高雄縣高英高級工商職業學校

Kao Ying Industrial Commercial Vocational High School

專題製作報告

微控制四軸飛行器

科別班級：資 訊 科三年二班

學生姓名：楊 宏 謙（26）

蔡 宗 翰（32）

莊 旻 財（14）

閔 擇（24）

指導老師：簡 琨 祥 老師

中 華 民 國 104 年 05 月

誌　謝

進入高中職業學校開始學習技藝課程，面對一不同的技能專長領域，除了艱辛，更覺漫長。如今，我們小組幸運地已來到了三年級，回頭俯看這一路上的學習歷程，細數點滴。我想，是我們該將每個階段的感動，留下紀錄的時候了。

感謝指導老師也是導師的簡琨祥老師在這三年的高職學習生涯中，引導我們朝最適切的學習方向來邁進，更謝謝老師的指導，讓我們可以重新發現自己長久以來的不足與缺點，學習研究過程中瞭解、信任與師生之間的情感，如此的感受，對我們小組而言，更是彌足珍貴。

感謝這一路地支持、陪伴與協助，再電路的設計、實作與各種在課程方面的許多事物上幫了我們相當多的忙，回想剛入學的我們，在懵懵懂懂的狀態下對很多事務都一竅不通，幸好在大家的協助及打氣，使我們彼此有勇氣開始邁向這未知的學習旅程，而沒中道而止，在心中心存感激的謝謝你們，有這三年的情誼的陪伴，令我們內心感動的言語是無法形容的。

楊宏謙、蔡宗翰、莊旻財、閔擇　謹上　2015/05

四軸飛行器

摘　要

四軸飛行器擁有四個旋翼，屬於多旋翼直升機。四軸飛行器具有四個成對稱分布的旋翼。它通過控制四個旋翼的旋轉速度而非機械結構來實現各種飛行動作。四軸飛行器具有成本低、機體結構簡單、沒有機械架構、飛行穩定性好、重量輕、有利於小型化無人化等特點。因此可以應用再人無法到達的一些複雜環境之中。目前四旋翼飛行器等多旋翼飛行器已經在很多行業比如航空拍攝、搖感勘測、實時監控、軍事偵察、噴洒藥中得到了廣泛的應用，並已經形成了相關產業。四旋翼飛行器具有非線性控制、控制量多、飛行姿態控制過程複雜等特性。本課題基於實現四軸飛行器低成本小型化通用化的思路，通過研究剖析四旋翼飛行器飛行的原理，根據其數學模型和控制系統的功能要求，在 MCU 上實現了四旋翼飛行器的姿態數據的獲取、飛行姿態解算以及飛行姿態控制。

關鍵詞：四旋翼飛行器、姿態控制算法

目　錄

誌謝 ..... Ⅰ
摘要 ..... Ⅱ
目錄 ..... Ⅲ
表目錄 ..... Ⅳ
圖目錄 ..... Ⅴ
壹、前言 1
　一、製作動機 1
　二、製作目的 1
　三、製作架構 1
　四、製作預期成效 3
貳、理論探討 4
參、專題製作 18
　一、設備及器材 18
　二、製作方法與步驟 18
　三、專題製作 20
肆、製作成果 27
伍、結論與建議 29
　一、結論 29
　二、建議 29
參考文獻 30

表目錄

表 2-5-1 控制板輸出(入)表 17
表 3-1-1 專題製作使用儀器（軟體）設備一覽表 18
表 3-3-1 專題製作計畫書 20
表 3-3-2 四軸飛行器之材料表 26

圖目錄 3

圖 2-1-1 馬達內外部構造 6
圖 2-1-2 馬達內部電路 7
圖 2-1-3 馬達輸出示波圖 7
圖 2-1-4 馬達輸出示波圖(一) 8
圖 2-1-5 電子變速器內部構造 9
圖 2-1-6 電子變速器內部構造(一) 9
圖 2-1-7 電子變速器輸出示波圖 10
圖 2-1-8 電子變速器輸出示波圖(一) 10
圖 2-2-1 LED 控制電路原理圖 12
圖 2-2-2 LED 控制流程圖 12
圖 2-2-3 控制代碼 13
圖 3-2-4 控制板介面結構圖 14
圖 3-2-1 製作方法與步驟 19
圖 3-3-1 圖書館專題資料搜尋 21
圖 3-3-2 小組同學進行專題討論 21
圖 3-3-3 參考機體結構(一) 21
圖 3-3-4 參考機體結構(二) 21
圖 3-3-5 查詢製作流程(一) 21
圖 3-3-6 查詢製作流程(二) 21
圖 3-3-7 遙控器實體圖 23
圖 3-3-8 Arduino 之完整電路圖 24
圖 3-3-9 Arduino 之電路板 Layout 圖 25
圖 4-1-1 四軸飛行器製作過程(一) 27
圖 4-1-2 四軸飛行器製作過程(二) 27
圖 4-1-3 四軸飛行器製作過程(三) 27
圖 4-1-4 四軸飛行器製作過程(四) 27
圖 4-1-5 四軸飛行器成品圖(一) 27

圖 4-1-6 四軸飛行器成品圖(二).....27
圖 4-1-7 四軸飛行器成品測試(一).....28
圖 4-1-8 四軸飛行器成品測試(二).....28
圖 4-1-9 四軸飛行器成品測試(三).....28
圖 4-1-10 四軸飛行器成品測試(四).....28
圖 4-1-11 四軸飛行器指導過程(一).....28
圖 4-1-12 四軸飛行器指導過程(二).....28
圖 1 飛行控制板訊號接線.....32
圖 2 接收器訊號接線.....32

壹、前言

一、製作動機

一次在網站上看到各種飛行器的影片，使用者一開始讓四軸直升機起飛，左右旋轉，而最後讓他定高在空中，定高這項功能讓我們為之驚嘆，而後他手拿起四軸飛行器，用力的往上方拋，而四軸飛行器卻沒有任何的異動回到了原本使用者設定的高度，這一個動作吸引了我們。後來他展示出機身的紅外線感測，他能以手勢來控制直升機的方向，進一步能達到避障的效果。以及拿出另外三台四軸飛行器，與原本那一台架起網子，達到運送物資，災區救災，人道救援等目的。

一般飛行載具之研究主要可分為固定翼與旋翼型兩種，固定翼飛行器需要足夠長的跑道與較大的空域才能飛行，不適宜執行短程或是即時性任務；而旋翼機擁有垂直起降、滯空停留，可快速改變飛行姿勢，其高靈活的飛行技巧，是其他飛行機體無法達成。

二、製作目的

目前渦輪動力機因為速度和乘載上的優勢，成為空中運輸的霸主；然而在機動性和對地形的適應力上則無法跟「四軸飛行器」相提並論。話雖如此，四軸若真的運用在生活上，其耗費的動力及操作上的困難讓發展受到限制，不過在各種輔助人們工作和娛樂方面，他可是令人耳目一新並具有研究價值的小玩具！然而最為重要的一環就是「飛行系統」。

