

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高中組 工程學(一)科

佳作

052318

太陽能智慧儲能探究與改良

學校名稱：嘉義縣立永慶高級中學

作者： 高二 蔡承志 高二 粘瀨云 高二 蕭英佳	指導老師： 蔡羽峰
---	------------------

關鍵詞：空窗期、負載用電、電源轉換

摘要

近年來，政府積極推動綠色能源，太陽能光電也愈加廣泛地被使用，但市售產品仍存在一些缺點，包括電源轉換易出現空窗期，導致兩電力無法接續迫使電器無故被關機。而逆變器是系統中最易故障設備，常以定時、光控或手動方式延長壽命不僅不人性化，當遇故障遠端者也不會第一時間得知，且須返回以人工切至市電才有電力可用。此外，目前流行以鋰電池當作儲存設備，若不幸遇充電管理異常會導致發熱膨脹有危險疑慮。上述問題逐一分析融合智慧、監控、管理、便利與實用五大面向，尋求最佳的改善方式，共同打造更好的綠能環境。

壹、研究動機

某一次校外教學至某間大學參訪，其中有一個體驗項目介紹校內兩套太陽能光電系統，當時提起其中一套必須與台電併聯才能使用，且當停電時系統就無法供電，而另一套是最近很夯的 DIY 組合法，利用太陽能板、充電控制器、雙電源切換器、蓄電池與逆變器等，構成具儲能系統提供夜間使用，當時展示電力轉換時產生短暫停電又復電，導致電腦莫名其妙關機，這樣資料很容易遺失或電器損壞，後來追根究底想找出原因，加入太陽能 FB 社群了解目前綠能現況，從討論文章發現上述問題許多玩家也同樣遇到，而且提起太陽能板雖然標榜壽命可達 25 年，很多人就此認為這段時間不會有其它開支，其實整套發電系統最易故障就是逆變器，主要處於長時間甚至 24 小時運轉下，對於機器的壽命自然受影響。此外，目前鋰電池技術成熟許多儲電系統都使用，但安全性比起一般鉛酸電池需格外注意。上述問題引發我們想繼續探究，是否可利用所學的資訊程式設計、電子電路與社團 PCB 製作課程知識，透過電源監控與管理的技術，改良原先太陽能儲能系統的缺陷，包括考量使用者的便利性。

貳、先備知識

一、台灣綠能推行概況

政府參考德國立法為基礎，積極推動再生能源利用之政策，目前以太陽光電為最大宗(如圖 1)，行政院更在 2022 年 12 月 7 日，通過《再生能源發展條例》修正草案，近幾年後強制規定符合條件之建築物，應設置一定裝置容量以上的太陽光電發電設備，更規劃新建或現有建築物，如學校、醫院、體育場、圖書館等公共場所進行鋪設，期望往後能打造出非核家園，流行趨勢之下使我們注意到太陽能議題及其未來需求度。



圖 1 台灣推動綠色能源比例與概況

二、太陽能板種類

太陽能板材料非只有一種，以矽或以化合物為主要材料兩大類，也能在細分成多種不同的原料結晶方式，目前市面結晶分別為單晶矽、多晶矽、非晶矽(如圖 2)。首先單晶矽是目前轉換效率最高為 15~24%，大都用在航太、用電需求大場所，但製造程序較多成本相對高。而多晶矽原理與單晶矽大致相同，由於矽純物較低光電轉換效率雖不如單晶矽高約為 10~17%，但製程上簡單相對成本較單晶矽低。非晶矽又稱薄膜電池，其製成方式利用氣體激發解離成薄膜，轉換效率最低只有 8~13%，不過他卻非常輕盈可塗抹在柔性材面用於彎折場所，或將它上塗裝在大樓外牆除了隔熱又兼顧可發電，增加建築建構的附加價值。

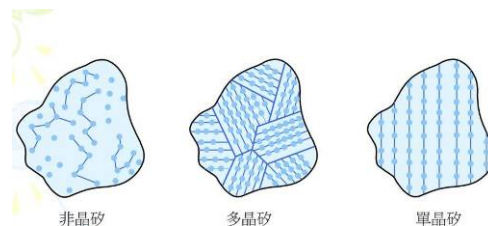





圖 2 太陽能材質結晶種類

三、太陽能系統分類

了解市面上太陽能相關設備，是否與本研究主題有相似功能，利用網路搜尋有關的產品，發現目前有三大類型，第一種為併聯型主要優勢在於直接與台電電網併聯共接負載，由於無電力儲存機制夜間就無法被使用。還有一種為獨立型提將白天所發電電力儲存到蓄電池能，以提供夜間無太陽期間使用。另外混合型是結合上述兩種的功能集一身，具併網又兼具儲能功能，不過因系統架構較為複雜，相較前兩者價格與未來維修成本自然高許多，詳細比較如下表 1。

表 1 市售太陽能系統種類

種類	市售產品外觀	運作方式	優點	缺點
併聯型		發電的電力與台電電網併聯，共同負載用電	1. 成本最便宜且系統與維護上簡單 2. 可直接將發電的電力賣給台電	1. 無法與蓄電池搭配使用，即代表無法儲存電力 2. 電力無法供給給自己使用 3. 停電時電力也將無法使用所發出的電力
獨立型		將發電後的電力儲存至本地蓄電池當中	1. 發電自給自足，夜晚未發電時可由蓄電池供給使用 2. 可當作 UPS 不斷電系統的功能	1. 系統整體次複雜，準備的設備較多 2. 發電的電力轉換效率與利用率較低
混合型		結合並聯型與獨立型的特色，可作為逆送電力功能給台電也可對蓄電池進行充電儲存。	1. 平時可將發電的電力供給給台電並聯使用 2. 亦可先將電力儲存至自家的蓄電池內儲存，以備突發狀況時使用	包含兩種系統建置成本高，且系統複雜

四、電源轉換器

太陽能所發出電力為直流電，但家中所使用電器均是交流電，這時就必需透過逆變器將它轉換，市售電源轉換商品輸出有兩種形式(如圖 3)，第一種為修正正弦波又稱模擬正弦波，利用 PWM 脈寬調變技術產生類似交流波形，由於僅需 MOSFET 當作電子開關就可達成，電路構造簡單相對便宜，不過諧波失真嚴重很容易導致負載運作異常甚至無法使用，因此無法適用每個電器設備。另一種為純正正弦波，利用機密電子電路製造出完美正弦波形曲線，所輸出出來電力與台電完全相同，因此不會有電器無法使用問題，轉換效率也較修正正弦波高，唯一缺點由於內部電路複雜，價格自然相對也較高。

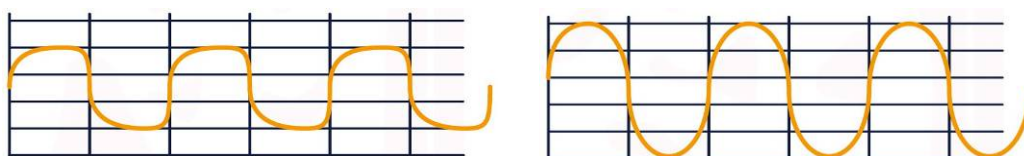


圖 3 修正正弦波(左圖)與純正弦波(右圖)輸出波波形間差異

五、蓄電池種類

太陽能系統中若掛載蓄電池就可達成儲能效果，利用網路搜索市面上常見之蓄電池種類並進行比較，目前市面上常見有兩種(如圖 4)，第一種為深循環電池又稱為鉛酸電池，主要優點價格便宜、維護簡單，缺點則是壽命短且重量笨重，而且會隨使用時間使電壓呈現流滑梯式降低。另一種為磷酸鐵鋰電池，其優點循環壽命可達 2000 次以上壽命長，重量比起鉛酸電池輕盈許多，並且供電過程中電壓會恆在一個數值穩定性佳，充、放電流大也是它另獨特優點，缺點則是不可過充電力，否則易發熱膨脹釀成爆炸危險性，也不可過放導致永久性損壞，因此必須加上保護機制防止上述狀況發生。



圖 4 常見用於儲能電池種類

六、充電控制器

太陽能儲能系統必須有充電控制機制，否則蓄電池會因過充造成損壞，常見控制器分兩種類型，第一種為 PWM 又稱脈衝寬度調變對電池進行充電，構造簡單價格幾百元就買得到，工作原理利用一個功率晶體當作電子開關，反覆 ON 與 OFF 進行切換達成充電效果，充電時的太陽能端與電池端電壓是相同，倚靠電流讓電壓緩慢上升達到充飽效率 60~70%。另一種為 MPPT 又稱最大功率點追蹤，主要會自動判斷目前的發電電壓與電流，讓太陽能端電壓高於蓄電池端，找尋最佳功率點後在送往蓄電池，因此效率可達 90%以上，缺點則是電路與 PWM 相較複雜，價格通常五千乃至上萬元都有。

表 2 市售充電控制器種類

充電技術	市售產品外觀	優點	缺點
PWM 脈衝寬度調試		<ol style="list-style-type: none"> 1.構造簡單價格便宜 2.整體體積較小 3.可以提供穩定的電壓 	<ol style="list-style-type: none"> 1.效率較低，因將電壓降低至蓄電池電壓才充電 2.受到溫度影響改變充電效率
MPPT 最大功率點跟蹤		<ol style="list-style-type: none"> 1.與 PWM 相比充電效率較高 2.能在環境變化較大的地方工作 	<ol style="list-style-type: none"> 1.構造複雜較難控制 2.價格比 PWM 高昂許多

七、電源自動切換器

太陽能系統提供負載電力來源包括市電與儲電，此時必須仰賴電源切換器達成兩者間切換(如圖 5)，切換依據偵測儲電是否正供電，若 YES 立即將繼電器切換至備用電力，讓電力持續供應給負載，此種方式接線線路簡單，但實際購買測試時發現它有相容性問題，不是所有設備均可匹配使用，主要原因當使用具較大濾波電容的逆變器，即便關掉逆變器電源，因電容仍有餘電誤判儲電還在供電中，使得切換器未快速改切市電，產生「空窗期」進而導致負電力中斷，若使用在電腦用途很容易產生資料遺失甚至損壞作業系統。



圖 5 市售太陽能電源自動切換器

八、目前流行建構形式

除了政府倡導綠色能源，許多民眾也紛紛在家裡屋頂「種電」，為了更加了解他們的建構形式，加入「太陽能自用發電玩家天地 市電並網節電儲能使用分享討論」FB 社群，從裡面獲取相關的知識。經瀏覽網友分享文章發現群裡的玩家們，利用定時器來控制逆變器啟閉時間(如圖 6)，優點在於系統建置簡單，但在非設定時段臨時需要使用蓄電電源就得自行再手動開啟，還有若設定時段卻沒負載用電，逆變器長期處空載下壽命會略受影甚至較易故障。



圖 6 FB 社群玩家利用定時器設定逆變器啟閉時段

叁、研究目的

- 一、依據負載是否用電啟閉儲能供電增進便利性，防止逆變器處空載待機耗電，延壽設備減少維修開支。
- 二、解決市售電源切換器無法完全相容各式逆變器，導致電源轉換過程發生「空窗斷電」問題。
- 三、監督逆變器運作中若發生故障，透過 IoT 立即通知遠端使用者盡速處理。
- 四、具備蓄電池溫度監控功能，異常上升事件通報預防危險發生。
- 五、市電停電自啟儲能供電之 UPS 功能，增加作品附加價值。
- 六、提供圖表式歷史數據查閱功能，方便解析系統發、放電狀況。

肆、研究設備及軟體

一、工具與器材

尖、斜口鉗		電力檢測儀		行動載具	
剝線鉗		電源供應器		PCB 電路板雕刻機	

麵包板		示波器		電烙鐵(架)	
三用電表		桌上(筆記型)電腦		吸錫器	

二、使用軟體

名稱	軟體用途
Office Word	撰寫成果報告書
Microsoft Visio	繪製控制流程圖
MotoBlockly	編寫微處理器程式
串口 UX 助手	測試電流感測模組串列資料輸出情形
Altium Designer	繪製電路圖與 PCB 電路板
PCBPROTOTYPE	控制電路板雕刻機執行 PCB 雕刻

伍、研究過程及方法

一、研究架構圖

本研究以獨立型儲電做為對象，藉由監控負載用電情形決定是否啟動儲能電力，事件成立依序開啟逆變器與供電切換，防止轉換過程中發生斷電導致負載「跳機關機」，也能解決以人工啟閉的不便，又可防止設備處空載進而增長壽命。同時不斷監控儲能電源轉換裝置(逆變器)、電壓、電流、溫度，整個系統過程中是否發生電力不足或異常，電力不足或已耗盡自動關閉儲能系統並改回切市電，若發生異常立即用 LINE 發出事件警告訊息，遠端者就能輕易判斷原因做後續維修處置。此外，上述的監控部份還包括台電供電情形，遇到停電立即自動啟動儲能供電，讓作品兼具 UPS 不斷電功能增加實用性。相關的 24 小時發、放電、溫度等變化，也都將被雲端服務平台紀錄，方便日後查閱歷史資訊(如圖 7)。

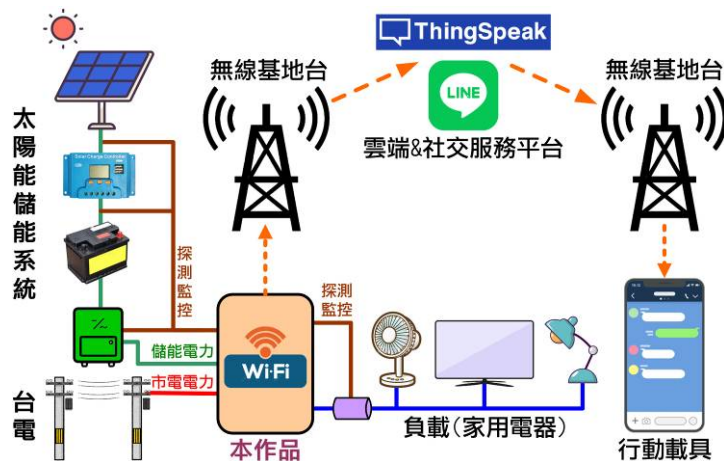


圖 7 研究架構圖

二、電源管理硬體電路設計

藉由研究架構圖將硬體設計想法繪製出方塊圖(如圖 8)，以便明確依序每個區塊進行材料選定與製作，主要架構分為兩個部分，第一部分為電源管理掌管整個監控，包括太陽能發電電壓與電流狀況感測、儲能啟用後電池耗電情形以及當前空間的溫濕度感測，三個溫度感測器則用於貼在蓄電池旁，以便長期監督溫度是否異常。提示與顯示部份，運用蜂鳴器鳴叫功能達成聲音警示效果，LED 分別用於負載用電、電壓狀態與數據傳送，透過簡單顏色燈號就可輕易判斷目前狀態，LCD 則顯示各發用電的等詳細資訊。

另一個電源轉換硬體部分它有二項重要腳色工作，第一項接收電源監控管理指令，根據命令做儲能與市電間切換，以及啟、閉逆變器控制用途。第二項收集負載是否用電、逆變器供電是否正常，還有市電電力是否存在共計三項資訊，再回傳至電源監控管理電路中，才能掌管整個太陽能發電系統所有情報，提供完成監督與異常通報功能。

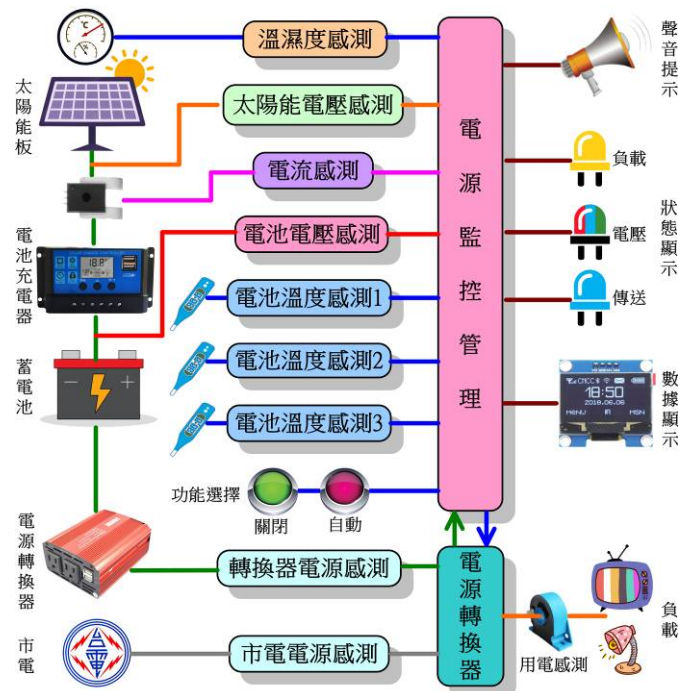


圖 8 硬體架構圖

(一)選擇微處理器

收集電壓、電流等數值以後續電源管理，必須有微處理器作運算處理，目前微處理器非常多，必須考量以下 2 點才可符合本研究，第一必須具備 WiFi 網路功能，才能讓遠端的使用者查看資訊，第二是否足夠接腳供使用，我們根據繪製出的硬體架構圖計算所需 I/O 埠共計 25 腳，因此鎖定廣泛使用 38 Pin 的 ESP32 當作微處理器，在根據它特性將左側埠盡量設計連接感測器 IN 功能，右側則用於警示與顯示等 OUT 控制，詳細連接腳定義如表 3。

