

การขยายการวัดระดับความสูงของอากาศยานไร้คนขับ  
(AR.Drone 2.0)

ชัยฤทธิ์ พรหมขำ

การศึกษานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
หลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต  
สาขาวิชา ฟิสิกส์  
มีนาคม 2559  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

Extension the measurement of altitude of unmanned aircraft  
(AR Drone 2.0)

Chaiyarit Phromkham

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment  
of the Requirements for the Bachelor of Science Degree  
in Physics

March 2016

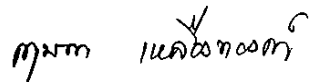
Copyright 2016 by University of Phayao

คณะกรรมการการสอบการศึกษาอิสระ อาจารย์ที่ปรึกษา และคณบดีคณะ  
วิทยาศาสตร์ได้พิจารณาการศึกษาอิสระเรื่อง การขยายการวัดระดับความสูงของอากาศยานไร้  
คนขับ (AR.Drone 2.0) เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศา  
ศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ ของมหาวิทยาลัยพะเยา



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไวกจน์ งามสะอาด)

ประธานกรรมการ



(นายกฤษฎา เหลืองทองคำ)

กรรมการ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยชนัน เกษสุวรรณ)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา



(รองศาสตราจารย์ ปรียานันท์ แสนโกชน์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

มีนาคม 2559

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานการศึกษาอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วย ความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผศ.ดร. ปิยชนน์ เกษสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องทุกขั้นตอนของการศึกษา พร้อมทั้งสนับสนุนงบประมาณในการทำการศึกษา ผู้ศึกษาจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ไหวพจน์ งามสะอาด อาจารย์ประจำสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา และนายกฤษฎา เหลืองทองคำ ครูโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ให้คำแนะนำในการตรวจสอบและแก้ไขปัญหามาจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทางฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาและให้คำปรึกษา คำแนะนำต่าง ๆ จนการศึกษาครั้งนี้สำเร็จ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัว ผู้ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนการศึกษาค่าเล่าเรียนจนประสบผลสำเร็จมาโดยตลอด

อนึ่ง ผู้ศึกษาหวังว่า รายงานการศึกษาอิสระฉบับนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย จึงขอมอบส่วนดีทั้งหมดนี้ให้แก่เหล่าคณาจารย์ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาจนทำให้ผลการศึกษาเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องและขอขอบความกตัญญูกตเวทิตาคุณ แต่บิดา มารดาและผู้มีพระคุณทุกท่าน สำหรับข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นนั้น ผู้ศึกษาขออน้อมรับผิดเพียงผู้เดียวและยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานต่อไป

ชัยฤทธิ์ พรหมขำ

<b>ชื่อเรื่อง</b>	การขยายการวัดระดับความสูงของอากาศยานไร้คนขับ (AR.Drone 2.0)
<b>ผู้ศึกษาค้นคว้า</b>	นายชัยฤทธิ์ พรหมขำ
<b>ที่ปรึกษา</b>	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยะชนน์ เกษสุวรรณ
<b>ประเภทสารนิพนธ์</b>	การศึกษาดิฉัน วท.บ. สาขาวิชาฟิสิกส์, มหาวิทยาลัยพะเยา, พ.ศ. 2559
<b>คำสำคัญ</b>	AR.Drone ระดับความสูง ความดัน

### บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาการหาระดับความสูงด้วยวิธีการวัดความดันบรรยากาศ 2) ขยายการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 ซึ่งในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้ศึกษาได้แบ่งงานเป็นสองส่วนคือ 1) การบังคับควบคุม AR.Drone 2.0 จากโปรแกรม LabVIEW แต่จำกัดความสูงไม่เกิน 6 เมตร และ 2) การควบคุมด้วย Arduino Nano และเครื่องรับ/ส่งสัญญาณวิทยุบังคับ เพื่อขยายการวัดระดับความสูงที่มากกว่า 6 เมตร โดยใช้เซ็นเซอร์วัดความดันบรรยากาศ BMP180 (GY-68) แล้วนำความดันบรรยากาศที่วัดได้มาคำนวณเป็นระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 จาก ผลการศึกษาค้นคว้าพบว่าสามารถวัดความสูงของ AR.Drone 2.0 โดยมีความละเอียดในการวัดอยู่ที่ 2 เมตร ซึ่งเป็นขีดจำกัดของเซ็นเซอร์ BMP180 (GY-68)

**Title** Extension the measurement of altitude of unmanned aircraft  
(AR Drone 2.0)

**Author** Chaiyarit Phromkham

**Advisor** Assistant Professor, Dr. Piyachon Ketsuwan

**Academic Paper** Independent Study Bachelor of Science in Physics, University of Phayao,  
2016

**Keywords** AR.Drone, altitude of the AR.Drone 2.0, atmospheric pressure

### ABSTRACT

This study aims to 1) finding the altitude by measuring atmospheric pressure, 2) extension a measuring of altitude of the AR.Drone 2.0. In this study is divided into two parts. 1) controlling the AR.Drone 2.0 with LabVIEW programming but is limited to 6 meters in length 2) controlling with Arduino Nano and a radio transmitter control, that expands the measurement of altitude over 6 meters, by using atmospheric pressure sensor BMP180 (GY-68). After that, the atmospheric pressure data is calculated to the altitude of AR.Drone 2.0. From this study, is found that the altitude of AR.Drone 2.0 can be measured but the resolution of measurement is limited to 2 meters, which is the limit of resolution of BMP180 (GY-68) sensor.

## สารบัญ

บทที่	หน้า
กิตติกรรมประกาศ .....	ก
บทคัดย่อ .....	ข
ABSTRACT .....	ค
สารบัญ .....	ง
สารบัญตาราง .....	ฉ
สารบัญภาพ .....	ช
1 บทนำ .....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา .....	1
สมมติฐานของการศึกษา .....	1
ขอบเขตของการศึกษา .....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา .....	2
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	3
Parrot AR.Drone .....	3
การวัดความสูงโดยใช้วิธีการวัดความดันบรรยากาศ .....	7
เซ็นเซอร์วัดความดันบรรยากาศ BMP180 (GY-68) .....	12
Arduino Nano .....	13

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
เครื่องส่งสัญญาณวิทยุ (Transmitter) .....	13
เครื่องรับสัญญาณวิทยุ (Receiver) .....	14
โปรแกรม LabVIEW™ .....	14
<b>3 วิธีดำเนินการศึกษา .....</b>	<b>15</b>
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา .....	15
การเก็บรวบรวมข้อมูล .....	15
<b>4 ผลการศึกษา .....</b>	<b>26</b>
<b>5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ .....</b>	<b>55</b>
สรุปผลการศึกษา .....	55
อภิปรายผลการศึกษา .....	55
ข้อเสนอแนะ .....	55
<b>บรรณานุกรม .....</b>	<b>56</b>
<b>ประวัติผู้ศึกษา .....</b>	<b>58</b>



## สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงเงื่อนไขมาตรฐานบรรยากาศระหว่างประเทศ ณ ระดับน้ำทะเล .....	8
2	แสดง International Standard Atmosphere .....	9
3	แสดงผลการสอบเทียบระดับความสูงที่วัดได้ (10 ธันวาคม 2558) .....	27
4	แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (8 ธันวาคม 2558) .....	29
5	แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (12 ธันวาคม 2558) .....	31
6	แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (13 ธันวาคม 2558) .....	33
7	แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (14 ธันวาคม 2558) .....	35
8	แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (16 ธันวาคม 2558) .....	37
9	แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (18 ธันวาคม 2558) .....	39
10	แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (19 ธันวาคม 2558) .....	41
11	แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (18 ธันวาคม 2558) .....	43
12	แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (15 ธันวาคม 2558) .....	45
13	แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (20 ธันวาคม 2558) .....	47
14	แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (24 ธันวาคม 2558) .....	49
15	แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (6 มกราคม 2559) .....	51
16	แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (15 มกราคม 2559) .....	53

## สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	แสดง AR.Drone 2.0 .....	3
2	แสดงการลอยตัวอยู่กับที่ของอากาศยานแบบสี่ใบพัด (Hovering) .....	4
3	แสดงการบินขึ้นของอากาศยานแบบสี่ใบพัด (Throttle) .....	5
4	แสดงการเอียงตัวทางขวาของอากาศยานแบบสี่ใบพัด (Roll) .....	6
5	แสดงการก้มของอากาศยานแบบสี่ใบพัด (Pitch) .....	6
6	แสดงการหมุนตัวทางซ้ายของอากาศยานแบบสี่ใบพัด (Yaw) .....	7
7	แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเล .....	8
8	แสดงความสูงความดัน (PA) เมื่อเทียบกับความดันบรรยากาศ .....	10
9	แสดงองค์ประกอบของบรรยากาศเล็ก ๆ .....	11
10	แสดง Barometric Pressure Sensor (GY-68) .....	12
11	แสดงบอร์ด Arduino nano .....	13
12	แสดง Fly Sky FS–TH9X .....	13
13	แสดงเครื่องรับสัญญาณวิทยุ Fly Sky FS–R8B .....	14
14	แสดงหน้าแรกของโปรแกรม LabVIEW™ 2013 .....	14
15	แสดง Font Panel และ Block Diagram ของโครงสร้างโปรแกรมสำหรับรับค่าจาก Joystick และการควบคุมการทำงานของ AR.Drone 2.0 .....	16
16	แสดง Font Panel และ Block Diagram ของโครงสร้างโปรแกรมสำหรับอ่านค่าปริมาณแบตเตอรี่และข้อมูลการบินพร้อมทั้งการแสดงผล .....	17
17	แสดง Font Panel และ Block Diagram ของโครงสร้างโปรแกรมสำหรับรับสัญญาณภาพเคลื่อนไหวจาก AR.Drone 2.0 พร้อมทั้งแสดงผล .....	18
18	แสดง Font Panel และ Block Diagram ของโครงสร้างโปรแกรมสำหรับตรวจสอบการทำงานของ Joystick พร้อมทั้งแสดงผล .....	19
19	แสดง Font Panel ของโปรแกรมที่สมบูรณ์แล้ว .....	20
20	แสดง Block Diagram ของโปรแกรมที่สมบูรณ์แล้ว .....	20
21	แสดงจุดเชื่อมต่อ USB ของ AR.Drone 2.0 .....	22

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
22 แสดงการเชื่อมต่อเครื่องรับสัญญาณวิทยุและ AR.Drone 2.0 เข้ากับบอร์ด Arduino nano .....	22
23 แสดงไดอะแกรมการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดความดันบรรยากาศ BMP180 และ SD Card Module เข้ากับ Arduino Nano board .....	24
24 แสดงการต่อเซ็นเซอร์วัดความดันบรรยากาศ BMP180 และโมดูล SD card เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ .....	24
25 แสดงอุปกรณ์สำหรับการขยายการวัดระดับความสูงของอากาศยานไร้คนขับ (AR.Drone 2.0) .....	25
26 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการขยายการวัดระดับความสูงเข้ากับอากาศยานไร้คนขับ (AR.Drone 2.0) .....	25
27 แสดงการควบคุมด้วยโปรแกรม LabVIEW .....	26

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันอากาศยานไร้คนขับได้รับความนิยมมากในหมู่ผู้เล่นเครื่องบินบังคับวิทยุและการถ่ายภาพมุมสูง เนื่องจากการพัฒนาความสามารถด้านการบินด้านต่าง ๆ ทั้งเสถียรภาพในการบิน น้ำหนักที่ลดลงเนื่องจากวัสดุที่เบาและแข็งแรง พลังงานแบตเตอรี่ที่มีความจุมากขึ้น การพัฒนาอุปกรณ์สำหรับการบินอัตโนมัติ (Auto Pilot) อะไหล่และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีราคาถูกลงรวมทั้งยังมีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ เช่น ระบบ GPS ระบบรับ/ส่งข้อมูล ระบบรับ/ส่งสัญญาณภาพ ฯลฯ นอกจากการใช้อากาศยานไร้คนขับในงานอดิเรกและงานถ่ายภาพมุมสูงแล้ว ยังสามารถนำมาเป็นตัวช่วยในการเก็บข้อมูลในการศึกษาวิจัยในด้านต่าง ๆ เช่น อุตุนิยมวิทยา การเข้าสำรวจพื้นที่ ทั้งพื้นที่ป่าไม้หรือพื้นที่ภัยพิบัติหรือจะเป็นทางด้านการศึกษา ก็มีการนำอากาศยานไร้คนขับมาใช้เช่นกัน ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกอากาศยานไร้คนขับ ยี่ห้อ Parrot รุ่น AR.Drone 2.0 มาใช้ทำการศึกษา แต่ทั้งนี้ผู้ศึกษาพบว่าหาต้องการนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต้องมีการวัดระดับความสูง ยังคงมีขีดจำกัดอยู่ที่เซ็นเซอร์วัดระดับความสูง ที่ติดมากับ AR.Drone 2.0 ซึ่งเป็น Ultrasonic Sensor ที่วัดความสูงได้สูงสุดในระดับ 6 เมตรจากพื้นดิน ดังนั้นผู้ศึกษาจึงได้ศึกษาการวัดระดับความสูงด้วยวิธีอื่น เพื่อขยายระยะการวัดความสูง วิธีการดังกล่าว คือ วัดด้วยเซ็นเซอร์วัดความดันบรรยากาศ BMP180 (GY-68) แล้วนำความดันบรรยากาศที่วัดได้มาคำนวณเป็นระดับความสูงของ AR.Drone 2.0

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการวัดระดับความสูงด้วยวิธีการวัดความดันบรรยากาศ
2. เพื่อขยายการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0

### 1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1. เซ็นเซอร์วัดความดันบรรยากาศสามารถนำมาใช้ขยายการวัดระดับความสูงของอากาศยานไร้คนขับได้

#### 1.4 ขอบเขตของการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ต้องการขยายการวัดระดับความสูงของอากาศยานไร้คนขับ AR.Drone 2.0 โดยมีเซ็นเซอร์วัดความดันบรรยากาศ BMP180 เป็นเครื่องมือในการวัด เมื่อได้เครื่องมือต้นแบบแล้วจึงทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือและทำการปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้เครื่องมือสามารถทำงานได้ถูกต้อง

#### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

1. อากาศยานไร้คนขับ AR.Drone 2.0 ที่สามารถวัดระดับความสูงได้มากขึ้น

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่อง การขยายการวัดระดับความสูงของอากาศยานไร้คนขับ (AR.Drone 2.0) ผู้ศึกษาได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังหัวข้อต่อไปนี้

1. Parrot AR.Drone
2. การวัดความสูงโดยใช้เทคนิคความดันบรรยากาศ
3. Barometric Pressure Sensor (GY-68)
4. Arduino Nano
5. เครื่องส่งสัญญาณวิทยุ (Transmitter)
6. เครื่องรับสัญญาณวิทยุ (Receiver)

#### 2.1 Parrot AR.Drone

Parrot AR.Drone เป็นอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กประเภทเฮลิคอปเตอร์ 4 ใบพัดผลิตโดยบริษัท Parrot ประเทศฝรั่งเศส ถูกออกแบบให้สามารถควบคุมผ่านโทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ตที่มีระบบปฏิบัติการ iOS หรือ Android หรือผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ [1] เช่น LabVIEW®, C, C++, JAVA, Python และภาษาอื่น ๆ



