

逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：

太陽能追日系統之設計與製作

The Design and Implementation of Solar Tracking System

作者：吳宗樺、劉書榮、黃秋福、劉彥廷、賴穎儒

系級：電機工程學系 二乙

學號：D0073926、D0041614、D0075000、D0073885、D0073960

開課老師：何子儀

課程名稱：微處理機系統實習

開課系所：電機工程學系

開課學年：101 學年度 第 2 學期



中文摘要

全球環境暖化，物資與石油資源日益耗盡的情況下，世界各國開始努力開發替代能源，積極研發使用綠能來取代礦物質燃料發電。由於太陽能發電設備產品的壽命可以長達 20 年以上，而且低污染與環保節能，因此，太陽能目前應用至今是最廣泛最普遍的替代能源。

太陽能追日系統主要設計為讓太陽能板轉換電能能夠提高效率，使太陽能電池發揮到最大的功率。初期太陽能電池是以固定方位來吸收陽光發電，即其所謂的被動式太陽能發電。科技的進步演變成智慧型主動式的太陽能發電，而主動式又可分為單軸追日與雙軸追日。

本專題主要研究以簡單感光控制電路原理加以分析光譜訊號，並將其類比訊號轉換為數位訊號饋送至 AT89S52 微控制器。AT89S52 微控制器將接收到之數據加以判斷，使其改變馬達驅動之訊號。最後，將其馬達驅動訊號饋送至馬達驅動電路，藉以推動馬達使其旋轉，並且達到雙軸追日系統之效果。

關鍵字：微控制器、太陽能追日系統、馬達驅動電路

Abstract

The impact of global warming and the lack of materials and oil resources. The world began efforts to develop alternative energy sources and actively develop green energy to replace the use of fossil fuels to generate electricity. Solar energy is currently the most widely used today. The solar power generation equipment can be used more than twenty years and less polluting to the environment.

Solar tracking system is primarily designed to improve energy conversion efficiency of the solar panels. Initially, solar cells based on a fixed direction to generate electricity from sunlight, it is called passive solar power. With the advancement of technology, the passive solar power becomes to automatic solar power. The automatic solar power can be divided into single-axis tracking system and two-axis tracking system.

The main purpose of this project is to design a light-sensing control circuit that can transform the light source signal to the electric analog signal. Consequently, the analog signal is converted to the digital signal via the ADC converted and fed to the microcontroller. The AT89S52 microcontroller will receive and analyze the data and change the motor drives signal. Finally, the motor driving signal to be fed to the motor drive circuit, in order to promote the rotation of the motor and achieve the effect of two-axis tracking system.

Keyword :

AT89S52, solar tracking system, motor drives circuit

目 次

中文摘要.....	i
Abstract.....	ii
目 次.....	iii
第一章 緒論.....	1
第二章 系統功能.....	3
第三章 系統架構.....	6
第四章 實驗結果與操作說明.....	14
第五章 結論與討論.....	16
第六章 組員工作劃分.....	18
第七章 工作日誌.....	19
第八章 心得.....	20
附錄.....	23

第一章 緒論

太陽能追日系統是為了讓太陽能射光有效的與太陽能電池板受光面垂直，提高此系統的光吸收量，提高發電功率。一般所見的單軸追日系統是依據太陽所在之位置，進行單一方向移動或是方位角轉動來追蹤太陽，主要用於不需要高度精度追蹤（單軸只能單一方向，所以會有南北方向的誤差且無法改善）、但因低製造成本，所以單軸通常與矽太陽能電池（Silicon-base Solar Cells）系統搭配。然而雙軸追日系統為依據太陽所在之位置，從東至西以及從南至北兩個軸向（兩旋轉均與地面平行）轉動，或是依據仰角與方位角轉動來追蹤太陽，其主要應用於要求高精度追蹤及高聚光型系統。

太陽能發電可大致分光發電和熱發電兩種，其特點包含：

1. 太陽能電池可將光能直接轉換為直流電流
2. 無需燃料，環保節能與噪音。
3. 太陽能電池使用壽命最高可長達二十年以上。
4. 太陽能電池的發電量大小隨著日光強度改變，可以輔助尖峰時段電力不足的缺點。

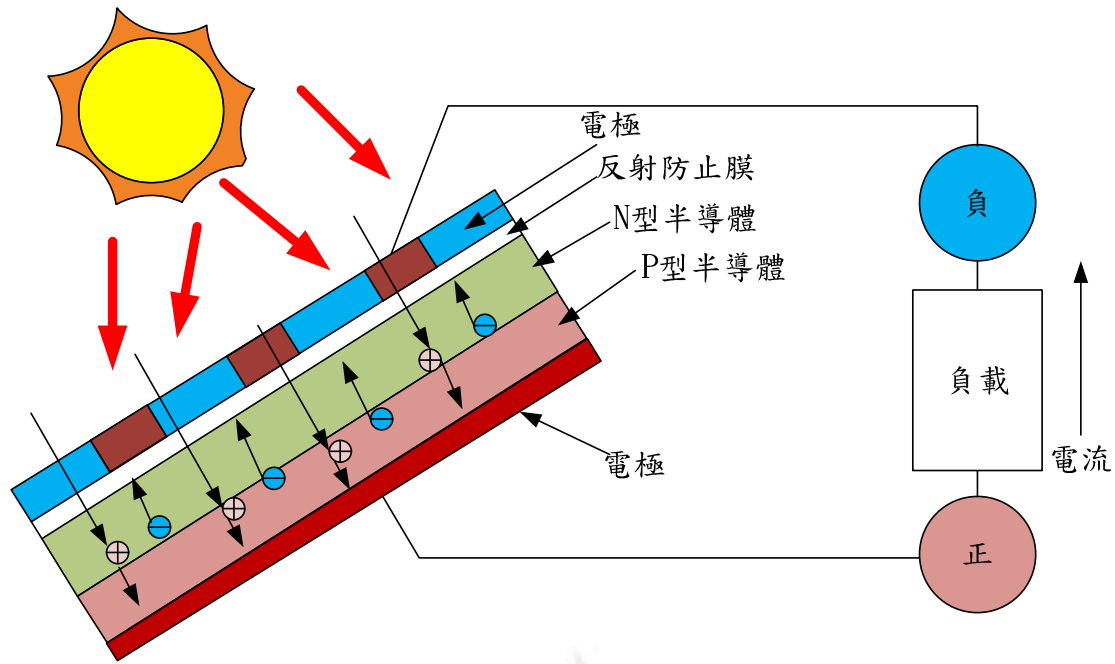


圖 1.1 光伏特效應

光電效應是於 1887 年由德國的物理學家海尼赫茲實驗發現的，但其理論一直到 1905 年，才由愛因斯坦使用光子的概念成功解釋。光電效應主要是描述當光線照射到金屬表面，金屬內的電子吸收光子的能量使其脫離金屬的束縛力而成為自由電子產生光電流的現象。光電效應一般而言是指光子照射到金屬表面，金屬內的電子吸收足夠的光子能量，離開金屬，成為真空介質中的自由電子。光伏特效應一般而言是描述光子射到半導體 pn 二極體內產生電子電洞對，電子與電洞因半導體 pn 接面形成的內建電場作用而分離，電子和電洞往反方向各自傳輸至二端電極來產生輸出功率的電壓伏特值。