表 3 微處理器連接腳定義

埠	形式	用途	數值	埠	形式	用途	數值
3.3V	PWR	供電至各感測模組	3.3V	GND	PWR	供電負極	0V
EN		無		G23	OUT	驅動蜂鳴器	PWM
G36	IN	讀取蓄電池電壓值	0~4095	G22	SCK	OLED 液晶顯示器	串列時脈
G39	IN	讀取太陽能電壓值	0~4095	TX		無	
G34	IN	讀取負載用電感測值	0~4095	RX		無	
G35	IN	讀取市電電源狀況	0~4095	G21	SDA	OLED 液晶顯示器	串列資料

G32	UART	讀取充電電流感測值	串列資料	GND	PWR	供電負極	0V
G33	1-Wire	讀取電池溫度值 1	串列資料	G19	PWM	全彩 LED(藍)	PWM
G25	1-Wire	讀取電池溫度值 2	串列資料	G18	PWM	全彩 LED(綠)	PWM
G26	1-Wire	讀取電池溫度值 3	串列資料	G5	PWM	全彩 LED(紅)	PWM
G27	1-Wire	讀取室內溫溼度值	串列資料	G17	OUT	LED(藍)	0 或 1
G14	IN	讀取逆變器電源狀況	0~4095	G16	OUT	LED(橙)	0 或 1
G12	IN	手動關閉儲能供電	0 或 1	G4	OUT	逆變器電源控制	0 或 1
GND	PWR	供電負極	0V	G0		無	
G13	IN	開啟自動儲能供電	0 或 1	G2	OUT	運作指示(閃爍)	0 或 1
SD2		無		G15	OUT	電源切換控制	0 或 1
SD3		無		SD1		無	
CMD		無		SD0		無	
5V	PWR	供電正極	0~12V	CLK		無	

(二) 蓄電池充電管理與電流感測

太陽能對蓄電池不能無限制一直充電，必須抑制避免過充造成電池損壞甚至爆炸危險，選用市售太陽能控制器做為充電控制。此外，讓未來能夠透過充電電流數值，就可得知目前發電量或判別設備是否故障，選擇具資料輸出走 UART 介面的電流感測模組(如圖 9)，並以 HT7350 IC 穩定 5V 電源供給模組(如圖 10)。

利用串口軟體查看送出資料為浮點數值(如圖 11)且 0.5 秒主動送出，因此只要將該模組 TX 端連接到 ESP32 就能完成電流值讀取功能，該模組連接系統時將它放置太陽能與控制器中間形成串聯(如圖 12)，就能夠讀取太陽能板送入蓄電池電流量。

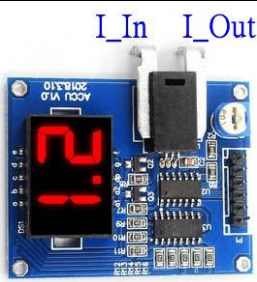
外觀與接腳定義		規格、特性	
	1	CMP	工作電壓:5V
	2	OUT	可量類別: DC 直流
	3	GND	檢測方式: 霍爾
	4	RX	最大量程:30A
	5	TX	輸出形式: UART
	6	VCC	

圖 9 電流感測模組偵測充電電流規格

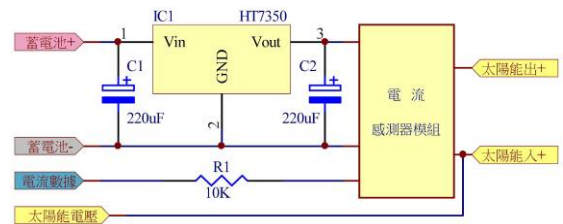


圖 10 HT7350 IC 穩定電源提供模組使用

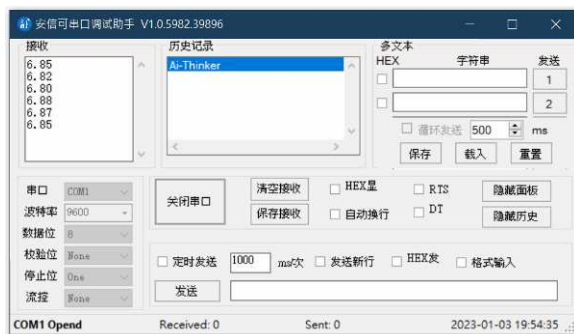


圖 11 串口軟體查看模組送出資料格式

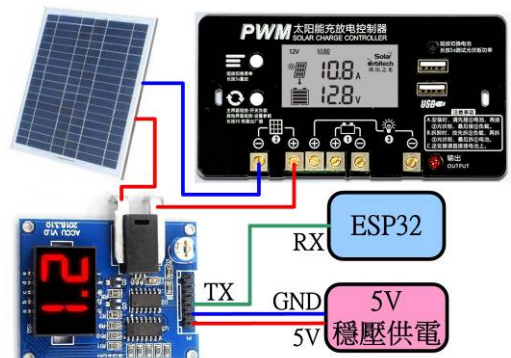


圖 12 電流感測模組應用連接線路

(三)電壓感測

常見太陽電蓄電池有深循環電池、磷酸鐵鋰電池兩種，判斷他的電力狀況可藉由 ESP32 A/D 埠感測電壓大小就可得知，從網路查詢兩電池充飽電壓分別 13.7V 與 14.6V(如圖 13)，由於 ESP32 核心電壓為 3.3V，因此可偵測最高值不可超過該值否則會將它燒毀，為了讓作品適用不同類型蓄電池，必須讓感測值能夠偵測 14.6V 以上，利用 R1、R2 構成分壓電路將電壓衰減 6 倍(如圖 14)，可使 ESP32 量測最高可達 19.8V(3.3V*6)。而電路中 D1 為二極體，目的使電源單向輸入在送往 C1 電容器，使偵測電壓穩定避免受其它干擾造成起伏過大。另外，為了解太陽能發電電壓狀況，也利用上述相同原理利用 R3、R4 電阻，構成分壓電路降壓後再送往 A/D 埠，微處理器就能順利完成蓄電池電壓與太陽能電力偵測。

電池類型(12V)	深循環電池	磷酸鐵鋰電池
限制充飽電壓	13.7V	14.6V
限制放電電壓	10.5V	10.5V
常態電壓	12.5V~12.8V	13.0~13.3V

圖 13 電池充放電特性

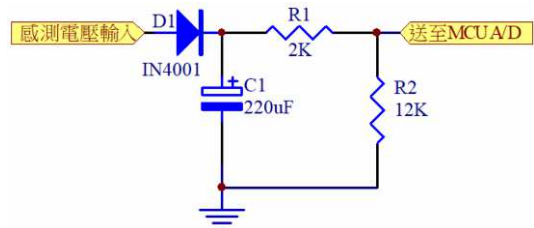


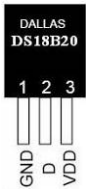
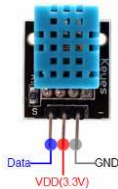
圖 14 分壓電路

(四)溫度與溫溼度感測

儲能系統中的蓄電池是否異常，尤其是磷酸鐵鋰電池當它膨脹快發生爆炸時，它的溫度會比起平常還來得高，為了確認電池是否有上述問題，選擇 DS18B20 溫度 IC 作為感測元件(如表 4)，從規格書得知可量測範圍從-55 到+125°C，誤差則在±0.5°C 已滿足本研究所需。使用時在 1-Wire 串列資料接腳加上 4.7K 提升電阻，連接到微處理器才能順利讀取數據。

另外，使作品可應用居家環境達到附加價值，選擇 DHT11 模組偵測家中溫溼度，該模組同樣輸出資料為 1-Wire 格式，也須加提升電阻就可讀取所需資訊，未來使用者就能從遠端查看環境。

表 4 選用溫度與溫濕度感測器規格

溫度感測器	DS18B20 溫度 IC	DHT11 溫室度感測模組
接腳定義		
特性	供給電壓:3V~5.5V 可感測溫度範圍:-55~+125°C ±0.5°C 輸出資料型態:串列 1-Wire	供給電壓:3.3V~5.5V 可感測溫度範圍: 0~50°C ±2°C 可感測溼度範圍: 20%~50% ±5% 輸出資料型態:串列 1-Wire

(五)狀態指示與警示

使用者能夠更易判讀系統相關狀態，硬體中加入蜂鳴器、LED 燈與 OLED 液晶顯示器，蜂鳴器用於透過聲音傳達，就可讓使用者輕易收到提醒或警示，蜂鳴器有兩種規格，分別有源與無源蜂鳴器，有源蜂鳴器已內建震盪電路，只要接上電即產生鳴叫，缺點只有單一聲頻無法變更音階，為了透過更多音階表示不同提醒或警示選擇無源蜂鳴器，制定 ESP32 第 G32 為連接埠，運用輸出產生不同 Hi 與 Low 速度就可達成上述目的。

光線作為功能指示是很常見做法，因此作品也設置 3 顆 LED，使用者就可得知設備動作為何。G16 埠連接橙色 LED 用來查看是否偵測負載正用電，G16 埠藍色 LED 則用來資訊傳到雲端與社交平台之指示，還有一顆 4Pin 的全彩 LED(如圖 15)，接腳分別制定 G5、G18 及 G19 埠，蓄電池的電壓高低改變顏色，顏色與電壓間關係依據之前上網所查到，深循環電池充飽為 13.7V；限制放電為 10.5V 規定與放電曲線，切割成 7 等份顯示不同顏色，例如充飽電壓白色；電力充裕翠綠色，電力不足或用盡呈現紅色，使用者就可輕易了解電池狀態，詳細規劃如下表 5。

表 5 全彩 LED 顯示蓄電池電壓與顏色間關係

電壓範圍(V)	>13.7	13.7~13.0	12.9~12.3	12.2~12.0	11.9~11.6	11.5~11.3	<11.3
LED 顏色	白	藍白	翠綠	綠黃	紫紅	紅色	紅色
代表意義	充飽電力	蓄電中	電力充裕	電力普通	電力偏低	電力不足	截止輸出

上述蜂鳴器與 LED 讓人不必近距離就可得知系統現況，不過它只能呈現大概狀態，若要進一步知道詳細數值，如電壓、電流甚至溫度等數據還是要仰賴顯示器，因此使用 1.3 吋 OLED LCD，將它控制 SDA 腳制定 G21 埠；SCK 腳連接到 G22 埠(如圖 16)，配合程式的編寫，將上述的數據顯示出來，使用者就不須透過電腦或其他設備查看。

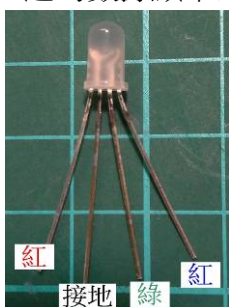


圖 15 全彩 LED 接腳定義

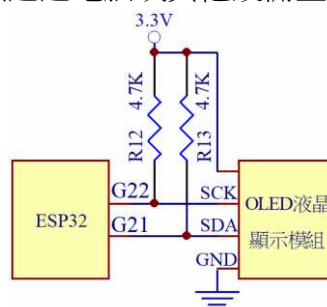


圖 16 OLED 與 ESP32 連接線路

(六)電源管理線路驗證測試

藉由前面選擇適合的感測與控制元件(模組)，印證上述電路整合後是否無誤(如圖 17)，麵包板進行實際電路測試。首先，可調式穩壓模組放置左上處；ESP32 擺放中央方便 I/O 埠連接到各處；中央偏右上方再放置小型可調式穩壓模組，提供微處理器所需 5V 電力，接著利用單心線以紅、黃與黑用於鋪設共給電源，其餘綠、藍、紫色等色當作信號或控制之用，透過顏色區分能輕易了解連接是否正確。

接著依照當初所制定的接腳，將元件盡量擺放埠附近減少拉線長度。從左下角放置太陽能與蓄電池兩組的衰減分壓電路；中間放置用來選擇欲手動或自動開啟儲能供電控制開關，右下方則擺放 3 顆用於蓄電池溫度 18B20 感測 IC。接著左上方放置 OLED 顯示器，秀出完整系統數據資訊，上方中插入蜂鳴器、LED 用於提示音與狀態指示之用。

變壓器將 15V 電壓送入穩壓模組，從模組上方數字顯示確認電源未誤接成短路，在拿起三用電表逐一檢查送入各處，如 OLED、溫度 IC 等是否均無問題，有供電才能正常運作。接著測試 2 組分壓電路是否具衰減功能，將穩壓模組輸出調至 14.6V 模擬鋰電池充飽電力，經三用電表量測所得電壓為 2.92V，未超過 ESP32 核心電壓 3.3V 就不會燒毀微處理器。上述反覆測試雖然無誤，但拉線講求快速僅隨意處理實在過於凌亂(如圖 18)，移動時很容易接觸不良甚至扯到脫落，於是整線將它修短緊貼麵包板板面(如圖 19)，未來才不會發生硬體故障疑慮，專注往後的韌體程式編寫。

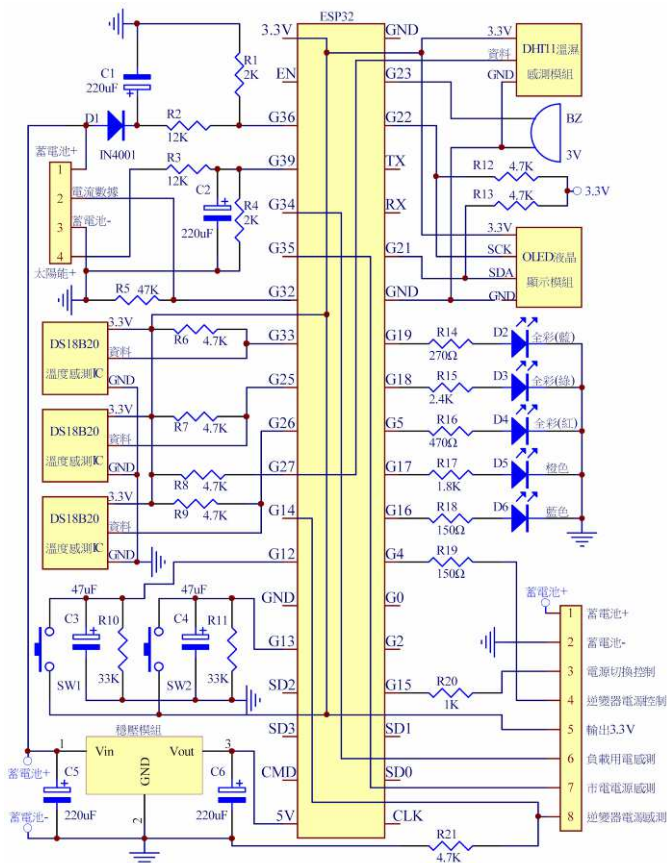


圖 17 完整電源管理線路圖

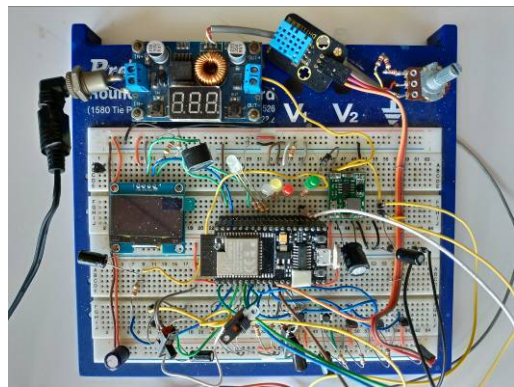


圖 18 零件安裝至麵包板

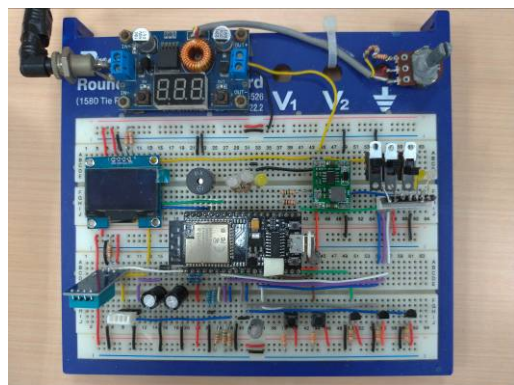


圖 19 經整線後的麵包板

三、電源轉換硬體電路設計

前面電源監控管理部份主要用來收集電壓、電流與溫度數據與狀態顯、警示功能，但不包含電源切換項目，該功能用於接收 ESP32 傳來電源轉換命令，以便讓儲能或市電的其中一電源連接至負載提供電力，功能同等市售 ATS 電源切換器。另外，期望作品偵測負載用電即自動啟動儲能系統，並具備 UPS 不斷電功能，以及監督逆變器供電是否正常，上述三項由於電力都集中匯入於此，因此電路裡加入收集以上資訊再回傳到 ESP32，儲電力監控機制才可達成本研究目標。

(一)市電與逆變器電源狀態感測

逆變器電源與市電均為交流電，但 ESP32 卻只能判斷直流信號，若要它得知供電狀態勢必要先經電源轉換才行，因此使用橋式整流器將供電交流電轉成脈動直流，此時脈動直流電壓相當高，同樣以二個電阻 R6、R7 構成分壓電路衰減至 20V 左右，最後以 C2 220uF 電解電容濾波成成全直流電(如圖 20)，並將上述電路製作 2 組分別用於逆變器電源與市電，ESP32 輸入埠就能透過電壓高低得兩者供電狀況。

感測結果並非直送 ESP32 輸入埠，而是透過光耦合器當作資料傳遞，他是一個光作為媒介傳輸信號元件，一邊為發光二極體，另一端為光電晶體，當發光二極體送入電壓會令光電晶體二端形成短路，可應用於電子開關場合。優點當 AB 兩端設備電壓不同，且於處接地未相接不共路，就不會造成電壓驅動不足或電壓過高燒毀另一設備，另一優點在接地不共路下，市電與逆變器 110V 電源不會流向 ESP32 就不會有觸電疑慮，基於上述特點作品傳輸過程勢必加上光耦合器。

