

ระบบการวัดและการสื่อสารของควอดโรเตอร์
MEASUREMENT AND COMMUNICATION OF QUADROTOR



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

ระบบการวัดและการสื่อสารของควอดโรเตอร์
MEASUREMENT AND COMMUNICATION OF QUADROTOR



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากสถาบันฯ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ปีการศึกษา 2556

MEASUREMENT AND COMMUNICATION OF QUADROTOR



NATTHAPHONG

WONGWATTANAKIJ

SOPCHOK

JIRASAREE-AMONKUN

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHATRONICS ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2013

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบการวัดและการสื่อสารของควอดโรเตอร์
MEASUREMENT AND COMMUNICATION OF QUADROTOR

ผู้จัดทำ นายนัทพงศ์ วงศ์วัฒนากิจ 53010834
นายสบโชค จิรเสรีอมนกุล 53011632



นายสมชาย งามวิจิตร

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นนท์วัฒน์ จุลเดชะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการวัดและการสื่อสารของควอทโรเตอร์

โดย

นายณัฏพงค์ วงศ์วัฒนากิจ 53010834

นายสภโชค จิรเสรีอมรกุล 53011632

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นนทวัฒน์ จุลเดชะ

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

ในการเคลื่อนที่ของควอทโรเตอร์ไปในทิศทางต่างๆ จำเป็นต้องทำการวัดและสื่อสารของระบบทั้งหมดของควอทโรเตอร์ ปริญญาานิพนธ์นี้จัดทำขึ้นเพื่อสร้างระบบการวัดและการสื่อสารของควอทโรเตอร์ ซึ่งระบบการวัดและการสื่อสารจำเป็นจะต้องใช้อุปกรณ์ในการใช้งานสร้างระบบการวัดและการสื่อสารหลายอย่าง อาทิเช่น Accelerometer Gyroscope ฯลฯ ระบบการสื่อสารที่เป็นการสื่อสารไร้สายทั้งนี้จึงจำเป็นจะต้องใช้ระบบสื่อสารเป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลของระบบการวัดต่างๆ นอกจากนี้ระบบการวัดนั้นเมื่อวัดข้อมูลต่างๆ แล้วจำเป็นต้องส่งข้อมูลผ่านระบบสื่อสารไปยังกลุ่มระบบควบคุมของควอทโรเตอร์ และระบบสื่อสารยังเป็นระบบในการส่งข้อมูลของกลุ่มระบบควบคุมมอเตอร์ของควอทโรเตอร์ไปยังกลุ่มระบบควบคุมของควอทโรเตอร์อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MEASUREMENT AND COMMUNICATION OF QUADROTOR

By

Mr. Natthaphong Wongwattanakij 53010834

Mr. Sopchok Jirasaree-amonkun 53011632

Advisor

Asst.Prof. Dr.Nontawat Chuladaycha

Academic Year 2013

ABSTRACT

When we control quad rotor movement go through any direction, we must have measurement and communication system of quad rotor. Therefore, Measurement and communication system is very important. This thesis has purpose for create measurement and communication system of quad rotor which measurement and communication system must use devices to use in measurement and communication system such as accelerometer gyroscope etc. communication system that is a wireless communication system. Then it must use a communication system to send a parameter of measurement system. In addition measurement system that measures a parameter finished must send a parameter to control system of quad rotor group and motor control system of quadrotor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับการสนับสนุนและความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทวัฒน์ จุลเดชะ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำที่ดีมาโดยตลอดตั้งแต่ต้น กลุ่มผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้อกำลังใจ สนับสนุนอุปกรณ์ที่ขาดเหลือ กระตุ้นเตือน รวมทั้งคอยถามไถ่ความคืบหน้าของโครงการอยู่อย่างสม่ำเสมอ

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา รวมถึงการสนับสนุนเรื่องของงบประมาณที่ขาดเหลือ ตลอดจนแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงการสำเร็จสมบูรณ์ลงได้ด้วยดี



ผู้จัดทำ

นายนันทพงศ์

นายสโภช

วงศ์วัฒนากิจ

จิรเสรีอมรกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์	1
1.3 ขั้นตอนการศึกษาและจัดทำโครงงาน	1
1.3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	1
1.3.2 ออกแบบและทดลอง	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขอบเขตการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องมือการวัดและอุปกรณ์	3
2.1.1 Accelerometer	4
2.1.2 Gyroscope	6
2.1.3 Magnetometer	7
2.1.4 Altimeter	8
2.1.5 แบตเตอรี่ Li-Po	8
2.1.6 วงจรการตรวจเช็คพลังงานภายในแบตเตอรี่	10
2.1.7 Step Down (Buck Converter)	10
2.2 ศึกษาระบบการสื่อสารที่ใช้สำหรับการบังคับของควอทโทรเตอร์	13
2.2.1 รูปแบบและชนิดของระบบในการส่งข้อมูล	13
2.2.2 อุปกรณ์หรือตัวกลางในการเชื่อมต่อ	17
2.3 ศึกษาระบบโครงสร้างข้อมูลที่ใช้สำหรับการส่งข้อมูลและจัดข้อมูลในการสื่อสาร	18
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	19
3.1 การออกแบบโครงสร้างข้อมูลในการสื่อสาร	19
3.2 การออกแบบการทดลองการสื่อสารและการวัดต่างๆ ที่ใช้ในการเคลื่อนที่เหนือพื้นดิน	28
3.2.1 ออกแบบการทดลองเรื่องเครื่องมือการวัด	28
3.2.2 ขั้นตอนการทดลอง	31
3.3 การออกแบบระบบการจัดการพลังงาน	32
3.4 การออกแบบระบบเชิงกลของขาตั้งควอทโทรเตอร์	33

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	37
4.1 การทดลองการสื่อสารและระบบการวัดค่าต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเคลื่อนที่เหนือพื้นดิน	37
4.1.1 เริ่มทำการเก็บข้อมูลจากการทดลอง	37
4.1.2 ผลการทดลองที่ได้รับจากการเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์การวัด	38
4.2 การทดลองระบบการจัดการพลังงาน	44
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	48
5.1 บทสรุปการดำเนินงาน	48
5.2 ปัญหาที่พบในการดำเนินงาน	49
5.3 แนวทางในการพัฒนาโครงการ	49
เอกสารอ้างอิง	50
ภาคผนวก	51
ภาคผนวก ข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์การวัดและการสื่อสาร	52



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การเคลื่อนที่ในแนวระนาบพื้นโลก	3
2.2 การเคลื่อนที่ทั้ง 6 แกนของควอทโรเตอร์	3
2.3 ลูกบอลเริ่มแรก	4
2.4 ลูกบอลโดนแรงกระทำเนื่องจากความเร่ง	5
2.5 ลักษณะลูกบอลที่โดนกระทำโดยแรงโน้มถ่วง	5
2.6 ลักษณะลูกบอลเมื่อมีการเอียงเกิดขึ้น	6
2.7 ลักษณะมุมเนื่องจากการเคลื่อนที่	7
2.8 ตัวอย่าง Magnetometer (HMC5883L)	7
2.9 ตัวอย่าง Altimeter (MS5611-01BA01)	8
2.10 วงจรพื้นฐานของวงจร Step Down	11
2.11 $SW \Rightarrow ON; 0 < t < DT$	11
2.12 $SW \Rightarrow OFF; DT < t < T$	12
2.13 ตัวอย่างระบบการส่งข้อมูลแบบ I ² C	17
2.14 RCTimer Radio Telemetry Kit 915Mhz	17
3.1 การออกแบบอินเตอร์เฟซโดยใช้ LabVIEW	21
3.2 อินเตอร์เฟซที่ใช้สำหรับการควบคุมควอทโรเตอร์	22
3.3 อินเตอร์เฟซสำหรับการทดสอบการวัดค่าต่างๆ ของควอทโรเตอร์	23
3.4 ฮาร์ดแวร์ Arduino	24
3.5 Crius AIOF (All in one Flight Controller)	25
3.6 โครงสร้างโดยรวมของระบบส่งข้อมูลทั้งหมด	26
3.7 Flowchart โครงสร้างของฮาร์ดแวร์ Arduino ที่ใช้ในควอทโรเตอร์	27
3.8 อุปกรณ์การวัดมุม	28
3.9 Crius AIOF	29
3.10 LabVIEW	30
3.11 อุปกรณ์ในการวัดมุมและ Crius AIOF ติดตั้งเข้าด้วยกัน	31
3.12 วงจรสำหรับการทดลอง	33
3.13 ควอทโรเตอร์โดยใช้โปรแกรม Solidworks สร้างโมเดล	33
3.14 ขาตั้งโดยใช้ Solidworks ออกแบบ	34
3.15 การประกอบขาตั้งเข้ากับควอทโรเตอร์	34
3.16 ขาตั้งใช้วัสดุอะคริลิก	35
3.17 ขาตั้งที่ทำด้วยผ้าคาร์บอนไฟเบอร์	35
3.18 ขาตั้งติดตั้งกับโครงของควอทโรเตอร์	36
3.19 การติดตั้งขาตั้งเข้ากับควอทโรเตอร์	36
4.1 อุปกรณ์ที่ติดตั้งเข้าด้วยกันพร้อมเก็บค่าจากอุปกรณ์การวัด	37
4.2 LabVIEW พร้อมระบบส่งข้อมูลไร้สาย	38

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 LabVIEW ที่แสดงผลจากการวัดของอุปกรณ์การวัด	39
4.4 Roll Pitch Heading	40
4.5 ชุดอุปกรณ์ในการยัด Crius AIOP เพื่อเก็บข้อมูล Heading	42
4.6 Compass Application บน iPhone5	43
4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตกับกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตที่อินพุตแรงดันไฟฟ้า 11.1V	45
4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตกับแรงดันไฟฟ้าอินพุตที่กระแสไฟฟ้าเอาต์พุตต่างๆ	45



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางแสดงการแบ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามช่วงความถี่	14
3.1 ตารางแสดงการกำหนดค่าของโพเทนคอลล	18
3.2 สูตรคำนวณการออกแบบวงจรลดแรงดันไฟฟ้า	32
4.1 ผลการทดลองการเก็บค่ามุม Roll	41
4.2 ผลการทดลองการเก็บค่ามุม Pitch	41
4.3 ผลการทดลองการเก็บค่ามุม Heading	44
4.4 ตารางเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตกับกระแสไฟฟ้าเอาต์พุต	44
4.5 วัดแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตเมื่อแรงดันไฟฟ้าอินพุตเปลี่ยนไปที่กระแสไฟฟ้า 0A, 330A และ 609A	45
4.6 แรงดันไฟฟ้าอินพุต 11.1V	46
4.7 แรงดันไฟฟ้าอินพุต 10V	47
4.8 ที่แรงดันไฟฟ้าอินพุต 8V	47



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันการสำรวจเหนือพื้นดินในโรงงานอุตสาหกรรม มีความเสี่ยงสูงต่อผู้ทำการสำรวจ อาจเกิดอุบัติเหตุร้ายแรงถึงขั้นทุพพลภาพหรืออาจเสียชีวิตและเสียค่าใช้จ่ายจำนวนมากในการสำรวจ เนื่องจากต้องหยุดการทำงานของเครื่องจักร หรือกระบวนการผลิตในส่วนของบริเวณนั้นเป็นเวลานาน ทำให้เสียโอกาสในการผลิตสินค้า หนึ่งในทางออกการแก้ปัญหาดังกล่าวคือ อากาศยานไร้คนขับ Unmanned Aerial Vehicle (UAV) ซึ่ง UAV สามารถควบคุมระยะไกลได้จากภาคพื้นดิน ทำให้ลดความเสี่ยงต่อชีวิตในการสำรวจและลดค่าใช้จ่าย เนื่องจากการปิดการทำงานของระบบการผลิตในบริเวณที่สำรวจ ทางกลุ่มผู้จัดทำได้เลือกสร้าง UAV ชนิดควอดโรเตอร์ (Quad Rotor) ในการควบคุมควอดโรเตอร์เพื่อให้ไปยังจุดที่ต้องการ จะให้ควอดโรเตอร์เคลื่อนที่นั้นจำเป็นต้องมีระบบสื่อสาร ดังนั้นกลุ่มของผู้จัดทำเลือกที่จะทำระบบการวัดและการสื่อสาร จากนั้นจะนำความรู้ที่ได้ไปประกอบกับกลุ่มของระบบควบคุมควอดโรเตอร์และการควบคุมความเร็วของใบพัด เพื่อให้ได้ควอดโรเตอร์ที่สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์

1. เพื่อสร้างระบบการวัดและการสื่อสารที่จำเป็นต่อการเคลื่อนที่เหนือพื้นดิน
2. สร้างโครงสร้างการส่งข้อมูลที่จำเป็นต่อการเคลื่อนที่เหนือพื้นดิน และนำข้อมูลที่ใช้ในการบินต่างๆ กลับมาสู่เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อดูข้อมูลต่างๆ ที่วัดได้จากควอดโรเตอร์
3. เพื่อสร้างระบบพลังงานและระบบการวัดการจัดการพลังงาน เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่เหมาะสม

1.3 ขั้นตอนการศึกษาและจัดทำโครงการ

1.3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องมือการวัดและอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการเคลื่อนที่เหนือพื้นดิน
2. ศึกษาวิธีการสื่อสารที่ใช้สำหรับการบังคับควอดโรเตอร์
3. ศึกษาวิธีโครงสร้างข้อมูลที่ใช้สำหรับการส่งข้อมูล และจัดข้อมูลในการสื่อสารและการคำนวณ

1.3.2 ออกแบบและทดลอง

1. การออกแบบโครงสร้างข้อมูลในการสื่อสาร
 2. การออกแบบการทดลองการสื่อสารและระบบการวัดค่าต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเคลื่อนที่เหนือพื้นดิน
 3. การออกแบบระบบการจัดการพลังงาน
 4. การออกแบบระบบเชิงกลของขาตั้งควอดโรเตอร์
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจระบบการสื่อสารเบื้องต้น
2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการวัดที่จำเป็นในการเคลื่อนที่เหนือพื้นดิน
3. มีความรู้เกี่ยวกับการสร้างโครงสร้างข้อมูลในการส่งข้อมูล
4. มีความรู้ในการออกแบบโครงสร้างข้อมูลในการสื่อสาร
5. มีความรู้ในการออกแบบระบบโครงสร้างข้อมูลการคำนวณข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการควบคุมควอทโรเตอร์
6. มีความรู้ความเข้าใจหลักการและออกแบบวงจรลดแรงดันไฟฟ้า
7. มีความรู้ความเข้าใจในระบบเชิงกลในการออกแบบขาตั้งของควอทโรเตอร์
8. มีความรู้ความเข้าใจในการเลือกขนาดแบตเตอรี่
9. มีความรู้ความเข้าใจในระบบการจัดการพลังงาน และการวัดระดับพลังงานภายในแบตเตอรี่
10. มีความรู้ความสามารถในการไปค้นคว้าต่อไปในอนาคต

1.5 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องมือการวัด และการออกแบบโครงสร้างการสื่อสารการส่งข้อมูล และการวัดต่างๆ จำเป็นในการควบคุมการเคลื่อนที่ของควอทโรเตอร์ที่เคลื่อนที่เหนือพื้นดินได้



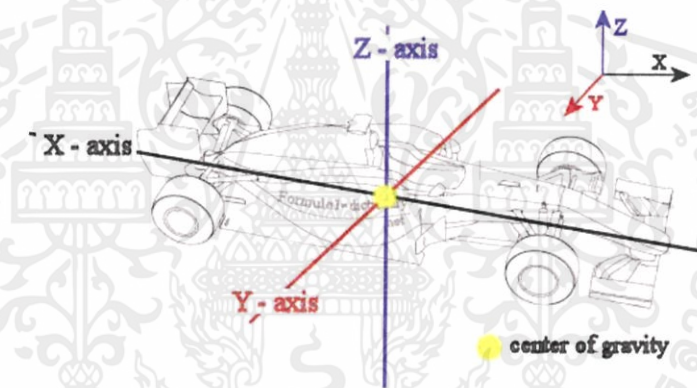
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง

2.1 ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องมือการวัดและอุปกรณ์

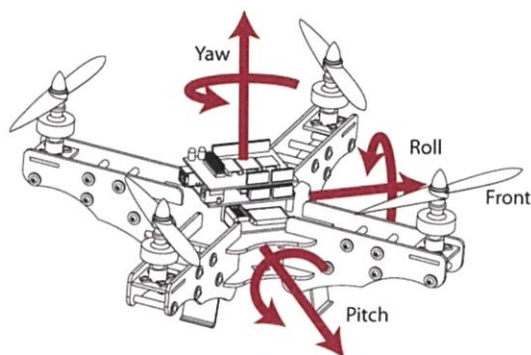
หลักการทำงานของการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินนั้น ค่อนข้างแตกต่างจากการเคลื่อนที่ในที่ราบ เนื่องจากการเคลื่อนที่ในพื้นที่ราบนั้นมีเสถียรภาพสูงมาก เนื่องจากมีพื้นโลกเป็นตัวสร้างเสถียรภาพในการเคลื่อนที่ แต่การเคลื่อนที่เหนือพื้นดินนั้นไม่มีตัวสร้างเสถียรภาพแบบพื้นดิน กล่าวคือไม่มีระนาบพื้นให้เสถียรภาพกับอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ ดังนั้นการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินนั้นจะมีระนาบแนวแกนเพิ่มขึ้นอีกโดยจากเดิมมีแค่ 2 แกน คือ แกน X กับ แกน Y ดังรูปที่ 2.1 เนื่องจากแกน Z ถูกสร้างความสมดุลจากพื้นโลกให้อุปกรณ์นั้นอยู่ในระนาบแกน Z ที่คงที่แล้วแต่การเคลื่อนที่เหนือพื้นดินนั้นแกน Z ไม่ได้ถูกสร้างความสมดุลจากพื้นโลก เนื่องจากอุปกรณ์ลอยตัวเหนือพื้นโลก ดังนั้นการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินจะมีสิ่งที่ต้องคิดเพิ่มคือการเคลื่อนที่แนวแกน Z



รูปที่ 2.1 การเคลื่อนที่ในแนวระนาบพื้นโลก

นอกจากการเคลื่อนที่ตามแนวแกนทั้ง 3 ยังมีการเคลื่อนที่หมุนรอบแนวแกนทั้ง 3 อีกนั่นคือการเคลื่อนที่หมุนรอบแนวแกน X (Roll), การเคลื่อนที่หมุนรอบแนวแกน Y (Pitch) และการเคลื่อนที่หมุนรอบแนวแกน Z (Yaw) ซึ่งการเคลื่อนที่หมุนรอบแนวแกนทั้ง 3 แนวแกนนั้นมีผลต่อการควบคุมการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินของอุปกรณ์อีกด้วย เนื่องจากการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินนั้นการสร้างเสถียรภาพให้อุปกรณ์หรือควอทโรเตอร์ให้อยู่ในระนาบเป็นสิ่งจำเป็นมาก เนื่องด้วยการสร้างสมดุลให้ควอทโรเตอร์ทำงานได้อย่างปกติ จำเป็นที่จะต้องควบคุมการเคลื่อนที่ทั้ง 6 แกนนี้ให้ได้เสถียรภาพที่ดีดังรูปที่ 2.2 ซึ่งการควบคุมทั้ง 6 แกนนั้นจำเป็นจะต้องมีการวัดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



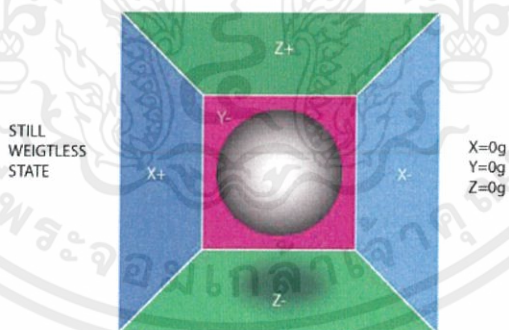
รูปที่ 2.2 การเคลื่อนที่ทั้ง 6 แกนของควอดโรเตอร์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าต่างๆ ที่จำเป็นระหว่างการควบคุมการเคลื่อนที่ทั้ง 6 แกนมีดังนี้

2.1.1 Accelerometer

Accelerometer คือ เซนเซอร์ที่ใช้วัดหาค่าความเร่งเมื่อนำ Accelerometer ไปติดตั้ง อุปกรณ์ในกรณีศึกษาจะนำ Accelerometer ไปติดตั้งในควอดโรเตอร์ Accelerometer ที่นำไปติดตั้งนั้นจะสามารถวัดความเร่งเพื่อนำไปหาลักษณะมุมของควอดโรเตอร์เมื่อเทียบกับพื้นโลกได้

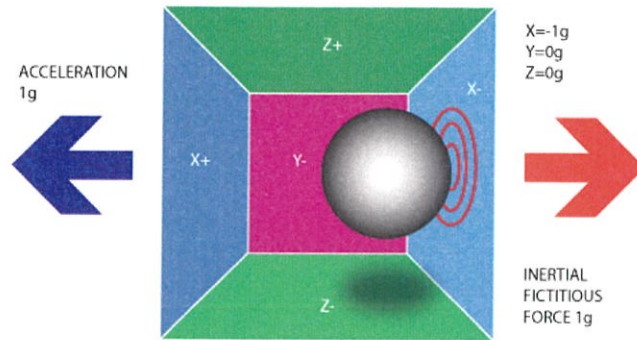
หลักการทำงานของ Accelerometer นั้นให้จินตนาการถึงกล่องสี่เหลี่ยมจตุรัสที่มีลูกบอลอยู่ข้างในกล่องสี่เหลี่ยมจตุรัสดังรูปที่ 2.3 เริ่มต้นนั้นคือให้จินตนาการว่าไม่มีแรงกระทำอะไรกับลูกบอลในกล่องสี่เหลี่ยมจตุรัส ไม่มีแรงโน้มถ่วงลักษณะลูกบอลตอนเริ่มแรกจะเป็นดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ลูกบอลเริ่มแรก

