

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 電子、電機及資訊科

第三名

091005

智慧節能水精靈～冷熱大小任我行

學校名稱：國立龍潭高級農工職業學校

作者：	指導老師：
職二 林威佑	黃家朋
職二 邱勇達	張書能
職二 陳孟廷	

關鍵詞：紅外線感測、微電腦單晶片、工業電腦

智慧節能水精靈~冷熱大小任我行

摘要

在 SARS 疫情、H1N1 疫情、流感疫情時期，衛生單位宣導勤洗手運動：「濕搓沖捧擦」，其中的「捧」就是清洗水龍頭，若使用紅外線感應水龍頭就可避免，搭配時間的限制還可節約用水。但是隨者季節的變化，若用溫水洗手，不會覺得冷颼颼也較有意願勤洗手，因此激發了我們研究具有「智慧」的水龍頭，導入自動調整溫度、出水量大小功能。環保節約用水方面可監控水溫，回收管內冷水，達到簡化配水管路，降低施工成本及後續維護支出。最後考量供水的安全問題，我們的研究策略是以語音方式提供現場「CO₂ 濃度」、「瓦斯洩漏濃度」訊息，結合網際網路與智慧型手機對外求援，防止不幸災難發生。總之如何珍惜水資源、提升用水衛生與瓦斯使用安全，是我們研究探討的重點。

壹、研究動機

在公共設施洗手時，若最後階段「捧水」清洗水龍頭不確實，可能會接觸到之前使用者所遺留的病菌或污染物，因此在醫院中常使用紅外線自動感應水龍頭，如圖一所示，搭配時間限制可避免使用者忘記關水，達到節約用水目的。從上述的討論，紅外線自動感應水龍頭是乎好像一切都很完美，但是隨者氣候的變化，冬季天氣寒冷，若有溫水洗手，可能不會覺得冷颼颼，也較有意願勤洗手。夏天天氣炎熱，若有較清涼的水霧洗手，可能會覺得心情較涼快，因此激發了我們研究如何提升個人衛生與滿足生活舒適的夢想，開發出具有「智慧」的水龍頭，除了一般的非接觸式紅外線 ON/OFF 控制外，導入非接觸式「自動調整溫度」功能，隨時偵測外界溫度的變化，適度提供加溫服務（備有節能設定鈕），使水溫更適合洗手，出水量大小也同樣具有非接觸式「自動調整」功能。透過熱電偶溫度感測器監控水溫，當熱水長時間未使用後，管內保溫不足時溫度將逐漸散失而變為冷水，一般使用者都先放掉管內冷水，直到水溫達到期待值才停止，因此造成水資源浪費。若設計控制器調配水溫，下次再使用前先回收熱水管內冷水，直到水溫達到期待值才輸出供水。控制器可簡化配水管路，輸出水管縮減為單支管線，一般常溫場所（低於六十度）使用 PVC 管【註一】，特殊高溫場所使用白鐵管，降低施工成本及後續維護支出（原設計需要使用雙管路，冷水管使用 PVC 管、熱水管為昂貴的白鐵管，連接時需要車牙與纏繞止洩帶費時又多工），因此本控制器具有「智慧」的供水系統可以滿足不同使用者的需求，又兼顧環保節約用水。

最後考量供水的安全問題，隨者廠商進步的科技，研發出各式各樣的熱水器設備，但是使用者若有不慎將發生意外，如社會新聞中報導的：「一氧化碳中毒事件」、「瓦斯外漏引起的氣爆事件」，因此激發了我們研究如何提升瓦斯熱水器使用安全的夢想，提供現場一氧化碳濃度警告訊息語音撥放功能、瓦斯洩漏警告訊息語音撥放功能，透過網際網路結合智慧型手機以對外求援，以即時搶救受災者，防止不幸災難發生。總之為延續後代子孫的生存空間與永續發展，我們必須深切的反省檢討，如何珍惜有限的地球水資源、提升個人清潔用水衛生習慣與住家瓦斯使用安全，是我們此次科展研究探討的重點。

經由相關資料的收集與師長們的熱烈討論，科主任建議我可組隊朝科學展方向發揮，因此邀集了好朋友開始規劃相關議題，正式啟動了我們「智慧節能水精靈~冷熱大小任我行」計劃。



圖一 署新 1F 紅外線自動感應水龍頭

貳、研究目的

經由相關資料的收集與研究討論後發現我們的構想是可行，除了被動消極的供水外，應該積極的朝向節約用水與供水的安全問題發展，設計一套具有智慧的自動感應供水的系統，隨者氣氛變化系統推薦一個預設值水量與溫度參考值，使用中可透過揮手隨意調整（採用非接觸式感應），熱電耦溫度感測器隨時偵測外界溫度的變化，適度提供加溫與調整水量，使水龍頭出水狀態更適合洗手。

控制器回收熱水管內冷水、簡化配水管路，縮減為單支管線，降低施工成本，因此本系統規劃可滿足不同使用者的需求，又兼顧環保節約用水。

最後供水的安全問題，我們研究透過感測一氧化碳濃度，適時提供警告訊息；瓦斯感測器偵測洩漏，也適時提供警告訊息，最後達到危險臨界值時透過網際網路與智慧型手機傳遞求援訊息，以即時搶救受災者，防止不幸災難發生。期待在全體組員的同心努力下，我們完成的供水系統具有「智慧」，吾人用水自感集雙手，冷熱大小任我行。

參、研究設備及器材

本實驗所需設備以科內現有設備支援，詳列如下所示：

- 1.筆記型電腦
- 2.印表機
- 3.示波器
- 4.數位照相機
- 5.8051 模擬器
- 6.8051 燒錄器
- 7.電力分析儀
- 8.抽水機
- 9.一氧化碳濃度感測器
- 10.瓦斯感測器
- 11.PAC 控制器

12.溫度計

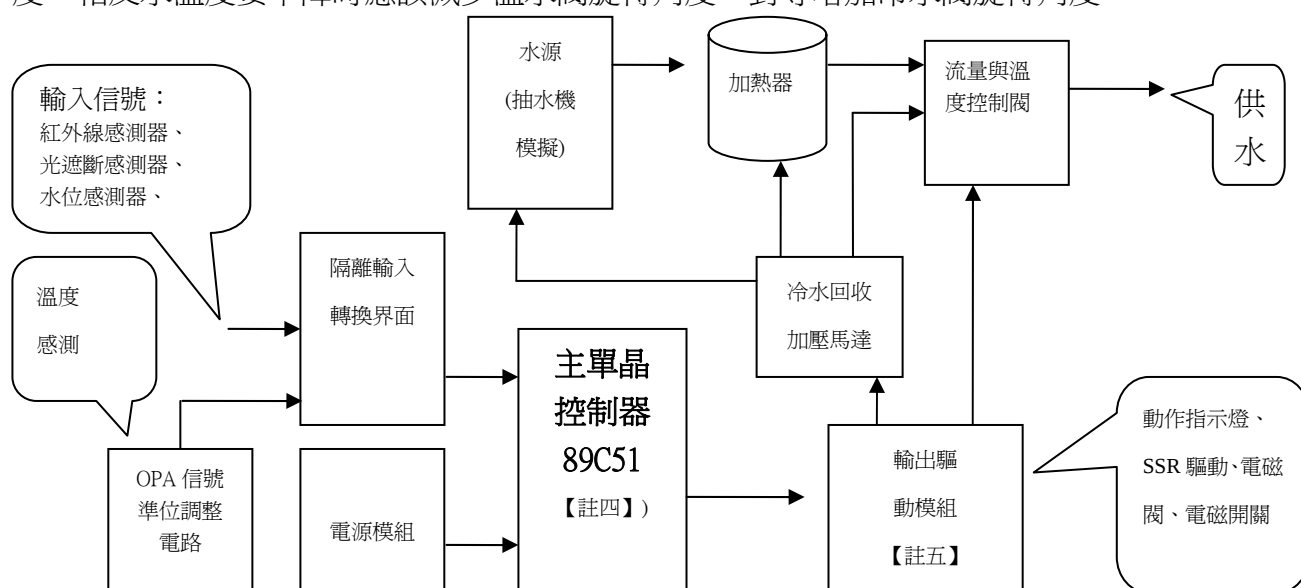
13.壓力計

肆、研究過程或方法

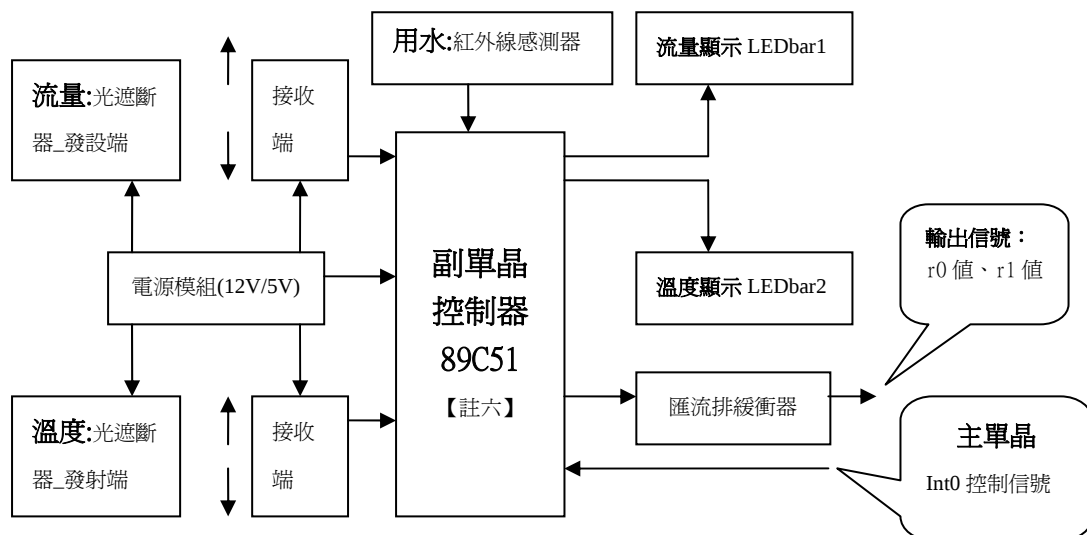
我們透過電機專業課程所學的相關知識，如：基本電學、電子學、室內配線、工業配線、電工機械、基本電學實習（配管）、程式設計、微電腦控制實習....等課程；發揮學以致用的精神，啟動了我們「智慧節能水精靈~冷熱大小任我行」計劃，經由相關資料的收集與師長們的研究討論，確定系統架構朝向節約用水與供水的安全問題領域發展，製作模擬供水系統以實驗方式驗證構想。

