

การวางแผนทางเดิน และนำทางเดินสำหรับรถแทรกเตอร์เกษตรกรรม
Path Planning and Navigate for Agricultural Tractor



ภาณุพงศ์ แก้วคำปั้น
รังสิมันต์ พัฒนวงศ์อนันต์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Path Planning and Navigate for Agricultural Tractor

The seal of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang is a circular emblem. It features a central sunburst with a crown on top, flanked by two tiered umbrellas (parasols) on stands. The entire emblem is surrounded by a decorative border with Thai script. The text in the center of the seal reads "Phanupong Kaewkhampan" and "Rangsimun Pattanawonganan".

Phanupong Kaewkhampan
Rangsimun Pattanawonganan

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2565
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การวางแผนทางเดิน และนำทางเดินสำหรับรถแทรกเตอร์เกษตรกรรม
Path Planning and Navigate for Agricultural Tractor
นักศึกษาผู้จัดทำ นายภาณุพงศ์ แก้วคำปัน รหัสนักศึกษา 63015130
นายรังสิมันต์ พัฒนวงศ์อนันต์ รหัสนักศึกษา 63015146
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2565

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ร.ศ.วิริยะ กองรัตน์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวางแผนทางเดิน และนำทางเดินสำหรับรถแทรกเตอร์เกษตรกรรม Path Planning and Navigate for Agricultural Tractor		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายภาณุพงศ์	แก้วคำป็น	รหัสนักศึกษา 63015130
	นายรังสิมันต์	พัฒน์วงศ์อนันต์	รหัสนักศึกษา 63015146
อาจารย์ที่ปรึกษา	ร.ศ.วิริยะ กองรัตน์		
ปีการศึกษา	2565		

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและทดสอบการนำทางเดินสำหรับรถแทรกเตอร์เกษตรกรรมโดยใช้ตัวจีพีเอสในการระบุตำแหน่งและใช้พิกซ์ฮอว์กเป็นตัวควบคุมและสั่งการทำงานโดยใช้ตำแหน่งที่ได้จากจีพีเอสมาระบุตำแหน่งหลังจากนั้นใช้โปรแกรมมิสชันแพลนเนอร์ในการเขียนเส้นทางการเดินของรถแทรกเตอร์และส่งข้อมูลเส้นทางเดินให้กับตัวพิกซ์ฮอว์กในการสั่งการให้มอเตอร์เคลื่อนที่ไปตามทางเดินและตัวเซอร์โวมอเตอร์ให้ล้อซ้ายขวาไปตามเส้นทางเดินที่วางไว้และใช้ไฟจีพีเอสเป็นตัวบอกการเคลื่อน

Thesis Title	Path Planning and Navigate for Agricultural Tractor	
Authors	Mr. Phanupong	Kaewkhampan
	Mr. Rangsimun	Pattanawonganan
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Viriya	Kongratana
Year	2565	

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to study and test the navigation for agricultural tractors by using GPS to locate and using Pixhawk as a controller and commander. Using the location obtained from the GPS to determine the location. After that, use the mission planner program. To write the path of the tractor and sends path information to the Pixhawk to instruct the motors to follow the path. and the servo motor to turn left and right along the path laid down and use the LED light to instruct the path.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความรู้และการแนะนำความรู้ต่าง ๆ คำแนะนำคำสอน ร.ศ.วิริยะ กองรัตน์ ซึ่งเป็น จาก อาจารย์ที่ปรึกษาให้ความรู้ คำแนะนำ อีกทั้งความช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นอีกทั้งยังแบ่งปัน ประสบการณ์ต่าง ๆ มากมายให้แก่คณะผู้จัดทำและให้คำแนะนำเป็นอย่างดีรวมทั้งเพื่อนๆที่คอยเอื้อเฟื้อ อุปถัมภ์ในการทำโครงการนี้ให้เป็นที่ลุล่วง ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุมที่เอื้อเฟื้อสถานที่ห้องทำโปรเจคและในการทำโครงการ ท้ายที่สุดนี้คณะ ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงการเล่มนี้คงจะเป็นประโยชน์ต่อนักศึกษาหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตลอดจนผู้ที่ สนใจต่อไป

