

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高職組 電子、電機及資訊科

最佳創意獎

091010

自動變速型腳踏車

學校名稱：臺北市立木柵高級工業職業學校

作者： 職二 莊政晏 職二 顏容申 職二 廖哲偉 職二 黃建中	指導老師： 劉啟欣 葉文聰
---	-----------------------------

關鍵詞：腳踏車、自動變速

摘要

環保意識抬頭，人們對節能減碳的議題亦發重視，自行車即符合實行方向，目前自行車變速的手動控制所引起的不便，令人詬病，以改良手動變速成為自動變速為出發點，解決不便，使騎乘更方便。

成品完成時做成品試車能正常行駛，以 1 檔起步，當踩到 68rpm 時感應器將回授信號給內部程式，內部程式更改電阻軸心角度，再更改電阻值並回授給程式再驅動伺服馬達升至 2 檔，繼續加速至 71rpm 時，一樣的動作升至 3 檔，以此模式升至 8 檔後，再來緩慢減速，減至 87rpm 時依同樣方式降檔，再當轉速減至 72rpm 時，一樣的模式降到 6 檔，繼續減速直回 1 檔。

由上述試車結果得知，我們的作品是可行的，不僅達到節能減碳，也對自動變速做了技術上的改革，達到全自動變速自行車，增加舒適及方便的多樣性。

壹、研究動機

由於環保意識的抬頭，人們對於「節能減碳」的議題也愈來愈重視，完全符合節能減碳需求的自行車，儼然成為一個趨勢，成為大眾喜愛的交通工具，更為商業界發展一片商機。腳踏車此種零污染的綠色交通工具，成為我們休閒以及平時在交通上最機動以及方便的工具，就以機動性和安全性來講，為了更方便的控制變速而衍生出了這套「自動變速系統」，而這套系統在安全上的考量，例如：「需要有更快的速度閃避障礙物，及不需在意變速的問題，能全心全意的騎車」。在機動性上的設計原因，則是因為來不及變速而導致的失速問題，以及煞車之後再起步的麻煩性。因此，開始對自行車做了部分的研究及討論，發現目前大眾所使用自行車之變速裝置皆屬於扳動式，其缺點有：

- 一、中心螺絲長時間在雨水及陽光曝曬下易生鏽，使其變速功能因而受影響。
- 二、扳動的轉把會有內部生鏽的問題，而塑膠轉把長時間在空氣中日曬雨淋有容易氧化的問題，一旦用力情況下，都會導致轉把斷裂。
- 三、調速方式因人而異，因此無法固定，在這【快、慢、輕、重】不同的情形下，許多老人及小孩甚至是身體部分殘障人士和不會使用變速裝置的人，明顯不便，再加上調速方法因為使用者的習慣不同，容易消耗大量體力，影響續航力。
- 四、在某些調速狀態下，會因速度、腳踏力度、下雨天、潤滑油不足、齒輪損壞……等情況，造成變速功能受影響，這些都是須被改善，就像自行車如果先下坡，其速度一定是以加速度乘坡而下；但一旦又上了坡，就是以負加速度上坡，這時如果【不會變速或忘記變速】的人，就會因為踩不動而漸漸失速，必須先停下車，把後輪抬高並轉動後輪，再重新變速後，才可上車，此時變速器反而成為一個障礙，也就造成了不必要的麻煩。

鑒於上述缺點，使我們想到了從改變變速功能開始起步，以及在性能上能使用的更舒適，所以想出了利用自動變速取代手動換檔騎腳踏車的想法。這種系統，人們不需要因為地形，以及其他外在因素，例如：緊急煞車、零件損壞，導致需調整檔位至所能適應的形式，而且

可摒除手動控制檔位和變速把手，演變成由速率以及踩動踏板的快慢來改變成最舒適地踩踏施力。

貳、研究目的

現在使用自行車的族群，絕大部分是學生、鐵馬族及運動為主，也因為目前環保意識抬頭，越來越多人提倡騎乘自行車，但因為扳動式變速裝置較為不便，所以有許多人不喜歡騎自行車的原因正是如此，造成使用的族群上有一定的限制。

因此，我們希望能將手動變速換為自動感應變速，所謂「自動感應變速」，即當騎士騎乘自行車時，安裝位於左後下叉（腳踏板的二組感應器）的感應器與旋轉部分的鈎磁鐵和霍爾元件，經由路況及個人造成轉速與車速度的變化，以及踏板部分的相對關係，碼表感應器將感應出波形訊號的頻率改變給內含電子迴路及經由程式設計完成之控制系統，並輸出啟動伺服馬達調整至舒適檔位動作之訊號，完成變速的效果，為了不讓車體行進間，腳踏板反轉，造成電子控制系統誤判，和鏈條逆轉時做出換檔動作，導致變速器受損，利用了接收踏板處二組霍爾元件發出的信號時所會建立的相位差，判別接收信號的順序，來達到控制逆轉時所產生的錯誤訊號，使整體上會更佳，此種做法不單單只是為了更加機動和安全，而是為了使腳踏車整體的感覺更加便利，讓騎士騎起來更加安心，而我們依下列腳踏車測試讓研究能夠更完整：

- 一、測試不同人換檔時的車速度與轉速
- 二、測試不同人舒適時的檔位與車速度
- 三、了解換檔與車速度的關係
- 四、了解換檔與轉速的關係
- 五、了解速度與頻率的關係
- 六、了解升檔時的車速度
- 七、了解降檔時的車速度

也依據上述的測試結果與關係，畫相對的關係圖、寫出對應的表格，以利方便查看，以及提供自動變速器當數據，做出更完整的程式，所以，須讓自行車實用性上更為便利、更有

效率，也減少了變速的困難性，讓愈多人願意騎自行車，也改善了環境的污染問題。

參、研究設備及器材

項目	規格(型號)	數量	備註
示波器	TOWARD-7025A	1 台	
電源供應器	DPS-1303(K1)	1 台	
三用電錶	YF-303	1 台	
惠斯頓電橋	QJ-23E	1 台	
鑽床機	國格-SC10	1 台	
電鑽	HITACHI-DS 12DVF3	1 台	
氧乙炔組	田中式小型熔接器(番號 162)	1 組	
虎鉗	4"	1 台	
壓接鉗	AK-15A ONU	1 支	
尖嘴鉗	8"	1 支	
鯉魚鉗	Crescent USA	1 支	
電工鉗	LOBSTER	1 支	
活動扳手	10"	1 支	
手弓鋸	12" 24TPI	1 支	
斜口鉗	NN-150	1 支	
切管器	2/8" , 3/8" (inch)	3 支	
內六角扳手	3" 4" 5"	1 組	
十字起子	1/4 , 8"	1 支	
一字起子	1/4 , 8"	1 支	
萬用鉗	CJT-8101	1 支	
鐵鎚	1"	1 支	
附迴轉速碼表	CCRD200	1 組	
伺服馬達	CG-309A(DC-12V)	2 個	
鉛酸電池	12V	1 個	
銼刀	通用	1 支	
美工刀	9mm	1 支	
鋁管	2/8" , 3/8" (inch)	1 支	
絞刀	通用	1 個	
自行車	DH-CYCLE	1 台	

