

# 無人機實作

## Drone Implementation

組別：B73 組員：黃友廷、陳柏融、廖泓全、賴傳堯

指導教授：呂仁碩

### 摘要(Abstract)

近年來無人載具的快速發展，配合實驗室的發展方向，我們要設計出一套可以在合作的開發板上使用 C 語言來實踐的無人機系統，從機身、馬達、感測器、電路板與開發板，乃至程式設計與開發都是我們自己在這段時間努力研究、開發、組裝、測試，透過大家互相合作一步一步完成的。

我們先是去研究了許多有關無人機姿態控制的理論，也先去讀了很多關於 PID 回授演算法的論文，了解線性(Proportional, P)、積分(Integral, I)、微分(Derivative, D)三個參數對於無人機系統的控制與震盪行為。

熟悉基本原理後，實作上主要的方向除了在於如何讓無人機能夠穩定飛行，而牽涉到飛控回授系統的參數設計、調控之外，溫度與氣壓感測器的通訊協定、高度計算與轉換、精準度(Resolution)，以及搖控器控制訊號的收發等多面向的設計，因此在設計上，拆分成若干個步驟去執行：演算法、馬達與 PWM 訊號傳輸、通訊協定(I<sup>2</sup>C)、遙控器解碼、溫度與氣壓感測器操作與測試、PID tuning 與架上穩定測試，以及最後的無人機離架試飛。

實作硬體底層與系統層級架構，並透過量化分析飛控回授數值，動態調變馬達基礎動力等方式，並配合透過遙控器操控前後左右移動、攀升下降，並裝設緊急迫降功能避免危險，藉此使無人機可以起飛並達到平衡穩定與滯空之功能。

# 報告內容(Introduction)

## 一、架構與設計

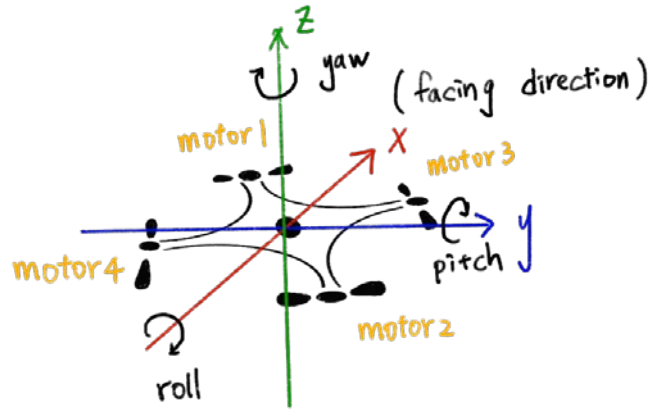


Fig. 1. 無人機 Row、Pitch、Yaw 示意圖

表 1：馬達與姿態控制

	Roll：繞 x 軸旋轉 順時針/逆時針	Pitch：繞 y 軸旋轉 順時針/逆時針	Yaw：繞 z 軸旋轉 順時針/逆時針	Throttle 爬升/下降
Motor 1	+/-	-/+	-/+	+/-
Motor 2	-/+	+/-	-/+	+/-
Motor 3	-/+	-/+	+/-	+/-
Motor 4	+/-	+/-	+/-	+/-

(+：增加馬達動力。 -：降低馬達動力。)

