

高英高級工商職業學校

Kao Ying Industrial Commercial Vocational High
School

教師專題研究（製作）報告



太陽能溫室自動控制系統

老師姓名：_____ 林芊儒 _____ 老師

科 別：_____ 資訊科 _____ 科

中 華 民 國 1 0 4 年 2 月

太陽能溫度自動控制系統

摘要

本專題是利用 8051 單晶片之特性，感測溫度及濕度，當溫濕度過高或過低時則藉由控制風扇、噴水器、加溫燈泡及調光燈泡以達溫濕度平衡。其中應用電源處理電路、單晶片控制、溫度感測器、濕度感測器、比較器電路、繼電器動作、程式多工邏輯判斷等自動控制技術。

單晶片 8051 在微處理機應用之廣，尤其是在工上已是相當普及，由於 8051 單晶片微處理機有許多的優點，如指令功能強、記憶體容量大、串列通訊、布林代數等，它可以讓我們隨心所欲的設計，開發新產品及產品的改良。

8051 單晶片能在通信工程、可程式控制器、儀測工程、量測工程中，扮演著重要角色之一；隨著個人電腦的普及，軟體開發工具支援齊全，在 PC 上，我們可以容易以高階 C 語言，來設計一般工程應用控制程式，直接來控制硬體的動作，只是在真正應用上，往往會覺得利用一部 PC，卻只做小小的控制，實在有點大材小用，似乎用 8051 單晶片，便可解決，而且單晶片體積小、使用簡單、硬體接線容易、沉充性僅、價格低廉、又省電，反而是一個不錯的選擇。

選用微電腦不但要考慮價格的高低，還要兼顧其工作能力及是否容易駕駛，使一部微電腦的功能完全發揮才能獲得最經濟有效的應用。微電腦的應用漸漸地走出兩條主要的路線，一為自動控制，一為資料處理。

目 錄

摘要	I
目錄	II
表目錄	III
圖目錄	IV
壹、前言	1
一、製作動機	1
二、製作目的	1
三、製作預期成效	2
四、製作架構	3
貳、理論探討	4
參、專題製作	9
一、設備及器材	19
二、製作方法與步驟	20
三、專題製作工作分配進度	26
肆、製作成果	28
伍、結論與建議	30
一、結論	30
二、建議	30
參考文獻	30
附錄一 程式碼	31

表目錄

表 3-1-1 專題製作使用儀器（軟體）設備一覽表	10
表 3-3-1 材料表	12

圖目錄

圖 1-3-1 專題製作流程圖	3
圖 2-1-1 8051/89C51 單晶片之接腳圖	7
圖 2-1-2 溫室自動控制系統設計圖	8
圖 2-2-1 製作方法與步驟	10
圖 2-2-2 硬體電路圖	11
圖 2-2-3 硬體架構圖	11
圖 2-2-3 流程圖	14
圖 3-1-1 電路板與控制部分	19
圖 3-1-2 焊接電路部分(正面)	19
圖 3-1-3 焊接電路部分(背面)	19
圖 3-1-4 實驗成品	19

壹、前言

一、製作動機

最近爆發的食安問題太嚴重，導致國人對於食品問題越來越沒信心，加上極端氣候變化異常，造成聖嬰現象，暴雨、颶風、颱風、焚風、高輻射、旱災等等造成農作物無法正常成長收成，農民每年損害無法估計，更對日後的糧食危機埋下伏筆。

台灣原本是以農立國，四季氣候分明，最適合農作物的成長環境，我國農民也不斷研發出新產品，創造經濟奇蹟，但是最近十年，氣候變化異常之下，以及最近台灣發生從未有過的北極震盪，造成霸王寒流，平地下雪的紀錄，在氣象觀測寫下一頁歷史記錄。這些現象在在顯示我想製作這個專題的想法，我想讓很多上班族能夠當城市農夫，自己種植蔬果或是植栽綠化等等..期望能達到預期成果。

二、製作目的

(一)預防焚風所導致蔬果瞬間過熱而掉落

為了有效避免焚風所造成的災害，在植物生長的範圍內加上圍牆阻擋是最佳方法，如此一來不但可以降低傷害，更可以讓蔬果在最佳狀態成長。

(二)預防颱風來襲時，所造成的豪雨災害

突如其來的颱風襲擊，所挾帶的嚴重豪雨經常讓農民措手不及，進而造成十分龐大的損失，如果我們將植物種植於溫室內，即可防範豪雨及強風所造成的侵襲，也避免水災的禍患。

(三)預防陽光過高輻射造成植物的損傷

對於陽光的照射角度，在正中午時段溫度較高，需要遮陽物來防止溫度過高，在陽光不足的時刻，則需要人工光線來維護生長品質，使植物可以在最適合的亮度及溫度成長。

(四)抑制溫室效應帶來的影響

隨著溫室效應的影響，農業栽培難上加難，所以我們使用溫室來培育植物，為了配合多重生長因素的考量，我們運用自動化系統加以控制光源亮度及溫度，使植物在最適合的環境生長，培育出最良好的品質。

三、製作預期成效

- (一) 一組 8051 單晶片電路負責程式控制及溫溼度感應處理。
- (二) 一組濕度感測器及比較器電路。
- (三) 一組溫度感測器及比較器電路。
- (四) 五組繼電器分別控制風扇、噴水器、加溫燈泡及調光燈泡等。
- (五) 一組電源處理電路產生 DC12V、5V 電源。
- (六) 當溫濕度過高或過低時則藉由控制風扇、噴水器、加溫燈泡及調光燈泡以達溫濕度平衡。

四、製作架構

(一) 專題流程圖

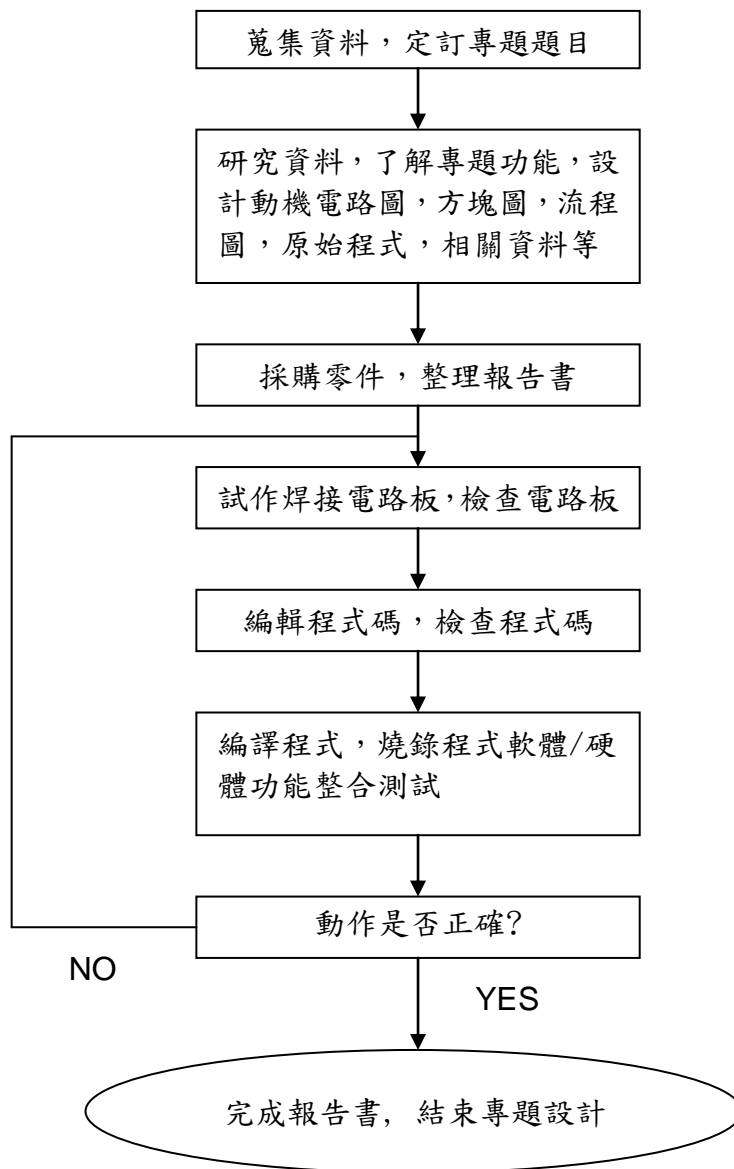


圖 1-3-1 專題製作流程圖

貳、理論探討

一、8051 特性概要

我們都知道，電腦的最基本組成單位是中央處理單元(CPU)、記憶體、以及 I/O，各有其專司職責及用途。例如，CPU 負責將程式解碼及執行、記憶體負責儲存程式及資料，而 I/O 則負責提供電腦系統與外界週邊設備的溝通管道。在微電腦術語中，通常我們所稱的微電腦指的是通用型(General Purpose) 微處理機晶片，例如 Z80、6502、8085、80386 晶片等，也就是說這些晶片只具有 CPU 的功能，若想要構成一部完整的電腦系統（如 PC/AT 個人電腦等），則必須要搭配其它的記憶體晶片、I/O 介面晶片、以及相關的支援晶片，這些 CPU 晶片才能動作。

