數如下：

1. 水位檢測程式	2. 紫外線消毒程式
3. 減少異物掉落程式	
4. 飲水量計算程式	

圖 14：程式參數設定

#### 四、飲用水及使用安全探討

##### (一) 缺水提醒測試

##### 1. 水位高度與電阻值關聯測試及準確性

表 1：飲水盆水位高度與電阻值的關聯測試結果

水位高度與電阻值關聯													
電阻值 $\Omega$	1		2		3		4		5		6		參數 $\Omega$
水位高度													
0.5 cm	340	350	345	350	340	350	330	340	340	350	330	340	350
1.5 cm	420	430	430	440	420	430	420	430	415	420	420	430	430
2.5 cm	470	480	480	490	460	470	460	470	460	470	470	480	480
3.5 cm	520	530	510	520	510	520	500	510	520	530	510	520	520

參數設定：檢測上列數值共 6 次，減去最高值與最低值後，取 4 次中最高的數值來當參數。以上實驗電阻數值均採 5 的倍數。(單位：歐姆  $\Omega$ )

##### 2. 水位高度 1.5、2.5、3.5 公分測試

當水位低於 2.5 公分時 (程式參數設定為電阻值 480 $\Omega$ )，螢幕會閃爍及蜂鳴器都能正常啟動，只有一次電阻值測試高於預設的參數。

表 2：1.5、2.5、3.5 公分水位高度的電阻值、螢幕與蜂鳴器的測試結果

電阻值、螢幕與蜂鳴器的測試結果												
水位 / 電阻值參數	測試次數 項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		1.5 公分 / 430 $\Omega$	電阻值 $\Omega$	400	425	425	420	430	425	420	410	410
	螢幕閃爍	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	蜂鳴器啟動	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2.5 公分 / 480 $\Omega$	電阻值 $\Omega$	465	475	460	465	465	470	475	485	465	470	
	螢幕閃爍	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	
	蜂鳴器啟動	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	
3.5 公分 / 520 $\Omega$	電阻值 $\Omega$	540	545	520	540	535	525	530	525	530	520	
	螢幕閃爍	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	蜂鳴器啟動	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

本實驗設定當電阻值 $\leq 480\Omega$ 時 (水位高度約 2.5 公分)，螢幕會閃爍及蜂鳴器就會啟動。以上電阻數值均採 5 的倍數。(單位：歐姆  $\Omega$ )

## (二) 紫外線消毒設計

### 1. 檢測細菌生長變化

為了知道消毒頻率，要先知道細菌的生長時間，故我們實驗寵物喝水後，3 小時內每 30 分鐘的細菌生長結果。我們發現飲用後 2 小時後，菌落數明顯提高，故調整飲水機的消毒頻率為 2 小時。

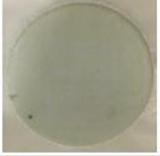
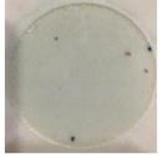
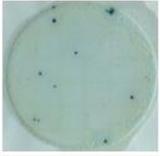
狗 A		菌落數變化	
		總生菌	大腸桿菌群
飲用前			
飲用後	30 分鐘		
	1 小時後		
	1.5 小時後		
	2 小時後		
	2.5 小時後		
	3 小時後		
	<p>本實驗使用狗碗加入清水 300 公克，當次喝水量為 45 公克。 當狗 A 喝水後馬上使用快檢片檢測菌落數。</p>		

圖 15：細菌生長變化之比較

2. 比較消毒前及 6 小時內，每兩小時消毒 10 分鐘、20 分鐘和 30 分鐘  
 三個時段消毒後結果顯示，消毒 10 分鐘的效果最差，消毒 20-30 分鐘則達到不錯的成效。

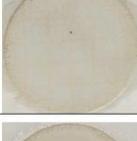
紫外線消毒後結果 (總生菌菌落數)				
檢測時間	消毒時間	狗 B	狗 C	狗 D
消毒前	0 分鐘	放置約 3 小時 	放置約 1 小時 	放置約 6 小時 
前 2 小時	10 分鐘			
	20 分鐘			
	30 分鐘			
2-4 小時	10 分鐘			
	20 分鐘			
	30 分鐘			
5-6 小時	10 分鐘			
	20 分鐘			
	30 分鐘			
6 小時內的飲水量 (公克)		67	58	92

圖 16：紫外線消毒前及 6 小時內消毒後的總菌落數結果

3. 使用 4 台不同飲水系統，比較其 3 天飲用水菌數變化  
結果顯示碗與活水機的菌落數會隨著時間的推進，持續的增加，而有紫外線消毒功能的飲水系統，菌落數相對較少。

飲水系統菌落數變化比較表									
狗 E		碗		活水機		智能消毒		「自動智發」	
檢測日/時間		總生菌	大腸桿菌群	總生菌	大腸桿菌群	總生菌	大腸桿菌群	總生菌	大腸桿菌群
第一天	8:00								
	16:00								
	22:00								
	飲水量(公克)	270		260		241		248	
第二天	8:00								
	16:00								
	22:00								
	飲水量(公克)	310		243		232		284	
第三天	8:00								
	16:00								
	22:00								
	飲水量(公克)	255		287		240		257	

本實驗測試狗 E 分別使用 4 台飲水系統各 3 天：(1) 碗；(2) 活水機 (無消毒、馬達出水+過濾)；(3) 智能飲水機 (有消毒燈泡、整天消毒、馬達出水+過濾)；(4) 「自動智發」(每兩小時消毒 20 分鐘)。  
本實驗統一在第 1 天早上 8 點加入 1200 公克的清水至各飲水系統。

圖 17：四台飲水系統菌落數變化比較



圖 18：狗 E 使用 4 台不同飲水系統

#### 4. 測試紫外線燈定時開/關及距離感測功能

- 超音波：測試距離小於 20 公分時，紫外線燈均能自動關閉。

表 3：使用超音波距離感測器控制紫外線燈的測試結果

超音波距離感測							
紫外線燈測試次數		1		2		3	
時間(分鐘)		0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120
紫外線燈(系統設定)		O	X	O	X	O	X
距離 < 20 公分	紫外線燈	X	X	X	X	X	X
距離 > 20 公分	紫外線燈	O	X	O	X	O	X
註:本實驗設定 2 小時內每隔 20 分鐘消毒 1 次；O = 開；X = 關							

- 紅外線：距離小於 100 公分時，測試方向：左側、前方及右側，紫外線燈均能自動關閉，防塵蓋均能自動打開。

表 4：使用紅外線距離感測器控制紫外線燈及防塵蓋的測試結果

紅外線距離感測																									
測試次數		1						2						3											
時間(分鐘)		0-20			21-40			41-60			61-80			81-100			101-120								
紫外線燈(系統設定)		O						X						O						X					
靠近飲水機的方向		左	前	右	左	前	右	左	前	右	左	前	右	左	前	右	左	前	右						
距離 < 100 公分	紫外線燈	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
	防塵蓋	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O						
距離 > 100 公分	紫外線燈	O	O	O	X	X	X	O	O	O	X	X	X	O	O	O	X	X	X						
	防塵蓋	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
註:本實驗設定 2 小時內每隔 20 分鐘消毒 1 次；O = 開；X = 關																									