製作過程應發揮資源再生應用精神，我們發現可利用報廢的飲水機【註二】，取得加熱爐、加壓馬達、管路耗材、電磁閥.....等元件，考量功能與製作成本的因素，系統分為兩階段製作，規劃初級版時控制器選擇單晶片 89c51，供水系統架構如圖二所示，供水感測電路如圖三所示【註三】。

首先討論感測器元件，洗手臺供水以紅外線人體感測器偵測使用者的出現，達到非接觸式控制。水量與溫度調整是構想透過硫化鎘（CDS）光感測器，兩組分別表示水量的增加或減少，另外兩組分別表示水溫的升高或下降。當使用者欲調整大小時可揮動雙手（動作變化），造成光線明量變化藉以偵測使用者相對應的需求，達到檢測的目的。傳統控制法時洗手臺出水量的大小是變化水閥開關旋轉角度大小，供水溫度的高低是經由冷熱水混合比例大小決定，當流量大小固定後，水溫度要上升時應該增加溫水閥旋轉角度，相對減少冷水閥旋轉角度，相反水溫度要下降時應該減少溫水閥旋轉角度，對等增加冷水閥旋轉角度。

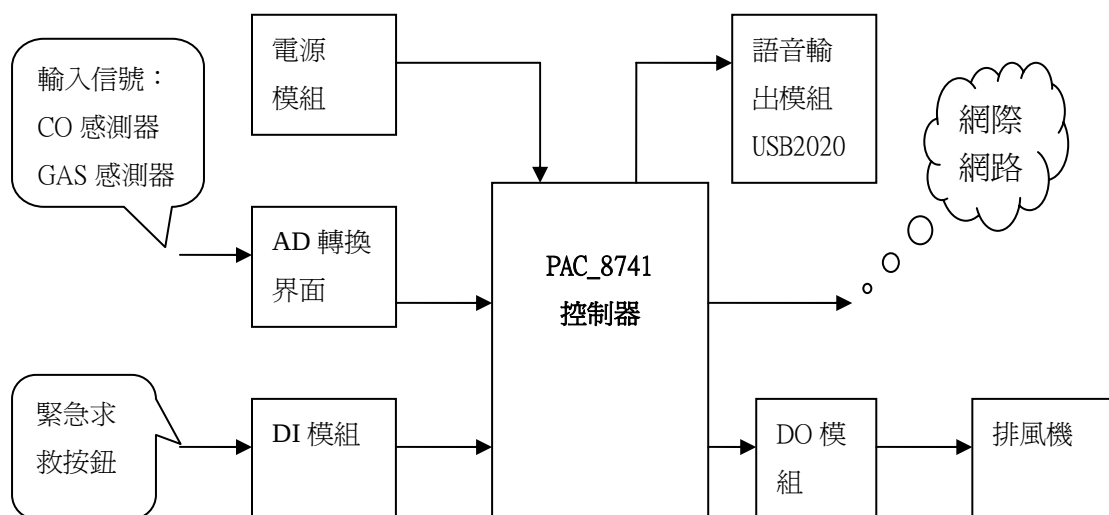


圖二供水系統架構



圖三供水感測電路

最後進階版討論供水安全問題，系統架構擬規劃有網際網路通訊功能與現場即時語音撥放功能，因此挑選科內擴大內需時採購的 PAC8741 主機為控制器，監控系統架構如圖四所示，我們研究透過 GTF200_CO_A 感測器偵測一氧化碳濃度、GTF200_FL_A 感測器偵測瓦斯洩漏濃度，控制軟體以 VB.NET2008 為藍本。以 PAC8741 控制器透過 AD 模組適時擷取相關訊號數據，再搭配預錄的語音檔，以即時方式撥放現場訊息（或警報），最後當濃度達到危險臨界值時透過網際網路以 SKYPE 通訊平台結合智慧型手機傳遞救援訊息給指定的親友或救援單位，同時提供現場設備動作狀態資訊，方便救援者有足夠資訊可供判斷，以即時搶救受災者，防止不幸災難發生。

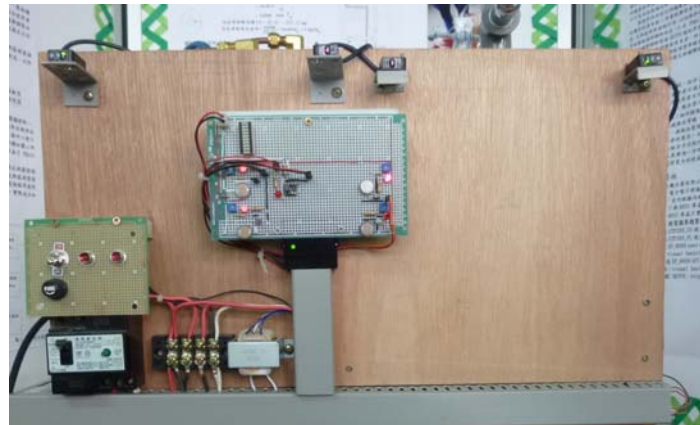


圖四 供水安全監控系統系方塊圖

伍、研究結果

首先討論感測器元件，洗手台供水以人體紅外線感測器偵測使用者出現，搭配時間的限制可避免忘記關水的困擾，達到節約用水與非接觸式控制的目標。水量與溫度調整是透過四組光感測器，原先提出以硫化鎘光感測器偵測光線明暗變化對應使用者設定值的變

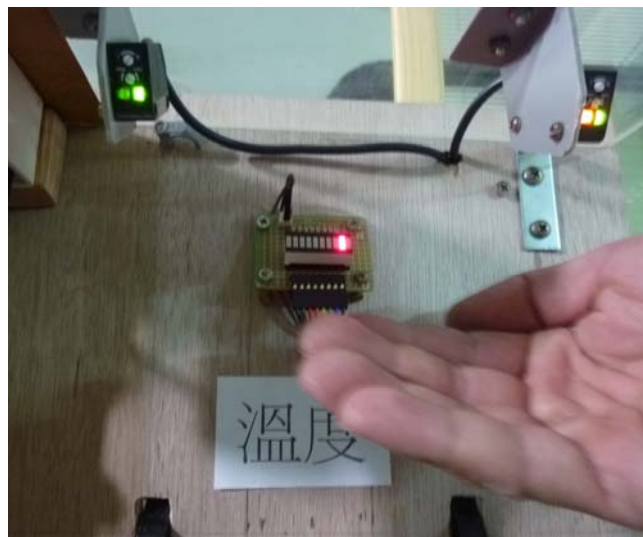
化，如圖五所示，其優點是成本較低廉，缺點是偵測可見光源，易受使用場所背景光源明暗的影響，造成靈敏度下降需要額外手動微調，因此實用性較低。



