

中華民國第 64 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

第二名

082812

百無一漏

學校名稱：臺中市私立明道普霖斯頓國民小學

作者： 小五 沈亞易 小五 張喬嘉 小四 李誠祐 小四 莊尚恩	指導老師： 賴明毅 劉振維
---	-----------------------------

關鍵詞： AI、漏水、水管

摘要

研究探究找出最適合的漏水偵測器與安裝在最適合的位置，完整的系統智能邏輯判斷可以知道每個用水裝置的狀態或哪段水管發生漏水。模仿臺灣 3 房 1 廳 1 衛浴水管竣工圖自製家用水管路實驗模型，作品的 Arduino 偵測到漏水，優先自動開啟水管上的常開型電磁閥，停止水供應，再透過無線通訊方式傳訊息到屋主手機 APP，明確告知屋主是哪段水管漏水。搭配電磁閥自動停水方便維修人員區域性維修，不需要整間屋子停水。藉由自製一套與臺灣水管竣工圖相同等級的作品實體雛形，進行各種不同的使用情境測試、記錄和分析後得到重要且有效的實驗結果。實驗結果證明本作品可以解決任何位置漏水的費時費力查修問題，並且提早停止繼續供水達到水資源環保不再浪費。

壹、 研究動機

近幾年各家新聞報導，民眾收到水費帳單，驚訝發現水費比上期高出許多！甚至有民眾申請自動扣款，半年後檢查帳單才發現金額暴增！後續檢查發現是牆壁內水管有小裂縫漏水、馬桶橡膠墊圈老化漏水或不常用的老舊水龍頭漏水，這種微小不明顯的漏水狀況，在世界各地用水的地方皆有可能發生，只差別在能不能即時發現！水資源越來越珍貴，所以我們希望盡量不要浪費掉這些默默流掉的水，透過這次的科展研究來達到珍惜水資源。

任何屋內的水管破裂位置或裝置故障造成的漏水，一定是由屋外進到屋內的進水口處（水錶處），會一路將水推送到漏水位置，因此我們目標是即時性偵測水管內的水流狀態，透過 Arduino 的系統智慧邏輯判斷，發現漏水時，優先自動開啟電磁閥停止水供應達到止漏。提早發現漏水，避免水資源的浪費，若漏水長久累積會造成房屋結構造成嚴重損害，甚至潮濕的環境引發過敏反應和呼吸道疾病，會造成長期的健康問題。

貳、 研究目的

- 一、探討最適合偵測細微漏水的元件，並自製簡易水管路實驗模型測試。
- 二、探討感測器安裝在不同高低位置是否影響，並自製簡易水管路實驗模型測試。
- 三、探討感測器需要使用幾顆、尋找安裝在最適合的位置及電磁閥安裝位置。
- 四、探討所有感測器相關的邏輯狀態。
- 五、探討使用 Scratch 自製家用水管路模擬器，加入系統程式碼，模擬全面性情境。
- 六、探討模擬器模擬出所有感測器狀態。
- 七、探討程式碼導入 Arduino 並實際測試。
- 八、探討 App Inventor 製作手機 APP。
- 九、最終提議與改良測試。

參、 文獻探討

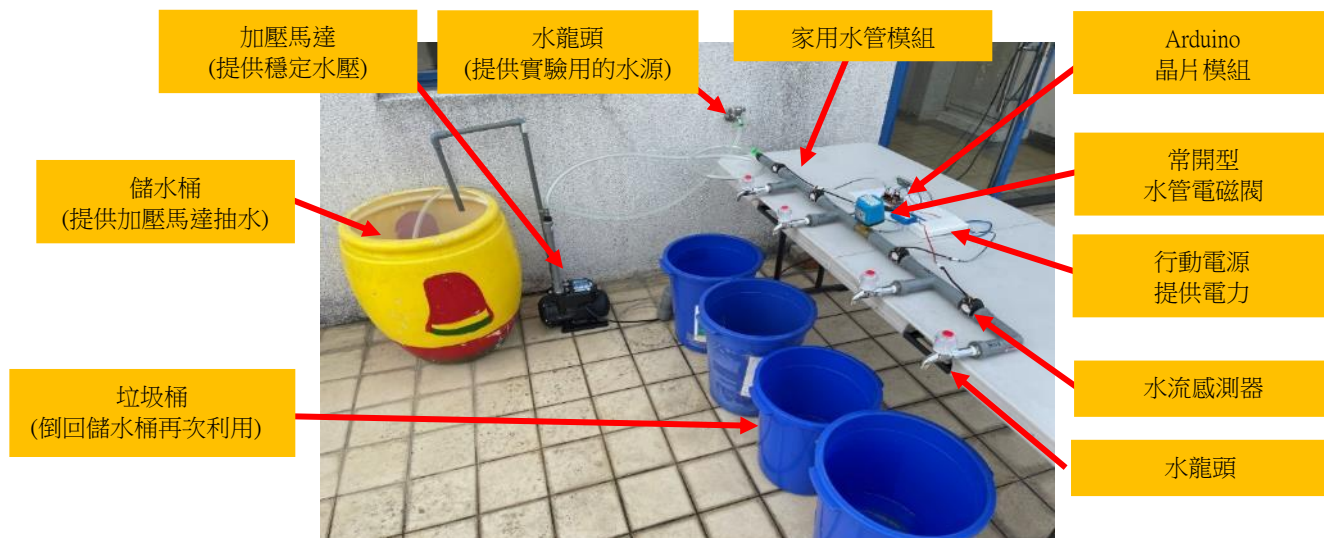
起初我們想到這題目，先上「科展群傑廳」搜尋關鍵字，搜尋到相關如下：

作品名稱	研究大綱	評審建議	缺點
全國 63 屆 偵藏不漏—漏水偵測 與雲端即時接收系統	<ul style="list-style-type: none"> 自製漏水偵測器 安裝在水龍頭偵測 	考慮水龍頭及其他位置漏水的可能。	僅針對水龍頭漏水偵測，無法知道水管或其他位置是否漏水

我們作品可以**明確知道是哪段水管漏水及哪個裝置使用水**，我們**嚴謹考量到全面性不同使用情境**，將所有情境透過**自製模擬器**驗證正推與回推，成功確定程式的邏輯正確性，接著套用到**自製家用 3 房 1 廳 1 衛浴的水管路實驗模型**實驗，當偵測到漏水時，**優先自動開啟電磁閥**停止水供應，接著透過無線方式傳送通知到屋主手機 APP 上，**告知屋主哪段水管漏水**。APP 由圖形化介面標記出漏水位置，後續方便維修人員處理，維修漏水時**搭配電磁閥達到區域性停水**，可以**不用整間屋子停水**。最終優化設計而提升實用性。

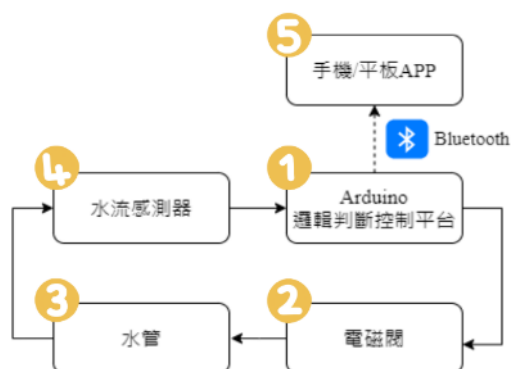
肆、 研究設備及器材

製作工具	水管 	彎頭 	水管剪 	水管膠合劑 
智能模組	水流感測器 	藍牙模組 	繼電器 	常開型電磁閥 
軟體	Arduino 	Scratch 	App Inventor 	
其他	加壓馬達 	水管束帶 		



(此圖片由指導老師拍攝)

(此圖片由指導老師製作)



當 Arduino 偵測到漏水時，優先自動開啟電磁閥，達到區域性停止水供應，接著無線方式傳送訊息到屋主手機 APP 上，通知哪段漏水。當要維修時，可以省時省力(APP 上可以明確知道哪段漏水)，用水非常方便(電磁閥區域性停止水供應，不用整間屋子停水)。

- 1 Arduino：邏輯判斷及控制平台，負責判斷每個水流感測器狀態並產生正確的結果、控制電磁閥開關、建立藍牙的連接，發生異常時透過無線方式發送通知到屋主的手機 APP 上。
- 2 電磁閥：當偵測到漏水時，Arduino 會自動開啟電磁閥，做到區域性停止水供應。
- 3 水管：搭配水流感測器，可以判斷水管內的狀態(水在流動或靜止)。
- 4 水流感測器：內有水流轉子結構，可以知道水管內的狀態，判斷用水或漏水。
- 5 手機/平板 APP：漏水時，會收到由 Arduino 發出的警報，在 APP 上有圖形化介面，清楚知道哪段水管漏水。

伍、 研究過程方法與結論

【研究一】：探討最適合偵測細微漏水的元件，並自製簡易水管路實驗模型測試

一、 研究步驟

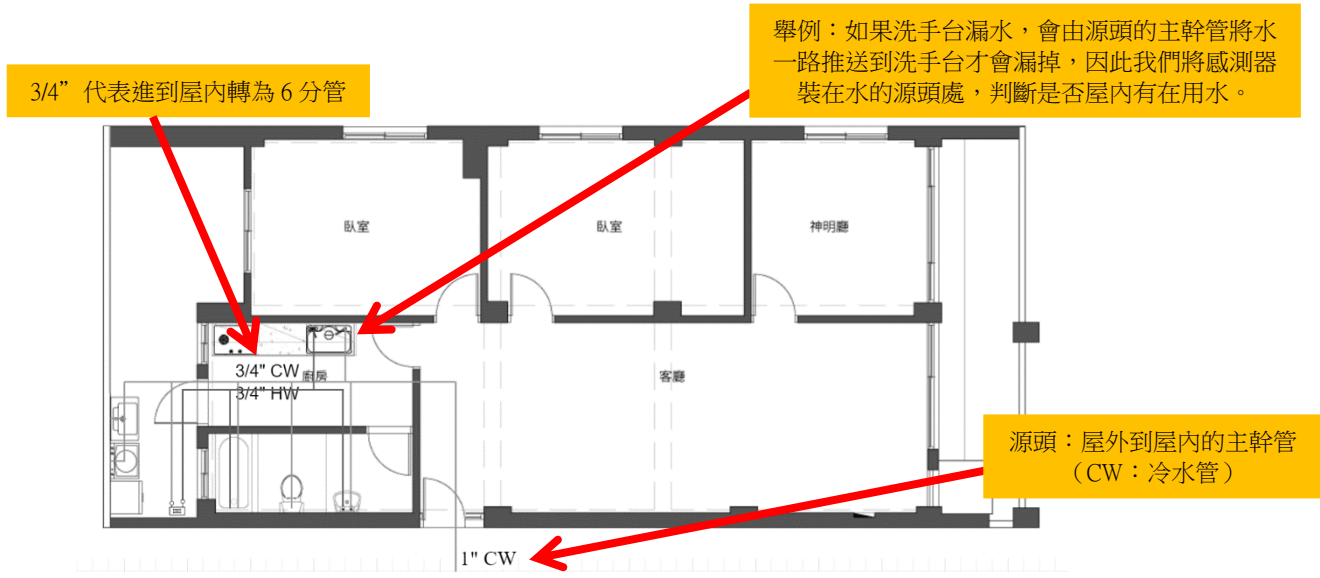
- (一) 探討漏水不容易被發現。
- (二) 探討屋內水源頭在哪。
- (三) 尋找可以偵測到細微漏水的裝置。
- (四) 水壓感測器與水流感測器優缺點。
- (五) 使用 Arduino 學習水流感測器的程式碼與硬體配置。
- (六) 自製簡易水管路搭配水流感測器之實驗模型。

二、 研究結果

我們蒐集許多漏水相關資訊，在生活中出現不明顯或長久未被發現的漏水狀況，大部分來自於馬桶橡膠墊圈老化、不常用的老舊水龍頭或是老屋遇到大地震導致埋在牆內的水管裂開漏水。統整後是微小不明顯的漏水或被忽略不常使用的裝置，因此我們的目標是可以偵測到細微的漏水。

經過觀察我們發現，每戶屋子有數個用水裝置，若針對每個裝置獨立偵測是否漏水，僅能得知裝置是否漏水，無法得知水管路是否漏水。屋內的任意漏水處，水一定是透過水管推送到該漏水位置。舉例馬桶漏水，會透過水管將水推送馬桶處才漏掉，水龍頭漏水也是如此。

因此任何位置／裝置的漏水必經之路的源頭，會從屋子的水錶處後端為起點（僅探討屋內漏水），將水推送到漏水處，我們目標將感測器安裝在源頭處，透過水管中水的狀態，可以判斷哪段水管處漏水，或是裝置漏水。

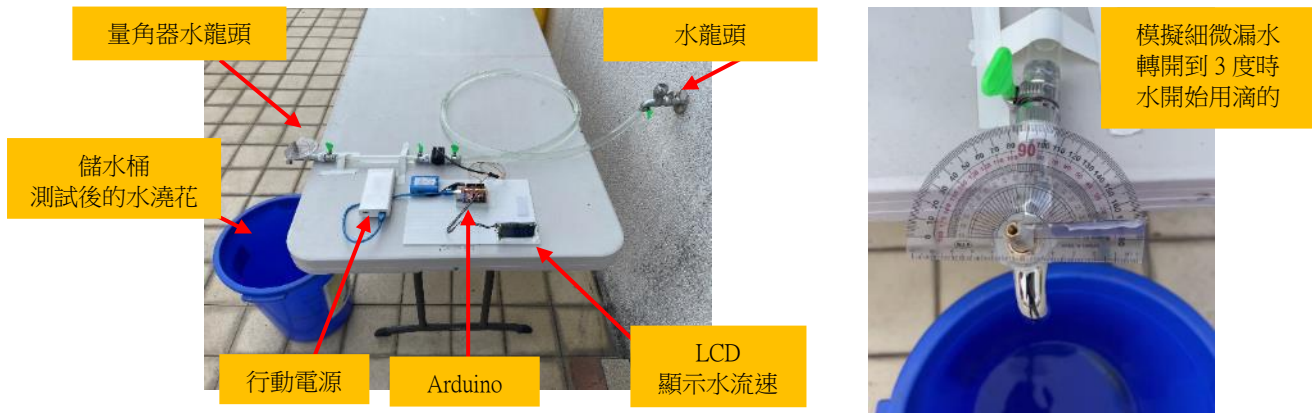


臺灣的3房1廳1衛浴-水管竣工圖 (此圖片引用樂居 LEJU)

我們目標確定感測器安裝在水的源頭處，接著尋找最適合的感測器，並且可以串接在水管上，可以偵測水管內水的狀態。其中我們找到兩個感測器，分別是水壓感測器及水流感測器，優缺點如下表所示：

比較 \ 感測器	水壓感測器	水流感測器
	 (此圖片引用米羅科技文創學院)	 (此圖片引用米羅科技文創學院)
功能	偵測水管中的水壓	偵測水管中的水流速
訊號	類比訊號	數位訊號
精準度	低	高 
受限範圍	特定的水壓範圍內正確運作，不適用於極低或極高水壓環境。	無受限 
壽命	短	長 
價格	一組 650 元	一顆 98 元 

偵測細微漏水在本次研究中擔任最重要角色，我們自製簡易水管路實驗模型（如下圖所示），模擬漏水滲水滴滴答答的狀態，**水流感測器**可以偵測到細微的水流狀態，**水壓感測器**無法偵測到水管中**細微的壓力變化**，因此我們選擇最適合的是可以偵測到細微漏水、無偵測受限範圍、壽命長、價格低的**水流感測器**。



（此圖片由指導老師拍攝）

【結論】

1. 不明顯的漏水不容易被發現，因此尋找可以偵測細微漏水的感測器。
2. 漏水從源頭找起，感測器安裝在自來水由屋外進到屋內的水錶後方處。
3. 將感測器安裝在源頭的優點是可以判斷水管漏水或是裝置漏水。
4. 最適合是水流感測器，可以偵測到水管中細微的水流狀態、無偵測受限範圍、壽命長且價格低。

【研究二】：探討感測器安裝在不同高低位置是否影響，並自製簡易水管路實驗模型測試

一、 研究步驟

- (一) 水流感測器的規格選擇
- (二) 水流感測器的安裝限制
- (三) 水流感測器的資訊呈現

二、 研究結果

水流感測器分別為 6 分管接口及 4 分管接口兩款，我們依照臺灣住家常見水管路，選擇 6 分管接口^(註1)，如右圖所示。安裝串接水管，水流方向必須依照感測器上的箭頭方向串接，我們刻意裝反方向，則得到錯誤的數據。

註1：臺灣住家常見水管路，由自來水廠的主幹管到屋外的水錶處，進到屋內轉為 6 分管，接著到用水裝置轉為 4 分管。前面有提到我們目標要將感測器安裝在水錶處後方，因此選擇 6 分管接口的款式。

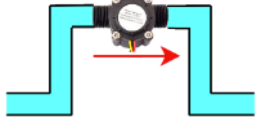
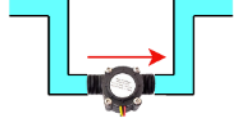
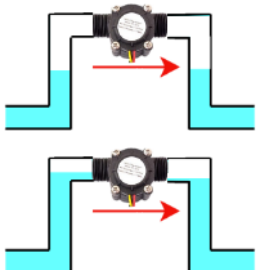
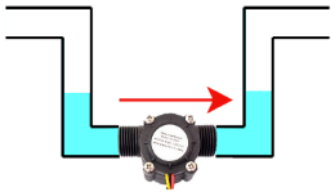


（此圖片由指導老師拍攝）

除了測試串接水平方向，屋內水管路線可能有高(凸)有低(凹)，我們測試水流感測器安裝在高處與低處差異，如下表所示。安裝在高處時，若水壓不足，水位變低，氣泡漂浮於最高處上方，將導致數據錯誤；若安裝在 U 字管的凹處，即使低水位，也是滿管，能正常偵測。



(此圖片由指導老師拍攝)

安裝方式	安裝在高處（不正確）	安裝在低處（正確）
低水位		
水壓不足造成低水位狀態	<p data-bbox="683 689 813 725">不易滿管</p> 	<p data-bbox="1042 689 1268 781">低水位依然滿管 能正常偵測</p> 

