เฮลิคอปเตอร์แบบ 4 แกน (Con Rotor)

4 axis helicopters (Con Rotor)

นายณัฐวุฒิ อุดมพงษ์ รหัสประจำตัว 055360403713 - 3

นายปิยะพงศ์ ชีวรุ่งเรืองกุล รหัสประจำตัว 055360403029 - 4

นายธนาวุฒิ สิริเขมาภรณ์ รหัสประจำตัว 055460403739 - 6

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เฮลิคอปเตอร์แบบ 4 แกน (Con Rotor)

นายณัฐวุฒิ อุดมพงษ์
นายปิยะพงศ์ ชีวรุ่งเรืองกุล
นายธนาวุฒิ สิริเขมาภรณ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ปีการศึกษา 2556

4 AXIS HELICOPTERS (CON ROTOR)

NATTHAWUT UDOMONG
PIYAPONG CHIVUANGROUNGKUL
THANAWUT SIRIKHEMAPORN

THIS PROJECT REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR
THE BACHELOR OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA NAKHON
ACADEMIC YEAR 2013

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เฮลิคอปเตอร์แบบ 4 แกน (Con Rotor)

โดย นายณัฐวุฒิ อุดมพงษ์

นายธนาวุฒิ สิริเขมาภรณ์

นายปิยะพงศ์ ชีวรุ่งเรืองกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ พนา ดุสิตากร

ระดับการศึกษา ปริญญาตรี

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

ในโครงงานเฮลิคอปเตอร์แบบ 4 แกน (Con Rotor)บอกพิกัดด้วยระบบ GPS เป็นโครงงานที่จัดทำขึ้นเพื่อ การสำรวจ ถ่ายภาพทางอากาศและบอกพิกัดด้วยระบบ GPS และทำการบินล็อกตำแหน่งด้วย GPS

การสร้างเฮลิคอปเตอร์แบบ 4 แกน บอกพิกัดด้วยระบบ GPS นี้เริ่มจากการศึกษารายละเอียดและอุปกรณ์ต่างๆของเฮลิคอปเตอร์แบบ 4 แกน (Con Rotor) ศึกษาระบบ GPS ศึกษาการเขียนไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทำการประยุกต์สร้างเฮลิคอปเตอร์แบบ 3 แกน และทำการเขียนไมโครคอนโทรลเลอร์

ผลที่ได้รับจากการทำโครงงานชิ้นนี้คือ เฮลิคอปเตอร์แบบ 4 แกน บอกพิกัดด้วยระบบ GPS สามารถถ่ายภาพทางอากาศและส่งสัญญาณมายังอุปกรณ์ภาครับได้และสามารถล็อกตำแหน่งการบินโดยไร้การควบคุมผ่านรีโมท

(ปริญญานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 100 หน้า)

คำสำคัญ : GPS

.....อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

Project Report	4 axis helicopters (Con Rotor)
By	Mr.Natthawut Udompong
	Mr.Thanawut Sirikhemaporn
	Mr.Piyapong Cheewharungrueamgku
Adviser	Mr.Pana Dusitakorn
Degree of	Bachelor of Engineering
Department of	Electrical Engineering
Academic Year	2012

ABSTRACT

Four core helicopter project (Con Rotor) that coordinates with a GPS unit with a survey prepared for aerial photography and GPS positioning system with GPS and the flight logs with GPS.

Making helicopter 4 cores with GPS coordinates tell this from a detailed study of helicopters and other equipment Axis 4 (Con Rotor) study of a GPS system microcontroller. By applying a helicopter and make a 3-core microcontroller.

The result of doing this project is. Four core helicopter with GPS coordinates that can shoot air and signaling devices to the receiver and lock position without flying via remote control.

(Total 100 pages)

Keywords : GPS

Pana .....Advisor

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ เฮลิคอปเตอร์แบบ 4 แกน (Con Rotor) สามารถลุล่วงไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างยิ่งจากคณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ และอาจารย์พนา ดุสิตากร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานซึ่งกรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการแก้ไขปรับปรุงโครงงานจนสำเร็จตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยดี ตลอดจนคณะครูอาจารย์สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่าน จึงสามารถสร้างเฮลิคอปเตอร์แบบ 4 แกน (Con Rotor) ขึ้นมาจนประสบความสำเร็จ ทางคณะผู้จัดทำขอมอบเป็นเกียรติแด่ท่านที่มีอุปการคุณทุกท่าน

สุดท้ายนี้ คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณแด่ท่านผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่ได้สนับสนุนโครงการนี้ไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

นายณัฐวุฒิ อุดมพงษ์

นายธนาวุฒิ สิริเขมาภรณ์

นายปิยะพงศ์ ชีวรุ่งเรืองกุล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

กิตติกรรมประกาศ

สารบัญ

สารบัญตาราง

สารบัญรูปภาพ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงการ 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แรงต้าน (Drag) 4

2.2 สัมประสิทธิ์ต่างๆ ของใบพัด (Propeller coefficients) 5

2.3 สัมประสิทธิ์แรงขับ (Thrust coefficient) 5

2.4 สัมประสิทธิ์แรงบิด (Torque coefficient) 7

2.5 สัมประสิทธิ์กำลัง (Power coefficient) 7

2.6 ประสิทธิภาพ (Efficiency) 8

2.7 ใบพัด (Propeller) 8

2.8 ทฤษฎีของใบพัด (Blade element theory) 13

2.9 ผลกระทบจากการหมุนของใบพัดต่อการไหลเข้ามาของอากาศที่ผ่านใบพัด 13

2.10 ความรู้เกี่ยวกับ GPS 14

2.11 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์ AIOP 25

2.12 ความรู้พื้นฐานในการเรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 28

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.13 หลักการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์	30
2.14 พอร์ตอนุกรม RS-232	31
2.15 Single chip 2.4 GHz Transceiver nRF2401A	35
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	
3.1 บทนำ	52
3.2 การประยุกต์สร้างเฮลิคอปเตอร์ 4 แกน	52
3.3 Hard ware ที่ใช้ในการรับส่งสัญญาณ GPS	63
3.4 ระบบจ่ายไฟฟ้า	67
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการบิน	68
4.2 ระบบรับ-ส่งสัญญาณภาพ	68
4.3 ระบบบอกพิกัดด้วย GPS ล็อคตำแหน่ง	69
4.4 การทดลองจริงทั้งระบบ	69
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 บทนำ	71
5.2 สรุปผลที่ได้จากโครงงาน	71
5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงงาน	71
5.4 อุปสรรคในการดำเนินงาน	72
บรรณานุกรม	73
ภาคผนวก	74
ภาคผนวก ก	
ประวัติผู้เขียน	98

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลโปรโตคอล NMEA (National Marine Electronics Association)	23
ตารางที่ 2.2 แสดงฟิลด์ข้อมูลโปรโตคอลของ RMC protocol	24
ตารางที่ 2.3 แสดง PAของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR	29
ตารางที่ 2.4 แสดงการกำหนดค่าให้กับพอร์ต PA ของ AVR ในแต่ละบิต	29
ตารางที่ 2.5 แสดงการเปรียบเทียบขาของหัวต่อ D-Type	33
ตารางที่ 2.6 แสดงหน้าที่ของขาคอนเนคเตอร์	34
ตารางที่ 4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการบิน	68
ตารางที่ 4.2 การทดสอบระบบรับส่งสัญญาณ	68
ตารางที่ 4.3 การทดลองจริงทั้งระบบ	69

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงใบพัดรูปแบบต่าง ๆ ตามลักษณะจำนวนกลีบและการหมุน	8
รูปที่ 2.2 ภาคตัดแสดงการบิดของกลีบใบพัด	8
รูปที่ 2.3 Geometric pitch	9
รูปที่ 2.4 ความเร็วลัพธ์ที่มีต่อภาคตัดใบพัด	10
รูปที่ 2.5 ประสิทธิภาพของใบพัดแบบ 2-picth	11
รูปที่ 2.6 ประสิทธิภาพของใบพัดปรับพิทช์โดยอัตโนมัติแบบ Constant speed	12
รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะการเกิดวอร์เทคของใบพัด	13
รูปที่ 2.8 ตำแหน่งและการโคจรของดาวเทียม GPS รอบโลก	16
รูปที่ 2.9 สถานีควบคุมระบบดาวเทียม GPS 5 แห่ง	17
รูปที่ 2.10 แสดงส่วนประกอบของดาวเทียม	17
รูปที่ 2.11 แสดงบล็อกไดอะแกรม AIOP (Multi Wii Manual rev 1.00)	25
รูปที่ 2.12 แสดงขาพอร์ต AIOP (Multi Wii Manual rev 1.00)	26
รูปที่ 2.13 แสดงรูปแบบที่ง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบไม่เข้าจังหวะ (Asynchronous)	32
รูปที่ 2.14 แสดงชนิดของพอร์ตอนุกรม	33
รูปที่ 2.15 แสดงการต่อแบบ Null Modem	35
รูปที่ 2.16 แสดงการต่อแบบ Loop Back Plug	36
รูปที่ 2.17 Quick Reference Data	36
รูปที่ 2.18 Product Specification	36
รูปที่ 2.19 Block Diagram	36
รูปที่ 2.20 Pin Function	37
รูปที่ 2.21 Pin Assignment	37
รูปที่ 2.22 Electrical Specifications	38
รูปที่ 2.23 Electrical Specificatio	38

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.24 Package Outline	39
รูปที่ 2.25 Glossary of Terms	40
รูปที่ 2.26 Modes of Operation	40
รูปที่ 2.27 คุณลักษณะของ ShockBurst	41
รูปที่ 2.28 คุณลักษณะของ ShockBurst	42
รูปที่ 2.29 Product Specification	43
รูปที่ 2.30 Product Specification	43
รูปที่ 2.31 Timing of ShockBurst in TX	44
รูปที่ 2.32 Timing of ShockBurst in RX	45
รูปที่ 2.33 Timing of direct mode TX	45
รูปที่ 2.34 Data packet set-up	46
รูปที่ 2.35 Configuration words	46
รูปที่ 2.36 Configuration data word	47
รูปที่ 2.37 PLL setting	47
รูปที่ 2.38 Number of bits in payload	48
รูปที่ 2.39 Address of receiver #2 and receiver #1	48
รูปที่ 2.40 Number of bits reserved for RX address + CRC setting	49
รูปที่ 2.41 RF operational settings	49
รูปที่ 2.42 Crystal frequency setting	50
รูปที่ 2.43 RF output power setting	50
รูปที่ 2.44 Frequency channel and RX / TX setting	50
รูปที่ 3.1 มอเตอร์ BL-2217/9	52
รูปที่ 3.2 Speed control	53
รูปที่ 3.3 ใบพัด (Propeller)	53

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.4 Controller (Multi Wii Manual rev 1.00) 54

รูปที่ 3.5 ระบบควบคุม 54

รูปที่ 3.6 แบตเตอร์รี่ (Battery) 55

รูปที่ 3.7 GPS Module และ ภาครับ 55

รูปที่ 3.8 กล้องแบบไร้สาย 56

รูปที่ 3.9 ลำตัว 56

รูปที่ 3.10 ส่วนแขนด้านหน้า 57

รูปที่ 3.11 ส่วนแขนด้านหลัง 57

รูปที่ 3.12 รูปแบบโครงสร้าง 57

รูปที่ 3.13 โครงสร้าง 4 แกน 58

รูปที่ 3.14 ส่วนฐานของเครื่องบิน 58

รูปที่ 3.15 มอเตอร์ไร้แปลงถ่ายทั้ง 4 แกน 58

รูปที่ 3.16 Speed control บนแขนทั้ง 4 ข้าง 59

รูปที่ 3.17 GPS เชื่อมต่อกับ บอร์ดควบคุม 59

รูปที่ 3.18 บอร์ดควบคุม Controller (Multi Wii Manual rev 1.00) 59

รูปที่ 3.19 รีซีฟต่อกับ Controller (Multi Wii Manual rev 1.00) 60

รูปที่ 3.20 กล้องและตัวส่งสัญญาณ 60

รูปที่ 3.21 การลอยตัวนิ่ง 61

รูปที่ 3.22 การเร่งความเร็วในแนวนิ่ง 61

รูปที่ 3.23 การเอียงไปทางขวา 62

รูปที่ 3.24 การเอียงตัวไปข้างหน้า 62

รูปที่ 3.25 Board Controller 63

รูปที่ 3.26 RF Module TRW24G 63

รูปที่ 3.27 GPS Module 64

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.28 การเชื่อมต่อภายในระบบ GPS 64

รูปที่ 3.29 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ GPS 65

รูปที่ 3.30 โครงสร้างของวงจรภาคส่งสัญญาณ 66

รูปที่ 3.31 การรับ-ส่งของระบบสัญญาณภาพ 66

รูปที่ 3.32 ระบบการจ่ายไฟชุดควบคุมการบิน 67

รูปที่ 3.33 ระบบการจ่ายไฟชุด CAMERA และ GPS 67

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากในปัจจุบันได้เกิดปัญหาในประเทศไทยนั้นมากขึ้นเรื่อยๆ เช่น ปัญหาจากภัยธรรมชาติ ปัญหาจากการจราจร ปัญหาการก่อการร้าย ซึ่งปัญหาทุกปัญหาที่กล่าวขึ้นมานั้น เมื่อเกิดขึ้นมามันก็ทำให้มีผลในการที่จะเข้าถึงปัญหาต่างๆนั้นมีความยากลำบากมาก เช่น การเกิดปัญหาการชุมชุมเพื่อเรียกร้องสิทธ์ต่างๆ ทำให้นักข่าวนั้นไม่สามารถไปทำข่าวได้รึว่ารับรู้ว่าการชุมนุมเป็นอย่างไร หรือการจะสำรวจภาพถ่ายทางอากาศนั้นก็ยังใช้ เครื่องบิน และก็นักบินอีกทำให้เกิดความไม่สะดวกหรือไม่รวดเร็วเท่าไร ในการจะที่ทำอะไรกับปัญหาที่เกิดขึ้นต่างๆ นั้นไม่ให้เกิดความล้าช้าอีกอย่างยังเสียเปลืองน้ำมัน ค่าบำรุงรักษาที่ราคาสูง ยังเสี่ยงอันตรายกับสภาพอากาศ สภาพพื้นที่อันตรายไม่สามารถเข้าไปได้ทันที

จากเหตุผลดังกล่าวโครงงานนี้จึงสร้างขึ้นมาเพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องหรือสนใจสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในสถานการณ์ต่างๆ โดยการใช้ เฮลิคอปเตอร์ แบบ 4 แกน Con Rotor ในการบินสำรวจพื้นที่คนไม่สามารถเข้าถึงได้ยากซึ่งเจ้าเฮลิคอปเตอร์ แบบ 4 แกน Con Rotor นั้นมีกล้องบันทึกภาพและส่งสัญญาณแบบ Real Time สามารถมองเห็นภาพและเหตุการณ์จริงและยังสามารถนำไปใช้ในการสำรวจและการแสดง ในรูปแบบอื่นๆ ตามที่ผู้ใช้ต้องการได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อจัดทำเฮลิคอปเตอร์แบบ 3 แกน เป็นเฮลิคอปเตอร์แบบ 4 แกน Con Rotor

1.2.2 เพื่อศึกษาเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น Multi Wii Manual rev 1.00

1.2.3 เพื่อศึกษาการบินของเฮลิคอปเตอร์แบบ 3 แกนเป็นเฮลิคอปเตอร์แบบ 4 แกน (Con Rotor)

1.2.4 เพื่อศึกษาการรับส่งข้อมูลภาพเคลื่อนไหวจากการบินด้วยวิธีการล็อคตำแหน่ง GPS

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ประยุกต์การใช้งานเฮลิคอปเตอร์ แบบ 3 แกน เป็นเฮลิคอปเตอร์แบบ 4 แกน (Con Rotor)

1.3.2 เฮลิคอปเตอร์แบบ 4 แกน (Con Rotor) สามารถทำการบินได้ไม่ต่ำกว่า 5 นาที ระยะความสูงในการบิน สามารถบินสูงได้ประมาณ 50 เมตร จากระยะพื้นดิน

1.3.3 เฮลิคอปเตอร์แบบ 4 แกน (Con Rotor) สามารถบอกพิกัดด้วยระบบ GPS (Global Positioning System)

1.3.4 เฮลิคอปเตอร์แบบ 4 แกน (Con Rotor) สามารถแสดงภาพเคลื่อนไหวบนอากาศและส่งสัญญาณลงมายังภาคพื้นดินแบบ Real Time มายังอุปกรณ์ภาครับได้

1.3.5 เฮลิคอปเตอร์แบบ Con Rotor สามารถทำการบินล็อคตำแหน่งด้วย GPS และทำการบอกทิศทางทำการบิน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสำรวจป่าไม้ ต้นน้ำลำธาร และทรัพยากรธรรมชาติอื่นๆ

1.4.2 สามารถนำมาใช้ในการสำรวจเส้นทางการจราจร และสภาวะการจราจรตามเส้นทางต่าง

1.4.3 สามารถนำมาประยุกต์เพื่อติดตั้งอุปกรณ์ถ่ายทอดสัญญาณในรูปแบบต่างๆ ได้

1.4.4 ได้รู้จักวิธีการสร้าง tri Copter แบบต่างๆ และสามารถ Dsing ออกมาแบบต่างๆ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงงาน

1.5.1 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน

1.5.2 ประยุกต์และสร้างเฮลิคอปเตอร์แบบ 4 แกน Con Rotor

1.5.3 ติดตั้งชุดอุปกรณ์ต่างๆของเฮลิคอปเตอร์แบบ 4 แกน Con Rotor

1.5.4 ติดตั้งระบบ GPS ชุดกล้องบันทึกภาพและอุปกรณ์ภาครับภาคส่ง

1.5.5 ตรวจสอบ ทดสอบและบันทึกผลการทดลอง

1.5.6 ปรับปรุงและแก้ไข

1.5.7 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

1.5.8 เรียบเรียงเอกสาร

1.5.9 จัดทำปริญญานิพนธ์

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แรงต้าน (Drag)

เมื่อเครื่องบินเคลื่อนไปในอากาศ ก็จะเกิดแรงต้านที่จะพยายามต้านการเคลื่อนที่ของเครื่องบิน แรงต้านจะพิจารณาได้ว่าเกิดขึ้นมาจากหลายอย่างหลายลักษณะ เช่น ผลของรูปทรงของเครื่องบิน ที่เบี่ยงเบนทิศการไหลของอากาศไปจากแนวการไหลอิสระ หรือผลของการที่อากาศมีความหนืด หรือแม้แต่ผลของคลื่นกระแทกเมื่อเกิดการไหลให้ค่า M > 1 เป็นต้น แรงต้านต่าง ๆ เหล่านี้จะรวมกันเป็นแรงต้านทั้งหมดที่มีต่ออากาศยาน ซึ่งในตอนนี้จะได้กล่าวจำแนกชนิดต่าง ๆ ของแรงต้านให้เป็นที่เข้าใจ

2.1.1 แรงต้านเนื่องจากแรงเสียดทานที่ผิว (Skin friction drag) เมื่ออากาศซึ่งมีความหนืดไหลผ่านผิวของวัตถุนั้น อากาศส่วนที่ไหนชิดติดผิววัตถุจะถูกพยายามหน่วงไม่ให้มีการเคลื่อนที่ก็เกิดมีแรงเฉือนในชั้นของการไหลของอากาศ แรงเหล่านี้ที่จุดต่าง ๆของผิววัตถุซึ่งแตกไปตามแนวทิศการไหลของกระแสอากาศอิสระนั้น

2.1.2 แรงต้านเนื่องจากความดัน (Pressure drag) เมื่อเครื่องบินผ่านไปในอากาศ พื้นผิวต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นปีก แพนหาง ลำตัว หรือกระเปาะเครื่องยนต์จะเกิดแรงต้านของอากาศกระทำอยู่ ซึ่งแรงดันเฉพาะจุดที่ตำแหน่งต่างๆนั้นจะไม่เหมือนกัน อาจจะเป็น Stagnation pressure ที่บางจุด เช่นที่บริเวณชายหน้าปีกหรือเกิดความดันที่ตั้งฉาก (Normal pressure) กับผิวเฉพาะจุดเหล่านั้นแล้ว และแตกความดันให้เป็นแนวทิศขนานกับทิศทางการไหลของกระแสอิสระผลรวมทางเวคเตอร์ทั้งหมดของความดันที่แตกมาดังกล่าว จะรวมแล้วมีทิศทางตรงกันข้ามกับการไหลของกระแสอิสระกลายเป็นแรงต้าน เนื่องจากผลต่างความดัน (Pressure drag) กล่าวอีกอย่างว่า Pressure drag เป็นผลมาจากการเปลี่ยนโมเมนตันของมวลอากาศที่กระทำต่อพื้นผิวของอากาศยาน

2.1.3 Profile drag เป็นผลรวมของ Pressure drag และ Skin friction drag

2.1.4 Wave เป็นแรงต้านอีกชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นเนื่องจากการที่มีการบินเป็นความเร็วเหนือเสียง หรือแม้แต่การที่ทำให้ความเร็วเฉพาะตำบลใดๆ เป็นความเร็วเหนือเสียงขึ้นมาทั้งๆ ที่การบินของอากาศยานในขณะนั้น เป็นความเร็วต่ำกว่าเสียงก็ตาม ผลของการเกิดการไหลเร็วกว่า ความเร็วของเสียงทำให้เกิดคลื่นกระแทก (Shock Wave) ซึ่งมีผลกระทบต่อลักษณะการไหล ของอากาศทำให้เกิดแรงต้านขึ้นมาอีกชนิดหนึ่งเรียกว่า Wave drag

2.1.5 แรงต้านเหนี่ยวนำ (Induced drag หรือ Trailing vortex drag) รายละเอียดเกี่ยวกับ Vortex จะได้กล่าวถึงในคราวหลังแต่ในขณะนี้ จะขอกล่าวเป็นที่เข้าใจว่าแรงต้านเหนี่ยวนำนั้นเป็น

แรงต้านที่ขึ้นอยู่กับแรงยก (Lift dependent drag) กล่าวคือในเครื่องบินจริง Finite Wing นั้นจะปรากฏการณ์การไหลของอากาศ ที่ผ่านปีกออกไปทางชายหลังม้วนตัวหมุนเป็นตัว Vortex ซึ่งตัว Vertex นี้จะมีกำลังมากขึ้นเมื่อปีกมีแรงยกสูงขึ้นและกำลังอันเกิดมาจาก Vortex เป็นผลทำให้เกิด Induced drag

2.1.6 แรงต้านรวม (Total drag) แรงต้านรวม เป็นแรงต้านทุกๆอย่างหัวข้อนั้นมารวมกันจะเห็นว่าผลรวมของแรงต้านเนื่องจากแรงเสียดทานที่ผิว แรงต้านเนื่องจากแรงเสียดทานที่ผิว แรงต้านเนื่องจากความดัน Profile drag และ Wave drag เป็นแรงต้านที่ไม่เกี่ยวกับแรงยก ส่วนแรงต้านเหนี่ยวนำเป็นแรงต้านชนิดเดียวที่เกี่ยวกับแรงยก และในการคำนวณทางอากาศพลศาสตร์ จึงจะพิจารณาโดย กว้างๆ โดยแยกเป็นแรงต้านที่เกิดจากแรงยก

2.2 สัมประสิทธิ์ต่างๆของใบพัด (Propeller coefficients)

สมรรถนะของใบพัดอาจจะหาได้จากการทดสอบแบบจำลองซึ่งเมื่อเป็นเช่นนี้ก็จำเป็นที่จะหาวิธีการนำเอาข้อมูลที่ได้จากการทดลองจากแบบจำลองนั้นมาคำนวณหาสมรรถนะที่แท้จริงของของตัวจริงให้ได้ ทั้งนี้ก็โดยการหาสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ซึ่งจะเป็นค่าร่วมสำคัญที่นำไปใช้ได้กับตัวจำลองและตัวจริง ความรู้ในเรื่องการวิเคราะห์ทางมิติจะถูกนำไปใช้ได้กับทั้งแบบจำลองและตัวจริงความรู้เรื่องในการวิเคราะห์ทางมิติจะถูกนำมาใช้เพื่อการนี้ในลำดับต่อไปนี้ จะเป็นการวิเคราะห์แสดงความสัมพันธ์ที่ได้มาซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ

2.3 สัมประสิทธิ์แรงขับ (Thrust coefficient)

ขอให้พิจารณาใบพัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง D เมตร หมุนด้วยความเร็วรอบ n ต่อวินาทีถูกขับด้วยแรงบิด Q N.m และให้แรงขับ T นิวตัน ใบพัดนี้ใช้ขับเคลื่อนอากาศที่มีความหนาแน่น ρ kg/m3 มีความหนืด ν m^2/s และมี Modulus of bulk elasticity เป็น K N/m^2 ใบพัดเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็ว V m/s จากความรู้เรื่องการวิเคราะห์ทางมิติ จะสร้างความสัมพันธ์ของแรงขับว่าเกี่ยวข้องกับ ตัวแปรต่างๆ ว่าน่าจะเป็นได้ดังนี้

$$T = h\left[D, n, p, \nu, K, V\right]$$

หรือเขียนได้ว่า $$T = CD^a n^b \rho^C \nu^d K^e V^f \qquad (2.1)$$

โดยที่ C เป็นค่าคงที่ค่าหนึ่ง สมการ 2.1 จะเขียนในรูปของมิติได้ดังนี้

$$\left\{MLT^{-2}\right\} = \left\{(L)^a (T)^{-b} (ML)^{-3C} (L2T^{-1})^d (ML^{-1}T^{-2})^e (LT^{-1})^f\right\}$$

เทียบกำลังของหน่วยหลักจะได้ว่า

(มวล,M) 1 = c+e

(ความยาว,L) 1 = a-3c+2d-e+f

(เวลา, T) 2 = b+d+2e+f

จากสมการทั้งสามนี้สามารถหาค่าของ a, b และ c ในรูปของ d, e และ f

ได้เป็น a = 4-2e-2e-f

b = 2-d-2e-f

c = 1-e

แทนค่า a, b และ c นี้ลงในสมการ 2.1 และจัดเรียงใหม่

$$T = C.D^{(4-2e-2d-f)}n^{(2-d-2e-f)}\rho^{(1-e)}v^{d}K^{e}V^{f}$$

$$T = C.\rho n^2 D^4.F\left\{\left(\frac{\nu}{D^2 n}\right)^d\left(\frac{K}{\rho D^2 n^2}\right)^e\left(\frac{V}{nD}\right)^f\right\} \qquad (2.2)$$

มาพิจารณาความสัมพันธ์ต่างๆ ในแฟกเตอร์ $F\{.....\}$ จะได้ดังนี้

ก) $\left(\frac{\nu}{D^2 n}\right)$ พิจารณาได้ว่า D.n คือความเร็วของปลายกลีบใบพัด ดังนั้นความสัมพันธ์นี้คือ (ความยาว x ความเร็ว) ซึ่งนี้คือส่วนกลับของค่า Reynolds number, Re ดังนั้น Re จะพิจารณาว่าเป็นแฟกเตอร์ที่มีความสำคัญ ที่จะต้องเท่ากันระหว่างแบบจำลองกับตัวจริง

ข) $-\left(\frac{K}{\rho D^2 n^2}\right)$ พิจารณาได้ว่า $\frac{K}{\rho} = a^2$ ในเมื่อ a คือความเร็วของเสียงในอากาศขณะนั้นและ D.n เป็นความเร็วของปลายกลีบใบพัดดังนั้นความสัมพันธ์นี้คือ (ความเร็วเสียง/ความเร็ว)^2 หรือ M โดยที่ M คือ Mach number ที่ปลายกลีบใบพัด ดังนั้นค่า M จะต้องเหมือนกันทั้งในการทดลองของตัวจำลองกับตัวจริง

ค) $\left(\frac{V}{nD}\right)$ ในเมื่อ V คือความเร็วของใบพัดที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าและค่า $\frac{V}{n}$ ก็จะเป็นระยะการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าต่อการหมุนหนึ่งรอบ ค่า $\left(\frac{V}{nD}\right)$ เป็นค่าไร้หน่วย ซึ่งจะกำหนดเรียกว่า Advance Ratio แทนด้วยสัญลักษณ์ J

ดังนั้นสมการ 2.2 จะเขียนได้เป็น

$$T = C.\rho.n^2.D^4.h(R, M, J) \qquad (2.3)$$

ค่าคงที่ C รวมกับแฟคเตอร์ h(R,M,J) จะให้เป็น k_T ซึ่งคือสัมประสิทธิ์แรงขับดังนั้นสมการ 2.3 จะเขียนใหม่เป็น

$$T = K_T.\rho.n^2.D^4 \qquad (2.4)$$

ค่า k_T เป็นค่าไร้หน่วย ขึ้นอยู่กับรูปแบบของใบพัดและขึ้นกับค่า R, M และ J ซึ่งค่าเหล่านี้จะหามาได้โดยการทดลองหรือโดยใช้ทฤษฎีชั้นสูงของ Blade element theory

2.4 สัมประสิทธิ์แรงบิด (Torque coefficient)

แรงบิดคือ แรงคูณด้วยระยะทางซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์ทางมิติในทำนองเดียวกับในหัวข้อสัมประสิทธิ์แรงขับจะได้ดังนี้

$$Q = K_Q \rho n^2 D^5 \tag{2.5}$$

ในเมื่อ Q คือแรงบิด และ k_Q เป็นสัมประสิทธิ์แรงบิดซึ่งก็เหมือนกับค่า k_T ว่าขึ้นอยู่กับรูปแบบของใบพัด รวมทั้ง R, M และ J

2.5 สัมประสิทธิ์กำลัง (Power coefficient)

กำลัง P_{in} ที่ต้องการเพื่อป้อนให้ขับใบพัดจะเป็น

$$P_{in} = 2\pi nQ = 2\pi n(k_Q \rho n^2 D^5) \tag{2.6}$$

ค่าสัมประสิทธิ์กำลัง C_p ถูกกำหนดให้เป็นไปในรูปความสัมพันธ์ดังนี้

$$P_{in} = C_p \rho n^3 D^5 \tag{2.7}$$

หรือ $$C_p = \frac{P_{in}}{\rho n^3 D^5} \tag{2.8}$$

แทนค่าสมการ 2.6 ลงไปจะได้ $$C_p = 2\pi k_Q \tag{2.9}$$

2.6 ประสิทธิ์ภาพ (Efficiency)

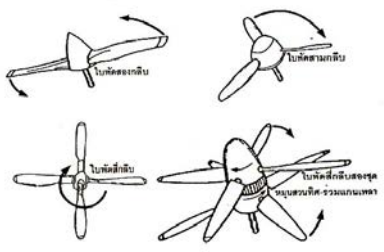
ทราบมาแล้วว่ากำลังที่ป้อนเข้ามาจะเป็น $P_{in} = 2\pi nQ$ ส่วนกำลังที่ได้ออกมาเป็นประโยชน์ $P_{out} = TV$ ดังนั้นประสิทธิภาพ, η ของใบพัดจะเขียนได้ว่า

$$\eta = \frac{TV}{2\pi nQ} = \frac{k_T \rho n^2 D^4 V}{k_Q \rho n^2 D^5 . 2\pi n} = \frac{J}{2\pi} . \frac{k_T}{k_Q} \tag{2.10}$$

เมื่อนำสมการ 2.9 แทนค่าลงไปจะได้ $$\eta = J\left(\frac{k_t}{C_p}\right) \tag{2.11}$$

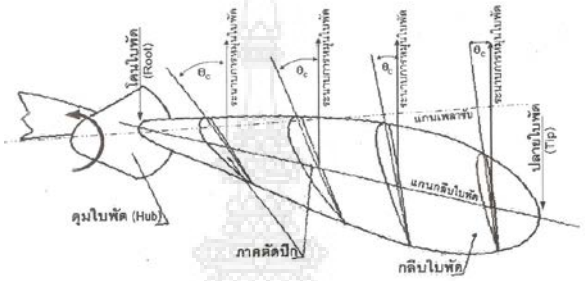
2.7 ใบพัด (Propeller)

ปีกของเครื่องบินและกลีบใบพัดมีบางสิ่งที่เหมือนกันอยู่ นั่นคือต่างก็มี ภาคตัดเป็นรูปแพนอากาศซึ่งออกแบบมาทำให้เกิดแรงทางอากาศพลศาสตร์ โดยแรงที่ปีกเครื่องบินทำให้เกิดเป็นแรงยก ส่วนแรงที่เกิดโดยกลีบใบพัดทำให้เกิดเป็นแรงขับพิจารณา ได้จากรูปที่ 2.1 ซึ่งแสดงเป็นตัวอย่างของใบพัดรูปแบบต่างๆ ซึ่งแต่ละกลีบจะมีภาคตัดเป็นรูปแพนอากาศ แต่ถ้าพิจารณาให้ละเอียดอีกทีก็จะเห็นว่าเส้นชะยาของใบพัด ณ ภาคตัดที่ระยะต่างๆ ตามแนวรัศมีนั้นจะบิดไปโดยทำมุมแปรเปลี่ยนไปกับระนาบของ การหมุน นับจาก



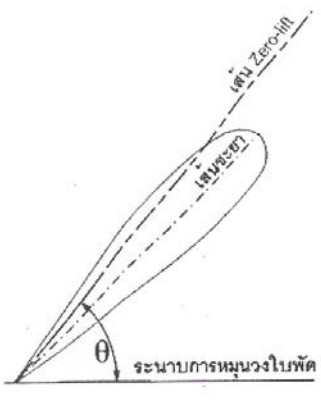
โดนใบพัดจนถึงปลายกลีบใบพัด ซึ่งแสดงให้เห็นต่อไปได้ดังรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.1 แสดงใบพัดรูปแบบต่างๆ ตามลักษณะจำนวนกลีบและการหมุน



