

臺灣二〇〇八年國際科學展覽會

科 別：工程學

作品名稱：以阻抗匹配調整太陽能最大功率輸出之研究

得獎獎項：佳作

學校 / 作者：台北市立內湖高級工業職業學校 盧佑誠



很高興這次能代表學校參加台灣國際科展的比賽，我覺得參加科展比賽讓
比其他同學多了份遠見，一般同學可能只有書本上的知識，而我因為做了科展，
所以學了很多東西，以我這次的主題來說好了，我覺得不光只是太陽能的知識，
還有像是電子電路的應用、IC 的設計、程式的編寫、能源的概念……等等。我
平常很喜歡看一些科學雜誌或期刊，像是科學人。

態度決定一個人的高度，良好的態度可以看出未來的成就，所以我都用很積
極的態度去接受和突破每一種挑戰。

Abstract

The Study of the Solar Max Power Point Track

In recent years, the price of the oil keeps rising continuously. As a result, the prices of the commodities are rising, too. But what does this mean? This situation stands for the resources on are becoming more and more valuable. A few months ago, I read a Weekly Business Magazine and a Scientist Magazine. They both pointed out that the resources such as oil would disappear after fifty years, and that was a horrible phenomenon. Since almost everything in our modern lives are related to oil, like automobile, motorcycle and air plane. They all need oil for its ingredient. Even plastic bag plays a part in the products of it. I really cannot imagine what it would be like if we don't have oil after fifty years.

Owing to the green house effect is becoming more severe, there are many substitution resources found, such as hydraulic power, wind power and solar energy...etc. What we're discussing in our topic is how to enhance the power of solar energy, because for now, we all know that the solar module is very expensive and it cost a great deal of money just only one square meter, but the price of module converted from sunlight or heat energy can't be higher. Therefore, the work is mainly to design and carry out a **solar max power point track**.

摘要

以阻抗匹配調整太陽能最大功率輸出之研究

近年來，油價不斷的上漲，連帶著民生的物價漲幅也是越來越可觀，但…這意味著什麼呢??這所代表的是地球上的資源可以說是越來越珍貴了，前陣子曾經看過商業週刊、科學人雜誌…他們紛紛所指石油這種能源可能在五十年後就消失殆盡，這個可是非常可怕的結果。鑑於溫室效應愈趨嚴重，許多的替代能源紛紛出籠，像是風力、水力和太陽能等等。我們這次的主題是在討論如何提高太陽能效率，現在的太陽能模組我們都曉得非常的昂貴，但是由太陽轉化成電能的效率卻是低的可以。所以本作品主要目的在於設計與實現一個太陽能最大功率追蹤器。

目 錄

壹、前 言	1
一、研究動機	1
二、研究目的	1
貳、研究方法與過程	2
一、最大功率移轉公式推導	2
二、太陽能電池之特性	3
三、電路結構圖	4
四、電路分析	4
五、軟體流程圖	8
六、電路製作過程	9
七、實驗環境模擬	11
參、研究結果與討論	11
肆、結論與應用	13
伍、參考文獻	14

圖片索引

圖1 最大功率轉移示意圖-----	2
圖2 太陽能電池特性量測之接線圖-----	2
圖3 太陽能光譜圖-----	3
圖4 最大功率點追蹤軌跡圖-----	4
圖5 最大功率曲線圖-----	4
圖6 電路方塊圖-----	4
圖7 電路圖-----	5
圖8 驅動電路NMOS-----	6
圖9 電壓信號取得-----	7
圖10 升壓電路-----	7
圖11 主程式流程圖-----	8
圖12 中斷程式流程圖-----	8
圖13 PWM流程圖-----	8
圖14 ADC流程圖-----	9
圖15 TCC流程圖-----	9
圖16 電路板俯視圖-----	10
圖17 電路板背面-----	10
圖18 電路板測視圖-----	10
圖19 示波器及電源供應器-----	10
圖20 人造光源-----	11
圖21 人造光源(開燈)-----	11
圖22 太陽能板紙箱-----	11
圖23 電錶、照度計、可變電阻器-----	11
圖24 太陽能板-----	11
圖25 電錶、照度計、可變電阻器、太陽能板-----	11
圖26 研究方法演變示意圖-----	13

壹、前言

一、研究動機

現在替代能源紛紛出籠，最近應該就屬太陽能為最火熱的研究對象吧，因為現階段它可以說是取之不盡，用之不竭，且取得方便，又非常環保，幾乎是不會造成污染。

或許有些人仍對“太陽能最大功率追蹤”抱持著莫大的疑問…它到底是什麼？簡單的說我這次的主題是利用程式和阻抗的匹配來改善接收功率，使它能保持在最大功率狀態，在基本電學和電子學裡面，我們都有學到，當 2 個阻抗值相同時，我們可以得到最大功率，我這次的研究就是利用這個簡單的原理而做成的。

二、研究目的

- 1、使用太陽能電池的單晶片控制轉換器，經由組抗匹配以獲得最大功率輸出。
- 2、能藉由充放電管理機制，保護電瓶不至於燒毀。

貳、研究方法或過程

一、最大功率移轉公式推導

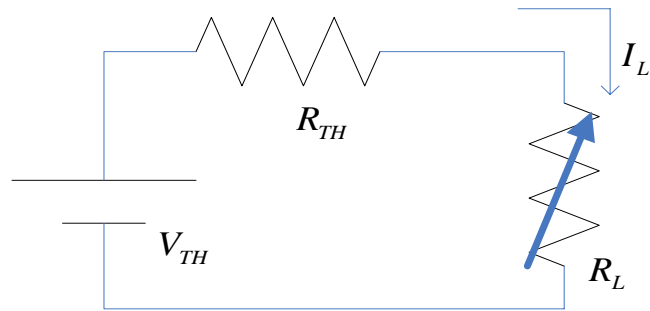


圖 1 最大功率轉移示意圖

如圖 1 所示電路， V_{TH} 與 R_{TH} 為一電源 R_L 為外接之負載

負載電流 I_L 為

$$I_L = \frac{V_{TH}}{R_{TH} + R_L}$$

因此，負載電阻 R_L 所消耗功率 P_L 為

$$P_L = I_L^2 * R_L = \left(\frac{V_{TH}}{R_{TH} + R_L} \right)^2 * R_L = V_{TH}^2 * \frac{R_L}{(R_{TH} + R_L)^2}$$

$$= V_{TH}^2 * \frac{R_L}{(R_{TH} - R_L)^2 + 4R_{TH}R_L} = V_{TH}^2 * \frac{1}{(R_{TH} - R_L)^2 / R_L + 4R_{TH}}$$

由上式中可知，若 R_{TH} 與 R_L 相等時，分母項是最小，也就是說 P_L 可得到最大值，因此若能將此理論應用於太陽能電池，適度地控制負載電阻與太陽能電池之內阻相等，如此即可取得太陽能電池之最大功率。

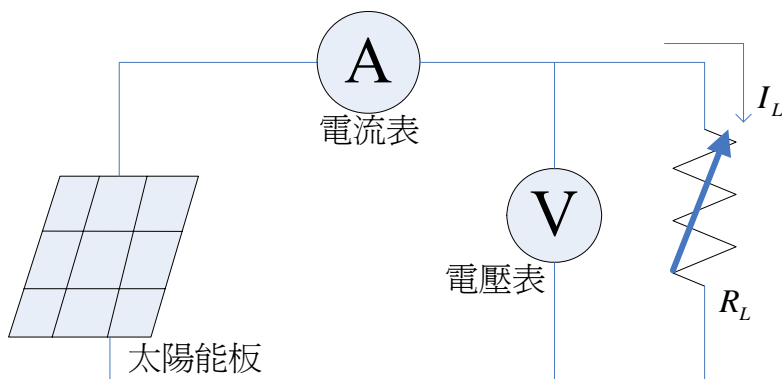


圖 2 太陽能電池特性量測之接線圖

目前的太陽能電池應用大多僅對電池直接充電，甚少對太陽能電池作控制，如此無法發揮太陽能電池之功效，取得最大功率。

而在研究方面，追蹤太陽能功率的方法最常見到的有下列幾種：

最大功率點追蹤法	優點	缺點
電壓迴授法	最簡單	大氣條件大幅改變時,系統便不能自動地追蹤到太陽能光電池的另一個 MPPT
功率迴授法	減少能量損耗以及提升整體效率	較為複雜且需較多的運算過程
擾動觀察法	結構簡單且需量測的參數較少	到達(P_{max})附近之後,會在其左右震盪,造成能量損耗,在大氣條件變化緩慢時更為嚴重
三點權位比較法	降低傳統擾動觀察法不明的干擾及判斷錯誤造成的功率損失	運算時間比傳統擾動觀察法長以及在日照量快速變化下無法達到 MPPT
增量電導法	減少 P_{max} 點附近的震盪,使其更能適應瞬息萬變的大氣條件	當感測器無法達到非常精密的量測時,其誤差是不可避免的
直線近似法	簡單且有一定的準確度	太陽光電池及元件的老化造成可能失去原有的準確性
實際量測法	以實際量測來建立參考模型,可避免因太陽光電池及元件的老化而失去準確度	對小功率系統不符合成本,對大功率系統需考慮覆蓋太陽能模組