高阻計	2404-14	1 台	
卷尺	DK-2040	1 個	
八速變把	SHUMANO-8 速(V-BRAKE)	1 支	
鑽頭	1.2 2.0 4.0 13(mm)	4 個	
鋼絲	26"	8 支	
自攻螺絲	6"	10 個	
束帶	ALT-403L	20 支	
中心管冲	JAPAN	2 支	
鐵絲	60cm	25 支	
打火機	T43270	2 個	
霍爾元件	UGN3144	3 個	
變速外管	60cm	1 支	
可變電阻	(繞線式) 100Ω	2 個	
鐵刷	通用	1 支	
可變電阻	(繞線式) 500Ω	2 個	
跳接線	60cm	10 條	
電烙鐵	SH-4020	1 組	
麵包板	GL-36	1 片	
點火器	CT-200	1 支	

肆、研究過程或方法

首先從網路查詢有關自動感應變速腳踏車的資料，並從中擷取資料後做小組討論及研究方向，其次經由技術及改裝方便的可行性的思考後，開始挑選所需型號及規格的元件及自行車的種類和方便裝卸變速齒輪的自行車，並對下列之元件及材料做了詳細的歸納測試及研究：

一、腳踏車（圖 1）：採用裝卸方便以及轉檔準確性的後變速齒輪（圖 2）的腳踏車。

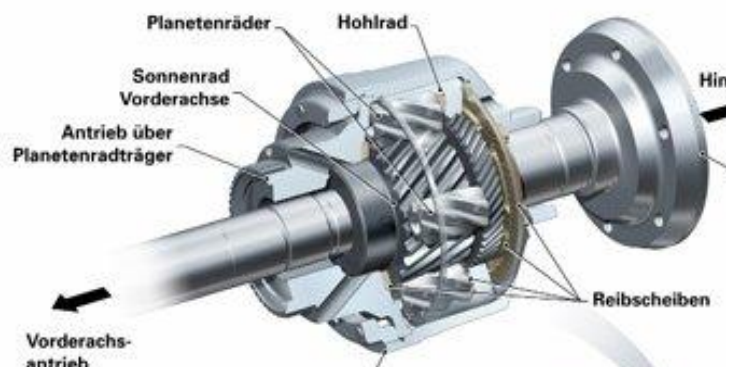


（圖 1）腳踏車圖



（圖 2）後變速齒輪

二、伺服馬達（圖 3）：運用了遙控模型玩具車的構思，內部含有減速齒輪，所以扭力強大，用於車輪方向調控，一般力道無法將轉軸卡死，適合運用於拉、放變速線以控制檔位的機構（供以+V 正轉、-V 反轉），並於前、後輪皆各裝一組伺服馬達和驅動變速基座（圖 4），以達到前、後齒輪全自動變速的效果，由於扭力強大，若基座固定稍有疏忽，易造成機械結構部分鬆脫，因而將伺服馬達與驅動變速基座放置一起，再將馬達轉軸接一螺旋臂軸使其借以馬達轉動之力扭力，拉、放變速線，達至換檔效果。





(圖 3) 伺服馬達

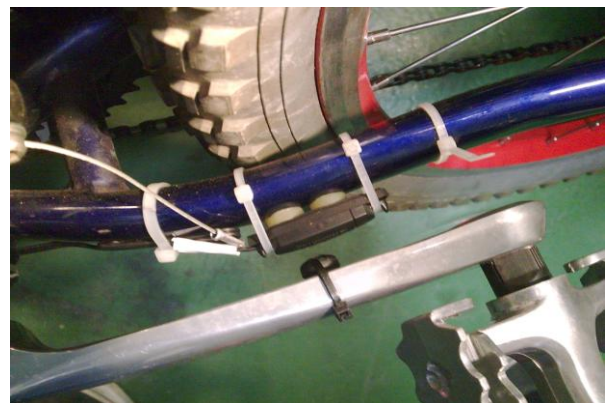


(圖 4) 驅動變速基座

三、附迴轉速碼表 (做為實際測試期換檔數據用途) (圖 5) : 在車把手裝設碼表及左後下叉 (腳踏板的二組感應器) 的感應器 (圖 6) 與旋轉部分的霍爾元件和鉤磁鐵 (圖 7), 經由路況及個人造成的轉速與車速度的變化, 碼表感應器將感應出波形訊號的頻率改變給內含電子迴路及經由程設計完成之控制系統, 並輸出啟動伺服馬達調整至舒適檔位動作之訊號, 完成變速的效果。研究過程中也發現一項異於傳統感應器所用的元件, 一般常用於接收感應的元件為電感, 此種簡單的設計, 在高速與低速時, 感應電勢高低落差大, 造成訊號處理較為不易, 但卻發現接收端的感應元件為霍爾元件, 這個元件再測量波形上造成了麻煩, 因為需在通電狀態下才能測量感應, 也就是說, 感應器表內部 (圖 8) 裝有 DC 5 伏特的電池, 所以, 當需測量波形時, 還需使用電源供應器, 加以 DC 5 伏特的電源搭配測之, 作為設計程式時的依據。



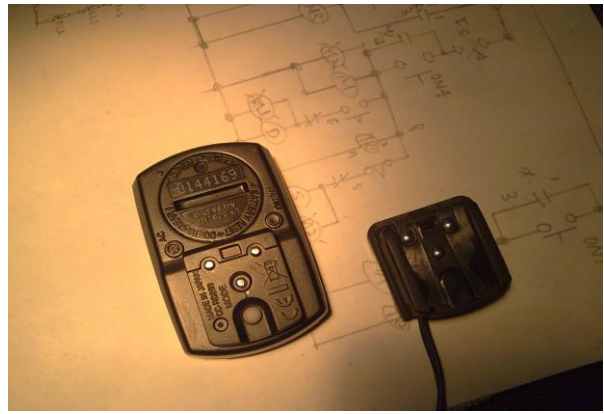
(圖 5) 附迴轉速碼表



(圖 6) 左後下叉的感應器



(圖 7) 旋轉部分的鈷磁鐵



(圖 8) 感應器表內部

四、實際測試其換檔數據：將以裝上附迴轉碼表之腳踏車牽至平地，分別從 1 至 8 檔由不同人測量數次後之結果再取其平均值，其值再經由車速度公式(式 1)、車速感應器頻率換算公式(式 2)、轉速感應器頻率公式(式 3)換算後，將有效數據用 EXCEL 程式設計折線圖以方便作為參考使用，再用換算過的數值作為程式設計時的依據。

$$\text{車速度 (km/hr)} = \text{轉速 (rpm)} \times (\text{前齒輪} / \text{後齒輪}) \times 60 \text{ m} \times 2.09 \text{ m (輪胎周長)} / 1 \text{ k} \dots\dots\dots(\text{式 1})$$

$$\text{車速感應器頻率 (Hz)} = \text{車速 (km/hr)} / 3600 \text{ s} \times 1 \text{ k} / 2.09 \text{ m} \dots\dots\dots(\text{式 2})$$

$$\text{轉速感應器頻率 (Hz)} = \text{轉速 (rpm)} / 60 \text{ s} \dots\dots\dots(\text{式 3})$$

