

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 工程學科(一)科

052308

綠能智慧省力電動助行車

學校名稱：國立大甲高級工業職業學校

作者： 高二 楊文棟 高二 李泓毅 高二 劉承瑜	指導老師： 謝易裕 陳慶至
---	-----------------------------

關鍵詞：太陽能、智慧省力、助行車

摘要

本研究研發電動助行車騎乘輔助裝置，能依車主的體重和爬坡的角度，自動判斷並給予自行車適當的助力，車主只要依規畫好的速度騎乘就能使自行車持續前進輕鬆踩踏，達到健康騎乘的效果、提升自行車騎乘樂趣，騎車資訊整合於車頭螢幕以提供車主瞭解騎車之各項功率數據。本研究建立自行車最佳化騎乘之功率曲線圖，為瞭解騎自行車爬坡所需功率，車主可依自己的 FTP 值（功能性閾值功率），查詢爬坡之騎乘速度，查詢爬坡所需之功率與騎車可維持之速度，以協助車主完成自行車的騎乘，騎車過程中車主可觀察螢幕顯示速度是否過快，以確保車主的體能能夠負擔，並順利完成騎乘活動；作品結合太陽能板發電，強化電動助行車之電能部份。

壹、研究動機

周末假期時，和朋友、同學相約一同騎自行車出遊，要前往望高寮欣賞漂亮的台中風景，可是自行車要爬上山時總是相當困擾，當車主腳踏自行車，爬坡爬不上去時，自行車若能自動推車主一把就好了，不過如果改騎電動助行車的話，又無法達到運動健身的效果，所以決定設計一款結合綠能、智慧和省力的自行車，以達到運動、健康育樂的效果。綠能的部分是將騎乘時太陽能所產生之電能提供給電路使用。智慧和省力的部分是從車頭螢幕顯示自行車所在爬坡角度，提供車主人力踩踏前進所需之功率，使車主可以完成所規畫之最佳化騎乘路線，研究構想流程如圖 1。

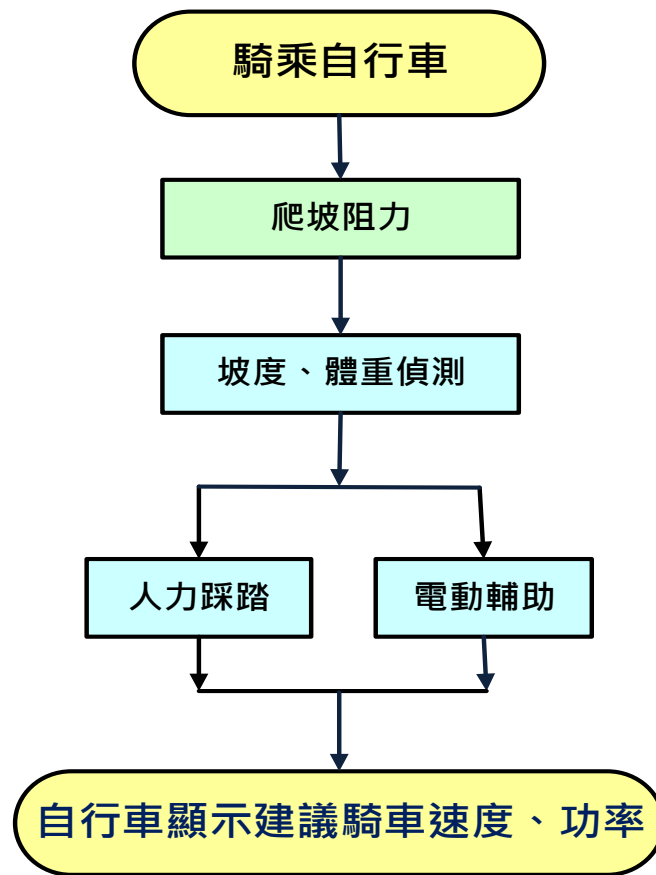


圖 1 研究構想流程圖

貳、研究目的

- (一) 研究自行車之智慧省力功能：透過偵測坡度、計算所需踩踏功率，並適度提供自行車爬坡之動力，以達到健康騎乘與育樂之目的。
- (二) 研究電動助行車騎乘所需功率，計算並顯示踩踏功率值，以協助車主達到最佳化騎乘之目的。
- (三) 研究騎自行車爬坡之功率圖表，建立自行車最佳化騎乘功率曲線，提供車主查詢爬坡可維持之速度，以協助車主完成自行車的騎乘。
- (四) 以太陽能板結合電動助行車，有效運用再生能源並探討其節能效益。

參、研究設備及器材

表 1 研究設備及器材表

項次	名稱	規格	數	單位	備註
1	電源供應器	數位式 3A,12V	1	個	
2	太陽能板	5W , 1A	1	片	
3	示波器	數位式	1	台	
4	三用電表	指針式 DCV	1	台	
5	二極體	1 安培	1	個	
6	坡度感測器	MPU6050	1	個	
7	電晶體	2SC1815	8	個	
8	電阻	1K Ω	3	個	
9	數位式電壓表	36V	1	個	
10	電阻	330 Ω	5	個	
11	木板	90 mm *60 mm	2	片	
12	萬用電腦板	雙面	2	個	
13	透明壓克力板	30*30	2	片	
14	Arduino2560 主機板	DC5V	1	片	
15	1602 LCD 顯示器	5V	1	個	
16	按鈕開關	1A	6	個	
17	繼電器	5v , 2a2b	4	個	
18	發光二極體 5Y/紅、	3V	各 2	個	
19	USB 電風扇	5V	1	個	

肆、研究方法或過程

一、研究步驟與方法

先研究功率計算及如何克服阻力，以坡度感測方式計算所需爬坡的功率，待材料與器具到齊之後，便進行各項功能之實驗電路接線與實驗，分成坡度感測、LCD 顯示、體重輸入等電路實驗，等實驗成功之後將各電路焊接在電路板上近行組裝，在做系統測試，如圖 2 為研究步驟。

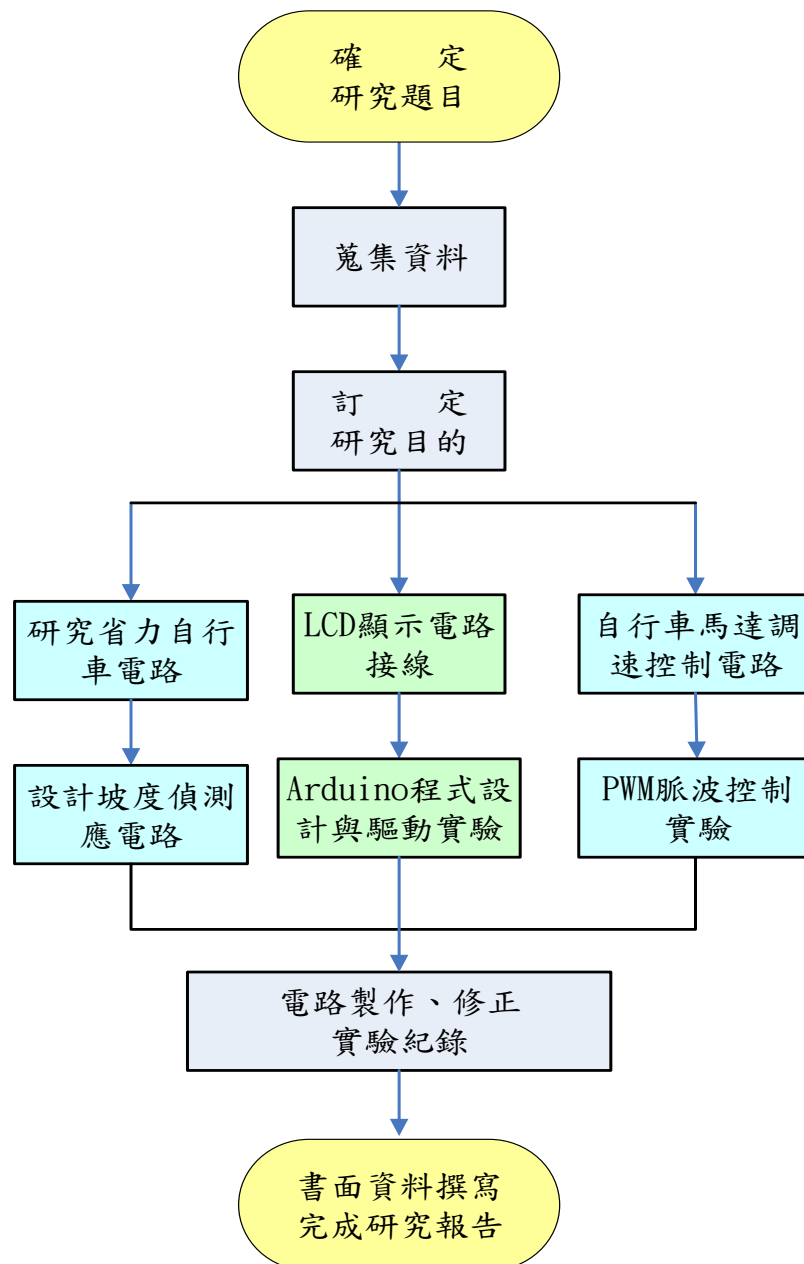


圖 2 研究步驟

二、文獻探討

(一) 太陽能光電板發電之基本原理

依許智鈞(2012)的論文的研究指出，太陽能電池主要功能在於光能轉換為電能，此現象稱為光伏效應，在不同環境溫度下，太陽能電池板電壓對電流曲線也會隨之變化，如圖 3 所示，不同溫度下的電壓對電流曲線圖。