上表分析中，本實驗擬採功率迴授法，配合量測與實做，將理論落實於實務。表格來自（張友倫。民 94 年 3 月 9 日）

二、太陽能電池之特性

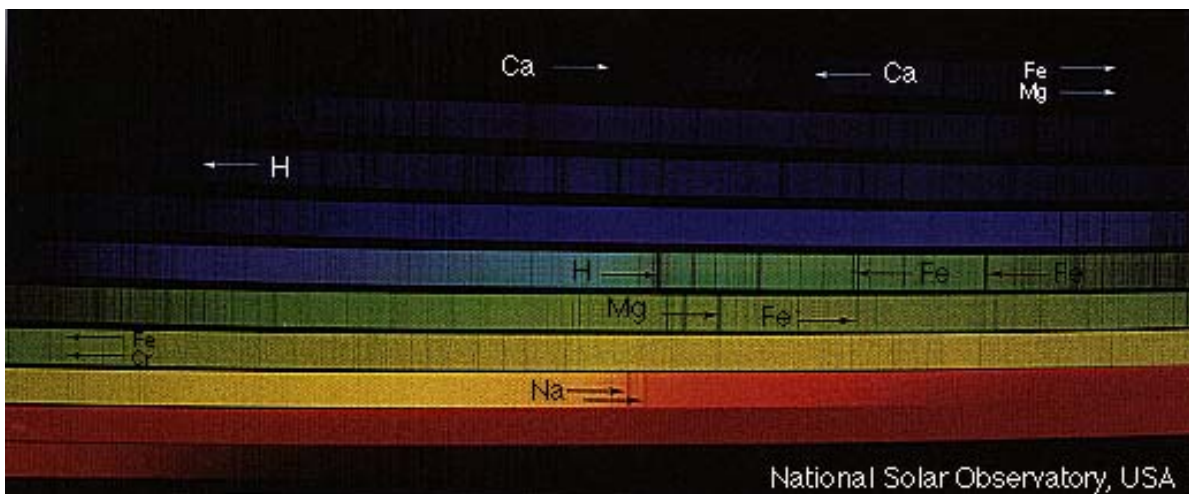


圖 3 太陽能光譜圖

太陽能光電池的輸出電壓與電流有非線性的特性，其輸出功率也會隨著日照、溫度與負載的變化而改變，因此必須根據太陽能光電池所能產生的電力自動調節輸出，使其與負載相配合以達到最大的功率轉換效率。本實驗之太陽能電池，如圖 1 所示接線，經實際量測之特性如表四所示，並將其繪製曲線如圖 4、圖 5 所示，由圖 4 可看出，太陽能電池之電壓與電流關係為非線性，也就是說太陽能電池之等效內阻並不固定，並由圖 5 中可看出太陽能電池之輸出功率在某一條件下才能產生最大功率。

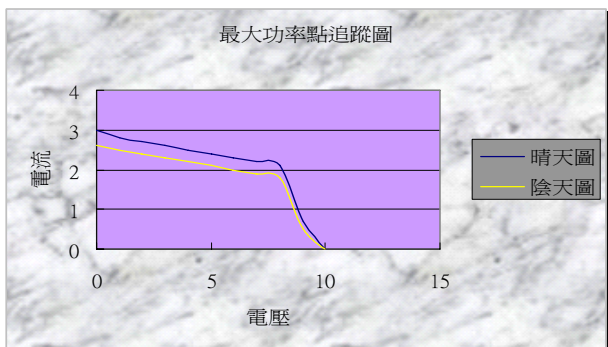


圖 4 最大功率點追蹤軌跡圖

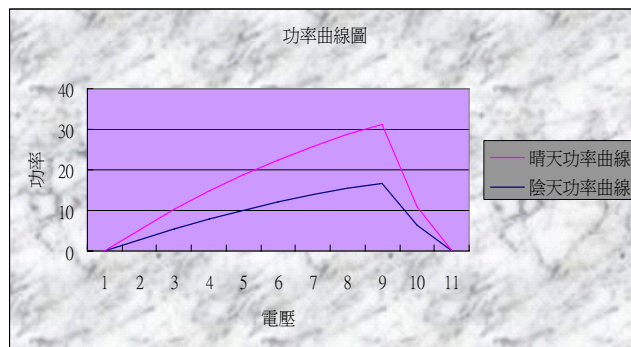


圖 5 最大功率曲線圖

三、電路結構圖

本實驗之電路方塊圖如圖 6 所示，圖中以 MCU 為核心，經電路取得太陽能板之電壓、電流，利用 MCU 可計算出太陽能板之功率，另利用 MCU 控制升壓電路，可對電池充電，並適度監控電池之電壓，對電池之充電與放電作管理。

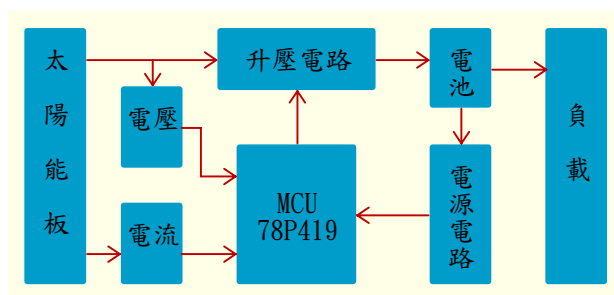


圖 6 電路方塊圖

四、電路分析

本實驗將電路方塊圖設計出完整之電路，如圖 7 所示，其分析如下：

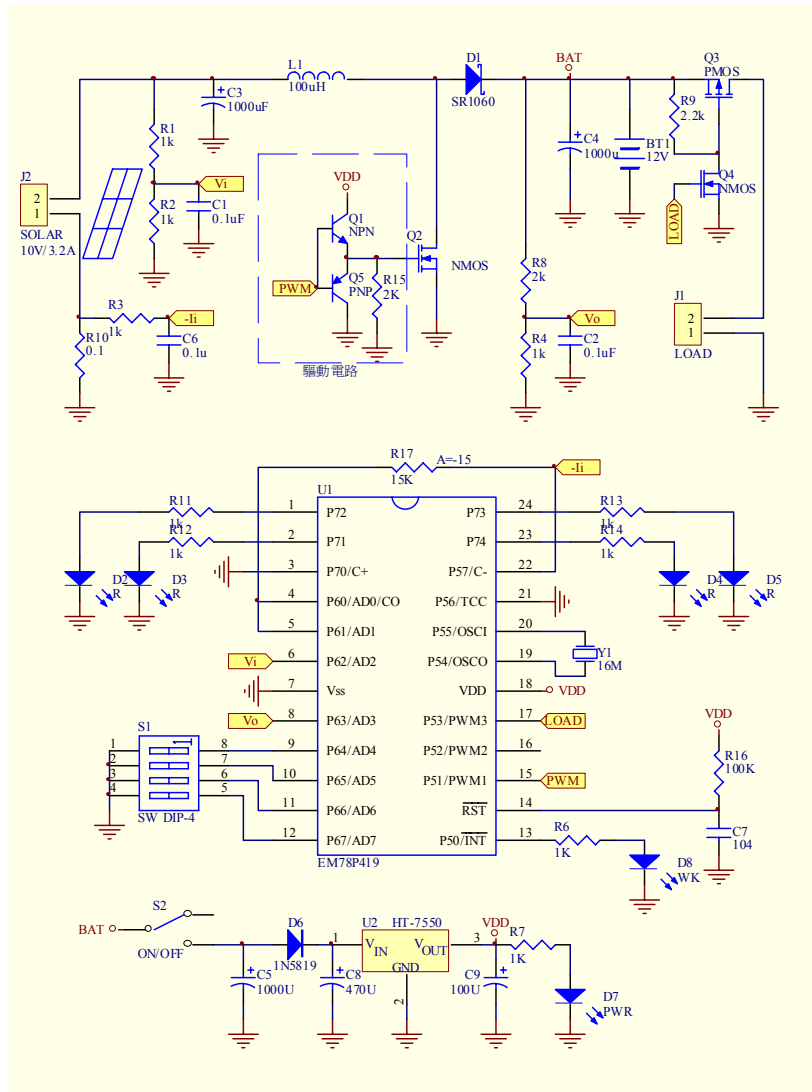


圖 7 電路圖

1、單晶片介紹

我們使用義隆電子的單晶片：EM78P419N(主電路)，它是屬於高速度的小型 CPU，CPU 該有的五大功能它都有，包括：輸入、輸出、控制、運算邏輯和記憶單元。可是並沒有像電腦的 CPU 那樣具有強大的功能。它的工作頻率可以達到 20MHz，所使用的電源是 5V 而且具備中斷(interrupt)的功能。