(此表格內圖片為指導老師製作)

水流感測器共有三條線，分別為紅線正極(V)、黑線負極(G)及黃線訊號(S)，安裝在 Arduino 數位訊號插針，並透過 LCD 小螢幕顯示水流感測器數據。數位訊號在不同的水流速，數值可以連續變化，除了數字的高低變化(數字越大，代表水流速快)，也可判讀是否在用水。

【結論】

1. 目標安裝在水錶後方，因此選擇 6 分管接口的水流感測器。
2. 串接在水管上的水流感測器有安裝限制，需要依感測器上標示的箭頭方向串接；安裝位置有高低落差，則安裝在低處。
3. 安裝在 Arduino 上的水流感測器搭配 LCD 小螢幕，可以獲得數位訊號的連續數值變化，數字越高則水流越快，數字越低則反之，並且可判讀是否在使用水。

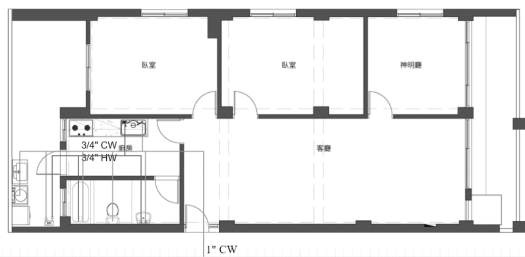
【研究三】：探討感測器需要使用幾顆、尋找安裝在最適合的位置及電磁閥安裝位置

一、 研究步驟

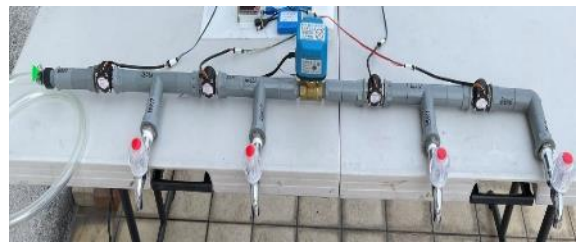
- (一) 一顆感測器的應用。
- (二) 數顆感測器的應用。
- (三) 數顆感測器安裝位置。

二、 研究結果

本次科展實驗模型的水管架構參考臺灣3房1廳1衛浴水管竣工圖，將水管提取並保留進入屋內的前面四根水管，如下圖所示：



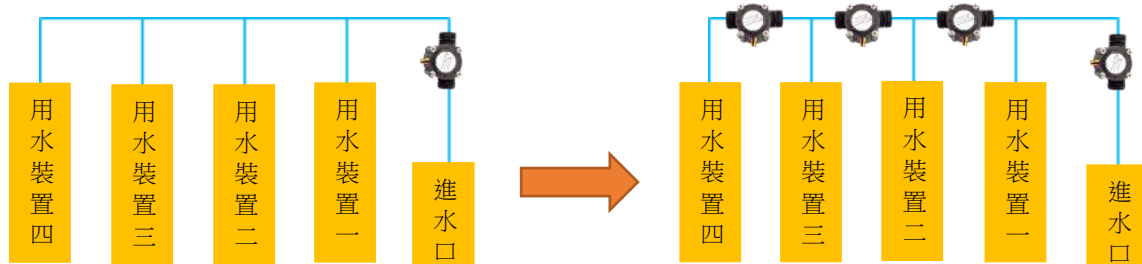
(此圖片引用樂居 LEJU)



(此圖片由指導老師拍攝)

我們在進水口後方串接一顆水流感測器，透過這顆感測器可以得知屋內的裝置是否在使用水，但我們無法得知是哪個裝置正在使用水，若是水管破裂漏水，無法清楚知道是發生在哪段，因此我們安裝數顆感測器來解決這個狀況。

為了可以明確知道是哪個裝置漏水，或哪段水管漏水，因此在每個用水裝置的主幹管上串接感測器，而不是串接在用水裝置前方，由一顆水流感測器提升到四顆水流感測器，並在中間串接一顆常開型電磁閥，若偵測到漏水會自動開啟電磁閥停止水供應，如下圖所示：



(此圖片由指導老師製作)

(此圖片由指導老師製作)

組裝工具只需要水管、水管剪、彎頭、水管膠合劑、四個水流感測器及一個常開型電磁閥，組裝過程如下：



(此圖片由指導老師拍攝)



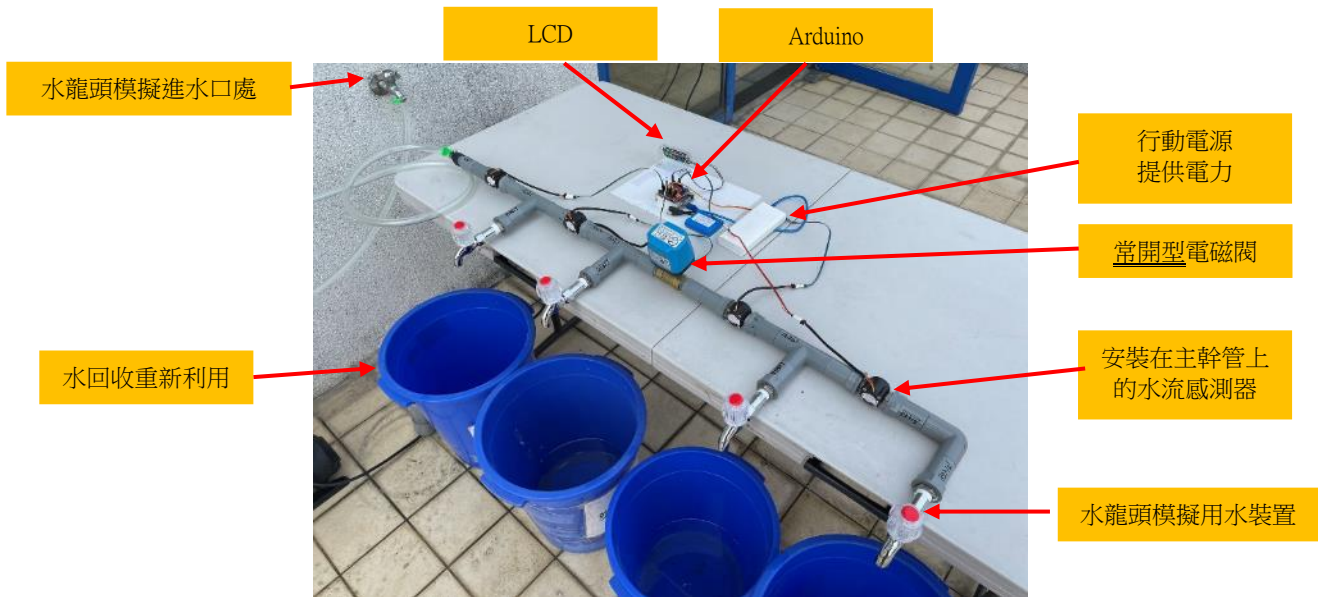
(此圖片由指導老師拍攝)



(此圖片由指導老師拍攝)



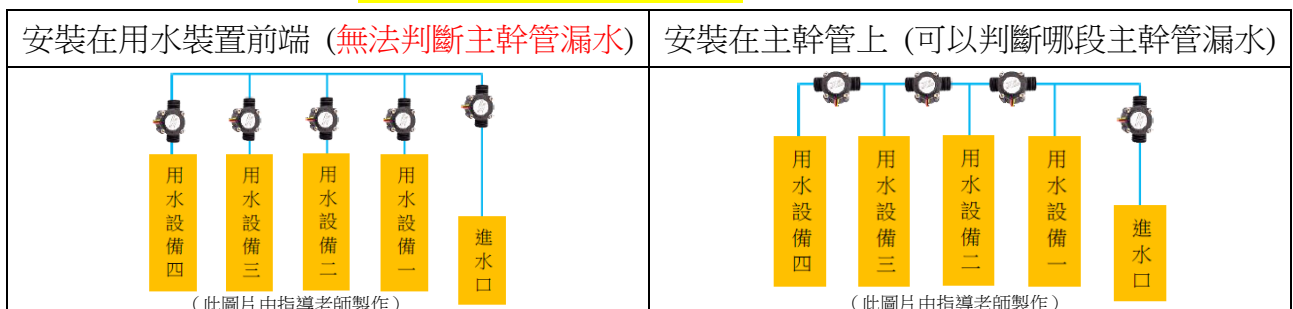
(此圖片由指導老師拍攝)



(此圖片由指導老師拍攝)

【結論】

1. 一顆水流感測器串接在進水口處，只能知道屋內是否在用水或漏水，無法得知是哪個裝置用水或哪段水管漏水；若要明確精準得知，必須增加數顆水流感測器，本次科展實驗自製家用水管路實驗模型為 4 個用水裝置，因此需要 4 顆水流感測器。因此統整為 n 個用水裝置將需要串接 n 個水流感測器，可以達到我們的目標。
2. n 個用水裝置需串接 n 個水流感測器，必須串接在主幹管上，可以額外判斷主幹管是否漏水，並且可以精準判斷是哪段在漏水，如下表所示：



3. 水管電磁閥分為常開型及常閉型，我們選擇常開型，平常是開著，通電後關閉。透過 Arduino 系統邏輯判斷在漏水時，將發出訊號啟動電磁閥，關閉水管閥門。

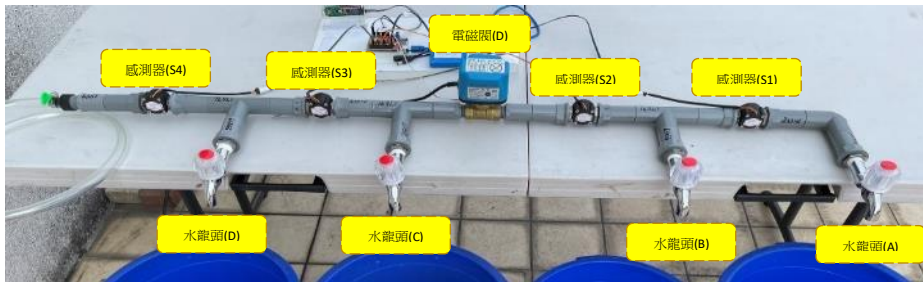
【研究四】：探討所有感測器相關的邏輯狀態

一、 研究步驟

- (一) 列出所有邏輯的狀態。
- (二) 模擬所有邏輯的狀態。
- (三) 流水感測器繼承關係。
- (四) 驗證是否正確。

二、 研究結果

串接好水流感測器與電磁閥後，首先編列感測器的編號、水龍頭編號及兩者的使用狀態，後續撰寫程式碼時，可以快速對應到 Arduino 上，如下圖所示：



(此圖片由指導老師拍攝)

所有邏輯狀態，分別為正常狀態、漏水狀態、異常狀態及特殊狀態等四類，透過這些邏輯判斷來模擬這套自製家用水管路。當水流感測器偵測數值>0，代表某處使用水；若數值=0，則代表沒有使用水。電磁閥未啟動，代表水管中的水有通；若啟動，則代表停止水供應。依照用水裝置邏輯表如下：

項目	水龍頭狀態 (●：代表開啟水龍頭)				感測器數值狀態 (✓：代表偵測到水流通過感測器)			
	D	C	B	A	S4	S3	S2	S1
1	●				✓			
2		●			✓	✓		
3			●		✓	✓	✓	
4				●	✓	✓	✓	✓
5	●	●			✓	✓		
6	●		●		✓	✓	✓	
7	●			●	✓	✓	✓	✓
8		●	●		✓	✓	✓	
9		●		●	✓	✓	✓	✓
10			●	●	✓	✓	✓	✓
11	●	●	●		✓	✓	✓	
12	●	●		●	✓	✓	✓	✓
13	●		●	●	✓	✓	✓	✓
14		●	●	●	✓	✓	✓	✓
15	●	●	●	●	✓	✓	✓	✓

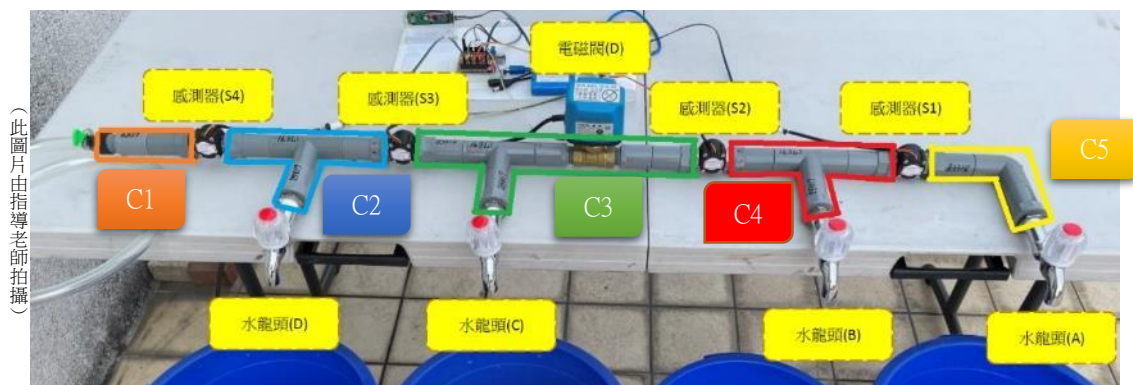
這次使用 4 顆水流感測器，則會有 $2^4-1=15$ 個組合，因此未來有增加或減少水流感測器數量，只要套用 2^n-1 個公式，即可馬上知道有多少種邏輯組合。

接著我們透過水流感測器產生的數值來做邏輯判斷，可以判斷是否正在用水、正常使用、異常狀況及特殊狀況等 4 種狀況，如下表所示：

項目	水流感測器邏輯值產生	透過感測器回推水龍頭狀態
1	如果 感測器(S4)=0 且 感測器(S3)及(S2)及(S1) =0	整套家用水管路沒有使用水
2	如果 感測器(S4)=0 且 感測器(S3)或(S2)或(S1) >0	異常狀況，需人工介入處理 ● 感測器(S4) 故障 ● 數值 >0 的感測器故障
3	如果 感測器(S4)及(S3)=0 且 感測器(S2)或(S1) >0	異常狀況，需人工介入處理 ● 感測器(S4)及(S3) 故障 ● 數值 >0 的感測器故障
4	如果 感測器(S4)及(S3)及(S2)=0 且 感測器(S1) >0	異常狀況，需人工介入處理 ● 感測器(S4)及(S3)及(S2) 故障 ● 數值 >0 的感測器故障
5	如果 感測器(S4) >0	正常狀況： 水龍頭(D) 使用中
6	如果 感測器(S4) >0 且 感測器(S3) >0	正常狀況： 水龍頭(C) 使用中 水龍頭(D) 也可能使用中
7	如果 感測器(S4)及(S3) >0 且 電磁閥未啟動(Off) 且 感測器(S2) >0	正常狀況： 水龍頭(B) 使用中 水龍頭(C) 也可能使用中 水龍頭(D) 也可能使用中
8	如果 感測器(S4)及(S3) >0 且 電磁閥未啟動(Off) 且 感測器(S2)及(S1) >0	正常狀況： 水龍頭(A) 使用中 水龍頭(B) 也可能使用中 水龍頭(C) 也可能使用中 水龍頭(D) 也可能使用中
9	如果 感測器(S4)、(S3) >0 且 電磁閥有啟動(On) 且 感測器(S2)或(S1) >0	異常狀況，需人工介入處理： ● 電磁閥故障 ● 數值 >0 的感測器故障
10	如果 感測器(S4)、(S3) >0 且 電磁閥有啟動(On) 且 感測器(S2)及(S1) =0	特殊狀況： ● 代表感測器(S2)或(S1)漏水而啟動電磁閥→正常狀況。 ● 如果沒有漏水，但感測器(S2)及(S1)判斷漏水，則是感測器故障，則需人工介入處理。

透過水流感測器串接在主幹管上，由進水口的第一顆感測(S4)>(S3)>(S2)>(S1)階層式依序判斷到水管最尾端，先交由感測器(S4)做第一步判斷是否正在用水，接著一層一層延續推論判斷。因此最尾端的感測器(S1)的邏輯判斷要向上繼承(S2)的結果才能得出正確結果；感測器(S2)的邏輯判斷要向上繼承(S3)的結果；感測器(S3)的邏輯判斷要向上繼承(S4)的結果；而感測器(S4)只要判斷有沒有水流動即可。

複雜的邏輯判斷讓我們明確知道是哪段水管漏水，可以透過用二分法快速排除異常狀態，以利減少判斷時間，為了明確知道是哪段水管漏水的邏輯判斷，首先我們必須先將每段水管標示出來，以利後續撰寫程式，水管分別為由左至右進水口處的橘色 C1、藍色 C2、綠色 C3、紅色 C4、黃色 C5 等共 5 段，如下圖所示：



4 個水龍頭全停止使用狀態下，透過 4 顆感測器，可以從這些資訊判斷是哪段水管漏水，如下表所示：

項目	水流感測器邏輯值產生	透過感測器狀態正推水管狀態
1	如果 感測器(S4)=0	整套家用水管路沒有漏水
2	如果 感測器(S4)>0 且 感測器(S3)、(S2)、(S1)=0 且 水龍頭(D)沒使用	水管 C2 漏水
3	如果 感測器(S4)及(S3)>0 且 感測器(S2)、(S1)=0 且 水龍頭(D)及(C)沒使用	水管 C3 漏水
4	如果 感測器(S4)及(S3)及(S2)>0 且 感測器(S1)=0 且 水龍頭(D)及(C)及(B)沒使用	水管 C4 漏水 → 自動開啟電磁閥
5	如果 感測器(S4)及(S3)及(S2)及(S1)>0 且 水龍頭(D)及(C)及(B)及(A)沒使用	水管 C5 漏水 → 自動開啟電磁閥

透過水流過水管區段，回推感測器狀態，如下表所示：

項目	水管區段	透過水管回推感測器狀態
1	水管 C1	無資訊，因為沒有流進水管 C2
2	水通過 水管 C2	感測器(S4) >0
3	水通過 水管 C3	感測器(S4)及(S3) >0
4	水通過 水管 C4	感測器(S4)及(S3)及(S2) >0
5	水通過 水管 C5	感測器(S4)及(S3)及(S2)及(S1) >0