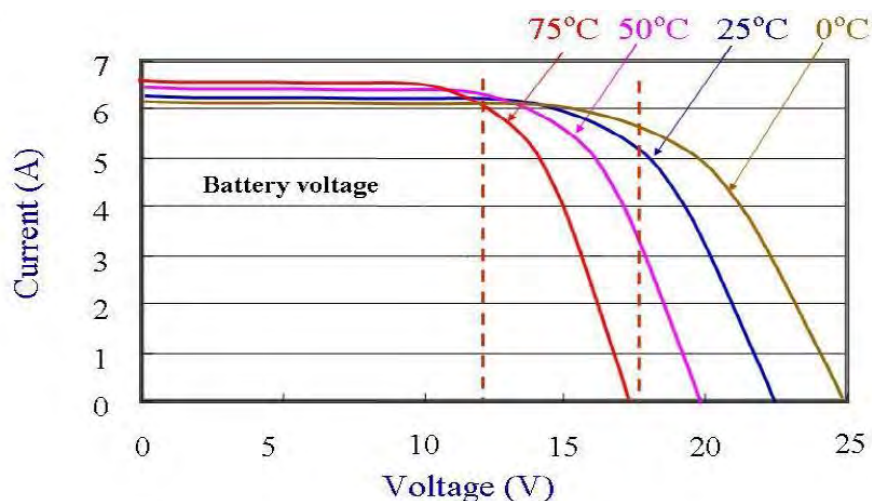


圖 3 各種不同溫度下的電壓對電流曲線圖

太陽能係利用太陽的輻射或光所產生的能量，它可直接產生熱能或轉換成電能及其他型態的能量。太陽能相當龐大，每 15 分鐘所射入於地球的太陽能，相當於目前世界一年所需的商業能量。目前利用太陽能的方式有兩種：太陽能發電、太陽熱能。

太陽能電池可分成堆疊型和薄膜型。堆疊型太陽能電池又可分為單晶矽太陽光電池、多晶矽太陽光電池及 III-V 族化合物半導體太陽能光電池等，薄膜型太陽光電池可分為非晶矽太陽光電池、II-VI 族化合物半導體、色素敏化染料太陽能電池、有機導電高分子太陽能電池、銅銦硒他物太陽能電池

薄膜太陽能電池可使用在價格低廉的玻璃、塑膠、陶瓷、石墨、金屬片等不同材料當基板製造，形成可產生電壓的薄膜厚度僅需數 μm 。

薄膜太陽能電池具有以下優點：1. 較少的矽材料使用量。2. 低照度下有較佳表現。3. 可製作大面積模組。4. 可客製化設計/生產各式產品。

如圖 4 所示，本作品使用薄膜型太陽能電池以減輕電動助行車之重量。薄膜型太陽能電池的厚度較結晶矽太陽能電池的厚度來得小。



圖 4 本作品使用薄膜型太陽能電池以減輕電動助行車之重量

余志斌(2008)的論文研究指出，自行車控制器配合太陽能板，則可以對電動車的充電時間過長、電池漏電與壽命不長、可靠性低等缺點，有明顯改進。

(二) 智慧型自行車設計

依陳宜斌(2012)的論文中指出，智慧型自行車架構，透過各式感測技術、電能轉換技術以及透過無線藍芽通訊與智慧型手機做結合，將得到之資訊透過智慧型手機平台做各式各樣無限可能之應用，並將資訊帶入雲端，設計智慧型裝置中各式感測單元及電量儲存轉換，其中電量儲存轉換透過智慧型裝置將其電能儲存下來，並在需要時轉換輸出給智慧型手機充電或照明使用，讓騎乘者即使一整天在戶外不用擔心沒電的問題並能使用乾淨的能源。

(三) 電動助行車之電路設計

依黃杰(2011)的論文研究中指出，電動助行車控制器由週邊電路和主晶片組成，週邊電路是一些功能元件，如執行、取樣等，包括 ADC、PWM、I/O 電路，以及輔助單晶片或專用積體電路完成控制過程的元件，單晶片也稱為微處理器，是在一片集成片上把記憶體、有變換信號語言的解碼器，脈波調變(PWM)信號功能電路、輸入輸出埠等集成在一起，而構成的微處理器也是智慧型電動助行車車控制器。

余志斌（2008）的論文研究指出，電動助行車的煞車裝置上需再加裝煞車感測，當得到煞車訊號時必須使控制電路輸出至馬達的 PWM 訊號為 0，馬達就會因機械的煞車而逐漸停止運轉。

直流馬達驅動電路為典型的 H 型電橋驅動電路。H 型電橋驅動電路是由四顆 POWER-MOSFET 架構而成，分別為兩顆 P-MOS 和兩顆 N-MOS 所組成（陳信介，2003）。

電動助行車無刷馬達：如圖 5、6 所示為電動助行車無刷馬達，採用無刷馬達比有刷馬達有更好的轉速特性，透過下圖之電動助行車控制器可驅動無刷馬達使自行車前進。



圖 5 電動助行車無刷馬達



圖 6 電動助行車控制線

(四) 自行車的阻力

針對滾動阻力、空氣阻力、重力阻力來探討：

1. 滾動阻力 R_r ：輪胎在地面滾動時，與地面摩擦的阻力 $R_r = W \cos \theta \times C_r$ ，
 $W \cos \theta$ ：人車總重垂直地面的力， C_r ：滾動摩擦係數(實驗)。
2. 空氣阻力 R_w ： $R_w = A \times \rho \times C_w \times V^2 / 2$ ， A ：迎風面積 (實驗)，
 ρ ：空氣密度， C_w ：空氣阻力係數(實驗)， V ：速度。
3. 重力阻力 R_g ：人車總重在斜面上的阻力。 $R_g = W \sin \theta$ ，沒有坡度時（平路） $r=0$ ， $R_g=0$ ，如下圖所示。

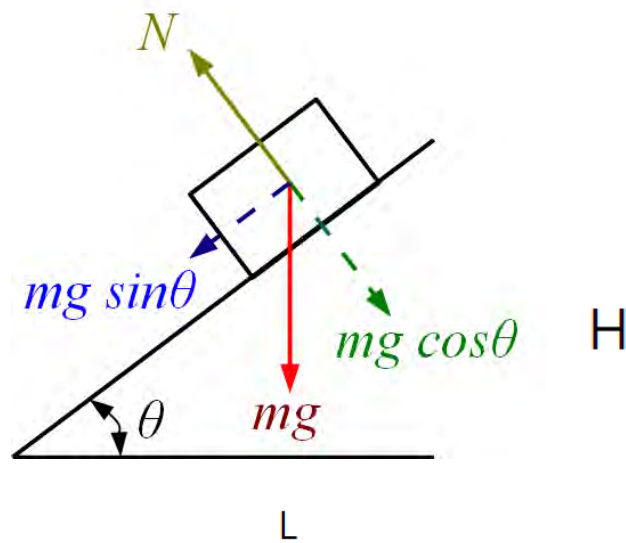


圖 7 自行車的阻力圖示

三、實驗過程

本作品以電動輔助人力採踏之功率並顯示車主應採踏之功率值(方能騎得上去)，透過 Arduino 程式設計使自行車自動偵測爬坡角度，透過機械裝置、坡度偵測及電動輔助來結合自行車以達到省力的效用，當爬坡角度較高時，車主會覺得費力，此時電路會輸出 0~5V 之類比電壓，產生加速信號，自行車會分段輸出電動助力，使騎車者以腳踏自行車，即可輕鬆騎上斜坡，達到省力效果。

如圖 8，Arduino 控制電路之輸出接腳 D8 為警報喇叭，D6 為高電位時警報響起，D5 為電動助行車馬達之調速腳，可輸出不同功率之動力至自行車，則 D6~D7 則可啟動自行車之頭燈及電風扇。

D20、D21 腳，即 SDA、SCL 腳為 1602 LCD 液晶顯示器之資料傳輸腳，Arduino 會依系統感應之數值，如車主體重、行駛道路坡度等資訊顯示於 LCD 液晶顯示器上。