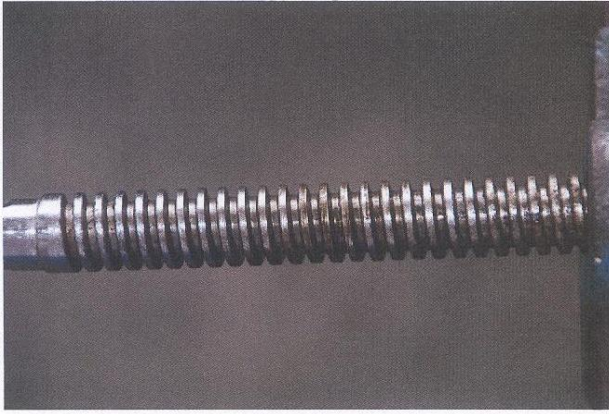
五、可變電阻 (圖 9)：原先以為利用速率與轉速的關係比，即可使內部程式明確瞭解目前為第幾檔，但後來發現在速度上有所謂的磁滯重疊，這個現象會使內部錯判，例如：時速 30km / hr 可能為檔 1 的最大值與檔 2 的最小值，在這情況容易造成換檔頻繁，使檔位在檔 1、2 之間不停跳動，所以決定使用電阻值作為記號，依考量後使用可變電阻 (繞線式)，繞線式可變電阻內部為金屬膜，非一般碳膜式，所以較為耐磨，毀壞率也較低，並利用軸心 300 度的特性，電阻值與軸心旋轉角度成線性關係，以更動軸心來控制所需的電阻值，如此一來，只須設定電阻值作為內部的檔位顯示器，例如：設定 10Ω 為檔 1，20Ω 為檔 2，30Ω 為檔 3，以此類推，以螺旋臂軸拉變速線，並同時牽動可變電阻軸



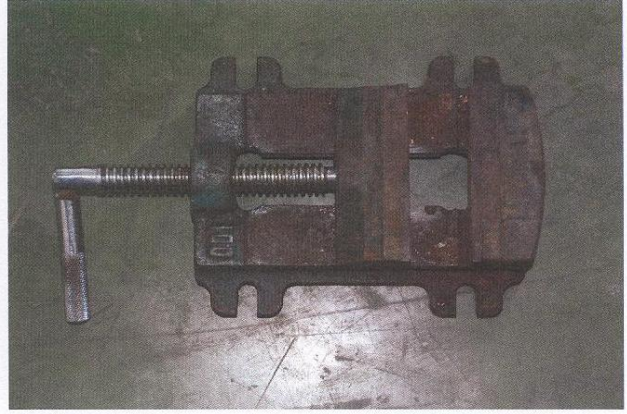
心，這樣一來，不但有動力再次驅動可變電阻，也可使感測數值一進來，碼表感應器將回授信號給內部程式，內部程式更改可變電阻軸心角度，再更改電阻值，並回授給程式，程式再驅動伺服馬達調整檔位，達到定位的功能，此種作法也不單單只是使定位更加準確，也可以一開始就讓內部程式知道目前為第幾檔，然後做該檔為最佳的變速模式，也不會使檔位早已跳至別檔，程式還以為鏈條還在原檔，造成誤判，此外，此種定位功能可使當馬達軸心與螺旋臂軸偏移時，利用回授與輸出信號，再控制馬達自動校正。

（圖 9）可變電阻（繞線式）

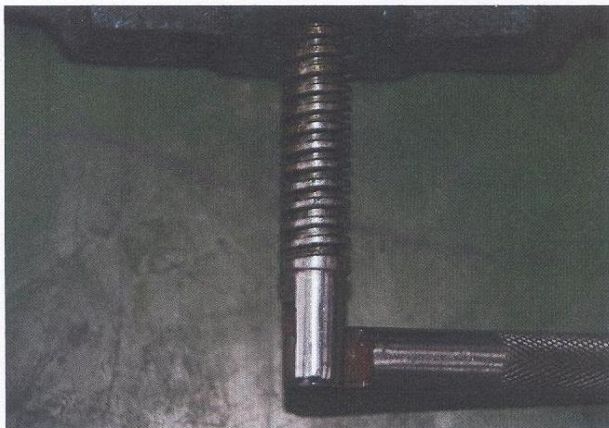
六、螺旋臂軸（圖 10）：利用斜面原理，螺旋桿的斜面屬於省力的簡單機械，運用虎鉗（圖 11）的構思，將變速裝置設計成此種螺旋式基座，並於臂軸末端（圖 12）接伺服馬達，借以馬達扭力做為臂軸之動力，支點（圖 13）是將整體機構更省力的作用，再於施力處（圖 14），設計將變速線牽引至此，以小力拉動鏈條，達到換檔效果。