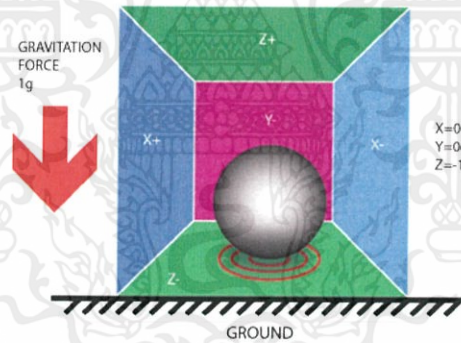
จากนั้นเมื่อมีการเคลื่อนที่ของควอดโรเตอร์ไปทางซ้าย เมื่อเมื่อวัดมุมแรงมากระทำทำให้เกิดการเคลื่อนที่นั้นลักษณะลูกบอลจะถูกความเร่งเปลี่ยนไปดังรูปที่ 2.4 ดังนั้น Accelerometer จะสามารถวัดค่าความเร่งได้จากกรณีดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ลูกบอลโดนแรงกระทำเนื่องจากความเร่ง

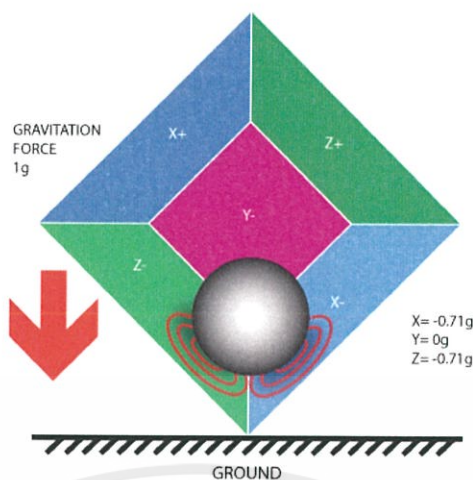
เมื่อรู้ถึงหลักการในการวัดความเร่งแล้ว จะสามารถนำประโยชน์ในการวัดความเร่งนี้มาประยุกต์ใช้กับการหามุมของควอทโรเตอร์ได้ โดยหลักการนั้นคือใช้การทำงานในลักษณะการทำงานเดิมของ Accelerometer เมื่อการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินจริงๆ บนพื้นโลกนั้นจะมีแรงโน้มถ่วงของโลกมากระทำต่อลูกบอลในกล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสดังรูปที่ 2.5 ลักษณะลูกบอลจะถูกแรงโน้มถ่วงตกลงมาในลักษณะดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ลักษณะลูกบอลที่โดนกระทำโดยแรงโน้มถ่วง

จะสังเกตว่าลูกบอลตกลงไปกระทำกับกล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสในด้านแกน Z- ดังนั้นจากกรณีนี้จะสามารถรู้ลักษณะมุมของควอทโรเตอร์เมื่อเทียบกับพื้นโลกได้ จากกรณีศึกษาในทางเดียวกันเมื่อมีการเอียงของควอทโรเตอร์เกิดขึ้นลักษณะลูกบอลจะกระทำกับกล่อง เมื่อมีการเอียงจะสามารถวัดค่าความเร่งที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงได้ดังรูปที่ 2.6 เมื่อได้ดังนี้จะสามารถรู้ถึงลักษณะมุมของควอทโรเตอร์ได้ทุกแนวแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



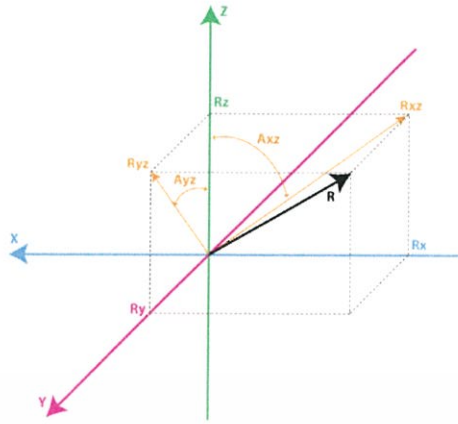
รูปที่ 2.6 ลักษณะลูกบอลเมื่อมีการเอียงเกิดขึ้น

อย่างไรก็ตามการวัดจาก Accelerometer อย่างเดียวไม่สามารถวัดลักษณะของมุม เนื่องจากการเคลื่อนที่ของควอทโรเตอร์เหนือพื้นดินได้ เนื่องจากเมื่อควอทโรเตอร์มีการเคลื่อนที่นั้นจะเกิดแรงไปกระทำต่อลูกบอลทำให้ค่าที่ Accelerometer วัดลักษณะมุมของควอทโรเตอร์นั้นผิดไปจากลักษณะจริงๆ เมื่อเทียบกับพื้นโลก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้เซนเซอร์อีกตัวหนึ่งนั่นคือ Gyroscope

2.1.2 Gyroscope

Gyroscope คือ เซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าความเร็วของมุมที่เปลี่ยนไป ณ ช่วงเวลาๆ หนึ่ง ซึ่งเมื่อนำ Gyroscope ไปติดตั้งในอุปกรณ์จะสามารถวัดความเร็วที่เปลี่ยนไปของมุมของควอทโรเตอร์ได้ Gyroscope จะทำหน้าที่วัดความเร็วมุมที่เปลี่ยนไป จะสามารถใช้ประโยชน์ลักษณะการทำงานของ Gyroscope นี้ไปชดเชยในส่วนที่ Accelerometer ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของควอทโรเตอร์เหนือพื้นดินนั้นมีแรงกระทำ ทำให้เกิดแรงและเกิดการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่เหล่านี้จะส่งผลกับตัว Accelerometer โดยตรง ทำให้เกิดการวัดที่ผิดพลาดไปจากที่ต้องการจะให้ควอทโรเตอร์มีการเคลื่อนที่ตามลักษณะที่ต้องการ จึงจำเป็นต้องใช้ Gyroscope ตามที่กล่าวไว้ข้างต้น การเคลื่อนที่ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมุมดังรูปที่ 2.8 จะเห็นว่าเมื่อมีการเคลื่อนที่มุมที่เปลี่ยนไปนั้น จึงจะสามารถวัดออกมาได้เป็นความเร็วของมุมที่เปลี่ยนไป ในส่วนนี้จะแก้ไขข้อผิดพลาดจากการวัดลักษณะมุมของควอทโรเตอร์จากการวัดจาก Accelerometer ทำให้ได้ข้อมูลลักษณะมุมของควอทโรเตอร์ที่เคลื่อนที่เหนือพื้นโลก เมื่อมองเทียบกับพื้นโลกได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ลักษณะมุมเนื่องจากการเคลื่อนที่

จากการวัดของ Accelerometer กับ Gyroscope ควบคู่กันไปในนั้นจะทำให้ได้ลักษณะมุมของควอทโรเตอร์ เมื่อเทียบกับพื้นโลกแล้วเพียงแค่นี้ก็สามารถรักษาสมดุลของควอทโรเตอร์ได้แล้ว แต่การเคลื่อนที่ของควอทโรเตอร์เหนือพื้นดินนั้นจำเป็นจะต้องมีข้อมูลมากกว่านี้ เนื่องจากการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินนั้นจำเป็นจะต้องมีอีก 2 สิ่งที่สำคัญเพราะการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินนั้นเทียบจากพื้นโลก ดังนั้นอีก 2 สิ่งที่สำคัญคือทิศทางเคลื่อนที่เมื่อเทียบกับโลกและความสูงจากพื้นดินเมื่อเทียบกับพื้นโลกซึ่งเป็นสิ่งที่กำลังจะกล่าวต่อไป

2.1.3 Magnetometer

Magnetometer คือ เซนเซอร์ที่ใช้วัดทิศทางของอุปกรณ์ที่นำ Magnetometer ไปติดตั้ง ซึ่งในที่นี้คือควอทโรเตอร์หลักการทำงานของ Magnetometer นั้นใช้หลักการทำงานเดียวกับเข็มทิศกล่าวคือ ใช้หลักของสนามแม่เหล็กคงที่ของโลกที่วัดได้มาคำนวณเพื่อหาทิศทาง ซึ่งทิศทางจากสนามแม่เหล็กโลกคงที่จะสามารถทำให้รู้ได้ว่าทิศทางของควอทโรเตอร์นั้นเมื่อเทียบกับโลกแล้วอยู่ในทิศทางไหน

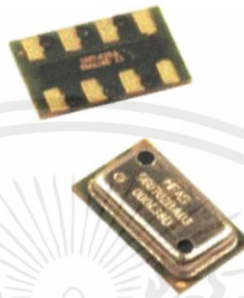


รูป 2.8 ตัวอย่าง Magnetometer (HMC5883L)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 Altimeter

Altimeter คือ เซนเซอร์ที่ใช้วัดความสูง เนื่องจากความดันของสภาวะบรรยากาศของโลกในแต่ละระดับความสูงที่ไม่เท่ากัน ทำให้สามารถรับรู้ถึงความแตกต่างของความดันในบรรยากาศของโลกได้ในแต่ละความสูง ซึ่ง Altimeter จะสามารถวัดความดันเหล่านี้แล้วนำไปคำนวณออกมาเป็นความสูง เมื่อเทียบกับพื้นโลกได้ Altimeter ยังมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งคือ Barometer ซึ่งลักษณะการทำงานนั้นเหมือนกัน



รูป 2.9 ตัวอย่าง Altimeter (MS5611-01BA01)

จากที่กล่าวมาข้างต้นนี้จะสามารถวัดลักษณะการเคลื่อนที่ของควอทโรเตอร์ที่เคลื่อนที่เหนือพื้นดินได้แล้ว แต่การเคลื่อนที่เหนือพื้นดินนั้นยังมีอีกเรื่องหนึ่งที่สำคัญนั่นคือแหล่งพลังงานที่จะสามารถขับเคลื่อนควอทโรเตอร์ให้สามารถเคลื่อนที่ การควบคุมควอทโรเตอร์ให้เคลื่อนที่เหนือพื้นดินนั้นการให้พลังงานผ่านตัวกำเนิดพลังงานที่ติดตั้งอยู่บนพื้นดิน แล้วเชื่อมต่อโดยใช้สายไฟนั้นทำได้ยากและยุ่งยากทำให้ไม่คล่องแคล่วในการเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีแหล่งพลังงานขนาดที่เหมาะสมติดตั้งตามไปที่ควอทโรเตอร์ขณะเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีแหล่งพลังงานที่ว่านั้น แหล่งพลังงานที่ว่านั้นคือ แบตเตอรี่ การเลือกแบตเตอรี่เพื่อให้เหมาะสมกับควอทโรเตอร์ที่จะทำการเคลื่อนที่เหนือพื้นดิน จำเป็นจะต้องคำนึงถึงชนิดและขนาด ดังนั้นเพื่อให้เหมาะสมกับการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินของควอทโรเตอร์ เพื่อให้ทำงานได้ตามที่ต้องการหรือประสิทธิภาพสูงสุด

2.1.5 แบตเตอรี่ Li-Po

ควอทโรเตอร์จำเป็นต้องมีแหล่งพลังงานเพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้กับส่วนต่างๆ ภายในควอทโรเตอร์ไม่ว่าจะเป็นมอเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเซนเซอร์ชนิดต่างๆ ซึ่งแหล่งพลังงานที่ใช้ต้องสามารถเก็บพลังงานได้ ต้องมีน้ำหนักเบาเก็บความจุได้มาก เพื่อที่จะยกขึ้นไปบินบนควอทโรเตอร์ได้ ดังนั้นจึงได้เลือกแบตเตอรี่แบบ Li-Po 11.1V 3 เซลล์ ที่สามารถทำการชาร์จได้ ซึ่งข้อดีและข้อเสียแบตเตอรี่แบบ Li-Po มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของแบตเตอรี่แบบ Li-Po

1. มีน้ำหนักเบาในเมื่อเทียบกับความจุไฟฟ้า (mAh)
2. สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ปริมาณมากกว่าความจุไฟฟ้า
3. แรงดันไฟฟ้าคงที่ ควอโทรเตอร์ทำงานนิ่งตลอดจนหมดความจุไฟฟ้า
4. มีหลายรูปแบบขนาดทำให้ยึดติดตั้งได้ง่าย

ข้อเสียของแบตเตอรี่แบบ Li-Po

1. มีราคาแพงเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ชนิดอื่นๆ
2. ต้องใช้เครื่องชาร์จที่มีความเฉพาะ ซึ่งบางแบบก็มีราคาแพงด้วย
3. ต้องให้การดูแลเป็นพิเศษถ้าเกิดการลัดวงจรจะเกิดความเสียหายได้
4. ต้องคอยดูแลเรื่องปริมาณความจุไฟฟ้า ถ้าแบตเตอรี่ใกล้หมดจะเกิดการสูญเสียแรงดันไฟฟ้าและแบตเตอรี่เกิดความเสียหายจึงต้องมีการตรวจวัดความจุของแบตเตอรี่อยู่เสมอเมื่อใช้งาน

หลังจากที่เลือกชนิดของแบตเตอรี่ได้แล้วจำเป็นต้องมาดูค่าทางไฟฟ้าต่างๆ ของแบตเตอรี่ชนิดที่เลือกมาเพื่อให้เหมาะสมกับควอโทรเตอร์ และความต้องการในการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินที่ต้องการ ค่าทางไฟฟ้าต่างๆ ที่จำเป็นที่ต้องเลือกใช้ต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินมีดังนี้

2.1.5.1 แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ Li-Po

ปกติใช้งานถ่านอัลคาไลน์ แรงดันไฟฟ้าต่อถ่าน 1 ก้อนหรือ 1 เซลล์คือ 1.5V หรือถ้าเป็นถ่านชาร์จ (Ni-MH) 1 เซลล์เท่ากับ 1.2V แต่เมื่อเป็นแบตเตอรี่ Li-Po 1 เซลล์มีความจุไฟฟ้า 3.7V เมื่อนำมาต่ออนุกรมกัน 2 ก้อนจะกลายเป็น 7.4V อนุกรม 3 ก้อนจะกลายเป็น 11.1V

2.1.5.2 ความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (mAh)

ความจุไฟฟ้ามีหน่วยเป็น mAh หรือมิลลิแอมป์ชั่วโมงเป็นปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จ่ายได้ภายในเวลา 1 ชั่วโมง ค่ายิ่งมากก็จะใช้งานได้นานขึ้น ถ้าต้องการให้หุ่นยนต์ใช้งานได้นานๆ ก็ต้องการความจุไฟฟ้าที่มาก แต่เมื่อความจุไฟฟ้ามากขนาดก็ใหญ่ขึ้นไปด้วย จึงต้องคำนวณกระแสไฟฟ้าที่ควอโทรเตอร์ใช้งาน เทียบกับเวลาที่ใช้งาน ก็จะได้ปริมาณที่ต้องการ โดยปกติเมื่อขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่แรงดันไฟฟ้าที่ 11.1 โวลต์จะใช้กระแสไฟฟ้าประมาณ 500 mA ดังนั้นถ้าใช้แบตเตอรี่ Li-Po ขนาด 1000 mAh ก็จะใช้งานต่อเนื่องได้ประมาณ 2 ชั่วโมง (อาจน้อยกว่านี้เนื่องจากผู้ผลิตบอกค่ามาเกินจริงไปบ้าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.3 ความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้า (C)

ข้อความด้านข้างของแบตเตอรี่จะแสดงค่าตัวเลข 15C 20C 30C เป็นค่าเพื่อแสดงความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าเป็นจำนวนเท่าของความจุ หมายถึงในช่วงระยะเวลาหนึ่งสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าออกมาได้สูงสุดเป็นปริมาณเท่าใด ยกตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่แบบ Li-Po 3000 mAh มีค่า 20C จะสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ชั่วขณะถึง 60,000 mA หรือ 60A ซึ่งเป็นค่าที่มหากาฬ

นอกจากมีแบตเตอรี่แล้วยังจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบการเชื่อมต่อระดับพลังงานภายในตัวแบตเตอรี่อีกด้วย เนื่องจากขณะเคลื่อนที่เหนือพื้นดินนั้นไม่สามารถใช้อุปกรณ์อื่นๆ มาวัดระดับพลังงานได้ ดังนั้นจำเป็นจะต้องใช้วงจรเพื่อตรวจสอบระดับพลังงานแล้ว ส่งข้อมูลกลับมายังส่วนที่ใช้แสดงผลการควบคุมเพื่อเชื่อมต่อระดับพลังงานแบตเตอรี่

2.1.6 วงจรการตรวจเช็คพลังงานภายในแบตเตอรี่

ควอโทรเตอร์ที่ใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงาน ดังนั้นจำเป็นต้องมีตัวเช็คแบตเตอรี่ขณะทำการบินเพื่อให้ผู้ทำการบินได้สังเกตระดับพลังงาน จะได้ว่าระยะเวลาที่สามารถยังคงบินได้ ป้องกันการใช้พลังงานจนแบตเตอรี่แล้วทำให้ควอโทรเตอร์ตกลงสู่พื้น จึงได้ออกแบบวงจรเช็คระดับพลังงานของแบตเตอรี่ขึ้นมา และได้เลือกไอซีที่นำมาใช้คือ Bq20z95 เป็นไอซีสำหรับเช็คระดับพลังงานแล้วส่งข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ได้ สามารถเก็บค่าระดับพลังงานได้ออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ สามารถเรียกอ่านข้อมูลกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และสามารถคำนวณระยะเวลาที่สามารถทำการบินได้ภายในตัวไอซีเลย ใช้กับแบตเตอรี่ Li-Po 2-4 เซลล์สามารถวัดอุณหภูมิของแบตเตอรี่ได้ มีการป้องกันแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เกินอีกด้วย

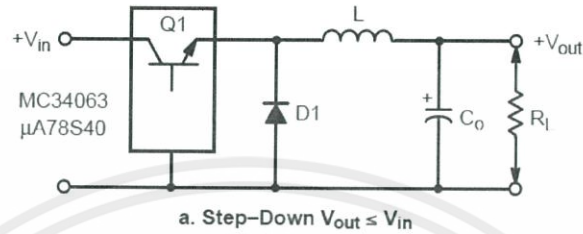
หลังจากได้แหล่งพลังงานแล้วจำเป็นต้องมีระบบในการจัดการพลังงาน เนื่องจากเงื่อนไขสถานะของพลังงานที่นำไปใช้ในแต่ละอุปกรณ์นั้นแตกต่างกันทั้งเรื่องแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ฯลฯ เงื่อนไขต่างๆ เหล่านี้จำเป็นต้องมีระบบในการจัดการพลังงานเพื่อให้ใช้งานได้ตามเงื่อนไขของแต่ละอุปกรณ์อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเงื่อนไขทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่ใช้ในควอโทรเตอร์นั้นจะจัดการด้วยวงจรต่อไปนี้

2.1.7 Step Down (Buck Converter)

ระบบพลังงานภายในควอโทรเตอร์มีการใช้พลังงานอยู่ด้วยกันหลายส่วน เช่น มอเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์ต่างๆ ซึ่งแต่ละอุปกรณ์ก็ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่มีขนาด 11.1V แต่ว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ไฟ 5 โวลต์ ไม่สามารถใช้ไฟ 11.1 โวลต์ได้ จึงจำเป็นที่จะต้องใช่วงจรลดแรงดันไฟฟ้ามาช่วยเพื่อจ่ายไฟแก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งวงจรที่นำมาช่วยลดแรงดันนั้นก็คือ วงจร Step Down Converter วงจร Step Down Converter หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Buck Converter เป็นวงจรที่ลดแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำลงเพื่อเหมาะสมกับการใช้งาน โครงสร้างของวงจรจะประกอบด้วยสวิตช์ที่สามารถสั่งให้ "ON" หรือ "OFF" ได้ทุกขณะตามที่ต้องการในทางปฏิบัติสวิตช์ที่ใช้ในวงจรจริงคืออุปกรณ์สวิตซ์ิ่ง เช่น BJT, MOSFET, ฯลฯ นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบอื่นๆ อีกคือ Condenser, Inductance และ Diode และได้เลือก Mc34063A เป็นไอซีที่ใช้ในวงจรลด

แรงดันไฟฟ้าให้เหลือ 5 โวลต์สามารถดึงกระแสไฟฟ้าสูงสุดได้ 1.5 แอมแปร์ ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ได้สูงสุด 100 KHz แรงดันไฟฟ้าอินพุต 3 โวลต์ ถึง 40 โวลต์ สามารถใช้ได้ในช่วงอุณหภูมิ -40 ถึง +125 °C

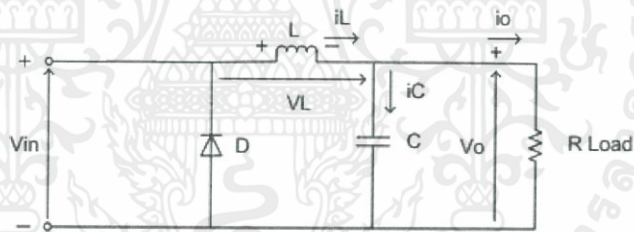
2.1.7.1 หลักการทำงานของ Step Down



รูปที่ 2.10 วงจรพื้นฐานของวงจร Step Down

เมื่อกำลังประกอบด้วยสวิตช์ที่มีการ “ON” หรือ “OFF” เกิดขึ้นจะต้องทำการแยกวงจรออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ ON และ OFF เนื่องจากวงจรแตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 4-1 (b) และ (c) จากนั้นจึงนำวงจรที่แยกออกมาเขียนสมการไฟฟ้าเพื่อคำนวณในลำดับต่อไป