คณะผู้จัดทำ



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปริยฐานิพนธ์.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริยฐานิพนธ์.....	1
1.3 ขอบเขตของปริยฐานิพนธ์.....	1
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	1
1.5 ประโยชน์.....	1
บทที่ 2 ทฤษฎี.....	3
2.1 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.2 RTK.....	3
2.3 จีพีเอส.....	4
2.3.1 การทำงานของ จีพีเอส.....	5
2.3.2 ประโยชน์ของ จีพีเอส.....	5
2.3.3 การนำ จีพีเอส ไปใช้งาน.....	6
2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....	7
2.4.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....	7
2.4.2 องค์ประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....	8
2.4.3 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....	8
2.5 เซอร์โวมอเตอร์.....	9
2.5.1 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์.....	9

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.2 ชนิดของเซอร์โวมอเตอร์.....	10
2.6 มิซชั้นแพลนเนอร์.....	11
2.7 รีโมทคอนโทรล.....	12
2.8 Pixhawk.....	13
2.9 แอลอีดี.....	14
2.9.1 ข้อดีของหลอดไฟ แอลอีดี.....	14
2.10 อาร์ดูโน้.....	15
2.10.1 โครงสร้างของบอร์ด อาร์ดูโน้ Uno R3.....	15
2.10.2 โครงสร้างเสริมของ อาร์ดูโน้ Uno R3.....	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ.....	19
3.1 การวางแผนการดำเนินงาน.....	19
3.2 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล.....	21
3.3 ขั้นตอนการออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์.....	21
3.3.1 การออกแบบและเลือกใช้งาน จีพีเอส.....	21
3.3.2 การออกแบบและการสร้างระบบควบคุมและการแสดงผล.....	22
3.3.2.1 Pixhawk.....	22
3.3.2.2 รีโมทคอนโทรล.....	23
3.3.2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	23
3.3.2.4 การเลือกไดรฟ์มอเตอร์.....	24
3.3.3 การออกแบบและการสร้างส่วนแสดงผล.....	25
3.3.3.1 การเลือกมอเตอร์.....	25
3.3.3.2 การเลือกเซอร์โวมอเตอร์.....	25
3.3.3.3 การเลือกแอลอีดี.....	26
3.3.4 รูปแบบการเขียนโปรแกรม.....	26
3.3.5 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม.....	27
3.3.5.1 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม มิซชั้นแพลนเนอร์.....	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.5.2 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมอาร์ดูโน้.....	32
3.3.6 การเขียนโปรแกรม.....	34
3.3.6.1 Source code.....	35
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	37
4.1 การทำงานและการทดสอบ.....	37
4.1.1 การทำงานของตัวจีพีเอส.....	37
4.1.2 การทำงานของตัว Pixhawk.....	37
4.1.3 การทำงานของตัวมอเตอร์และเซอร์โวมอเตอร์.....	37
4.1.4 การทำงานในส่วนของซอฟต์แวร์.....	37
4.1.5 การทำงานในส่วนของแอลอีดี.....	37
4.2 ผลการทดสอบของการวัดค่า.....	38
4.2.1 ผลการทดสอบแบบที่ 1.....	38
4.2.2 ผลการทดสอบแบบที่ 2.....	40
4.2.3 ผลการทดสอบแบบที่ 3.....	41
4.3 ผลการทดลองของส่วนแสดงผล.....	43
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	45
5.1 สรุปผลโครงการ.....	45
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข.....	46
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	46
บรรณานุกรม.....	47
ภาคผนวก.....	48

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบแบบไม่เชื่อมต่อ RTK.....	38
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบแบบเชื่อมต่อ RTK.....	39
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบควบคุมด้วยคน.....	40
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบควบคุมด้วยคนแบบมีไฟจีพีเอสบอกการเลี้ยว.....	41
ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบควบคุมแบบอัตโนมัติ.....	41