### (三) 重量感測

我們進行了 6 次測試，每次測試逐步地減少飲水盆裡的水量，模擬寵物喝水的情形。重量感測與實際減少水量的累進差異，6 次實驗均未超過 20 公克，在可接受範圍。

表 5：實際飲水量與重量感測比較表

飲水量與重量感測比較表						
測試次數	飲水量 (A)	累進飲水量 (B)	顯示水量 (C)	單次計算水量 (D)	單次差異 (D)-(A)	累進差異 (C)-(B)
1	48	48	54	54	6	6
	70	118	141	87	17	23
	32	150	181	40	8	31
	36	186	214	33	-3	28
	56	242	259	45	-11	17
2	69	69	67	67	-2	-2
	29	98	98	31	2	0
	51	149	137	39	-12	-12
	33	182	162	25	-8	-20
	52	234	214	52	0	-20
3	68	68	78	78	10	10
	38	106	123	45	7	17
	36	142	150	27	-9	8
	47	189	205	55	8	16
	45	234	247	42	-3	13
4	59	59	59	59	0	0
	46	105	106	47	1	1
	42	147	139	33	-9	-8
	49	196	167	28	-21	-29
	53	249	229	62	9	-20
5	66	66	51	51	-15	-15
	35	101	92	41	6	-9
	37	138	135	43	6	-3
	51	189	184	49	-2	-5
	29	218	226	42	13	8
6	50	50	62	62	12	12
	48	98	128	66	18	30
	30	128	173	45	15	45
	36	164	197	24	-12	33
	43	207	226	29	-14	19

#### (四) 產品設計與 3D 列印

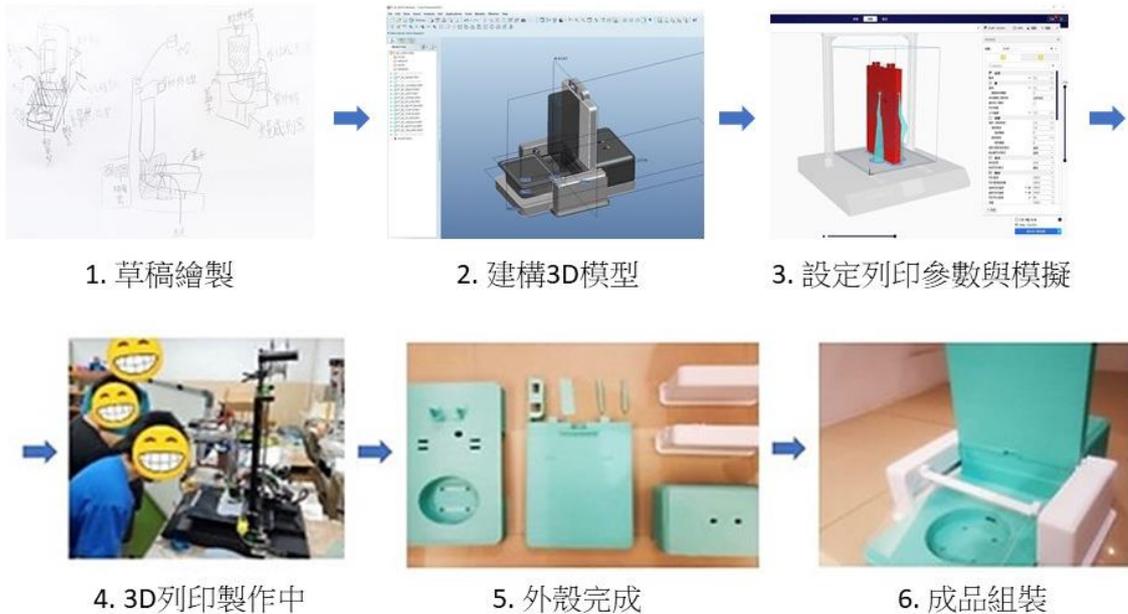


圖 19：設計與組裝過程

經由問卷與訪談，加上實際拜訪寵物用品店，我們規劃自己的寵物飲水機的主要功能，透過手繪將樣式與各零件位置勾勒出來。接著透過參數式建模軟體 Pro Engineer 設計 3D 模型，將電子零件與線路都埋藏在模型外殼中，避免被水潑濺與被寵物拉扯的狀況。設計完成後，使用學校的 3D 列印機將各零件外殼製作出來，最後將電子零件與成品組裝，完成我們的寵物飲水機。

我們把 3M 無痕膠貼在飲水機的底部加以固定，減少飲水機容易被撞倒的機會。為了方便加水，儲水桶的背面及機身以雙面膠魔鬼氈黏貼，飼主在補水時可直接拔下儲水桶，也可以因應寵物飲水量的需求而隨時調整飲水盆的水位高度位置。

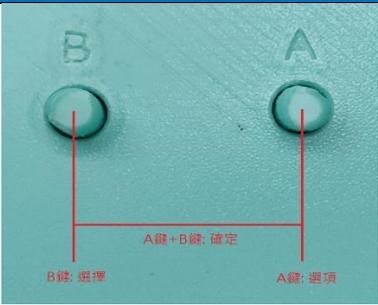
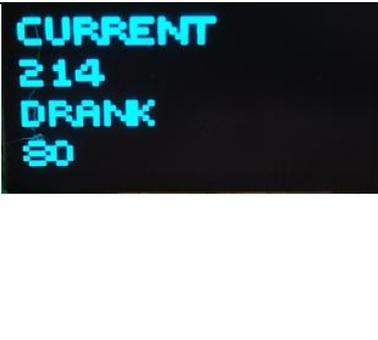
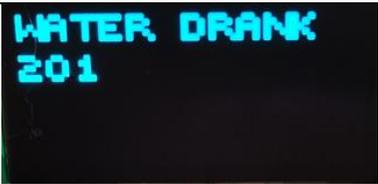
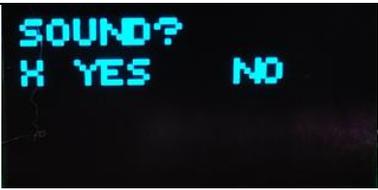
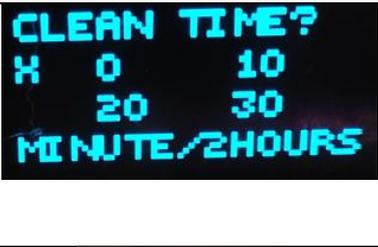


圖 20：組裝後的成品

## 五、氣壓智能飲水機執行之可行性

### (一)使用手冊

表 6：第 3 代「自動智發寵物氣壓飲水機」使用說明

項目	圖示	說明
1		<p>A 鍵：選項 B 鍵：選擇 A 鍵+B 鍵 = 確定</p>
2		<p>開機時主畫面會顯示目前的重量和消耗的 重量。消耗的重量是可歸零的，在瓶 子及水盆加水後，等大約 10 秒，螢幕會 顯示目前的重量，這時按下 A 鍵+B 鍵， 就可以將消耗的重量歸零。 缺水的時候除了蜂鳴器會發出警告外 (開啟警告音時)，螢幕也會閃爍。</p>
3		<p>飲水重量: 顯示自從上次重量歸零後消 耗的水量。</p>
		<p>警告音設定: 設定缺水的時候蜂鳴器是 否要發出警告，按 B 鍵選擇 YES 或 NO 後，同時按下 A 鍵 + B 鍵確定。</p>
		<p>消毒時間: 設定每兩小時要消毒多少時 間，可以選擇 0/10/20/30 分鐘，0 分鐘就 是關閉消毒功能。 按 B 鍵選擇要消毒的時間後同時按下 A 鍵 + B 鍵確定。</p>
4		<p>紅外線感應到寵物接近後，會自動將水 盆防塵蓋開啟。 若這時紫外線燈正在消毒，亦會先暫時 關閉以避免傷害眼睛。 寵物離開 1 分鐘後，防塵蓋會自動關 閉，如果這時為消毒的時間，紫外線燈 也會自動開啟繼續消毒。</p>