以及下表為電磁閥狀態邏輯表：

項目	水流感測器邏輯值判斷	系統智能判斷狀態
1	如果電磁閥啟動(停止供水) 水流感測器(S2)>0	異常狀態： 水流感測器(S2) 故障
2	如果電磁閥啟動(停止供水) 水流感測器(S1)>0	異常狀態： 水流感測器(S1) 故障
3	如果電磁閥啟動(停止供水) 水流感測器(S2)及(S1)>0	異常狀態： 電磁閥 故障 也可能是水流感測器(S2)及(S1)故障

以上的驗證，分別為透過：(1)水龍頭推測感測器狀態、(2)感測器狀態回推測水龍頭使用狀態、(3)感測器狀態判斷水管是否漏水、(4)水管有水流過判斷感測器會運作，經過這四道來回的雙重驗證的正推與反推，可以更確定得知我們邏輯判斷上是否正確，且有沒有將所有的狀況都列入判斷，我們目標是做到可以判斷哪段水管處漏水，或是裝置漏水，所以必須這麼嚴謹將所有狀況都要列入判斷，有這4項的驗證，後續撰寫 Arduino 程式碼才可以涵蓋全部的狀況。

雖然我們將所有的狀態全部列出來，但要轉為程式語言並非這麼單純，即使撰寫完成後，也難以確定是否完全正確，因此我們自製家用水管路模擬器，將上面的文字邏輯轉為程式碼，用來模擬全部情境，搭配水管圖的畫面互動，更加確定我們撰寫的程式碼是否正確。

【結論】

1. 我們列出所有可能的狀態，分別為正常狀態、漏水狀態、異常狀態及特殊狀態等四類，當出現異常狀態及特殊狀態將需要人工介入處理。
2. 水流感測器串接在主幹管上，因此每個感測器都必須繼承上一階的邏輯結果，才可以往後判斷。雖然較為複雜，但只要將所有可能列出，將可以透過正推與回推比對判斷是否正確。
3. 透過：(1)感測器、(2)電磁閥、(3)水龍頭及(4)水管等列出所有狀態，搭配正推與回推，相互比較後，成功列出所有可能性，為了達到可以判斷哪段水管漏水，或是裝置漏水，並且排除未知的狀態，因此必須這麼嚴謹。
4. 必須要標記清楚每個編號，有利幫助以上所有的驗證及後續的程式撰寫。
5. 我們將所有狀態列出，但從文字轉為程式語言部非如此單純，因此自製家用水管路模擬器，來驗證我們上面的狀態是否正確。

【研究五】：探討使用 Scratch 自製家用水管路模擬器，加入系統程式碼，模擬全面性情境

一、 研究步驟

- (一) Scratch 軟體建立水管路模擬器。
- (二) 建立每個角色及造型。
- (三) 建立每個編號寫程式。

二、 研究結果

因為我們在四年級電腦課學到 Scratch 程式語言，所以選擇這套軟體來製作模擬器。透過簡單的程式積木完成我們的模擬器，我們只要透過拖曳、組合程式積木的方式來寫程式即可完成，藉由這個模擬器可以幫助我們邏輯推理思考與同學之間討論的能力。

首先建立所有的角色，總共使用有 4 個水龍頭、4 顆水流感測器、5 段水管，所有角色的編號與【研究四】圖片上標記的一模一樣，並在水流感測器左方顯示狀態（顯示 0 代表沒有水流過，顯示 1 代表有水流過）及水龍頭右方顯示狀態（顯示 0 代表沒有打開水龍頭，顯示 1 代表有打開水龍頭）。接著組合這些角色，先將模擬器的互動畫面準備好。



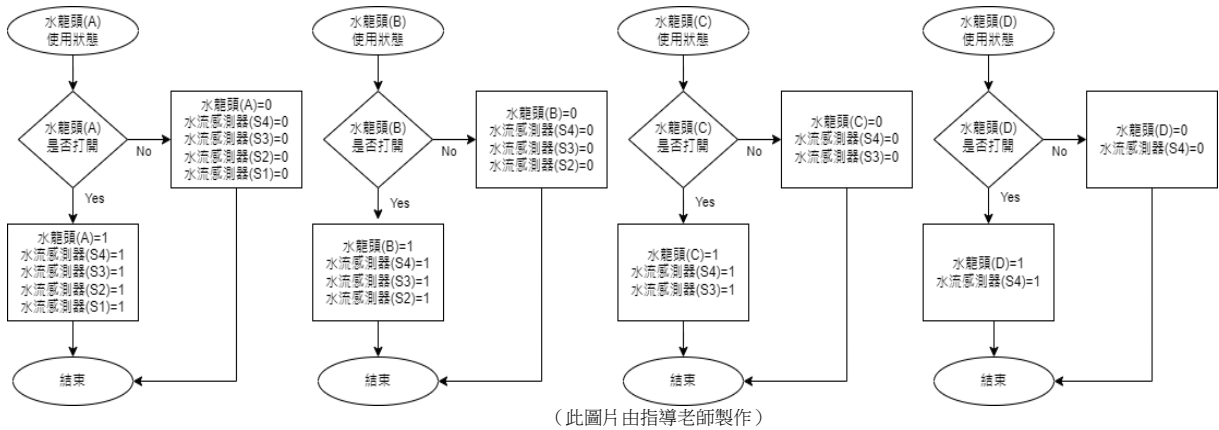
(此圖片由指導老師製作)



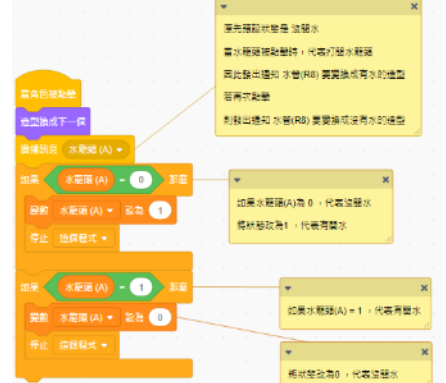
為了快速辨識用水狀態及哪段水管有水流動，在水龍頭、感測器及水管上額外製作造型，如下圖所示：

角色 \ 狀態	未觸發	觸發
水龍頭		
感測器		
水管		

(此圖片由指導老師製作)


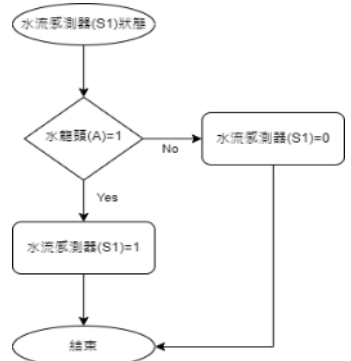

首先我們要先製作正推，透過水龍頭推論感測器及水管狀態，我們將由【研究四】的邏輯表轉換成流程圖及程式碼如下圖所示：




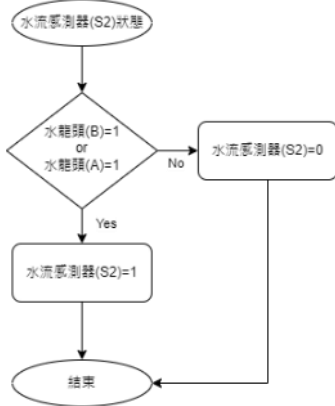


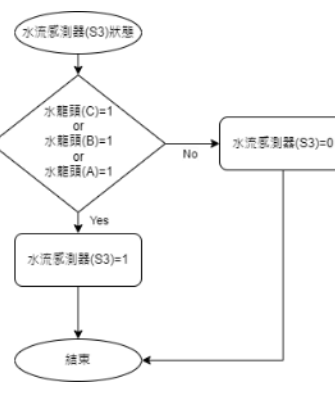


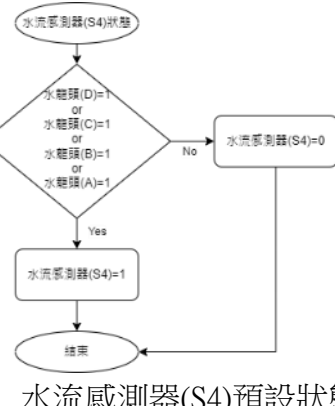
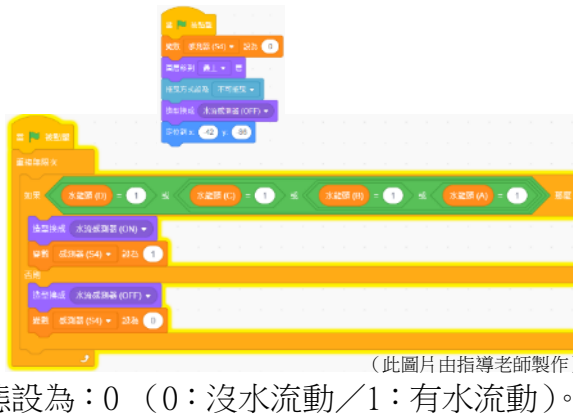
水龍頭	程式碼
	  <p>水龍頭(A)、(B)、(C)、(D) 程式碼只差異在變數名稱，只貼一個為例。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水龍頭預設狀態設為：0（0：沒打開／1：有打開）。 ● 若水龍頭沒開→打開水龍頭→將水龍頭狀態改為 1。 ● 若水龍頭打開→關閉水龍頭→將水龍頭狀態改為 0。


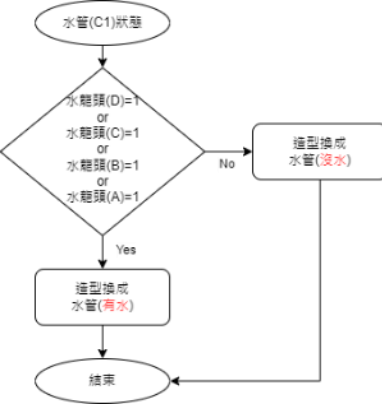
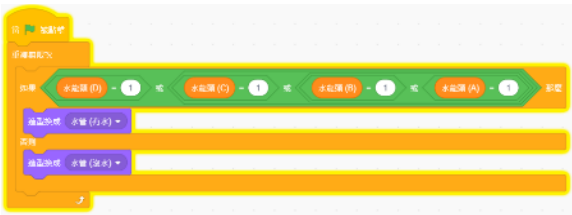

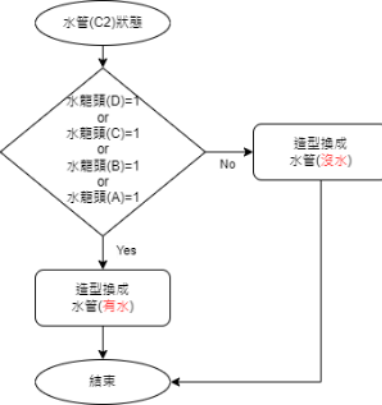
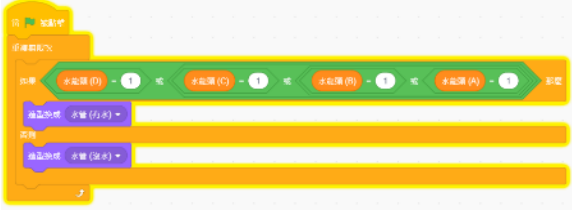

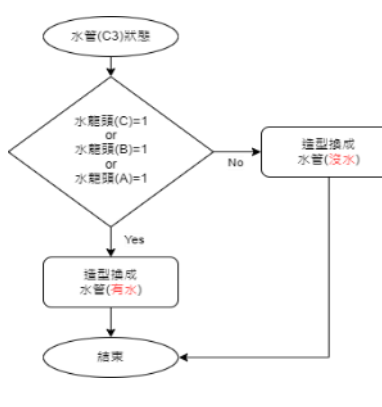

(此圖片由指導老師製作)



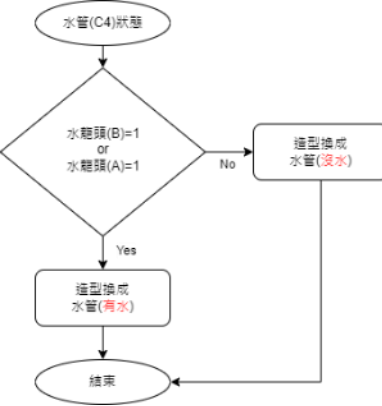



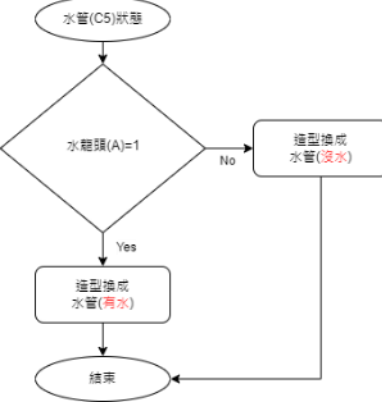
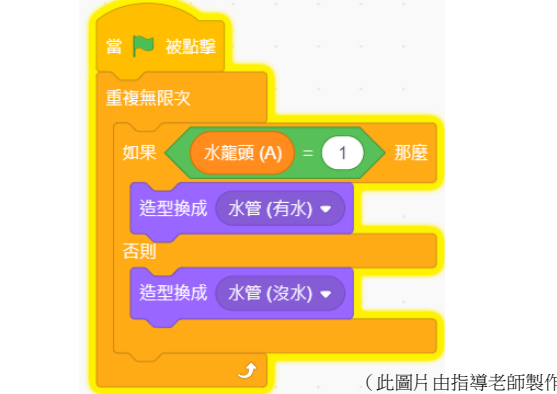
水流感測器較為複雜，S1~S4 的流程圖及程式碼如下所示：

水流感測器	流程圖及程式碼
 <p>水流感測器(S1)</p>	  <ul style="list-style-type: none"> ● 水流感測器(S1)預設狀態設為：0（0：沒水流動／1：有水流動）。 ● 若水龍頭(A)有開→將水流感測器(S1)狀態改為 1。 ● 若水龍頭(A)沒開→將水流感測器(S1)狀態改為 0。




(此圖片由指導老師製作)

水流感測器	流程圖及程式碼
 <p>ON</p> <p>水流感測器(S2)</p>	  <p>(此圖片由指導老師製作)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水流感測器(S2)預設狀態設為：0 (0：沒水流動／1：有水流動)。 ● 若水龍頭(B)或水龍頭(A)有開→將水流感測器(S2)狀態改為 1。 ● 若水龍頭(B)或水龍頭(A)沒開→將水流感測器(S2)狀態改為 0。 <p>邏輯重點：打開水龍頭(A)或(B)，水都一定會通過水流感測器(S2)。</p>
 <p>ON</p> <p>水流感測器(S3)</p>	  <p>(此圖片由指導老師製作)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水流感測器(S3)預設狀態設為：0 (0：沒水流動／1：有水流動)。 ● 若水龍頭(C)或(B)或(A)有開→將水流感測器(S3)狀態改為 1。 ● 若水龍頭(C)或(B)或(A)沒開→將水流感測器(S3)狀態改為 0。 <p>邏輯重點：打開水龍頭(A)或水龍頭(B)或水龍頭(C)，水都一定會通過水流感測器(S3)。</p>
 <p>ON</p> <p>水流感測器(S4)</p>	  <p>(此圖片由指導老師製作)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水流感測器(S4)預設狀態設為：0 (0：沒水流動／1：有水流動)。 ● 若水龍頭(D)或(C)或(B)或(A)有開→將水流感測器(S4)狀態改為 1。 ● 若水龍頭(D)或(C)或(B)或(A)沒開→將水流感測器(S4)狀態改為 0。 <p>邏輯重點：打開水龍頭(A)或水龍頭(B)或水龍頭(C)或水龍頭(D)，水都一定會通過水流感測器(S4)。</p>

水管	流程圖及程式碼
<p style="text-align: center;">  進水口 C1 有水 > 進水口 水管(C1) </p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 45%;">  <p style="text-align: right; font-size: small;">(此圖片由指導老師製作)</p> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> ● 若水龍頭(D)或水龍頭(C)或水龍頭(B)或水龍頭(A)有開 → 將水管(C1)造型換成有水造型。 ● 若水龍頭(D)或水龍頭(C)或水龍頭(B)或水龍頭(A)沒開 → 將水管(C1)造型換成沒水造型。 <p>邏輯重點：任何一個水龍頭打開，水源頭一定通過水管(C1)。</p>
<p style="text-align: center;">  C2 有水 > 進水口 水管(C2) </p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 45%;">  <p style="text-align: right; font-size: small;">(此圖片由指導老師製作)</p> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> ● 若水龍頭(D)或水龍頭(C)或水龍頭(B)或水龍頭(A)有開 → 將水管(C2)造型換成有水造型。 ● 若水龍頭(D)或水龍頭(C)或水龍頭(B)或水龍頭(A)沒開 → 將水管(C2)造型換成沒水造型。 <p>邏輯重點：任何一個水龍頭打開，水一定通過水管(C2)。</p>
<p style="text-align: center;">  C3 有水 > 進水口 水管(C3) </p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 45%;">  <p style="text-align: right; font-size: small;">(此圖片由指導老師製作)</p> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> ● 若水龍頭(C)或(B)或(A)有開 → 將水管(C3)造型換成有水造型。 ● 若水龍頭(C)或(B)或(A)沒開 → 將水管(C3)造型換成沒水造型。 <p>邏輯重點：水龍頭(C)或(B)或(A)打開，水一定通過水管(C3)。</p>


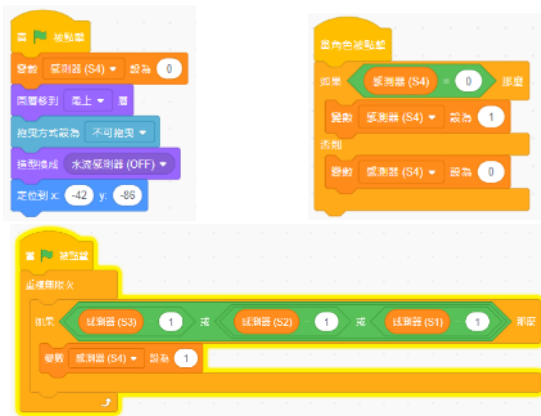
水管	流程圖及程式碼
 <p>C4 有水 > </p> <p>水管(C4)</p>	  <p>(此圖片由指導老師製作)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 若水龍頭(B)或(A)有開→將水管(C4)造型換成有水造型。 ● 若水龍頭(B)或(A)沒開→將水管(C4)造型換成沒水造型。 <p>邏輯重點：水龍頭(B)或(A)打開，水一定通過水管(C4)。</p>
 <p>C5 有水 > </p> <p>水管(C5)</p>	  <p>(此圖片由指導老師製作)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 若水龍頭(A)有開→將水管(C4)造型換成有水造型。 ● 若水龍頭(A)沒開→將水管(C4)造型換成沒水造型。 <p>邏輯重點：水龍頭(A)打開，水一定通過水管(C5)。</p>

