

全國高職學生 104 年度專題暨創意製作競賽

「專題組」作品說明書

群別：電機與電子群

參賽作品名稱：田園城市的萬用植物栽培系統

關鍵詞：田園城市、植物栽培系統、西門子 CPU 及人機介面



目錄

壹、摘要	1
貳、研究動機.....	1
參、研究方法（過程）	1
（一）蔬菜栽培與環境條件說明	2
（1）溫度條件.....	2
（2）光照條件.....	3
（3）水份條件.....	3
（4）土壤營養條件.....	3
（二）頂樓種植方式.....	3
（1）封閉式（溫室）	3
（2）開放式（遮雨棚）	3
（3）露天栽種.....	3
（三）控制系統模組說明	4
（1）空氣溫度灑水系統	4
（2）土壤濕度灑水系統	5
（3）空氣防燥灑水系統	5
（4）照明增光系統.....	6
（四）人機介面模組與研究流程	7
（1）人機介面顯示模組	7
（2）研究流程.....	9
（五）軟體—田園城市的萬用植物栽培系統相關程式.....	12
肆、研究結果.....	17
伍、討論	18
（一）討論	18
（二）未來發展	18
陸、結論	19
柒、參考資料及其他	19

壹、摘要

本研究主題「田園城市的萬用植物栽培系統」是一種以綠屋頂為概念所設計的專題，「綠屋頂」意指在屋頂上進行綠化達到建築隔熱降溫、減緩暴雨逕流、淨化空氣汙染等改善都市生態環境之目的。隨著科技日新月異，許多工業汙染也陸陸續續地出現，然而也帶動了空氣汙染的問題，大量排放二氧化碳使得空氣品質更惡化，而卻需要大自然去過濾這些 CO₂，許多國家也意識到了綠屋頂的重要性，紛紛地投入這項工程的研發。

台灣各大都會城市都是蓋滿了高樓大廈，而這些高樓的屋頂卻未開發利用。既然有了這塊空地，就可以來搭配綠屋頂的概念，把每棟大樓的屋頂加裝植物栽培系統，便可以自動化栽培許多作物，也能讓屋頂變成一個具有教育學習、園藝生產的重要地方。

貳、研究動機

在寸土寸金的都市中，大樓不斷地增蓋，綠地則快速減少，使得人們無法享受枝葉茂密的森林。要如何才能使建築與綠地不互相衝突呢？我們覺得在建築物屋頂上覆蓋一層植物，等同是還給地球相同的綠地面積，所謂田園城市不是傳統的綠化，而是打造可以吃的風景；Edible Landscape，這是近十年來，英國興起的運動，發源起 19 世紀末的 garden city，是現代城市最古典的夢想。

現今水泥高樓不斷的擴張，綠地田園迅速消失，我們看得到的植物蔬菜，都是躺在市場和店裡，天天吃進肚子裡的東西卻不認識，城市人已經從自然脫離，所以要建立起在地種植的公眾意識，將鄰里閒置土地、建築物立面、公共空間及騎樓、大廈屋頂，部分轉化成社區菜園，未來屋頂不再是一個你不想走上去的空間。

如果能將植物種在屋頂上，做為都市人呼吸大自然的祕密花園如（圖 1-1、圖 1-2、圖 1-3、圖 1-4），或規劃為人們可參與的農園，不僅能讓建築物與綠地共存，還能就近提供人們環境教育的機會。



▲圖 1-1 道路的秘密花園



▲圖 1-2 公寓的秘密花園



▲圖 1-3 學校的秘密花園



▲圖 1-4 都市人的秘密花園

參、研究方法（過程）

（一）蔬菜栽培與環境條件說明：

（1）溫度條件

各種蔬菜的正常生育都有一定的溫度範圍，對溫度條件的要求各有一定界限。

在一定範圍溫度內，蔬菜的同化作用旺盛，所製造的養分超過正常呼吸作用的消耗，蔬菜生長良好，產量也高，這一範圍稱為「適宜溫度」。在適宜溫度範圍之外的最高和最低溫度的界限內，蔬菜雖能生存，但是同化作用減弱或呼吸作用過強，使蔬菜生長不良或停滯，因而影響產量，這一限度內的溫度為「適應溫度」，如表 1 各種蔬菜所適應的溫度範圍。

當溫度超過適應溫度以外時，蔬菜將不能進行正常的生長活動，或將受到傷害而死亡。

▼表 1 各種蔬菜所適應的溫度範圍

類型	蔬菜種類	所適應的溫度範圍			適合種植的月均溫度		
		適宜溫度	最高溫度	最低溫度	適宜溫度	最高溫度	最低溫度
耐寒而適應性廣的蔬菜	蔥蒜類及多年生菜類	18—25℃	20—30℃	0— -10℃	12—24℃	29℃	7℃
耐寒蔬菜	菠菜、香菜、結球甘藍	15—20℃	20—30℃	-1— -10℃	15—18℃	24℃	5℃
半耐寒蔬菜	白菜類（不包含甘藍）、根菜類、馬鈴薯、萵苣、蠶豆、碗豆	15—20℃	20—30℃	-1— -2℃	15—18℃	21—24℃	7℃
喜溫蔬菜	黃瓜、西葫蘆、菜豆、茄果類	20—30℃	30—40℃	0—5℃	18—26℃	27—32℃	16—18℃
耐熱蔬菜	瓜類、水生蔬菜、豇豆、扁豆、刀豆、萵菜、山藥、芋	25—35℃	40℃	5℃	21℃以上	35℃	18℃

(2) 光照條件

光是綠色植物生長的必需條件之一。蔬菜植物對光照、光線的強弱、光質的變化是很敏感的，光線直接影響蔬菜的產量，品質和成熟的快慢。

(3) 水份條件

水份是細胞原生質的組成成份，又是光合作用的主要原料之一，也是營養物質轉運的載體。總之，水份是蔬菜生長發育的重要條件。

(4) 土壤營養條件

由於蔬菜復種機率高，植株生長迅速、質地鮮嫩、產量高等特點，所以對土壤營養條件要求較高。

(二) 頂樓種植方式：

「田園城市的萬用植物栽培系統」皆可適用於封閉式溫室、開放式遮雨棚與露天栽種等方式。

(1) 封閉式（溫室）：

優點：可防空氣汙染，增加植物品質，阻隔雨水、露水，達到阻隔酸雨的侵襲或壞菌的侵入，使植物活得更好更有活力。

缺點：溫室內容易產生高溫，使植物枯萎。

改善方式：改善高溫，使其溫度下降，須加裝溫度控制灑水系統。

可使用之系統：霧狀噴水降溫系統、土壤柱狀澆水系統、空氣防燥系統、照明增光系統。

(2) 開放式（遮雨棚）：

優點：設備簡單、方便、成本較低、通風。

缺點：病蟲害、壞菌較多。

可使用之系統：土壤柱狀澆水系統、空氣防燥系統、照明增光系統。

(3) 露天栽種：

優點：節省成本、省人力、通風。

缺點：病蟲害、壞菌較多、雨天浸濕。

可使用之系統：土壤柱狀澆水系統、照明增光系統。

(三) 控制系統模組說明：

系統控制為空氣溫度灑水系統、土壤濕度灑水系統、空氣防燥灑水系統、照明增光系統。各項模組功能說明如下：

(1) 空氣溫度灑水系統：

在設定之溫度(攝氏)範圍內，執行溫度監控。當陽光強烈溫度上升到達上限時自動灑水降溫，溫度下降至標準下自動停止灑水，使作物保持舒適環境、利於成長。本專題設計係以西門子 CPU 配合內部數位類比轉換模 (AI/AQ) 方式，由感測元件接收環境內溫度，如表 2 所示為實際溫度與模擬溫度阻值的對應表，藉以控制灑水系統。可以有效降低環境周圍溫度，以至確保植物因為太炎熱而枯萎，如圖 2-1 實際霧狀灑水系統 (包括封閉式溫室霧狀灑水系統、開放式遮雨棚霧狀灑水系統、露天栽種霧狀灑水系統)、圖 2-2 模擬霧狀灑水系統、圖 2-3 模擬空氣溫度系統。