## 自動智發 - 寵物氣壓飲水機



### 第1代

- 停電供水



### 第2代

- 停電供水
- 超音波距離感測(寵物距離<20公分會自動關閉紫外線燈)
- 紫外線消毒功能(每23小時消毒1小時)
- 缺水提醒-蜂鳴聲



### 第3代

- 停電供水
- 紅外線距離感測(寵物距離<100公分會自動關閉紫外線燈)
- 定時紫外線消毒開關功能
- 消毒時間選擇功能(每2小時消毒的時間0/10/20/30分鐘)
- 缺水提醒(可選擇開啟或關閉蜂鳴器 + 螢幕閃爍)
- 重量感測(計算飲水量)
- 掀防塵蓋+不斷電裝置(減少異物掉落)

圖 21：第 1-3 代「自動智發寵物氣壓飲水機」功能說明

## (二) 成品實測

實測當天，我們發現寵物很快就適應飲水機。由於當時氣溫較高，寵物的喝水量也很高。重量感測、定時紫外線燈消毒開啟及關閉、紅外線感應、防塵蓋開關等都能正常運作。



### 水位感測

如飲水盆水位低於 2.5 公分，蜂鳴器會發出警告外(開啟警告音時)，螢幕也會閃爍。



### 重量感測

開機時主畫面會顯示目前的重量和消耗的重量。

寵物喝水後，螢幕會顯示累計消耗的水量。



### 紫外線消毒與減少異物掉落

當定時紫外線消毒啟動時：  
如寵物距離 >100 公分，消毒會繼續運作，防塵蓋會保持關閉。

如紅外線感應到寵物距離 <100 公分，紫外線燈會暫時關閉，防塵蓋會自動打開。

待寵物離開 1 分鐘後，防塵蓋會自動關閉，如果這時仍為消毒時間，紫外線燈也會自動開啟繼續消毒。

停電時，因為我們有加入不斷電裝置，所以防塵蓋仍然可以感應開啟。

圖 22：實測成果展示

## 伍、討論

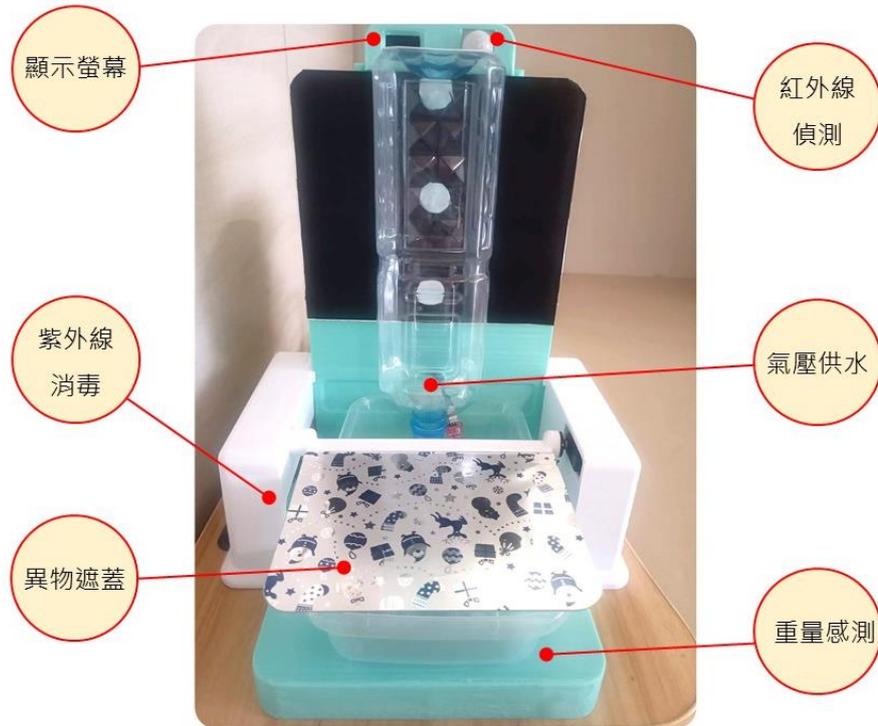


圖 23：自動智發寵物氣壓飲水機功能說明

### 一、探討氣壓供水之可能性

從飲水盆水位的流量及變化的實驗結果得知，唯一影響飲水盆的水位高度是儲水桶瓶口與飲水盆底部的距離，當此距離越大(小)時，水位就會越高(低)，所以飼主可依照寵物的體型及其所需的飲水量來調整飲水機的出水口高低。

我們利用飲水盆開孔來模擬寵物喝水，發現飲水機是利用瓶內及瓶外的大氣壓力差來達到補水的動作。當寵物喝水時，飲水機不會立即補水，除非飲水盆的水位已降到低於瓶口位置。原因是此時空氣才能進入儲水桶內，瓶內壓力(含氣壓和液體壓力)會比瓶外壓力大，桶內的水就容易流出。但當飲水盆的水位高度升到儲水桶的瓶口時，空氣無法進入瓶內，補水動作就會停止。隨著儲水桶裡的水減少，瓶裡上面的空氣體積變大，內部氣壓慢慢變小，當內部壓力與外部大氣壓力達到平衡，水就會停止流出。

由於大氣壓力的原理，補水是不受供電的限制。

### 二、結合電子元件之規劃

我們的飲水機在硬體方面，各部件均可單獨更換，不會互相牽制受影響，市售飲水機壞掉一個零件，就需整台重新購置，非常的浪費且不經濟。實驗時，我們選擇了曾經學過的 Micro:bit 系統來切入，加了消毒元件後，發現 LED 紫外線燈條的殺菌距離跟效能太差，於是改用 110 伏的殺菌燈管，但由於跟 Micro:bit 的電壓不符，所以我們加了繼電器來改善這個問題。由於有時取得的感測器數值會有跳動的現象，檢查發現，我們一開始

使用的電子底板線路固定的部分並不牢靠，換了一片底板並加強接線後才改善了這個狀況。後期研發第三代時，由於增設了更多的功能，造成 Micro:bit 無法負荷，程式無法運作，所以又加了 Arduino 來改進程式運作。另外，由於第二代飲水機的電子控制及接線都是外露的，容易讓寵物因好奇而造成破壞，我們使用 3D 列印來嘗試改善。

### 三、Micro:bit 根據飼主及寵物需求程式設計

我們的飲水機可以根據寵物的體型大小，生活的型態及主人的習慣來改變設定，像是水位高低的缺水提醒、消毒的時間及頻率、喝水量的計算等均可量身打造。

### 四、飲用水及使用安全探討

#### (一) 缺水提醒測試

##### 1. 水位高度與電阻值關聯測試及準確性

水位感測器是利用水在銅線間導電來偵測高度，但因各種液體的導電性不同，且電路板本身的濕潤程度也會影響數值。在我們的實驗中，每次設定出的數值，到下一次實驗時，都會有變動，為了克服這些問題，經研究它的原理，是因為偵測器偵測的是水的導電性，所以實驗時我們會先將電路板浸濕，減低潮濕度的變因，等待數值穩定。另外就是增加實驗的次數以減低水導電性的變數。

##### 2. 水位高度 1.5、2.5、3.5 公分測試

從檢測 3 個不同水位高度，電阻值、顯示器與蜂鳴器的測試結果發現在 2.5 公分的實驗第 8 次沒有達到預期結果，應是檢測器的吸水性造成，由於誤差值低，出現一次，尚在可接受範圍。當電阻值低於 480 歐姆時，螢幕與蜂鳴器都能閃爍並鳴叫。