接著製作感測器回推水管狀態的模擬器，相比上面的會進困難許多，需要考量每個水流感測器的狀態，且繼承前一個水流感測器狀態，流程圖及程式碼如下圖所示：

水龍頭	程式碼
 	 <p>(此圖片由指導老師製作)</p> <p>水龍頭(A)、(B)、(C)、(D) 程式碼只差異在變數名稱，只貼一個為例。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水龍頭預設狀態設為：0（0：沒打開／1：有打開）。

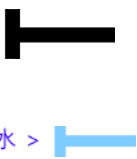
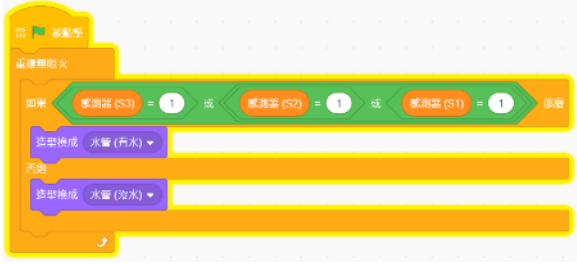

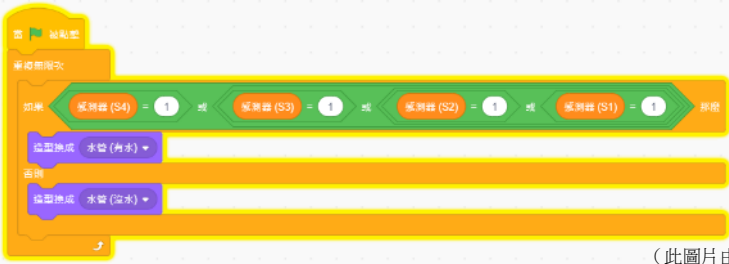
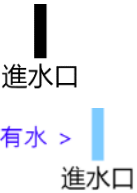

回推邏輯的水流感測器較為複雜，S1~S4 的流程圖及程式碼如下所示：

水流感測器	程式碼
 <p>ON 水流感測器(S1)</p>	 <p>(此圖片由指導老師製作)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水流感測器(S1)預設狀態設為：0（0：沒水流動／1：有水流動） ● 水流感測器(S1)狀態為 0，如果有水通過則改為 1。 ● 水流感測器(S1)狀態為 1，如果沒水通過則改為 0。 <p>邏輯重點：水流感測器(S1)是尾端，因此不需要繼承後面狀態。</p>
 <p>ON 水流感測器(S2)</p>	 <p>(此圖片由指導老師製作)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水流感測器(S2)預設狀態設為：0（0：沒水流動／1：有水流動） ● 水流感測器(S2)狀態為 0，如果有水通過則改為 1。 ● 水流感測器(S2)狀態為 1，如果沒水通過則改為 0。 ● 如果水流感測器(S1)有水通過→水流感測器(S2)設為有水通過。 <p>邏輯重點：當有水通過水流感測器(S1)，代表一定有水通過(S2)，因此(S2)需要繼承(S1)狀態。</p>
 <p>ON 水流感測器(S3)</p>	 <p>(此圖片由指導老師製作)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水流感測器(S3)預設狀態設為：0（0：沒水流動／1：有水流動） ● 水流感測器(S3)狀態為 0，如果有水通過則改為 1。 ● 水流感測器(S3)狀態為 1，如果沒水通過則改為 0。 ● 如果水流感測器(S2)或(S1)有水通過→水流感測器(S3)設為有水通過。 <p>邏輯重點：當有水通過水流感測器(S1)或(S2)，代表一定有水通過(S3)，因此(S3)需要繼承(S2)及(S1)狀態。</p>

水流感測器	程式碼
 <p>水流感測器(S4)</p>	 <p>(此圖片由指導老師製作)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水流感測器(S4)預設狀態設為：0 (0：沒水流動／1：有水流動) ● 水流感測器(S4)狀態為 0，如果有水通過則改為 1。 ● 水流感測器(S4)狀態為 1，如果沒水通過則改為 0。 ● 如果水流感測器(S3)或(S2)或(S1)有水通過 →水流感測器(S4)設為有水通過。 <p>邏輯重點：當有水通過水流感測器(S1)或(S2)或(S3)，代表一定有水通過(S4)，因此(S4)需要繼承(S3)及(S2)及(S1)狀態。</p>

同樣的，水管也有繼承關係，如下表所示：

水管	流程圖及程式碼
 <p>C5 有水 ></p> <p>水管(C5)</p>	 <p>(此圖片由指導老師製作)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 若水流感測器(S1)有水通過→將水管(C5)造型換成有水造型。 ● 若水流感測器(S1)沒水通過→將水管(C5)造型換成沒水造型。 <p>邏輯重點：水管(C5)為最尾端，所以不用像後繼承。</p>
 <p>C4 有水 ></p> <p>水管(C4)</p>	 <p>(此圖片由指導老師製作)</p> <p>若水流感測器(S2)或(S1) 任何一個有水通過 →將水管(C4)造型換成有水造型。</p> <p>邏輯重點：當有水通過水管(C5)，則一定會經過水管(C4)，因此要繼</p>

承水管(C5)的狀態。	
 <p>C3 有水 ></p> <p>水管(C3)</p>	 <p>(此圖片由指導老師製作)</p> <p>若水流感測器(S3)或(S2)或(S1) 任何一個有水通過 →將水管(C3)造型換成有水造型。 邏輯重點：當有水通過水管(C5)或(C4)，則一定會經過水管(C3)，因此要繼承水管(C5)或(C4)的狀態。</p>
 <p>C2 有水 ></p> <p>水管(C2)</p>	 <p>(此圖片由指導老師製作)</p> <p>若水流感測器(S4)或(S3)或(S2)或(S1) 任何一個有水通過 →將水管(C2)造型換成有水造型。 邏輯重點：當有水通過水管(C5)或(C4)或(C3)，則一定會經過水管(C2)，因此要繼承水管(C5)或(C4)或(C3)的狀態。</p>
 <p>進水口</p> <p>C1 有水 ></p> <p>進水口</p> <p>水管(C1)</p>	 <p>(此圖片由指導老師製作)</p> <p>若水流感測器(S4)或(S3)或(S2) 或(S1) 任何一個有水通過 →將水管(C1)造型換成有水造型。 邏輯重點：當有水通過水管(C5)或(C4)或(C3)或(C2)，則一定會經過水管(C1)，因此要繼承水管(C5)或(C4)或(C3)或(C2)的狀態。</p>

【結論】

1. 製作這套模擬器，是為了驗證【研究四】的邏輯部分，我們覺得這是必要的，因為只透過程式碼寫入 Arduino，無法確定所有狀態是否正確，實際應用時難以除錯，若寫錯程式，當造成誤判時，可能會啟動電磁閥導致不能用水，造成使用者困擾。
2. 因為四年級有學到 Scratch 程式語言，可以用簡易積木完成之外，還有動畫可以互動，所以選擇這套軟體來完成這套模擬器。
3. 我們將所有角色命名與【研究四】相同編號，製作不同造型，可以用來快速辨識。

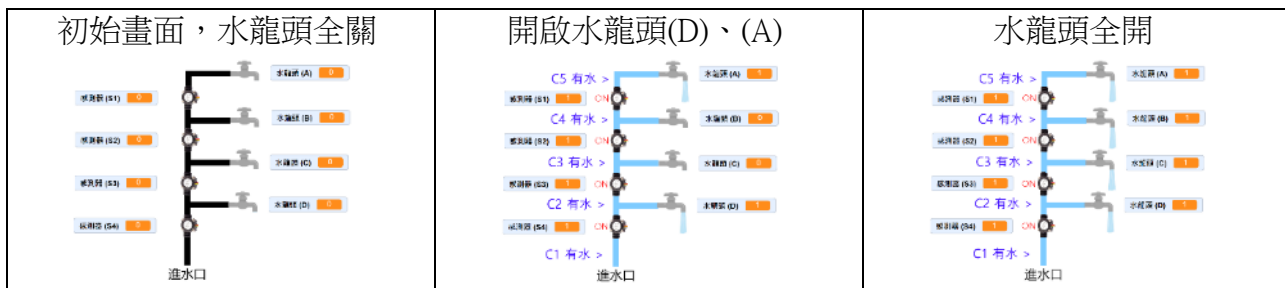
【研究六】：探討模擬器模擬出所有感測器狀態

一、 研究步驟

透過模擬器驗證【研究四】的邏輯表。

二、 研究結果

透過【研究四】的邏輯表我們轉換成所有流程圖及程式碼，全部完成後測試模擬器給的回饋是否正確，測試方法為點擊任何一個水龍頭，將水龍頭開水或關水，透過舞台的圖形化介面互動，來確定我們寫的程式是否正確，**因為有 15 種狀態，圖片多版面空間不足，選幾張圖片為代表**，如下圖所示：

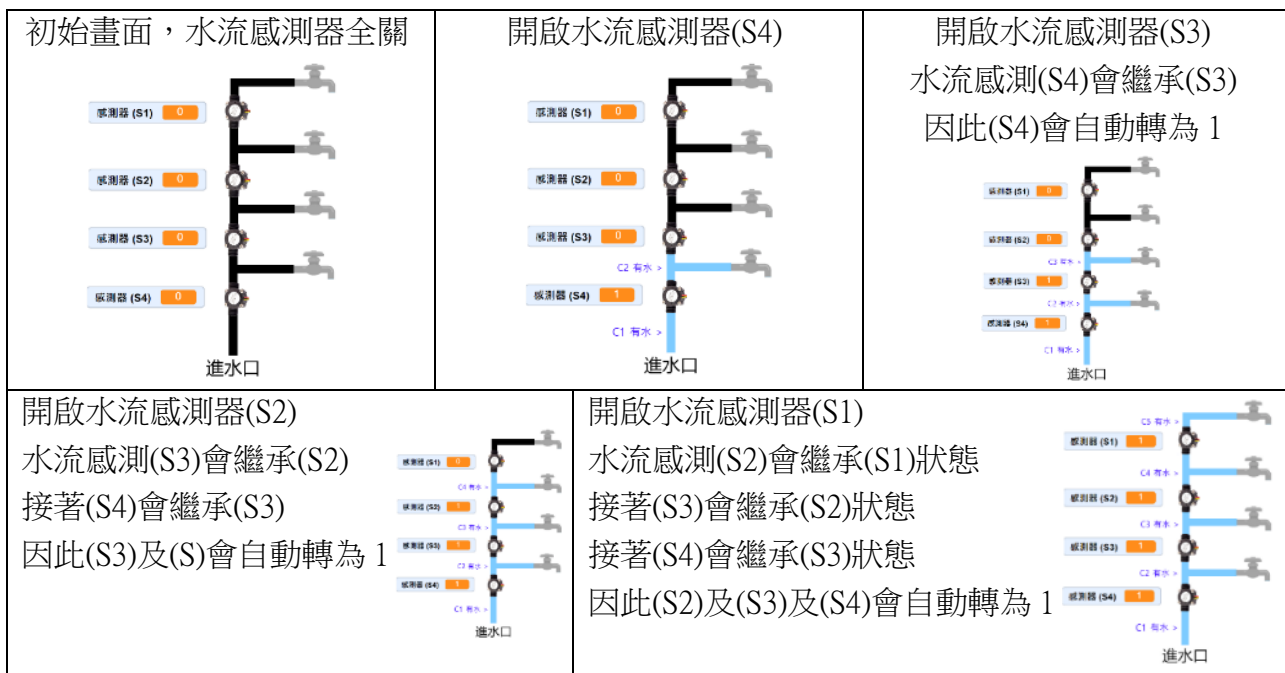


(表格內之圖片由指導老師製作)

模擬器完成全部 15 個水龍頭推論感測器及水管狀態的驗證，並且非常明確的

透過水龍頭狀態(水龍頭 (A))、感測器狀態(感測器 (S1))及水管狀態(C2 有水 >)對應到【研究四】的邏輯表是正確。

接著我們測試感測器回推水管狀態模擬器，測試方法為點擊任何一個水流感測器，將水流感測器開啟或關閉，透過舞台的圖形化介面互動，來確定我們寫的程式是否正確，如下圖所示：



(表格內之圖片由指導老師製作)

我們確定程式正確後，接下來轉換為 Arduino，在套用到我們自製家用水管路實驗模型上測試。

【結論】

1. 透過水龍頭推論水流感測器之模擬器驗證，與【研究四】的邏輯表結論相互比對皆為正確，因此模擬器程式碼正確。
2. 透過感測器回推水管之模擬器驗證，與【研究四】的邏輯表結論相互比對皆為正確，因此模擬器程式碼正確。
3. 感測器回推水管程式較為困難，需要往後繼承感測器狀態。
4. 模擬器標示的清楚，有利於檢視結果是否正確。

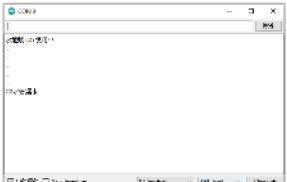



【研究七】：將程式碼導入 Arduino 並實際模擬

一、 研究步驟

- (一) 目標將 Scratch 轉為 Arduino。
- (二) 定義與 Scratch 相同感測器名稱與狀態。
- (三) 邏輯的替代。

二、 研究結果

我們在 Scratch 轉為 Arduino 非常直覺，同樣先定義所有感測器名稱，並預設狀態為 0 (代表沒有使用水)，出現**如果**則使用 **if** 替代；**如果...否則**使用 **if...else if** 替代；**重複無限次**使用 **loop** 替代；**布林運算子-或(or)**使用 **||** 替代。透過筆記型電腦上 Arduino 的序列埠監控視窗觀察各個感測器狀態及判斷結果，因為有 15 種狀態，圖片多版面空間不足，選幾張圖片為代表，實際測試如下圖：

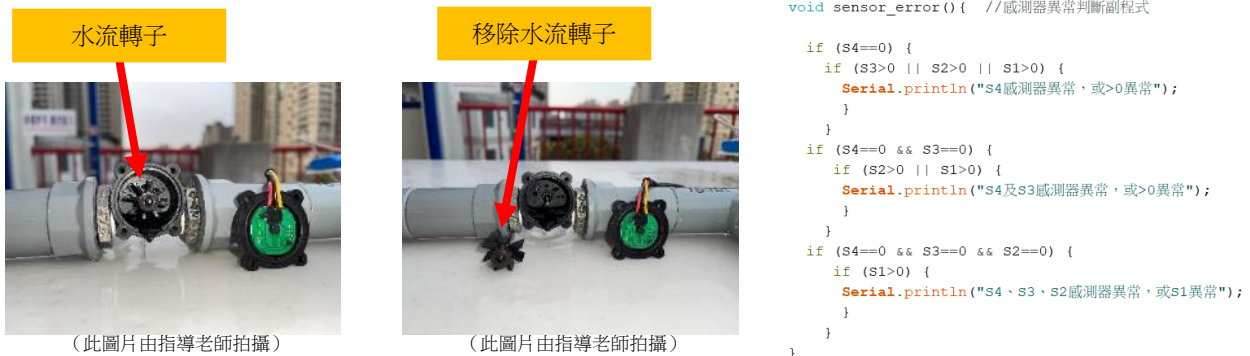
<h3>宣告變數與狀態</h3> <pre>volatile int flow_frequency; // Measures flow meter pulses unsigned int l_hour; // Calculated litres/hour unsigned char S4 = 8; // 水流感測器 (S4) 插位數位*針腳 unsigned char S3 = 6; // 水流感測器 (S3) 插位數位*針腳 unsigned char S2 = 4; // 水流感測器 (S2) 插位數位*針腳 unsigned char S1 = 2; // 水流感測器 (S1) 插位數位*針腳 int C1=0; //宣告水管C狀態預設為0 (代表此水管沒水流動) int C2=0; //宣告水管C狀態預設為0 (代表此水管沒水流動) int C3=0; //宣告水管C狀態預設為0 (代表此水管沒水流動) int C4=0; //宣告水管C狀態預設為0 (代表此水管沒水流動) int C5=0; //宣告水管C狀態預設為0 (代表此水管沒水流動) int tube_switch=0; //宣告電磁閥狀態預設為0 (代表沒有啟動)</pre>	<h3>水管狀態</h3> <pre>void sensor() { //感測器推論水管狀態 if (S4>0 S3>0 S2>0 S1>0) { C1=1; //C1水管有水 C2=1; //C2水管有水 } else{ C1=0; C2=0; } if (S3>0 S2>0 S1>0) { C3=1; //C3水管有水 } else{ C3=0; } if (S2>0 S1>0) { C4=1; //C4水管有水 } else{ C4=0; } if (S1>0) { C5=1; //C5水管有水 } else{ C5=0; } }</pre>	<h3>漏水判斷</h3> <pre>void leaking() { //漏水判斷 if (S4>0 S3>0 S2>0 S1>0) { Serial.println("水龍頭 (A) 使用中"); delay(5000); if (S4>0) { Serial.println("C2水管漏水"); } } if (S4>0 S3>0 S2>0 S1>0) { Serial.println("水龍頭 (A) 使用中, (B)及 (C)也可能使用中"); delay(5000); if (S3>0) { Serial.println("C3水管漏水"); } } if (S4>0 S3>0 tube_switch==0 S2>0 S1==0) { Serial.println("水龍頭 (A) 使用中, (B)及 (C)也可能使用中"); delay(5000); if (S2>0) { tube_switch=1; //關閉電磁閥，停止水供應 Serial.println("C4水管漏水"); } } if (S4>0 S3>0 tube_switch==0 S2>0 S1>0) { Serial.println("水龍頭 (A) 使用中, (B)及 (C)及 (D)也可能使用中"); delay(5000); if (S1>0) { tube_switch=1; //關閉電磁閥，停止水供應 Serial.println("C5水管漏水"); } } }</pre>
<h3>序列埠監控視窗</h3> 		
<h3>打開水龍頭(C)、(B)</h3> 	<h3>打開水龍頭(D)、(C)、(A)</h3> 	<h3>水龍頭全開</h3> 