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 การรับสัญญาณของ RTK.....	4
รูปที่ 2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....	7
รูปที่ 2.3 เซอร์โวมอเตอร์.....	9
รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของเซอร์โวมอเตอร์.....	10
รูปที่ 2.5 โปรแกรมมิชชั่นแพลนเนอร์.....	12
รูปที่ 2.6 รีโมทคอนโทรล.....	13
รูปที่ 2.7 Pixhawk.....	14
รูปที่ 2.8 แอลอีดี.....	15
รูปที่ 2.9 อาร์ดูโน้ Uno R3.....	16
รูปที่ 2.9 โครงสร้าง อาร์ดูโน้ Uno R3.....	17
รูปที่ 3.1 ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน.....	19
รูปที่ 3.2 ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน(ต่อ).....	20
รูปที่ 3.3 จีพีเอส M8N.....	22
รูปที่ 3.4 Pixhawk รุ่น 2.4.8.....	22
รูปที่ 3.5 Flysky รุ่น FS-i6.....	22
รูปที่ 3.6 อาร์ดูโน้ Uno R3.....	24
รูปที่ 3.7 RC ESC 20A.....	24
รูปที่ 3.8 DC Motor 3-6V.....	25
รูปที่ 3.9 Servo Motor MG90S.....	26
รูปที่ 3.10 แอลอีดี Module 3traffic light.....	26
รูปที่ 3.11 เชื่อมต่อ Pixhawk.....	27
รูปที่ 3.12 เชื่อมต่อ Telemetry V5.....	28
รูปที่ 3.13 เชื่อมต่อรับข้อมูล ค่าพารามิเตอร์.....	28
รูปที่ 3.14 การ Calibration วิทยุบังคับ.....	28
รูปที่ 3.15 การทำงานของเซอร์โวและมอเตอร์.....	29
รูปที่ 3.16 ตั้งค่าโหมดการบังคับ.....	29
รูปที่ 3.17 การเชื่อมต่อ RTK.....	30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3.18 การวางแผนเส้นทาง.....	30
รูปที่ 3.19 ตั้งค่าโหมดเป็น AUTO.....	31
รูปที่ 3.20 เส้นทางเดินไม่ตรงตาม Waypoint.....	31
รูปที่ 3.21 การปรับจูนนิ่ง PID.....	32
รูปที่ 3.22 การกำหนดชื่อบอร์ดเป็น อาร์ดูโน้ Uno.....	32
รูปที่ 3.23 การกำหนดหมายเลขพอร์ต.....	33
รูปที่ 3.24 การสั่งแปรโปรแกรม.....	33
รูปที่ 3.25 คำสั่ง Upload Code.....	34
รูปที่ 3.26 Flow Chart ของโปรแกรม.....	35
รูปที่ 4.1 เส้นทางรวิ้งแบบไม่เชื่อมต่อ RTK.....	39
รูปที่ 4.2 เส้นทางรวิ้งแบบเชื่อมต่อ RTK.....	40
รูปที่ 4.3 เส้นทางรวิ้งแบบอัตโนมัติ.....	42
รูปที่ 4.4 ตัวรถที่ใช้ในการทดลอง.....	43
รูปที่ 4.5 ตัวรถขณะทดลองวิ่ง.....	43
รูปที่ 4.6 เส้นทางเดินหลังรวิ้งเสร็จแล้ว.....	44

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญญาประดิษฐ์

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการเกษตรอย่างแพร่หลายทั่วโลก เรียกว่าการเกษตรสมัยใหม่ที่ใช้เทคโนโลยีเป็นตัวขับเคลื่อน จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะปลูก และรองรับภาวะการขาดแคลนแรงงานจากการเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ รูปแบบขอเกษตรกรรมสมัยใหม่มีหลากหลาย ตั้งแต่เทคโนโลยีในการเพาะปลูกจนถึงการตลาด เนื่องจากเกษตรกรรมมีการแข่งขันที่สูง เกษตรกรจึงต้องหาวิธีต่างๆ ในการลดต้นทุน เพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ให้สูงขึ้น โดยเกษตรกรที่มีพื้นที่ขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่จะมีปัญหาในเรื่องการจ้างแรงงาน และจำนวนแรงงานเกษตรกรรมที่ลดลง จึงต้องนำเทคโนโลยีเข้ามาแก้ปัญหา แต่ในประเทศไทยการนำเทคโนโลยีมาใช้ยังไม่แพร่หลายเพราะ เพราะมีปัญหาด้านต้นทุนที่สูง เกษตรกรไม่สามารถเข้าถึงได้เป็นวงกว้าง ดังนั้นกลุ่มผู้ทำโครงการจึงมีแนวคิดในการสร้างแผนการเดินทางและนำทางเพื่อมาควบคุมรถแทรกเตอร์ให้สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติตามเส้นทางที่กำหนด เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของปัญญาประดิษฐ์

1. เพื่อพัฒนานำความรู้ในด้านการควบคุมมาปรับใช้ และควบคุมรถแทรกเตอร์เกษตรกรรม
2. เพื่อลดต้นทุนและระยะเวลาในการทำงาน เพิ่มความแม่นยำ และคุณภาพในการทำเกษตรกรรม
3. ศึกษาการทำงานและการใช้งาน RTK และจีพีเอส
4. ศึกษาการทำงานและเขียนโปรแกรมควบคุมบน มิชชันแพลนเนอร์ และ อาร์ดูโน้ IDE

1.3 ขอบเขตของปัญญาประดิษฐ์

1. สามารถควบคุมรถให้เดินทางไปตามเส้นทางที่กำหนดไว้ได้อย่างถูกต้อง
2. สามารถเดินทางไปตามเส้นทางได้โดยอัตโนมัติ
3. สามารถนำทางเดินทางไปตามเส้นทางที่กำหนดไว้ได้อย่างถูกต้อง

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาการเขียนโปรแกรม มิชชันแพลนเนอร์
2. ศึกษาการทำงาน RTK และจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ศึกษาการรับส่งข้อมูลระหว่างโปรแกรม มิชชั่นแพลนเนอร์ กับตัว RTK และจีพีเอส
4. ศึกษาการเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดเส้นการเดินทาง บน มิชชั่นแพลนเนอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของการออกแบบและการวางแผนทางเดิน และนำทางเดินสำหรับรถแทรกเตอร์เกษตรกรรม นั้นแบ่งการทำงานออกได้เป็นสองส่วนด้วยกันคือ ส่วนของฮาร์ดแวร์ และส่วนของซอฟต์แวร์ ที่เป็นส่วนของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานและแสดงผล

- 1) RTK
- 2) จีพีเอส
- 3) มอเตอร์กระแสตรง
- 4) เซอร์โวมอเตอร์
- 5) มิชชั่นแพลนเนอร์
- 6) รีโมทคอนโทรล
- 7) Pixhawk
- 8) อาร์ดูโน้
- 9) แอลอีดี

2.2 RTK

RTK ย่อมาจาก Real-Time Kinematics ซึ่งเป็นเทคนิค จีพีเอส / GNSS ที่ใช้เพื่อเพิ่มความแม่นยำของข้อมูลตำแหน่งที่ได้รับจากระบบระบุตำแหน่งบนดาวเทียม RTK มีศูนย์กลางอยู่ที่การใช้จุดฐานคงที่รู้ค่าที่แน่นอนบนเป็นสถานีหลักโดยส่งสัญญาณใช้พิกัดจากดาวเทียมไปยังเครื่องรับที่เคลื่อนที่เพื่อเพิ่มความแม่นยำของสัญญาณ จีพีเอส

การระบุตำแหน่งดาวเทียมและสถานีหลักจะช่วยให้แม่นยำยิ่งขึ้นและ จีพีเอส สามารถกำหนดตำแหน่งของเสาอากาศให้อยู่ในระยะ 1 - 2 ซม. เครื่องรับ จีพีเอส แบบเดิมเช่นเดียวกับที่คุณพบได้ในสมาร์ตโฟนของคุณหรือบนแพลตฟอร์มหุ่นยนต์ส่วนใหญ่สามารถระบุตำแหน่งด้วยความแม่นยำ 2-4 เมตรเท่านั้น

จุดควบคุมภาพพื้นดินหรือจุดบังคับภาพถ่าย GCP ที่ให้การแก้ไขและเปรียบเทียบข้อมูลตำแหน่งของโดรนอย่างต่อเนื่อง การวัด จีพีเอส ที่สถานีหลักจะจับคู่กับการวัด จีพีเอส ที่ทำโดยโดรน สิ่งนี้เป็นกลไกใน