這類 IC 較別種 IC 多出了統整功能，已往 ADC（類比數位轉換）、PWM（脈波寬度調整）及 OPA（反向放大器）通常是由 3 顆 IC 所組成，可是義隆電子把它們全都整合在一顆 IC 裡面，大大的縮小了空間。在 ADC 方面，我們是用來轉換電流及電壓的數據，三用電錶所量測到的是類比訊號，然後再經由轉換後變成數位訊號，提供電腦分析計

算，而計算出來的功率，在去判斷下一步是要進行充電，放電，還是待機。我們都知道要達到最大功率最容易的方法就是阻抗匹配，在手動部份，我們可以接一個可變電阻，由人工控制，但是這種效率極低，因為人工調整速度非常的慢，而且普及化之後不可能還讓你自己要再調整，實在是太不符合經濟效益了，而 PWM 正好幫我們解決了這個問題，顧名思義，它是調整脈波的週期，藉以達到調整電阻的功能。最後一個，OPA（反向放大比較器），在電壓的部分我們是利用分壓來量測，而電流我們就必須要用 OPA 來幫助我們了，由於 OPA 的開迴路增益非常的大，容易使輸出信號產生飽和而失真，因此運用時通常會接一迴授電路來得到閉迴路增益，使輸出信號得以線性放大，並可利用迴授元件來控制增益值的大小（電子學 II 旗立出版社）。

2、電源電路

三端子穩壓電路是一種最簡易的穩壓電源電路，此穩壓電源具有對稱的正負輸出電壓，當正或負電壓輸出有所變動時，另一端也會隨著變動以保持對稱性，我們在輸入及輸出端都並聯電容，這是為了改善暫態反應，而且我們在輸出部分還加裝了一個 LED，這是為了方便判斷它的工作狀態。

3、石英震盪器

本電路中我們選用 16MHz 的震盪器，每一個指令需要 2 個震盪週期。經過我們的計算後可以算出執行每一個指令大概需要 0.125 微秒的時間。

4、驅動電路

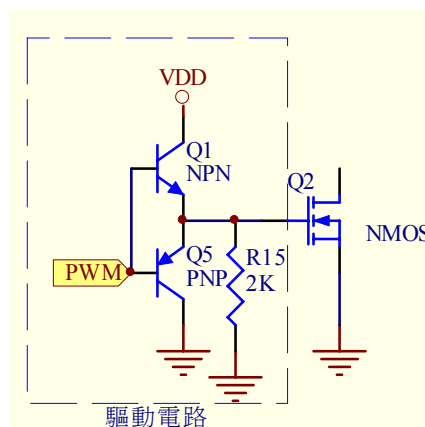


圖 8 驅動電路 NMOS

這裡的 NMOS 是當作開關來使用，使用驅動電路是為改善電容的暫態效應，我們為了使訊號更漂亮，所以使用這個裝置，而在旁邊接個電阻的原因是要降低雜訊干擾。

5、電壓、電流信號

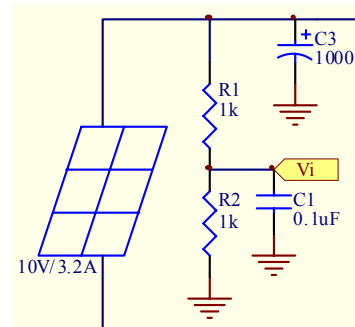


圖 9 電壓信號取得

我們電壓的取得是利用分壓的方式，太陽能板如果有 10V 的電壓，而 R2 應該就要有 5V 的電壓，為什麼要這麼做而不直接用 10V 呢？因為這顆 IC 的工作電壓是 5V，我們一定要透過 IC 的 AD 轉換，所以如果輸入 10V 的話，IC 會燒掉，故要用分壓的方式來取得電壓，只要 R2 偵測到 5V 即代表太陽能板有 10V。

電流部份則是採用反向放大的概念來做成，把兩個電阻阻值相除，就可以得到放大的倍率。功率則是把電壓電流所測到的值，AD 轉換後，再經由 CPU 計算。那要怎麼做到追蹤的功能呢？我們用的方法是把現在的功率，跟上一個時間的功率 2 個互相比較，如果較上個功率高，則在調整 PWM，看能不能在高；如果較上個功率低的話，也是調整 PWM，然後看能不能在高，然後一直不停的比較，就可以讓功率一直保持在最大值。

6、升壓電路

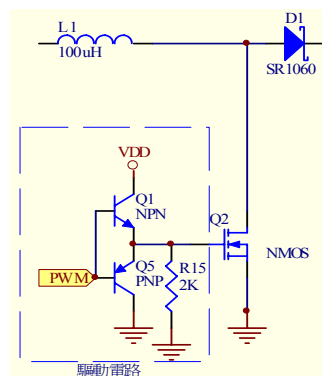


圖 10 升壓電路

我們太陽能的電壓是 10V，可是電池的電壓卻是 12V，可是如果想要充電的話，充電者就要比被充電者的電壓來的大，所以我們利用一個簡單的升壓電路來作升壓的工作，在充電模式時，NMOS 為截止期間，二極體 D 為順向偏壓，使電容器充電。然後再經由電容器充電與放電的時間之長短，即可以改變輸出電壓之大小。

五、軟體流程圖

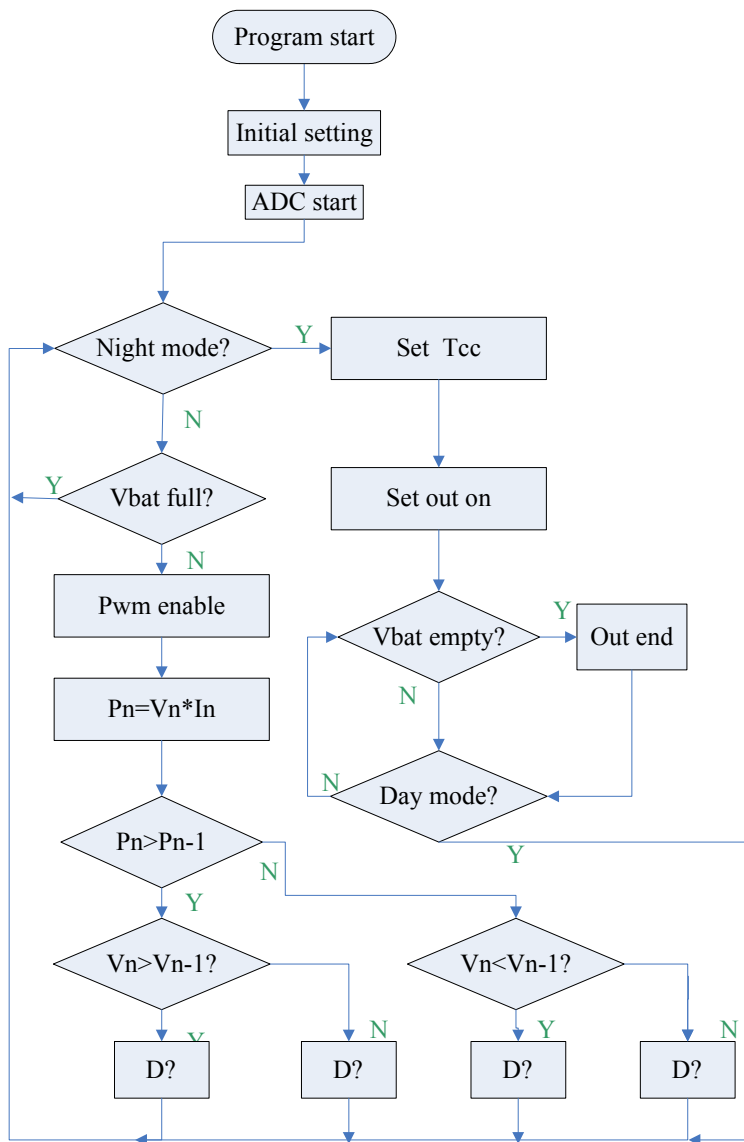


圖 11 主程式流程圖

主程式部份：程式開始→相關設定→ADC 開啓→判斷是否為夜晚到來→是夜晚則設定 TCC→開始輸出電池電能→電池量量是否足夠→判對是否為白天到來→是白天則偵測電瓶是否已充飽→PWM 開啓→開始追蹤最大功率。

中斷程式部份：開始偵測中斷訊號是哪裡發出的→是否為 ADC→是 則跳到 A 模式→否 則偵測是否為 PWM→是 則跳到 B 模式→否 則偵測是否為 TCC→是 則跳到 C 模式→否 則重新偵測。