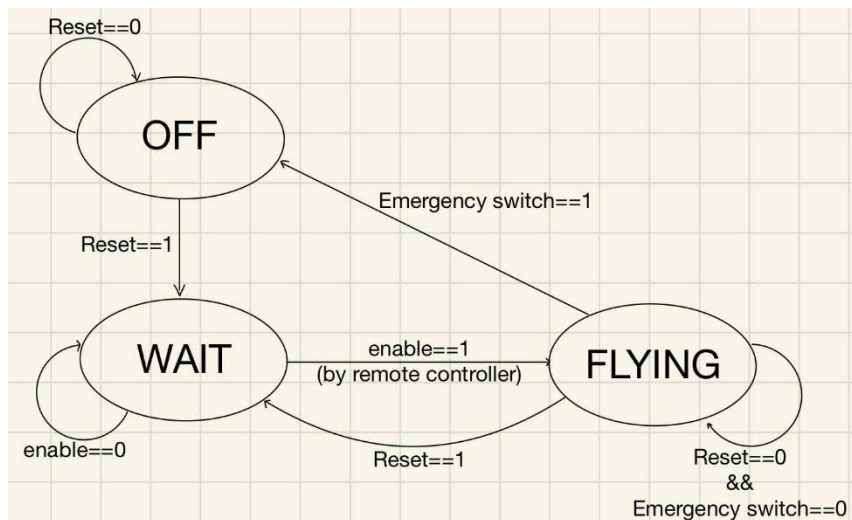


Fig. 2. 無人機飛行狀態控制

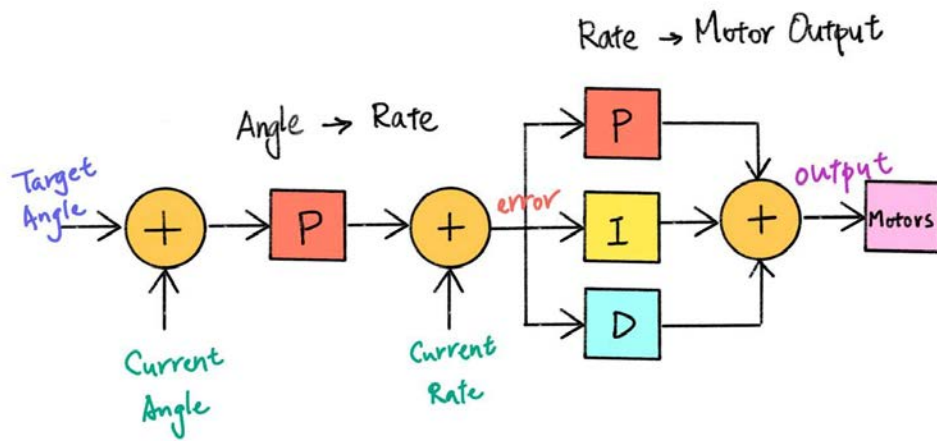


Fig. 3. PID 飛控回授演算法

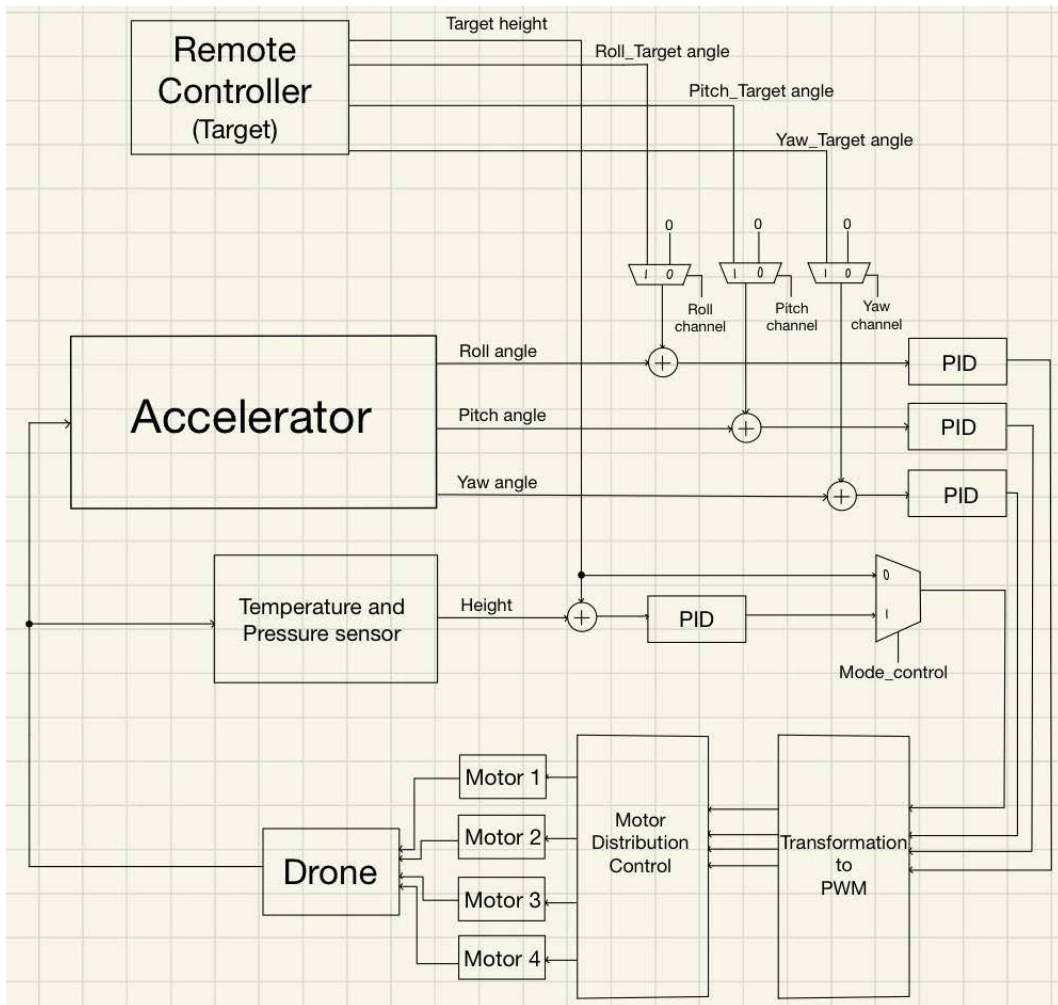


Fig. 4. 無人機系統架構

## 二、設計

1. PID 參數調整與飛行測試：把四軸旋翼無人機架在鐵製伸縮架上，以利 PID 參數的調整預測試。首先把參數拆分成第一層(角速度控制)和第二層(角度控制)兩部分，由三軸加速器讀取當前的 x、y、z，並且經過換算後得到 roll、pitch、yaw。第一層計算飛行現狀與目標角度、目標高度等等之間的誤差，並換算成角速率或是攀升率，第二層則將前一級得到的速率轉換為實際馬達動力修正量輸出給馬達。在此期間分別進行 P、I、D 參數的調整，為了避免最終數值會大於馬達可承受範圍，所以在 roll、pitch、yaw 三方向的 PID 調整，我們都設計了最大值，這樣的設計可以使每一個環節都受到一定的控制，避免數值疊加後，產生不穩定的震盪行為，完成後最後步驟進行實際飛行測試。