#### (二) 飲用水紫外線消毒與距離感測

我們發現經寵物飲用過的水，若放置一段時間後，水裡的細菌量會大幅上升。為保障寵物飲水安全，我們一開始利用快檢片做了未經消毒、消毒 1 小時與 2 小時的總菌落數比較，發現消毒 1 小時就達到非常顯著的殺菌效果。但若每天只消毒一次，會造成飲用水長時間處於未殺菌狀況，因此我們嘗試減少消毒時間，增加消毒頻率，來檢驗殺菌成效。我們先實驗寵物飲用水裡總生菌及大腸桿菌群的生長速度，發現 2 個小時的細菌生長速度尚在延滯期，故我們以每兩個小時消毒一次，測試消毒 10 分鐘、20 分鐘、30 分鐘的消毒結果(圖 16)，發現消毒 20 分鐘就有不錯的效果。殺菌後 10 分鐘後的總菌落數，目測的數量超過飲用水水質標準，即 100CFU/ml (CFU=Colony-forming unit 菌落形成單位)。而消毒 20 分鐘的目測菌落數都未超過 100CFU/ml，均較符合飲用水水質的標準。且與另外 3

款的飲水系統比較(圖 17)，我們自動智發寵物氣壓飲水機的消毒時間較短，消毒結果也較佳。但由於實測三天時，寵物在消毒時間也常會靠近飲水機，故實際消毒時間會少於 20 分鐘，所以若擔心飲用水無法達到水質標準，可以改為消毒 30 分鐘，來減少寵物靠近的變因。在消毒的模式下，距離偵測一開始是使用超音波，實際實驗只有 20 公分的有效距離。我們考量到有些寵物的速度比較快，所以我們改成紅外線偵測，實測能夠有 100 公分以上的有效距離，更加確保安全。雖然我們已設 100 公分的安全距離，但仍有些飼主，希望更能有保障，所以也可以依據生活習慣，修改參數，把消毒時間改成夜間消毒，或是強制手動開關消毒，紅外線偵測器也可以調成 200 公分的安全距離。

防塵蓋在停電的情況下可以正常開關，且能蓋住飲水盆以減少異物掉落或蟲的爬入。

### (三) 重量感測

在實際測量時，我們將電子秤放在水盆下，但因為我們用大氣壓力原理補充水，所以電子秤得到的重量不會包含瓶內的水，在水瓶的水放光之前，我們量測的只有水盆裡的重量。因為這個現象，我們不能用初始的重量減去目前的重量，而是必須每幾秒鐘就要偵測一次重量，並不斷地累積減少變化量做為水的消耗量。在實驗過程中發現，風力或一些震動會造成重量偵測的偏移，為了避免這些外在的因素，或寵物喝水時造成的重量變化，我們程式增加了濾除每次偵測時小於 20 克的變化。

### (四) 3D 列印與設計

我們這次的寵物飲水機是透過 3D 列印機來製造，它有效的幫助我們可以快速的實現我們的構想，將寵物飲水機的外殼製造完成，進行後續實際的實驗與測試。然而，受限於 3D 列印設備的特性，外殼表面的平整度較難達到平滑無瑕，需透過手工再盡量磨平，日後應可選用更高階的機器，讓外殼的平整度更好，也確保各零件的尺寸更準確，方便組裝。

## 五、氣壓智能飲水執行之可行性

我們經寵物實測，紅外線約 100 公分、150 度左右的範圍內，能夠感應到寵物的體溫，確實在靠近飲水機時關閉紫外線燈，開啟防塵蓋。重量感測也能在每次寵物喝水時，進行飲水量累加的動作。水位偵測由於聲音比較刺耳，雖然能關閉，由螢幕閃爍來顯示，但未來還是會尋找較舒適的蜂鳴器來改進。模擬斷電時，防塵蓋也會掀起。雖然執行上也沒有問題，但由於沒有全部蓋住，還是會有些許的落塵，這也是我們未來要再改進的地方。

根據問卷和實際訪談，我們製作了智能飲水機，「自動智發」有以下獨有的特點：

- 一、大氣壓力結合電子元件的飲水機是市面上沒有。
- 二、我們消毒的範圍是涵蓋整個飲水盆，而市售飲水機的紫外線燈放置在儲水箱裡，上部飲水盆無法消毒。
- 三、市售的機器飲水盆是屬於開放式，我們的有部份蓋著，較能阻擋異物。
- 四、能選消毒時間、能選缺水時是否會鳴叫及微調紅外線偵測距離。

表 7：「自動智發氣壓飲水機」與碗、活水機及智能飲水機的比較表

項目	碗	活水機	智能寵物飲水	自動智發
照片				
容量	容量固定	容量固定	容量固定	依據需求替換水 (勝)
停電補水	--	不可補水	不可補水	可補水 (勝)
各部件更換	--	需整組換新	需整組換新	各零件可更換 (勝)
程式設計	--	--	--	可根據需求設計 (勝)
缺水提醒	--	--	--	有 (勝)
消毒測試結果	--	--	有消毒效果	消毒效果最佳 (勝)
安全距離偵測	--	--	--	有 (勝)
清洗	只須清洗水盆	需拆開清洗	需拆開清洗	只須清洗水盆 (勝)
運作聲	無馬達聲	有聲音	有聲音	無馬達聲 (勝)
喝水量計算	--	--	--	有 (勝)
過濾耗材	--	有	有	無 (勝)
減少異物掉落	--	--	--	有 (勝)
不斷電系統	--	--	--	有 (勝)

## 陸、結論

總結本研究創作的自動智發飲水機，具備特色如下：

- 一、氣壓供水：在停電時繼續出水，不受缺電的影響。主人外出時，可依據寵物的習慣，提供足夠的水源供應。
- 二、電子元件規劃：飲水機的電子自動控制零組件容易取得及更換，更容易維修與長久使用。
- 三、Micro:bit 根據需求程式設計：由於軟體程式的參數均可更動，故可調整配合主人與寵物的生活習慣，使得此飲水機更具人性化。
- 四、飲水機安全探討：

- (一) 能偵測水位，並以蜂鳴器或螢幕閃爍提醒飼主補水。
  - (二) 紫外線消毒燈能有效殺菌，使用紅外線距離感測器可以控制紫外線燈及掀蓋的功能，避免傷害寵物的眼睛，且停電時不斷電系統可以讓防塵蓋感應開啟。
  - (三) 重量感測能計算寵物的喝水量。
  - (四) 透過 3D 列印，改善飲水機，避免被水潑濺與被寵物拉扯的狀況。
- 五、自動智發寵物氣壓飲水機執行：經寵物實測，氣壓結合電子元件均能實際執行使用。我們的飲水機在容量選擇、零件更換、消毒效果、清洗的便利性，運作聲都優於市售產品：如停電補水、零件更換容易，程式可選擇需求條件、安全距離偵測、喝水量計算，減少異物掉落的裝置、備用電源的提供、補水提醒、螢幕顯示等，能提供長時間、穩定安全、衛生的飲衛生的飲水，「自動智發」真的是最佳寵物飲水機。



圖 24：自動智發寵物氣壓飲水機特色說明

## 柒、未來展望

我們未來會加入更多功能，包括：喝水攝影、飲用水加溫，或是缺水的 Line 通知等。實驗的部分還可以多做不同品種或其他寵物的測試，採用不同的材質或固定方式讓成品的耐用性提高。根據問卷調查，我們發現飼主對水的潔淨度會比較有需求，所以希望能夠將掀防塵蓋改進成全罩式蓋子，這樣既能無死角的遮住紫外線光，也能防止異物或蟲爬入。未來透過數據的蒐集，了解是否可以廣泛使用於其他寵物，在未來的科學實驗中，還會持續努力與學習，希望可以讓寵物更健康，讓主人更安心!