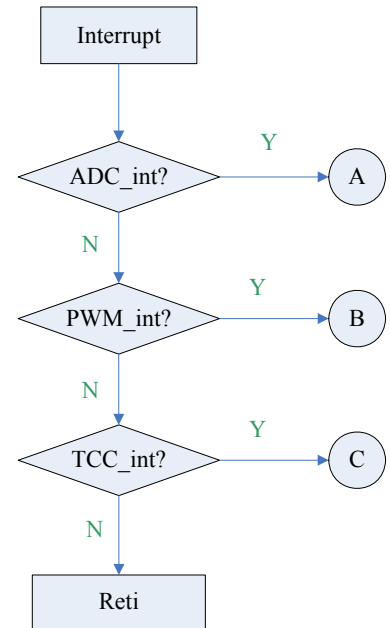


圖 12 中斷程式流程圖

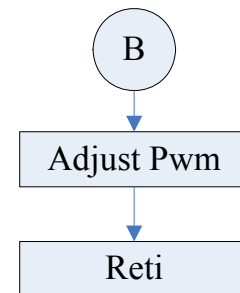


圖 13 PWM 流程圖

B 模式：脈波寬度調變

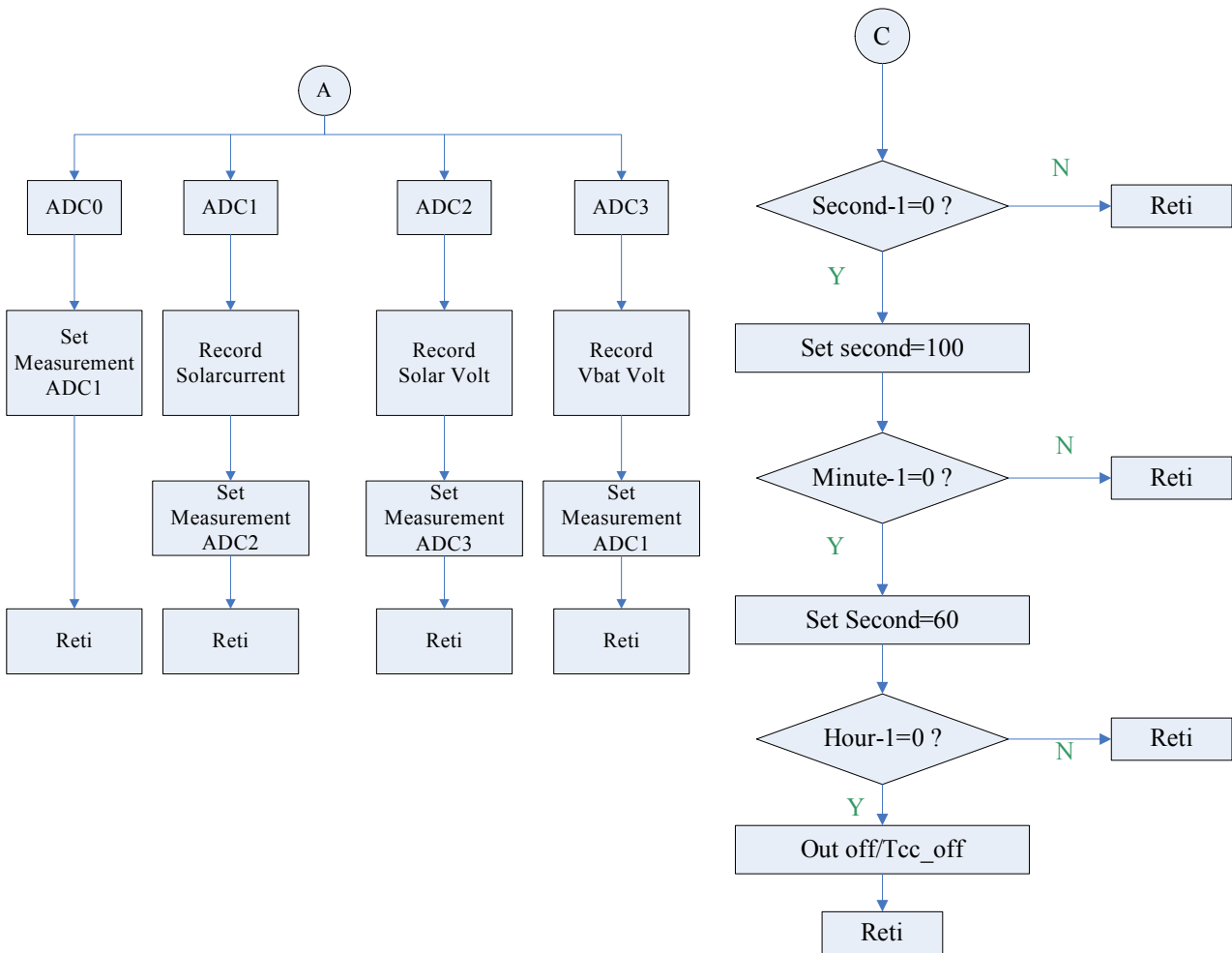


圖 14 ADC 流程圖

圖 15 TCC 流程圖

A 模式：ADC0→量測 ADC1→紀錄太陽能電流→設定量測 ADC2→返回→紀錄太陽能電壓→設定量測 ADC3→返回→紀錄電瓶電壓→設定量測 ADC1→返回

C 模式：判斷一秒是否已經 100 個單位→判斷一分是某已經 60 秒→判斷一小時是否已經 60 分→判斷是否到了設定時間→否 跳回 C 模式重新判斷→是 則輸出電能停止、TCC 關閉。

六、電路製作過程

- 1、首先先與老師討論電路圖的雛形，如圖二、三、四所示。
- 2、接下來使用電腦繪圖，我們所使用的軟體是 PROTEL。
- 3、電路元件的編排方式都編排好後，我們就把它印在曝光用的投影片上。
- 4、接下來我們拿了感光電路板與剛剛印出來的投影片，拿到曝光機上曝光。

5、曝光時間 90 秒，曝光好後，我們用顯像劑顯像出我們需要的部份。

6、洗完電路板後我們把它拿到蝕刻機蝕刻。

7、蝕刻好後，檢查電路是否有缺陷，沒有，所以進行下一步：鑽孔。

8、接下來的步驟都要很小心，因為一不小心傷到電路板，所有的功夫都要白費了。

9、鑽孔還需要配合零件的接腳，有些比較粗，孔就要比較大。

10、因為我們做的不是雙面板，但是有些線在上面，所以我們另外焊。

11、依照 PCB 的圖，我們一步步的在電路板上安裝零件，確認無誤後便 開始焊接。



圖 16 電路板俯視圖

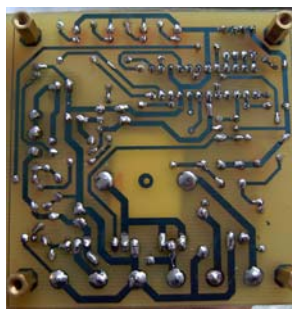


圖 17 電路板背面



圖 18 電路板測視圖

12、安裝完後，通入電壓，並以示波器量測各個元件電壓是否正確。並裝上銅柱。



圖 19 示波器及電源供應器

13、硬體部分確認無誤後，開始規劃流程圖。

14、規劃好後，便依照流程圖開始使用 ELAN WICE 軟體撰寫程式。

15、用 ICE 模擬器模擬，確認無誤後燒錄單晶片。

16、將單晶片插入電路板後，測試其功能及改善錯誤。

完成作品

七、實驗環境模擬

因自然環境一直在變動，無法固定，所以我們想利用一個人工創造的環境來取代，我們所使用的人工環境是一個大紙箱，在大紙箱的內部裝設 6 顆燈泡，外部裝設開關，如此一來我們便可以利用開關來控制燈泡，就能調整亮度，以模擬太陽光最亮時還有不亮時之情況。



圖 20 人造光源



圖 21 人造光源(開燈)