รูปที่ 2.2 ภาคตัดแสดงการบิดของกลีบใบพัด

มุมที่เส้นชะยาของภาคตัดกลีบใบพัดทำกับระนาบของการหมุนของใบพัด เรียกว่า Pitch angle, θ_C ซึ่งมุมนี้จะเปลี่ยนไปตามรัศมีของใบพัดนับจากดุมใบพัดไปยังปลายกลีบใบพัดความเร็วของภาคตัดในการหมุนก็จะแปรไปตามระยะรัศมี จากดุมใบพัดดังนั้น แม้จะมีความเร็วคงที่ค่าหนึ่งของการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของเครื่องบิน แต่ละภาคตัดจะได้ขนาดและทิศทางของความเร็วลัพธ์ที่เข้าหากลีบใบพัดที่ภาคตัดนั้นๆ ที่ต่างกันออกไป จึงจำต้องมีมุม θ_C นี้ต่างกันตามแนวรัศมีของกลีบใบพัดนับจากดุมใบพัดออกมา ทำให้ได้มุมปะทะลัพธ์ต่อภาคตัดนั้นๆ อันมีผลทำให้ได้แรงขับที่ดีที่สุด การมีมุมบิดของภาคตัดดังกล่าวอาจจะเทียบเสมือนกับมุมของเกลียวซึ่งทำให้ได้แรงขับที่ดีที่สุด การมีมุมบิดของภาคตัดดังกล่าวอาจจะเทียบเสมือนกับมุมของเกลียวซึ่งหากพิจารณาสมมุติให้ว่า ภาคตัดใบพัดเหมือนกับพันเกลียวที่กัดเข้าไปในอากาศที่เป็นของแข็งแล้วโดยลักษณะเช่นนี้หากการหมุนของใบพัด 1 รอบ ก็จะได้ระยะการกัดเข้าไปในอากาศเป็นระยะทางที่แน่นอนอันหนึ่ง ระยะที่ได้ต่อการหมุนหนึ่งรอบของภาคตัดใบพัดนี้เมื่อพิจารณาเช่นนี้แล้ว เรียกว่า Propeller pitch แต่ในที่นี้จะกำหนดว่าเป็นนิยามของ Geometric pitch ซึ่งเป็นที่ยอมรับและจะนำไปใช้ในการพิจารณาในเรื่องของ Blade element theory ของกลีบใบพัดต่อไป ขอให้พิจารณารูปที่ 2.3 ซึ่งเป็นภาคตัดอันหนึ่งของกลีบใบพัด ณ ตำบลการตัดรัศมี r นับจากแกนหมุนของใบพัด

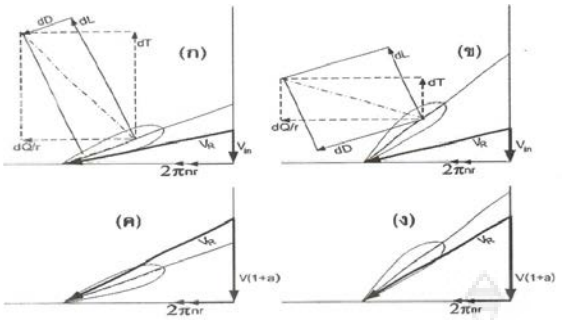


รูปที่ 2.3 Geometric pitch

เส้นประแสดงเป็นเส้นที่เรียกว่า เส้น Zero-lift ซึ่งถ้าความเร็วลัพธ์ของกระแสอากาศเข้าหาภาคตัดในแนวนี้จะไม่มีแรงยกเกิดขึ้น ค่า Geometric pitch ก็จะเป็น $2\pi r.\tan\theta$ ซึ่งก็แล้วแต่การออกแบบใบพัดว่าค่า Geometric pitch นี้อาจจะคงที่ไม่ว่าจะเป็นภาคตัดใดๆ ที่รัศมีใดของกลีบใบพัด แต่ใบพัดบางแบบอาจจะมีค่า Geometric pitch ของภาคตัดเปลี่ยนไปตามแนวรัศมี ซึ่งถ้าเป็นในกรณีเช่นนี้ ค่า Geometric pitch ที่ 70% ของรัศมีจะถูกนำมาใช้และเรียกค่า Geometric pitch ที่ตำแหน่งนี้ว่า “ Geometric mean pitch ”

ใบพัดแม้จะออกแบบกลีบให้มี Geometric pitch ของภาคตัดใดๆ ที่แน่นอนแล้ว ก็ยังไม่แยกแยะชนิดของใบพัดไปได้อีกเป็นดังนี้ เมื่อนำใบพัดที่ออกแบบมาทำการประกอบเข้ากับเครื่องยนต์เมื่อใช้งานก็มี Pitch ที่แน่นอนไม่สามารถปรับที่จะเปลี่ยนค่า Pitch ได้อีกใบพัดแบบนี้เรียกว่า Fixed - pitch propeller ส่วนใบพัดที่ประกอบเข้าไปแล้วแม้ขณะยังหมุนอยู่ ยังสามารถที่จะปรับเปลี่ยนมุมของกลีบใบพัด โดยผ่านกลไกทางกลใดๆ ได้ก็เรียกว่าเป็นแบบ Variable - pitch propeller ทั้งนี้ก็เพื่อที่จะให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดไม่ว่าที่ความเร็วในการบินเปลี่ยนไปที่ค่าใดๆ ยังมีใบพัดที่เรียกว่า Constant - speed ซึ่งจะปรับมุม Pitch ไปที่ค่าใดๆ โดยอัตโนมัติ ทำให้เกิดแรงบิดต้านที่สอดคล้องกับแรงบิดที่ได้จากกำลังเครื่องทำให้คงค่ารอบเครื่องยนต์คงที่ค่าตั้งไว้แม้ว่าความเร็วในการบินจะเปลี่ยนแปลงไปก็ตาม ลำดับต่อไปจะได้อธิบายให้เห็นถึงผลของ Geometric pitch ต่อสมรรถนะของใบพัดจะพิจารณาด้วยตัวอย่างของใบพัดที่เหมือนกัน 2 อัน ซึ่งแตกต่างกันเพียงแค่มุม θ_C ในที่นี้แทนด้วยภาคตัดของกลีบใบพัดที่ 70% ของรัศมีดังแสดงด้วยรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 (ก) เป็นภาคตัดของใบพัดที่มีพิทช์ละเอียด (Fine pitch) ส่วนรูปที่ 2.4 (ข) นั้นเป็นของแบบที่มีพิทช์หยาบ (Coarse pitch) ทำให้ใบพัดทั้งสองพิทช์ที่หมุนด้วยเร็วรอบเท่ากันเมื่อเครื่องบินยังอยู่นิ่งไม่มีความเร็วเคลื่อนที่ไปข้างหน้านั้น ความเร็วลัพธ์ที่กระทำต่อภาคตัดนั้นจะเป็น V_R โดยที่ V_R เป็นผลรวมเวคเตอร์ของความเร็วในระนาบการหมุนที่เท่ากับ $2\pi nr$ และความเร็ว “Inflow” V_{in} จะเห็นว่าภาคตัดที่มีพิทช์ละเอียดจะทำงานที่มุมปะทะลัพธ์ ที่น้อยสมเหตุสมผลกว่าแบบที่มีพิทช์หยาบซึ่งมีมุมปะทะลัพธ์มากเกินไป ลักษณะเช่นนี้ภาคตัดใบพัดพิทช์ละเอียดจะให้แรงยก dL มากและแรงต้าน dD ที่น้อยดังนั้นก็หมายถึงมีแรงขับ dT สูงและแรงบิด dQ ต่ำเมื่อเป็นเช่นนี้ใบพัด (ก) ก็จะมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า ซึ่งตรงข้ามกับใบพัดพิทช์หยาบที่มีมุมปะทะลัพธ์มากเกินไปเกิด Stall มีแรงยกน้อยและมีแรงต้านที่มาก ก็จะใช้แรงขับน้อยและแรงบิดสูงใบพัด (ข) ก็มีประสิทธิภาพที่ต่ำไม่ดี

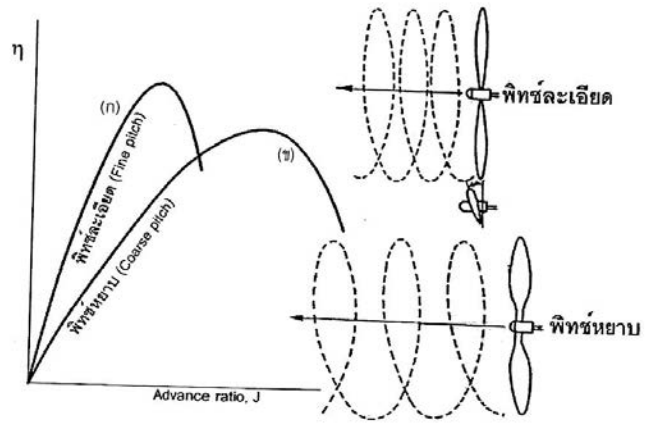


รูปที่ 2.4 ความเร็วลัพธ์ที่มีต่อภาคตัดใบพัด

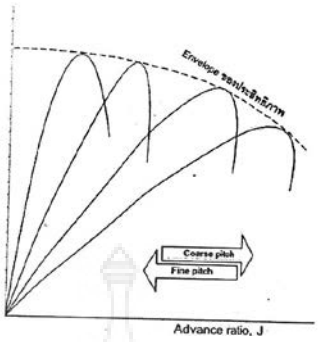
แต่กรณีเมื่อเครื่องบินเคลื่อนที่มีความเร็วไปข้างหน้าแล้ว สถานการณ์ที่กระทำต่อภาคตัดใบพัดก็จะเปลี่ยนไป ซึ่งพิจารณาได้จากรูปที่ 2.4 นั้น รูป (ก) ก็กลายเป็นรูป (ค) และรูป (ข) ก็กลายมาเป็นรูป (ง) ค่าลัพธ์ของความเร็ว “ Inflow” ก็เปลี่ยนไปเมื่อพิจารณาจะเห็นว่าภาคตัดใบพัดพิทช์หยาบกลับจะทำงานได้มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าตรงข้ามกับแบบพิทช์ละเอียด ซึ่งกลายเป็นว่าแบบพิทช์ละเอียดให้แรงขับเป็นลบไป ตัวอย่าง เช่น การใช้แบบพิทช์ละเอียดกับเครื่องบินที่บินดำลงมาด้วยความเร็วสูงเป็นต้นกลับจะหน่วงอัตราตกของอากาศยานนั้นกลายเป็นว่าที่ความเร็วดำลงมาเมื่อค่าเพิ่มขึ้นนั้นจะไม่มีแรงขับช่วยเร่งมวลยานลงมาอีก จนถึงความเร็วสูงเกินนั้นก็กลับจะให้แรงขับเป็นลบ ทำให้ได้อัตราการเพิ่มของความเร็วในการดำที่ถดถอยลง

จะเห็นว่าพิทช์ของใบพัดที่เหมาะสมกับการบินที่ความเร็วต่ำ และตอนเริ่มบินขึ้นจากสนามบินนั้นจะมีสมรรถนะที่ต่ำเมื่อไปใช้กับการบินที่ความเร็วสูง เช่นเดียวกันกับเมื่อใช้ใบพัดที่เหมาะสมกับความเร็วการบินสูงก็กลับจะได้สมรรถนะต่ำเมื่อต้องนำมาใช้กับการบินที่ความเร็วต่ำ ซึ่งใบพัดแบบ Fixed-pitch นี้เป็นอุปสรรคอันหนึ่งต่อการพัฒนาสมรรถนะของเครื่องบินในยุคแรกๆ ของการบิน

ต่อมาได้มีการพัฒนาใบพัดแบบปรับพิทช์ได้ 2 ค่า เรียกว่าเป็นใบพัดแบบ 2-pitch ทำให้มีผลในการปรับปรุงสิทธิภาพของใบพัดขึ้นอย่างมากกล่าวคือ ปรับได้เป็นแบบพิทช์ละเอียดสำหรับตอนที่บินขึ้นหรือตอนใช้ความเร็วต่ำ ได้ประสิทธิภาพดังเส้น (ก) ในรูปที่ 2.5 เมื่อ Advance ratio, J สูงขึ้นประสิทธิภาพของใบพัดพิทช์ละเอียดจะต่ำ ก็ปรับให้เป็นพิทช์หยาบตามเส้น (ข) ทำให้ได้ประสิทธิภาพของใบพัดที่ยังสูงอยู่ที่ความเร็วสูง ๆ นั้นได้จนในที่สุดก็มีการพัฒนาให้ปรับพิทช์ได้โดยอัตโนมัติ เป็นแบบ Constant-speed ดังแสดงด้วยรูปที่ 2.6 ค่าของพิทช์ก็แปรเปลี่ยนไปได้ไม่จำกัดประสิทธิภาพของใบพัดเป็นไปตามที่แสดงด้วยเส้นประ ซึ่งได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดอยู่ตลอดเวลาไม่ว่าที่ความเร็วการบินใด ๆ



รูปที่ 2.5 ประสิทธิภาพของใบพัดแบบ 2-picth



รูปที่ 2.6 ประสิทธิภาพของใบพัดปรับพิทช์โดยอัตโนมัติแบบ Constant speed

ซึ่งใบพัดแบบ Constant speed นี้ถูกออกแบบมาให้ปรับเปลี่ยนพิทช์โดยอัตโนมัติได้ ให้สอดคล้องกับขนาดกำลังคงที่ หรืออาจจะไม่คงที่ที่ได้ออกมาจากเครื่องยนต์ที่ใช้ การทำงานของใบพัดแบบนี้ผู้ใช้คือนักบินเพียงปรับคันเร่งไปอยู่ที่ตำแหน่งใดที่ตั้งไว้นั้น ระบบเครื่องยนต์และใบพัดจะหมายจำด้วยตำแหน่งของกลไกควบคุมว่า จะต้องทำงานที่ความเร็วรอบนี้ เมื่อความเร็วไปข้าหน้าเปลี่ยนไปนั้น ภาระของการบิดเนื่องจากแรงทางอากาศพลศาสตร์ของใบพัดเปลี่ยนไป ถ้ามากขึ้นก็มีแนวโน้มไปขึนกำลังเพลาของเครื่องจะทำให้รอบเครื่องยนต์ตกทั้งๆที่มิได้ไปแตะคันเร่ง แต่กลไกควบคุมจะส่งสัญญาณไปลดพิทช์ลงภาระแรงบิดขึนนั้นก็ลดลง สู่สมดุลของแรงบิดจากเครื่องยนต์ทำให้เครื่องยนต์คงค่าความเร็วรอบคงที่ได้ ระบบขับเคลื่อนตรวจสอบตนเองเป็นวงจรเปิด (Closed loop feedback control) จะพยายามคงความเร็วรอบคงที่ตามที่ตั้งคันเร่งนั้นไว้ นักบินไม่ต้องมาสาละวนกับการคอยปรับแต่งรอบใบพัด

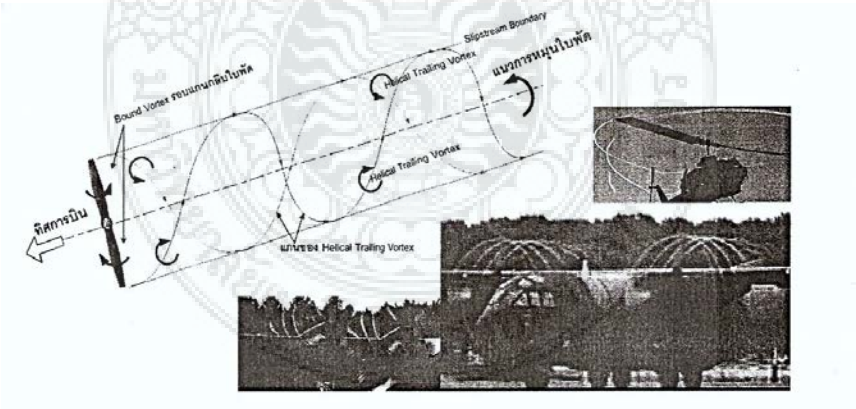
ใบพัดแบบ Constant - speed ยังออกแบบเสริมให้ทำหน้าที่ที่สำคัญได้อีก 2 อย่าง อย่างแรกคือ การทำ “Feathering” ให้มีพิทช์สูงมากๆจนเส้น Zero - lift ขนานกับทิศทางของการบิน ซึ่งจะใช้ในกรณีที่เครื่องยนต์ดับต้องการบินร่อน ในลักษณะเช่นนี้ก็เป็นการลดแรงต้านลงอย่างมากซึ่งจะเป็นผลดีในกรณีฉุกเฉินได้ หรือใช้พักเครื่องยนต์บางเครื่องในกรณีเป็นอากาศยานหลายเครื่องยนต์เพื่อภารกิจบางอย่างเป็นต้น ส่วนหน้าที่อีกอย่างหนึ่งนั้นคือการปรับพิทช์เป็นลบ ทำให้เกิดแรงขับมีทิศตรงข้ามกับแนวการเคลื่อนที่เรียกว่าเป็นการทำ “Reverse - thrust” เป็นการช่วยในการเบรกตอนร่อนลงแตะสนามบิน ซึ่งจะทำให้ใช้ทางวิ่งลงที่สั้นลดการใช้งานหนักที่เบรกล้อ ทั้งยังช่วยในการบังคับเลี้ยว เมื่อแล่นเข้าสู่ลานจอดหรือเข้าสู่ลานบินขึ้นลงของเครื่องบินขนาดหนักแบบหลายเครื่องยนต์เป็นต้น

2.8 ทฤษฎีของใบพัด (Blade element theory)

ทฤษฎีโมเมนตัน Froude ตามที่ได้แสดงไว้ในหัวข้อทฤษฎีโมเมนตันในการขับเคลื่อนของไหลของ Froude นั้นเป็นเพียงทฤษฎีเบื้องต้นในการประมาณหาสมรรถนะของระบบขับเคลื่อน ซึ่งยังมีความคลาดเคลื่อนไปจากความจริงอยู่อีกมาก แต่สำหรับการวิเคราะห์ให้ละเอียดลง เพื่อใช้ในการออกแบบใบพัดให้ได้สมรรถนะตามที่ต้องการแล้วจำเป็นที่จะต้องใช้วิธีการอีกอย่างหนึ่งที่แน่นอนกว่า ซึ่งวิธีการนี้เรียกว่า Blade element theory วิธีนี้จะพิจารณาโดยให้ใบพัดเป็นแพนอากาศอันหนึ่ง เริ่มแรกนั้นจะพิจารณาที่ภาคตัดของใบพัด ซึ่งมีความลึกน้อยๆ อันหนึ่งแล้วนำมาอินทิเกรดโดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ จนในที่สุดจะได้ออกมาเป็นคุณลักษณะทางอากาศพลศาสตร์ของกลีบใบพัดทั้งกลีบ

2.9 ผลกระทบจากการหมุนของใบพัดต่อการไหลเข้ามาของอากาศที่ผ่านใบพัด

เมื่ออากาศถูกใบพัดกวาดเข้ามาและออกไป จากวงกวาดของใบพัดก็จะเกิดปรากฏการณ์ของการไหลที่เปลี่ยนแปลงไปจากกระแสอิสระที่ไหล เข้ามาจากทางด้านหน้าของใบพัดจึงสมควรกล่าวให้เป็นที่เข้ามาจากทางด้านหน้า จึงสมควรกล่าวให้เป็นที่เข้าใจไว้ในที่นี้ว่าใบพัดเครื่องบินเมื่อหมุนก็คือภาคตัดแพนอากาศที่ก่อให้เกิดแรงยก ซึ่งในลักษณะเช่นนี้ย่อมจะมีทั้ง Bound Vortex เกิดขึ้นรอบแนวแกนของกลีบใบพัดและ Trailing Vortex นั้นจะก่อตัวเป็นลักษณะควงสว่างเป็นเกลียวออกไปทางข้างหลังของการกวาดใบพัดแต่แกนของ Helical Trailing Vortex ซึ่งแตกต่างออกไปจากกรณีของ Trailing Vortex อันเกิดจากปีก 3 มิติที่มีแรงยกในอากาศ ลักษณะของการเกิด Vortex จะแสดงได้ดังรูปที่ 2.7 โดยที่ Trailing Vortex จะเลื่อนควงไปด้านหลังตามแนวแกนเพลาของใบพัด



รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะการเกิดวอร์เทคของใบพัด

ในที่นี้จะไม่แสดงถึงทฤษฎีอันเกี่ยวกับ Vortex ที่เกิดจากการหมุนของใบพัดเพียงแต่จะให้เข้าใจว่าปรากฏการณ์นี้ได้เกิดขึ้นจริงในการหมุนทำงานของชุมใบพัดซึ่งมวลอากาศเมื่อได้รับพลังงานจากใบพัดก็จะถูกผลักออกไปทางข้างหลักกลายเป็น Slipstream นั้นมวลอากาศที่เป็นลำกระบอก Slipstream นี้จะหมุนควงเป็นเกลียวไปด้วยตามทิศทางการหมุนของใบพัด ซึ่งอากาศเมื่อก่อนจะเข้า

สู่ระนาบของการหมุนของวงใบพัดนั้นจะถือว่าไม่ได้รับอิทธิพลของ Bound vortex และ Trailing vortex เมื่อเป็นดังนี้แล้วอากาศส่วนนี้ ก็มีทิศเป็นไปตามแกนเพลาของใบพัดอยู่และเมื่อเข้าไปในระนาบการหมุนดังกล่าวของวงใบพัดก็จะถูกเบี่ยงเบนทิศทางไปด้วยอิทธิพล Trailing vortex ทันทีที่พ้นจากระนาบการกวาดของวงใบพัดก็จะเป็นการหมุนโดยที่มีทิศของการไหลเบี่ยงเบนไปอีกด้วยอิทธิพลของทั้ง Bound Vortex และ Trailing ซึ่งในการวิเคราะห์ด้วย Blade element theory นั้นก็จะพิจารณาถึงผลกระทบของปรากฏการณ์นี้ด้วยถ้าจะกำหนดว่าให้ใบพัดมีความเร็วเชิงมุมในการหมุนเป็น Ω rad/s แล้ว จะได้ความเร็วเชิงมุมของการไหลในระนางการหมุนของใบพัดเป็น $b\Omega$ ซึ่งค่า b นี้เรียกว่า Rotational inflow factor ค่า b นี้ไม่จำเป็นต้องเป็นค่าคงที่ตลอดทั้งหน้าวงกวาดของใบพัดแต่อาจจะเปลี่ยนไปตามรัศมีแต่ค่า Ω ย่อมจะคงที่ไม่ว่าที่รัศมีใดๆ ส่วนค่า Linear inflow factor, a ตามที่แสดงให้หัวข้อเรื่องทฤษฎีโมเมนตันในการขับเคลื่อนของไหลของ Froude นั้นจะเป็นค่ากำหนดไว้ ในการกำหนดค่าความเร็วตามแกนเพลาการหมุนของใบพัดของอากาศในเขตการกวาดของใบพัดซึ่งค่าความเร็วดังกล่าวจะเป็น (1+a)V และค่า a นี้ย่อมจะแปรเปลี่ยนไปตามแนวรัศมี ส่วนที่ระนาบทันทีที่เลยออกไปจากระนาบการหมุนของใบพัดไปข้างหลังนั้น ก็จะมีความเร็วเชิงมุมของการไหลของอากาศแตกต่างออกไปอีก ซึ่งโดยการใช้ทฤษฎีของ Vortex ชั้นสูงต่อไปนั้นจะพิสูจน์ได้ว่าความเร็วเชิงมุมของการไหลออกมาจากระนาบการหมุนของใบพัดจะเป็น $2b\Omega$ กล่าวได้ว่าค่า $2b$ เป็น Outflow factor ความสัมพันธ์นี้บอกได้ว่าความเร็วเชิงมุมของการไหลด้านหลังวงใบพัดจะเป็น 2 เท่าของความเร็วเชิงมุมของการไหลในระนาบการหมุนของใบพัดซึ่งคล้ายคลึงกับผลของการวิเคราะห์ ความเร็วของการไหลตามแกนเพลสโดยทฤษฎีโมเมนตันของ Froude

2.10 ความรู้เกี่ยวกับ GPS

GPS ย่อมาจาก “Global Positioning System” คือระบบที่ระบุตำแหน่งทุกแห่งบนโลกจากกลุ่มดาวเทียม 24 ดวงที่โคจรอยู่รอบโลก ซึ่งถ้าเรามีอุปกรณ์รับข้อมูลติดตั้งอยู่ จะทำให้สามารถแสดงตำแหน่งนั้นอย่างแม่นยำ

2.10.1 ประวัติและพัฒนาการของดาวเทียม GPS

สิ่งที่มนุษย์เราต้องใช้ตั้งแต่เริ่มเดินทางรอบโลก คือ สิ่งที่ช่วยบอกเราได้ว่ากำลังเดินทางไปยังตำแหน่งใดๆ บางท่านอาจคิดว่าเป็นเรื่องธรรมชาติ ที่มนุษย์เราน่าจะมีเครื่องมืออะไรสักอย่างที่ใช้การได้มานานแล้ว ก่อนที่จะมีระบบ GPS เรายังไม่เคยมีเครื่องมือที่นำมาใช้บอกตำแหน่งและทิศทางที่สมบูรณ์เลย จะมีก็เพียงแต่เข็มทิศเท่านั้นที่ใช้บอกทิศทาง มนุษย์เรามีวิวัฒนาการบอกทางมา ตั้งแต่สมัยแรกด้วยวิธีสังเกตจากดวงดาว ซึ่งใช้การได้ดีเพราะดวงดาวอยู่ห่างจากโลกเรามาก ทำให้สามารถมองเห็นกลุ่มดาวจากที่ต่างๆ ในบริเวณกว้างได้ แต่การวัดดาวทำได้เฉพาะตอนกลางคืนและต้องเป็นคืนที่ท้องฟ้าแจ่มใสเท่านั้น เครื่องมือที่ทันสมัยในยุคอิเล็คทรอนิคส์ ซึ่งมนุษย์ได้สร้างขึ้นสำหรับการเดินเรือแบบใหม่ชื่อระบบ LORAN ที่ใช้คลื่นวิทยุซึ่งติดตั้งตามพื้นที่ส่วนต่างๆ และอีกระบบต่อมาใช้

ดาวเทียมเหมือนระบบ GPS คือ ระบบที่เรียกว่า “TRANSIT SYSTEM” หรือ “SATNAV” ทั้งสองระบบที่กล่าวมาข้างต้น ปัจจุบันได้ยกเลิกการใช้งานแล้วเนื่องจากมีข้อบกพร่องในการบอกตำแหน่ง คือ ในส่วนของระบบ LORAN นั้นสามารถที่จะบอกตำแหน่งได้เพียงบริเวณหนึ่งๆ เท่านั้นไม่สามารถที่จะทำการบอกตำแหน่งได้ครอบคลุมทั้งหมด ส่วนระบบ TRANSIT นั้นสามารถที่จะบอกตำแหน่งครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่าแต่มีข้อบกพร่อง คือ วงโคจรดาวเทียมของระบบอยู่ในระดับต่ำและมีจำนวนน้อยเกินไปและเนื่องจากระบบ TRANSIT ใช้วิธีการวัดคลื่นแบบ Doppler ซึ่งถ้ามีการเคลื่อนไหวเครื่องรับสัญญาณเพียงเล็กน้อยก็จะเกิดความคลาดเคลื่อนในการบอกตำแหน่งไปได้มาก

กระทรวงกลาโหม ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ดำเนินการโครงการ Global Positioning System หรือ “GPS” ขึ้น GPS จะใช้ดาวเทียมจำนวน 24 ดวง โคจรอยู่ในระดับสูงที่พ้นจากคลื่นวิทยุรบกวนของโลกและวิธีการที่สามารถให้ความถูกต้อง เพียงพอที่จะใช้ชี้บอกตำแหน่งได้ทุกแห่งบนโลกตลอดเวลา 24 ชั่วโมง จากการนำมาใช้งานจริงจะให้ความถูกต้องสูง โดยที่ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตำแหน่งทางราบต่ำกว่า 50 เมตร และถ้าเราวัดแบบวิธี “อนุพันธ์” (Differential) จะให้ความถูกต้องถึงระดับเซนติเมตร จากการพัฒนาทางด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทำให้สามารถผลิตเครื่องรับ GPS ที่มีขนาดเล็กลง และมีราคาถูกลงกว่าเครื่องรับระบบ TRANSIT เดิมเป็นอันมาก

ปัจจุบันมีการนำ GPS มาใช้งานในหลายสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจอาทิเช่น ภูมิศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์สิ่งแวดล้อม ได้แก่ การนำ GPS มาใช้ในการกำหนดขอบเขตและจุดที่แน่นอนของป่าสงวน และอุทยาน ใช้ในการบอกตำแหน่งเพื่อใช้ออกงานวงรอบ (TRAVERS) การใช้ GPS ในการสำรวจภูมิประเทศเพื่อทำแผนที่เส้นชั้นความสูง (Contour) และงานถนนหรือแม้แต่การนำ GPS มาใช้ตรวจสอบรายละเอียดความถูกต้องของงานโครงข่ายสามเหลี่ยมและงานวงรอบ เป็นต้น

2.10.2 ระบบดาวเทียม GPS

ลักษณะทั่วไปของระบบ GPS ประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ได้แก่

ก) ส่วนอวกาศ

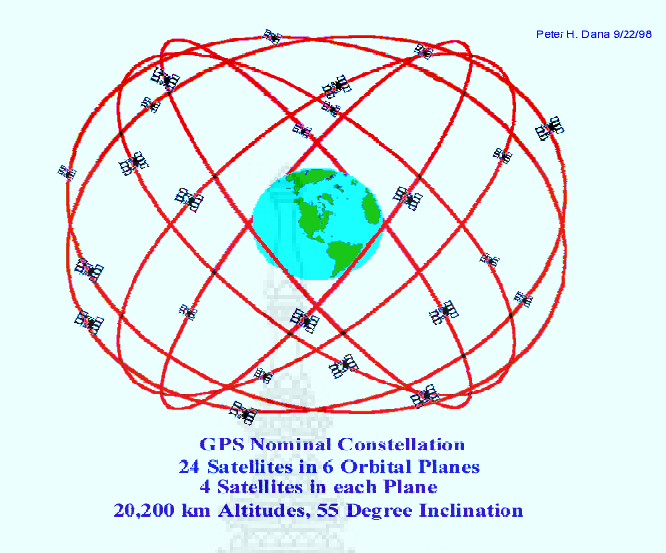
ข) สถานีควบคุม

ค) ผู้ใช้

ก) ส่วนอวกาศ (Space Segment)

ในระบบดาวเทียม GPS จะประกอบด้วยดาวเทียมทั้งหมด 24 ดวง โดยดาวเทียมจำนวน 21 ดวง จะใช้ในการบอกค่าพิกัด ส่วนที่เหลือ 3 ดวง จะสำรองเอาไว้ ดาวเทียมทั้ง 24 ดวงนี้จะมีวงโคจรอยู่ 6 วงโคจรด้วยกัน โดยแบ่งจำนวนดาวเทียมวงโคจรละ 4 ดวง และมีรัศมีวงโคจรสูงจากพื้นโลกประมาณ 20,200 กิโลเมตร (126,000 ไมล์) วงโคจรทั้ง 6 จะเอียงทำมุมกับเส้นศูนย์สูตร(Equator) เป็นมุม 55 องศา ในลักษณะสานกันคล้ายลูกตะกร้อดาวเทียมแต่ละดวงจะใช้เวลาในการโคจรครบรอบ 12 ชั่วโมง นั่นคือ คาบของการโคจรเป็น 12 ชั่วโมง/รอบ ความถี่ที่ใช้ในการบอกตำแหน่งค่า

พิกัดของดาวเทียมแต่ละดวงมี 2 ความถี่ คือ ความถี่ L1:1,575.42 MHz และความถี่ L2:1,27.60 MHz



รูปที่ 2.8 ตำแหน่งและการโคจรของดาวเทียม GPS รอบโลก

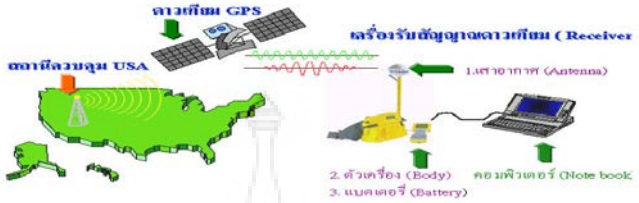
ข) สถานีควบคุม (Control Station Segment)

ในส่วนของสถานีควบคุมจะประกอบด้วย 5 สถานีย่อย (Monitor Station) ตั้งอยู่ที่เมือง Diego Garcia, Ascension Island, Kwajalein, และ Hawaii ส่วนสถานีควบคุมหลัก (Master Control Station) 1 สถานี ซึ่งเป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของระบบดาวเทียม GPS ตั้งอยู่ที่เมือง Colorado Springs รัฐ Colorado สหรัฐอเมริกาสถานีควบคุมต่างๆ เหล่านี้มีหน้าที่คอยติดต่อสื่อสาร (Tracking) กับดาวเทียมทำการคำนวณผล (Computation) เพื่อบอกตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง และส่งข้อมูลที่ได้ไปยังดาวเทียมอยู่ตลอดเวลา ทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่ทันสมัยอยู่เสมอ