2. 遙控器傳訊：透過 R9DS 模組進行訊號接收功能，在接收模式上面，我們使用 SBUS 訊號傳輸 protocol，由遙控器發送，並在接收模式上將 RF 訊號轉成 SBUS 的串列 signal 給飛控，再進行解碼：解碼範圍是從 192~1792。之後將這個數值線性轉換為飛機旋轉的角度，再用此結果去換算出換算馬達所需的 PWM 訊號的值。

3. 溫度與氣壓感測器：使用 I<sup>2</sup>C interface 進行感測器的資料通訊。高度計算運作原理主要是透過測量壓力，並藉由壓力-高度之公式換算，而進一步求得高度資訊。我們也使用此模組的溫度資訊，去修正與補償壓力(修正後的壓力, P)，並且去求得更精確的高度。

- 換算公式：

$$\text{Altitude} = 44330 * (1 - (P/\text{seaLevelPressure})^{0.1903})$$

4. 飛行解鎖與保護機制：機身上面我們設置了一個 Reset button，這部份的設計主要是要讓使用者能準確辨認飛機目前處於何種模式，當我們按下去後，LED 會亮起，代表控制系統 Reset 成功，並 lock 在待機模式，需要透過將遙控器的兩隻控制搖桿同時撥動以解除待機模式(LED 熄滅)，並且等待 5 秒後，無人機就會進入飛行模式。另一個緊急停止的開關(Emergency switch)，當無人機遇有一些緊急狀況時，可以將此開關打開，藉此跳至停止模式，如此可以保護馬達，避免因為螺旋槳觸地旋轉而造成損毀，另外保護到行人和操作人員。