(圖 10) 螺旋



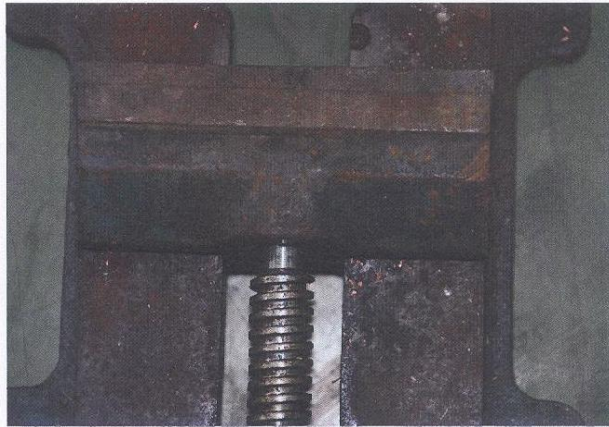
(圖 11) 虎鉗



(圖 12) 臂軸末端

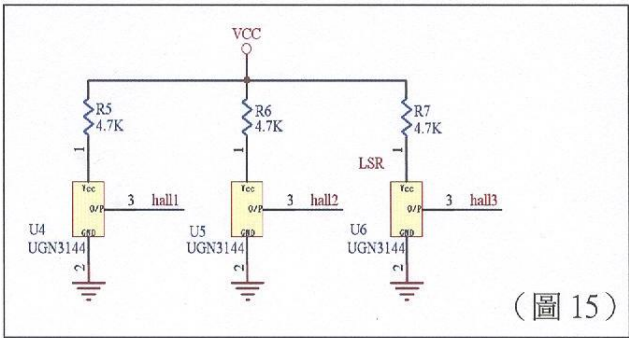


(圖 13) 支點

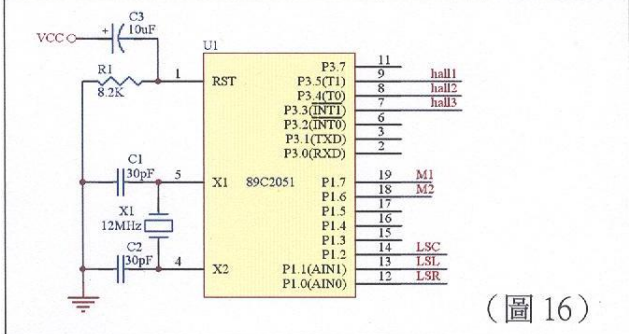


(圖 14) 施力處

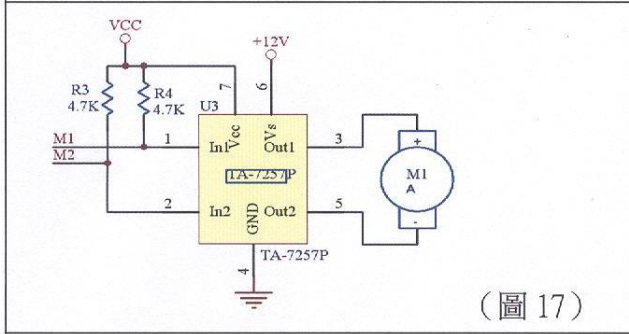
七、程式設計：



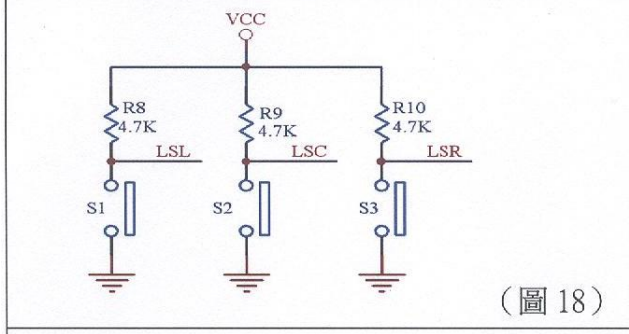
(圖 15) 為判斷車速、轉速以及踏板正逆轉之電路圖，其中 VCC 為提供霍爾元件電源 (DC 5V) 為穩定脈波訊號用，霍爾元件之腳 3 就是訊號輸出，接至 CPU，當有磁鐵靠近霍爾元件時，它將做出脈波訊號給 CPU。



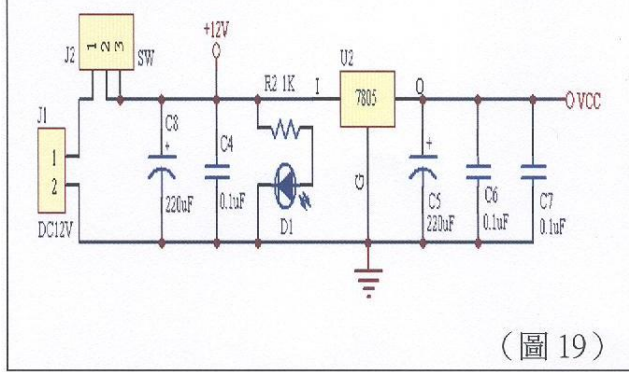
(圖 16) 為輸入控制程式之 CPU 電路圖，其中 VCC 為提供 CPU (DC 5V) 之電源，C1、C2 以及 X1 為震盪電路，供應 CPU 運算所需之訊號，Hall 1~3 接至霍爾元件感應電路接收訊號，M1、M2 接至 TA - 7257P 以控制伺服馬達之正逆轉。



(圖 17) 為控制伺服馬達之 IC 電路圖，其中 VCC 為提供控制伺服馬達 IC 之 (DC 5V) 之電源，M1A 為伺服馬達，+12V 為提供伺服馬達轉動所需電源，M1、M2 接收 CPU 輸出之動作訊號。



(圖 18) 為伺服馬達動作回授信號電路圖中 VCC 為提供回授信號之 (DC 5V) 之電源，LSL、LSC、LSR 為回授訊號給 CPU。



(圖 19) 為控制迴路以及伺服馬達電源之穩壓電路，SW 為開關，+12V 接至伺服馬達，提供轉動之電源，VCC 接至 CPU、TA - 7257P、霍爾元件，提供訊號電源。

```

//***** badminton.C *****
/* 專案名稱：自行車自動變速控制
/* 硬體描述：p1.0：馬達右極限定位開關(LSL)---馬達右轉為低速檔
/* p1.1：馬達左極限定位開關(LSR)---馬達左轉為高速檔
/* p1.2：馬達中間定位開關(LSC)
/* p3.3(INT1)：車輪轉速偵測霍爾開關(HALL)
(平常保持 Hi,靠近磁鐵則轉為 Low) /*
p1.7：馬達接點 1(M1=In1)
/*p1.6：馬達接點 1(M2=In2)
//*****
//-----< 宣告定義區 >-----
#include <AT892051.h>
//---數值定義-----
#define Motor_R 0x7F //馬達右轉#define Motor_L 0xBF //馬達左轉
#define Motor_BK 0xFF //馬達煞車#define Motor_S 0x3F //馬達停止
#define up 0x1 //檔位向上#define down 0x0 //檔位向下
//---I/O 埠定義-----
#define Motor P1 //重新定義馬達控制埠
#define LSR P1_1 //馬達右極限定位開關(LSR)---馬達右轉為低速檔
#define LSL P1_0 //馬達左極限定位開關(LSL)---馬達左轉為高速檔
#define LSC P1_2 //馬達中間定位開關(LSC)#define HALL P1_3
//轉速偵測霍爾開關(hall3)sbit INTR=0xb3; //P33(INT1)
sbit CS = 0xb2; //P32sbit AD_RD = 0xb1; //P31
sbit AD_WR = 0xb0; //P30 //---變數宣告-----
unsigned int time_count=65535; //時間計數器
unsigned char gear_count=1; //檔位計數器
//unsigned int time_old=0; //速度等效時間值舊值暫存器
//unsigned int time_new=0; //速度等效時間值新值暫存器
bit direct=1; //升降方向旗標

```

(圖 19)

```

//---函數宣告
void gear_up(void);
void gear_down(void);
void Delay(long dly);
void main(void) < 程式區
//-----系統初值設定-----
TMOD=0x01; //設定 0 工作在模式
TH0=0;TL0=0; 1 計時器
IT1=1; //設定外部中斷 1 為負緣觸發模式
IE=0x86;TR0=1;P3=0xff;P1=0xff;
INTR=1;CS =1; AD_RD =1; AD_WR =1;
EA=1;EX1=1; //致能外部 INT1 斷
IT1=1; //設定 INT1 腳負緣觸發中斷
CS=0; //ADC 工作
AD_WR=0; AD_WR=1;
if(LSC==0) //ADC 開始轉換
{ if(LSL==1) while(LSC==0)
gear_down();Motor=Motor_BK;
Delay(1000); Motor=Motor_S;
if(LSR==1) while(LSC==0)
gear_up();Motor=Motor_BK;
Delay(1000); Motor=Motor_S;
//-----主程式-----
while(1) switch (gear_count)