รูปที่ 2.9 สถานีควบคุมระบบดาวเทียม GPS 5 แห่ง

ค) ส่วนผู้ใช้ (Use Segment)

ผู้ใช้ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับพลเรือน (Civilian) และส่วนที่เกี่ยวข้องกับทางทหาร (Military) ในส่วนของผู้ใช้จะมีหน้าที่พัฒนาเครื่องรับสัญญาณ (Receiver) ให้ทันสมัยและสะดวกแก่การใช้งาน สามารถที่จะใช้ได้ทุกแห่งในโลก และให้ค่าที่มีความถูกต้องสูง



รูปที่ 2.10 แสดงส่วนประกอบของดาวเทียม

2.10.3 ประเภทเครื่องรับสัญญาณ GPS

เครื่องรับแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ เครื่องประเภทที่สามารถรับดาวเทียมได้ 4 ดวง หรือมากกว่าได้พร้อมกันทีเดียว กับเครื่องที่มีการรับดาวเทียมโดยการเรียงลำดับและแต่ละกลุ่มยังแบ่งย่อยได้อีกคือ

2.10.3.1 เครื่องรับแบบเรียงลำดับสัญญาณดาวเทียม ปกติเครื่องรับ GPS จะต้องมีข้อมูลจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง จึงสามารถคำนวณหาตำแหน่งที่ได้ เครื่องรับที่ใช้เรียงลำดับใช้ช่องรับสัญญาณเพียงช่องเดียว รับข้อมูลจากดาวเทียมดวงหนึ่งระยะหนึ่งแล้วเปลี่ยนไปยังอีกดวงหนึ่ง เครื่องประเภทนี้จะมีแผงวงจรเล็ก ดังนั้นจึงมีราคาถูกกว่าและใช้กำลังน้อยกว่า ข้อเสียของการเรียงลำดับสัญญาณอาจเกิดขาดตอนและทำให้มีผลต่อความถูกต้องของผลที่ได้ในกลุ่มนี้จะมี “Starved Power” Single-Channel Receivers, Two Channel Receivers, และเครื่องแบบเก่า Fast-Multiplexing Single Receivers

ก) Starved-Power Single Receivers เครื่องแบบนี้ออกแบบให้พกพาได้ และสามารถทำงานได้ด้วยถ่านไฟฉายขนาดเล็ก การจำกัดการใช้กระแสไฟโดยให้ปิดการทำงานตัวเองโดยอัตโนมัติ เมื่อแสดงตำแหน่งครั้งสองครั้งใน 1 นาที เหมาะสำหรับใช้งานบอกตำแหน่งส่วนตัวเช่น นักไต่เขาหรือแล่นเรือใบในเวลากลางวัน โดยไม่ต้องมีถ่านไฟฉายหลายก้อน นับว่าเป็นเครื่องที่ใช้การได้ สามารถให้ความถูกต้องที่ดีกว่าระบบ LORAN และทำงานได้ทุกที่บนโลก ข้อเสียคือ ความถูกต้องของ GPS ไม่ดี และต่อเชื่อมกับอุปกรณ์อื่นไม่ได้ และไม่สามารถใช้วัดหาความเร็วได้ การที่หาความเร็วไม่ได้ เนื่องจากต้องปิดเครื่องเองในระหว่างการวัดเพราะว่าเครื่องใช้แผงวงจรนาฬิกาที่กินไฟน้อย (นาฬิกาจะต้องเดินอยู่ตลอดเวลา) นาฬิกาที่ใช้จึงไม่ให้ความถูกต้องเท่าที่ควร

ข) Single Channel Receivers เหมือนกับแบบค่าข้างบนเป็นเครื่องรับสัญญาณห้องเดียวใช้ทำงานหาระยะจากดาวเทียมทุกดวง แต่ที่ไม่เหมือนคือเครื่องรับช่องเดียวแบบมาตรฐานไม่จำกัดที่กำลังไฟ ดังนั้นจึงทำการรับต่อเนื่องได้ มีผลทำให้ความถูกต้องสูงกว่า และใช้วัดหาความเร็วได้ จากที่มีเพียงช่องเดียวที่ต้องใช้ทั้งการรับข้อมูลดาวเทียมและคำนวณหาระยะ จึงไม่สามารถหาตำแหน่งต่อเนื่องได้ ยิ่งกว่านั้นตามเหตุผลของวิชาการ ความไม่เที่ยงตรงของนาฬิกามีผลโดยตรงต่อความถูกต้องของการวัดหาความเร็ว เครื่องราคาถูกบางชนิดใช้นาฬิการาคาถูกเพื่อให้ราคาเครื่องลดลงจึงทำให้ค่าความเร็วที่แสดงมาเชื่อถือไม่ได้

ค) Fast-Multiplexing Single Receivers เครื่องประเภทนี้เหมือนกับเครื่องทั้งสองประเภทข้างบน ซึ่งรับช้า แต่เครื่องรับนี้สามารถเปลี่ยนดาวเทียมได้เร็วกว่ามาก ข้อดี คือ สามารถทำการวัดได้ในขณะที่กำลังรับข้อมูลจากดาวเทียม ดังนั้นเครื่องทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และการที่มีนาฬิกาไม่เที่ยงจึงมีผลต่อเครื่องประเภทนี้น้อย เครื่องแบบนี้ต้องการใช้แผงวงจรที่ค่อนข้างซับซ้อนและราคาพอๆ กับเครื่องแบบสองช่องรับสัญญาณที่ใช้เครื่องซึ่งให้ความถูกต้องสูงกว่าและมีลักษณะการยืดหยุ่นการใช้งานได้ดีกว่า

ง) Two-Channel Sequencing Receivers การเพิ่มช่องรับสัญญาณขึ้นอีกหนึ่งช่องช่วยให้เครื่องเพิ่มขีดความสามารถขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ข้อหนึ่งความแรงสัญญาณ Signal-to-Noise เป็นสองเท่าทันที หมายถึง สามารถจับสัญญาณภายใต้สภาวะที่ไม่ดีได้และสามารถรับดาวเทียมดวงที่อยู่ระดับต่ำใกล้เส้นขอบฟ้าได้ จากการที่ช่องหนึ่งสามารถรับข้อมูลตำแหน่งอย่างต่อเนื่องได้ในขณะที่อีกช่องหนึ่งค้นหาดาวเทียมดวงต่อไป เครื่องแบบสองช่องนี้จะทำงานแบบนำร่องได้โดยไม่ต้องมีการขาดตอน และความเร็วก็จะมีค่าที่ถูกต้องขึ้น ความจริงเครื่องรับสองช่องที่มีคุณภาพดีก็สามารถใช้คำนวณหาและตัดค่าที่เวลาของนาฬิกาเครื่องรับไม่ดีทิ้ง เพื่อใช้ในการวัดหาความเร็ว ข้อเสียของเครื่องแบบสองช่อง คือ มีราคาสูงกว่าและกินไฟมากกว่า ในเครื่องรับรุ่นใหม่บ้างก็มักใช้แบบ IC ที่สามารถเพิ่มช่องรับสัญญาณที่สองในราคาที่ไม่ต่างกับราคานาฬิกาดีๆ หนึ่งเรือน แต่กระนั้นเครื่องแบบสองช่องยังมีราคาแพงกว่าเครื่องแบบช่องเดียวมาก ทั้งนี้ เนื่องจากผู้ใช้สองช่องมักต้องการความถูกต้อง และต้องการเครื่องที่แข็งแรงและสามารถควบคุมสังเกตการณ์แสดงผลที่ดีกว่า

2.10.3.2 Continuous Receivers ได้แก่ เครื่องรับที่สามารถรับสัญญาณดาวเทียมพร้อมกันได้ตั้งแต่ 4 ดวงขึ้นไปและสามารถแสดงผลค่าตำแหน่งและความเร็วได้ทันที การรับดาวเทียมได้ทั้ง 4 ดวง พร้อมกับที่มีค่าในการวัดหาในขณะที่มีการเปลี่ยนตำแหน่งรวดเร็วหรือต้องการความถูกต้องสูง ดังนั้นเครื่องแบบนี้จึงนำมาใช้ในงานรังวัดและทางด้านวิทยุ ซึ่งจะพบว่าจะมีช่องรับสัญญาณทั้ง 4, 5,8,10 และ12 ช่อง นอกจากข้อดีที่ใช้วัดตำแหน่งอย่างต่อเนื่องได้แล้ว เครื่องรับ GPS แบบหลายช่องสามารถช่วยขจัดปัญหา GDoP ได้อีกด้วย คือ แทนที่จะรับดาวเทียม 4 ดวงใดก็ได้ จะ

คำนวณหาค่า GDoP ดาวเทียมทั้ง 4 ดวงของกลุ่มดาวเทียมที่ขึ้นอยู่ และทำการวัดจากดาวกลุ่มที่มีค่า GDoP ต่ำสุด เครื่องรับ 4 ช่องสัญญาณ สามารถให้ค่า Signal to Noise Ratio เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของเครื่อง 2 ช่อง และเป็นสี่เท่าของเครื่องรับแบบช่องเดียว และโดยการเปรียบเทียบค่าการรับของแต่ละช่อง เครื่องสามารถปรับตั้งค่าพิกัดเทียบระหว่างช่องรับสัญญาณ ซึ่งช่วยทำให้การวัดมีความถูกต้องดีขึ้น นอกเหนือจากข้อดี ข้อเสียที่กล่าวแล้ว ยังมีข้ออื่นมาพิจารณาอีก คือ มีเครื่องแบบใหม่สามารถได้ค่าความถูกต้องสูงมาก โดยการใช้ทั้งรหัส Pseudo Random ที่กล่าวมาแล้ว และใช้ความถี่ของคลื่นพาหะ (Carrier Frequency) ซึ่งทำให้เครื่องรับทำงานมีความเที่ยงสูงที่รหัส Pseudo Random ไม่สามารถให้ได้ และใช้ในการวัดหาเวลาได้แม่นยำมากขึ้น ซึ่งช่วยในการบอกตำแหน่งได้ดีขึ้นด้วย และมีบางเครื่องที่ไม่ต้องใส่ค่าประมาณตำแหน่งและเวลา โดยประมาณให้เครื่องก่อนทำการวัด เครื่องรับแบบนี้ใช้ตัวเองใส่ค่าเริ่มตำแหน่งได้โดยตัวมันเอง ข้อควรพิจารณา คือ การต่อเชื่อมกับอุปกรณ์อื่นและความสะดวกบางเครื่องแสดงได้เฉพาะพิกัดภูมิศาสตร์ บางเครื่องไม่สามารถต่อเข้ากับเครื่องมืออื่นหรือคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (PC) ได้ และข้อใหญ่ที่ต้องพิจารณา ความแข็งแรงทนทานถ้าต้องใช้เครื่องทำงานในพื้นที่ทะเล หรือในพื้นที่ป่าเขา การใช้ไฟและความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นตัวชี้สำคัญที่จะต้องเอาใจใส่ ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าอัตราของค่าความผิดพลาดจะเพิ่มเป็นสองเท่าของความร้อนในเครื่องเพิ่มทุก 7 องศาฟาเรนไฮต์ เครื่องรับรุ่นใหม่ปัจจุบันได้เพิ่มคุณค่าให้แก่เครื่องรับ GPS อีกหลายประการ เช่น ใช้การประมวลผลที่ซับซ้อน แสดงผลด้วยจอภาพรายละเอียด เครื่องรับ GPS อาจแสดงจุดตำแหน่งบนแผนที่ที่ได้วาดไว้แล้วให้เห็นทันที

2.10.4 การทำงานของเครื่องรับ GPS (Global Positioning System Receiver Operation)

2.10.4.1 การเลือกดาวเทียม (Satellite Selection)

กระบวนการแทรค (Track) จะเริ่มขึ้นโดยเครื่องรับจะหาตำแหน่งดาวเทียมดวงที่เป็นไปได้ในการแทรค (Track) ถ้าเครื่องรับสัญญาณเลือกดาวเทียมเป้าหมายเพื่อจะทำการแทรค (Track) และเริ่มกระบวนการรับสัญญาณ การมองเห็นดาวเทียม (Satellite Visibility) จะตัดสินจากข้อมูลอัลมาแนค (GPS Satellite almanac) และค่าการประมาณ (หรือค่าที่ได้รับจากผู้ใช้) เริ่มต้นของเวลาและตำแหน่งของเครื่องรับ ซึ่งถ้าเครื่องรับไม่มีค่าเหล่านี้เก็บไว้ เครื่องรับสัญญาณจะเริ่มทำการสำรวจท้องฟ้า ซึ่งจะค้นหาซูโดแรนดอมนอยส์ ซึ่งก็คือรหัส C/A จนล็อคได้จากดาวเทียมดวงหนึ่งที่อยู่ในวิสัย เมื่อดาวเทียมถูกแทรค (Track) เรียบร้อยแล้ว เครื่องรับจะสามารถดีมอดูเลต ข้อมูลการนำร่องและได้รับค่าปัจจุบันของข้อมูลอัลมาแนค เช่นเดียวกับสถานะสุขภาพของดาวเทียมที่เหลือทั้งหมดในดาวเทียมที่มองเห็น หรือใช้ดาวเทียมนั้นขึ้นอยู่กับ สถาปัตยกรรมของเครื่องรับสัญญาณ อาจจะเลือกกลุ่มที่ดีที่สุดในดาวเทียมที่มองเห็น หรือใช้ดาวเทียมที่มีสุขภาพที่ดีทั้งหมด เพื่อใช้พิจารณาตำแหน่ง ความเร็ว และเวลา ผลจากการคำนวณมักจะมีความถูกต้องมากกว่าการใช้ดาวเทียม 4 ดวง ถึงแม้ว่าระบบจะต้องการความซับซ้อน ของการประมวลผลและเครื่องรับมากกว่า เครื่องรับส่วนใหญ่จะแทรค

(Track) ดาวเทียมมากกว่า 4 ดวง แต่น้อยกว่าที่เห็นในวิสัยทั้งหมด เนื่องจากการตกลงกันระหว่างความซับซ้อน และความถูกต้อง เครื่องรับที่ใช้วิธีเลือกกลุ่มที่ดีที่สุดก็ทำเช่นเดียวกัน โดยขึ้นอยู่กับเรขาคณิตการประมาณความถูกต้อง

2.10.4.2 การรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Signal Acquisition)

กำลังของสัญญาณดาวเทียมที่พื้นผิวโลก จะมีค่าต่ำกว่าระดับของเสียงรบกวน เนื่องจากการมอดูเลตสัญญาณ โดยวิธีสเปรด-สเปรกตรัม ความสูงของวงโคจร และกำลังส่งของดาวเทียม เพื่อจะนำสัญญาณกลับมา เครื่องรับจะใช้เทคนิคโค้ดคอรีเลชั่น (Code Correlation) โดยจะสร้างสัญญาณเลียนแบบสัญญาณที่จะรับเข้ามา และนำมาจัดให้ตรงกับสัญญาณที่ได้รับ โดยเครื่องรับจะเลื่อนสัญญาณเลียนแบบให้ตรงกับสัญญาณจากดาวเทียม เมื่อโค้ดเกิดการตรงกัน สัญญาณก็จะถูกบีบอัดกลับเป็นความถี่พาหนะต้นกำเนิด ค่าความล่าช้าในรหัสของเครื่องรับคือ เวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณระหว่างดาวเทียม กับเครื่องรับทำให้ได้ระยะทางออกมา (ระยะทางจากค่าความล่าช้านี้เรียกว่าซูโดเรนจ์เพราะว่ามันยังไม่ใช่ระยะทางที่แท้จริง เนื่องจากยังไม่ได้ลบค่าไบอัสของสัญญาณนาฬิกาของเครื่องรับออกไป) เครื่องรับโดยปกติจะใช้เทคนิคเฟสล็อกลูป (Phase-Locked-Loop) เพื่อซิงค์โครไนซ์ (Synchronize) สัญญาณที่เครื่องรับสร้างขึ้นภายในกับสัญญาณที่ได้รับจากดาวเทียม โค้ดแทรกกิงลูปจะใช้แทรกสัญญาณรหัส C/A และรหัส P ขณะที่แคเรียแทรกกิงลูป (Carrier Tracking Loop) ใช้เพื่อแทรกความถี่พาหนะแทรกกิงลูปทั้งสองจะช่วยกันและกัน เพื่อที่จะได้รับและแทรกสัญญาณดาวเทียมสัญญาณ RF ที่ได้รับจะถูกดาวน์คอนเวิร์ต (Down Convert) ผ่านความถี่ไอเอฟ 2 ค่า ลงจนเป็นความถี่ที่ใกล้เคียงกับเบสแบนด์ (Base Band) ซึ่งจะสามารถถูกแซมปลิงโดย A/D คอนเวอร์เตอร์ (A/D Converter) อินเฟสแซมเพิลและควอดดราเจอร์แซมเพิล (In- phase And Quadrature Digital Samples) จะถูกใช้เพื่อรักษาข้อมูลของเฟสในสัญญาณที่ได้รับ แซมเพิลมักจะมี 2 บิท เพื่อลดค่าสูญเสียของการคอนเวิร์ดอัตราการแซมปลิงต้องมีค่ามากกว่าอัตราการชิบของรหัสสำหรับรหัสเอนอาร์แซด (NRZ) คือมีค่ามากกว่า 10.23 MHz สำหรับ รหัส P(Y)

2.10.5 มาตรฐาน NMEA-0183 (National Marine Electronics Association)

มาตรฐาน NMEA-0183 คือมาตรฐานที่เอาท์พุทจะเป็นแบบ EIA- 422 อาจจะถูกใช้เชื่อมต่อกับ RS-232 อินพุทของเครื่องคอมพิวเตอร์ในมาตรฐาน NMEA-0183 ตัวอักขระที่ใช้คือ ASCII Text ซึ่งสามารถพิมพ์ได้ (รวมไปถึง Carriage Return And Line Feed) ตามอัตราการส่งข้อมูลของ NMEA-0183 นั้น ข้อมูลจะถูกส่งด้วยอัตรา 4800 baud ข้อมูลจะถูกส่งในรูปของประโยค (Sentence) แต่ละประโยคเริ่มต้นด้วยดอลล่าซายน์ ($) ตัวอักษรที่ตามมาอีก 2 ตัวคือ talker ID หรือ Device ID เช่น GP ใช้เพื่อบ่งชี้ว่าเป็นข้อมูล GPS (Global Positioning System) เป็นต้น ตัวอักษรที่ตามมาอีก3 ตัวคือ Sentence ID หรือตัวกำหนดรูปแบบประโยค (Sentence Formatter) หรือจะเรียกว่า ชื่อประโยค (Sentence Name) ตามมาด้วยฟิลด์ข้อมูลจำนวนหนึ่ง ซึ่งถูกแบ่งแยก

โดยเครื่องหมายคอมม่า (Comma , ’,’) และสิ้นสุดด้วยเช็คซัม (Checksum) ที่สามารถเลือกได้ว่าจะมีหรือไม่ และจบลงด้วยแคเรียรีเทิร์น (Carriage Return/Line Feed) ประโยคอาจจะมีตัวอักษรถึง 82 ตัวรวมกับดอลล่าซายน์และ CR/LFถ้าข้อมูลสำหรับฟิลด์ไม่สามารถหาได้ ฟิลด์จะถูกเว้นข้ามไป แต่คอมม่า (Comma) ซึ่งทำหน้าที่แบ่งฟิลด์ยังคงถูกส่งไปโดยไม่เว้นช่องว่าง เพราะในแต่ละฟิลด์มีความยาวไม่คงที่หรือไม่มีข้อมูล เครื่องรับจะระบุตำแหน่งของฟิลด์ข้อมูลที่ต้องการ โดยการนับเครื่องหมายคอมม่า (Comma) เช็คซัม (Checksum) ที่เลือกได้ว่าจะมีหรือไม่ประกอบด้วย “*” และ 2 บิทของเลขฐาน 16 แทนการ Exclusive OR ของตัวอักษรทั้งหมด แต่ไม่รวม “$” และ “*” ในการใช้งานจะมีความต้องการใช้เช็คซัมในบางประโยคในมาตรฐานจะอนุญาตให้ผู้ผลิตแต่ละรายในการนิยามรูปแบบประโยค ประโยคเหล่านี้เริ่มต้นด้วย“ $GP”และตัวอักษรสามตัวที่ตามมาเป็น Manufacturer ID ตามด้วยข้อมูลซึ่งเป็นไปตามรูปแบบทั่วไปของประโยคมาตรฐาน

2.10.6 โปรโตคอล NMEA 0183 (National Marine Electronics Association 0183)

NMEA(National Marine Electronics Association) คือ โปรโตคอลมาตรฐาน ถูกนำมาใช้โดยเครื่องรับสัญญาณ เพื่อส่งข้อมูล NMEA(National Marine Electronics Association) เอาท์พุทจะเป็นโปรโตคอลแบบ EIA-422A (Differential Bus Transceiver) แต่เราสามารถนำไปใช้งานร่วมกับ RS-232(Recommended Standard 232) ได้โดยใช้อัตราการส่งข้อมูล 4800 bps 8 Data Bit ไม่มี Parity Bit และมี 1Stop Bit ประโยคของ NMEA 0183 (National Marine Electronics Association 0183) จะเป็นรหัส ASCII ทั้งหมด แต่ละประโยคจะเริ่มต้นด้วย $ และจบลงด้วย Carriage Return / Linefeed (<CR><LF>) ข้อมูลจะถูกแบ่งขั้นด้วยคอมม่า (Comma) เครื่องรับ GPS บางอันไม่ส่งบางฟิลด์ข้อมูล เช็คซัมถูกเพิ่มเติมเข้าไป (ในบางกรณี) โดยลักษณะข้อมูลที่ส่งไปของมาตรฐาน NMEA (National Marine Electronics Association) ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลโปรโตคอล NMEA (National Marine Electronics Association)

ชุดข้อมูล	ข้อมูลที่บอก
APA	Autopilot cross track error , direction to steer, status of GPS , route status , destination waypoint name , and bearing from origin to destination (old format)
APB	Revised autopilot message contains all of the above plus : heading to steer toward destination, bearing from the present position to the destination

BWC	Range and bearing to a waypoint
GGA	GPS position , time , fix quality , number of satellites used , HDOP (Horizontal Dilution of the Precision) ,differential reference information , and age
GLL	GPS-derived latitude , longitude , and time of fix
GSA	GPS receiver operating mode , satellites used in the navigation solution reported by the $--GAA sentence and DOP (Dilution of Precision) values
GSV	Number of satellites in view , satellites numbers , elevation , azimuth , and SNR value
RMB	Data status , Cross Track Error , Direction to Steer , origin , destination landmark location , bearing to destination , and velocity toward and the destination
RMC	Time , latitude , longitude , speed ,heading , and date
VTG	Track (Magnetic And True) and groundspeed (Knot And KPH)

จากตารางที่ 2.1 แสดงรูปประโยคของโปรโตคอล NMEA ของชุดข้อมูล RMC

RMC-Recommended Minimum Specific GNSS Data

$GPRMC,161229.487,A,3723.2475,N,12158.3416,W,0.13,309.62,120598,,*10

ตารางที่ 2.2 แสดงฟิลด์ข้อมูลโปรโตคอลของ RMC protocol

Name	Example	Unit	Description
Message ID	$GPRMC		RMC protocol header
UTC Position	161229.487		Hhmmss.sss
Status	A		A=data valid or V=Not
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N=north or S=south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E=east or W=west
Speed Over ground	0.13	Knots	

Course Over ground	306.62	Degree	True
Date	120598		Ddmmyy
MSL Altitude	9.0	Meters	
Magnetic Variation		Degrees	E=east or W=west
Checksum	*10		
<CR><LF>			End of message

ในการทำงานเราจะเลือดชุด RMC เนื่องจากมีค่า Latitude (ละติจูด) กับ Longitude (ลองติ-จุด) ซึ่งเพียงพอกับการนำไปใช้งาน โดยชุดรหัสจะเป็นลักษณะ ASCII ดังนี้

ตัวอย่างของรูปแบบข้อมูลที่ส่งมา

ข้อมูลที่ส่งมาจะมีลักษณะดังนี้

$GPRMC, 161229.487, A, 3723..2475, N, 12158..3416, W,, 0.13, 309.62,, 120598, ,*100

ข้อมูลในประโยค RMC ประกอบด้วย

เวลา = 16:12:29 UTC (UTC time) ซึ่งจะช้ากว่าในประเทศไทยอยู่ 7 ชั่วโมง

Latitude = 3723 ลิปดา กับ 2475 ฟิลิปดา

N/S = เป็น Latitude ทางเหนือ (N)

Longitude = 12158 ลิปดากับ 3416 ฟิลิปดา

E/W = เป็น Longitude ทางตะวันตก (W)

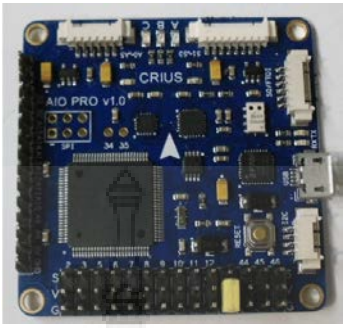
ความเร็ว = 0.13 K*n*ot

วันที่ = 12//05/98 เวลา

2.11 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์ Multi Wii Manual

ไมโครคอนโทรลเลอร์ Multi Wii Manual เป็นหนึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ผลิตโดยบริษัท ATMEL ทางด้านผู้นำไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Multi Wii Manual (AIOP) จัดเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลใหม่จาก ATMEL มีสถาปัตยกรรมแบบ RISC (Advanced RISC architecture) คือ หนึ่งคำสั่งทำงานใช้สัญญาณนาฬิกาเพียง 1 ลูก (instructions in a single clock cycle) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีประสิทธิภาพและความสามารถสูง แบ่งออกเป็นหลายอนุกรม ในแต่ละอนุกรมยังแบ่งออกเป็นหลายเบอร์ เพื่อรองรับความต้องการที่แตกต่างของผู้ใช้งานในขณะที่ยังคงความประสิทธิภาพที่เท่ากันสำหรับไมโครคอนโทรเลอร์ AIOP ที่นำมาใช้ในปริญญานิพนธ์นี้ใช้เบอร์ Multi Wii Manual rev 1.00

รายละเอียดและคุณสมบัติภายในไมโครคอนโทรเลอร์ เบอร์ Multi Wii Manual rev 1.00 แสดงดังไดอะแกรมดังรูปที่ 2.11



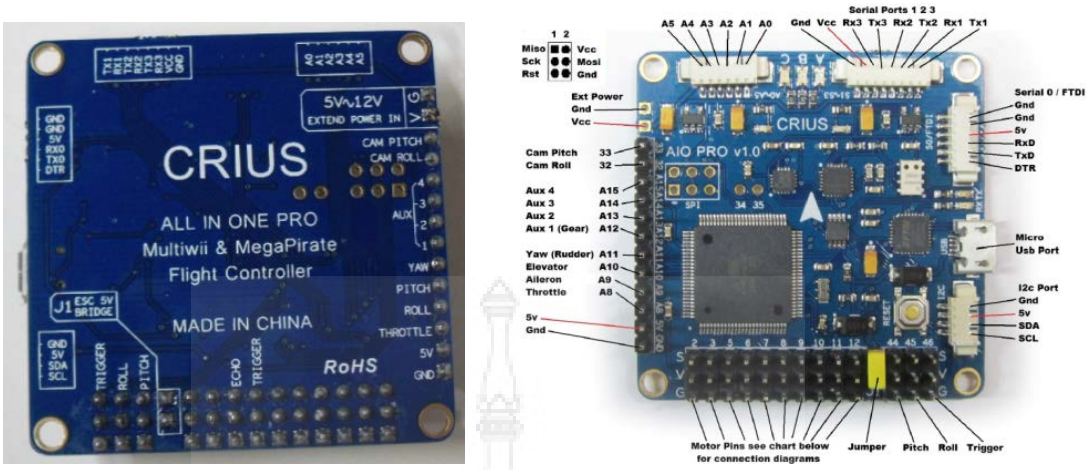
รูปที่ 2.11 แสดงบล็อกไดอะแกรม AIOP (Multi Wii Manual rev 1.00)

2.11.1 คุณสมบัติที่สำคัญ Multi Wii Manual rev 1.00

- รองรับ MegaPirateNG และเฟิร์มแว MultiWii
- นานถึง 8 แกนมอเตอร์เอาท์พุท
- 8 ช่องสัญญาณสำหรับรับมาตรฐาน
- 4 พอร์ตอนุกรมสำหรับโมดูลการแก้ปัญหา / Bluetooth / OSD / GPS / telemetry
- 2 เอาท์พุทเซอร์โวสำหรับ PITCH และม้วนระบบ gimbal
- เอาท์พุทเซอร์โวที่จะเรียกปุ่มกล้อง
- 6 เอาท์พุท Analog เพื่อยึดอุปกรณ์
- พอร์ต I2C เพื่อยึดเซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์
- แยก 3.3V และ 5V ควบคุมแรงดันไฟฟ้า LDO
- Microcontroller ATMEGA 2560
- แกน MPU6050 6 วงแหวน / Accel กับหน่วยประมวลผล Motion
- HMC5883L 3 แกน magnetometer ดิจิตอล
- MS5611-01BA01 วัดความแม่นยำสูง
- USB-FT232RQ UART ชิปและรองรับ Micro USB
- บนกระดานแปลงระดับตรรกะ

2.11.2 ขาพอร์ตอินพุตเอาท์พุต Multi Wii Manual rev 1.00

ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตของโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ Multi Wii Manual rev 1.00 มีจำนวน 32 ขาโดยแบ่งเป็น ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตอิสระจำนวน 32 ขาประกอบไปด้วย PB, PC, PD ขนาด 8 บิต และขาพอร์ตที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณอนาลอกจำนวน 2 ขาพอร์ตคือ AREF และ AV cc ดังรายละเอียดขาพอร์ตทั้งหมดแสดงรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงขาพอร์ต AIOP (Multi Wii Manual rev 1.00)

รายละเอียดในแต่ละขาพอร์ต

- MultiWii: D2/D3/D5/D6/D7/D8/D9/D10
- MegaPirateNG: D2/D3/D5/D6/D7/D8/D11/D12

พลังงานภายนอก: ถ้าคุณไม่ได้มีอำนาจโดย บริษัท บีอีซีจาก ESC ยังจำเป็นในการขยายพลังงานบอร์ด

เอเอ็มระดับ = input จาก RX

เข้าถึงกล้อง = เหมือนกัน

- aux4 = เดียวกัน (Aux พอร์ต 1-4 u สามารถเห็นในเครื่องมือปรับแต่ง MultiWii บน PC)
- aux3 = เดียวกัน (Aux พอร์ต 1-4 u สามารถเห็นในเครื่องมือปรับแต่ง MultiWii บน PC)
- aux2 = เดียวกัน (Aux พอร์ต 1-4 u สามารถเห็นในเครื่องมือปรับแต่ง MultiWii บน PC)
- aux1= เดียวกัน (Aux พอร์ต 1-4 u สามารถเห็นในเครื่องมือปรับแต่ง MultiWii บน PC)
- yaw = ข้อมูลจาก RX
- pitch = input จาก RX
- Roll = input จาก RX
- throttle = input จาก RX
- 5V = ดังนั้น RX ได้รับพลังงาน
- GND = Ground
- ทริกเกอร์ 9 = จะเรียกกล้องถ้าจำเป็น
- echo 10 = เลือกเซ็นเซอร์สะท้อนล้ำ (?)

-2x มอเตอร์ออก 11, 12 (ที่ฉันจะใส่มอเตอร์ซึ่ง?)