電動助行車騎乘輔助裝置電路圖如下所示：

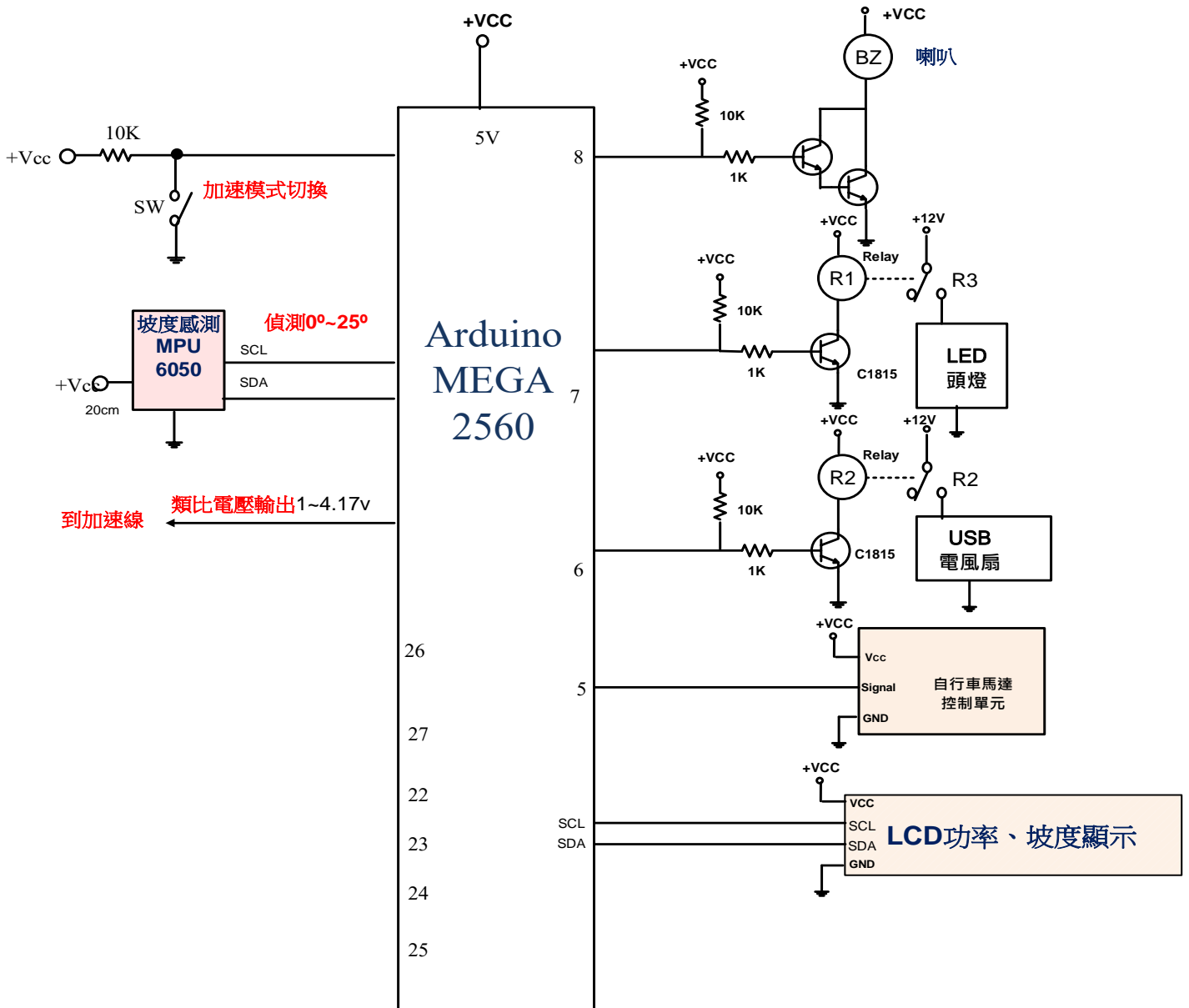


圖 8 電動助行車騎乘輔助裝置電路圖

本單元以坡度偵測感測電路板結合電動助行車，驅動無刷馬達進行轉速控制，以達到人性化的騎乘目的，本單元之研究流程如下：

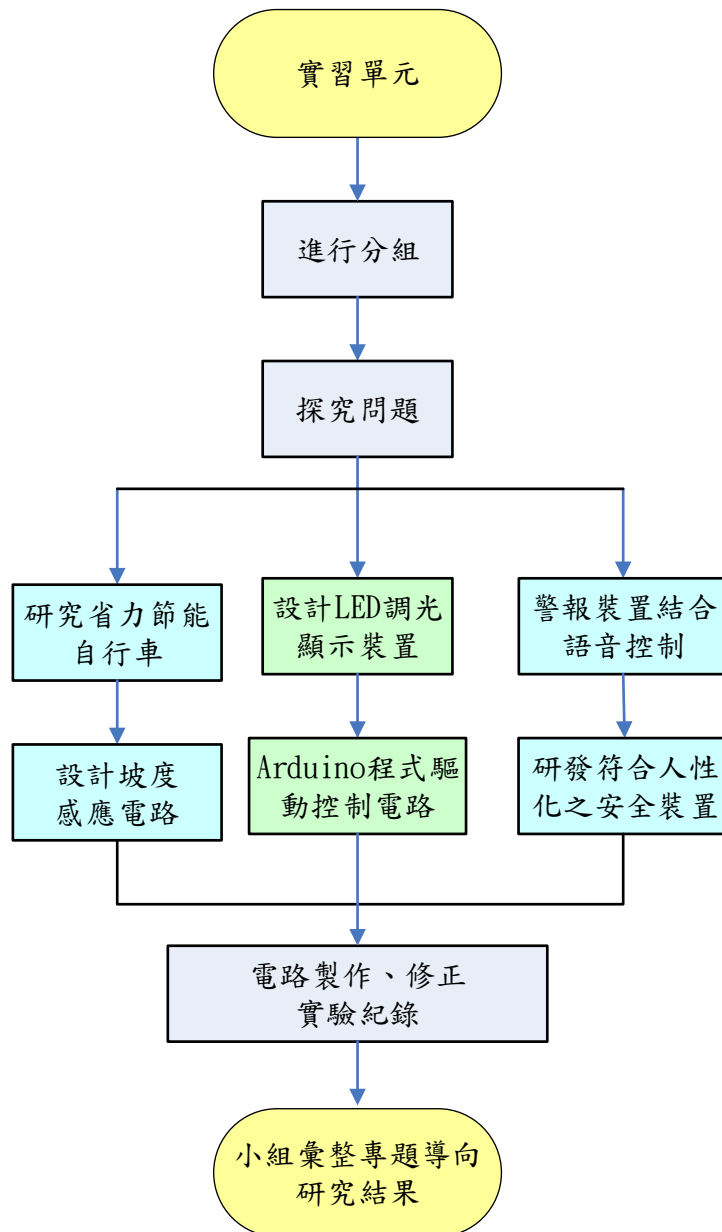


圖 9 研究流程

(一)LED 調光顯示裝置實驗：

透過 arduino c 語音程式設計參數之設定，可以改變 LED 發光二極體之亮度，進而達到 LED 燈調光的目的。

1、LED 發光二極體電路原理

LED 發光二極體在適當的順向偏壓下，電子、電洞分別注入 N、P 兩端後，便會在 PN 接面區域結合而發光。電子由高能量狀態掉回低能量狀態與電洞結合，將能量以光的形式釋放出來。LED 發光二極體耗電僅有 10mA，外加

3V 電壓即可點亮。

外加 5V 電源，需外加 330 歐姆的電阻。

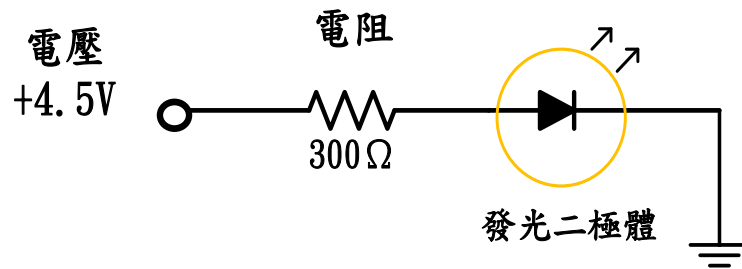


圖 10 LED 發光二極體電路原理

如何讓 LED 燈發亮呢? 電源部份提供電壓，電流通過電阻及 LED，使 LED 燈發亮，LED 電流額定為 10 毫安培，使用上要注意不能超過其額定電流值，以免燒毀。

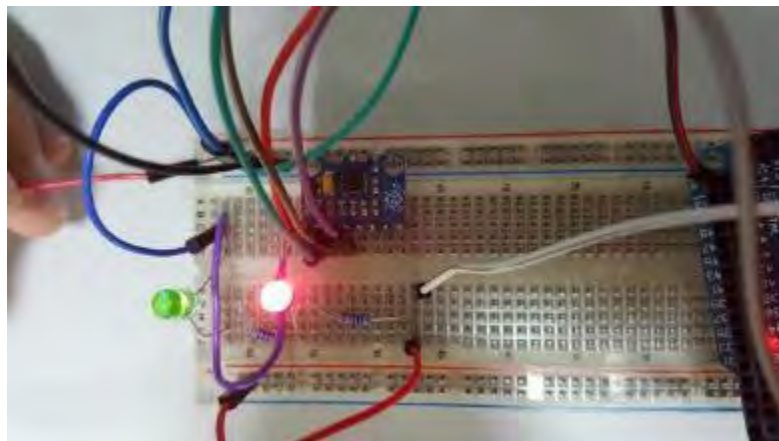


圖 11 LED 調光電路與省力機電控制結合

2、LED 調光電路之程式設計方法：

方法如下：LED 燈接在 Arduino 電路板的第 5 腳，則我們可以使用類比電壓輸出指令 `analogWrite` 來改變 LED 的電壓值，以 0~255 不同數值來控制，當設定值為 255 時，則輸出 5V 之最高電壓，此時 LED 燈的亮度為最高，設定值下降時，相對的 LED 燈的亮度就會變暗。

LED 調光電路基本設計程式如下，設計所需功能之程式：

```
void setup(){ pinMode(10,OUTPUT);}
```

```
void loop(){  
  analogWrite(5,50);  
  delay(5000);  
  analogWrite(5,100);  
  delay(5000);  
  analogWrite(5,150);  
  delay(5000);  
  analogWrite(5,180);  
  delay(5000);  
  analogWrite(5,220);  
  delay(5000);  
}
```

(二)坡度偵測感測電路實驗：

- 1、將坡度偵測感測電路，加速度感測器 MPU6050 安裝於麵包板。
- 2、以 arduino 主機板與電腦連線，並輸入程式。
- 3、將坡度偵測感測電路板結合電動助行車：如下圖轉動並改變感測器

MPU6050，產生不同角度，使控制器輸出不同動力，並紀錄電動機之電壓與電流值。如下圖，以電腦程式傳輸至 arduino 主機板，並以電壓表量測接腳輸出電壓值是否正確。