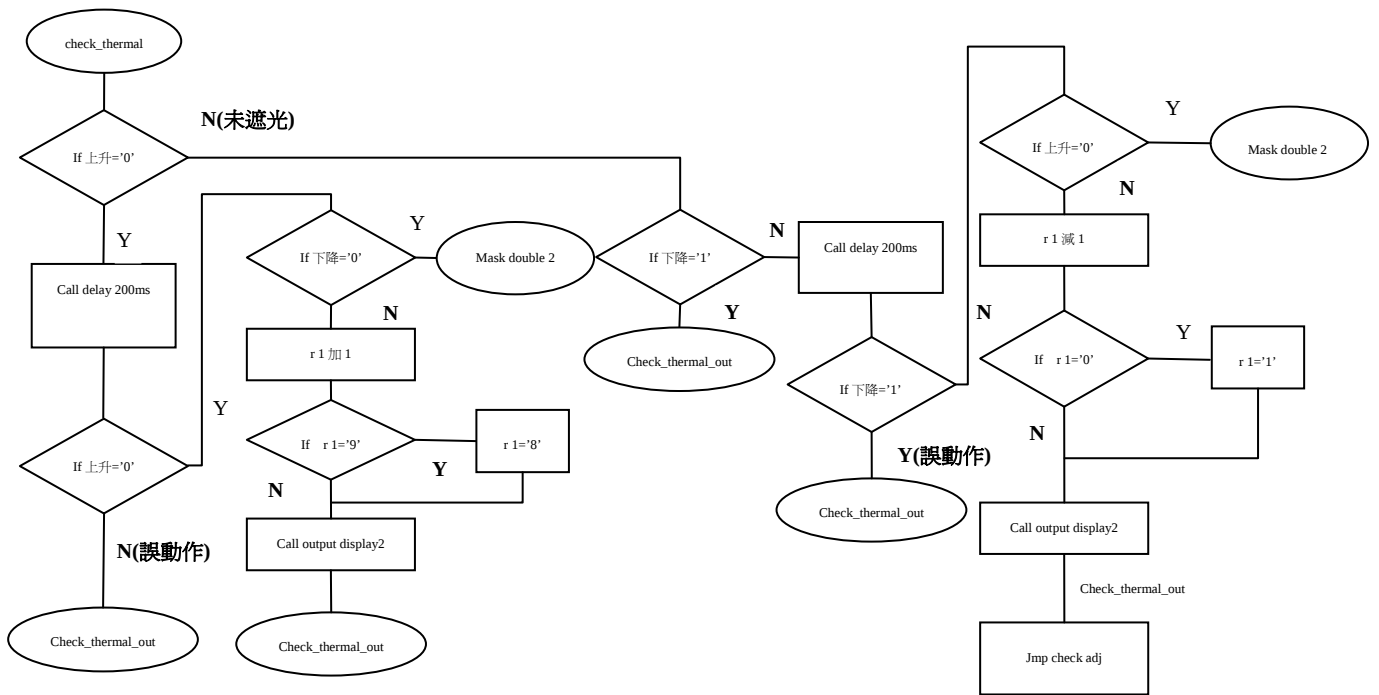
圖五 硫化鎘（CDS）偵測光感測器

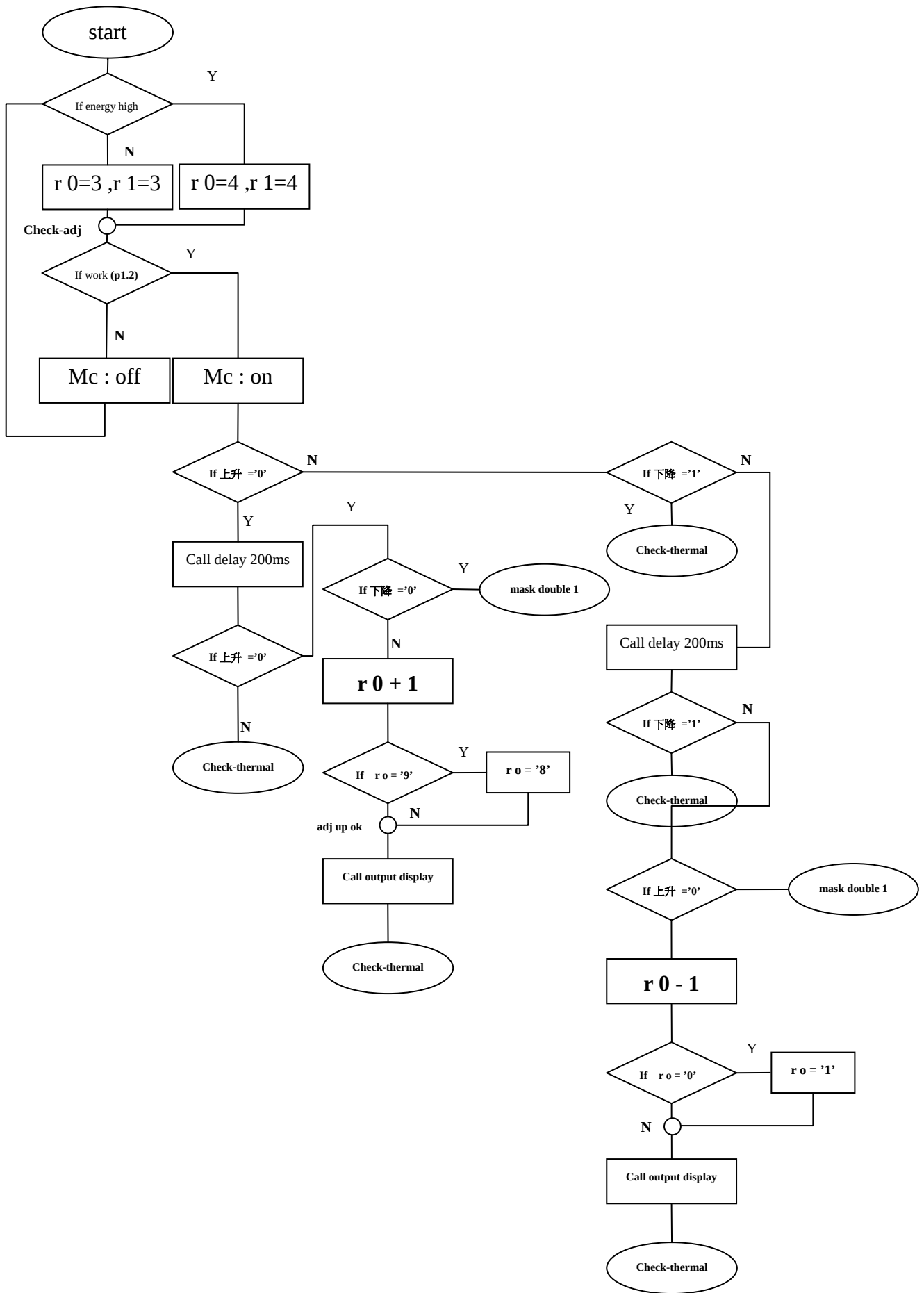
針對上述缺失，修正光感測器的光源，採用不可見光的雷射光源，如圖六所示，產品編號為 E3Z-T61_L（OMRON 公司製造）【註一】，為對照式光遮斷感測器，可避免使用場所背景光源明暗的影響，系統檢測準確性較高且輸出控制接點為開集極（NPN 型電晶體）信號準位，與 8051 控制器界面信號準位較容易搭配（設計偏壓工作點在飽和區）。

操作水量或溫度調整器動作方式為用手遮斷光感測器，左邊感測器動作表示量減少，右邊感測器動作表示量增加，以 LED bar 表示目前的設定值，操作錯誤時將以閃爍 LED bar 提醒使用者，控制流程圖如圖七所示。



圖六 對照式光遮斷感測器





圖七 LED bar 控制流程圖

接下來討論水流量大小問題，本系統實驗以抽水機加壓模擬自來水（或水塔）供水，實物如圖八所示，配置自藕變壓器調整輸出電壓以控制抽水機轉速，相對控制供水輸出壓力（範圍：每平方公分 0 至 1.0 公斤），在假設系統供水水壓穩定的狀況下，

$$\text{供水值 (I)} = \frac{\text{供水位能}}{\text{管路阻力}} = \frac{W}{R}$$

$$\text{管路阻力 (R)} = \text{阻力系數} \frac{\text{管路長度}}{\text{管路截面積}} = k \frac{L}{A}$$



圖八 抽水機加壓模擬供水水塔

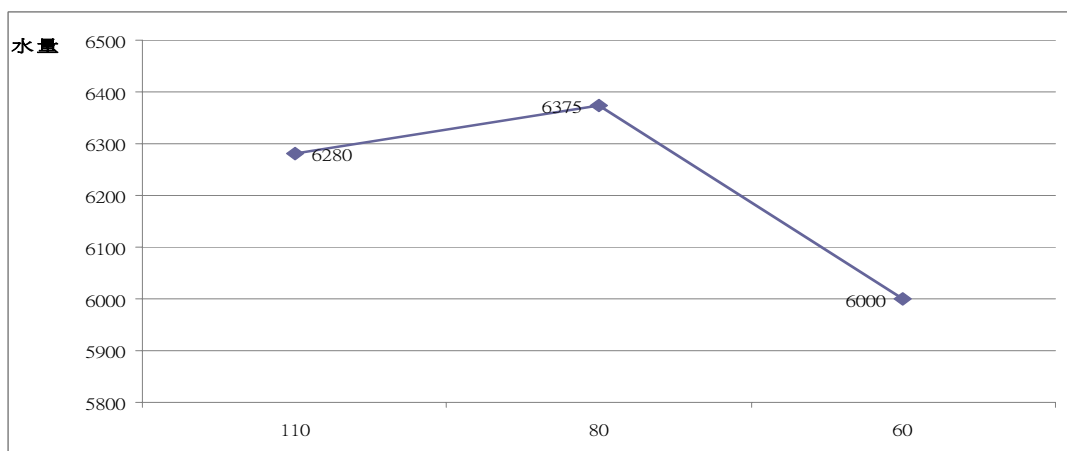
可推導得供水值與管路截面積成正比

$$\text{供水值 (I)} = \frac{W}{R} = W(KA)$$

A 為控制閥截面積，

一般市售比例閥為較大管徑，且售價較昂貴，因此我們團隊構思四種控制方式。

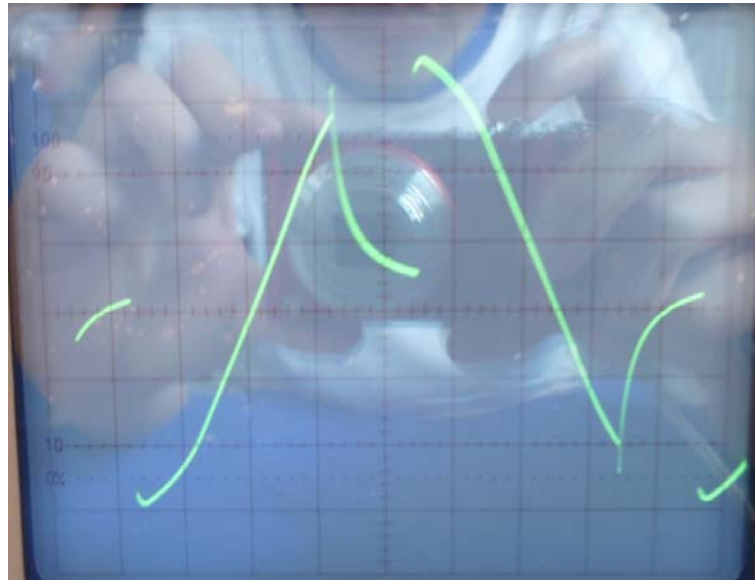
（1）改變電磁閥驅動電壓：經由自藕變壓調整輸出電壓，以控制電磁閥開啓角度，達到流量控制的目的，實驗曲線如圖九所示。