การวิเคราะห์การทำงานขณะ $SW \Rightarrow ON; 0 < t < DT$



รูปที่ 2.11 $SW \Rightarrow ON; 0 < t < DT$

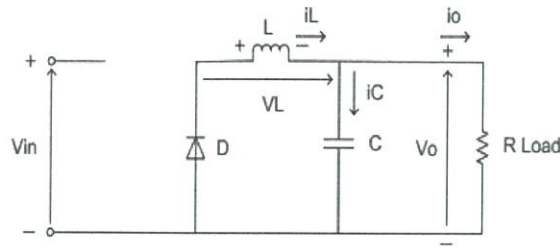
$$V_i = V_L + V_o \Rightarrow V_L = V_i - V_o \quad (2.1)$$

$$V_L = L \frac{di_L}{dt} \Rightarrow L \frac{di_L}{dt} \approx \frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{V_i - V_o}{L} \Delta i_L = \left(\frac{V_i - V_o}{L} \right) \Delta t \quad (2.2)$$

$$\Delta i_{L(0 \rightarrow DT)} = \left(\frac{V_i - V_o}{L} \right) DT \quad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์การทำงานขณะ $SW \Rightarrow OFF; DT < t < T$



รูปที่ 2.12 $SW \Rightarrow OFF; DT < t < T$

$$V_L - L \frac{di_L}{dt} \Rightarrow L \frac{di_L}{dt} \approx \frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{-V_o}{L} \Delta i_L = \left(\frac{-V_o}{L} \right) \Delta t \quad (2.4)$$

$$\Delta i_{L(DT \rightarrow T)} = \left(\frac{-V_o}{L} \right) (T - DT) \quad (2.5)$$

ความสัมพันธ์ระหว่าง V_i กับ V_o และ D

$$\Delta i_{L(0 \rightarrow DT)} + \Delta i_{L(DT \rightarrow T)} = 0 \quad (2.6)$$

จากสมการ (2.3) และสมการ (2.5)

$$\left(\frac{V_i - V_o}{L} \right) DT + \left(\frac{-V_o}{L} \right) (T - DT) = 0 \quad (2.7)$$

$$V_o = DV_i \quad (2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 คีขาระบบการสื่อสารที่ใช้สำหรับการบังคับควอโทรเตอร์

หลักการของระบบสื่อสารทั่วไปปกติแล้วจะมีโครงสร้างหลักๆ อยู่ 2 อย่าง

1. รูปแบบและชนิดของระบบในการส่งข้อมูล
2. อุปกรณ์หรือตัวกลางในการเชื่อมต่อ

ซึ่งจะเลือกใช้ในแต่ละระบบหรืออุปกรณ์แต่ละชนิดกัน จำเป็นที่จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับงานที่จะใช้งาน ดังนั้นงานที่จะใช้คือควบคุมควอโทรเตอร์ให้เคลื่อนที่เหนือพื้นดินดังนั้นการเลือกที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับปัจจัยของความต้อการของงานเพื่อให้เหมาะสมด้วย

2.2.1 รูปแบบและชนิดของระบบในการส่งข้อมูล

รูปแบบและชนิดของระบบในการส่งข้อมูลการเลือกทั้ง 2 อย่างนี้ให้เหมาะสมกับควอโทรเตอร์ ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินจึงจำเป็นที่จะต้องทำรูปแบบการส่งแบบไร้สาย เนื่องจากการติดตั้งสายไฟนั้นจะทำให้สิ้นเปลืองสายไฟ รวมทั้งเกิดความไม่คล่องแคล่วในการเคลื่อนที่ โดยปกติแล้วอุปกรณ์ที่มีการเคลื่อนที่ส่วนมากจะเป็นรูปแบบการส่งสัญญาณแบบไร้สายอยู่แล้ว เว้นแต่มีขอบเขตของอุปกรณ์ในการเคลื่อนที่ในลักษณะวงแคบ ถ้ารูปแบบในการเคลื่อนที่มีลักษณะวงกว้างยิ่งเป็นการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินแล้วส่วนใหญ่ใช้เป็นระบบไร้สายแทบทั้งหมด

ระบบไร้สายบนโลกนั้นส่วนมากมาอยู่ในรูปแบบของการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แต่จะถูกแบ่งด้วยความถี่ต่างๆ ซึ่งการแบ่งความถี่นี้มีชื่อสามัญในแต่ละช่วงความถี่นั้นจะแบ่งตามตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการแบ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามช่วงความถี่

ชื่อย่านความถี่	ITU ย่านที่	ความถี่ ความยาวคลื่น	ตัวอย่างการใช้งาน
ELF (Extremely low frequency)	1	3-30 Hz 100,000 km - 10,000 km	การสื่อสารกับเรือดำน้ำ
SLF (Super low frequency)	2	30-300 Hz 10,000 km - 1000 km	การสื่อสารกับเรือดำน้ำ
ULF (Ultra low frequency)	3	300-3000 Hz 1000 km - 100 km	การสื่อสารในเหมือง
VLF (Very low frequency)	4	3-30 kHz 100 km - 10 km	การสื่อสารใต้น้ำ avalanche beacons, ระบบติดตามอัตรการ เต้นของหัวใจแบบไร้สาย, ธรณีฟิสิกส์ (geophysics)
LF (Low frequency)	5	30-300 kHz 10 km - 1 km	วิทยุนำร่อง,สัญญาณเวลา, ออกอากาศวิทยุ AM คลื่น ยาว
MF (Medium frequency)	6	300-3000 kHz 1 km - 100 m	ส่งกระจายเสียง วิทยุ AM คลื่นความยาว กลาง
HF (High frequency)	7	3-30 MHz 100 m - 10 m	วิทยุคลื่นสั้น,วิทยุ สมัครเล่น และ การ สื่อสารทางการบินที่ระยะ ข้ามเส้นขอบฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการแบ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามช่วงความถี่ (ต่อ)

VHF (Very high frequency)	8	30-300 MHz 10 m - 1 m	ส่งกระจายเสียงวิทยุFM, ส่งสัญญาณออกอากาศโทรทัศน์ (บังคับได้ตั้งแต่ช่อง 1 ถึงช่อง 12 หรือบางกรณีส่งได้ถึงช่อง 13) และ การสื่อสารแบบแนวตรงไม่โดนบดบัง (line-of-sight) จากพื้นสู่อากาศ และ จากอากาศสู่อากาศ, วิทยุสมัครเล่น
UHF (Ultra high frequency)	9	300-3000 MHz 1 m - 100 mm	ส่งสัญญาณออกอากาศโทรทัศน์ (บังคับได้ตั้งแต่ช่อง 13 ถึงช่อง 84) โทรศัพท์มือถือ, Tablet PC, Laptop Computer Wireless LAN, บลูทูธ, และวิทยุสองทาง เช่น วิทยุ FRS และ วิทยุ GMRS
SHF (Super high frequency)	10	3-30 GHz 100 mm - 10 mm	อุปกรณ์ไมโครเวฟ Wireless LAN, เรดาร์สมัยใหม่
EHF (Extremely high frequency)	11	30-300 GHz 10 mm - 1 mm	ดาราศาสตร์วิทยุ, High-Speed Microwave Radio Relay
Submillimeter Wave	12	ความถี่สูงกว่า 300 GHz < 1 mm	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งช่วงความถี่ที่ได้เลือกมาใช้ขึ้นอยู่กับอยู่ในช่วง UHF (Ultra High Frequency) ซึ่งมีความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ที่ 300-3000 MHz เนื่องจากการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ของนั้นเหมาะสม เนื่องจากเป็นการเชื่อมต่อควอทโทรเตอร์กับอุปกรณ์ Laptop ดังนั้นการเลือกย่านความถี่นี้จึงเหมาะสมที่สุด ต่อมาคือการเลือกระบบการส่งข้อมูลซึ่งระบบส่งข้อมูลนั้นมีอยู่ 2 ระบบใหญ่ๆ ดังนี้

2.2.1.1 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmission)

การส่งข้อมูลแบบอนุกรมคือ การส่งข้อมูลแบบเรียงกันไปตามลำดับโดยจะส่งสัญญาณข้อมูลไปตามเส้นทางการสื่อสารเพียงเส้นเดียว

2.2.1.2 การส่งข้อมูลแบบขนาน (Parallel Transmission)

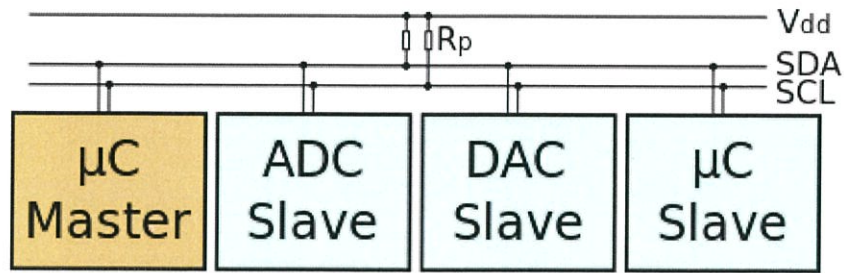
การส่งข้อมูลแบบขนานคือ การส่งข้อมูลทั้งหมดไปพร้อมๆ กันโดยแต่ละข้อมูลจะถูกส่งๆ ไปตามช่องสัญญาณต่างๆ ซึ่งสามารถส่งพร้อมกันไปได้จากช่องสัญญาณหลายๆ ช่องแล้วนำข้อมูลไปรวมกันที่ปลายทาง

ระบบส่งข้อมูลทั้ง 2 นั้นมีความแตกต่างกันซึ่งอยู่กับความต้องการของการใช้งาน ซึ่งกรณีศึกษาที่ใช้การเชื่อมต่อระหว่างควอทโทรเตอร์กับ Laptop ซึ่งเป็นการส่งสัญญาณแบบไร้สาย การที่จะใช้ช่องสัญญาณหลายๆ ช่องสัญญาณเพื่อที่จะให้ส่งในรูปแบบการส่งข้อมูลแบบขนานนั้นคงเป็นไปได้ยาก เนื่องจากข้อจำกัดของอุปกรณ์การสื่อสารรวมทั้งช่องทางในการสื่อสารอีกด้วย ดังนั้นในกรณีศึกษาจึงเลือกการส่งข้อมูลแบบอนุกรมมาใช้งานซึ่งการสื่อสารแบบอนุกรมนั้น เนื่องจากสื่อสารระหว่างควอทโทรเตอร์กับ Laptop ซึ่งทั้ง 2 ฝั่งมีความเร็วในการทำงานไม่เท่ากัน เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาด้านเวลาที่ไม่เท่ากันจึงใช้ระบบการส่งข้อมูลแบบอนุกรมในรูปแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission) ซึ่งการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั้น ใช้ในกรณีความเร็วหรือเวลาในการทำงานไม่เท่ากันของทั้ง 2 อุปกรณ์ซึ่งในกรณีศึกษาการใช้งานการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั้นเหมาะสมอย่างมาก

จากที่กล่าวมาข้างต้นยังมีการส่งข้อมูลอีกแบบหนึ่งที่เป็นรูปแบบการส่งข้อมูลแบบอนุกรม แต่เนื่องจากควอทโทรเตอร์มีการติดต่อสื่อสารที่นอกจากควอทโทรเตอร์ไปยัง Laptop แล้วยังมีการสื่อสารที่ติดต่อระหว่างควอทโทรเตอร์กับมอเตอร์ทั้ง 4 ที่สร้างกำลังในการเคลื่อนที่เหนือพื้นดิน ดังนั้นจึงมีการสื่อสารที่ประยุกต์จากการสื่อสารแบบอนุกรมที่ติดต่อสื่อสารโดยเส้นทางการสื่อสารเพียงเส้นเดียว แต่ใช้กับอุปกรณ์หลายๆ อย่างในเวลาเดียวกันซึ่งจะกล่าวในต่อไป

I²C (Inter-Integrated Circuit) คือ การส่งข้อมูลในรูปแบบการส่งข้อมูลอนุกรมแบบมัลติ (Multi-Serial Transmission) ซึ่งการส่งรูปแบบนี้มีข้อดีคือในเส้นทางการสื่อสารเพียงเส้นเดียวสามารถติดต่อกับอุปกรณ์ได้ทีละหลายๆ อุปกรณ์ดังรูปที่ 2.14 โดยใช้ฮาร์ดแวร์ในการจัดการระบบส่งข้อมูลซึ่งเหมาะสมกับระบบของควอทโทรเตอร์ เพราะมีการสื่อสารข้อมูลระหว่างควอทโทรเตอร์กับระบบควบคุมมอเตอร์ทั้ง 4 ทำให้สามารถจัดการระบบส่งข้อมูลได้อย่างเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



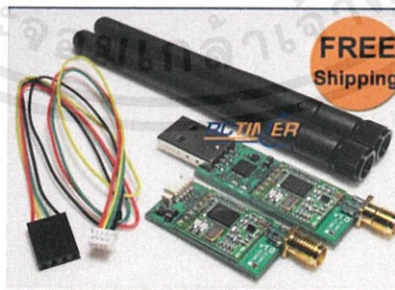
รูปที่ 2.13 ตัวอย่างระบบการส่งข้อมูลแบบ I²C

ต่อมาคือการเลือกว่าจะใช้ความถี่เท่าไรในช่วงย่านความถี่นี้ เพื่อความรวดเร็วจึงไม่สร้างอุปกรณ์ส่งสัญญาณเอง เนื่องจากสิ้นเปลืองเวลาอย่างมากในการศึกษาการสร้างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้เสถียรพอที่จะให้ส่งสัญญาณหรือส่งข้อมูลมาใช้งานได้ จึงตัดขั้นตอนนี้โดยหาอุปกรณ์ส่งคลื่นสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้งานง่าย มีช่วงความถี่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมตามที่เลือกและมีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ Laptop กับคอมพิวเตอร์อย่างง่ายที่สุด เพื่อลดเวลาในการศึกษาการเคลื่อนที่ของคอมพิวเตอร์เหนือพื้นดิน

2.2.2 อุปกรณ์หรือตัวกลางในการเชื่อมต่อ

จากที่กล่าวมาข้างต้นตอนนี้ได้ช่วงความถี่ที่จะใช้กับคอมพิวเตอร์แล้ว จากนี้ต้องไปเลือกอุปกรณ์ที่มีอยู่ในท้องตลาดที่หาได้ง่ายสะดวกต่อการใช้งาน และการจัดซื้อจึงเลือกไปที่ RCTimer Radio Telemetry Kit 915Mhz ดังรูปที่ 2.14 ซึ่งสามารถตอบโจทย์ในการทำงานของได้อย่างครบถ้วนเหมาะสมเพราะอุปกรณ์ชุดนี้สามารถเชื่อมต่อกับ Laptop ได้ผ่านทางพอร์ต USB และเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทาง TTL Serial ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำไปใช้ควบคุมคอมพิวเตอร์ในการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินได้

Radio Telemetry Kit



915Mhz

รูปที่ 2.14 RCTimer Radio Telemetry Kit 915Mhz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 คีขาระบบโครงสร้างข้อมูลที่ใช้สำหรับการส่งข้อมูลและจัดข้อมูลในการสื่อสาร

จากข้างต้นได้มาทั้งอุปกรณ์ในการวัดและระบบในการสื่อสาร หรือระบบในการส่งสัญญาณ เป็นที่เรียบร้อยแล้วสิ่งต่อไปนั้นคือ การสร้างโครงสร้างข้อมูลที่ได้รับจากการวัดจากอุปกรณ์การวัดต่างๆ ส่งข้อมูลผ่านระบบสื่อสารที่เลือกไว้ ดังนั้นเมื่อรวมส่วนประกอบทั้ง 2 เข้าด้วยกันจึงจำเป็นต้องมีระบบในการจัดการข้อมูล จัดเรียงข้อมูลที่ตีเพื่อการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่าที่ความสามารถของอุปกรณ์สื่อสารที่เลือกมาใช้นั้นจะสามารถทำได้

ระบบในการจัดการข้อมูลที่ใช้จะเขียนอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อดึงข้อมูลจากอุปกรณ์วัดต่างๆ ออกมารวมไว้ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ก่อนที่จะส่งไปยัง Laptop หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้แสดงผลข้อมูล การจัดการข้อมูลของอุปกรณ์การวัดนั้นทำเพียงแค่ดึงข้อมูลออกจากอุปกรณ์การวัดมาเก็บไว้ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ก่อนที่จะเรียกไปใช้งานเท่านั้น แต่โครงสร้างการส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ที่อยู่บนคอมพิวเตอร์ส่งกลับมายัง Laptop เพื่อแสดงผลโดยโครงสร้างข้อมูลในการสื่อสารนั้นได้

2.3.1 โพรโทคอล (Protocol) คือโครงสร้างหรือรูปแบบข้อมูลที่กล่าวไว้ข้างต้น ที่ผู้สร้างระบบสื่อสารนั้นได้สร้างไว้เพื่อให้อุปกรณ์ตั้งแต่ 2 อย่างขึ้นไปที่มีการสื่อสารซึ่งกันและกันสามารถเข้าใจได้ไปในทิศทางหรือความหมายเดียวกัน ดังนั้นการสร้างซึ่งการออกแบบ Protocol ส่วนมากนั้น จะแล้วแต่ระบบสื่อสารว่าจะเอาไปใช้ในงานใดๆ ไม่มีลักษณะตายตัวแต่มีลักษณะเฉพาะที่ไม่ตายตัวแล้วแต่ผู้สร้างระบบต้องการให้อุปกรณ์นั้นสื่อสารกัน

ซึ่งในการสร้างโพรโทคอลนั้นมียกอย่างหนึ่งที่ต้องกำหนดในการสร้างโพรโทคอลนั้นคือ ชนิดข้อมูลซึ่งโดยปกติแล้วไม่มีกฎตายตัวในการใช้งานจะใช้ชนิดข้อมูลในรูปแบบไหนก็ได้แล้วแต่ผู้ใช้ แต่ด้วยความเป็นอุปกรณ์ดิจิทัลซึ่งอยู่ในระบบเลขฐาน 2 ซึ่งมีค่า 0 กับ 1 ดังนั้นการส่งข้อมูลจึงจำเป็นต้องมีพื้นฐานมาจากเลขฐาน 2 ซึ่งการใช้ระบบเลขฐานนั้นจะทำให้ผู้สร้างลดเวลาในการเขียนโครงสร้างข้อมูล ยกตัวอย่างเช่น 0100101101 เป็นเลขฐานอื่นๆ เพื่อง่ายต่อการสร้าง ซึ่งการเลือกเลขฐานที่นำมาใช้จำเป็นต้องเหมาะสมไม่เข้าใจยากจนเกินไปทำให้ลดเวลาในการสร้างโพรโทคอลของผู้สร้างได้ ซึ่งเลขฐานที่เหมาะสมนั้นจะกล่าวในหัวข้อถัดไปนี้

2.3.2 ระบบเลขฐาน 16 (Hexadecimal) คือระบบเลขฐานชนิดหนึ่งที่มีสัญลักษณ์ 16 ตัว โดยปกติแล้วจะใช้ 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F ในการแสดงหรือการเขียนทั้ง 16 ตัว ซึ่งระบบเลขฐาน 16 นั้นนิยมใช้อย่างแพร่หลายในการสื่อสารการเข้ารหัส หรือการส่งคำสั่งไปควบคุมระบบต่างๆ ดังนั้นการควบคุมคอมพิวเตอร์ให้เคลื่อนที่เหนือพื้นดินจึงเป็นระบบที่เหมาะสมกับการใช้ชนิดข้อมูลในรูปแบบเลขฐาน 16 ซึ่งเมื่อได้ชนิดข้อมูลที่จะนำมาใช้แล้ว จากนั้นก็จะสามารถออกแบบโพรโทคอลที่เอาไปใช้กับระบบสื่อสาร เพื่อการควบคุมการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินของคอมพิวเตอร์ได้อย่างสมบูรณ์แบบแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

3.1 การออกแบบโครงสร้างข้อมูลในการสื่อสาร

จากหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องแล้ว ในส่วนของการออกแบบโครงสร้างข้อมูลในการสื่อสารนั้นคือการออกแบบโปรโทคอลเพื่อที่จะใช้ในระบบสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับ Laptop หรือคอมพิวเตอร์ที่ใช้แสดงผลของข้อมูล ซึ่งการออกแบบข้อมูลนั้นได้ออกแบบไว้ตามรูปแบบ I HEADER + COMMAND + DATA+ TAIL ซึ่งการออกแบบแต่ละส่วนมีความสำคัญดังต่อไปนี้

3.1.1 HEADER

HEADER คือ ส่วนของหัวของโปรโทคอลมีหน้าที่บ่งบอกลักษณะพิเศษของข้อมูลที่สร้างอีกทั้งยังเป็นส่วนป้องกันข้อมูลที่เข้ามารบกวนในระบบอีกด้วย เนื่องจากการออกแบบ HEADER นั้นอุปกรณ์จะสามารถรับรู้ได้ว่าเป็นข้อมูลของโครงสร้าง ที่ได้สร้างไว้หรือไม่เป็นระบบป้องกันไปในตัวด้วย อีกทั้งยังช่วยให้ผู้สร้างสามารถแบ่งแยกข้อมูลว่าเป็นข้อมูลจากอุปกรณ์ตัวไหนส่งไปถึงกัน เช่น ในกรณีศึกษาที่ผู้สร้างจะสามารถรู้ได้ว่าเป็นจากคอมพิวเตอร์หรือ Laptop ส่งข้อมูลมา

3.1.2 COMMAND

COMMAND คือ ส่วนของคำสั่งเนื่องจากระบบนั้นมีระบบย่อยๆ อีกหลายระบบไม่ว่าจะเป็นระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์หรือระบบอื่นๆ อีก ดังนั้นการใช้คำสั่งมาช่วยจะเป็นการแบ่งแยกว่าระบบ ณ ตอนนี้ต้องการเรียกข้อมูลประเภทไหนไปใช้งาน