การลดและขจัดข้อผิดพลาดที่พบบ่อยระหว่างการวัดทั้งสอง การแก้ไขเหล่านี้ใช้แบบเรียลไทม์โดยต้องใช้
โทรนและสถานีหลักเพื่อเชื่อมต่อกันตลอดเวลาในการสำรวจ



รูปที่ 2.1 การรับสัญญาณของ RTK

2.3 จีพีเอส

จีพีเอส (จีพีเอส) มีชื่อเต็มว่า Global Positioning System หรือแปลภาษาไทยก็คือ “ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก” เป็นระบบที่ดาวเทียมประมาณ 24 ดวงโคจรรอบโลกและแต่ละดวงมีระยะห่างเท่าๆกัน จากระบบจีพีเอสนี้เองที่ทำให้คนบนพื้นโลกที่มีเครื่องรับสัญญาณสามารถที่จะทราบพิกัดและตำแหน่งที่อยู่ของตนเองได้ โดยความแม่นยำของการระบุตำแหน่งนั้นอยู่ระหว่าง 10 ถึง 100 เมตร ในอุปกรณ์รับสัญญาณส่วนใหญ่ แต่สำหรับอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสชนิดพิเศษที่ใช้ในกองทัพอาจสามารถรับสัญญาณได้แม่นยำถึงระยะ 1 เมตร ซึ่งแต่ก่อนการใช้อุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสจะใช้สำหรับงานด้านวิทยาศาสตร์เป็นหลัก แต่เนื่องด้วยจากในปัจจุบันต้นทุนการผลิตตัวรับสัญญาณจีพีเอสมีราคาถูกลง จึงทำให้คนทุกๆกลุ่มสามารถที่จะเข้าถึงและซื้อมาใช้ในงานส่วนตัวได้ ซึ่งระบบ จีพีเอส ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1. ส่วนอวกาศ ประกอบด้วยเครือข่ายดาวเทียมหลัก 3 โชน ได้แก่ โชนที่หนึ่งอเมริกา โชนที่สองรัสเซีย และ โชนยุโรป โดยโชนของอเมริกานั้น ใช้ชื่อ NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging จีพีเอส) โดยจะมีดาวเทียมทั้งหมดยี่สิบแปดดวง โดยใช้งานจริงแค่ยี่สิบสี่ดวง และอีกสี่ดวงเป็นตัวสำรอง โดยทั่วไปประชาชนทั่วโลกสามารถใช้ข้อมูลจากดาวเทียมของทางอเมริกา (NAVSTAR) ได้ฟรีเนื่องจากนโยบายสิทธิการเข้าถึงข้อมูลและข่าวสารสำหรับประชาชนของรัฐบาลสหรัฐจึงเปิดให้ประชาชนทั่วไปสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวในระดับความแม่นยำที่ไม่เป็นภัยต่อความมั่นคงของรัฐบาลคือมีความแม่นยำในระดับบวก / ลบ 10 เมตร ส่วนที่ 2. จะเป็นส่วนควบคุม ประกอบด้วยสถานีภาคพื้นดิน สถานีใหญ่อยู่ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Falcon Air Force Base ในสหรัฐอเมริกา และยังมีศูนย์ควบคุมย่อยอีก 5 จุด กระจายไปทั่วโลก ส่วนที่ 3. เป็นส่วนผู้ใช้งาน โดยต้องใช้ตัวรับสัญญาณที่มีความสามารถในการรับคลื่น และแปรสัญญาณรหัสจากดาวเทียม เพื่อนำมาคลื่นหรือสัญญาณที่ได้นั้นมาประมวลผลให้เหมาะสมกับการใช้งานของผู้ใช้

2.3.1 การทำงานของ จีพีเอส

แต่เดิมนั้นจีพีเอสถูกผลิต คิดค้น และถือเป็นการมรดกของกระทรวงกลาโหม ประเทศสหรัฐอเมริกา แต่ในปัจจุบันทุกภาคส่วนและทุกคนสามารถใช้งานได้จากทั่วโลก และจุดนี้จะอธิบายสั้นๆ ว่าการทำงานของจีพีเอสนั้นทำงานอย่างไร