單晶片微電腦(Single Chip Microcomputer)則是將 CPU、記憶體、I/O 這些單元組合在同一晶片之內，這些晶片只需要少量的支援電路即可獨立工作，如此就可以大量地減少電路板面積及降低成本，因此頗為適合家電、汽車、工業控制等產品及用途上，所以單晶片微電腦又稱之為微控制器(Microcontroller)。

一般而言，單晶片微電腦只含有少量的記憶體及 I/O 點，以在此所介紹的 8 位元 8051 晶片為例，它有 4Kbyte 的 ROM、128byte 的 RAM、以及 32 條 I/O 點，雖然這麼少量的記憶體及 I/O 是不能與一般的電腦系統相比，但在控制用途上卻是綽綽有餘。

一、8051 功能介紹：

1. 專為控制應用所設計之八位元 CPU
2. 加強了布林代數（單一位元的邏輯）之運算功能
3. 32 條雙向且可被獨立定址之 I/O
4. 晶片內部有 128 位元組可供儲存資料的 RAM
5. 內部有兩個 16 位元計時器（8052 有三個）
6. 具全雙工 UART
7. 5 個中斷源，且具有兩層（高/低）優先權順序之中斷結構
8. 晶片內有時脈（Clock）振盪器線路
9. 晶片內有 4K（8K/8052）位元組的程式記憶體（ROM）
10. 程式記憶空間可達 64K 位元組
11. 資料記憶體空間可定址到 64K 位元組

二、8051 接腳說明：

接腳圖 1 為 8051/8751/8031 晶片的 40 支接腳 DIP 包裝的接腳圖。一如 INTEL 公司其它的 CPU 晶片一樣，8051 晶片也有許多接腳是多用途的。在此將說明每一支接腳的信號名稱及其功能用途。信號名稱後面括號中的數字代表其接腳號碼。

V_{ss}(20)

接地(GND)電源信號。

V_{cc}(40)

+5V 電源輸入端。

XTAL1(19), XTAL2(18)

工作頻率輸入信號。若使用石英振盪晶體時，則應將石英晶體的兩支接腳接到 XTAL1 與 XTAL2 接腳上。若使用外部的脈波信號源時波信號應接至 XTAL1 接腳上，而 XTAL2 則必須接地。可使用的工作頻率範圍為:1.2 ~ 12 MHz。

RST/VST(9)

硬體重置(Reset)輸入信號。當本接腳收到一個由 low 上升為 high 的轉態信號時，8051 將被重置，此時 8051 將其內部的特殊功能暫存器 (Special Function Register, SFR)設定為預設值，並由位址 0000H 開始執行程式。本接腳(VPD)亦可用於 8051 的功率下降(Power Down)模式，當 VPD 維持約+5V 而 V_{cc} 低於規定的 +5V+5%時，VPD 將供應電源(稱之為 Standby Power)給其內部的 RAM 使用，以保存其資料。

/EA(31)

外部存取致能(External Access Enable)輸入信號。決定程式記憶體最前面 bytes (0000H - 0FFFH) 是來自晶片內部的 ROM/EPROM (/EA=L)，或來自外部的 ROM/EPROM (/EA=H)。注意:由於 8031 晶片無內部的 ROM/EPROM，故 8031 的 /EA 必須接地(即低電位信號)。

P0.0~P0.7(39~32)

埠 0。本接腳有兩種用途:當作 I/O 埠時為埠 0，為 8 位元雙向開吸極(Open Drain)的 I/O 埠。將信號 1 寫入埠 0 時，可使其接腳進入高阻抗狀態，此時可當作 I/O 輸入接腳。每支接腳可驅動 8 個 LS TTL 負載。本接腳亦當作多工式的低階位址 (A0 - A7)及資料(D0 - D7) 匯流排，可供存取外部的記憶體。通常在每一個指令週期中先送出低階位址信號(此時亦伴隨著送出 ALE 信號)，然後再送出資料信號，

故這 8 支接腳又稱之為 AD0 - AD7。

P1.0~P1.7(1~8)

埠 1。為 8 位元雙方向性的 I/O 埠。將信號 1 寫入埠 1 時，可使其接腳由其內部提升為高電位狀態，此時可當作 I/O 輸入接腳。每支接腳可驅動 4 個 LS TTL 負載。在 8052 系列晶片中，P1.0 及 P1.1 可做如下之用途：

T2(P1.0)：計時器 / 計數器 2 外部信號輸入端。

T2EX(P1.1)：計時器/計數器 2 在捕捉(Capture)模式時的觸發/重新載入信號輸入端。

P2.0~P2.7(21~28)

埠 2。本接腳有兩種用途：當作 I/O 埠時為 8 位元雙向 I/O 埠。將信號 1 寫入埠 2 時，可使其接腳由其內部提升為高電位狀態，此時可當作 I/O 輸入接腳。每支接腳可驅動 4 個 LS TTL 負載。本接腳亦當作高階位址 (A8-A15) 匯流排，以存取外部記憶體。

P3.0~P3.7(10~17)

埠 3。為 8 位元雙方向性的 I/O 埠。將信號 1 寫入埠 3 時，可使其接腳由其內部提升為高電位狀態，此時可當作 I/O 輸入接腳。每支接腳可驅動 4 個 LS TTL 負載。本接腳亦可使用於下列之用途：

RXD(P3.0)：串列埠信號輸入端。

TXD(P3.1)：串列埠信號輸出端。

/INT0(P3.2)：外部中斷 0 信號輸入端。

/INT1(P3.3)：外部中斷 1 信號輸入端。

T0(P3.4)：計時器/計數器 0 外部信號輸入端。

T1(P3.5)：計時器/計數器 1 外部信號輸入端。

/WR(P3.6)：外部資料記憶體寫入閃控(Strobe)信號輸出。

/RD(P3.7)：外部資料記憶體讀取閃控(Strobe)信號輸出。

/PSEN(29)

程式儲存致能(Program Store ENable)閃控輸出信號。在外部程式記憶體的指令碼擷取週期時，/PSEN 將送出一個閃控信號，以表示 CPU 正自外部的程式記憶體中讀取指令碼。

ALE(30)

位址門鎖致能 (Address Latch Enable) 輸出信號。當 CPU 自外界記憶體中擷取指令碼或存取資料時，ALE 將會在一個匯流排週期 (Bus Cycle) 開始時送出 H 的信號，表示 P0.0 - P0.7 (AD0 - AD7) 正送出低階位址 A0 - A7 信號，以供外界電路鎖定這些低階位址信號。由於 ALE 信號頻率固定為振盪器工作頻率的 1/6，故 ALE 信號也可當作脈波信號源。

三、89C51CPU 之部份：

然而我們這組採用 89C51 單晶片 INPUT 與 OUPUT 的判斷。因此 89C51 有 RAM128bytes ROM4bytes 這樣大記憶空間，的 CPU 足夠讓我們這一小組作這一學年的專題實驗使用。

四、89C51 接腳圖及說明：

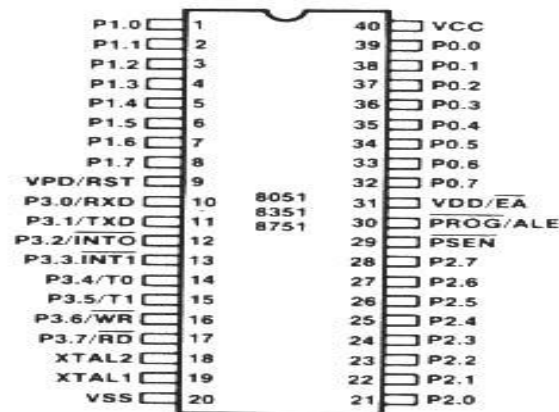


Figure 1a. 8051 Microcomputer Pinout Diagram

圖 2-1-1 8051/89C51 單晶片之接腳圖

Vss(20)接地(GND)電源信號。

Vcc(40) +5V 電源輸入端。

XTAL1(19), XTAL2(18)

30 腳：ALE/PROG(位址鎖定)，8051 燒錄時用來接受燒錄時信號。

(一)、SHT1 溫度感測器介紹

我們使用 BASIC

Stamp 時，經由兩導線和串列傳輸介面來讀取溫度和濕度值，它的解析度可到攝氏 0.01 度和濕度 0.03%；相對濕度的相似度誤差約在 +/-3.5%(濕度範圍在 20%-80%)可接收的工作電壓為檢測的溫度範圍為 40 至 123.8°C。