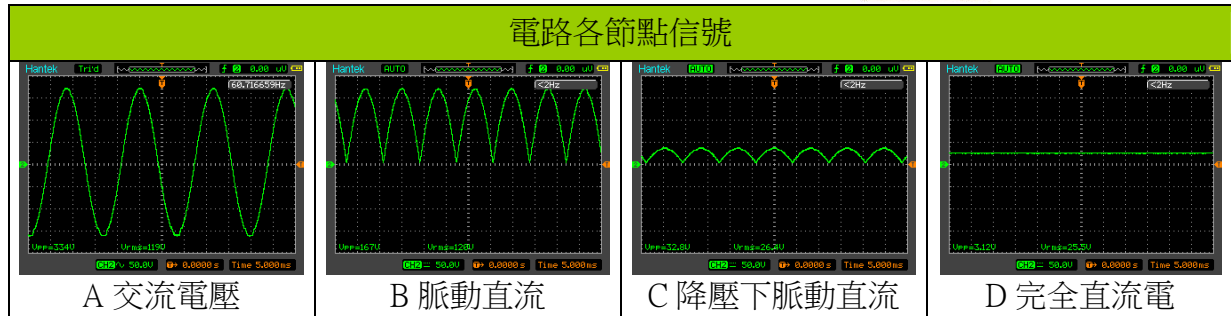
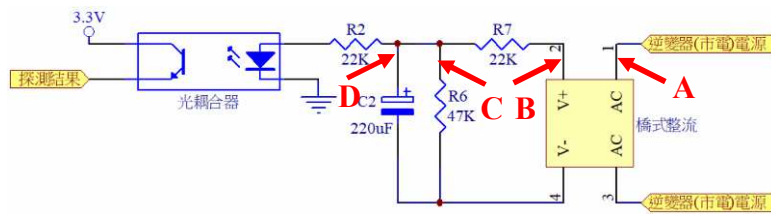


圖 20 電源轉換電路將交流轉換直流信號供微處理器識別供電狀況

(二)負載用電感測與電源轉換

根據作品研究目標偵測負載用電，可自動開啟儲能系統讓使用更加便利，不過要如何得知負載正用電呢?記得在實作課程裡提到當用電時電線上會引起電流流動，所以只要能感測電流高低就能得知狀況。目前看到電流感測有電阻式與磁場檢測型(如圖 21)，電阻型利用分流電阻配合高速放大器得知電流變化，缺點有功率耗損且會發熱，磁場檢測型則利用互感方式採集，由於電流流動會產生電磁場，利用鐵芯線圈感測磁場高低得知電流大小，雖然體積稍大但對於研究並無大礙，我們以它擔任感測負載用電情形。

電阻檢測型	磁場檢測型	
分流電阻+高速放大器	有鐵芯 鐵芯 電流線	無鐵芯 PCB基板 基板配線
測量範圍: 0A~±50A	測量範圍: 0A~±2000A	測量範圍: 0A~±50A
<ul style="list-style-type: none"> ■優點 安裝簡單,操作容易 ■缺點 電阻的功率損耗造成發熱 	<ul style="list-style-type: none"> ■優點 無功率損耗造成的發熱 ■缺點 貼裝面積大 	<ul style="list-style-type: none"> ■優點 安裝簡單,操作容易 ■缺點 引入IC造成功率損耗

圖 21 常見電流感測方式

不過我們使用互感式電流模組(如圖 22)發現輸出端，並非以直流電壓高低呈現電流變化，利用示波器觀察它竟然還是一個類方波的交流信號(如圖 23)，信號是無法被 ESP32 給接受，同樣利用橋式整流加上 C5 電解電容，讓它輸出為直流且隨電流大小產生高低(如圖 24)，送入微處理器 A/D 埠就能得知負載用電情形。

外觀與接腳定義	規格、特性
	1 VCC 工作電壓:5~18V
	2 DATA 可量類別: AC 交流
	3 GND 檢測方式: 互感式
	4 GND 最大量程:5A 輸出形式: AC 模擬電壓

圖 22 互感式電流模組偵測負載用電之規格

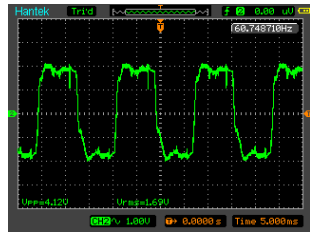


圖 23 輸出端為類方波交流信號

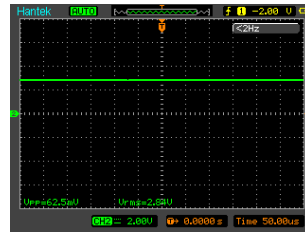


圖 24 經電路轉換穩定直流信號

另外，電源轉換電路另一項重要工作，就是接收微處理器控制信號，我們之前從市售 ATS 電源切換器，看到它使用一顆繼電器來擔任，因此也利用一顆內建雙組開關的 9V 繼電器，作為儲電與市電電力間切換元件，不過 ESP32 輸出埠無法直接驅動，因此借助 Q1 MOSFET 當做驅動電子開關，繼電器所需電力來源同樣由小型可調穩壓模組提供，上述 3 個元件達成電源轉換伺服任務(如圖 24)。

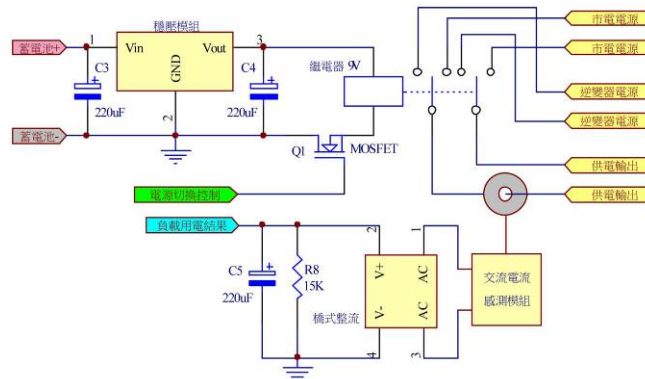


圖 24 負載用電感測與電源轉換線路圖

(三)令逆變器電源啟閉

啟用儲能系統 ESP32 必須將逆變器的電源開關兩端相互連接，才能順利令它工作提供 AC110V 電源，同樣使用光耦合器當作控制信號傳送媒介(如圖 25)，當 G4 埠送入 Hi 電壓至光二極體，使內部光電晶體產生導通猶如電子開關(如圖 26)，這樣就可達成目的。

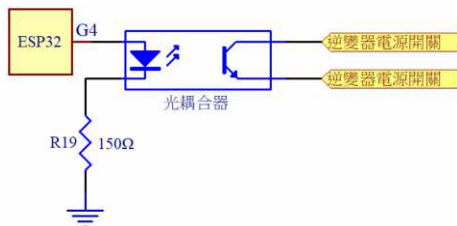


圖 25 光耦合器驅動逆變器工作線路圖



圖 26 輸出端架接到逆變器電源開關

(四)電源轉換硬體驗證測試

根據繪製出電路圖(如圖 27)同樣利用麵包板先行測試(如圖 28)，最右側放置端子台用於市電、儲電與提供負載三項電力連接之用，電源切換的繼電器放置右上方，下方擺放電流感測模組，中央處放置所需 3 顆橋式整流，並將 R4~R8 與 C1、C2、C5 構成交流轉直流所需元件插入，旁邊各配置光耦合器用於資料傳輸，避免 AC110V 電源引入低電壓 ESP32 電路造成觸電疑慮，左邊放置小型可調式模組提供電路所需電力，最後利用單心線紅、黃、黑顏色進行電源鋪設，其中紅 3.3V 黃為 9V 黑色則為電源負極，其餘顏色用於信號或控制線。

元件裝配與透過電線相連後，必須模擬測試確保電路無誤，將電源供應器 15V 送入穩壓模組輸入端，利用十字起子緩慢調整半可變電阻，讓他輸出 9V 的穩壓電壓，接著端

子台負載端接上電器，在電器關機下利用三用電表觀察電流感測模組輸出端電壓值，此時數值即代表電器的待機耗電，避免作品將此待機耗電誤判正在用電，以一字起子調整電流感測模組上精密可變電阻，使輸出端降至 1.0V 以下來區分電器處於開或關狀態。

電源轉換部分，MOSFET G 埠當接上電源正或負極，繼電器便隨之產生切換動作，接正電負載供電為儲能系統，接負電則回歸市電供電。此外，檢測用於將市電與儲能狀態感測電路是否正常，利用示波器觀察橋式整流輸出端，此時已由交流被轉換成脈動直流，接著量測分壓電路端由原 110V 脈動直流被降至 26.4V，將電解電容裝上後脈動直流又會被轉成完全直流，此電壓送入光耦合器輸入端來作為資訊傳遞，輸出端所測量電壓為 DC 2.6V，當拔除市電電源後電壓就不見變為 0V。同理上述方法測試儲能狀態感測電路是否也正常，未來 ESP32 就能透過獨立的 2 組狀態感測電路，經由 2.6 與 0 電壓值判斷市電與儲能是否供電正常。

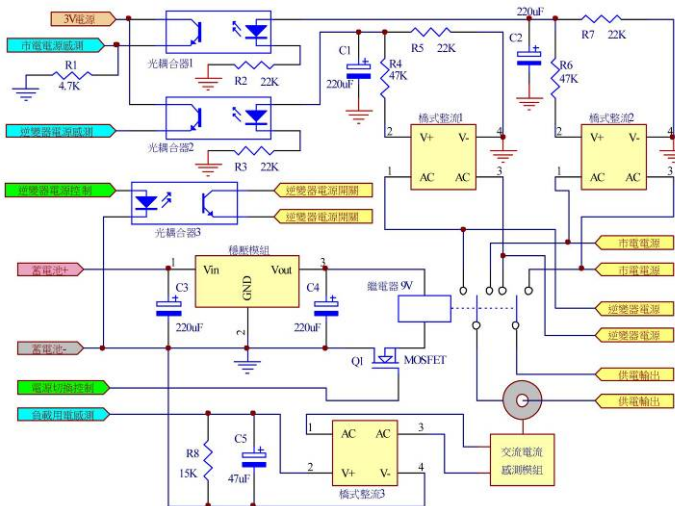


圖 27 完整電源轉換硬體線路圖

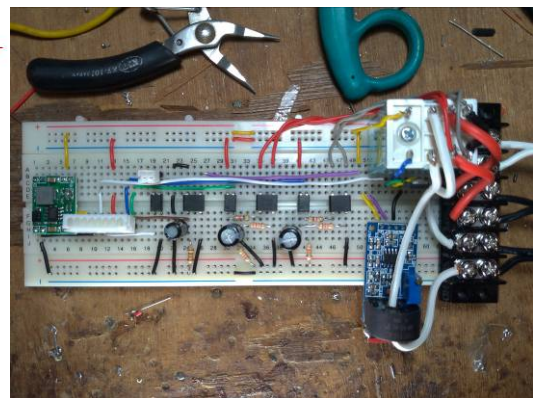


圖 28 零件安裝到麵包板進行測試

四、電源管理程式設計

(一)宣告、主程式與建立函式庫

微處理器開發程式以 motduino，選擇它撰寫原因是它採積木拖拉式，也提供豐富指令研究所需均已涵蓋在內。開始前必須宣告程式，用於送電後只允許被執行一次，最上方放置啟動串列通訊指令，接收電流模組所傳資料，下方則擺放 SSD1306 指令，OLED 顯示文字符號，接著令 G15、G18、G19 與 G23 埠為 PWM 模式，讓全彩 LED 顯示各種顏色，而 G23 埠蜂鳴器，依據需要產生不同音階聲音。下方 WiFi 設定指令用於與附近網路設備連線，微處理器才能將資料傳送到網路，最後變數 Line_Message 為開機事件通知，透過社群軟體通知使用者狀態。

迴圈部分令 G2 以 1 秒產生閃爍，用來觀察是否正常運作，下方全彩 LED 設置熄滅，對應負載用電副程式產生閃爍效果，以觀察儲能系統是否被啟用(如圖 29)，最後依研究目標開設 7 個副程式，往後就可依功能寫入程式維護較便利，詳細規劃如下表 6。



圖 29 程式宣告與主程式

表 6 副程式建立用途一欄表

副程式名稱	用途
Read_AD_TEMP_Current	讀取 A/D 類比、溫度與 UART 串列資料
TEMP_Warning	蓄電池溫度警示
BATT	蓄電池電力狀況顯示與警、提示
RL_Current	負載用電感測、逆變器異常警示
TW_AC	市電停電自動啟用儲能裝置
Control_Select	負載用電感測為自動模式或關閉停用
Thing_Speak	數據傳送 ThingSpeak 服務網站
LINE	Line Notiify 通報事件訊息
LCD_SHOW	OLED 液晶螢幕顯示充、放電數值

(二)讀取電壓、電流值讀取蓄電池與溫溼度值

類比讀出腳位指令讀入太陽能、電池電壓與充電電流值，存至變數前必須先除以 4095，太陽能與電池電壓甚至還要乘 6，4095 因微處理器 A/D 埠解析度為 12bit，乘上 6 則為兩輸入埠前端設置分壓電路將電壓衰減 6 倍，經上述計算才能回復正確數值(如圖 30)。

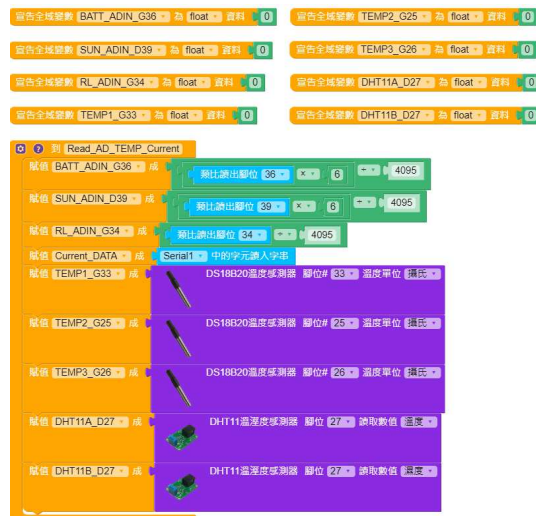


圖 30 讀取電壓、電流與溫溼度之感測程式

(三)蓄電池溫度異常警示

使用鋰電池用於儲能系統趨勢已高於鉛酸電池，主要在它的儲電效率非常好，然而電池不可過充否則會產生膨脹發熱，避免類情況發生增加溫度警示的功能、利用 if 指令判斷探測的溫度值是否高於 40 度以上，YES 蜂鳴器發出 2 秒警示音，並過過 LINE 提醒遠端使用者立即檢查狀況，防止電池溫度持續升高造成危險。



圖 31 電池溫度異常警示程式

(四)蓄電池電量顯示

if 指令判斷讀取到的蓄電池電壓值 BATT_ADIN 變數，根據之前表 5 制定顯示各顏色，最上方判斷電力是否來達 13.7V(或以上)，YES 全彩 LED 呈現白色驅動蜂鳴器發出提示音，並將 LINE_Message 變數儲存欲通知訊息內容，最後呼叫 Line 副程式透過社交平台傳送出去。接著，依序電力逐漸減少讓全彩 LED 呈現藍白，翠綠，綠黃，紫紅等顏色，若電力降至 11.6V 全彩 LED 呈現紅色，驅動蜂鳴器發出 3 聲短音提示音，提醒使用

者電力即將耗盡，電力再降至 11.3V 以下蜂鳴器發出長音，並令繼電器=0 使供電轉回市電避免蓄電池過度耗電而損壞，Line 訊息通知部分依據台電給電狀況，供電發出”改回市電”；未供電則”無電力”通知，使用者就可輕易透過行動載具查看目前電量狀況(如圖 32)。

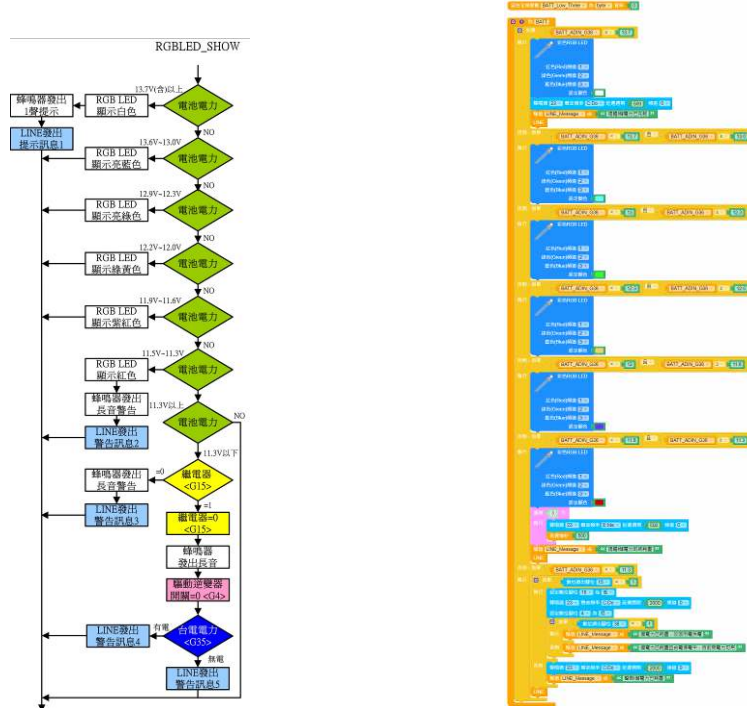


圖 32 以顏色顯示電量流程圖與程式

(五)依據負載用電啟閉儲能與設備故障警示

程式最上方放置 If 指令判斷 Mode 變數裡資料，若 AUTO 下方程式會被執行即隨負載用電自啟儲能供電功能，反之 STOP 程式被禁止功能就不會被執行。接著，G34 埠檢查電流感測模組所傳電壓，若偵測達 1V 以上代表負載正用電，此時 G16 橙色狀態 LED=1，並把 Delay_OFF_Timer 變數歸零，當負載無電力需求啟動延遲關機，重新倒數計使逆變器待一段時間再關機，避免頻繁或短暫啟閉易損壞。蓄能供電另一考量電瓶電力是否充裕，若 G36 埠偵測電壓低於 11.3V 驅動蜂鳴器發出警示音，並以 LINE 傳送電力已耗盡無法啟用儲能警示，電力足夠則令 G4 埠將逆變器電源開啟，搭配 IVT_ON_Check_Timer 變數+1 與 If 指令，設計一組 TIMER 計時器，由於逆變器收到開機命令直到供電會有時間落差，該變數就是用來作為計時的緩衝時間，當 G14 埠在 5 秒內未偵測到逆變器供電信號，表示設備已出現異常蜂鳴器發出警示音，透過 LINE 通知使用者盡速查修設備；反之 5 秒內收到信號表示逆變器供電正常，蜂鳴器發出 DoReMi 提示音，並令 G15=1 繼電器使供電轉向至儲能，最後 LINE 發出儲能供電中訊息。