1. ดาวเทียม จี พี เอส หลักทั้งหมด 21 ดวง และดาวเทียมสำรองอีก 3 ดวง จะโคจรรอบโลกที่ความสูง 10,600 ไมล์ จากพื้นผิวโลก ดาวเทียมจะเว้นพื้นที่เท่ากันจากทุกมุมบนโลก และจะมีดาวเทียม 4 ดวง ที่อยู่เหนือเส้นขอบฟ้า

2. ดาวเทียมแต่ละดวงจะประกอบไปด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่เวลาในระบบจะไม่หยุดเดิน และส่งสัญญาณวิทยุได้ตลอดจนกว่าดาวเทียมจะหมดอายุใช้งานและร่วงลง ดาวเทียมทุกดวงจะโคจรตามวงโคจรของตนเองและเวลาที่ใช้ในดาวเทียมดวงนั้นก็ถูกตั้งค่าไว้แล้ว ซึ่งการถ่ายทอดตำแหน่งและเวลาของดาวเทียมแต่ละดวงยังสามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างต่อเนื่องด้วย (โดยดาวเทียมแต่ละดวงจะตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งและเวลาจากสถานีภาคพื้นดินวันละครั้ง และจะปรับข้อมูลที่อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้เล็กน้อย)

3. ทุกอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสที่ใช้อยู่บนภาคพื้นดินจะมีระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถคำนวณได้แบบ 3 มุม โดยจะสามารถบอกพิกัดได้จากการรับข้อมูลจาก 3 ใน 4 ดาวเทียม ซึ่งจะได้ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ เป็นค่าของละติจูดและลองจิจูด

4. อุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสทุกตัวจะประกอบไปด้วยจอที่สามารถแสดงแผนที่โลกได้ โดยตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่ได้ก็จะไปแสดงให้สอดคล้องกับตำแหน่งบนแผนที่

5. อุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสที่มีความสามารถเพิ่มเติม สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ครบทั้ง 4 ดวง โดยข้อมูลที่ได้จะแสดงถึงความสูงของตำแหน่งนั้นด้วย

6. ถ้าเกิดการเคลื่อนที่ขึ้น อุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสสามารถที่จะคำนวณความเร็วและทิศทางในการเคลื่อนที่ได้ และนอกจากนี้หากเป็นระบบในอุปกรณ์รับสัญญาณที่มีความสามารถสูงขึ้นไปอีกจะสามารถระบุสถานที่เป้าหมายที่ต้องการไปและคำนวณเวลาในการเดินทางได้อีกด้วย

2.3.2 ประโยชน์ของ จีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบันเราสามารถพูดได้เต็มปากเลยว่า จีพีเอส มีบทบาทอย่างมากในการดำเนินชีวิตในยุคที่มีดิจิทัลและอินเทอร์เน็ตไร้สาย ผู้คนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างสะดวกและเร็วรวดมาก ในอดีตมนุษย์เราจำเป็นต้องเดินทางไม่ว่าจะเป็นหาที่อยู่หาอาศัยหรือหาอาหาร บ้างก็ผลัดหลงบ้างก็เจอกับอันตรายจากภูมิประเทศที่ไม่คุ้นเคย

ปัจจุบันมนุษย์ก็ยังคงเดินทางเช่นกัน ไม่ว่าจะเดินทางเพื่อท่องเที่ยว ประกอบอาชีพเลี้ยงตัวเอง หรือด้วยเหตุผลต่างๆนาๆ แต่ด้วยเทคโนโลยีปัจจุบันทำให้คนในรุ่นเราไม่จำเป็นต้องหาเส้นทางหรือผลัดหลงเหมือนอย่างในอดีต ด้วยระบบ จีพีเอส ทำให้ทุกอย่างเป็นไปได้ง่ายขึ้นและคาดเดาได้ล่วงหน้า มันจึงเป็นประโยชน์อย่างมากหากเดินทางไปยังที่ที่ไม่คุ้นเคยหรือต้องการกำหนดจุดจุดหมายการเดินทาง