3.1.3 DATA

DATA คือ ส่วนของข้อมูลหลังจากรับ COMMAND มาแล้วระบบจะทราบว่าจะต้องทำการเรียกข้อมูลประเภทไหนไปใช้งาน

3.1.4 TAIL

TAIL คือ ส่วนสุดท้ายของโปรโทคอลมีหน้าที่บ่งบอกว่าโปรโทคอลได้สิ้นสุดแล้ว

หลังจากได้โครงสร้างข้อมูลเป็นโครงสร้างแล้ว ส่วนต่อไปเป็นการกำหนดข้อมูลเพื่อให้อุปกรณ์ทั้ง 2 นั้นสื่อสารกันได้อย่างสมบูรณ์ ผู้ศึกษาได้กำหนดข้อมูลของโครงสร้างไว้ตามตารางที่ 3.1 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงการกำหนดค่าของโปรโตคอล

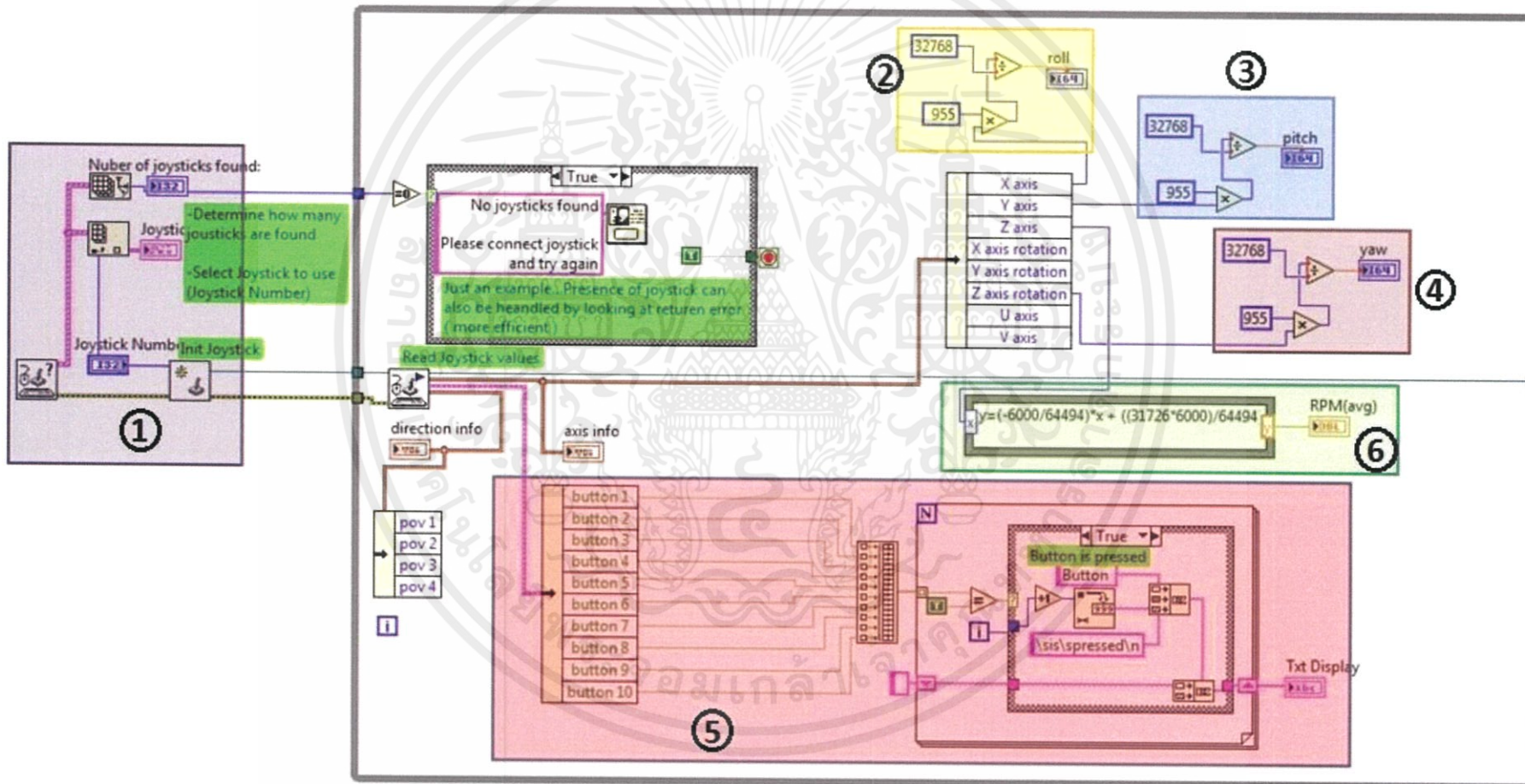
ชนิดโครงสร้าง	เลขฐาน 16	ข้อมูล	ความหมาย
HEADER(1)	51 53	“QS”	Laptop -> Quadrotor
HEADER(2)	51 52	“QR”	Quadrotor -> Laptop
COMMAND	47	‘G’	เป็นการเรียกข้อมูลมุม Roll Pitch Yaw (Heading) กลับไปยัง Laptop เพื่อแสดงผลค่ามุมที่วัดได้ทั้งหมด
DATA	0F A0 0F A0 0F A0 0F A0	4000 rpm 4000 rpm 4000 rpm 4000 rpm	ข้อมูลความเร็วของมอเตอร์ทั้ง 4 ตัวซึ่งเป็นข้อมูลในการสั่งความเร็วรอบของมอเตอร์ซึ่งถูกคำนวณเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินแล้วซึ่งข้อมูลชุดแรกหมายถึงมอเตอร์ตัวแรกหลังจากนั้นก็จะเป็นไปตามลำดับ
TAIL	45	‘E’	บ่งบอกว่าจบโปรโตคอลแล้ว

หลังจากที่ได้กำหนดรูปแบบข้อมูลและรูปแบบโครงสร้างของโปรโตคอลเรียบร้อยแล้ว ต้องทำการเขียนซอฟต์แวร์เพื่อเป็นตัวกลางในการสื่อสาร และแสดงผลออกมาให้ผู้ใช้งานได้รับรู้ถึงข้อมูล ซึ่งส่วนนี้จำเป็นจะต้องออกแบบซอฟต์แวร์ทั้งใน Laptop และในควอดโรเตอร์ซึ่งเป็นไปตามนี้

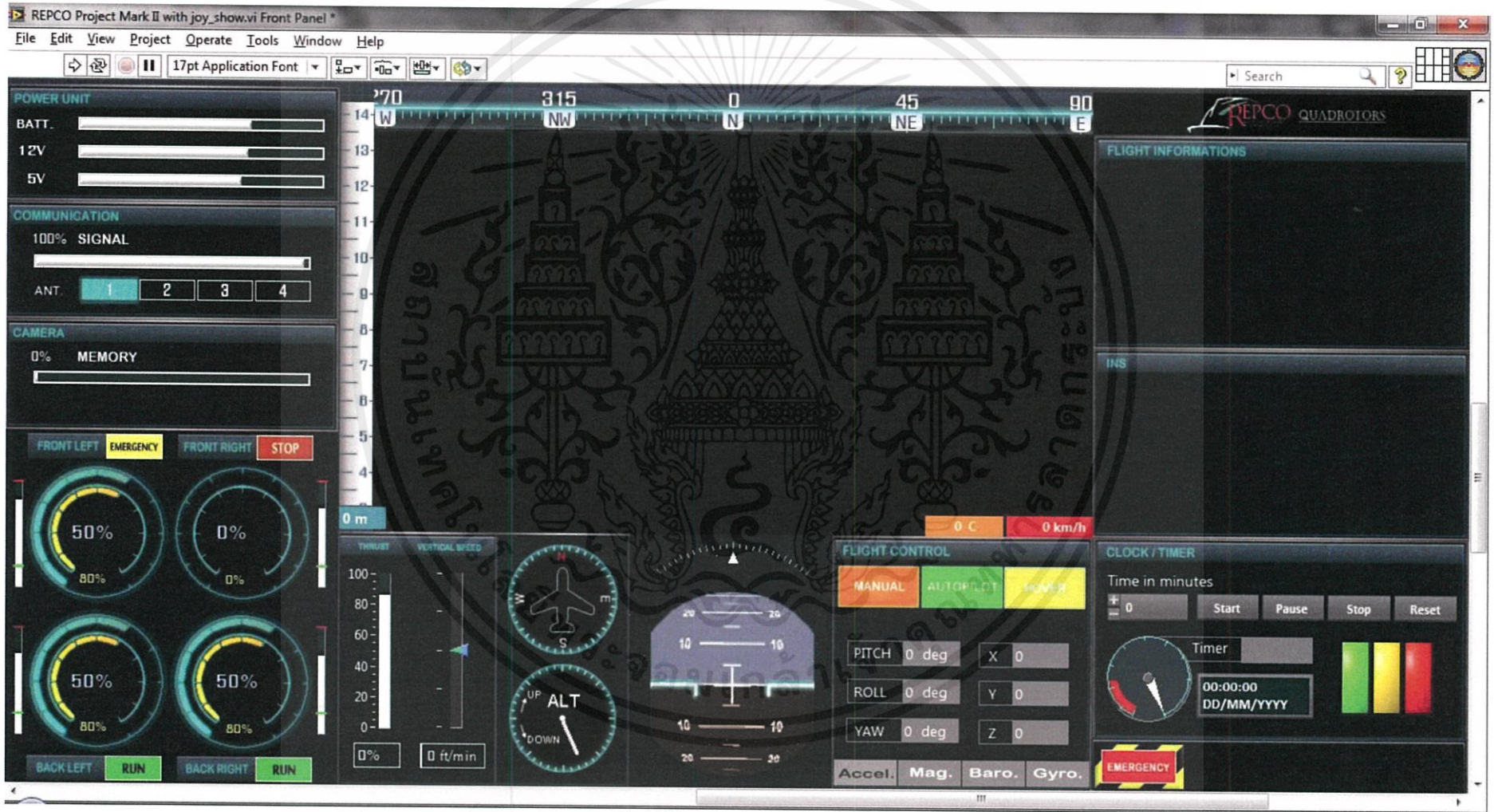
3.1.5 LabVIEW

LabVIEW เป็นซอฟต์แวร์ใน OS Windows ทำหน้าที่เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้เขียนซอฟต์แวร์อีกหนึ่ง ทั้งนี้ได้นำ LabVIEW มาใช้เขียนตัวอินเตอร์เฟซ (Interface) ไว้ติดต่อกับผู้ที่ใช้งานผ่าน Laptop หรือคอมพิวเตอร์ไปควบคุมการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินของควอดโรเตอร์ ซึ่ง LabVIEW นั้นเป็นซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมกับการเขียนซอฟต์แวร์ในลักษณะที่มีอุปกรณ์มาต่อเพิ่มจากตัว Laptop ออกแบบในการเขียนซอฟต์แวร์ง่าย เนื่องจากลักษณะการใช้ LabVIEW เป็นการใช้รูปแบบของ Box มาต่อๆ กันในตัว LabVIEW ออกมาเป็นซอฟต์แวร์มาใช้งานซึ่งเป็นดังรูปที่ 3.1 การออกแบบอินเตอร์เฟซโดยใช้ LabVIEW ไม่มีกฎอะไรตายตัวเพียงแต่ต้องออกแบบให้ผู้ใช้งานใช้งานได้สะดวก สวยงาม ทำให้สามารถใช้งานได้อย่างง่ายเพื่อความรวดเร็วในการควบคุม ซึ่งการออกแบบซอฟต์แวร์อินเตอร์เฟซนั้นออกแบบมาดังรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3

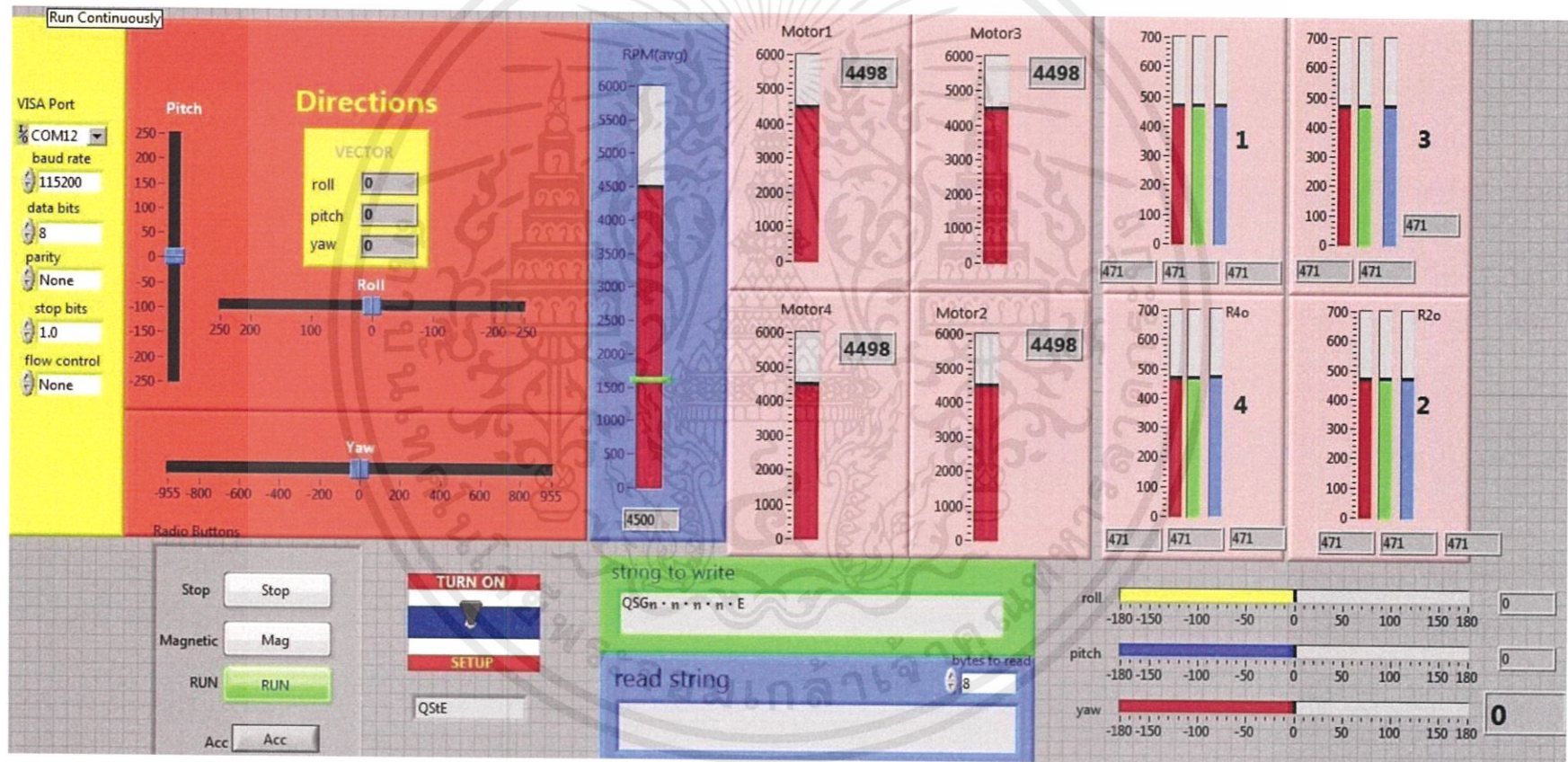
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 การออกแบบอินเตอร์เฟซโดยใช้ LabVIEW



รูปที่ 3.2 อินเทอร์เน็ตที่ใช้สำหรับการควบคุมควอดโรเตอร์
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



รูปที่ 3.3 อินเทอร์เฟซสำหรับการทดสอบการวัดค่าต่างๆ ของควอดโรเตอร์

หลังจากที่ได้ซอฟต์แวร์สำหรับการสื่อสารของ Laptop แล้ว หลังจากนั้นจำเป็นต้องนำโครงสร้างแบบเดียวกันสร้างซอฟต์แวร์ในตัวควบคุมมอเตอร์ด้วย ซึ่งการสร้างซอฟต์แวร์บนควบคุมมอเตอร์นั้นจะกล่าวในหัวข้อถัดไปนี้

3.1.6 Arduino Software

Arduino Software เป็นซอฟต์แวร์ที่เป็นแพลตฟอร์มที่เชื่อมต่อกับฮาร์ดแวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่เป็นลักษณะเปิด (Open-Source) ซึ่งผู้พัฒนาซอฟต์แวร์สามารถนำ Arduino ไปพัฒนาต่อได้ สามารถแก้ไข พัฒนาและวางขายรวมถึงทำการตลาดได้โดยไม่มีข้อผูกมัดใดๆ ซึ่งการพัฒนาซอฟต์แวร์นั้นมีลักษณะโครงสร้างภาษาคคล้ายๆ กับภาษา C ซึ่งเป็นภาษาที่ได้รับความนิยมในการเขียนจึงเป็นการง่ายต่อผู้ที่เคยใช้ภาษา C อยู่แล้ว

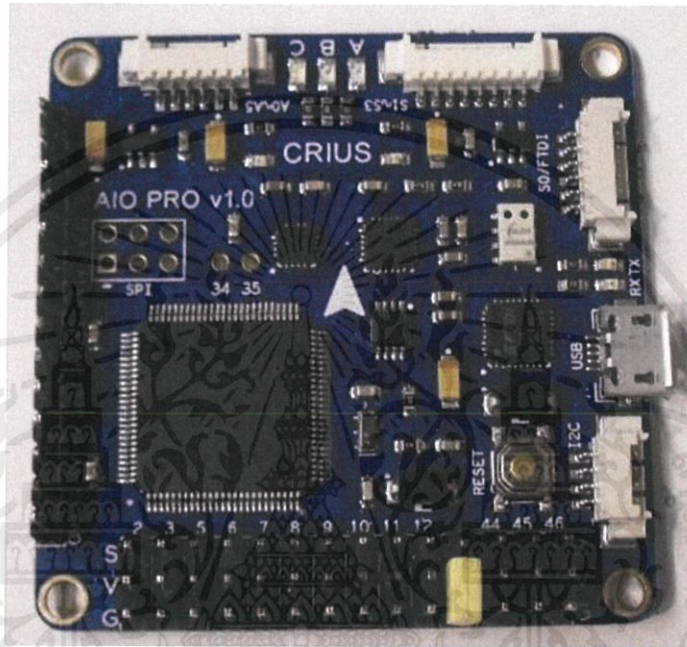
```

ControlAlpha06032014 | Arduino 1.0.5
File Edit Sketch Tools Help
ControlAlpha06032014 ControlSpeed IMU Sensors Serial fig
#include <Wire.h>
/*
MultiWiiCopter by Alexandre Dubus
www.multiwii.com
March 2013 V2.2
This program is free software: you can redistribute it and/or mod
it under the terms of the GNU General Public License as published
the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or
any later version. see <http://www.gnu.org/licenses/>
*/
#include <avr/io.h>
#include "config.h"
#include "def.h"
#include <avr/pgmspace.h>
1 Arduino Mega 2560 or Mega ADK on COM18

```

รูปที่ 3.4 ซอร์ฟแวร์ Arduino

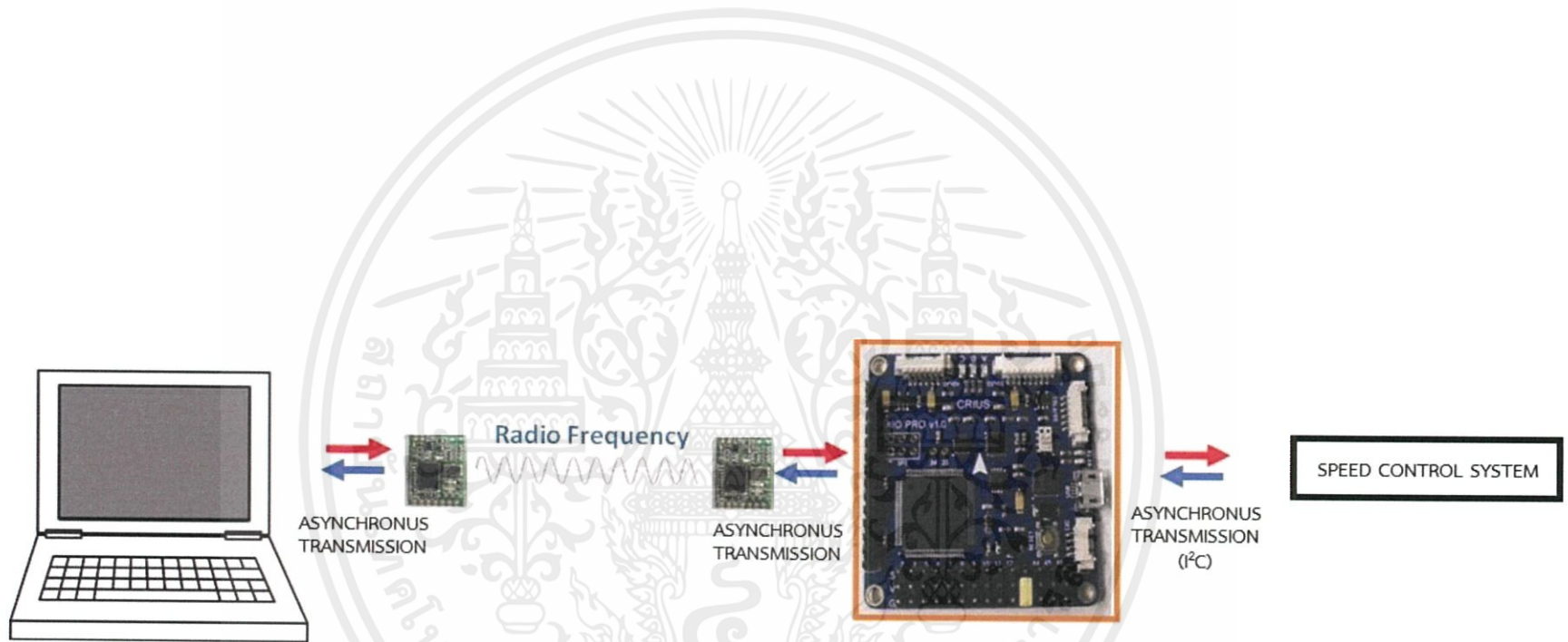
เหตุผลที่เลือกใช้ Arduino นั้นเป็นเพราะอุปกรณ์เครื่องมือการวัดทั้งหมด ที่จำเป็นจะต้องใช้นั้นมีอยู่ฮาร์ดแวร์ของ Arduino ที่รวมอุปกรณ์เครื่องมือการวัดที่จำเป็นต้องใช้ในการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินอยู่ในอุปกรณ์ชุดเดียวกัน ซึ่งทำให้ลดเวลาในการนำอุปกรณ์แต่ละตัวมาประกอบ รวมถึงต้องออกแบบวงจรเพื่อที่จะใช้ในอุปกรณ์การวัดแต่ละอันอีกด้วย จึงเลือกใช้ฮาร์ดแวร์ Crius AIO Pro (All in one pro Flight Controller) ดังรูปที่ 3.4 ซึ่งเป็นฮาร์ดแวร์ของ Arduino ที่ใช้สำหรับการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินโดยเฉพาะมีอุปกรณ์การวัดสำหรับการเคลื่อนที่เหนือพื้นดิน เช่น Accelerometer Gyroscope Magnetometer ฯลฯ รวมอยู่ครบพร้อมใช้งานในการเคลื่อนที่เหนือพื้นดิน