當 G34 埠電壓小於 1 代表負載已無電力需求，先將 IVT_ON_Check_Timer 變數=0，讓下次又偵測到負載供電時，用於逆變器開機緩衝時間才能重新倒數計時。接著 If 指令判斷 Delay_OFF_Timer 是否為指定數值，該數值為逆變器緩衝關機時間，由於主迴圈裡放置 1S 延遲指令，欲 10 秒後關機填入 10 就能得到相對時間。IVT_ON_Check_Timer 變數未到達倒數計時數值，令 IVT_ON_Check_Timer+1 往上累加上去，反之，達到先將 G15=0 令繼電器將供電切回市電，在令 G4 埠=0 停止逆變器供電，並驅動 G23 蜂鳴器發出提示音與 LINE 傳送負載無用電需求訊息，上述一連串的動作就能達成依負載用電狀況啟閉儲能系統(如圖 33)。

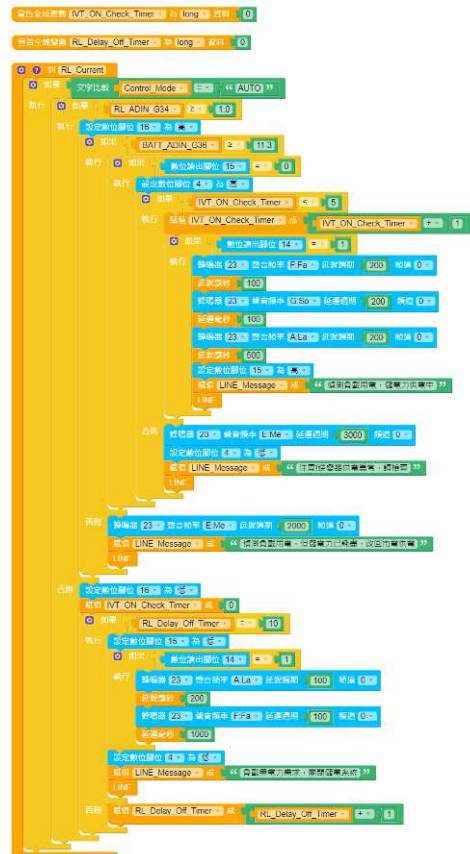
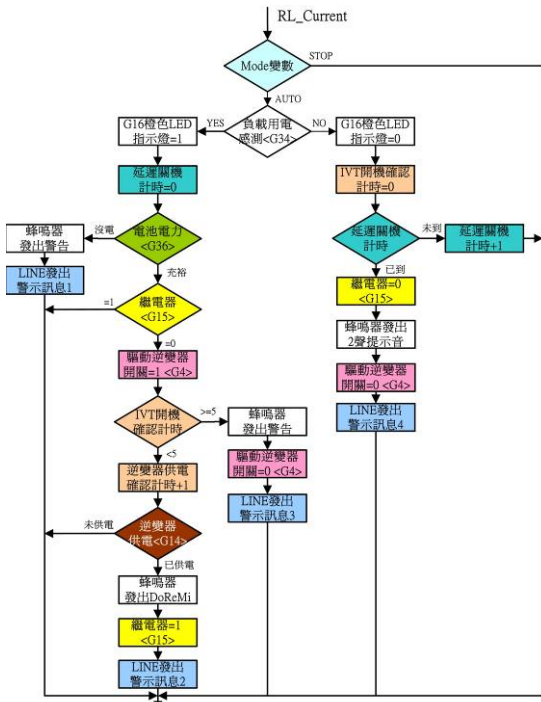


圖 33 負載用電自啟儲能流程圖與程式

(六)市電停電自動啟動儲能系統

當台電停電先將 Mode 變數代入 STOP 文字，避免 RL_Current 負載用電自啟儲電副程式被執行，主要考量停電為強制開啟儲能非自動，此時才有電力可使用。接著判斷 G15 繼電器輸出狀況，若=1 代表目前儲能已被開啟，只需發送 LINE 訊息通知停電訊息，=0 則儲能關閉中必須將 G4=1 令逆變器提供電力，G15 也=1 使繼電器將負載供。若電力恢復正常 Mode 變數由 STOP 轉為 AUTO，讓 RL_Current 副程式又可被執行，根據負載是否用電自啟儲電系統，蜂鳴器發出 2 聲提示音與 LINE 通知台電電力已恢復資訊(如圖 34)。

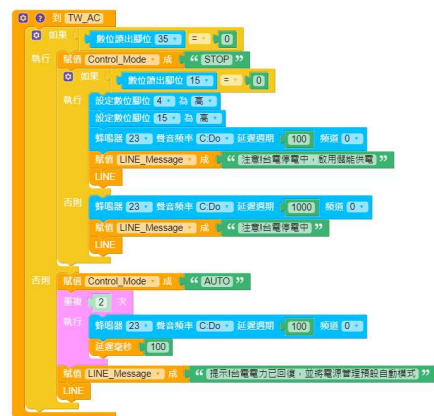
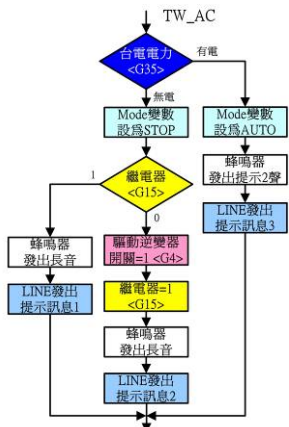


圖 34 停電自啟儲能流程圖與程式

(七)數據紀載與事件通知

Thing Speak 雲端平台紀錄充放電足跡，並繪製較易判讀曲折線圖，不過平台在免費下資料必須間格 15 秒以上才會被記載，因此利用變數+1 搭配 if 指令，讓 20 秒才執行上

傳動作，資料就可完整記錄到服務網站。而事件通報利用 Line Notify 將所需傳遞訊息，包括通報主題、電壓，電流與溫濕度資訊代入指令欄位處，使用者在異地也能獲得即時訊息(如圖 35)。

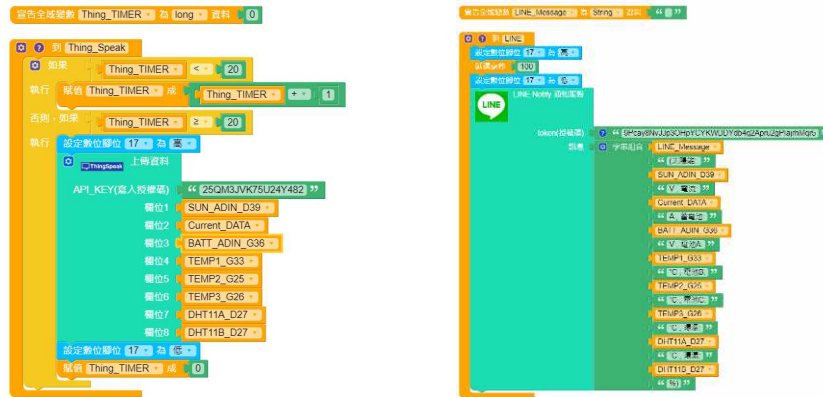


圖 35 數據紀載與事件通知程式

(八)控制模式之選擇

感應負載啟閉儲能系統固然便利，但遇天氣不良蓄電不佳，晚上又不想太早把電用光想預留特別場合，因此設計兩個開關可依需求，選擇欲自動負載啟閉或強制關閉。當按下 G13 自動模式開關，透過 if 指令先檢查台電供電狀況，供電中即令 Mode 變數代入 Auto 文字，讓自動啟動儲能系統副程式可被執行，接著依據電力多寡以 Line 傳送訊息給使用者以了解電力概況。反之自動模式下若台電停電，除了同樣會檢查蓄電池狀態，在電力足夠下還會強制開啟儲能系統，讓該按鍵又多了一項強制開啟儲能系統功能。

G12 按鈕被按下代表欲將自啟功能給關閉，此時 Model 變數代入 STOP 文字，使自動啟動儲能系統副程式無法被執行，接著 if 指令檢查 G15 繼電器目前是否=1，若 YES 代表儲能正被開啟中，在依照防空窗期流程先將 G15 繼電器=0 切回市電，延遲 1 秒後令 G4=0 關閉逆變器電源，最後根據市電供電情形以 LINE 通知使用者，在儲能關閉下市電是否仍可接續提供負載用電。

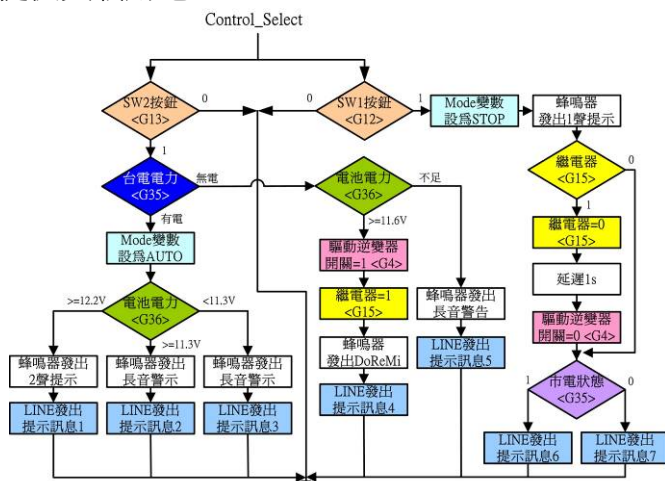
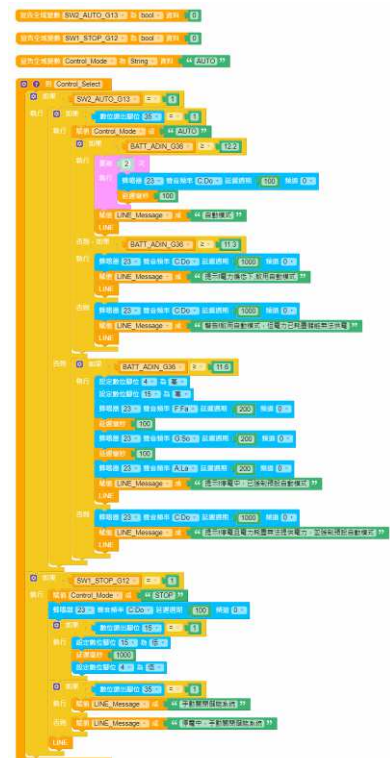


圖 36 控制模式選擇流程圖與程式

(九)即時數據顯示

1.3 吋 OLED 液晶面板來作為顯示元件，由於顯示的電壓、電流、溫度與狀態共計 10 個項目，經討論規劃畫面區分 2 行 6 列方式，最上排秀出控制負載用電目前的控制模式

，第 2 行左側 SV 顯示太陽能發電電壓；右側 BI 則秀出充電電流，第 3 行 T1、T2 處顯示第 1 與 2 顆電池溫度概況，第 4 行右側 T2 第 3 顆電池溫度概況；右側 RT 顯示室內溫度，最後 1 行 RW 顯示室內溼度。上述欲顯示先以「設定游標位置」指令設定每行的位置，在透過「設定文字」指令將欲顯示資訊代入，最後全部程式放入「顯示內容」指令就能顯示到 OLED 液晶面板(如圖 37)。



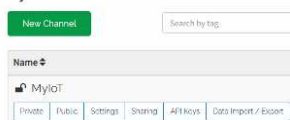
圖 37 OLED 液晶面板顯示數據程式

五、行動載具顯示歷史紀錄與通知事件

(一)數據收集服務平台

ThingSpeak 是一個免費的數據收集服務平台，首先到官網 New Channel 新增一個頻道，Channel Settings 頁面上的 Name 欄位填入頻道名稱，Field1~8 欄位則將規劃用於紀錄電壓、電流與溫度等用途名稱也填入進去，在到 Share 頁面將 Share channel view with everyone 選項打勾，未來才能將數據共享出去供其它者觀看，而 API Keys 頁面 Write API Key 中的文字即為寫入金鑰，代入 MotoDuino 程式開發平台 ThingSpeak 上傳指令，就能把資料上傳顯示成曲線圖表(如圖 38)。

My Channels



1.增設新頻道

Channel Settings



2.Field 欄位填入項目名稱

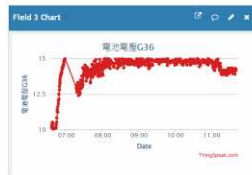
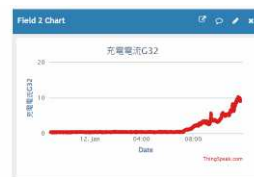
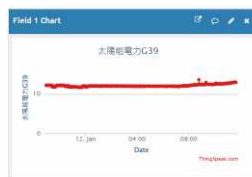
Write API Key



Read API Keys



3. 取得 Write API Key



4.資料傳送上去顯示結果

圖 38 ThingSpeak 平台新增紀錄頻道

(二)異地數據查閱

使用者遠端查看系統發放電狀況，我們到 PLAY 商店下載支援 ThingSpeak 的 APP，經試用選擇 TheThingV 和 ThingShow 兩套軟體(如圖 39)。其優點不同之處在於 ThingShow 透過指針圖形式加上數字顯示，讓觀看者很直覺得知現況，而 TheThingV 是將數據繪製成折線圖，更可制定某些數據顯示同一個圖表，適合用於數據間的比較場合。兩套軟體設定方式大致相同，皆可依據喜好任意調整款式、文字大小、背景顏色與透明度等，重要的是它們觀看時不必打開 APP，而是透過所提供小工具拉出至螢幕上就能直接查看，使用者就能從數字與圖表了解狀況，便利性極高。

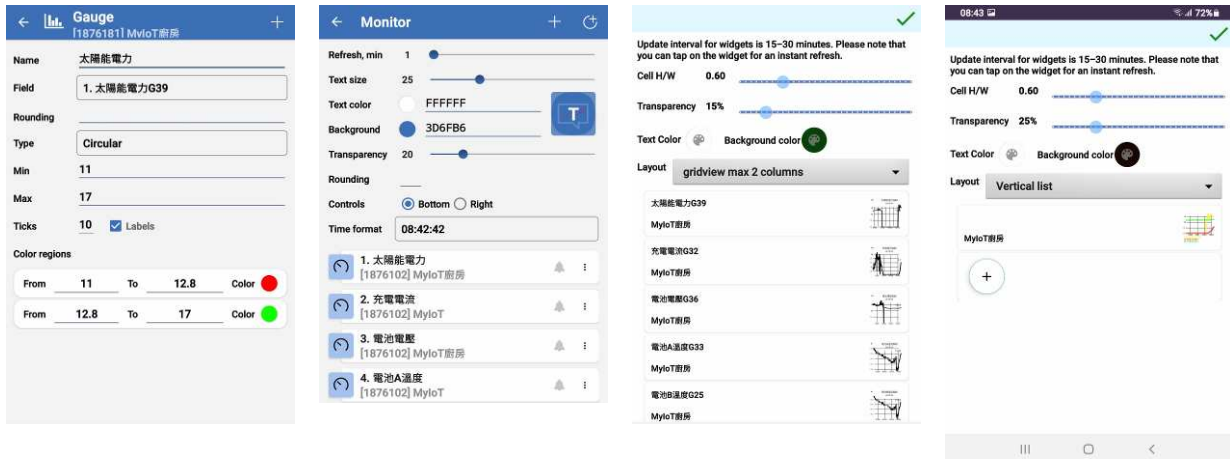


圖 39 依據需求設定 APP 欲顯示的方式

六、PCB 電路板製作

麵包板不用焊接工具安插零件就可完成電路測試(如圖 40)，故便利但移動時很容易因碰撞造成元件脫落，杜邦線拉扯更會造成接線不良，故障還得反覆查修故障點，還有麵包板體積固定製作的作品總是過大，轉換成 PCB 板才能解決上述問題。我們以 Altium Designer 軟體繪製三塊 PCB 板(如圖 41)，包括製作專屬底板用於顯示充電電流感測模組，加入穩壓電路提供穩定 5V 電力，另一考量感測模組上的霍爾元件必須串接到探測線路，透過連接座若遇到模組故障，可在無需烙鐵下就能完成快速拆卸。