- 5V สะพานจัมเปอร์ (ปิดถ้าคุณเปิด บริษัท บีอีซีโดยจาก ESC นี้จะต้องเป็น)

- picth 44 = สำหรับระบบ gimbal CAM

- แอนด์โรล 45 = สำหรับระบบ gimbal CAM

- ทริกเกอร์ 46 = เรียกอีก

D9/D10 เป็นพอร์ตเซ็นเซอร์ sonar เมื่อคุณใช้เฟิร์มแว MegaPirateNG

I2C พอร์ต

(SLC, SDA, 5V, GND) = นี้สำหรับการขยายเช่น GPS

S0/FTDI

(GND, GND, 5V, Rx0, tx0, dtr) = สามารถเชื่อมต่อบลูทู ธ โมดูลหรือสแตนด์อโลน FTDI เคเบิล (ถ้า USB บนบอร์ดเสีย)

S1-S3

(TX1, rx1, tx2, RX2 TX3, rx3, VCC, GND) = RX1/TX1 ใช้สำหรับรับ SUM PPM หรือ Remzibi ของบอร์ด OSD

TX2/RX2 ใช้สำหรับ GPS คุณสามารถเชื่อมต่อใด ๆ มาตรฐาน NMEA รับสัญญาณ GPS

TX3/RX3 ใช้โมดูล telemetry เช่น XBee ฯลฯ 3DRadio

A0-A5

A0 ~ A5 เป็นสำรองพอร์ต, no "ออก"

2.12 ความรู้พื้นฐานในการเรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์

รายละเอียดเนื้อหาในส่วนนี้ เป็นส่วนสำคัญสำหรับเริ่มต้นการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงจำเป็นต้องศึกษาทำความเข้าใจ แล้วนำหลักการนี้ไปใช้ในการเขียนโปรแกรม

เลขฐานสอง (Binary Numbers) เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น เป็นอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ ที่มีหน่วยประมวลผลเริ่มต้นขนาด 8 บิตรายละเอียดต่างๆ จึงถูกอ้างอิงกับข้อมูลขนาด 8 บิต แต่ละบิตประกอบไปด้วยเลขศูนย์กับหนึ่งหรือที่เรียกว่าเลขฐานสองการศึกษาและเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์จึงต้องทำความเข้าใจกับตัวเลขฐานสองเช่นพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตหรือ 8 ขา ในแต่ละขาสามารถกำหนดสถานะได้สองสถานะได้สองสถานะในการทำงาน คือ สถานะลอจิก 0 หรือ Low และสถานะลอจิก 1 หรือ High ตัวอย่างเช่น พอร์ต PA ของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR มีขนาด 8 บิต โดยบิตนัยสำคัญสูงสุดเรียกว่า MSB (Most significant bit) และบิตสำคัญต่ำสุดเรียกว่า LSB (Least - significant bit) ดังตารางที่ 2.3 และ 2.4

ตารางที่ 2.3 แสดง PAของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR

PA7	PA6	PA5	PA4	PA3	PA2	PA1	PA0
X	x	X	X	x	X	x	X

MSB LSB

หากต้องการให้บิตที่ 3 และบิตที่ 4 ติด เราสามารถกำหนดค่าได้ดังนี้

ตารางที่ 2.4 แสดงการกำหนดค่าให้กับพอร์ต PA ของ AVR ในแต่ละบิต

PA7	PA6	PA5	PA4	PA3	PA2	PA1	PA0
0	0	0	1	1	0	0	0

MSB LSB

หรือเทียบได้กับเลขฐานสองเท่ากับ 00011000 และเขียนโปรแกรมควบคุมพอร์ต PA ได้ดังนี้ PA = 0b00011000 โดย 0b แสดงถึงตัวเลขที่ตามมานั้นเป็นเลขฐานสอง

แต่เนื่องจากการอ้างอิงพอร์ตขนาน 8 บิตด้วยเลขฐานสอง เมื่อนำไปเขียนโค้ดโปรแกรมจะเกิดความไม่สะดวก และยืดยาวหากต้องมีการเปลี่ยนแปลงค่า ในแต่ละบิต จึงแทนค่าเลขฐานสองด้วยเลขฐานสิบหกซึ่งได้เท่ากับ 0x18 (0x ในโค้ดโปรแกรมแสดงถึงตัวเลขที่ตามมานั้นเป็นตัว-เลขฐานสิบหก) เช่น

PA = 0xF0; การสื่อสารชัดเจนสะดวกต่อการเขียน F เท่ากับ 1111 แสดงถึงค่า 4 บิตบนคือ PA7-PA4 และ 0 เท่ากับ 0000 แสดงถึงบิตล่าง คือ PA3-PA0

PA = 0b11110000; สื่อสารชัดเจนแต่เขียนยุ่งยากการเปลี่ยนแปลงค่ายุ่งยาก

PA = 15; ไม่สามารถบอกได้ว่าบิตใดเท่ากับ 0 หรือ 1 ต้องแปลงเลขฐานก่อน

จำนวนเลขฐานสิบหกจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อตัวเลขมากขึ้นค่าแต่ละหลักยังคงแทนด้วย0-Fเช่น

เลขฐานสอง	1010	1011	0001	1010	1110	0001
เลขฐานสิบหก	A	B	1	A	E	1
เลขฐานสิบ	11213537					

การใช้เลขฐานสองและเลขฐานสิบหก จะสะดวกกว่าการใช้เลขฐานสิบ เมื่อนำมาใช้ในการกำหนดค่าให้กับพอร์ตและรีจิสเตอร์ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เลขฐานสิบเหมาะที่จะนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าทางคณิตศาสตร์หรือการคำนวณทั่วๆไป

2.13 หลักการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ จะแตกต่างจากการเขียนโปรแกรมใช้งานบนคอมพิวเตอร์ เนื่องจากการเขียนโปรแกรมกับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นต้องคำนึงถึงไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่เลือกใช้เป็นหลักซึ่งจะมีคุณสมบัติข้อกำหนดและความสามารถแตกต่างกัน การเขียนโปรแกรมควบคุมจึงมีหลักการดั้งนี้

1.ทำความเข้าใจกับส่วนที่ต้องการใช้งานในไมโครคอนโทรลเลอร์หรือที่เรียกว่าโมดูลภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น โมดูลพอร์ต ทำหน้าที่เกี่ยวกับอินพุต เอาต์พุตพอร์ตโมดูลทามเมอร์เกี่ยวข้องกับการนับเวลาหรือการจับเวลาเป็นต้น

2. เมื่อเข้าใจการทำงานในโมดูลที่ต้องการแล้ว ให้ศึกษาทำความเข้าใจกับรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับโมดูลนั้นๆ เนื่องจากรีจิสเตอร์เปรียบเสมือนสวิตช์เปิด/ปิดการใช้งานในโมดูลนั้นๆเมื่อกำหนดสวิตช์ เปิด/ปิด เรียบร้อยแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะเริ่มทำงานตามที่ได้กำหนดไว้ในรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวของทันที (ตามสวิตช์ที่ได้กำหนดไว้)

3. รีจิสเตอร์ในบางโมดูลจะมีบิตเฉพาะ สำหรับใช้ในการเปิด/ปิด การใช้งานหรืออาจเรียกได้ว่าเป็นสวิตช์หลัก แต่บางโมดูลจะไม่มี เพียงกำหนดรีจิสเตอร์ที่จะใช้งานก็เริ่มต้นทำงานได้ทันที

4. บางโมดูลนอกจากกำหนด เปิด/ปิด แล้วยังต้องมีการกำหนดส่วนทำงานของโมดูลนั้นๆ ด้วยเช่น โมดูลที่เกี่ยวข้องกับอินเตอร์รัปต์ (งานที่ขัดจังหวะงานหลักที่ทำอยู่) ต้องมีการกำหนดฟังก์ชันที่เกี่ยวกับอินเตอร์รัปต์ของโมดูลที่ใช้งานด้วย

5. หลังจากที่กำหนด ค่าบิตในรีจิสเตอร์ ที่ใช้งานในโมดูลแล้ว จากนั้นการเขียนโปรแกรมจะขึ้นอยู่กับ พื้นฐานการเขียนโปรแกรมของแต่ละบุคคลรวมถึงพื้นฐานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์หากมีความสามารถในการเขียนโปรแกรมให้ทำงานได้เพียงอย่างเดียว โดยไม่มีพื้นฐานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์เลย ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่ได้อาจไม่ถูกต้อง เนื่องจากการต่อวงจรใช้งานผิดพลาด ดังนั้นการเขียนโปรแกรม ควบคุมไมโครคอนโทรเลอร์ จึงต้องมีพื้นฐาน ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์บ้าง ซึ่งจะช่วยให้การเขียนโปรแกรม และการใช้งานไมโครคอน-โทรเลอร์เป็นไปตามความต้องการมากขึ้น

2.14 พอร์ตอนุกรม RS-232

การที่จะเคลื่อนย้ายข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆ หรือคอมพิวเตอร์ด้วยกันมีช่องการติดต่อการรับส่งข้อมูลแบบขนาน และการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมการรับส่งข้อมูลแบบขนาน จะเป็นการรับหรือส่งข้อมูลครั้งละ 4 หรือ 8 บิต ในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การรับและส่งข้อมูลทำได้ที่ความเร็วสูง หมายความว่าจำนวนของสายที่ใช้ในการส่งจะต้องมีมากเท่ากับจำนวน

บิตของข้อมูลที่จะส่งก็ได้ ซึ่งเป็นปัญหาในเรื่องราคาของสายที่ใช้ในการเชื่อมต่อแบบขนานมักจะมีราคาแพง

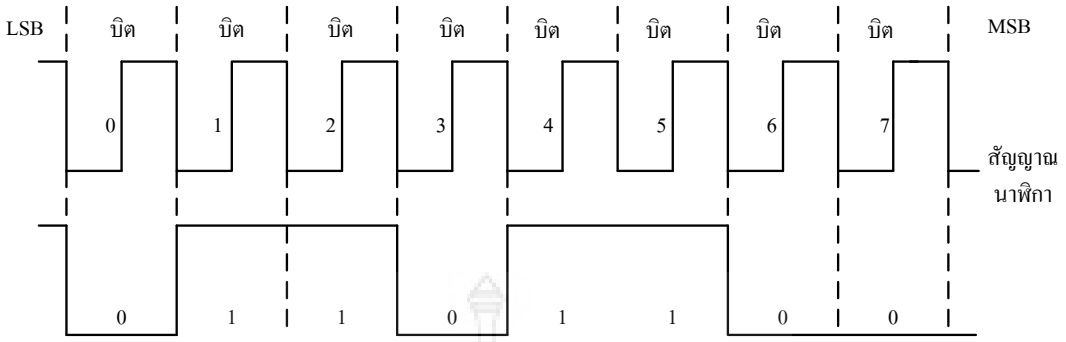
การส่งข้อมูลแบบทีละไบต์ หรือการส่งแบบขนาน เป็นวิธีที่เร็วแต่ถูกรบกวนได้ง่ายจากสัญญาณรบกวนต่างๆ และมีราคาแพงเนื่องจากใช้ปริมาณสายส่งมากซึ่งอาจใช้สายตั้งแต่ 9 เส้นถึง 25 เส้น จึงเป็นเหตุให้วิธีนี้ไม่เป็นที่นิยมในการส่งข้อมูลในระยะทางไกล ในขณะที่การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมเป็นการส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต แต่ก็สามารถรับส่งข้อมูลได้คราวละหลายๆ บิตได้ หากแต่จะต้องมีการตกลงกันระหว่างตัวส่ง และตัวรับว่าจะรับส่งคราวละกี่บิตตัวรับจะต้องรอข้อมูลมาให้ครบทุกบิตเสียก่อนจึงทำการประมวลผลการส่งข้อมูลแบบอนุกรม จะใช้จำนวนสายที่น้อยกว่าอย่างน้อยที่สุดใช้เพียง 2-3 เส้น เท่านั้นแต่อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลจะช้ากว่า แบบขนาน อย่างไรก็ตามการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้นสามารถใช้สายสัญญาณที่มีความยาวมากกว่าแบบขนาน ทำให้ระยะทางในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมสามารถทำได้มากกว่า

2.14.1 การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ การสื่อสารอนุกรมแบบเข้าจังหวะ (Synchronous) และการสื่อสารอนุกรมแบบไม่เข้าจังหวะ (Asynchronous) การสื่อสารข้อมูล แบบเข้าจังหวะ (Synchronous) การสื่อสารข้อมูลแบบเข้าจังหวะนั้นจะมีสัญญาณนาฬิกาต่อร่วมอยู่กับการรับและส่งสัญญาณ ตัวอย่างในการส่งข้อมูลแบบเข้าจังหวะคือแป้นพิมพ์ของคอมพิวเตอร์ซึ่งจะใช้สายสัญญาณเส้นหนึ่งเป็นสายสัญญาณนาฬิกา สายสัญญาณอีกเส้นหนึ่งจะเป็นสายสัญญาณข้อมูล ดังนั้นในการติดต่อแบบเข้าจังหวะจะต้องใช้สายสัญญาณในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุดสามเส้น คือ สัญญาณนาฬิกา ข้อมูล และกราวด์ การสื่อสารข้อมูลแบบไม่เข้าจังหวะ (Asynchronous) การสื่อสารข้อมูลแบบไม่เข้าจังหวะ คือการรับและส่งข้อมูลในสายสัญญาณ โดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วยเหมือนกันกับการรับส่งข้อมูลแบบเข้าจังหวะ แต่จะใช้การกำหนด ค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับ และภาคส่งให้มีค่าเท่ากันเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับ และภาคส่งนี้ว่าอัตราการถ่ายทอดข้อมูล หรือมีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบไม่เข้าจังหวะนั้น จะประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วนคือ

- บิตเริ่มต้น จะมีขนาด 1 บิต (Start Bit)
- บิตข้อมูลแบบอนุกรมจะมีขนาด 5,6,7 หรือ 8 บิต (Data Bit)
- บิตตรวจสอบพาริตี้ จะมีขนาด 1 บิต หรือไม่มี (Parity Bit)
- บิตปิดท้ายจะมีขนาด 1,1.5 หรือ 2 บิต (Stop Bit)



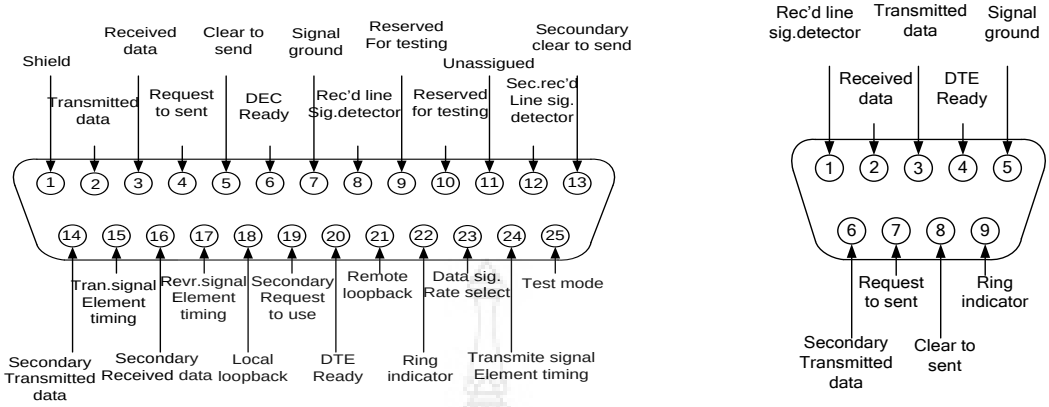
รูปที่ 2.13 แสดงรูปแบบที่ง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบไม่เข้าจังหวะ (Asynchronous)

การตรวจสอบพาริตี้สามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่ แบบคู่ หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ การตรวจสอบพาริตี้เป็นการตรวจสอบจำนวนรวมของบิตที่เป็นลอจิก1 ภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ ว่ามีจำนวนรวมเป็นเลขคู่หรือเลขคี่ โดยต้องรวมบิตพาริตี้เข้าไปด้วย ยกตัวอย่างข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิต และมีค่าเท่ากับ 99 ฐานสิบหก หรือ 1001 1001 ฐานสอง จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิก 1 จำนวน 4ตัว ซึ่งเป็นเลขคู่นี้ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตี้เป็นคู่ค่าในบิตพาริตี้จะต้องมีลอจิกเป็น 0 แต่ถ้าพาริตตี้เป็นคี่ ค่าที่บิตพาริตี้จะต้องเป็น 1 เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมบิตพาริตี้มีจำนวนบิตที่เป็นลอจิก 1 มีจำนวนรวมกันเป็นเลขคี่

บิตพาริตี้ของข้อมูลจะถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของอุปกรณ์ ที่ทำหน้าที่รับ และส่งข้อมูลแบบไม่เข้าจังหวะ ซึ่งทางภาครับจะต้องทำการกำหนดคุณสมบัติของการตรวจสอบพาริตี้ให้ตรงกันว่าจะตรวจสอบพาริตี้คี่ หรือ พาริตี้คู่ จากนั้นภาครับของอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับ และส่งข้อมูล แบบไม่เข้าจังหวะ จะทำการตรวจสอบค่าพาริตี้ที่เกิดขึ้นว่าเป็น คู่ หรือเป็นคี่ โดยการนับจำนวน 1 ทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตี้ด้วย ถ้ากำหนดไว้เป็นคู่แต่อ่านตัวเลขในการนับออกมาได้ตัวเลขเป็นคี่ทางภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดออกมาให้ผู้ใช้ทราบ นับว่าเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการถ่ายข้อมูลที่ง่ายที่สุด แต่จะเชื่อถือได้มีบิตข้อมูลที่ทำการส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำการส่งบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล สำหรับการตั้งพาริตี้บิตเป็น NONE นั้นทั้งภาครับ และภาคส่งจะไม่มีการตรวจสอบพาริตี้

2.14.2 โครงสร้างของพอร์ตอนุกรม

พอร์ตอนุกรมมี 2 ขนาดคือ หัวต่อ D-Type ชนิด 25 ขา และ D-Type ชนิด 9 ขามีลักษณะหัวต่อคล้ายอักษร D ที่ด้านหลังคอมพิวเตอร์หัวต่อจะเป็นตัวผู้แสดงในรูปที่ 2.14 (ก) แสดงหัวต่อ D-Type ชนิด 25 ขา และรูปที่ 2.14 (ข) แสดงหัวต่อ D-Type ชนิด 9 ขา



(ก) (ข)

รูปที่ 2.14 แสดงชนิดของพอร์ตอนุกรม

(ก) แสดงหัวต่อ D-Type ชนิด 25 ขา (ข) แสดงหัวต่อ D-Type ชนิด 9 ขา

ตารางที่ 2.5 แสดงการเปรียบเทียบขาของหัวต่อ D-Type ชนิด 25 ขา และ D-Type ชนิด 9 ขา

ชนิด DB 25	ชนิด DB 9	ชื่อย่อ	ชื่อเต็ม
Pin 2	Pin 3	TD	Transmit Data
Pin 3	Pin 2	RD	Receive Data
Pin 4	Pin 7	RTS	Request To Send
Pin 5	Pin 8	CTS	Clear To Send
Pin 6	Pin 6	DSR	Data Set Ready
Pin 7	Pin 5	SG	Signal Ground
Pin 8	Pin 1	DCD	Data Carrier Detect
Pin 20	Pin 4	DTR	Data Terminal Ready
Pin 22	Pin 9	RI	Ring Indicator

ตารางที่ 2.6 แสดงหน้าที่ของขาคอนเนคเตอร์

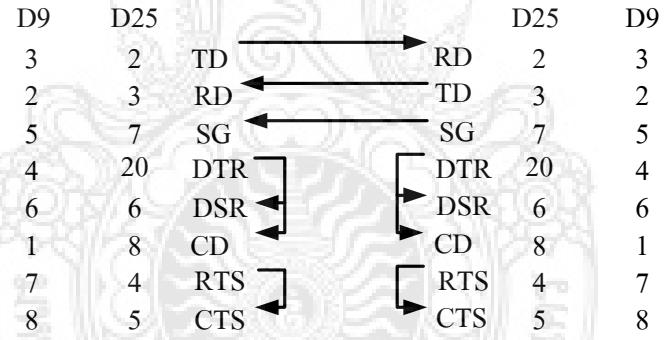
ชื่อย่อ	ชื่อเต็ม	หน้าที่
TD	Transmit Data	Serial Data Output (TXD)
RD	Receive Data	Serial Data input (RXD)
CTS	Clear To Send	บอกว่าโมเด็มพร้อมที่จะแลกเปลี่ยนข้อมูล
DCD	Data Carrier Detect	เมื่อโมเด็มตรวจรับจับสัญญาณ Carrier ก็จะ Active
DSR	Data Set Ready	บอก UART ว่าโมเด็มพร้อมติดตั้ง Link

DTR	Data Terminal Ready	บอกโมเด็มว่า UART พร้อมติดตั้ง Link
RTS	Request To Send	บอกโมเด็มว่า UART พร้อมจะแลกเปลี่ยนข้อมูล
RI	Ring Indicator	จะ Active เมื่อโมเด็มตรวจจับสัญญาณ ring จาก PSTN

2.14.3 การเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรม

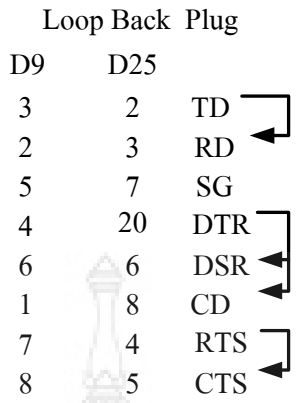
การต่อแบบ Null Modem เป็นวิธีการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ DTE 2 เครื่องเข้าด้วยกัน โดยไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเนื่องจากจะใช้สายยาวซึ่งต่อระหว่างอุปกรณ์ DTE เพียง 3 เส้นเท่านั้น คือ ขาส่ง ขารับ กราวด์ (TD,RD&SG)

จุดประสงค์ของการต่อแบบ Null Modem ก็คือทำให้คอมพิวเตอร์คิดว่ากำลังติดต่อกับโมเด็มหรืออุปกรณ์ DCE อยู่แทนที่จะเป็นคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ DTE เครื่องอื่นโดยการต่อสายจาก TD ของคอมพิวเตอร์เครื่องแรกไปยัง RD ของคอมพิวเตอร์ที่สอง ทำให้ข้อมูลสามารถส่งไปได้ ลักษณะการต่อแบบ Null Modem แสดง ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แสดงการต่อแบบ Null Modem

การต่อแบบ Loop Back Plug บางครั้งในการเขียนโปรแกรมสื่อสารผ่านทางพอร์ตอนุกรมอาจมีการทดสอบการรับส่งข้อมูลภายในเครื่องเดียวกัน ก่อนที่จะออกสู่อุปกรณ์ภายนอก การต่อใช้ Loop Back Plug จะต่อขารับ และขาส่งเข้าด้วยกันเพื่อข้อมูลที่ส่งออกจากพอร์ตอนุกรม จะถูกรับทันทีโดยพอร์ตเดียวกัน เช่น ถ้าต่อ Loop Back Plug เข้ากับพอร์ตอนุกรม และใช้โปรแกรมเทอร์มินัลเมื่อส่งค่าอะไรไปก็ปรากฏบนหน้าจอทันที ลักษณะการต่อแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงการต่อแบบ Loop Back Plug

2.15 Single chip 2.4 GHz Transceiver nRF2401A

2.15.1 General Description

nRF2401A [Ref 11] เป็น chip ที่ใช้ส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ โดยใช้ความถี่ 2.4-2.5 GHz ISM โดยใช้ระบบต่างๆ ดังนี้

- fully integrated frequency synthesizer
- power amplifier
- crystal oscillator and a modulator

จากสิ่งต่างๆ เหล่านี้ทำให้ สามารถควบคุมและโปรแกรมค่ากำลังขยายความถี่, ช่องสัญญาณ โดยผ่าน สาย 3 เส้น และอุปกรณ์นี้กินกำลังไฟเพียง 10.5 มิลลิแอมป์แล้ว กำลังขยายสัญญาณ ได้ถึง –5 dBM ในขณะที่ Stan by นั้น ก็จะลดการใช้พลังงานลงอีก

2.15.2 Quick Reference Data

Parameter	Value	Unit
Minimum supply voltage	1.9	V
Maximum output power	0	dBm
Maximum data rate	1000	kbps
Supply current in transmit @ -5dBm output power	10.5	mA
Supply current in receive mode	18	mA
Temperature range	-40 to +85	°C
Sensitivity	-93	dBm
Supply current in Power Down mode	400	nA

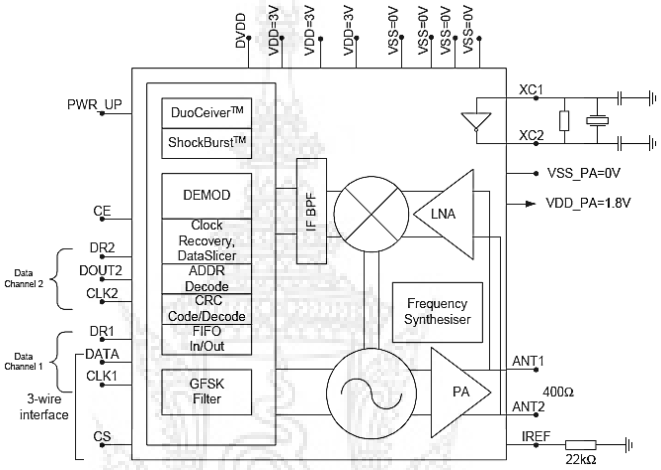
รูปที่ 2.17 Quick Reference Data

2.15.3 Product Specification

Type Number	Description	Version
NRF2401A	24 pin QFN 5x5	A
NRF2401AG	24 pin QFN 5x5, lead free (green)	A
NRF2401A-EVKIT	Evaluation kit (2 test PCB, 2 configuration PCB, SW)	1.0

รูปที่ 2.18 Product Specification

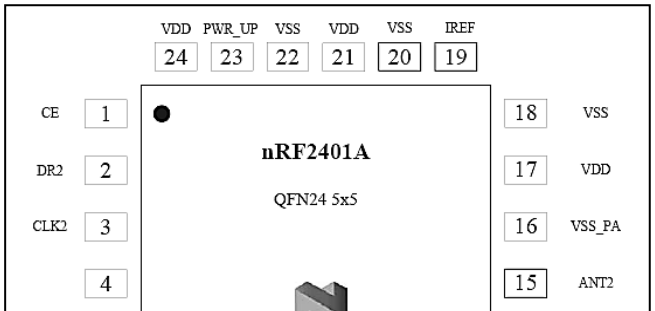
2.15.4 Block Diagram



2.15.5 Pin Function

Pin	Name	Pin function	Description
1	CE	Digital Input	Chip Enable Activates RX or TX mode
2	DR2	Digital Output	RX Data Ready at Data Channel 2 (ShockBurst™ only)
3	CLK2	Digital I/O	Clock Output/Input for RX Data Channel 2
4	DOUT2	Digital Output	RX Data Channel 2
5	CS	Digital Input	Chip Select Activates Configuration Mode
6	DR1	Digital Output	RX Data Ready at Data Channel 1 (ShockBurst™ only)
7	CLK1	Digital I/O	Clock Input (TX) & Output/Input (RX) for Data Channel 1 3-wire interface
8	DATA	Digital I/O	RX Data Channel 1/TX Data Input/ 3-wire interface
9	DVDD	Power Output	Positive Digital Supply output for de-coupling purposes
10	VSS	Power	Ground (0V)
11	XC2	Analog Output	Crystal Pin 2
12	XC1	Analog Input	Crystal Pin 1
13	VDD_PA	Power Output	Power Supply (+1.8V) to Power Amplifier
14	ANT1	RF	Antenna interface 1
15	ANT2	RF	Antenna interface 2
16	VSS_PA	Power	Ground (0V)
17	VDD	Power	Power Supply (+3V DC)
18	VSS	Power	Ground (0V)
19	IREF	Analog Input	Reference current
20	VSS	Power	Ground (0V)
21	VDD	Power	Power Supply (+3V DC)
22	VSS	Power	Ground (0V)
23	PWR_UP	Digital Input	Power Up
24	VDD	Power	Power Supply (+3V DC)

2.15.6 Pin Assignment



รูปที่ 2.21 Pin Assignment

2.15.7 Electrical Specifications

Conditions: VDD = +3V, VSS = 0V, T_A = - 40°C to + 85°C

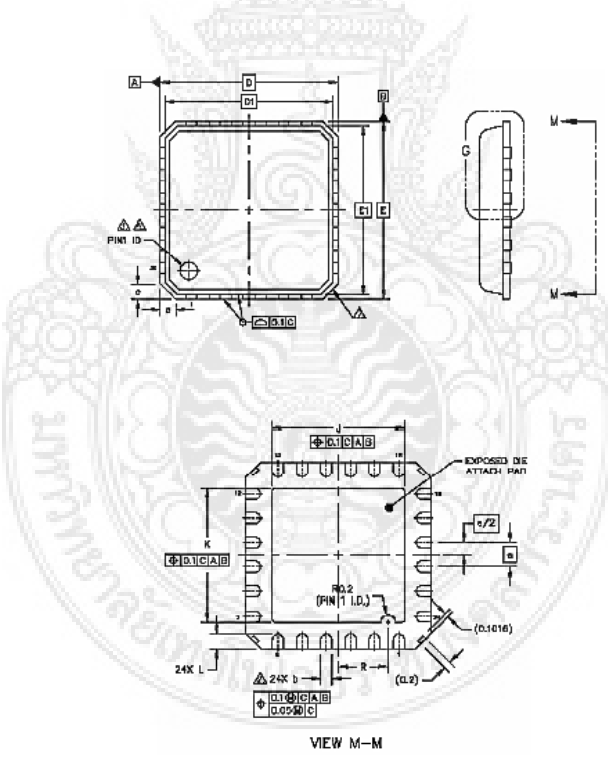
Symbol	Parameter (condition)	Notes	Min.	Typ.	Max.	Units
	Operating conditions					
VDD	Supply voltage		1.9	3.0	3.6	V
TEMP	Operating Temperature		-40	+27	+85	°C
	Digital input pin					
V_{IH}	HIGH level input voltage		VDD- 0.3		VDD	V
V_{IL}	LOW level input voltage		Vss		0.3	V
	Digital output pin					
V_{OH}	HIGH level output voltage (I_{OH}=-0.5mA)		VDD- 0.3		VDD	V
V_{OL}	LOW level output voltage (I_{OL}=0.5mA)		Vss		0.3	V
	General RF conditions					
f_{OP}	Operating frequency	1)	2400		2524	MHz
f_{XTAL}	Crystal frequency	2)	4		20	MHz
Δf	Frequency deviation			±156		kHz
R_{GFSK}	Data rate ShockBurst™		>0		1000	kbps
R_{GFSK}	Data rate Direct Mode	3)	250		1000	kbps
$F_{CHANNEL}$	Channel spacing			1		MHz

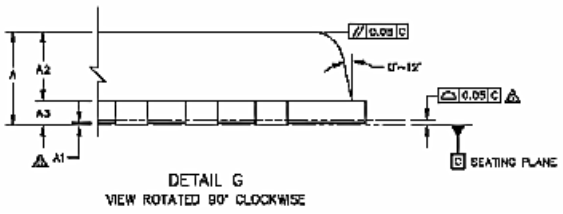
รูปที่ 2.22 Electrical Specifications

	Transmitter operation					
P_{RF}	Maximum Output Power	4)		0	+4	dBr
P_{RFC}	RF Power Control Range		16	20		dB
P_{RFCR}	RF Power Control Range Resolution				±3	dB
P_{BW}	20dB Bandwidth for Modulated Carrier				1000	kH:
P_{RF2}	2nd Adjacent Channel Transmit Power 2MHz				-20	dBr
P_{RF3}	3rd Adjacent Channel Transmit Power 3MHz				-40	dBr
I_{VDD}	Supply current @ 0dBm output power	5)		13		mA
I_{VDD}	Supply current @ -20dBm output power	5)		8.8		mA
I_{VDD}	Average Supply current @ -5dBm output power, ShockBurst™	6)		0.8		mA
I_{VDD}	Average Supply current in stand-by mode	7)		12		µA
I_{VDD}	Average Supply current in power down			400		nA
	Receiver operation					
I_{VDD}	Supply current one channel 250kbps			18		mA
I_{VDD}	Supply current one channel 1000kbps			19		mA
I_{VDD}	Supply current two channels 250kbps			23		mA
I_{VDD}	Supply current two channels 1000kbps			25		mA
RX_{SENS}	Sensitivity at 0.1%BER (@250kbps)			-93		dBr
RX_{SENS}	Sensitivity at 0.1%BER (@1000kbps)			-85		dBr
C/I_{CO}	C/I Co-channel	8)		10/4		dB

รูปที่ 2.23 Electrical Specificatio

2.15.8 Package Outline





Package Type		A	A_1	A2	b	D/E	D1/E1	e	J	K	L	R
Punch QFN24 (5x5 mm)	Min	0.8	0.0	0.65	0.25	5 BSC	4.75 BSC	0.65 BSC	3.47	3.47	0.3	1.235
	typ.		0.02		0.3				3.57	3.57	0.4	1.335
	Max	0.9	0.05	0.69	0.35				3.67	3.67	0.5	1.435

Figure 3 nRF2401AG GREEN Package outline.