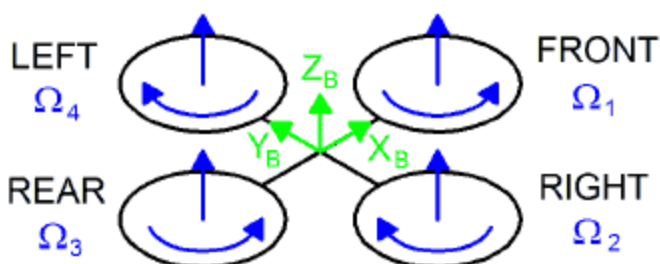
ภาพ 1 แสดง AR.Drone 2.0 [1]

### 2.1.1 หลักการเคลื่อนที่ของอากาศยานไร้คนขับ (AR.Drone 2.0) [2]

การควบคุมการเคลื่อนที่ของอากาศยานแบบสี่ใบพัดจะควบคุมโดยการกำหนดให้ความเร็วรอบของใบพัดอากาศยานทั้งสี่ใบมีความเร็วในรูปแบบต่าง ๆ กัน ซึ่งอุปกรณ์ที่ทำการควบคุมความเร็วรอบของใบพัดอากาศยานนั้น ทุกวันนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro Controller) ซึ่งในปัจจุบันนี้จะมีบอร์ดสำเร็จรูปที่ได้รับการออกแบบและสร้างขึ้นสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของอากาศยานแบบสี่ใบพัดโดยเฉพาะ ซึ่งนอกจากไมโครคอนโทรลเลอร์แล้ว บนแผงวงจรยังมีเซนเซอร์ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการควบคุมอากาศยานอีก เช่น อุปกรณ์วัดความเร่ง (Accelerometer) อุปกรณ์วัดมุมเอียง (Gyroscopic Sensor) อุปกรณ์หาตำแหน่ง (GPS) และอุปกรณ์อื่น ๆ ทั้งนี้ทำให้การควบคุมอากาศยานแบบนี้สามารถทำได้ง่ายมากขึ้น สำหรับลักษณะการควบคุมอากาศยานแบบปีกหมุนนั้น เพื่อให้ได้การเคลื่อนที่ตามที่ต้องการ จะประกอบด้วยหลักการเคลื่อนที่หลัก ๆ ดังนี้

#### 1) การลอยตัวอยู่กับที่ (Hovering)

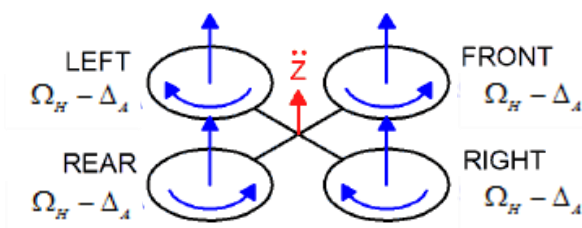
การลอยตัวอยู่กับที่ (Hovering) ทำได้โดยควบคุมให้ความเร็วใบพัดทั้งสี่ตัวมีความเร็วที่เท่ากันเพื่อสร้างโมเมนต์บิดที่เกิดจากด้านหนึ่งหักล้างกับโมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นจากอีกด้านหนึ่ง ตามที่แสดงในภาพ 2 โดยกำหนดแกน X ชี้ไปในทิศทางด้านหน้าของอากาศยาน แกน Z อยู่ในทิศทางที่ชี้ขึ้นด้านบน และ แกน Y เป็นไปตามกฎมือขวา สำหรับชื่อของใบพัดทั้งสี่ก็จะเป็นใบพัดหน้า (Front Rotor) ใบพัดหลัง (Rear Rotor) ใบพัดขวา (Right Rotor) ใบพัดซ้าย (Left Rotor) เพื่อให้อากาศยานลอยหยุดอยู่นิ่งได้ อุปกรณ์ควบคุมจะทำการควบคุมใบพัดที่อยู่ในแนวเส้นทแยงมุมกันหมุนไปในทิศทางเดียวกันด้วยความเร็วเท่ากัน โดยใบพัดทั้งสี่จะมีความเร็วรอบเท่ากันด้วย Hove speed ( $\Omega_H$ ) นั่นคือ  $\Omega_1 = \Omega_2 = \Omega_3 = \Omega_4 = \Omega_H$  การหมุนของใบพัดเช่นนี้จะทำให้โมเมนต์รอบแกน Z ของอากาศยานหักล้างกันไปหมด ทำให้อากาศยานหยุดนิ่ง ไม่มีการหมุนรอบแกนใด ๆ ถ้าเมื่อแรงยกที่เกิดจากใบพัดทั้งสี่เท่ากับน้ำหนักของอากาศยาน ก็จะทำให้อากาศยานลอยนิ่งได้



ภาพ 2 แสดงการลอยตัวอยู่กับที่ของอากาศยานแบบสี่ใบพัด (Hovering) [2]

## 2) การทำให้อากาศยานสามารถบินขึ้น - ลง (Throttle)

จากการที่อากาศยานหยุดนิ่งในอากาศได้ เนื่องจากแรงยกเท่ากับน้ำหนักและความเร็วรอบของใบพัดทั้งสองเท่ากันที่ ( $\Omega_H$ ) สำหรับการที่จะทำให้อากาศยานยกตัวขึ้นจะสามารถทำได้โดยการเพิ่มความเร็วยรอบของใบพัด ( $\Omega_H$ ) ทั้งสี่ให้เป็น  $\Omega_H + \Delta_A$  ดังภาพ 3 การกระทำเช่นนี้จะทำให้โมเมนต์รอบแกน Z ยังคงเท่ากับศูนย์แต่แรงในแกน Z จะมากขึ้น ทำให้แรงยกมากกว่าน้ำหนัก ก็จะทำให้อากาศยานยกตัวขึ้นต่อเนื่องด้วยความเร็วเท่ากับ Z ตามที่แสดงในรูปส่วนนี้ในกรณีเราต้องการจะลดระดับความสูง ก็จะทำให้ในลักษณะเดียวกัน เพียงแต่ให้ค่าความเร็วยรอบต่ำลงเป็น  $\Omega_H - \Delta_A$  ก็จะทำให้แรงยกมีค่าน้อยกว่าน้ำหนัก อากาศยานจะค่อย ๆ เคลื่อนตัวต่ำลงด้วยอัตราเร่ง Z ด้วยวิธีการนี้เราสามารถที่จะควบคุมการบินขึ้นและลง ของอากาศยานได้

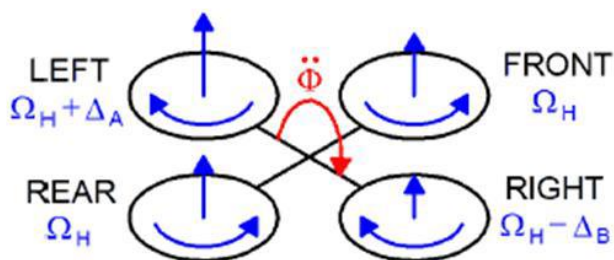


ภาพ 3 แสดงการบินขึ้นของอากาศยานแบบสี่ใบพัด (Throttle) [2]

## 3) การเอียงตัวซ้าย - ขวา (Roll)

หากเราต้องการให้อากาศยานหมุนรอบแกน X หรือเรียกว่าการเอียงตัวซ้าย - ขวา สิ่งที่เราต้องทำคือทำให้แรงบิดรอบแกน X ไม่เป็นศูนย์ เหมือนกับการลှอยตัว เพื่อจะได้แรงตามวัตถุประสงคนี้เราจะต้องควบคุมใบพัดหน้าและใบพัดหลังมีความเร็วเท่าเดิม แต่ความเร็วใบพัดซ้ายใบพัดขวาจะเปลี่ยนไป ยกตัวอย่างเช่นเราต้องการให้อากาศยานหมุนตัวเป็นมุมบวกรอบแกน X เราก็จะกำหนดให้ใบพัดซ้ายหมุนเร็วขึ้นให้มีความเร็วเป็น  $\Omega_H + \Delta_A$  เพื่อเพิ่มแรงยกด้านซ้าย ในขณะที่เดียวกับที่ลดความเร็วใบพัดขวาลงให้เป็น  $\Omega_H - \Delta_B$  แรงที่มากขึ้นทางด้านซ้ายและลดลงทางด้านขวา จะทำให้อากาศยานเริ่มหมุนรอบแกน X หมุนตามต้องการด้วยความเร่งเชิงมุมเท่ากับ  $\Phi$  โดยการเพิ่มความเร็วยรอบใบพัดซ้ายด้วยปริมาณ  $\Delta_A$  และลดความเร็วใบพัดขวาด้วยปริมาณ  $\Delta_B$  นั้นไม่จำเป็นต้องเป็นอัตราเดียวกัน ทั้งนี้ขึ้นกับอัตราเร่งในการหมุนตัวที่เราต้องการ ดังภาพ 4

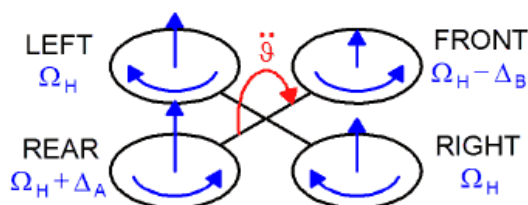




ภาพ 4 แสดงการเอียงตัวทางขวาของอากาศยานแบบสี่ใบพัด (Roll) [2]

#### 4) การควบคุมอากาศยานเงยหรือก้ม (Pitch)

การควบคุมนี้จะคล้ายกับการหมุนรอบแกน X หรือ Roll เพียงแต่เราเปลี่ยนแกนการหมุนให้เป็นแกน Y ตามที่แสดงในภาพ 5 โดยถ้าหากเราต้องการจะก้มหน้าอากาศยาน เราจะกำหนดใบพัดซ้ายและขวาให้มีความเร็วรอบเท่ากันและลดความเร็วรอบของใบพัดหน้าลงให้เป็น  $\Omega_H - \Delta_B$  และเพิ่มความเร็วของใบพัดหลังให้เป็น  $\Omega_H + \Delta_A$  แรงที่เกิดจากความแตกต่างของแรงยกที่ใบพัดหน้าและหลัง จะทำให้เกิดโมเมนต์รอบแกน Y ขึ้น ทำให้อากาศยานเริ่มหมุนตัวรอบแกน Y ด้วยความเร่ง  $\mathcal{G}$  เพื่อเข้าสู่สมดุลใหม่



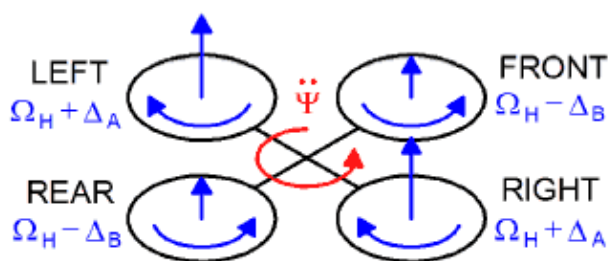
ภาพ 5 แสดงการก้มของอากาศยานแบบสี่ใบพัด (Pitch) [2]

เพื่อเข้าใจการเคลื่อนที่ของอากาศยานปีกหมุนได้ดีขึ้น ในขณะที่อากาศยานอยู่ในลักษณะก้มหน้าลง แรงยกที่ได้จากใบพัดนั้นจะไม่อยู่ในแนวตั้งอีกต่อไป แต่จะอยู่ในแนวที่ทำมุมเอียงเล็กน้อยกับแนวตั้ง ทำให้แรงจากใบพัดแตกออกได้สองแนวคือ แนวตั้งและในแนวระดับ ซึ่งแรงในแนวนี้จะทำหน้าที่ขับเคลื่อนอากาศยานไปข้างหน้า ในขณะที่แรงในแนวตั้งจะทำหน้าที่สมดุลกับน้ำหนัก เพื่อให้อากาศยานลอยตัวในระดับความสูงที่คงที่ จะเป็นการแสดงการเคลื่อนที่ของอากาศยานไปข้างหน้า จะเห็นว่าในขณะที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้านั้น อากาศยานจะอยู่ในลักษณะก้มลง คือใบพัดหลังจะสูงกว่าใบพัดหน้าเล็กน้อย ซึ่งจะทำให้แรงที่ได้จากใบพัดสร้าง

ทั้งแรงยก เพื่อให้อากาศยานลอยตัวอยู่ได้และแรงผลัก เพื่อให้อากาศยานเคลื่อนที่ไปข้างหน้าพร้อม ๆ กัน

### 5) การหมุนตัว (Yaw)

เป็นการกำหนดให้อากาศยานหมุนตัวรอบแกน Z ของอากาศยาน ซึ่งสามารถทำได้โดยการกำหนดให้ความเร็วใบพัดหน้าเท่ากับใบพัดหลังและมีความเร็วต่ำกว่าใบพัดซ้ายและใบพัดขวา เพื่อให้แรงบิดทางด้านซ้ายหรือขวามากกว่าด้านหน้าหรือด้านหลัง จึงทำให้เครื่องบินหมุนตัวรอบแกน Z ด้วยความเร็วเชิงมุมเท่ากับ  $\dot{\psi}$  ตามที่แสดงในภาพ 6 การควบคุมนี้จะทำให้อากาศยานหมุนตัวกลับหน้าหลังได้



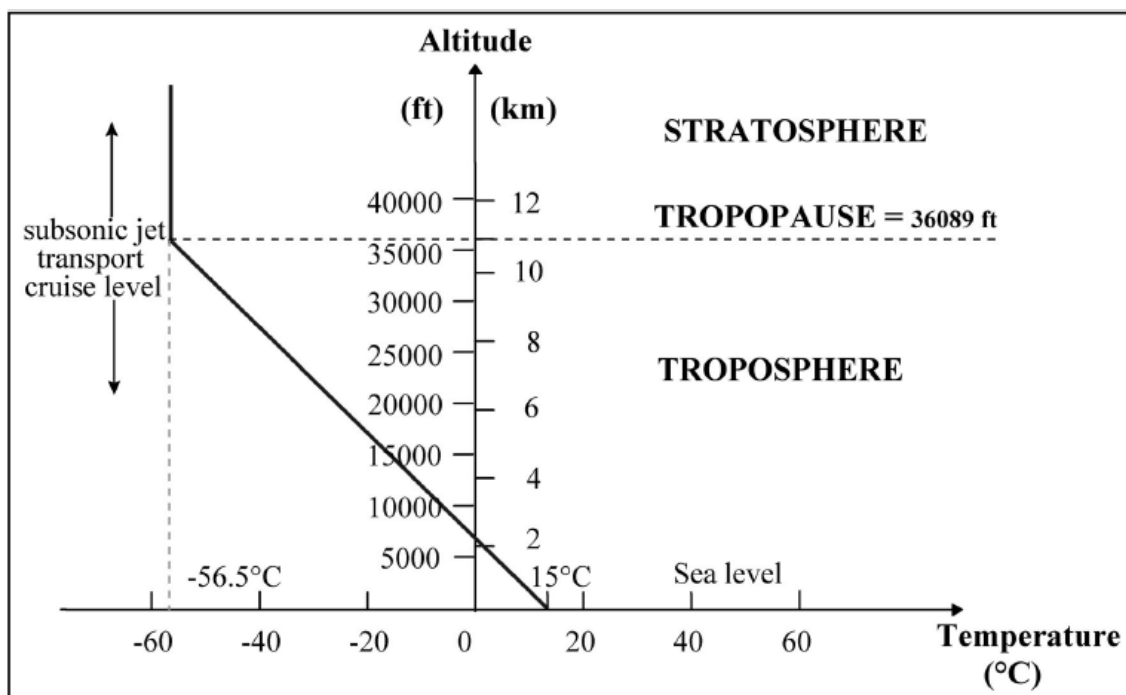
ภาพ 6 แสดงการหมุนตัวทางซ้ายของอากาศยานแบบสี่ใบพัด (Yaw) [2]