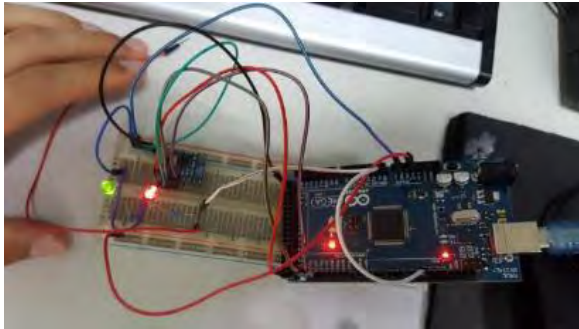


圖 12 arduino 主機板與電腦連線

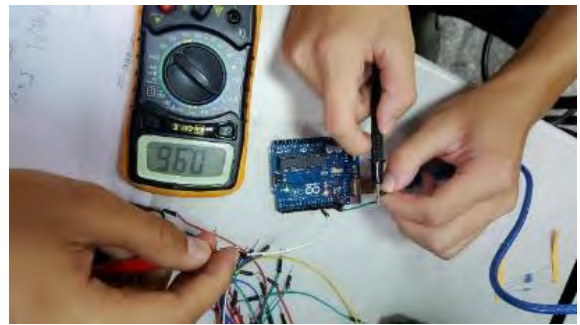


圖 13 電腦程式傳輸至 arduino 主機板

4、安裝電動助行車之馬達調速輸入信號線，並以端子線接出（白色線），如下圖：



圖 14 安裝電動助行車之馬達調速輸入信號線

- 5、安裝 Arduino 主機板，送電後並確認輸出電壓值，將控制器之馬達調速輸入信號線，接至 arduino 主機板之調速控制輸出接腳，使 Arduino 主機板可透過程式來控制電動助行車之轉動速度。
- 6、安裝實驗用麵包板於控制端，以便量測各項電壓數據，如下圖，並可進行各項電路實驗，設計 LED 發光二極體顯示電路於其上可顯示調速信號狀態：

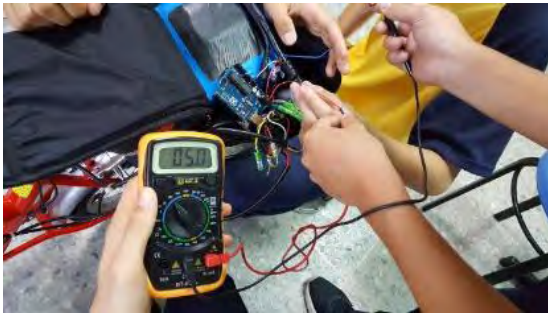


圖 15 安裝 Arduino 主機板



圖 16 安裝實驗用麵包板於控制端

7、將實驗用麵包板裝上坡度感測元件以進行自行車爬坡實驗，將電路板轉動不同角度，先置於水平。



圖 17 將電路板轉動不同角度

8、電路板分別設置成水平 0 度、2 度、4 度…至 8 度以上，量測 arduino 主機板之轉速信號線之輸出電壓的變化，如下圖所示。



圖 18 模擬不同自行車爬坡不同角度並對應轉速輸出電壓變化

(三)啟動電動助行車

如下圖所示，自行車自動偵測爬坡角度並輔助電動助力以達到省力效果：轉動自行車鑰匙以啟動電動助行車。



圖 19 自行車自動偵測爬坡角度



圖 20 鑰匙以啟動電動助行車

(四)電動助行車騎乘爬坡實驗

如下圖所示，提起自行車車頭，進行自行車爬坡之不同角度實驗，首先輸入車主體重（以輸入 60KG 為例），自行車車主於控制器鍵盤輸入自己的體重



圖 21 輸入騎車者的體重



圖 22 自行車爬坡之不同角度實驗

- 1、模擬自行車於低坡度行駛時，此時馬達輸出 100W 之電功率之助力，於中坡度行駛時，此時馬達輸出 150W 之電功率之助力。



圖 23 模擬自行車於低坡度行駛時

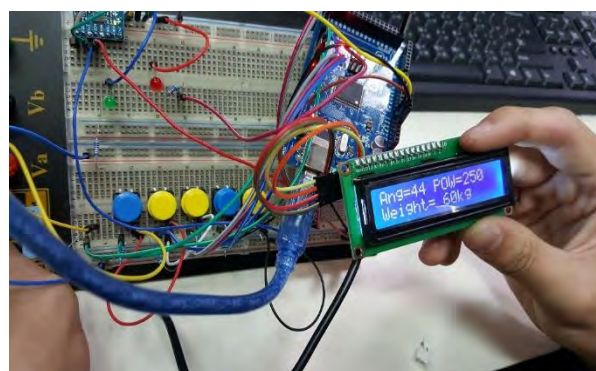


圖 24 模擬自行車於中坡度行駛時

- 2、模擬自行車於高坡度行駛時如下圖所示，此時馬達輸出 250W 之電功率之助力。



圖 25 模擬自行車於高坡度行駛時

本人曾經遇到有程式設計的問題，有一週的時間工作中斷，就是自行車爬坡時如何判斷自行車組的重量及爬坡角度，而賦予自行車適當的動力，後來請教機械科的指導老師後才解決這些問題。

(五) 太陽能光電板結合自行車實驗

當本作品之 5W 太陽能板受到陽光，能產生 1 安培的電源電流，使電風扇運轉，太陽能板受到燈泡光源照射產生 6V 開路電壓（額定 5V），並驅動 USB 電風扇，太陽能板能提供電動助行車之 LED 頭燈之用電，耗電量為 1A/5V/5W，或手機之充電、USB 電風扇之用電等，太陽能板可供應電動助行車

頭燈及電風扇使用，如下圖：



圖 26 光源照射產生 6V 電壓



圖 27 頭燈及電風扇用電情形

(六) 自行車的爬坡功率與速度實驗

1、坡度計算：

如下圖路面坡度的定義： $r = H / L = \tan \theta$ ， $\theta = \tan^{-1}(r)$

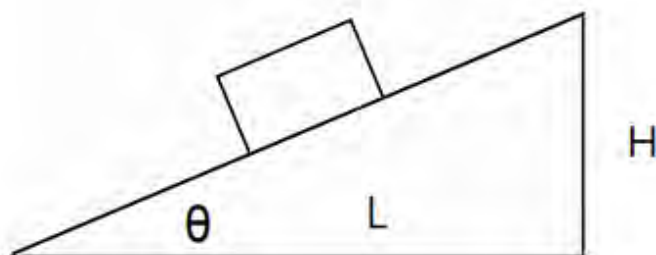


圖 28 自行車爬坡的角度與高度

自行車騎乘路線規劃，以大甲鐵砧山為例，操作方法如以下各張圖解：

2、大甲鐵砧山的平均坡度：

a、Google Map 路線規劃：

連結 <https://goo.gl/maps/tqJ7sP5DzCu>，輸入騎車起點及終點，網路系統將規劃騎乘自行車之建議路線，規劃好路線之後，接著進行坡度轉換，起點：437 台中市大甲區成功路 1 號，終點：成功路 221 號。

b、坡度轉換：

連結 http://www.gpsvisualizer.com/profile_input?add_elevation=auto，轉換成坡度圖。

Draw the profile 2

Open in new window

[Save these settings](#) • [Load from saved](#)

Or type/paste your data here: ?

latitude, longitude, altitude

Force plain text to be this type: default ▼

Or provide the URL of data on the Web: 1

Or draw a cross-section between two points:

Point 1: Point 2:

Number of trackpoints to interpolate:

圖 29 自行車騎乘路線坡度之轉換網站

c、鐵砧山的坡度曲線圖：

如何取得坡度呢？以騎乘大甲鐵砧山為例，執行圖 29 之坡度轉換後，可得到坡度曲線圖如圖 30，雖然曲線非完全線性，但可以取平均值來計算爬坡的坡度。

坡度=斜面高度 / 水平距離，即 $r=H/L$ ，得到 $\theta=166.6/2000=8.33\%$ ， $\tan \theta=0.0833$ ，故 $\theta=4.76^\circ$ ，因此本次規劃至鐵砧山騎乘之坡度為 4.76° 。



圖 30 大甲鐵砧山之坡度曲線圖

3、阻力計算：針對以下自行車的主要阻力來分析：

(1)滾動阻力 R_r ： $R_r = W \cos \theta \times C_r$ ，假設騎乘者體重 60kgf，車重 13kgf，滾動摩擦係數(C_r)為 0.0045。則 $R_r = 73 \times \cos(4.76^\circ) \times 9.81 \times 0.0045 = 3.2115$ 牛頓

假設速度 V ：單位 km/小時，則所需功率= $3.2115 \times V / 3.6 = 0.892 V$ 瓦特

(2)空氣阻力 R_w ： $R_w = A \times \rho \times C_w \times V^2 / 2$ ，假設迎風面積 (A)為 0.5，空氣密度(ρ)為 1.293，空氣阻力係數(C_w)為 1，則 $R_w = 0.5 \times 1.293 \times 1 \times V^2 / 2 = 0.32325 V^2$ ，假設 V ：單位 km/小時，

則所需功率= $0.32325 \times (V/3.6)^3 = 0.00693 V^3$ 瓦特

(3)重力阻力 $R_g = W \sin \theta = 7 \times \sin(4.76^\circ) \times 9.81 = 59.426$ 牛頓