第二章 系統功能

本專題設計太陽能追日系統，其主要功能是可以偵測光源和轉向光源位置。本專題在太陽能板裝置之四邊及中心處放置光敏電阻，並且利用光敏電阻開關電路將其類比訊號轉換為數位訊號，並將其訊號饋送至 AT89S52 微控制器加以分析及處理。

2.1. X 軸部分：

當 D 位置的光敏電阻接收到較強烈的太陽光時，流經 D 位置的電壓值較大，C 位置的光敏電阻接收到的電壓值相對較小。經過 AT89S52 微控制器運算後，馬達接受逆時針旋轉的訊號，開始旋轉。C 與 D 光敏電阻不斷將訊號送回晶片，反轉到 E 或 A、B 光敏電阻有訊號的時候，馬達即刻停止運轉，並且呼叫 Y 軸轉動程式，其 X 軸部分向東追日示意圖如圖 2.1 所表示。

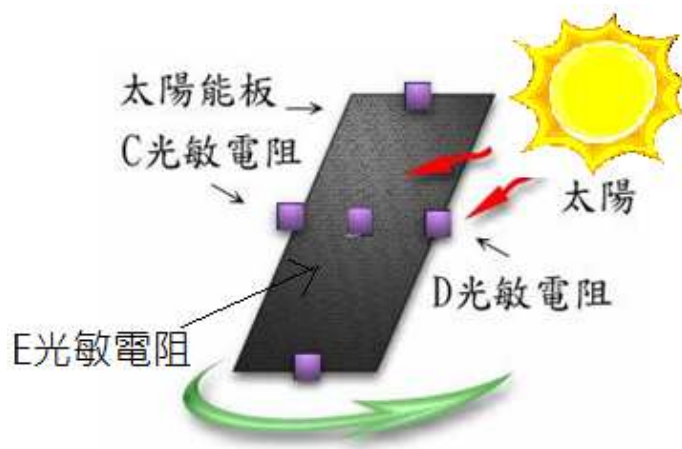


圖 2.1 向東追日示意圖

反之亦然，當 C 位置光敏電阻接收到較強烈的太陽光時，流經的電壓較大，D 位置光敏電阻接受到的電壓值相對較小。經過 AT89S52 微控制器運算後，馬達接受逆時針旋轉的訊號，開始旋轉。C 與 D 光敏電阻不斷將訊號送回晶片，反轉到 E 或 A、B 光敏電阻有訊號的時候，馬達即刻停止運轉，並且呼叫 Y 軸轉動程式，其 X 軸部分向西追日示意圖如圖 2.2 所表示。

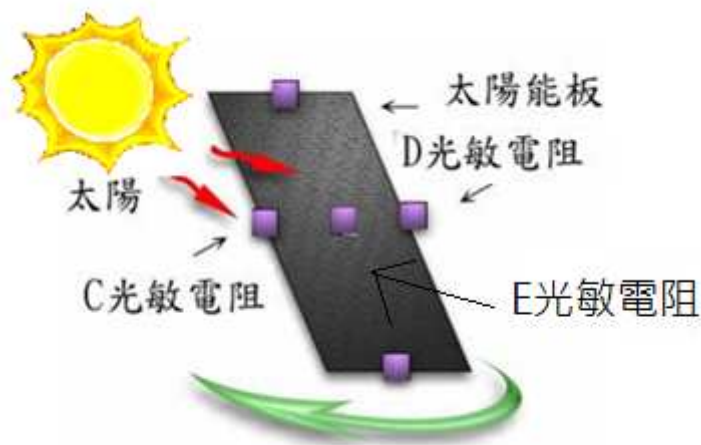


圖 2.2 向西追日示意圖

2.2. Y 軸部分：

當 X 軸完成轉動後，另外兩顆光敏電阻會感應到訊號，當 A 光敏電阻接收到較強烈的太陽光時，流經的電壓值較大，B 光敏電阻接受到的電壓值相對較小。經過 AT89S52 微控制器運算後，馬達接受訊號，開始逆時針旋轉。A 和 B 光敏電阻持續將訊號送回晶片，轉到當 E 光敏電阻接收到訊號的時候，馬達即刻停止運轉。其 Y 軸部分

向南追日示意圖如圖 2.3 所表示。

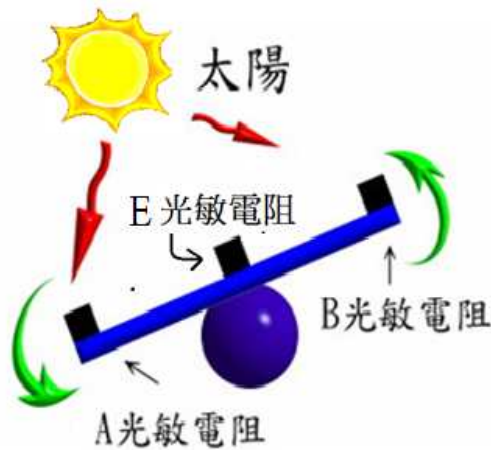


圖 2.3 向南追日示意圖

反之亦然，若當 B 光敏電阻接受到較強烈的太陽光時，流經的電壓值較大，A 光敏電阻接受到的電壓值相對較小。經過 AT89S52 微控制器運算後，馬達接受訊號，開始順時針旋轉。A 與 B 光敏電阻不斷將訊號送回晶片，轉到當 E 光敏電阻接收到訊號的時候，馬達即刻停止運轉。其 Y 軸部分向北追日示意圖如圖 2.4 所表示。