▼表 2 實際溫度與模擬溫度的阻值對應表

實際溫度	換算電阻值	實際溫度	換算電阻值
0°C	0kΩ	26°C	52 kΩ
2°C	3.8 kΩ	28°C	54.9 kΩ
4°C	7.8 kΩ	30°C	58.7 kΩ
6°C	11.5 kΩ	32°C	64.2 kΩ
8°C	16 kΩ	34°C	66.8 kΩ
10°C	18.7 kΩ	36°C	70.3 kΩ
12°C	23.9 kΩ	38°C	75 kΩ
14°C	27.9 kΩ	40°C	78.4 kΩ
16°C	32 kΩ	42°C	82.8 kΩ
18°C	35.8 kΩ	44°C	85.2 kΩ
20°C	39.9 kΩ	46°C	90 kΩ
22°C	44 kΩ	48°C	94.8 kΩ
24°C	47 kΩ	50°C	100 kΩ



封閉式溫室霧狀灑水系統



▲圖 2-2 模擬霧狀灑水系統



開放式遮雨棚霧狀灑水系統



露天栽種霧狀灑水系統

▲圖 2-1 實際霧狀灑水系統



▲圖 2-3 模擬空氣溫度系統，以 100KΩ 代替

(2) 土壤濕度灑水系統：

在設定之土壤濕度範圍內，執行土壤濕度監控。當植物吸收水分進行光合作用而成長，當土壤濕度感測器（圖 3-1）感測到土壤之濕度下降到達下限值後，自動噴水增加土壤濕度，以使土壤能夠保持水份，能無時無刻地給予作物充沛的水份，本專題設計係以西門子 CPU 配合內部數位類比轉換模組（AI/AQ）方式，接收土壤間的水份濕度數值，如表 3 所示，藉以控制噴水系統，可有效的保持土壤濕度，使需要大量水分的植物不怕土壤乾燥，也不用去擔心澆太多水，使植物因為泡水，土壤過度潮濕致死，如圖 3-2 實際土壤柱狀噴水系統（包括封閉式溫室、開放式遮雨棚土壤柱狀噴水系統、露天栽種土壤柱狀噴水系統），圖 3-3 模擬土壤柱狀噴水系統。

▼表 3 實際土壤濕度與土壤電阻比較

實際土壤濕度	土壤電阻值	實際土壤濕度	土壤電阻值
10%RH	240 kΩ	60%RH	46 kΩ
20%RH	120 kΩ	70%RH	30.5 kΩ
30%RH	107 kΩ	80%RH	13 kΩ
40%RH	94 kΩ	90%RH	10 kΩ
50%RH	80 kΩ	100%RH	6 kΩ



封閉式溫室、開放式遮雨棚
土壤柱狀噴水系統



▲圖 3-1 土壤濕度測試系統



露天栽種土壤柱狀噴水系統



▲圖 3-3 模擬土壤柱狀噴水系統

▲圖 3-2 實際土壤柱狀噴水系統

(3) 空氣防燥灑水系統：

為什麼要防燥呢？植物會因為空氣太乾燥，而讓葉子捲起來，呈現缺水狀態。因此，本專題所稱空氣防燥灑水系統，是當系統偵測空氣濕度過低時，為

保持空氣之水氣濕度，必須立即啟動防護機制。因溫度過高時，導致蒸發作用，會使空氣中水份逐漸降低。如果要讓空氣保持植物生長所需要的濕度，必須藉由噴灑霧狀水氣方式維持。經試驗實際空氣濕度與電阻值的比較表(如表 4)。而圖 4-1 為實際空氣防燥系統(包括封閉式溫室防燥系統、開放式遮雨棚防燥系統、露天栽種防燥系統)，圖 4-2 模擬霧狀噴水系統及圖 4-3 模擬空氣濕度系統。



封閉式溫室防燥系統



▲圖 4-2 模擬霧狀噴水系統



開放式遮雨棚防燥系統



露天栽種防燥系統



▲圖 4-1 實際空氣防燥系統 ▲圖 4-3 模擬空氣濕度系統，以 85KΩ 代替。

▼表 4 實際空氣濕度與電阻值的比較表

實際空氣濕度	換算電阻值	實際空氣濕度	換算電阻值
0%RH	85.15 kΩ	55%RH	80.40 kΩ
5%RH	84.55 kΩ	60%RH	79.10 kΩ
10%RH	84.00 kΩ	65%RH	77.50 kΩ
15%RH	83.68 kΩ	70%RH	75.20 kΩ
20%RH	83.30 kΩ	75%RH	68.30 kΩ
25%RH	83.03 kΩ	80%RH	65.60 kΩ
30%RH	82.72 kΩ	85%RH	60.00 kΩ
35%RH	82.40 kΩ	90%RH	44.00 kΩ
40%RH	82.15 kΩ	95%RH	24.00 kΩ
45%RH	82.10 kΩ	100%RH	5.000 kΩ
50%RH	81.90 kΩ		

(4) 照明增光系統：

封閉式溫室、開放式遮雨棚、露天栽種最主要使用光照補強來調節植物生長過程、開花結果期；如蘭花、棗子、火龍果等栽培。

此模組為自動偵測光線強弱，而補足作物所需光線亮度。當天氣昏暗後，陽光強度逐漸下降至某標準值以下時，燈泡自動點亮。為了使光線恰到好處，各作物有其標準之對應光照強度。我們採取照度傳送器（圖 5）、相位控制器（圖 6）的結合以達到最佳效果，配合了西門子 CPU 內部數位類比轉換器（AI/AQ）方式，接收外在環境照度，以電流大小間接控制燈泡的明暗，藉以補足光源的不足。根據太陽光強弱程度比對溫室照度強弱，燈泡以 5 段式的控制（如表 5），補足照度的不足，並利用左右交替亮燈方式來節省電費。如圖 7-1 實際照明增光系統，圖 7-2 為交替補強照度燈泡。



▲圖 5 照度傳送器



▲圖 6 相位控制器



▲圖 7-2 交替補強照度燈泡



▲圖 7-1 實際照明增光系統



▼表 5 以人機設定值為 800LUX 為例，室外陽光照度與室內照度比較表

室外陽光照度	室內照度
800~640 lux	20%
640~480 lux	40%
480~320 lux	60%
320~160 lux	80%
160 ~ 0 lux	100%

（四）人機介面模組與流程圖：

（1）人機介面顯示模組：

在這部份使用的是 6 吋人機系統，配合西門子可程式控制器（如圖 8）所示做為系統核心。利用人機畫面搭配各模組連接，組成監控、操作系統，監控系統所需參數資訊主要的功能如下：

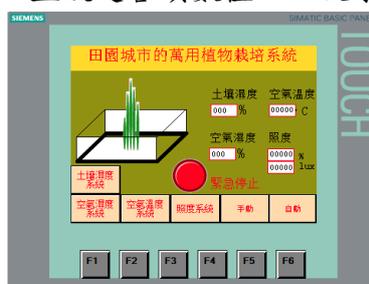
1. 監控溫度、溼度、照度數值。

2. 設定溫度上、下限標準值。
3. 設定溼度上、下限標準值。
4. 監控溫度、濕度、照度變化，將所得參數資訊加以自動控制處理。



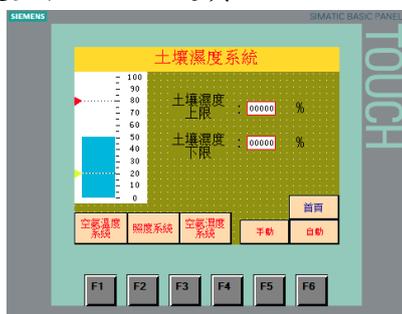
▲圖8 西門子可程式控制器

人機之操作面板設計係以簡單且易懂的按鈕操作、指示及圖表來顯示監控數值以及設定溫度、溼度、照度範圍。專題中設計了5套切換畫面，讓使用者能快速上手，透過人機介面設計，讓複雜操作的系統得以簡便化，圖9為人機介面主頁，用以監控所有數值，並設定各項數值，以及手自動操控之頁面。