(表格內之圖片由指導老師製作)

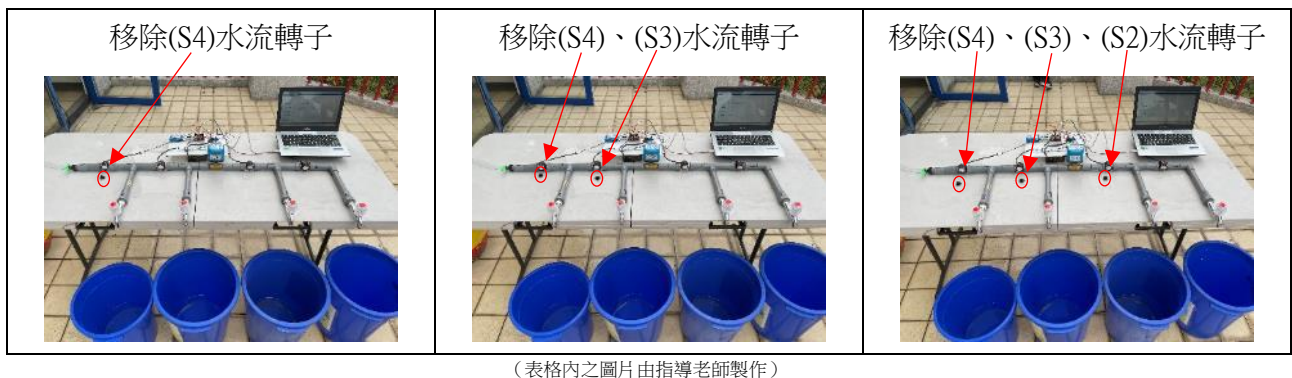
接著我們**模擬異常狀態**，列表如下：

項目	水流感測器邏輯值產生	透過 感測器回推異常狀態
1	如果 感測器(S4)=0 且 感測器(S3)或(S2)或(S1) >0	異常狀況，需人工介入處理 ● 感測器(S4) 故障 ● 數值 >0 的感測器故障
2	如果 感測器(S4)及(S3)=0 且 感測器(S2)或(S1) >0	異常狀況，需人工介入處理 ● 感測器(S4)及(S3) 故障 數值 >0 的感測器故障
3	如果 感測器(S4)及(S3)及(S2)=0 且 感測器(S1) >0	異常狀況，需人工介入處理 ● 感測器(S4)及(S3)及(S2) 故障 ● 數值 >0 的感測器故障

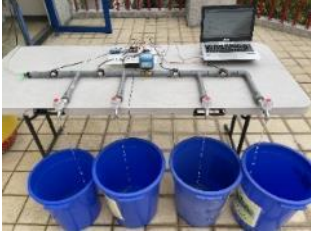
原先嘗試將水流感測器的黃線訊號(S)從 Arduino 上移除，想製造無訊號，結果在 Arduino 上會出現錯誤代碼，亦無法將整個水流感應器的三條線移除，在宣告的參數上沒有安裝零件也會出現錯誤，導致無法模擬。我們將水流感測器拆解，裡面有顆水流轉子元件，這是和霍爾傳感器組成的，當水通過時，會依照轉速隨著流量的變化，對應霍爾傳感器輸出相對應脈衝信號給控制器。因此只要將水流轉子元件移除，則無法計算水流過去的資訊，即可完成模擬異常狀態，如下圖所示：



移除水流轉子，將成功模擬異常狀態，如下表所示：



接著模擬特殊狀況，我們刻意將電磁閥參數定義為 1(代表有開啟)，但實際上經過邏輯判斷不會發出訊號啟動，透過這樣方式成功模擬特殊狀況，如下表所示：

水流感測器邏輯值產生	透過感測器回推特殊狀態
如果 感測器(S4)、(S3) >0 且 電磁閥有啟動(On) 且 感測器(S2)或(S1) =0 或 感測器(S2)及(S1) =0	特殊狀況： ● 如果是感測器(S2)或(S1)判斷漏水而啟動電磁閥為正常狀況。 ● 如果沒有漏水，但感測器(S2)及(S1)判斷漏水，則是感測器故障，則需人工介入處理。
模擬特殊狀態，水龍頭全開  (此圖片由指導老師拍攝)	電磁閥為了模擬刻意將狀態設為 1(但實際上不會停止供水)，這時 Arduino 偵測(S2)、(S1)>0 為特殊狀況，因為我們營造出電磁閥停止繼續供水，但(S2)、(S1)還有訊號。 <pre data-bbox="1027 568 1426 824"> void TubeSwitch() { //電磁閥邏輯表 if (tube_switch==1) { //如果電磁閥啟動 (停止供水) if (S2>0) { Serial.println("水流感測器 (S2)故障"); } if (S1>0) { Serial.println("水流感測器 (S1)故障"); } } if (S2>0 && S1>0) { Serial.println("電磁閥故障，也可能是水流感測器 (S2) 及 (S1)故障"); } } </pre> (此圖片由指導老師製作)

我們透過 Arduino 程式套用到自製家用水管路實驗模型，在不同的條件與狀態下，對實體雛型進行各種測試、記錄和分析後得到重要且有用的實驗結果。實驗結果證明本作品不僅可以解決任何位置漏水的費時費力查修，並且提早停止繼續供水達到水資源環保不再浪費。

【結論】

1. 從 Scratch 轉為 Arduino 如同積木上的文字定義轉換非常直覺，只要先定義所有感測器、水管及電磁閥名稱，並預設狀態即可。
2. 模擬異常狀態不能將水流感測器的黃線訊號移除，Arduino 會出現錯誤代碼，因此我們拆解，將裡面的水流轉子元件移除，則無法計算水流過去的資訊，即可完成模擬異常狀態。
3. 模擬特殊狀況是從程式碼端刻意將電磁閥參數定義為 1，代表有啟動，停止水供應，但實際上電磁閥沒有啟動(水可以流過去)，透過這樣方式成功模擬特殊狀況。
4. 套用到自製家用水管路實驗模型，進行各種測試後得到有用的實驗結果。
5. 本【研究七】證實作品偵測到漏水可以明確知道是哪個裝置或哪段水管漏水，接著啟動電磁閥停止繼續供水，達到水資源環保不再浪費。


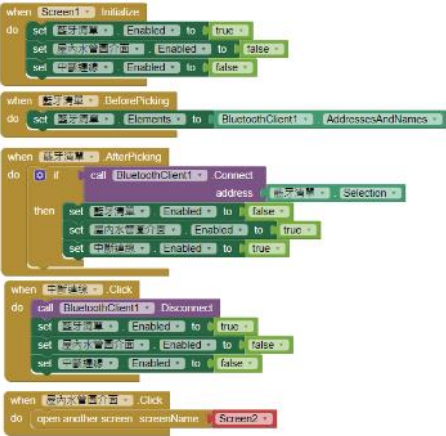


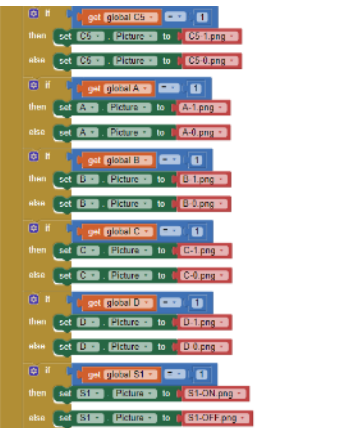

【研究八】：透過 App Inventor 製作手機 APP

一、 研究步驟

- (一) Arduino 安裝藍牙控制器。
- (二) 使用 App Inventor 寫一個手機 APP 連結 Arduino。

二、 研究結果

目標將 Arduino 上判斷的結果可以透過無線方式通知屋主手機上，除了文字顯示外，還有水管圖介面，讓屋主一目了然知道屋內的水管/用水裝置的狀態。APP 上所使用的圖形介面與 Scratch 相同，除了節省製作圖片的時間，也能非常直覺看出所有狀態。當正常使用時，會顯示哪個用水裝置開啟中及哪段水管供應水；異常狀態會標記異常的地方並通知屋主；漏水時會顯示漏水的水管位置或裝置；每顆水流感測器的狀態。

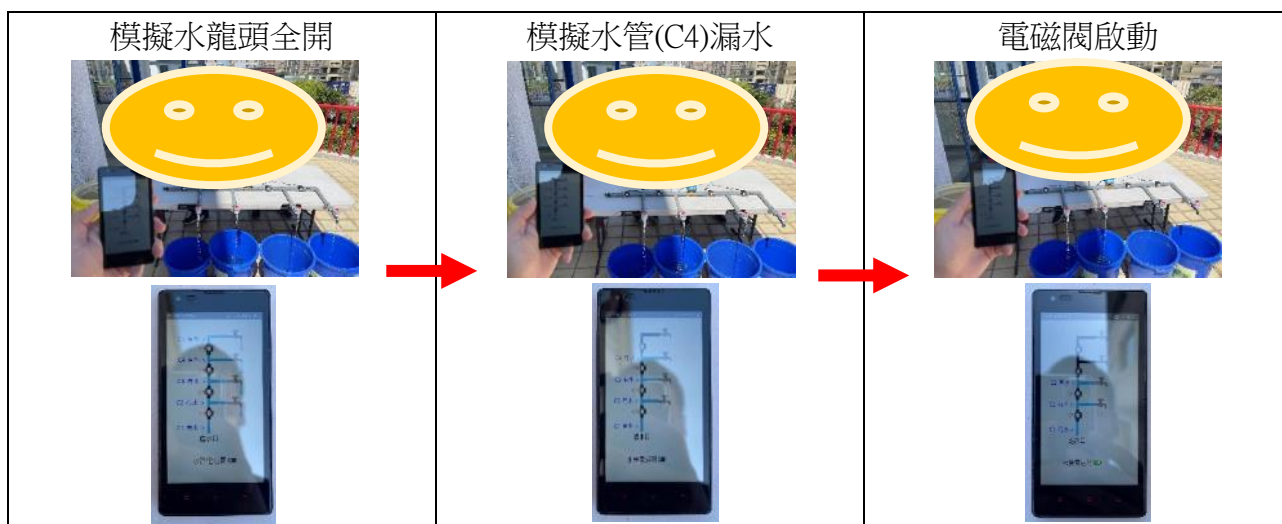
<p>App Inventor 介面</p> 	<p>藍牙連結</p> 	<p>手機實際照片</p> 
<p>連結藍牙，進入水管介面</p> 	<p>Arduino 將判斷結果傳給 APP。APP 只負責替換圖片及通知屋主。</p> 	<p>手機實際照片</p> 

當發生漏水啟動電磁閥停止水供應，Arduino 不知道何時維修完畢，因此增加水管電磁閥開關，維修後需手動將狀態賦歸，水將繼續供應。

(表格內之圖片由指導老師製作、拍攝)

首先透過藍牙清單連結手機，成功連結後才能進入水管介面圖，在 App Inventor 設計手機 APP 只負責兩件事，(1)接收 Arduino 邏輯判斷後的結果，APP 收到結果依參數替換圖片(感測器 on/off、水管有水/沒水、水龍頭有開/沒開的圖片)，(2)通知屋主哪段水管漏水。

若 Arduino 發生異常，可以透過重新啟動按鈕重啟；最後可以中斷連線。**最重要則是水管電磁閥**，當發生漏水啟動電磁閥停止水供應，無法確切評估維修時間，因此增加水管電磁閥開關，維修後需手動將狀態賦歸，水將繼續供應。



(表格內之圖片由指導老師拍攝)

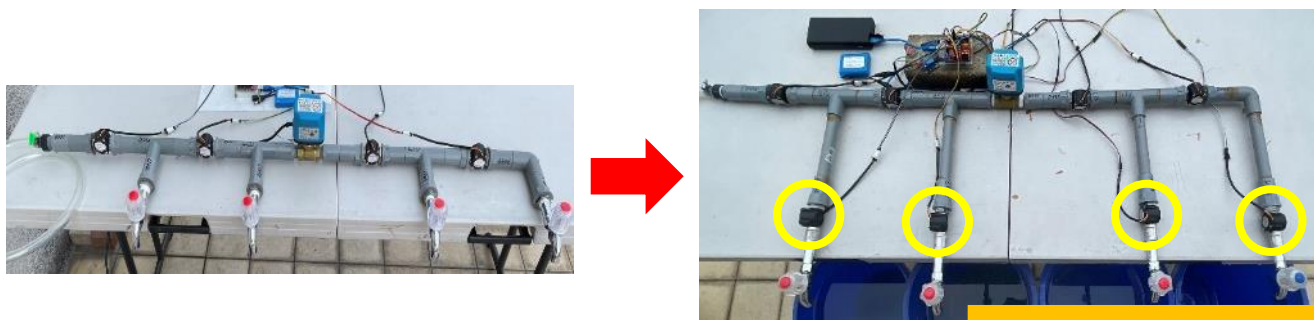
【研究九】：最終提議與改良測試

一、 研究步驟

- (一) 增加水流感測器。
- (二) 電磁閥使用限制。
- (三) 提出改良並測試。

二、 研究結果

經過前面研究我們發現，水流感測器安裝在主幹管上，可以明確知道主幹管哪段漏水，但我們目標做到無需人為介入做到完全自動化判定。因此我們除了在主幹管上有安裝水流感測器，也在每個用水裝置前端安裝水流感測器，如圖下所示：

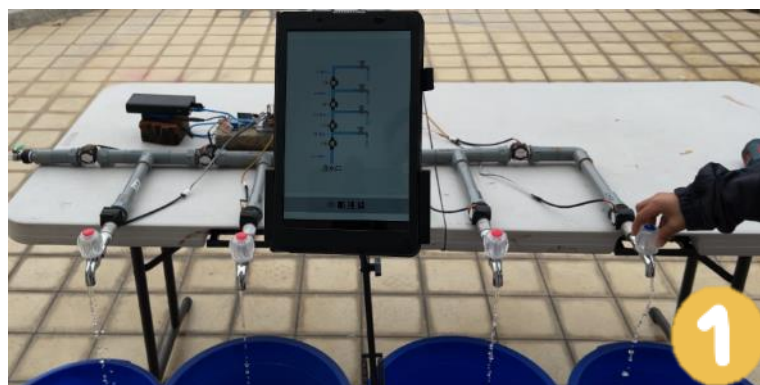


(圖片由指導老師拍攝)

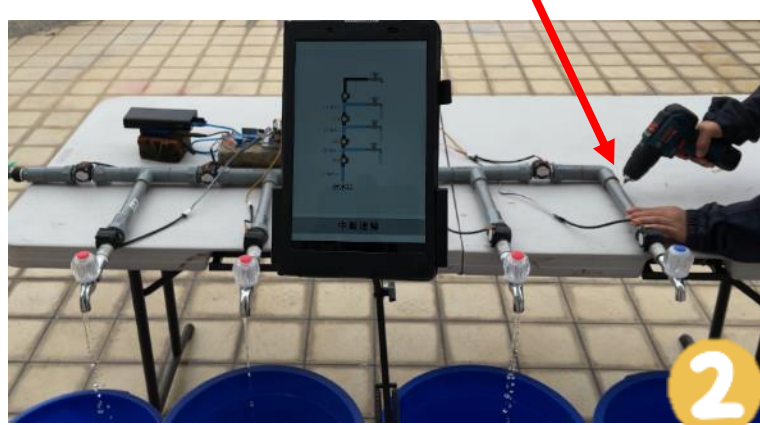
用水裝置前端新增水流感測器

實際應用如下表流程所示：

(一)、模擬水龍頭全部打開



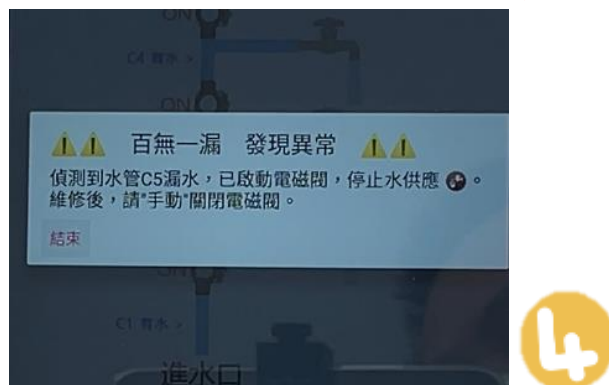
(二)、使用電鑽將水管(C5)開洞模擬漏水



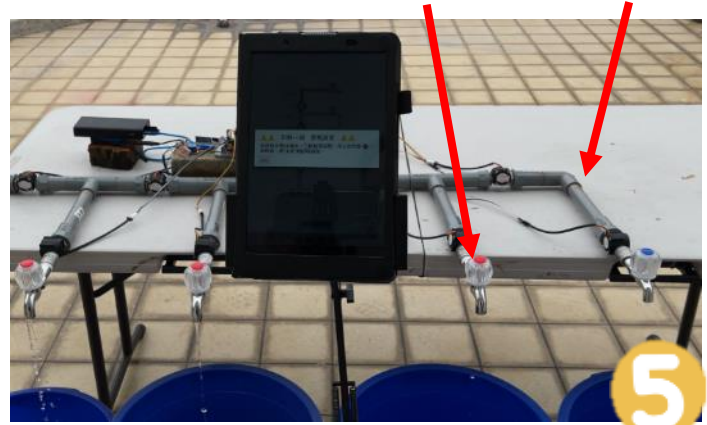
(三)、Arduino 偵測到水管(C5)漏水



(四)、APP 發出通知，自動開啟電磁閥停止水



(五)、電磁閥啟動後，水龍頭(B)及開洞處停水



(六)、維修後需手動關閉電磁閥，會出現提醒。

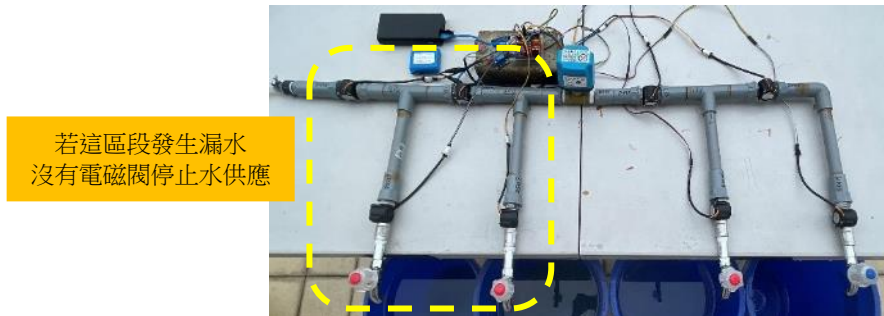


(表格內之圖片由指導老師拍攝)