## 2.2 การวัดความสูงโดยใช้วิธีการวัดความดันบรรยากาศ

สำหรับการวัดความสูงโดยใช้เทคนิคความดันบรรยากาศนั้น จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิ ความหนาแน่นของอากาศและความเร็วเสียงในอากาศ แต่เนื่องจากในบรรยากาศจริง ปริมาณเหล่านี้ไม่คงที่จึงทำให้การคำนวณเป็นไปด้วยความลำบากดังนั้น องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (International Civil Aviation Organization: ICAO) จึงได้เสนอค่ามาตรฐานบรรยากาศระหว่างประเทศ (International Standard Atmosphere: ISA) ขึ้นในปี ค.ศ. 1952 ซึ่งจะสมมติให้อากาศปราศจากฝุ่นละออง ความชื้นและไอน้ำ รวมไปถึงไม่มีลมและความปั่นป่วนของชั้นบรรยากาศด้วย [2] โดยเงื่อนไขต่าง ๆ จะเป็นไปตามตาราง 1

ตาราง 1 แสดงเงื่อนไขมาตรฐานบรรยากาศระหว่างประเทศ ณ ระดับน้ำทะเล [3, 4]

สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย	คำอธิบาย
$P_0$	101,325	$Pa$	ความดันบรรยากาศมาตรฐาน
$\rho$	1.225	$kg/m^3$	ความหนาแน่นของอากาศ
$T_0$	288.15	$K$	อุณหภูมิที่ระดับน้ำทะเล
$a_0$	240.294	$m/s$	ความเร็วของเสียงในอากาศ
$g_0$	9.80665	$m/s^2$	ความเร่งเนื่องจากสนามโน้มถ่วงของโลก
$L$	-0.0065	$K/m$	อัตราการลดลงของอุณหภูมิ
$R$	287.053	$J/kg \cdot K$	ค่าคงที่ของแก๊สสำหรับอากาศ
$Rh$	0%	-	ความชื้นสัมพัทธ์



ภาพ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเล [5]

จากภาพ 7 อุณหภูมิจะลดลงตามระดับความสูงในอัตราที่คงที่  $-6.5 \times 10^{-3}$  เคลวินต่อเมตร จนถึงระดับ tropopause ที่ 11,000 เมตร (36,089 ฟุต) เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$T = T_0 - (6.5 \times 10^{-3})h \quad (1)$$

หรือ

$$T = T_0 - Lh \quad (2)$$

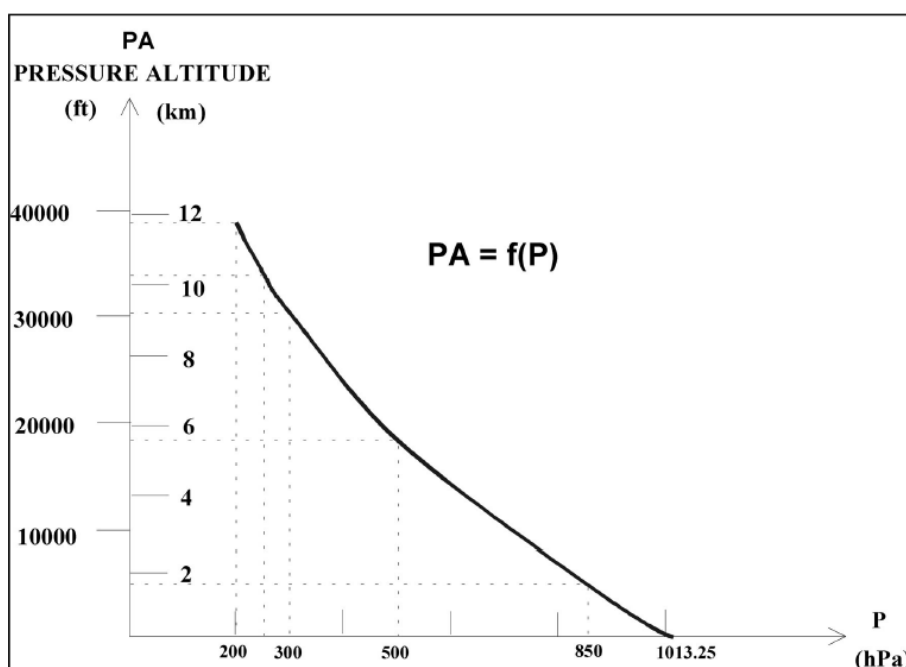
เมื่อ  $L$  คือ อัตราการลดลงของอุณหภูมิ

การคำนวณระดับความสูงจากความดันบรรยากาศ จะสมมติให้อุณหภูมิเป็นอุณหภูมิที่ระดับน้ำทะเลและให้อากาศเป็นก๊าซในอุดมคติ ระดับความสูงที่ได้จากการวัดความดันจะเรียกว่าความสูงความดัน (pressure altitude: PA) ทั้งตารางที่ 2 และภาพที่ 1 จะแสดงการเปลี่ยนแปลงของระดับความสูงความดันที่ขึ้นอยู่กับความดันบรรยากาศ

ตาราง 2 แสดง International Standard Atmosphere [5]

Altitude (meters)	Temperature		Pressure			Pressure ratio	Density	Speed of sound	
	°C	Kelvin	hPa	PSI	ln.Hg	$\delta = p/p_0$	$\sigma = \rho/\rho_0$	kt	m/s
12192	-56.5	216.65	188	2.72	5.55	0.1851	0.2462	573	294.5
10973	-56.3	216.85	227	3.28	6.70	0.2243	0.2981	573	294.5
10058	-50.4	222.75	262	3.79	7.74	0.2586	0.3345	581	298.6
9449	-46.4	226.75	284	4.10	8.39	0.2837	0.3605	586	301.2
8534	-40.5	232.65	329	4.75	9.71	0.3250	0.4025	594	305.3
7620	-34.5	238.65	376	5.43	11.10	0.3711	0.4481	602	309.4
7010	-30.6	242.55	410	5.92	12.11	0.4046	0.4806	607	312.0
6096	-24.6	248.55	466	6.73	13.76	0.4595	0.5328	614	315.6
4877	-16.7	256.45	549	7.93	16.21	0.5420	0.6090	624	320.7
4572	-14.7	258.45	572	8.27	16.89	0.5643	0.6292	626	321.8
3353	-6.8	266.35	670	9.68	19.78	0.6614	0.7156	636	326.9
2438	-0.8	272.35	753	10.88	22.24	0.7428	0.7860	643	330.5
1829	3.1	276.25	812	11.73	23.98	0.8014	0.8359	647	332.6

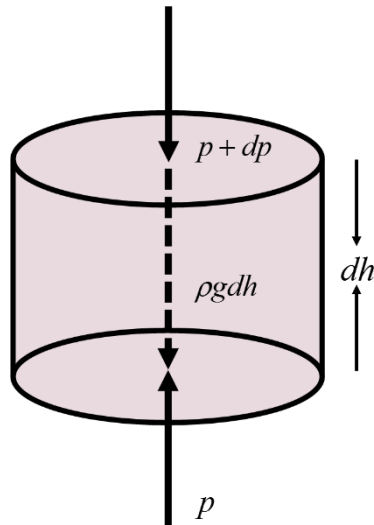
Altitude (meters)	Temperature		Pressure			Pressure ratio	Density	Speed of sound	
	°C	Kelvin	hPa	PSI	In.Hg	$\delta = p/p_0$	$\sigma = \rho/\rho_0$	kt	m/s
1524	5.1	278.25	843	12.18	24.89	0.8320	0.8617	650	334.1
914	9.1	282.25	908	13.12	26.81	0.8962	0.9151	654	336.2
305	13.0	286.15	997	14.41	29.44	0.9244	0.9711	659	338.7
0	15.0	288.15	1013	14.64	29.91	1.0000	1.0000	661	339.8
-305	17.0	290.15	1050	15.17	31.01	1.0366	1.0295	664	341.3



ภาพ 8 แสดงความสูงความดัน (PA) เมื่อเทียบกับความดันบรรยากาศ [5]

การคำนวณระดับความสูงความดันสามารถทำได้โดยใช้สมการอุทกสถิต กฎของก๊าซ ในอุดมคติและสมการอัตราการลดลงของอุณหภูมิ ดังนี้

$$dp = -\rho g dh \quad (3)$$



ภาพ 9 แสดงองค์ประกอบของบรรยากาศเล็ก ๆ [3]

สมการสถานะของก๊าซในอุดมคติ

$$p = \rho RT \quad (4)$$

เมื่อ  $R$  คือ ค่าคงที่ของก๊าซจริงสำหรับอากาศ  
นำสมการ (3) ทหารด้วย (4) จะได้

$$\frac{dp}{p} = \frac{-\rho g dh}{\rho RT} = -\left(\frac{g}{RT}\right) dh \quad (5)$$

แทนสมการ (2) ในสมการ (5) จะได้

$$\frac{dp}{p} = -\frac{g}{R} \left( \frac{dh}{T_0 - Lh} \right) \quad (6)$$

ทำการอินทิเกรตสมการ (6) ระหว่าง  $h_0 = 0$  ถึง  $h$  ดังนี้

$$\int_{p_0}^p \frac{dp}{p} = -\frac{g}{R} \int_{h_0=0}^h \frac{dh}{T_0 - Lh} \quad (7)$$

ได้ว่า

$$p = p_0 \left( 1 - L \frac{h}{T_0} \right)^{\frac{g}{RL}} \quad (8)$$

หรือ

$$h = \frac{T_0}{L} \left[ 1 - \left( \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{L \cdot R}{g}} \right] \quad (9)$$

จากสมการ (9) สมการนี้จะใช้สำหรับการคำนวณเพื่อหาระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเลจากได้จากการวัดความดันบรรยากาศ

### 2.3 เซ็นเซอร์วัดความดันบรรยากาศ BMP180 (GY-68)

เซ็นเซอร์วัดความดันบรรยากาศ BMP180 (GY-68) ใช้ในการวัดอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ โดยใช้เซ็นเซอร์เบอร์ BMP180 ที่พัฒนามาจากเบอร์ BMP085 ใช้เทคโนโลยี Piezo – resistive มีความแม่นยำในการวัดสูง ใช้พลังงานต่ำ มีช่วงในการวัดอยู่ที่ 300 ... 1,100 hPa ด้วยความละเอียด 0.02 hPa (+9000m ... -500m ด้วยความละเอียด 0.17m จากระดับน้ำทะเล) ติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่าน I<sup>2</sup>C [6]



ภาพ 10 แสดง Barometric Pressure Sensor (GY-68)

## 2.4 Arduino Nano

Arduino Nano เป็นหนึ่งในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ของโครงการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR แบบ Open Source โดยมีพื้นฐานเป็น AVR เบอร์ ATmega328 หรือ ATmega168 เป็นบอร์ดที่มีขนาดเล็ก ฟังก์ชันการใช้งานที่เหมือนกับ Arduino รุ่นอื่น ๆ [7]



ภาพ 11 แสดงบอร์ด Arduino Nano [6]

## 2.5 เครื่องส่งสัญญาณวิทยุ (Transmitter)

Fly Sky FS-TH9X เป็นรีโมทบังคับวิทยุสำหรับเครื่องบิน มีระบบโมดูลแยกแบบ 2.4 GHz ส่งสัญญาณได้ 9 ช่องสัญญาณ สามารถใช้ร่วมกับเฮลิคอปเตอร์ 4 ใบพัด ที่ต้องใช้สัญญาณควบคุมหลายช่องสัญญาณ [8]



ภาพ 12 แสดง Fly Sky FS-TH9X [9]



## 2.6 เครื่องรับสัญญาณวิทยุ (Receiver)

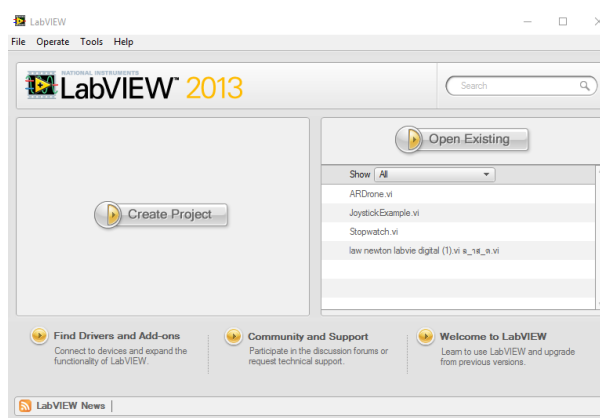
Fly Sky FS-R8B เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รับสัญญาณวิทยุความถี่ 2.4 GHz จำนวน 8 ช่องสัญญาณ จากเครื่องส่งแล้วทำการแปลงสัญญาณส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของเครื่องบินเพื่อควบคุมการบิน ประกอบด้วยเสาอากาศและแผงวงจรไฟฟ้า



ภาพ 13 แสดงเครื่องรับสัญญาณวิทยุ Fly Sky FS-R8B

## 2.7 โปรแกรม LabVIEW™

LabVIEW ย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench เป็น ชุดซอฟต์แวร์เพื่อพัฒนาระบบจากบริษัทเนชั่นแนล อินสทรูเมนต์ (National Instruments Corporation; NI) วัตถุประสงค์หลักเพื่อใช้ในการสร้างระบบอัตโนมัติใน การวัด, ทดสอบและควบคุม โดยการใช้การเขียนโปรแกรมรหัสรูปภาพ (Graphical programming) ทำให้ง่ายต่อการเรียนรู้และใช้เวลาในการเขียนโปรแกรมน้อยลง [10]



ภาพ 14 แสดงหน้าแรกของโปรแกรม LabVIEW™ 2013

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการศึกษา

ในการดำเนินการศึกษา เรื่อง การขยายการวัดระดับความสูงของอากาศยานไร้คนขับ (AR.Drone 2.0) โดยมีจุดประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาการวัดระดับความสูงด้วยวิธีการวัดความดันบรรยากาศ 2) ขยายขอบเขตของการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 โดยวิธีการวิธีการดำเนินการศึกษาดังต่อไปนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา
2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) การควบคุมอากาศยานไร้คนขับและ 2) วิธีการวัดระดับความสูงด้วยเทคนิคการวัดความดันบรรยากาศ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาใช้อุปกรณ์และวัสดุในการศึกษาทดลองดังต่อไปนี้