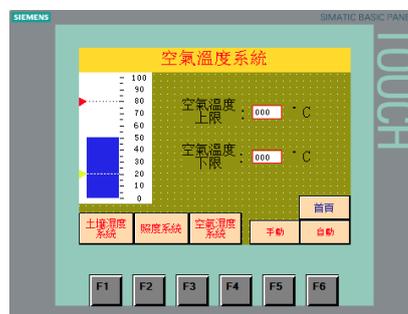


▲圖9 人機介面監控各項數值畫面

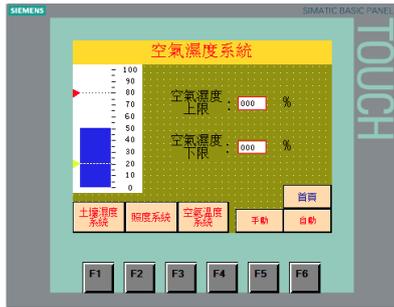
本模組主要設計以人性化介面導向為主，藉以控制溫度、濕度、照度改變及監控，進而能藉由各模組獲得各項最新數據資料，使用者亦可依各不同季節、氣候來調整溫度及濕度設定數值，如圖10為土壤濕度監控以及設定頁面，圖11為空氣溫度監控以及設定頁面，圖12為空氣濕度監控以及設定頁面，圖13為照度監控以及設定頁面。



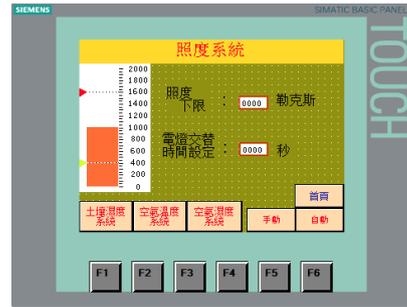
▲圖10 土壤濕度監控、設定畫面



▲圖11 空氣溫度監控、設定畫面

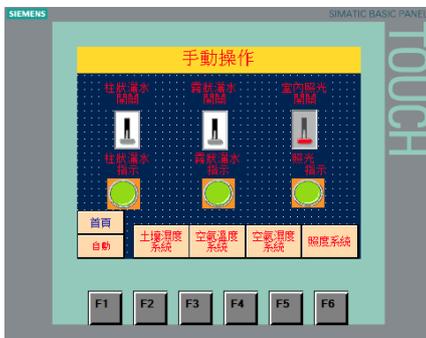


▲圖12 空氣濕度監控、設定畫面



▲圖13 照度監控、設定畫面

手、自動之頁面可依個人所想要之動作來進行各項操作，本專題係以簡單的按鈕搭配指示來進行動作，讓使用者清楚地知道當下的動作情形，圖14 為以手動操作灑水、照光之控制頁面，圖15為以自動監控灑水、照光之控制頁面。