本專題的主要目的為在單晶片上建立可測得載體當下姿態角度的姿態系統，並透過 PID 控制起在四軸飛行器上實現自主平衡及懸停的功能。

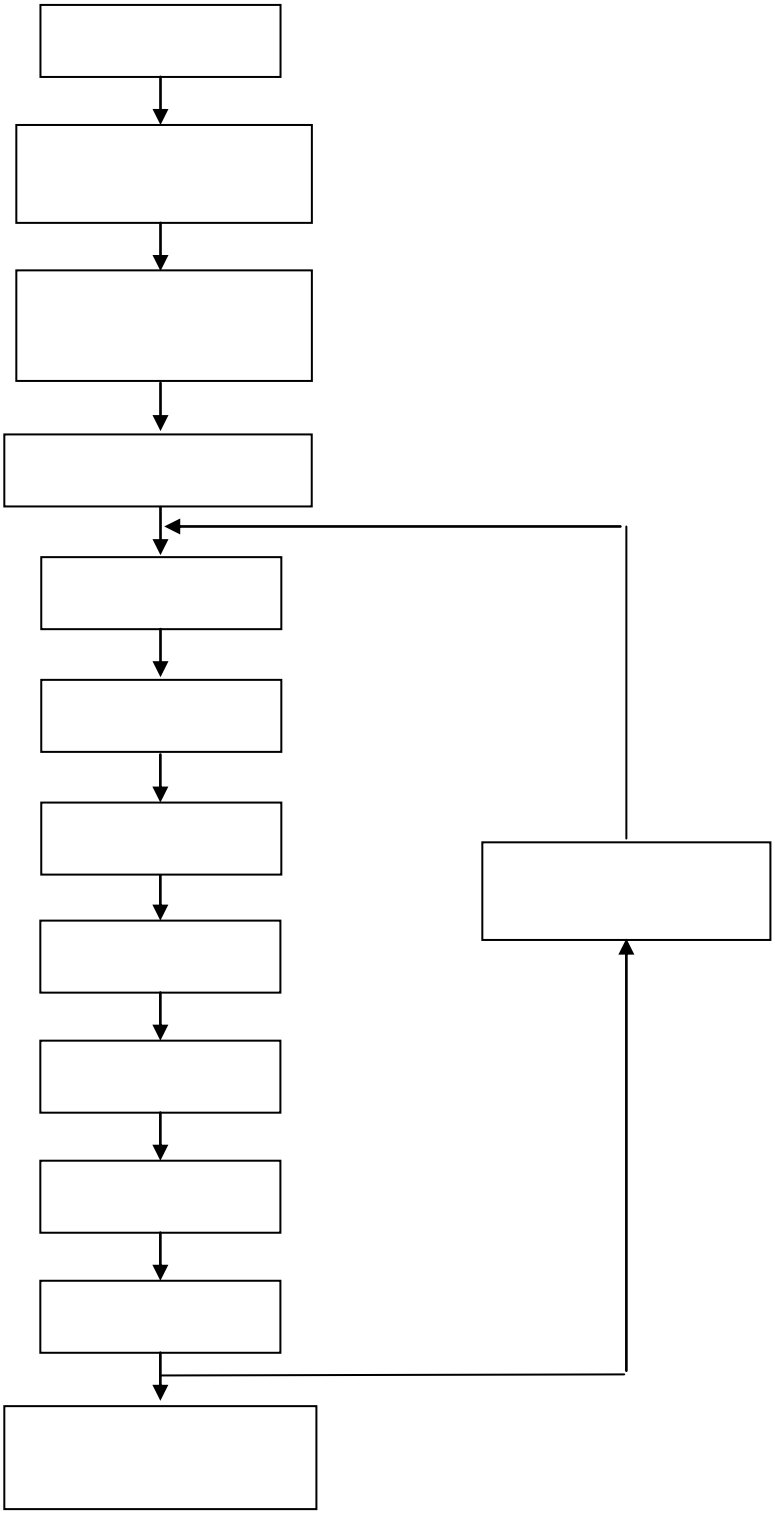
三、製作架構

(一)專題製作流程

我們小組成員確定後，即開始進行報告資料整理、詢問相關的專業任課教師，經小組一再地問題討論及溝通後，訂下了此次專題製作的題目。題目確定後，我們小組便開始構思如何去完成四軸飛行器這份成品，首先，找出機體的基本架構與晶片控制、微處理器等相關資訊，在經過各類資訊的探討，我們小組開始進行四軸飛行器機體的製作，在程式方面則是

開始進行撰寫測試；在整個專題應用過程中，如發現錯誤，即會與相關教師進行討論，想辦法如何去補救，且了解程式是否能夠運用自如。

(二)專題製作流程圖



四、製作預期成效

我們小組雖是第一次進行合作製作專題-四軸飛行器，雖擔心可能會無法成功，但有老師的協助及同學們的相互幫助，及辛苦製作的流程，亦希望我們的辛苦能獲得回饋及代價；為此，我們小組將專題製作的成效經討論後，定義為：

(一) 透過四軸飛行器，可以在高空中定點飛行。

(二) 程式在更改時，不要出現錯誤。

(三) 當飛行器完成後，可以透過自己的設計，輸入正確的航向後即可飛行。

(四) 在程式錯誤時，可進行修改；程式正確後，可立即飛行。

(五) 希望將四軸飛行器能引用在其他的生活事物上。

(六) 加裝 LED，在暗處飛行，能夠準確的辨識方位。

(七) 透過拍攝器訊號的傳遞能夠看到高空中的場景。

貳、理論探討

本章將綜覽電子實習及飛控板相關的理論與實務研究，共分為二節來進行相關的理論分析及探討。第一節介紹電子相關零組件的理論與原理；第二節說明飛控板的內部架構、特性、理論基礎及功能。

一、電子相關零組件

(一) 鋰電池

電池的功能在於把活性物質中的化學能，經由電化學反應轉換成電能。拉克蘭奇(Le Clanche)在 1860 年首先以鋅汞合金為陽極接於負端，以塗在炭棒上的二氧化錳為陰極接於正端，並以氯化銨溶液為電解液，製成了第一個實用的電池，俗稱拉克蘭奇電池 (Leclanche cell)。一百多年後的今天，使用最多最普遍的仍然是同樣原理的拉氏乾電池。

隨著科技的進展，電子儀器、武器系統、太空探險等的發展都朝著更精細及超高功能的方向猛進，系統負責人絕對不希望昂貴的設備因為使用便宜的電池而失效，也不會希望電池占去太多的寶貴空間及重量。因此尋找單位體積或單位重量具有高能量密度的電池就成為必然的趨勢，而高放電電流密度也是需求目標之 一，鋰電池的研發也因應而生。

經過 30 年來的努力，鋰電池研發成果已經相當輝煌，由早期不可充電的一次電池發展到已經商業化可充放電的二次鋰電池，甚至往大動力的電動車研發。由於鋰電池的發展有如電子產業般日新月異，本文僅就鋰電池的基本原理加以討論。

所謂鋰電池，實際上包括了所有以鋰或其合金為負極的一系列電池系統，種類非常繁多，它們的主要優點包括：電壓高—未通電流時的開路電壓可高達 3.9V，放電時則在 3.0V 左右，是傳統乾電池的 2 倍；能量密度高—金屬鋰質輕、電壓高，通常有乾電池 2~3 倍的能量；適用溫度範圍廣—不使用水溶液，電解液的溫度範圍很寬廣，攝氏－40~70 度都可以放電；功率高—鋰高溫電池可以高達每平方公分 1 安培的超高電流密度放電；儲存壽命長—由於化學特性及密封需求，壽限都在 5 至 10 年或更長。

(二) 馬達與電子變速器

直流無刷馬達運用非常廣泛，如大家常使用的 CD ROM 等光碟機、硬碟機等，內部使用的即是無刷馬達，另外用於日常生活中的冷氣機，也有使用無刷馬達，連 CPU 上的風扇也是一種無刷馬達。

無刷馬達在理論是不會損壞的，唯一會壞的地方，就在於軸承的培林，因為它沒有碳刷，培林是唯一轉動時接觸的地方，所以他的可靠度也提高，也不會有火花出現，效率也比碳刷馬達來的好，同馬力輸出的直流馬達，無刷馬達約為碳刷馬達的 1/2 體積。

無刷馬達可以分為外轉子與內轉子 2 種，他的原理都相同，外轉子是線圈在內，永磁的轉子在外側，由一個轉穀固定住這些磁鐵，經由改變線圈通電的方向，產生磁場，來推動磁鐵轉子，內轉子則是線圈在外側，永磁轉子在內側，也是經由改變線圈通電的方向，產生磁場，來推動磁鐵轉子，所以原理相同。

外轉無刷馬達又因線圈及矽鋼片匝數的不同，又分為 3 匝、6 匝、9 匝、12 匝、15 匝、18 匝等，配合不同的磁鐵極數，如，做成如 3 匝二極、12 匝八極等之分，如此份網路上所找到的文件，就有詳細解說，只是在於繞線線圈及匝數的變化，及磁鐵排列上的差異，原理也是相同，另外則又區分為有感應式無刷及無感應式無刷馬達，這二種分別，主要差別在於有感應式無刷馬達，內部會裝在霍爾感應器，用來感測馬達轉子的位置，用來控制馬達轉動，而無感應式無刷，則內部無霍爾感應器，是採用另一種方式，來感測轉子位置，以控制馬達轉動。

底下就是一個典型的外轉子無刷馬達(12 匝 8 極)，因小弟目前手上沒有內轉子 BLDC，所以無法提供圖片供各位參考。

圖 2-1-1 馬達內外部構造

雖然現在有很多 MCU or DSP、DSC 的運用，都有針對 BLDC 這部分，推出了 APPS. NOTE 及發展工具，但不會 MCU、DSP，量測各種訊號，來分析他的運作原理了!

無刷馬達要讓他能夠轉動，不像有刷直流馬達這麼簡單，只要加上正負電源，他就會轉動，而必需要有一個控制器，因為直流無刷馬達，有點像是交流三向馬達一樣，必需由三條線圈，依序送入正負電源，及各相差 60 度角，一個循環共有 6 個步驟，所以又稱為六步方波，他的主要驅動線路如下圖(圖 2-1-2)表示，A、B、C 分別為馬達的三條電源線，由至少 6 個 MOSFET 做成的開關，控制 A、B、C 一點何時要接到 B+，何時要接到 B-，何時不導通，另外無感應式的無刷馬達，也靠 A、B、C 一點的回饋，讓控制器知道目前轉子的相位，以送出讓馬達轉動的相對應訊號。

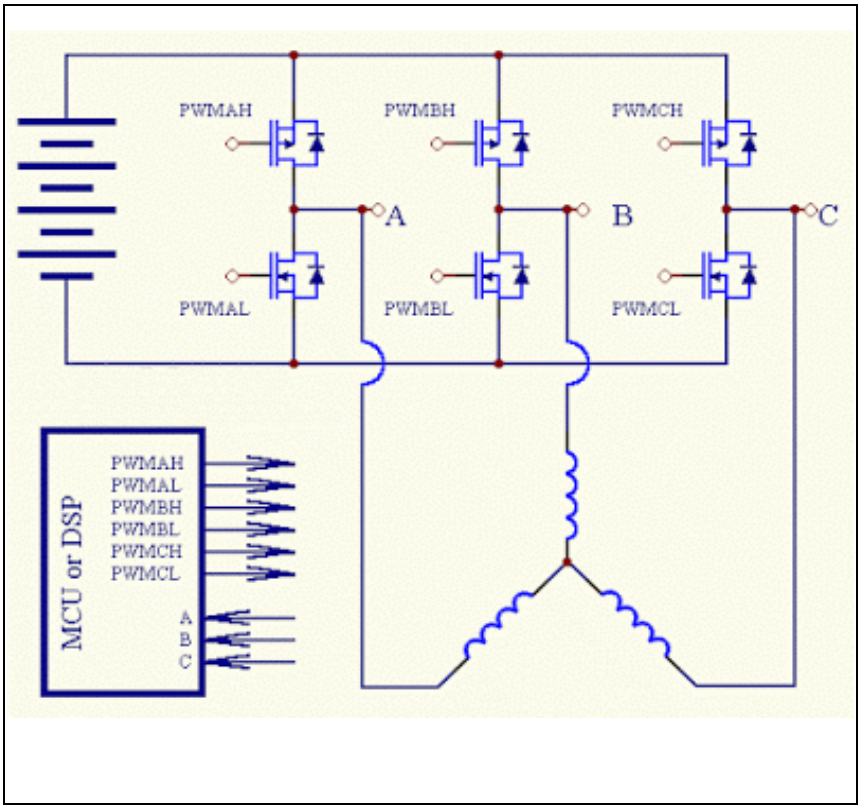


圖 2-1-2 馬達內部電路

下圖為(圖 2-1-3)示波器量測 A、B、C 三點，對電源負端的波形圖，這是在 100%的 duty(功率)下的波形，馬達全速運轉，可以看出各差了 60 度的向位，而三條電源線之間，同時只有 2 條通電，另一條沒通電則可以做為向位檢出用。