本科展研究到現階段的整套自製家用水管路模型與 APP 非常完整。Arduino 接收到每個水流感測器的數值由邏輯判斷後，將結果透過無線方式傳送到手機 APP 上。APP 上為圖形化介面，可以清楚知道哪段水管、哪個裝置正在使用水。

當發生漏水時，Arduino 優先自動開啟電磁閥停止水供應，接著發送通知到手機 APP 上，訊息會明確告知哪段水管漏水。後續維修人員來時，可以省時省力(透過 APP 知道哪段漏水，無須花時間尋找漏水)，維修漏水時搭配電磁閥達到區域性停水，可以不用整間屋子停水。最終優化設計而提升實用性。

本次實驗的自製家用水管路模型是模仿臺灣 3 房 1 廳 1 衛浴水管竣工圖，經過實驗測試發現，如果是電磁閥之前的區段漏水，沒有電磁閥可以幫助停止水供應，如下圖黃色框選部分。因此只能從屋外進到屋內的源頭將水閥關閉，或是水塔的出水端關閉，將會造成整間屋子沒水使用，需等到漏水地方處理後，才能打開水閥有水可以使用，相當不方便。



(此圖片由指導老師拍攝)

經過討論後，我們提出的改良方式，從進到屋內的水管，由一根水管分支為兩根管，自製模擬水管路模型如下圖所示。舉例廚房水管與浴室水管不要在同一支主幹管上，建議分兩邊，當其中一邊漏水啟動電磁閥停止水供應，還可以用另一邊的水龍頭。程式邏輯部分與【研究四】相同，差異在左右兩邊獨立各自判斷，宣告定義的名子與參數不同。



(表格內之圖片由指導老師拍攝)

舉例：當左半邊廚房漏水，會啟動左邊電磁閥停止水供應，此時左半邊無法用水，若無法立即處理漏水，至少可以使用右半邊浴室的水，不會造成生活不便。

【結論】

每個用水設備前端安裝水流感測器，可以達到無須人為介入完整的全自動化邏輯判斷。我們為這套自製水管路模型進行估價，需要 8 顆水流感測器(98 元*8 顆)、一台 Arduino(245 元)及一顆電磁閥(200 元)，總價為 1229 元，相當便宜！

前半段若發生漏水，只能從進水閥關閉停止水供應，但這樣會讓整間屋內全部停水，因此建議主幹管進到屋內一分為二管，並將用水設備兩邊分開，不要在同一條主幹管上，若其中一邊漏水啟動電磁閥停止水供應，還能到另一邊使用水。

陸、 結論

- 一、不明顯的漏水不容易被發現，因此尋找可以偵測細微漏水的水流感測器。
- 二、最適合是水流感測器，可以偵測到水管中細微的水流狀態、高精準度、無偵測受限範圍、壽命長且價格低。
- 三、漏水從源頭找起，感測器安裝在自來水由屋外進到屋內的水錶後方處。
- 四、串接在水管上的水流感測器有安裝限制，需要依感測器上標示的箭頭方向串接；安裝位置有高低落差，則安裝在低處。
- 五、安裝在 Arduino 上的水流感測器搭配 LCD 小螢幕，可以獲得數位訊號的連續數值變化，數字越高則水流越快，數字越低則反之，並且可判讀是否在使用水。
- 六、一顆水流感測器串接在進水口處，只能知道屋內是否在用水或漏水，無法得知是哪個裝置用水或哪段水管漏水；若要明確精準得知，必須增加數顆水流感測器，本次科展實驗自製家用水管路實驗模型為 4 個用水裝置，因此需要 4 顆水流感測器。因此統整為 n 個用水裝置將需要串接 n 個水流感測器，可以達到我們的目標。
- 七、 n 個用水裝置需串接 n 個水流感測器，必須串接在主幹管上，可以額外判斷主幹管是否漏水，並且可以精準判斷是哪段在漏水。
- 八、我們列出所有可能的狀態，分別為正常狀態、漏水狀態、異常狀態及特殊狀態等四類，當出現異常狀態及特殊狀態將需要人工介入處理。
- 九、水流感測器串接在主幹管上，因此每個感測器都必須繼承上一階的邏輯結果，才可以往後判斷。雖然較為複雜，只要將所有可能列出，可以透過正推與回推比對判斷是否正確。
- 十、透過：(1)感測器、(2)電磁閥、(3)水龍頭及(4)水管等列出所有狀態，搭配正推與回推，相互比較後，成功列出所有可能性，為了達到可以判斷哪段水管漏水，或是裝置漏水，並且排除未知的狀態，因此必須這麼嚴謹。
- 十一、我們將所有狀態列出，但從文字轉為程式語言部非如此單純，因此自製家用水管路模擬器，來驗證我們上面的狀態是否正確。
- 十二、在我們四年級電腦課會學到 Scratch，可以用簡易積木完成之外，還有動畫可以互動，來完成這套模擬器。
- 十三、透過水龍頭推論水流感測器之模擬器驗證，與【研究四】的邏輯表結論相互比對皆為正確，因此模擬器程式碼正確。
- 十四、透過感測器回推水管之模擬器驗證，與【研究四】的邏輯表結論相互比對皆為正確，因此模擬器程式碼正確。
- 十五、感測器回推水管程式較為困難，需要往後繼承感測器狀態。
- 十六、模擬異常狀態不能將水流感測器黃訊號線移除，Arduino 會出現錯誤，因此我們將水流感測器裡的水流轉子移除，則無法計算水流過去的資訊，完成模擬異常狀態。

- 十七、 模擬特殊狀況是從程式碼端刻意將電磁閥參數定義為 1，代表有啟動，停止水供應，但實際上電磁閥沒有啟動(水可以流過去)，透過這樣方式成功模擬特殊狀況。
- 十八、 本【研究七】證實作品偵測到漏水可以明確知道是哪個裝置或哪段水管漏水，接著啟動電磁閥停止繼續供水，達到水資源環保不再浪費。
- 十九、 最重要則是水管電磁閥，當發生漏水啟動電磁閥停止水供應，無法確切評估維修時間，因此設計水管電磁閥開關，維修後需手動將狀態賦歸，水將繼續供應。
- 二十、 為達到完全無人為介入的完整自動化，我們在每個用水設備前端安裝水流感測器。
- 二十一、 當發生漏水時，Arduino 優先自動開啟電磁閥停止水供應，接著發送通知到手機 APP 上，訊息會明確告知哪段水管漏水。後續維修人員來時，可以省時省力(透過 APP 知道哪段漏水，無須花時間尋找漏水)，維修漏水時搭配電磁閥達到區域性停水，可以不用整間屋子停水。最終優化設計而提升實用性。
- 二十二、 前半段若發生漏水，只能從進水閥關閉停止水供應，但這樣會讓整間屋內全部停水，因此建議主幹管進到屋內一分為二管，並將用水設備兩邊分開，不要在同一條主幹管上，若其中一邊漏水啟動電磁閥停止水供應，還能到另一邊使用水。

柒、 參考資料

- 一、 YF-S201 水流量感測器
<https://shop.mirotek.com.tw/shop/400101/>
- 二、 Gravity: 類比式水壓感測器 Analog Water Pressure Sensor
<https://robotkingdom.com.tw/product/gravity-analog-water-pressure-sensor/>
- 三、 【雙 A 計劃】 Part3 : Android 手機透過藍牙接收 Arduino 類比腳位狀態
<https://blog.cavedu.com/2014/01/02/appinventorandarduinowithbluetooth3/>
- 四、 Arduino 1602 LCD 最快速範例
<https://blog.jmaker.com.tw/lcd1602/>
- 五、 [Arduino 範例] 繼電器(Relay)的使用
<https://blog.jmaker.com.tw/arduino-relay/>
- 六、 Scratch
<https://scratch.mit.edu/projects/editor/>
- 七、 App Inventor 的基本介紹和藍芽連結功能的使用
<https://www.86duino.com/wp-includes/file/Chapter09-TC.pdf>
- 八、 App Inventor 指令集
https://im.thu.edu.tw/upload/im/news_upload/Inventor%E5%85%83%E4%BB%B6%E8%AA%AA%E6%98%8E.pdf
- 九、 App Inventor - AI2 藍牙
<http://ai2.npust.edu.tw/PDF/%E5%85%B6%E4%BB%96%E5%85%83%E4%BB%B6%20-%20AI2%E8%97%8D%E7%89%99.pdf>
- 十、 手機 APP 開發之 MIT Appinventor 詳細實戰教學 (七)，inventor 的字元接收問題，藍牙接收問題的解決方法
https://blog.csdn.net/weixin_42619971/article/details/105331516

【評語】 082812

在這份科展作品中，學生設計了一套智能化的家用水管漏水偵測和預警系統。研究過程從探討最適合的偵測元件開始，到設計完整的系統架構。運用多種軟硬體技術，如 Arduino、Scratch 和 App Inventor 等。通過自製模擬器和實體模型進行多次測試和改進。考慮了多種可能的情況，包括正常、異常和特殊狀態。最終設計出一個可實際應用的系統，能及時發現漏水並通知用戶。學生們對問題的全面思考，不僅考慮到偵測，還考慮到如何便利維修。提出了分支水管的創新設計，以減少停水範圍。對成本的考量，使系統具有實用性。總的來說，這是一個結合理論與實踐、技術與生活應用的優秀作品。

作品簡報



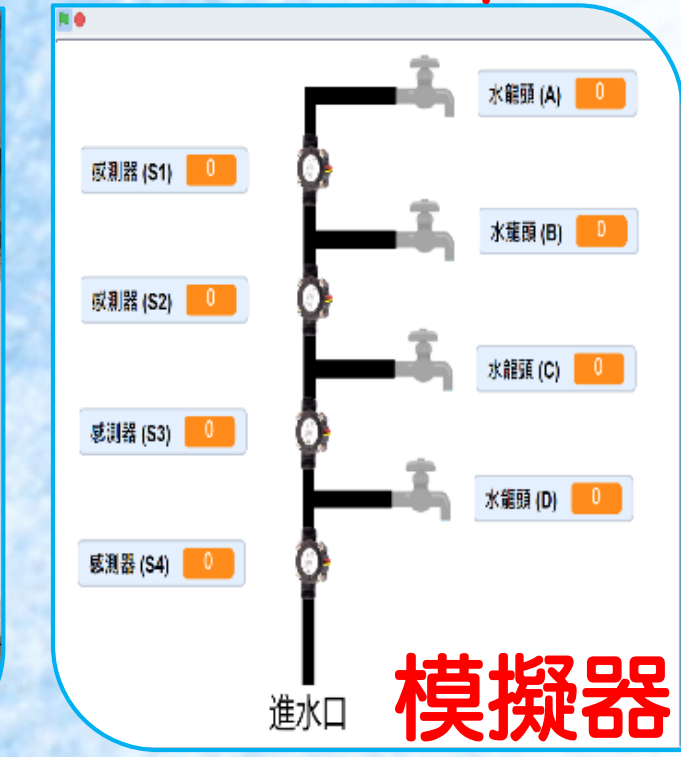
自來水管無漏



手機 APP



自製實驗模型



模擬器



摘要

研究探究找出最適合的漏水偵測器與安裝在最適合的位置，完整的系統智能邏輯判斷可以知道每個用水裝置的狀態或哪段水管發生漏水。模仿臺灣3房1廳1衛浴水管竣工圖自製家用水管路實驗模型，作品的Arduino偵測到漏水，優先自動開啟水管上的常開型電磁閥，停止水供應，再透過無線通訊方式傳訊息到屋主手機APP，明確告知屋主是哪段水管漏水。搭配電磁閥自動停水方便維修人員區域性維修，不需要整間屋子停水。藉由自製一套與臺灣水管竣工圖相同等級的作品實體雛形，進行各種不同的使用情境測試、記錄和分析後得到重要且有效的實驗結果。實驗結果證明本作品可以解決任何位置漏水的費時費力查修問題，並且提早停止繼續供水達到水資源環保不再浪費。



壹、研究動機

近幾年各家新聞報導，民眾收到水費帳單，驚訝發現水費比上期高出許多！甚至有民眾申請自動扣款，半年後檢查帳單才發現金額暴增！後續檢查發現是牆壁內水管有小裂縫漏水、馬桶橡膠墊圈老化漏水或不常用的老舊水龍頭漏水，這種微小不明顯的漏水狀況，在全世界各地用水的地方皆有可能發生，只差別在能不能即時發現！水資源越來越珍貴，所以我們希望盡量不要浪費掉這些默默流掉的水，透過這次的科展研究來達到珍惜水資源。

任何屋內的水管破裂位置或裝置故障造成的漏水，一定是由屋外進到屋內的進水口處(水錶處)，會將水推送到漏水位置，因此我們目標是即時性偵測水管內的水流狀態，透過Arduino的系統智慧邏輯判斷，發現漏水時，優先自動開啟電磁閥停止水供應達到止漏。提早發現漏水，避免水資源的浪費，若漏水長久累積會造成房屋結構造成嚴重損害，甚至潮濕的環境引發過敏反應和呼吸道疾病，會造成長期的健康問題。



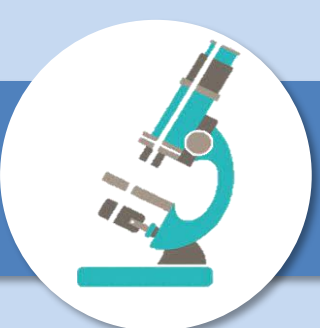
貳、研究目的

- 一、自製簡易水管路實驗模型，選擇最適合偵測細微漏水的元件。
- 二、自製家用水管路實驗模型，高低落差是否影響結果。
- 三、探討偵測器需要使用幾顆、安裝的位置及電磁閥安裝位置。
- 四、探討AI智慧邏輯判斷的全面性情境。
- 五、探討使用Scratch自製家用水管路模擬器，加入AI程式碼，可以模擬全面性情境。
- 六、探討實際應用情境與作法。
- 七、透過無線傳遞資訊，並將模擬器整合到手機APP介面，可以同步顯示水管使用狀態。



參、研究設備及器材

製作工具	水管	彎頭	水管剪	水管膠合劑
智能模組	水流感測器	藍牙模組	繼電器	常開型電磁閥
軟體	Arduino	Scratch	App Inventor	
其他			鋰電池	



肆、研究過程與方法

實驗一

尋找可以偵測到細微漏水的感測器

實驗二

感測器的安裝限制及資訊呈現方式

實驗三

感測器數量及安裝位置有哪些影響

實驗四

探討所有和感測器相關的邏輯狀態

實驗五

探討何種軟體來建立水管路模擬器

實驗六

探討模擬器模擬出所有感測器狀態

實驗七

將程式碼傳入Arduino 並實際模擬

實驗八

透過App Inventor製作手機APP

實驗九

最終提議及改良測試



【研究一】尋找可以偵測到細微漏水的感測器

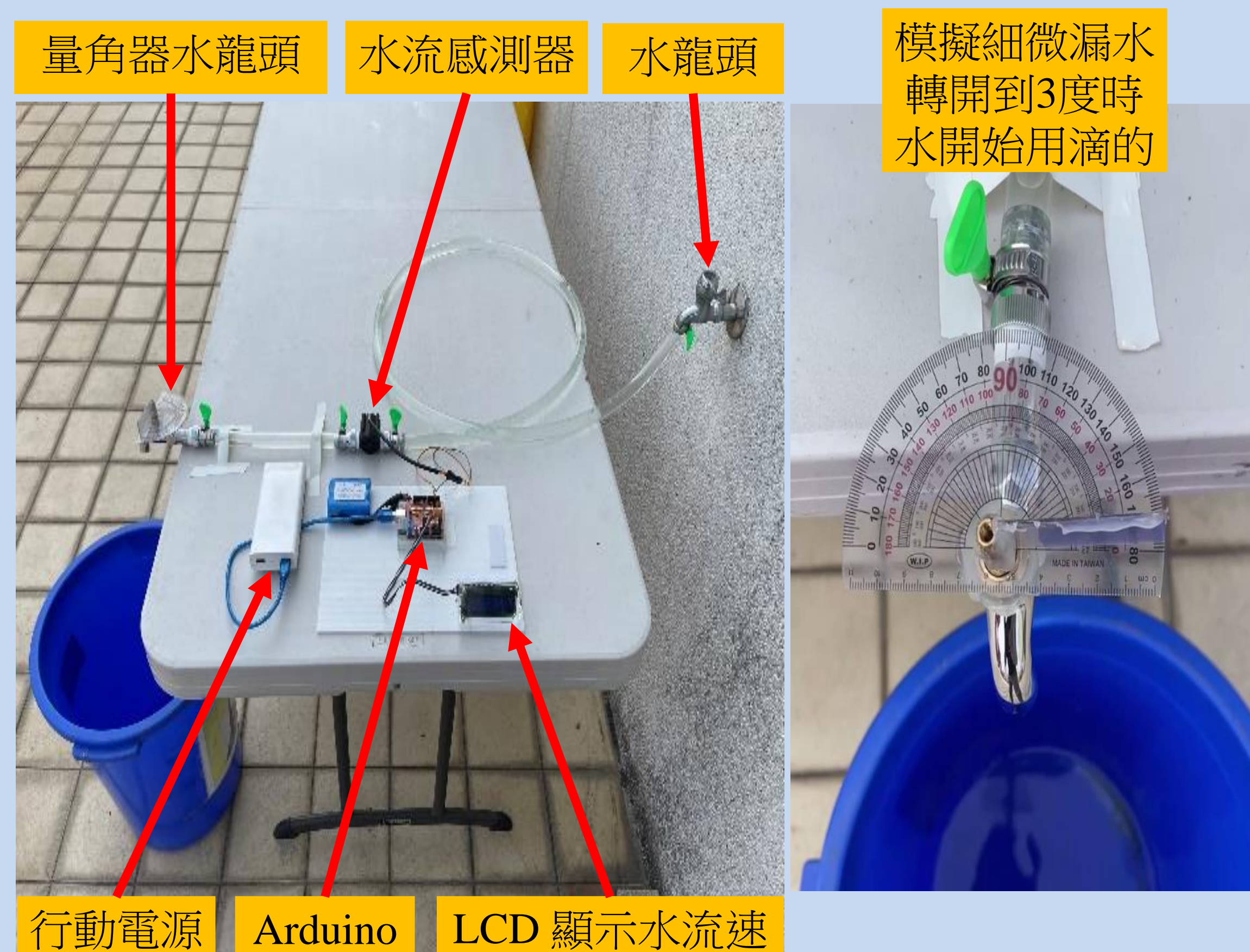
我們蒐集許多漏水相關資訊，統整後是微小不明顯的漏水或被忽略不常使用的裝置，因此我們的目標是偵測到細微的漏水。

