

中華民國第 54 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

智能教室

學校名稱：國立大湖高級農業工業職業學校

作者： 高三 莊坤陞 高三 楊鈞裕 高三 賴庠鈞	指導老師： 王滄揚 劉文權
---	-----------------------------

關鍵詞：PLC、HMI、地震感測

摘要

由於全球溫室效應的問題及能源耗竭的危機，促使環保節能意識的覺醒。在學校時常聽到老師百般叮嚀，離開教室時，要確實將門窗、電器設備關閉，但偶爾還是會有遺漏；也常在新聞報導中聽聞，有關地震災害問題，以及市面上尚未發現有 PLC 及 HMI 監控系統應用於學校教室，因此本文為了改善教室用電及防災的問題，對此設計出一套教室監控系統。

本文結合了 PLC 及 HMI，並搭配工業配線及電子電路，製作出一套智慧型教室監控系統；並實現地震防災應變、規劃課表排程、負載使用之歷程記錄、自動換氣及燈光節約裝置、使用者權限管理等六大功能。經由實驗結果顯示，本文所設計之系統，可大幅改善教室安全及用電問題，達到節約能源及防災之功效。

壹、 研究動機

由聯合國環境署和世界氣象組織（IPCC）公佈的《2007 氣候變遷報告》中指出，氣候變暖的趨勢正在加快，全球暖化與氣候變遷的議題持續發燒，也使得人們對節能環保更加看重，身為教育單位學校，更是要注重此議題。（文引自：國立自然科學博物館）

節能減碳不僅是珍惜資源保護地球的表現，也可避免造成不必要的浪費，如此一來，既有更多的資源來提升教學品質及環境。說到浪費學校的用電就是一項必須改善的問題例如：室外課及放學時，學生未確實將門窗、電氣設備關閉就離開；教室電氣設備濫用的問題，常造成校方額外的電費支出，因此勢必需要有一管理系統來改善此問題。

目前市面上，尚未發現有產品能有效管理教室用電，並具備有地震防災應變功能之監控系統，因此希望藉由工配業配線所學技術，運用 PLC 及 HMI 使教室能更有效的運用電力來避免不必要的耗電；將節能環保的觀念，以實際的行動來實踐。

貳、 研究目的

在社會新聞上，時常看到地球暖化及地震災害等新聞；這些報導也提醒了社會大眾，必需注意到環保節能的觀念及地震防災的安全知識。由於教室用電量及地震災害的問題，也是校園中常見的議題，因此本文為了這些問題，設計出一套教室監控系統。此監控系統的目的是希望透過 PLC 程式設計，藉由 HMI 來進行監控，運用工業配線及設計的電子電路，實現地震防災應變、規劃課表排程、負載使用之歷程記錄、自動換氣裝置、燈光節約裝置、使用者權限管理等功能，希望可藉由此系統套用至校園教室內，以改善上述問題，增進學生對於環保節能的意識，降低校園危安事件，實現節約能源及防災之功效。

參、 研究設備及器材

以下表 3-1、3-2 為本文所使用之設備及器材：

表 3-1 研究設備表

編號	研究設備	數量	規格	備註
1	桌上型電腦	2 台	Intel i7	
2	PLC	1 台	FX-MODULE FN-3U	
3	人機介面(HMI)	1 台	士林	
4	人機介面程式撰寫軟體	1 套	EU Editor2	
5	電源供應器	1 台	可供 5V、12V 電壓源	
6	三用電表	3 組	數位式及指針式	
7	電烙鐵	2 支	30W	

表 3-2 研究材料表

編號	研究材料	數量	規格	備註
1	IC 555 震盪器	1 個		
2	穩壓 IC 7805	1 個		
3	PT 100 溫度感測器	2 個		
4	光敏電阻	2 個		
5	進階開關	1 個		
6	保險絲	4 個	10A、1A	
7	電容器	5 個	1000uf x 2、10 uf x 2、0.1 uf x 1	
8	電阻	3 個	1k 歐姆	
9	可變電阻	1 個	500 歐姆	
10	繼電器	10 個	24V/12V	
11	LED	若干		
12	LED 燈條	2 條	SMD 白燈	DC12V
13	電晶體	3 個	9013	NPN
14	二極體	2 個	1N4002	
15	直流小風扇	7 個	12V	
16	線槽	3 條	3 x 170	
17	鋁軌	3 條	3 x 150	
18	電磁接觸器	1 個	220V	
19	指示燈	3 個	220V	
20	按鈕開關	1 個		