假設 V ：單位 km/小時，則所需功率= $59.426 \times V / 3.6 = 16.507 \times V$ 瓦特

得到騎鐵砧山所要克服的功率= $0.00693 V^3 + 0.892 V + 16.507 V$ 。

說明：依所需「功率」及騎乘「速度」的關係圖，得知功率值 150W 相對應的速度是 8 km/h。建議騎乘大甲鐵砧山時的速度是 8km/h。

(七)作品完成圖



圖 32 太陽能光電板結合電動助行車

五、程式設計方法與步驟：

本作品之電路及硬體係利用 Arduino Uno 主機板為核心，結合電子電路以完成本研究之功能，以 C 語言之程式設計方法來製作，坡度偵測感測及驅動電動助行車之電壓輸出控制電路程式如附錄所示。

伍、研究結果

- 一、本電動助行車以一片太陽能板對充電電池充電，太陽能發電電壓為 5V，發電電流為 1A，電功率為 5W。
- 二、以規劃騎乘自行車至大甲鐵砧山為例，透過坡度轉換系統輸入路線，轉換成坡度曲線圖，求得本研究規劃至鐵砧山騎乘之坡度為 4.76° 。滾動阻力所需的功率為 0.892V，空氣阻力所需的功率為 $0.00693V^3$ ，重力阻力所需的功率為 16.507V（V 為行車速度 km/h）。
- 三、建立自行車最佳化騎乘之功率曲線圖：為瞭解騎自行車爬坡所需功率，車主可依自己的 FTP 值（功能性閾值功率），查詢爬坡之騎乘速度，查詢爬坡所需之功率與騎車可維持之速度。

- 四、太陽能板能提供電動助行車之 LED 頭燈之用電，耗電量為 1A/5V/5W，或手機之充電、USB 電風扇之用電等。
- 五、自行車能手動輸入體重，自行偵測爬坡坡度 $0^{\circ} \sim 8^{\circ}$ 以上，並能依騎車車主之體重顯示出車主應踩踏所需之功率值。
- 六、爬坡時，坡度越陡時自行車能自動輸出越大的助力，使車主輕鬆騎乘，完成其所規劃之路線。

陸、討論

一、問題：自行車爬坡所需功率如何計算？

答：

人車總重在斜面上的阻力。 $R_g = W \sin \theta$ ，沒有坡度時（平路） $r=0$ ， $R_g=0$ ，如下圖所示。

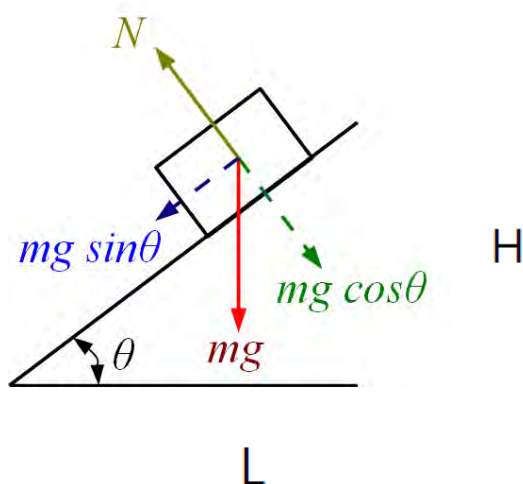


圖 33 在斜面上的阻力分析圖

以 $P(\text{踩踏功率}) = W(\text{人+車重}) \times \sin \theta$ ，再乘以速度 V ，即為自行車爬坡所需功率、即車主應踩踏之功率值。

例如：坡度 $r=2\%$ 時，人的體重=60kgf，車重=13kgf 騎乘速度 25km/小時，車主應踩踏自行車的功率是多少？

答：

路面坡度的定義

$$r = H / L = \tan \theta$$

$$\theta = \tan^{-1}(r)$$

$\tan \theta = 2 / 100$ ， $\theta = 1.15$ 度，公式 $R_g = W \sin \theta$

$$= (60 + 13) \times \sin(1.15) = 1.465 \text{ kgf}$$

$$= 1.465 \times 9.81 = 14.4 \text{ N}$$

$$\text{功率} = 14.4 \times 25 \times 1000 / 3600$$

$$= 100 \text{ 瓦特}$$

因此當車主的騎乘速度為 25 km/h 時，自行車爬坡所需功率為 100W。

二、問題：本裝置若商品化，是否具有良好的商機？

答：

本作品附加坡度感測、太陽能供電及智慧判別，能減少騎乘者爬坡時所需花費的力量，車主能適當獲得助力，仍需積極踩踏自行車、不失運動健身的效果、增加騎車樂趣，相較於市售之電動助行車，僅線性加速，且可能會失去運動的意義。

三、問題：電動助行車具有良好動力，如何預防自行車之交通事故發生？

答：

本組配帶煞車斷電裝置及太陽能輔助 LED 照明裝置，能適時將馬達斷電、提供自行車必要的光源，以提升騎乘之安全性，電動僅為輔助，並不提供具危險性的動力，當前方有障礙或交通事故時，可避免意外發生。

四、問題：是否能依照每位使用者之體重的不同而輸出不同動力？

答：

能手動輸入不同的體重並與坡度，計算出不同的功率，能依騎車車主之體重顯示出車主應踩踏所需之功率值，爬坡時，坡度越陡時自行車能自動輸出越大的助力，使車主輕鬆騎乘，完成其所規劃之路線。

五、問題：自行車結合太陽能板，有安裝空間限制以及發電量小的問題，如何改善與克服？

答：

1. 本組將太陽能板安裝於電池袋上方並可往後移動使太陽光能有效照射，且電池袋上方空間無其他用途，故可用於安裝太陽能板以提高自行車之效用。
2. 本自行車之電池袋尺寸大(15cmX29.5cm)，發電量為 5W/1A/5V，故足以驅動自行車頭燈。總之，本作品之安裝空間不影響車主的使用，發電量良好。

柒、結論

本研究研發出電動助行車騎乘輔助裝置，依車主的體重和爬坡的角度，自動判斷並給予自行車適當的助力，車主只要依規畫好的速度騎乘就能使自行車持續前進輕鬆踩踏，達到健康騎乘的、提升自行車騎乘樂趣，騎車資訊整合於車頭螢幕以提供車主瞭解騎車之各項功率數據；本研究建立自行車最佳化騎乘之功率曲線圖，提供車主查詢爬坡可維持之速度，並求得規劃至鐵砧山騎乘之坡度，協助車主完成自行車的騎乘，可觀察螢幕顯示速度是否過快，以確保車主的體能能夠負擔，並順利完成騎乘活動，另作品結合太陽能板發電，強化電動助行車之電能部份，並提供自行車燈源及週邊所需之用電，在智慧功能方面，透過自行車車頭 LCD 螢幕顯示自行車爬坡角度、人力踩踏前進所需之功率值，提供車主運動資訊、協助完成所規畫之最佳化騎乘。

捌、參考資料

- 一、張家豪(2014)・太陽能節能玻璃節能效益分析與模擬 碩士論文・臺北市：國立台灣科技大學營建工程系。
- 二、黃杰（2011）・節能電動助行車之設計與製作 博士論文・新竹縣:明新科技大學電子工程研究所
- 三、余志斌（2008）・節能電動助行車之設計與製作 碩士論文・嘉義縣:吳鳳技術學院光機電暨材料研究所。

- 四、許智鈞（2012）· 太陽能電池輔助電動助行車之研究 碩士論文 · 高雄市:高苑科技大學電機工程研究所。
- 五、陳信介（2003）· 電動助行車運動控制器之設計與製作 碩士論文 · 國立高雄第一科技大學機械與自動化工程系。
- 六、陳宜斌（2012）· 智慧型自行車裝置設計 碩士論文 · 台北市:聖約翰科技大學電子工程系。
- 七、羅譽宙（2016）· 徹底看懂自行車功率 · 台北市:臉譜出版 · 城邦文化事業股份有限公司。
- 八、藤井德明（2009）· 第一本自行車的科學解析 · 新北市:三悅文化圖書事業有限公司。
- 九、梅克工作室（2014）· Arduino 微電腦控制實習(OZONE 適用)邁向 AMA 中級先進微控制器應用認證 · 台北市：台科大圖書股份有限公司。

附錄：Arduino 作品程式

```
#include <math.h>
#include <Wire.h> // Arduino IDE 內建
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <I2Cdev.h>
#include <MPU6050.h>
#include <Wire.h>
MPU6050 accelgyro;
int16_t ax, ay, az;
int16_t gx, gy, gz;
float Ax, Ay, Az;
int X, Y, Z;
int i;
// Set the pins on the I2C chip used for LCD connections:
//                               addr, en,rw,rs,d4,d5,d6,d7,bl,blpol
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE); // 設定 LCD I2C 位址
int w1;
int y;
int pul;
int pow1;
int Button1=8;
int Button2=2;
int Button3=3;
int Button4=11;
int Button5=12;
int Button6=13;

void setup() {
Wire.begin();
Serial.begin(38400);
accelgyro.initialize();
pinMode(5,OUTPUT);
pinMode(6,OUTPUT);
pinMode(Button1,INPUT);
pinMode(Button2,INPUT);
pinMode(Button3,INPUT);
```

```

pinMode(Button4,INPUT);
pinMode(Button5,INPUT);
pinMode(Button6,INPUT);
lcd.backlight();
lcd.begin(16, 2);
y=0;
w1=0;
pow1=0;
pul=0;
}

void loop()
{
  accelgyro.getMotion6(&ax, &ay, &az, &gx, &gy, &gz);
  Ax = ax / 16384.00;
  Ay = ay / 16384.00;
  Az = az / 16384.00;
  X = atan(Ax / sqrt(Az * Az + Ay * Ay)) * 180 / PI;
  Y = atan(Ay / sqrt(Az * Az + Ax * Ax)) * 180 / PI;
  Z = atan(Az / sqrt(Ax * Ax + Ay * Ay)) * 180 / PI;

  if(digitalRead(Button1)==LOW)
  {
    y=1;
    w1=45;
  }
  else if (digitalRead(Button2)==LOW){
    y=1;
    w1=50;
  }
  else if (digitalRead(Button3)==LOW){
    y=1;
    w1=55;
  }
  else if (digitalRead(Button4)==LOW){
    y=1;
    w1=60;
  }
}