## 捌、參考文獻資料

1. ETtoday 寵物雲(2019) 長期缺水罹患腎臟病機率更高！3 招讓毛孩輕鬆增加喝水量，檢自 <https://pets.ettoday.net/news/1398202#ixzz7Q7KK4mPg>
2. NSF International (2011) 2011 NSF International Household Germ Study，檢自

[https://d2evkimvhatqav.cloudfront.net/documents/2011\\_nsf\\_household\\_germ\\_study\\_exec\\_summary.pdf?v=1594928299](https://d2evkimvhatqav.cloudfront.net/documents/2011_nsf_household_germ_study_exec_summary.pdf?v=1594928299)

3. Bat Country Pet Sitting (2021) Biofilm : The Common Slime That's Poisoning Your Pets & Family , 檢自 <https://www.batcopetsitting.com/biofilm-bacteria-pet-dishes/>
4. 南投縣政府環境保護局 (2022) 飲用水水質標準包括哪些項目及最大限值為何? , 檢自 <https://www.ntepb.gov.tw/sub/faq/Details.aspx?Parser=26,18,309,278,303,,75>
5. Zfang (2019) 從蜂蜜罐上的孔談起~大氣壓力與寶特瓶水漏  
<http://n.sfs.tw/content/index/13617?noframe=true>
6. 蘇晉輝、盧東華(2019) MakeCode for Micro:bit 結合開發板及模擬器 提升學生學習成效與態度研究-以新北市某國小學生為例 , 檢自  
[http://ncs2019.nqu.edu.tw/cn/thesis/NCS2019\\_thesis/19-8154.pdf](http://ncs2019.nqu.edu.tw/cn/thesis/NCS2019_thesis/19-8154.pdf)
7. Micro:bit Educational Foundation (2021) Remote summer school , 檢自  
<https://microbit.org/impact/case-studies/remote-summer-school/>
8. 黃翊洛、劉其璋、蔡佳俊 (2013) 超音波測距感測器 , 檢自  
[https://www.shs.edu.tw/works/essay/2013/03/2013032815011876.pdf?fbclid=IwAR1IY6FSV1dzJbLEyc77EXZ3HWiYt\\_EvGgZEKTn4OeTvLeJCLer-Goj6x5E](https://www.shs.edu.tw/works/essay/2013/03/2013032815011876.pdf?fbclid=IwAR1IY6FSV1dzJbLEyc77EXZ3HWiYt_EvGgZEKTn4OeTvLeJCLer-Goj6x5E)
9. 曾兆弘 (2005) 超音波測距系統設計 , 檢自  
<http://chur.chu.edu.tw/bitstream/987654321/6055/1/NC093CHPI0598014.pdf>
10. 張平義 (2008) 紅外線感測器探討 , 檢自  
<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2008/10/2008103120271591.pdf>
11. 楊仲齊、徐紹齊、黃郁瀚 (2019) 人體感應電燈 , 檢自  
[http://www.kyicvs.khc.edu.tw/kyicvs/images/ckfinder/files/20191019\\_023945.pdf](http://www.kyicvs.khc.edu.tw/kyicvs/images/ckfinder/files/20191019_023945.pdf)
12. Nicholas F. Gray (2013) Ultraviolet Disinfection , 檢自  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124158467000342>
13. 曹永忠、許智誠、蔡英德 (2013) Arduino 電子秤設計與製作 : The design and development of an electronic scale , 渥瑪數位有限公司 ISBN 9868936020, 9789868936027.
14. 風傳媒 (2013) 3D 列印簡介 , 檢自 <https://www.storm.mg/article/21792>
15. 張維庭 (民 99)科學美人的趣味實驗室(86 -87 頁), 台視文化
16. OXXO.STUDIO , Micro:bit 原理 ,  
<https://steam.oxxostudio.tw/category/microbit/info/makecode.html>
17. LingShunLab.com , 水位檢測原理 , <https://www.lingshunlab.com/book/arduino/arduino-uno-use-water-level-sensor>
18. Digi-Key Electronics , 超聲波距離原理 , <https://www.digikey.tw/zh/articles/understanding-ultrasonic-sensors>
19. 趙英傑(民 108)超圖解 Arduino 互動程式設計 , 旗標科技

## 【評語】 082811

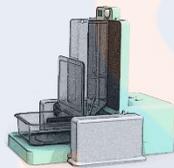
此作品以寵物喝水的水量與水質乾淨度為出發點，設計了一個智能氣壓自動補水裝置，是個貼近居家生活的科展作品。藉由氣壓供水、淨水、電子偵測結合紅外線感測與紫外線消毒，利用科技融入的方式解決寵物飲水問題。除了生菌數外，寵物嘴上的雜質與灰塵可能於飲水時掉入水盆中汙染水質，若能將本議題納入考量將可顯著提高本作品的實用性。

## 作品簡報

# 自動智發 - 寵物氣壓飲水機

組 別：國小組

科 別：生活與應用科學科(一)