```

(圖 20)

```

case 0x01: //1 段 if(time_count<25080)
gear_count=2; gear_up();
break; case 0x02: //2 段
if(time_count<12540)
gear_count=3; gear_up();
if(time_count>25080) gear_count=1;
gear_down();break; case 0x03: //3 段
if(time_count<8360) gear_count=4;
gear_up();if(time_count>12540)
gear_count=2; gear_down();
break; case 0x04: //4 段
if(time_count<6270) gear_count=5;
gear_up();if(time_count>8360)
gear_count=3; gear_down();break;
case 0x05: //5 段 if(time_count<5016)
gear_count=6; gear_up();if
gear_count=4; gear_down();
break; case 0x06: //6 段(time_count>6270)
if(time_count<4180) gear_count=7;
gear_up();if(time_count>5016)
gear_count=5; gear_down();
break; case 0x07: //7 段 if(time_count<3583)
gear_count=8; gear_up();if(time_count>4180)
gear_count=6; gear_down();}break;
case 0x08: //8 段 if(time_count>3583)
gear_count=7; gear_down();
break; default: break; //計時器 0 中斷函數
---< 時間計時中斷處理函式 >---
void timer_int(void) interrupt 1
//time_old=time_new; //time_new=65535;
time_count=65535;

```

(圖 21)

```

void EX1_int(void) interrupt 3//ADC 轉換完會產生外部中斷
AD_RD=0; P1=~P0; //轉換完畢，讀取數位資料由 P1 反相輸出
AD_RD=1; //停止讀取 AD_WR=0; AD_WR=1;
//ADC 重新開始轉換/* 速度偵測中斷處理函式 >
void speed_detect(void) interrupt 2 //外部中斷 1 中斷函數
TR0=0; //time_old=time_new; //time_new=TH0*256+TL0;
time_count=TH0*256+TL0;TH0=0; TL0=0; TR0=1;
進檔處理函式 >----void gear_up(void)
while(LSL==0) Motor=Motor_L; //Motor=Motor_BK;
//Motor=Motor_R; // Delay(10000); Motor=Motor_S;
退檔處理函式 >--void gear_down(void)
while(LSR==0) Motor=Motor_R; //Motor=Motor_BK;
//Motor=Motor_L; //Delay(10000); Motor=Motor_S;
時間延遲函式 >-----void Delay(long dly)
/*延時函數*/ while(dly > 0) dly --;

```

(圖 22)

(圖 19)、(圖 20)、(圖 21)、(圖 22) 為程式判斷車速、轉速以及踏板正逆轉，輸入控制程式之 CPU，VCC 為提供控制伺服馬達 IC 之 (DC 5V) 之電源，+12V 為提供伺服馬達轉動所需電源，以及伺服馬達電源之穩壓，達到感應及變速功能。

伍、研究結果

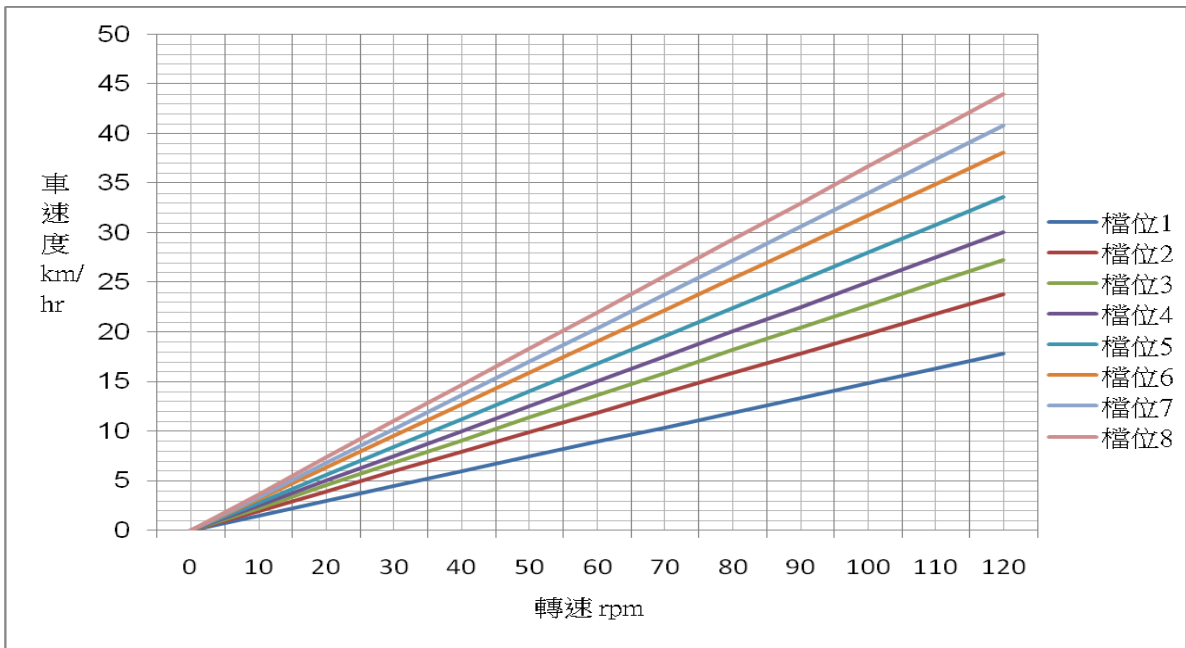
根據腳踏車測速實驗以及每一檔的舒適度測試和實際計算出每檔所對照的速率表（表 1），我們可以得知每個人在每一檔所理想的舒適度可以由「自動變速」這套系統來達成，根據每個人的肌耐力、所承受的風阻等原因致使身體上所施的力受到限制。在理想的狀態下，人們在踩踏板過於吃力而換檔，在換檔同時，齒輪的變換，使腳力上有更大的負荷；而自動換檔，則是在肌耐力達到一定的壓力時感測到轉速或者車速度快慢的改變而轉換檔位，如此一來不必再因為換檔而消耗體力，而達成我們所想要的效果。