電源監控管理電路製成 PCB 板除了可縮小體積，連接到溫度感測 IC、電流感測模組與電源轉換電路，採連接座做為相互連接，當遇到損壞就能方便更換維修。電源轉換電路部份，解決繼電器、連接至市電、儲能電及供電端 6Pin 連接座，因接腳過粗無法直插麵包板問題，轉換 PCB 板就能將上述兩項元件黏牢固定，加上將市電狀態、儲電供電狀態探測電路，以及負載用電感測、控制逆變器電源啟閉四項功能設計進來，才能完整取代原本安裝麵包板電路。

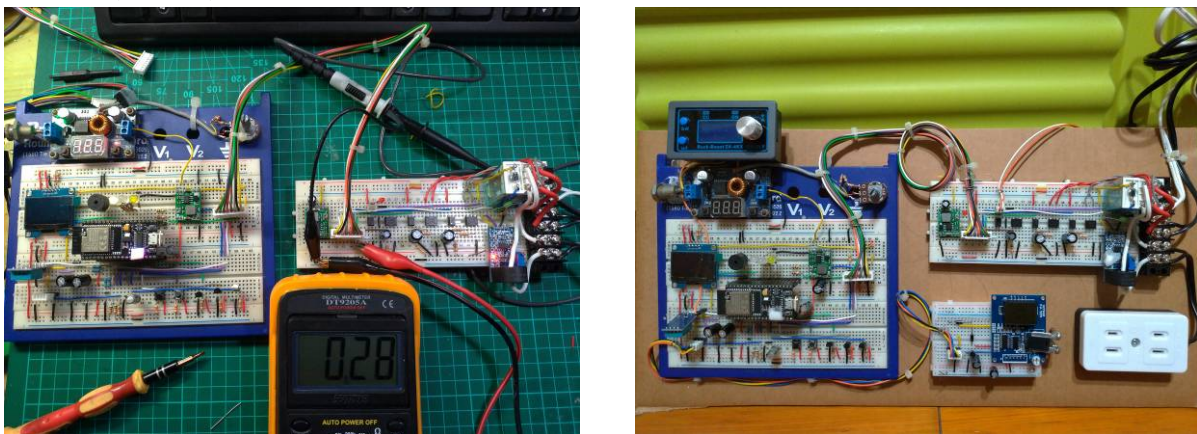


圖 40 電路相連後進行硬體測試

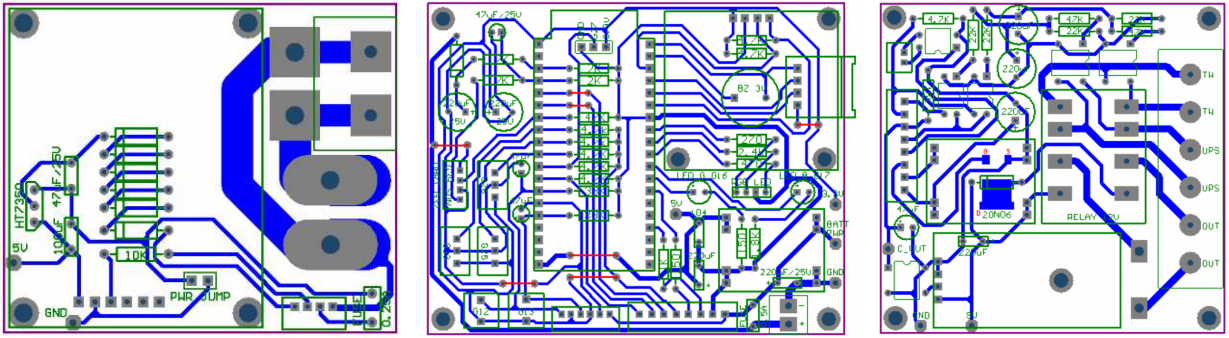


圖 41 Altium Designer 軟體繪製 PCB 電路板

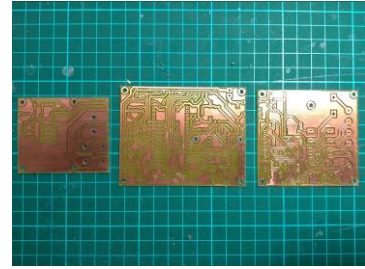
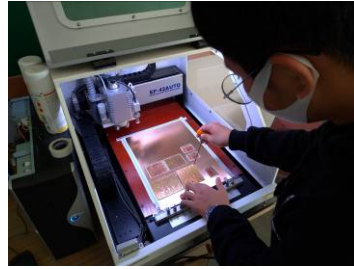
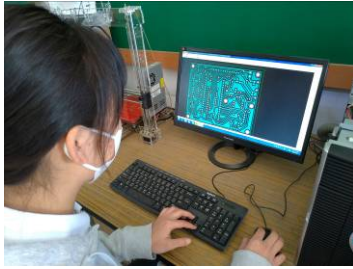


圖 42 檔案送入電路板雕刻機進行雕刻



圖 43 零件裝配焊接並固定瓦楞板

陸、研究結果、討論&解決方法

一、突波電壓導致誤判

從 ThingAPP 發現蓄電池數據紀錄裡，偶爾不定時出現突波現象(如圖 44)，此問題會導致明明蓄電未充飽，因突波使感測值來到 13.7V 而誤觸通報，微處理器 G36 埠裝設 C1 與 D1 元件，主要就是降低感測電壓不受其它因素影響，就算將 C1 容量加大仍然無法避免上述發生，似乎並非硬體上所導致。從 FB 社團中看到網友也討論類似問題，大都毛頭指向是 ESP32 A/D 本身，不像其它處理器那樣優秀精良，此時若換掉 ESP32 許多研究勢必要重頭再來。

放大紀錄曲線圖觀看突波發現只在該時間點發生一次(如圖 45)，也就是不會有前後連續性持續出現，因此想到一個對策採多次比對方式，利用旗標記錄電壓值出現次數，連續 3 次就會被認定該事件發生，小於 3 次則忽略不進行任何動作。該方式除了應用電力充飽提示，也加入電力不足與耗盡警示之中(如圖 46)，解決易誤觸警報擾人問題。



圖 44 數據紀錄出現突波現象



圖 45 放大曲線圖發現突波發生非連續性



圖 46 電力監控程式加入旗標記錄防止誤觸警報

二、環境溫度對探測電池溫度影響

測試過程中從數據發現，電池的溫度隨室溫高低產生變化(如圖 47)，夏天季節室內溫度來到三十幾度是很普遍，這時很容易飆到設定警示溫度而觸發警報，遇到冬季寒流溫度降至十幾度，與設定 40 度警報距離過遠，當真正電池故障微發熱下，又很難啟動異常通報。避免上述情況發生，我們將以 40 度判斷異常方式，改為蓄電池的溫度高於室溫 5 度時才發送警示訊息，讓警示溫度值非固定而是隨環境變化來決定，防止警報不再隨天氣型態不同導致門檻過高或不靈敏問題。

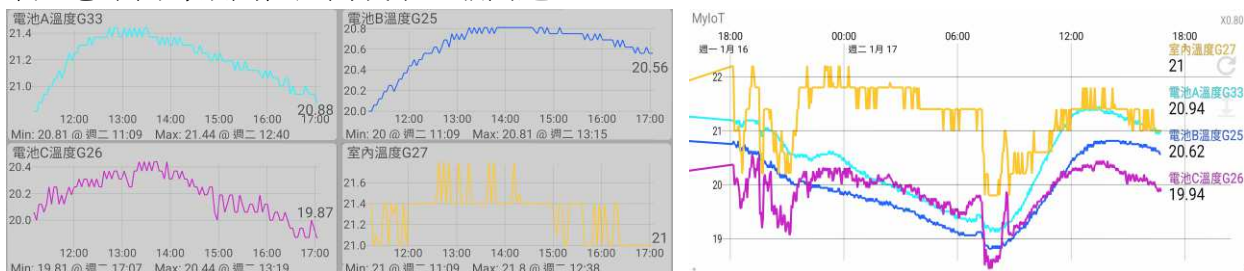


圖 47 蓄電池溫度與室溫間關係

三、負載用電自啟儲能電力

檯燈當作負載用電，當電源線插入負載插座由於為電子式，平時關機仍有少許待機耗電，避免被作品誤認為負載用電，利用小一字起子轉動互感式電流感測模組上可變電阻，讓輸出的電壓小於 1V，按下檯燈電源按鈕後電壓來到 1.6V 左右，因主程式放置 1S 延遲指令加上開啟逆變器所需時間，自然就有感應與啟動兩項響應時間，而且逆變器啟動也非立即供應電源，必須經 2 秒後插座才有 AC110V 輸出，且瞬間來電還呈拋物線，必須加上防空期延遲才可令 G15 繼電器把電力轉換儲能系統。

接下來關閉檯燈電源模擬無負載用電情形，這時 G16 橙色 LED 熄滅，代表互感式電流感測模組輸出電壓已降至 1V 以下，正常來說應該要關閉儲能系統，降低空載時間與待機仍耗蓄電池問題，但考量實際應用遇到臨時取物開啟負載用電，接著馬上離開又將它關閉，導致逆變器跟隨 ON/OFF，短時間啟閉對逆變器其實也不是一件好事情，因此當 G34 感應到無負載用電，透過變數+1 設計延遲計時器給與緩衝時間，讓這段不會立即關閉逆變器，若時間到達先令 G15 繼電器切回市電再 G4=0 關閉逆變器，才能讓兩種電源連續不間斷避免發生空窗期。

除了使用檯燈當作負載也使用桌機做為實驗對象，由於它不像筆電內部具有電池，當電力轉換不當很容易迫使關機，經同樣測試皆能繼續的運作，主要歸功負載用電前者必須先開啟逆變器在轉換到儲能系統，反之負載無用電控制順序恰好相反，加上防空窗期延遲讓逆變器供電穩定後再提供負載使用，自啟儲能系統加上 G14 偵測供電雙重機制設計下，具智慧電力轉換且用電方式與平時均相同，又可降低逆變器長時間開啟易故障風險。

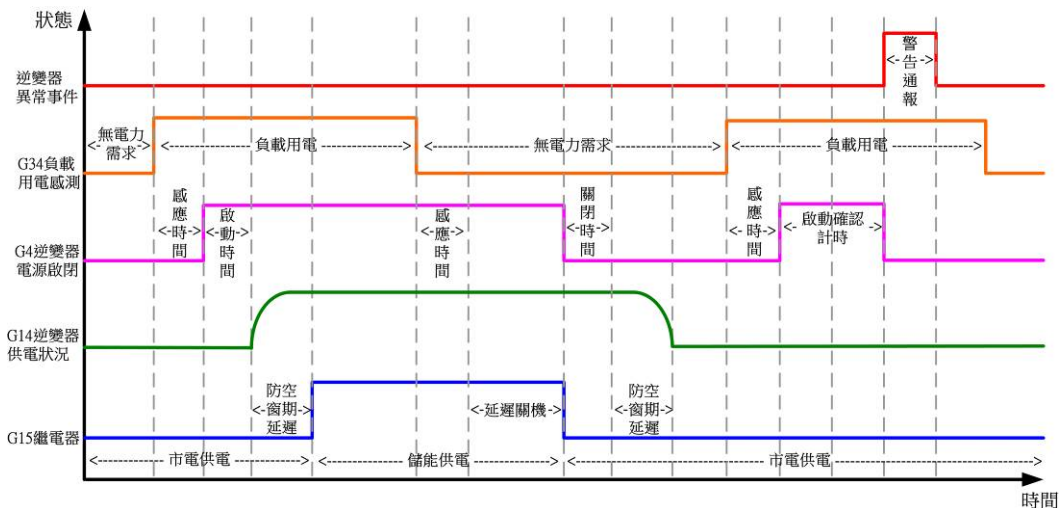


圖48 儲能系統啟閉時序圖



圖 49 負載用電自啟儲能通報訊息

四、逆變器故障警示

測試時，我們模擬了以下兩種情境，查看是否正常顯示狀態與警示。

(一)負載正使用儲能電力且市電電力正常下，將供應逆變器之電池電源拔除，模擬逆變器

突然發生故障。經過數秒後，微處理器發出長音發出警示並將供電切回市電，讓負載仍然有電力可繼續使用，同時發送 LINE 訊息提醒使用者盡速查修(如圖 50)。

(二)負載未用電下且市電電力正常，移除供應逆變器之電池電源，模擬用電前逆變器早已出現故障。此時，同樣 LINE 發出警示訊息，而且繼電器並不會切換至儲能電力，而是繼續以市電進行供電。

由此測試結果，當負載請求用電或儲能供電途中，一旦逆變器發出故障不會像市售產品或玩家，導致負載供電停擺受影響，必須親自手動架接回市電才能回復電力。



圖 50 設備故障通報訊息

五、狀態指示與警示結果

OLED 液晶可查看當前詳細數據狀況(如表 7)，最上方 AUTO 與 STOP 文字了解儲能供電形式，第二行左邊顯示當前太陽能發電電壓；右方則充入蓄電池電流值，第三行 BV 顯示電池電量；RL 則是負載用電感測數值，T1~T3 為電池溫度感測值；RW 指室內溫度狀況；RT 顯示室內溼度值。

雖然 OLED 呈現數據相當便利，但僅 1.3 吋又要呈現這麼多數值，文字大小僅能設定 8pt 才能容得下全部，觀看時僅能 1 公尺左右才有辦法，採用全彩 LED 以不同顏色顯示電力狀況，就很適合在無須精準數據又想在數公尺得知電力場合。利用可調電源供應器模擬蓄電池供電狀況，觀察 LED 顏色與電力間變化，尤其電力介於 11.5~11.3V 除了顯示紅色，同時蜂鳴器發出警報與 LINE 收到警示通報訊息(如圖 51)，若儲能供電中電力又低於 11.3V，除了上述相同動作，還會依序先令 G15 繼電器=0 將電力轉回市電，再將 G4 控制逆變器=0 防止過度放電來保護蓄電池損壞。

表 7 LED 在不同電壓範圍所呈現顏色

電壓範圍(V)	>13.7	13.7~13.0	12.9~12.3	12.2~12.0	11.9~11.6	11.5~11.3	<11.3
LED 顏色							
通報&控制	LINE 提示	蓄電中	電力充裕	電力普通	電力偏低	LINE 警告	1.LINE 警告 2.切回市電



圖 51 電力概況通報訊息

六、台電停電自啟儲能電力

儲能系統除了根據負載用電啟閉，當發生市電停電也能自啟，讓作品也能具備 UPS

系統，依發生停電時所遇到兩種狀況，第一種為負載未用電儲能處於關閉中，此時無須再按照之前順序啟用儲能系統，而是立即令 G15 繼電器與 G4 逆變器均=1，以縮短儲能供電給負載時間，經拔掉白色市電電源線模擬台電停電狀況，作品可達成自啟儲能系統讓負載獲得電力，並且 LINE 也會收到停電通報訊息(如圖 52)。



圖 52 台電停電自啟儲能通報訊息

第二種狀況利用檯燈模擬負載用電使儲能系統先自啟，在同樣拔掉白色市電電源線，由於儲能系統已被偵測開啟中，此時不會再重複做啟動儲能裝置動作，僅單獨 LINE 通知停電訊息(如圖 53)。此外，再拔除另一條黑色電源線，模擬停電下又很不幸發生逆變器也故障，這時檯燈已無電力可用而熄滅，設備故障警示仍然發揮它的監督功能，數秒後 LINE 收到停電且逆變器警告訊息。



圖 53 台電停電持續儲能供電通報訊息

七、歷史數據查閱

將 4 片 12V/ 100W 太陽能板輸出並聯在一起(如圖 54)，在使用二顆 100A 鉛酸電池建構一套完整儲能系統，前一天先啟動負載用電把電池耗盡至 11.3V 以下，隔天透過日照觀察發電記錄情形。從曲線圖中清楚顯示上午 7 點初開始進行充電，隨著太陽光線逐漸增強，電池電壓也呈現正比往上爬升，充電電流來說每片太陽能板可發電 5A，4 片加總起來應有 20A，但從數據顯示最佳只來到 12.5A，主要實驗當天為 1 月冬季非夏季時段，陽光沒那麼濃烈僅有六成五的發電量，發電時段從上午 10 點至下午 3 點為最佳(如圖 55)，最後於 2 點半收到 LINE 傳來蓄電池已充飽訊息。

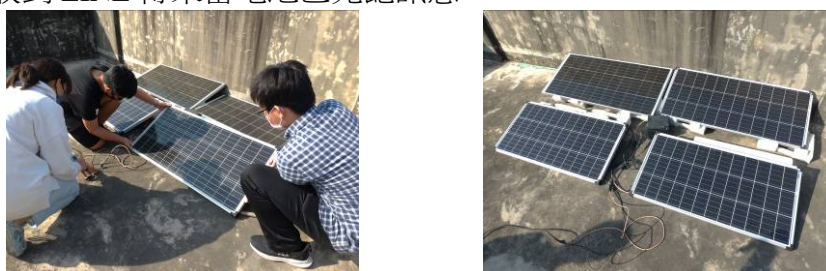


圖 54 四片太陽能板建構儲能系統

傍晚負載用電插座接上電視機、機上盒、電腦主機、螢幕與檯燈，電力檢測儀螢幕顯示總計 2 百多瓦(如圖 56)，5 點半開始進行放電並於最終電力耗盡觀察作品動作情形。曲線圖記錄電力呈現線性下降方式，這也是鉛酸電池正常的放電現象。經 7 個小時於午夜 12 點多(如圖 57)，LINE 傳來電力即將耗盡警告訊息(如圖 58)，可知電力已降至 11.6V 以下；再經過約 2 小時凌晨 2 點多電力已低於 11.3V，作品立即轉至市電供電並關閉儲能