圖 22 太陽能板紙箱

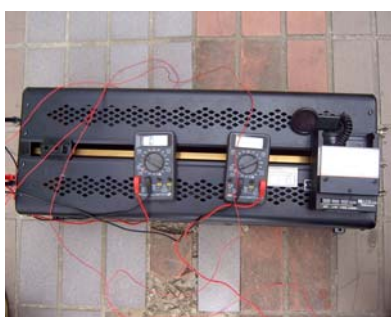


圖 23 電錶、照度計、可變電阻器

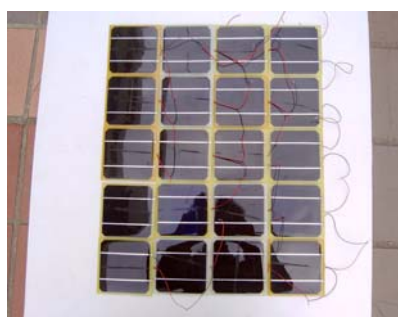


圖 24 太陽能板

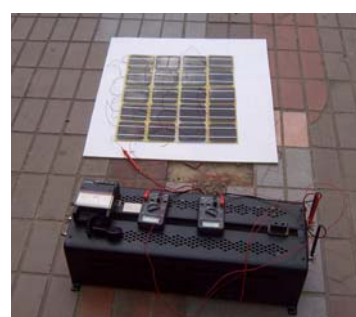


圖 25 電錶、照度計、
可變電阻器、太陽能板

參、研究結果與討論

我們想達到最大功率的話，一定需要一台可變電阻器來達到阻抗匹配的功用，但是在這次的科展中，我們用 PWM 來達成這項工作。PWM—脈波寬度調變，它是透過調整脈波的寬度來控制電阻的大小，脈波的寬度寬，則電流大，電壓小，相對的電阻就小；脈波的寬度窄，則電流小，電壓大，相對的電阻就大。故只要適度調整脈波寬度，就可改變電路之等效電阻，以匹配太陽能板之內阻，而可獲得太陽能板之最大功率。

當然上述所說的只是我們一小部分的功能而已，我們製作的控制器它能追蹤到太陽能的最大功率而且更新的速度是 $200 \mu s$ 可以說是非常的快速，經過我們的測試後，我們的作品能追蹤利用到太陽能的功率 95% 以上，幾乎等同於太陽能所發出的功率沒有產生移轉損失一

樣。在未來太陽能電池如果再搭載我們的太陽能最大功率追蹤器，相信一定能有最佳的效能。

有些人可能會把向日葵式太陽能追蹤器，和我的作品給聯想在一起，但是其實它們的原理是南轅北轍的，向日葵式它是隨著太陽移動的角度跟著移動，可是，太陽的最大功率經過我們量測後，大概是上午 10 點到下午 2 點左右，其角度移動沒有多大，功率變化沒有多大，而且向日葵式是機械式的構造，我們設想太陽能以後是發展在大樓用電上，那麼太陽能板一定是裝在頂樓，可是太陽能板薄薄一片，要讓他一直隨著太陽移動，萬一有一陣強勁的大樓風吹過，那麼太陽能板是不是就完蛋了呢？

相較之下，我們的作品不是由結構方面去改造它，而是從電路方面，利用幾個簡單的原理，便能得到最大的功率，且所需的器材都非常的便宜，不像向日葵式需要眾多的控制軸來作移動。

人工光源經過我們的量測後，我們發現人造光遠遠不及太陽光，我們有想了很多辦法，例如換成省電燈泡，但是省電燈泡跟一般燈泡所發出的亮度相同，所以我們想要利用紙箱來模擬這個方法是失敗的，最後，我們想到了一個最好的替代方法，就是利用電源供應器取代，因為可以控制它的電壓、電流，而且經過我們實驗後與原量測做比對發現它的特性曲線跟日光很相似故用它取代之。

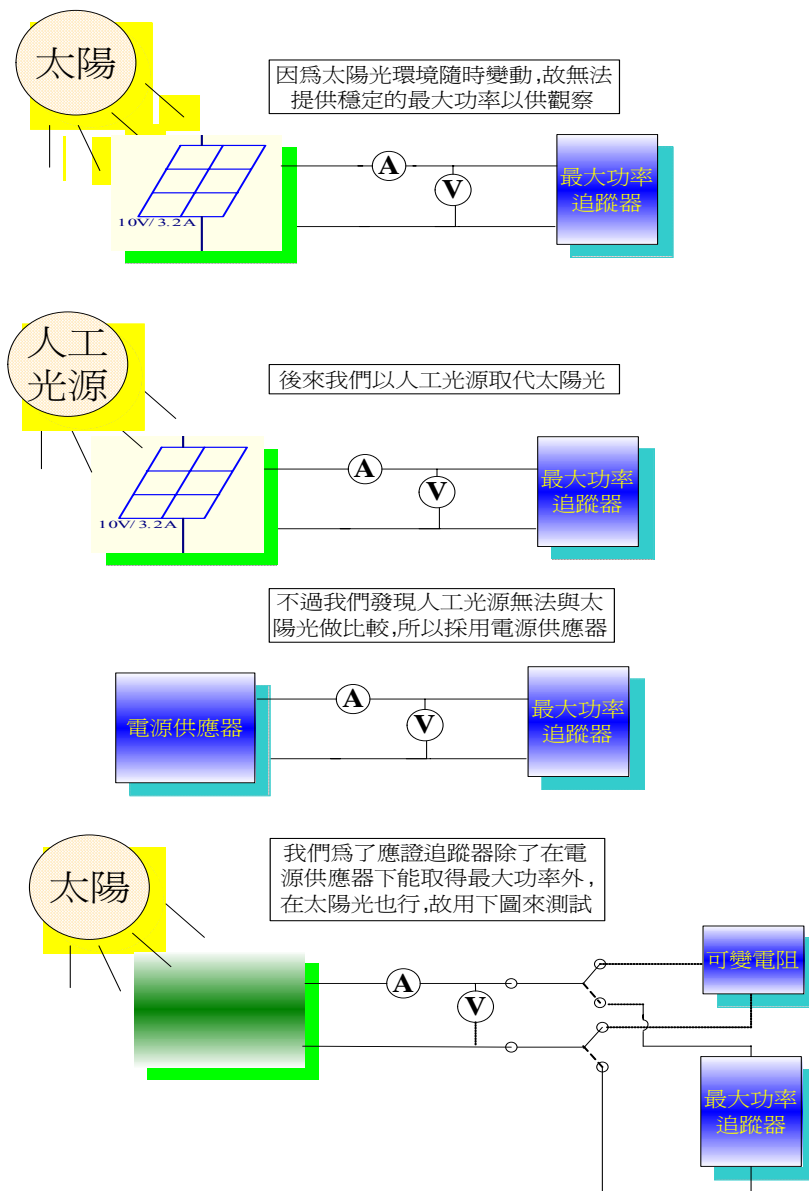


圖 26 研究方法演變示意圖

四、結論與應用

這樣作品總算是在老師的監督指導下完成了，恩！現在來說說我們做的這項作品的特色當作是一個總結好了。我們這項作品最大的特色就是他能追蹤到太陽能的最大功率而且更新的速度是 $200 \mu s$ 可以說是非常的快速，另外還有負載管理及充電的管理。太陽能追蹤在近來是個很熱門的話題，大家都紛紛投入研究，但是我發現，他們的效率其實不是很好，如果太陽能板是 100%來說好了，他們所取得的大概就是 80~90%，這樣已經算是不錯了，甚至還有一些掉更低或者是根本沒追蹤到最大的功率點，但是，經過我們的測試後，我們的作品能追

蹤利用到太陽能的功率 95%以上。在未來，太陽能電池如果再搭載我們的太陽能最大功率追蹤器，相信一定能有最佳的效能。

五、參考文獻

- 1、許榮富（民 95 年 9 月 4 日）。國科會國際合作新聞簡訊網。民 95 年 9 月 4 日。取自 http://stn.nsc.gov.tw/view_detail.asp?doc_uid=0950831004
- 2、張友倫（民 94 年 3 月 9 日）。高效能太陽能車。民 94 年 3 月 9 日。取自 <http://wwwme.nchu.edu.tw/Enter/html/College/coreport/03070311/332401.ppt>
- 3、電池資訊網。（無日期）。取自 <http://www.nsc.gov.tw/dept/acro/version01/battery/electric/types/solar.htm#basic>
- 4、太陽光譜圖。（無日期）。取自 http://www.phys.ncku.edu.tw/~astrolab/e_book/sun/images/spectra_sun.jpg
- 5、曾志朗（民 95 年 10 月）。Scientific 科學人雜誌。民 95 年 10 月
- 6、鄧錦城（民 88 年）EM78447 入門與實作。宏友圖書。民 88 年
- 7、賴慕回、陳建治（民 90 年）Protel Schematic。全華科技圖書。民 90 年
- 8、賴慕回、陳建治（民 90 年）Protel PCB。全華科技圖書。民 90 年
- 9、宋由禮、陳柏宏（民 95 年）。電子學 I、II。旗立資訊股份有限公司。民 95 年
- 10、謝進發、鄭錦鈞（民 94 年）。電工實習 II。台科大圖書。民 94 年
- 11、義隆電子股份有限公司。（無日期）。取自 <http://www.emc.com.tw/twn/products.htm>