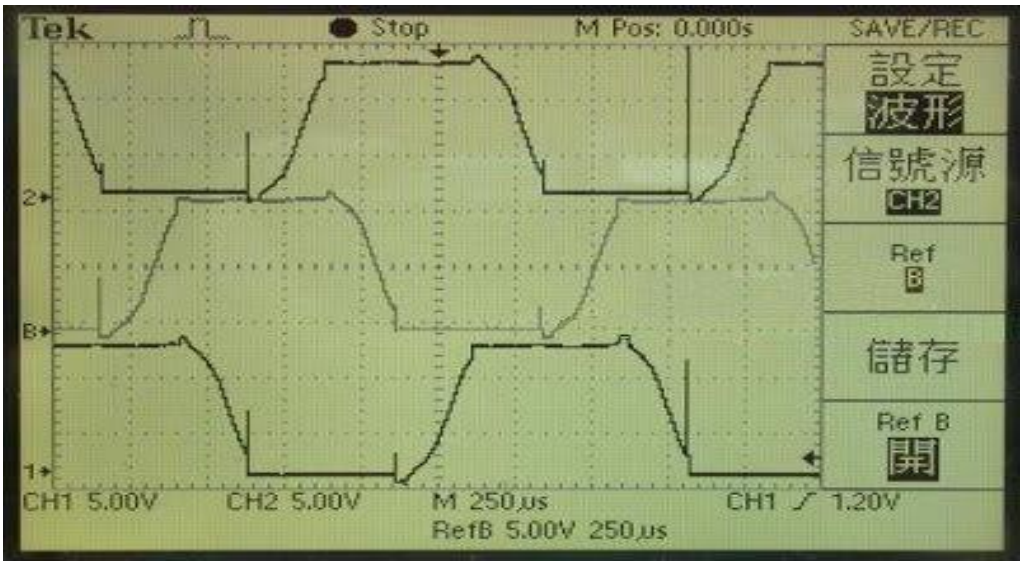


圖 2-1-3 馬達輸出示波圖

下圖是轉速較慢時的波形，各位可以看到最底下的那波形，呈 Hi-LOW-HI-LOW 快速的切換，做 PWM 控制，讓馬達轉速較慢。

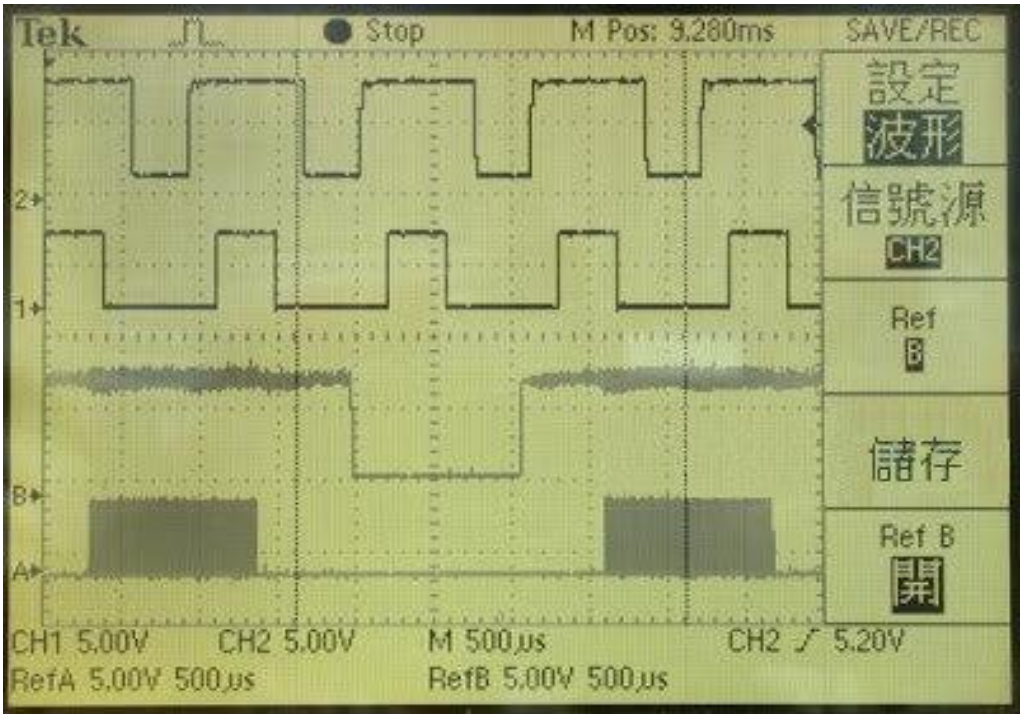


圖 2-1-4 馬達輸出示波圖(一)

因為馬達轉速的改變，所以相位檢出也著馬達轉速的快慢而不同，必需去調整控制訊號輸出的頻率，以和馬達的運轉同步，這樣才能順利的讓馬達運轉，所以當馬達轉速越快時，向位同步也要能跟上，不然就會影響馬達的運轉。

如圖 2-1-5 為市售無刷馬達控制器的外觀，一般稱為電子調速器，或電子變速器，或電子調節器等，就是用來控制馬達轉速快慢的東西啦，他的規格主要有最大耐壓及最大耐電流，這個規格，主要是由上面的 MOSFET 所限制，就是圖中(圖 2-1-5)那 12 顆 IC，耐壓受 MOSFET 的 VDS 最大承受電壓限制，一般常用的是 30V，而電流則是 MOSFET 本身能承受的最大電流，超過電壓及電流規格的話，可能使物理特性被破壞，另外因 MOSFET 會有 NO 的阻抗，所以電子變速器的 MOSFET 選用，就非常的重要！一般都選用 RDSON 最低的規格來使用，且切換速度要非常的快，這也使成本提高，這也是沒辦法的事！因 RDSON 值越大，當電流流過時，會產生熱，且造成壓降，使效率降低，高溫會使 MOSFET 的內阻更大，形

成熱暴走，如果電變沒有過載過溫保護的話，最後會整個燒掉，所以，可能的話，加大散熱片是比較好的!

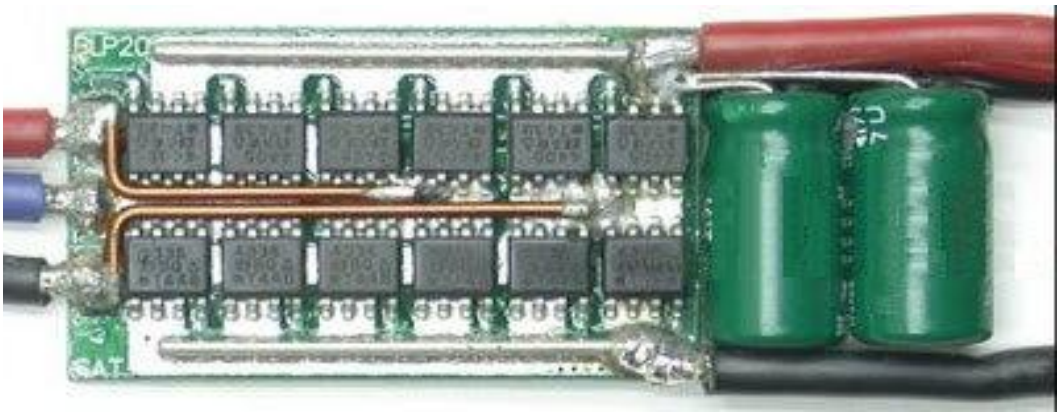


圖 2-1-5 電子變速器內部構造

如圖 2-1-6 右邊 2 顆穩壓器，是做為 BEC 電源，給伺服機用的，2 個並聯可以提供 2A 的電流，當然，這是類比式的穩壓器，如果輸入電壓太高的話，可使用的輸出瓦數就得降低，免得造成過熱保護，IC 會切掉輸出，而中間的那顆四方形的 IC，就是心臟部位，MCU，負責做所有的控制，包含輸入訊號及驅動馬達的工作，都由他來做。

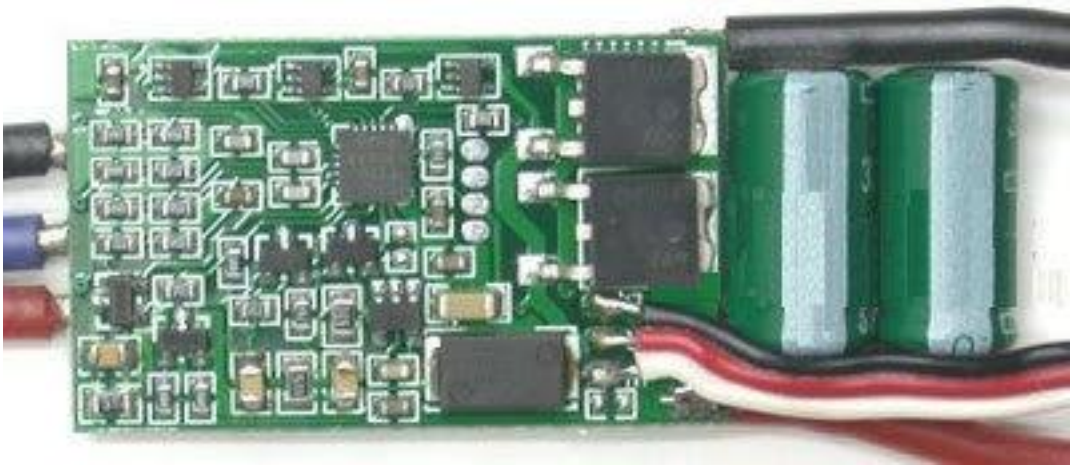


圖 2-1-6 電子變速器內部構造(一)