系統，轉換後的電視機、機上盒、電腦等均不受影響持續開機中，印證電力耗盡作品確實會自啟蓄電池保護機制，應用家中任何電器由於電力轉換非常順暢，不會有空窗期斷電問題。

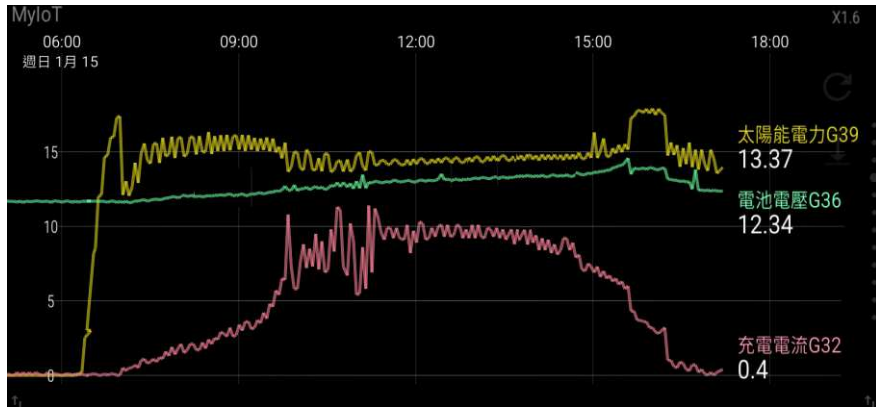


圖 55 蓄電池充電曲線圖

方便觀察系統發放電情形，將 TheThingV 與 ThingShow 兩個 APP 所提供 widgets 小工具拉出至手機桌面(如圖 59)，TheThingV 強項在於曲線式呈現監控數值，而 ThingShow 屬直覺式利用圓圖指針加上數字呈現，各自有它的優點因此利用三個頁面，專屬擺放所提供的小工具，這樣就能依照當下需求自行選擇欲觀看型態。


用電電器	總瓦特數
◆42 吋液晶電視	
◆有線電視機上盒	
◆桌上型電腦主機	
◆24 吋電腦螢幕	
◆桌上檯燈	

圖 56 利用常用電器進行儲能用電

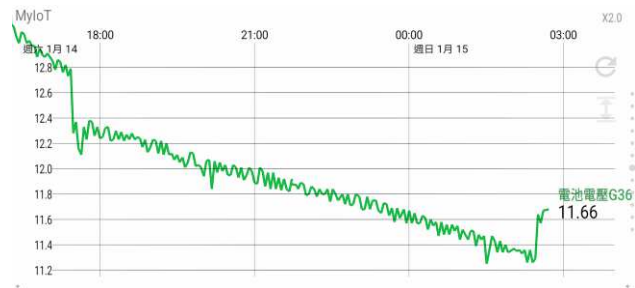


圖 57 蓄電池放電曲線圖



圖 58 LINE 通報記錄



圖 59 APP 小工具顯示發放電

柒、結論

對照及應用:

本研究解決逆變器與電源轉換器匹配不良導致空窗期問題，儲電供電由手動、光控或定時方式，改為依據負載用電狀況啟閉儲能系統，降低空載待機時間增進壽命，並透過電源回饋機制了解供電情形，隨時控設備運作狀況，當探測異常時電源轉換器不會死板轉到儲能系統，而是仍維持市電方式提供負載用電，使用者就不會受設備故障而影響用電需求，同時遠端維修者也會收到 LINE 事件通知，得知後盡速回來排除故障原因。

針對鋰電池做為儲能部分，以感測電池本體監督溫度的變化，若有異常可第 1 時間通知使用者注意，解決許多人明知道鋰電池其優點，但卻又深怕類似新聞報導自燃事件而有疑慮不敢使用。經長時間觀察溫度落在室溫下居多，研究中也未曾發生異常上升通報事件，比對歷史紀錄也均為一致性。

面臨台電停電，作品同樣與市售產品都具自啟儲能供緊急用電，而且還多了電源回饋監督機制，它會持續不斷監控逆變器供電情形，萬一不幸遇到停電又逆變器故障時，當下用電者雖然無電可用，不過遠端維修者仍然會被主動通報以便派人維修，很適合獨自在家年老長輩又不懂設備者，一切使用狀況全交給作品來監督，相關細項數據也能透過 APP 隨時調閱查看，達成本作品監控與管理目的。

表 8 本作品與市售、玩家功能比較

功能	種類	本作品	市售產品	業餘玩家
系統搭建架構		本作品、太陽能板，蓄電池，逆變器，充電控制器	控制主機、太陽能板，蓄電池	定時器、太陽能板、蓄電池、逆變器、充電控制器
設備間匹配度		無匹配問題	無匹配問題	逆變器與電源轉換器部分會有匹配問題
儲電供電方式		依據負載用電啟閉儲能系統	手動、定時或根據太陽升落啟閉	手動、定時或根據太陽升落啟閉
設備異常故障		Line 通知使用者	無通報功能	無通報功能
蓄電池異常預警		Line 通知使用者	無通報功能	無通報功能
市電停電		自動開啟儲能系統	自動開啟儲能系統	無
遠端數據查閱		提供太陽能電壓、電池電壓、充電電流、電池溫度	提供太陽能電壓、電池電壓、充電電流	無
維護與升級		維護：可單獨更換故障設備 升級：依照需求自行升級其中的設備	維護：整台送修 升級：無法升級，必須整台更換	維護：可單獨更換故障設備 升級：依照需求自行升級其中的設備
系統建立投資(備註)		作品 1200 元 + 逆變器 1500 元 + 充電控制器 400 元 = 3100 元	1.2 萬元至 6 萬元之間	逆變器 1500 元 + 充電控制器 400 元 + 定時器 500 元 + 電源自動切換器 2000 元 = 4400 元
備註:不含太陽能板與儲能蓄電池				

展望與改良:

目前負載用電控制選擇模式，必須倚靠作品上的兩顆開關才能切換，無法以遠距的方式控制，期盼未來能加入類似鐵捲門遙控方式或撰寫 APP 程式達成。另外，作品裝設電流感測模組雖然可遠端查看數值，但卻沒有發電異常警示功能，由於研究過程中曾遇到太陽能板的其中一個連接頭接觸不良，後來透過手機查閱驚覺電流為何不如預期才發現，僅有 75% 電流充入蓄電池白白浪費 25% 電力，未來若能從被動方式改為主動異常警示通報，加快查修速度使設備能永遠達到最佳發電狀態。

捌、參考資料

2022 綠能及基礎建設發展趨勢 <https://home.kpmg/tw/zh/home/insights/2022/02/2022-kpmg-insight/green-power-and-infrastructure-development.html>
政院通拍板！新建物應設太陽能板擴大推動再生能源 <https://news.tvbs.com.tw/politics/1984360>
修正與純正弦波輸出間差異 <https://www.facebook.com/scb.battery/photos/pcb.1422157191303334/1422152937970426/?type=3&theater>
純正弦波 vs 模擬正弦波 <https://www.propowffer.com/2018/11/01/wave>
逆變器的種類、工作原理、參數 <https://www.9900.com.tw/talk/BBSshowV2.aspx?jid=c306b0115254004ff947>
電池知識：鉛酸電池與磷酸鐵鋰電池優缺點對比 <https://read01.com/4GMzmGR.html#.Y-rx33ZByAR>
PWM 還是 MPPT？分清優缺點，太陽能路燈控制器選擇不再難 <https://read01.com/P5NJdAL.html>
電源自動切換開關(ATS) <https://www.kutai.com.tw/tw/products/automatic-transfer-switch>
電流感測器 https://www.rohm.com.tw/electronics-basics/sensors/sensor_what6
徐瑞茂、林聖修編著。Arduino 智慧生活基礎應用 - 使用圖控化 motoBlockly 程式語言。台科大
徐瑞茂、林聖修編著。用 Arduino 輕鬆入門 物聯網 IoT 實作應用 - 使用圖形化 motoBlockly 程式語言。台科大
張義和編著。Altium Designer 極致電路設計。全華圖書
太陽能自用發電玩家天地 市電並網節電.儲能使用分享討論 <https://www.facebook.com/groups/542550149204017>
台灣 ESP32 愛玩 <https://www.facebook.com/groups/esp32tw>

【評語】 052318

1. 逆變器是太陽能光電系統中容易故障之設備，當遇故障時，遠端者亦無法於第一時間得知。以鋰電池當作儲存設備，若遇充電管理異常會導致發熱膨脹有危險疑慮。本作品融合智慧、監控、管理、便利與實用五大面向，尋求改善方式，打造較佳之綠能環境。
2. 本作品藉由監控負載用電情形決定是否啟動儲能電力，防止轉換過程中發生斷電，同時不斷監控儲能電源轉換裝置，若發生異常立即用 LINE 發出事件警告訊息。
3. 該研究對於創作及實作過程說明非常詳細，包含問題的啟發、相關知識的了解、軟硬體的設計、實作及測試..等，並對製作完成的系統進行適度的驗證。
4. 本作品為目前很熱門電源管理系統方面的研究，有很多相關作品，具實用性，若能融入創新性的想法尤佳。

作品海報



太陽能智慧儲能

探究與改良

摘要

近年來，政府積極推動綠色能源，太陽能光電也愈加廣泛地被使用，但市售產品仍存在一些缺點，包括電源轉換易出現空窗期，導致兩電力無法接續迫使電器無故被關機。而逆變器是系統中最易故障設備，常以定時、光控或手動方式延長壽命不僅不人性化，當遇故障遠端者也不會第一時間得知，且須返回以人工切至市電才有電力可用。此外，目前流行以鋰電池當作儲存設備，若不幸遇充電管理異常會導致發熱膨脹有危險疑慮。上述問題逐一分析融合智慧、監控、管理、便利與實用五大面向，尋求最佳的改善方式，共同打造更好的綠能環境。

壹. 動機

1. 市售切換器與逆變器易有匹配問題，導致轉換電力不連續產生空窗期。
2. 太陽能玩家大多使用定時器控制逆變器啟閉時間，空載易縮短壽命且待機仍持續蓄電力。
3. 負載用電不受設備故障而影響，且能立即通知使用者盡速查修。
4. 鋰電池應用儲能系統，不幸發生過充熱膨脹，如何第一時間通知使用者。

種類	併聯型	獨立型	混合型
外觀			
運作方式	發電的電力與市電電壓併聯，共同負載用電。	將發電的電力儲存至本地蓄電池當中。	結合併聯型與獨立型，透過電力功能融合電壓可蓄電。

▲ 太陽能系統種類



▲ 市售電源自動切換器與逆變器

從太陽能自用發電玩家天地FB社群中，網友分享以定時器控制逆變器啟閉時間，優點系統建置簡單，但非設定時段臨時需要使用蓄電電源就得自行再手動開啟，若設定時段卻沒負載用電，逆變器長期處空載下壽命會略受影響甚至較易故障。



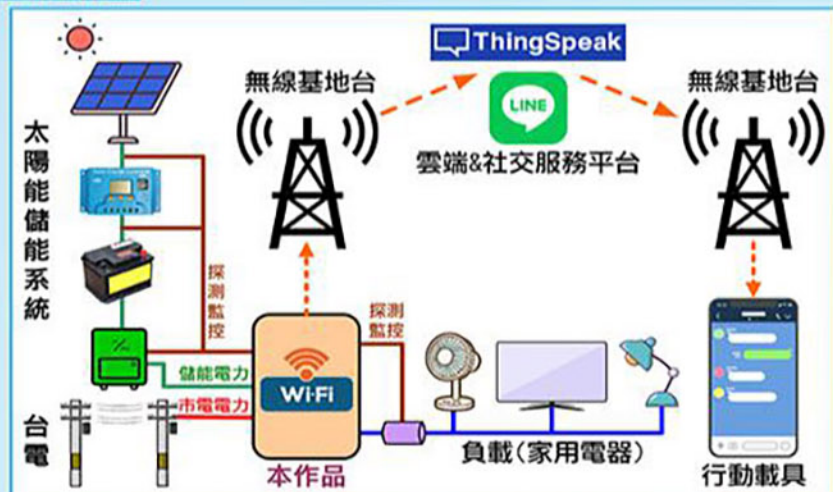
▲ 定時器設定逆變器啟閉時段

貳. 研究目的

- 一、依據負載是否用電啟閉儲能供電增進便利性，防止逆變器處空載待機耗電，延壽設備減少維修開支。
- 二、解決市售電源切換器無法完全相容各式逆變器，導致電源轉換過程發生「空窗斷電」問題。
- 三、監督逆變器運作中若發生故障，透過IoT立即通知遠端使用者盡速處理。
- 四、具備蓄電池溫度監控功能，異常上升事件通報預防危險發生。
- 五、市電停電自啟儲能供電之UPS功能，增加作品附加價值。
- 六、提供圖表式歷史數據查閱功能，方便解析系統發、放電狀況。

參. 研究架構

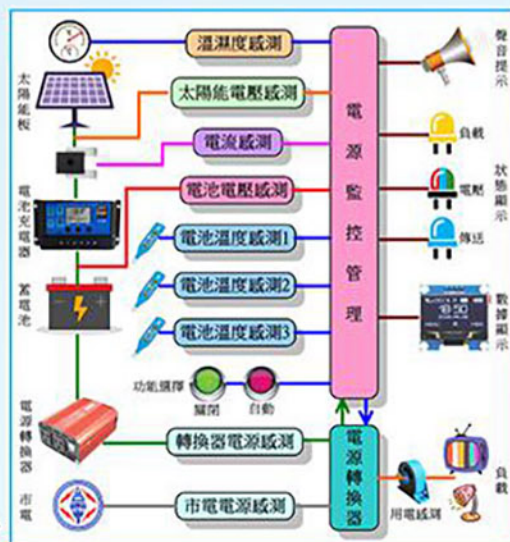
一、研究架構圖



本研究以獨立型儲電做為對象，藉由監控負載用電情形決定是否啟動儲能電力，事件成立依序開啟逆變器與供電切換，防止轉換過程中發生斷電導致負載「跳機關機」，也能解決以人工啟閉的不便，又可防止設備處空載進而增長壽命。同時不斷監控儲能電源轉換裝置(逆變器)、電壓、電流、溫度，整個系統過程中是否發生電力不足或異常，電力不足或已耗盡自動關閉儲能系統並改回切市電，若發生異常立即用LINE發出事件警告訊息，遠端者就能輕易判斷原因做後續維修處置。此外，上述的監控部份還包括台電供電情形，遇到停電立即自動啟動儲能供電，讓作品兼具UPS不斷電功能增加實用性。相關的24小時發、放電、溫度等變化，也都被雲端服務平台紀錄，方便日後查閱歷史資訊。

二、電源管理硬體電路設計

硬體分為兩部分，第一為電源管理包括太陽能發電狀況、電池耗電情形及溫濕度之感測。提示與顯示部份，運用蜂鳴器、LED、LCD來顯示系統的整個狀況。另一個電源轉換硬體部分二項重要工作，一為接收電源管理指令，做儲能與市電間切換，以及啟、閉逆變器。二為收集負載用電、逆變器供電及市電電力存在於否之資訊，且回傳至電源監控管理電路。



硬體架構圖

肆. 研究設備及軟體

一、工具與器材

尖、斜口鉗	電力維修鉗	行動載具
測線器	電源供應器	PCB電路板雕刻機
麵包板	示波器	電烙鐵(5A)
三用電表	桌上型筆記型電腦	電線鉗

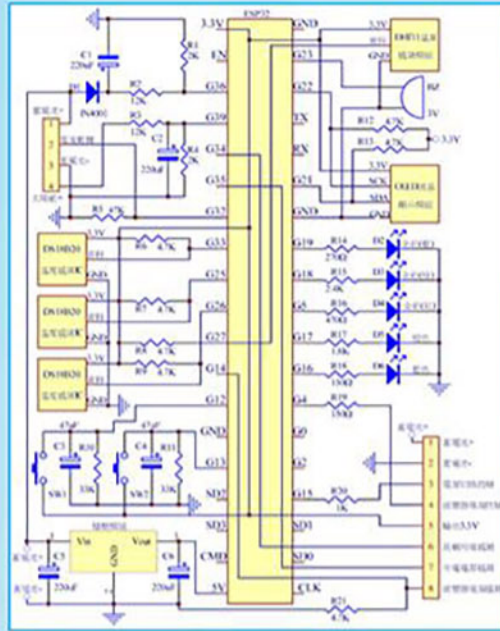
二、使用軟體

名稱	軟體用途
Office Word	撰寫成果報告書
Microsoft Visio	繪製控制流程圖
MotoBlockly	編寫微處理器程式
串口UX助手	測試電流感測模組串列資料輸出情形
Altium Designer	繪製電路圖與PCB電路板
PCBPROTOTYPE	控制電路板雕刻機執行PCB雕刻

伍. 研究過程及方法

一、電源監控與管理電路

1. 選擇具資料輸出走UART介面的電流感測模組，該模組TX端連接到ESP32就能完成電流值讀取，並將它放置太陽能與控制器中間形成串聯，就能夠讀取太陽能板送入蓄電池電流量。
2. 電池充飽電壓為13.7V，但ESP32只能接受最高3.3V，所以須利用分壓電路將電壓衰減6倍。而C1電容器使偵測電壓穩定避免受其它干擾造成起伏過大，最後送往A/D埠順利讀取電壓值。
3. 當鋰電池異常膨脹，表面溫度會比平常還來得高，選擇三顆溫度感測IC用來感測電池是否異常。另外作品可應用居家環境達到附加價值，DHT11偵測家中溫溼度，未來使用者就能從遠端查看環境。