肆、 研究過程或方法

一、 研究步驟

以下圖為本文研究步驟流程圖：

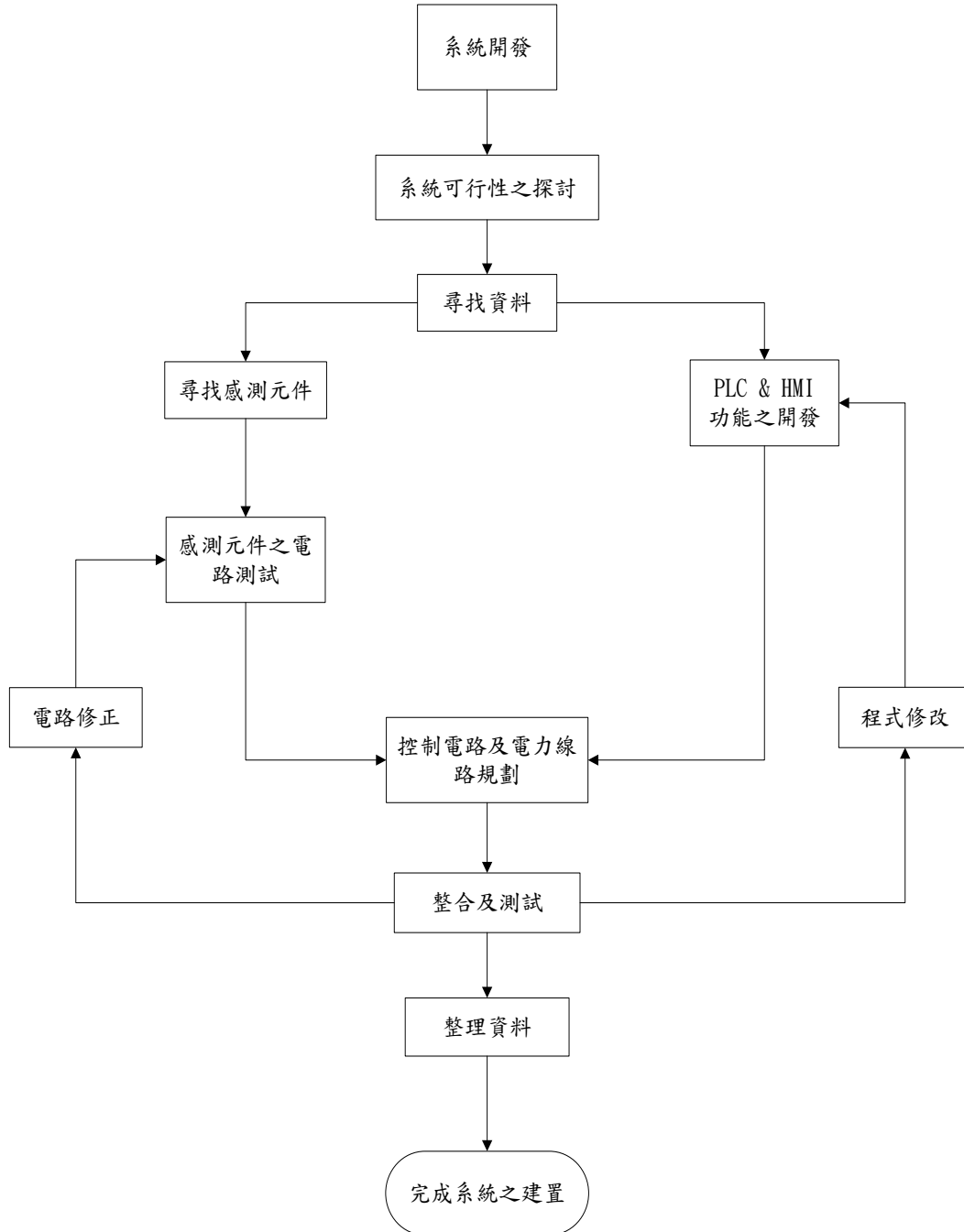


圖 3-1 研究步驟流程圖

二、 研究理論

本文所設計出系統架構如下圖所示：

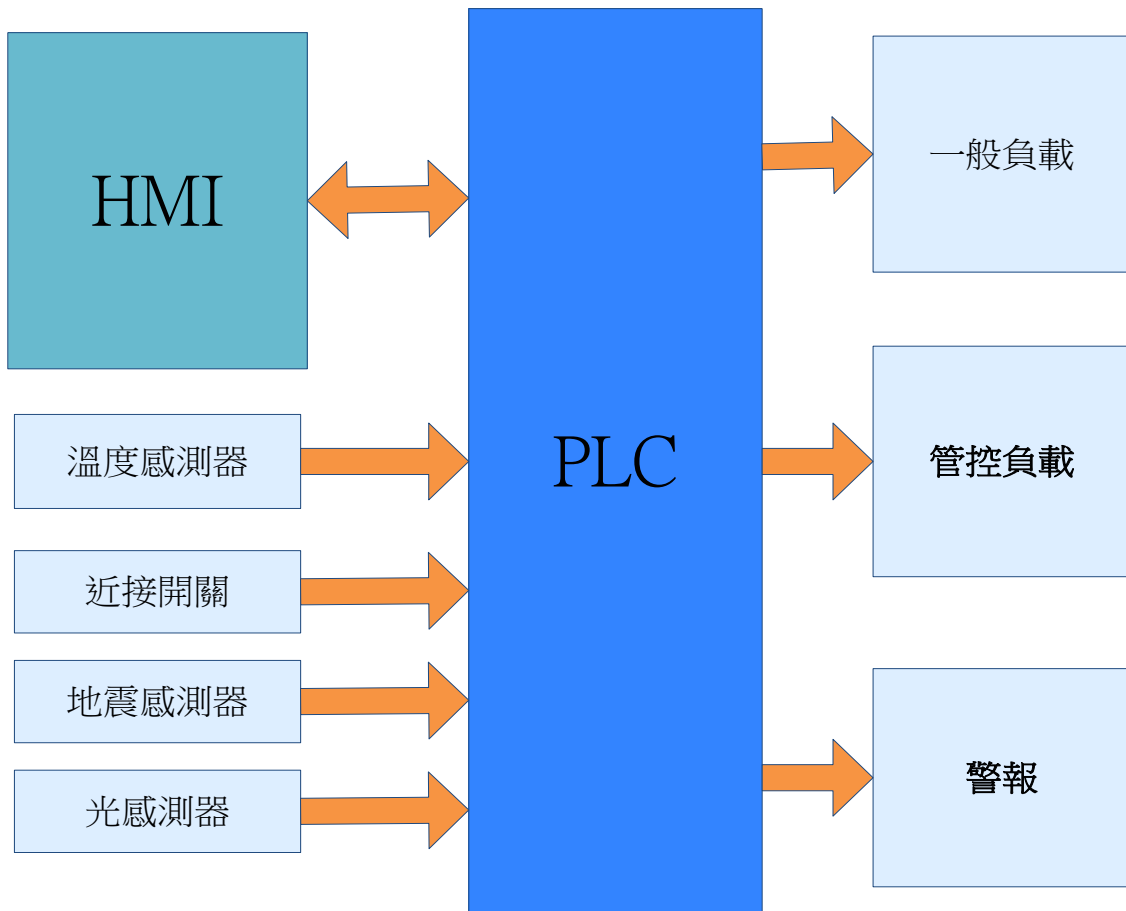


圖 3-2 系統架構圖

(一) PLC 理論研究

PLC (FX3U)，廣泛用於鋼鐵、石油、化工、電力、建材、機械制造、汽車、輕紡、交通運輸、環保及文化娛樂等等的自動化控制，在這負載控制運用的基礎下，提出了幾項特點及優點，適合運用在教室的電力和安全控制。

1. 結構靈活：

PLC 運作後即可組建網路，較不受環境的限制，使資源保持較高的利用率，一方面也可運用在本系統區網建置部分，使管理者更加方便統一管控操作。

2. 有高可靠性：

在器具選擇中，往往最優先考慮的對象就是穩定性和可靠性，PLC 不像一般的電腦或電子組件使用上，有許多軟體或硬體組件上的限制及顧慮。PLC 功能完整，構造方面也非常具可靠性，不會因一些外界干擾而故障，應用上更加放心。

3. 體積小、重量輕：

在有限的教室空間裡；能發揮出最大效益，達到麻雀雖小；五臟俱全的極致應用



圖 3-3 PLC、HMI 實體

(二) HMI 應用理論研究

如今是個觸控面板興起的世代，HMI 就是一個非常好的應用例子，HMI 簡單的區分為「輸入」(Input) 與「輸出」(Output) 兩種。人機介面會幫助使用者更簡單、更正確、更迅速的操作，使產品發揮最大的效能並延長使用壽命。此套系統的設計也有考慮到操作的方便性，所以本系統設計上；盡量採用簡單明瞭的方式表達。

表 3-3 系統 HMI 應用說明

名稱	功能	備註
按鍵	以觸控的方式替代實體的按鈕開關	可減少許多開關安裝之 花費
指示燈	以螢幕的表達方式給予我們適當提醒	無
排程	設定上可分為兩種： 指定日期：可設定單一星期設定 指定區間：可設定起始星期及結束星期	此功能應用於本系統課 表排程、數值更新及自動 排送氣功能設計
密碼設定	開啟密碼設定對話框，可依使用者變更密碼 等級/權限	此功能可應用於本系統 使用權限畫分上

(三) 感測元件選擇探討

1. IC 555 震盪器應用模式：

- (1) 單穩態模式：在此模式下，555 功能為單次觸發。應用範圍包括計時器，脈衝丟失檢測，反彈跳開關，輕觸開關，分頻器，電容測量，脈衝寬度調製 (PWM) 等。
- (2) 無穩態模式：在此模式下，555 以振盪器的方式工作。這一工作模式下的 555 晶片常被用於頻閃燈、脈衝發生器、邏輯電路時鐘、音調發生器、脈衝位置調製 (PPM) 等電路中。如果使用熱敏電阻作為定時電阻，555 可構成溫度感測器，其輸出信號的頻率由溫度決定。
- (3) 雙穩態模式 (或稱施密特觸發器模式：在 DIS 引腳空置且不外接電容的情況下，555 的工作方式類似於一個 RS 觸發器，可用於構成鎖存開關。