รูปที่ 2.24 Package Outline

รายละเอียดโดยรวม (Absolute Maximum Ratings)

Volt ใช้งาน

VDD.....-0.3V ถึง +3.6V

VSS.....0V

Volt ขาเข้า

V_I.....-0.3V ถึง VDD + 0.3V

Volt ขาออก

V_O.....-0.3V ถึง VDD + 0.3V

กำลังไฟที่ใช้รวม

P_D (T_A= 85 °C).....90mW

อุณหภูมิ

อุณหภูมิใช้งาน.....-40 °C to + 85°C

อุณหภูมิเก็บรักษา..... -40 °C to + 125°C

2.15.9 Glossary of Terms

Term	Description
CLK	Clock
CRC	Cyclic Redundancy Check
CS	Chip Select
CE	Chip Enable
DR	Data Ready
GFSK	Gaussian Frequency Shift Keying
ISM	Industrial-Scientific-Medical
MCU	Micro controller
OD	Overdrive
PWR_DWN	Power Down
PWR_UP	Power Up
RX	Receive
ST_BY	Standby
TX	Transmit

รูปที่ 2.25 Glossary of Terms

nRF2401A สามารถตั้งค่า การทำงานแบบต่าง ๆ ด้วยการเช็ค ขา ควบคุม 3 ขานี้

2.15.10 Modes of Operation

Mode	PWR_UP	CE	CS
Active (RX/TX)	1	1	0
Configuration	1	0	1
Stand by	1	0	0
Power down	0	X	X

รูปที่ 2.26 Modes of Operation

ส่วนรายละเอียดของขาทั้งหมดให้ดูที่ (PRODUCT SPECIFICATION) Active mode ใน nRF2401A มีอยู่ 2 modes ด้วยกันดังนี้

1. Shock Burst (ใช้จริงในโครงงานนี้)
2. Direct Mode (ไม่ได้ใช้งานในโครงงานนี้)

ในการทำงานในแต่ละโหมดนั้นจะมีค่า Configuration แตกต่างกัน ซึ่งจะกล่าวในบทการ Configuration ต่อไป

2.15.11 Shock Burst

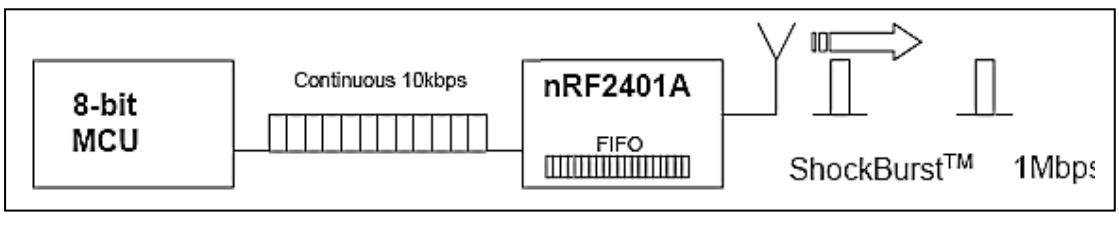
ShockBurst ใช้วิธีเรียงข้อมูลแบบ FIFO ตามช่วงเวลาในการส่งข้อมูล ซึ่งเมื่อให้ nRF2401A ทำงานใน mode ShockBurst นั้นจะทำให้อัตราส่งข้อมูล ได้ถึง 1 Mbps ในความถี่วิทยุ 2.4 GHz และ ไม่จำเป็นต้องใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์ที่มีความเร็วสูง ในการประมวลผลข้อมูลจากการที่ nRF2401A ส่งข้อมูล และประมวลผลได้รวดเร็วประกอบกับ มีโพรโทคอลอยู่ใน nRF2401A อยู่แล้ว ทำให้มีประโยชน์ดังนี้

- ใช้พลังงานน้อย
- ทำให้สร้างระบบไมโครคอลโทรลเลอร์ได้ในราคาถูก
- ลดการชนกันของข้อมูลในอากาศ เนื่องจาก ใช้เวลาส่งข้อมูลต่อครั้งน้อย

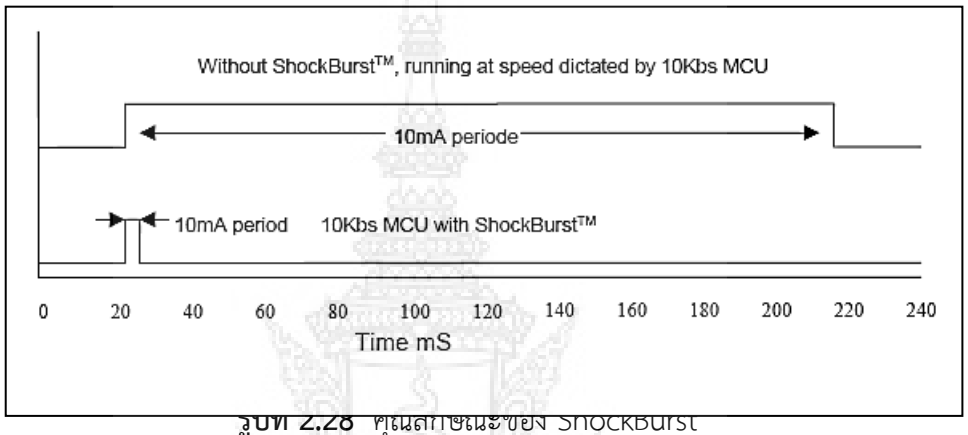
NRF2401A สามารถโปรแกรมได้โดยใช้สาย 3 สายต่อกับไมโครคอลโทรลเลอร์ในส่วน Application ที่ส่งข้อมูลออกมาสามารถส่งข้อมูลออกมามากๆ ผ่าน RF ซึ่ง ใน mode nRF ShockBurst สามารถลดปริมาณข้อมูลที่ส่งมา ให้เหลือเพียงเล็กน้อยได้

คุณลักษณะของ ShockBurst

เมื่อ nRF2401A ถูกตั้งอยู่ใน mode ShockBurst แล้ว การส่ง – รับข้อมูล หรือ TX-RX ในขนาด 10 kbps จะแสดงถึงตัวอย่างนี้



รูปที่ 2.27 คุณลักษณะของ ShockBurst

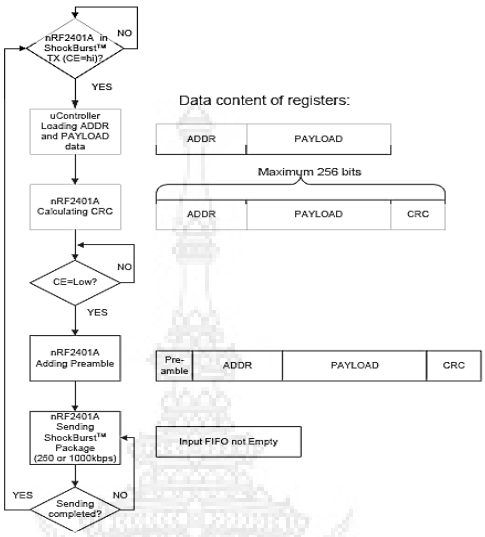


รูปที่ 2.28 คุณลักษณะของ ShockBurst

ขั้นตอนการส่งข้อมูล ของ nFF2401A ใน mode ShockBurst ให้ต่อ nRF2401A กับ MCU โดยใช้ 3 ขานี้ CE ,CLK1,DATA

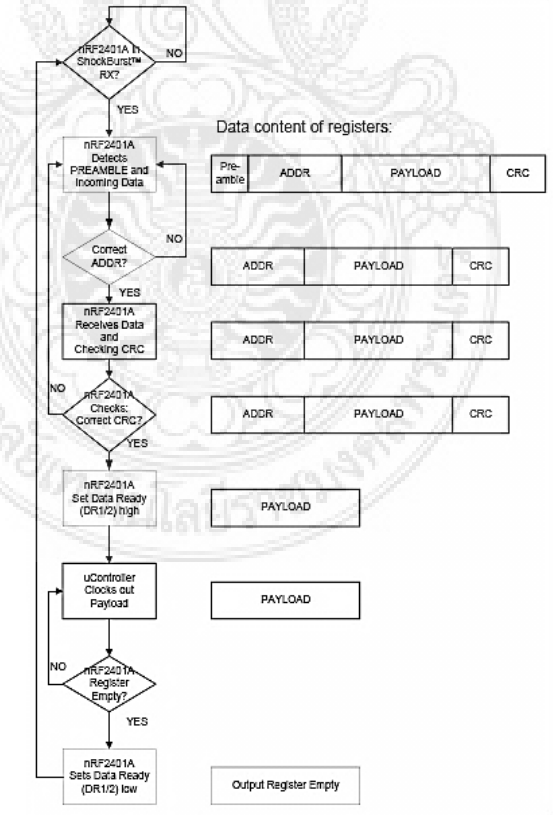
1. เมื่อ Application ใน MCU ส่งข้อมูลจะตั้งให้ CE เป็น high ซึ่งจะทำให้ nRF2401A เริ่มทำการประมวลผลข้อมูล
2. ใส่ Address (RX address) ที่หัวของ payload ขณะเดียวกันก็จะมีการคำนวณว่า payload นี้จะใช้ CRC อะไร แล้วนำCRC นั้น บรรจุที่ท้ายของpayload อย่างไรก็ตาม MCU จะต้องส่งข้อมูล ความเร็วไม่เกิน 1 Mbps เช่น 10 kbps เป็นต้น
3. MCU ตั้ง CE ให้เป็น low ซึ่งจะทำให้ nRF2401A เริ่มส่งข้อมูล
4. nRF2401A ShockBurst
    - เริ่มจ่ายไฟให้กับส่วน RF
    - RF ใช้ preamble ที่หัวของ package
    - เริ่มส่งข้อมูล ที่ความเร็วระหว่าง 250 kbps ถึง 1 Mbps
    - nRF2401A กลับไปสู่สถานะ stand – by

Product Specification



รูปที่ 2.29 Product Specification

Product Specification

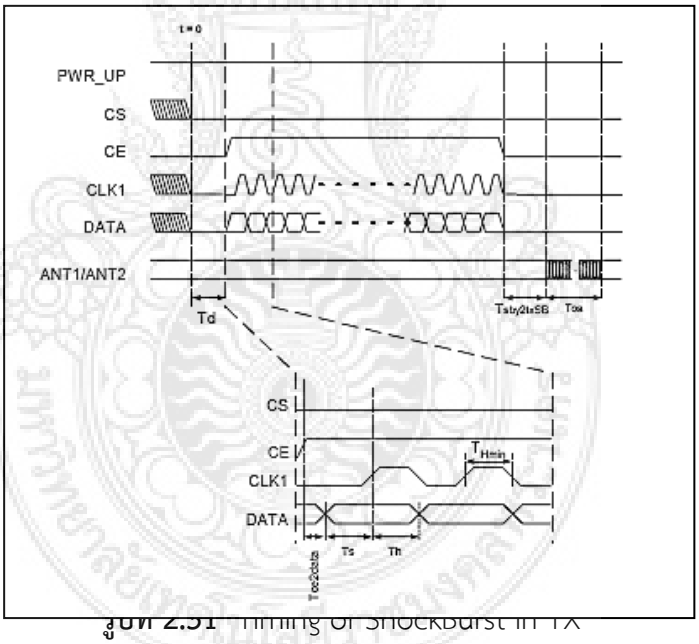


รูปที่ 2.30 Product Specification

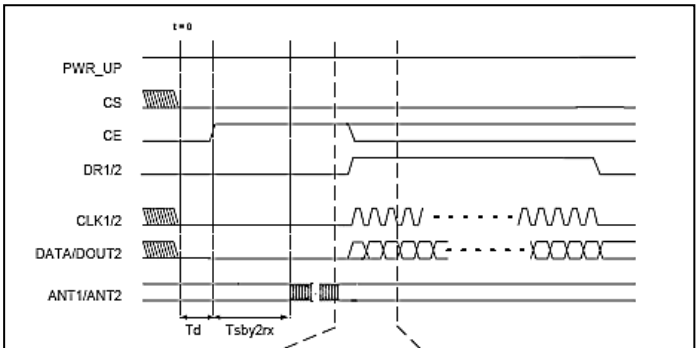
ขั้นตอนการรับข้อมูลของ nRF2401A ใน mode ShockBurst ให้ต่อ nRF2401A กับ MCU โดยใช้ 4 ขานี้ CE, DR1, CLK, DATA

1. set ค่า RX ข้อมูลขาเข้า ซึ่งจะมี Address size ของ payload
2. ตั้ง CE เป็น high ซึ่งจะทำให้ RX ทำงาน
3. ในทุกๆ 200 us นั้น nRF2401A จะคอยตรวจสอบข้อมูล ในอากาศ ว่ามีข้อมูลหรือไม่
4. เมื่อตรวจพบข้อมูลแล้ว จะ check ค่า Address และ CRC ว่า ถูกต้องหรือไม่ ซึ่งถ้าถูกต้องnRF2401A จะตัด package ให้เหลือแต่ DATA
5. nRF2401A จะทำการขัดจังหวะ (interrupts) MCU โดยจะตั้งค่า DR1 เป็น high
6. MCU อาจจะ ตั้งให้ CE เป็น low หรือ ไม่ก็ได้ เพื่อให้ nRF2401A หยุดการรับข้อมูลก่อน
7. MCU เริ่มรับ pay load ตามสัญญาณ clock ของ MCU เช่น 10 kbps
8. เมื่อ pay load ทั้งหมดถูกรับไปหมดแล้ว nRF2401A จะตั้ง DR1 เป็น low อีกครั้งเพื่อ

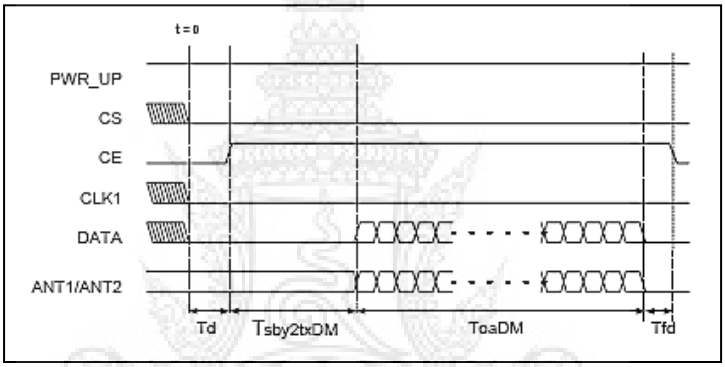
เริ่มข้อมูลใหม่ (เมื่อ CE ยังตั้งเป็น 1 อยู่) หากค่าCE ถูกตั้งเป็น low ก็จะเริ่มระบบการรับข้อมูลใหม่ดังรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 Timing of ShockBurst in TX



รูปที่ 2.32 Timing of ShockBurst in RX



รูปที่ 2.33 Timing of direct mode TX

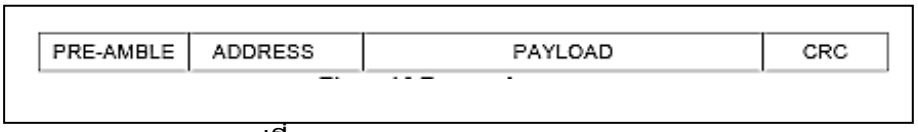
การตั้งค่า nRF2401A

สำหรับการตั้งค่า ของ nRF2401A สามารถควบคุมโดยใช้สายควบคุม 3 เส้นเท่านั้น และค่าสั่งของ mode shock Burst จะมีขนาด 15 byte ส่วน Direct mode จะมีขนาด 2 byte เท่านั้น

การตั้งค่าใน mode Shock Burst

การส่งคำสั่งให้ Shock Burst ทำงานนั้น ใน 1 คำสั่ง จะมีขนาด 1 byte ซึ่งจะสามารถสั่งให้ทำงานได้ 1 อย่างลักษณะคำสั่ง ของ Shock Burst ประกอบไปด้วย

- Payload section width ใช้ระบุหมายเลขของ payload ทำให้สามารถแยกแยะส่วนต่างๆ ของ payload ออกจากกันได้ว่าเป็น CRC หรือ payload
- Address width ใช้ระบุว่า address หรือ payload
- Address (RX Channel 1 and 2) ใช้สำหรับระบุปลายทางของผู้รับข้อมูล
- CRC ใช้ในการ en – de coding



รูปที่ 2.34 Data packet set-up

การตั้งค่า Word เบื้องต้น

Configuration Word overview

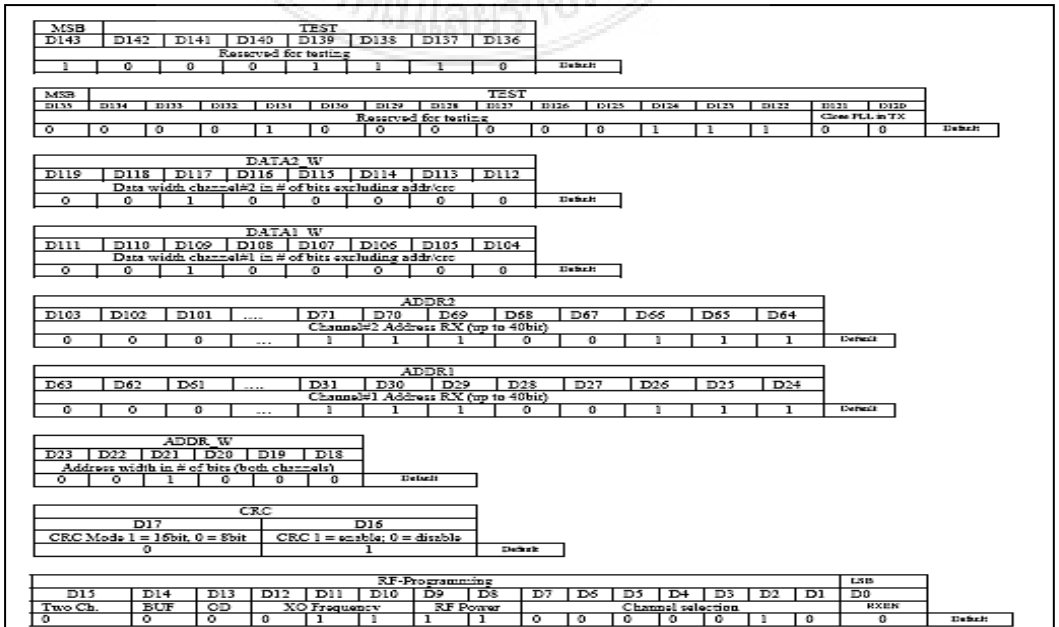
	Bit position	Number of bits	Name	Function
ShockBurst™ configuration	143:120	24	TEST	Reserved for testing
	119:112	8	DATA2_W	Length of data payload section RX channel 2
	111:104	8	DATA1_W	Length of data payload section RX channel 1
	103:64	40	ADDR2	Up to 5 byte address for RX channel 2
	63:24	40	ADDR1	Up to 5 byte address for RX channel 1
	23:18	6	ADDR_W	Number of address bits (both RX channels).
	17	1	CRC_L	8 or 16 bit CRC
	16	1	CRC_EN	Enable on-chip CRC generation/checking.
General device configuration	15	1	RX2_EN	Enable two channel receive mode
	14	1	CM	Communication mode (Direct or ShockBurst™)
	13	1	RFDR_SB	RF data rate (1Mbps requires 16MHz crystal)
	12:10	3	XO_F	Crystal frequency
	9:8	2	RF_PWR	RF output power
	7:1	7	RF_CH#	Frequency channel
	0	1	RXEN	RX or TX operation

รูปที่ 2.35 Configuration words

เริ่มแรกของการตั้งค่า Word ให้ส่ง MSB มาอยู่ในตำแหน่ง CLK 1 ก่อน

<u>ตัวอย่าง</u>

ถ้าต้องการให้ nRF2401A เป็น 2 Channel RX ใน mode Shock Burst เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้ VDD ควรส่งข้อมูล 120 bit ก่อน เพื่อ Set ค่าเริ่มต้นทำงาน



รูปที่ 2.36 Configuration data word

การตั้งค่า Shock Burst

ในส่วนบิต [119 : 16] จะประกอบด้วยค่า configuration register ต่างๆ สำหรับ Shock Burst โพรโทคอล เมื่อมีการจ่ายไฟให้ VDD ต้องมีการ Configuration ในเริ่มแรกทันที และระหว่างการทำงานในไบต์แรกจะมีการเปลี่ยนไปมาในระหว่าง RX/ TX เพื่อเปลี่ยน Channel

PLL_CTRL

PLL_CTRL		
D121	D120	PLL
0	0	Open TX/Closed RX
0	1	Open TX/Open RX
1	0	Closed TX/Closed RX
1	1	Closed TX/Open RX

รูปที่ 2.37 PLL setting

บิต 121 – 120 :

PLL_CTRL :ใช้ในการปรับค่า PLLเพื่อTestอุปกรณ์และในการทำงานปกติทั้ง 2 บิตนี้จะเป็น low

DATAx_W

DATA2_W							
119	118	117	116	115	114	113	112

DATA1_W							
111	110	109	108	107	106	105	104

รูปที่ 2.38 Number of bits in payload

บิต 119 -112 :

DATA2_W : คือค่าความยาวของ payload package RF สำหรับหมวด receive – channel 2

บิต 111 – 104 :

DATA1_W : คือค่าความยาวของ payload package RF สำหรับหมวด receive – channel 2

ADDRx

ADDR2											
103	102	101	....	71	70	69	68	67	66	65	64

ADDR1											
63	62	61	....	31	30	29	28	27	26	25	24

รูปที่ 2.39 Address of receiver #2 and receiver #1

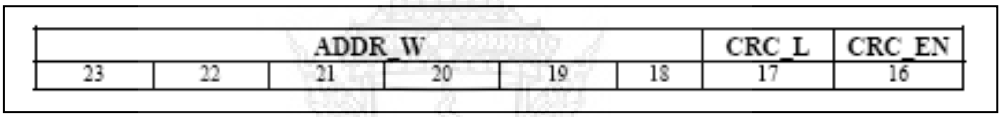
บิต 103 – 64 :

ADDR2 : คือAddress ของ Receiver channel 2 ได้ถึง 40 บิต

บิต 63 – 24 :

ADDR1 : คือ Address ของ Receiver channel 1

ADDR_W & CRC



รูปที่ 2.40 Number of bits reserved for RX address + CRC setting

บิต 23 – 18 :

ADDR_W : คือ บิตที่ถูกจอง สำหรับ RX address ใน Shock Burst package

บิต 17 :

CRC_L : CRC ความยาวของบิต CRC ที่คำนวณได้ โดย

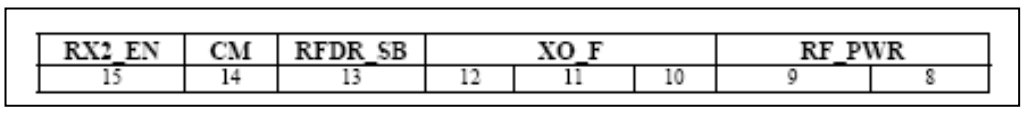
- Logic 0 คือ CRC 8 บิต
- Logic 1 คือ CRC 16 บิต

บิต 16 :

CRC_EN คือ สั่งให้ CRC ทำงานหรือไม่

- Logic 0 คือ CRC ไม่ทำงาน
- Logic 1 คือ CRC ทำงาน

การตั้งค่าเบื้องต้นให้อุปกรณ์



รูปที่ 2.41 RF operational settings

บิต 15 :

RX2_EN :

- Logic 0 คือ รับ 1 Channel
- Logic 1 คือ รับ 2 Channel

บิต 14 :

Communication Mode :

- Logic 0 คือ ให้ nRF2401A ทำงานใน direct mode
- Logic 1 คือ ให้ nRF2401A ทำงานใน ShockBurst mode

บิต 13 :

RF Fata Rate :

- Logic 0 คือ ส่งข้อมูลที่ความเร็ว 250 kbps
- Logic 1 คือ ส่งข้อมูลที่ความเร็ว 1 Mbps

บิต 12 – 10 :

XO_F : คือการตั้งความถี่ของ Crystal ที่ใช้งาน

XO FREQUENCY SELECTION			
D12	D11	D10	Crystal Frequency [MHz]
0	0	0	4
0	0	1	8
0	1	0	12
0	1	1	16
1	0	0	20

รูปที่ 2.42 Crystal frequency setting

บิต 9 – 8 :

RF_PWR : คือการตั้งค่าความแรงของสัญญาณที่ส่งออก

RF OUTPUT POWER		
D9	D8	P [dBm]
0	0	-20
0	1	-10
1	0	-5
1	1	0

รูปที่ 2.43 RF output power setting

การตั้งช่องสัญญาณ RX และทิศทาง

RF_CH#							RXEN
7	6	5	4	3	2	1	0

รูปที่ 2.44 Frequency channel and RX / TX setting

บิต 7 -1 :

RF_CH# : ใช้ตั้งค่าช่องความถี่ ของ nRF2401A

- คำนวณความถี่ของ Transmit ได้ดังนี้

  Channel $_{RF}$ = 2400 MHz + RF _ CH# * 1.0 MHz

  โดย RF_CH# จะมีค่าอยู่ระหว่าง 2400 MHz และ 2527 MHz

- คำนวณ ความถี่ของ data channel 1 ได้ดังนี้

  Channel $_{RF}$ = 2400 *MHz* + *RF _ CH#* * 1.0 MHz (Receive PIN 8)

  โดย RF_CH# จะมีค่าอยู่ระหว่าง 2400 MHz และ 2524 MHz

- คำนวณ ความถี่ของ data channel 2ได้ดังนี้

  Channel $_{RF}$ = 2400 *MHz* + *RF _ CH#* * 1.0 *MHz* +8MHz (Receive PIN#4)

  โดย RF_CH# จะมีค่าอยู่ระหว่าง 2408 MHz และ 2524 MHz

บิต 0 :

Set active mode :

- Logic 0 : คือ โหมด ส่ง (transmit)
- Logic 1 : คือ โหมด รับ (Receive)

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 บทนำ

การประยุกต์สร้างเฮลิคอปเตอร์ 4 แกนบอกพิกัดด้วยระบบ GPS และถ่ายภาพทางอากาศส่งสัญญาณแบบReal Time จะต้องทำการประยุกต์สร้างเฮลิคอปเตอร์ 4 แกน และเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อบอกพิกัดด้วยระบบ GPS

3.2 การประยุกต์สร้างเฮลิคอปเตอร์ 4 แกน

3.2.1 อุปกรณ์

ก. มอเตอร์ไร้แปรงถ่าย (Brushless Motor)

รูปที่ 3.1 มอเตอร์ 2217-9

ชุดมอเตอร์จะต้องมีกำลังที่สามารถส่งกำลังขับจากมอเตอร์ไปยังใบพัดเคลื่อนที่อย่างเต็มกำลังและง่ายต่อระบบทำการบินของเครื่อง ในการเลือกใช้มอเตอร์ต้องเลือกที่สามารถทำความเร็วไว้ตามที่ต้องการและไม่ใช้กระแสมากเกินค่าที่คำนวณไว้โดยเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 950 kV. หมายถึง มอเตอร์สามารถหมุนได้ 950 rpm./V. เมื่อจ่ายแรงดันให้ 11.1 V. จะทำให้มอเตอร์หมุนได้ 10,545 rpm. แต่โดยทั่วไปในทางปฏิบัติมอเตอร์จะสามารถทำความเร็วได้ประมาณ 75 % ของที่กำหนดไว้ ดังนั้นมอเตอร์จึงหมุนได้ด้วยความเร็ว 10,545 x 0.75 = 7,908.75 rpm. และหากคิดเป็นความเร็วในหน่วยวินาทีจะได้ 7,908.75 ÷ 60 = 131.8125 rpm.

ข. Speed control 30 A

รูปที่ 3.2 Speed control

ชุดควบคุมจะต้องสามารถที่จะสั่งมอเตอร์ให้ทำงานเต็มที่ในการทำการบิน และเป็นอุปกรณ์ขับกระแสและแรงดันได้ตามโหลดของมอเตอร์ได้ฉะนั้น การเลือกใช้ชุดควบคุมความเร็วให้มีขนาดพอดีกับมอเตอร์ โดยมีความสัมพันธ์กับใบพัด น้ำหนักที่แบกทั้งหมดรวมแบตเตอรี่ที่ใช้

ค. ใบพัด (Propeller)

รูปที่ 3.3 ใบพัด (Propeller)

การเลือกใช้ใบพัดต้องเลือกที่สามารถสร้างความเร็วได้ตามที่กำหนดไว้แต่แรกและไม่ใหญ่จนทำให้กินกระแสเกินกว่าที่กำหนดไว้ ขนาดและรุ่นของใบพัดมีมากมายในท้องตลาดแต่ใบพัดที่เลือกใช้นี้ คือ ใบพัด APC ขนาด 10 นิ้ว x 4.7 นิ้ว

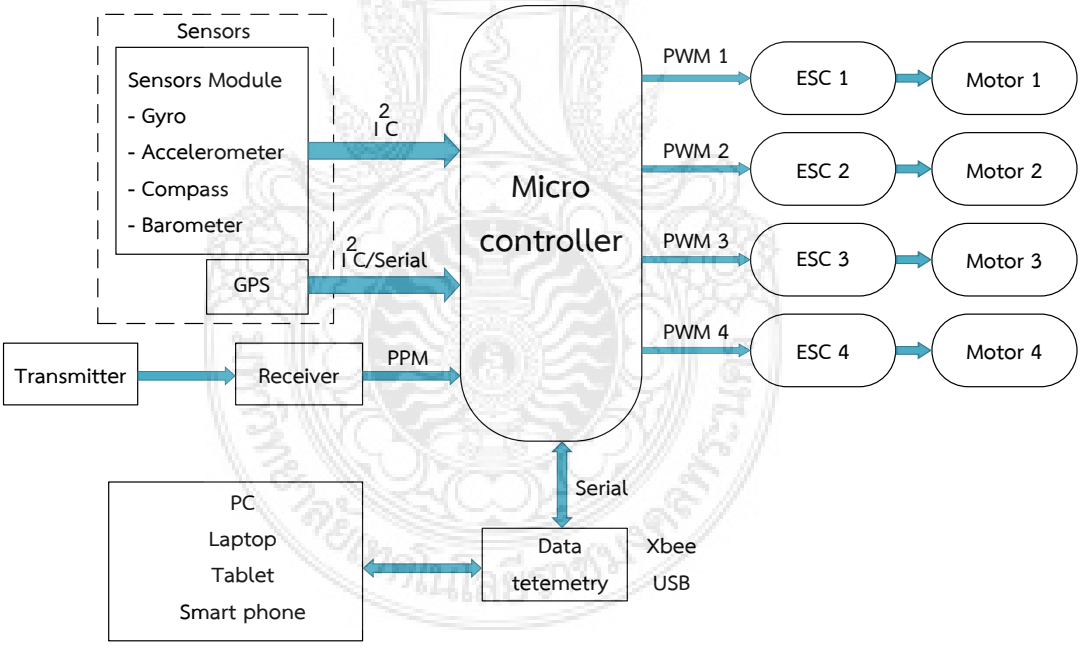
ความหมายของ ใบพัด APC ขนาด 10 นิ้ว x 4.7 นิ้ว หมายถึง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดมีขนาด 10 นิ้ว มุมพิตช์ 4.7 นิ้ว

ความหมายของ มุมพิทช์ ในทางทฤษฎีหมายถึงเมื่อใบพัดหมุนไป 1 รอบใบพัดจะเคลื่อนที่ไปได้ 4.7 นิ้ว แต่ในทางปฏิบัติจะมีค่าความไหลลื่นของอากาศ (Air slip) ทำให้ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปได้ตามความเป็นจริง ค่าความไหลลื่นของอากาศอยู่ที่ 30 % ดังนั้นมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วประมาณ 123 rpm. จะทำให้เครื่องบินบินไปได้เท่ากับ 123 x (4.7x0.7) = 404.67 นิ้วต่อวินาทีซึ่งเท่ากับ 10.2768 เมตรต่อนาที

ง. บอร์ดควบคุม (Multi Wii Manual rev 1.00)

รูปที่ 3.4 Controller (Multi Wii Manual rev 1.00)

ชุดควบคุมการบินถือว่าเป็นหัวใจหลักของเฮลิคอปเตอร์ ทำหน้าที่ควบคุมเสถียรภาพในการบินทั้งหมด ได้แก่ ควบคุมระดับความเอียง (Attitude control) ควบคุมความสูง (Altitude control) ควบคุมตำแหน่ง (Position control) ควบคุมทิศทาง (Heading control) และนำทางการบิน (Navigation) นอกจากจะควบคุมการบินแล้ว ชุดควบคุมยังรับคำสั่งการบินจากนักบินผ่านทางวิทยุบังคับทางไกลอีกด้วย ชุดควบคุมการบินใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ขนาดเล็กเป็นส่วนประมวลผลการควบคุมทั้งหมด โดยจะรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์หลายแบบเพื่อใช้ในการควบคุมการบินแบบต่างๆ



รูปที่ 3.5 ระบบควบคุม

จ. แบตเตอร์รี่ (Battery)

เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าทั้งหมดภายในเครื่องบินและในระบบภาคส่งสัญญาณภาพและชุดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมทั้ง GPS

รูปที่ 3.6 แบตเตอร์รี่ ยี่ห้อ Lithium

การเลือกใช้งานผู้จัดทำได้มีความต้องการในการบินเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 15 นาที การคำนวณหาค่าความจุพลังงานแบตเตอรี่สามารถทำได้โดยหาการใช้กระแสมอเตอร์ไร้แปรงถ่านข้อมูลที่ได้จากการวัดกระแสมอเตอร์นั้น คือ มอเตอร์ต้องการ 20A 10V จากการทดสอบในการวัดกระแสไฟที่มอเตอร์ หมุนมอเตอร์ 0-100 % จะพบว่าใช้กระแสเฉลี่ยไม่เกิน 22A เครื่องบินต้องการใช้เวลาในการบินไม่น้อยกว่า 15 นาที ดังนั้น

ค่าความจุของแบตเตอรี่ = มอเตอร์ใช้กระแสเฉลี่ย x เวลาการบิน

มอเตอร์ใช้กระแสโดยเฉลี่ย = 333.33 mA./s

ค่าความจุของแบตเตอรี่ = 333.33 x 15

ค่าความจุของแบตเตอรี่ที่ต้องใช้ = 4,999.95 (มอเตอร์หมุน 100%)

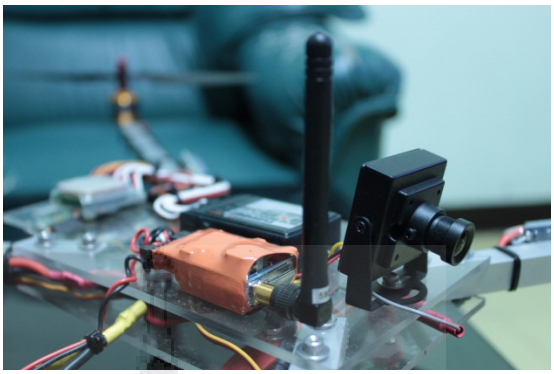
ดังนั้น จากการคำนวณควรใช้ค่าความจุของแบตเตอรี่มากกว่า 4,999.95 mA