主要讓太陽能板能夠順著太陽東升西落的特性而動作。

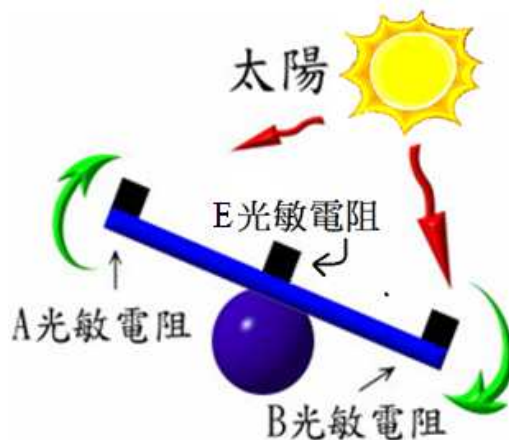


圖 2.4 向北追日示意圖

第三章 系統架構

本專題設計與製作太陽能追日系統，本章節將分為硬體架構與軟體架構兩方面進行詳細的介紹。

A. 硬體架構

本系統設計之硬體電路元件包括(1)AT89S52、(2)ADC0804、(3)74244、(4)74138、(5)光敏電阻、(6)電晶體、(7)七段顯示器、(8)太陽能板以及(9)馬達等九部份，其硬體架構圖如圖 3.1 所示。

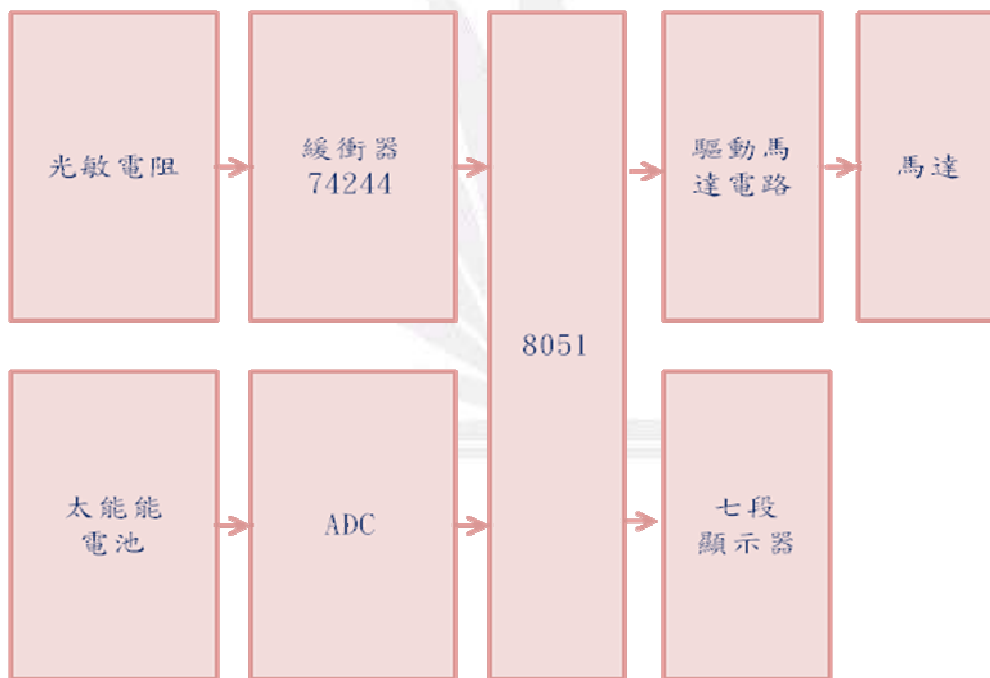


圖 3.1 硬體架構

3.1. AT89S52 微控制器

AT89S52 單晶片微電腦是一個 40 隻接腳的超大型積體電路，接腳的排列如圖 3.3 所示。

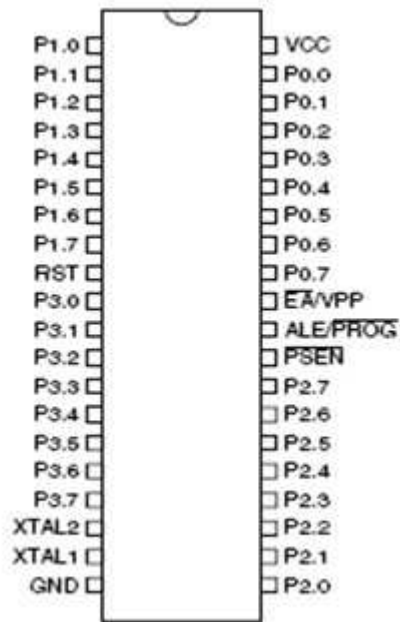


圖 3.3 AT89S52 腳位圖

3.2. ADC0804 類比數位轉換器

所謂 A/D 轉換器，就是經常被拿來使用的類比/數位轉換器 (Analog to Digital Converter 簡稱 ADC)，主要功能是將輸入的類比訊號轉換成為數位訊號。

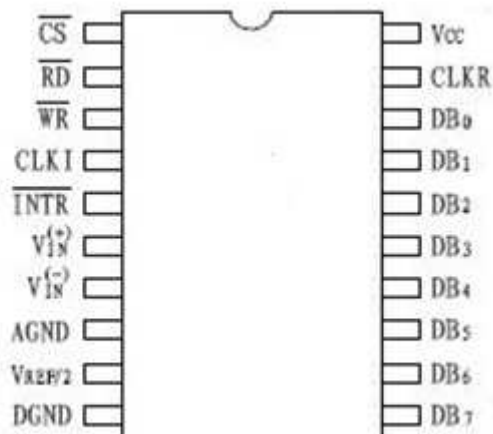


圖 3.4 ADC0804 腳位圖

表 3.1 ADC0804 電壓輸入與數字輸出關係

十六進位制編碼表示法	二進位制編碼表示法	與滿刻度的比率		相對電壓值 VREF=2.560 伏	
		高四位字節	低四位字節	高四位字節電壓	低四位字節電壓
F	1111	15/16	15/256	4.800	0.300
E	1110	14/16	14/256	4.480	0.280
D	1101	13/16	13/256	4.160	0.260
C	1100	12/16	12/256	3.840	0.240
B	1011	11/16	11/256	3.520	0.220
A	1010	10/16	10/256	3.200	0.200
9	1001	9/16	9/256	2.880	0.180
8	1000	8/16	8/256	2.560	0.160
7	0111	7/16	7/256	2.240	0.140
6	0110	6/16	6/256	1.920	0.120
5	0101	5/16	5/256	1.600	0.100
4	0100	4/16	4/256	1.280	0.080
3	0011	3/16	3/256	0.960	0.060
2	0010	2/16	2/256	0.640	0.040
1	0001	1/16	1/256	0.320	0.020
0	0000			0	0