在單穩態工作模式下，555 計時器作為單次觸發脈衝發生器工作。當觸發輸入電壓降至 V_{CC} 的 $1/3$ 時開始輸出脈衝。輸出的脈寬取決於由定時電阻與電容組成的 RC 網路的時間常數。當電容電壓升至 V_{CC} 的 $2/3$ 時輸出脈衝停止。根據實際需要可通過改變 RC 網路的時間常數來調節脈寬。輸出脈寬 t ，即電容電壓充至 V_{CC} 的 $2/3$ 所需要的時間由下式給出：

$$T = 1.1RC$$

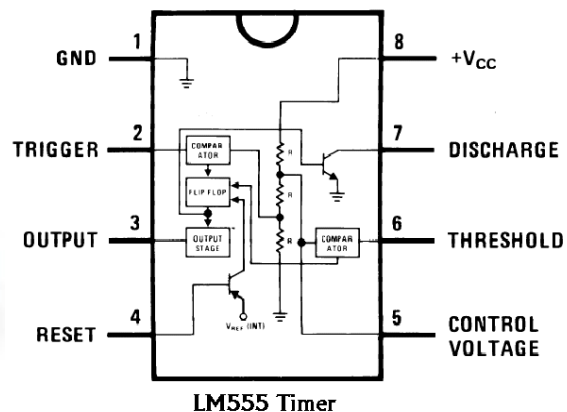
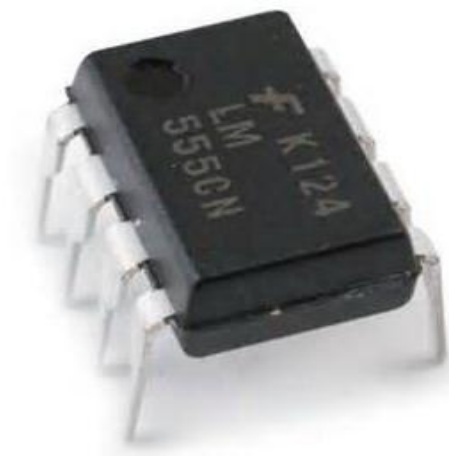


圖 3-4 IC555 振盪器

2. 穩壓電源 IC：

在電子實習課程中學到了7805穩壓IC，圖為7805穩壓IC接腳接法。利用此類IC，輸出電壓可穩定的維持在5V。7805的輸出電壓準確率為4% ($5 \pm 0.2V$)，輸出電流可達1A以上(需適當散熱)。要特別留意，此系列IC的輸入端電壓需比輸出端高約2V以上才能有效穩壓。

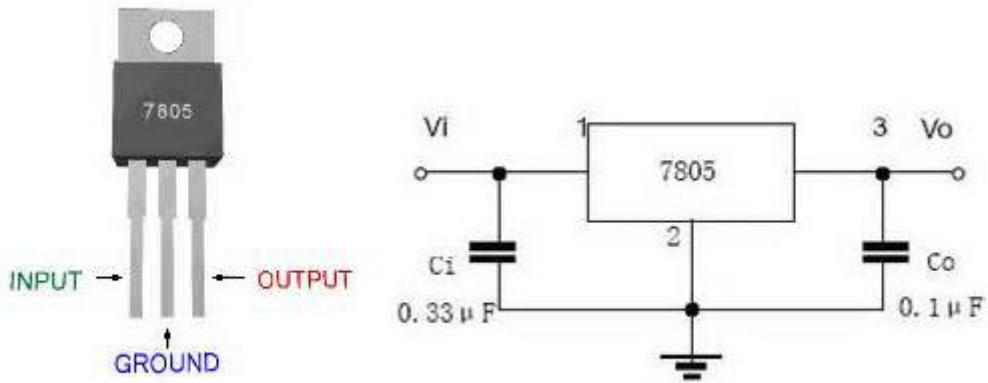


圖 3-5 穩壓 IC 7805 硬體接腳圖

3. 電磁式接觸器：

繼電器（Relay），也稱電驛，是一種電子控制器件，一般由鐵芯、線圈、銜鐵、觸點簧片等組成的。只要在線圈兩端加上一定的電壓，線圈中就會流過一定的電流，從而產生電磁效應，銜鐵就會在電磁力吸引的作用下克服返回彈簧的拉力吸向鐵芯，從而帶動銜鐵的動觸點與靜觸點（常開觸點）吸合。

因 PLC 輸出接點它實際應用時，是需以較小的電流去控制較大電流的，所以我們就應用此元件來做一個隔離。

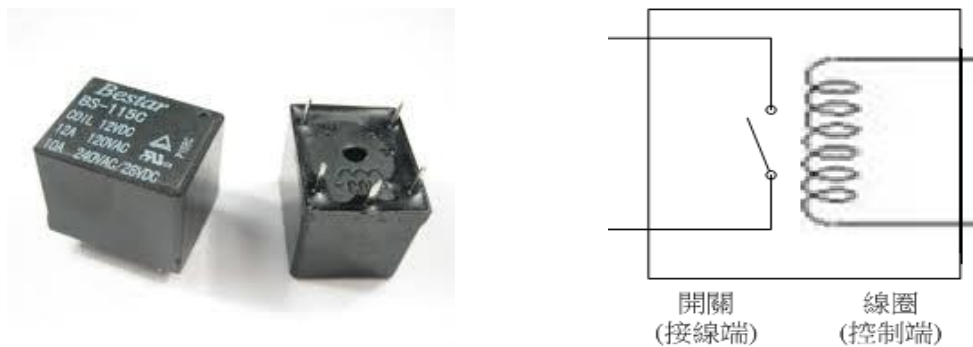


圖 3-6 電磁式繼電器及原理

4. 達靈頓電路：

許多電子電路應用上，常因電流不足無法順利啟動負載。然而達靈頓電路或稱達靈頓即可有效解決，它是以兩個（甚至多個）雙極性電晶體組成的複合結構，通過這樣的結構，電晶體的電流可以進一步被放大。而得到更多的電流增益；來驅動負載或繼電器。

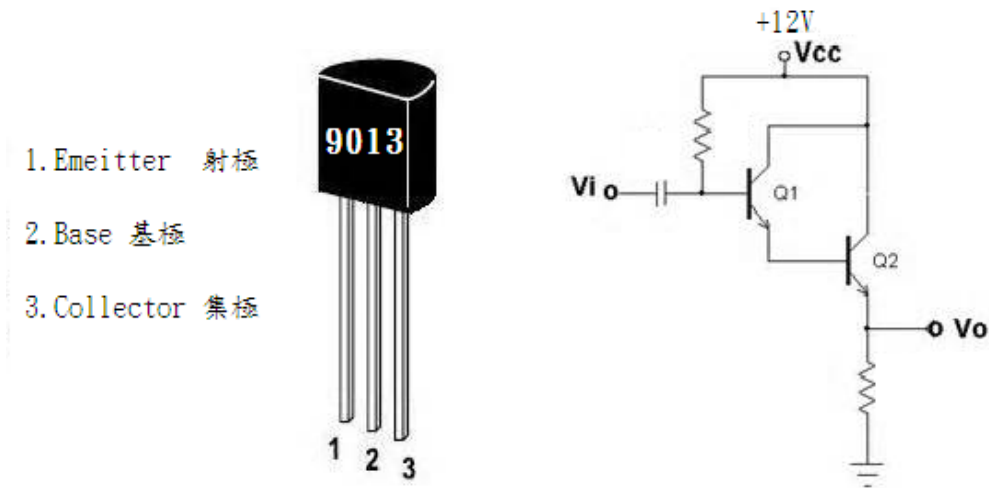


圖 3-7 NPN 電晶體元件及達靈頓原理介紹

5. PT100 溫度感測器：

在工業配線實習中；學到了 PT100(溫度感測器)，它是以『電阻式溫度檢測器』(RTD Resistance Temperature Detector)，一種物質材料作成的電阻，它會隨溫度的上升而改變電阻值。PT100 溫度感測器，屬於正電阻係數(隨溫度的上升而電阻值也跟著上升就稱為正電阻係數)，其電阻和溫度變化的關係式如下：

$$R=R_0(1+\alpha T) \text{ 其中 } \alpha=0.00392$$

R_0 為 100Ω (在 0°C 的電阻值)， T 為攝氏溫度。

因絕大部分電阻式溫度檢測器是以金屬作成的，其中以白金(Pt.)作成的電阻式溫度檢測器,最為穩定—耐酸鹼、不會變質、相當線性。所以本系統採用了 PT100 溫度感測器。