Taiwan international science fair 2008

區別：北

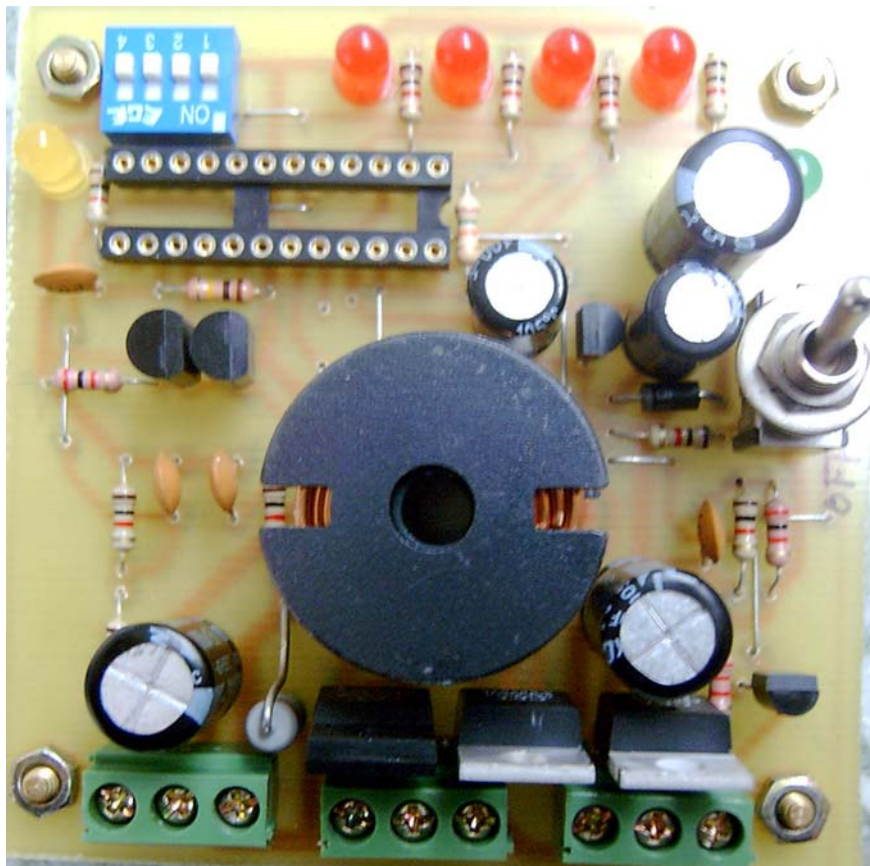
科別：Engineering (工程學科)

The Study of the Solar Max Power Point Track

以阻抗匹配調整太陽能最大功率輸出之研究

Keywords：Impedance matching 阻抗匹配、solar 太陽能、max power point track.

最大功率追蹤



Solar Max Power Point Track

No: 100002-02

Catalog

I. Introduction	1
II. Thesis.....	1
III. Conclusions	7
IV. Reference	8

Picture Index

Figure1 Solar wave length.....	2
Figure2 Maximum work rate.....	2
Figure3 Solar Power max point circuit.....	3
Figure4 Solar module distinction curve.....	3
Figure5 Solar Power max point trochoid circuit.....	3
Figure6 circuit.....	4
Figure7 main program processes.....	5
Figure8 interrupts processes.....	5
Figure9 PWM processes.....	5
Figure10.ADC processes.....	6
Figure11 TCC processes.....	6

I. Introduction

In recent years, the price of the oil keeps rising continuously. As a result, the prices of the commodities are rising, too. But what does this mean? This situation stands for the resources on are becoming more and more valuable. A few months ago, I read a Weekly Business Magazine and a Scientist Magazine. They both pointed out that the resources such as oil would disappear after fifty years, and that was a horrible phenomenon. Since almost everything in our modern lives are related to oil, like automobile, motorcycle and air plane. They all need oil for its ingredient. Even plastic bag plays a part in the products of it. I really cannot imagine what it would be like if we don't have oil after fifty years.

Owing to the green house effect is becoming more severe, there are many substitution resources found, such as hydraulic power, wind power and solar energy...etc. What we're discussing in our topic is how to enhance the power of solar energy, because for now, we all know that the solar module is very expensive and it cost a great deal of money just only one square meter, but the price of module converted from sunlight or heat energy can't be higher. Therefore, the paper is mainly written to design and carry out a **Solar Power max point track**.

II. Thesis

1. What is the **Solar Power Max Power Point Track** ?

Some people might associate our work with the "Sun-flower track system", but their theory is oppositely to each other. That is to say, the "Sun-flower track system" was set to follow the angle that the sun moves, yet the time of the Sun's maximum power that we measured was around 10a.m. to 2p.m., so the angle won't be that wide, and the power's variation won't be very extensive either. Furthermore, the "Sun-flower track system" is mechanically structured. In terms of the future trend, the solar energy will be developed in generating electricity. So the Solar module must be installed on the top floor, set to follow the Sun. But if a furious storm were to strike the building, the module should certainly out of order.

By comparison, our work "**Solar Max Power Point Track**" was not reformed structurally but from the circuit. We used some simple theories for the work to get the maximum power, and the parts were all very cheap.

2. The artificial of the light

After measuring the artificial light, we found it for more inferior than the sunlight, so we came up with same methods such as changing the bulb into a economy one, but it was of the same brightness,

so it proved that it was wrong to use paper box to simulate like this way.

Afterwards, I went on the Internet to search some information about sunlight, I found that the sunlight is made up with many kinds of spectrums, but our artificial light was made up with only one spectrum, which was incomparable with the sunlight.

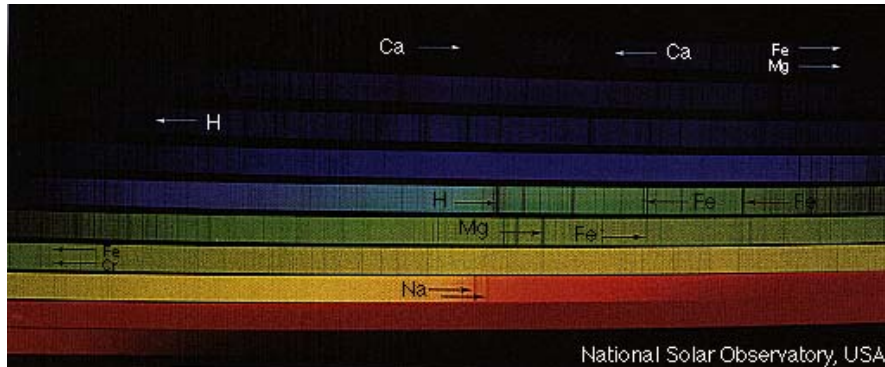


Figure1 solar wave length

3. Power supply

Finally we thought of the best alternative that was to use power supply, for it was capable of controlling the voltage, current and after the experiment, the curve of the feature was alike with the original one.

4. Maximum work rate formula

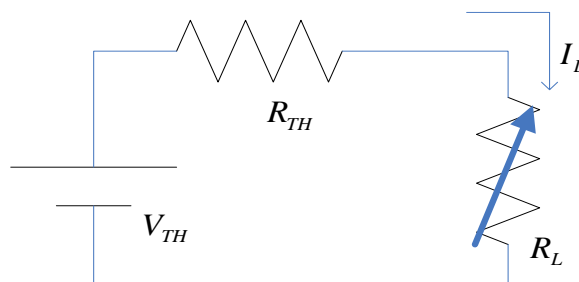


Figure2 Maximum work rate

As figure2, V_{TH} and R_{TH} are power, and R_L is load. Load current equal

$$I_L = \frac{V_{TH}}{R_{TH} + R_L}$$

Thus, the load resistor burns power is

$$P_L = I_L^2 * R_L = \left(\frac{V_{TH}}{R_{TH} + R_L} \right)^2 * R_L = V_{TH}^2 * \frac{R_L}{(R_{TH} + R_L)^2}$$

$$= V_{TH}^2 * \frac{R_L}{(R_{TH} - R_L)^2 + 4R_{TH} R_L} = V_{TH}^2 * \frac{1}{(R_{TH} - R_L)^2 / R_L + 4R_{TH}} \dots \dots \dots (1)$$

With formula (1) we can know if $R_{TH} = R_L$ the denominator is the smallest or the P_L is the highest. If we use this theory into solar battery, and control load resistor = solar battery resistor abstemiously, we can annex **Solar Power max point track**.

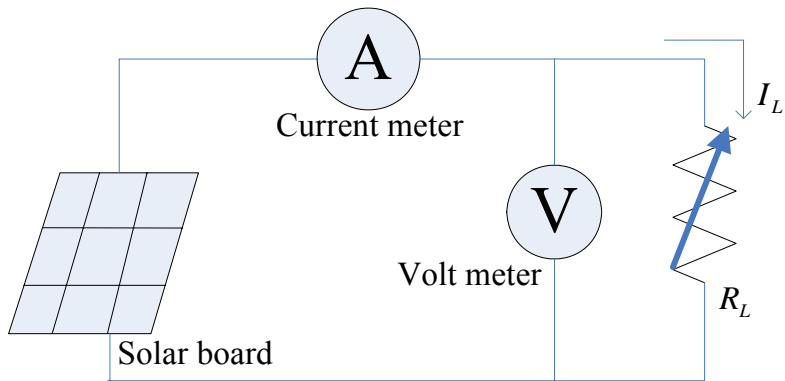


Figure3 Solar Power max point circuit

5. Solar battery distinction

Solar battery volt and current has nonlinearity, the power will change with sun · temperature and load, too. The solar battery in this experiment, like figure3 and we can see in figure4. The relations of solar voltage and current are nonlinearity, that is, the solar battery equivalent resistor is not constant. In figure5, we can see solar battery produce maximum power at some condition.