1. อากาศยานไร้คนขับ ยี่ห้อ Parrot รุ่น AR.Drone 2.0
2. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Nano 3.0
3. เครื่องส่ง – รับสัญญาณวิทยุบังคับ
4. เซ็นเซอร์วัดความดันบรรยากาศ BMP180

#### 3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้ศึกษาได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลดังขั้นตอนต่อไปนี้

##### 3.2.1 การศึกษาการบังคับควบคุมอากาศยานไร้คนขับ

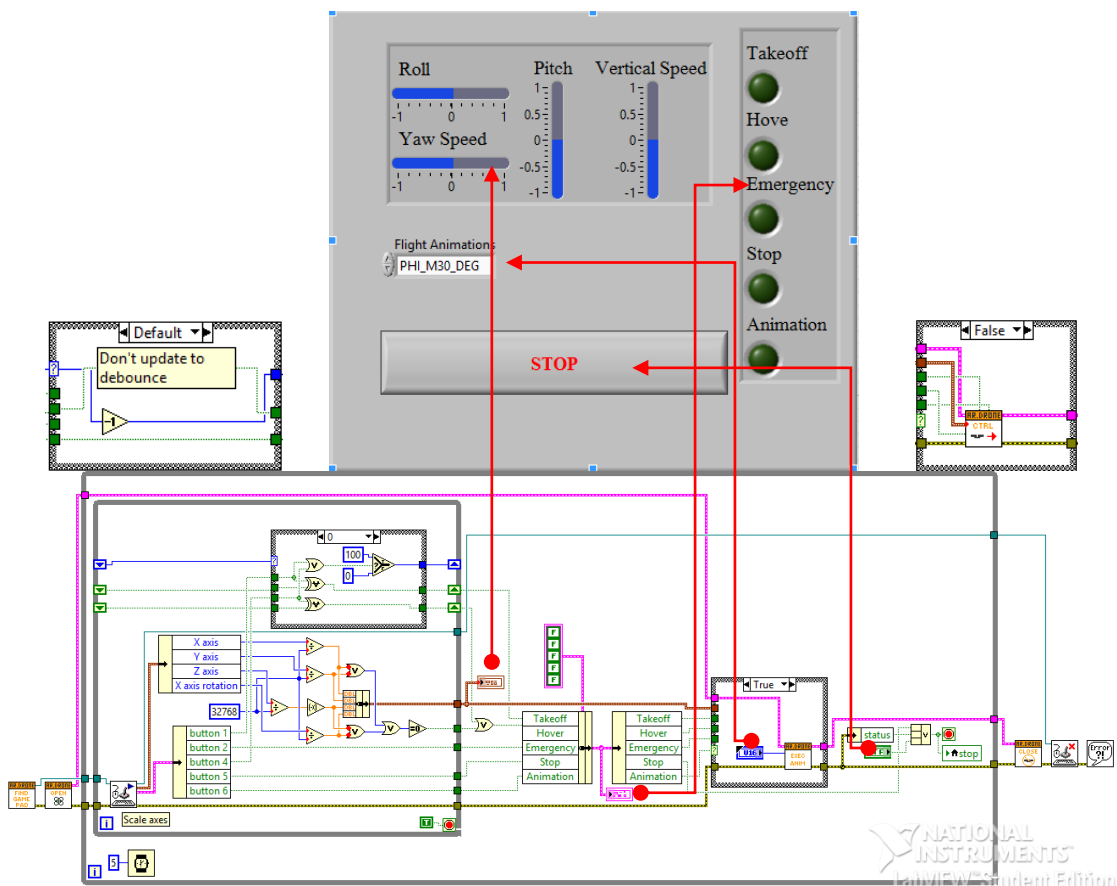
ในเบื้องต้นผู้ศึกษาได้ทำการทดลองบังคับอากาศยานไร้คนขับ (AR.Drone 2.0) ด้วยแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือชื่อ Parrot ชื่อ AR.FreeFlight 2.4.10 แต่ด้วยไม่สามารถนำสารสนเทศออกมาใช้ได้ ผู้ศึกษาจึงศึกษาวิธีการควบคุมด้วยวิธีการอื่นดังนี้

## 1) การควบคุม AR.Drone ด้วยโปรแกรม LabVIEW

1.1) ดาวน์โหลด AR Drone Toolkit จาก VI Package Manager และทำการติดตั้ง

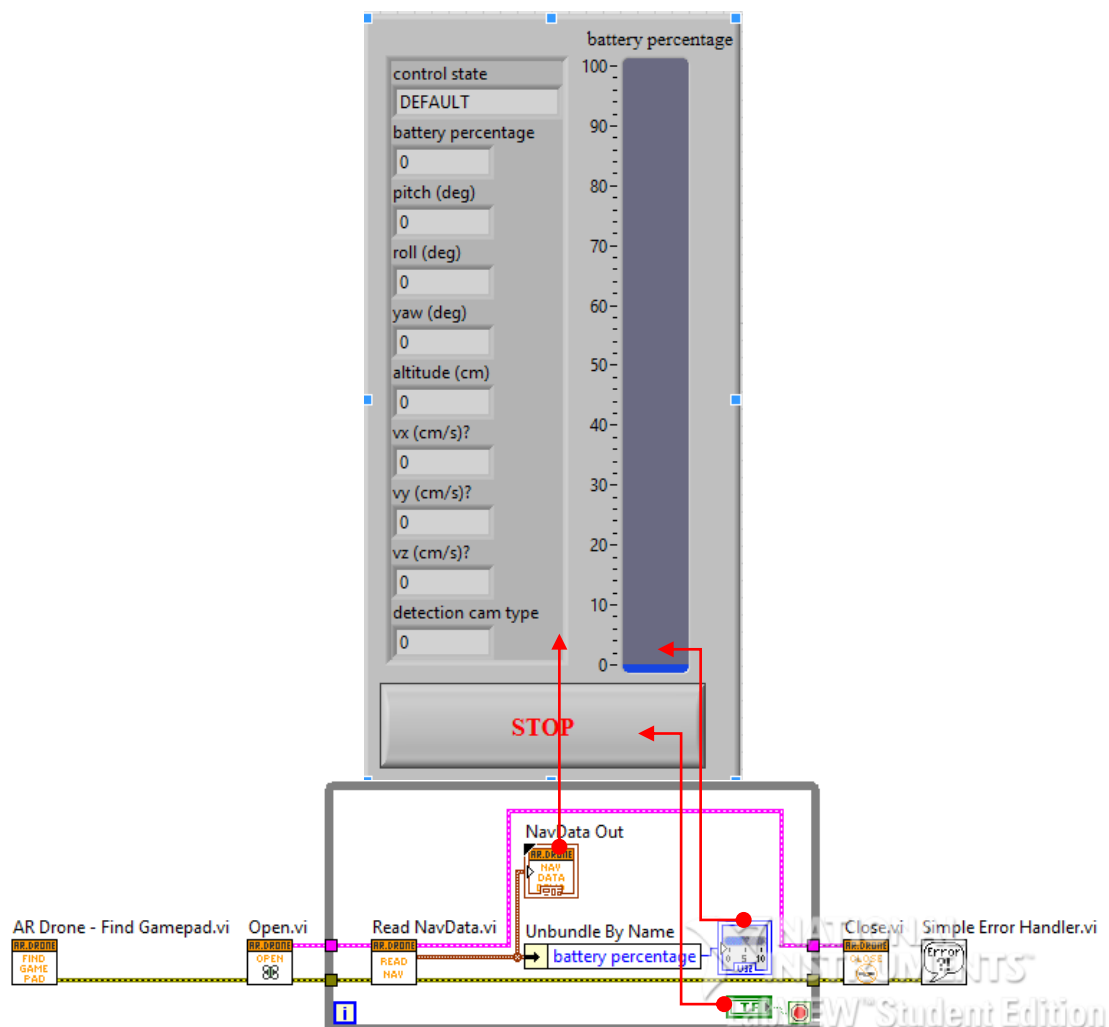
1.2) การเขียนโครงสร้าง LabVIEW สำหรับการบังคับ AR.Drone 2.0 โดยให้แสดงข้อมูลต่าง ๆ เช่น Joystick Number, device name, Number of joysticks, axes total, buttons total, pov total, Flight Animations, control state, Control Cluster, การการควบคุมการขึ้น – ลง ของ AR.Drone 2.0, Video Stream และ battery percentage โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

1.2.1) เขียนโครงสร้างโปรแกรมดังภาพ 15 เพื่อเป็นการรับค่าจาก Joystick และการควบคุมการทำงานของ AR.Drone 2.0



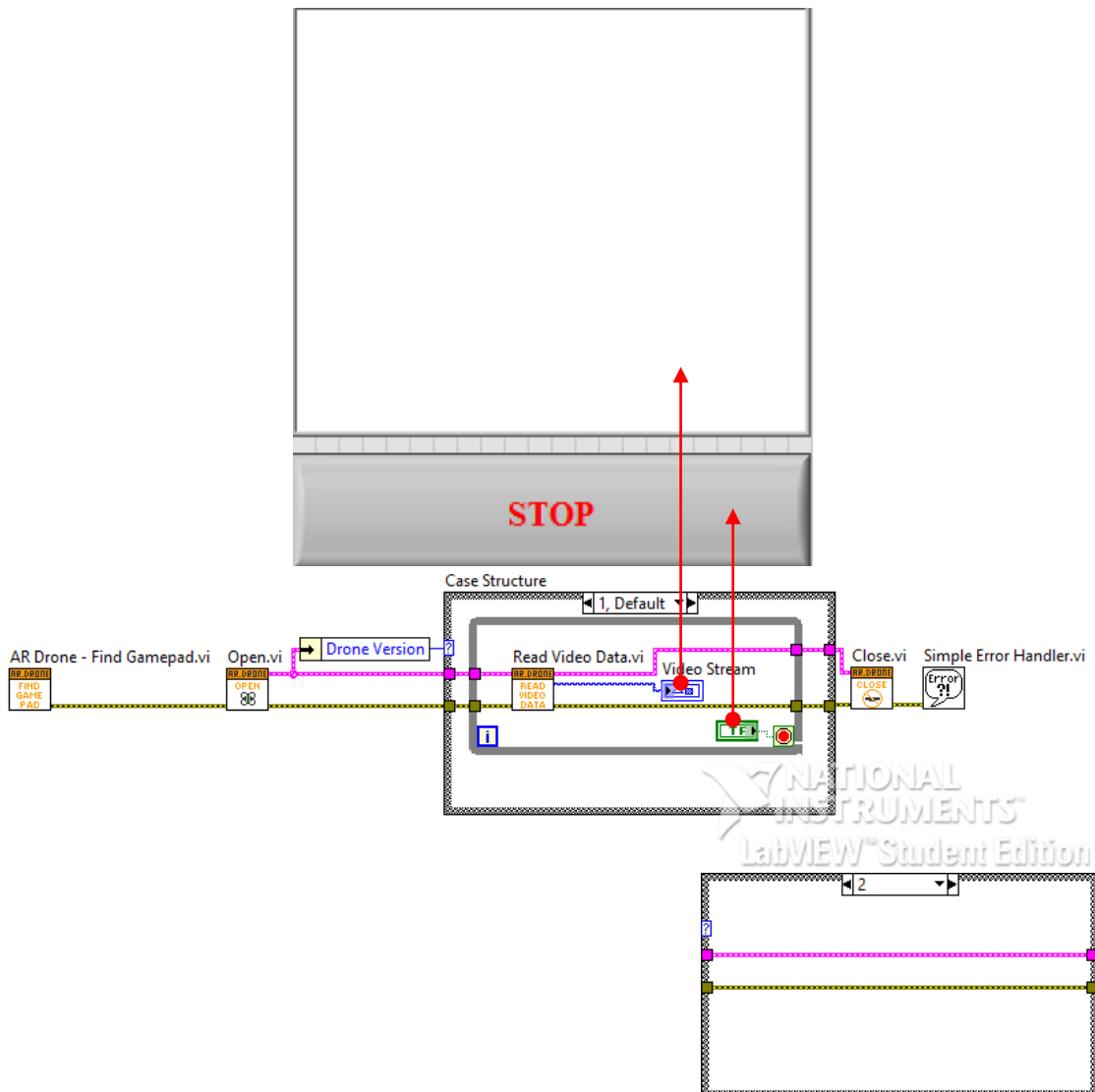
ภาพ 15 แสดง Font Panel และ Block Diagram ของโครงสร้างโปรแกรมสำหรับรับค่าจาก Joystick และการควบคุมการทำงานของ AR.Drone 2.0

1.2.2) เขียนโปรแกรมดังภาพ 16 เพื่ออ่านค่าปริมาณแบตเตอรี่และข้อมูลการบินพร้อมทั้งแสดงผล



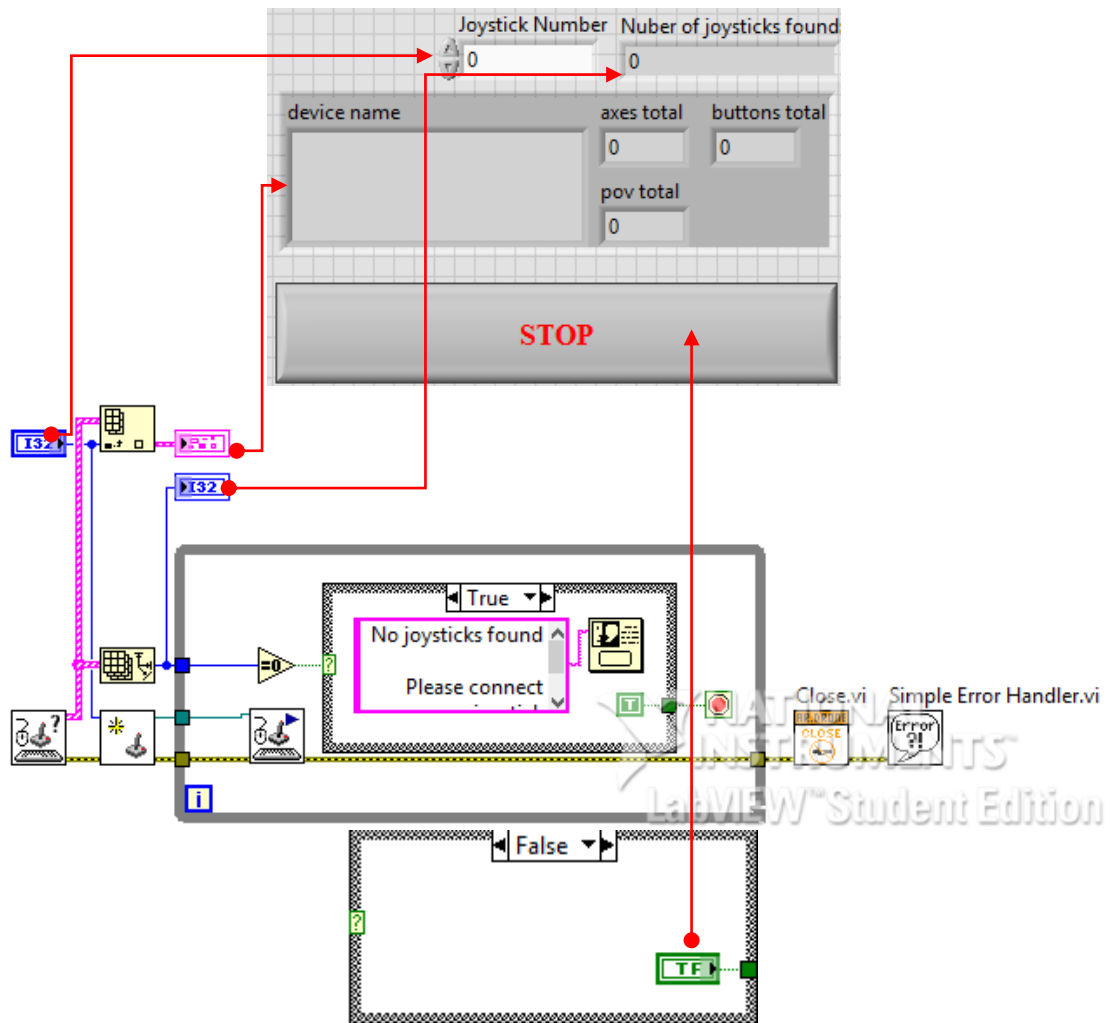
ภาพ 16 แสดง Font Panel และ Block Diagram ของโครงสร้างโปรแกรมสำหรับอ่านค่าปริมาณแบตเตอรี่และข้อมูลการบินพร้อมทั้งการแสดงผล