```

```

else if (digitalRead(Button5)==LOW){
  y=1;
  w1=65;
  }
else if (digitalRead(Button6)==LOW){
  y=1;
  w1=70;
  }
if(X>=0 && y==1){
  pow1=(w1+15)*5*6*sin(3.1415*X/180);
  if(pow1>=360)
  {
    pow1=360;
  }
  pul=255*pow1/350;
  analogWrite(6,pul);
  analogWrite(5,pul);
  }
else
{
  pow1=0;
  pul=0;
  analogWrite(6,pul);
  analogWrite(5,pul);
  }
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Ang=");
lcd.print(X);
lcd.setCursor(8,0 );
lcd.print("POW=");
lcd.print(pow1);
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Weight= ");
lcd.print(w1);
lcd.print("kg");
delay(250);

```

```
Serial.print(""); Serial.print(abs(X)); Serial.print("\t");  
Serial.print(""); Serial.print(abs(Y));Serial.print("\t");  
Serial.print(""); Serial.println(abs(Z));  
}
```

【評語】 052308

1. 研究電動自行車騎乘輔助裝置，能依車主的體重和爬坡角度自動判斷並給予自行車適當的助力，車主依規畫好的速度騎乘就能使自行車持續前進輕鬆踩踏，並把騎車資訊整合於車頭螢幕以提供車主瞭解騎車之各項功率數據。
2. 研究主題清楚，內容切題且聚焦。方法適切，理論與分析邏輯清晰。
3. 設計周全，因果探究及論述亦甚合理。
4. 裝置太陽能板，增加整體車重，與其平均可產生之電量相較，是否仍有節能效益，宜評估與驗證。

一、研究動機

自行車要爬上山時總是相當困擾，當車主腳踏自行車，爬坡爬不上去時，自行車若能自動推車主一把就好了，不過如果改騎電動自行車的話，又無法達到運動健身的效果，所以決定設計一款自行車裝置，能依車主的體重和爬坡的角度，自動判斷並給予自行車適當的助力，車主只要依規畫好的速度騎乘就能達到運動育樂的目的。

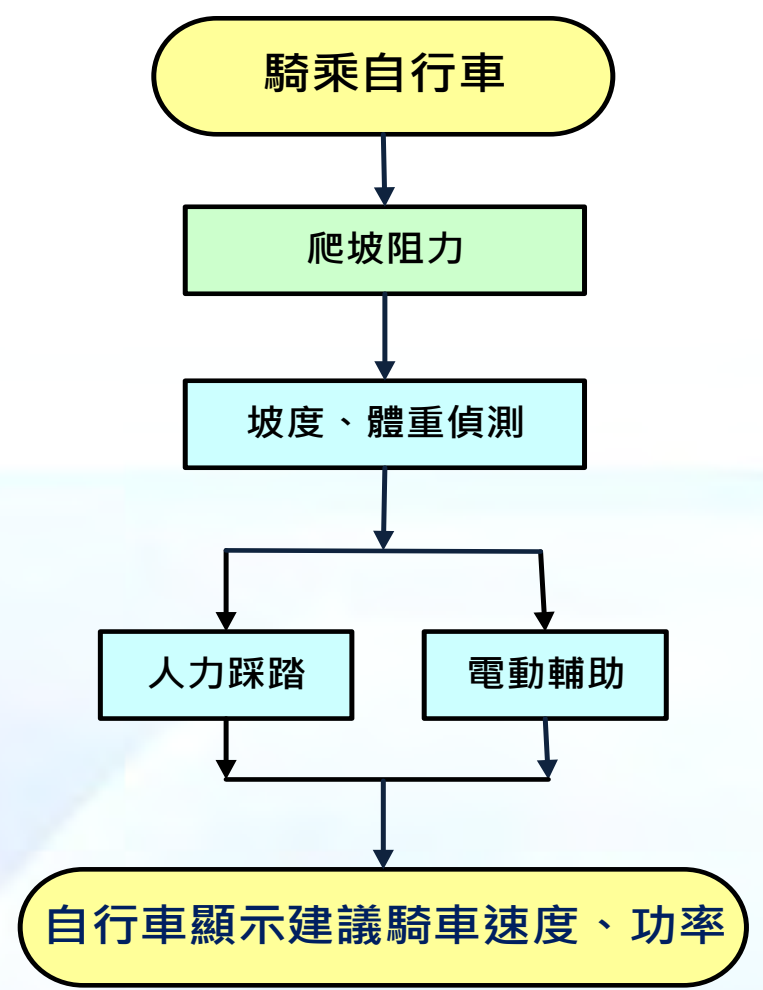


圖 1 智慧省力控制流程圖

二、研究目的

- (一) 研究自行車之智慧省力功能：透過偵測坡度、計算所需踩踏功率，並適度提供自行車爬坡之動力，以達到健康騎乘與育樂之目的。
- (二) 研究電動自行車騎乘所需功率，計算並顯示踩踏功率值，以協助車主達到最佳化騎乘之目的。
- (三) 以太陽能板結合電動自行車，有效運用再生能源並探討其節能效益。

三、研究過程

(一) 電路設計過程：

本作品以電動輔助人力踩踏之功率並顯示車主應踩踏之功率值(維持上坡速度 5Km/hr)，透過 Arduino C 語言程式設計使自行車自動偵測爬坡角度，透過機械裝置、坡度偵測及電動輔助來結合自行車以達到省力的效用，當爬坡角度較高時，車主會覺得費力，此時電路會輸出 0~5V 之類比電壓，產生 (5W~360W) 之推動功率。

(二) 硬體電路：

如圖 2，Arduino 控制電路之輸出接腳 D5 為電動自行車馬達之調速腳，可輸出不同功率至自行車，則 D6~D7 則可啟動自行車之頭燈及電風扇。D20、D21 腳，即 SDA、SCL 腳為 1602 LCD 液晶顯示器之資料傳輸腳，Arduino 會依系統感應之數值，如車主體重、道路坡度等資訊顯示於 LCD 上。