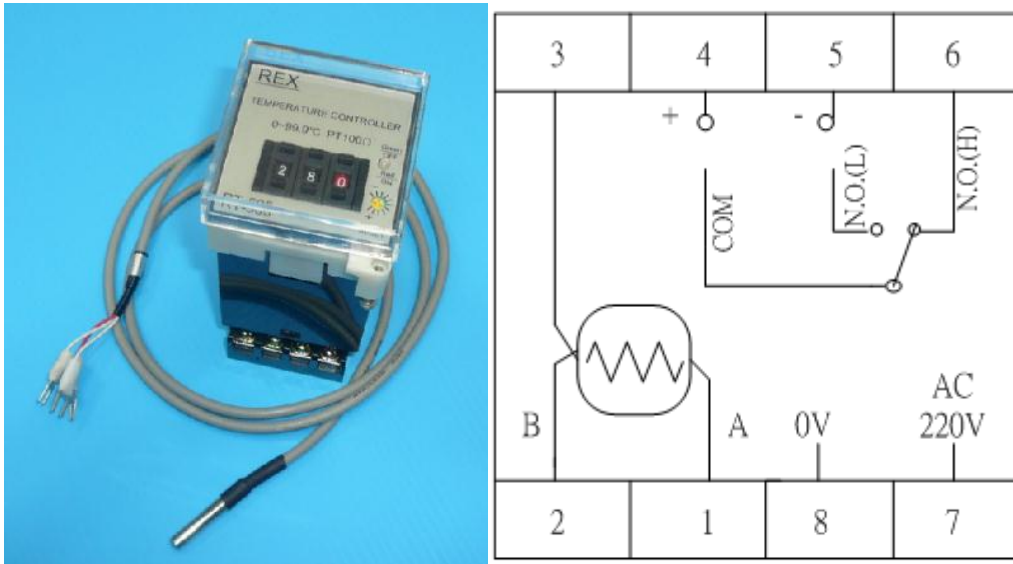


圖 3-8 溫度感測器 PT100 (電路圖)

6. 近接開關(PRS)：

在工業配線實習中；學到近接開關，它是以『磁場感應與靜電容式』，磁場感應以鐵為感應對象。其他物件無法感應的就用靜電容式包括鐵、鋁、不鏽鋼等幾種金屬均可以感應微動開關。近接開關使用空間是與感測距離有關，目前最小直徑可以做到 8mm，使用與安裝相當方便。

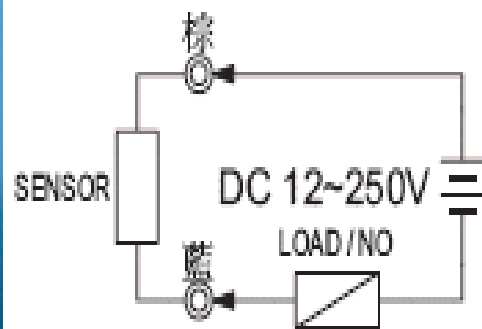


圖 3-9 近接開關及原理

(四) 教室環境數據的探討

1. 溫度：

溫度是所有自然界生物生存的必要條件之一，以科學的角度來說；溫度是用來表示物體冷熱程度的物理量，微觀上來講是物體分子熱運動的劇烈程度。而目前國際上用得較多的溫度單位有攝氏（ $^{\circ}\text{C}$ ）、華氏（ $^{\circ}\text{F}$ ）、熱力學溫標（ K ）等...

大氣層中氣體的溫度為氣溫，臺灣位於亞熱帶地區，每個地區各有其溫度特色，其中台灣最冷的月份是一月與二月份，南部因較接近熱帶氣候，日照充足，冬天及夏天的溫度變化比北部來得小。但不管在哪個地區，都有炎熱的夏天與寒冷的冬天，因此整理出有關溫度對人體的影響。

表 3-4 系統與對應室溫之動作設定：

影響	溫度($^{\circ}\text{C}$)	備註
人體會感到寒冷	溫度低於 18°C	18°C 為本系統啟動自動排送風裝置設定溫度。
人體最舒適環境溫度	溫度在 $20\text{-}28^{\circ}\text{C}$ 之間	本系統冷氣濤溫範圍 $24^{\circ}\text{C} \sim 28^{\circ}\text{C}$ ；如室內溫度 $< 24^{\circ}\text{C}$ 時，冷氣自動關閉。
不舒適感、精神紊亂	溫度大於 28°C	本系統開啟冷氣，設定於室外溫度 $> 29^{\circ}\text{C}$ 時，方可開啟。
生命會直接受到威脅	溫度 $\geq 40^{\circ}\text{C}$	無

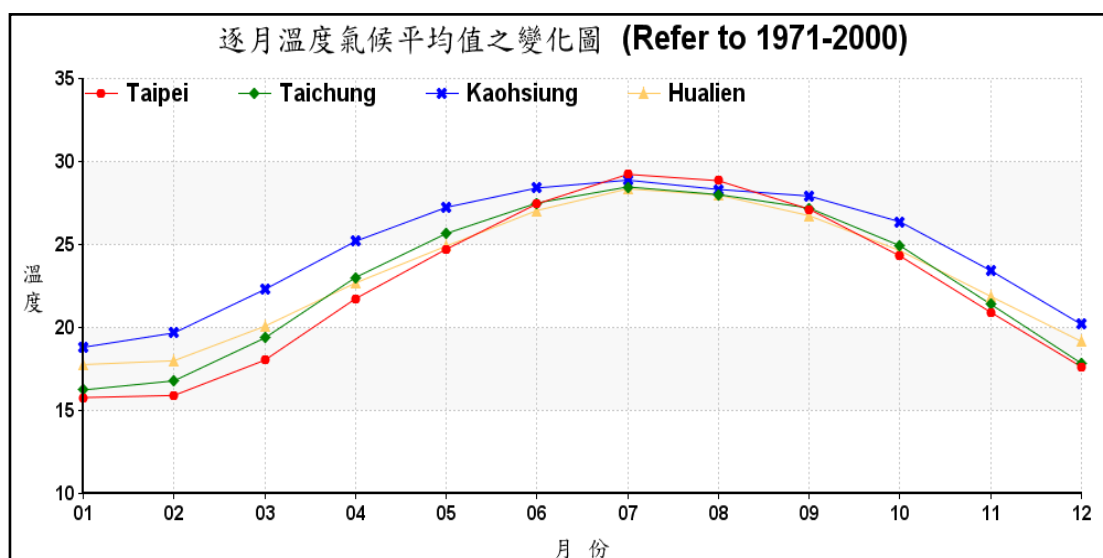


圖 3-10 臺灣主要城市氣溫平均圖

2. 光度：

1967 年法國第三十一屆國際計量大會規定了以坎德拉(Ca)、坎德拉/平方米(Ca/m²)、流明(Lm)、勒克斯(Lux)分別作為發光強度、光亮度、光通量和光照度等單位。