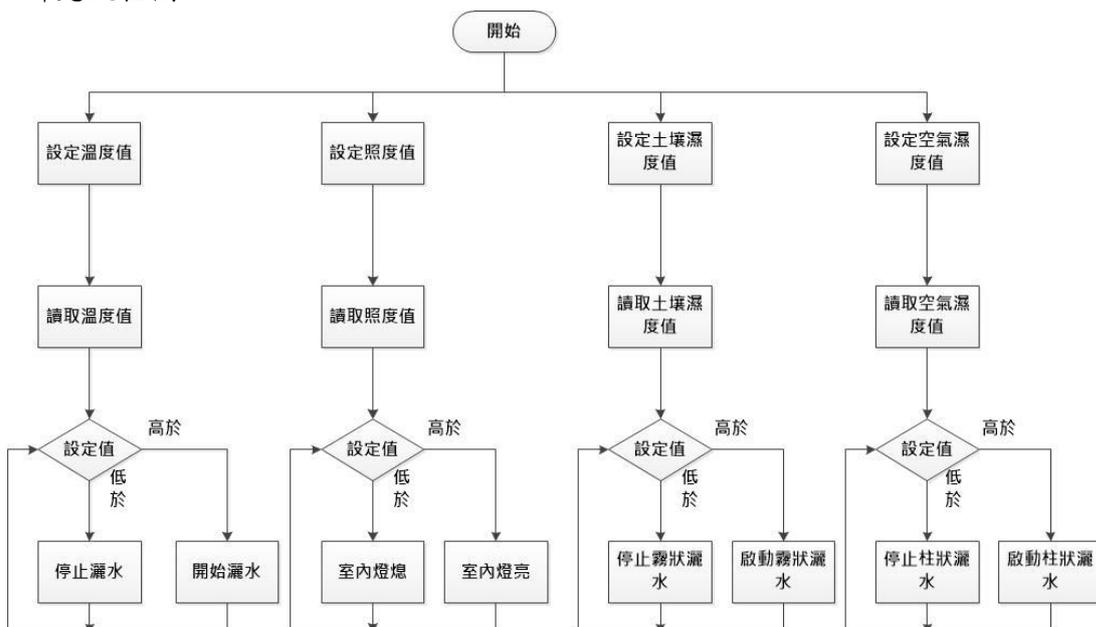
▲圖14 手動操作介面



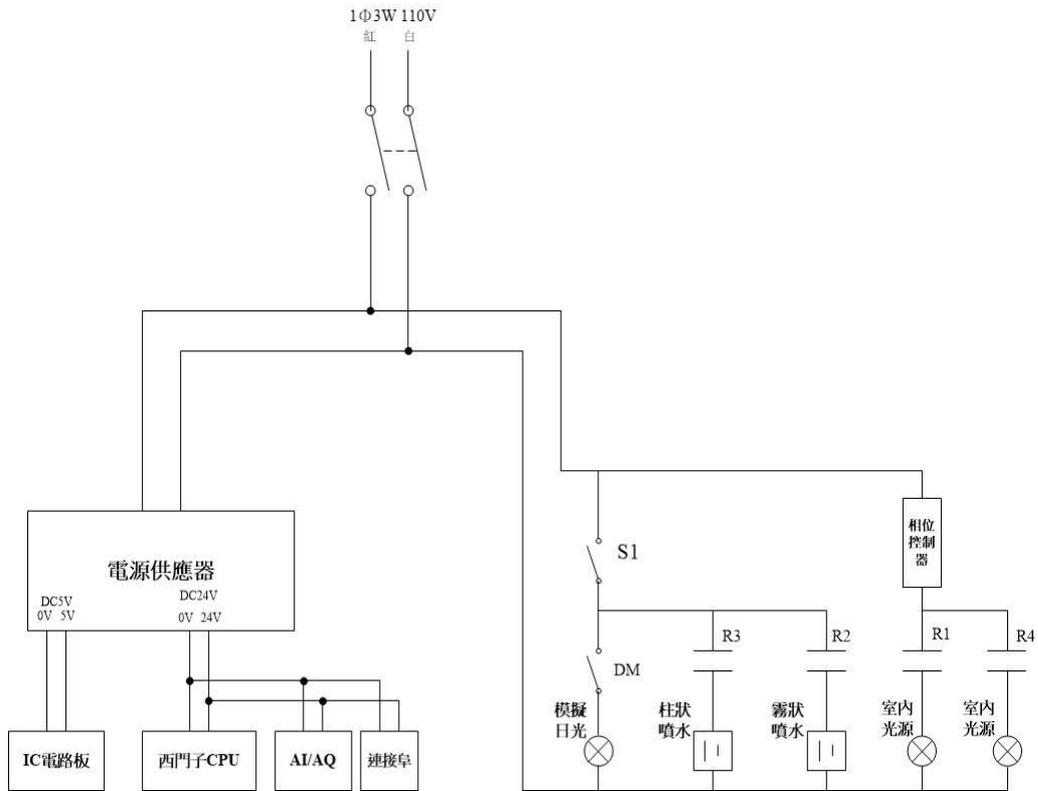
▲圖15 自動操作介面

(2) 研究流程：

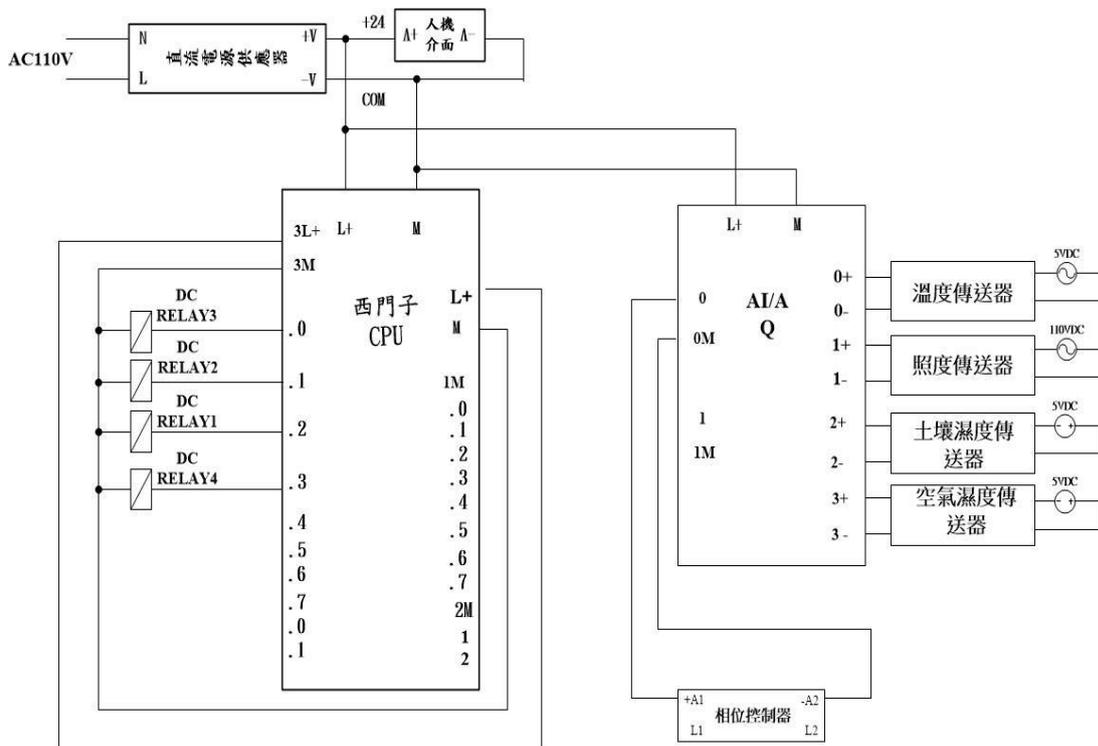
研究流程圖：



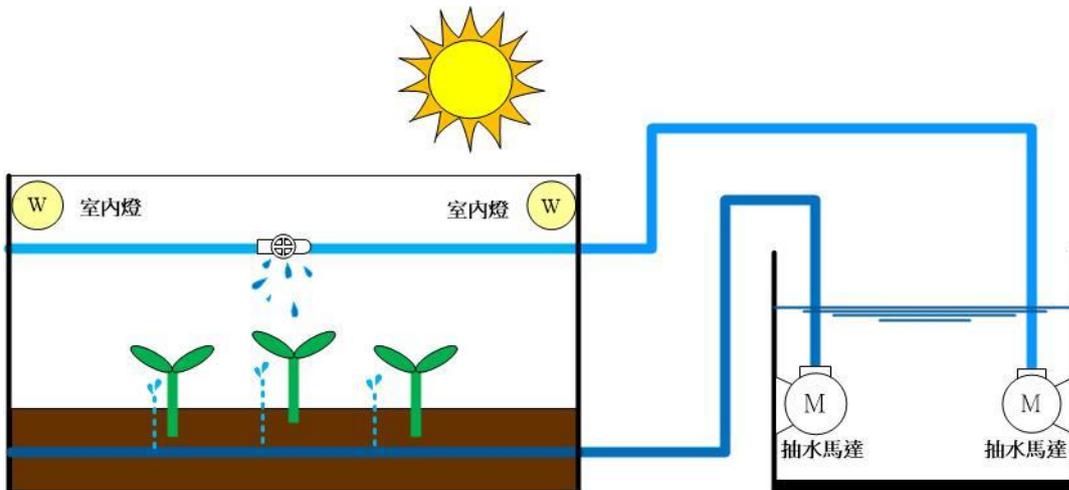
線路配線圖：