完整電源管理線路圖

電池類型(12V)	深循環電池	磷酸鐵鋰電池
限制充電電壓	13.7V	14.6V
限制放電電壓	10.5V	10.5V
常態電壓	12.5V-12.8V	13.0-13.3V

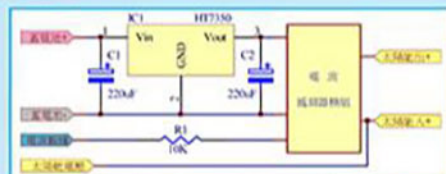
▲ 電池充放電特性



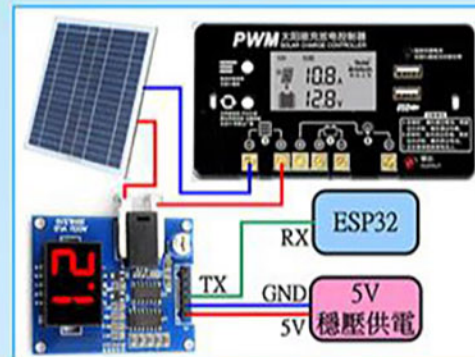
▲ 零件安裝到麵包板進行測試

二、充電電流感測

了解太陽能發電狀況夠透過充電電流數值，得知目前發電量與判別設備是否故障，選擇具資料輸出走UART介面的電流感測模組，並以HT7350 IC穩定5V電源供給模組，模組連接系統放置太陽能與控制器中間形成串聯，最後將TX端連接到ESP32讀出數值，就能讀取太陽能送入蓄電池電流量。



▲ HT 7350 IC穩定電源提供模組使用



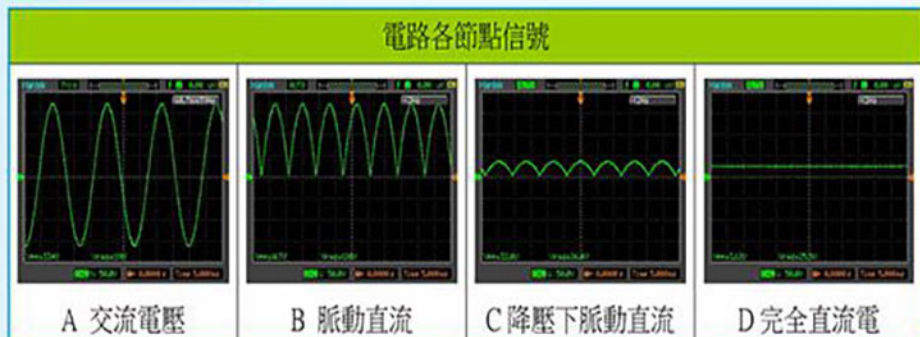
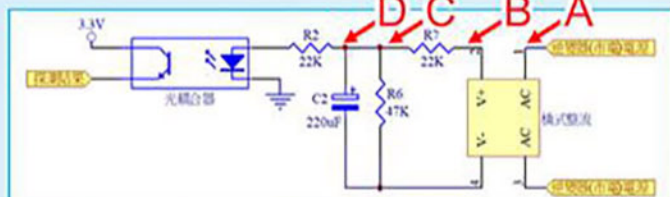
▲ 電流感測模組應用連接線路

三、電源轉換電路

接收ESP32傳來電源轉換命令，以便讓儲能或市電的其中一電源連接至負載提供電力。另外，作品偵測負載用電即自動啟動儲能系統，以及監督逆變器供電是否正常，因此電路加入收集以上資訊再回傳到ESP32，儲電力監控機制才可達成本研究目標。

(一)市電與逆變器電源狀態感測

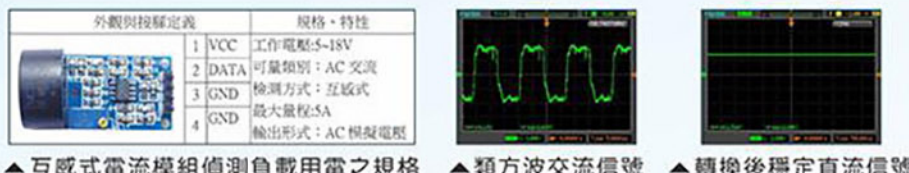
逆變器電源與市電均為交流電，ESP32只能判斷直流信號，使用橋式整流器將供電交流電轉成脈動直流，此時脈動直流電壓相當高，利用二個電阻R6、R7構成分壓電路衰減至20V左右，C2 220uF電解電容濾波成完全直流電，並將上述電路製作2組分別用於逆變器電源與市電，ESP32就能透過電壓高低得兩者供電狀況。



▲ 交流轉換直流信號 供微處理器識別供電狀況

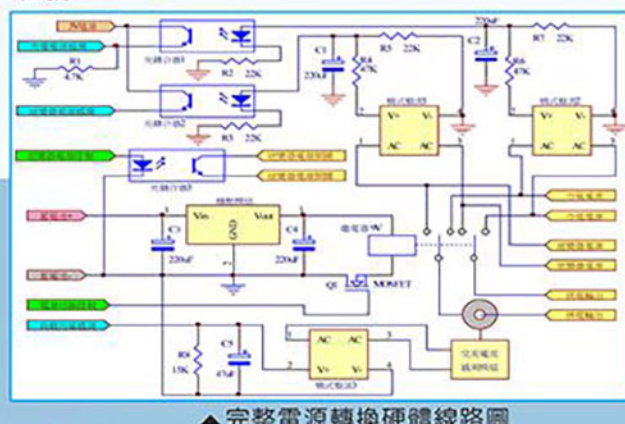
(二)負載用電感測與電源轉換

偵測負載用電自動開啟儲能系統，不過要如何得知負載正用電呢？我們利用磁場檢測型模組來偵測負載用電狀況，由於電流流動會產生電磁場，運用感測磁場高低就能得知電流狀態。不過輸出端非以直流電壓高低呈現電流變化，屬類方波的交流信號，利用橋式整流加上C5電解電容，讓它輸出為直流隨電流大小產生高低，送入微處理器A/D埠就能得知負載用電情形。

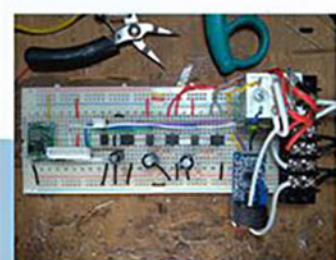


▲ 互感式電流感測模組偵測負載用電之規格 ▲ 類方波交流信號 ▲ 轉換後穩定直流信號

電源轉換電路另一重要工作為儲電與市電電力轉換，以繼電器元件擔任切換，不過ESP32輸出埠無法直接驅動，借助Q1 MOSFET當做驅動電子開關，繼電器所需電力來源同樣由小型可調穩壓模組提供，上述3個元件達成電源轉換任務。



▲ 完整電源轉換硬體線路圖



▲ 零件安裝到麵包板進行測試

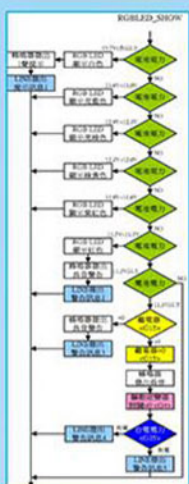
四、電源管理程式設計

(一) 蓄電池電量顯示

判斷電力是否達13.7V(或以上)，YES全彩LED呈現白色，電力減少依序顯示藍白、翠綠、綠黃、紫紅等顏色，降至11.6V呈現紅色並使蜂鳴器發出警示，電力再降至11.3V令繼電器=0供電轉回市電避免蓄電池過度放電，並透過Line發出警示訊息使用者就可了解目前狀況。

(二) 依據負載用電啟閉儲能與設備故障警示

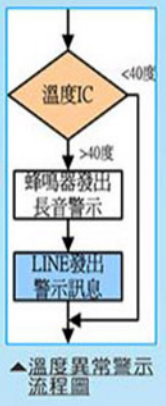
If指令判斷Mode資料，AUTO自啟負載用電副程式可被執行，G34埠檢查電流感測模組偵測達1V代表負載正用電，G16的LED=1並把Delay_OFF_Timer歸零。當無電力需求啟動延遲關機，避免頻繁或短暫啟閉損壞，另一考量電瓶電力是否充裕，低於11.3V禁止儲能供電，高於才可令G4埠開啟逆變器電源，搭配IVT_ON_Check_Timer變數+1設計一組TIMER計時器，G14埠5秒內未偵測到信號表示設備異常，反之收到回饋令G15=1轉向儲能。當無電力需求G34埠小於1V，Delay_OFF_Timer變數減1，該值為逆變器緩衝關機時間，直到變數=0將G15=0供電切回市電，再令G4=0停止逆變器供電。



顏色顯示電量流程圖

(三) 電池溫度異常警示

鋰電池用於儲能系統趨勢已高於鉛酸電池，主要它儲電效率非常好，然而電池不可過充否則會產生膨脹發熱，避免類情況發生增加溫度警示的功能，利用if指令判斷探測的溫度值是否高於40度以上，YES蜂鳴器發出2秒警示音，並透過LINE提醒遠端使用者立即檢查狀況，防止電池溫度持續升高造成危險。



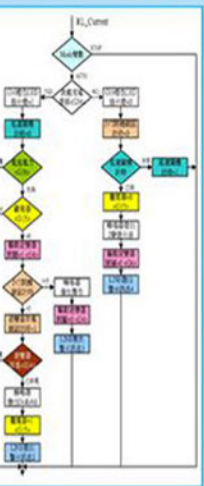
感測器安裝電池旁偵測溫度變化

溫度異常警示流程圖

(四) 市電停電自動啟動儲能系統

台電停電先Mode變數代入STOP文字，避免RL_Current負載用電自啟儲電副程式被執行，主要考量停電為強制開啟儲能非自動。接著判斷G15繼電器輸出狀況，若=1代表目前儲能已被開啟，只需發送LINE訊息通知停電訊息，=0則儲能關閉中必須將G4 =1令逆變器提供電力，G15也=1使繼電器將負載供。若電力恢復正常Mode變數由STOP轉為AUTO，讓RL_Current副程式又可被執行，根據負載是否用電自啟儲電系統，蜂鳴器發出2聲提示音與LINE通知台電電力已恢復資訊。

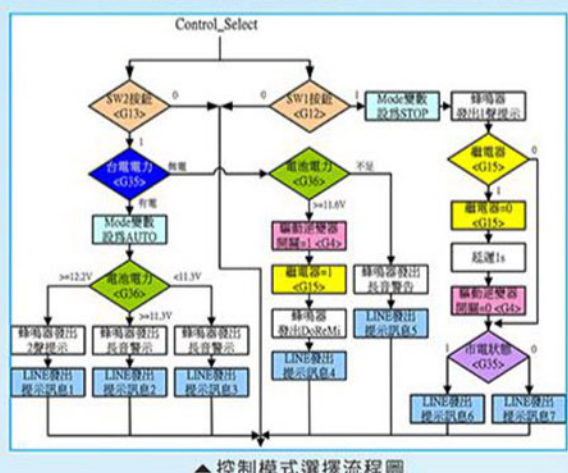
停電自啟儲能流程圖



(五) 控制模式之選擇

感應負載啟閉儲能系統故然便利，但遇天氣不良蓄電不佳，晚上又不想太早把電用光想預留特別場合，因此設計兩個開關可依需求，選擇欲自動負載啟閉或強制關閉。當按下G13自動模式開關，透過if指令先檢查台電供電狀況，供電中即令Mode變數代入Auto文字，讓自動啟動儲能系統副程式可被執行，接著依據電力多寡以Line傳送訊息給使用者以了解電力概況。反之自動模式下若台電停電，除了同樣會檢查蓄電池狀態，在電力足夠下還會強制開啟儲能系統，讓該按鍵又多了一項強制開啟儲能系統功能。

G12按鈕被按下代表欲將自啟功能給關閉，此時Mode變數代入STOP文字，使自動啟動儲能系統副程式無法被執行，接著if指令檢查G15繼電器目前是否=1，若YES代表儲能正被開啟中，在依照防空窗期流程先將G15繼電器=0切回市電，延遲1秒後令G4=0關閉逆變器電源，最後根據市電供電情形以LINE通知使用者，在儲能關閉下市電是否仍可接續提供負載用電。



控制模式選擇流程圖

五、顯示歷史紀錄與通知事件

(一) 數據收集服務平台

ThingSpeak是一個免費的數據收集服務平台，首先到官網New Channel新增一個頻道，Channel Settings頁面上的Name欄位填入頻道名稱，Field1~8欄位則將規劃用於紀錄電壓、電流與溫度等用途名稱也填入進去，在到Share頁面將Share channel view with everyone選項打勾，未來才能將數據共享出去供其它者觀看，而API Keys頁面Write API Key中的文字即為寫入金鑰，代入MotoDuino程式開發平台ThingSpeak上傳指令，就能把資料上傳顯示成曲線圖表。



資料傳送上去顯示結果

(二) 異地數據查看

使用者遠端查看系統發放電狀況，我們到PLAY商店下載支援ThingSpeak的APP，經試用選擇TheThingV和ThingShow兩套軟體。其優點不同之處在於ThingShow透過指針圖形式加上數字顯示，讓觀看者很直覺得知現況，而TheThingV是將數據繪製成折線圖，更可制定某些數據顯示同一個圖表，適合用於數據間的比較場合。兩套軟體設定方式大致相同，皆可依據喜好任意調整款式、文字大小、背景顏色與透明度等，重要是它們觀看時不必打開APP，而是透過所提供小工具拉出至螢幕上就能直接查看，使用者就能從數字與圖表了解狀況，便利性極高。

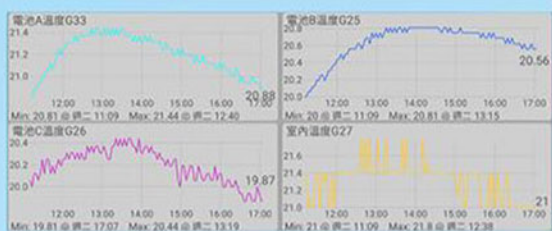


依據需求設定APP欲顯示的方式

陸、研究結果、討論&解決方法

一、環境溫度對探測電池溫度影響

測試過程中從數據發現，電池的溫度隨室溫高低產生變化，夏季節室內溫度來到三十幾度是很普遍，這時很容易觸到設定警示溫度而觸發警報，遇到冬季寒流溫度降至十幾度，與設定40度警報距離過遠，當真正電池故障微發熱下，又很難啟動異常通報。避免上述情況發生，我們將以40度判斷異常方式，改為蓄電池的溫度高於室溫5度時才發送警示訊息，讓警示溫度值非固定而是隨環境變化來決定，防止警報不再隨天氣型態不同導致門檻過高或不靈敏問題。



蓄電池溫度與室溫關係



蓄電池溫度異常通報訊息

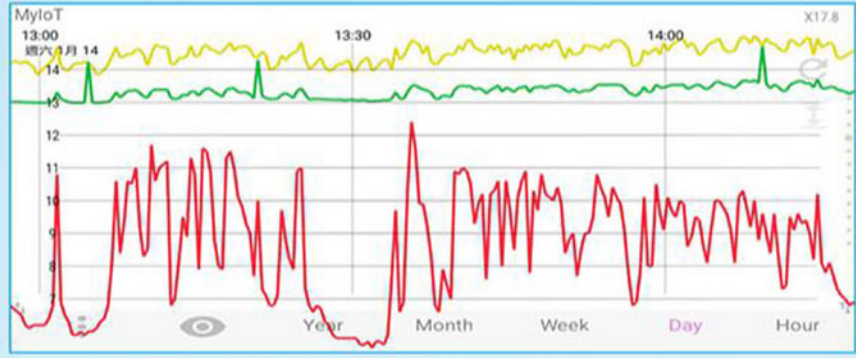
二、突發電壓導致誤判

ThingAPP發現蓄電池數據偶爾不定時出現突波現象，此問題導致誤觸通報發生，放大紀錄曲線圖觀看突波發現只在該時間點發生一次，也就是不會有前後連續性持續出現，採取對策以多次比對方式，利用旗標紀錄電壓出現次數，連續3次就會被認定該事件發生，小於3次則忽略不進行任何動作。該方式除了應用電力充飽提示，也加入電力不足與耗盡警示之中，解決易誤觸警報擾人問題。

防止突波誤觸警報解決方法

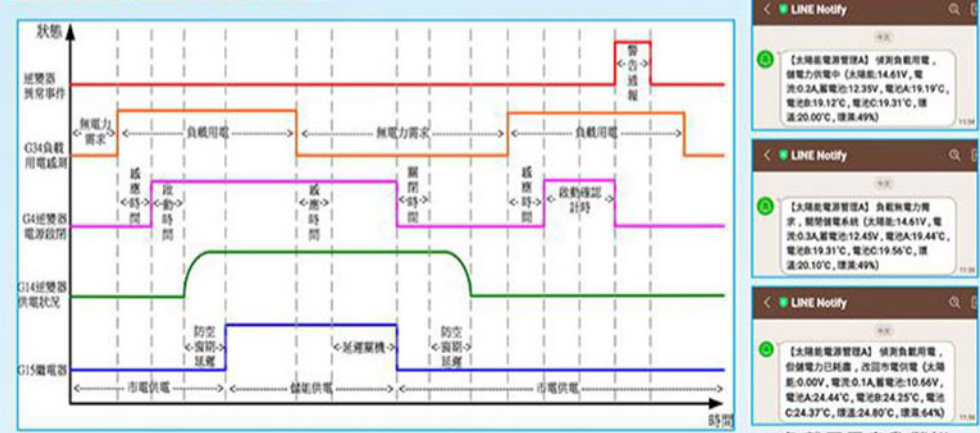


數據紀錄出現突波現象



放大曲線圖發現突波發生非連續性

三、依據負載用電啟閉儲能



儲能系統啟閉時序圖



負載用電自啟儲能通報訊息

電子式檯燈平時開機仍有少許待機耗電，避免被作品誤認為負載用電，利用小一字起子轉動模組上可變電阻讓輸出電壓小於1V，按下檯燈電源按鈕後輸出端來到1.6V左右，約2秒後逆變器電源輸出端呈拋物線送出AC110V，必須加上延遲才可令繼電器轉換儲能系統。

