

摘要

本次專題，主要目的是為了學習打造一台四軸飛行器，了解其晶片的動作原理及程式的編寫，並利用課堂及實驗室所學，從中學習抓取訊號、設計控制器等專業知識及團隊之間的合作。四軸飛行器分為感測、控制、通訊三大系統，感測部分使用九軸感測器，抓取其加速度、角速度及磁力方位，再學習相關濾波及校正來調整飛行姿態，配合控制系統做角度轉換及PID參數設置，並輸出至各馬達和電子調速器。通訊部分則是使用無線通信模組，用其傳輸遙控器與飛行器之間的訊號，並製作簡易遙控器，最後再將其整合。

本專題使用DSP晶片作為飛行器之飛控板，搭載mpu9265感測器、30A馬達驅動器、930KV直流無刷馬達，與無線收發器CC1101。晶片採新唐公司開發的NUC140、開發工具以Coocox為主要軟體介面。

前言

近年來四軸飛行器被廣泛使用，不論拍攝、玩樂，甚至救災、勘查地形等更多元化的使用方式，給予社會大眾新的「習慣」。想要一張俯瞰圖，不必冒著生命危險搭乘直升機攝影，也大量使用在運送物資給予災區或偏遠地區。而飛行器所搭載的模組，例如GPS或量測各物理量的儀器，大部分的市售產品都以模組化，不利於消費者做部份零件的更換，或是更改晶片內部的程式，也因為商品的特殊設計，多半無法有第三方的市場。往往加點設備，就導致荷包大失血。

所以藉由專題，我們想要利用實驗室及課堂所學，了解四軸飛行器的構造及作動原理，並打造出一台四軸飛行器，不但能分析使消費者能選擇自己想要的部分，也可以讓我們更懂飛行器，包含晶片的運作、程式的編寫、通訊的解碼、控制器的設計、感測器的校正等。

研究方法

主旨

本專題研究方法主要分為感測訊號處理、控制器設計、通訊協定及遙控器設計。

感測訊號處理

濾波方式:動平均濾波、互補濾波

陀螺儀校正:靜態偏移量、角度比例校正

加速度計校正:地球重力校正

磁力計校正:圓心校正

高度計校正:溫度補償

$$M_q = \begin{bmatrix} q_0^2 + q_1^2 - q_2^2 - q_3^2 & 2(q_1 \cdot q_2 + q_0 \cdot q_3) & 2(q_1 \cdot q_3 - q_0 \cdot q_2) \\ 2(q_1 \cdot q_2 - q_0 \cdot q_3) & q_0^2 - q_1^2 + q_2^2 - q_3^2 & 2(q_2 \cdot q_3 + q_0 \cdot q_1) \\ 2(q_1 \cdot q_3 + q_0 \cdot q_2) & 2(q_2 \cdot q_3 - q_0 \cdot q_1) & q_0^2 - q_1^2 - q_2^2 + q_3^2 \end{bmatrix}$$

圖1.四元數旋轉矩陣

控制器設計

姿態轉換、融合:四元數

平衡控制、轉速控制:PID控制器

調變方式:PWM及預分頻值

$$\begin{bmatrix} q_0 \\ q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{bmatrix}_{t+\Delta t} = \begin{bmatrix} q_0 \\ q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{bmatrix}_t + \frac{\Delta t}{2} \begin{bmatrix} -w_x q_1 - w_y q_2 - w_z q_3 \\ +w_x q_0 - w_y q_3 + w_z q_2 \\ +w_x q_3 + w_y q_0 - w_z q_1 \\ -w_x q_2 + w_y q_1 + w_z q_0 \end{bmatrix}$$