2.3.3 การนำจีพีเอสไปใช้งาน

ซึ่งในปัจจุบันได้มีการใช้ประโยชน์ของ จีพีเอส ในรูปแบบต่างๆคร่าวๆดังนี้

1. การกำหนดพิกัดของสถานที่ต่างๆ การทำแผนที่ รวมไปถึงการงานสำรวจที่โดยส่วนใหญ่ นิยมใช้อุปกรณ์ที่สามารถพกพาไปได้ง่าย คงทน กันฝุ่นและน้ำได้อย่างดี หรือแม้แต่ใช้เป็นไฟฉายได้ในที่มืด

2. ใช้ในการนำทาง การใช้งาน จีพีเอส ในการนำทางได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ซึ่งในปัจจุบันสามารถใช้งานได้ทั้งภาพ เสียง และรองรับได้หลายภาษา คนทั่วไปสามารถใช้งานได้สะดวกเพราะสามารถแสดงเป็นภาพสามมิติ ภาพเสมือนจริง และยังมีประสิทธิภาพอื่นๆอีกเช่น ระบบนำวิถีมีเดีย ระบบบลูทูธ หรือไวไฟ เป็นต้น

3. การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน การตั้งพิกัดสถานที่ การทำงานร่วมกับ ดาวเทียม จีพีเอส ร่วมไปถึงงานที่เกี่ยวข้องกับที่ดิน เป็นต้น

4. การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน การตั้งพิกัดสถานที่ การทำงานร่วมกับดาวเทียม จีพีเอส ร่วมไปถึงงานที่เกี่ยวข้องกับที่ดิน เป็นต้น

5. การกำหนดจุดเพื่อบรรเทาสาธารณภัย เช่น จุดปลอดภัยหรือจุดหลบภัย จุดอำนวยความสะดวก หรือจุดป้องกันอุบัติเหตุที่ติดเครื่องส่งสัญญาณจีพีเอส

6. การจัดการขนส่ง ไม่ว่าจะขนส่งสินค้า หรือบริการต่างๆ ก็สามารถทำได้อย่างเป็นระบบและแม่นยำ

7. การติดตามอาชญากรรม ไม่ว่าจะเป็นการปล้น หรือการค้ายาเสพติดก็สามารถนำ จีพีเอส มาใช้งานร่วมได้

8. การติดตามบุคคล ในด้านการกำกับตามกระบวนการยุติธรรม ผู้ต้องหา ผู้ต้องโทษ หรือบุคคลที่ต้องจับตามอง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.การใช้ประโยชน์ทางด้านการทหาร การกำหนดรายละเอียดสถานที่ ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากในด้านการทหาร การสอดแนม เป็นต้น

10.ใช้งานด้านสุขภาพและการกีฬา การวัดความเร็วเพื่อใช้ในการฝึกฝน ระยะทาง ซึ่งนำไปใช้ร่วมกับการคำนวณการเผาผลาญแคลอรีได้อีกด้วย

11.กิจกรรมสันตนาการ เช่นการกำหนดจุดกิจกรรม จุดรวมกลุ่ม การวัดความเร็วการแข่งขัน การเดินป่า การบันทึกเส้นทาง จุด check point หรือใช้กับเครื่องบิน, รถบังคับวิทยุระบบควบคุมที่สามารถติดตามได้

12.การค้าขาย การเดินเรือสินค้า การบอกพิกัดร้านค้า หรือตำแหน่งระบุจากรูปภาพ การโฆษณาซื้อเชิญโดยระบุตำแหน่งพื้นที่ได้อย่างชัดเจน

13.การติดตามยานพาหนะ สิ่งของ หรือบุคคล ช่วยให้ติดตามหรือเช็คประวัติการเดินทาง ซึ่งจะช่วยให้ป้องกันการโจรกรรมและติดตามทรัพย์สินให้กู้คืนกลับมาได้

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current motor) หรือเรียกว่า ดี.ซี มอเตอร์ (D.C. MOTOR) เป็นเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล มีทั้งชนิดกระตุ้นฟลักซ์จากภายนอก (Separated excited motor) และชนิดกระตุ้นฟลักซ์ด้วยตัวเอง (Self excited motor) โดยคุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะสามารถปรับความเร็วรอบได้หลายความเร็ว ตั้งแต่ความเร็วต่ำจนถึงความเร็วสูงสุดที่มอเตอร์ตัวนั้นจะทำได้