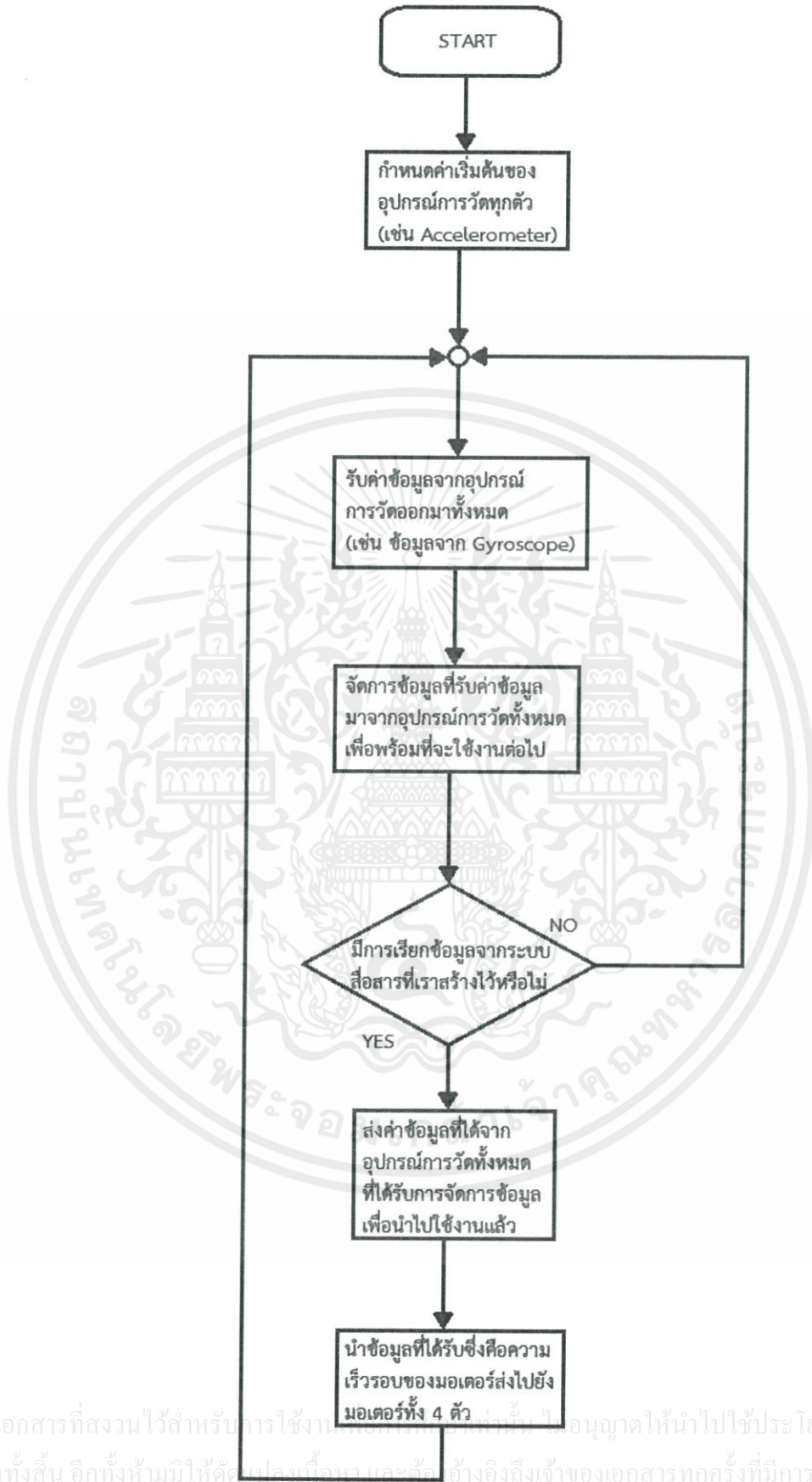
รูปที่ 3.5 Crius AIO Pro (All in one Flight Controller)

หลังจากที่ได้อุปกรณ์ในการใช้งานมาครบเรียบร้อยแล้ว ก็มาเริ่มสร้างโครงสร้างของซอฟต์แวร์ซึ่งโครงสร้างซอฟต์แวร์ของ Arduino จะอธิบายโครงสร้างซอฟต์แวร์หลักๆ ตาม Flow Chart ดังรูปที่ 3.6 ซึ่งเป็นระบบโครงสร้างของซอฟต์แวร์ที่ใช้จัดการข้อมูลของอุปกรณ์การวัดที่ใช้ในการเคลื่อนที่เหนือพื้นดิน และระบบการส่งข้อมูลทั้งจากคอปโตรอเตอร์กลับไปยัง Laptop และคอปโตรอเตอร์ส่งข้อมูลไปยังระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ทั้ง 4 อีกด้วย ซึ่งระบบในการนำข้อมูลของเครื่องมือวัดต่างๆ ที่จำเป็นในการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินนั้นผู้ผลิต Crius AIO Pro นั้นได้มีซอฟต์แวร์ในส่วนที่นำข้อมูลจากตัวเครื่องมือวัดมาเรียบร้อยแล้ว สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวัดที่นำข้อมูลมาใช้งานแล้วไปจัดการกับระบบของได้ทันที โดยไม่ต้องสร้างใหม่สามารถลดเวลาในการทำงานในส่วนนี้ไปได้พอสมควร เนื่องจากสิ่งที่สนใจจะศึกษาไม่ใช่การนำข้อมูลออกจากเครื่องมือวัดแต่เป็นโครงสร้างระบบสื่อสาร แต่ระบบเครื่องมือวัดเป็นแค่เครื่องมือในการวัดเพื่อส่งไปยังส่วนที่ควบคุมการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินของคอปโตรอเตอร์ให้ควบคุมได้ จึงไม่จำเป็นที่จะต้องสนใจในส่วนของการทำงานของเครื่องมือวัด เพียงแต่ทำโครงสร้างระบบจัดการข้อมูล โครงสร้างในการส่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น หากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ผ่านการอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร หรือมีการดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 โครงสร้างโดยรวมของระบบส่งข้อมูลทั้งหมด



รูปที่ 3.7 Flowchart โครงสร้างของซอฟต์แวร์ Arduino ที่ใช้ในควอดโรเตอร์

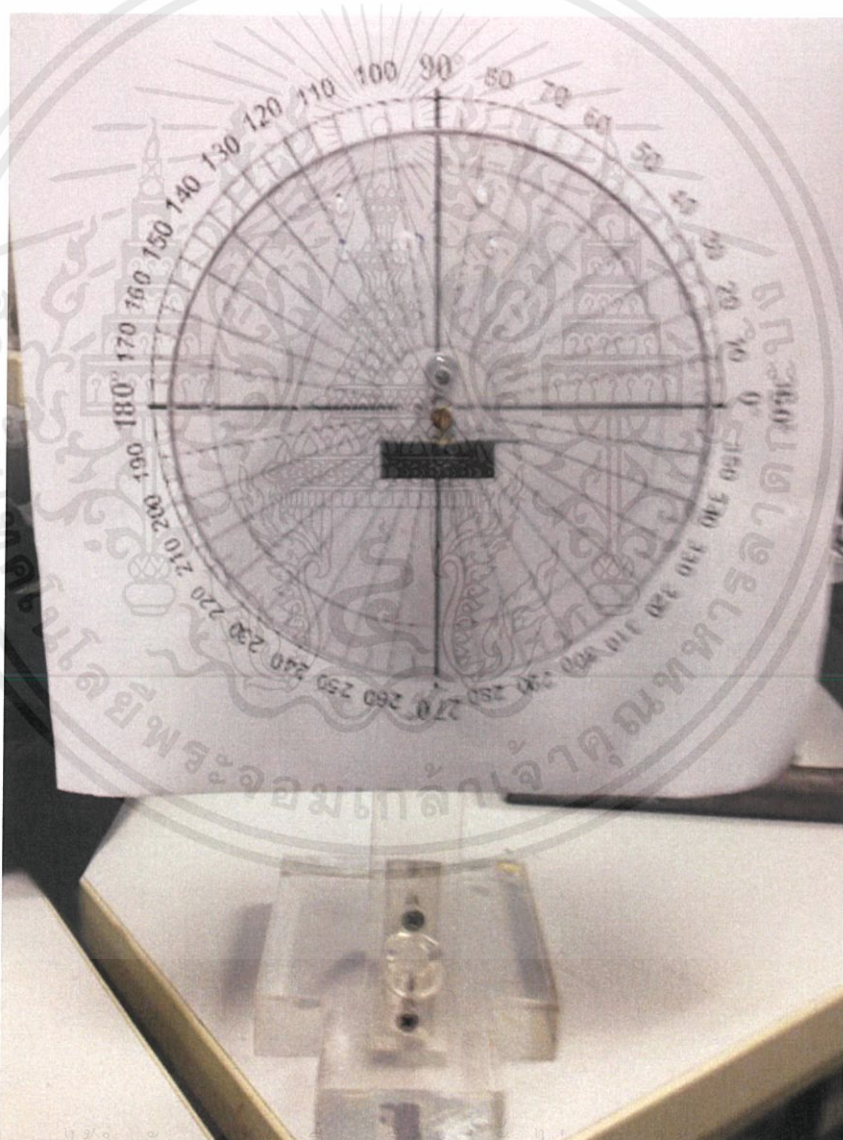
3.2 การออกแบบการทดลองการสื่อสารและการวัดต่างๆ ที่ใช้ในการเคลื่อนที่เหนือพื้นดิน

หลังจากมีอุปกรณ์ในการใช้งานที่เหมาะสมครบแล้ว หลังจากนั้นจะเป็นการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบระบบในการใช้งาน เพื่อเคลื่อนที่เหนือพื้นดินโดยนำอุปกรณ์ที่จำเป็นทั้งหมดมาใช้ในการทดลอง โดยมีทั้งระบบการวัดของอุปกรณ์วัด ระบบส่งข้อมูลไร้สาย และระบบโครงสร้างข้อมูลที่ได้ทำการจัดเตรียมขึ้นเพื่อการทดลอง

3.2.1 ออกแบบการทดลองเรื่องเครื่องมือการวัด

เนื่องจากอุปกรณ์การวัดนั้นต้องมีการตรวจเช็คความถูกต้องจึงต้องออกแบบการทดลองดังนี้

3.2.1.1 อุปกรณ์การวัดมุม



รูปที่ 3.8 อุปกรณ์การวัดมุม

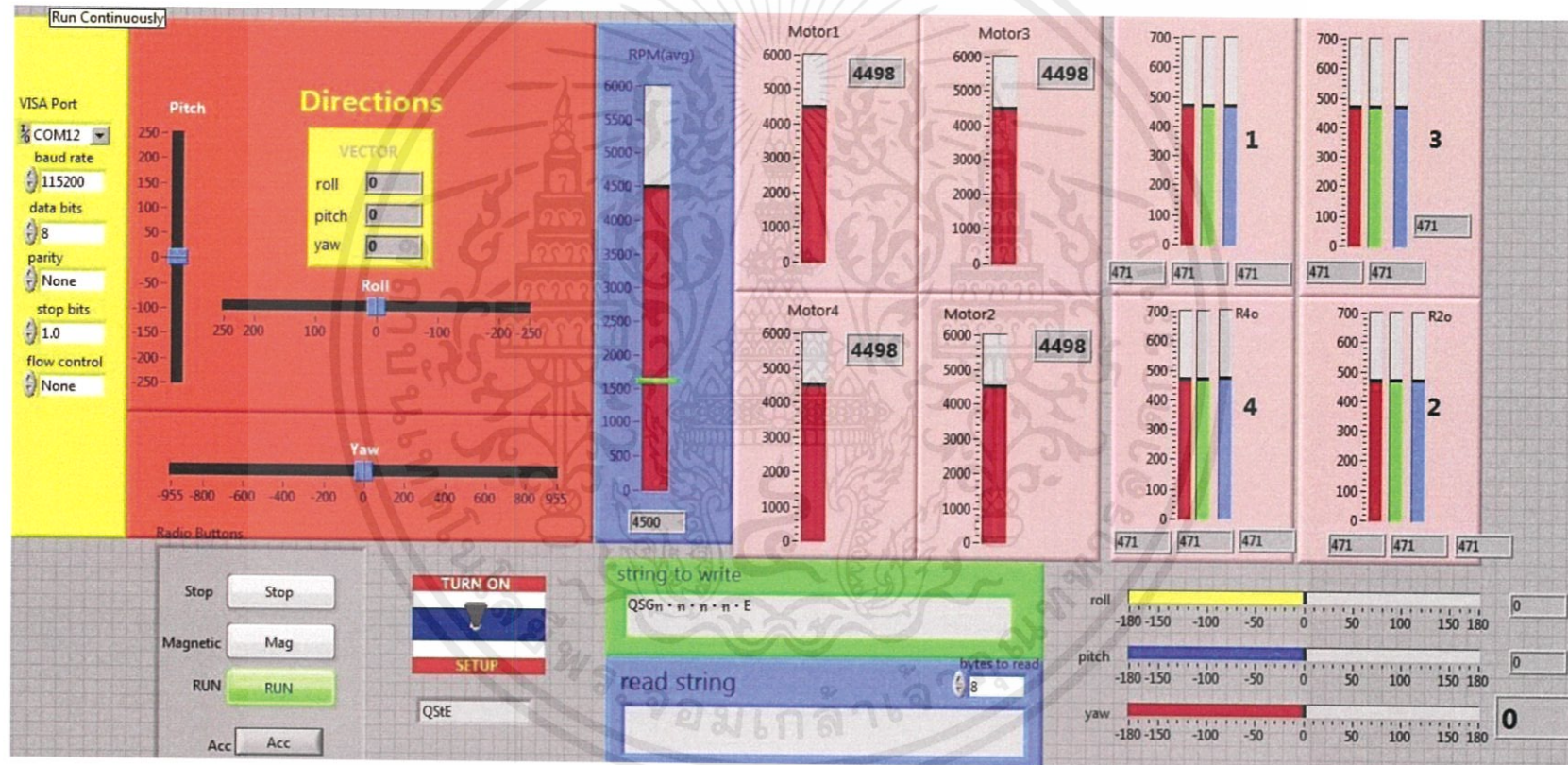
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือเผยแพร่บนเว็บไซต์ด้านการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 Crius AIOP



รูปที่ 3.9 Crius AIOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

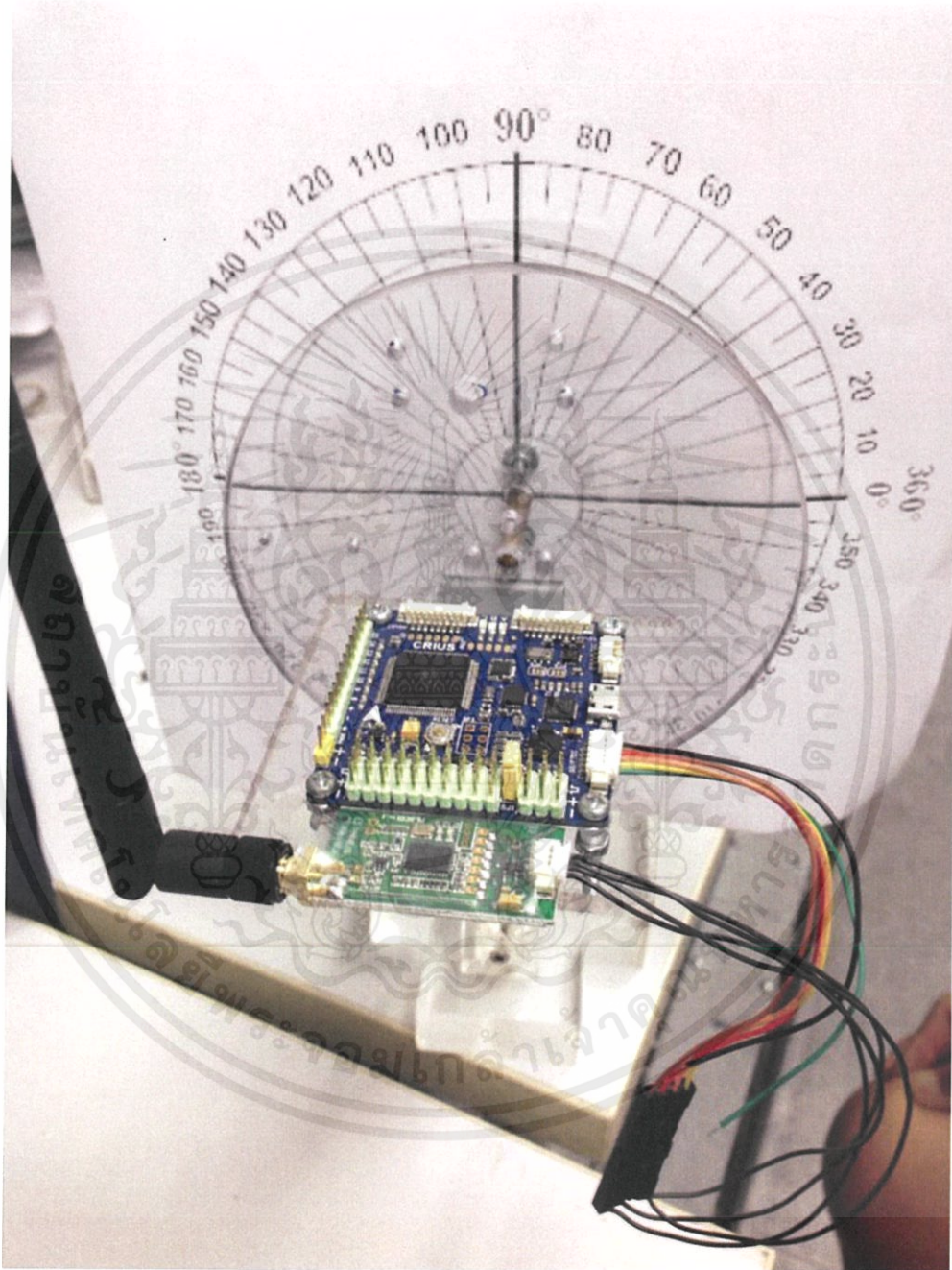


รูปที่ 3.10 LabVIEW

3.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

เมื่อได้ออกแบบการทดลองแล้ว อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองพร้อมใช้งานในการทดลองแล้วจะมีการทดลองตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำอุปกรณ์ในการวัดมุมและ Crius AIOP ติดตั้งที่เหมาะสมในการวัดมุม



รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ในการวัดมุมและ Crius AIOP ติดตั้งเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใช้ LabVIEW ในการสื่อสารเรียกข้อมูลจากการวัดของเครื่องมือในการวัดที่อยู่ภายใน Crius AIOP ผ่านระบบสื่อสาร โดยใช้โครงสร้างในการสื่อสารที่ได้เตรียมไว้แล้วในข้างต้น

3.3 การออกแบบระบบการจัดการพลังงาน

3.3.1 การออกแบบวงจรลดแรงดันไฟฟ้า

3.3.1.1 สูตรที่ใช้ในการออกแบบวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้า

ตารางที่ 3.2 สูตรคำนวณการออกแบบวงจรลดแรงดันไฟฟ้า

calculation	Step-Down
t_{on} / t_{off}	$\frac{V_{out} + V_F}{V_{in(min)} - V_{sat} - V_{sat}}$
$(t_{on} + t_{off})$	$\frac{1}{f}$
t_{off}	$\frac{t_{on} + t_{off}}{\frac{t_{on}}{t_{off}} + 1}$
t_{on}	$(t_{on} + t_{off}) - t_{off}$
C_T	$4.0 \times 10^{-5} t_{off}$
$I_{pk(switch)}$	$2I_{out(max)}$
R_{sc}	$0.3 / I_{pk(switch)}$
$L_{(min)}$	$\frac{V_{in(min)} - V_{sat} - V_{out}}{I_{pk(switch)}}$
C_o	$\frac{I_{pk(switch)} (t_{on} + t_{off})}{8V_{ripple(pp)}}$

3.3.1.2 กำหนดค่าต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบวงจร

แรงดันไฟฟ้าอินพุต = 11.1V

ช่วงแรงดันไฟฟ้าอินพุต = 30%

แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต = 5V

แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตกระเพื่อม = 0.01V

กระแสไฟฟ้าเอาต์พุตสูงสุด = 1.5A

แรงดันไฟฟ้ตกคร่อมที่ไดโอด = 0.7V

แรงดันไฟฟ้าจุกอิมตัว = 1.0V

ความถี่ในการดำเนินงาน = 100Hz, $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$