特點：提供完全校準，數位輸出

測量溫度，分辨率為 0.01 度，再 ± 2 度的精度

測量相對濕度，其分辨率為 0.03%和在 $\pm 3.5\%$ 的精度

低功耗（一般為 30uW）

主要規格：電源要求：2.4 至 5.5V

通訊：兩線串行

尺寸：0.43 x 0.49（11 x 12.5 毫米）

工作溫度範圍： $-40\sim 254.9^{\circ}\text{F}$ （ -40 至 123.8°C ）

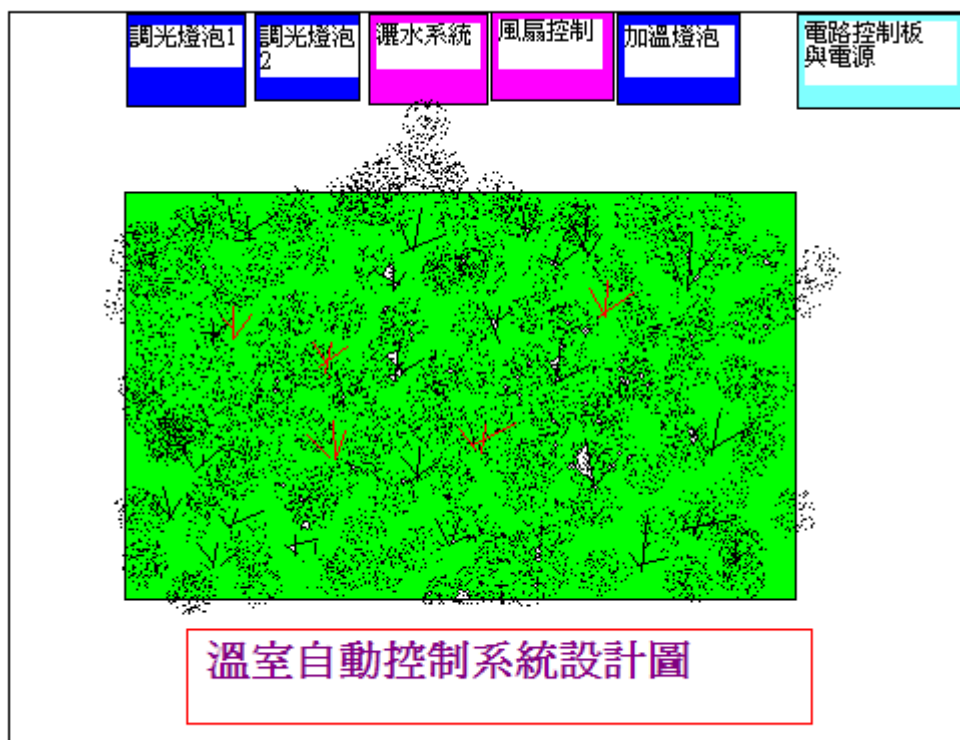


圖 2-1-2 溫室自動控制系統設計圖

(二) 太陽能電池：

又稱為「太陽能晶片」或光電池^[1]，是一種將太陽光轉成電能的裝置。

依照光電效應，當光線照射在導體或半導體上時，光子與導體或半導體中的電子作用，會造成電子的流動，而光的波長越短，頻率越高，電子所具有的能量就越高，例如紫外線所具有的能量便高於紅外線，因此，同一材料被紫外線照射產生的流動電子能量將較高。並非所有波長的光都能轉化為電能，只有頻率超越可

產生光電效應的閾值時，電流才能產生。在常見的半導體太陽能電池中，透過適當的能階設計，便可有效的吸收太陽所發出的光，並產生電壓與電流。這種現象又被稱為太陽能光伏。

太陽能發電是一種可再生的環保發電方式，其發電過程中不會產生二氧化碳等溫室氣體，因此不會對環境造成污染。按照製作材料分為矽基半導體電池、CdTe 薄膜電池、CIGS 薄膜電池、染料敏化薄膜電池、有機材料電池等。其中矽電池又分為單晶電池、多晶電池和無定形矽薄膜電池等。對於太陽能電池來說最重要的參數是轉換效率，目前在實驗室所研發的矽基太陽能電池中，單晶矽電池效率為 25.0%，多晶矽電池效率為 20.4%，CIGS 薄膜電池效率達 19.8%，CdTe 薄膜電池效率達 19.6%，非晶矽（無定形矽）薄膜電池的效率為 10.1%。

(1) 構造與發電原理

太陽能電池的基本構造是運用 P 型與 N 型半導體接合而成的，這種結構稱為一個 PN 界面。

當太陽光照射到一般的半導體（例如矽）時，會產生電子與電洞對，但它們很快的便會結合，並且將能量轉換成光子或聲子（熱），光子和能量相關，聲子則和動量相關。因此電子與電洞的生命期甚短；在 P 型中，由於具有較高的電洞密度，光產生的電洞具有較長的生命期，同理，在 N 型半導體中，電子有較長的生命期。

在 P-N 半導體接合處，由於有效載子濃度不同而造成的擴散，將會產生一個由 N 指向 P 的內建電場，因此當光子被接合處的半導體吸收時，所產生的電子將會受電場作用而移動至 N 型半導體處，電洞則移動至 P 型半導體處，因此便能在兩側累積電荷，若以導線連接，則可產生電流，而太陽能電池的挑戰就在於如何將產生的電子電洞對在複合之前將其蒐集起來。

從太陽來的光線，能量大部份落於 1 - 3 eV 之間，因此就單一個 PN 界面而言，若經適當地設計，使吸收光能的高峰落於約 1.5 eV，則能有最好的效率。^[3]

由於太陽能電池產生的電是直流電，若需提供電力給家電用品或各式電器則需加裝逆變器，才能加以利用。

(2). 太陽能電池的充電發展

太陽能電池應用在消費性商品上，大多有充電的問題，過去一般的充電對象採用鎳氫或鎳鎘乾電池，但是鎳氫乾電池無法抗高溫，鎳鎘乾電池有環保污染的問題。近年來超級電容發展快速，容量超大，面積較小，加上價格低廉，因此有部份太陽能產品開始改採超級電容為充電對象，因而改善了太陽能充電的許多問題：

1. 充電較快速，
2. 壽命增長 5 倍以上，
3. 充電溫度範圍較廣，
4. 減少太陽能電池用量（可低壓充電）。

(3). 太陽電池材料種類

太陽電池的材料種類繁多，可以有非晶矽、多晶矽、CdTe、 $\text{CuIn}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{Se}_2$ 等半導體的、或三五族、二六族的元素鏈結的材料等。

太空使用的太陽能電池



建築整合太陽能的工法



電動車太陽充電站

其設計上主要透過不同的製程和方法，測試對光的反應和吸收，做到能隙結合寬廣，讓短波長或長波長都可以全盤吸收的革命性突破，來降低材料的成本。

太陽電池型式上可分作基板式與薄膜式，基板式在材料上又可分單晶式、或相溶後冷卻而成的多晶式基板；薄膜式則可和建築物有較佳的結合性，它具有曲度，有可撓、可折疊等特性，材料上較常用非晶矽。除前二者外，另有有機或奈米材料製作之太陽能電池，目前仍處研發階段。

就太陽能電池的發展時間而言，可區分為四個世代：第一代基板矽晶（Silicon Based）、第二代為薄膜（Thin Film）、第三代新觀念研發（New Concept）、第四代複合薄膜材料。

第一代太陽能電池發展最長久，技術也最成熟。種類可分為單晶矽（Monocrystalline Silicon）、多晶矽（Polycrystalline Silicon）、非晶矽（Amorphous Silicon）。以應用來說是以前兩者單晶矽與多晶矽為大宗，也因應不同設計的需求需要用到不同材料（例：對光波長的吸收、成本、面積……等等）。

第二代薄膜太陽能電池以薄膜製程來製造電池，種類可分為碲化鎘（Cadmium Telluride CdTe）、銅銦硒化物（Copper Indium Selenide CIS）、銅銦鎳硒化物（Copper Indium Gallium Selenide CIGS）、砷化鎳。

第三代電池與前代電池最大的不同是製程中導入有機物和奈米科技。種類有光化學太陽能電池、染料光敏化太陽能電池、高分子太陽能電池、奈米結晶太陽能電池。

第四代則針對電池吸收光的薄膜做出多層結構。

某種電池製造技術，並非僅能製造一種類型的電池，例如在多晶矽製程，既可製造出矽晶版類型，也可以製造薄膜類型。

晶體矽（包括單晶矽及多晶矽）太陽電池工業生產流程

1. 矽料提純：原料為高純的二氧化矽，經過還原劑碳還原後，生成純度為 98% 以上的冶金級矽，再經西門子法提純為純度大於 99.99998% 的太陽能級矽（純度要求低於半導體級矽）。
2. 拉晶或鑄錠：將提純得到的高純矽料，經過柴氏法提拉結晶成為單晶矽棒，或者通過石英坩堝鑄錠為多晶矽錠。
3. 修角：該製程只適用於單晶，目的是將圓柱形的單晶矽棒磨為近長方體形，使切出的矽片接近方形。
4. 切片：用多線鋸（金剛石線）將單晶矽棒或多晶矽錠切為 200-300 μm 厚的薄片，目前工業上已大規模使用 200 μm 左右的矽片進行生產。
5. 清洗制絨：首先用鹼液（一般為 80 攝氏度 以上的 NaOH 溶液）腐蝕機械加工中造成矽片的損傷，然後分別用鹼液（單晶矽片）或酸液（多晶矽片）製備出用於減反射的絨面，最後用甩干機甩干。
6. 擴散制結：目前工業上用的矽片主要為 p 型片，因此需要通過擴散磷（P）來形成 PN 界面，擴散一般通過擴散爐進行，製程溫度高於 900 攝氏度，但目前已經在開發低溫的擴散製程。如果是使用 n 型片製備太陽電池，則需要擴散硼（B）。
7. 二次清洗：因為在擴散製程中會形成非活性的磷矽玻璃，因此需要通過氫氟酸（HF）腐蝕掉。
8. 製備減反射膜：工業中採用電漿體增強化學氣相沉積（PECVD），製備氮化矽 SiN_x 減反射膜。