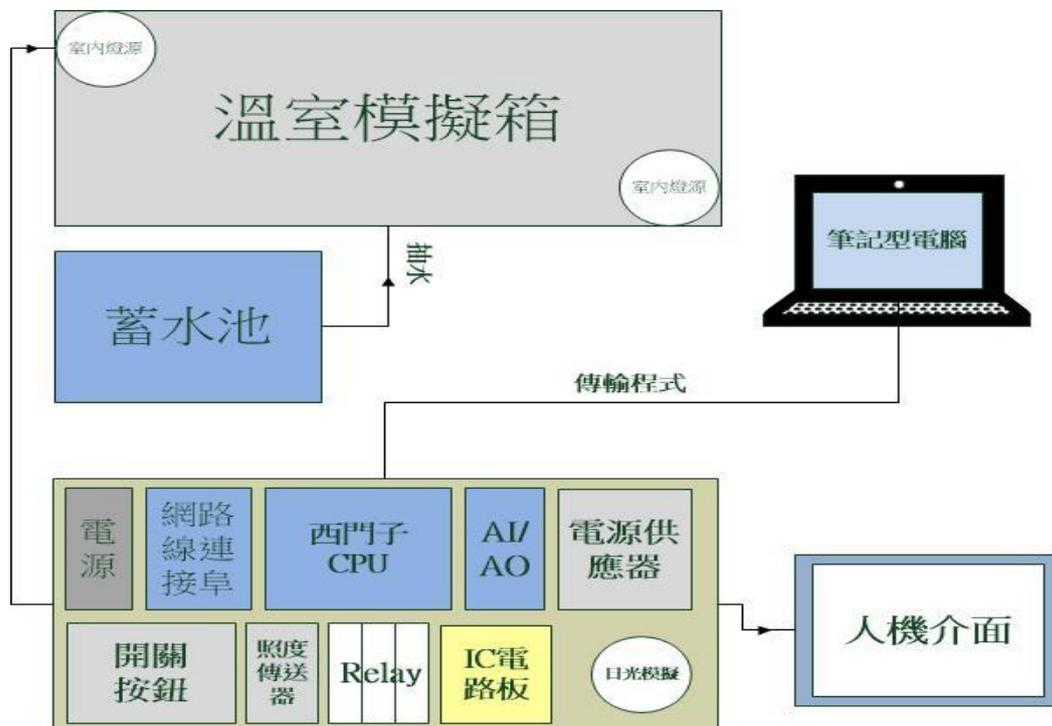
系統電路圖：



系統模擬圖：



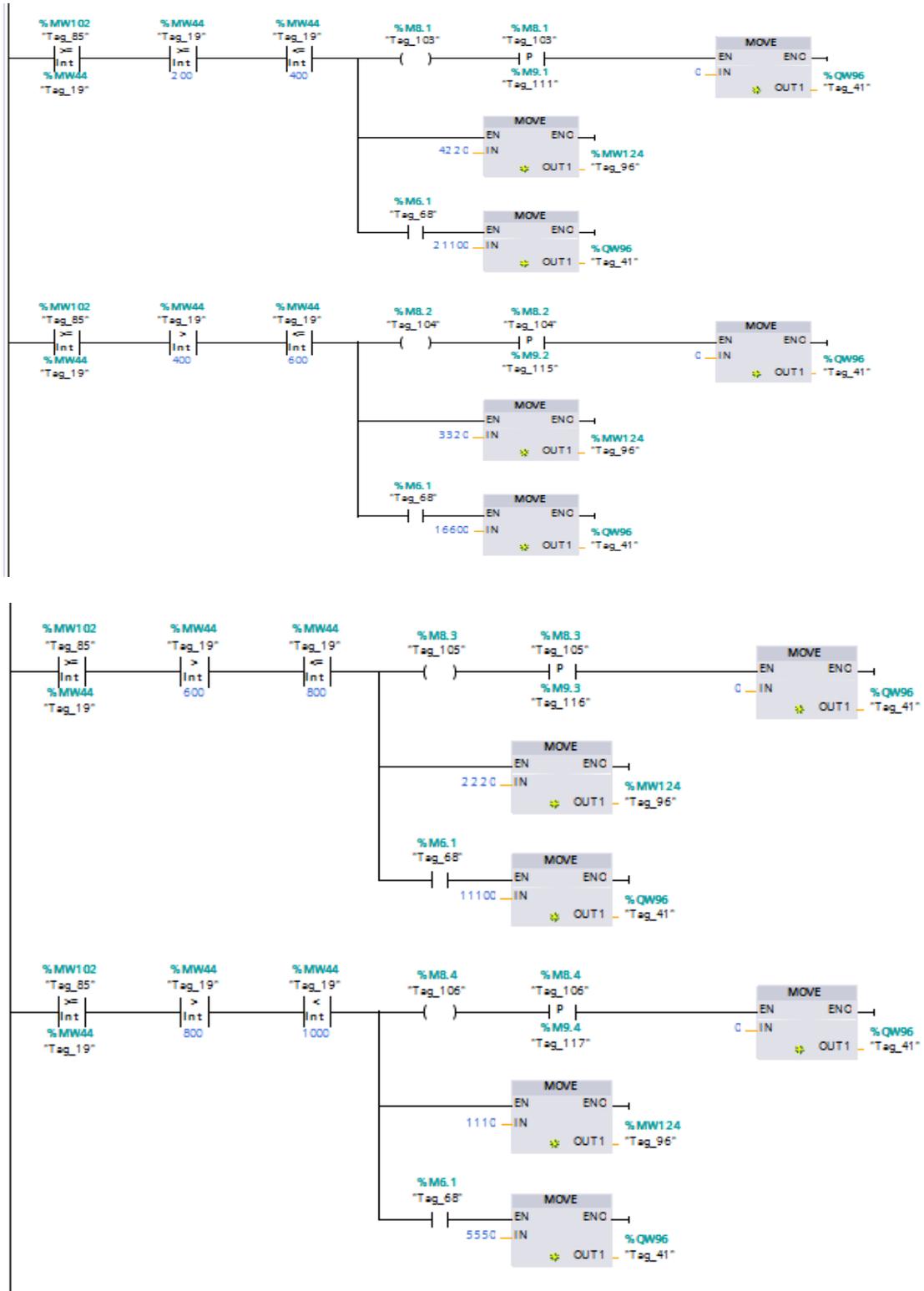
主架構方塊圖：

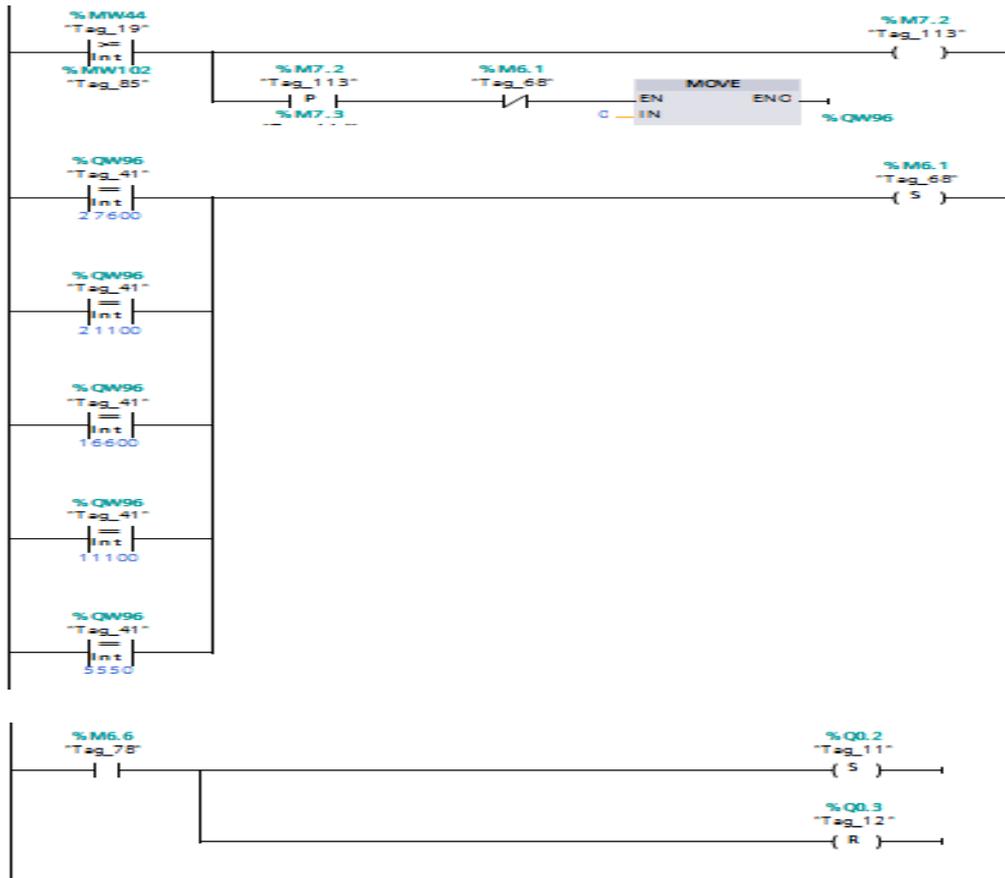


(五) 軟體—田園城市的萬用植物栽培系統相關程式：

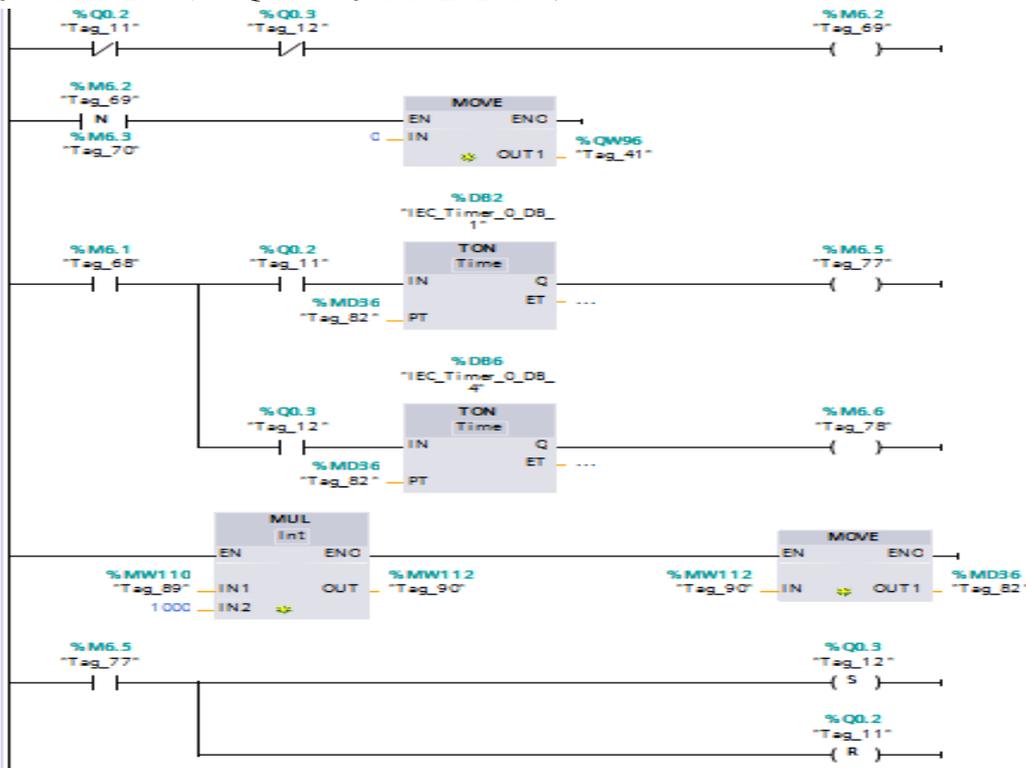
程式動作說明：