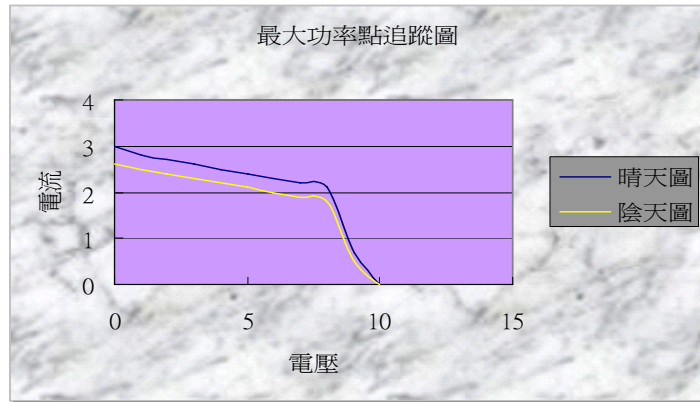


Figure4 Solar module distinction curve

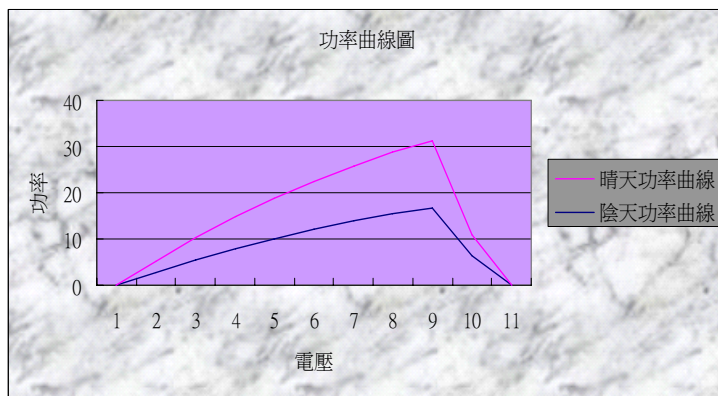


Figure5 Solar Power max point trochoid circuit

6. Control circuit

We need a device to do the work, so we designed a completely circuit like figure6.

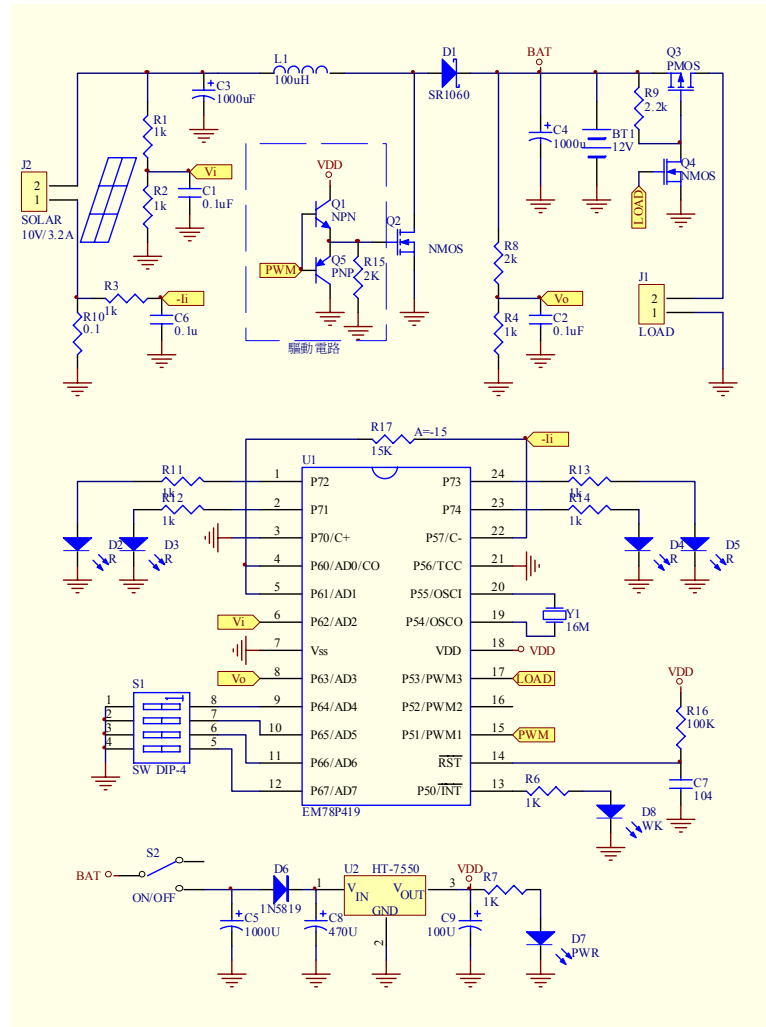


Figure6 circuit

7. Software processes

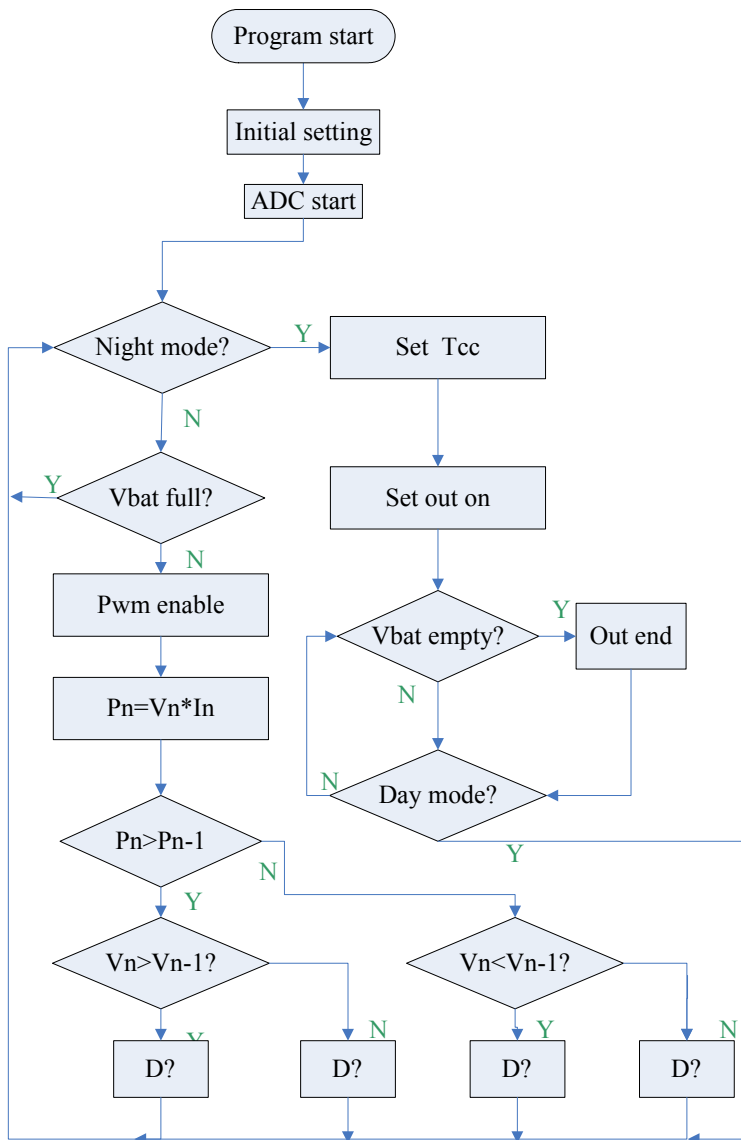


Figure7 main program processes

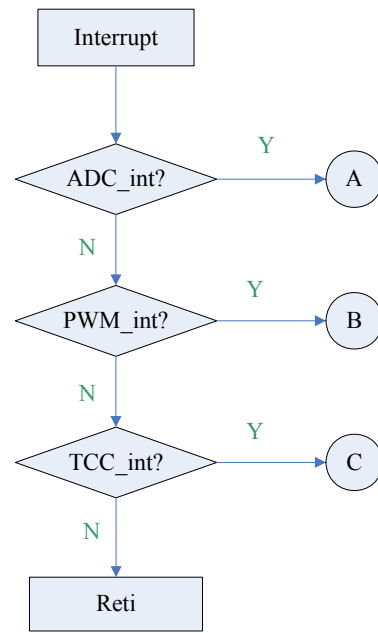


Figure8 interrupts processes

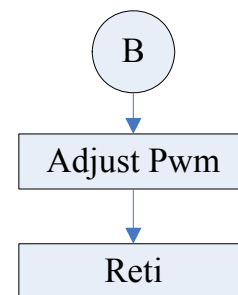


Figure9 PWM processes

Main program:

Program start→Initial setting→ADC start→Night mode yet ? →Yes, then set TCC→Set out on→Battery empty or not ? →Day mode yet ? →PWM on→Start to trace Solar max power point.