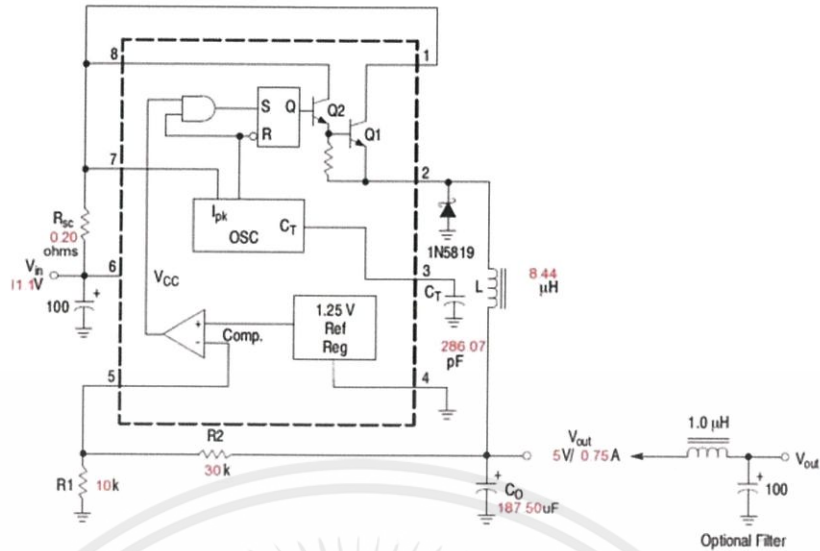
จากการคำนวณทำให้ทราบค่า

$R_{cs} = 0.20 \text{ }\Omega$ เลือก 0.22 Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ $L_{min} = 8.44 \text{ }\mu\text{H}$ การศึกษาเลือก 10 μH ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ $C_o = 187.50 \text{ }\mu\text{F}$ เลือก 100 μF 2 ตัวต่อขนานกันทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$R_2 = 30.00 \text{ k}\Omega$



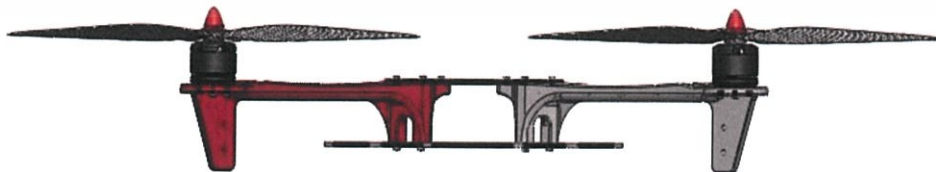
รูปที่ 3.12 วงจรสำหรับการทดลอง

3.4 การออกแบบระบบเชิงกลของขาคตั้งควอโทรเตอร์

การทำควอโทรเตอร์นั้นจะมีการทดสอบขึ้นบินอย่างเป็นขั้นเป็นตอน ซึ่งในการทดสอบขึ้นบินช่วงแรกจะเป็นการทดสอบการเคลื่อนที่ตามรีโมทควบคุมและระบบคุม โดยหากส่งรีโมทไปทางซ้ายควอโทรเตอร์ต้องไถลไปทางซ้าย หรือหากส่งรีโมทไปข้างหน้า ควอโทรเตอร์ต้องไถลไปด้านหน้า ดังนั้นจึงได้ออกแบบตัวขาตั้งที่สามารถ ไถลไปกับพื้นมาติดไว้ที่ตัวควอโทรเตอร์ หากไม่ทำการติดตั้งจะทำให้เมื่อควอโทรเตอร์เอียงจะทำให้ใบพัดไปสัมผัสกับพื้นได้

3.4.1 การออกแบบขาตั้ง

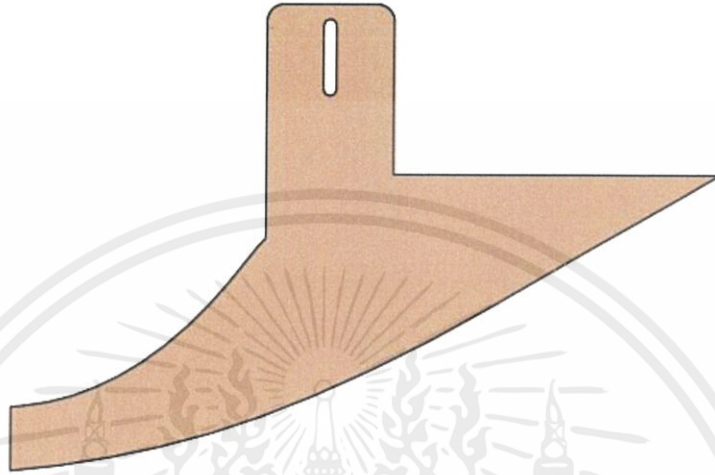
การออกแบบขาตั้งนั้นได้ใช้โปรแกรม Solidworks ในการเขียนแบบขึ้นมา โดยขั้นแรกได้ทำการเขียนแบบตัวควอโทรเตอร์เสียก่อนไว้ทำการออกแบบขาตั้งดังรูปที่ 3.13



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

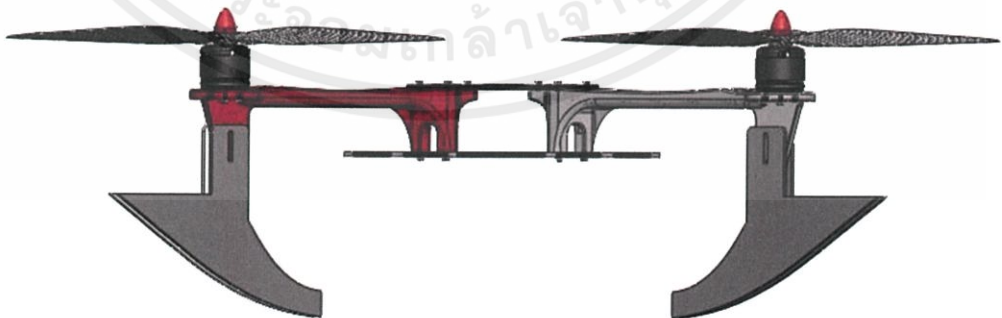
รูปที่ 3.13 ควอโทรเตอร์โดยใช้โปรแกรม Solidworks สร้างโมเดล

หลังจากนั้นได้ทำการออกแบบขาตั้ง โดยให้มีพื้นที่สัมผัสกับพื้นน้อยที่สุดและมีความโค้ง สำหรับการเอียงของควอทโรเตอร์ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ขาตั้งโดยใช้ Solidworks ออกแบบ

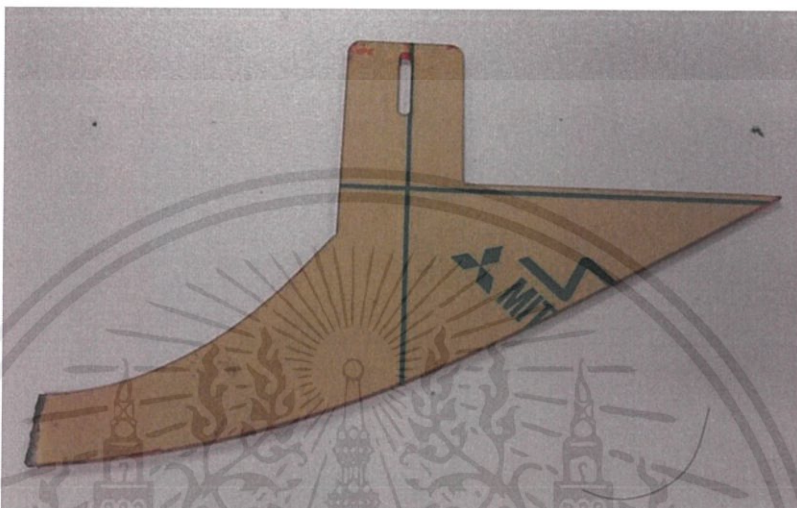
หลังจากที่ทำการวาดตัวขาตั้งเสร็จแล้วก็ลองนำไปประกอบกับตัวควอทโรเตอร์ว่าเกิดปัญหาอะไรหรือไม่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้รูปที่ 3.15 การประกอบขาตั้งเข้ากับควอทโรเตอร์ ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

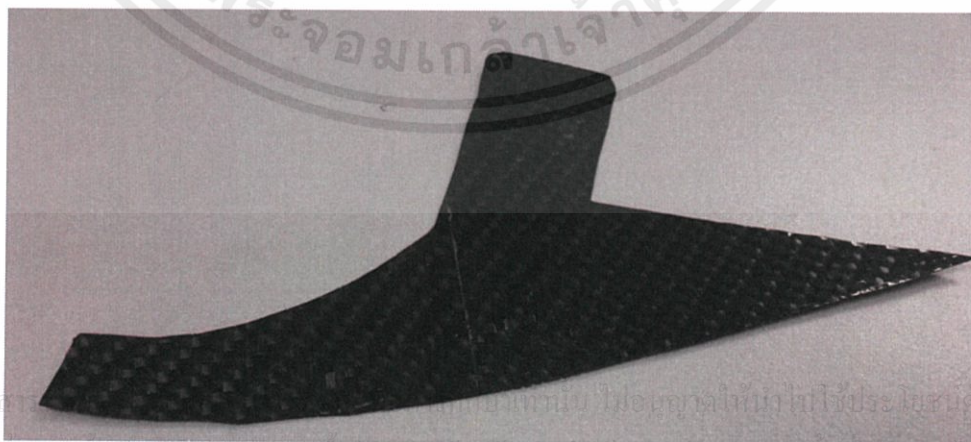
3.4.2 การสร้างขาตั้ง

การเลือกวัสดุที่ใช้ควอทโรเตอร์นั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงความเบาและแข็ง จึงได้เลือกผ้าคาร์บอนไฟเบอร์มาทำ ซึ่งมีความแข็งแรงทนทานน้ำหนักเบา หลังจากที่ได้ทำการออกแบบขาตั้งโดยใช้โปรแกรม Solidworks ได้ทำการตัดแผ่นอะครีลิคตามรูปที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่ 3.16 ขาตั้งใช้วัสดุอะครีลิค

หลังจากนั้นได้นำผ้าคาร์บอนไฟเบอร์ตัดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่ แล้วลงเรซินบางๆ ก่อนเพื่อให้สามารถเป็นแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ได้ง่าย เมื่อแผ่นคาร์บอนอยู่ตัวได้ ทำการนำแผ่นอะครีลิคมาทาบแล้วตัดแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ตามขนาด จำนวน 8 ชิ้น เตรียมไว้ หลังจากนั้นผสมน้ำยาเรซินกับตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มความแข็ง ทาลงบนแผ่นอะครีลิครูปขาตั้งให้ทั่ว แล้ววางแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ลง แผ่นอะครีลิคจัดให้ตรงกับขนาดแผ่นอะครีลิคแล้วลงน้ำยาที่ผสมไว้ แล้ววางแผ่นคาร์บอนอีกรอบแล้วลงน้ำยาอีกครั้ง รอจนแห้งจะได้แผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ที่ได้ตามออกแบบไว้ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ขาตั้งที่ทำด้วยผ้าคาร์บอนไฟเบอร์

บทที่ 4

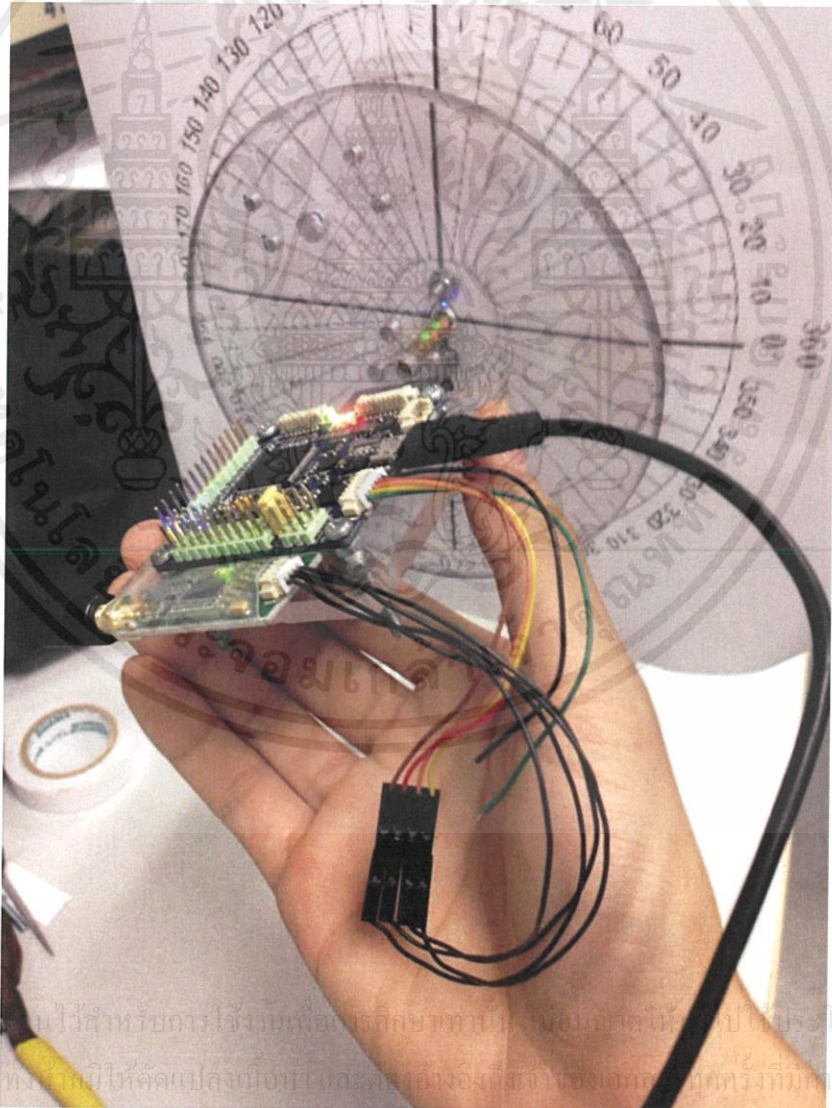
ผลการทดลอง

4.1 การทดลองการสื่อสารและระบบการวัดค่าต่างๆ

หลังจากที่ออกแบบการทดลองและเตรียมอุปกรณ์ในการทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว หลังจากนี้จะทำการเก็บค่าที่สามารถวัดค่าได้แล้วดึงข้อมูลกลับมายัง LabVIEW เพื่อแสดงผลและตรวจสอบค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ที่วัดว่าถูกต้องหรือไม่

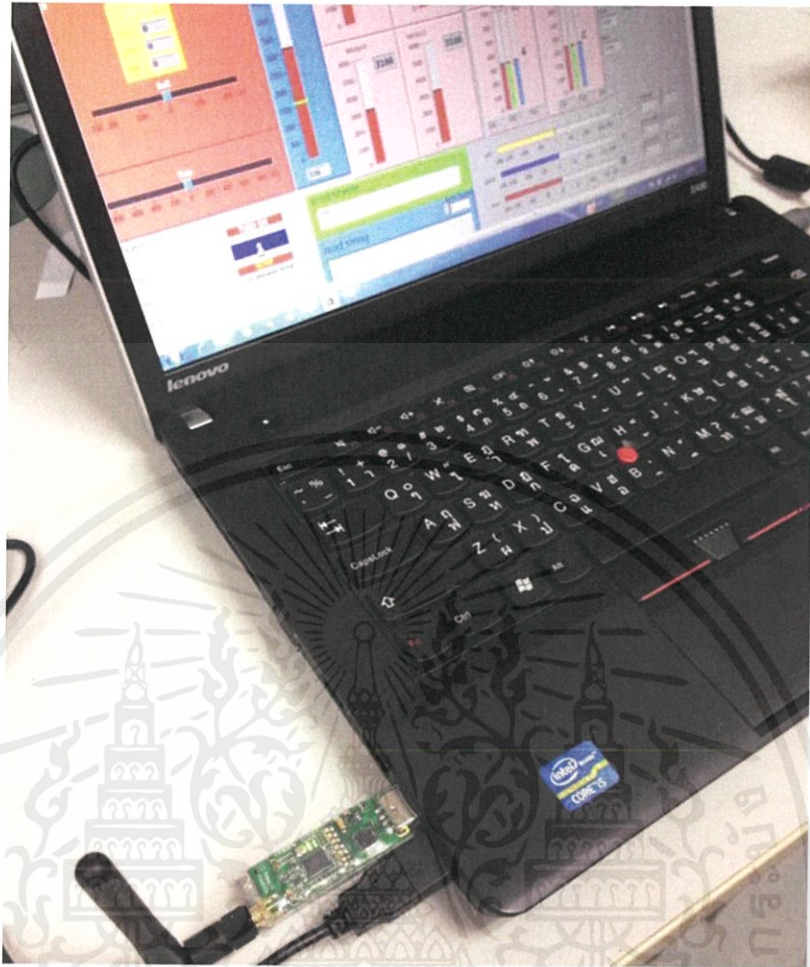
4.1.1 เริ่มทำการเก็บข้อมูลจากการทดลอง

จากที่ติดตั้งอุปกรณ์เข้าด้วยกันดังรูปที่ 4.1 จากนั้นจะทำการเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์การวัดไปยัง LabVIEW ที่แสดงผลดังรูปที่ 4.2 โดยผ่านระบบส่งข้อมูลและระบบโครงสร้างข้อมูลเข้าด้วยกัน



รูปที่ 4.1 อุปกรณ์ที่ติดตั้งเข้าด้วยกันพร้อมเก็บค่าจากอุปกรณ์การวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในมหาวิทยาลัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปบนโซเชียลมีเดีย การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมิให้คัดลอกเนื้อหาและเผยแพร่ลงสู่สาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



รูปที่ 4.2 LabVIEW พร้อมระบบส่งข้อมูลไร้สาย

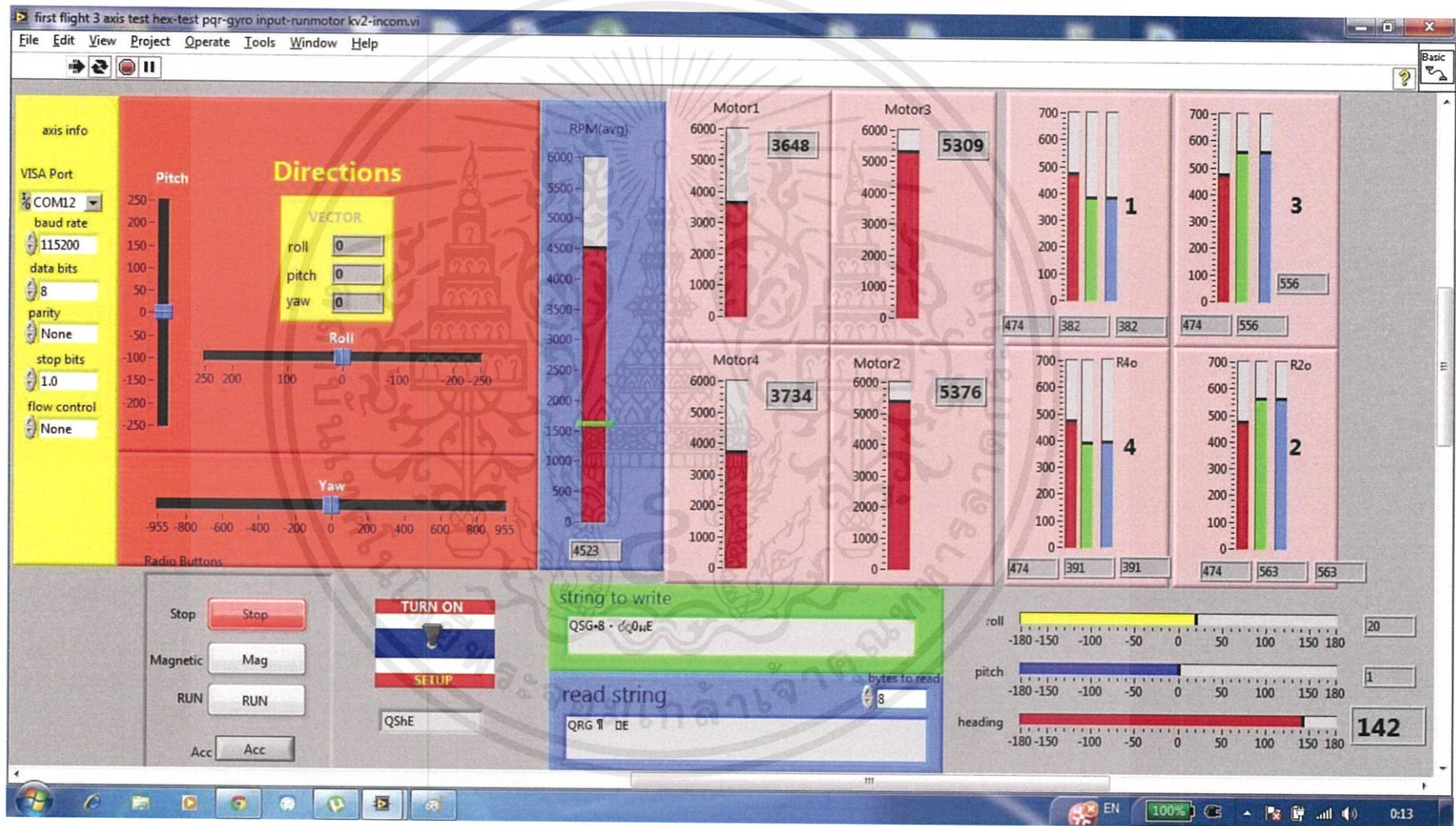
4.1.2 ผลการทดลองที่ได้รับจากการเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์การวัด