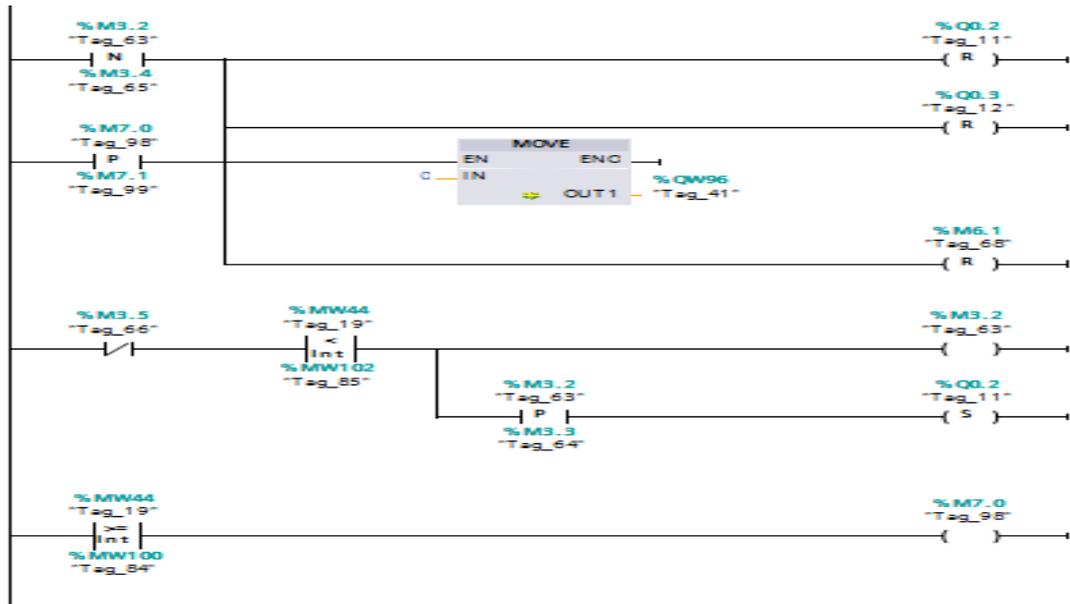
第一段程式解析：偵測光照強度的範圍來控制照光的亮度程式，MW102、MW44為比較光照強度大小來輸出所對應之需要的亮度補強動作。



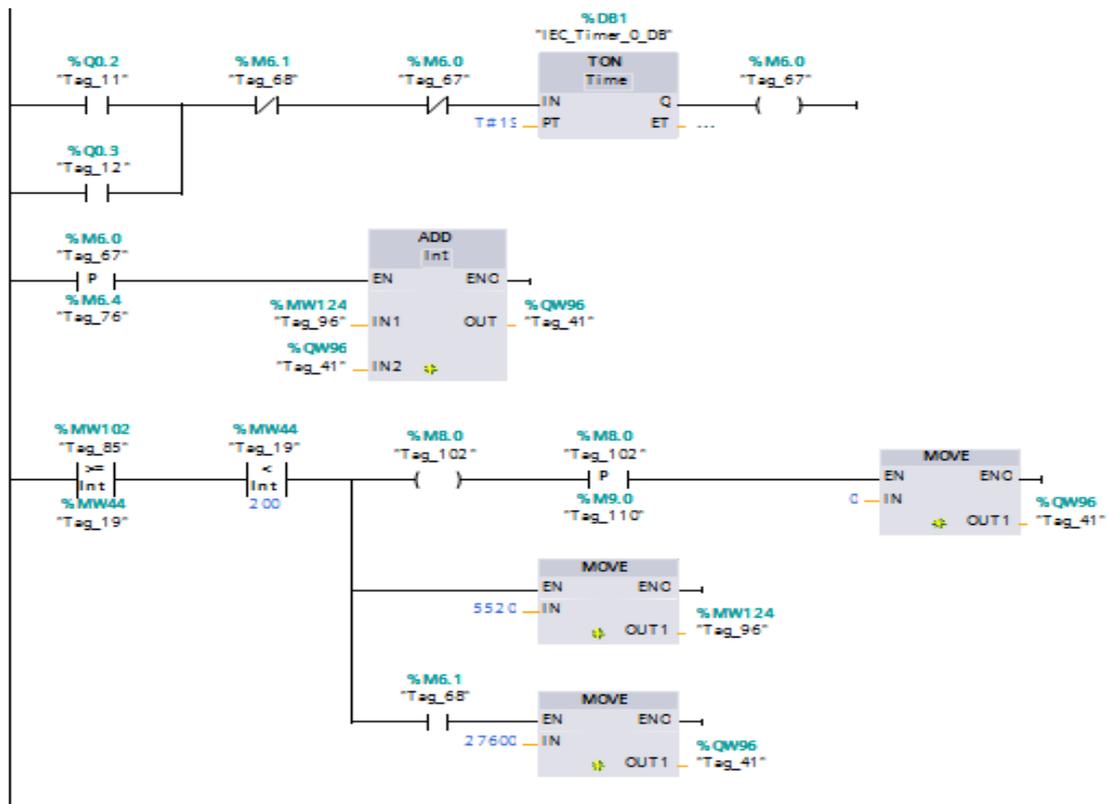


第二段程式解析：電燈交替照光控制程式，當Q0.2動作時使左邊補強燈泡啓動，同時內部TIMER DB2開始計時，交替時間可從人機上調整，時間計時到Q0.3右邊補強燈泡動作，Q0.2左邊補強燈泡熄滅。