Interrupts program: Detects where the severance signal is→ADC or not→yes, then jump to A mode→no , then detects PWM or not→yes, then jump to B mode→no, then detects TCC or not→yes, then jump to C mode→no, then return.

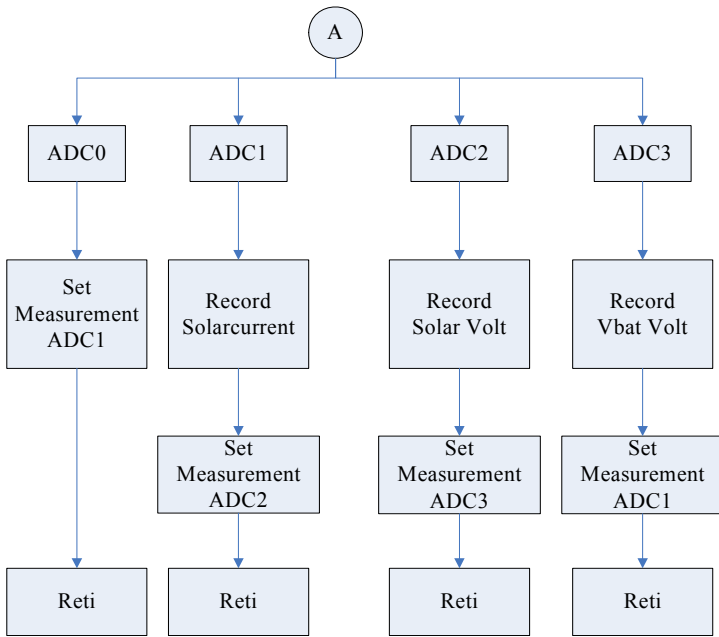


Figure10.ADC processes

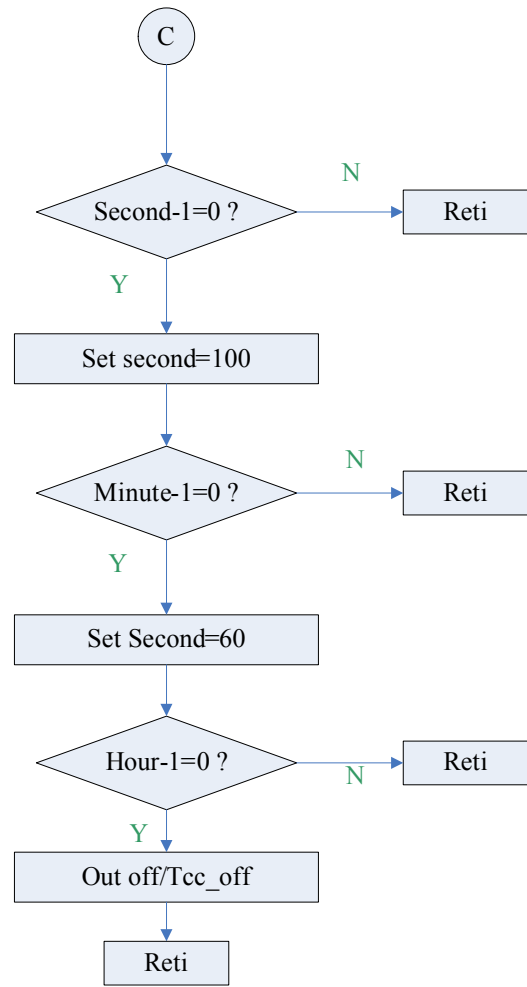
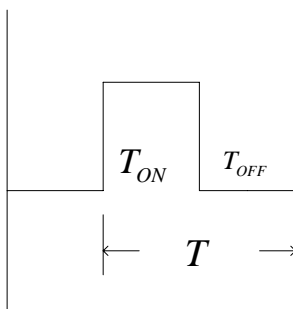


Figure11 TCC processes

A mode: ADC0→measurement ADC1→record solar current → set measurement ADC2→return→record solar voltage → set measurement ADC3→ return→ record solar battery voltage → set measurement ADC1→ return.

C mode: Judge 1 second or not → Judge 1 minute or not → Judge1 hour or not → Judge whether arrived the hypothesis time→ no, then jump to C mode→ yes, then out off/TCC off.

8. What is the PWM



PWM(Pulse Width Modulation) is used to control duty cycle.

9. Comparison of the results

To reach the maximal power, we need a variety of resistor to live up the function of resistor mating, but in this competition, we used PWN to work on the experiment. PWN is used to control the data of resistances by adjusting the width of pulse. The wider pulse, the bigger current and smaller voltage we will get. So the data of resistance will be relatively smaller. On the contrary, the narrower pulse, then comes the smaller current, thus the voltage and the resistance will be bigger. Therefore, if the width of pulse is properly adjusted, we can change the equivalent resistor of the circuit, and the inner resistance of matching solar board, thus we can obtain the maximal power of the solar energy board.

Furthermore, our Solar Power Max Point Track has two modes, one is for daytime and the other is for nighttime. But how do we set them apart? After discussions, we came up with using the simple scrolling light to differentiate its modes. It represents daytime with twists from side to side, and it stands for nighttime when the light alternates between flashing and dark. The orange-colored light means whether the battery is fully recharged or not. If yes, it will be flashing, if not, it will be dark.

The statement above, of course, is a tiny part of the functions. The controller we made can track the maximal power of the solar energy. The speed of renewing is $200\mu\text{s}$, which is very fast. After testing, our work can make use of 95% of the solar energy tracked down. Therefore, there is nearly no loss of the energy received when diverting.

In the future, if the solar-energy-powered battery can be in collaboration with our work, we believe that they can attain the best efficiency.

III. Conclusion

Our work was eventually carried out under our teacher's instructions as well as our teamwork. So let's sum up some of the features of our work. The most outstanding feature of our work is that it can track down the maximal power of the solar energy at a high speed of $200\mu\text{s}$ of renewing, and it's also featured with the load-arranging system and the recharging arrangement system. Tracking the solar energy has become one of the hottest topics recently, and everyone devotes their self to conducting experiments of it. But I found that they don't achieve the maximal power whatsoever.

However, after testing, our work can be used to track down the power of 95% or even above. In the future, if the solar-energy-powered battery can be in collaboration with our work, we believe that they can attain the best efficiency.

IV. Reference

- 1、許榮富（民 95 年 9 月 4 日）。國科會國際合作新聞簡訊網。民 95 年 9 月 4 日。取自
http://stn.nsc.gov.tw/view_detail.asp?doc_uid=0950831004
- 2、張友倫（民 94 年 3 月 9 日）。高效能太陽能車。民 94 年 3 月 9 日。取自
<http://wwwme.nchu.edu.tw/Enter/html/College/coreport/03070311/332401.ppt>
- 3、電池資訊網。（無日期）。取自
<http://www.nsc.gov.tw/dept/acro/version01/battery/electric/types/solar.htm#basic>
- 4、太陽光譜圖。（無日期）。取自
http://www.phys.ncku.edu.tw/~astrolab/e_book/sun/images/spectra_sun.jpg
- 5、曾志朗（民 95 年 10 月）。Scientieic 科學人雜誌。民 95 年 10 月
- 6、鄧錦城（民 88 年）EM78447 入門與實作。宏友圖書。民 88 年
- 7、賴慕回、陳建治（民 90 年）Protel Schematic。全華科技圖書。民 90 年
- 8、賴慕回、陳建治（民 90 年）Protel PCB。全華科技圖書。民 90 年
- 9、宋由禮、陳柏宏（民 95 年）。電子學 I、II。旗立資訊股份有限公司。民 95 年
- 10、謝進發、鄭錦鈞（民 94 年）。電工實習 II。台科大圖書。民 94 年
- 11、義隆電子股份有限公司。（無日期）。取自 <http://www.emc.com.tw/twn/products.htm>

評語

本作品以阻抗匹配之搜尋並調整太陽能最大輸出功率為主要研究主題。成功地利用電表，照度計，可變電阻，及太陽能板建構出實測流程與電路板系統。研究主題與內容具有創意，報告的撰寫可以加強，若能提供更完整的輸出功率數據與結果之比對印證，則作品之表現將可以更具體，更具可讀性。