9. 印刷電極：通過絲網印刷（[Screen printing](#)）製備前後電極，前電極一般用銀漿，後電極用銀鋁漿，而背面場則用鋁漿印刷而成。具有相當快速且低成本的優點，也是有多項專利在市場上
10. 燒結：通過燒結爐的高溫燒結，使前電極燒穿前表面的氮化矽減反射膜，n 型層形成良好的[歐姆接觸](#)，而背面的鋁擴散入矽中，在背表面形成 p⁺ 的重摻區，從而形成背表面場。

(4). 新型太陽電池

目前市場上大量產的單晶與[多晶矽](#)的太陽電池平均效率約在 15% 上下，也就是說，這樣的太陽電池只能將入射太陽光能轉換成 15% 可用電能，其餘的 85% 都轉換成了無法利用的[熱能](#)。超高效率的太陽電池（第三代太陽電池^[4]）的技術發展，除了運用新穎的元件結構設計，來嘗試突破其物理限制外，也嘗試新材料的引進，以達成大幅增加轉換效率的目的。另外，也有許多後續的封裝技術和光學技術，例如聚光型太陽能電池，透過光學的方式將太陽光聚集於太陽能面板上，而此類型的太陽能電池必須能承受高溫環境。

薄膜太陽電池[\[編輯\]](#)

在薄膜電池技術中，近年來 BIPV（Building Integrated Photo Voltaic），即建築物集成太陽能電池技術特別引人注目。此技術把薄膜電池應用到建築物的圍護結構如屋頂、天窗、外觀、門窗等部分的建築材料之中；對於使用[帷幕牆](#)特別是玻璃幕牆的建築物，BIPV 更可結合在帷幕牆的材料之中。故其相對於非集成系統的優點，在於初投資可被因節省建材和勞工而抵消。被認為是太陽能電池工業中增長最大的技術之一。薄膜太陽能電池的好處在於可撓與低成本，透過沉積的方式即可完成，大面積，但轉換效率不高，且有光衰退（因長期的光照使得材料功能性下降，又稱作光裂解，原因是在薄膜沉積製程中有有 H 鍵，這些鍵會在照光時斷鍵而形成缺陷）現象，非晶矽太陽能電池具有非常寬的頻譜吸收，也可以做

成可撓式的薄膜電池，對於綠建築等等需要將電池服貼於窗戶甚至是建築的表面具有相當大的幫助。

目前調查顯示，CIGS 可彎曲模塊是 BIPV 封裝工業增長的最大推動力，相對而言 CIGS 有光優化的現象（照光後效率提升）。^[5]

銅銦硒太陽電池[編輯]

銅銦硒 (CuInSe₂, CIGS) 薄膜太陽能電池具有以下特點：**①**銅銦硒薄膜的能隙為 1.04 eV，通入適量的鎘取代銦可在 1.04~1.67 eV 之間連續調整能帶寬度。**②**銅銦硒是一種直接能隙材料，其可見光的吸收係數高達 10⁵ cm⁻¹ 數量級，相較於矽基系列 (mono-Si, a-Si)，更多了約 100 倍以上的吸收，非常適合做為薄膜太陽能電池的吸收層。**③**技術成熟後，製造成本和回收時間將遠低於晶體矽太陽能電池。**④**抗輻射能力強。**⑤**高光電轉換效率，目前銅銦鎘硒薄膜太陽能電池的最高轉換效率已達 20.3%，是所有薄膜太陽能電池中的最高紀錄。**⑥**電池穩定性佳，效率穩定幾乎不衰減。**⑦**弱光特性好。因此銅銦硒薄膜太陽能電池可望成為新一代太陽能電池的主流產品之一。

染料敏化太陽電池[編輯]

染料敏化太陽能電池是最近被開發出來的一種嶄新的太陽電池。DSSC 也被稱為格蕾策爾電池，因為是在 1991 年由格蕾策爾等人發明^[6]的構造和一般光伏特電池不同，其基板通常是玻璃，也可以是透明且可彎曲的聚合箔 (polymer foil)，玻璃上有一層透明導電的氧化物 (transparent conducting oxide, TCO) 通常是使用 FTO (SnO₂:F)，於上長有一層約 10 微米厚的 porous 奈米尺寸的 TiO₂ 粒子 (約 10~20 nm) 形成一 nano-porous 薄膜。然後塗上一層染料附著於 TiO₂ 的粒子上。通常染料是採用 ruthenium polypyridyl complex。上層的電極除了也是使用透明導電層和 TCO 外，也鍍上一層鉑當電解質反應的催化劑，二層電極間，則注入填滿含有 iodide/triiodide 電解質。雖然目前 DSSC 電池的最高轉換效率約在 12%

左右，但是製造過程簡單，所以一般認為降低生產成本會更多，能用更低的成本提供同樣的發電量。TCO 是透明導電層，也可以減少光在穿透時被吸收的能量。

串疊型電池 [\[編輯\]](#)

串疊型電池 (Tandem Cell) 屬於一種運用新穎原件結構的電池，藉由設計多層不同能隙的太陽能電池來達到吸收效率最佳化的結構設計，針對紅光和藍光區域的光譜會分別由兩個電池來吸收。以增加 QE 的轉換效率。目前由理論計算可知，如果在結構中放入越多層數的電池，將可把電池效率逐步提升，甚至可達到 50% 的轉換效率，但串疊型電池的技術困難處在於它必須要做到電流匹配 (current match)，因為上下兩層電池產生的電流串聯時，會以電流於較小的那一顆電池為主，就如同水管大小串接在一起，水量會被出口面積較小的水管給侷限住。^[7] 此種高聚光太陽光發電 (High Concentration Photovoltaic, HCPV) 技術由於具有發電效率高、溫度係數低及最有降低發電成本的潛力等優勢，近年來逐漸受到國際的重視。例如在台灣，核能研究所利用 MOCVD 磊晶生長的方法進行堆疊式單體型 InGaP/GaAs/Ge 三界面太陽電池磊晶片的開發與太陽電池元件製程，所完成的太陽電池在 128 個太陽條件下，最佳能量轉換效率為 39.07 %。依據聚光型太陽光發電協會 (CPV Consortium) 資料顯示，聚光型太陽光發電的全球市場將以 145% 年複合成長率向上增長，預估至 2015 年之安裝量將達 1.8 GW。(資料來源：[核能研究所 100 年度-新能源與再生能源科技研究成果年報](#))。

(5). 應用實例

有 [太陽能屋](#)、[太陽能燈](#)、[太陽能發電](#)、[太陽能飛機](#) 等。

應用市場的發展[編輯]

由於封裝技術，焊接材料與加工方法及晶片上的改良，在 1991 年太陽能系統的壽命約 5 到 10 年。到了 1995 年則增加到 10~20 年，而到公元 2000 年更可延長使用年限到 25 年以上。於 1995 年僅美國市場的太陽能電池銷售額為 35 億美元。由於石油及環保（全球溫室效應）的問題，以及外交上對落後地區的援助，使得在公元 2000 年後全球的太陽能電池銷售額成數倍的成長。

到了 2005 年後，由於德國等環保先進國家新建築法規的因素，太陽能板需求量爆發大增，使市場嚴重缺貨，造成全球太陽能電池產業的蓬勃發展，許多太陽能電池廠的股價迅速攀升，並帶動傳統製造業轉型，投入太陽能相關商品的開發、應用。

2011 年的福島核災，使得各國提高各種再生能源的補貼，太陽能產業也因此又大擴廠，造成供過於求，太陽能電池發電成本提早在 2013~2014 年達到電網平價（至少不會比傳統發電貴），未來太陽能電池發電的成本將比燃煤發電便宜。

此外，太陽能電池除了硬體成本外，還有安裝、管理、資金等軟成本，許多國家在非硬體成本上都有很大的降價空間，只要改善非硬體的問題；在這方面表現最佳的是德國的每瓦 2.21 美元，遠低於美國的每瓦 4.93 美元。^{[[來源請求](#)]}

缺點與展望[編輯]