表 3-5 光的各項計量單位

名稱	單位	說明
光束	流明(Lm)	光源每秒種所發出的量之總和，簡單說就是發光量
照度	勒克斯(Lux)	物體表面被照亮的強度

表 3-6 各種環境的光照度(Lux)

所處環境	光照度值	所處環境	光照度值
烈日	100,000lux	陰天室外	500 lux
陰天	10,000 lux	休息室	300 lux
電腦教室	1,400 lux	陰天室內	50 lux
班公室	700 lux	黃昏室內	10 lux
教室	600 lux	夜間路燈	0.1lux

3. T8 LED 燈管/T8T9 螢光燈管選擇與探討

在節約用電方面，一般常以隨手關燈或權限管理的方式為主，但電氣設備的選用也是不可或缺的關鍵。

表 3-7 T8 LED 燈管/T8 T9 螢光燈管特性比較

T8 LED 燈管	T8/T9 螢光燈管
20W 使用壽命 50,000 hr	40W 使用壽命 6,000 hr
LED 燈管不會產生閃爍效應，不會產生眼睛疲勞不適感。	T8 會產生高頻閃爍效應，對長時間處於該光源易產生眼睛疲勞不適感。
長時間使用不會產生高熱，維持空調及環境溫度之使用效能，避免而外能源損耗。	長時間使用發熱效應高，易對使用環境產生溫室效應，降低空調及環境溫度之使用效能，造成而外能源損耗。
不含汞，使用後不會有大量有毒廢棄物造成二次環境汙染。	有含汞，使用後也會有大量有毒廢棄物造成二次汙染。
有損壞時可進行局部維修具環保趨勢。	回收成本龐大，不符合世界環保趨勢。

表 3-8 效能探討

效能	T8 LED 燈管	T8/T9 螢光燈管
光源消耗	20W	40W
加安定氣候實際消耗電功率	20W	46W
使用壽命	50000hrs	<6000 hrs
一年消耗電費	788.4 元	1813.3 元
一年銷後電力度數	175.2 度	403 度
消耗 CO2	105.5 kg	242.6kg
一年更換燈管費用	0 元	80 元
一年節省電費	1,023 元	0 元

假設一天點燈 24 小時，全年點燈 365 日；平均商業用電 4.5/度
 碳排放量 0.6kg CO2 /度電；一年更換 2-3 次螢光燈管，一支市價約 40 元

表 3-9 本系統所使用 LED 燈管規格

C.C.T 色溫	6000K 白光
Input Voltage 輸入電壓	AC 110V~220V
LED 顆數(PLCC 5630)	120 PCS
光通量(流明 Luminous Flux)	1900LM
一米距離直下照度	560LUX
消耗功率(單位:W)	20W
使用環境溫度	0°C ~40°C

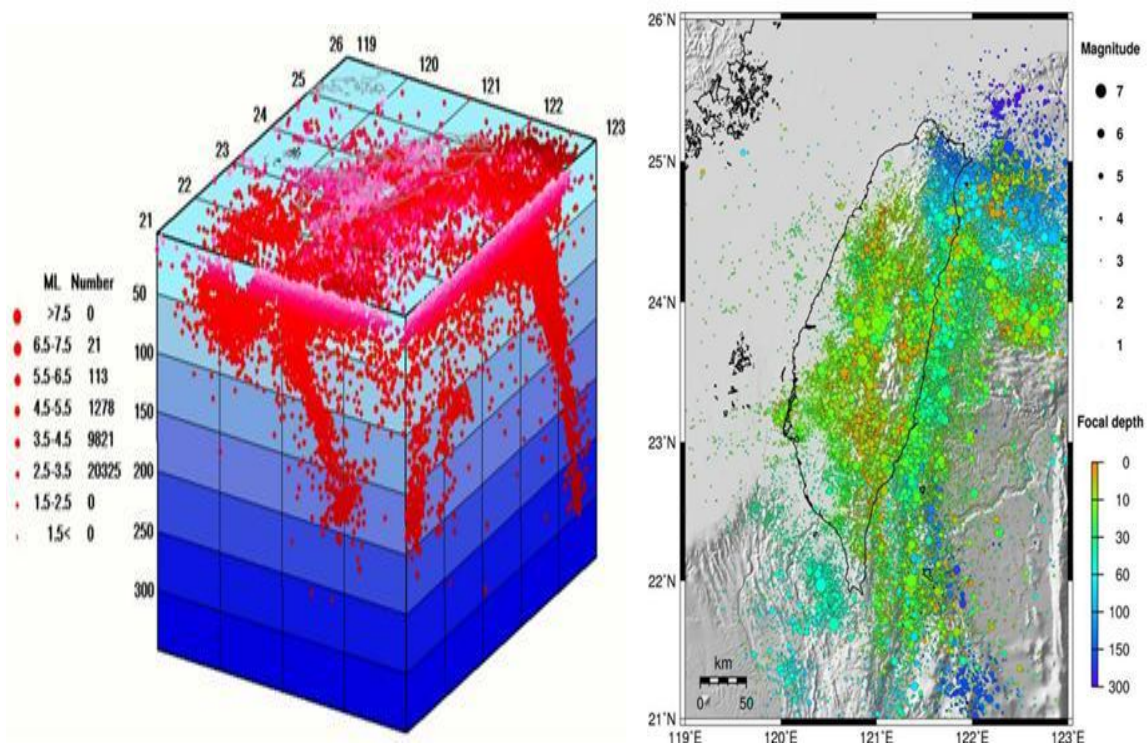


圖 3-11 為表 3-9 規格實體測試

(五) 自然災害分析討論

1. 地震：

根據(圖 3-12)之歷史記錄顯示，臺灣近百年曾經發生多次災害性的地震，例如 1906 年梅山地震、1935 年新竹—臺中地震、1951 年花東縱谷地震、1964 年白河地震、1986 年花蓮地震以及造成重大傷亡的 1999 年南投集集大地震等。這些中大規模地震不斷發生，顯示臺灣明顯屬於全球地殼活動相當劇烈的特殊區域，處於如此受到地震威脅的環境之下，地震來臨之後幫助逃生的緊急裝置也就格外重要。



(圖 3-12)臺灣地區 1994~2008 年規模及地震震央分布

本小組在臺灣自然災害損失知多少一文中了解到 1958 至 2010 年間，台灣在這半世紀中，自然災害已造成 8,564 人(死亡及失蹤)，而其中因地震災害占 30.52%，這是個不容忽視的議題，所以本小組做了一套地震指引，在災害來臨的第一時間做出警報、安全斷電與逃生指示，確保疏散時能安全及迅速到達避難場所。