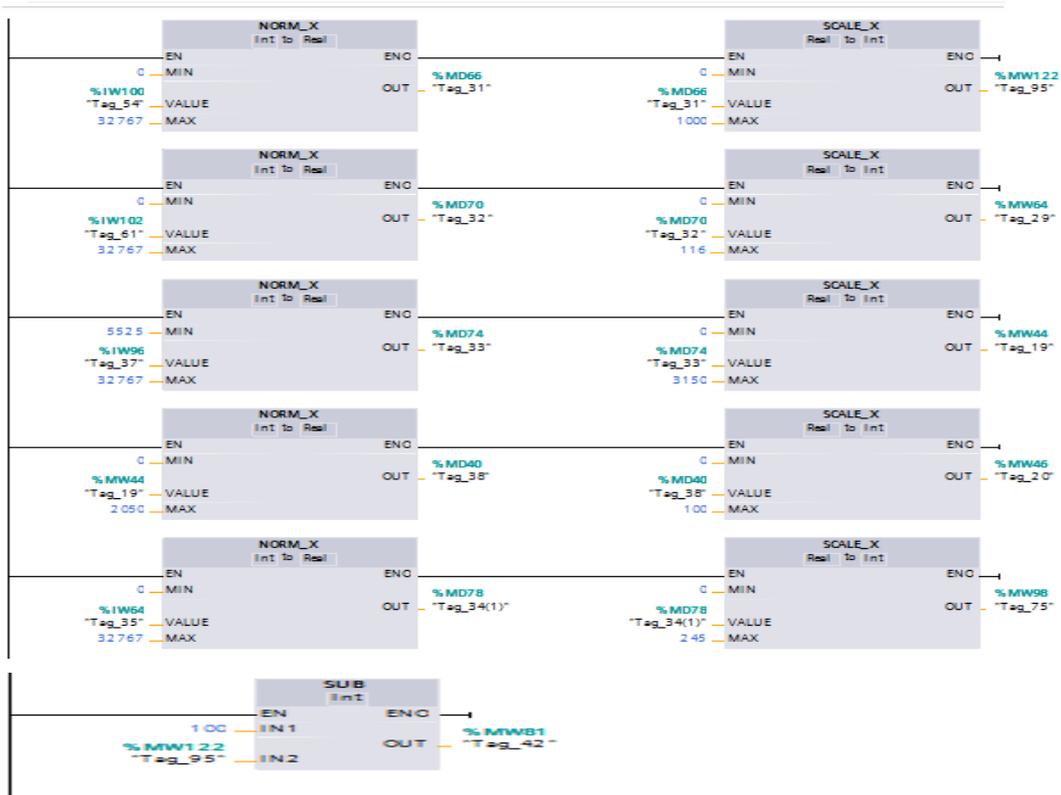




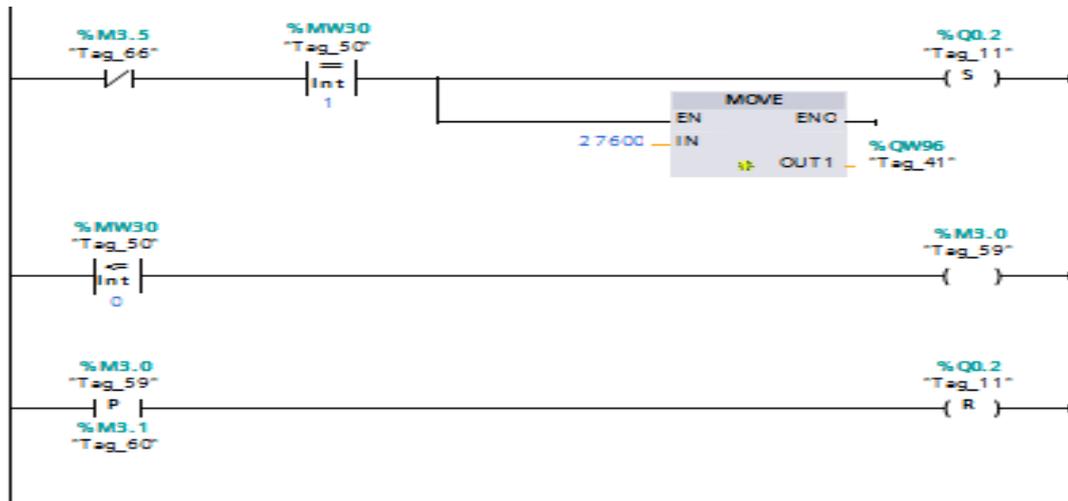
第三段程式解析：燈泡漸亮部份控制，是以五段式的照度比較值增亮，當ADD方格進行五次加值後使燈泡亮度到達100%。

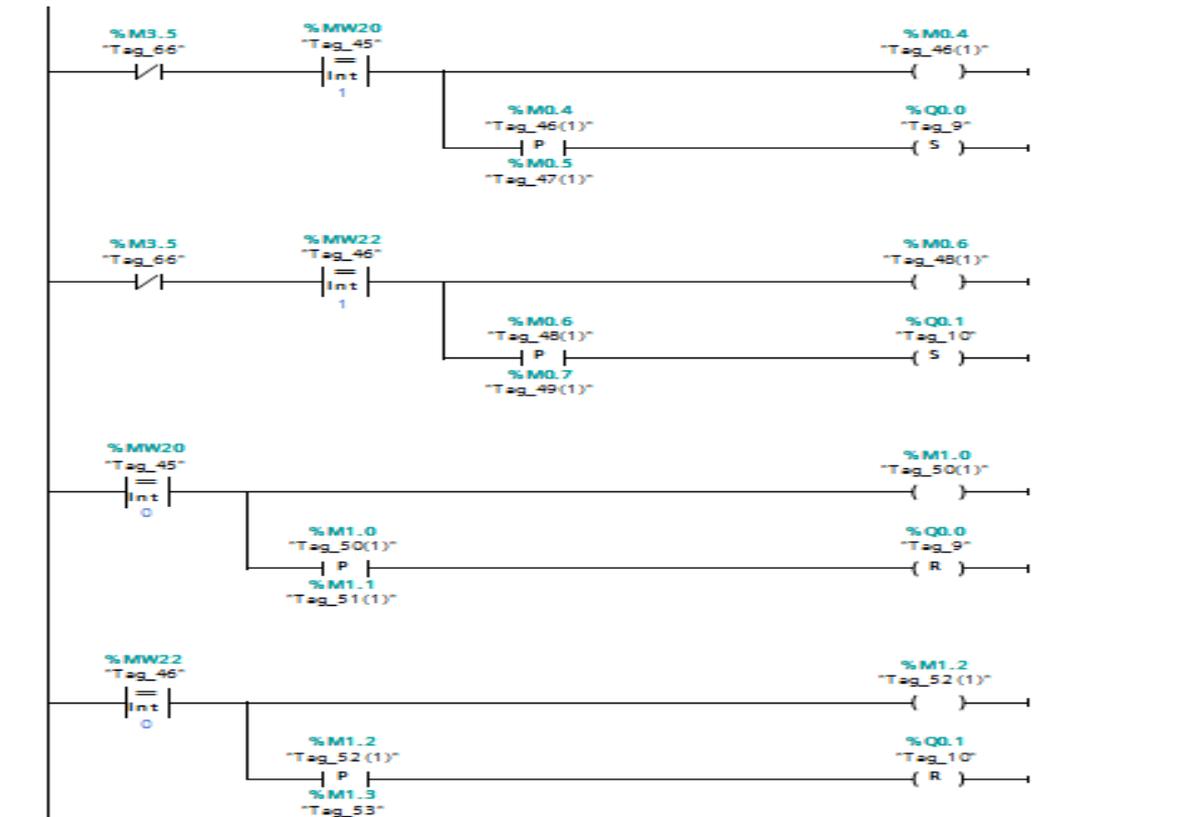


第四段程式解析：土壤濕度、空氣溫度、濕度、照度之類比—數位值轉換程式，SUB方格為濕度值反向轉換部分。

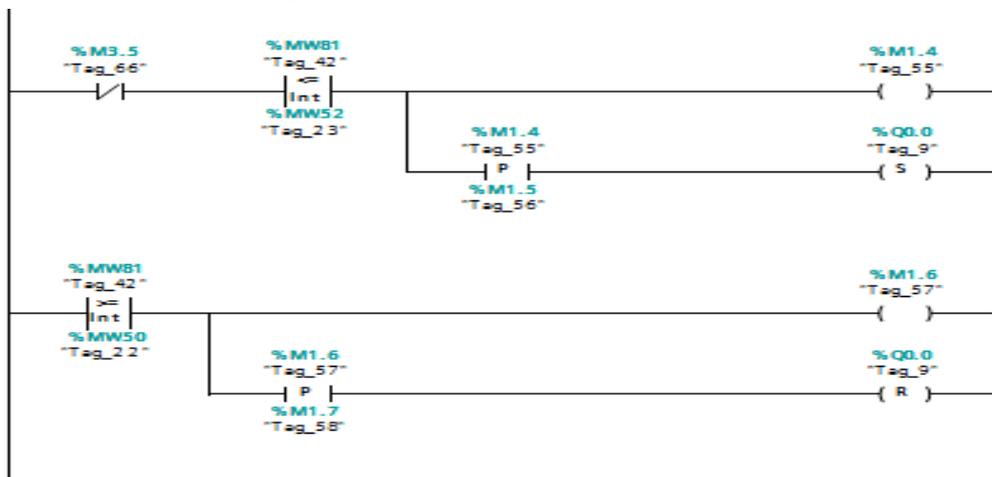


第五段程式解析：人機搭配西門子的手動照光、灑水動作部份。將人機頁面的開關按鈕連結西門子的暫存器MW20。當柱狀灑水按鈕按下，則暫存器的設定值為1使接點導通，開始柱狀灑水(Q0.0動作)，霧狀灑水及照光皆以此方式進行控制。