1.2.3) เขียนโครงสร้างโปรแกรมดังภาพ 17 รับสัญญาณภาพเคลื่อนไหวจาก AR.Drone 2.0 พร้อมทั้งแสดงผล



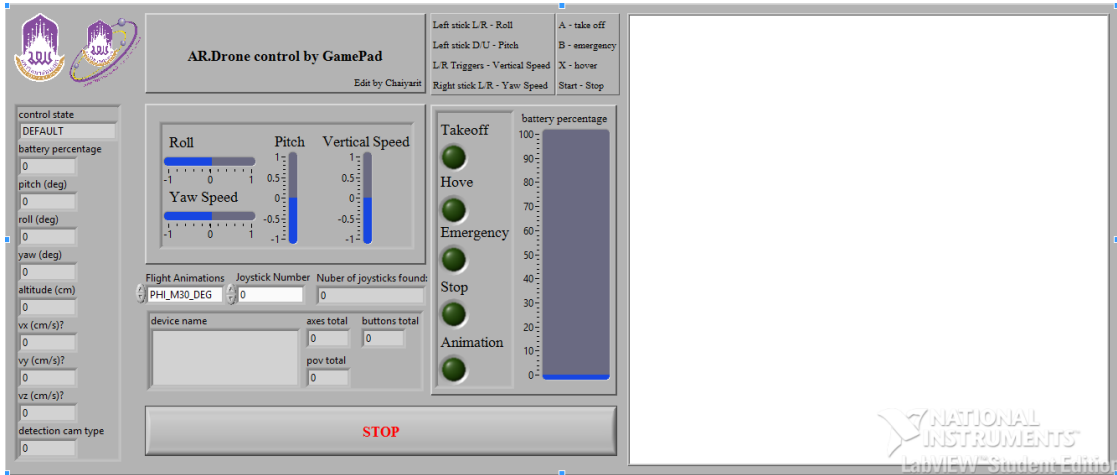
ภาพ 17 แสดง Font Panel และ Block Diagram ของโครงสร้างโปรแกรมสำหรับรับสัญญาณภาพเคลื่อนไหวจาก AR.Drone 2.0 พร้อมทั้งแสดงผล

1.2.4) เขียนโครงสร้างโปรแกรมดังภาพ 18 เพื่อตรวจสอบการทำงานของ Joystick

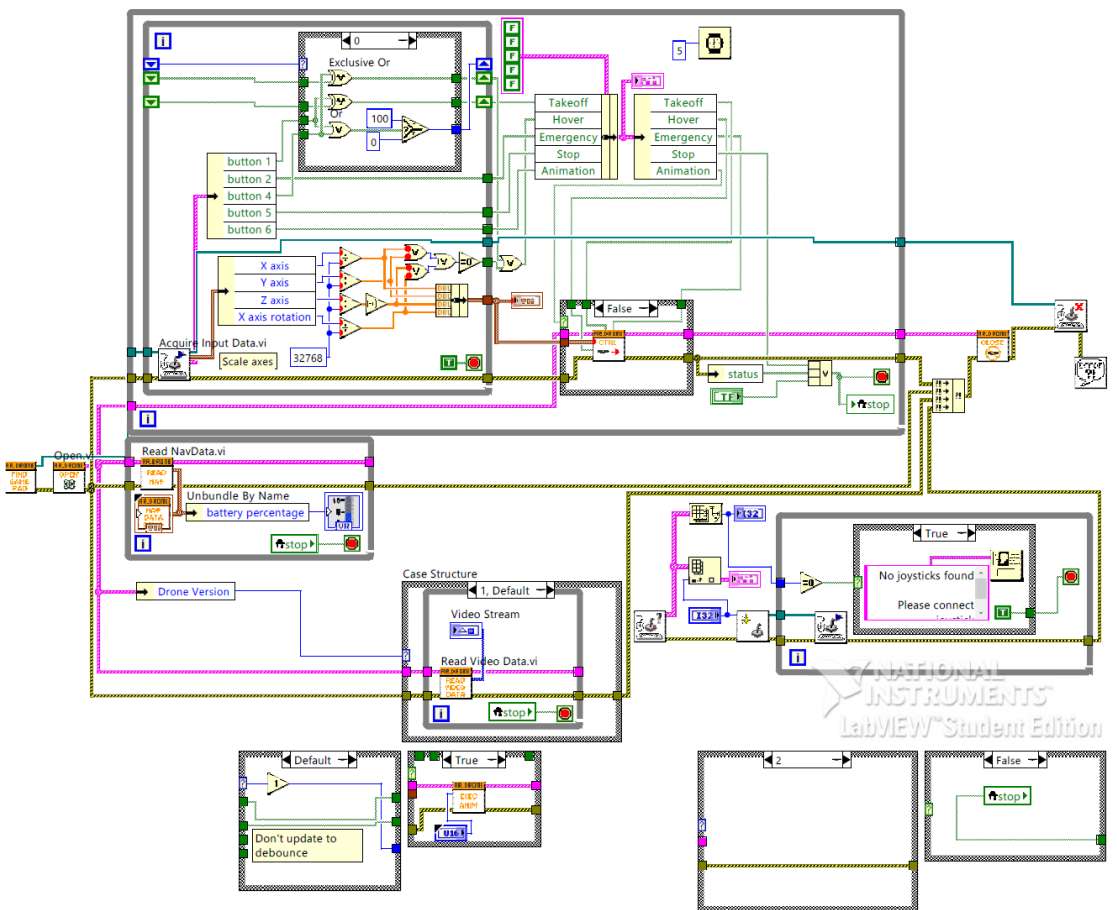


ภาพ 18 แสดง Front Panel และ Block Diagram ของโครงสร้างโปรแกรมสำหรับ  
ตรวจสอบการทำงานของ Joystick พร้อมทั้งแสดงผล

1.2.5) รวมโครงสร้างโปรแกรกดังภาพ 19 และ 20 เพื่อการทำงานของ  
โปรแกรมที่สมบูรณ์



ภาพ 19 แสดง Font Panel ของโปรแกรมที่สมบูรณ์แล้ว



ภาพ 20 แสดง Block Diagram ของโปรแกรมที่สมบูรณ์แล้ว

ถึงในการใช้โปรแกรม LabVIEW จะสามารถนำข้อมูลสารสนเทศของ AR.Drone 2.0 ออกมาใช้ได้ แต่ยังคงจำกัดด้วยระยะเวลาการเชื่อมต่อสัญญาณ Wi-Fi ของ AR.Drone 2.0 ที่มีระยะไกลสุดเพียง 50 เมตร และอีกประการหนึ่งคือเซ็นเซอร์วัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 ซึ่งเป็น Ultrasonic Sensor มีขีดจำกัดในการวัดระดับความสูงอยู่ที่ 6 เมตร ผู้ศึกษาจึงเปลี่ยนวิธีบังคับไปเป็นการใช้เครื่องรับ – ส่งสัญญาณวิทยุแทนในการบังคับและวิธีการวัดระดับความสูงเปลี่ยนไปเป็นการวัดด้วยความดันบรรยากาศ

## 2) การควบคุม AR.Drone ด้วยเครื่องรับ – ส่งสัญญาณวิทยุ

เนื่องจากปกติแล้ว AR.Drone 2.0 จะใช้การบังคับด้วยโทรศัพท์มือถือหรือแท็บเล็ต ผ่านสัญญาณสื่อสารไร้สาย Wi-Fi ซึ่งมีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาการควบคุมที่มีระยะได้ไม่เกิน 50 เมตร จึงได้ศึกษาการควบคุม AR.Drone 2.0 ผ่านเครื่องรับ – ส่งสัญญาณวิทยุของ Mr.Miru

การบังคับและควบคุม AR.Drone 2.0 ตามวิธีการของ Mr.Miru ซึ่งจะใช้เครื่องรับ – ส่งสัญญาณวิทยุในการส่งสัญญาณการควบคุมแล้วให้ Arduino Nano ประมวลผลสัญญาณส่งต่อให้กับ AR.Drone 2.0 ผ่านจุดเชื่อมต่อ USB ของ AR.Drone 2.0

### 2.1) การเขียนโปรแกรมประมวลผลสัญญาณวิทยุ

การเขียนโปรแกรมประมวลผลสัญญาณวิทยุนี้ไม่จำเป็นจะต้องเขียนขึ้นมาใหม่ทั้งหมดเนื่องจาก Mr.Miru ได้ทำการเขียนไว้ทั้งหมดแล้วสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ของ Mr.Miru

การเขียนโปรแกรมประมวลผลสัญญาณวิทยุของ Mr.Miru มีด้วยกันหลายเวอร์ชันและเวอร์ชันล่าสุดคือ DRS022 เป็นการเขียนโปรแกรมรูปแบบ AVR สามารถดาวน์โหลดได้จาก <http://mirumod.tk/sw/drs022.zip>

หลังจากดาวน์โหลดมาแล้วให้ทำการแตกไฟล์ .zip ออกแล้วเปิดไฟล์ที่ชื่อ drs022-rx2atp.ino ด้วย Arduino IDE แล้วอัปโหลดให้กับบอร์ด Arduino Nano

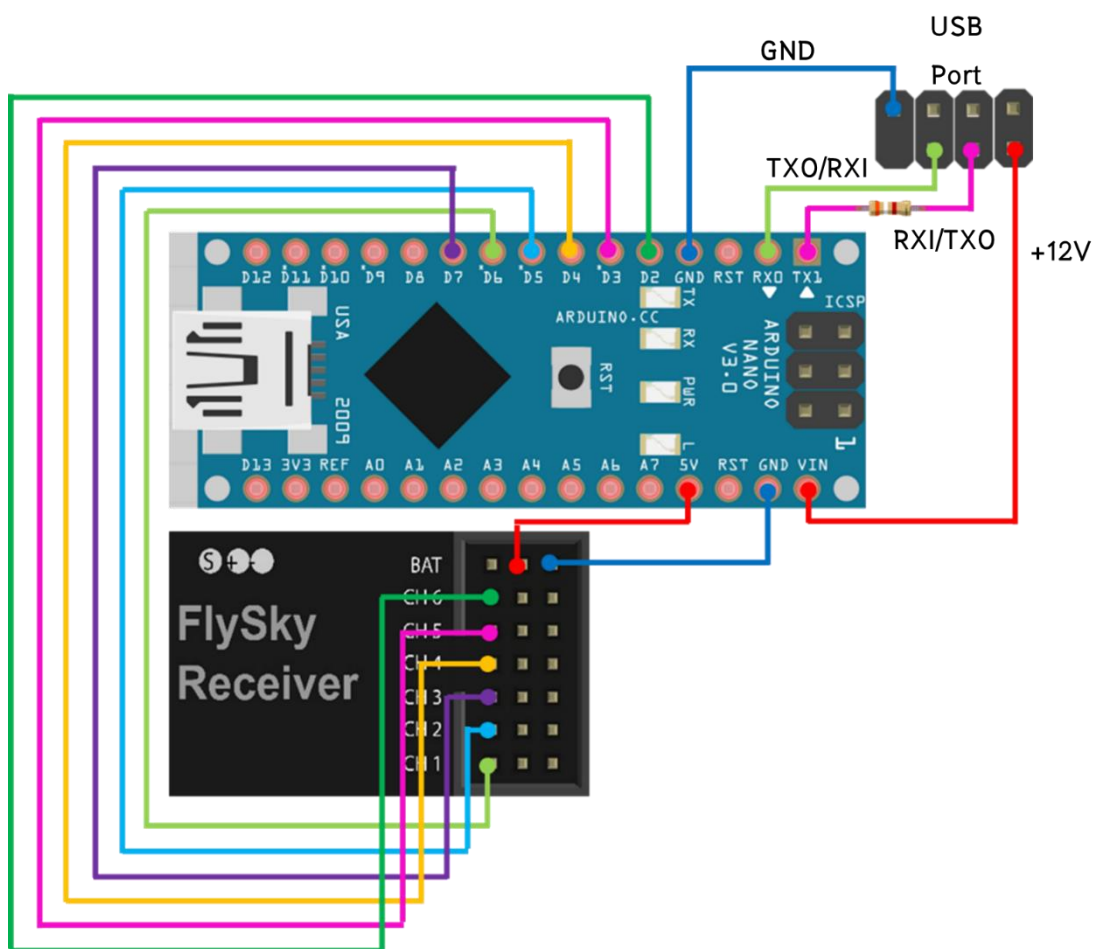
### 2.2) การเชื่อมต่อ Arduino Nano และเครื่องรับ – ส่งสัญญาณวิทยุบังคับ กับ AR.Drone 2.0

สำหรับการเชื่อมต่อ AR.Drone 2.0 กับบอร์ด Arduino Nano นั้นสามารถทำได้โดยการเชื่อมต่อเข้ากับจุดเชื่อมต่อ USB ของ AR.Drone 2.0 ซึ่งอยู่ด้านใต้ของเครื่อง โดยทำการเชื่อมต่อตามภาพ 22





ภาพ 21 แสดงจุดเชื่อมต่อ USB ของ AR.Drone 2.0



ภาพ 22 แสดงการเชื่อมต่อเครื่องรับสัญญาณวิทยุและ AR.Drone 2.0 เข้ากับบอร์ด Arduino Nano

### 2.3) การปรับปรุงการควบคุม

ในเบื้องต้นนั้นผู้ศึกษาได้ใช้การควบคุมตามรูปแบบของ Mr.Miru คือ ใช้การควบคุมผ่านเครื่องรับ – ส่งสัญญาณวิทยุเพียง 5 ช่องสัญญาณเท่านั้น คือ ใช้ควบคุมการขึ้น – ลง ไปทางซ้าย – ขวา หมุนซ้าย – ขวา ไปข้างหน้า – หลัง และสัญญาณ Digital output แต่ทั้งนี้ผู้ศึกษาได้แก้ไข Source code โปรแกรมของ Mr. Miru บางส่วนเพื่อให้รองรับกับการใช้งานช่องสัญญาณมากขึ้นในอนาคตจาก 5 ช่องสัญญาณเป็น 8 ช่องสัญญาณ