เมื่อทำการส่งข้อมูลที่เก็บได้จากอุปกรณ์การวัดเข้ามาใน LabVIEW ดังรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าสามารถแสดงค่าจากอุปกรณ์การวัดได้ หลังจากนั้นข้อมูลที่จะทำการวัดนั้นจะแบ่งออกเป็น 3 อย่างเป็นหลักๆ คือ

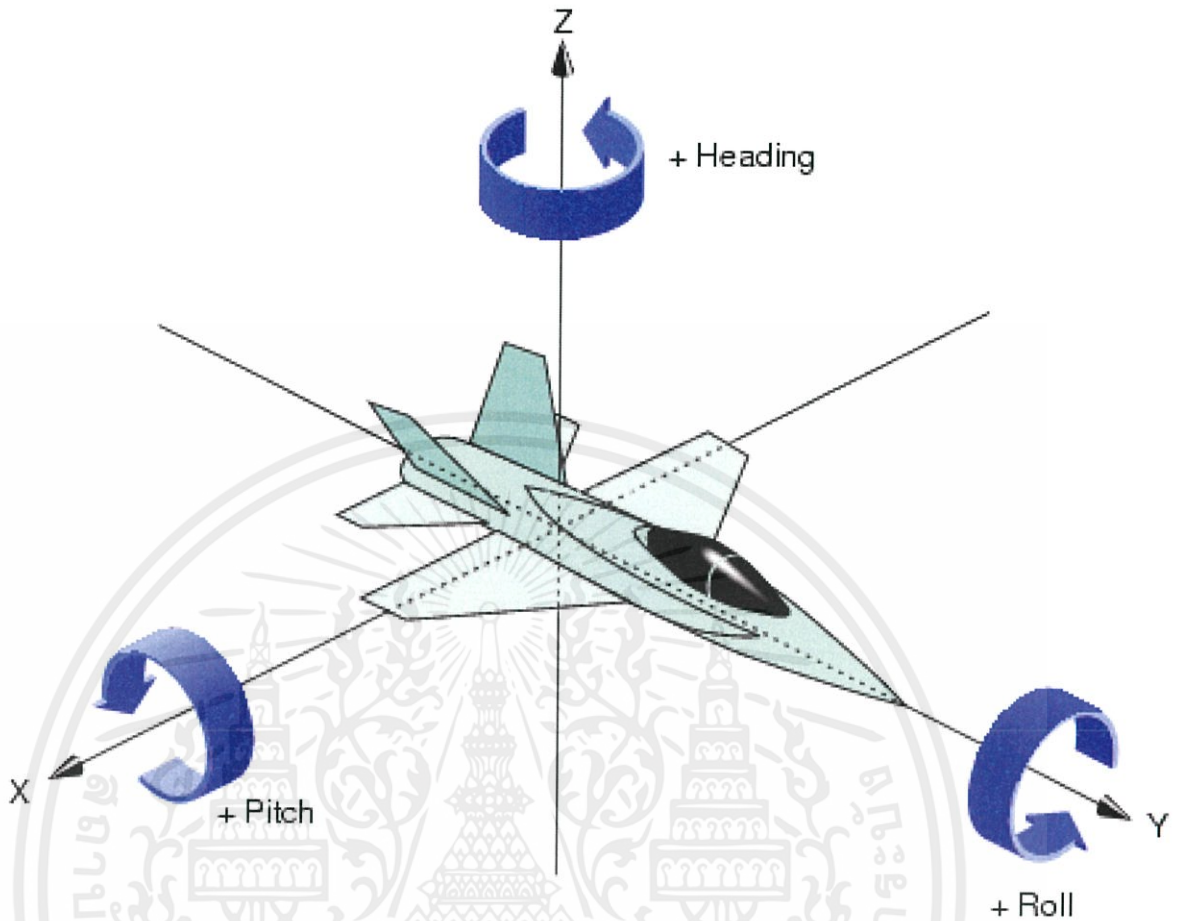
1. Roll
2. Pitch
3. Heading

การวัดข้อมูลทั้ง 3 นั้นจะเพื่อให้เข้าใจไปในทางเดียวกันจะอธิบายง่ายๆ ดังรูปที่ 4.4 เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลที่จะทำการวัดเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 LabVIEW ที่แสดงผลจากการวัดของอุปกรณ์การวัด



รูปที่ 4.4 Roll Pitch Heading

ค่าของข้อมูล Roll และ Pitch นั้นจะได้อาจจากการวัดของ Gyroscope ที่ถูกชดเชยด้วย Accelerometer แล้วส่วน Yaw ที่ได้นั้นจะไม่นำมาใช้เพราะไม่สามารถระบุตำแหน่งเมื่อเทียบกับพื้นดินได้ แต่จะนำข้อมูล Heading จาก Magnetometer มาใช้แทนการใช้ Yaw เนื่องจากสามารถบ่งบอกทิศทางเมื่อเทียบกับพื้นดินได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการเก็บค่ามุม Roll

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการเก็บค่ามุม Roll

มุมที่วัดได้จากอุปกรณ์การทดลอง	มุมที่วัดได้จากข้อมูลที่ส่งไปที่ LabVIEW	ค่าความผิดพลาด
-60°	-60°	0°
-50°	-49°	1°
-40°	-40°	0°
-30°	-30°	0°
-20°	-21°	1°
-10°	-10°	0°
0°	0°	0°
10°	10°	0°
20°	20°	0°
30°	30°	0°
40°	40°	0°
50°	51°	1°
60°	60°	0°

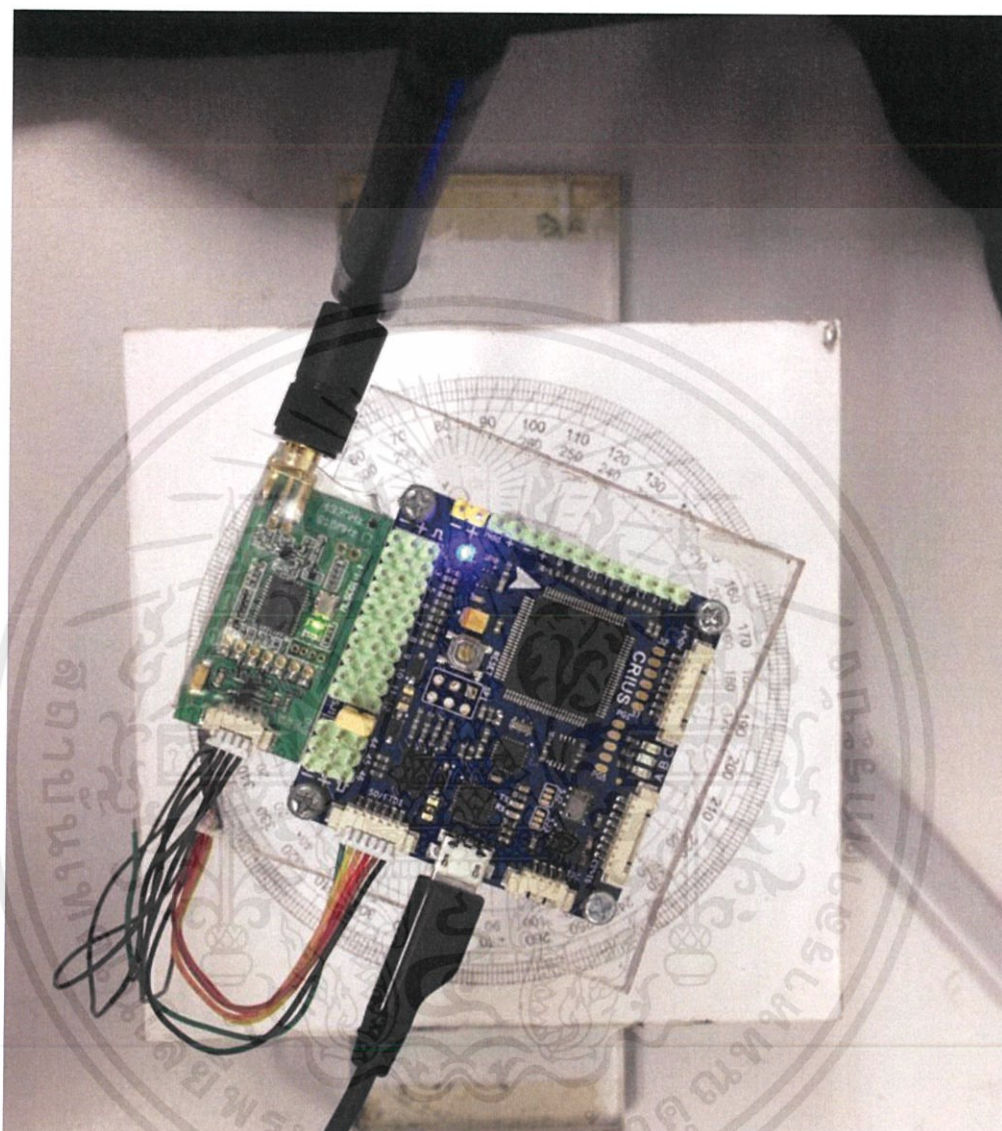
ผลการทดลองการเก็บค่ามุม Pitch

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการเก็บค่ามุม Pitch

มุมที่วัดได้จากอุปกรณ์การทดลอง	มุมที่วัดได้จากข้อมูลที่ส่งไปที่ LabVIEW	ค่าความผิดพลาด
-60°	-60°	0°
-50°	-50°	0°
-40°	-40°	0°
-30°	-30°	0°
-20°	-20°	0°
-10°	-10°	0°
0°	0°	0°
10°	11°	1°
20°	20°	0°
30°	30°	0°
40°	39°	1°
50°	50°	0°
60°	60°	0°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังห้ามนำไปดัดแปลงเนื้อหาและเผยแพร่อย่างถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งเป็นการนำไปใช้

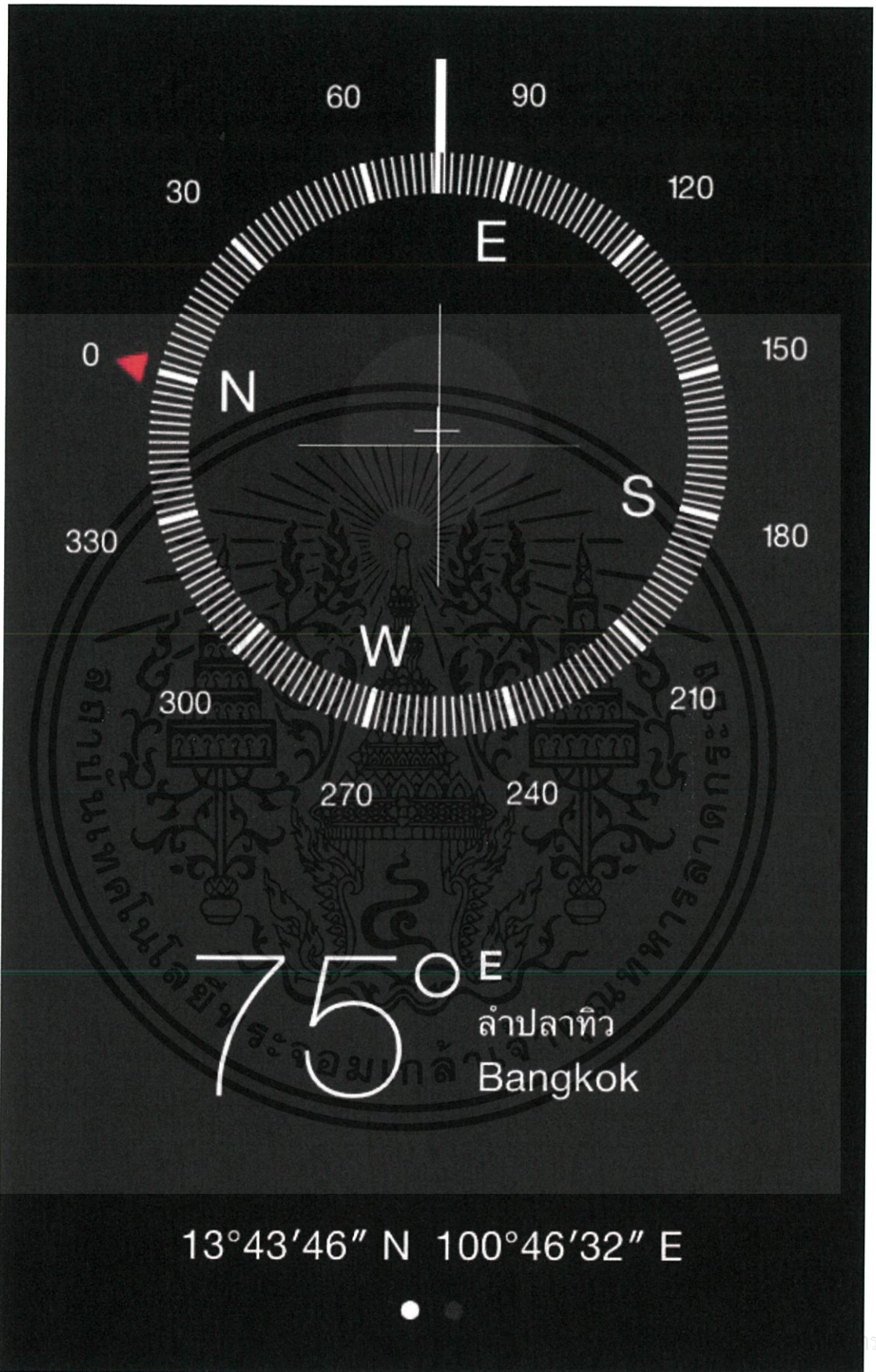
ซึ่งเมื่อทำการทดลองเก็บข้อมูลของ Roll และ Pitch เรียบร้อยแล้ว ต่อไปจะทำการเก็บข้อมูลของ Magnetometer ซึ่งต้องทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ในการทดสอบ โดยเปลี่ยนชุดอุปกรณ์ในการยึด Crius AIOB เป็นดังรูปที่ 4.5 ให้อยู่ในลักษณะแกนแนวตั้งหรือแกน Z



รูปที่ 4.5 ชุดอุปกรณ์ในการยึด Crius AIOB เพื่อเก็บข้อมูล Heading

โดยจะใช้ข้อมูลจาก Magnetometer ใน Smart Phone ซึ่งมีความน่าเชื่อถือ และสามารถนำไปใช้งานได้จริงในกรณีนี้จะใช้ Compass Application ของ iOS ใน Smart Phone iPhone5 เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงกับข้อมูลที่ได้ทำการวัดจาก Magnetometer ของ Crius AIOB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้

รต่ำ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้... รูปที่ 4.6 Compass Application บน iPhone5

ผลการทดลองการเก็บค่ามุม Heading

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการเก็บค่ามุม Heading

มุมที่วัดได้จาก iPhone5	มุมที่วัดได้จากข้อมูลที่ส่งไปที่ LabVIEW	ค่าความผิดพลาด
-180°	-178°	2°
-150°	-153°	3°
-120°	-121°	1°
-90°	-90°	0°
-60°	-58°	2°
-30°	-31°	1°
0°	1°	1°
30°	32°	2°
60°	60°	0°
90°	93°	3°
120°	121°	1°
150°	148°	2°
180°	179°	1°

4.2 การทดลองระบบการจัดการพลังงาน

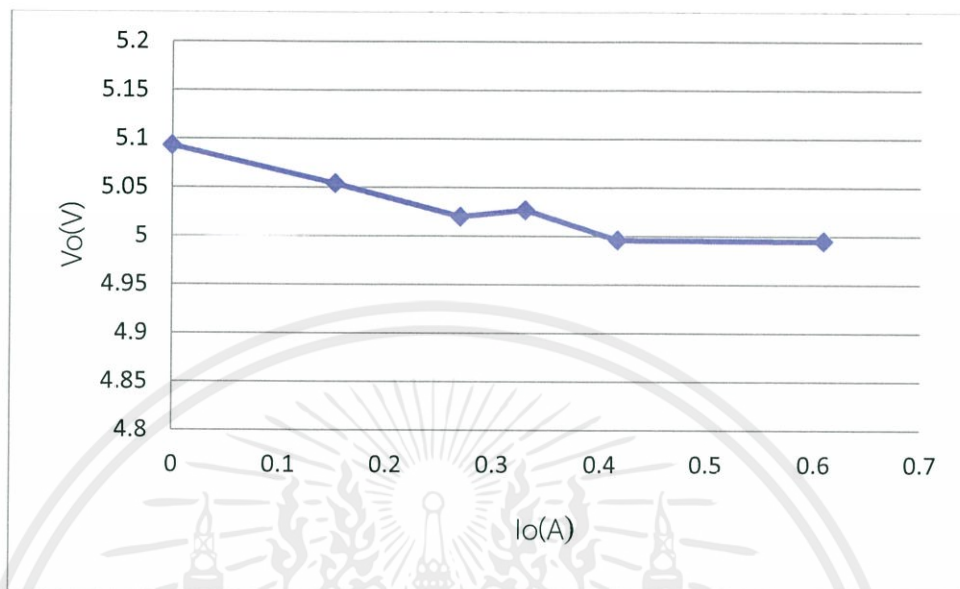
4.2.1 การทดลองวัดแรงดันไฟฟ้าที่กระแสไฟฟ้าต่างๆ

ตารางที่ 4.4 ตารางเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตกับกระแสไฟฟ้าเอาต์พุต

$R_o (\Omega)$	$I_o (A)$	$V_o (V)$
0	0	5.093
8.2	0.609	4.995
12	0.4167	4.996
15	0.33	5.027
18	0.27	5.020
33	0.152	5.054

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองได้นำความต้านทานมาต่อที่ฝั่งเอาต์พุตเพื่อเป็นโหลด โดยแรงดันไฟฟ้าอินพุตรักษาระดับไว้ที่ 11.1V สำหรับทดสอบการดึงกระแสไฟฟ้าของวงจรที่ค่าต่างแล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตว่าสามารถรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าได้หรือไม่



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตกับกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตที่แรงดันไฟฟ้าอินพุต 11.1V

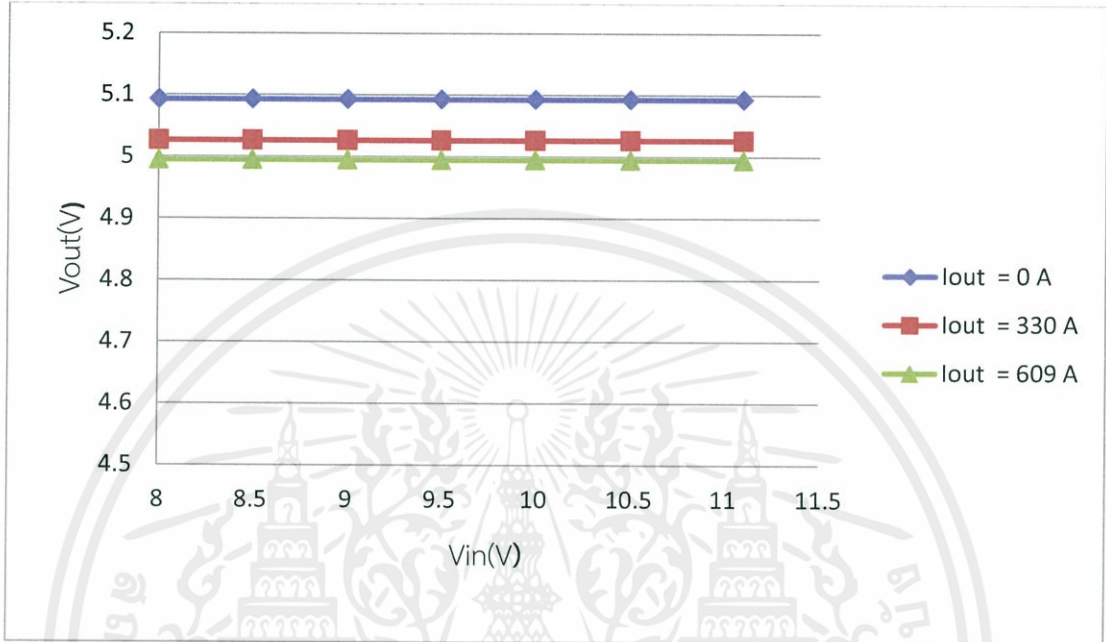
จากการทดลองวงจรลดแรงดันไฟฟ้าขณะที่ยังไม่ได้ต่อโหลดแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต จะมีแรงดันออกมาเกิน 5 โวลต์อยู่เล็กน้อย เมื่อต่อโหลดมากขึ้นแรงดันไฟฟ้าสามารถรักษาระดับไว้ที่ 5 โวลต์ได้

4.2.2 การทดลองหาแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต เมื่อแรงดันไฟฟ้าอินพุตเปลี่ยนไปที่กระแสไฟฟ้า 0A, 330A และ 609A

ตารางที่ 4.5 วัดแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตเมื่อแรงดันไฟฟ้าอินพุตเปลี่ยนไปที่กระแสไฟฟ้า 0A, 330A และ 609A

V_{in} (V)	V_o (V)		
	$I_o = 0A$	$I_o = 330A$	$I_o = 609A$
8	5.093	5.027	4.995
8.5	5.093	5.027	4.995
9	5.093	5.027	4.995
9.5	5.093	5.027	4.995
10	5.093	5.027	4.995
10.5	5.093	5.027	4.995
11.1	5.093	5.027	4.995

การทดลองโดยโหลดต่อให้กับวงจรตั้งกระแสไฟฟ้า 0 แอมแปร์ 330 แอมแปร์ และ 609 แอมแปร์ และเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าอินพุตในช่วง 8 โวลต์ถึง 11.1 โวลต์ แล้วสังเกตระดับแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตว่าสามารถรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าได้หรือไม่เมื่อแรงดันไฟฟ้าอินพุตไม่คงที่



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตกับแรงดันไฟฟ้าอินพุตที่กระแสไฟฟ้าเอาต์พุตต่างๆ