底下二張圖面(圖 2-1-7、圖 2-1-8)，則是分別測量 P-CH MOSFET 及 N-CH MOSFET 的 GATE 閘的訊號，給各位參考。

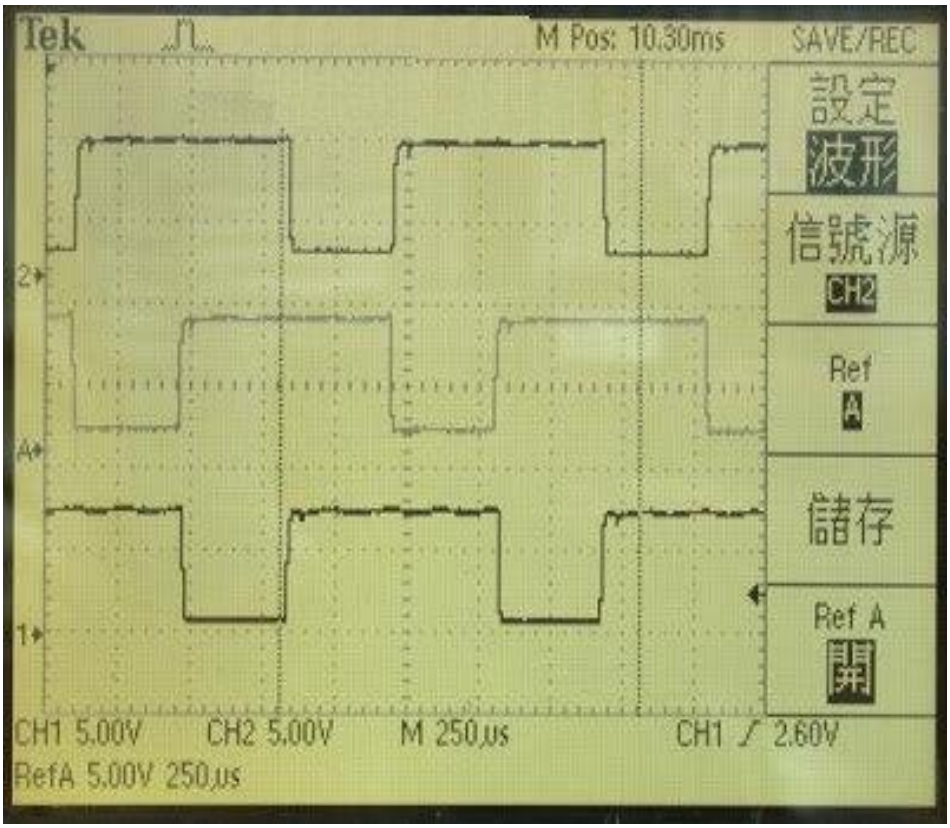


圖 2-1-7 電子變速器輸出示波圖

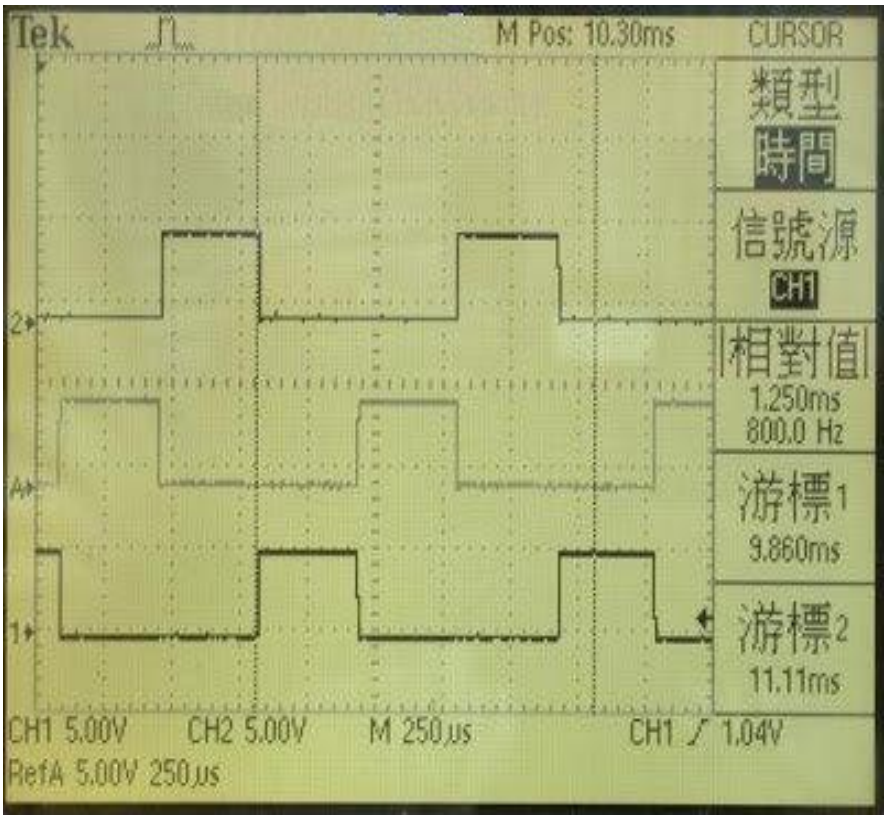


圖 2-1-8 電子變速器輸出示波圖(一)

二、控制板 Arduino

(一) 控制板Arduino的簡介

這是個智慧型手機流行的年代，大家一定都聽過Android，但對於Anduinot卻充滿了陌生感。和Android相同的地方在於，兩者皆是使用開放原始碼的軟硬體平台。不同的是，Arduino提供了簡單好用的I/O介面，並具可使用類似於Java、C語言等高階語言的開發環境。

Arduino是一種開放授權的互動環境開發技術，互動裝置其實無所不在，像是冷氣的恆溫裝置，便是使用感測器偵測環境溫度，進行室內溫度的自動調節；還有汽車使用的倒車雷達，過於靠近物體便會發出聲音警告駕駛者。這些裝置為生活增加不少安全及便利，互動能帶給使用者驚喜，有時會以藝術品的方式呈現在生活當中。

以往要處理相關的電子設備時，需要透過工程師，逐一由單一小元件拼湊出整個電路。大多數的設計工具都是為了工程師設計，除了電路外還需要廣泛的知識，才有辦法完成電路。還好微處理器有了長足的進步，除了在使用上變得更為容易，價格上的減少更降低了學習的門檻。

(二) 控制板 Arduino 的應用範圍

Arduino系統在電子設計等方面應用較多，本文以簡單的LED控制為例，說明Arduino系統的使用。

LED控制系統中，採用開關S控制LED的亮滅，設開關S閉合時，LED發光，S斷開時，LED熄滅。因此，系統設計時採用数字输入／输出口兩個引腳分別進行LED和S開關的連接，電路如圖2-2-1所示。

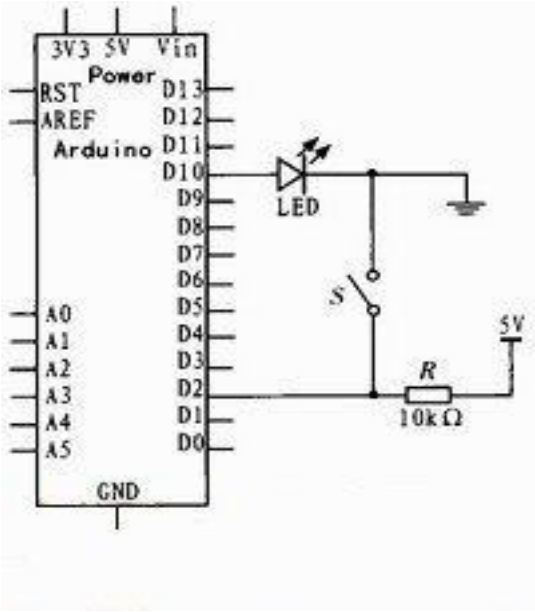


圖2-2-1 LED控制電路原理圖

Arduino語言是建立在C／C++基礎上的，其實也就是基礎的C語言，Arduno語言將AVR單片機(微控制器)相關的一些參數設置模塊化，包括EEPROM、乙太網、LED矩陣、舵機、步進和TWI／I2C控制程式庫，不要用戶直接處理底層系統，可以提高應用程式的開發效率。流程如圖3所示。