圖九 電磁閥驅動電壓與流量特性曲線

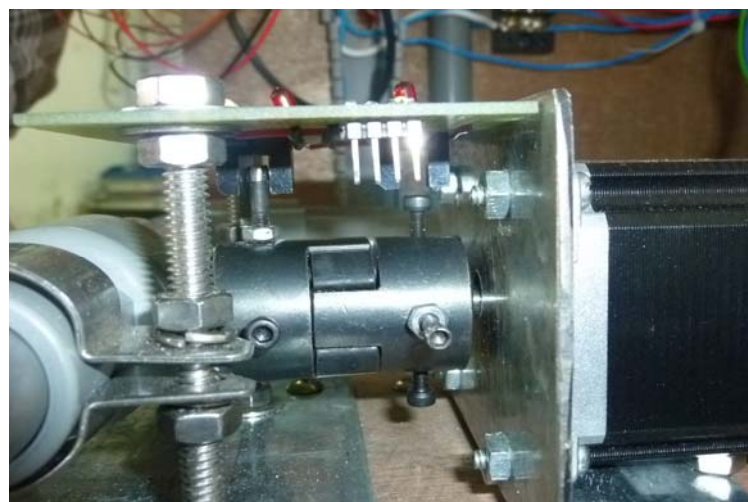
由流量曲線趨勢得成效不佳，電磁閥不適合電壓控制法。

(2) 改變電磁閥驅動電壓相位角：以工業電子元件 TRIAC (結合 DIAC) 控制觸發角度，以控制電磁閥吸引力 (開啓角度)，達到流量控制的目的，擷取負載波形曲線如圖十所示。由流量曲線趨勢得成效不佳，電磁閥不適合相位角控制法。



圖十 TRIAC 控制開啓電磁閥相位角

(3) 水閥開關旋轉角度控制法：以四相永磁式步進馬達結合傳統鋼珠閥取代電磁閥，隨步進馬達旋轉的角度變化可模擬比例閥輸出，其優點為：斷電時具有制動供能，輸出旋轉角度維持固定角，不需要額外電力執行致動 (煞車)，因此較環保，系統架構如圖十一所示。鋼珠閥動作範圍為零度至九十度 (步進馬達步級角為 1.8 度)，因此供水值與步級角成正比，經由光遮斷器檢測信號回授到驅動控制器，可精確控制出水量。

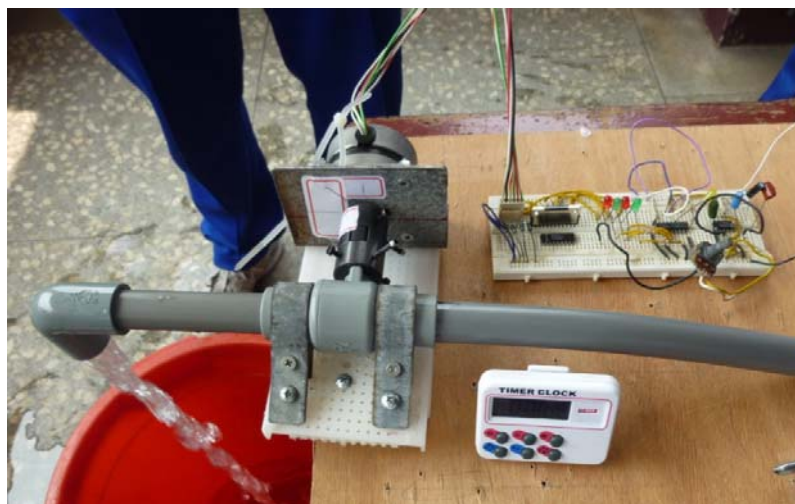


圖十一 模擬比例閥

設計比例閥出水量與水壓相互關連實驗，如圖十二所示，經由實驗測量得到下列數據，如表一至表三所示，其結論為：

$$\text{供水量 } Q = F(n) \quad ,$$

n 為輸出步級角，微調增減量設定為每刻度以九度（五個步級步）為單位



圖十二 比例閥出水量與水壓相互關連實驗

表一 比例閥全開時出水量與水壓力實驗。

供水壓力 kg/cm^2	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
測試時間 s	20	20	20	20	20
出水量 cc	9663	10662	12390	13312	20250
流量 L/s	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9

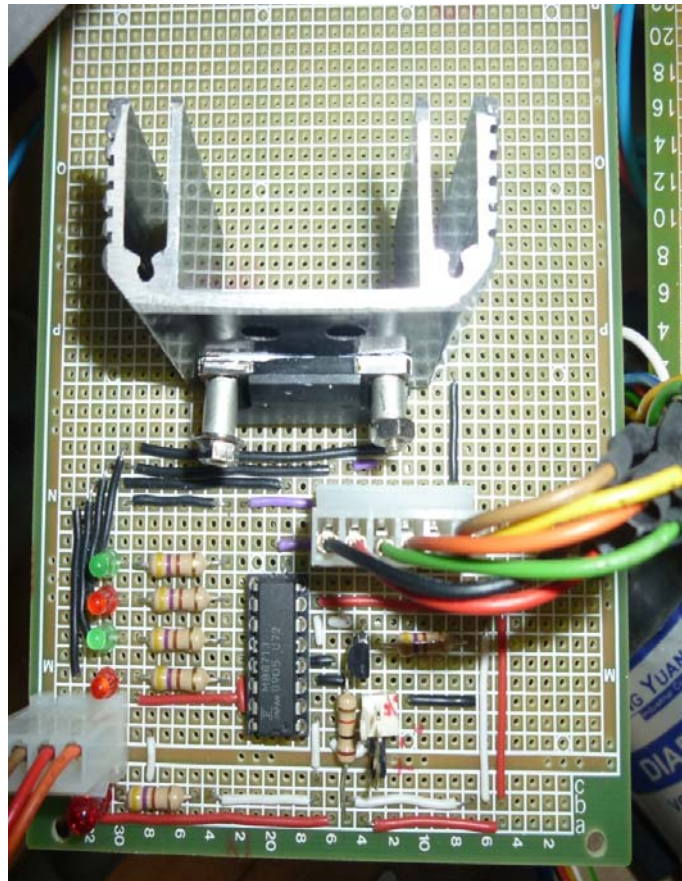
表二比例閥半開時出水量與水壓力實驗。

供水壓力 kg/cm^2	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
測試時間 s	20	20	20	20	20
出水量 cc	4920	5460	6267	7308	19950
流量 L/s	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9

表三比例閥 1/3 全開時出水量與水壓力實驗。

供水壓力 kg/cm^2	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
測試時間 s	20	20	20	20	20
出水量 cc	1760	1950	2760	2350	2430
流量 L/s	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9

由流量曲線趨勢得成效較佳，以步進馬達自製比例閥適合控制流量，但是具有下列缺失：軸定位較複雜，需使用軸耦合器、定位控制電路（以兩組光遮斷器製作原點感測、步進馬達驅動電路，如圖十三所示，步進馬達旋轉速度較慢（因轉矩較小），造成反應速率較差，結論為整理製作成本較高。



圖十三步進馬達驅動電路

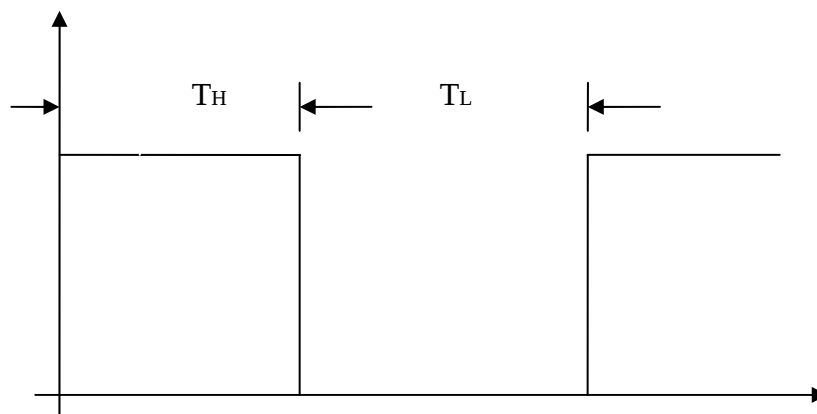
(4) 水閥脈波寬度調變 (PWM) 控制法：傳統水閥開關控制法是變化水閥開關旋轉角度大小，而脈波寬度調變 (PWM) 控制法是改變水閥動作時間，經由調整工作週期 T_H 值，如圖十三所示，使得輸出水量為