ฉ. GPS Module

รูปที่ 3.7 GPS Module

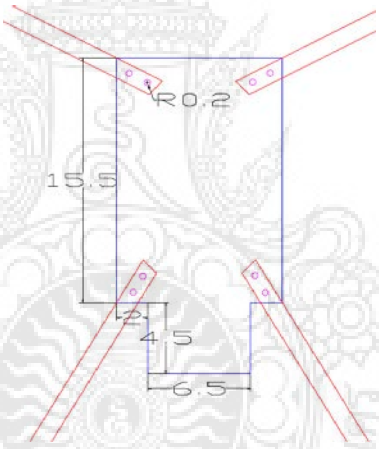
Module รับดาวเทียม GPS ใช้ภาครับ u-blox/NEO-5Q รับดาวเทียม 50 Channel 4Hz (RS-232 TTL) พร้อมสาย USB-Serial ใช้ร่วมกับโปรแกรมแผนที่หรือนำทาง

ช. กล้องแบบไร้สาย

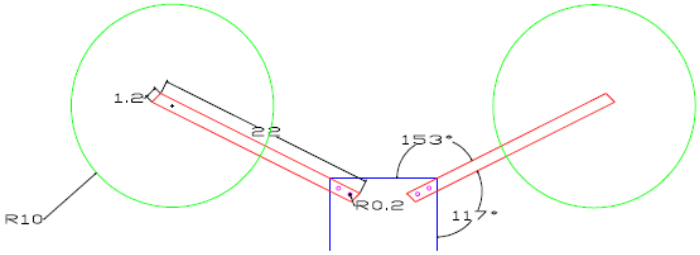


รูปที่ 3.8 กล้องแบบไร้สาย

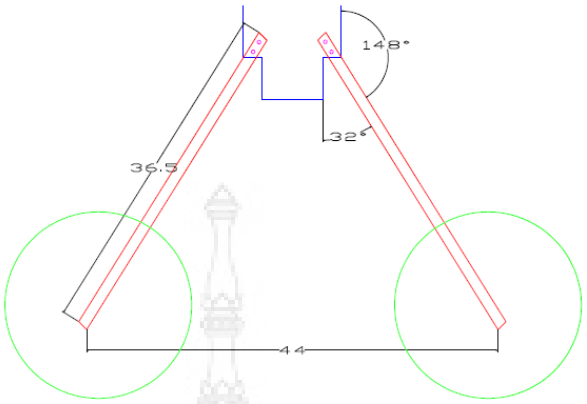
3.2.2 การออกแบบโครงสร้าง



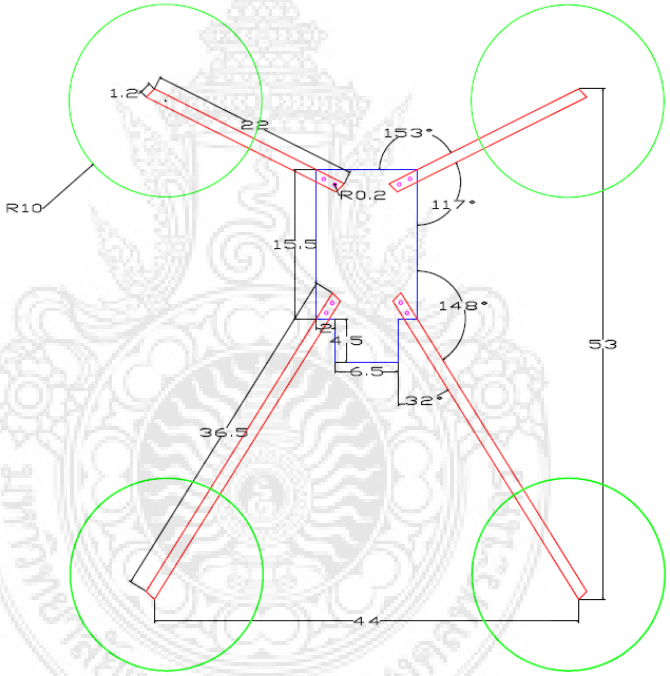
รูปที่ 3.9 ลำตัว



รูปที่ 3.10 ส่วนแขนด้านหน้า



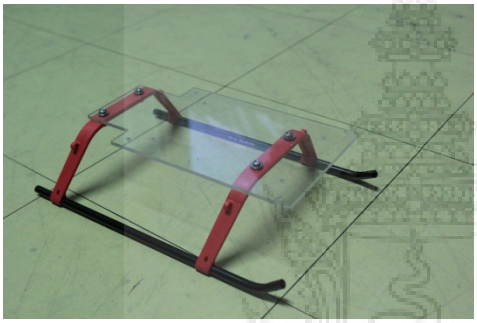
รูปที่ 3.11 ส่วนแขนด้านหลัง



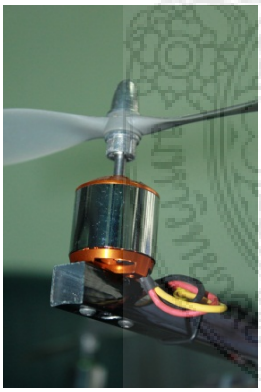
รูปที่ 3.12 รูปแบบโครงสร้าง

3.2.3 การติดตั้งอุปกรณ์

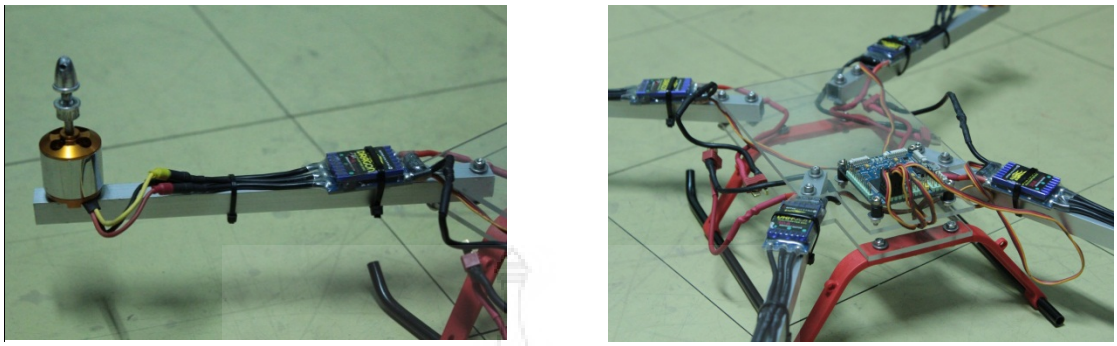
รูปที่ 3.13 โครงสร้าง 4 แกน



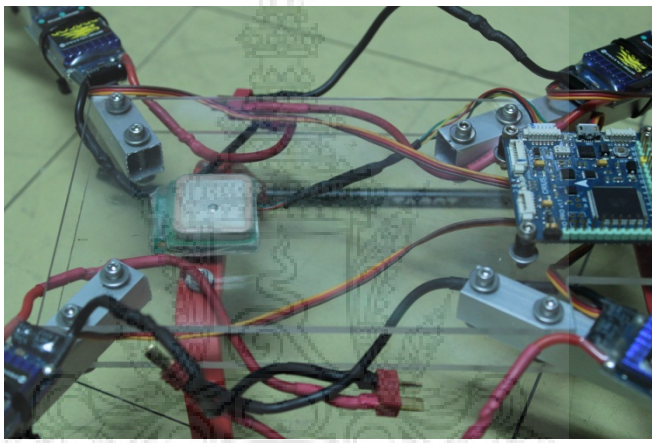
รูปที่ 3.14 ส่วนฐานของตัวเครื่องบิน



รูปที่ 3.15 มอเตอร์ไร้แปลงถ่ายทั้ง 4 แกน

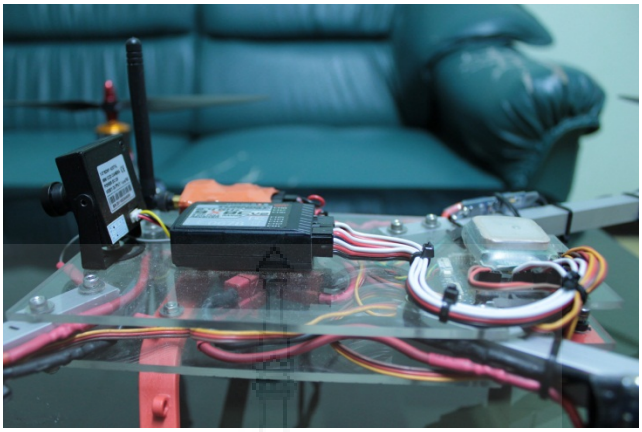


รูปที่ 3.16 Speed control เชื่อมต่อมอเตอร์ และ บนแขนทั้ง 4 ข้าง

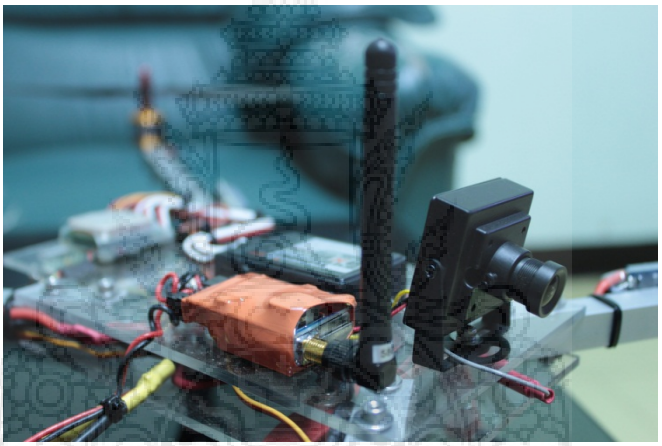


รูปที่ 3.17 GPS เชื่อมต่อกับ บอร์ดควบคุม

รูปที่ 3.18 บอร์ดควบคุม Controller (Multi Wii Manual rev 1.00)



รูปที่ 3.19 รีซีฟต่อกับ Controller (Multi Wii Manual rev 1.00)



รูปที่ 3.20 กล้องและตัวสัญญาณภาพ

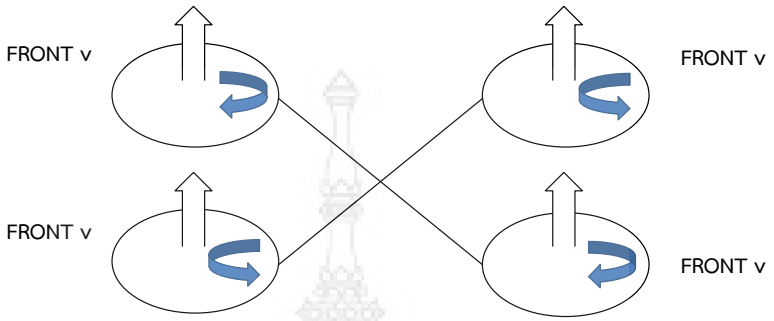
3.2.3 หลักการทำงานของเฮลิคอปเตอร์

การควบคุมเครื่องบินสี่ใบพัดทำได้โดยการเปลี่ยนความเร็วของใบพัดซึ่งทำให้แรงบิดและแรงยกของแต่ละใบพัดเปลี่ยนไป หลักการควบคุมเครื่องบินสี่ใบพัดในแบบต่างๆทำได้ดังนี้

กำหนดสัญลักษณ์และความหมายดังต่อไปนี้

1. v หมายถึง ความเร็วขณะนั้น
2. rpm หมายถึง ความเร็วที่เปลี่ยนไป
3. O หมายถึง การเร่งความเร็วในแนวดิ่ง (Throttle)
4. R หมายถึง การเอียงตัวไปทางซ้าย-ขวา (Roll)
5. P หมายถึง การเอียงตัวไปข้างหน้า-หลัง (Pitch)
6. Υ หมายถึง การหมุนทวน-ตามเข็มนาฬิกา (Yaw)

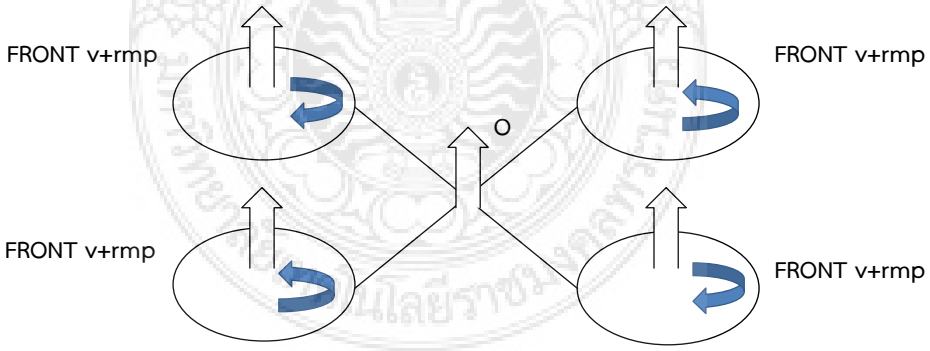
การลอยตัวนิ่ง (Hovering) ทำได้โดยควบคุมให้ความเร็วใบพัดทั้งสี่ตัว มีความเร็วที่เท่ากัน เพื่อสร้างแรงบิด (Torque) จากรูปที่ 3.21 จะเห็นว่าใบพัดซ้ายและขวาจะหมุนตามเข็มนาฬิกาแรงบิดจากใบพัดแต่ละคู่จะหักล้างกันทำให้เครื่องบินไม่หมุนตัว



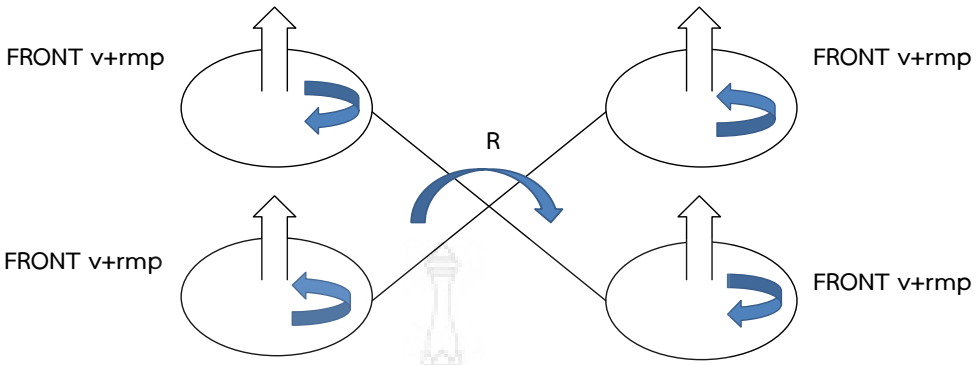
รูปที่ 3.21 การลอยตัวนิ่ง

การเร่ง-ลดความเร็วในแนวนิ่ง (Throttle) ใบพัดทั้งสี่จะต้องเพิ่มหรือลดความเร็วทุกใบพัดเท่าๆกัน ทำให้เครื่องบินขึ้น-ลง จากรูปที่ 3.22 เป็นการเร่งความเร็วในแนวดิ่งโดยเพิ่มความเร็วทั้งสี่ใบพัดเท่ากัน ทำให้เครื่องบินลอยขึ้น

การเอียงตัวซ้าย-ขวา (Roll) จากรูปที่ 3.23 ใบพัดหน้าซ้าย(Front)และหลังซ้าย(Left)จะมีความเร็วเพิ่มขึ้นแต่ความเร็วใบพัดหน้าขวา(Right)และหลังขวา(Rear)ความเร็วจะลดลงทำให้เกิดการเอียงตัวไปทางขวา ส่วนเอียงตัวซ้ายก็ใช้วิธีตรงกันข้าม

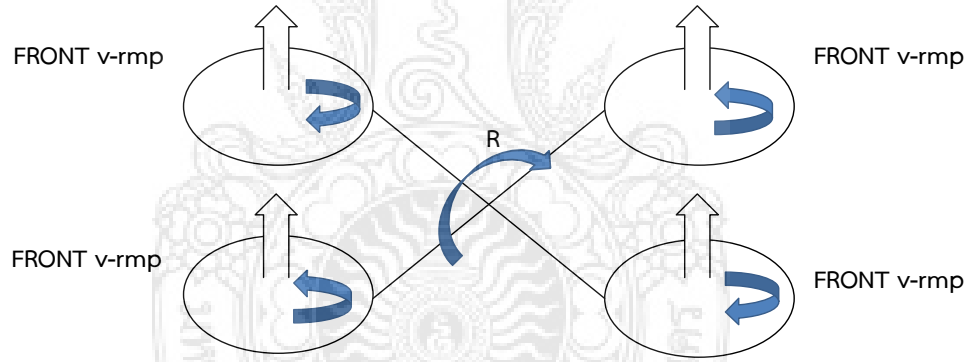


รูปที่ 3.22 การเร่งความเร็วในแนวนิ่ง



รูปที่ 3.23 การเอียงตัวไปทางขวา

การเอียงตัวหน้า-หลัง(Pitch)วิธีนี้คล้ายกับการเอียงตัวซ้าย-ขวา แต่เปลี่ยนเป็นให้ใบพัดหน้าซ้าย(Front)และหน้าขวา(Right)มีความเร็วลดลง แต่ความเร็วใบพัดหลังซ้าย(Left)และหลังขวา(Rear)จะหมุนเร็วขึ้นทำให้ทิศทางนี้ยกตัว ใบพัดคู่หน้าจะหมุนช้ากว่าทำให้ทิศทางนี้ตกลง ทำให้เครื่องบินเอียงไปข้างหน้า ดังรูปนี้ 3.20 ส่วนการเอียงตัวทางด้านหลังก็ใช้วิธีตรงกันข้าม



รูปที่ 3.24 การเอียงตัวไปข้างหน้า

การหมุนตัวทวน-ตามเข็มนาฬิกา(Yaw)ให้ความเร็วใบพัดหน้าซ้าย(Front)และหลังขวา(Rear)มากกว่าความเร็วใบพัดหลังซ้าย(Left)และหน้าขวา(Right)เพื่อให้แรงบิดที่เกิดจากการหมุนของใบพัดด้านนี้มากกว่า ทำให้เครื่องบินหมุนตัวทวนเข็มนาฬิกาดังรูปที่ 3.20 ส่วนการหมุนตัวตามเข็มนาฬิกาก็ให้วิธีตรงกันข้าม

3.3 Hard ware ที่ใช้ในการรับส่งสัญญาณ GPS

3.3.1 Microcontroller

รูปที่ 3.25 Board Microcontroller

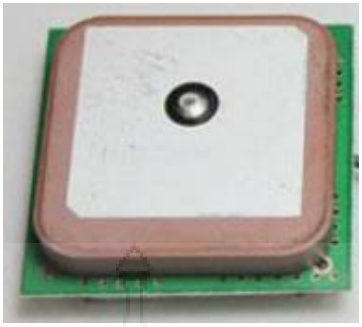
ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Multi Wii Manual rev 1.00 ของบริษัท Atmel มีหน่วยความจำโปรแกรม 32K byte หน่วยความจำข้อมูล 2048 byte ทำงานที่ความถี่ 11.0592 MHz

3.3.2 RF Module

รูปที่ 3.26 RF Module TRW24G

RF Module เบอร์ TRW24G รับส่งที่ความถี่ 2.4 GHz ส่งได้ไกล 50 เมตร ในที่โล่งไม่มีสิ่งกีดขวาง สามารถเป็นทั้งตัวรับและตัวส่งได้ในตัว และมีตัวอย่างโปรแกรมให้ได้ทดลอง

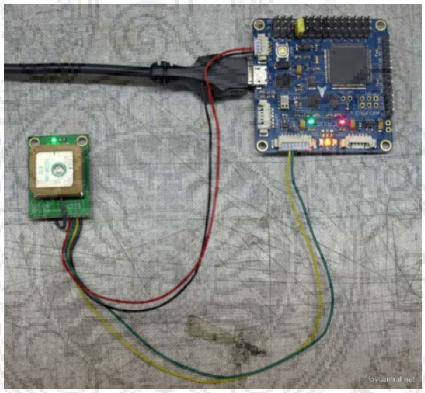
3.3.3 GPS Module



รูปที่ 3.27 GPS Module

Module รับดาวเทียม GPS ใช้ภาครับ u-blox/NEO-5Q รับดาวเทียม 50 Channel 4Hz (RS-232 TTL) พร้อมสาย USB-Serial ใช้ร่วมกับโปรแกรมแผนที่หรือนำทาง แถมยังสามารถพัฒนาโปรแกรมบนคอมฯ PC หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ MCU

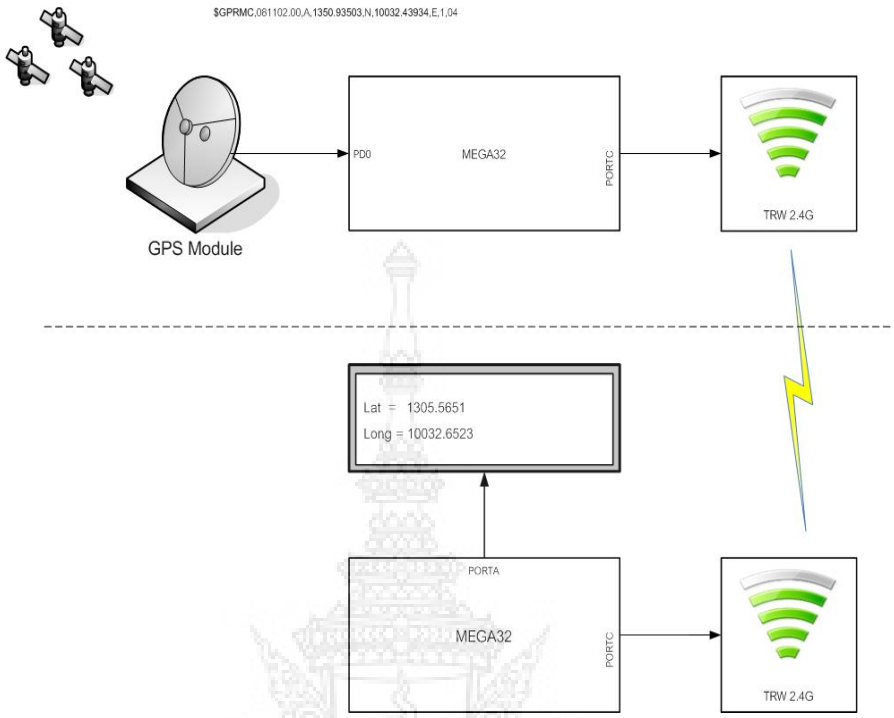
3.3.4 การเชื่อมต่อภายในระบบ GPS



รูปที่ 3.28 การเชื่อมต่อภายในระบบ GPS

เป็นทางออกที่ง่ายที่จะได้รับ GPS แบบอนุกรมทำงาน: ใช้ 5V และ GND จากพอร์ต I2C และเชื่อมต่อ GPS เพื่อ RX2 และ TX2 พอร์ต Crius AIO

3.3.5 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ GPS



รูปที่ 3.29 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ GPS

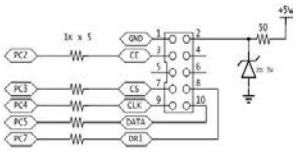
หลักการทำงาน

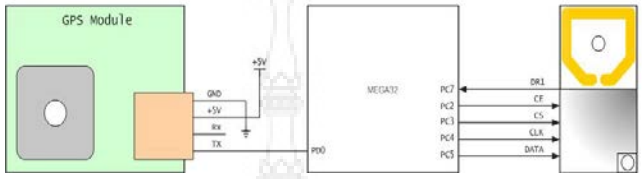
1. GPS Module เซตไว้ที่ 38.4 bit/sec จะรับสัญญาณพิกัดตำแหน่งปัจจุบันจากดาวเทียมส่งสัญญาณที่ได้รับเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ Multi Wii Manual rev 1.00 โดยใช้ Port D_0 เป็นตัวรับสัญญาณ โดยเซตสัญญาณ Port D_0 ให้เป็น 38.4 bit/sec

2. Multi Wii Manual rev 1.00 จะตรวจจับสัญญาณ GPS ว่ามีการส่งข้อมูลมาหรือไม่ ถ้ามีการส่งข้อมูลมา Multi Wii Manual rev 1.00 จะทำการรับข้อมูลเป็นระบบพิกัด ละติจูด และลองติจูดส่งสัญญาณผ่าน Port C ไปยังตัว TRW RX 2.4G เพื่อส่งสัญญาณ wireless ไปยังตัวรับ

3. TRW TX 2.4G จะรับสัญญาณมาจากตัวส่งและจะส่งเข้าไปยัง Multi Wii Manual rev 1.00 แล้วจะทำการตรวจสอบสัญญาณว่าถูกต้องหรือไม่ ถ้าถูกต้อง ละติจูด และลองติจูดจะมาบอกพิกัดบนจอ LCD

3.3.6 โครงสร้างของวงจรภาคส่งสัญญาณ





รูปที่ 3.30 โครงสร้างของวงจรภาคส่งสัญญาณ

หลักการทำงาน

1. จาก GPS Module จะมีขา 4 ขา คือ GND คือ กราวด์, ไฟเลี้ยง 5 V, ขา Rx รับข้อมูล ,ขา Tx ส่งข้อมูล

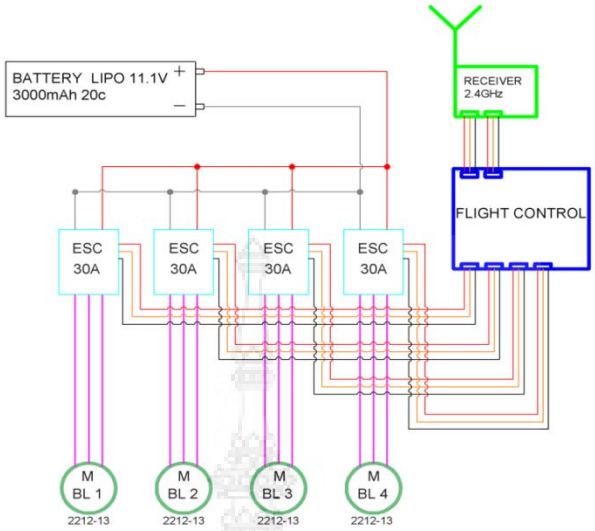
2. นำ Output จากขา Tx ที่ส่งข้อมูลมา Output ที่ขา PD0 ของตัวบอร์ด Multi Wii Manual rev 1.00

3. นำข้อมูล GPS ที่รับสัญญาณได้ Output ออกจาก Port C ของบอร์ด Multi Wii Manual rev 1.00 Input เข้าไปที่ตัว TRW 2.4 GHz

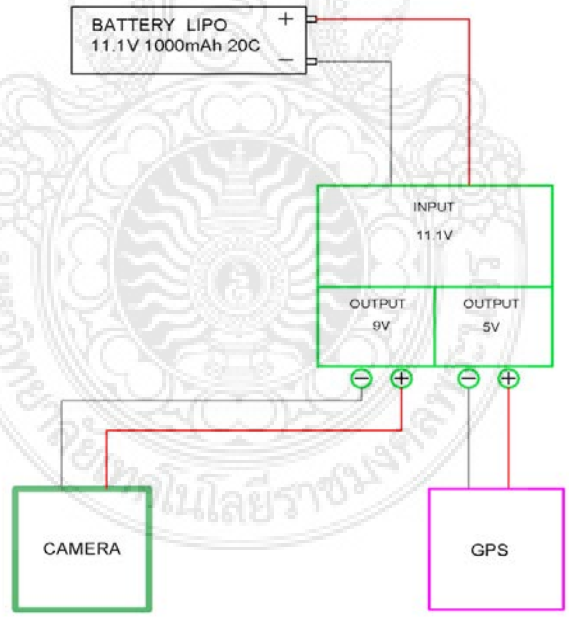
3.3.7 ภาครับ - ภาคส่งของระบบสัญญาณภาพ

รูปที่ 3.31 การรับ-ส่งของระบบสัญญาณภาพ

3.4 ระบบการจ่ายไฟ



รูปที่ 3.32 ระบบการจ่ายไฟชุดควบคุมการบิน



รูปที่ 3.33 ระบบการจ่ายไฟชุด CAMERA และ GPS

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการบิน

ตารางที่ 4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการบิน

ครั้งที่	ระดับความสูง (เมตร)	ระยะเวลาที่ใช้ (นาที)	ข้อผิดพลาด
1	10-50	7	-
2	50-150	6	โดนลมปะทะ เสียสมดุลเล็กน้อย
3	150-250	6	มอเตอร์ทำงานหนัก ทำให้แบตเตอร์รี่จ่ายไฟเลี้ยงมากขึ้น
4	250-350	6	มอเตอร์ร้อน เนื่องจากทำงานหนัก เริ่มมองตัวเฮลิคอปเตอร์ไม่ค่อยเห็นและเริ่มมีลมปะทะ
5	350	5	มองตัวเฮลิคอปเตอร์ไม่ค่อยเห็น ทำให้บังคับได้ยากขึ้นมีลมปะทะทำให้เสียสมดุล

4.2 ระบบรับ - ส่งสัญญาณภาพ

ตารางที่ 4.2 การทดสอบระบบรับ-ส่งสัญญาณ

ระยะทาง (เมตร)	ผลการทดลอง
50	สัญญาณภาพชัดเจน
100	สัญญาณภาพชัดเจน
150	สัญญาณภาพชัดเจน
200	สัญญาณภาพชัดเจน
300	สัญญาณภาพชัดเจน

4.3 ระบบบอกพิกัดด้วย GPS ล็อคตำแหน่ง

เมื่อ GPS Module รับสัญญาณพิกัดจากดาวเทียม (อยู่ที่สภาวะอากาศหรือมีสิ่งปกคลุมอยู่) จะทำการส่งสัญญาณ Wireless GPS ล็อคตำแหน่ง เพื่อระบุพิกัดละติจูดและลองติจูด โดยทดสอบสัญญาณ Wireless GPS ล็อคตำแหน่ง ที่ระยะ 10- 50 เมตรในพื้นที่โล่ง ปรากฏว่าการล็อคตำแหน่งด้วย GPS สามารถล็อคตำแหน่งโดยที่ไม่ต้องมีการควบคุมผ่านรีโมทนั้นได้ดี และที่ระยะ 50 – 70 เมตร สามารถ รับ-ส่งสัญญาณ GPS ได้ดีเริ่มมีลมปะทะเล็กน้อย แต่เมื่อเลยระยะ 70 เมตรขึ้นไป การรับส่งสัญญาณ GPS ยังล็อคตำแหน่งได้ดี แต่เนื่องจากลมปะทะมากขึ้นทำให้เครื่องบินเคลื่อนที่ตามกระแสลมที่ปะทะมาแรงขึ้น

4.4 การทดลองจริงทั้งระบบ

ตารางที่ 4.3 การทดลองจริงทั้งระบบ

ครั้งที่ทดสอบ	สภาพการทำงาน		ระดับความสูง (เมตร)	ระยะเวลาที่ใช้ (นาที)	ข้อผิดพลาด
	กล้อง	GPS			
1	ปกติ	ปกติ	50	5	-
2	ปกติ	ปกติ	100	5	เครื่องบินเสียสมดุลเล็กน้อยเนื่องจากลม
3	ปกติ	ปกติ	150	5	เครื่องบินเสียสมดุลเล็กน้อยเนื่องจากลม
4	ปกติ	ปกติ	200	5	เครื่องบินเสียสมดุลเล็กน้อยเนื่องจากลม แบตเตอร์รี่อ่อน
5	ปกติ	ปกติ	150	5	จ่ายไฟไม่เพียงพอ มอเตอร์ร้อน และลมแรงมากทำให้เสียสมดุล

หมายเหตุ การทดสอบในการบิน 5 ครั้ง เกิดข้อผิดพลาดขึ้น มอเตอร์เริ่มร้อนในขณะบินติดต่อกันหลายรอบและแบตเตอรี่อ่อนในขณะบินเป็นเวลา 7-8 นาที จะต้องหาเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่ และเมื่อบินขึ้นสูงประมาณ 500 เมตร เริ่มมีผลกระทบกับเครื่องบินมีลมมาปะทะทำให้เครื่องไม่สมดุล แต่ก็ยังมี GPS ล็อคตำแหน่งทำงานอยู่และเกิดเริ่มมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 บทนำ

เนื้อหาในบทนี้จะเป็นการสรุปเกี่ยวกับการดำเนินงานทั้งหมดของโครงงานที่ได้ทำมาว่ามีปัญหาและอุปสรรค์ในการสร้างโครงงานคืออะไรเพื่อที่จะได้รู้ว่าการปฏิบัติงานมีความสำเร็จตามเป้าหมายที่คาดหวังไว้มากหรือน้อยเพียงใดเพื่อที่จะได้เป็นแนวทางในการนำไปพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจต่อไป

5.2 สรุปผลที่ได้จากโครงงาน

5.2.1 ได้รู้จักการประยุกต์ออกแบบโครงสร้างจาก เฮลิคอปเตอร์แบบ 3 แกน เป็นเฮลิคอปเตอร์แบบ 4 แกน

5.2.2 ได้ความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์

5.2.3 สามารถทำการบินโดยการล็อคตำแหน่งด้วย GPS โดยที่ไม่ต้องการควบคุมผ่านรีโมท

5.2.4 ได้ภาพเคลื่อนไหวที่ชัดเจนและแม่นยำ

5.2.5 ได้รับความรู้เกี่ยวลักษณะการบิน

5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงงาน

ในการทำโครงงานที่ผ่านมาได้ทราบถึงปัญหาและข้อผิดพลาดของโครงงานบางประการ ซึ่งทำให้นำข้อบกพร่องที่ได้พบดังกล่าวไปแก้ไขปัญหาและพัฒนาโครงงานให้มีประสิทธิภาพและการใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น ดังนี้

5.3.1 สามารถพัฒนาในการใช้เฮลิคอปเตอร์ 4 แกนประยุกต์การใช้งานนอกจากการถ่ายภาพทางอากาศเป็นอย่างอื่นได้ เช่น การวัดทิศทางและความเร็วลม เป็นต้น

5.3.2 สามารถพัฒนาระบบ GPS ให้บอกพิกัดตำแหน่งใน google map โดยการเขียนโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์

5.3.3 สามารถบังขับเครื่องได้ไกลมากขึ้นและยังบังขับเครื่องผ่านภาพวีดิโอได้ไกลมากขึ้น ภาพชัดเจนมากกว่านี้โดยที่เทคโนโลยีใหม่

5.4 อุปสรรค์ในการดำเนินงาน

ในการสร้างโครงงานชิ้นนี้ทำให้ทราบถึงปัญหาและอุปสรรค์ต่างๆ ในการทำโครงงานซึ่งปัญหาเหล่านี้ได้รับการแก้ไขตามขั้นตอนและทำให้โครงงานสำเร็จตามเป้าหมายและระยะเวลาที่กำหนดไว้

5.4.1 ปัญหาในเรื่องการฝึกบินเฮลิคอปเตอร์ 4 แกน ด้วยตนเอง

5.4.2 ปัญหาในเรื่องน้ำหนักและระยะเวลาการบินของเฮลิคอปเตอร์ 4 แกน

5.4.3 ปัญหากระแสลมในขณะบินตอนนั้น

บรรณานุกรม

ประจิน พลังสันติกุล การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ด้วยภาษา C กับ WINAVR เล่ม 1 (C COMPILER) กรุงเทพฯ, 2545

ไพโรจน์ ไววานิชกิจ, กมล เขมะรังสี เปิดโลกการศึกษาไร้สาย กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2539

สุชาติ กังวารจิตต์ เครื่องรับส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2521

สัมพันธ์ ไชยภาพ อวกาศพลศาสตร์เบื้องต้น กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเขียนไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จากhttp://www.find-docs.com. (วันที่ค้นข้อมูล : 17 ธันวาคม 2555).