本專題利用 ADC0804 來計算太陽能電池所追蹤到陽光轉換的電能大小傳送給 AT89S52 顯示電壓值，其電壓之範圍是 0~5 V。因此，本專題利用電阻分壓定律降到 5 V 的範圍數據在利用 AT89S52 數學運算轉換回 12v 的電壓值。

3.3. 74138 解碼器

74LS138 是 3 個輸入 8 個輸出的解碼晶片，應用在 3 線二進位輸入，可以轉成 8 選 1 的選擇輸出。而我們在這裡使用 74LS138 讓 32

個控制腳簡化成 4 個輸出控制。

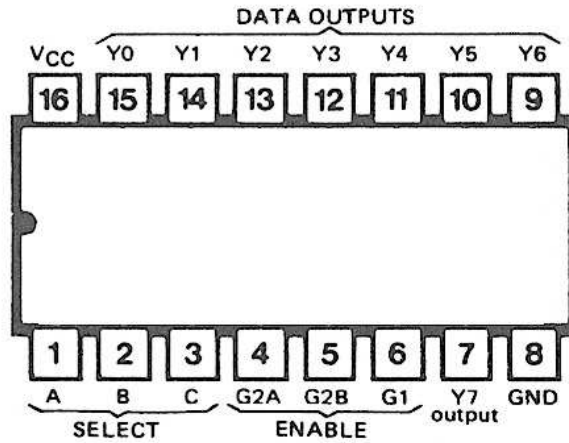


圖 3.5 74138 接腳圖

因為此專題設計電路的 AT89S52 輸出腳位的不足，因此需要利用解碼器來 2x4 來解碼控制四顆七段顯示器的輸出。

表 3.2 74138 真值表

74LS138

Inputs			Outputs											
Enable		Select												
G1	G2	C	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7		
X	H	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H		
L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H		
H	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H		
H	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H		
H	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H		
H	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H		
H	L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H		
H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H		
H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H		
H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L		

3.4. 74LS244 緩衝器

74LS244 都有放大的功能，因為有放大的功能，所以可以取代數量龐大的電晶體使用。

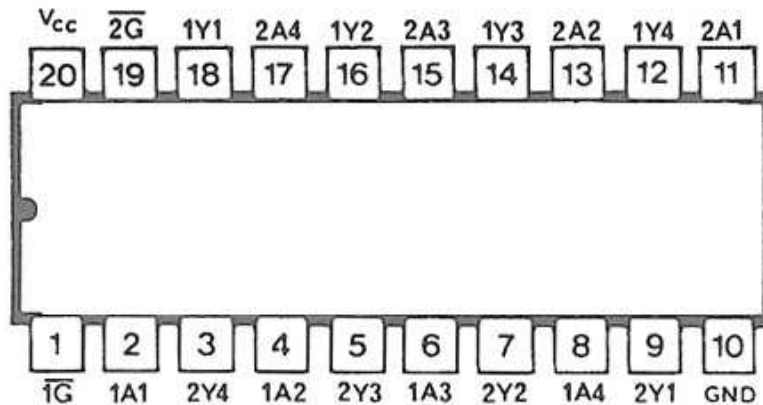


圖 3.6 74244 接腳圖

因為光敏電路的電晶體輸出電壓值無法讓 AT89S52 偵測到是 0 與 1 的訊號，就利用緩衝器讓訊號更穩態已經提高輸出電壓使 AT89S52 穩定接收訊號。

表 3.3 74244 真值表

Inputs		Output
\overline{G}	A	Y
L	L	L
L	H	H
H	X	Z

3.5. 光敏電阻

光強度增加，則光敏電阻值減小；光強度減小，則光敏電阻值增大。光敏電阻並聯一顆電阻進行分壓，接受到設定陽光使電晶體導通輸出數位訊號。

此專題實作設有五個光敏電阻來判斷光源位置。以 R3 為光敏電阻，R2 為設定的 470 歐姆，利用分壓公式，當光源照著光敏電阻為 340 歐姆時候分壓到 1.4v 讓電晶體導通。R2 的設定是依照接收光源的距離與強度而設定，我們考量到室內的日光燈的影響所以將 R2 的電阻值調設較低使我們檢測方便。