伍、 研究結果

本文經由實驗研究結果顯示，本系統具有六大項功能其功能如下(圖 4-1)所示：

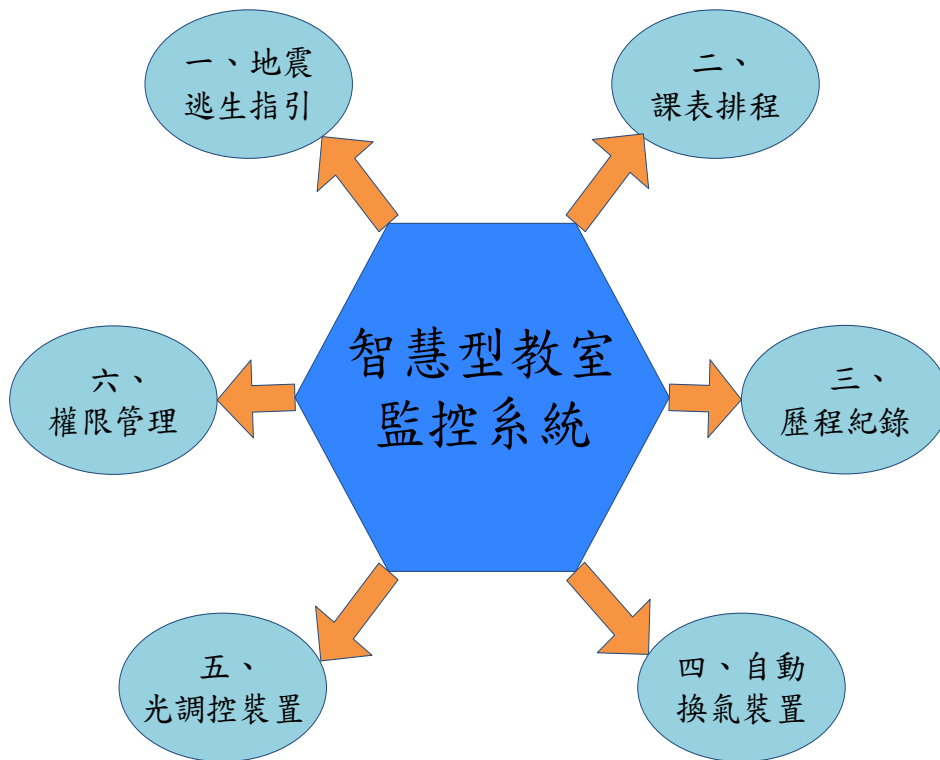


圖 4-1 智慧型教室監控系統功能圖



圖 4-2 實體教室施工及成品圖



圖 4-3 模擬教室施工及成品圖

一、 地震逃生指引

(一) IC555 單穩態電路 + 達靈頓電路 + Relay 實體應用

在製作地震逃生指引功能時，地震感測器接觸過於短暫，造成 PLC 反應不及，因此我們做了 IC555 單穩態電路延遲啟動 PLC 輸入接點，來有效解決此問題。然而我們應用電路上需啟動 Relay(繼電器)，卻因電流不足造成無法正常啟動，所以加上了在電子學中學到的，達靈頓放大電路來彌補電流不足之問題。

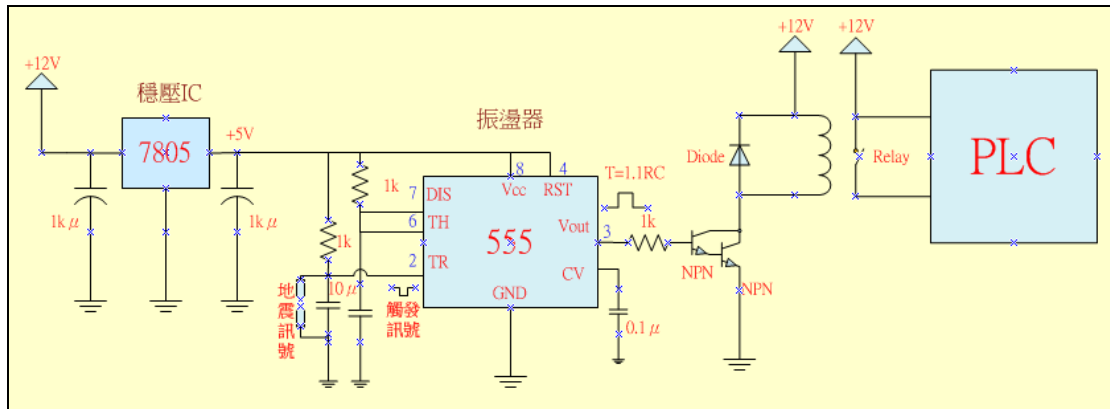


圖 4-4 IC555 觸發延遲啟動電路配線圖

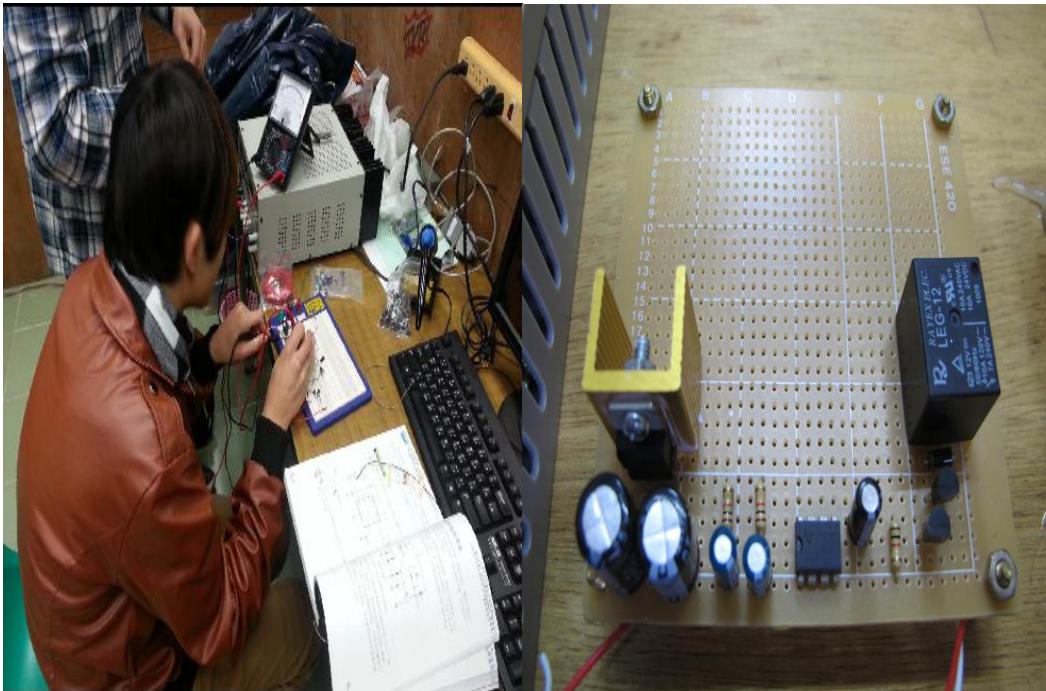


圖 4-5 IC555 觸發延遲啟動電路實驗及成品圖

地震在台灣頻繁的程度多到數不清，因此本文設計出一套地震感測系統，配合校園來做一個斷電及逃生指引的安全裝置。讓師生們生命財產安全更有保障。以下(圖 4-6)為地震發生時逃生指引系統動作流程：