圖2.四元數更新矩陣

通訊協定及遙控器設計

遙控器介面

通部序列資料協定:SPI

CC1101作動流程

飛行器飛行動作控制

整體架構

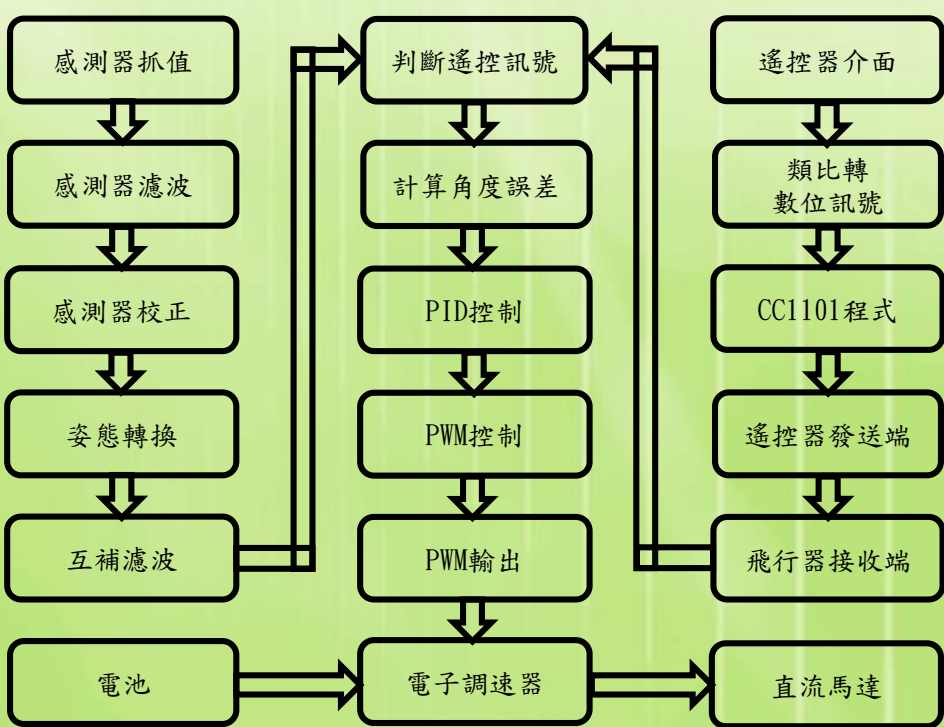


圖4.飛行器架構圖

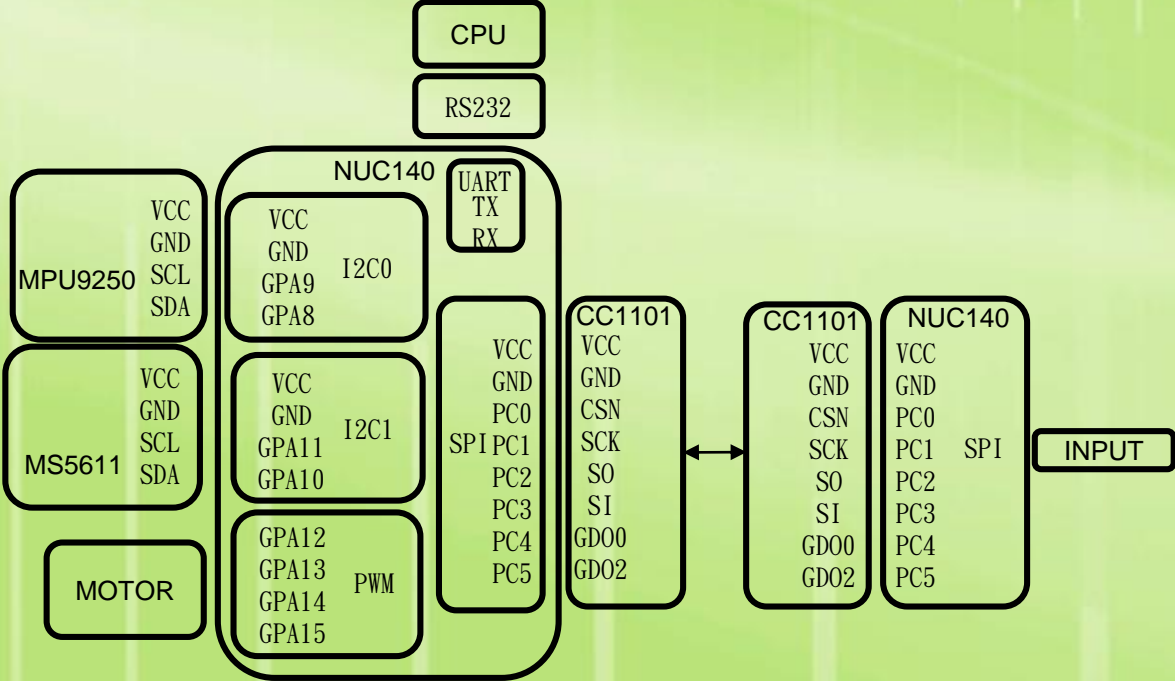


圖5.系統功能與接腳圖

結果與討論

1. 姿態融合與實際誤差(roll: ψ ;pitch: φ ;yaw: θ)