太陽能電池夜間無法發電，更大的缺點是容易受雲層移動干擾（夜間無法發電可以預測，但雲層移動干擾不好預測、因此是更嚴重的缺點）。但由於太陽能電池的發電尖峰通常接近電力使用尖峰，因此要到較高的安裝量才會造成問題：目前多採取可以在短時間內改變發電量的天然氣發電來調節，太陽能可以降低天然氣使用量（成本）、天然氣發電則可以彌補太陽能的不穩定性，互補性極佳；而大部分的地區，太陽能與風能具有互補性，太陽能電池與水力發電、抽蓄發電廠的互補性更高。未來的應變方案為研發高效能的電池技術以儲存太陽能，例如蓄電

池、飛輪儲能、壓縮空氣等；若將能源儲存系統與太陽能電池裝置在社區或家庭，則可以大幅增加供電穩定性。

太陽能電池亦要和另一太陽能發電方案：聚光太陽能熱發電競爭，後者的轉化效率較高和技術成熟。不過缺點是體積較大和結構複雜。

另外，利用衛星發電亦可避免此二項干擾，例如美國和日本兩國提出的「衛星太陽能發電廠」計畫（Satellite Solar Power Station, SSPS）^[9]，目標是將具有太陽能電池或熱能發電系統的衛星，發射到太空中一個能夠不斷接受太陽光的地方，例如在赤道附近上空，便可以連續不停且穩定地接收太陽能，在轉換為電能後，以微波的方式傳回地球。

(6). 相關條目

- ◆ [綠建築](#)
- ◆ [建築整合太陽能](#)
- ◆ [再生能源](#)

(7). 參考資料

1. ^ 《[科普手冊](#)》。國家數位文化網。
<http://www.ndcnc.gov.cn/datalib/2004/Science/DL/DL-177512/>
2. ^ Solar cell efficiency tables (version 43) <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pip.2452/pdf>
3. ^ John D. Meakin. [PHOTOVOLTAIC CONVERSION \(PDF\)](#).
4. ^ [Third Generation Photovoltaics](#), M. A. Green, ISBN 978-3-540-26562-7(Print) ISBN 978-3-540-26563-4 (Online)
5. ^ [BIPV Encapsulation Markets Preview](#)

6. ^ Michael Grätzel, Brian O'Regan (24 October 1991). "A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films". *Nature* 353 (24):737 – 740.
DOI:10.1038/353737a0
 7. ^ Marti A and Araujo GL (1996), Limiting efficiencies for photovoltaics solar conversion in multigap systems, *Solar Energy Materials and Solar Cells* 43 203-222
 8. ^ 核能研究所 100 年度-新能源與再生能源科技研究成果年報
 9. ^ Makoto Nagatomo, Susumo Sasaki, Yoshihiro Naruo, "Conceptual Study of a Solar Power Satellite SPS 2000", *Proceeding of the 13th International Symposium on Space Technology and Science*, May 1994, pp 469-476.
- ◆ G. P. Smestad, *Solar Energy Mater. Solar Cells*, 82, 227 (2004).
 - ◆ M. A. Green, *Prog. Photovolt: Res. Appl.*, 8, 127 (2000).
 - ◆ M. A. Green, *Prog. Photovolt: Res. Appl.*, 8, 443 (2000).
 - ◆ M. A. Green, *Prog. Photovolt: Res. Appl.*, 9, 123 (2001).
 - ◆ M. A. Green, *Prog. Photovolt: Res. Appl.*, 13, 447 (2005).
 - ◆ T. Surek, *J. Cryst. Growth*, 275, 292 (2005).
 - ◆ H. Spanggaard, and F. C. Krebs, *Solar Energy Mater. Solar Cells*, 83, 125 (2004).

參、專題製作

表 3-1-1

一、設備及器材

儀器 (軟體) 設備名稱	應用說明
個人電腦	專題報告、電路圖製作及進行專題成品電路測試
數位相機	拍攝小組合作過程、專題功能使用及紀錄整個專題製作流程
雷射印表機	列印專題資料、圖片及專題報告成果
三用電錶	測量零件有無損壞及專題電路板各信號之量測
IC 萬用燒錄器	利用燒錄器將程式燒錄至 89C51 單晶片
電源供應器/太陽能電池	提供專題成品所需之電源
Microsoft Office Word	專題報告、製作過程的撰寫
Microsoft Office Power	進行口頭報告、製作及專題成品報告呈現
Adobe Photoshop CS5	進行圖片的修改以及合併

二、製作方法與步驟

本專題研究採用的是行動研究法，主要是由循環的研究歷程所構成，包括準備、實驗教學、電路資料分析及報告撰寫等階段。本研究之製作方法與步驟

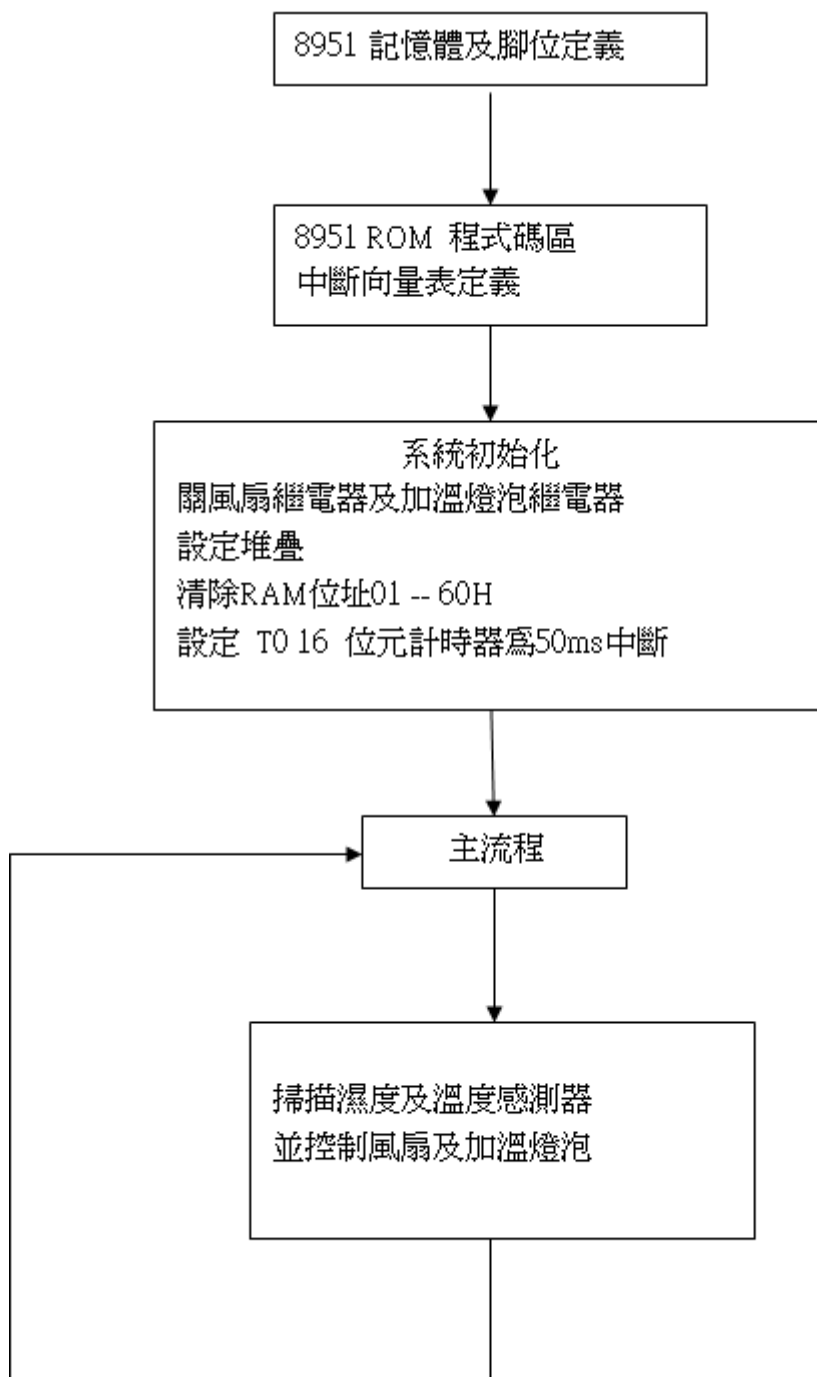
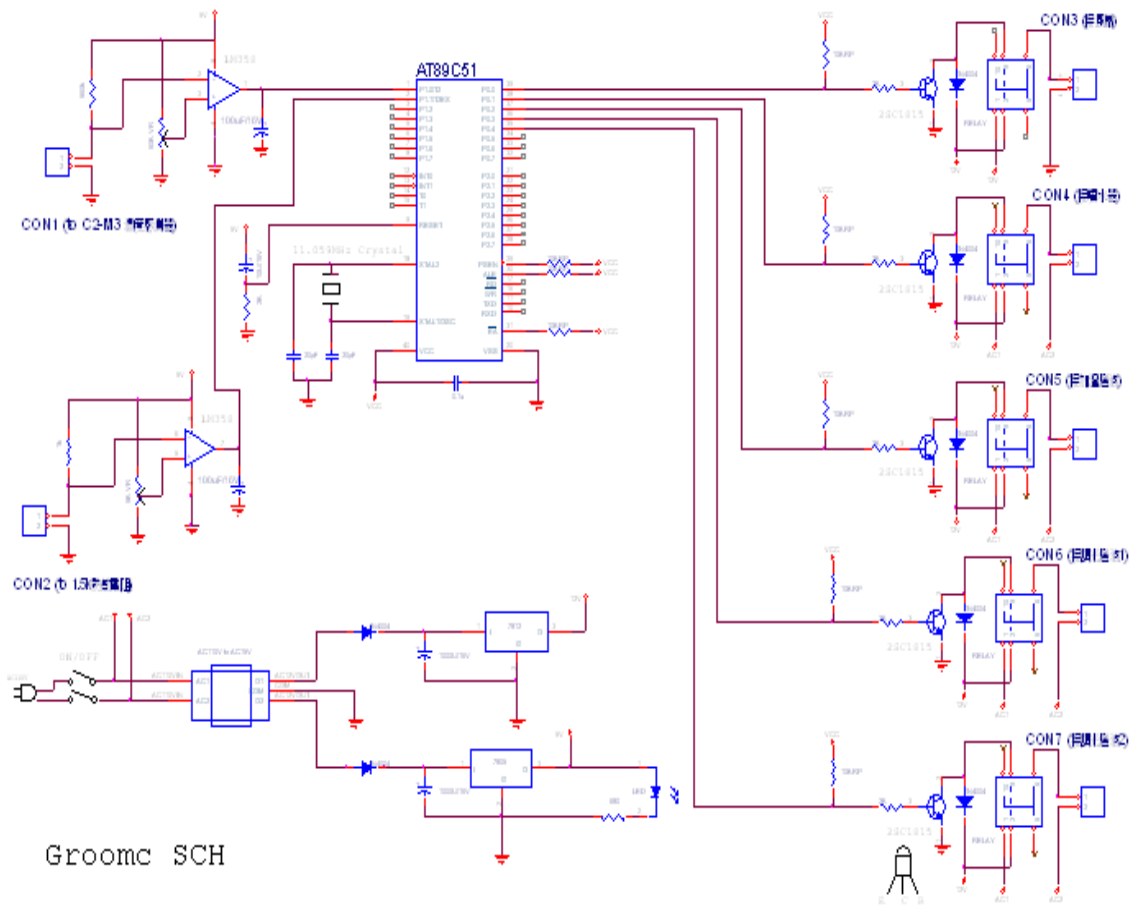