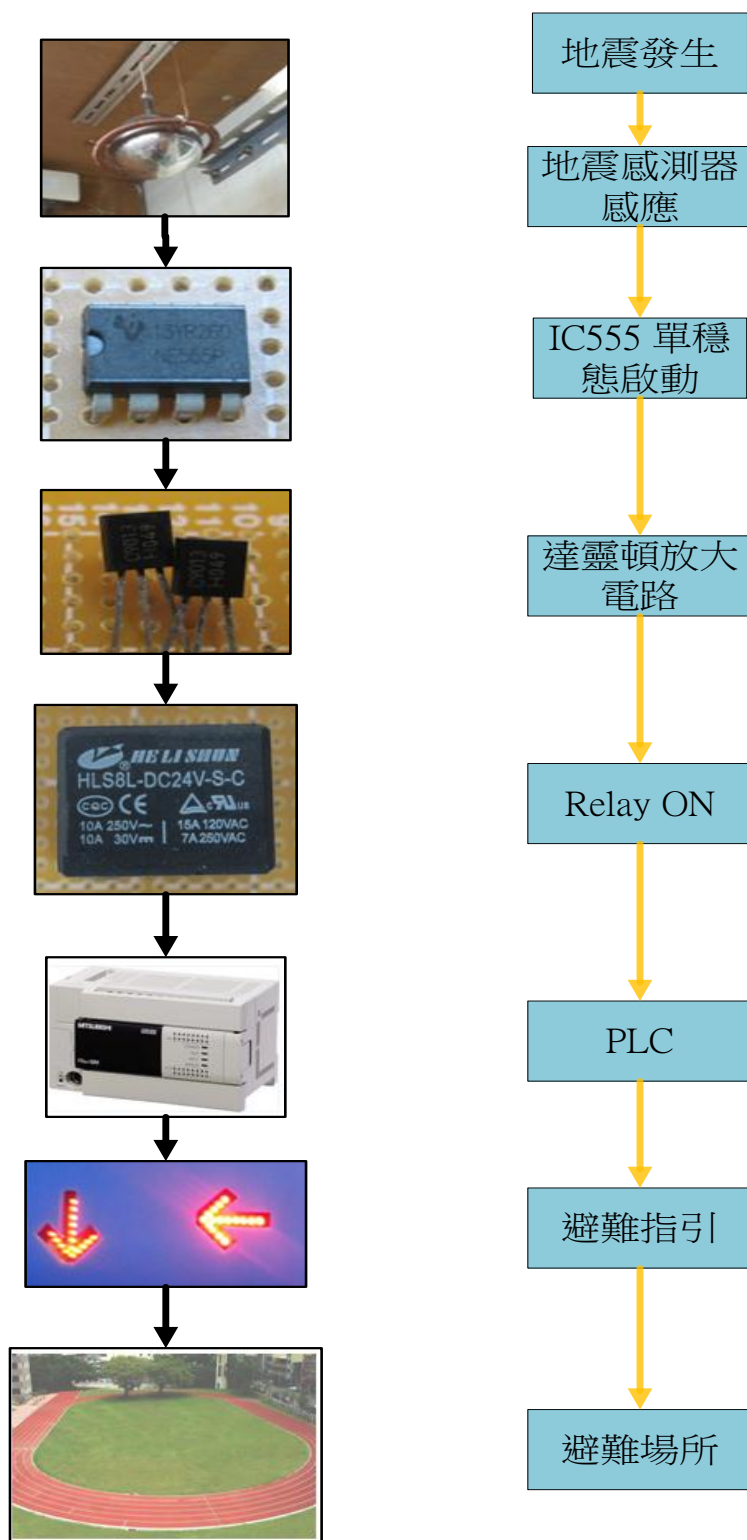


圖 4-6 地震防災指引動作流程圖

二、 課表排程

課表排程最主要是降低室外課時，教室無人而電器門窗未確實關閉情形。例如：星期一的第五節是室外課，在課表對應那一節課點選(閃電的形狀會改成叉叉)表示輸入完成(如 4-7 圖)。當下一節為設定課程時(即打叉叉位置)，下課時教室警示燈即會亮起(閃爍)，提醒同學關燈關窗。如無確實關好窗戶，即使門上鎖警示燈仍會繼續閃亮(如 4-8 圖)。



圖 4-7 歷程記錄設計及測試



圖 4-8 本系統實體測試排程功能

課表設計的概念是以橫軸及縱軸之原理結合而成，橫軸在排程中設定星期，縱軸設定時間(每節課對應時間)，使系統能夠正確得判別出，目前是星期幾是第幾節課。

三、 自動換氣裝置

在研究過程中有提到，攝氏低於 18 度人體會感到寒冷，因而教室常緊閉門窗，造成含氧量降低，大大影響了學習的成效。

為了改善此問題；因此以 PT100 做溫度感測，配合排程的時間設定，每節下課時自動排送氣 10 分鐘。保持教室內空氣對流，提供同學們在一個舒適的環境下學習。



圖 4-9 PT100 配線製作與排風扇裝置



圖 4-10 PT100 應用實體與自動排送氣

四、 歷程記錄

歷程紀錄，是以 PLC 計時器(T)與暫存器(D)，在電器設備啟動的同時計時器也跟著啟動，且以分鐘為單位存入暫存器(D)中，使人機畫面顯示，其中又可細分為當天累計與每周累計，記下每項電器設備使用累計時數，方便管理者對於班級用電做更進一步的了解及約束，也幫助學生們養成離開確實將電源關閉的好習慣。

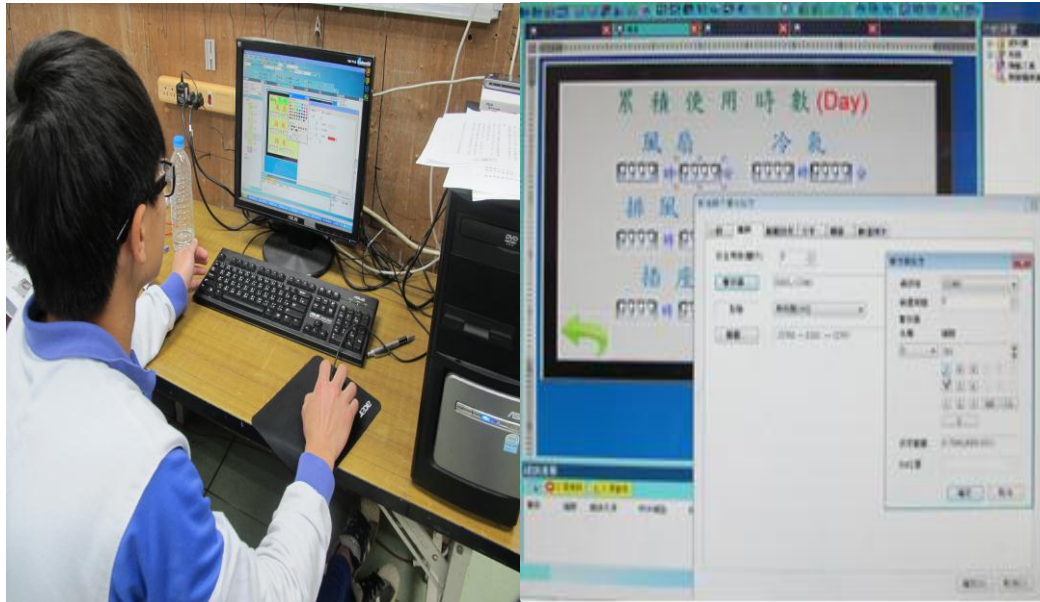


圖 4-11 電器累計時數設計



圖 4-12 每日電器累計使用時數與每周電器累計使用時

五、 權限管理

權限管理：配合 HMI 中的密碼設定，設計出一套分為一般使用者與擁有權限使用者，一般使用者可控制小電器負載設備與查看門窗電器使用狀況；而擁有權限使用者可控制較高電器負載及課表排程、警報解除、歷程紀錄、修改密碼，有了此功能更能有效約束電器設備使用。