$$\text{供水值 (I)} = \frac{W}{R}$$

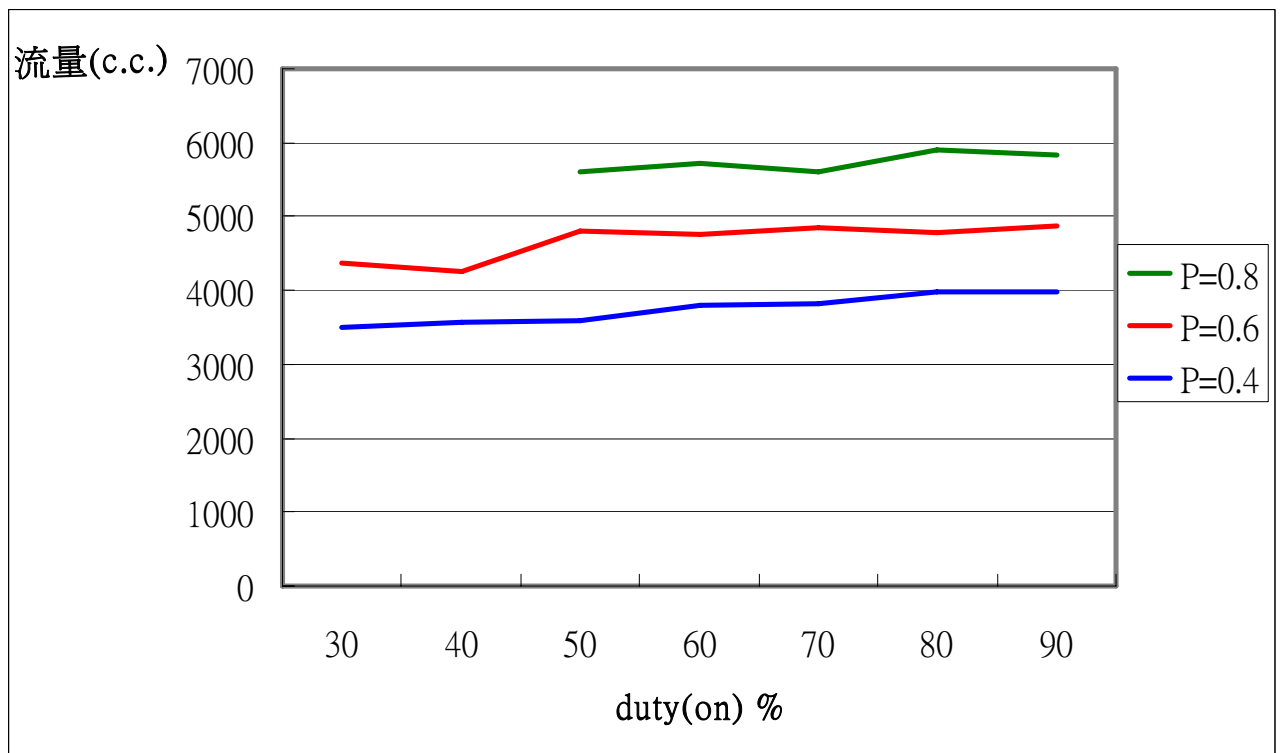
$$Q(T) = I * T_H$$

供水量與水壓大小、工作週期 T_H 值成正比，規劃實驗水壓為：0.4 至 0.8 KG/cm^2 ，

(A) 工作週期 T_H 值為 30%至 90%特性，實驗曲線如圖十四所示。

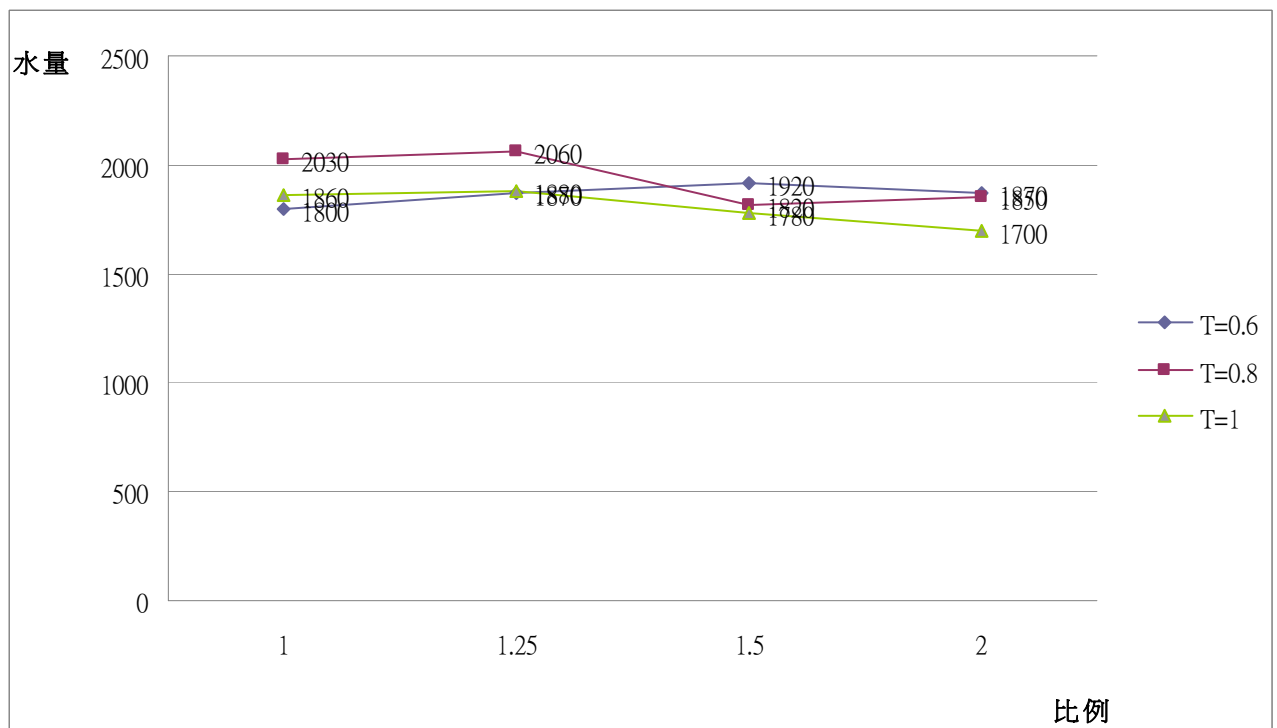


圖十三 水閥脈波寬度調變 (PWM) 控制法



圖十四 供水量與水壓大小、工作週期 T_H 值實驗特性曲線

(B) 水壓固定，工作週期 T 由 0.6 秒至 1 秒（電磁閥反應最短時間為 0.25 秒）， T_L 與 T_H 值為比值 100% 至 200% 特性，實驗曲線如圖十五所示。



圖十五 水壓固定，工作週期 T 由 0.6 秒至 1 秒， T_L 與 T_H 值為比值 100% 至 200% 特性

由流量曲線趨勢得成效較佳，水閥脈波寬度調變（PWM）適合控制流量，優點為製作成本較低，但是具有下列缺失：當週期值太時出水量將呈現斷續現象忽大忽小，改進方案是加

裝節水器，將流水打散，上述不規則流水現象及可得到改善。

本系統為自動感應供水的系統，搭配節約能源設定鍵（JP1），水量與溫度由系統配合季節變化提供參考設定值，如圖十六所示 LED bar 初值，使用者不滿意時可隨意調整，透過手的揮動產生光線的變化（向右揮動表量增加，向左揮動表示量減少，停頓超過一秒表示維持現狀）。



圖十六 吾人用水自感集雙手冷熱大小任我行

當長時間未供水時，管內剩餘溫水將逐漸冷卻，傳統習慣會將冷水排放掉，直到有溫水為止，因此浪費水量將隨者管路長度比例增加，相當不環保，若將管內溫水吸回儲熱桶或水塔（依溫度高低狀態而定），將可節約用水與加熱能源。本系統透過熱電偶溫度感測器監控水溫，下次再使用前先回收熱水管內冷水，分析回收速率如圖十七所示，系統架構如圖十八所示。

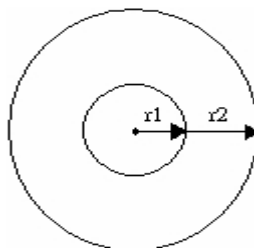
內層管半徑： $r_1: 3.25\text{mm}$ ， $A_1= 33.17\text{mm}^2$

外層管半徑： $r_2: 9\text{mm}$ ， $A_2= 254.34\text{mm}^2$

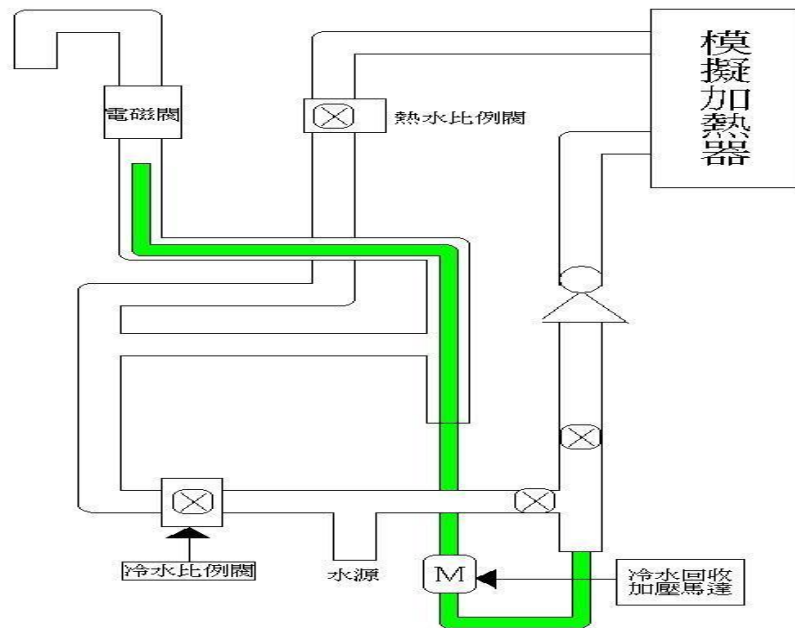
抽水機流量： $300\text{ cc}/20\text{s}=16.5\text{cc}/\text{s}=16500\text{mm}^2/\text{s}$