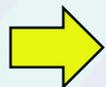
# 前言

## 研究動機

  
愛犬飲水  
很重要



  
為讓愛犬充足  
飲水，改用市  
售活水機



  
使用不久水質受污  
染影響愛犬健康



  
研發「自動智發」  
氣壓飲水機

## 研究目的及流程

1. 探討氣壓供水之可能性



實驗大氣壓力供水原理及變因

2. 結合電子元件之規劃



研究市售機種、問卷調查

3. Micro:bit 依實際需求設計程式



設計及修改程式

4. 飲用水及使用安全探討



整合元件功能與安全測試

5. 氣壓智能飲水執行之可行性



寵物實測與結果



第一代

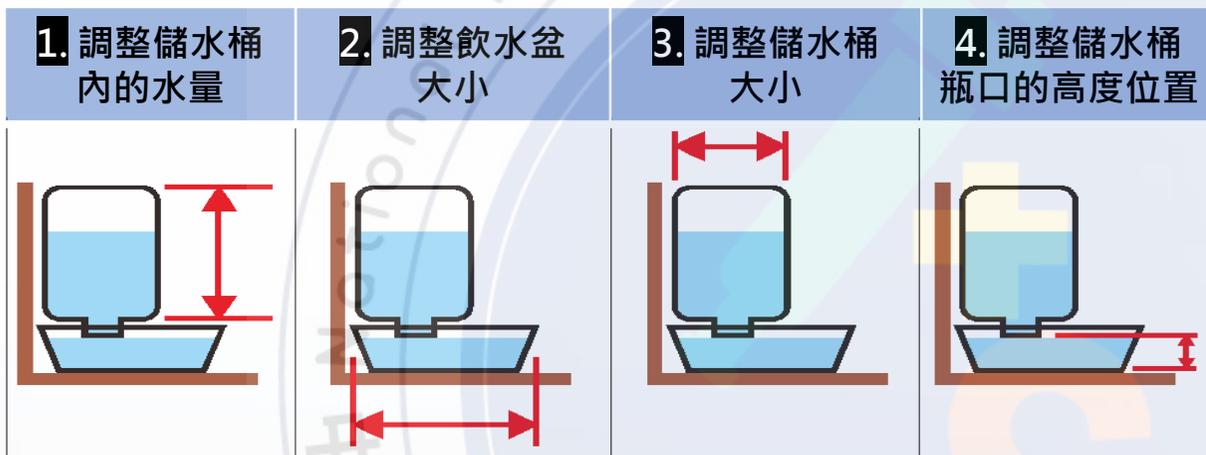
第二代

第三代

# 研究方法與結果 - 大氣壓力供水原理及變因

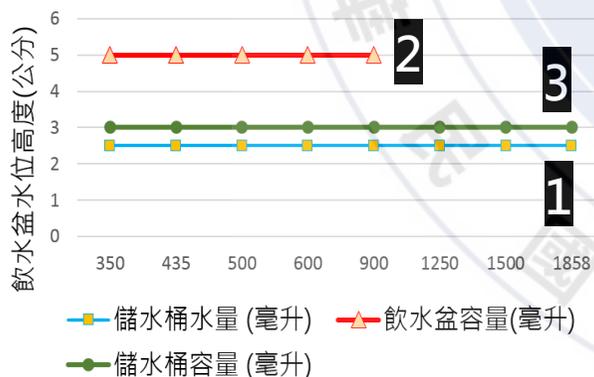
## 一、根據寵物的需求提供飲水量

### 方法



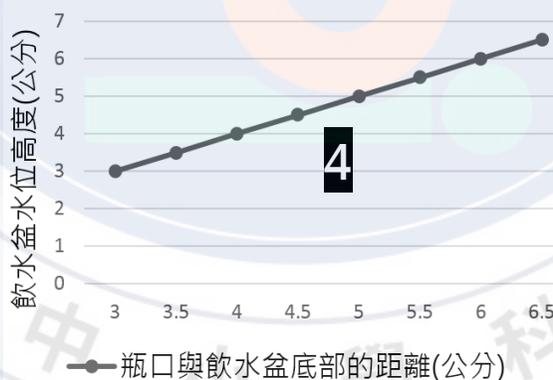
### 結果

對飲水盆水位的影響



→ 水位恆定

對飲水盆水位的影響

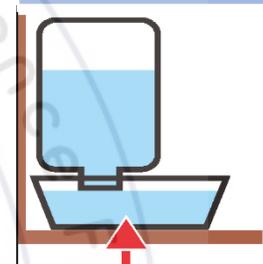


→ 瓶口越高，水位越高

## 二、確保正常供水

### 方法

### 模擬寵物喝水



在飲水盆底部打洞

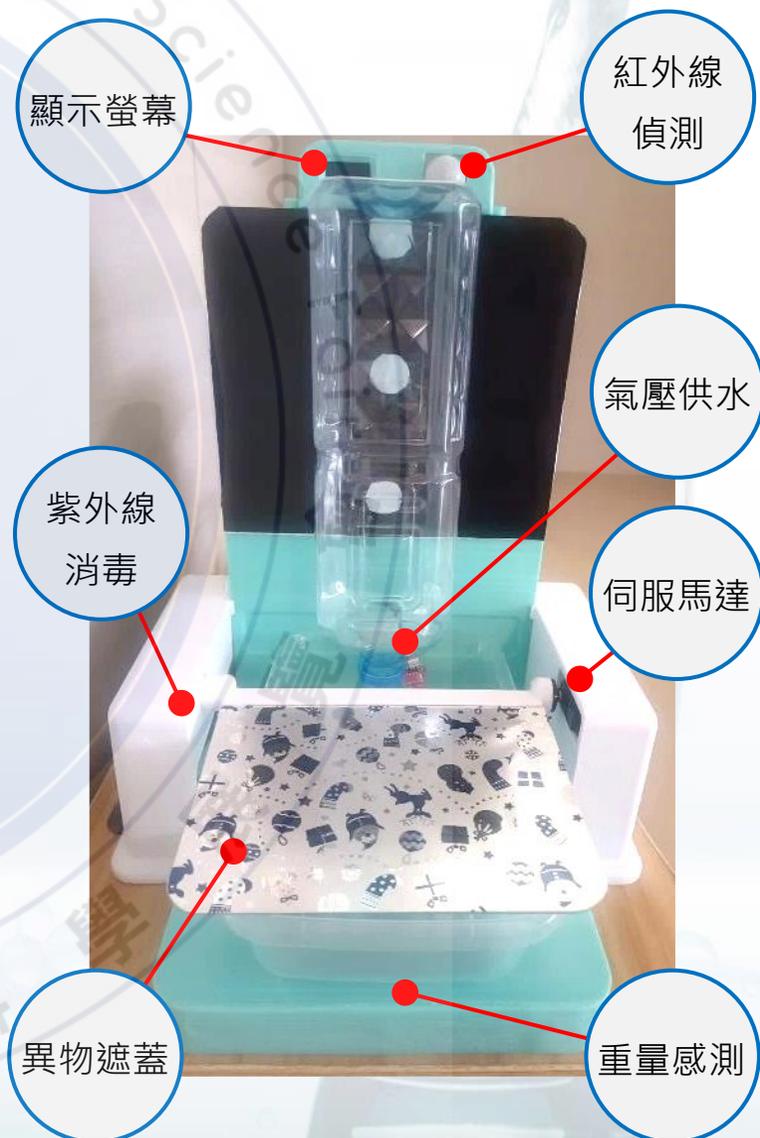
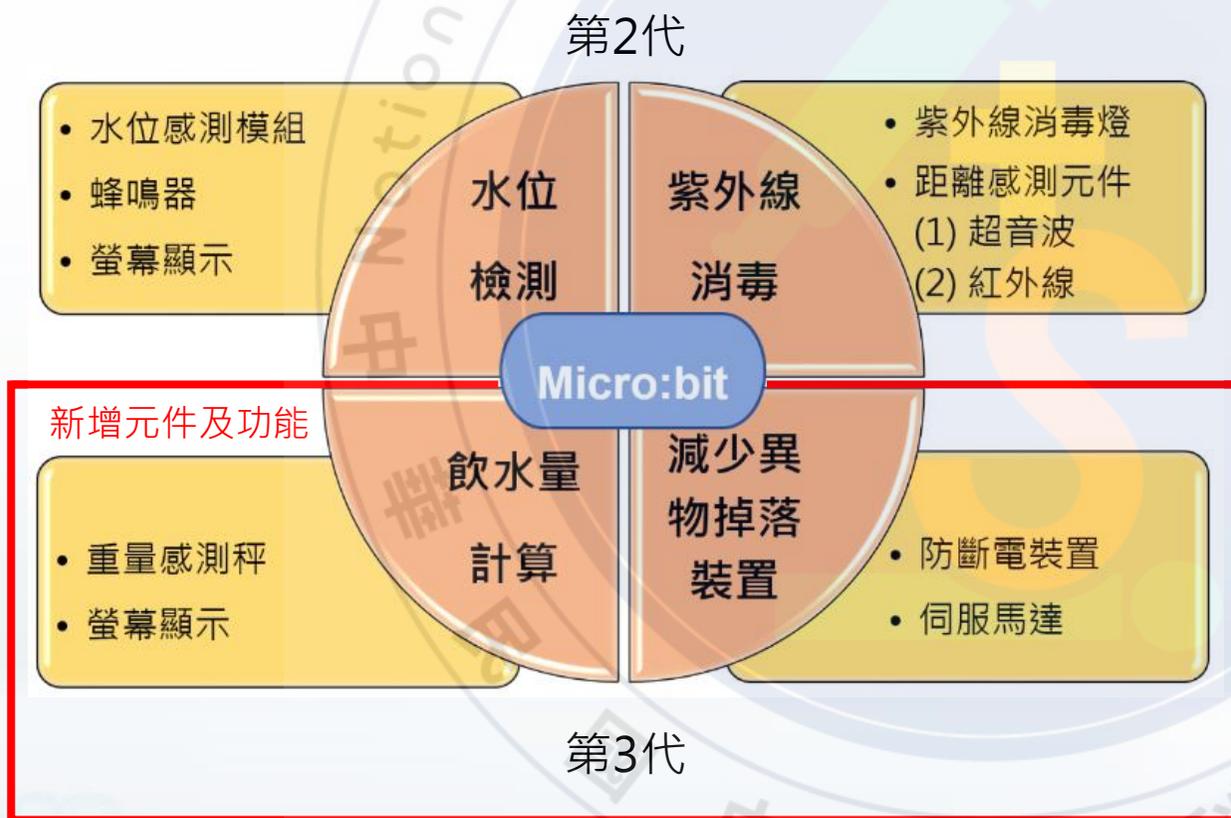
### 結果