圖 4-13 密碼權限設計及測試



圖 4-14 權限密碼輸入畫面

六、光調控裝置

在光感測這部分，本小組利用了光敏電阻對日夜的交替以及對人們的舒適度來做室內的調控，在室內採光良好的條件下，如果光線充足的話就會將室內的電燈關掉，以達到不必要的浪費，為此我們做了以下的實驗：

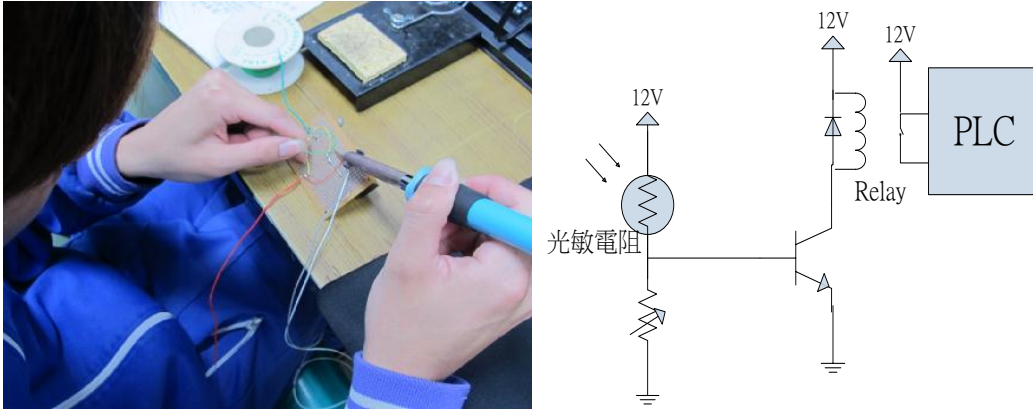


圖 4-15 光感測器製作及電路圖

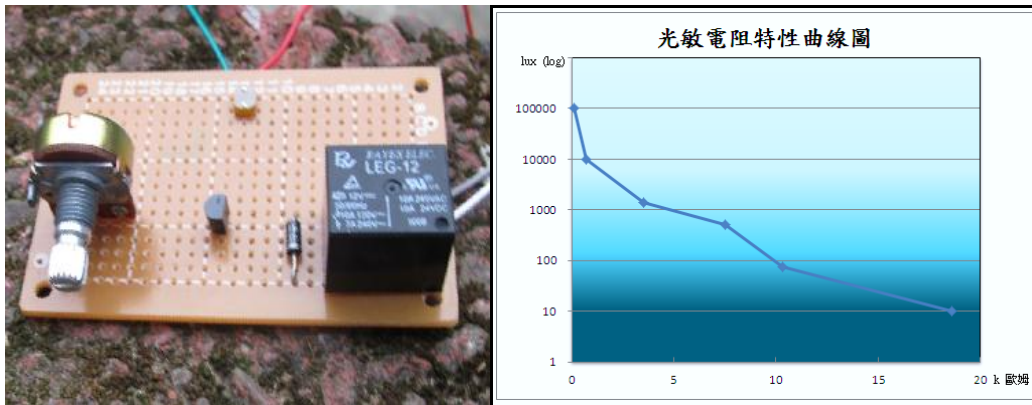


圖 4-16 光調控成品測試及光敏電阻特性曲線圖

表 4-1 為測量光照度對光敏電阻之數據

日光	光照度值	光敏電阻值	是否關燈
強烈	100,000lux	0.1k 歐姆	是
充足	10,000lux	0.7k 歐姆	是
舒適	1,400lux	3.5k 歐姆	是
陰暗	500lux	7.5k 歐姆	否
昏暗	75lux	10.3k 歐姆	否
夜間	10lux	18.6k 歐姆	否

陸、 討論

問題一：自製地震感測器訊號過短，造成 PLC 無法即時進行反應。

解決方法：利用網路查訊資料後，使用了 IC555 製作一套單穩態電子電路將短暫 的訊號經過運算 $T = 1.1RC$ 後，在實際測試之後，確實延長了訊號反應時間。

問題二：光感測器擺放位置在室內時會有誤動作的情形發生。

解決方法：雖然放室內來測得的光照度準確性才是真正高的，但本專題的教室是以採光好的條件下做考量，因此才以室外的光照度來做基準，這樣的話就不會有此情況發生了。

問題三：做歷程記錄設計時，在時間的累計與顯示上有困難。

解決方法：因此本小組參考了 PLC、HMI 許多相關文獻後，發現了可利用 PLC 指令中的計時器(T)與佔存器做結合，再加上比較指令 CMP 與減法指令 SUB，做出了時間的累計時數表之後；藉由 HMI 來顯示暫存器中的數值。

問題四：課表排程設計過程中，無法準確做出判斷星期與節數。

解決方法：利用人機介面功能排程，以橫軸設定為星期，讓對應的虛擬接點啟動，縱軸將每節課程時間對應處，設虛擬接點後；以縱軸與橫軸的方式規劃，使其課表能依照日期及設定節數來做關閉門窗、電器提醒。

問題五：PLC 輸出端，若直接驅動較高負載，因電流過大會燒毀。

解決方法：將 PLC 輸出端與負載端利用繼電器(Relay)做有效隔離，可防止負載電流過大，導致於輸出接點燒毀問題。



圖 5-1 本小組所焊製的隔離裝置

柒、 結論

本文結合了 PLC、人機介面及電子電路，設計並製作出一套智慧型教室監控系統，進而管控電器負載並透過監控方式，改善學生過度使用電器設備情形，避免不必要之耗電，達到節約能源的功效，同時具備地震感測，並即時做出適當的防災因應措施，來保護師生及校園財產安全。

經由本文設計之智慧型教室監控系統，實踐出六大功能，地震防災應變、規劃課表排程、負載使用之歷程記錄、自動換氣裝置、燈光節約裝置、使用者權限管理。藉由上述功能，在地震震發生時，可提高師生的生命安全；經由歷程紀錄查詢使用電量，進而約束教室電器使用時間；人機介面則提供師生不同的使用權限及輸入不同課表的排程規劃；並藉由自動換氣裝置及燈光節約裝置，給予學生環保又舒適的學習環境，大大提升學習效率。

未來期許本系統加入多機連線遠端監控功能，但目前受限於 PLC 機型暫無支援網路功能。只能待硬體配備更新後，方可讓管理者透過區域網路遠端監控每間教室電源使用之情形，來加強管理上的便利性。

捌、 參考資料及其他

- 一、可程式控制實習(適用 FX2N/FX3U)-謝進發編著。台北市 台科大圖書
- 二、工業配線(術科指導)-黃煌嘉編著。台北 全華圖書
- 三、菱可程式控制器 FX3U 使用手冊-廖成旺發行。台北市 双象貿易
- 四、可程式控制實習(設計實務)-彭錦銅編著。台北市 台科大圖書
- 五、電子學實習-楊明豐、王儒彬編著。台北市 旗立資訊
- 六、基本電學實習-郭塗註、黃錦華編著。台北市 華興文化
- 七、電子學-宋由禮、陳柏宏、旗立理工研究室編著。台北市 旗立資訊
- 八、維基百科(自由百科全書)
- 九、光源的介紹(東亞照明)
- 十、國立自然科學博物館(全球氣候變遷介紹)
- 十一、中華百科(三菱 PLC 介紹)

【評語】 091005

1. 善用學校器材做實際技術實現。
2. 對教室電力使用具節能功能。
3. 作品也考量教室安全逃生。
4. 人機介面設計成熟。
5. 能有更多實驗數據會更好。