表1.roll,pitch 實際誤差

實際角度	-40°	-30°	-20°	-10°	0°	+10°	+20°	+30°	+40°
$\psi_{act}(^{\circ})$	-41.92	-31.52	-21.36	-11.12	+1.09	+9.27	+19.42	+29.24	+39.45
Diff.(%)	+4.80	+5.06	+6.80	+11.12	X	-7.3	-2.9	-2.53	-1.37
$\varphi_{act}(^{\circ})$	-43.26	-33.29	-23.39	-12.82	-2.66	+8.64	+20.56	+30.62	+39.57
Diff.(%)	+8.15	+10.96	+16.95	+28.2	X	-13.6	+2.80	+2.06	-1.07

表2.yaw 實際誤差

實際角度	+160°	+140°	+120°	+100°	+80°	+60°	+40°	+20°	0°
$\theta_{act}(^{\circ})$	+164.1	+140.3	+117.4	+100.4	+84.25	+65.96	+45.23	+23.62	+4.12
Diff.(%)	+2.57	+0.26	-2.15	+0.46	+5.31	+9.93	+13.07	+18.10	X
實際角度	-180°	-160°	-140°	-120°	-100°	-80°	-60°	-40°	-20°
$\theta_{act}(^{\circ})$	-171.7	-152.2	-135.8	-120.9	-102.7	-83.94	-64.37	-43.32	-21.02
Diff.(%)	-4.60	-4.83	-2.97	+0.78	+2.78	+4.92	+7.28	+8.30	+5.10

	氣壓計轉高度	(氣壓計+溫度計)轉高度
H max (cm)	8778.551	8446.344
H min (cm)	8665.474	8336.603
ΔH (cm)	118.1885	109.7417
Abs H Diff(%)	-3.1604	0.75473
ΔH Diff(%)	13.07739	9.741733