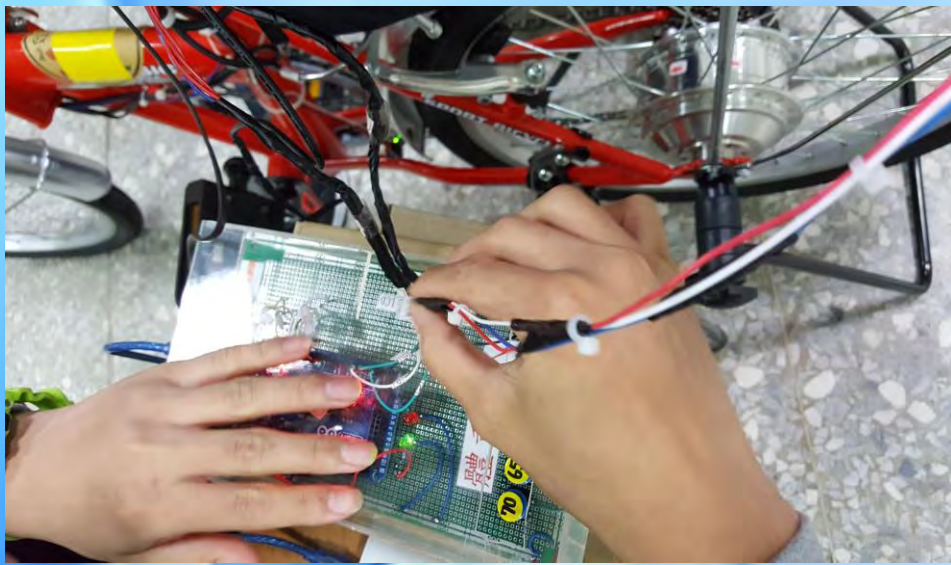


圖 2 製作硬體電路與角度感測器安裝

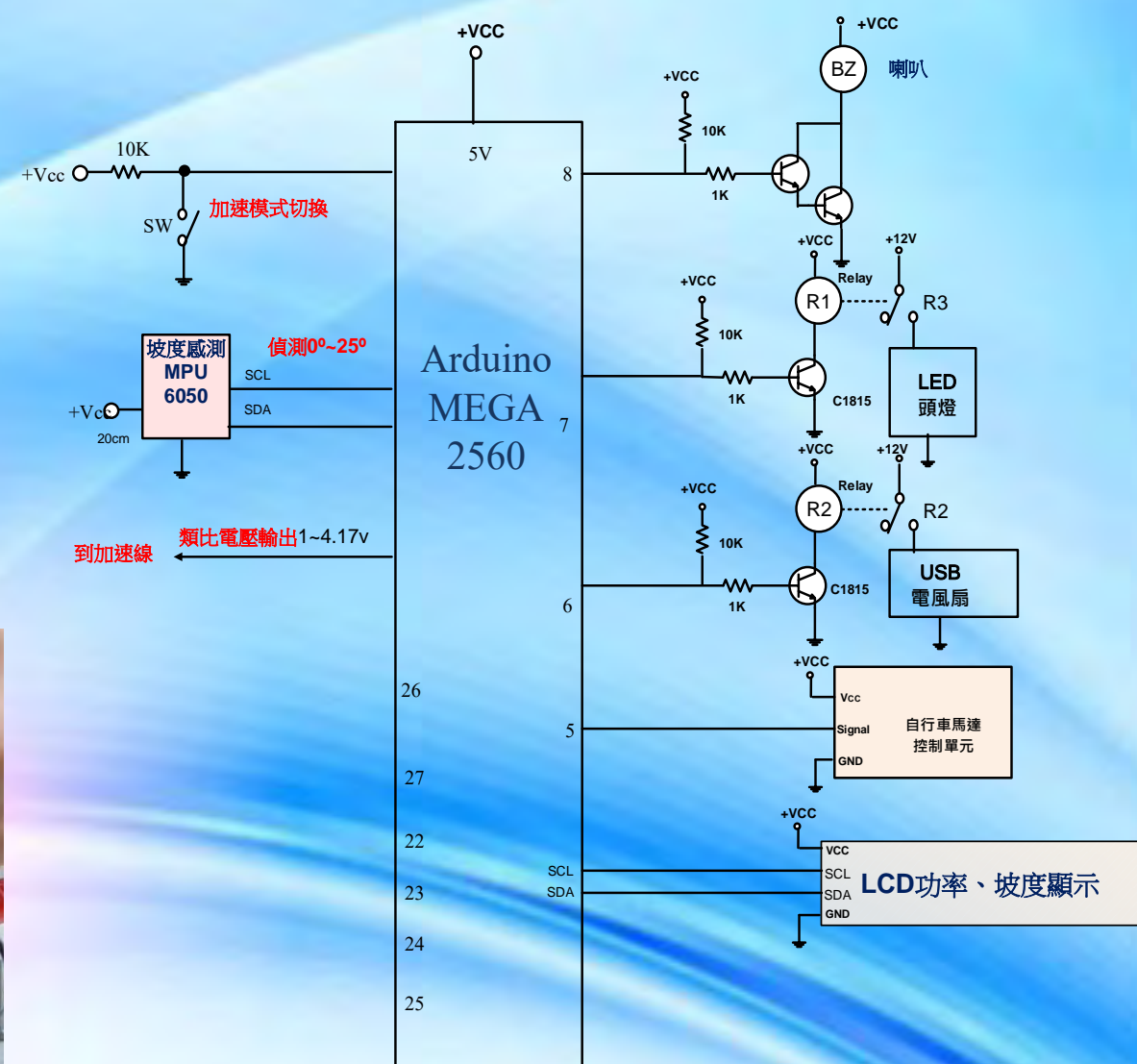


圖 3 電動助行車之完整電路圖

(三) 太陽能光電板結合自行車實驗

如圖 4、圖 5，當本作品之 5W 太陽能板受到陽光，能產生 1 安培的電源電流，使電風扇運轉，太陽能板受到燈泡光源照射產生 6V 開路電壓（額定 5V），並驅動 USB 電風扇如下圖太陽能板能提供電動自行車之 LED 頭燈之用電，耗電量為 1A/5V/5W，或手機之充電、USB 電風扇之用電等。



圖 4 太陽能板受到燈泡光源照射



圖 5 太陽能板供應電動自行車頭燈及電風扇

(四) 自行車的爬坡功率與速度實驗：以大甲鐵砧山為例

1、坡度計算與爬坡功率：

如下圖路面坡度的定義： $r = H / L = \tan \theta$

， $\theta = \tan^{-1}(r)$ ，**爬坡功率 = $W \sin \theta \times V$** 。

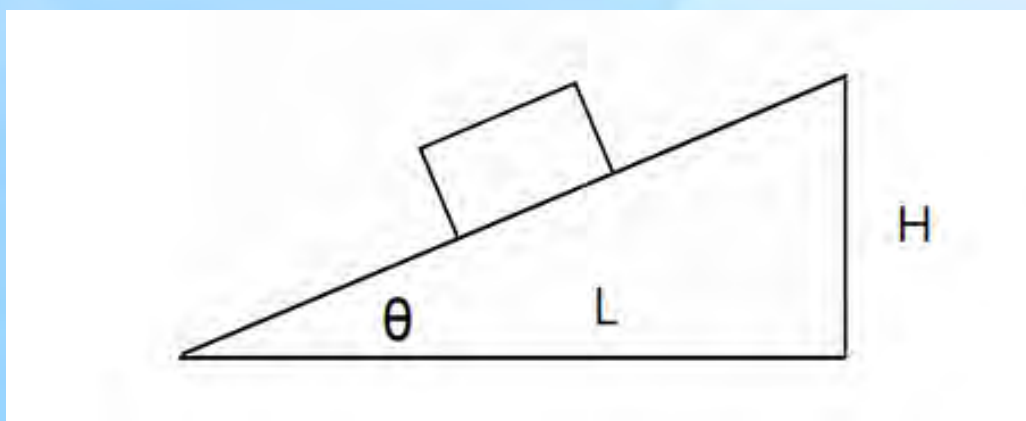


圖 6 自行車爬坡的角度與高度

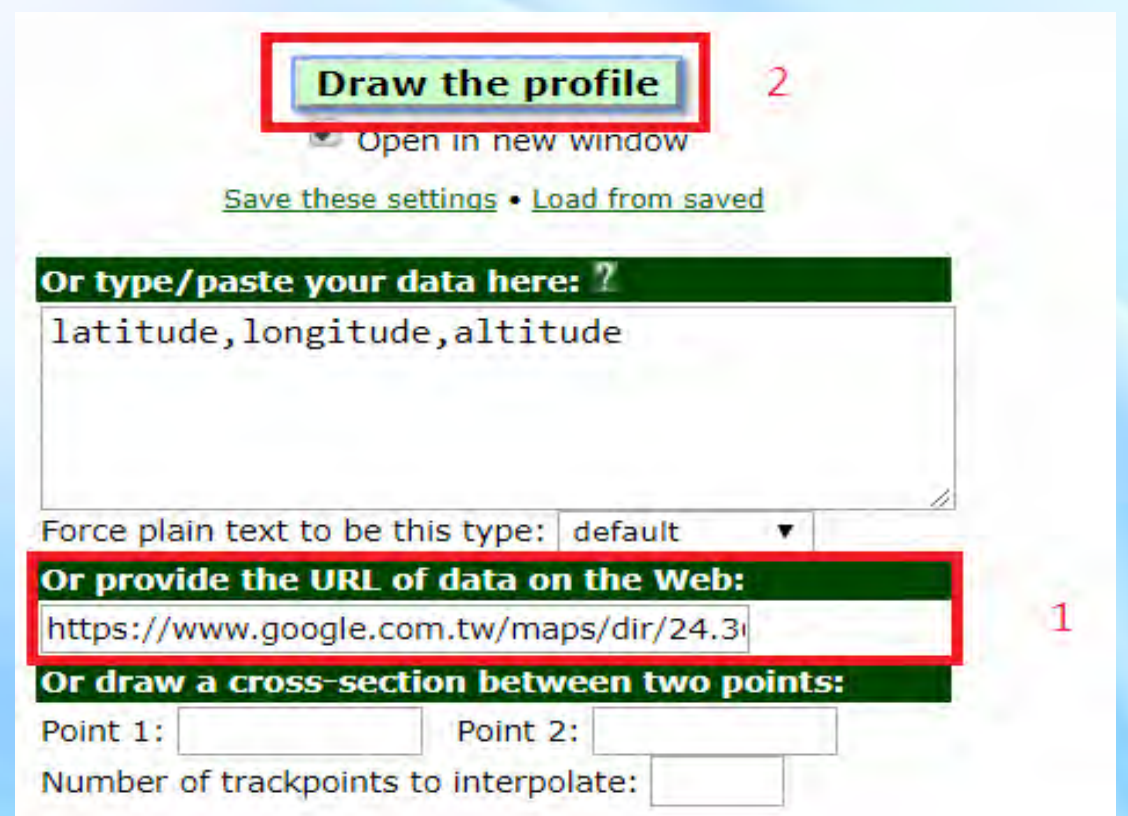


圖 7 自行車騎乘路線坡度之轉換網站

Google Map 路線規劃：如圖 7，連結 <https://goo.gl/maps/tqJ7sP5DzCu>，輸入騎車起點及終點，網路系統將規劃騎乘自行車之建議路線，規劃好路線之後，接著進行坡度轉換。

2、大甲鐵砧山的平均坡度：**坡度轉換，連結**

http://www.gpsvisualizer.com/profile_input?add_elevation=auto，轉換成坡度圖，如圖 8 所示。

3、鐵砧山的坡度曲線圖：坡度=斜面高度 / 水平距離，即 $r=H / L$ ，得到 $r=166.6/2000=8.33\%$ ，

$\tan \theta = 0.0833$ ，故 $\theta = 4.76^\circ$ ，因此本次規劃至鐵砧山騎乘之坡度為 4.76° ，**騎鐵砧山所需克服阻力的功率 = 「 $1.0998V + 0.00693V^3 + 20.3514V$ 」**，輸入網站即可求得以下曲線圖：建立所需「功率」及騎乘「速度」的關係圖，如圖 9 所示：連結