PFV แนงดึ๋ง.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก http://www.rcthai.net/webboard/ . (วันที่ค้นข้อมูล : 5 พฤศจิกายน 2555).

ภาคผนวก

CRIUS ALL IN ONE PRO v1.0 Multi Rotor Flight Controller

Manual rev 1.3

By Quadframes

Features:

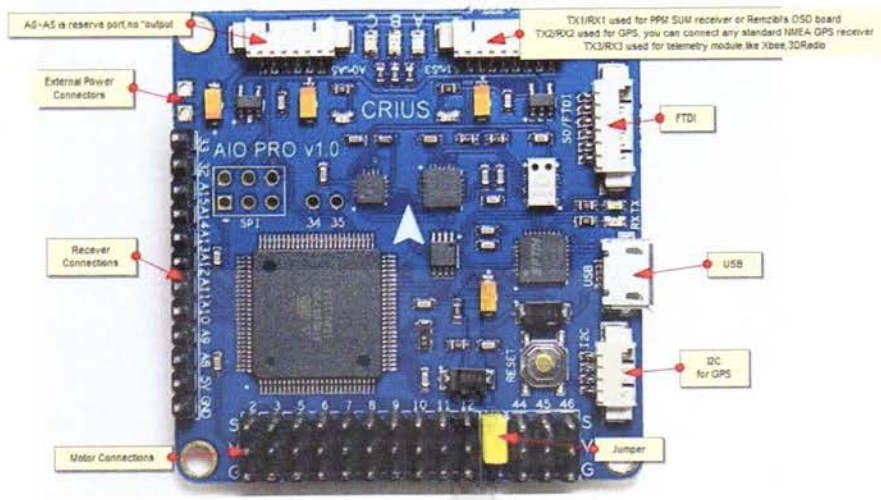
- Supported MegaPirateNG and MultiWii firmware
- Up to 8-axis motor output
- 8 input channels for standard receiver
- 4 serial ports for debug/Bluetooth Module/OSD/GPS/telemetry
- 2 servos output for PITCH and ROLL gimbal system
  - A servos output to trigger a camera button
- 6 Analog output for extend device
- A I2C port for extend sensor or device
- Separate 3.3V and 5V LDO voltage regulator
- ATMega 2560 Microcontroller
- MPU6050 6 axis gyro/accel with Motion Processing Unit
- HMC5883L 3-axis digital magnetometer
  - MS5611-01BA01 high precision altimeter
  - FT232RQ USB-UART chip and Micro USB receptacle
- On board logic level converter
- Match the standard of RoHS

Flight mode for Multiwii

- One of the following basic mode
  - Acro
  - Level
  - Alt Hold
  - Head Lock
- Optional mode
  - HeadFree (CareFree)
  - GPS Hold (Need GPS receiver or Extend Board)
  - GPS Back to home position (Need GPS receiver or Extend Board)

Flight mode for MegaPirate

- Acro
- Alt Hold
- Simple
- Loiter (uses GPS)
- Guided (uses GPS)
- Position (uses GPS)
- Circle (uses GPS)
- RTL (uses GPS)
- Auto(uses GPS)
- Follow Me(uses GPS)



Motor connection

-MultiWii : D2/D3/D5/D6/D7/D8/D9/D10
-MegaPirateNG: D2/D3/D5/D6/D7/D8/D11/D12

External Power: if you don't power it by the BEC from the ESC Also needed to power Expansion Board.

-cam pitch = input from RX
-cam roll = same
-aux4= same (aux port 1-4 u can see in the MultiWii config tool on PC)
-aux3= same (aux port 1-4 u can see in the MultiWii config tool on PC)
-aux2= same (aux port 1-4 u can see in the MultiWii config tool on PC)
-aux1= same (aux port 1-4 u can see in the MultiWii config tool on PC)
-yaw = input from RX
-pitch = input from RX
-roll = input from RX
-throttle = input from RX
-5v = so the RX gets power
-gnd= ground

-trigger 9 = to trigger the cam if needed
-echo 10 = optional echo ultrasonic sensor (??)
-2x Motor out 11, 12 (where do i put which motor????)
-5v bridge, jumper (if you power it by the BEC from the ESC this must be closes)
-pitch 44 = for the CAM Gimbal system
-roll 45 = for the CAM Gimbal system
-trigger 46 = another trigger
D9/D10 is sonar sensor port when you use MegaPirateNG firmware

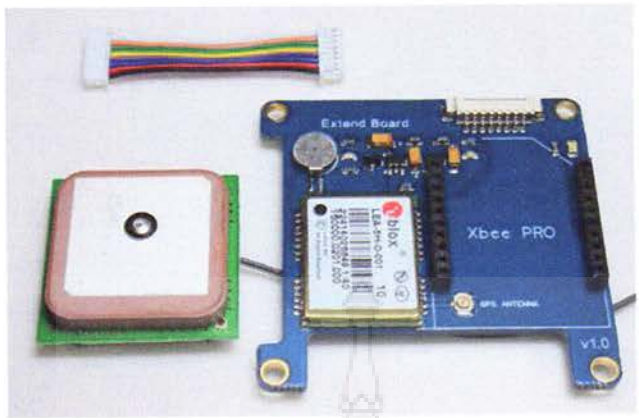
I2C port
(slc, sda, 5v, gnd) = this is the for expanding like Gps.

S0/FTDI
(gnd, gnd, 5v, rx0, tx0, dtr) = can be connected a bluetooth module or standalone FTDI cable(if the USB on board is broken)

S1-S3
(tx1, rx1, tx2, rx2 tx3, rx3, vcc, gnd) = RX1/TX1 used for PPM SUM receiver or Remzibi's OSD board
TX2/RX2 used for GPS, you can connect any standard NMEA GPS receiver
TX3/RX3 used for telemetry module,like Xbee,3DRadio etc

A0-A5
A0~A5 is reserve port,no "output"

Extend Board for ALL IN ONE PRO



Features:

·Included U-blox LEA-5H GPS Module and Xbee socket. (Been advise this will now be LEA-6H GPS module)

·Working with AIO PRO FC, provides full UAV functionality.

·2 separated 3.3V LDO voltage regulator

·25X25mm active GPS antenna with 200mm cable

Extend Board connects to S1-S3 port

Please note:

The extended board must be powered via external power pins on the main board and the yellow jumper is to be removed.

Software code changes for Multiwii and Megapirate

Multiwii

Add this code to def.h in MultiWii 2.0 or later verson
after

```
/*****************************************************************************/
/***************        IMU Orientations and Sensor definitions        *******************/
/*****************************************************************************/

//please submit any correction to this list.


#if defined(CRIUS_AIO_PRO_V1)
#define MPU6050
#define HMC5883
#define MS561101BA
#define ACC_ORIENTATION(X, Y, Z) {accADC[ROLL] = -X; accADC[PITCH] = -Y; accADC[YAW] = Z;}
#define GYRO_ORIENTATION(X, Y, Z) {gyroADC[ROLL] = Y; gyroADC[PITCH] = -X; gyroADC[YAW] = -Z;}
#define MAG_ORIENTATION(X, Y, Z) {magADC[ROLL] = X; magADC[PITCH] = Y; magADC[YAW] = -Z;}
#define MPU6050_EN_I2C_BYPASS // MAG connected to the AUX I2C bus of MPU6050
#undef INTERNAL_I2C_PULLUPS
#endif
```

then add this to "boards and sensor definitions" in config.h

```
#define CRIUS_AIO_PRO_V1 // Crius Multiwii AIO PRO v1.0
```

For the GPS, scroll down to the GPS section in config.h and set the following:

```
#define GPS_SERIAL 2
#define GPS_BAUD 115200
```

Megapirate

These settings are all in APM_Config.h you will see this tab when you load the Attitude.pde file in the MegaPirateNG/ArduCopter folder.

```
// Select your sensor board
#define PIRATES_SENSOR_BOARD PIRATES_FREEIMU_4
/*
PIRATES_ALLINONE
PIRATES_FFIMU
PIRATES_FREEIMU
PIRATES_BLACKVORTEX
PIRATES_FREEIMU_4       // New FreeIMU 0.4.1 with MPU6000, MS5611 and 5883L
PIRATES_DROTEK_10DOF_MPU  // MPU6000, MS5611 and 5883L
*/


// Select your baro sensor
#define CONFIG_BARO AP_BARO_MS5611_I2C
/*
AP_BARO_BMP085_PIRATES
AP_BARO_MS5611_I2C
*/


// For BlackVortex, just set PIRATES_SENSOR_BOARD as PIRATES_BLACKVORTEX, GPS will select automatically
#define GPS_PROTOCOL GPS_PROTOCOL_AUTO
/*
GPS_PROTOCOL_NONE  without GPS
GPS_PROTOCOL_NMEA
GPS_PROTOCOL_SIRF
GPS_PROTOCOL_UBLOX
GPS_PROTOCOL_IMU
GPS_PROTOCOL_MTK
```

GPS_PROTOCOL_HIL
GPS_PROTOCOL_MTK16
GPS_PROTOCOL_AUTO auto select GPS
GPS_PROTOCOL_UBLOX_I2C
GPS_PROTOCOL_BLACKVORTEX
*/

Crius All In One GPS and Installation

By fpvcentral on Jul 10, 2012

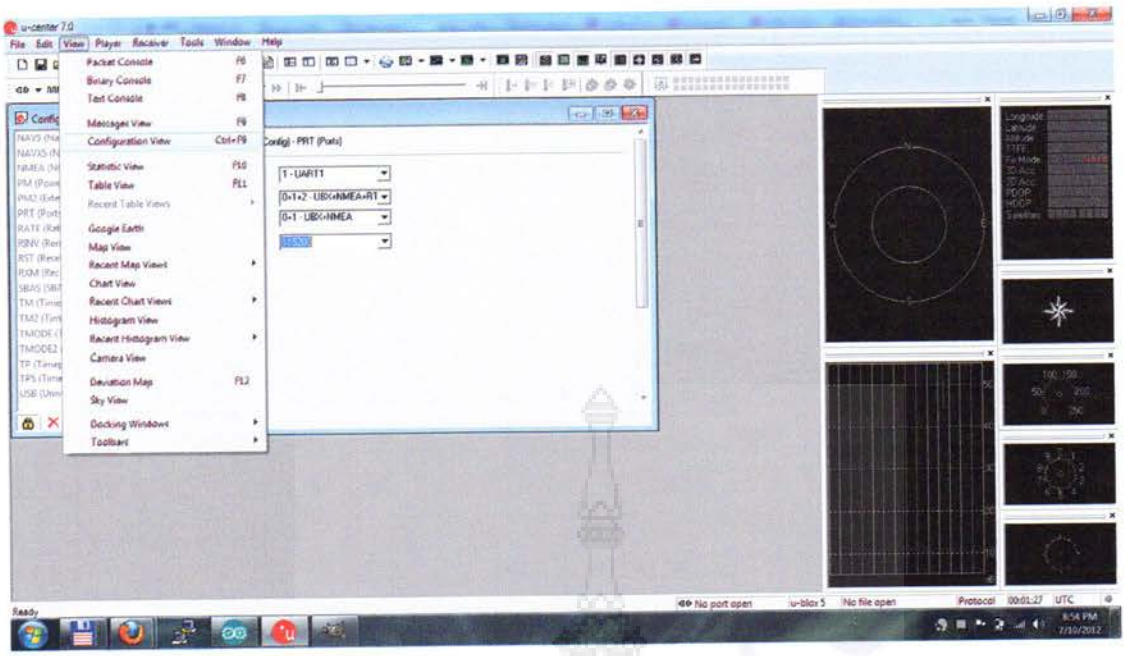
Configuring the GPS

The first order of business is to configure the u-box based GPS module from its default 9600 baud serial speed and 1Hz update rate to a more useful 115200 baud at 10 Hz update rate. To do this, you will need to connect the GPS module to a USB-to-Serial adapter, for example the little USB FTDI interface we used to set up the Crius Lite. Connect GND to GND, 5V to 5V, RX to TX and TX to RX (obviously).

After that, download the u-blox configuration software at http://www.u-blox.com/images/Support/Support_Products/EvaluationSoftware/u-centersetup-6.2.0.0.zip

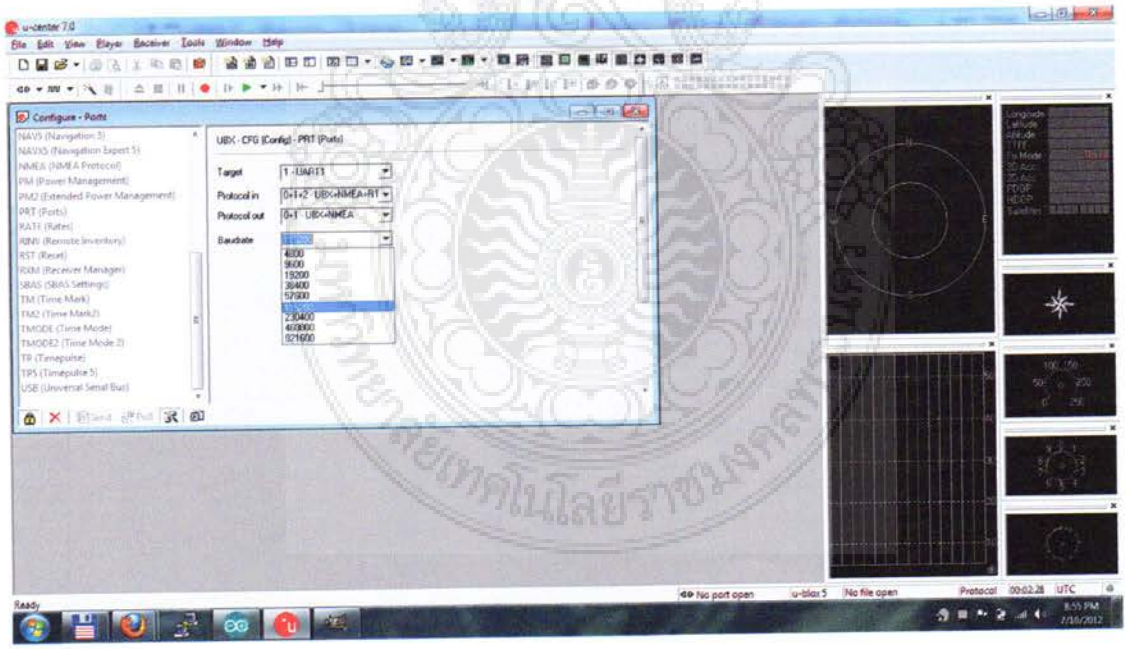
This program allows you to connect to the serial port of your USB to serial interface. Set it to 9600 baud, 8 bit, No parity, no flow control for now, as that's what the u-blox module uses by default. You don't need to change anything but the baud rate really. If that goes well, you should see GPS information streaming in, the little monitoring windows should jump to life. If that doesn't work, try power cycling the GPS.

Once you have the GPS working with your PC, you need to go into the configuration window, set the baud rate and update speed, and save the configuration into the GPS memory. You'll notice that there's a small button cell on the GPS module, this actually powers the configuration memory because otherwise the u-blox would revert to default configuration at every power loss.



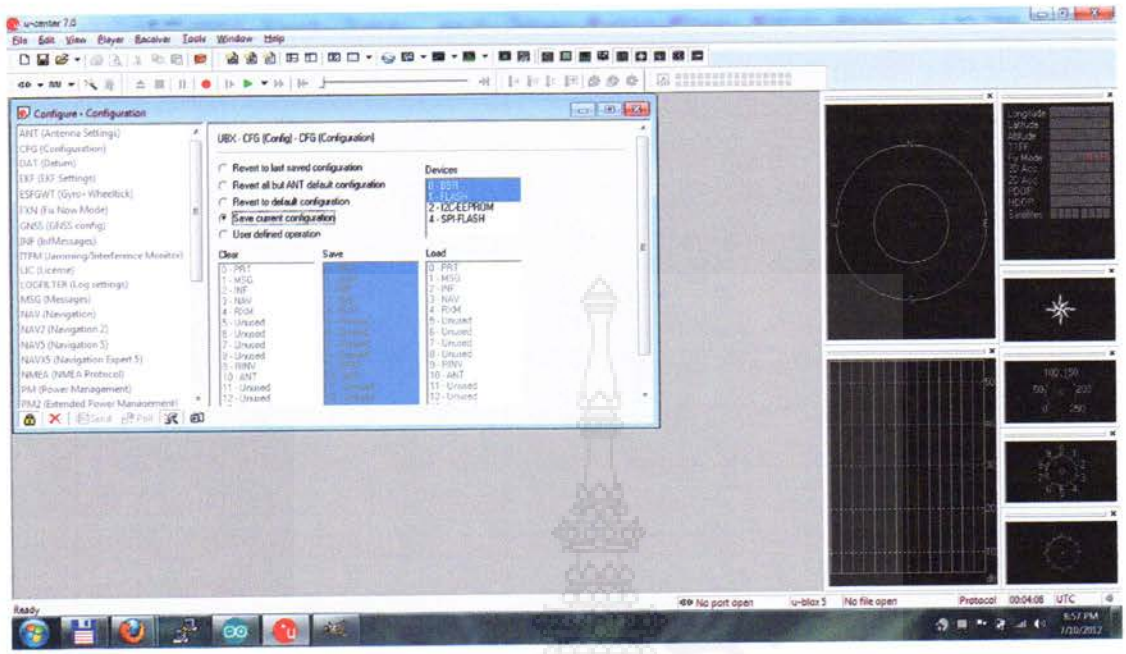
The Configuration Menu can be accessed via "View", "Configuration View"

Now select **PRT (Ports)** from the list on the left, the Target is UART1, and the baud rate is 115200. Leave the protocol options unchanged. Now **Press the SEND button below the list on the left.** If you do not press SEND, the values will not be changed! (Note that the send button is on the left side, below the list of configuration categories. In these screenshots it is grayed out.)



Now scroll the left hand list down to **RATE (Rates)** and enter 100 ms for the Measurement Period, 10.00 Hz Measurement Frequency, 2 cycles Navigation Rate, 5.00 Hz Navigation

Frequency. Again, do not forget to press SEND when done. Now all that's left is to write the configuration to the configuration memory.

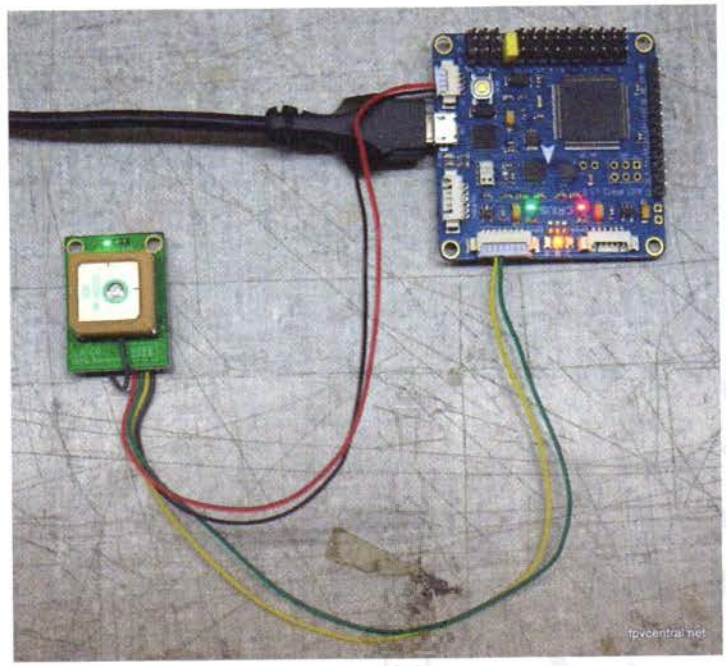


Scroll the list up to CFG (Configuration), select "Save current configuration", and press the SEND button.

Now the GPS module is ready for action.

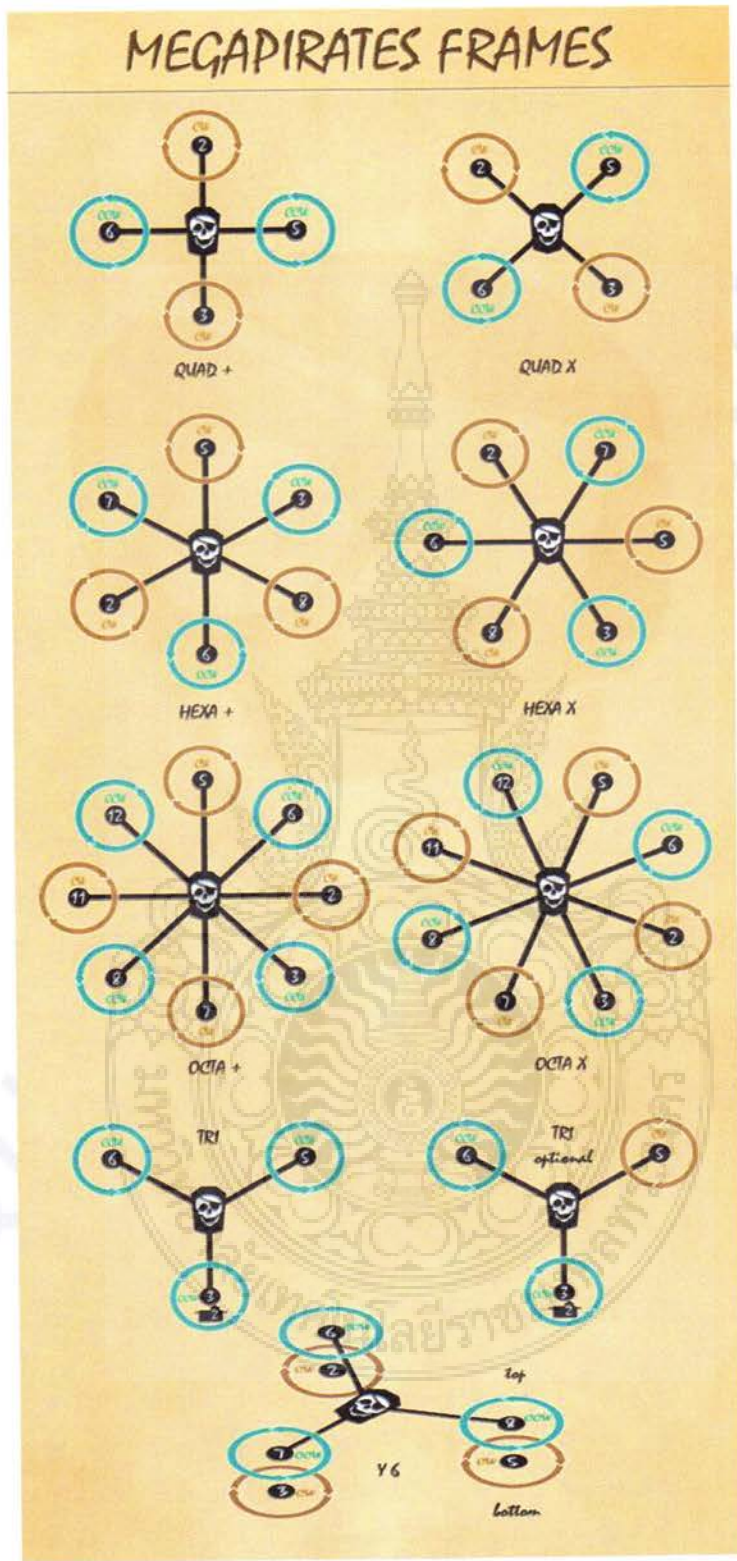
Wiring the GPS module

The GPS needs to be connected to the RX2 and TX2 ports on the Crius AIO controller. At the same time, 5V power has to be supplied as well, but the serial ports 1, 2 and 3 on that connector don't offer Vcc (they can if you power the board externally and remove the yellow jumper, but that's for another tutorial) – so the easiest way is to just use the 5V and GND pins of the I2C port. This is simple because Crius was so nice to supply all the molex connectors needed with the board – all you have to do is switch around the pins a bit.



This is the simple solution to get a serial GPS working: Use 5V and GND from the I2C port, and connect the GPS to the RX2 and TX2 ports on the Crius AIO

Frame and Motor Layout



The Crius All In One Pro Flight Controller (AIOP)
Multi Wii Manual rev 1.00
By Gaza07

http://www.multi-rotor.co.uk

http://www.rctimer.com

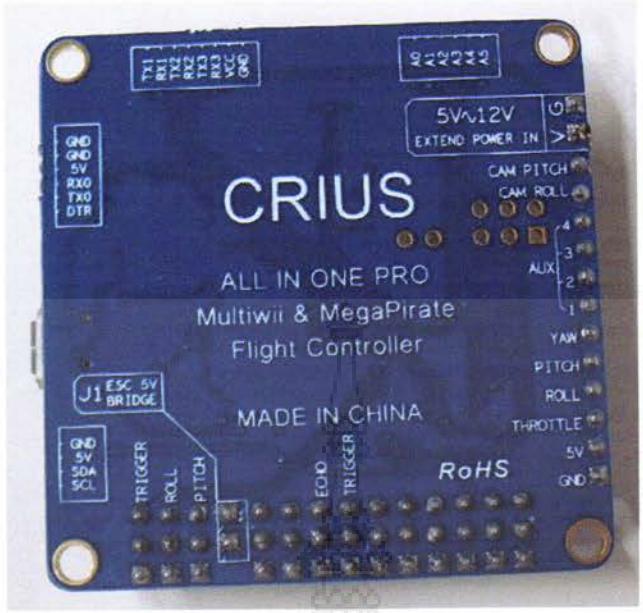
Features:

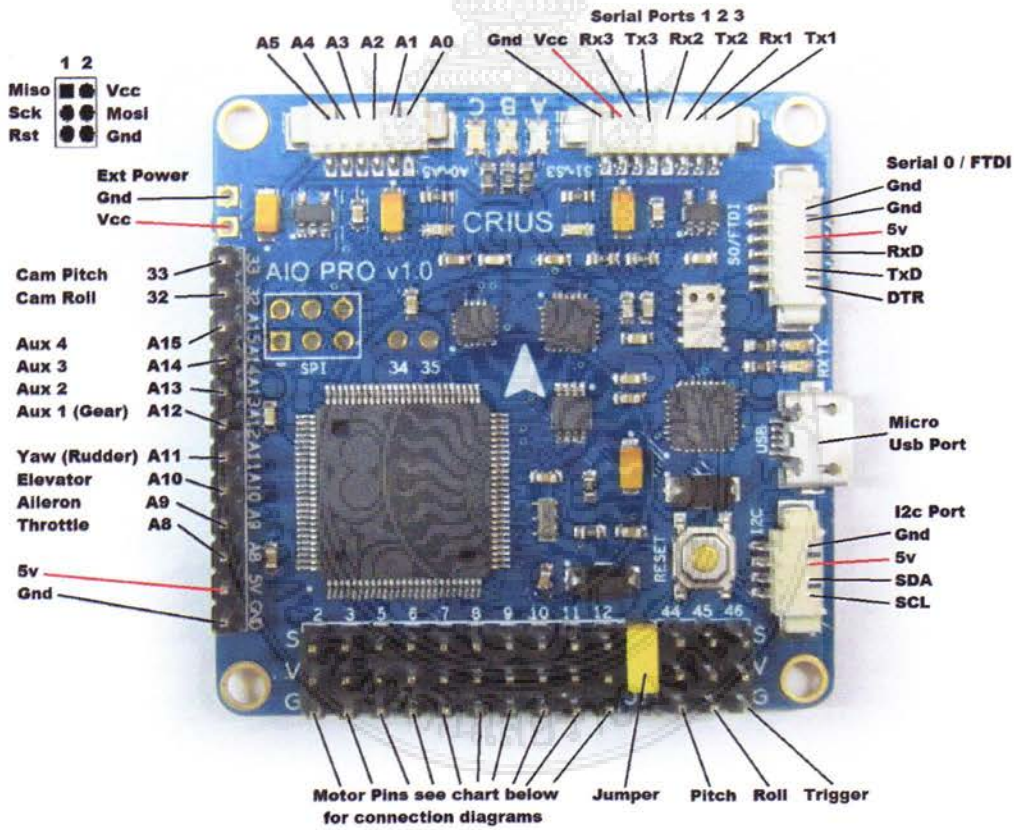
- Supported MegaPirateNG and MultiWii firmware
- Up to 8-axis motor output
- 8 input channels for standard receiver
- 4 serial ports for debug/Bluetooth Module/OSD/GPS/telemetry
- 2 servos output for PITCH and ROLL gimbal system
  - A servos output to trigger a camera button
- 6 Analog output for extend device
- A I2C port for extend sensor or device
- Separate 3.3V and 5V LDO voltage regulator
- ATMega 2560 Microcontroller
- MPU6050 6 axis gyro/accel with Motion Processing Unit
- HMC5883L 3-axis digital magnetometer
  - MS5611-01BA01 high precision altimeter
  - FT232RQ USB-UART chip and Micro USB receptacle
- On board logic level converter
- Match the standard of RoHS

Flight modes for Multiwii

- One of the following basic mode
- Acro
- Auto Level
- Altitude Hold
- Heading Lock
- Optional mode
- HeadFree (CareFree)
- GPS Hold (Need GPS receiver or Extend Board)
- GPS Back to home position (Need GPS receiver or Extend board)

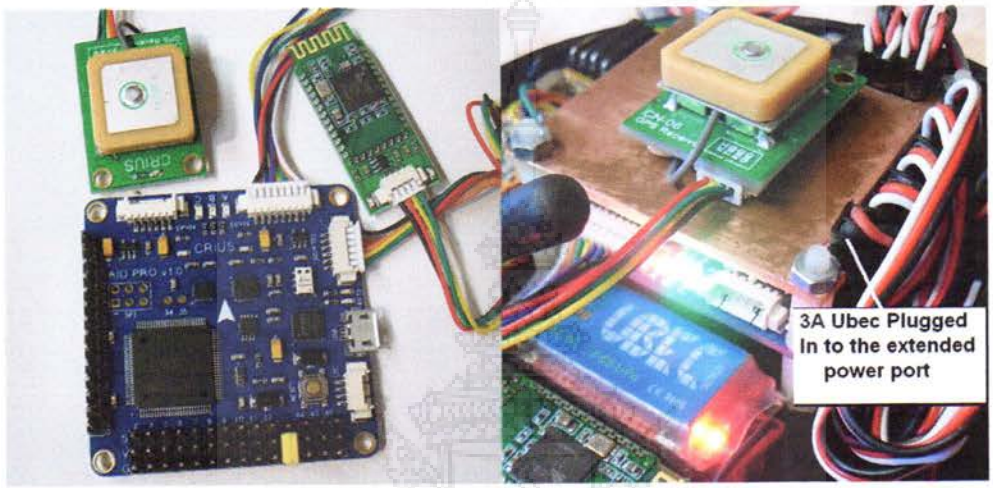
All connections are clearly marked on the bottom of the board





Note: when using the Usb connection to upload the firmware you need to disconnect the blue tooth module as it will prevent the upload

The yellow jumper must be removed if you're using the extended power, The serial ports are not powered if the jumper is left on and the board is powered by the esc, you have to take power for the serial port from else where, It is also advised that all but one of the red wires be removed from the esc servo plugs,
I have removed the jumper from my board and soldered 2 header pins in to the extended power port, and plugged a 3a Ubec in to it,
This powers the whole board and all ports and is in my opinion the best way to power the AIOP



Mutli Wii doesn't support sonar or serial 3 telemetry yet so I have just fitted blue tooth and Gps, The Gps is a CN-06 v1 which has since been updated to the CN-06 v2 and now has a larger antenna and eeprom to store the Gps settings, there is a fix by EOSBandi from the multi wii team that sets the v1 Gps to a higher speed rather than the default 9600bps see post below
http://www.multiwii.com/forum/viewtopic.php?f=8&t=2166#p20097

You have to add the new gps.ino to multi wii v2.1 and make the changes shown in the code or you can get a pre configured copy for the Crius AIOP from Multi Rotors UK
http://www.multi-rotor.co.uk/index.php/topic,376.0.html