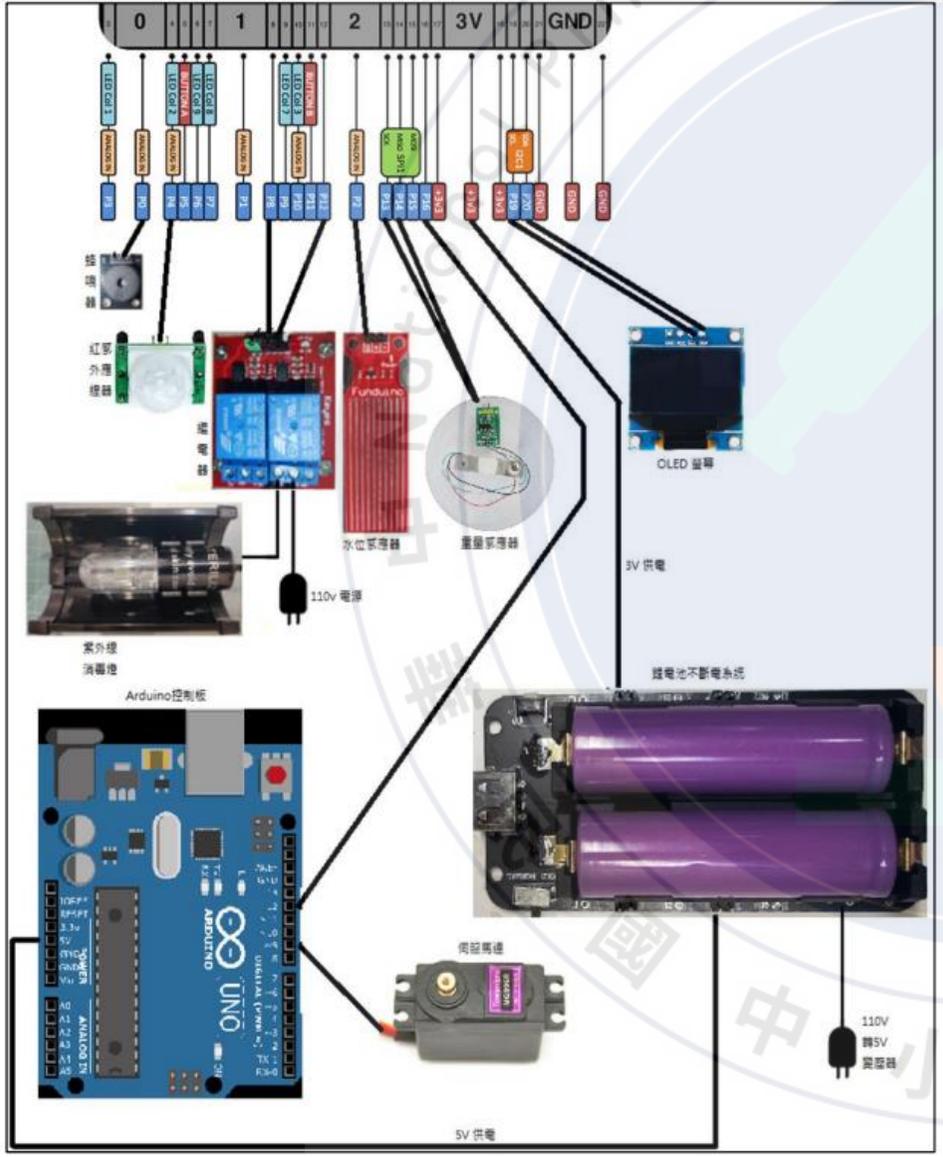
→ 大氣壓力原理 (壓力差)，能持續補水。

### 三、Micro:bit的電子元件零件：選用相容性高且容易購買的零件

### 第三代「自動智發」



## 電路系統訊號圖



## 程式設計

### 紫外線消毒程式

```

重複無限次
  變數 距離 ← 設定 數位信號讀取 引腳 P4
  如果 手動消毒時間 > 3 那麼
    如果 距離 == 1 那麼
      呼叫 蜂鳴器 (1, 0)
      否則
        呼叫 蜂鳴器 (1, 1)
      否則如果 時間_剩餘 >> 0 或 距離 == 1 那麼
        呼叫 蜂鳴器 (1, 0)
      否則如果 時間_剩餘 >> 0 且 距離 == 0 那麼
        呼叫 蜂鳴器 (1, 1)
    如果 距離 == 1 那麼
      數位信號寫入 引腳 P16 ← 數字 1
    否則如果 距離 == 0 那麼
      數位信號寫入 引腳 P16 ← 數字 0
  
```

### 水位檢測程式

```

重複無限次
  變數 水位 ← 設定 類比信號讀取 引腳 P2
  如果 水位 ≤ 400 那麼
    如果 mute == 0 那麼
      演奏 音階 高音 0 持續 1 拍
      +
      invert display true
      暫停 500 毫秒
      invert display false
      暫停 500 毫秒
    否則
      invert display false
  
```

### 飲水量計算程式

```

重複無限次
  變數 1000 ← 毫秒
  變數 目前重量 ← 設定 四線五人 I2C ← 8535000 × 0.0026
  如果 上次重量 - 目前重量 >> 20 且 上次重量 - 目前重量 的絕對值 << 200 那麼
    變數 消耗重量 ← 設定 消耗重量 ← 上次重量 - 目前重量
    +
    變數 上次重量 ← 設定 目前重量
  如果 Resu_Timeout > 3 那麼
    變數 Resu_Timeout ← 改變 1
  
```

### 減少異物掉落程式

```

重複無限次
  變數 距離 ← 設定 數位信號讀取 引腳 P4
  如果 距離 == 1 那麼
    數位信號寫入 引腳 P16 ← 數字 1
  否則如果 距離 == 0 那麼
    數位信號寫入 引腳 P16 ← 數字 0
  
```

# 研究方法與結果 - 飲用水及使用安全

## 四、確保飲水盆水量充足

水位高度與電值關聯測試結果

水位高度cm	1.5	2.5	3.5
電阻值Ω	430	480	530

**方法** 測試水位低於2.5公分(480 Ω)時，蜂鳴器是否能正常鳴叫、螢幕是否正常閃爍

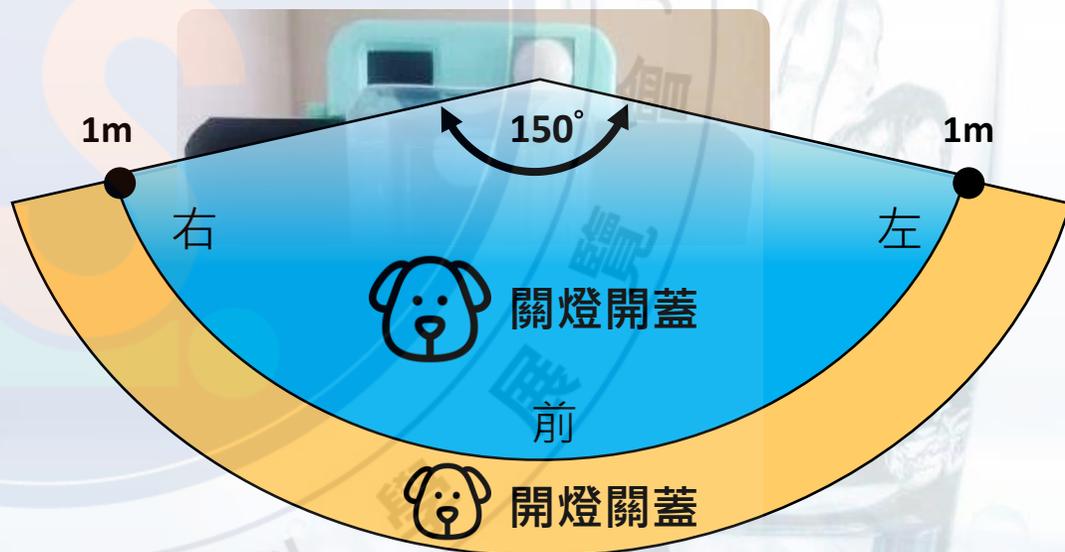
→ 測試1.5、2.5、3.5公分水位高度共30次，29次達成預期結果。



## 五、確保紫外線燈的使用安全

→ 經18次實測，功能都均可正常的運行。停電時，不斷電系統啟動，紅外線感測仍可持續運作(紫外線燈關)。

(消毒啟動時)