### 三、實驗結果

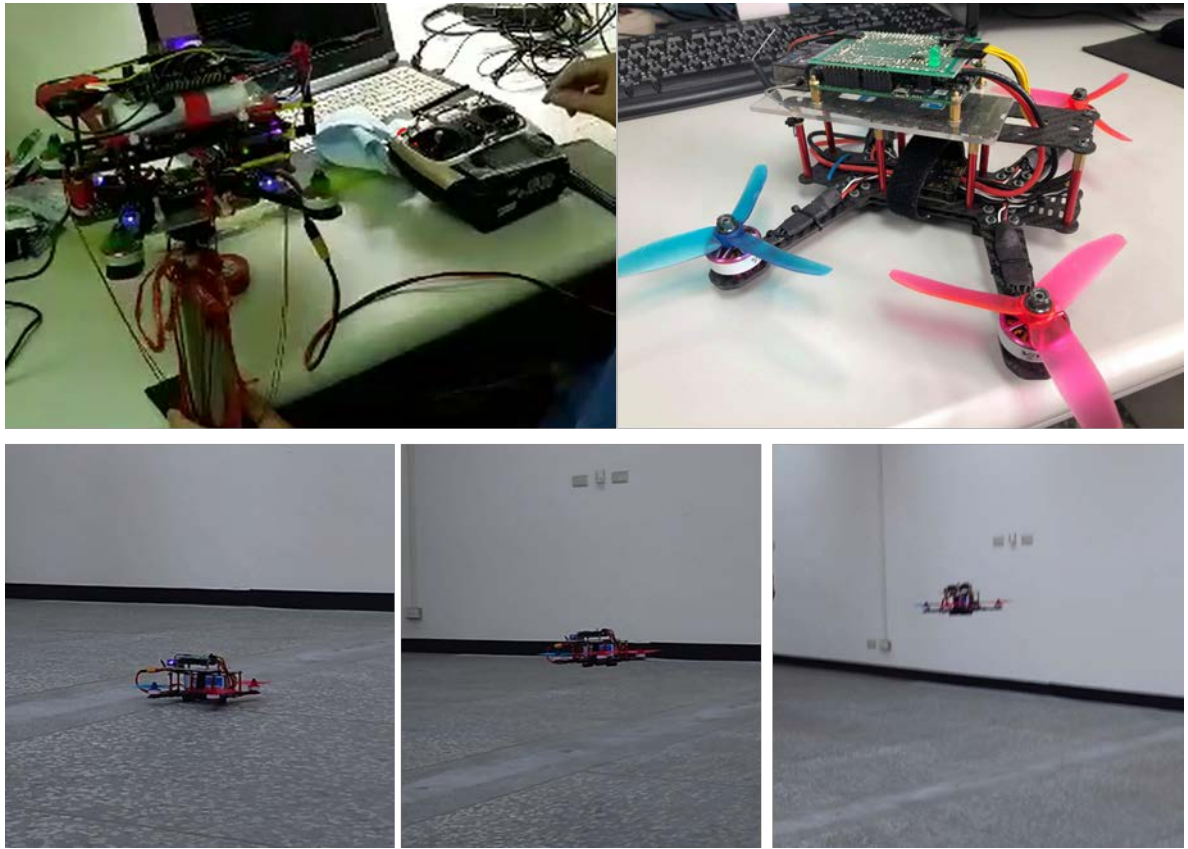


Fig. 5. 無人機架上測試、整合開發板成品、起飛與滯空

#### 1. 測試空間

因為無人機的飛行有所管制，測試地點為教室內，空間較為狹窄且障礙物多，實際測試的範圍較受到限制。

#### 2. 起飛與升降

在無人機進行馬達校準、與遙控器連接、解除鎖定之後，可以透過遙控器增加馬達動力正常起飛。向上推動控制搖桿，達到起飛的閾值後便會上升，而我們測試到起飛後維持飛行所需要的動力會比起飛所需動力要略小，是因為實測飛行時少了伸縮桿的重量，所以馬達的起飛動力可調整得較低，藉此降低馬達轉速，讓無人機維持平穩飛行。也因為空飛少了伸縮架的重量，對於馬達動力調變的反應變得較為敏感，因此我們調低了遙控器控制桿改變馬達動力的幅度，使得在高度操作上更為平穩。