2. PID Adjustment

roll

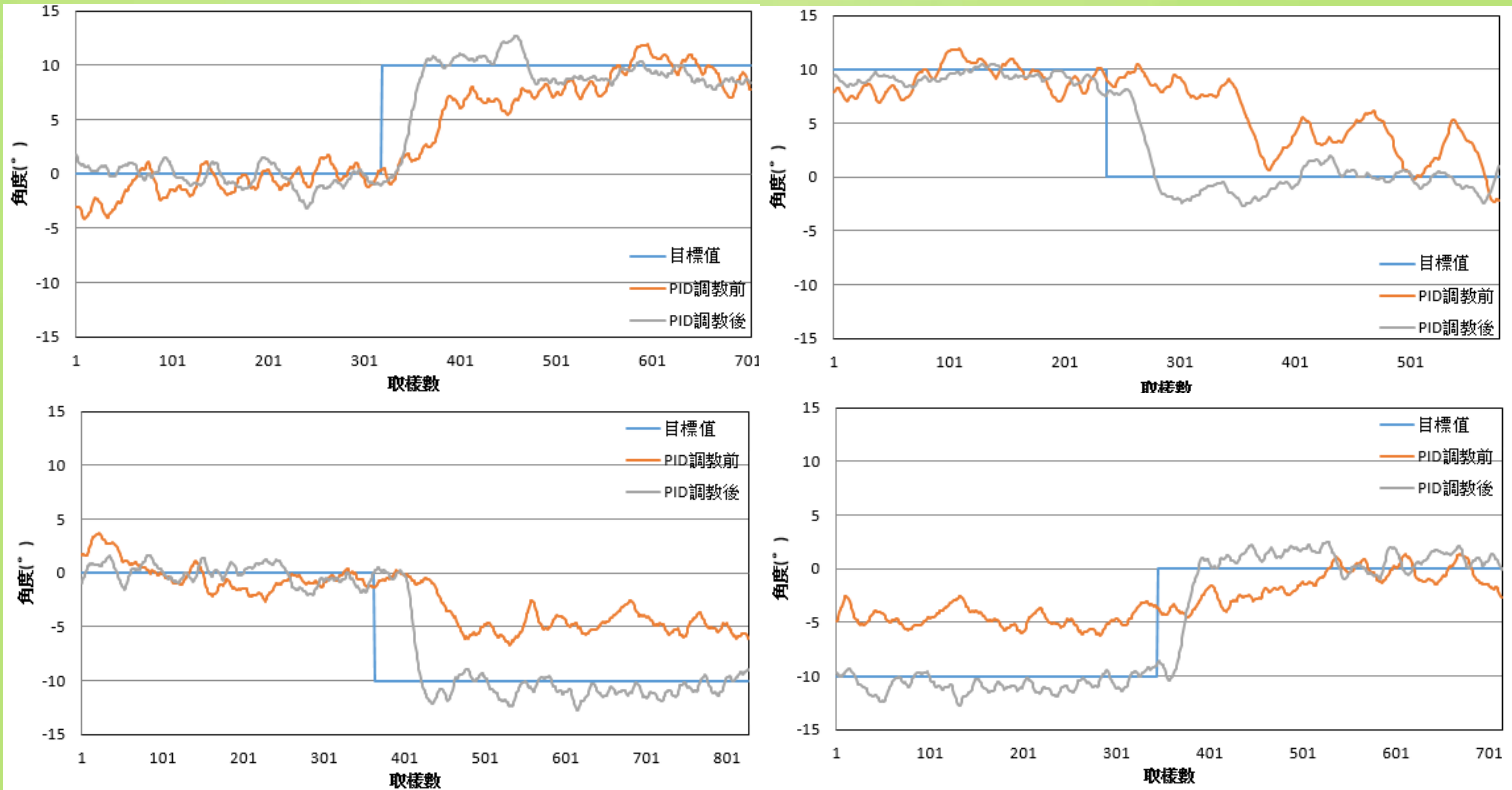


圖6. PID調整-roll

pitch

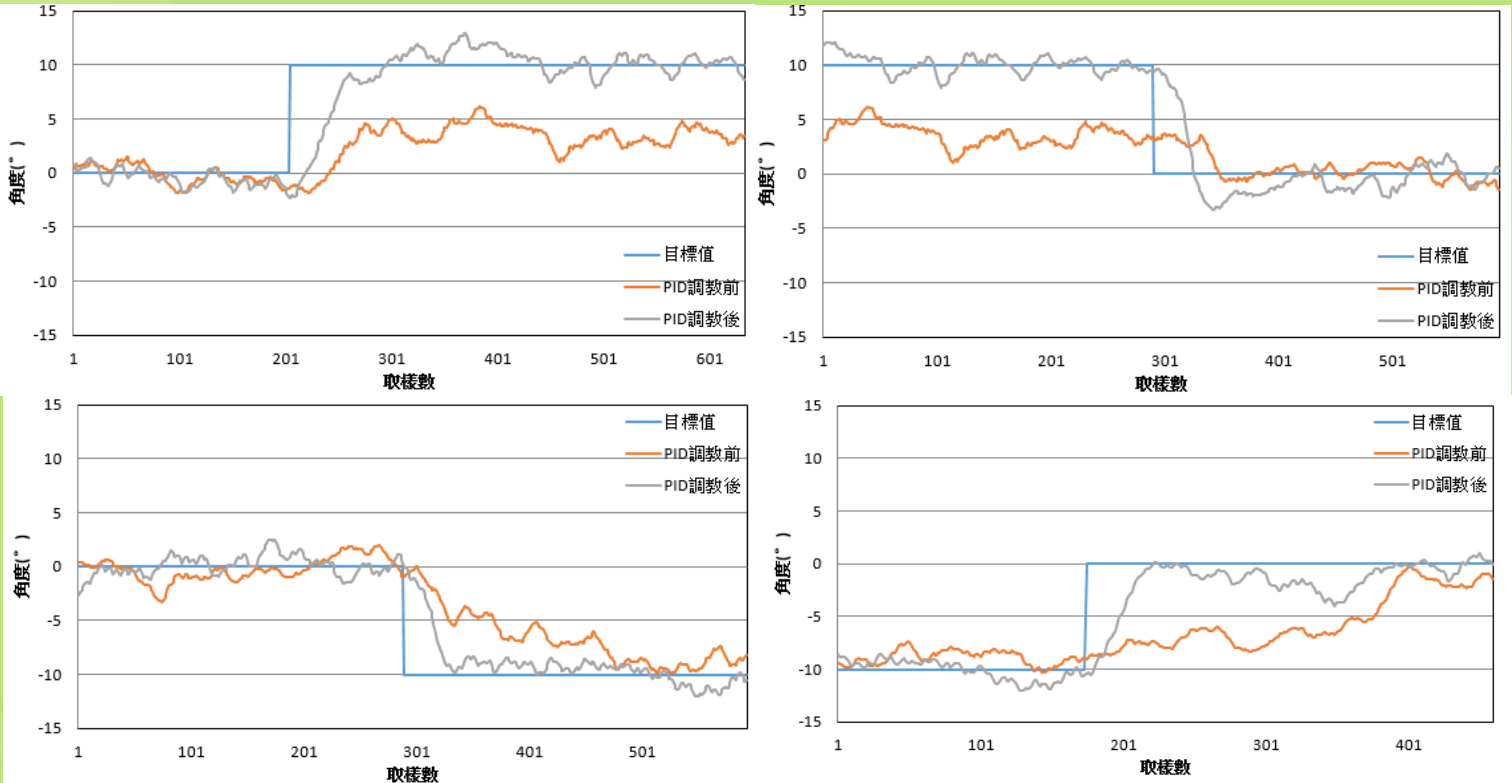


圖7. PID調整-pitch

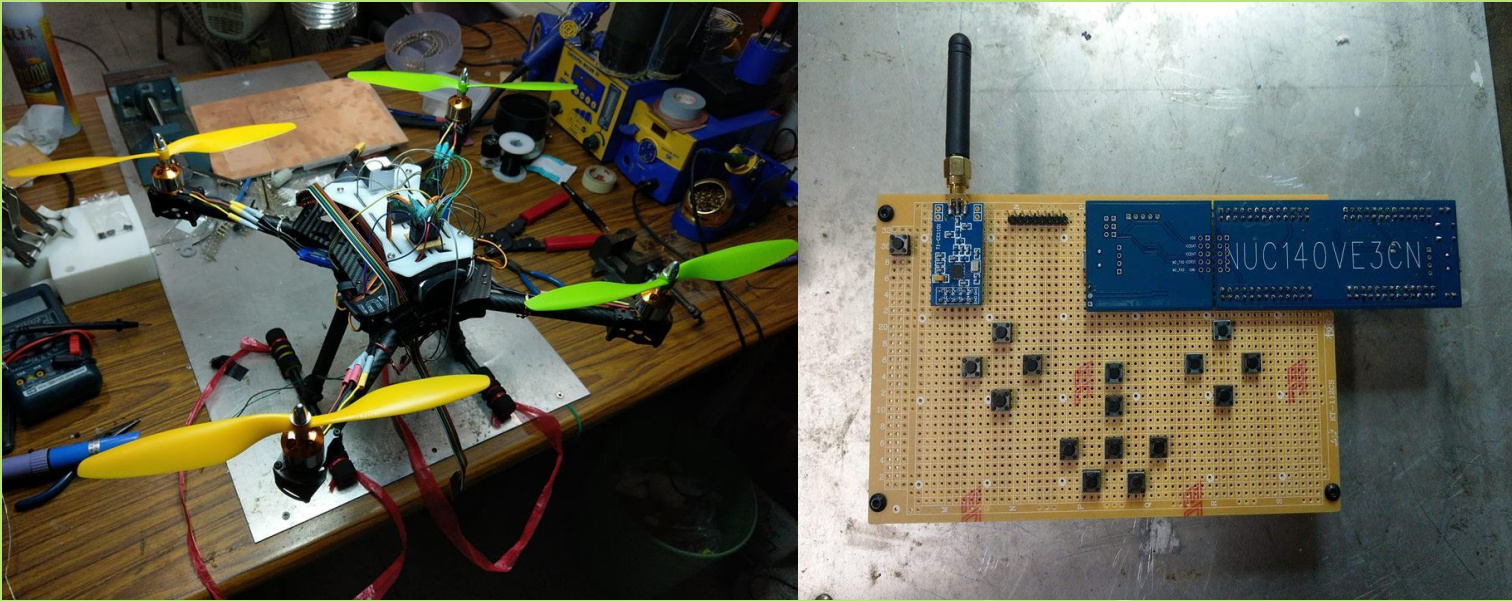


圖8. 飛行器與遙控器

結論

本專題利用九軸感知器及高度計所量測之值，經過濾波、校正與融合，回授至控制器，計算出姿態角，並由實際物理系統調整PID參數。且結合通訊系統，做遙控器與飛行器間之橋梁。其中包含九軸感測器及高度計的抓取、濾波、校正，及roll、pitch、yaw的PID控制與調變，姿態轉換及姿態融合，搭配自製遙控器做傳輸。