### 3.2.2 การศึกษาการวัดความสูงด้วยวิธีการวัดความดันบรรยากาศ

ในการวัดความดันบรรยากาศนั้นเราจะใช้เซ็นเซอร์วัดความดันบรรยากาศ BMP18 (GY-68) ความดันบรรยากาศที่วัดได้จะสามารถคำนวณเป็นระดับความสูงได้จากสมการ (9) แล้วบันทึกข้อมูลลงใน SD Card

#### 1) การหาระดับความสูงของ AR.Drone 2.0

1.1) การโปรแกรม Barometric Pressure Sensor (GY-68)

1.2) ดาวน์โหลด library ของ BMP180 จาก [http://github.com/sparkfun/BMP180\\_Breakout\\_Arduino\\_Library/archive/master.zip](http://github.com/sparkfun/BMP180_Breakout_Arduino_Library/archive/master.zip)

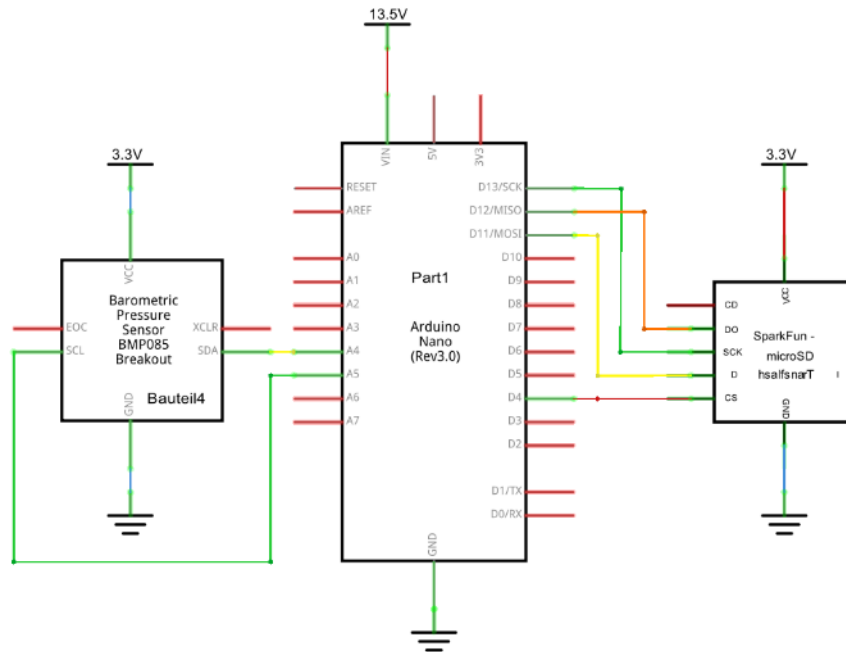
1.2.1) ทำการแยกไฟล์ BMP180\_Breakout\_Arduino\_Library-master.rar และเพิ่ม library ใหม่สำหรับ Arduino IDE

1.2.2) เปิด Arduino IDE หลังจากนั้นไปที่ File > Examples > Sparkfun BMP180 > BMP180\_altitude\_example

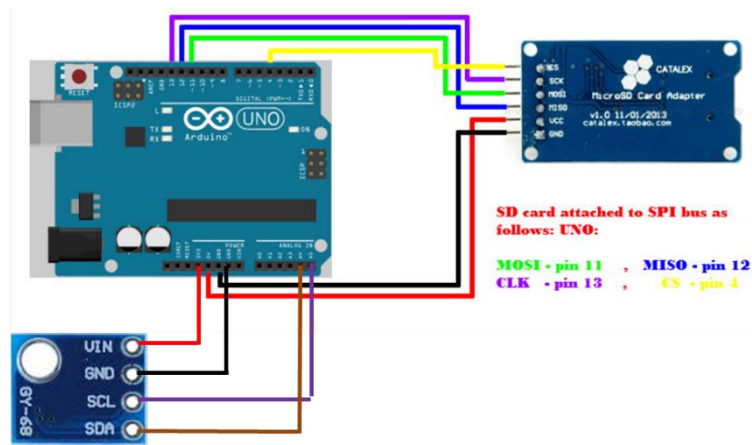
1.2.3) แก้ไข Source code เพิ่มเติมเพื่อบันทึกข้อมูลลงใน SD card

1.2.4) อัปโหลด Source code ให้กับบอร์ด Arduino Nano

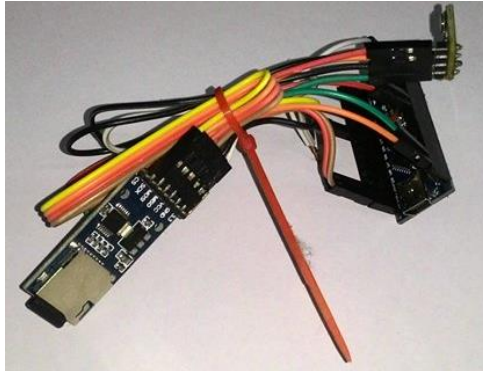
1.3) หลังจากการโปรแกรม Barometric Pressure Sensor (GY-68) แล้วให้ทำการต่อเซ็นเซอร์และโมดูล SD card เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ดังภาพ 23 และ 24



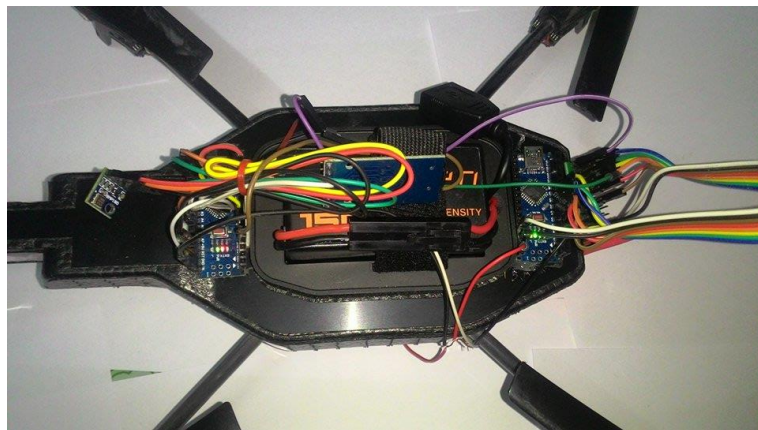
ภาพ 23 แสดงไดอะแกรมการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดความดันบรรยากาศ BMP180 และ SD Card Module เข้ากับ Arduino Nano board



ภาพ 24 แสดงการต่อเซ็นเซอร์วัดความดันบรรยากาศ BMP180 และโมดูล SD card เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์



ภาพ 25 แสดงอุปกรณ์สำหรับการขยายการวัดระดับความสูงของอากาศยานไร้คนขับ  
(AR.Drone 2.0)



ภาพ 26 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการขยายการวัดระดับความสูงเข้ากับอากาศยานไร้คนขับ (AR.Drone 2.0)

เนื่องจากระดับความสูงที่วัดได้จาก GY-68 จะเป็นความสูงเหนือระดับน้ำทะเล ซึ่งไม่ใช่ระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 ดังนั้นจึงต้องวัดระดับความสูงก่อนการขึ้นบิน แล้วกำหนดเป็นระดับความสูงเริ่มต้น  $h_i$  ระดับความสูง ณ ระดับใด ๆ เป็น  $h$  และระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 เป็น  $Alt$

$$Alt = h - h_0 \quad (10)$$

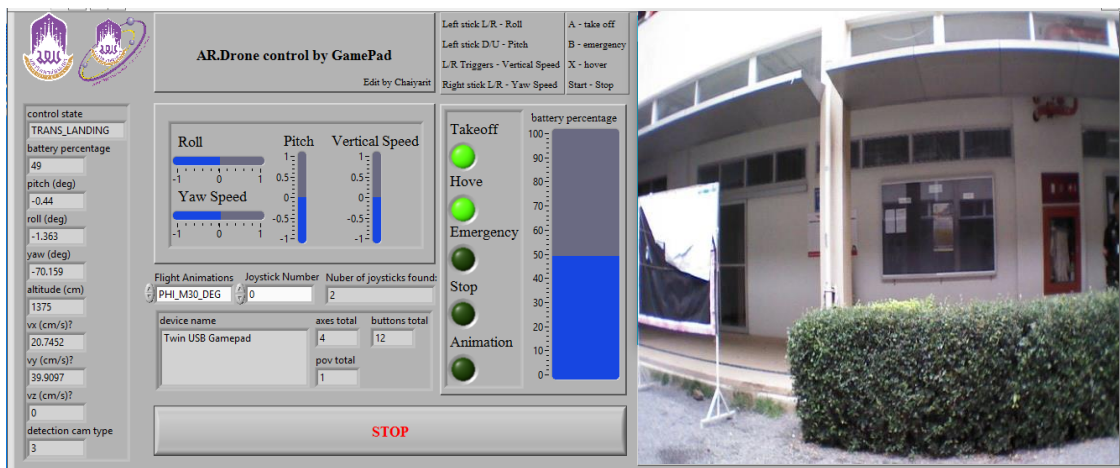
## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาการวัดระดับความสูงด้วยวิธีการวัดความดันบรรยากาศ 2) เพื่อขยายการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 โดยการนำเสนอผลการศึกษาก็ได้นำเสนอใน 2 ประเด็นคือ 1) ผลการบังคับ AR.Drone 2.0 2) ผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 สำหรับผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 จะประกอบไปด้วยผลการสอบเทียบระดับความสูงที่วัดได้และผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0

#### 4.1 ผลการศึกษาหรือผลการทดลองเบื้องต้น

การบังคับ AR.Drone 2.0 ในเบื้องต้นจะใช้แอปพลิเคชันของ AR.Drone 2.0 ในการบังคับ แต่เนื่องจากไม่สามารถนำข้อมูลออกมาใช้ได้และถูกจำกัดระยะเวลาการบินด้วยระยะเวลาใกล้สุดของสัญญาณ Wi-Fi ของ AR.Drone 2.0 ผู้ศึกษาจึงเปลี่ยนวิธีการบังคับ AR.Drone 2.0 มาเป็นบังคับด้วยโปรแกรม LabVIEW ดังภาพ 27



ภาพ 27 แสดงการควบคุมด้วยโปรแกรม LabVIEW

แต่เนื่องจากการบังคับ AR.Drone 2.0 ด้วยโปรแกรม LabVIEW ยังถูกจำกัดด้วยระยะเวลาสัญญาณ Wi - Fi และเซ็นเซอร์วัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 ที่ไม่สามารถวัดระดับความสูงได้เกิน 6 เมตร ดังนั้นผู้ศึกษาจึงเปลี่ยนวิธีการบังคับไปเป็นบังคับด้วยเครื่องรับ/ส่ง

สัญญาณวิทย์แทนและเปลี่ยนวิธีการวัดระดับความสูงด้วยเซ็นเซอร์วัดความดันบรรยากาศ BMP180 (GY-68) แทน

จากบทที่ 3 การวัดความดันบรรยากาศนั้นเราจะใช้เซ็นเซอร์วัดความดันบรรยากาศ BMP18 (GY-68) ความดันบรรยากาศที่วัดได้จะสามารถคำนวณเป็นระดับความสูงได้จากสมการ (9) แล้วบันทึกข้อมูลลงใน SD Card ผลที่ได้แสดงดังตาราง 3 – 16

**ตาราง 3 แสดงผลการสอบเทียบระดับความสูงที่วัดได้ (10 ธันวาคม 2558)**

ระดับความสูง ที่กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
0.0	486.0	486.0	0.0
0.2	486.0	486.0	0.0
0.4	486.0	486.0	0.0
0.6	486.0	486.0	0.0
0.8	486.0	486.0	0.0
1.0	486.0	486.0	0.0
1.2	486.0	486.0	0.0
1.4	486.0	486.0	0.0
1.6	486.0	486.0	0.0
1.8	486.0	486.0	0.0
2.0	486.0	488.0	2.0
2.2	486.0	488.0	2.0
2.4	486.0	488.0	2.0
2.6	486.0	488.0	2.0
2.8	486.0	488.0	2.0
3.0	486.0	488.0	2.0
3.2	486.0	488.0	2.0
3.4	486.0	488.0	2.0
3.6	486.0	488.0	2.0
3.8	486.0	488.0	2.0

ระดับความสูง ที่กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
4.0	486.0	490.0	4.0
4.2	486.0	490.0	4.0
4.4	486.0	490.0	4.0
4.6	486.0	490.0	4.0
4.8	486.0	490.0	4.0
5.0	486.0	490.0	4.0
5.2	486.0	490.0	4.0
5.4	486.0	490.0	4.0
5.6	486.0	490.0	4.0
5.8	486.0	490.0	4.0
6.0	486.0	492.0	6.0
6.2	486.0	492.0	6.0
6.4	486.0	492.0	6.0
6.6	486.0	492.0	6.0
6.8	486.0	492.0	6.0
7.0	486.0	492.0	6.0
7.2	486.0	492.0	6.0
7.4	486.0	492.0	6.0
7.6	486.0	492.0	6.0
7.8	486.0	492.0	6.0
8.0	486.0	494.0	8.0

จากตาราง 3 จะเห็นว่าเซ็นเซอร์จะให้ค่าความระดับสูงที่แม่นยำในทุก ๆ ระยะ 2 เมตร ซึ่งเป็นขีดจำกัดของอุปกรณ์

#### 4.2 ผลการศึกษาหรือผลการทดลองการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0

ตาราง 4 แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (8 ธันวาคม 2558)

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
0.0	480.0	480.0	0.0
0.2	480.0	480.0	0.0
0.4	480.0	480.0	0.0
0.6	480.0	480.0	0.0
0.8	480.0	480.0	0.0
1.0	480.0	480.0	0.0
1.2	480.0	480.0	0.0
1.4	480.0	480.0	0.0
1.6	480.0	480.0	0.0
1.8	480.0	480.0	0.0
2.0	480.0	482.0	2.0
2.2	480.0	482.0	2.0
2.4	480.0	482.0	2.0
2.6	480.0	482.0	2.0
2.8	480.0	482.0	2.0
3.0	480.0	482.0	2.0
3.2	480.0	482.0	2.0
3.4	480.0	482.0	2.0
3.6	480.0	482.0	2.0
3.8	480.0	482.0	2.0
4.0	480.0	484.0	4.0
4.2	480.0	484.0	4.0
4.4	480.0	484.0	4.0
4.6	480.0	484.0	4.0
4.8	480.0	484.0	4.0



ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
5.0	480.0	484.0	4.0
5.2	480.0	484.0	4.0
5.4	480.0	484.0	4.0
5.6	480.0	484.0	4.0
5.8	480.0	484.0	4.0
6.0	480.0	486.0	6.0
6.2	480.0	486.0	6.0
6.4	480.0	486.0	6.0
6.6	480.0	486.0	6.0
6.8	480.0	486.0	6.0
7.0	480.0	486.0	6.0
7.2	480.0	486.0	6.0
7.4	480.0	486.0	6.0
7.6	480.0	486.0	6.0
7.8	480.0	486.0	6.0
8.0	480.0	488.0	8.0
8.2	480.0	490.0	8.0
8.4	480.0	490.0	8.0
8.6	480.0	490.0	8.0
8.8	480.0	490.0	8.0
9.0	480.0	490.0	8.0
9.2	480.0	490.0	8.0
9.4	480.0	490.0	8.0
9.6	480.0	490.0	8.0
9.8	480.0	490.0	8.0
10.00	480.0	492.0	10.0