จากการทดลอง เมื่อแรงดันไฟฟ้าอินพุตมีค่าเปลี่ยนไปวงจรยังคงสามารถรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตได้คงที่ แต่ที่โหลดต่างกันระดับแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

4.2.3 หาประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพของลดแรงดันไฟฟ้า

การทดสอบโดยวัดพลังงานส่วนอินพุตเปรียบเทียบกับพลังงานส่วนเอาต์พุต โดยที่ระดับแรงดันไฟฟ้าอินพุต 11.1 โวลต์ แรงดันไฟฟ้า 10 โวลต์ และแรงดันไฟฟ้าที่ 8 โวลต์

ตารางที่ 4.6 แรงดันไฟฟ้าอินพุต 11.1V

$R_o(\Omega)$	$I_o(A)$	$V_o(V)$	$I_i(A)$	$P_o(W)$	$P_i(W)$	$\eta(\%)$
0	0	5.0	0.003	0	0.033	0
9.2	0.540	5.27	0.311	2.7	3.45	75.11
26	0.3125	5.156	0.180	1.56	1.99	78.39
33	0.146	5.073	0.90	0.73	0.99	73.74

ตารางที่ 4.7 แรงดันไฟฟ้าอินพุต 10V

$R_o(\Omega)$	$I_o(A)$	$V_o(V)$	$I_i(A)$	$P_o(W)$	$P_i(W)$	$\eta(\%)$
0	0	5.043	0.003	0	0.03	0
9.2	0.515	4.952	0.342	2.34	3.42	68.42
26	0.300	4.974	0.201	1.49	2.01	74.13
33	0.141	5.000	0.099	0.70	0.99	70.71

ตารางที่ 4.8 ที่แรงดันไฟฟ้าอินพุต 8V

$R_o(\Omega)$	$I_o(A)$	$V_o(V)$	$I_i(A)$	$P_o(W)$	$P_i(W)$	$\eta(\%)$
0	0	5.046	0.003	0	0.024	0
9.2	0.516	4.843	0.431	2.293	3.448	66.50
26	0.297	4.943	0.251	1.468	2.008	73.11
33	0.135	4.899	0.123	0.661	0.984	65.04

จากการทดลองประสิทธิภาพของวงจรลดแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 65%-78% ซึ่งแรงดันไฟฟ้าอินพุตมีผลต่อประสิทธิภาพ โดยหากแรงดันไฟฟ้าอินพุตลดลงแต่กระแสไฟฟ้าเท่ากันจะทำให้ประสิทธิภาพลดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุปการดำเนินงาน

การศึกษาการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินของควอทโรเตอร์นั้น จำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการเคลื่อนที่เหนือพื้นดิน ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานและสำคัญต่อการเคลื่อนที่เหนือพื้นดิน การวัดข้อมูลต่างๆจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่สามารถวัดค่าออกมาได้อย่างเที่ยงตรง ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินของควอทโรเตอร์ เนื่องจากข้อมูลต่างๆ นั้นเป็นการบอกเสถียรภาพของการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินของควอทโรเตอร์ ดังนั้นการวัดต่างๆ จากเครื่องมือการวัดจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการที่จะควบคุมการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินของควอทโรเตอร์ ซึ่งในอุปกรณ์การวัดแต่ละอย่างนั้นมีความละเอียดอ่อน รวมทั้งวิธีการใช้งานอย่างละเอียดในบางส่วนที่เป็นการใช้อุปกรณ์การวัดต่างๆ จึงจำเป็นต้องลดเวลาในการทำงาน โดยใช้อุปกรณ์สำเร็จรูปมาใช้ งาน เนื่องจากการศึกษาของจะเน้นไปที่ระบบการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินของควอทโรเตอร์ส่วนประกอบย่อยๆ อย่างการนำอุปกรณ์การวัดมาใช้ตั้งแต่เริ่มต้นออกแบบวงจรจึงเป็นขั้นตอนที่ไม่ได้ศึกษาซึ่งจะมานั้นที่ระบบการจัดการข้อมูล การสื่อสาร และรูปแบบโครงสร้างข้อมูลแทน ซึ่งผลที่ได้ออกมาจากอุปกรณ์ที่ซื้อมาวัดแล้วทำการทดลอง จะเห็นได้ว่าผลที่ออกมานั้นน่าประทับใจและเสถียรภาพสูงตามที่ต้องการสามารถนำไปใช้งานได้จริงๆ ในระบบการเคลื่อนที่เหนือพื้นดินของควอทโรเตอร์ ในทางเดียวกันอุปกรณ์สื่อสารที่ใช้นั้นก็ได้อัดขั้นตอนในการสร้างและออกแบบอุปกรณ์ด้วยวิธีการซื้ออุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วในท้องตลาดแทน เช่นเดียวกัน เพื่อลดเวลาในการทำงานในส่วนนี้เพื่อให้การใช้นั้นรวดเร็วและง่ายตามงบประมาณที่ได้ตั้งไว้และเหมาะสมกับงานที่ใช้อยู่ ซึ่งจากผลการทดลองต่างๆ จะเห็นว่าเป็นที่น่าพอใจอย่างมากในระดับหนึ่ง ซึ่งสามารถนำมาแสดงผลตามที่คาดหวังไว้ตั้งแต่เริ่มแรก

ในส่วนของระบบจัดการพลังงานการออกแบบวงจรลดแรงดันไฟฟ้า โดยใช้ไอซี Mc34063A นั้นสามารถลดแรงดันไฟฟ้าและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าได้ตามที่ต้องการ อีกทั้งยังง่ายต่อการออกแบบวงจรมีอุปกรณ์น้อย แต่ ไอซีชนิดนี้ยังคงให้ประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจากเป็นไอซีที่ล้าสมัยและยังใช้จ่ายกระแสไฟฟ้าน้อย ในระหว่างการออกแบบวงจรนั้นได้มีการปรับเปลี่ยนไมโครคอนโทรลเลอร์ และยังมีอุปกรณ์และเซนเซอร์เพิ่มมากขึ้นด้วย ทำให้ต้องออกแบบวงจรใหม่และต้องเลือกไอซีชนิดใหม่ ที่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้มากกว่านี้ และต้องมีประสิทธิภาพสูงขึ้นมาได้ด้วยเพื่อลดการสูญเสียพลังงานจากแบตเตอรี่อีกด้วย แต่ก็มีข้อเสียคือจะมีอุปกรณ์เพิ่มมากขึ้นและมีความยุ่งยากให้การออกแบบวงจรมากขึ้นเช่นกัน

หลังจากการทดลองเปลี่ยนไอซีชนิดใหม่นั้น ก็ได้มีการเปลี่ยนระบบควบคุมส่วนกลางใหม่ ซึ่งมีความทันสมัยมากขึ้นและได้มีส่วนที่ติดตั้งวงจรลดแรงดันไฟฟ้าไว้กับบอร์ดควบคุมนี้แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องสร้างบอร์ดวงจรลดแรงดันไฟฟ้าขึ้นมาใหม่ ทำให้การทดลองวงจรลดแรงดันไฟฟ้าใหม่นั้นได้หยุดไว้

การทำงานในส่วนของการเช็คระดับพลังงานของแบตเตอรี่ได้เลือกไอซี Bq20z95 มีความทันสมัยและฟังก์ชันการทำงานเยอะมาก หลังจากได้ลองต่อวงจรแล้วปรากฏว่าวงจรยังไม่ทำงาน ทั้งนี้เนื่องจากยังไม่มีความเข้าใจเกี่ยวกับไอซีดีพอ ต้องอาศัยการหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับไอซีนี้

5.2 ปัญหาที่พบในการดำเนินงาน

1. เนื่องจากการตัดเรื่องการนำข้อมูลจากอุปกรณ์การวัดนั้นไม่ได้เป็นผู้สร้างเอง ดังนั้นการทำให้ระบบจัดการข้อมูลนั้นทำได้ค่อนข้างยากมาก เนื่องจากสุดท้ายแล้วต้องไปศึกษาระบบการนำข้อมูลออกจากอุปกรณ์การวัดทั้งหมดอยู่ดี จึงจะสามารถจัดการข้อมูลที่วัดได้อย่างถูกต้องและมีเสถียรภาพ
2. เช่นเดียวกับระบบอุปกรณ์การวัดอุปกรณ์สื่อสารก็เช่นเดียวกัน เนื่องจากไม่ได้เป็นผู้สร้างอุปกรณ์สื่อสารเองทั้งหมด ดังนั้นการใช้งานจึงมีข้อจำกัดในหลายๆ รูปแบบ เช่น การจัดการข้อมูลเพื่อสื่อสาร ความเร็วในการสื่อสารหรือส่งข้อมูล ดังนั้นการทำการทดลองในช่วงแรกนั้นเป็นไปได้ยากลำบาก และการสร้างโครงสร้างข้อมูลและระบบจัดการข้อมูลยังทำออกมาได้อย่างจำกัดอีกด้วย ทั้งขนาดข้อมูลและความเร็วในการส่งของข้อมูล
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า เป็นยี่ห้อที่แตกต่างกันในการทดลองเก็บค่าแต่ละครั้ง ทำให้ในการทดลองการเก็บค่ามีความยุ่งยากได้ค่าออกมาไม่เที่ยงตรง ควรใช้เครื่องมือชนิดเดียวกันในการทดลองแต่ละครั้ง
4. ไอซีชนิดใหม่ๆ มีความทันสมัยมาก ต้องอาศัยหลักการความรู้ใหม่ๆ ทำให้ต้องศึกษาไอซีชนิดนั้นเป็นอย่างดี และต้องใช้เวลาต้องเวลานาน นอกจากนี้ในการสั่งสินค้ายังคงต้องใช้เวลาให้การรอนาน ไม่สามารถหาซื้อได้ตามทั่วไป และหากมีการออกแบบที่ผิดพลาดก็ต้องหาอุปกรณ์ต่อร่วมกับไอซีนี้ใหม่ที่ไม่มีจำหน่ายตามสถานที่ทั่วไป และต้องสั่งซื้อผ่านเว็บไซต์ต่างๆ และต้องรอสินค้านาน ทำให้การทดลองล่าช้าไปอีก
5. ขาตั้งที่สร้างออกมานั้นมีขนาดไม่เท่ากัน วัสดุที่ใช้ในการทำขาตั้งนั้นมีความยุ่งยากทำการนำไปใช้จำเป็นต้องอาศัยความชำนาญให้การใช้วัสดุชนิดนี้ ทำให้สร้างขาตั้งออกมาได้ไม่ดีเหมือนที่ออกแบบ หากมีเวลาควรส่งทางร้านผลิตขาตั้งโดยใช้อุปกรณ์ชนิดนี้เลยแทน

5.3 แนวทางในการพัฒนาโครงการ

1. พัฒนาระบบสื่อสารเองเริ่มต้นด้วยการสร้างระบบสื่อสารด้วยอุปกรณ์เบื้องต้นทางไฟฟ้าที่ไม่ได้ใช้อุปกรณ์สำเร็จรูปทำให้สามารถจัดการระบบสื่อสารได้อย่างใจต้องการ
2. ระบบการวัดทั้งหมดจะไม่ใช้ฮาร์ดแวร์สำเร็จรูป เนื่องจากมีข้อจำกัดหลายอย่าง เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เข้าเกินไปไม่ได้ตามที่ต้องการ ระบบการใช้งานอุปกรณ์การวัด ฯลฯ ทำโดยการสร้างตั้งแต่ขั้นแรก ออกแบบวงจร และเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกัน ทั้งนี้จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและความเสถียรภาพของระบบเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถจัดการข้อมูลได้ยืดหยุ่นมากขึ้นอีกด้วย
3. ศึกษาไอซี Bq20z95 ให้ละเอียดถี่ถ้วนก่อนการเริ่มการออกแบบวงจร จะทำให้สามารถออกแบบวงจรการทำงานได้
4. ขาตั้งนั้นต้องสั่งทางร้านทำผ้าคาร์บอนไฟเบอร์แล้วนำมาติดตั้ง จะทำให้ใช้ในการทดสอบได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Wikipedia. “คลื่นวิทยุ.”[Online]. Available:
<http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%84%E0%B8%A5%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%99%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%97%E0%B8%A2%E0%B8%B8>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



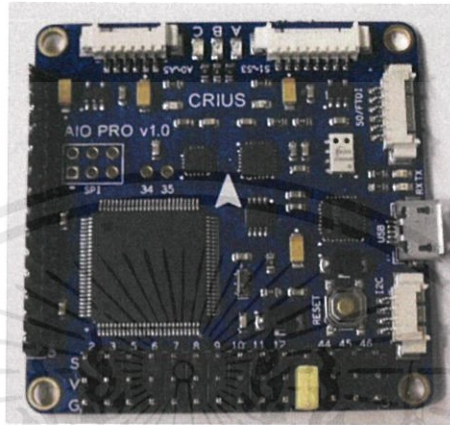
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์การวัดและการสื่อสาร

The Crius All In One Pro Flight Controller (AIO Pro) Multi Wii Manual rev 1.00



Features:

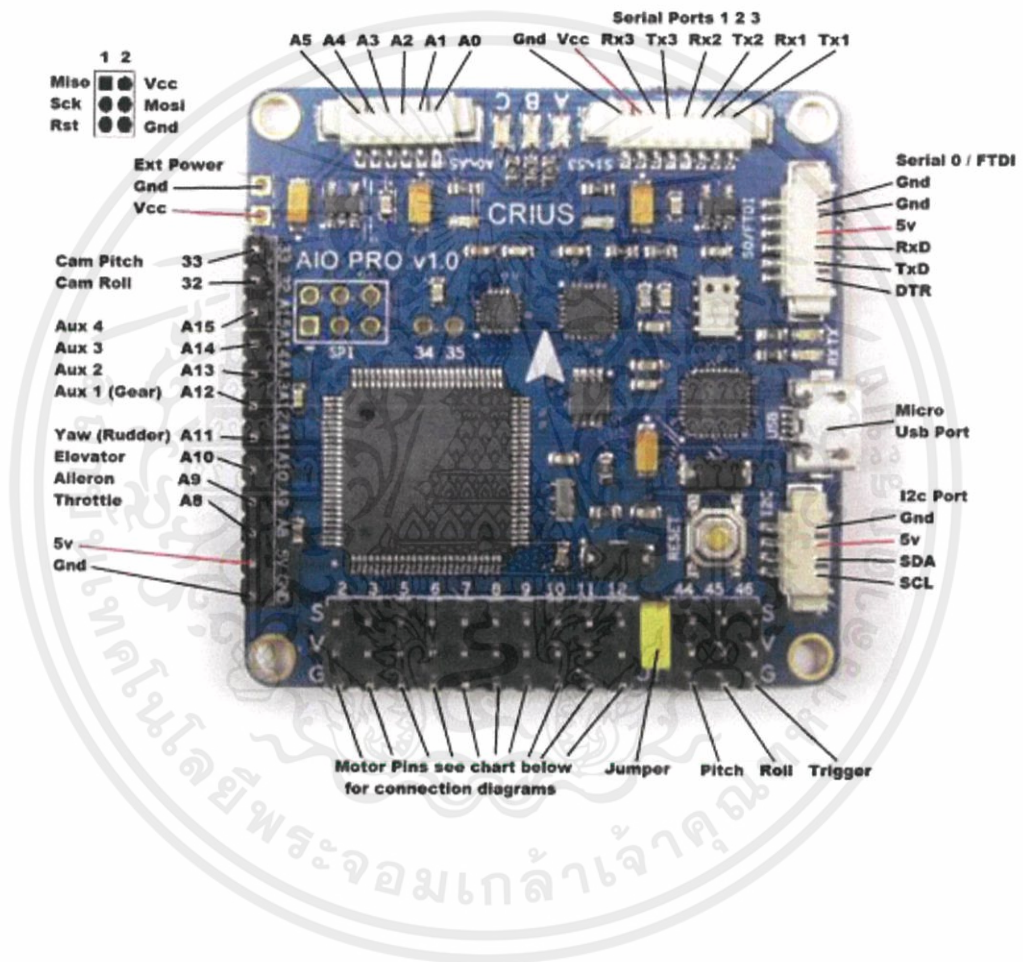
- #Supported MegaPirateNG and MultiWii firmware
- #Up to 8-axis motor output
- #8 input channels for standard receiver
- #4 serial ports for debug/Bluetooth Module/OSD/GPS/telemetry
- #2 servos output for PITCH and ROLL gimbal system
- #A servos output to trigger a camera button
- #6 Analog output for 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Acro
- Auto Level
- Altitude Hold
- Heading Lock

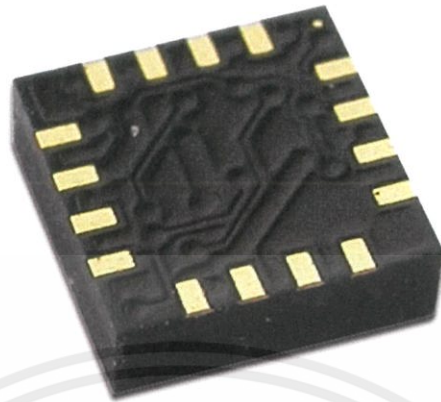
#Optional mode

- HeadFree (CareFree)
- GPS Hold (Need GPS receiver or Extend Board)
- GPS Back to home position (Need GPS receiver or Extend board)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3-Axis Digital Compass IC HMC5883L

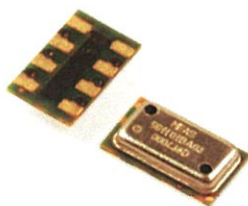


FEATURES

- 3-Axis Magnetoresistive Sensors and ASIC in a 3.0x3.0x0.9mm LCC Surface Mount Package
- 12-Bit ADC Coupled with Low Noise AMR Sensors Achieves 2 milli-gauss Field Resolution in ± 8 Gauss Fields
- Built-In Self-Test
- Low Voltage Operations (2.16 to 3.6V) and Low Power Consumption (100 μ A)
- Built-In Strap Drive Circuits
- I2C Digital Interface
- Lead Free Package Construction
- Wide Magnetic Field Range(± 8 Oe)
- Software and Algorithm Support Available

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MS5611-01BA03 Barometric Pressure Sensor, with stainless steel cap



- High resolution module, 10 cm
- Fast conversion down to 1 ms
- Low power, 1 μ A (standby < 0.15 μ A)
- QFN package 5.0 x 3.0 x 1.0 mm³
- Supply voltage 1.8 to 3.6 V
- Integrated digital pressure sensor (24 bit ADC)
- Operating range: 10 to 1200 mbar, -40 to +85 °C
- I²C and SPI interface up to 20 MHz
- No external components (Internal oscillator)
- Excellent long term stability

MPU-60X0 (MPU-6000/MPU-6050)

Gyroscope Features

The triple-axis MEMS gyroscope in the MPU-60X0 includes a wide range of features:

- Digital-output X-, Y-, and Z-Axis angular rate sensors (gyroscopes) with a user-programmable full-scale range of ± 250 , ± 500 , ± 1000 , and $\pm 2000^\circ/\text{sec}$
- External sync signal connected to the FSYNC pin supports image, video and GPS synchronization
- Integrated 16-bit ADCs enable simultaneous sampling of gyros
- Enhanced bias and sensitivity temperature stability reduces the need for user calibration
- Improved low-frequency noise performance
- Digitally-programmable low-pass filter
- Gyroscope operating current: 3.6mA
- Standby current: 5 μ A
- Factory calibrated sensitivity scale factor
- User self-test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม กรุณาแจ้งไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Accelerometer Features

The triple-axis MEMS accelerometer in MPU-60X0 includes a wide range of features:

- Digital-output triple-axis accelerometer with a programmable full scale range of $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ and $\pm 16g$
- Integrated 16-bit ADCs enable simultaneous sampling of accelerometers while requiring no external multiplexer
- Accelerometer normal operating current: 500uA
- Low power accelerometer mode current: 10uA at 1.25Hz, 20uA at 5Hz, 60uA at 20Hz, 110uA at 40Hz
- Orientation detection and signaling
- Tap detection
- User-programmable interrupts
- High-G interrupt
- User self-test

Additional Features

The MPU-60X0 includes the following additional features:

- 9-Axis MotionFusion by the on-chip Digital Motion Processor (DMP)
- Auxiliary master I2C bus for reading data from external sensors (e.g., magnetometer)
- 3.9mA operating current when all 6 motion sensing axes and the DMP are enabled
- VDD supply voltage range of 2.375V-3.46V
- Flexible VLOGIC reference voltage supports multiple I2C interface voltages (MPU-6050 only)
- Smallest and thinnest QFN package for portable devices: 4x4x0.9mm
- Minimal cross-axis sensitivity between the accelerometer and gyroscope axes
- 1024 byte FIFO buffer reduces power consumption by allowing host processor to read the data in bursts and then go into a low-power mode as the MPU collects more data
- Digital-output temperature sensor
- User-programmable digital filters for gyroscope, accelerometer, and temp sensor
- 10,000 g shock tolerant
- 400kHz Fast Mode I2C for communicating with all registers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RCTimer Radio Telemetry Kit 915Mhz

Radio Telemetry Kit



915Mhz

Features

- Small size and light weight
- Available in 915MHz variants
- Receiver sensitivity to -121 dBm
- Transmit power up to 20dBm (100mW)
- Transparent serial link
- Air data rates up to 250kbps
- MAVLink protocol framing and status reporting
- Frequency hopping spread spectrum (FHSS)
- Adaptive time division multiplexing (TDM)
- Support for LBT and AFA
- Configurable duty cycle
- Built in error correcting code (can correct up to 25% data bit errors)
- Demonstrated range of several kilometers with a small omni antenna
- Can be used with a bi-directional amplifier for even more range
- Open source firmware
- AT commands for radio configuration
- RT commands for remote radio configuration
- Adaptive flow control when used with APM
- Based on the HopeRF HM-TRP radio module, featuring an SiLabs Si1000 RF microcontroller.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้