回收管路截面積 $\triangle A= A_2-A_1=221.17\text{mm}^2$

回收管路吸水速率= $\frac{16500}{221.17}=7.46\text{cm}/\text{s}$

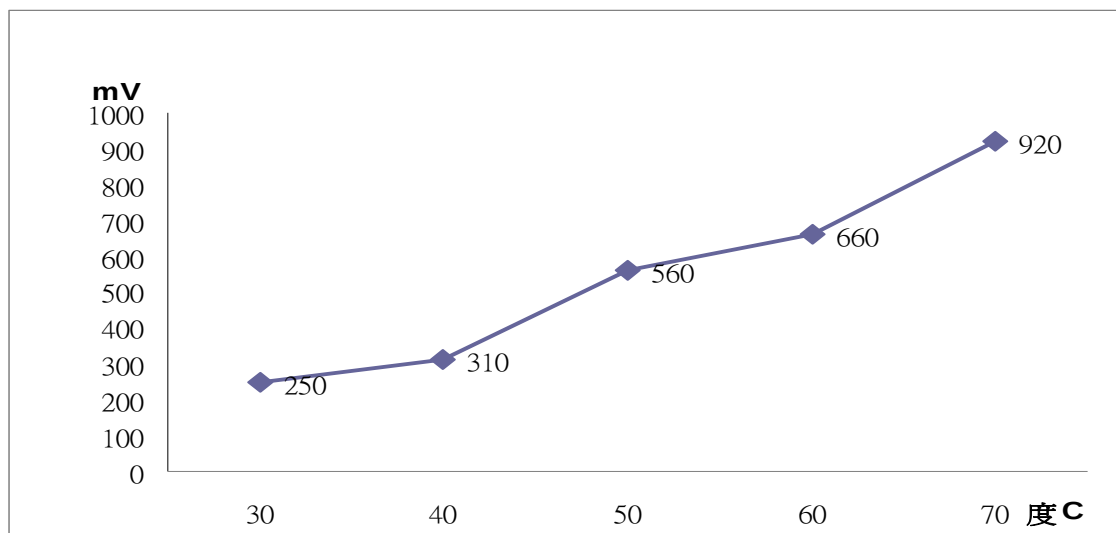


圖十七 冷水回收速率分析

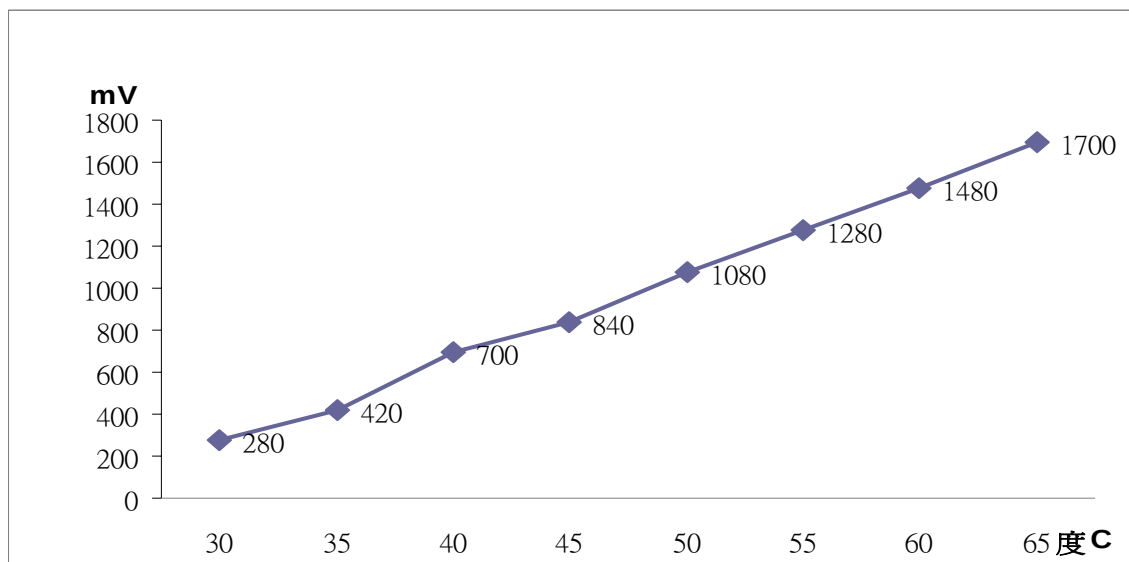


圖十八 熱水回收系統架構圖

系統溫度檢測元件是應用 K type 的熱電偶（原先是使用溫度感測 IC AD590，考量檢測電路的一致性，方便信號準位換算），首先以電烙鐵模擬負載溫度，特性曲線如圖十九所示，發現曲線特性非線性，經團隊判斷可能是電烙鐵溫度上升太快，電烙鐵架與溫度計間有空氣形成熱阻所造成的誤差，重新應用飲水機熱水當負載重新實驗，記錄器數據得特性曲線如圖十九所示，發現相當線性，所得之數據資料可供本實驗推測相對檢測溫度。

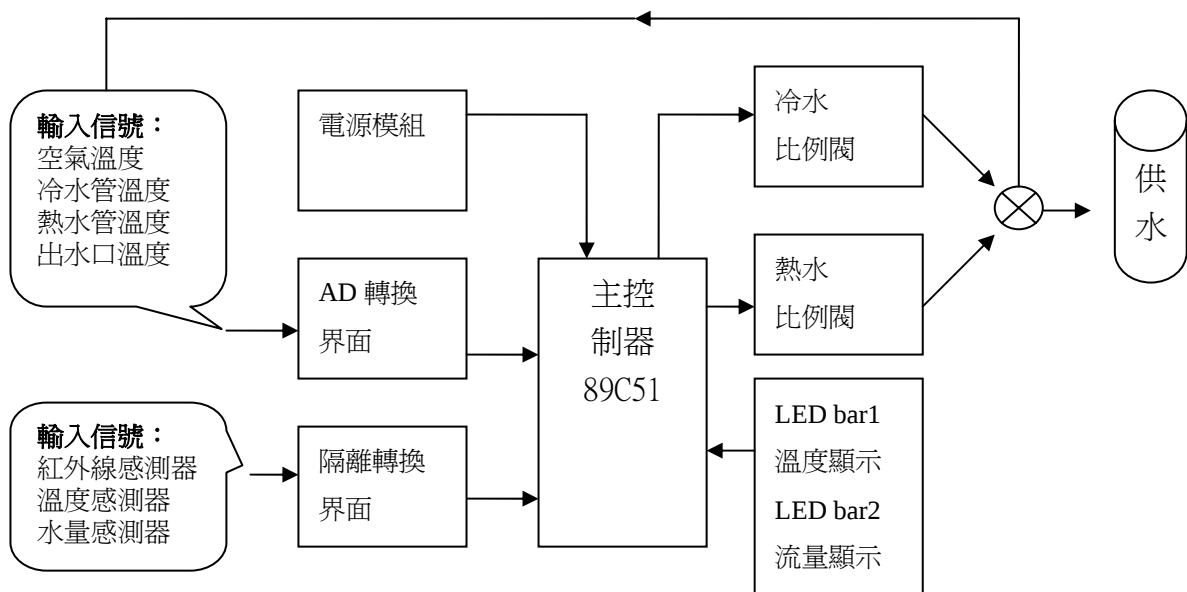


圖十九 (a) 熱電耦溫度特性曲線(烙鐵模擬量測)