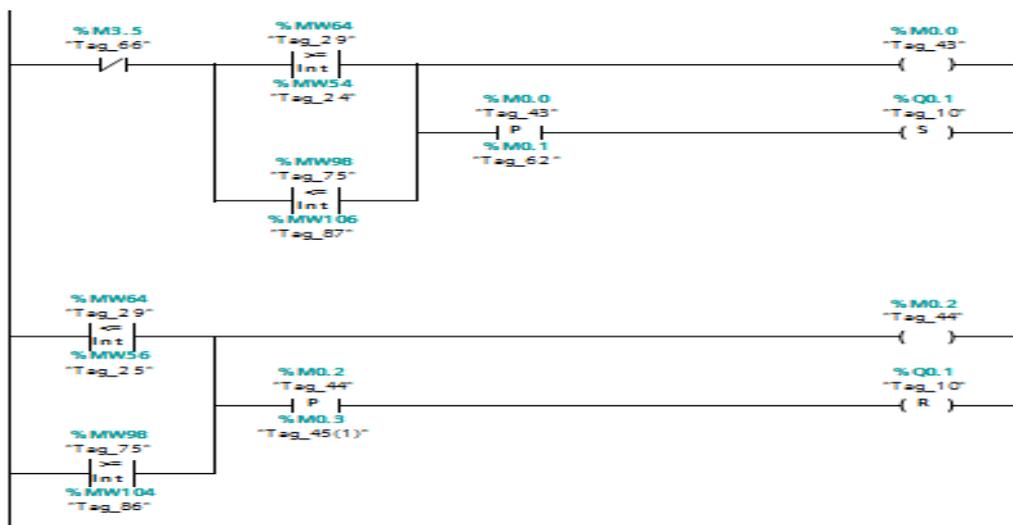




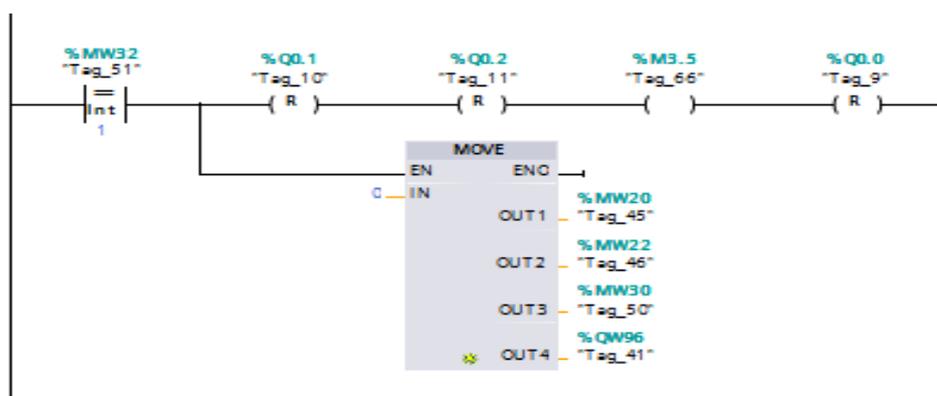
第六段程式解析：自動灑水控制部份，MW81為土壤濕度的百分比感測元件的暫存器，MW52為設定濕度下限之暫存器並連結人機介面。當土壤濕度小於等於設定值時柱狀灑水(Q0.0)開始動作。



第七段程式解析：自動控制灑水部份，MW64為接收空氣溫度的阻值之暫存器，MW54為設定溫度上限之暫存器，並連結人機介面，當溫度大於等於設定值時霧狀灑(Q0.1)開始動作。



第八段程式解析：緊急停止部分，當人機首頁緊急停止按鈕按下時，連接於西門子之暫存器MW32值改變為1，則所有灑水及照明系統，全部停止動作。

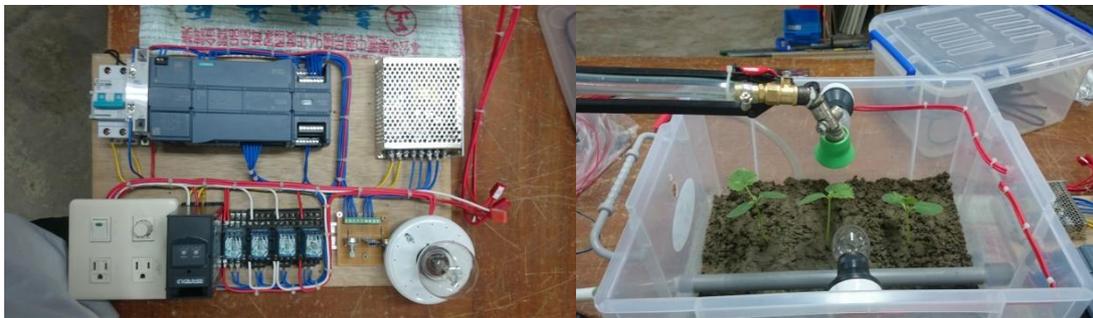


肆、研究結果：

高科技的時代，自動化已成為趨勢，各行各業都向自動化發展，農業也不例外。所以我們研究田園城市適用的植物栽培系統，並加入自動化控制概念，配合溫度、濕度及照度來模擬植物生長條件。儘管植物所需要的生長條件不盡相同，如果能設計一套栽培系統，依照各種植物所需的環境來調整不同的變因，就能適用所有植物的栽種，達到讓一套系統能適用於各種植物栽培的要求(圖16)。因此我們專題可以由螢幕上設計調整濕度、溫度及照度的上下限來適用於所有作物。例如：

- (一) 土壤濕度低於下限值時，表示土壤太乾燥，就啟動抽水馬達及柱狀灑水系統。高於上限表示土壤太潮濕，則關掉抽水馬達，停止灑水系統。

- (二) 空氣濕度低於下限值時，表示空氣水份低，就啟動抽水馬達及霧狀噴水系統，提高空氣與水氣的結合，使空氣濕度增加，也讓植物葉上保持水份，避免作物因缺乏水分而枯萎。若空氣濕度高於上限則停止此系統。
- (三) 空氣溫度高於上限，就啟動抽水馬達及霧狀灑水系統，若噴灑在遮雨棚上可降低遮雨棚溫度，若是噴灑在溫室內，可讓水份蒸發，使室內溫度降低，讓棚內溫度下降，避免作物因悶熱，而乾燥致死。
- (四) 在溫室中，植物需要一定的陽光來行光合作用，但陰天與夜晚陽光難以照射進來，植物成長也會有所阻礙。所以我們利用照度感測系統來感應光線強弱，再利用相位控制器依照太陽光的強弱來做相對應的室內光線補強，讓植物有充足的光照來進行光合作用，也利用左右交替亮燈方式，節省電費成本，又能達到同樣採光效果。



▲圖 16 田園城市的萬用植物栽培系統

伍、討論：

(一) 討論：

(1) 柱狀灑水系統探討：

第一次做柱狀灑水系統測試時，使用塑膠軟管灑水，但水壓太小難以出水，需要大量時間灑水。後來使用 PVC 管灑水，發現水壓增大，只需少許時間就能讓土壤濕度到達上限，主要原因是 PVC 管與塑膠軟管相比少了管子的伸縮性，而噴水口不能太大，否則水噴出來時沖到植物，會使植物死掉。

(2) 照明增光系統探討：

亮度測試時因為照度計所感測的照度與距離成反比，使用照度系統時，需調整植物在多少照度以下進行補光控制。由於在製作時無法取得氣體的相關感測元件，要是能將氣體加入控制項目將是新一代萬用植物栽培系統。

(二) 未來發展：

- 1.系統內可加上手機 APP 遠端遙控及監視系統，除可遠端監控外，即使沒時間，也可以知道植物的生長狀況，並加以設定對應的環境。
- 2.種植植物需要陽光、水、空氣，未來可將系統結合不同氣體的控制，以利於植物的生長，如：研究指出二氧化碳含量 0.8% 以上可增加作物產量。
- 3.田園城市不只可以用在種植植物，也可以在現代社會治療作為主題，打造一個放鬆壓力，並兼具療癒的空間。
- 4.由於部份相關設備昂貴，製作經費有限，本研究只有以替代品模擬。將來若取得相關儀器，將可更精確完成本專題。

陸、結論：

現代環境因為不斷的濫伐和污染，造成許多山坡地因缺乏植物的保護而造成土石流。正因如此，缺乏「城市之肺—公園植物」中的植物來過濾二氧化碳，使得空氣越來越糟。

如何在忙碌的都市裡，可以輕鬆在屋頂即有田園城市的風光，又能結合自動化的栽培。因此本研究針對植物栽培，設計一套能運用於各種植物栽培系統。利用植物生長的四大元素：陽光、空氣、水、土壤，陽光充足性、空氣中的濕度及土壤的乾濕度，便成為本研究四大控制變因。

本專題研發田園城市適用的植物栽培系統，讓城市裡無用之地，變為都市之肺，讓城市呼吸，也讓地球呼吸，若能將個系統運用到整個城市裡，是我們最大的目的。

柒、參考資料及其他

1.西門子 CPU 介紹:

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%AF%E7%BC%96%E7%A8%8B%E9%80%BB%E8%BE%91%E6%8E%A7%E5%88%B6%E5%99%A8>

2.程式編輯與軟體教學 台灣歐姆龍股份有限公司 FA PLAZA 編著小組 編著

3.OMRON 人機軟體教學

4.農漁牧叢書 A01 蔬菜栽培技術 劉安妮 編著

5.Youtube 影片 柯文哲_田園城市:

<https://www.youtube.com/watch?v=IIMZVWCRyQo>

6.自家農田與鄰居農田