圖 2-2-1 製作方法與步驟

(一) 硬體電路圖：溫度自動控制系統



Groomc SCH

圖 2-2-2 溫室控制系統之完整電路圖

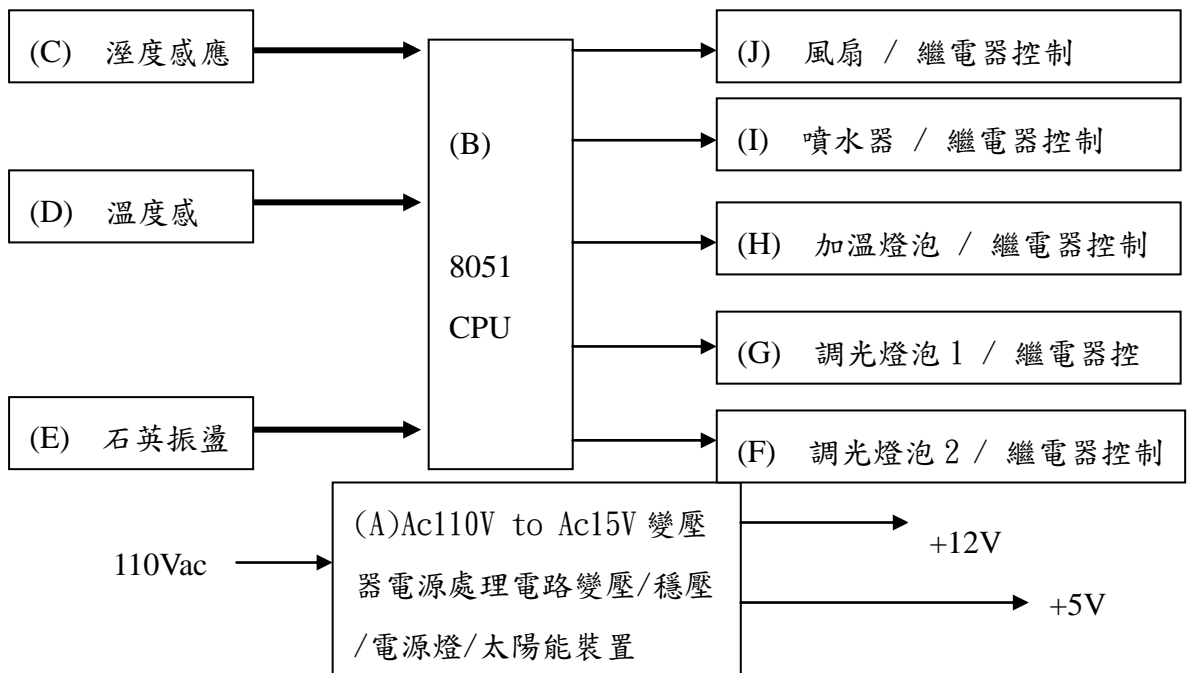


圖 2-2-3 硬體架構圖

各電路方塊原理說明：

(A) 電源開關變壓穩壓電源燈電路：

由市電提供 AC110V 輸入，經由開關，再經 110Vac To 15Vac 變壓器，再經兩組整流，7805 穩壓 IC，即得 DC5V 之直流電，供 IC 使用，及另一組 7812 穩壓 IC，即得 DC12V 之直流電，供 RELAY 及風扇使用，此外當 DC5V 供電時 LED 電源燈即亮。(20160121)加入利用太陽能裝置提供 DC5V 直流電源,可切換裝置.

(B) 8051CPU 電路：

8051 為一 40PIN 之 CPU，其 I/O 腳有 32 PIN。

1. 第 40PIN 為 VCC 電源輸入，20PIN 為接地腳。RST 腳 (PIN9)，接一 10uF/16V 電容及 2K 電阻，即可得 $10\mu s \times 2K = 20Ms$ 之 Reset 時間，此時間可避免剛開機時電源尚不穩導致程式錯亂之情形。
2. 第 18, 19 PIN 為石英振盪器接腳，提供程式執行時所須之時間脈波。
3. RST 腳 (PIN9)，接一 10uF/16V 電容及 2K 電阻，即可得 $10\mu s \times 2K = 20Ms$ 之 Reset 時間，此時間可避免剛開機時電源尚不穩導致程式錯亂之情形。
4. 第 29, 30, 31PIN 為外部記憶體控制腳，本專題使用 8051 內部記憶體，故此 3PIN 均未使用，因此各接 10K 拉至 5V。
5. 第 1 PIN 為濕度偵測輸入腳。
6. 第 2 PIN 為溫度偵測輸入腳。
7. 第 35, 36 PIN 為調光燈泡繼電器控制控制腳。
8. 第 37 PIN 為加溫燈泡繼電器控制控制腳。
9. 第 38 PIN 為噴水器繼電器控制控制腳。
10. 第 38 PIN 為風扇繼電器控制控制腳。

(C) 溼度感應電路：

由溼度感測器(越溼阻值越低)偵測溼度，並依分壓原理得到溼度變化造成電壓變化，50K VR 可調整溼度啟動準位，再經 LM358 運算放大器當比較器，即可得 0V(乾時)或 5V(溼時)輸入至 8051 第 1 PIN。

(D) 溫度感應電路：

由熱敏電阻(越熱阻值越低)偵測溫度，並依分壓原理得到溫度變化造成電壓變化，5K VR 可調整溫度啟動準位，再經 LM358 運算放大器當比較器，即可得 0V(冷時)或 5V(熱時)輸入至 8051 第 2 PIN。

- (E) 石英振盪器
石英振盪器，提供程式執行時所須之時間脈波，本電路採 11.059MHz 頻率。
- (F) 調光燈泡 2 / 繼電器控制電路
8051 控制一電晶體，ON(High)時繼電器導通此時端子座輸出 AV220V，OFF(Low)時繼電器不通此時端子座無輸出電壓，端子座可外接燈泡。
- (G) 調光燈泡 1 / 繼電器控制電路
8051 控制一電晶體，ON(High)時繼電器導通此時端子座輸出 AV220V，OFF(Low)時繼電器不通此時端子座無輸出電壓，端子座可外接燈泡。
- (H) 加溫燈泡 / 繼電器控制電路
8051 控制一電晶體，ON(High)時繼電器導通此時端子座輸出 AV220V，OFF(Low)時繼電器不通此時端子座無輸出電壓，端子座可外接燈泡。
- (I) 噴水器 / 繼電器控制電路
8051 控制一電晶體，ON(High)時繼電器導通此時端子座輸出 AV220V，OFF(Low)時繼電器不通此時端子座無輸出電壓，端子座可外接噴水器。
- (J) 風扇 / 繼電器控制電路
8051 控制一電晶體，ON(High)時繼電器導通此時端子座輸出 DV12V，OFF(Low)時繼電器不通此時端子座無輸出電壓，端子座可外接風扇。