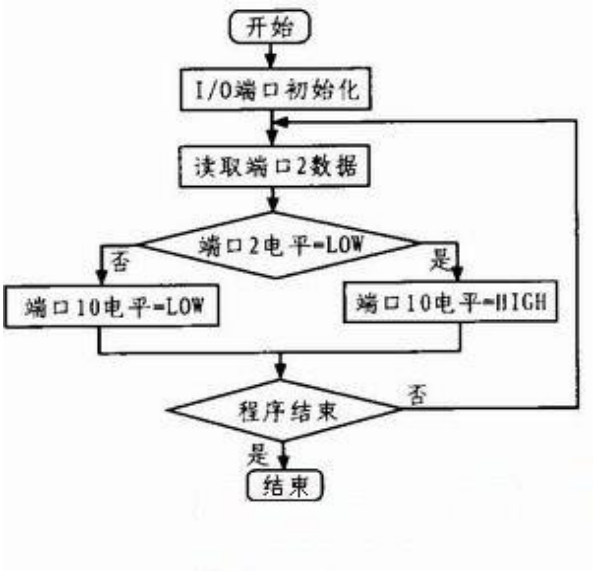


圖2-2-2 LED控制流程圖

Arduino語言是以setup()開頭，loop()作為主體的一個程式 setup()用來初始化變數、管腳模式、調用庫函數等等，該函數只運一次，功能類似C語言中的“main()”。loop()函數是一個迴圈函數二次，函數內的語句周而復始的迴圈執行。設通過D10引腳控制LED，三次，引腳連接控制開關S，主要代碼如下：

```
void setup()
{
pinMode(2,INPUT):
    pinMode(10,OUTPUT):
}
void loop()
{
val = digitalRead(2):
if (val = HICH)
   digital write(10, LOW)
```

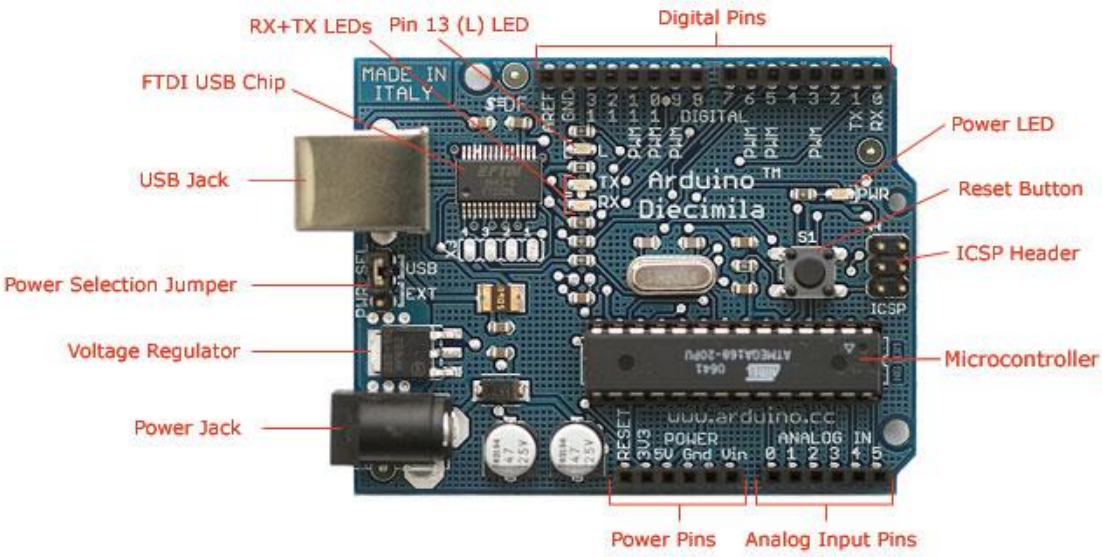
圖2-2-3 控制代碼

etup函數中，pinMode函數是數位I／O口輸入輸出定義函數，可定Arduino上0～13口的輸入輸出狀態，INPUT和OUTPUT分別表示輸出輸出模式。loop函數中，digitalRead為數位I／O口讀取電電平值函數，digitalWrite為數位I／O口輸出電平定義函數。本例中在setup函中，將埠2定義為數位信號輸入埠，將埠10定義為數位信號輸埠；在函數loop中，首先讀入埠2的電平信號，然後依據該埠平值的高低，設置輸出埠10的電平值。

將編寫好的控制代碼通過Arduino的IDE上傳到控制板之後，關閉或者打開開關S，便會觀察到LED的亮滅情況。

(三) 控制板硬體結構

Arduino 系统針對不同的應用環境還開發了不同的版本，文中以”Arduino Duemilanove”版本為例介绍，該版本于 2009 年開發，基于 ATm ega328 微控制器板，能自動選擇何種供電，直接將它用 USB 線連上計算機或者用一個電源適配器给它供電，就可以開始使用。Arduino Duemilanove 的外部结構如圖 1 所示。



Photograph by SparkFun Electronics. Used under the Creative Commons Attribution Share-Alike 3.0 license.

圖 2-2-4 控制板介面結構圖

(1) 1 個 9V DC 輸入，為 Arduino 板提供外部電源輸出，使 Arduino 控制板具有能夠驅動舵機等大功率外部設備的能力。

(2) 1 個 USB 口，通過該口連接到電腦，由 Arduino 的 IDE 將用戶編寫好的控制程式上傳到控制板中，同時還可以通過該口為電路板供電，驅動小功率的外部設備。

(3) 14 個數位輸入／輸出端，其中埠 0(RX)和 1(TX)分別連接主控晶片的串列引腳，用來接收和發送 TTL 串列資料。其中埠 2、3 可以接收外部信號，實現外部中斷功能；埠 3、5、6、9、10、11 作為 PWM 埠，可用於電機 PWM 調速[5]或音樂播放；埠 10(SS)、11(MOSI)、12(MISO)和 13(SCK)在 SPI 模組庫的支援下，可以提供 SPI 通信模式；埠 13 內部連接了一個 LED 指示燈，隨著 13 腳上電平的高低變化，實現開啟和關閉。

(4) 6 個模擬輸入／輸出端，其中埠 4(SDA)和埠 5(SCL)埠可以實現 I2C 通信。

(5) 1 個 5 V DC 輸出和 1 個 3．3 V DC 輸出，可為其他電路提高 3．3V 和 5V 直流電源。

(6) 1 個重定介面。

Arduino 系統是基於單片機開發的，並且大量應用通用和標準的電子元器件，包括硬體和軟體在內的整個設計，代碼均採用開源方式發佈，因此採購的成本較低，在各種電子製作競賽、電子藝術品創意設計等越來越多地使用 Arduino 作為開發平臺。

(四) Arduino 特性

開放源碼(open-source)。不僅軟體是開放源碼，硬體也是開放的。軟體的開發環境可在網上免費下載，而 Arduino 的電路設計圖也可從官方網站自行下載，依據自身之需求進行修，但須要符合創用 CC 授權條款(創用 CC 授權條款)。

開發簡單，參考資料多。在以往的硬體環境中，要開發微控制器的程式，開發者需要具備電子、電機及相關科系的背景，一般人需花費大量時間能有機會進入這個開發環境中。Arduino 學習門檻較為簡單，不需要電子電機相關科系的背景，也可以很容易學會 Arduino 相關互動裝置的開發。由於 Arduino 以公開共用為基礎，多數人都樂於分享自己的的創品，網路上能找的創作案子非常豐富。以此會基礎，有時只需要參考分享者的作品，依據自身的需求行調整，就可以在短時間內完成自己的創作。

Arduino 在開發之初，就明確了其應用環境，設計了開源開放的平臺，便於對其進行二次開發。Arduino 的主要功能特點如下：

(1) 開放源代碼的電路圖設計。程式開發介面免費下載，也可依需求自己修改。

(2) 使用低價格的微處理控製器(ATmega8 或 ATmega128)。可以採用 USB 接口供電，不需外接電源，也可以使用外部 9VDC 輸入。

(3) 支持 ISP 線上燒入器，將 Bootloader 固件燒入晶片。Arduino 控製器內帶 Bootloader 程式，是係統上電後運行的第一段代碼，就好比 PC 機 BIOS 中的程式，啟動就進行自檢，配置埠等等，當然，單片機是靠燒寫熔絲位來設定上電從 boot 區啟動的，

使用這個程式就可以直接把從串口發來的程式存放到 flash 區中。所以，使用 Arduino 編譯環境下載程式時，就先讓單片機複位元，啟動 Boodoader 程式引導串口發過來的程式順利寫入 flash 區中，flash 可以重複燒寫，因此想更新軟件非常方便。有了 Bootloader 之後，可以通過串口或者 USB to RS232 線更新固件。

(4) 可依據官方提供的 PCB 和 SCH 電路圖，簡化 Arduino 模組，完成獨立運作的微處理控製。

(5) 可簡單地與傳感器，各式各樣的電子元件連接，如紅外線、超音波、熱敏電阻、光敏電阻、伺服馬達等。

(6) 支援多樣的互動程式，如 Flash，Max／MSP，VVVV，PureData，C，Processin 等。使用低價格的微處理控製器。

(7) 應用方麵，利用 hrduino，突破以往隻能使用鼠標、鍵盤、CCD 等輸入的裝置的互動內容，可以更簡單地達成單人或多人遊戲互動。Ard uino 的功能特點，使其得到了越來越廣泛的應用。

(五) 控制板的接腳

Arduino 微處理機控制板採用 Atmel Atmega8-16PI/PU 單晶片作為系統核心， 可透過 USB 接頭與個人電腦連接，作為程式傳輸以及供電之用，透過 DC IN 接 頭可外接 5V~12V DC 輸入來供電，提供 Arduino 獨立運作所需之電源，而透過電 源輸出接孔則可提供 5V 的電源輸出，用以驅動週邊電子元件。 在控制訊號輸出入方面，Arduino 微處理機控制板提供了數位訊號及類比訊 號的輸出入接腳，作為與週邊電子元件傳輸及接收訊號的管道。

- 數位輸出/輸入接腳(Digital I/O pins)

位於板子上方的 Digital 區，共有接腳 0-13 等 14 個接腳可供使用，可透過程式設定各個接腳是用於輸出或是輸入。

- 類比輸入接腳(analogue In pins)