任何位置／裝置的漏水，必經之路的源頭會從屋子的水錶處後端為起點（僅探討屋內漏水），將水推送到漏水處，我們目標將感測器安裝在源頭處，透過水管中的狀態，判斷哪段水管處漏水，或是裝置漏水。

我們目標確定感測器安裝在水的源頭處，接著尋找最適合的感測器，並且可以串接在水管上，可以偵測水管內水的狀態。其中我們找到兩個感測器，分別是水壓感測器及水流感測器，優缺點如下表所示：

比較	感測器	水壓感測器	水流感測器
功能		偵測水管水壓	偵測水管水流速
訊號		類比訊號	
精準度		低	高
受限範圍		不適用於極低或極高水壓	無受限
壽命		短	長
價格		一組650元	一顆98元

準度在科展中擔任最重要角色，若無法精準判斷，則出現錯誤的邏輯判斷；壽命影響日後維修成本。我們自製簡易水管路實驗模型（如下圖所示），模擬製造水是滴滴答答的狀態，水流感測器可以偵測到細微的水流狀態，水壓感測器無法偵測到水管中細微的壓力變化，因此我們選擇最適合的是高精準度、無偵測受限範圍、壽命長、價格低的水流感測器。



(此圖片由指導老師拍攝)

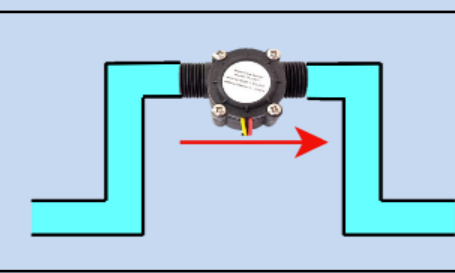
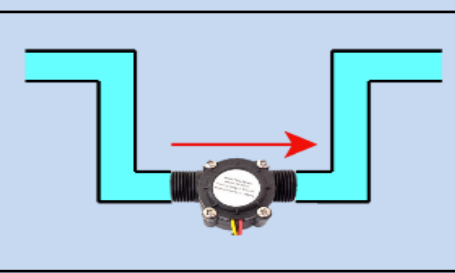


【研究二】感測器的安裝限制及資訊呈現方式

水流感測器分別為6分管接口及4分管接口兩款，我們依照臺灣住家常見水管路，選擇6分管接口(註1)，如右圖所示。安裝串接水管，水流方向必須依照感測器上的箭頭方向串接，我們刻意嘗試裝反方向，則得到錯誤的數據。

註1：臺灣住家常見水管路，由自來水廠的主幹管到屋外的水錶處，進到屋內轉為6分管，接著到用水裝置轉為4分管。前面有提到我們目標要將感測器安裝在水錶處後方，因此選擇6分管接口的款式。

除了測試串接水平方向，屋內水管路線可能有高(凸)有低(凹)，我們測試水流感測器安裝在高處與低處差異，如下表所示。因為氣泡漂浮於最高處上方，若水壓不足，水位變低，不容易滿管而導致數據錯誤；若安裝在U字管的凹處，即使低水位，也是滿管，能正常偵測。

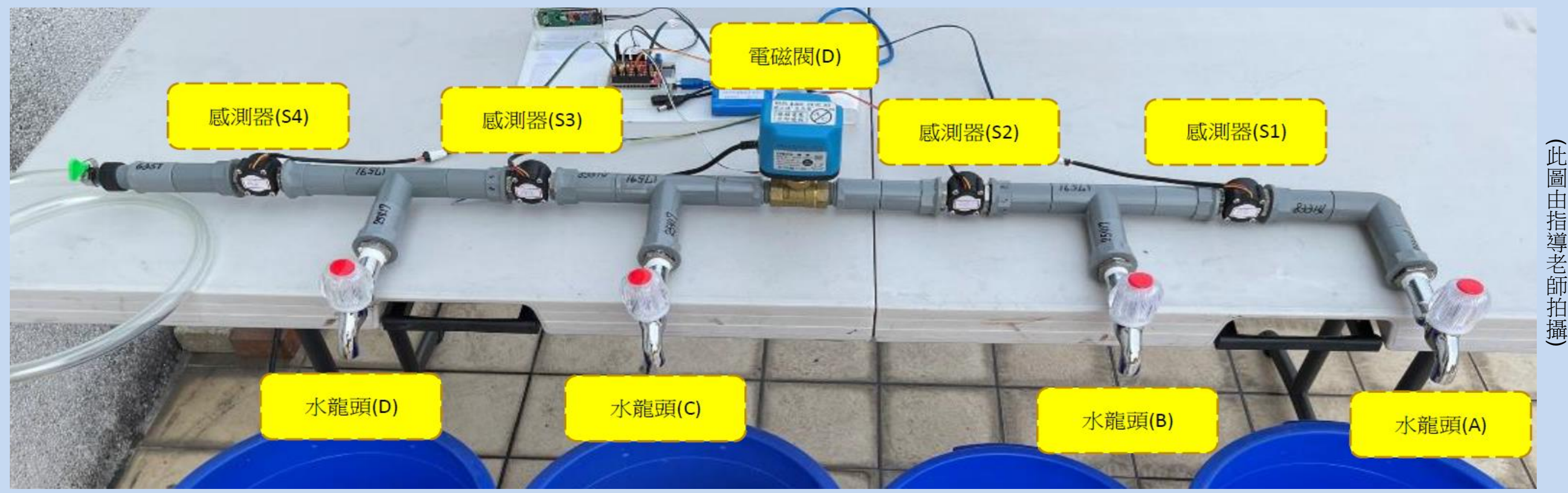
安裝方式	安裝在高處 (不正確)	安裝在低處 (正確)
	 不易滿管 水壓不足造成低水位狀態	 低水位依然滿管 能正常偵測

(此表格內圖片為指導老師製作)



【研究四】探討所有感測器相關的邏輯狀態

串接好水流感測器與電磁閥後，首先編列感測器的編號、水龍頭編號及兩者的使用狀態，後續撰寫程式碼時，可以快速對應到Arduino上，如下圖所示：



所有邏輯狀態，分別為正常狀態、漏水狀態、異常狀態及特殊狀態等四類，透過這三類的邏輯判斷來模擬這套自製家用水管路。當水流感測器偵測數值>0，代表某處使用水；若數值=0，則代表沒有使用水。電磁閥未啟動，代表水管中的水有通；若啟動，則代表水管中的水會止水。依照用水裝置邏輯表如下：

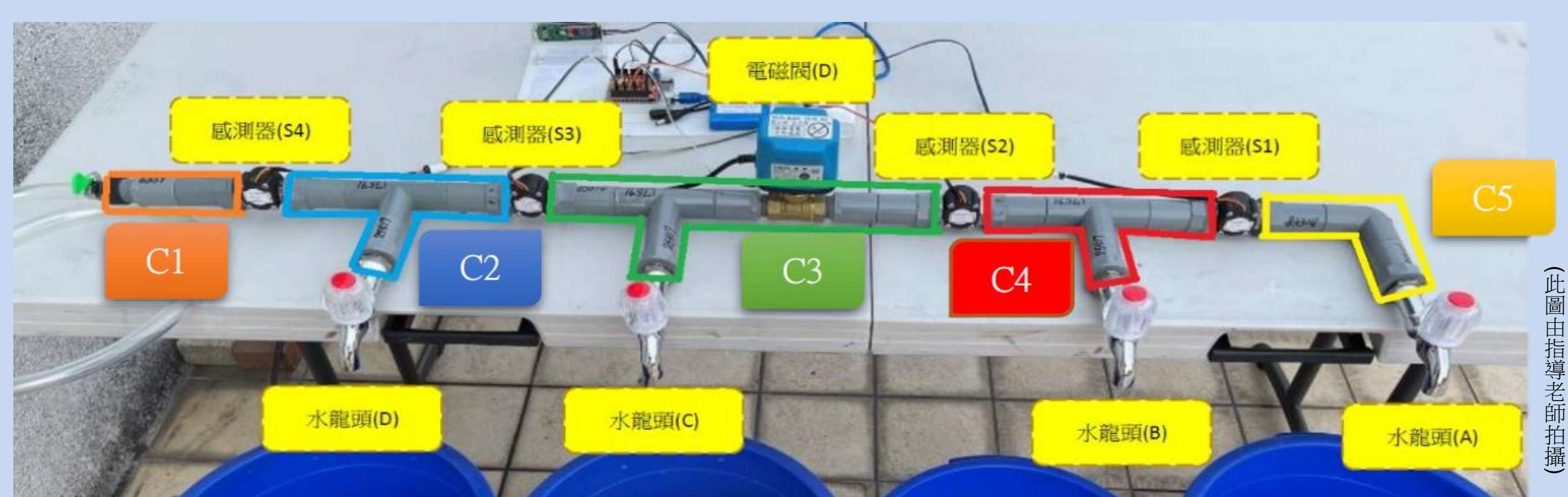
項目	使用者操作用水裝置	透過水龍頭狀態正推感測器狀態
1	打開水龍頭(D)	水流感測器(S4) >0
2	打開水龍頭(C)	水流感測器(S4)及(S3) >0
3	打開水龍頭(B)	水流感測器(S4)及(S3)及(S2) >0
4	打開水龍頭(A)	水流感測器(S4)及(S3)及(S2)及(S1) >0
5	打開水龍頭(D)及(C)	水流感測器(S4)及(S3) >0
6	打開水龍頭(D)及(B)	水流感測器(S4)及(S3)及(S2) >0
7	打開水龍頭(D)及(A)	水流感測器(S4)及(S3)及(S2)及(S1) >0
8	打開水龍頭(C)及(B)	水流感測器(S4)及(S3)及(S2) >0
9	打開水龍頭(C)及(A)	水流感測器(S4)及(S3)及(S2)及(S1) >0
10	打開水龍頭(B)及(A)	水流感測器(S4)及(S3)及(S2)及(S1) >0
11	打開水龍頭(D)及(C)及(B)	水流感測器(S4)及(S3)及(S2) >0
12	打開水龍頭(D)及(C)及(A)	水流感測器(S4)及(S3)及(S2)及(S1) >0
13	打開水龍頭(B)及(D)及(A)	水流感測器(S4)及(S3)及(S2)及(S1) >0
14	打開水龍頭(C)及(B)及(A)	水流感測器(S4)及(S3)及(S2)及(S1) >0
15	打開水龍頭(D)及(C)及(B)及(A)	水流感測器(S4)及(S3)及(S2)及(S1) >0

這次使用4顆水流感測器，則會有 $2^4-1=15$ 個組合，因此未來有增加或減少水流感測器數量，只要套用 2^n-1 個公式，即可馬上知道有多少種邏輯組合。

接著我們透過水流感測器產生的數值來做邏輯判斷，可以判斷是否正在用水、正常使用、異常狀況及特殊狀況等4種狀況，如下表所示：

項目	水流感測器邏輯值產生	透過感測器回推水龍頭狀態
1	如果感測器(S4)=0 且感測器(S3)及(S2)及(S1)=0	整套家用水管路沒有使用水
2	如果感測器(S4)=0 且感測器(S3)或(S2)或(S1) >0	異常狀況，需人工介入處理 ● 感測器(S4)故障 ● 數值 >0 的感測器故障
3	如果感測器(S4)及(S3)=0 且感測器(S2)或(S1) >0	異常狀況，需人工介入處理 ● 感測器(S4)及(S3)故障 ● 數值 >0 的感測器故障
4	如果感測器(S4)及(S3)及(S2)=0 且感測器(S1) >0	異常狀況，需人工介入處理 ● 感測器(S4)及(S3)及(S2)故障 ● 數值 >0 的感測器故障
5	如果感測器(S4) >0	正常狀況： 水龍頭(D)使用中
6	如果感測器(S4) >0 且感測器(S3) >0	正常狀況： 水龍頭(C)使用中 水龍頭(D)也可能使用中
7	如果感測器(S4)及(S3) >0 且電磁閥未啟動(Off) 且感測器(S2) >0	正常狀況： 水龍頭(B)使用中 水龍頭(C)也可能使用中 水龍頭(D)也可能使用中
8	如果感測器(S4)及(S3) >0 且電磁閥未啟動(Off) 且感測器(S2)及(S1) >0	正常狀況： 水龍頭(A)使用中 水龍頭(B)也可能使用中 水龍頭(C)也可能使用中 水龍頭(D)也可能使用中
9	如果感測器(S4)、(S3) >0 且電磁閥有啟動(On) 且感測器(S2)或(S1) >0	異常狀況，需人工介入處理： ● 電磁閥故障 ● 數值 >0 的感測器故障
10	如果感測器(S4)、(S3) >0 且電磁閥有啟動(On) 且感測器(S2)及(S1) =0	特殊狀況： ● 如果是感測器(S2)或(S1)判斷漏水而啟動電磁閥為正常狀況。 ● 如果沒有漏水，但感測器(S2)及(S1)判斷漏水，則是感測器故障，則需人工介入處理。

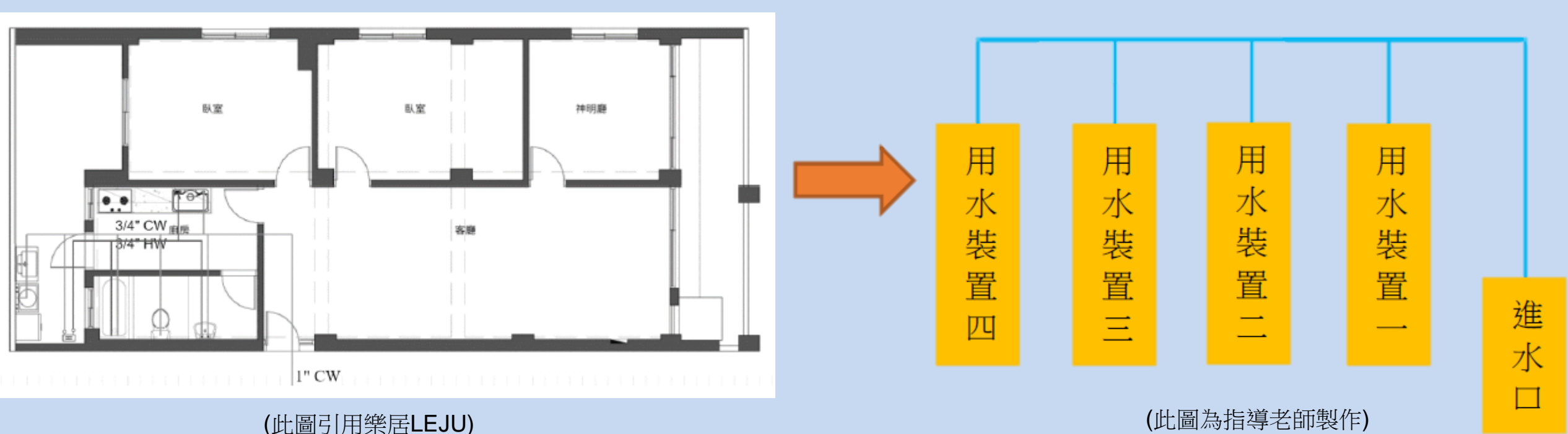
複雜的邏輯判斷讓我們明確知道是哪段水管漏水，可以透過用二分法快速排除異常狀態，以利減少判斷時間，為了明確知道是哪段水管漏水的邏輯判斷，首先我們必須先將每段水管標示出來，以利後續撰寫程式，水管分別為由左至右進水口處的橘色C1、藍色C2、綠色C3、紅色C4、黃色C5等共5段，如下圖所示：



項目	水流感測器邏輯值判斷	AI智能判斷狀態
1	如果電磁閥啟動(停止供水) 水流感測器(S2)>0	異常狀態： 水流感測器(S2)故障
2	如果電磁閥啟動(停止供水) 水流感測器(S1)>0	異常狀態： 水流感測器(S1)故障
3	如果電磁閥啟動(停止供水) 水流感測器(S2)及(S1)>0	異常狀態： ● 電磁閥故障 ● 也可能是水流感測器(S2)及(S1)故障