(二) 溫溼度自動控制系統之流程圖

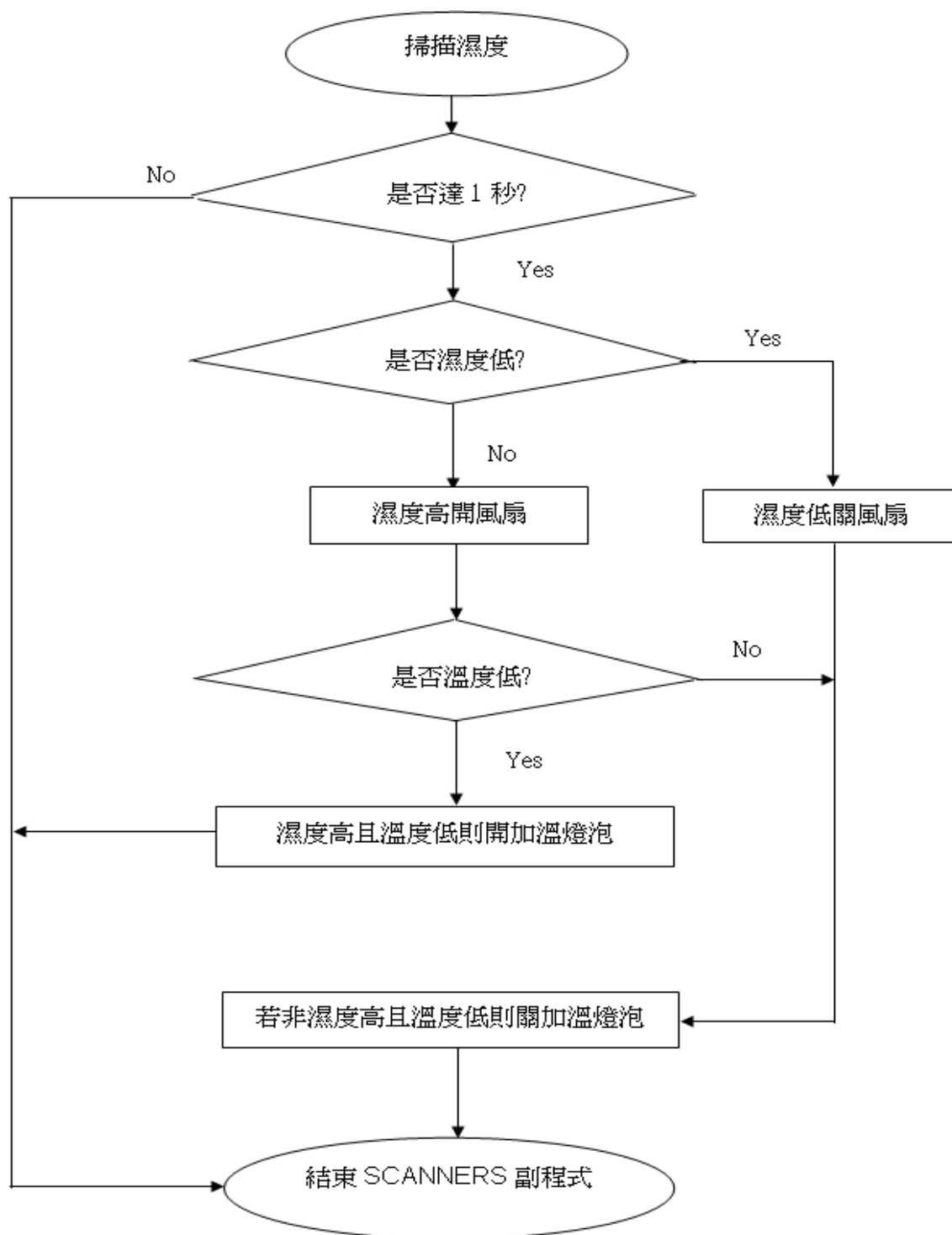


圖 2-2-3 掃描濕度、溫度感測器控制風扇、加溫燈泡副程式流程圖

表 3-3-1 溫度自動控制系統材料表

編號	品名	用途	參考單價	數量
1	(IC) 8951 單晶片	微處理器(CPU)	\$150	1 顆
2	110Vac 轉 15Vac 變壓器	提供 AC 15V 電源	\$60	1 顆
3	7805	提供 5V 穩壓	\$18	1 個
4	7812	提供 12V 穩壓	\$18	1 個
5	二極體 1N4004	提供電源整流	\$3	2 個
6	電解電容 1000uF/16V	提供電源整流	\$8	2 個
7	石英振盪器 11.059MHZ	提供 8951 工作時脈	\$18	1 個
8	9P 排阻 10K Ω (1/4W)	Pull high 電路設計	\$8	1 個
9	電解電容 10uF/16V	Reset 電路設計	\$4	1 個
10	電阻 2K Ω (1/4W)	Reset 電路設計/RELAY 電路	\$1	6 個
11	LED(發光二極體)	電源顯示燈	\$3	1 個
12	LM358	比較器 IC	\$10	1 個
13	IC 腳座(4X2 PIN)	LM358 腳座	\$3	1 個
14	電阻 680 Ω (1/4W)	LED 限流	\$1	2 個
15	陶瓷電容 20p	振盪電路	\$1	2 個
16	電阻 56K Ω (1/4W)	濕度感應電路	\$1	1 個
17	電阻 1k Ω (1/4W)	熱感應電路	\$1	1 個
18	可調電阻 50K Ω (1/4W)	濕度感應電路	\$10	1 個
19	可調電阻 5K Ω (1/4W)	熱感應電路	\$10	1 個
20	積層電容 0.1u	濾雜訊電路	\$1	1 個
21	電晶體 C1815	控制 RELAY 電路	\$2	5 個
22	二極體 1N4004	控制 RELAY 電路	\$1	5 個
23	電解電容 100uF/16V	比較器輸出濾雜訊	\$5	2 個
24	繼電器	控制外接零件	\$30	7 個
25	雙刀開關	電源開關	\$10	1 個
26	端子座(2 P)	外接零件	\$10	5 對
27	IC 腳座(20X2 PIN)	8951 腳座	\$5	1 個
28	C2-M3 濕度感測器	濕度感應電路	\$300	1 個
29	1.5K 熱敏電阻	熱感應電路	\$15	1 個
30	風扇	電路板	\$80	1 個
31	噴水器	焊接零件	\$300	1 個
32	燈泡	電路板	\$20	3 個
33	PC 板	焊接零件	\$60	1 片
34	焊錫	焊接零件	\$120	1 捆
35	OK 線	焊接電路	\$200	1 捆
36	電源線(含插頭)	接 AC 110V 電源	\$18	1 條

(三) 專題製作工作分配及進度安排

前置作業進度：資料收集，分析討論，決定題目。

預計完成再需時間：約 1 個月

進度 A. 硬體製作

1. 研究電路圖：
2. 搜尋, 購買材料：
3. 焊接電路板：
4. 檢查焊線及零件焊接是否正確：
5. 整合軟體 Debug：
6. 整合測試：

進度 B. 軟體製作

1. 研究程式資料：
2. Key in 程式碼：
3. 程式碼加註解：
4. 檢查程式碼及註解是否正確：
5. 編譯及燒錄 8051 程式：
6. 整合硬體 Debug：
7. 整合測試：

進度 C. 報告書編撰

研究電路圖及程式資料：

1. 搜尋參考技術文件：
2. 報告書相關內容打字：
3. 整合編輯相關文件：
4. 檢查報告書內容是否正確：
5. 報告書列印編冊：

(四) . 溫濕度控制系統測試方法:

A. 電源部份:

1. 接上 AC110V 電源 .
2. 用三用電表檢測 7812 第三腳輸出是否為 DC12V .
3. 用三用電表檢測 7805 第三腳輸出是否為 DC5V .
4. 檢視 LED 電源燈是否亮 .
5. 若以上各項有誤, 則檢查電源部份電路是否焊接錯誤 .

B. 濕度感測部份:

1. 用三用電表檢測 IC LM358 第一腳, 若 5V 表示濕度高, 0V 表示濕度低 .
2. 調整濕度感測 VR(可變電阻) 50k, 一直到 LM358 第一腳電位變化(5V->0V 或 0V->5V), 此時 VR 值即對應目前環境濕度 .
3. 小幅調整濕度感測 VR 讓 LM358 第一腳輸出為 0V(濕度低) .
4. 用嘴對濕度感測器哈氣, 檢視 LM358 第一腳輸出是否變為 5V(濕度高) .
6. 若以上各項有誤, 則檢查濕度感測部份電路是否焊接錯誤 .