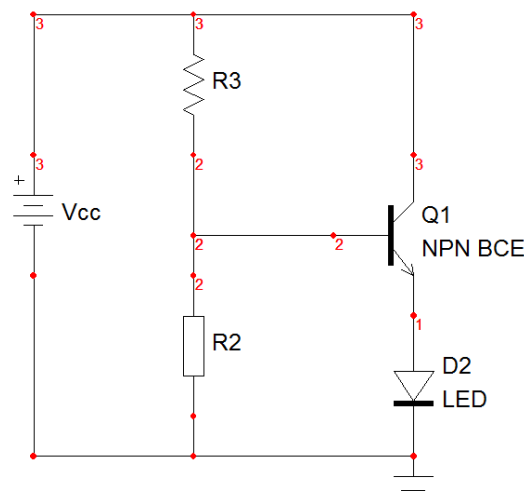


圖 3.7 光敏電阻電路

此專題實作我們使用的是分壓發轉換電路。

電阻轉換電路又可分為：

1. 分壓法

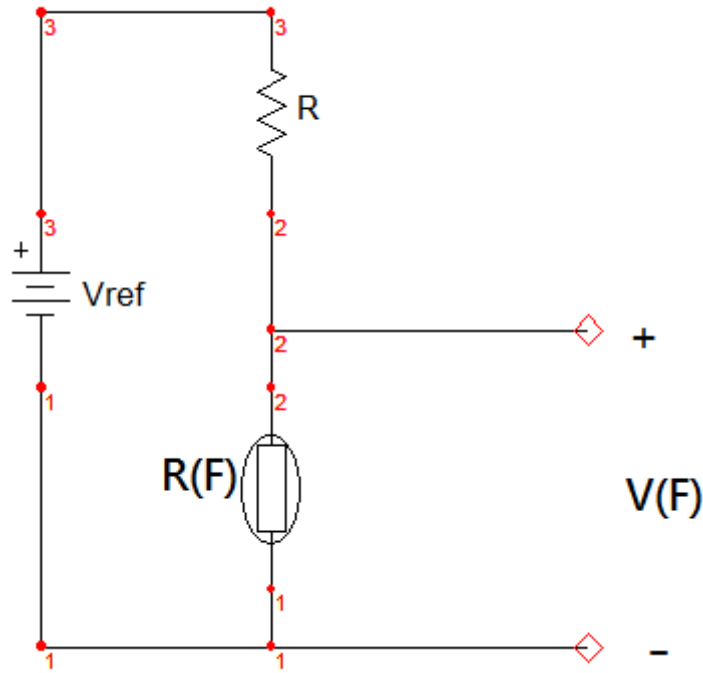


圖 3.8 分壓電路

$$\downarrow V(F) = \frac{R(F)}{\uparrow R + R(F)} \times V_{ref}$$

分母含有變數會產生非線性

$$V(F) = \frac{R(0) + \alpha F}{R + R(0) + \alpha F} \times V_{ref}$$

若 $R \gg R(F)$

$$\cong \frac{R(0) + \alpha F}{R + R(0)} \times V_{ref}$$

B. 軟體架構

AT89S52 收到訊號後使馬達開始水平旋轉，當旋轉至光點位置時，光敏電阻產生訊號並傳送至 AT89S52，使太陽能板轉向光點位置，當中心點的光敏電阻產生訊號時，太陽能板的轉動停止，如果光源消失就重複上述動作。

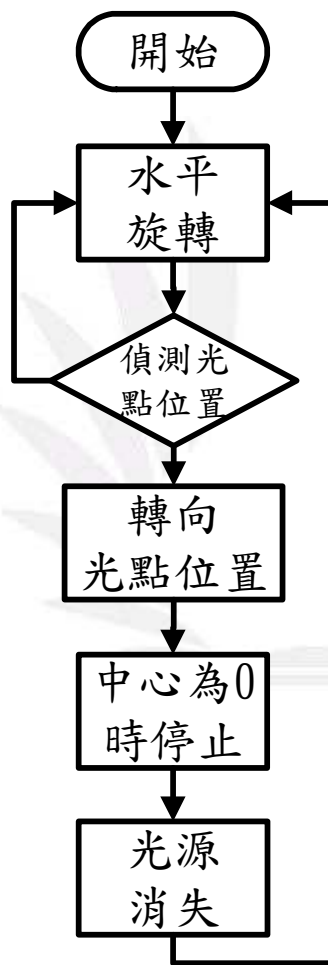


圖 3.9 程式流程圖

第四章 實驗結果與操作說明

圖 4.1 和圖 4.2 為太陽能追日系統成品圖，主要架構由壓克力板、馬達、太陽能板以及經過設計後的電路所構成。

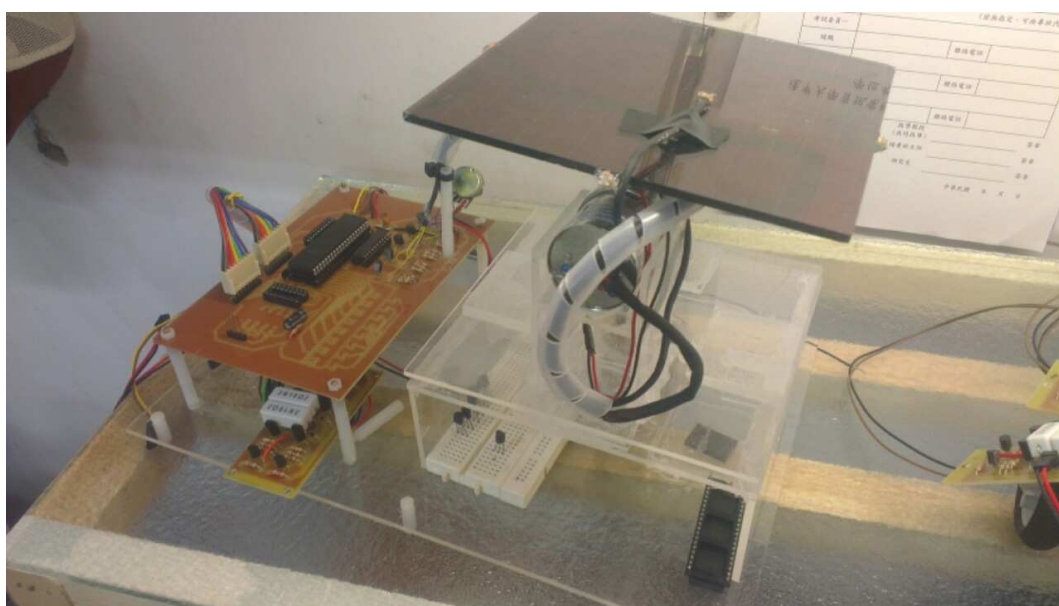


圖 4.1 太陽能追日系統成品正視圖

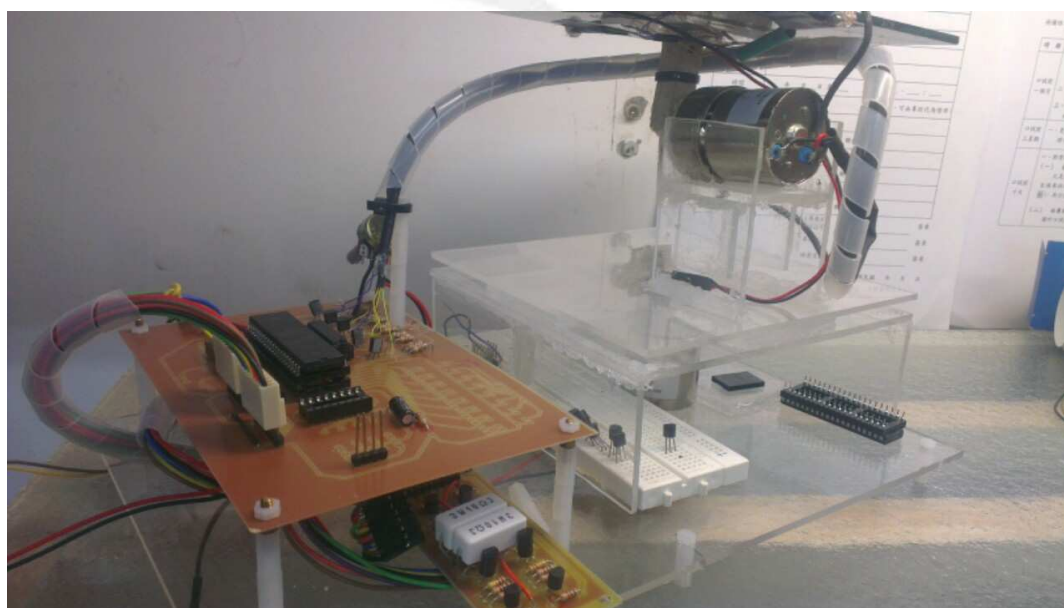


圖 4.2 太陽能追日系統成品側視圖

4.1 操作說明

1. 操作方法非常的簡單，用一顆燈泡當作定點光源。
2. 在太陽能板四個位置的光敏電阻照射光源。
3. 當光敏電阻偵測到光源將分壓使電晶體導通輸出 5V 訊號給 AT89S52。
4. AT89S52 就會啟動馬達運轉，讓太陽能板就會轉向光源位置。
5. 陽光消失時，馬達將會自動水平運轉去偵測陽光的位置。