位於板子下方的 Analog In 區，共有接腳 A0-A5 等 6 個接腳可供使用，用以讀取各種類比輸入裝置(如光源感測器等)的輸入訊號，並將之

轉換為 0 至 1023 的數值，供後續程式控制使用。

- 類比輸出接腳(analogue Out pins)

板子上方的 Digital 區中的 9、10、11 等 3 個接腳，可經由程式的指定，變更形態為類比輸出，可輸出介於 0-255 的類比訊號。

數位 I/O 接腳:

14 支數位 I/O 接腳 可以當作 input 使用，也可以當作 output 使用，使用方法是透過 pinMode(), digitalWrite(), anddigitalRead() 這幾個函式。這 14 支數位 I/O 接腳，其中幾支腳有特殊的功能:

表 2-5-1 控制板輸出(入)表

Serial 通訊	0(RX)和 1(TX)這兩支腳。用來接收(RX)與傳輸(TX)TTL 訊號的序列資料。這兩支腳也連接到 USBConverter 晶片中。
外部中斷	2 和 3 這兩支腳。這兩支腳可以利用外部事件觸發中斷。詳細內容請參考 attachInterrupt() 函式。
PWM	3,5,6,9,10 和 11 共六支腳。透過 analogWrite()函式可以提供 8-bit PWM 輸出。
SPI	10(SS),11(MOSI),12(MISO) 和 13(SCK)這四支腳。這四支腳搭配 SPI Library 可提供 SPI 序列通訊。
LED	13。內建一顆 LED，當 pin 腳為 HIGH 時，LED 打開，當 pin 腳為 LOW 時，LED 關閉。

參、專題製作

此章共分為三節依序說明本專題所應用到之設備及器材、製作方法與步驟及專題製作等。

一、設備及器材

表 3-1-1 專題製作使用儀器（軟體）設備一覽表

儀器（軟體） 設 備 名 稱	應 用 說 明
個人電腦	專題報告、程式製作及進行專題成品運轉測試
數位相機	拍攝小組合作過程、專題功能使用及紀錄整個專題製作流程
雷射印表機	列印專題資料、圖片及專題報告成果
三用電錶	測量零件有無損壞及專題電路板各信號之量測
鋰電池	提供專題成品所需之電源
Microsoft Office Word	專題報告、製作過程的撰寫
Microsoft Office Power Point	進行口頭報告、製作及專題成品報告呈現

二、製作方法與步驟

本專題研究採用的是行動研究法，主要是由循環的研究歷程所構成，包括準備、實驗教學、電路資料分析及報告撰寫等階段。本研究之製作方法與步驟，如圖 3-2-1 所示。

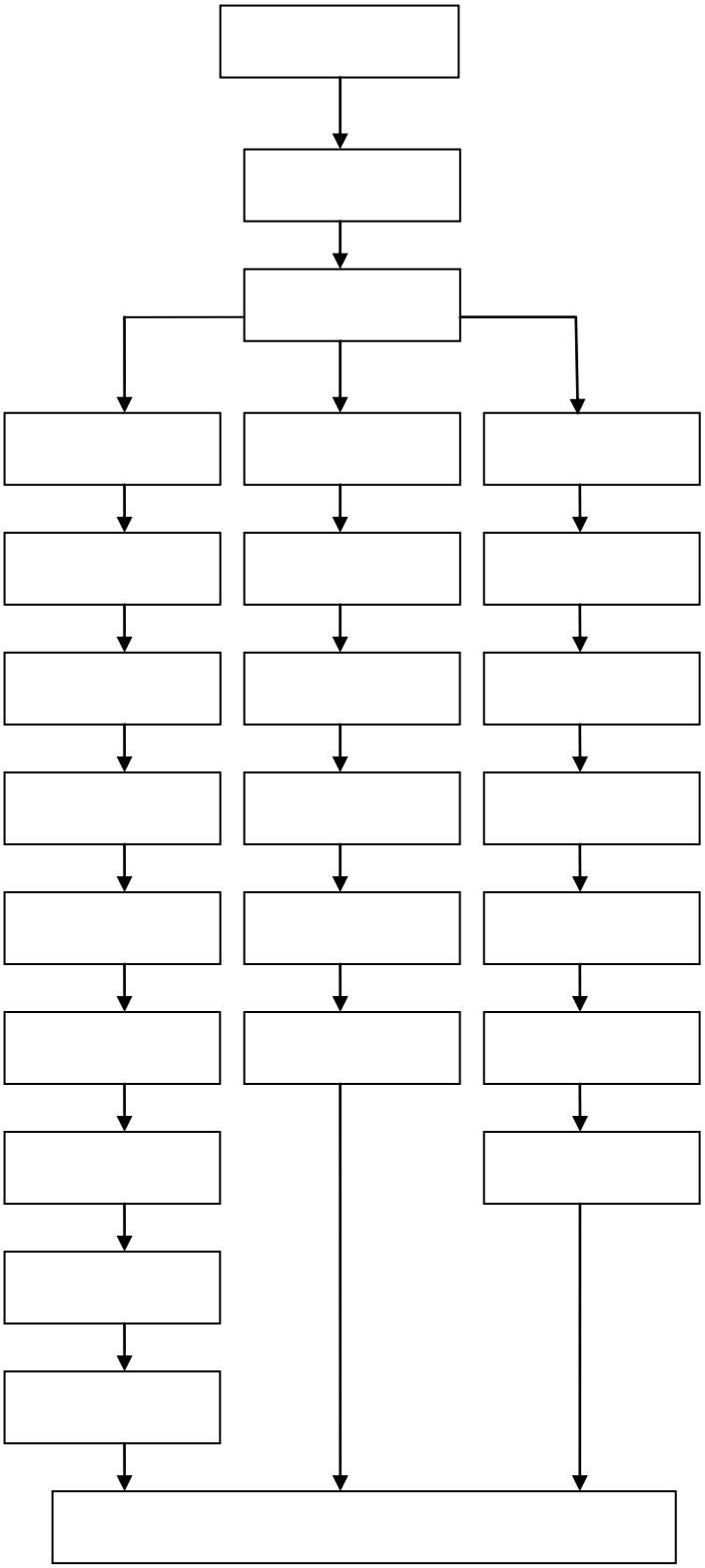


圖 3-2-1　製作方法與步驟

三、專題製作

表 3-3-1 專題製作計畫書

<table>
<tr><td colspan="2">專題型別</td><td colspan="2">☐ 個人型專題　　☑ 團隊型專題</td></tr>
<tr><td colspan="2">專題性質</td><td colspan="2">實驗研究型</td></tr>
<tr><td colspan="2">科別／年級</td><td colspan="2">資訊 科 三 年級</td></tr>
<tr><td rowspan="2">專題名稱</td><td>中文名稱</td><td colspan="2">四軸飛行器-以飛控板 Arduino IDE 製作為例</td></tr>
<tr><td>英文名稱</td><td colspan="2">Quadrocopter: To flight control board Arduino IDE</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="10">專題內容簡述</td><td colspan="2">本篇研究旨在透過飛控板 Arduino 的學習，了解飛控</td></tr>
<tr><td colspan="2">板的功能及使用方法，且經由實際製作 IDE 程式的過程</td></tr>
<tr><td colspan="2">中去對飛控板運作有更深入的了解。會想製作四軸飛行器</td></tr>
<tr><td colspan="2">，是因為可以在至高點定高，且飛行時，可以利用航拍器</td></tr>
<tr><td colspan="2">再高空中進行拍攝，也可以承載物品；故想要藉由設計一</td></tr>
<tr><td colspan="2">四軸飛行器，配合 IDE 程式去達到在高空中定高之狀態；</td></tr>
<tr><td colspan="2">故現行之小組專題製作的目標即是想透過 Arduino 的學習，</td></tr>
<tr><td colspan="2">去製作一台可以不用遙控器就可以在高空中定點飛行，以</td></tr>
<tr><td colspan="2">達到科技與樂趣相結合的目的。</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">指導老師姓名</td><td colspan="2">簡琨祥 老師</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">參與同學姓名</td><td>楊宏謙(資訊 3-2)</td><td>蔡宗翰(資訊 3-2)</td></tr>
<tr><td>莊旻財(資訊 3-2)</td><td>閔擇(資訊 3-2)</td></tr>
<tr><td colspan="2">專題執行日期</td><td colspan="2">103 年 9 月　日至 104 年 5 月　日</td></tr>
</table>

圖 3-3-1 專題資料搜尋

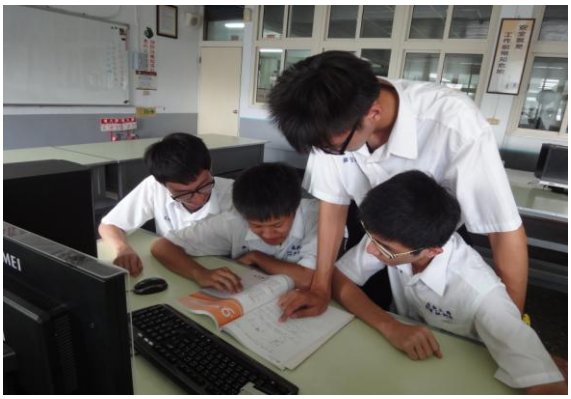


圖 3-3-2 小組同學進行專題討論

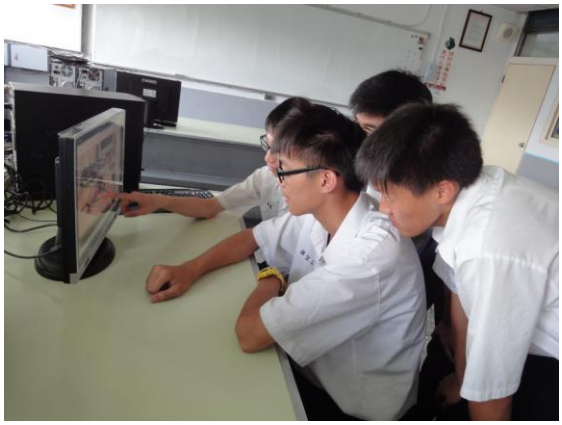


圖 3-3-3 參考機體結構(一)