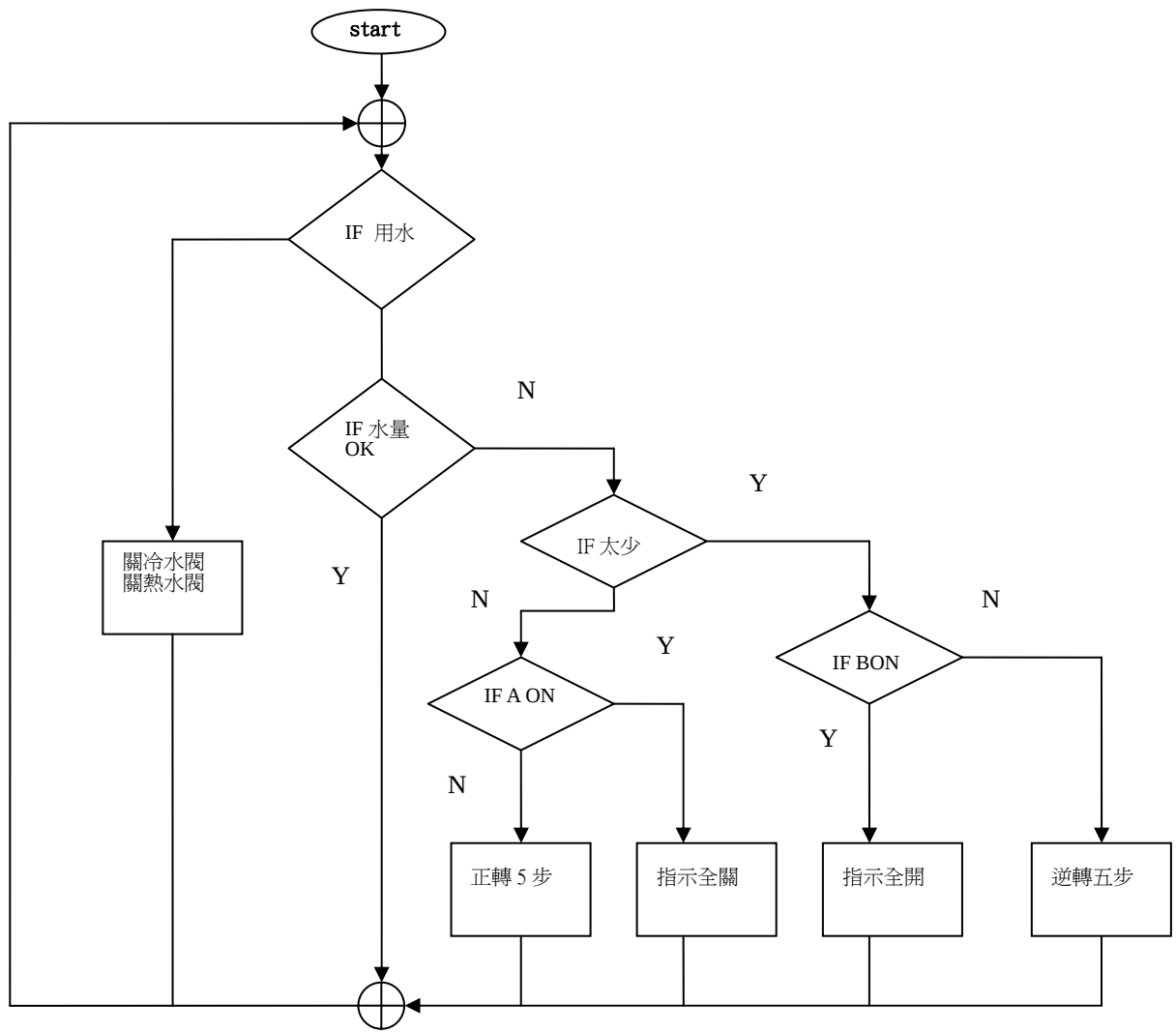


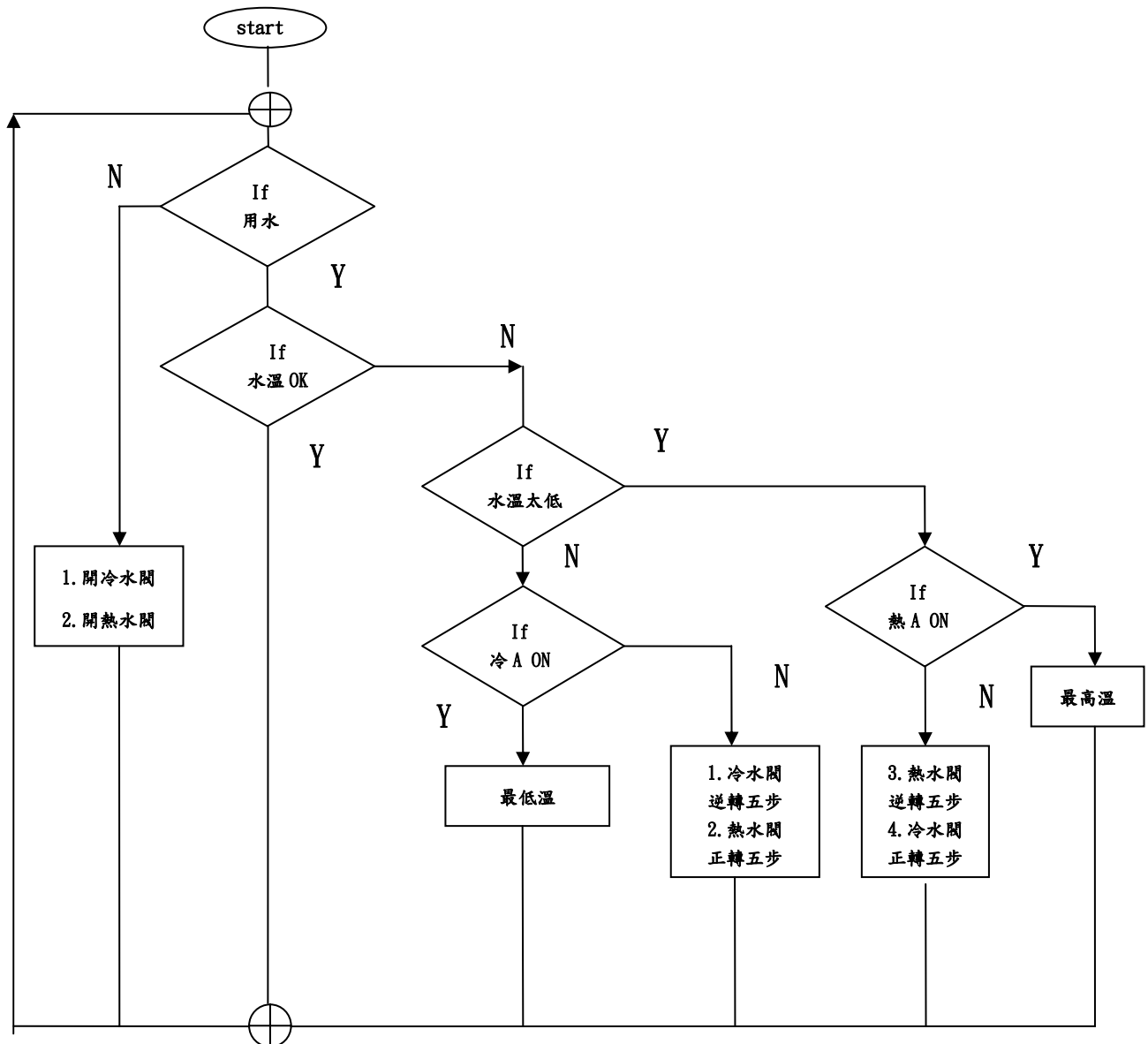
圖十九 (b) 熱電耦溫度特性曲線(以熱水模擬量測)

系統控制器經由八通道的類比數位轉換 IC（解析精度為八位元的 AD0809）取得冷水溫度、熱水溫度、出水口混合溫度、空氣溫度等數位信號值【註六】，提供系統程式運算，供水調整控制器架構如圖二十所示，控制流程圖如圖二十一 水量調整流程圖與溫度調整流程圖。