（表 1）轉速與速率關係表

檔位 轉速 (rpm)	1	2	3	4	5	6	7	8
10	1.4891	1.9855	2.2691	2.508	2.8030	3.1768	3.4037	3.6655
20	2.9782	3.971	4.5382	5.016	5.6061	6.3536	6.8074	7.3310
30	4.4673	5.9564	6.8074	7.524	8.4091	9.5303	10.211	10.996
40	5.9565	7.9419	9.0765	10.032	11.212	12.707	13.614	14.662
50	7.4456	9.9274	11.345	12.54	14.015	15.884	17.018	18.327
60	8.9437	11.913	13.614	15.048	16.818	19.060	20.422	21.993
70	10.423	13.898	15.884	17.556	19.621	22.237	23.826	25.658
80	11.913	15.884	18.153	20.064	22.424	25.414	27.229	29.324
90	13.402	17.869	20.422	22.572	25.227	28.591	30.633	32.989
100	14.891	19.855	22.691	25.08	28.030	31.768	34.037	36.655
110	16.380	21.840	24.960	27.588	30.833	34.944	37.440	40.320
120	17.869	23.826	27.229	30.096	33.636	38.121	40.844	43.986

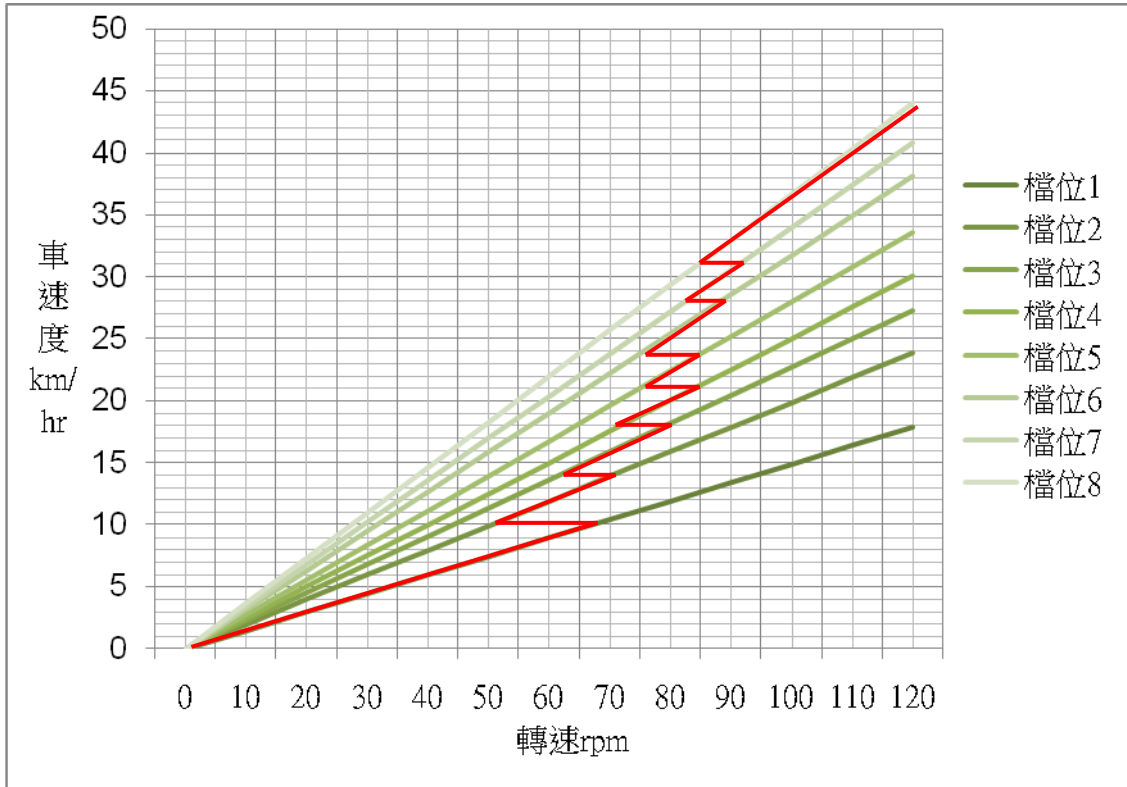
車速度 (km/hr)

實際上，要讓腳踏車的自動變速更加舒適，須考慮到的可能影響因素有很多，每個人的腳力、肌耐力、舒適的轉速範圍都不同；路面的坡度、路況（路面上的顆粒大小所造成的阻力）、風向影響……等，但這次我們僅拿轉速與車速作為變速的依據，多多少少會不夠理想，（圖 2 3）為轉速與車速關係，目的在於了解每個檔位的齒輪比，助於後面再繪成（圖 2 4）（圖 2 5）升降檔轉速、速率緩衝示意圖，與（表 1）互相對應。

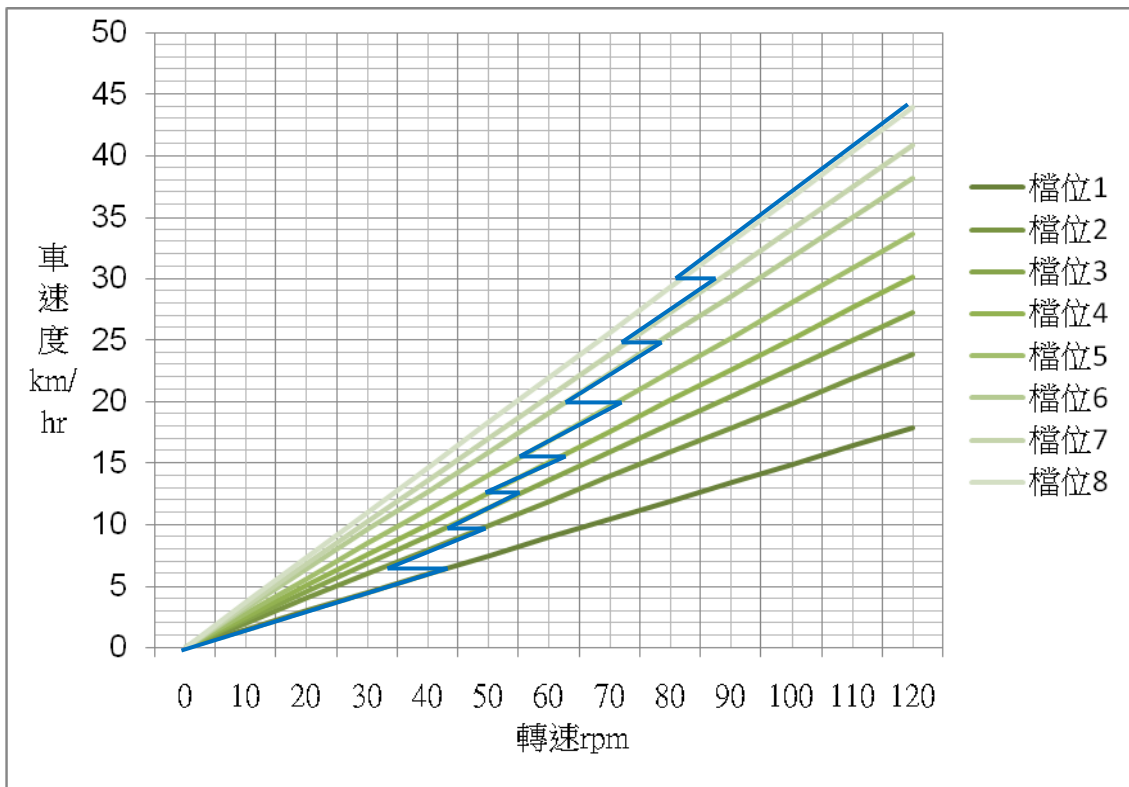


(圖 2 3) 各檔位轉速與車速度關係圖

(圖 2 4)、(圖 2 5) 升檔、降檔之示意圖，為控制迴路寫程式時的主角，其中的數據是以兩人在平地上實際測量，分別從 1 至 8 檔測量數次後再取其平均值，升檔與降檔兩線並不完全重疊，為做出磁滯現象，避免轉速剛好於某值徘徊，造成變速器一升一降，難以騎乘。