ตาราง 5 แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (12 ธันวาคม 2558)

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
0.0	486.0	486.0	0.0
0.2	486.0	486.0	0.0
0.4	486.0	486.0	0.0
0.6	486.0	486.0	0.0
0.8	486.0	486.0	0.0
1.0	486.0	486.0	0.0
1.2	486.0	486.0	0.0
1.4	486.0	486.0	0.0
1.6	486.0	486.0	0.0
1.8	486.0	486.0	0.0
2.0	486.0	488.0	2.0
2.2	486.0	488.0	2.0
2.4	486.0	488.0	2.0
2.6	486.0	488.0	2.0
2.8	486.0	488.0	2.0
3.0	486.0	488.0	2.0
3.2	486.0	488.0	2.0
3.4	486.0	488.0	2.0
3.6	486.0	488.0	2.0
3.8	486.0	488.0	2.0
4.0	486.0	490.0	4.0
4.2	486.0	490.0	4.0
4.4	486.0	490.0	4.0
4.6	486.0	490.0	4.0
4.8	486.0	490.0	4.0
5.0	486.0	490.0	4.0

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
5.2	486.0	490.0	4.0
5.4	486.0	490.0	4.0
5.6	486.0	490.0	4.0
5.8	486.0	490.0	4.0
6.0	486.0	492.0	6.0
6.2	486.0	492.0	6.0
6.4	486.0	492.0	6.0
6.6	486.0	492.0	6.0
6.8	486.0	492.0	6.0
7.0	486.0	492.0	6.0
7.2	486.0	492.0	6.0
7.4	486.0	492.0	6.0
7.6	486.0	492.0	6.0
7.8	486.0	492.0	6.0
8.0	486.0	494.0	8.0
8.2	486.0	494.0	8.0
8.4	486.0	494.0	8.0
8.6	486.0	494.0	8.0
8.8	486.0	494.0	8.0
9.0	486.0	494.0	8.0
9.2	486.0	494.0	8.0
9.4	486.0	494.0	8.0
9.6	486.0	494.0	8.0
9.8	486.0	494.0	8.0
10.00	486.0	496.0	10.0

ตาราง 6 แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (13 ธันวาคม 2558)

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
0.0	482.0	482.0	0.0
0.2	482.0	482.0	0.0
0.4	482.0	482.0	0.0
0.6	482.0	482.0	0.0
0.8	482.0	482.0	0.0
1.0	482.0	482.0	0.0
1.2	482.0	482.0	0.0
1.4	482.0	482.0	0.0
1.6	482.0	482.0	0.0
1.8	482.0	482.0	0.0
2.0	482.0	484.0	2.0
2.2	482.0	484.0	2.0
2.4	482.0	484.0	2.0
2.6	482.0	484.0	2.0
2.8	482.0	484.0	2.0
3.0	482.0	484.0	2.0
3.2	482.0	484.0	2.0
3.4	482.0	484.0	2.0
3.6	482.0	484.0	2.0
3.8	482.0	484.0	2.0
4.0	482.0	486.0	4.0
4.2	482.0	486.0	4.0
4.4	482.0	486.0	4.0
4.6	482.0	486.0	4.0
4.8	482.0	486.0	4.0
5.0	482.0	486.0	4.0

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
5.2	482.0	486.0	4.0
5.4	482.0	486.0	4.0
5.6	482.0	486.0	4.0
5.8	482.0	486.0	4.0
6.0	482.0	488.0	6.0
6.2	482.0	488.0	6.0
6.4	482.0	488.0	6.0
6.6	482.0	488.0	6.0
6.8	482.0	488.0	6.0
7.0	482.0	488.0	6.0
7.2	482.0	488.0	6.0
7.4	482.0	488.0	6.0
7.6	482.0	488.0	6.0
7.8	482.0	488.0	6.0
8.0	482.0	490.0	8.0
8.2	482.0	490.0	8.0
8.4	482.0	490.0	8.0
8.6	482.0	490.0	8.0
8.8	482.0	490.0	8.0
9.0	482.0	490.0	8.0
9.2	482.0	490.0	8.0
9.4	482.0	490.0	8.0
9.6	482.0	490.0	8.0
9.8	482.0	490.0	8.0
10.00	482.0	492.0	10.0

ตาราง 7 แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (14 ธันวาคม 2558)

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
0.0	491.0	491.0	0.0
0.2	491.0	491.0	0.0
0.4	491.0	491.0	0.0
0.6	491.0	491.0	0.0
0.8	491.0	491.0	0.0
1.0	491.0	491.0	0.0
1.2	491.0	491.0	0.0
1.4	491.0	491.0	0.0
1.6	491.0	491.0	0.0
1.8	491.0	491.0	0.0
2.0	491.0	493.0	2.0
2.2	491.0	493.0	2.0
2.4	491.0	493.0	2.0
2.6	491.0	493.0	2.0
2.8	491.0	493.0	2.0
3.0	491.0	493.0	2.0
3.2	491.0	493.0	2.0
3.4	491.0	493.0	2.0
3.6	491.0	493.0	2.0
3.8	491.0	493.0	2.0
4.0	491.0	495.0	4.0
4.2	491.0	495.0	4.0
4.4	491.0	495.0	4.0
4.6	491.0	495.0	4.0
4.8	491.0	495.0	4.0
5.0	491.0	495.0	4.0

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
5.2	491.0	495.0	4.0
5.4	491.0	495.0	4.0
5.6	491.0	495.0	4.0
5.8	491.0	495.0	4.0
6.0	491.0	497.0	6.0
6.2	491.0	497.0	6.0
6.4	491.0	497.0	6.0
6.6	491.0	497.0	6.0
6.8	491.0	497.0	6.0
7.0	491.0	497.0	6.0
7.2	491.0	497.0	6.0
7.4	491.0	497.0	6.0
7.6	491.0	497.0	6.0
7.8	491.0	497.0	6.0
8.0	491.0	499.0	8.0
8.2	491.0	499.0	8.0
8.4	491.0	499.0	8.0
8.6	491.0	499.0	8.0
8.8	491.0	499.0	8.0
9.0	491.0	499.0	8.0
9.2	491.0	499.0	8.0
9.4	491.0	499.0	8.0
9.6	491.0	499.0	8.0
9.8	491.0	499.0	8.0
10.00	491.0	501.0	10.0

ตาราง 8 แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (16 ธันวาคม 2558)

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
0.0	490.0	490.0	0.0
0.2	490.0	490.0	0.0
0.4	490.0	490.0	0.0
0.6	490.0	490.0	0.0
0.8	490.0	490.0	0.0
1.0	490.0	490.0	0.0
1.2	490.0	490.0	0.0
1.4	490.0	490.0	0.0
1.6	490.0	490.0	0.0
1.8	490.0	490.0	0.0
2.0	490.0	492.0	2.0
2.2	490.0	492.0	2.0
2.4	490.0	492.0	2.0
2.6	490.0	492.0	2.0
2.8	490.0	492.0	2.0
3.0	490.0	492.0	2.0
3.2	490.0	492.0	2.0
3.4	490.0	492.0	2.0
3.6	490.0	492.0	2.0
3.8	490.0	492.0	2.0
4.0	490.0	494.0	4.0
4.2	490.0	494.0	4.0
4.4	490.0	494.0	4.0
4.6	490.0	494.0	4.0
4.8	490.0	494.0	4.0
5.0	490.0	494.0	4.0



ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
5.2	490.0	494.0	4.0
5.4	490.0	494.0	4.0
5.6	490.0	494.0	4.0
5.8	490.0	494.0	4.0
6.0	490.0	496.0	6.0
6.2	490.0	496.0	6.0
6.4	490.0	496.0	6.0
6.6	490.0	496.0	6.0
6.8	490.0	496.0	6.0
7.0	490.0	496.0	6.0
7.2	490.0	496.0	6.0
7.4	490.0	496.0	6.0
7.6	490.0	496.0	6.0
7.8	490.0	496.0	6.0
8.0	490.0	498.0	8.0
8.2	490.0	498.0	8.0
8.4	490.0	498.0	8.0
8.6	490.0	498.0	8.0
8.8	490.0	498.0	8.0
9.0	490.0	498.0	8.0
9.2	490.0	498.0	8.0
9.4	490.0	498.0	8.0
9.6	490.0	498.0	8.0
9.8	490.0	498.0	8.0
10.00	490.0	500.0	10.0

ตาราง 9 แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (18 ธันวาคม 2558)

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
0.0	481.0	481.0	0.0
0.2	481.0	481.0	0.0
0.4	481.0	481.0	0.0
0.6	481.0	481.0	0.0
0.8	481.0	481.0	0.0
1.0	481.0	481.0	0.0
1.2	481.0	481.0	0.0
1.4	481.0	481.0	0.0
1.6	481.0	481.0	0.0
1.8	481.0	481.0	0.0
2.0	481.0	483.0	2.0
2.2	481.0	483.0	2.0
2.4	481.0	483.0	2.0
2.6	481.0	483.0	2.0
2.8	481.0	483.0	2.0
3.0	481.0	483.0	2.0
3.2	481.0	483.0	2.0
3.4	481.0	483.0	2.0
3.6	481.0	483.0	2.0
3.8	481.0	483.0	2.0
4.0	481.0	485.0	4.0
4.2	481.0	485.0	4.0
4.4	481.0	485.0	4.0
4.6	481.0	485.0	4.0
4.8	481.0	485.0	4.0
5.0	481.0	485.0	4.0

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
5.2	481.0	485.0	4.0
5.4	481.0	485.0	4.0
5.6	481.0	485.0	4.0
5.8	481.0	485.0	4.0
6.0	481.0	487.0	6.0
6.2	481.0	487.0	6.0
6.4	481.0	487.0	6.0
6.6	481.0	487.0	6.0
6.8	481.0	487.0	6.0
7.0	481.0	487.0	6.0
7.2	481.0	487.0	6.0
7.4	481.0	487.0	6.0
7.6	481.0	487.0	6.0
7.8	481.0	487.0	6.0
8.0	481.0	489.0	8.0
8.2	481.0	489.0	8.0
8.4	481.0	489.0	8.0
8.6	481.0	489.0	8.0
8.8	481.0	489.0	8.0
9.0	481.0	489.0	8.0
9.2	481.0	489.0	8.0
9.4	481.0	489.0	8.0
9.6	481.0	489.0	8.0
9.8	481.0	489.0	8.0
10.00	481.0	591.0	10.0

ตาราง 10 แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (19 ธันวาคม 2558)

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
0.0	481.0	481.0	0.0
0.2	481.0	481.0	0.0
0.4	481.0	481.0	0.0
0.6	481.0	481.0	0.0
0.8	481.0	481.0	0.0
1.0	481.0	481.0	0.0
1.2	481.0	481.0	0.0
1.4	481.0	481.0	0.0
1.6	481.0	481.0	0.0
1.8	481.0	481.0	0.0
2.0	481.0	483.0	2.0
2.2	481.0	483.0	2.0
2.4	481.0	483.0	2.0
2.6	481.0	483.0	2.0
2.8	481.0	483.0	2.0
3.0	481.0	483.0	2.0
3.2	481.0	483.0	2.0
3.4	481.0	483.0	2.0
3.6	481.0	483.0	2.0
3.8	481.0	483.0	2.0
4.0	481.0	485.0	4.0
4.2	481.0	485.0	4.0
4.4	481.0	485.0	4.0
4.6	481.0	485.0	4.0
4.8	481.0	485.0	4.0
5.0	481.0	485.0	4.0

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
5.2	481.0	485.0	4.0
5.4	481.0	485.0	4.0
5.6	481.0	485.0	4.0
5.8	481.0	485.0	4.0
6.0	481.0	487.0	6.0
6.2	481.0	487.0	6.0
6.4	481.0	487.0	6.0
6.6	481.0	487.0	6.0
6.8	481.0	487.0	6.0
7.0	481.0	487.0	6.0
7.2	481.0	487.0	6.0
7.4	481.0	487.0	6.0
7.6	481.0	487.0	6.0
7.8	481.0	487.0	6.0
8.0	481.0	489.0	8.0
8.2	481.0	489.0	8.0
8.4	481.0	489.0	8.0
8.6	481.0	489.0	8.0
8.8	481.0	489.0	8.0
9.0	481.0	489.0	8.0
9.2	481.0	489.0	8.0
9.4	481.0	489.0	8.0
9.6	481.0	489.0	8.0
9.8	481.0	489.0	8.0
10.00	481.0	591.0	10.0

ตาราง 11 แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (18 ธันวาคม 2558)

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
0.0	489.0	489.0	0.0
0.2	489.0	489.0	0.0
0.4	489.0	489.0	0.0
0.6	489.0	489.0	0.0
0.8	489.0	489.0	0.0
1.0	489.0	489.0	0.0
1.2	489.0	489.0	0.0
1.4	489.0	489.0	0.0
1.6	489.0	489.0	0.0
1.8	489.0	489.0	0.0
2.0	489.0	491.0	2.0
2.2	489.0	491.0	2.0
2.4	489.0	491.0	2.0
2.6	489.0	491.0	2.0
2.8	489.0	491.0	2.0
3.0	489.0	491.0	2.0
3.2	489.0	491.0	2.0
3.4	489.0	491.0	2.0
3.6	489.0	491.0	2.0
3.8	489.0	491.0	2.0
4.0	489.0	493.0	4.0
4.2	489.0	493.0	4.0
4.4	489.0	493.0	4.0
4.6	489.0	493.0	4.0
4.8	489.0	493.0	4.0
5.0	489.0	493.0	4.0

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
5.2	489.0	493.0	4.0
5.4	489.0	493.0	4.0
5.6	489.0	493.0	4.0
5.8	489.0	493.0	4.0
6.0	489.0	495.0	6.0
6.2	489.0	495.0	6.0
6.4	489.0	495.0	6.0
6.6	489.0	495.0	6.0
6.8	489.0	495.0	6.0
7.0	489.0	495.0	6.0
7.2	489.0	495.0	6.0
7.4	489.0	495.0	6.0
7.6	489.0	495.0	6.0
7.8	489.0	495.0	6.0
8.0	489.0	497.0	8.0
8.2	489.0	497.0	8.0
8.4	489.0	497.0	8.0
8.6	489.0	497.0	8.0
8.8	489.0	497.0	8.0
9.0	489.0	497.0	8.0
9.2	489.0	497.0	8.0
9.4	489.0	497.0	8.0
9.6	489.0	497.0	8.0
9.8	489.0	497.0	8.0
10.00	489.0	499.0	10.0

ตาราง 12 แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (15 ธันวาคม 2558)