4.2 實驗結果

1. 完成預期的追蹤模式，能夠追蹤到所偵測的光源位置。
2. 當陽光消失，能水平運轉去尋找陽光。
3. AT89S52 有時運作會過熱，需要休息再啟動操作，覺得是馬達驅動電路的 12v 電壓回流，使 AT89S52 過熱。
4. 光源的輻照度必須夠亮才能驅動感光電路，不然要將光源靠近感光元件。
5. 光敏電阻電路的輸出結果穩定，電壓值夠大，數據變化速率也夠快。

第五章 結論與討論

我們起初專題嘗試以 OPA 放大器去做比較與類比轉數位所構成的硬體電路去分析給晶片進行運算。在經過幾次實驗與設計後，電路會過於複雜且出錯難於找尋問題處，因此決定以最簡單的感光元件光敏電阻來完成光譜分析，嘗試以軟體程式來加強判斷運作方式來進行追蹤太陽。

本專題設計並完成製作太陽能追日系統，基本上硬體著重在研究光敏電阻光照度與電晶體導通的關係，我們了解在電晶體導通的條件下探討感光元件的放置位置下能夠有效的去追蹤陽光，以及在什麼光照度條件下應該利用多少電阻值去分壓使在最大光伏照太陽能板電池下輸出最大的功率。我們也將在中心點的光敏電阻的分壓電阻設為可調電阻，因為室內操作的陽光輻照不同會因場地的光照度影響，因此需要在不同條件下調至適合的電阻分壓讓陽光追蹤到適合的最大陽光位置。

在軟體上我們因為時間的關係，無法呈現更精準與完整的控制。我們主要著重研究如何去接收多點光敏電阻元件去判斷兩顆馬達運轉。因為追蹤陽光需要考慮角度的問題，以及馬達轉動至該點位置方法，讓我們團隊懊惱許久，最後我們以優先權的方式某點偵測到陽光

就該馬達轉動，將馬達運轉程式的速度調至緩慢，讓光敏電阻偵測到陽光時，馬達不會運轉過度偏離角度。

5.1 改進方向

- 1.將光敏電阻的擺置位置調至到更精確與更大範圍接收陽光，探討各感測器之間放置距離與收光範圍。
- 2.增加感光元件數量，提高偵測範圍及參考數據。
- 3.擴充使用 LCD 模組，隨時顯示太能板所得功率以及太陽光輻照度。
- 4.馬達控制的精準度，馬達速度可改進到適合的速度加快追蹤陽光。
- 5.改善光敏電阻，選擇較精密且性質相近的光敏電阻或感光元件。
- 6.可探討追蹤系統的太陽能板輸出電流充電到電池所獲得效率。
- 7.架構的設計可改進更穩固利用一些材料去加固馬達運轉。
- 8.探討馬達反轉的控制與更強馬達驅動電路，因為實驗中反轉的轉力較小。
- 9.設定時間，當時間運轉到晚上讓追蹤系統轉換成休息模式，到隔天早晨啟動偵測模式去追蹤陽光。

第六章 組員工作劃分

組員姓名	工作分配
劉書榮	報告撰寫、電路模擬、洗板子、焊接
吳宗樺	報告撰寫、鑽孔、程式撰寫、洗板子
黃秋福	材料準備、資料收集、程式撰寫
賴穎儒	報告撰寫、畫電路圖、Layout
劉彥廷	Layout、設計電路、畫電路圖



第七章工作日誌

5 月 14 號	5 月 15 號	5 月 18 號	5 月 21 號
吳宗樺 黃秋福 程式撰寫	吳宗樺 程式撰寫	吳宗樺 程式撰寫	黃秋福 改裝架構
5 月 22 號	5 月 24 號	5 月 25 號	5 月 26 號
劉書榮 測試電路	劉彥廷 賴穎儒 Layout	劉彥廷 賴穎儒 Layout	劉彥廷 賴穎儒 Layout
5 月 28 號	5 月 30 號	5 月 31 號	6 月 1 號
劉書榮 測試電路	吳宗樺 洗板子	劉書榮 焊接	完成工作
6 月 9 號	6 月 10 號		
檢查成品	發表		

第八章 心得

吳宗樺：

一開始我們的題目原本是要做機械手臂，後來跟學長詳細討論過後，最後決定做太陽能追日系統。我主要的工作是負責撰寫程式，從中我學會直流馬達的控制方法，利用 Timer 計時器送 Duty 訊號，控制直流馬達的轉速，還有利用 JB 指令來偵測光敏電阻的訊號，從這次的專題當中我對 AT89S52 的程式控制更加熟悉。

賴穎儒：

這次我主要的時間花在 layout 上，當中需要學習軟體的使用，我利用 orcad 軟體把所有的電路排列、組合，並洗成電路板，當中因為電路的實測和電路測試互相對應，要做很多的修改，這讓我對於操作這個軟體，拉線的技巧更加的熟悉。

劉書榮：

這一次專題是延續之前所做單軸追日系統改進，之前主要探討高溫對太陽能板影響及去保護，發現單軸與雙軸的控制方式不同。在程式流程圖就複雜且必須考慮許多條件，硬體架構的設計一直思考是否用馬達推動球型來轉動太陽能板，過後覺得有點難設計最後決定現在的架構設計，煩惱的是線路在馬達運轉時會讓線纏著無法轉動，因此決定加長線。今次專題電路上去實務分壓定理的應用，看似簡單但做起來還是會遇到問題，我們必須實驗光照與電阻輸出是否有線性關係，才能在光照強弱變化獲取我們需要的數據，利用電子學的理论應用去實務上。在程式流程上與宗樺討論過程有嘗試利用同時接收偵測多點訊號來進行判斷方向驅動馬達，但因為程式會過於複雜以及時間關係就放棄繼續嘗試其他控制方式。