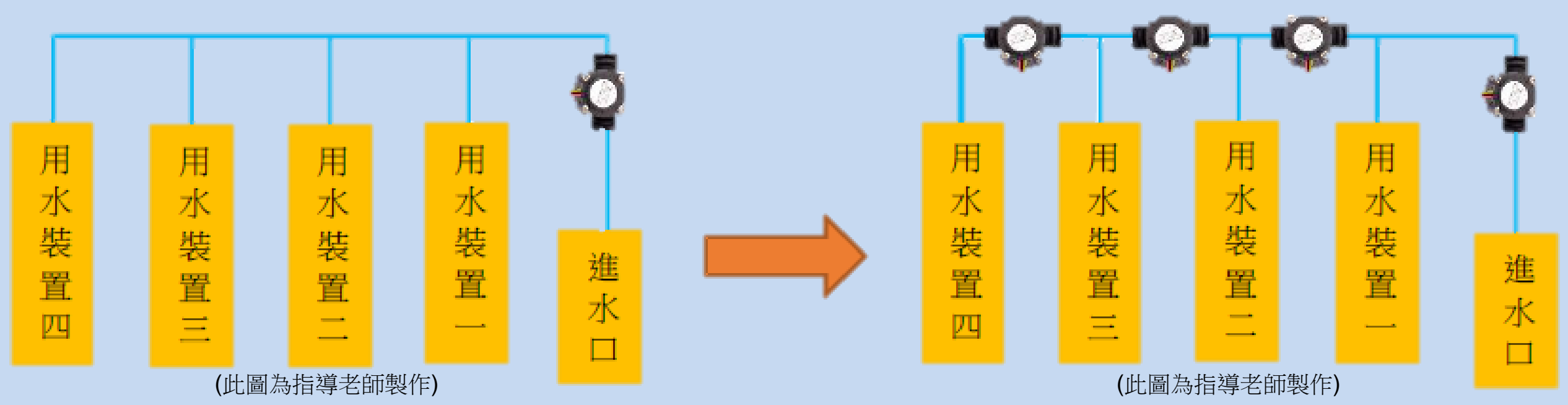
【研究三】感測器數量及安裝位置有哪些影響

本次科展實驗模型的水管架構參考臺灣3房1廳1衛浴水管竣工圖，將水管提取並保留進入屋內的前面四根水管，如下圖所示：



我們在進水口後方串接一顆水流感測器，透過這顆感測器可以得知屋內的裝置是否在使用水，但我們無法得知是哪個裝置正在使用水，若是水管破裂漏水，無法清楚知道是發生在哪段，因此我們安裝數顆感測器來解決這個狀況。

為了可以明確知道是哪個裝置漏水，或哪段水管漏水，因此在每個用水裝置的主幹管上串接感測器，而不是串接在用水裝置前方，由一顆水流感測器提升到四顆水流感測器，在中間串接常開型電磁閥，若遇到漏水會自動開啟電磁閥切斷水流，如下圖所示：



組裝工具只需要水管、水管剪、彎頭、水管膠合劑、四個水流感測器及一個常開型電磁閥，組裝過程如下：



4個水龍頭全停止使用狀態下，透過4顆感測器，可以從這些資訊判斷是哪段水管漏水，如下表所示：

項目	水流感測器邏輯值產生	透過感測器狀態正推水管狀態
1	如果感測器(S4)=0 如果感測器(S4)>0	整套家用水管路沒有漏水
2	且感測器(S3)、(S2)、(S1)=0 且水龍頭(D)沒使用	水管C2漏水
3	如果感測器(S4)及(S3)>0 且感測器(S2)、(S1)=0 且水龍頭(D)及(C)沒使用	水管C3漏水
4	如果感測器(S4)及(S3)及(S2)>0 且感測器(S1)=0 且水龍頭(D)及(C)及(B)沒使用	水管C4漏水 → 啟動電磁閥
5	如果感測器(S4)及(S3)及(S2)及(S1)>0 且水龍頭(D)及(C)及(B)及(A)沒使用	水管C5漏水 → 啟動電磁閥

項目	水管區段	透過水管回推感測器狀態
1	水管C1	無資訊，因為沒有流進水管C2
2	水通過水管C2	感測器(S4) >0
3	水通過水管C3	感測器(S4)及(S3) >0
4	水通過水管C4	感測器(S4)及(S3)及(S2) >0
5	水通過水管C5	感測器(S4)及(S3)及(S2)及(S1) >0

【研究五】探討何種軟體來建立水管模擬器

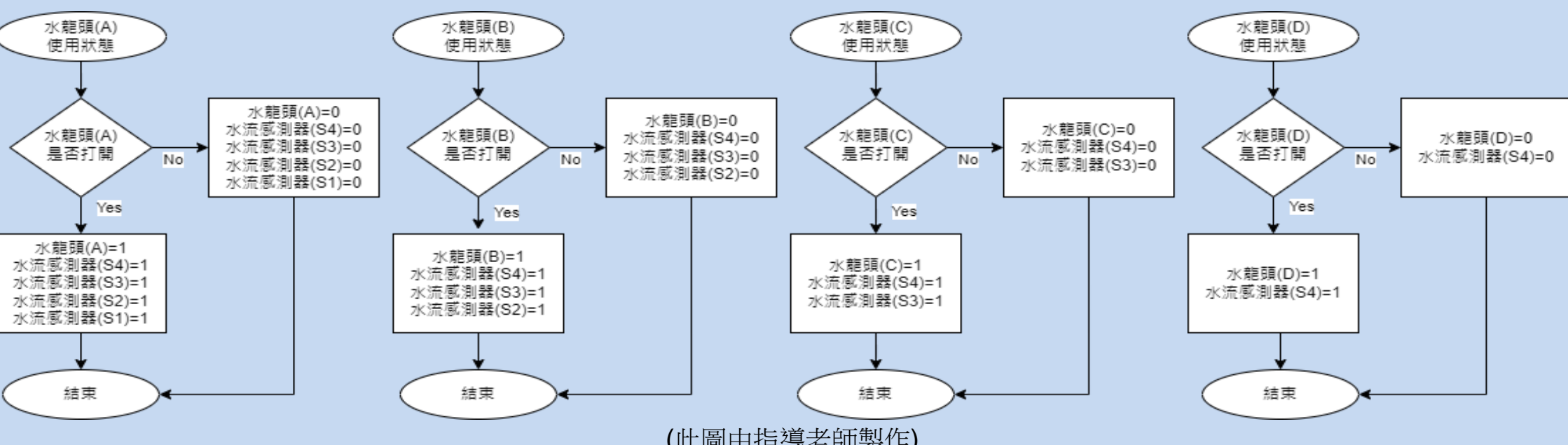
首先建立所有的角色，總共使用有4個水龍頭、4顆水流感測器、5段水管，所有角色的編號與【研究四】圖片上標記的一模一樣，並在水流感測器左方顯示狀態（顯示0代表沒有水流過，顯示1代表有水流過）及水龍頭右方顯示狀態（顯示0代表沒有打開水龍頭，顯示1代表有打開水龍頭）。接著組合這些角色，先將模擬器的互動畫面準備好。



為了快速辨識用水狀態及哪段水管有水流動，在水龍頭、感測器及水管上額外製作造型，如下圖所示：

角色	狀態	未觸發（未啟動）	觸發（啟動）
水龍頭			
水流感測器			
水管			

首先我們先製作正推，透過水龍頭推論感測器及水管狀態，我們將由【研究四】的邏輯表轉換成流程圖及程式碼如下圖所示：

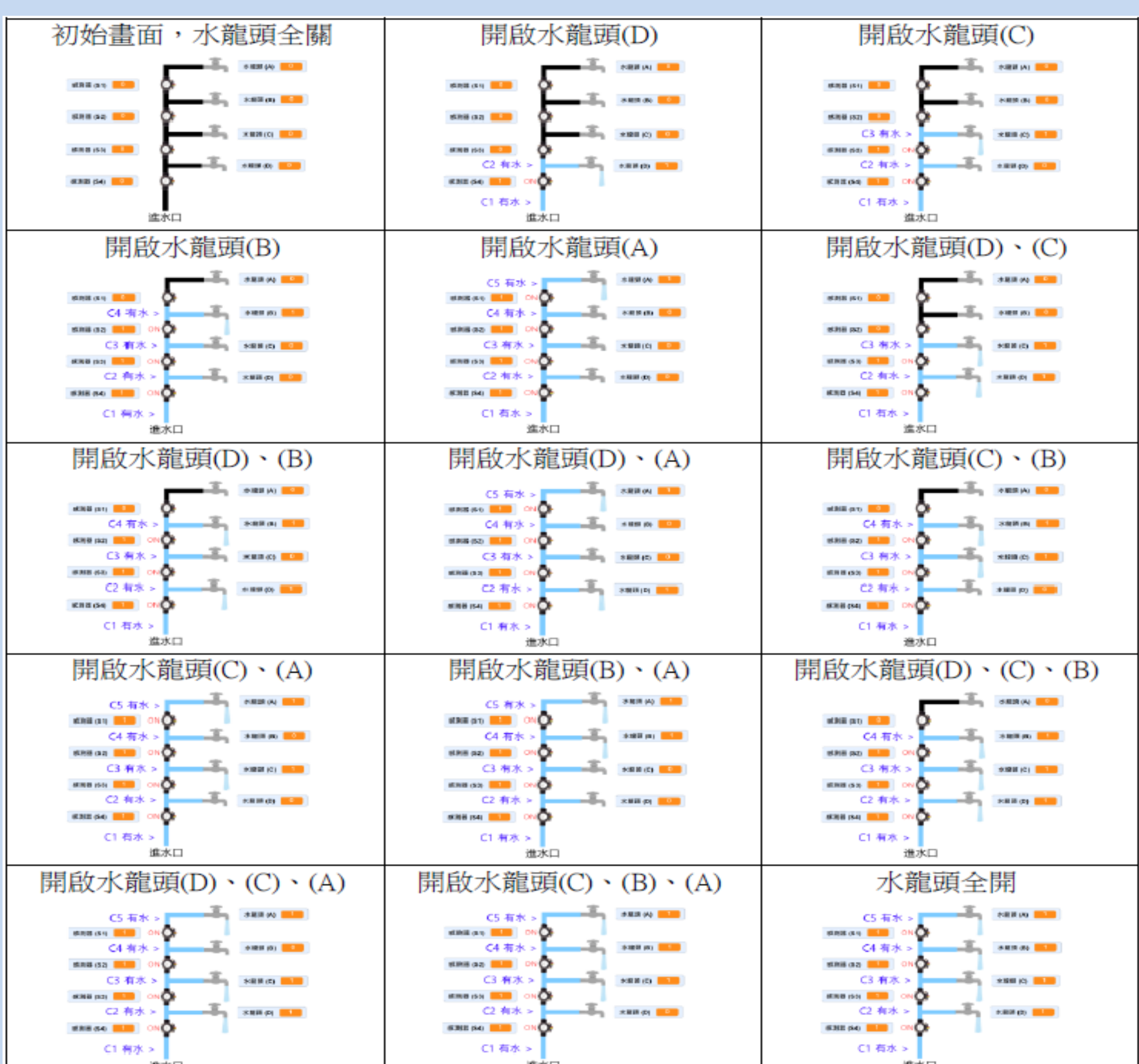


因版面空間不足，各角色找一個為代表，流程圖及程式碼為例，如下所示：

角色	流程圖及程式碼
水龍頭	<p>水龍頭(A)、(B)、(C)、(D) 只差異在變數名稱，只貼一個為例。</p> <ul style="list-style-type: none"> 水龍頭預設狀態設為：0（0：沒打開/1：有打開）。 若水龍頭沒開→打開水龍頭→將水龍頭狀態改為1。 若水龍頭打開→關閉水龍頭→將水龍頭狀態改為0。
水流感測器 (S1)	<ul style="list-style-type: none"> 水流感測器(S1)預設狀態設為：0（0：沒水流動/1：有水流動）。 若水龍頭(A)有開→將水流感測器(S1)狀態改為1。 若水龍頭(A)沒開→將水流感測器(S1)狀態改為0。
水管(C1)	<ul style="list-style-type: none"> 若水龍頭(D)或水龍頭(C)或水龍頭(B)或水龍頭(A)有開→將水管(C1)造型換成有水造型。 若水龍頭(D)或水龍頭(C)或水龍頭(B)或水龍頭(A)沒開→將水管(C1)造型換成沒水造型。 <p>邏輯重點：任何一個水龍頭打開，水源頭一定通過水管(C1)。</p>

【研究六】探討模擬器模擬出所有感測器狀態

透過【研究四】的邏輯表我們轉換成所有流程圖及程式碼，全部完成後測試模擬器給的回饋是否正確，測試方法為點擊任何一個水龍頭，將水龍頭開水或關水，透過舞台的圖形化介面互動，來確定我們寫的程式是否正確，如下圖所示：



【研究七】將程式傳入Arduino並實際模擬

我們在Scratch轉為Arduino非常直覺，同樣先定義所有感測器名稱，並預設狀態為0（代表沒有使用水），出現**如果使用if替代**；**如果...否則使用if...else if替代**；**重複無限次使用loop替代**；**布林運算子**或**(or)**使用**||**替代。透過筆記型電腦上Arduino的序列埠監控視窗觀察各個感測器狀態及判斷結果，測試環境如下圖所示：



接著我們**模擬異常狀態**，原先嘗試將水流感測器的黃線訊號(S)從Arduino上移除，想營造出沒訊號，結果在Arduino上會出現錯誤代碼，亦無法將整個水流感應器的三條線移除，在宣告的參數上沒有安裝零件也會出現錯誤，導致無法模擬。我們將水流感測器拆解，裡面有顆水流轉子元件，這是和霍爾傳感器組成的，當水通過時，會依照轉速隨著流量的變化，對應霍爾傳感器輸出相對應脈衝信號給控制器。因此只要將水流轉子元件移除，則無法計算水流過去的資訊，即可完成模擬異常狀態，如下圖所示：



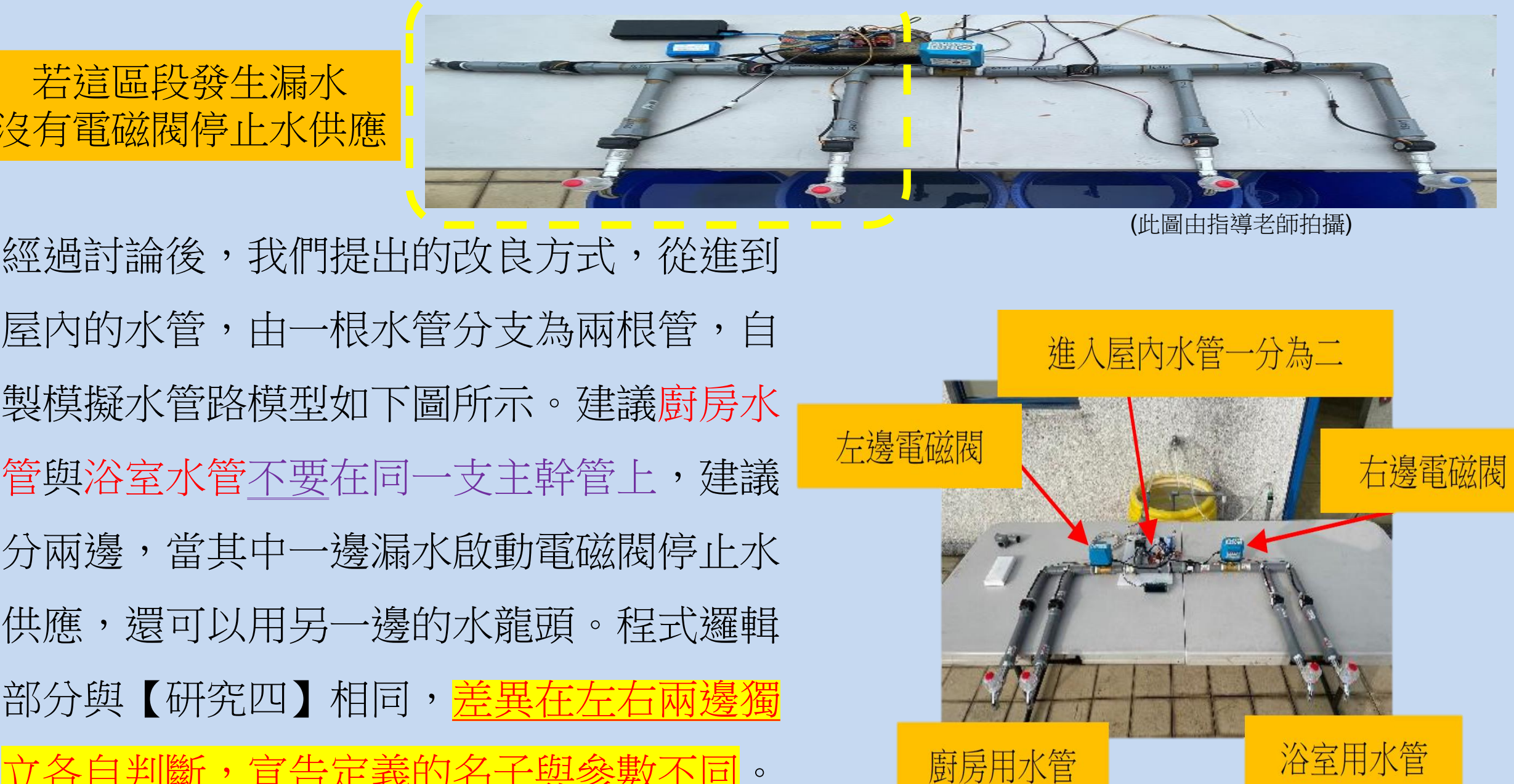
【研究八】透過 App Inventor 製作手機APP

將Arduino判斷結果可以透過無線方式通知屋主手機上，除了文字顯示外，還有水管圖介面，讓屋主一目了然知道屋內的水管/用水裝置的狀態。APP上所使用的圖形介面與Scratch相同，除了節省製作圖片的時間，也能非常直覺看出所有狀態。當正常使用時，會顯示哪個用水裝置開啟中及哪段水管供應水；異常狀態會標記異常的地方並通知屋主；漏水時會顯示漏水的水管位置或裝置；每顆水流感測器的狀態。

App Inventor 介面	藍牙連結	手機實際照片
<p>連結藍牙，進入水管介面</p>	<p>Arduino將判斷結果傳給App。App只負責替換圖片及通知屋主。</p>	<p>手機實際照片</p>

【研究九】最終提議與改良測試

本次實驗的自製家用水管路模型是模仿臺灣3房1廳1衛浴水管竣工圖，經過實驗測試發現，如果是**電磁閥之前的區段漏水**，**沒有電磁閥可以幫助停止水供應**，如下圖黃色框選部分。因此只能從屋外進到屋內的源頭將水閥關閉，或是水塔的出水端關閉，將會造成整間屋子沒水使用，需等到漏水地方處理後，才能打開水閥有水可以使用，相當不方便。



若這區段發生漏水沒有電磁閥停止水供應

經過討論後，我們提出的改良方式，從進到屋內的水管，由一根水管分支為兩根管，自製模擬水管路模型如下圖所示。建議**廚房水管與浴室水管不要在同一支主幹管上**，建議分兩邊，當其中一邊漏水啟動電磁閥停止水供應，還可以用另一邊的水龍頭。程式邏輯部分與【研究四】相同，**差異在左右兩邊獨立各自判斷，宣告定義的名子與參數不同。**