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
0.0	485.0	485.0	0.0
0.2	485.0	485.0	0.0
0.4	485.0	485.0	0.0
0.6	485.0	485.0	0.0
0.8	485.0	485.0	0.0
1.0	485.0	485.0	0.0
1.2	485.0	485.0	0.0
1.4	485.0	485.0	0.0
1.6	485.0	485.0	0.0
1.8	485.0	485.0	0.0
2.0	485.0	487.0	2.0
2.2	485.0	487.0	2.0
2.4	485.0	487.0	2.0
2.6	485.0	487.0	2.0
2.8	485.0	487.0	2.0
3.0	485.0	487.0	2.0
3.2	485.0	487.0	2.0
3.4	485.0	487.0	2.0
3.6	485.0	487.0	2.0
3.8	485.0	487.0	2.0
4.0	485.0	489.0	4.0
4.2	485.0	489.0	4.0
4.4	485.0	489.0	4.0
4.6	485.0	489.0	4.0
4.8	485.0	489.0	4.0
5.0	485.0	489.0	4.0



ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
5.2	485.0	489.0	4.0
5.4	485.0	489.0	4.0
5.6	485.0	489.0	4.0
5.8	485.0	489.0	4.0
6.0	485.0	491.0	6.0
6.2	485.0	491.0	6.0
6.4	485.0	491.0	6.0
6.6	485.0	491.0	6.0
6.8	485.0	491.0	6.0
7.0	485.0	491.0	6.0
7.2	485.0	491.0	6.0
7.4	485.0	491.0	6.0
7.6	485.0	491.0	6.0
7.8	485.0	491.0	6.0
8.0	485.0	493.0	8.0
8.2	485.0	493.0	8.0
8.4	485.0	493.0	8.0
8.6	485.0	493.0	8.0
8.8	485.0	493.0	8.0
9.0	485.0	493.0	8.0
9.2	485.0	493.0	8.0
9.4	485.0	493.0	8.0
9.6	485.0	493.0	8.0
9.8	485.0	493.0	8.0
10.00	485.0	495.0	10.0

ตาราง 13 แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (20 ธันวาคม 2558)

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
0.0	486.0	486.0	0.0
0.2	486.0	486.0	0.0
0.4	486.0	486.0	0.0
0.6	486.0	486.0	0.0
0.8	486.0	486.0	0.0
1.0	486.0	486.0	0.0
1.2	486.0	486.0	0.0
1.4	486.0	486.0	0.0
1.6	486.0	486.0	0.0
1.8	486.0	486.0	0.0
2.0	486.0	488.0	2.0
2.2	486.0	488.0	2.0
2.4	486.0	488.0	2.0
2.6	486.0	488.0	2.0
2.8	486.0	488.0	2.0
3.0	486.0	488.0	2.0
3.2	486.0	488.0	2.0
3.4	486.0	488.0	2.0
3.6	486.0	488.0	2.0
3.8	486.0	488.0	2.0
4.0	486.0	490.0	4.0
4.2	486.0	490.0	4.0
4.4	486.0	490.0	4.0
4.6	486.0	490.0	4.0
4.8	486.0	490.0	4.0
5.0	486.0	490.0	4.0

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
5.2	486.0	490.0	4.0
5.4	486.0	490.0	4.0
5.6	486.0	490.0	4.0
5.8	486.0	490.0	4.0
6.0	486.0	492.0	6.0
6.2	486.0	492.0	6.0
6.4	486.0	492.0	6.0
6.6	486.0	492.0	6.0
6.8	486.0	492.0	6.0
7.0	486.0	492.0	6.0
7.2	486.0	492.0	6.0
7.4	486.0	492.0	6.0
7.6	486.0	492.0	6.0
7.8	486.0	492.0	6.0
8.0	486.0	494.0	8.0
8.2	486.0	494.0	8.0
8.4	486.0	494.0	8.0
8.6	486.0	494.0	8.0
8.8	486.0	494.0	8.0
9.0	486.0	494.0	8.0
9.2	486.0	494.0	8.0
9.4	486.0	494.0	8.0
9.6	486.0	494.0	8.0
9.8	486.0	494.0	8.0
10.00	486.0	496.0	10.0

ตาราง 14 แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (24 ธันวาคม 2558)

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
0.0	499.0	499.0	0.0
0.2	499.0	499.0	0.0
0.4	499.0	499.0	0.0
0.6	499.0	499.0	0.0
0.8	499.0	499.0	0.0
1.0	499.0	499.0	0.0
1.2	499.0	499.0	0.0
1.4	499.0	499.0	0.0
1.6	499.0	499.0	0.0
1.8	499.0	499.0	0.0
2.0	499.0	501.0	2.0
2.2	499.0	501.0	2.0
2.4	499.0	501.0	2.0
2.6	499.0	501.0	2.0
2.8	499.0	501.0	2.0
3.0	499.0	501.0	2.0
3.2	499.0	501.0	2.0
3.4	499.0	501.0	2.0
3.6	499.0	501.0	2.0
3.8	499.0	501.0	2.0
4.0	499.0	503.0	4.0
4.2	499.0	503.0	4.0
4.4	499.0	503.0	4.0
4.6	499.0	503.0	4.0
4.8	499.0	503.0	4.0
5.0	499.0	503.0	4.0

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
5.2	499.0	503.0	4.0
5.4	499.0	503.0	4.0
5.6	499.0	503.0	4.0
5.8	499.0	503.0	4.0
6.0	499.0	505.0	6.0
6.2	499.0	505.0	6.0
6.4	499.0	505.0	6.0
6.6	499.0	505.0	6.0
6.8	499.0	505.0	6.0
7.0	499.0	505.0	6.0
7.2	499.0	505.0	6.0
7.4	499.0	505.0	6.0
7.6	499.0	505.0	6.0
7.8	499.0	505.0	6.0
8.0	499.0	507.0	8.0
8.2	499.0	507.0	8.0
8.4	499.0	507.0	8.0
8.6	499.0	507.0	8.0
8.8	499.0	507.0	8.0
9.0	499.0	507.0	8.0
9.2	499.0	507.0	8.0
9.4	499.0	507.0	8.0
9.6	499.0	507.0	8.0
9.8	499.0	507.0	8.0
10.00	499.0	509.0	10.0

ตาราง 15 แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (6 มกราคม 2559)

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
0.0	482.0	482.0	0.0
0.2	482.0	482.0	0.0
0.4	482.0	482.0	0.0
0.6	482.0	482.0	0.0
0.8	482.0	482.0	0.0
1.0	482.0	482.0	0.0
1.2	482.0	482.0	0.0
1.4	482.0	482.0	0.0
1.6	482.0	482.0	0.0
1.8	482.0	482.0	0.0
2.0	482.0	484.0	2.0
2.2	482.0	484.0	2.0
2.4	482.0	484.0	2.0
2.6	482.0	484.0	2.0
2.8	482.0	484.0	2.0
3.0	482.0	484.0	2.0
3.2	482.0	484.0	2.0
3.4	482.0	484.0	2.0
3.6	482.0	484.0	2.0
3.8	482.0	484.0	2.0
4.0	482.0	486.0	4.0
4.2	482.0	486.0	4.0
4.4	482.0	486.0	4.0
4.6	482.0	486.0	4.0
4.8	482.0	486.0	4.0
5.0	482.0	486.0	4.0

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
5.2	482.0	486.0	4.0
5.4	482.0	486.0	4.0
5.6	482.0	486.0	4.0
5.8	482.0	486.0	4.0
6.0	482.0	488.0	6.0
6.2	482.0	488.0	6.0
6.4	482.0	488.0	6.0
6.6	482.0	488.0	6.0
6.8	482.0	488.0	6.0
7.0	482.0	488.0	6.0
7.2	482.0	488.0	6.0
7.4	482.0	488.0	6.0
7.6	482.0	488.0	6.0
7.8	482.0	488.0	6.0
8.0	482.0	490.0	8.0
8.2	482.0	490.0	8.0
8.4	482.0	490.0	8.0
8.6	482.0	490.0	8.0
8.8	482.0	490.0	8.0
9.0	482.0	490.0	8.0
9.2	482.0	490.0	8.0
9.4	482.0	490.0	8.0
9.6	482.0	490.0	8.0
9.8	482.0	490.0	8.0
10.00	482.0	492.0	10.0

ตาราง 16 แสดงผลการวัดระดับความสูงของ AR.Drone 2.0 (15 มกราคม 2559)

ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
0.0	488.0	488.0	0.0
0.2	488.0	488.0	0.0
0.4	488.0	488.0	0.0
0.6	488.0	488.0	0.0
0.8	488.0	488.0	0.0
1.0	488.0	488.0	0.0
1.2	488.0	488.0	0.0
1.4	488.0	488.0	0.0
1.6	488.0	488.0	0.0
1.8	488.0	488.0	0.0
2.0	488.0	490.0	2.0
2.2	488.0	490.0	2.0
2.4	488.0	490.0	2.0
2.6	488.0	490.0	2.0
2.8	488.0	490.0	2.0
3.0	488.0	490.0	2.0
3.2	488.0	490.0	2.0
3.4	488.0	490.0	2.0
3.6	488.0	490.0	2.0
3.8	488.0	490.0	2.0
4.0	488.0	492.0	4.0
4.2	488.0	492.0	4.0
4.4	488.0	492.0	4.0
4.6	488.0	492.0	4.0
4.8	488.0	492.0	4.0
5.0	488.0	492.0	4.0



ระดับความสูงที่ กำหนด (เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล ( $h_0$ เมตร)	ระดับความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ที่กำหนด) ( $h$ เมตร)	$Alt = h - h_0$ (เมตร)
5.2	488.0	492.0	4.0
5.4	488.0	492.0	4.0
5.6	488.0	492.0	4.0
5.8	488.0	492.0	4.0
6.0	488.0	494.0	6.0
6.2	488.0	494.0	6.0
6.4	488.0	494.0	6.0
6.6	488.0	494.0	6.0
6.8	488.0	494.0	6.0
7.0	488.0	494.0	6.0
7.2	488.0	494.0	6.0
7.4	488.0	494.0	6.0
7.6	488.0	494.0	6.0
7.8	488.0	494.0	6.0
8.0	488.0	496.0	8.0
8.2	488.0	496.0	8.0
8.4	488.0	496.0	8.0
8.6	488.0	496.0	8.0
8.8	488.0	496.0	8.0
9.0	488.0	496.0	8.0
9.2	488.0	496.0	8.0
9.4	488.0	496.0	8.0
9.6	488.0	496.0	8.0
9.8	488.0	496.0	8.0
10.00	488.0	498.0	10.0

## บทที่ 5

### บทสรุป

การศึกษาทดลองครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ศึกษาทดลองเกี่ยวกับการขยายการวัดระดับความสูงของอากาศยานไร้คนขับ AR.Drone 2.0 และวิธีการบังคับควบคุม AR.Drone 2.0 ด้วยเครื่องรับ – ส่งสัญญาณวิทยุบังคับ สรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

#### 5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษา ทดลองได้ผลปรากฏว่าการบังคับ AR.Drone 2.0 ด้วยโปรแกรม LabVIEW ไม่สามารถนำข้อมูลออกมาใช้งานได้และอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นสามารถขยายการวัดระดับความสูงของอากาศยานไร้คนขับ AR.Drone 2.0 ได้จริง โดยความละเอียดในการวัดเท่ากับ 2.0 เมตร

#### 5.2 อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการศึกษา ได้ผลปรากฏว่าการบังคับ AR.Drone 2.0 ด้วยโปรแกรม LabVIEW สามารถบังคับ AR.Drone 2.0 ได้ แต่ถูกข้อจำกัดของ AR.Drone 2.0 เรื่องระยะไกลสุดของสัญญาณ Wi-Fi ของ AR.Drone 2.0 ที่มีระยะสูงสุด 50 เมตร จึงต้องมีการเปลี่ยนวิธีบังคับ AR.Drone 2.0 ใหม่เป็นการใช้เครื่องรับ – ส่งสัญญาณวิทยุในการบังคับแทนและวิธีการวัดระดับความสูงไปเป็นการวัดด้วยความดันบรรยากาศ ผลปรากฏว่าอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นสามารถขยายการวัดระดับความสูงของอากาศยานไร้คนขับ AR.Drone 2.0 ได้จริง โดยมีความละเอียดในการวัดเท่ากับ 2.0 เมตร อันเนื่องมาจากเป็นขีดจำกัดของ Sensor BMP – 180 ซึ่งอาจไม่ละเอียดพอในบางการใช้งาน

#### 5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรหาอุปกรณ์ที่มีความละเอียดในการวัดที่มากกว่านี้
2. ควรหาวิธีการในการวัดระดับความสูงในหลาย ๆ รูปแบบ

บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

- [1] Wikipedia. (Update 6 October 2015). **Parrot AR.Drone**. Retrieved October, 27 2015, from [http://en.wikipedia.org/wiki/Parrot\\_AR.Drone](http://en.wikipedia.org/wiki/Parrot_AR.Drone)
- [2] ปัทมา ชุกลิน. (2557) **การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบอากาศยานสี่ใบพัดที่บังคับการเคลื่อนที่ด้วยตนเอง**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา
- [3] Cavcar M. (n.d.). **International Standard Atmosphere (ISA)**. Retrieved October, 23 2015, from <http://home.anadolu.edu.tr/~mcavcar/common/ISAweb.pdf>
- [4] Portland State Aerospace Society. (December, 12 2004) **A quick derivation relating altitude to air pressure**. Retrieved October, 23 2015, from [http://psas.pdx.edu/RocketScience/PressureAltitude\\_Derived.pdf](http://psas.pdx.edu/RocketScience/PressureAltitude_Derived.pdf)
- [5] Airbus Industrie. (2000). **Getting to Grips with Aircraft Performance**. Customer Services, Blagnac, pp. 11 – 16.
- [6] Bosch Sensotec. (5 April 2013). **Data sheet BMP180 Digital pressure sensor**. Retrieved October, 23 2015, from <http://www.adafruit.com/datasheets/BST-BMP180-DS000-09.pdf>
- [7] Arduino. (n.d.) **Arduino Nano**. Retrieved October, 27 2015, from <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>
- [8] ปฏิพัทธ์ ญาติโสม, เมธาวุฒิ อุตริรินทร์. (2555). **เฮลิคอปเตอร์ 4 ใบพัด**. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วศ.บ., มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- [9] **FS FLY SKY FS-TH9X Instruction manual**. (2007). Retrieved October, 23 2015, from <http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uploads/358697369X13667X46.pdf>
- [10] กิจไพบูลย์ ชิวพันธุ์ศรี. (2557). **การสร้างระบบอัตโนมัติด้วย LabVIEW ร่วมกับระบบ Data Acquisition และ Machine Vision สำหรับผู้เริ่มต้น** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.

ประวัติผู้ศึกษา

## ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ นามสกุล นายชัยฤทธิ์ พรหมซ้ำ  
วัน เดือน ปี เกิด 11 มกราคม 2537  
ที่อยู่ปัจจุบัน 19/5 หมู่ที่ 2 ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนวังน้ำคู้ศึกษา อ.เมือง จ.พิษณุโลก  
ปีการศึกษาที่จบ 2551

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวังน้ำคู้ศึกษา อ.เมือง จ.พิษณุโลก  
ปีการศึกษาที่จบ 2554

หมายเลขโทรศัพท์ 098 – 810 – 0504

E – Mail Chaiyarit.phm@hotmail.co.th