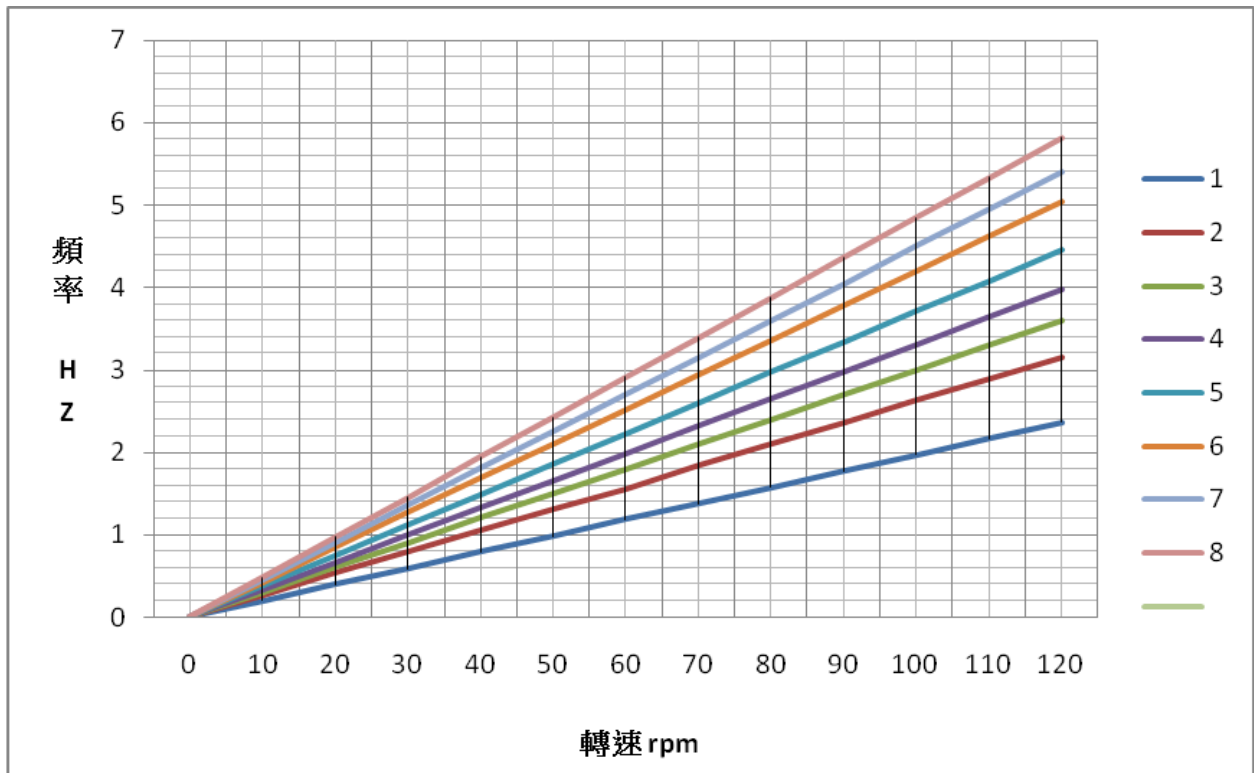


(圖 2 4) 升檔緩衝速率示意圖



(圖 2 5) 降檔緩衝速率示意圖

(圖 2 5) 為轉速與車速感應器之信號頻率關係，此圖為寫程式時搭配 (表 2)、(圖 2 4)、(圖 2 6) 使用。



(圖 2 6) 轉速與車速之感應器訊號頻率關係圖

(表 2) 轉速與頻率關係表

檔位 轉速 (rpm)	1	2	3	4	5	6	7	8
10	0.191	0.262	0.300	0.332	0.371	0.420	0.450	0.485
20	0.394	0.525	0.600	0.664	0.742	0.841	0.901	0.970
30	0.591	0.789	0.901	0.996	1.113	1.261	1.352	1.456
40	0.788	1.051	1.201	1.328	1.484	1.682	1.802	1.941
50	0.985	1.314	1.502	1.660	1.855	2.103	2.253	2.426
60	1.184	1.577	1.802	1.992	2.226	2.523	2.704	2.912
70	1.380	1.840	2.103	2.103	2.598	2.944	3.154	3.397
80	1.577	2.103	2.403	2.324	2.969	3.365	3.605	3.882
90	1.774	2.366	2.704	2.656	3.340	3.785	4.056	4.368
100	1.971	2.628	3.004	3.320	3.711	4.206	4.506	4.853
110	2.168	2.891	3.304	3.652	4.082	4.626	4.957	5.338
120	2.366	3.153	3.606	3.984	4.453	5.047	5.408	5.824

頻率 (Hz)

經過了這個研究，雖然我們做到了【自動感應變速】，但我們發現，若要做到讓自行車自動變速普遍化，還有很多方面須待突破，例如：可以以感應器傳回來的訊號，使伺服馬達拉動鏈條直接跳至理想狀態的檔位，不必再一檔一檔層次進退檔。

當成品完成時，做成品試車，大致上能與構思相符，並能正常行駛，但實際上，仍與預想有落差，例如：當自行車上坡完通過至頂點，開始下坡，理應升檔，但升檔動作處於下波狀態，換檔時，踩踏齒輪轉速偏高，會直到升至第 8 檔，轉速才會較為穩定，否則當無阻力狀態，須刻意拉高轉速，造成腳部負擔，在強速順風的情形下，也會造成上述狀況，而測試結果中也發現，不經意的自動換檔也容易造成危險發生。

然而這次只是一個概念，但在未來也許會是個趨勢，像是電動自行車，如能加上自動變速，適時改變它的齒輪比，那麼能夠騎乘的地形與速域將更加不受限。

陸、討論

現今社會的人們所追求的不只是快速，更追求便利，而我們這次科展的方向就是以此為考量，而想出了這輛【自動變速型腳踏車】。

以下是我們思考關於此腳踏車的問題:

Q1：相較於調整前面的齒輪，調整後邊的齒輪，對於上坡或是速度上，哪一個影響較大較明顯？

A1：相較於後邊的齒輪，前面的齒輪變換後的感覺比較明顯，他能立刻讓你感覺到變輕或變重，至於後面飛輪，除非你一次變換很多檔，不然感覺上不會像變換大盤來的明顯，當你要上坡時也是要先變換大盤然後再用小盤來調整適當的檔位，停車剛起步是利用後輪來做加速的動作，慢慢將後輪變換至小齒輪，那你會有一種駕駛自排車那種自動變速的感覺，很平順達到要求得速度，常使用變速來調整腳的轉速與施力是非常重要的，轉速太快或太用力都會造成腳容易酸或無力感，所以你要常利用變速來慢慢感覺它的變化，自然習慣以後，那你的手自然會配合你的腳將變速器達到適合的位置了。

Q2：何時為進（退）檔的最佳時機？

A2：需要獲得此項數據就必須依據實驗找出數據，然後依照實驗出來的結果，並且計算出最適合人體的舒適轉速介於幾轉至幾轉之間並且輸入電腦作為換檔的依據。

Q3：行動 IC 如何判別現在車速及曲柄轉速？

A3：我們可以將磁鐵放在曲柄及輪圈的鋼絲上面然後將霍爾原件或是電感放在左後叉並且對齊使其互相對應，這樣磁鐵每轉一圈就可以感應出一個信號，透過導線將此信號傳送到我們所設計的控制電路，藉由 IC 來判別現在的曲柄轉速及行車速度。

Q4：如何讓電動機的旋轉能變成驅動控制線的動力？

A4：將馬達轉軸接一螺旋臂軸使其借以馬達轉動之力扭動，拉、放變速線，達至換檔效果。

Q5：如何讓電腦判別是否為感應元件所送出之信號和雜訊？

A5：這時我們將各個感應元件接上示波器，並且依照各元件的使用方法讀取其信號，如果是電感則將其兩端接上示波器，則曲柄上的磁鐵或是輪圈鋼絲上的磁鐵，經過霍爾元件時會產生一個正弦波，此時可以將資訊輸入電腦，電腦就可以依據其信號和信號之間的時間差計

算出曲柄的轉速或是行車速度這時電腦如果收到其他的信號時也不會影響整個系統的運作。

Q6：市面上腳踏車自動變速裝置以有成品，但與外界相較之下有何優勢與優點？

A6：由於市面上腳踏車自動變速裝置成品過高，因此在市場上占有率不大，本次設計主要考量成本問題，不論再電子零件，機構加工成本上，都以低成本為原則，希望將自動變速普遍推廣於市場，其次，變速器與自行車非為一體，考慮其維修保養等問題，以及可依個人需求個別裝設，增加其方便的多樣性。

Q7：如何解決當數度為檔 1 的最大值與檔 2 的最小值，在這情況容易造成換檔頻繁，使檔位在檔 1、2 之間不停跳動的磁滯重疊。

A7：這個現象會使內部錯判，所以決定使用電阻值作為記號，並利用軸心 300 度的特性，電阻值與軸心旋轉角度成線性關係，以更動軸心來控制所需的電阻值=，只須設定電阻值作為內部的檔位顯示器，

Q8：利用何著機構驅動變速線時，可更為輕便、更為省力。

A8：利用斜面原理，螺旋桿的斜面屬於省力的簡單機械，運用虎鉗的構思，將變速裝置設計成此種螺旋式基座，並於臂軸末端接伺服馬達，借以馬達扭力做為臂軸之動力

柒、結論

『自動變速腳踏車』可以讓這世界更多人願意買腳踏車騎，也讓現在的市場趨勢往環保以及節能減碳的方向發展，使更多人重視騎腳踏車的重要性、便捷性以及節能，帶動整個腳踏車界的一個新潮流，讓腳踏車都能有自動變速的功能，而騎腳踏車做運送的工作也不必再分心換擋，讓全球人更想買自動變速腳踏車的意願，促進經濟成長，也讓整個城市的噪音及污染大幅降低。

在製作以及研究自動變速腳踏車的過程中，學到了感應轉速與車速度的裝置是怎麼傳遞訊號而達成動作的，並且也學到了將腳踏車前齒輪與後齒輪的比例轉換成車速度的算法，讓我們能更進一步的了解腳踏車。

經由結果所呈現出的種種理論、思維和作法，也可以知道世界的進步衍生出不單單只是在生活上的便利，而在便利的背後所隱藏的污染、生態的異變、能源的耗損，因為如此，我們的把構想放到了腳踏車上，在技術上，也許我們只是新手，但想法上，我們從交通以及地形的各個角度去實際了解需要有何改變，而這套「自動變速」是我們想出最好應變各種實際狀況，且符合能源的節省和抑止空氣污染，最理想的系統，這套系統在我們的努力下，做出所需的動作以及想表達出我們的各種想法，當作品完成，進行試車，以 1 檔起步，當踩到 68rpm 時，碼表感應器將回授信號給內部程式，內部程式更改可變電阻軸心角度，再更改電阻值，並回授給程式，程式再驅動伺服馬達升至 2 檔，繼續加速至 71rpm 時，一樣的动作升至 3 檔，以此模式升至 8 檔後，再來緩慢減速，轉速減至 87rpm 時，感應器將回授信號給內部程式，內部程式更改可變電阻軸心角度，再更改電阻值，並回授給程式，程式再驅動伺服馬達降檔，再當轉速減至 72rpm 時，一樣的模式又降到 6 檔，繼續減速，直到回 1 檔。由上述試車結果得知，我們的作品在平地是可行的，但依理論來說，在上坡或逆風的型況下，會較為吃力點，相反的，在下坡或順風的情況下，會造成轉速過高、踩踏效率不好的情形發生。

這次參加科展，我們集思廣義，查閱很多的文獻資料，也從其他各組資料中發現設計上的瑕疵，經過長時間的研究、種種錯誤的反覆校正、查閱及比對之後，從中改善了原查閱資料及想法，讓我們對於製作一樣東西，有更加深刻的邏輯程序。

捌、參考資料及其他

- 一、教育部 低碳節能校園生活報 第 10 期 (2008.11.21)。節能減碳創意賽 太陽能腳踏車受矚目。2010 年 3 月 18 日 引自 <http://www.safelab.edu.tw/65power/epaper10/inside20.htm>
- 二、汪永文、劉啟欣(2009)。電工機械 I。台北市，龍騰文化出版社。
- 三、曾才榮、李敏揚(2007)。基本電學實習 I。台北市，旗立圖書。
- 四、李志文、陳世昌(2005)。電子學 I。台北市，台科大圖書。
- 五、楊仁元、李月娥(2007)。電子電路實習。台北市。龍騰文化出版社。

【評語】 091010

- 1.依移動距離與可變電阻線性關係來調整電子式的換檔動作，本作品具備極高的創意性。
- 2.電路設計略為簡單。
- 3.系統功能無法多元化。
- 4.電子式自動變速換檔系統的成本不見得比機械式手動變速換檔系統便宜。