圖二十 供水微調系統架構圖





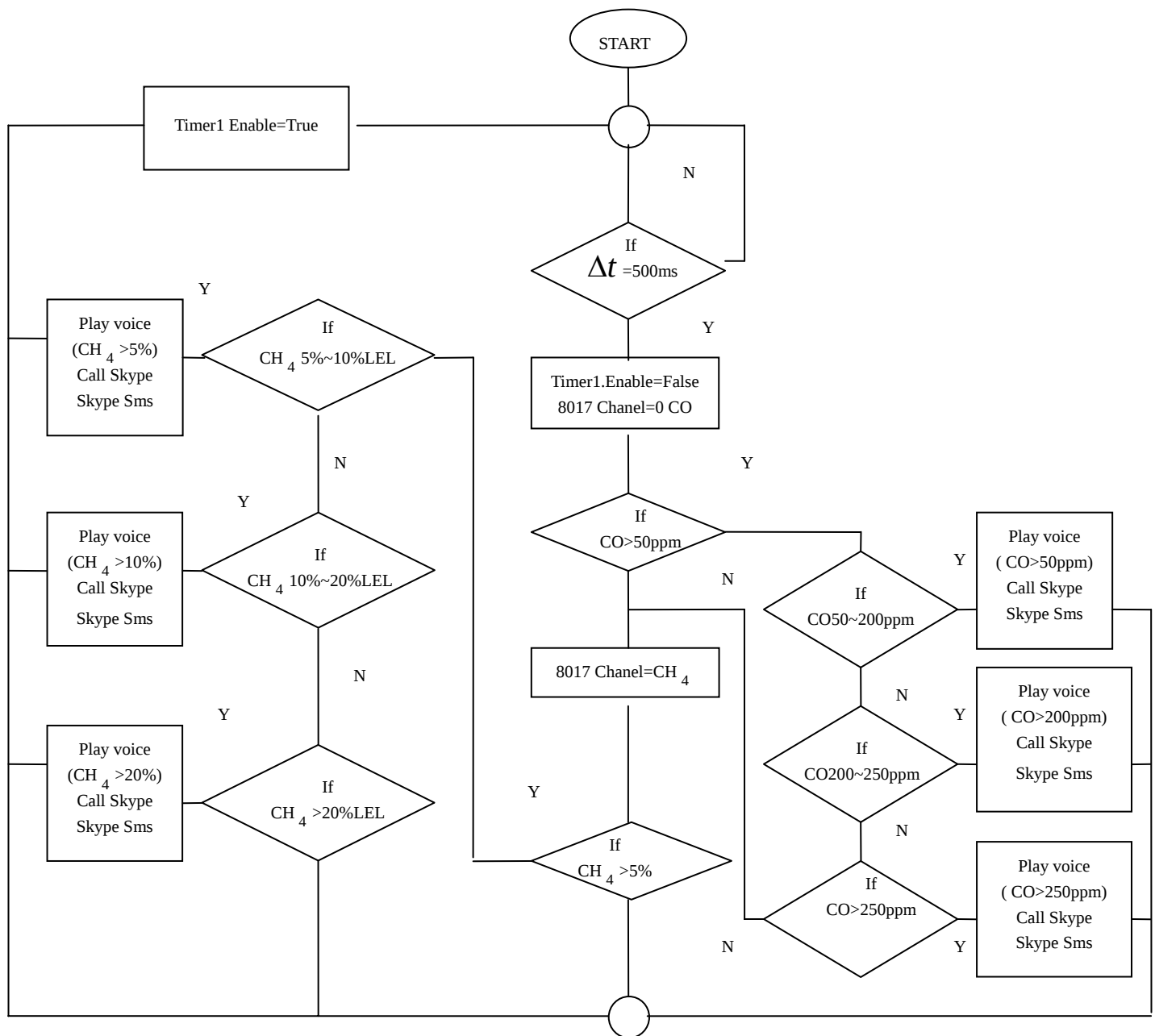
圖十三 水量調整流程圖與溫度調整流程圖

最後進階版討論供水安全問題，系統架構擬規劃有網際網路通訊功能與現場即時語音撥放功能，因此挑選科內擴大內需時採購的 PAC8741 主機為控制器，如圖二十一所示，以程式設計課程所學的 VB.NET2008 程式為開發工具。我們研究透過 GTF200_CO_A 感測器偵測一氧化碳濃度【註七】、GTF200_FL_A 感測器偵測瓦斯洩漏濃度【註八】，類比信號經由 i8017HW ADC 模組擷取（標準電流信號 4 至 20mA 經 250 歐姆電阻轉換為電壓信號），再搭配預錄的語音檔，以 USB_2020 模組撥放現場訊息（或警報）【註九】，最後當濃度達到危險臨界值時透過網際網路以 SKYPE 通訊平台結合智慧型手機傳遞救援訊息給指定的親友或救援單位（可設定多組，考量實驗測試，不宜撥打 119）【註十】，控制流程圖如圖二十二所示。



圖二十一供水安全控制器 PAC 8741

SKYPE 連線手機如圖二十三所示，發送訊息含現場內設備動作狀態資訊，因此方便救援者有足夠資訊可供判斷，以即時搶救受災者，防止不幸災難發生。輸出 i8057W 為 D/O 模組【註十一】，以無接點火花的固態電驛啟動蔽極式排風，排出有害氣體，吸入新鮮空氣。輸入 i8053W 為 D/I 模組，連接緊急求救按鈕，提供使用者在緊急狀況下對外求援。上述周邊設備經由團隊自己開發的 I_HOME 控制器軟體運作【註十二】。



圖二十二 SKYPE 連線手機流程圖



圖二十三 SKYPE 連線手機【註十三】

陸、討論

本系統經由實際測試，初步已達到成效，可自動感應供水，水量與溫度由系統配合季節變化與節能設定提供參考設定值，顯示於面板上的 LED bar，提供水溫或水量的設定值使用者不滿意時可隨意調整，透過手的揮動產生光線的變化，光遮斷感測器可檢知其變化，調整設定值以滿足使用者不同的需求變化，若同時遮住感測器時表示誤動作，面板上的 LED bar 將以閃爍方式提醒設錯誤，正確值同時也傳遞給主控制器修正供水溫或水量的設定值，方便使用者使用。

當長時間未供水時，熱水管內剩餘溫水將會逐漸冷卻，再次使用時系統可將管內冷水（或不夠溫度的溫水）吸回儲熱桶重新加熱，可減少水資源與熱能浪費，因此可提供穩定供水，可簡化供水管路，縮減熱水管線，改採用單支管線（溫度低於六十度以下時，可以用廉價的 PVC 管取代昂貴的白鐵管，搭配加裝隔熱保溫材料），可降低施工成本及後續維護費用，所以本供水系統可以滿足不同使用者的需求，又兼顧環保節約用水。

最後供水的安全問題是最重要，但是投資成本相對較昂貴，因此本系統採用積木組合方式設計，具有獨立的雙控制器系統（考量經濟因素可將進階的供水安全監控部分省略）。我們研究透過一氧化碳感測器偵測濃度、瓦斯感測器偵測洩漏，以泓格科技公司出品的 PAC XP 8741 為控制器，以 VB.NET2008 為系統程式開發藍本，以 i_8017w 界面模組適時擷取類比訊號（1V 至 5V），搭配事先預錄的語音檔透過 USB_2020 界面模組以語音方式提供即時訊息，最後當一氧化碳或瓦斯濃度達到危險臨界值時藉由網際網路透過 SKYPE 通訊界面平台程式發送手機求援訊息給指定救援者（可設定多組電話，考量實驗測試，不宜撥打 119），以即時搶救受災者，防止不幸災難發生。

柒、結論

本系統經由團隊的努力，初步已達到成效，可自動感應供水，當使用者不滿意預設的水量與溫度時，可透過手在感應區內向左或向右揮動，隨意設定新的調整值，透過 LED bar 顯示出來（分為八段設定）。感測器第一代是使用硫化鎘光感測器檢知光線的變化，對應到使用者有意調整預設值，但隨者使用環境亮度不同，需要現場微調以提升感測器靈敏度，達到滿足使用者需求的變化，第二代進化為雷射光源，穩定度大為提升，不需要微調電路。出水量與溫度調整第一代是使用步進馬達驅動鋼珠閥，經由控制水閥旋轉角度達到流量控制目的，第二代進化為脈波寬度調變，電路較簡單不需要定位電路與驅動器電路，主 89C51 控制器輸出僅使用固態電驛（SSR）就可驅動電磁閥，大為節省電路製作成本。

當長時間未供水時，熱水管內剩餘溫水將會逐漸冷卻，再次使用時系統可將管內冷水（或不夠溫度的溫水）吸回儲熱桶重新加熱，可減少水資源與熱能浪費，因此可提供穩定供水，可簡化供水管路，縮減熱水管線，改採用單支管線（溫度低於六十度以下時，可以用廉價的 PVC 管取代昂貴的白鐵管，搭配加裝隔熱保溫材料），可降低施工成本及後續維護費用，所以本供水系統可以滿足不同使用者的需求，又兼顧環保節約用水，若要提高反應速度可增加回收馬達組數或功率值。

在實驗過程中發現氣體感測器準確度較難校正，需要標準氣體且設備昂貴，現階段科內無設備造成實驗進行困難，本團隊以焚燒拜拜用的香模擬一氧化碳產生，其相對的準確性無

法驗證。另外以打火機釋放出瓦斯（不點著）模擬瓦斯洩漏，同樣量測實驗數據誤差較大，現階段無法解決是我們未來努力改進的研究方向。

捌、參考資料及其他

- 註一、唐黨、金武昌。電工法規。(台北市：華興，民 90)。頁 37。
- 註二、長江飲水機企業有限公司。<http://www.ewater.com.tw>。(檢索日期 2011/03/01)
- 註三、台灣 OMRON 公司。「E3Z-T61-L 說明書」。(台北市：台灣 OMRON 公司，民 100)。頁 3。
- 註四、賴麒文。C 與 8051 單晶片軟體設計基礎篇。(台北市：文魁，民 92)。頁 11-2-11-3。
- 註五、吳一農。8051 單晶片實務與應用。(台北市：台科大，民 94)。頁 3-8-3-39。
- 註六、鄧明發。微電腦專題製作應用電路。(台北市：知行，民 91)。頁 105-108。
- 註七、育強科技 GTF200_CO 使用手冊。<http://www.gastech.com.tw>。(檢索日期 2011/03/08)
- 註八、育強科技 GTF200_FL 使用手冊。<http://www.gastech.com.tw>。(檢索日期 2011/03/08)
- 註九、泓格科技 XP_8000 user manual。<http://www.icpdas.com.tw>。(檢索日期 2011/03/08)
- 註十、陳會安。visual basic2008 程式設計範例教本。(台北市：旗標，民 98)
- 註十一、泓格科技 XP_8000 API manual。<http://www.icpdas.com.tw>。(檢索日期 2011/03/08)
- 註十二、陳惟彬。visual basic2008 網路程式設計。(台北市：文魁，民 98)
- 註十三、PC HOME SKYPE。<http://skype.pchome.com.tw>。(檢索日期 2011/03/02)

【評語】 091005

1. 能學以致用，充分利用課堂所學知識與技能，妥善應用。
2. 構思、設計與製作時能就主要元件之功能、特性、成本、可靠度、可控制性等為評比，部分尚配合有基本學理之分析與計算，能評估其適切性。
3. 水溫與水量由系統配合季節變化自動調整設定值，使用者尚可透過非接觸式之揮手動作加以改變，使符合個人需求。
4. 具環保理念，對管內未達設定水溫的水予以回收再利用；另為安全考量，尚配有「瓦斯洩漏」警報功能，並可透過網際網路與智慧型手機對外求援，預防事故之發生。
5. 技術規格欠明確，關鍵性技術指標應儘可能以量化數據呈現，機定水溫、水量、最長等待時間及加熱器與加壓馬達規格等均應具體、明確。
6. 水龍頭智慧溫控與瓦斯洩漏或濃度偵測警報之關聯性略欠薄弱，缺乏整體性。