C. 溫度感測部份:

1. 用三用電表檢測 IC LM358 第七腳, 若 5V 表示溫度高, 0V 表示溫度低 .
2. 調整溫度感測 VR(可變電阻)5k , 一直到 LM358 第七腳電位變化(5V->0V 或 0V->5V), 此時 VR 值即對應目前環境溫度 .
3. 小幅調整溫度感測 VR 讓 LM358 第七腳輸出為 0V(溫度低) .
4. 用打火機對溫度感測器加熱, 檢視 LM358 第七腳輸出是否變為 5V(溫度高) .
5. 若以上各項有誤, 則檢查溫度感測部份電路是否焊接錯誤 .

D. 風扇控制部份:

1. 用嘴對濕度感測器哈氣, 讓濕度變高 .
2. 檢視風扇是否啟動 .
3. 若以上各項有誤, 則檢查風扇控制部份電路是否焊接錯誤 .

E. 加溫燈泡控制部份：

1. 讓濕度變高溫度變低情況下 .
2. 檢視加溫燈泡是否啟動 .
5. 若以上各項有誤, 則檢查加溫燈泡控制部份電路是否焊接錯誤 .

F. 8051 CPU 部份：

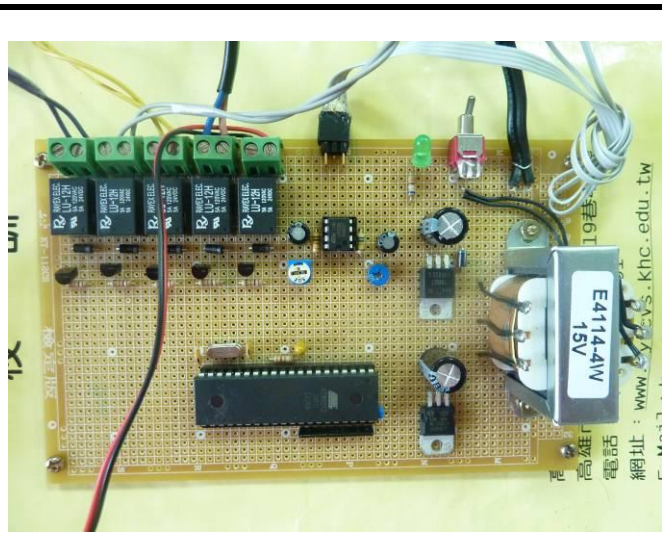
1. 檢視 8051 程式是否正常執行 .
5. 若以上各項有誤, 則檢查加 8051 CPU 部份電路是否焊接錯誤 .

肆、製作成果

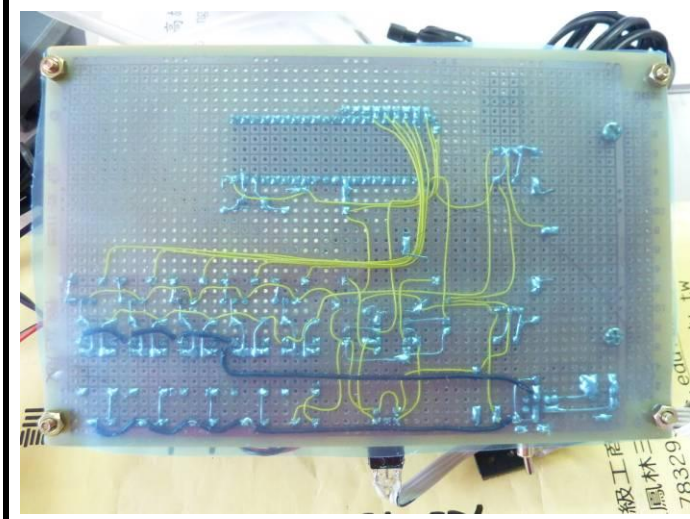
製作過程相片



照片說明 圖 3-1-1 電路板與控制部分



照片說明 圖 3-1-2 焊接電路部分(正面)



照片說明 圖 3-1-3 焊接電路部分(背面)



照片說明 圖 3-1-4 實驗成品

伍、結論

每一次研究出一個主題,都是一次刻骨銘心的作品,從買材料,製作電路圖,流程圖,完成作品,等都有一次很好的收穫.

參考文獻

1. 戴國圓, 8051 單晶片微電腦入門, 台灣: 復文興業股份有限公司
2. 郭庭吉, 8051 單晶片微電腦專題製作, 台科大圖書
3. 鍾明政, 1999, 單晶片 8051 原理與實作, 台中市: 長高企業公司
4. 蔡朝洋, 2007, 單晶片電腦 8051/8951 原理與應用, 台北縣: 全華圖書公司
5. 長高企業, 1998, U3-TARGET 單晶微電腦實驗裝置, 台中市: 長高企業公司。
6. 林明德, WonDerSun, 2008, 專題製作-電子電路篇, 台北縣: 台科大圖書公司

附錄一 溫室自動控制系統之程式碼

```
FIVESECF    REG  20H.0
TIMEF       REG  20H.1
FIVESEC     EQU  25H
LIGHTP      EQU  26H
;-----
;腳位定義
;-----
FAN         reg   P0.0 ;風扇繼電器
WATER       reg   P0.1 ;噴水繼電器
HOTLT       reg   P0.2 ;加溫燈泡繼電器
LT1         reg   P0.3 ;調光燈泡1繼電器
LT2         reg   P0.4 ;調光燈泡2繼電器
HUMSR       reg   P1.0 ;濕度感應
HEATSR      reg   P1.1 ;熱敏感應

;=====
; 8951 ROM 程式碼區
;=====
        .CODE
        .ORG  0
LJMP     START
        .ORG  0bH
        jmp   TIMEISR      ;T0
        .ORG  100H

;-----
; 初始化
;-----
START:
```

```

CLR    LT1          ;關調光燈泡 1 繼電器
CLR    LT2          ;關調光燈泡 2 繼電器
CLR    FAN          ;關風扇繼電器
CLR    WATER        ;關噴水繼電器
CLR    HOTLT        ;關加溫燈泡繼電器

        MOV    SP, #61h      ;設定堆疊
        CLR    A
        MOV    R0, #01      ;CLEAR RAM 01 -- 60H
$10     MOV    @R0, A
        INC    R0
        CJNE   R0, #60H, $10

;設定 T0 16 位元計時器
        MOV    TMOD, #01010001B

;設定 timer0 50ms 中斷
        mov    t10, #<(65535-50000) ;12M Hz
        mov    th0, #>(65535-50000)
        MOV    FIVESEC, #100      ;50msx100=5 秒

;Enable T0
        MOV    IE, #10000010b

;啟動 T0 系統時鐘
        SETB   TR0                ;start t0

;-----
; 主流程
;-----
MAINLOOP:
        CALL   SCANSRS            ;掃描 SENSER
        CALL   SETLIGHT          ;調亮度
        SJMP  MAINLOOP           ;跳回主迴路

```

```

;-----
; 系統時間 Timer0 中斷副程式(50 ms interrupt.)
;-----

```

```

TIMEISR:                                ;T0 系統時間
    push    a                            ; Save Acc.
    push    b
    push    psw
    clr    rsl    ; Select Bank 1
    setb   rs0
    CLR    TR0
    mov    th0, #>(65535-50000)
    mov    t10, #<(65535-50000)
    SETB   TIMEF
    djnz   FIVESEC,$100    ;Check over 5 sec.
    mov    FIVESEC,#100    ;reset counter
    SETB   FIVESECF
$100
    SETB   TR0
    pop    psw
    pop    a
    pop    b
    reti

```

```

;-----
; 掃描 SENSR
;-----

```

```

SCANSRS:
    JBC    TIMEF,$05
    JMP    $1000

```

\$05

JB HEATSR, \$10

CLR FAN ;溫度低關風扇

SETB HOTLT ;溫度低開加溫燈泡

SJMP \$15

\$10

SETB FAN ;溫度高開風扇

CLR HOTLT ;溫度高關加溫燈泡

\$15

JB HUMSR, \$20

SETB WATER ;濕度低開噴水器

SJMP \$25

\$20

CLR WATER ;濕度高關噴水器

\$25

\$1000

RET ;結束掃描

;-----

; 調整燈泡亮度

;-----

SETLIGHT:

JBC FIVESECF, \$05

JMP \$1000

\$05

INC LIGHTP

MOV A, LIGHTP

CJNE A, #1, \$20

SETB LT1 ;開調光燈泡 1

CLR LT2 ;關調光燈泡 2

```

    JMP    $500
$20
    CJNE  A, #2, $30
    SETB  LT1      ;開調光燈泡 1
    SETB  LT2      ;開調光燈泡 2
    JMP    $500
$30
    CJNE  A, #3, $40
    CLR   LT1      ;關調光燈泡 1
    SETB  LT2      ;開調光燈泡 2
    JMP    $500
$40
    CJNE  A, #4, $500
    SETB  LT1      ;開調光燈泡 1
    SETB  LT2      ;開調光燈泡 2
    MOV   LIGHTP, #0 ;循環
$500
$1000
    RET      ;結束

; 程式結束
;=====
                END

```