黃秋福：

起初，很擔心自己因為能力不足趕不上進度，雖然常常卡在一個瓶頸許久，但終究終能解決問題，雖然我分配在程式組，但我也有接觸 layout、電路、及架構設計等，或許我沒辦法一個人從頭做到尾，但透過組員討論，便能一一解決，因為對每項環節，都很有興趣，至少都有幫到一點忙，也不至於淪落為旁觀者，這次的專題實驗，實在讓我學習到很多。

劉彥廷：

這次專題我主要負責的是用 BJT 接光敏電阻開關，一開始還忘了 BJT 運作範圍，還去請教了老師。之後跟賴穎儒一起 Capture 電路圖，之後一起做 Layout，一開始速度真夠慢，一堆線路看了頭都花了，花了很多時間練習。之後把電路接到麵包板上後也發現了很多問題，還不小心提升電阻接到 Port1 上。不過最後大家同心協力，也順利的發表，這次專題，讓我獲益良多。

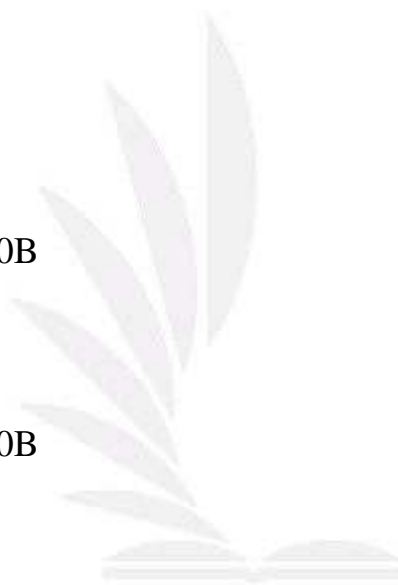


附錄

ASM 檔

```
ORG 0000H
    MOV TMOD,#01H
START:
    ACALL PLANE
    JB P3.3,A1
    JB P3.4,A2
    JB P3.5,PLANE02
    JB P3.6,PLANE02
    AJMP START
A1:
    ACALL RIGHT
    MOV P0,#00000000B
    ACALL DELAY
    JNB P3.7,A1
HOLD:
    MOV P0,#00000000B
    JB P3.7,HOLD
    AJMP START
A2:
    ACALL LEFT
    MOV P0,#00000000B
    ACALL DELAY
    JNB P3.7,A2
HOLD1:
    MOV P0,#00000000B
    JB P3.7,HOLD1
    AJMP START

PLANE:
    MOV P0,#00000000B
    ACALL DELAY1
```



```
MOV R1,#5
PLANE1:
MOV R2,#100
PLANE2:
MOV P0,#10010000B
MOV TL0,#0F1H
MOV TH0,#0FFH
SETB TR0
BACKP1:
JNB TF0,BACKP1
CLR TR0
CLR TF0
MOV P0,#10000000B
MOV TL0,#0DDH
MOV TH0,#0FFH
SETB TR0
BACKP2:
JNB TF0,BACKP2
CLR TR0
CLR TF0
DJNZ R2,PLANE2
DJNZ R1,PLANE1
RET

PLANE02:
MOV P0,#00000000B
ACALL DELAY1
MOV R1,#5
PLANE21:
MOV R2,#100
PLANE22:
MOV P0,#10010000B
MOV TL0,#0F1H
MOV TH0,#0FFH
SETB TR0
BACKP21:
JNB TF0,BACKP21
CLR TR0
```



```
CLR TF0
MOV P0,#10000000B
MOV TL0,#0DDH
MOV TH0,#0FFH
SETB TR0
BACKP22:
JNB TF0,BACKP22
CLR TR0
CLR TF0
DJNZ R2,PLANE22
DJNZ R1,PLANE21
AJMP START

RIGHT:
MOV R1,#15
RIGHT1:
MOV R2,#100
RIGHT2:
MOV P0,#00001001B
MOV TL0,#0F1H
MOV TH0,#0FFH
SETB TR0
BACKR1:
JNB TF0,BACKR1
CLR TR0
CLR TF0
MOV P0,#00001000B
MOV TL0,#0DDH
MOV TH0,#0FFH
SETB TR0
BACKR2:
JNB TF0,BACKR2
CLR TR0
CLR TF0
DJNZ R2,RIGHT2
DJNZ R1,RIGHT1
RET
```



LEFT:

MOV R1,#15

LEFT1:

MOV R2,#100

LEFT2:

MOV P0,#00000110B

MOV TL0,#0F1H

MOV TH0,#0FFH

SETB TR0

BACKL1:

JNB TF0,BACKL1

CLR TR0

CLR TF0

MOV P0,#00000010B

MOV TL0,#0DDH

MOV TH0,#0FFH

SETB TR0

BACKL2:

JNB TF0,BACKL2

CLR TR0

CLR TF0

DJNZ R2,LEFT2

DJNZ R1,LEFT1

RET

DELAY:

MOV R7,#3

DL1:MOV R6,#200

DL2:MOV R5,#250

DL3:DJNZ R5,DL3

DJNZ R6,DL2

DJNZ R7,DL1

RET

DELAY1:

MOV R7,#10

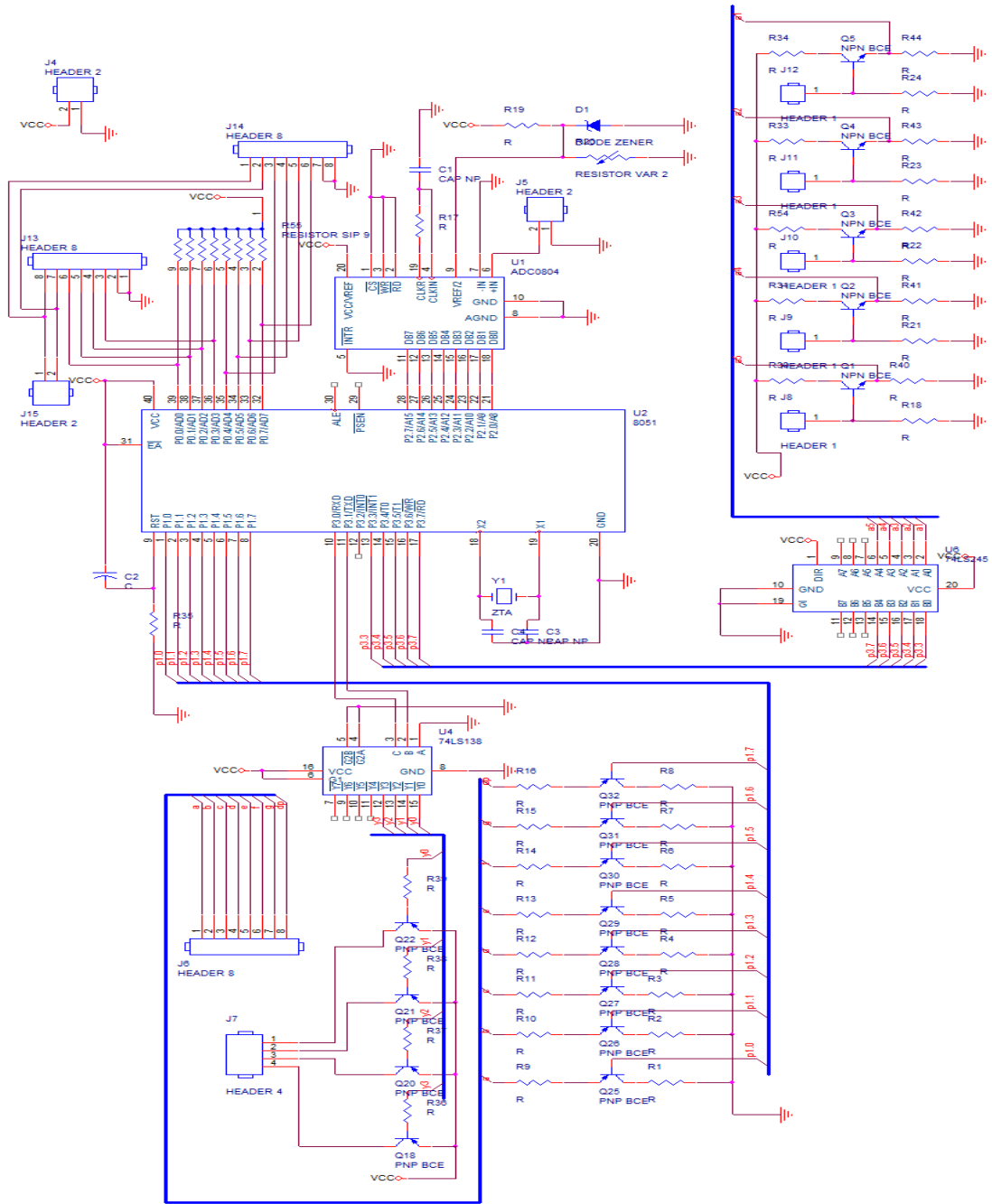
DLL1:MOV R6,#200



```
DLL2:MOV R5,#250  
DLL3:DJNZ R5,DLL3  
      DJNZ R6,DLL2  
      DJNZ R7,DLL1  
      RET  
      END
```



Capture 圖



LAYOUT 圖

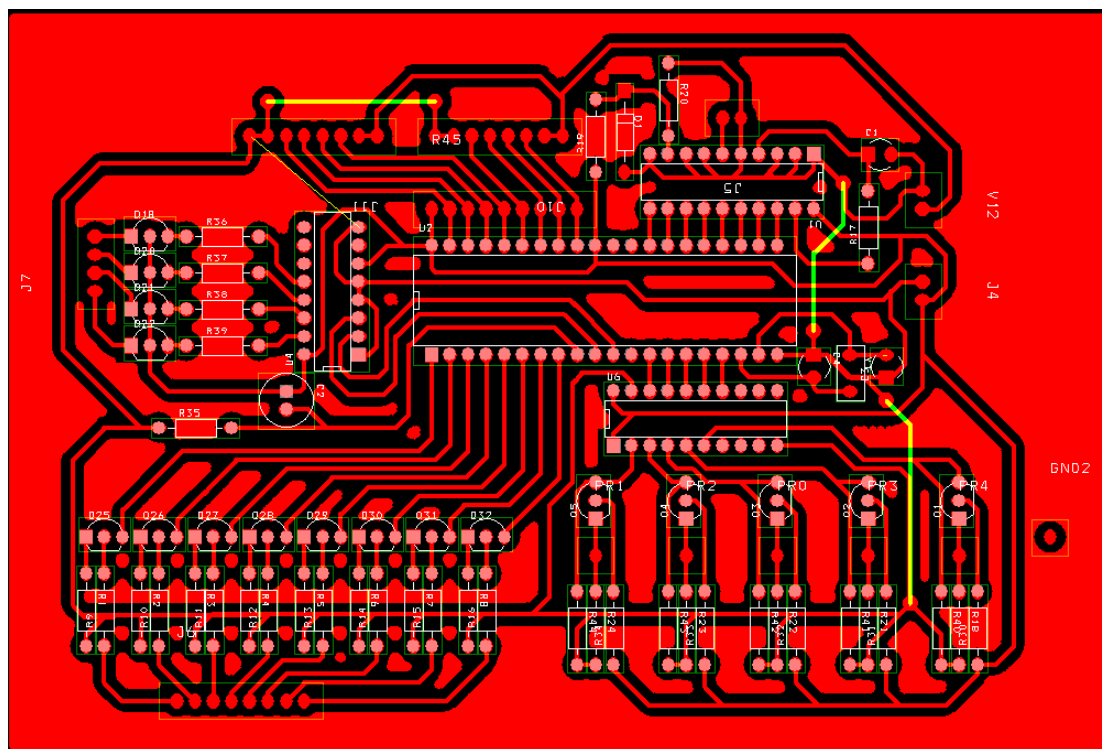


圖 11 LAYOUT 圖

參考文獻

- [1]. 單晶片微電腦 AT89S52/8951 原理與應用，蔡朝洋編譯，全華科技圖書，2006 年 6 月。
- [2]. 太陽能板照射角度追蹤控制系統，林世偉、徐智城、黃昱勛、梁如柏，楊基鑫教授，修平技術學院。
- [3]. 太陽光能偵測器，郭家源、蔡明宏、徐仲甫、陳冠廷、傅柔，張永農教授，國立虎尾科技大學。
- [4]. 立方體感應之主動式追日系統及其方法，黃宜豐、鄭博仁、賴建成