<http://fooplot.com/#W3sidHlwZSI6MCwiZXEiOiIwLjAwNjkzeF4zKzAuODkycCsxNi41MDd4Iiw9Y29sb3IiOiIjMDAwMDAwIn0seyJ0eXB1IjojMDAwLCJ3aW5kb3ciOiI0siMCIsljYwIiwjMCIsljgwMCJdLCJncm1kIjpbIjUjLCIjMDAiXXIld>



圖 8 大甲鐵砧山之坡度曲線圖

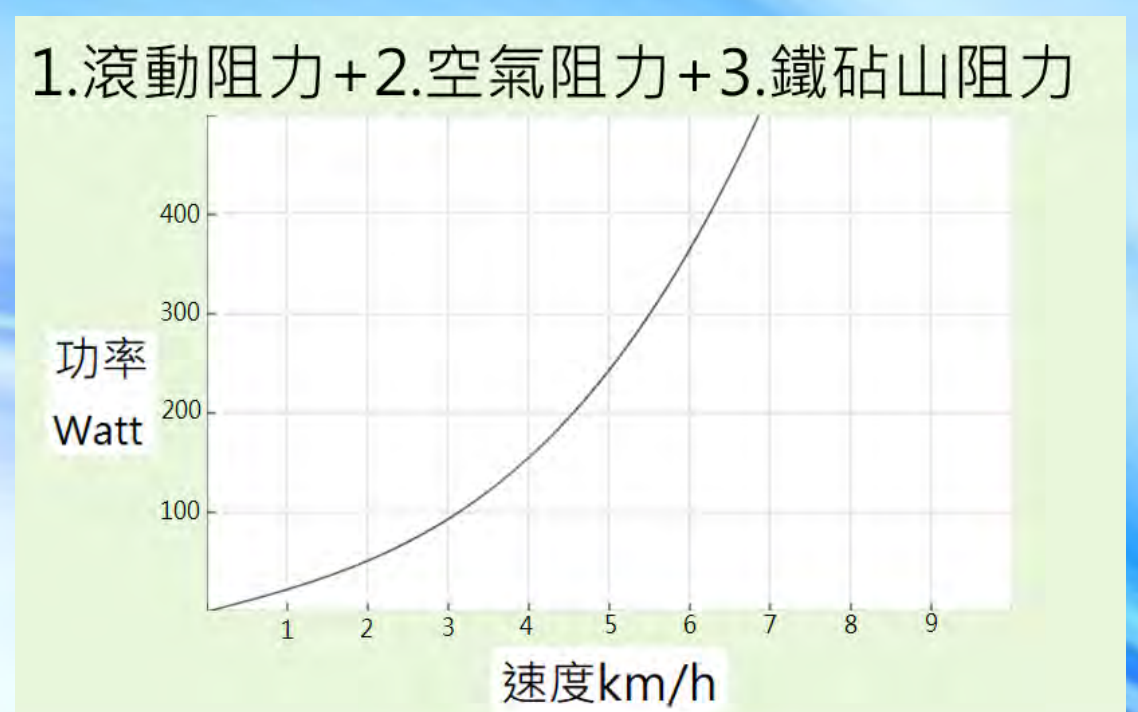


圖 9 騎車所需「功率」及騎乘「速度」關係圖

自行車功能性閾值 (FTP) 測定					
編號	學生	功率(W)	速度 (Km/hr)	體重(Kg)	推比(5min) 功率/體重
1	學生 1	134	27	40	3.35
2	學生 2	188	32.2	79	2.37
3	學生 3	202	33.1	55	3.67
4	學生 4	165	29.7	50	3.3
5	學生 5	204	32	60	3.4
6	學生 6	258	36.5	70	3.68
7	學生 7	237	35.2	68	3.48
8	學生 8	228	34.5	69	3.3
9	學生 9	219	34.2	56	3.91
10	學生 10	217	33.8	78	2.78
11	學生 11	206	33.3	55	3.75
12	學生 12	217	33.4	77	2.81
13	學生 13	255	36.4	62	4.11
14	學生 14	207	32.9	73	2.83
15	學生 15	202	32.9	60	3.36

圖 9 自行車功能性閾值-學生功率

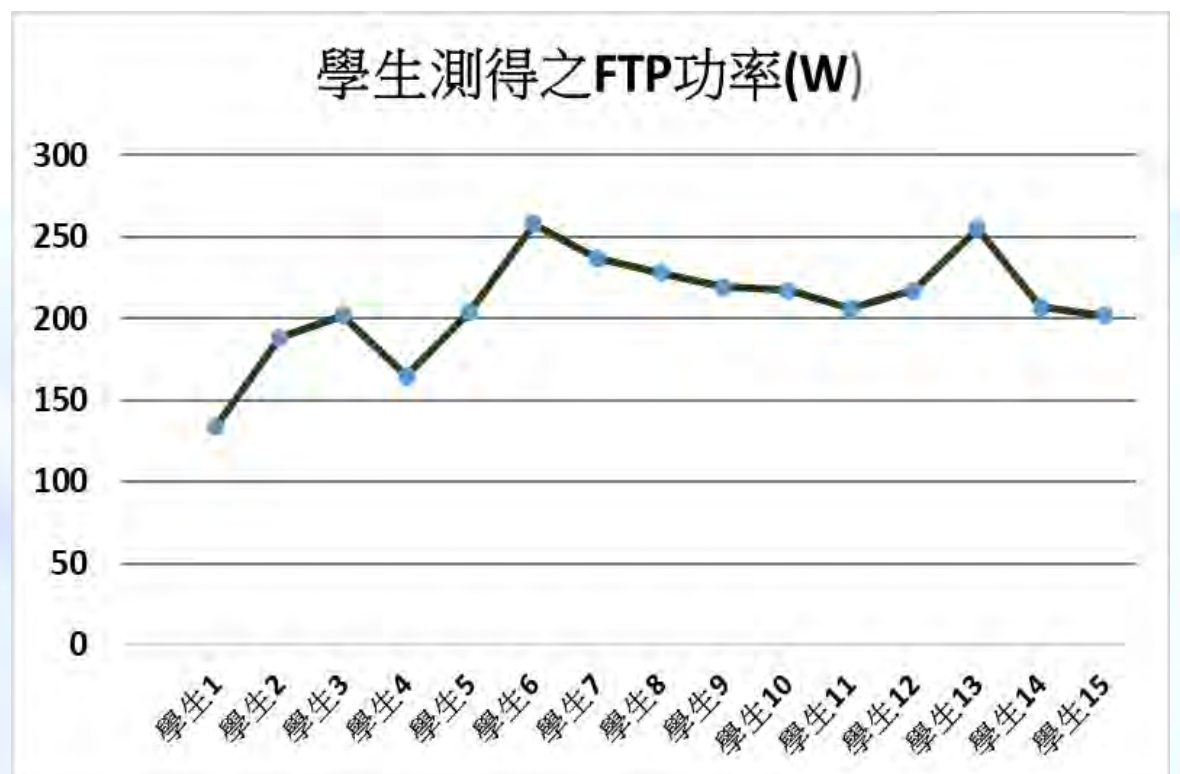


圖 10 不同學生所測得的 FTP 功率值

四、研究結果

- 一、本電動助行車以太陽能板對充電電池充電，太陽能發電電壓為 5V，發電電流為 1A，電功率為 5W。
- 二、以規劃騎乘自行車至大甲鐵砧山為例，透過坡度轉換系統輸入路線，轉換成坡度曲線圖，求得本研究規劃至鐵砧山騎乘之坡度為 4.76° 。滾動阻力所需的功率為 $1.0998V$ ，空氣阻力所需的功率為 $0.00693V^3$ ，重力阻力所需的功率為 $20.3514V$ （人重加車重為 $67+23=90\text{kg}$ 、 V 為行車速度 km/h ）。
- 三、建立自行車最佳化騎乘之功率曲線圖：為瞭解騎自行車爬坡所需功率，車主可依自己的 FTP 值（功能性閾值功率），查詢爬坡之騎乘速度，查詢爬坡所需之功率與騎車可維持之速度。
- 四、太陽能板能提供電動自行車之 LED 頭燈之用電，耗電量為 $1\text{A}/5\text{V}/5\text{W}$ ，或手機之充電、USB 電風扇之用電等。
- 五、自行車能手動輸入體重，自行偵測爬坡坡度 $0^\circ \sim 8^\circ$ ，並能依騎車車主之體重顯示出車主應踩踏所需之功率值。
- 六、爬坡時，坡度越陡時自行車能自動輸出越大的助力，使車主輕鬆騎乘，完成其所規劃之路線。

五、討論與應用

- 一、問題：自行車爬坡所需功率如何計算？
- 二、問題：本綠能智慧助行車，若商品化，是否具有良好的商機？
- 三、問題：電動助行車具有良好動力，如何預防自行車之交通事故發生？
- 四、問題：是否能依照每位使用者之體重的不同而輸出不同動力？
- 五、問題：自行車結合太陽能板，有安裝空間限制以及發電量小的問題，如何改善與克服？

六、結論

本研究研發出綠能智慧省力電動助行車，依車主的體重和爬坡的角度，自動判斷並給予自行車適當的助力，車主只要依規畫好的速度騎乘就能使自行車持續前進輕鬆踩踏，達到健康騎乘的、提升自行車騎乘樂趣，騎車資訊整合於車頭螢幕以提供車主瞭解騎車之各項功率數據。本研究建立自行車最佳化騎乘之功率曲線圖，提供車主查詢爬坡可維持之速度，並求得規劃至鐵砧山騎乘之坡度，協助車主完成自行車的騎乘，可觀察螢幕顯示速度是否過快，以確保車主的體能夠夠負擔。