### 3. 前後左右飛行

無人機可以透過遙控器操作前後左右移動(row、pitch)，也可以進行轉向(yaw)。相較於在伸縮架上的表現，空飛因為少了伸縮架的摩擦力的影響，變得稍微容易晃動，所以我們修正 PID，提高了 D 與 P 的係數，讓無人機在傾斜轉向修正的更及時一點。同時因為前面調變了馬達基礎動力以迎合重量上的改變，PID 也需要根據馬達的基礎動力再進行調整，才能達到正常期望的修正效果，使無人機飛行期間維持穩定性。

### 4. 空中靜止

無人機在定高模式下會因為溫度與氣壓感測器容許三十公分的誤差，使得在室內有天花板限制的情況下難以界定無人機在維持高度上的表現。水平方向上，小幅度的傾斜會造成無人機移動，因為室內空間大小的限制，必須靠遙控器修正避免撞擊，測試上較難界定滯空時行為的實際表現。

### 5. 緊急停止/迫降

搬動在遙控器上的緊急停止控制桿之後，馬達就會停止旋轉使得無人機直接降落。因為無人機重量分配的關係，通常會是無人機底架先著地，減少對無人機本身的損害。

## 心得感想

在無人機的實作過程中，大部分的結果都與理論相符，根據理論撰寫程式，大致就能呈現處預期的結果。少部分與理論有所差異的，例如 I<sup>2</sup>C 的溝通方式需要配合硬體規則，需要依照一定的順序去呼叫指令；PID 的調整也會因為飛機機型不同而在調整方式上有所差異，而我們必須多次嘗試，經過多次的飛行、紀錄、調整，才找出一套適合我們無人機的回授系統。

另外，我們觀察到無人機在我們採用的 PID 架構下，就算 I 的係數很小，在回授時也不太會出現 overshoot 的情形，因此我們將 I 的係數設定為零，只調動 P 與 D 的係數，與理論上的 PID 並進不太相同。在最後結果測試上，無人機確實可以平穩的飛行。

我們發現外圈的 P 對於飛機的穩定度影響較小，只會影響飛機調整姿態的速度，內圈則是主要維持整個飛機穩定度。也就是計算速率控制的 P 係數雖然會決定送進下一層 PID 的 Error 大小，但實際上是下一層的 P 主要在影響最終回授的結果。

定高模式測試結果中，雖然溫度與氣壓感測器容許三十公分的誤差，但因為室內的關係溫度壓力變化並不大，導致溫度與氣壓感測器的表現比較難以評量，然而除此之外，無人機的表現都與預期相符，表現得還不錯。

無人機實作是指導教授實驗室沒有做過的題目，因此許多部份是從頭學起，這在剛起步時增加了不少難度。在過程中常常遇到無人機平衡表現不佳或是其他問題，剛開始尋找解決方法會多花點時間，但漸漸地熟悉、累積了一定的知識與了解後，就大概抓得到問題點在哪，也知道如何找想要的資料，解決問題的速度也就變快了。

經過一連串的 PID 設計、加入溫度與氣壓感測器、遙控器解碼並與無人機連接等等，最後讓無人機順利起飛，並且可以透過遙控器操控前後左右飛行。我們認為這樣的成果已經超乎剛開始的預期，我們從完全不懂開始摸索到成功起飛，讓我們知道產品與功能的設計需要投注大量的時間與精力，在設計上也需要整合不同領域的知識，才能將計劃實現出來，這樣的進展與結果讓我們感到非常有成就感，也非常感謝教授和學長在專題上面的照顧與幫忙。