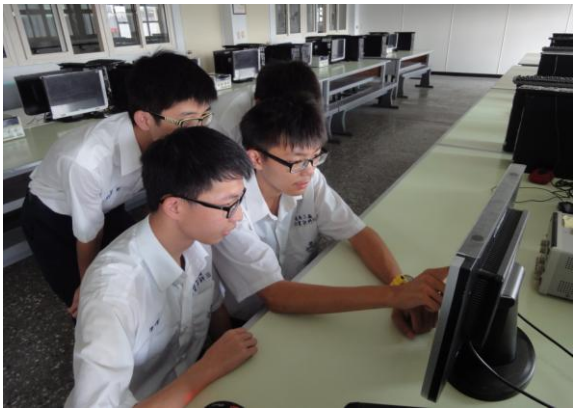


圖 3-3-4 參考機體結構(二)

圖 3-3-5 查詢製作流程(一)

圖 3-3-6 查詢製作流程(二)

(一) 四軸飛行器功能及設定

透過專題製作，去了解如何運用 Arduino 在自動控制上，當在使用四軸飛行器時，能進行空中的飛行，且經由透過程式碼，來更改飛行方式，使四軸飛行器有多樣化的表示方法；初始，四軸飛行器送電時，在飛控板上會有三種顏色顯示，而開機完成是顯示綠燈。

專題內容是由 Arduino 為基本的中心電路架構，其功能、設定為：

1.四軸飛行器調校設定：

(1) 送電時，先把一顆馬達的訊號線接到接收機。

(2) 這時在通電的狀態下，透過圖 3-3-7 圖中的油門遙桿(2.)來進行確認馬達的轉向與轉速，必須四顆都有做到這個動作。

(3) 測試完成後，把四顆馬達的訊號線在接上飛行控制板，並且接上電源。

(4) 在通電的同時，圖 3-3-7 裡的油門搖桿(2.)推到最高，可校正四顆馬達輸出的轉速。

(5) 校正完之後把圖 3-3-7 裡的油門遙桿(2.)推到最底，並把油門往右下角推後解鎖，便可開始飛行。

2.飛行控制器操作：

1. 天線
2. 升降及尾舵操作桿(模式 2)/油門及副翼操縱桿(模式 1)
3. 油門微調(模式 2)/油門微調(模式 1)
4. 電源開關
5. 油門微調(模式 1)/油門微調(模式 2)
6. 升降及尾舵操作桿(模式 1)/油門及副翼操縱桿(模式 2)
7. 訊號輸出調整
8. 尾翼微調
9. 副翼微調