關閉檯燈電源模擬無負載用電，G16 LED熄滅模組輸出電壓降至1V以下，正常來說應該關閉儲能系統，考量頻繁關閉用電也會導致逆變器跟隨ON/OFF，對逆變器不是一件好事情，因此當G34感應到無負載用電，透過變數+1設計延遲計時器給與緩衝時間，讓這段不會立即關閉逆變器，時間到達先令G15繼電器切回市電再G4=0關閉逆變器，讓兩種電源連續不間斷避免發生空窗期。

接著，以桌機做為實驗對象測試電力轉換情形，經同樣測試皆能繼續運作，主要歸功負載用電必須先開啟逆變器在轉換到儲能系統，加上防空窗期延遲讓逆變器供電穩定後再提供負載使用，自啟儲能系統加上主動檢測供電情形雙重機制，不會產生無故斷電又可降低逆變器長時間開啟易故障風險。

四、逆變器故障警示

模擬了以下兩種情境，查看是否正常顯示狀態與警示：

(一)負載正使用儲能電力且市電電力正常下，將供應逆變器之電池電源拔除，模擬逆變器突然發生故障。經過數秒後，微處理器發出長音發出警示並將供電切回市電，讓負載仍然有電力可繼續使用，同時發送LINE訊息提醒使用者盡速查修。

(二)負載未用電下且市電電力正常，移除供應逆變器之電池電源，模擬用電前逆變器早已出現故障。此時，同樣LINE發出警示訊息，而且繼電器並不會切換至儲能電力，而是繼續以市電進行供電。

由此測試結果，當負載請求用電或儲能供電途中，一旦逆變器發出故障不會像市售產品或玩家，導致負載供電停擺受影響，必須親自動架接回市電才能回復電力。



OLED顯示數據狀況

設備故障通報訊息

五、狀態指示與警示

OLED液晶可查看當前數據，最上方AUTO與STOP文字了解儲能供電形式，第二行左邊為當前發電電壓；右方則是蓄電池電流值，第三行BV為電池電量；RL則是負載用電感測數值，T1~T3為電池溫度；RT指室溫狀況；RW則是室內溼度值。

OLED呈現數據相當便利，但僅 1.3 吋的螢幕在遠方難以看清，因此透過全彩 LED 的方式利用不同顏色顯示不同狀況，使用者也就能在遠方大致了解作品當前狀況，例如顯示目前電力，以亮色顯示充足，往紅色段代表接近沒電，另外再加上蜂鳴器與 Line 提示使用者，即可達到遠端通知效果。

電壓範圍(V)	>13.7	13.7~13.0	12.9~12.3	12.2~12.0	11.9~11.6	11.5~11.3	<11.3
LED 顏色							
通報&控制	LINE 提示	蓄電中	電力充裕	電力普通	電力偏低	LINE 警告	1.LINE 警告 2.切回市電

▲ LED在不同電壓範圍所呈現顏色



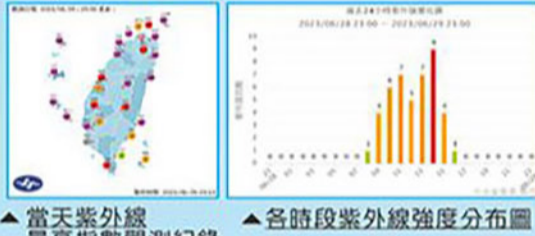
▲ 電力狀況通報訊息

六、全天候數據監控紀錄

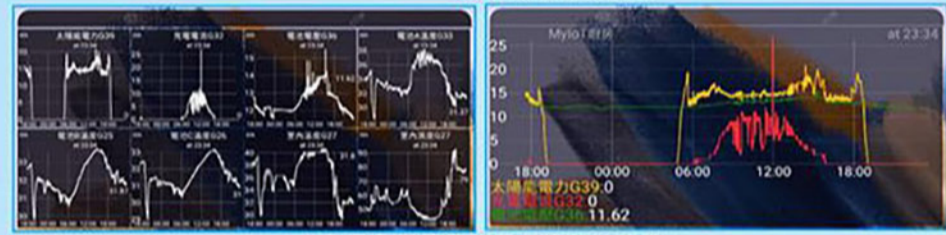
了解作品與天氣間的關聯性，透過長期資料收集與中央氣象局資料進行比對，統整及歸納進行數據分析，發現當預報的紫外線數值越強，作品的充電電流也會相對應成正比越高；反之，如果天氣陰天或多雲甚至下雨，數值會很明顯的下降。

2023/06/29 紫外線強度與發放電情形

天氣多雲上午太陽並不強烈，使得發電電流數值不高，中午因太陽稍露臉發電量較上午佳。下午接近傍晚時因對流旺盛、烏雲密布，致使紫外線減弱許多，導致發電量也隨之下降。



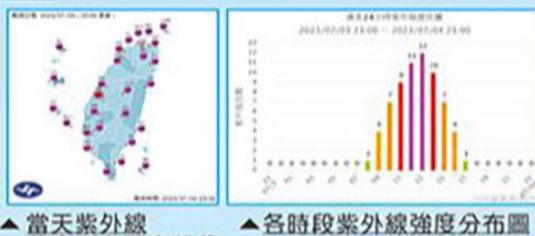
▲ 當天紫外線最高指數觀測紀錄 ▲ 各時段紫外線強度分布圖



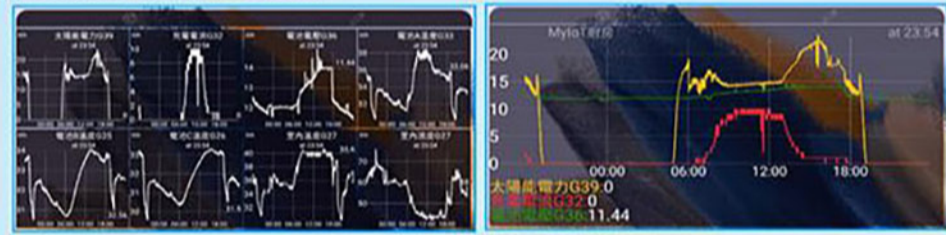
▲ 作品全天候發放電狀況即時記錄

2023/07/04 紫外線強度與發放電情形

當天天氣晴朗上午一片藍天無任何雲層，九點時段發電量已相當地高。午後因太陽高照，發電量又來到高峰並持續到下午一點半左右，LINE通知蓄電池已充滿電力，此時雖然紫外線的數值仍相當高因防止電池過充，由圖表可知充電控制器已限制充電以保護蓄電池。



▲ 當天紫外線最高指數觀測紀錄 ▲ 各時段紫外線強度分布圖

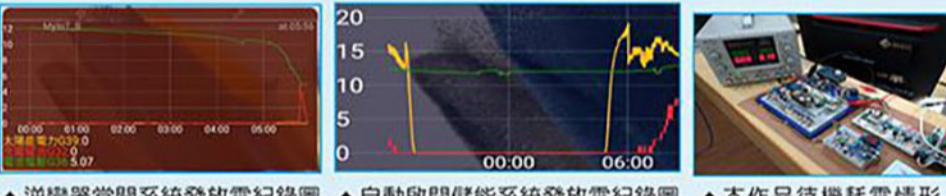


▲ 作品全天候發放電狀況即時記錄

另外，觀察夜間無用電下長期開啟逆變器與作品自啟儲能，電池電壓間變化，發現逆變器常開因待機用電，使電池電壓持續下降，若隔天氣不佳易導致電池放電至10.5V，致使充電控制器恢復原廠設定，也會降低蓄電池與逆變器壽命，而作品由於待機耗電僅1.2W，電池電力幾乎呈一直線維持在較佳電壓狀態。



▲ 逆變器開機下待機耗電情形



▲ 逆變器常開系統發放電紀錄圖 ▲ 自動啟閉儲能系統發放電紀錄圖 ▲ 本作品待機耗電情形

七、台電停電自啟儲電力

儲能系統除了根據負載用電啟閉，當發生市電停電也能自啟，視狀況分為兩種，第一種為負載未用電儲能處於關閉中，此時無須再按照之前順序啟用儲能系統，而是立即令G15繼電器與G4逆變器均=1，以縮短儲能供電給負載時間，經拔掉白色市電電源線模擬台電停電狀況，作品可達成自啟儲能系統讓負載獲得電力，並且LINE也會收到停電通報訊息。



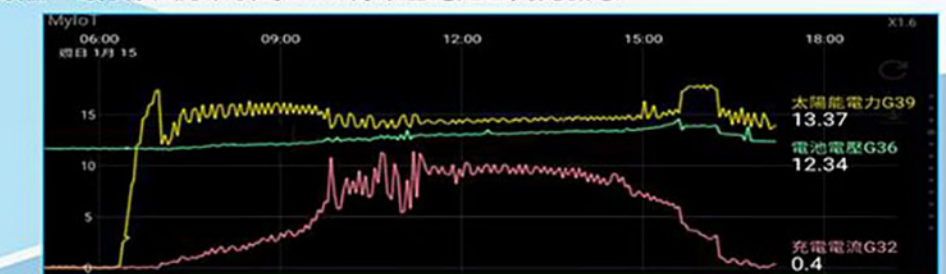
▲ 市電供電狀況通報訊息

八、歷史數據查詢

4片12V/100W太陽能板輸出並聯在一起，在使用二顆100A鉛酸電池建構一套完整儲能系統，前一天先啟動負載用電把電池耗盡至11.3V以下，隔天透過日照觀察發電記錄情形。從曲線圖中清楚顯示上午7點初開始進行充電，隨著太陽光線逐漸增強，電池電壓也呈現正比往上爬升，充電電流來說每片太陽能板可發電5A，4片加總起來應有20A，但從數據顯示最佳只來到12.5A，主要實驗當天為1月冬季非夏季時段，陽光沒那麼強烈僅有六成五的發電量，發電時段從上午10點至下午3點為最佳，最後於2點半收到LINE傳來蓄電池已充滿訊息。



▲ 4片太陽能板建構儲能系統

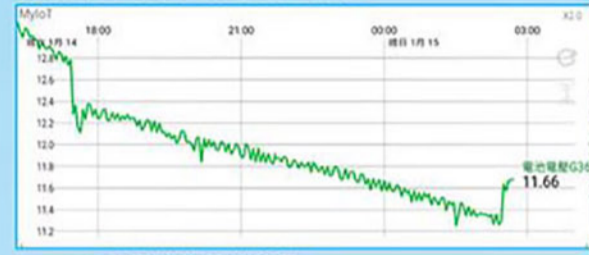


▲ 蓄電池充電曲線圖

傍晚負載用電插座接上電視機、機上盒、電腦主機、螢幕與燈燈，電力檢測儀螢幕顯示總計2百多瓦，5點半開始進行放電並於最終電力耗盡觀察作品動作情形。由線圖記錄電力呈現線性下降方式，這也是鉛酸電池正常的放電現象。經7個小時於午夜12點多，LINE傳來電力即將耗盡警告訊息，可知電力已降至11.6V以下；再經過約2小時凌晨2點多電力已低於11.3V，作品立即轉至市電供電並關閉儲能系統，轉換後的電視機、機上盒、電腦等均不受影響持續開機中，印證電力耗盡作品確實會自啟蓄電池保護機制，應用家中任何電器由於電力轉換非常順暢，自然就不會有空窗期斷電問題。

用電電器	總瓦特數
◆42吋液晶電視	
◆有線電視機上盒	
◆桌上型電腦主機	
◆24吋電腦螢幕	
◆桌上燈燈	

▲ 常用電器進行儲能用電



▲ 蓄電池放電曲線圖



▲ LINE通報記錄

觀察系統放電情形，將TheThingV與ThingShow兩個APP所提供widgets小工具拉出至手機桌面，TheThingV強項在於曲線式呈現監控數值，而ThingShow屬直覺式利用圓圖指針加上數字呈現，各自有它的優點因此利用三個頁面，專屬擺放所提供的小工具，這樣就能依照當下需求自行選擇欲觀看型態。



▲ APP小工具顯示發放電

柒、結論

對照及應用:

本研究解決逆變器與電源轉換器匹配不良導致空窗期問題，儲電供電由手動、光控或定時方式，改為依據負載用電狀況啟閉儲能系統，降低空窗待機時間增進壽命，並透過電源回饋機制了解供電情形，隨時控設備運作狀況，當探測異常時電源轉換器不會死板轉到儲能系統，而是仍維持市電方式提供負載用電，使用者就不會受設備故障而影響用電需求，同時遠端維修者也會收到LINE事件通知，得知後盡速回來排除故障原因。

功能	本作品	市售產品	業餘玩家
系統搭建架構	本作品、太陽能板、蓄電池、逆變器、充電控制器	控制主機、太陽能板、蓄電池	定時器、太陽能板、蓄電池、逆變器、充電控制器
設備間匹配度	無匹配問題	無匹配問題	逆變器與電源轉換器部分會有匹配問題
儲電供電方式	依據負載用電啟閉儲能系統	手動、定時或根據太陽升降啟閉	手動、定時或根據太陽升降啟閉
設備異常故障	Line通知使用者	無通報功能	無通報功能
蓄電池異常預警	Line通知使用者	無通報功能	無通報功能
市電停電	自動開啟儲能系統	自動開啟儲能系統	無
遠端數據查詢	提供太陽能電壓、電池電壓、充電電流、電池溫度	提供太陽能電壓、電池電壓、充電電流	無
維護與升級	維護：可單獨更換故障設備 升級：依照需求自行升級其中的設備	維護：整套送修 升級：無法升級，必須整套更換	維護：可單獨更換故障設備 升級：依照需求自行升級其中的設備
系統建立投資(備註)	作品 1200 元 + 逆變器 1500 元 + 充電控制器 400 元 = 3100 元	1.2 萬元至 6 萬元之間	逆變器 1500 元 + 充電控制器 400 元 + 定時器 500 元 + 電源自動切換器 2000 元 = 4400 元

▲ 本作品與市售、玩家功能比較

針對鋰電池做為儲能部分，感測電池本體監督溫度的變化，異常可第一時間通知使用者注意，解決許多人明知道鋰電池其優點，但卻又深怕類似新聞報導自然事件而有疑慮不敢使用。經長時間觀察溫度落在室溫下居多，研究中也未曾發生異常上升通報事件，比對歷史紀錄也均為一致性。

面臨台電停電，作品同樣與市售產品都具自啟儲能供緊急用電，而且還多了電源回饋監督機制，它會持續不斷監控逆變器供電情形，萬一不幸遇到停電又逆變器故障時，當下用電者雖然無電可用，不過遠端維修者仍然會被主動通報以便派人維修，很適合獨自在家年老長輩又不懂設備者，一切使用狀況全交給作品來監督，相關細項數據也能透過APP隨時調閱查看，達成本作品監控與管理目的。

展望與改良:

目前負載用電控制選擇模式，必須倚靠作品上的兩顆開關才能切換，無法以遠距的方式控制，期盼未來能加入類似鐵捲門遙控方式或撰寫APP程式達成。另外，作品裝設電流感測模組雖然可遠端查看數值，但卻沒有發電異常警示功能，由於研究過程中曾遇到太陽能板的其中一個連接頭接觸不良，後來透過手機查閱驚覺電流為何不如預期才發現，僅有75%電流充入蓄電池白白浪費25%電力，未來若能從被動方式改為主動異常警示通報，加快查修速度使設備能永遠達到最佳發電狀態。

捌、參考資料

2022綠能及基礎建設發展趨勢
<https://home.kpmg/tw/zh/home/insights/2022/02/2022-kpmg-insight/green-power-and-infrastructure-development.html>
 政院通拍板！新建物應設太陽能板擴大推動再生能源
<https://news.tybs.com.tw/politics/1984360>
 修正與純正弦波輸出間差異
<https://www.facebook.com/scc-battery/photos/pcb.1422157191303334/142215293797042b/?type=38theater>
 純正弦波vs模擬正弦波
<https://www.propowffer.com/2018/11/01/wave>
 逆變器的種類、工作原理、參數
<https://www.9900.com.tw/talk/8B8ShowV2.aspx?jied=c306b0115254004f947>
 電池知識：鉛酸電池與磷酸鐵電池優缺點對比
<https://read01.com/4GhzmGR.html#Y-rx3Z8yAR>
 PWM還是MPPT？分清優缺點，太陽能路燈控制器選擇不再難
<https://read01.com/PSNjDAL.html>
 電源自動切換開關(ATS)
<https://www.kutai.com.tw/tw/products/automatic-transfer-switch>
 電流感測器
<https://www.rohm.com.tw/electronics-basics/sensors/sensor/what>
 徐瑞茂、林聖修編著。Arduino智慧生活基礎應用-使用圖形化motoBlocky程式語言。台科大
 徐瑞茂、林聖修編著。用Arduino輕鬆入門 物聯網IoT實作應用-使用圖形化motoBlocky程式語言。台科大
 張義和編著。Altium Designer 覆板電路設計。全華圖書
 太陽能自用發電玩家天地 市電並網節電儲能使用分享討論
<https://www.facebook.com/groups/542550149204017>
 台灣ESP32愛玩
<https://www.facebook.com/groups/esp32tw>