Any standard serial type Gps module will work on the AIOP and this will have to be setup for port number and speed in the config.h of multi wii

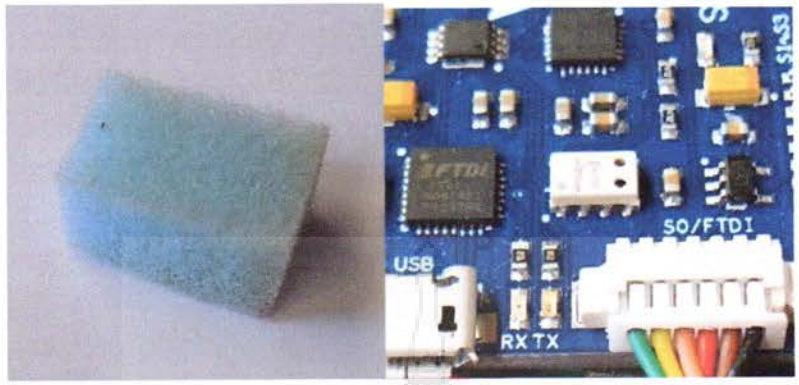
AIOP	GPS	AIOP	Bluetooth
Gnd	Gnd	Gnd	Gnd
5v	5v	5v	5v
Rx	Tx	RxD	Tx
Tx	Rx	TxD	Rx

Motor layout And Prop Directions

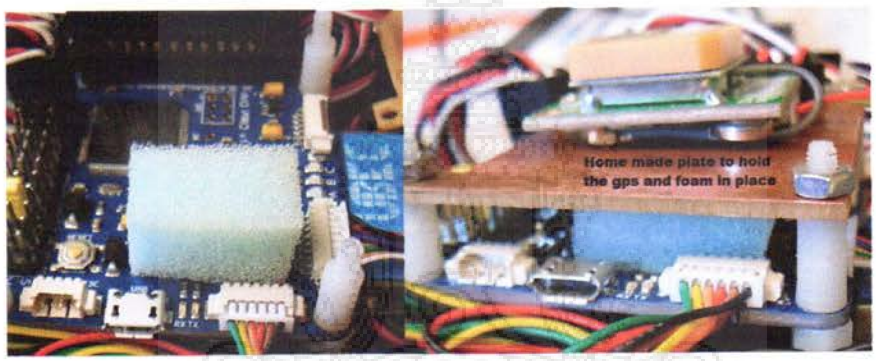
Multi Wii Sites

Multi Wii Firmware http://code.google.com/p/multiwii/
WinGui http://code.google.com/p/mw-wingui/
Multi Wii Copter http://www.multiwiicopter.com/wiki/archive/

The Crius AIOP comes with the newer ms5611 Barometer and this is very sensitive to prop wash and light so must be covered with open cell foam to protect it, see images below



Open cell foam block **The MS5611 Barometer**



Place the foam over the barometer and then use some thing to hold it in place but please do not glue it on,
I cut a piece of copper clad board to the right shape to hold the foam, and Gps in place, it works very well and may act as a shield for the Gps,

The MS5611 still has to sense the air pressure so you must not use any rubberised type of foam that my block the holes,
If you can breathe through the foam then it is the correct type

When you connect your motors for the first time make sure you leave the props off and give them a spin to see if they are going in the right direction if they are not then you need to swap over any 2 of the 3 wires going to the motors from the esc (speed controller) and this will reverse it,
It is very important that the right motors are connect to the right pins on the AIOP and that the motors spin the correct way as show in the diagrams above you arm the copter by holding the yaw stick right

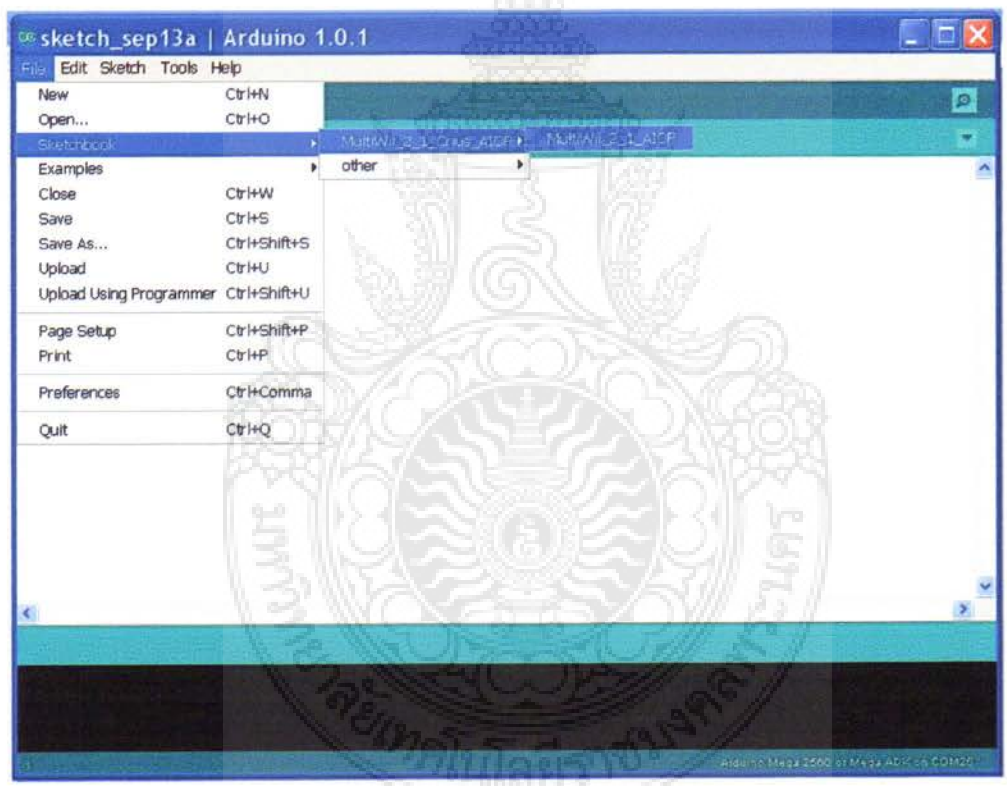
Arduino

To load firmware on to the AIOP you will need a copy of the Arduino App This can be found in the link below v1.01 is the current version.

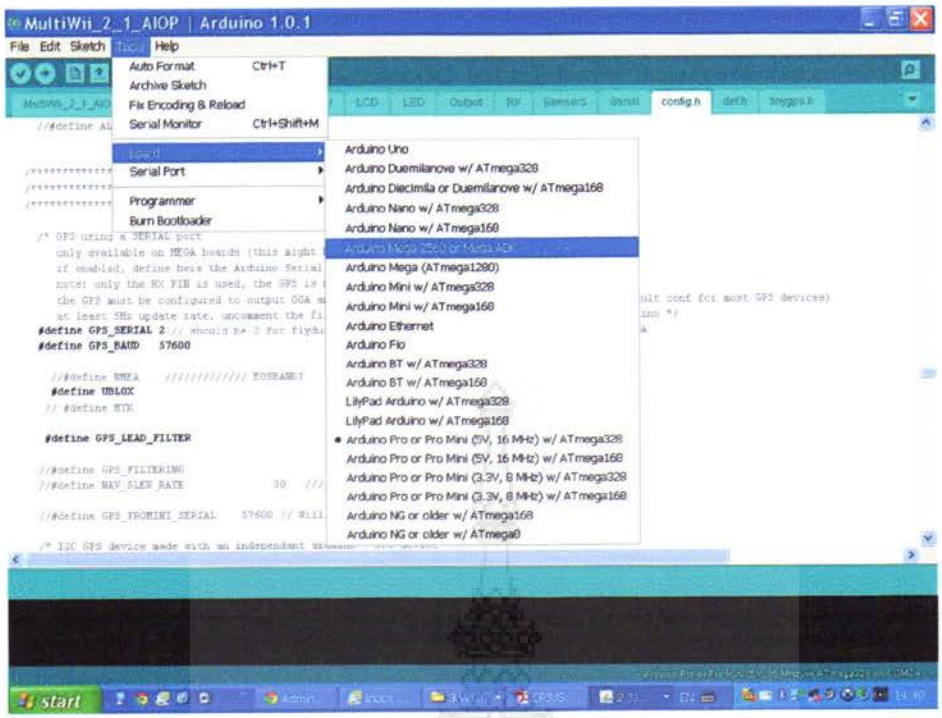
Arduino Guide http://arduino.cc/en/Guide/Windows
Arduino Downloads http://arduino.cc/en/Main/Software

You will also need a micro Usb cable
Be very careful when using these Usb cables as it is very easy to pull the socket from the board.

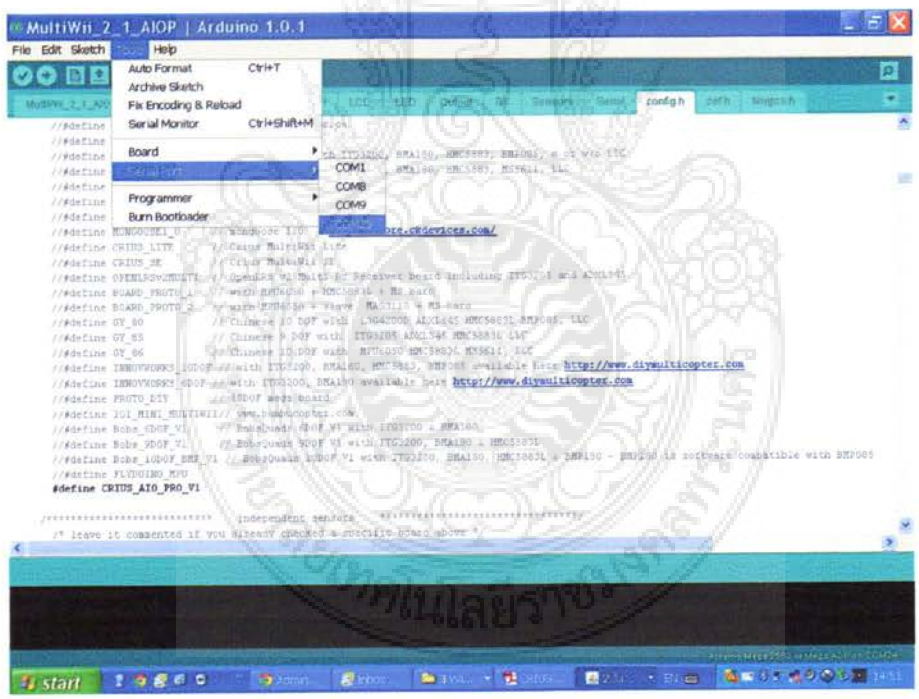
Once you have downloaded the Arduino app extract it to your documents folder, and also create another folder in my documents called Arduino then extract the multi wii firmware in to that folder, load the Arduino App and follow the images below, you can just skip all of the next few sections if your already a regular Arduino user.



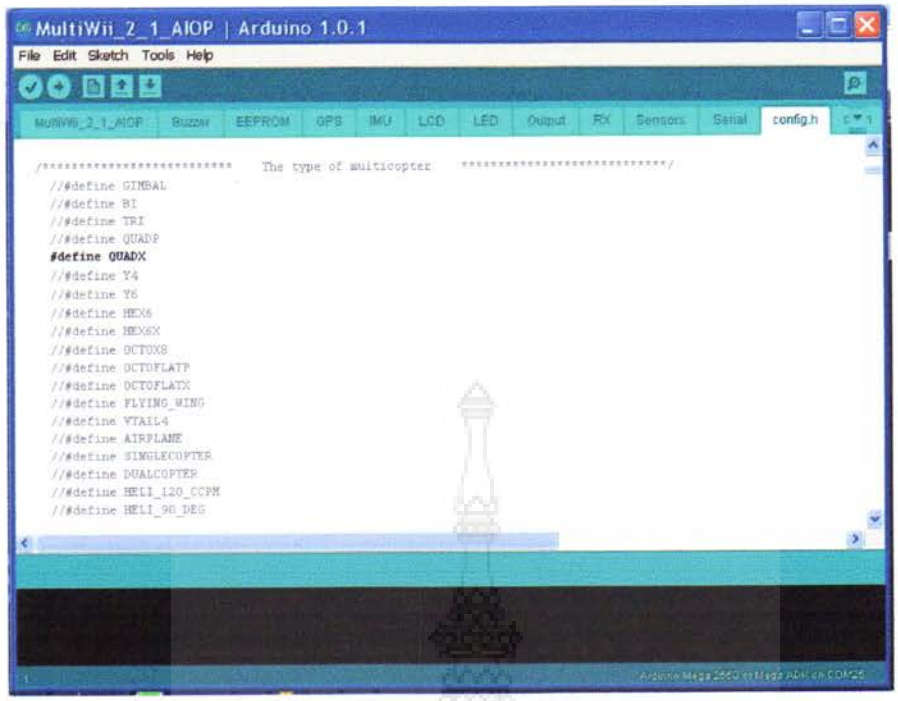
Click file and then move to sketchbook as above you should see the firmware you extracted to the Arduino folder you created and extracted the firmware to



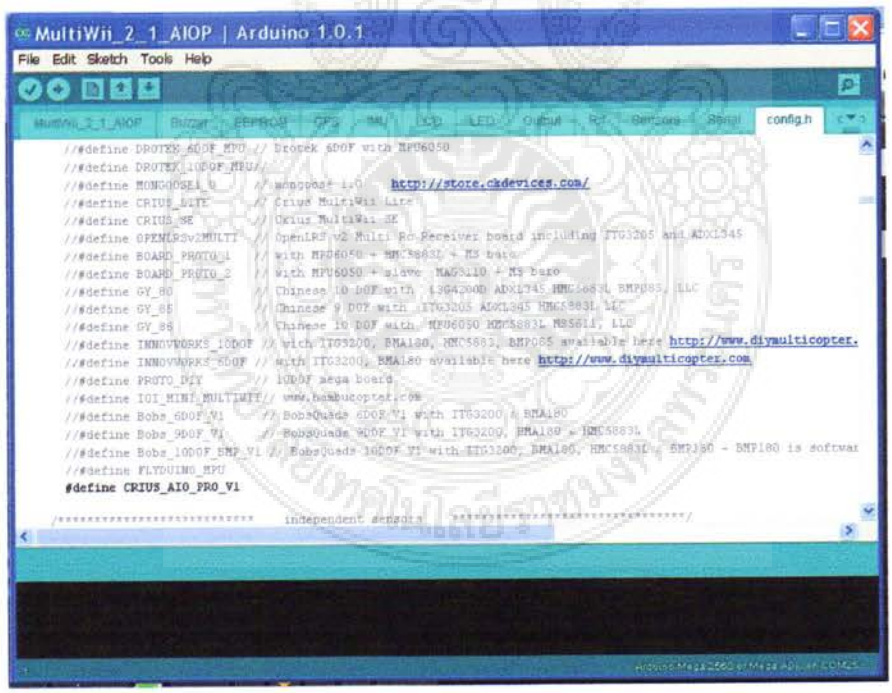
Click on tools and select the board type as shown above



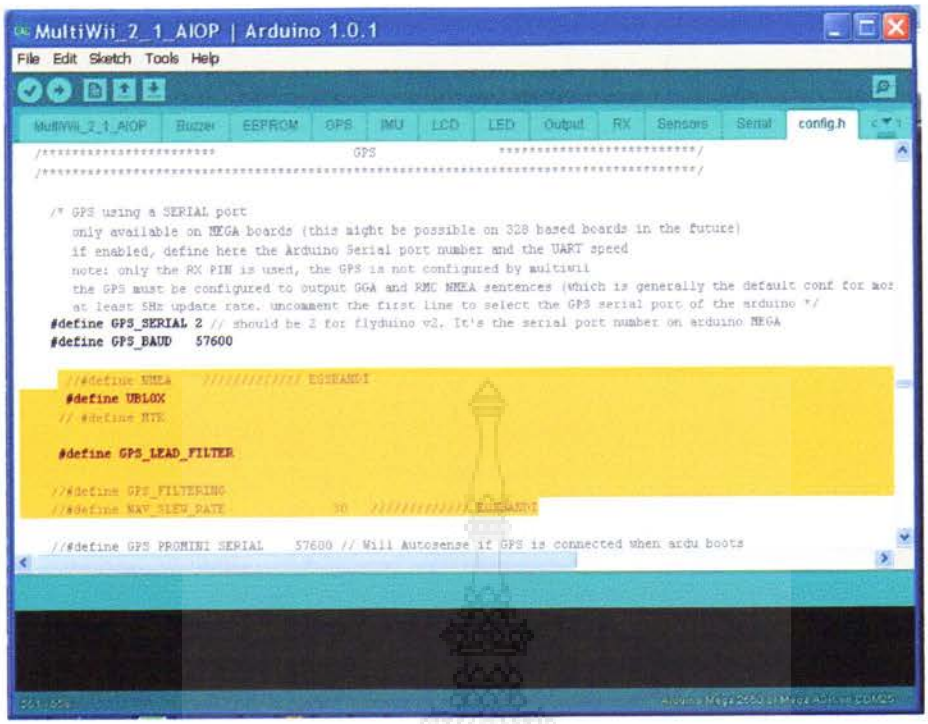
Click tools once more and select the com port your AIOP is using you can check this in the windows device manager if your not sure which it is.



Click on the tab config.h this is where the setting up of the board is done, Scroll down to the section shown above and set your frame type it is set to QUADX in the picture above, any lines with the // in front and in light grey are commented out and are un used only the line with out the // and in solid black are used and this sets the frame type in the firmware



Next scroll through the page until you find the line shown above again it needs to be un commented as shown no // and in black



The next step is only for those that have a Gps module if you don't just make sure the lines in black shown above are commented out using //

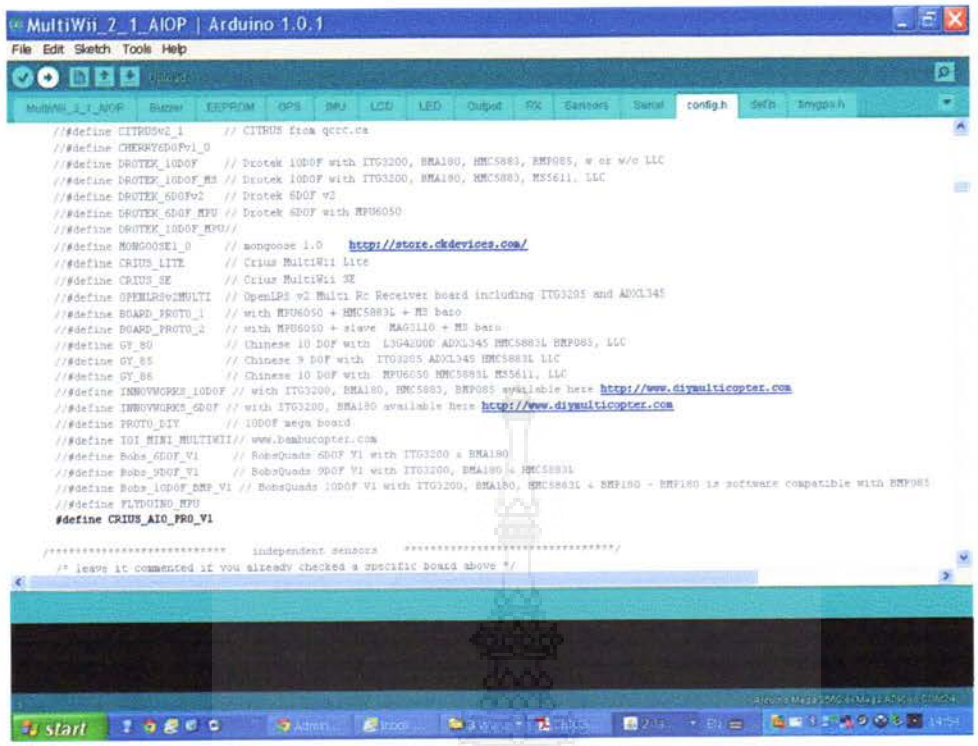
The portion of code shown above in yellow are the modifications created by EOSBandi of the multi wii team as I said above earlier I have already added these modifications for use with any ublox Gps module that has no eeprom to store the settings you can download this pre configured and modified firmware here http://www.multi-rotor.co.uk/index.php/topic,376.0.html

You can use any serial Gps with the AIOP and just have to set the com port and com port speed as shown above if your Gps does have an eeprom then you don't need the modified code and are better of using a fresh copy of the V2.1 multi wii firmware

If your using the mtek Gps such as the FMP-04 there is a upgrade program around which enables you to set the speed on in Gps firmware to 115200bs

If you have the newer CN-06 v2 that has the eeprom and larger antenna then you are also better off using a fresh copy of the multi wii firmware And editing it your self as shown above, there is a program from ublox to alter the settings of the Gps module available from ublox it called the Ucentre and is available here

http://www.u-blox.com/en/evaluation-tools-a-software/u-center/u-center.html



Once you have completed all the set up stages above then you can save your edited sketch and then click the upload button highlighted above Arduino will then compile the sketch and report any problems if there are any and then start the upload process, you should see the rx tx leds flashing at side of the Usb port when this happens, if all goes well Arduino will report upload completed and you can then connect to the board using the multi wii gui or the win gui to start setting your board ready for test flying, there are many more settings in the config.h tab that can be altered to make your copter behave the way you want such as min throttle And motor stop which stops the motors running when you arm the copter They will only run when you apply some throttle, to cover these other options your probably best of joining a forum and seeking further advise as to cover all options would take quite a while.

The Multi Wii Gui & Win Gui

you will find the multi wii gui in this folder MultiWiiConf_2_1 it will be with the firmware go in to the folder and then in to the win32 folder if that is the version of windows your using and start the MultiWiiConf_2_1.exe or alternatively down load and install the win gui from the link above as it is much easier to use and more user friendly, with both versions you select the com port your using and click start or connect in the win gui.

Note: you must use the correct versions of the Gui's that match the version of firmware you are using

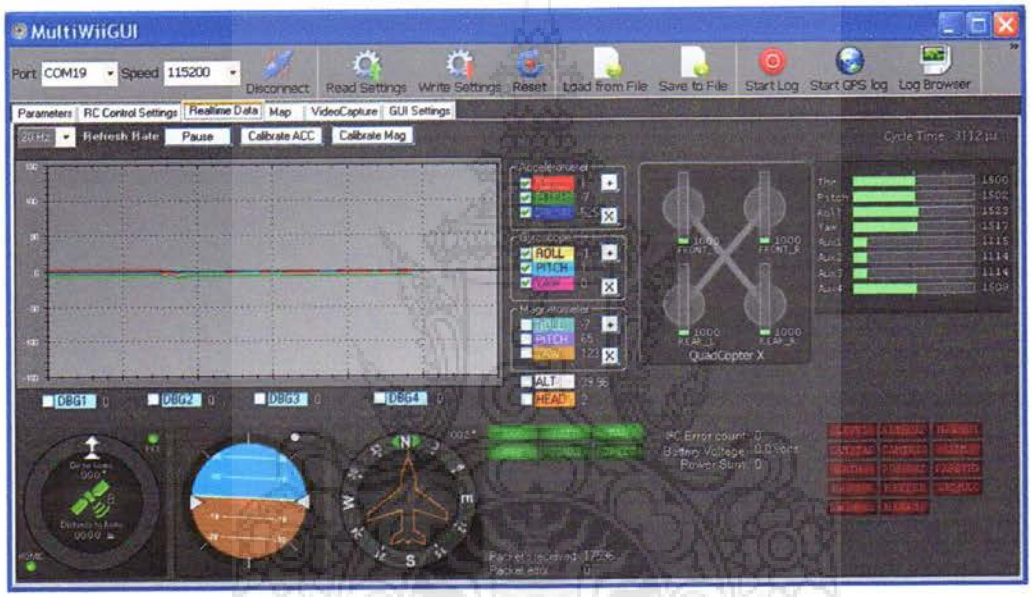
If you have managed to load the gui you should be looking at some thing like the picture above, im not going to explain the full workings of the gui that would probably take a full manual but hopefully enough to get you started, as can be seen I have a Gps connected and working the grey ring with the compass bearings on will flash if it is receiving data from the Gps module, and also show the direction to the home point where you armed the copter, one of the main things you need to do is sit the copter level and then click the CALIB_ACC button this will calibrate the accelerometer that is used for auto level stable mode flying, after that you also need to click the CALIB_MAG button but this time you need to hold the copter above your head and spin it in all axis possible it then calibrate the mag (compass)

It is best to leave the P I D settings as they are for test flying and then make adjustments to those if needed after you have test flown your copter, If you do need to change them hover the mouse over the number you wish to change and hold down the left mouse button and move the mouse from left to right to alter the numbers in the fields,

Setting your tx switches up is done in all the little boxes where it says aux 1 aux 2 aux 3 aux 4 you click in the box you want and it will turn white to indicate that function is active for that channel switch in the position selected, 2 way switches are low to high or high to low depending on the radio and this can be checked in the top right corner on the graphs when you move a channel switch or a stick the bar corresponding to that channel will move, you will see then what the switch reads and in what position 3 way switches are low middle high or high middle low again depending on your tx low being around 1100 middle 1500 and high 2000 or there about

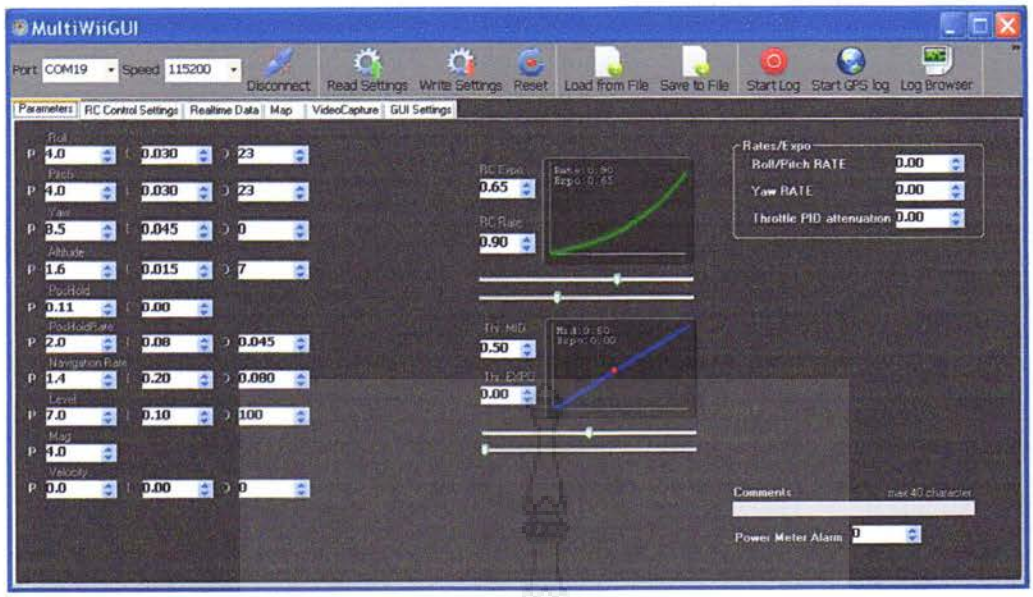
When you have set a switch and test it you will see that function turn green and then off as you switch it, the best way to learn what happens is to have a play around with them and set them up for the way you want to use them Before the white box settings become active you must hit the write button to write the new settings to the copters memory, if you get in a mess you can always hit the reset button which will return you to the default settings,

Below are some pictures of the win gui it works pretty much like the normal gui but is in tabbed sections so is a little less to look at and has a map tab to be able to your position from the Gps data,
You make selections for switches in the same way except with the win gui And still have to write the changes made to the copter, the PID settings are a little more easy as they have the windows type boxes with arrows to adjust your settings

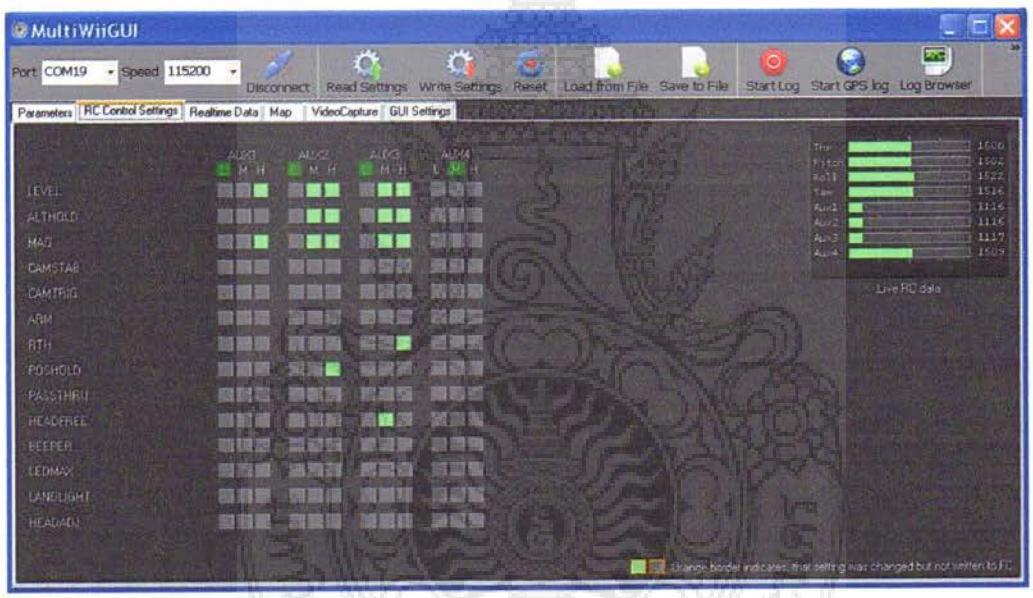


This is the real time data display of the win gui you calibrate the acc and mag here and you can see all the data for the sensors and rc Compass and Gps, it also shows what sensors are active,
You can also save your settings to your hard drive to re load at a later date

I fully recommend the use of blue tooth when connecting to the gui as this saves wear and tear on the Usb port and it is easy to tear the port off when handling the copter as you forget about the wire connection start moving the copter about and bang you busted it, blue tooth is cheap and just as fast as the wire and very easy to setup you can buy a Usb blue tooth dongle for your computer very cheap from the likes of eBay windows will normally set this up for you and the normal pass code for the rctimer blue tooth is 0000



This is the Parameters screen where you set the PIDs and other values

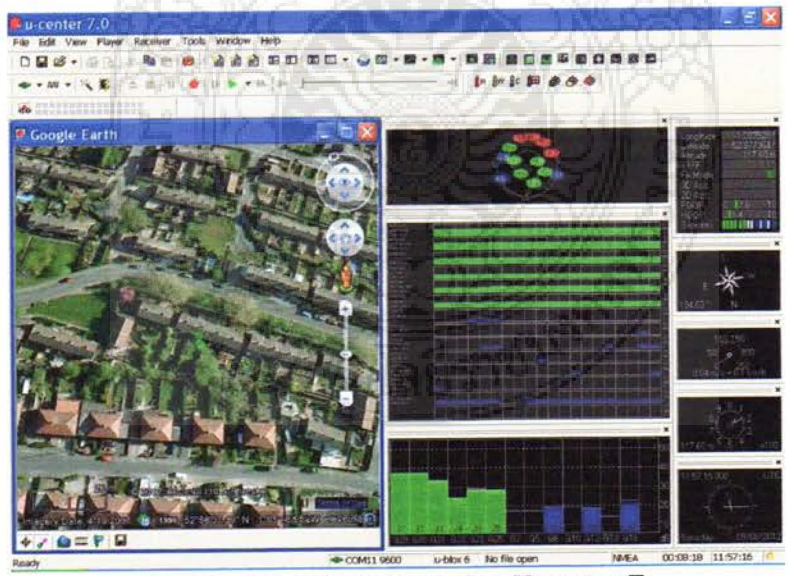


This is the screen where you setup your switches as mentioned earlier as an example aux 3 when set to the middle (1500) turns on HEADFREE
It also shows the live rc data so you can see what each switch reads in what ever position it put in, again you must write any changes you make to these setting before they will become active

This is the map tab and shows the position of the copter via the Gps you must have an internet connection as well as being connected to your copter to see this data, it shows your longitude and latitude and how many satellites your fixed to, not a lot of use but nice to look at ;-)

I hope these docs have helped you and if you have any questions or get stuck please feel free to join the Multi Rotor UK forum
Where I can be found most days we are a friendly crowd and always willing to help where we can there is a link to the forum at the top of this doc,

I will be adding a section soon on how to use the ublox Ucentre to configure the newer Cn-06 v2 and other ublox modules



A sneak peek at the ublox Ucenter 7

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-ชื่อสกุล	นายณัฐวุฒิ อุดมพงษ์
วัน-เดือน-ปีเกิด	2 สิงหาคม 2532
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	เลขที่ 96/9 ถนนเทศบาล 4 ตำบลปากเพรียว อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี 18000
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2553	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี
พ.ศ.2555	ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายธนาวุฒิ สิริเขมาภรณ์
วัน-เดือน-ปีเกิด	18 ภุมภาพันธ์ 2530
สถานที่เกิด	อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์
ที่อยู่ปัจจุบัน	215 หมู่ 5 ตำบลหนองไฮ อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม 44120
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2549	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม
พ.ศ.2551	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
พ.ศ.2555	ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายธนาวุฒิ สิริเขมาภรณ์
วัน-เดือน-ปีเกิด	18 ภุมภาพันธ์ 2530
สถานที่เกิด	อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์
ที่อยู่ปัจจุบัน	215 หมู่ 5 ตำบลหนองไฮ อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม 44120
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2549	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม
พ.ศ.2551	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
พ.ศ.2555	ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