圖 3-3-7 遙控器實體圖

(二) 硬體電路圖:Arduino

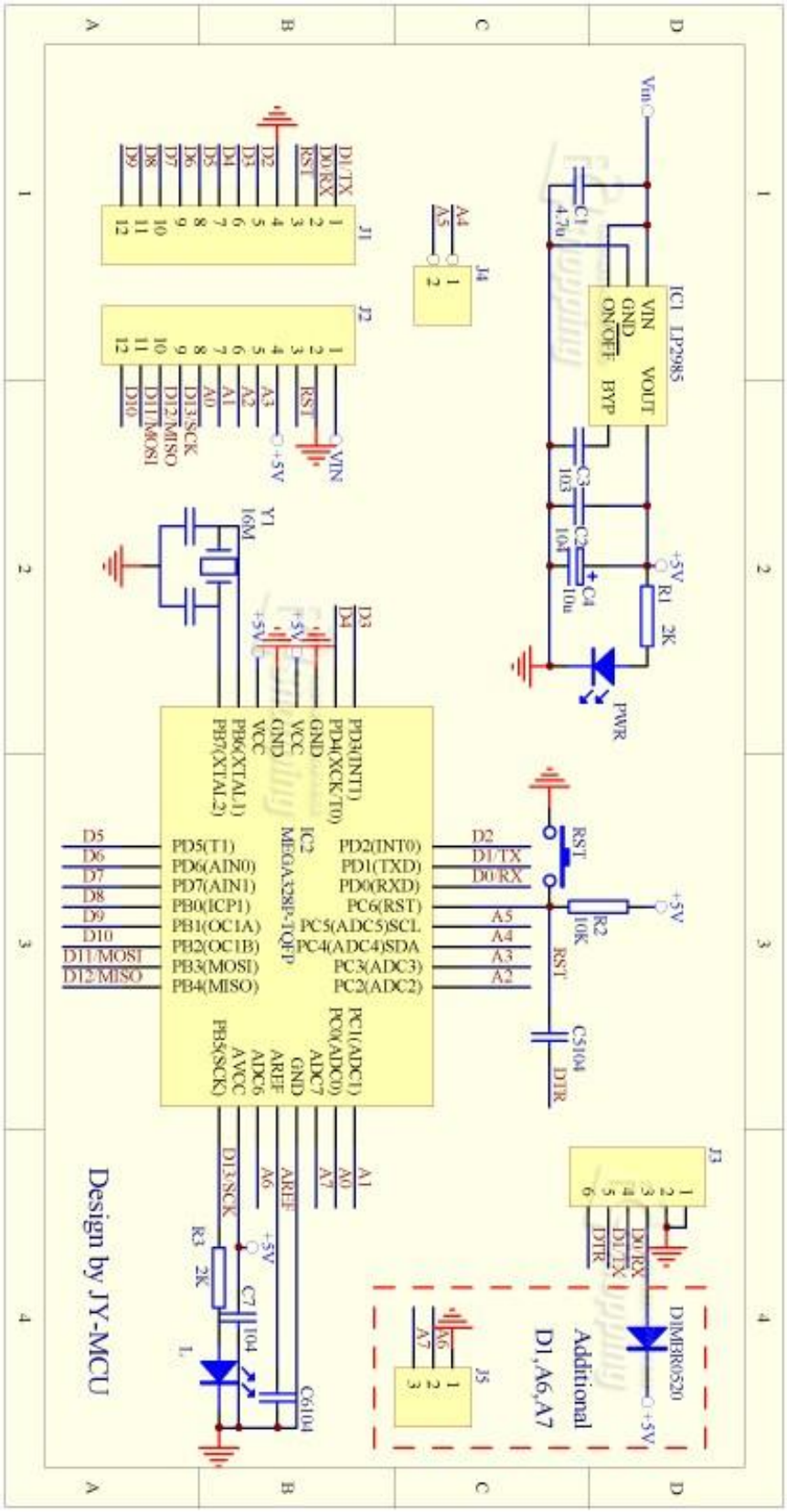


圖 3-3-8　Arduino 之完整電路圖

(三) Arduino 之電路板 Layout 圖及材料表：

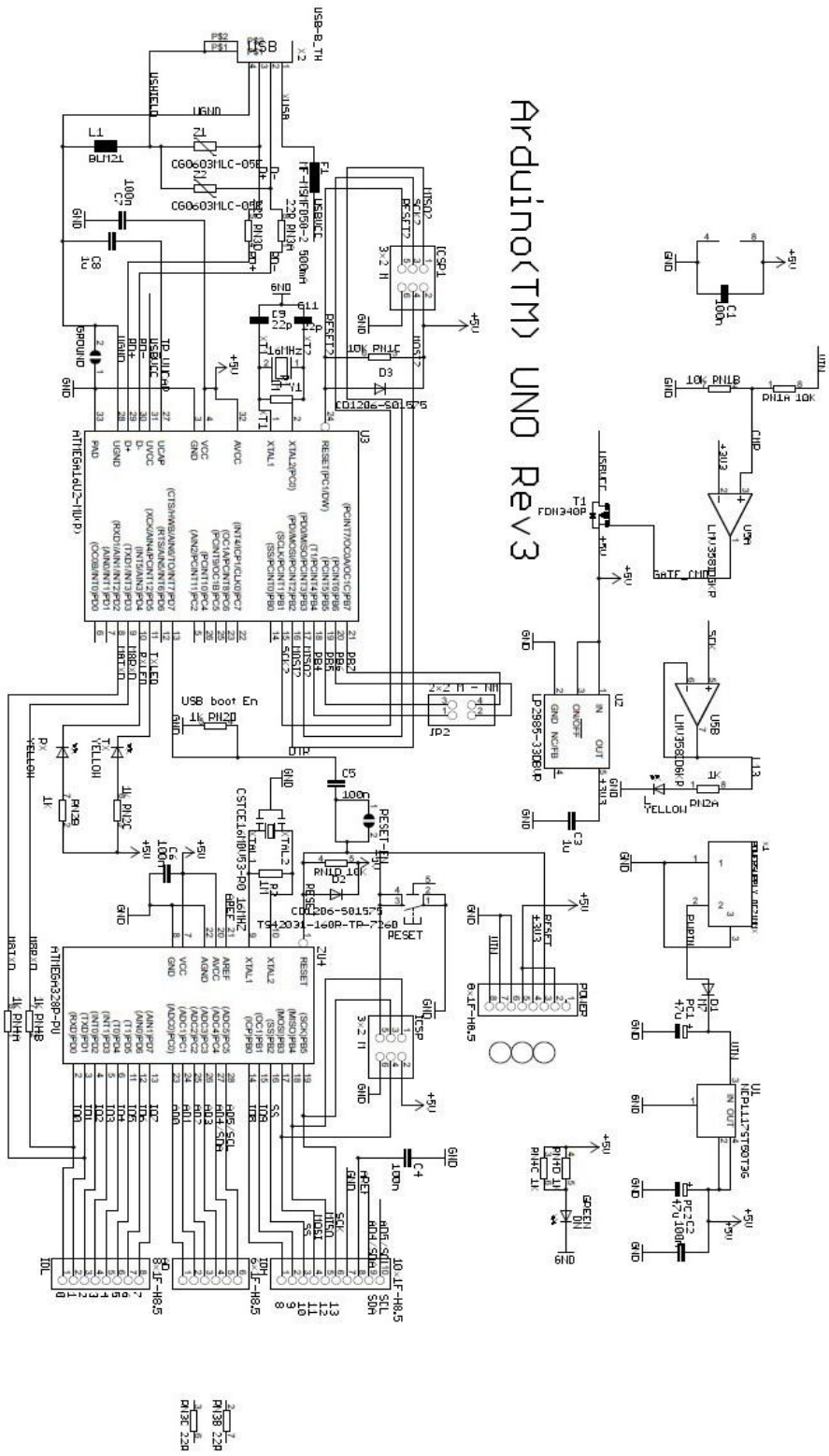


圖 3-3-9 Arduino 之電路板 Layout 圖

表 3-3-2 四軸飛行器之材料表

材料名稱	規　格	單位	數量	備註
機架		個	1	
電子變速器	30A	個	4	
馬達	2212/1000KV	個	4	
飛控板		個	1	
鋰電池	2200mah/11.1v/30c	個	1	
充電器		個	1	
雲台腳架		個	1	
天地 6A 遙控器		個	1	
正反槳	1045	個	4	
LED(紅、藍)		條	2	

(四) 小組分工的配置：

宏謙負責小組的資料，及整合簡報內容，過程中亦有購買相關書籍當成參考資料，選擇要如何去製作專題，讓宗翰及閔擇和旻財知道要什麼樣的專題，然後再經過小組討論、商量，有問題時，會再去徵詢老師的意見。

宗翰是要知道如何做出四軸飛行器的結構，負責組裝及焊接機板上的接點；在製作過程中，如發現錯誤時，會再和小組想辦法如何補救，順便了解機架是否能夠有作用。

閔擇和旻財負責去買機架中所需之零件，我們決定要多買一組當備用零件，假如一次就可成功就算是多買的，假如不成功，就需要去用到備份零件；且我們可少買一些可以重複使用的零件，如：馬達、螺旋槳等，這次的專題製作經費，由我們四位組員共同平均支出。

肆、製作成果

我們小組由決定題目，製作模擬構造圖、繪製設計構造圖，進而完成焊接製作整個機體；這整個流程，我們小組都用數位相機及相關電腦設備將之紀錄下來，經將這些資料整理過後，我們將之呈現在我們的專題報告之中，如下所示：

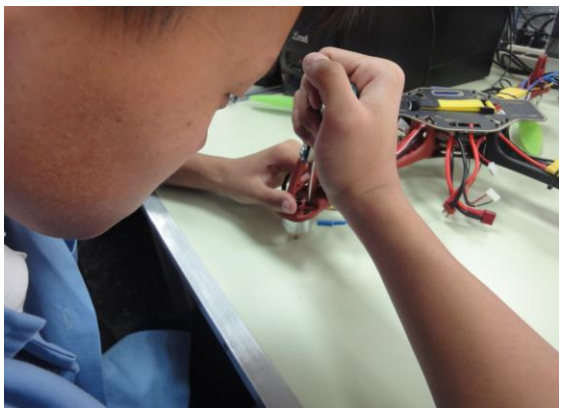


圖 4-1-1 四軸飛行器製作過程(一)

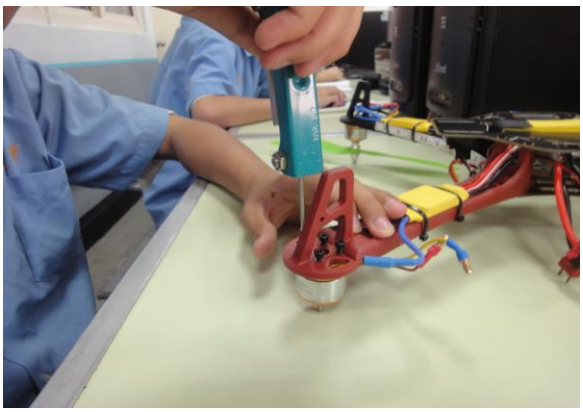


圖 4-1-2 四軸飛行器製作過程(二)

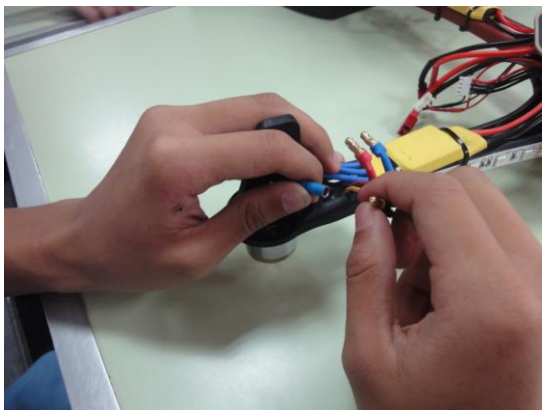


圖 4-1-3 四軸飛行器製作過程(三)

圖 4-1-4 四軸飛行器製作過程(四)

圖 4-1-5 四軸飛行器成品圖(一)

圖 4-1-6 四軸飛行器成品圖(二)

圖 4-1-7 四軸飛行器成品測試(一)

圖 4-1-8 四軸飛行器成品測試(二)

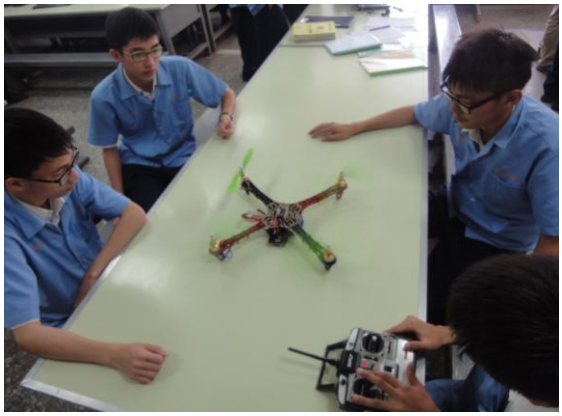


圖 4-1-9 四軸飛行器成品測試(三)

圖 4-1-10 四軸飛行器成品測試(四)

圖 4-1-11 四軸飛行器指導過程(一)

圖 4-1-12 四軸飛行器指導過程(二)

至目前為止，我們的機體實作部分，面對我們所遭遇的困難及問題，都已一一克服了，緊接著，我們的下一步驟即是將我們的負載：馬達及電子變速器，將之接到我們的機體中，由於有牽涉到轉向及訊號接線的問題，所以待我們將之完成後，會再以照片及實體的方式呈現之。

伍、結論與建議

本單元我們將針對我們小組對專題製作的整個學習過程，做一最後完整的彙總及記錄，以期作為未來學弟妹們日後學習之參考。

一、結論

(一) 透過此次專題製作學習的方式能幫助我們提升對課程的學習興趣。

(二) 小組同學認為專題製作學習為一主動探究的學習，學習中強調學習者必須負起主動探究學習的責任。

(三) 專題製作學習可以培養我們學習者具備問題解決、研究、反省及應用資訊科技等多項能力。

(四) 專題製作學習鼓勵小組成員分工和合作學習的精神。

(五) 整體而言，我們小組同學認為專題製作學習是一有價值的學習方式，因其確實可以增進自己資訊科技的能力及其技能。

(六) 小組同學認為專題製作學習的階段中，會遇到不同的困難及問題，但看到自己的成品時，會很有成就感。

(七) 經由這次專題的製作，讓我們更團結的合力作出這個專題的成品，並且讓我們可以在各個地方學習到新事物，學到了許多的知識。

二、建議

我們在進行專題製作學習的過程後，提出以下幾點建議：

(一) 學習前清楚的說明：請老師在進行專題製作學習前，能對學生清楚的說明整個專題進行的方式，包括專題報告的格式、課程進度的安排、需要的準備工具以及評量方式等，如都能在事前做好詳細的說明、規範，如此則能避免學生因疑惑而做錯方向。

(二) 在學習過程中給予回饋：同學建議，在專題製作學習研究過程中，老師能否可以在學習的進行過程，給予立即性的回饋，讓學生可以及早發現其缺失，盡早進行改善。

(三) 增長專題製作學習的時間：進行專題活動的學習，每個階段皆需完成一個學習報告，而單元學習的時間太少，連帶影響了期末完整報告的製作，所以希望老師能增長同學學習時間，讓成果報告的製作能更加完整，避免同學因時間緊迫而草率完成其作品。

參考文獻

1. Arduino，取自網址 http://www.arduino.cc/。
2. Arduino.TW 台灣使用者社，取自網址 http://arduino.tw/index.php。
3. 維基百科 Arduino，取自網址 http://zh.wikipedia.org/wiki/Arduino。
4. Cooper Maa 的 Arduino 筆記，取自網址 http://coopermaa2nd.blogspot.tw/search/label/Arduino。
5. 孫俊榮、吳明展、盧聰勇，2010，最簡單的互動設計 Arduino 一試就上手，碁峰
6. 程晨著，2012，Arduino 開發實戰指南(AVR 篇)，機械工業。
7. Massimo Banzi 著、林義翔譯，2009，踏進互動科技世界-使用 Arduino，旗標。