# 研究方法與結果 - 飲用水安全

## 六、確保飲用水安全

### 1. 檢測細菌生長變化：

**方法** 使用快檢片檢測3小時內每30分鐘的細菌成長變化。

→ 飲用後2小時後，菌落數明顯提高，故調整飲水機的消毒頻率為2小時。

### 2. 檢測殺菌效果：

**方法** 使用快檢片測試消毒前及消毒後10分鐘、20分鐘和30分鐘。

→ 消毒成效：10分鐘最差，20-30分鐘則不錯，故調整消毒時間為20分鐘。

### 飲用水水質標準：

總菌落數： $<100$  (CFU/1 毫升)

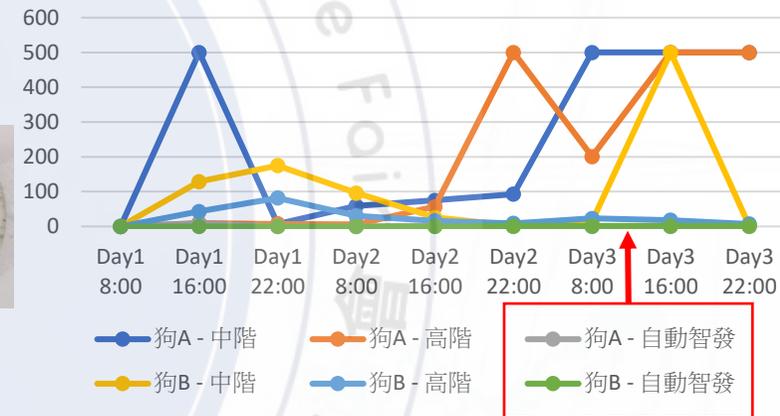
大腸桿菌群： $<6$  (CFU/100 毫升)

### 3. 比較飲水容器的菌數變化：

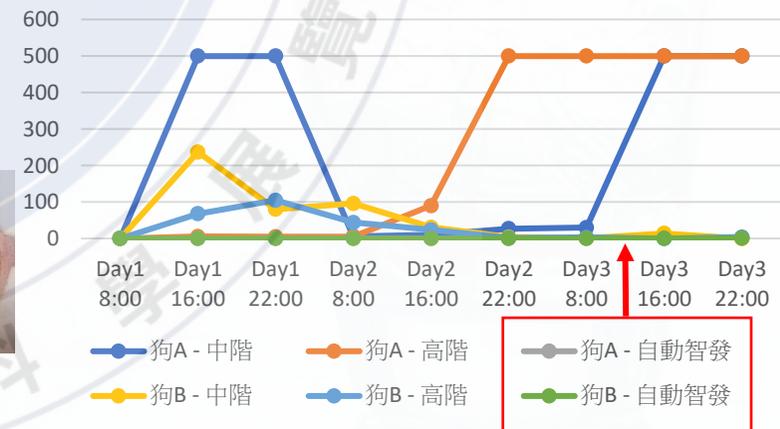
**方法** 以2隻狗各分別使用 (1) 中階活水機、(2) 高階智能飲水機、(3) 「自動智發寵物氣壓飲水機」，檢測總生菌、大腸桿菌群數。



總生菌



大腸桿菌群



(註：多不可計以數值500表示)

## 七、確保飲水量計算的準確性



比較差異

**結果** 在6次的測試裡，每次的差異均低於20公克，平均差異約16公克 (絕對值差異總和97/6)，在可接受範圍。

# 研究結果 - 執行之可行性



## 1. 水位感測：

如飲水盆水位低於2.5公分，蜂鳴器會發出警告外(開啟警告音時)，螢幕也會閃爍。



## 2. 重量感測：

開機時主畫面會顯示目前的重量和消耗的重量。寵物喝水後，螢幕會顯示累計消耗的水量。



## 3. 紫外線消毒與減少異物掉落：

當定時紫外線消毒啟動時，如寵物距離 $>100$ 公分，消毒繼續運作，防塵蓋保持關閉。

如紅外線感應到寵物距離 $<100$ 公分，紫外線燈會暫時關閉，防塵蓋自動打開。

待寵物離開1分鐘後，防塵蓋會自動關閉，如果這時仍為消毒時間，紫外線燈也會自動開啟繼續消毒。

停電時，因有加入不斷電裝置，所以防塵蓋仍然可以感應開啟。



自動智發氣壓飲水機與其它寵物飲水系統差異比較表

項目	碗	活水機	智能寵物飲水	自動智發
照片				
容量	容量固定	容量固定	容量固定	依據需求替換水 (勝)
停電補水	--	不可補水	不可補水	可補水 (勝)
各部件更換	--	需整組換新	需整組換新	各零件可更換 (勝)
程式設計	--	--	--	可根據需求設計 (勝)
缺水提醒	--	--	--	有 (勝)
消毒測試結果	--	--	有消毒效果	消毒效果最佳 (勝)
安全距離偵測	--	--	--	有 (勝)
清洗	只須清洗水盆	需拆開清洗	需拆開清洗	只須清洗水盆 (勝)
運作聲	無馬達聲	有聲音	有聲音	無馬達聲 (勝)
喝水量計算	--	--	--	有 (勝)
過濾耗材	--	有	有	無 (勝)
減少異物掉落	--	--	--	有 (勝)
不斷電系統	--	--	--	有 (勝)

CLEAN TIME?  
 H 0 10  
 20 30  
 MINUTE/2HOURS

SOUND?  
 H YES NO

CURRENT  
 214  
 DRANK  
 80

# 討論



1. 改用效能較佳的110瓦消毒燈，利用繼電器連結Micro:bit控制開關。
2. 使用 3D 列印外殼包覆電子元件與線路，避免寵物因好奇而造成線路破壞。
3. 水位感測器的濕潤度會影響結果，故先將電路板浸濕，減低潮濕度的變因。另增加實驗次數。

# 結論

「自動智發」有以下獨有的特點：

1. 大氣壓力結合電子元件的飲水機是市面上沒有。
2. 我們消毒的範圍是涵蓋整個飲水盆，而市售飲水機的紫外線燈放置在儲水箱裡，上部飲水盆無法消毒。
3. 市售的機器飲水盆是屬於開放式，我們的有部份蓋著，較能阻擋異物。
4. 能選消毒時間、能選缺水時是否會鳴叫及微調紅外線偵測距離。

# 結 論

- 節能**
- 供水使用大氣壓力，不需馬達
  - 清洗容易，只需洗水盆
  - 可選擇消毒時間及次數，減少紫外線燈耗能

- 經濟**
- 零件易更換，維修容易
  - 可用寶特瓶替代水瓶

- 客製化**
- 可依需求選擇水瓶、水盆
  - 水位高低的缺水提醒
  - 消毒時間及頻率
  - 強制消毒
  - 計算喝水量

- 安全**
- 缺水提醒
  - 安全距離偵測
  - 減少異物掉落於水盆



## 未來展望

1. 可增加喝水攝影、飲用水加溫，或是缺水的Line通知
2. 思考增加更完整的防塵蓋或全罩式的設計，防止細小異物落入
3. 嘗試再縮小飲水機的體積，同時也強化零組件的防水設計
4. 實驗可以多作不同品種或其他動物的測試，觀察不同寵物的喝水特性