รูปที่ 2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.4.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current motor) เมื่อแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะไหลเข้าแปรงผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์ สร้างสนามแม่เหล็ก และอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปที่ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือและขั้วใต้ขึ้น จนเกิดสนามแม่เหล็กในขณะเดียวกัน แม่เหล็กจะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกันและทิศทางเดียวจะเสริมแรงกัน ทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์เมเจอร์ ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ อาร์เจอร์ที่หมุนนี้เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor)

2.4.2 องค์ประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

D.C. MOTOR มีองค์ประกอบของตัวมอเตอร์ไฟฟ้า 2 ส่วนหลักๆ ด้วยกันคือ

1. สเตเตอร์ (Stator) เป็นส่วนที่อยู่กับที่ ประกอบด้วยโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจร และยึดส่วนประกอบอื่น ๆ ให้แข็งแรง สเตเตอร์ทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กเหนียว รูปทรงกระบอก มีลักษณะเป็นขั้วแม่เหล็กยื่นทำด้วยเหล็กแผ่นบาง ๆ เคลือบด้วยฉนวนเรียงซ้อนกัน ผิวด้านหน้าเป็นรูปโค้งรับกับทรงกลมของอาร์เมเจอร์ และที่แกนเหล็กจะพันด้วยขดลวดทองแดงทำหน้าที่รับกระแสไฟฟ้าจากภายนอก เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้น อาจจะมี 2 ขั้ว 4 ขั้ว หรือหลายขั้วขึ้นอยู่กับการออกแบบมอเตอร์ นอกจากนั้นยังมีแปรงถ่านและช่องติดตั้งไว้สัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ ทำหน้าที่รับกระแสไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์เพื่อเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล โดยมีฝาปิดหัวท้ายสำหรับรองรับแปรง และเพลลาอีกด้วย

2. ตัวหมุนหรืออาร์เมเจอร์ มีลักษณะเป็นท่อนทรงกระบอก ทำด้วยแกนเหล็กแผ่นบาง ๆ อัดซ้อนกันที่ผิวด้านหน้าของทรงกระบอก

2.4.3 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1. มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor) คือมอเตอร์ที่ขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรมกับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์มีลักษณะเด่นคือให้แรงบิดสูง ส่วนใหญ่นำไปใช้กับรถไฟไฟฟ้า เครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร ส่วนไฟฟ้าจักรเย็บผ้า เครื่องเป่าผม มอเตอร์ประเภทนี้เหมาะกับงานหนัก อย่างไรก็ตามมอเตอร์ชนิดนี้ เมื่อไม่มีโหลดรอบจะสูงมาก ดังนั้นเวลาสตาร์ทมอเตอร์จึงจำเป็นต้องต่อโหลดไว้เสมอ

2. มอเตอร์แบบขนาน (Shunt Motor) คือขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่อขนานกับขดลวดชุดอาร์เมเจอร์ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้มีลักษณะเด่นที่ให้ความเร็วรอบคงที่ มีแรงบิดตอนเริ่มหมุนต่ำ

3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor) เป็นมอเตอร์ที่ประกอบด้วยขดลวดสนามแม่เหล็ก 2 ชุด คือ ขดลวดขนานและขดลวดอนุกรม ซึ่งสนามแม่เหล็กจากขดลวดทั้ง 2 ชุดจะ

เสริมกัน และเมื่อโหลดเพิ่มขึ้น กระแสที่ไหลผ่านขดลวดขานานก็จะลดลง แต่กระแสที่ไหลผ่านขดลวดอนุกรมจะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สนามแม่เหล็กมีความเข้มมากขึ้น ซึ่งจะท าให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นกับขดลวดทั้ง 2 ขดลวดมีการชดเชยกัน ส่งผลให้สนามแม่เหล็กคงที่ โดยน ำข้อดีของมอเตอร์ไฟฟ้า 2 แบบแรกมาผสมกัน จะท ำให้มีคุณลักษณะพิเศษคือมีแรงบิดสูง (High starting torque) แต่ให้ความเร็วรอบที่คงที่ ขณะยังไม่มีโหลดจนกระทั่งมีโหลดเต็มที่

2.5 เซอร์โวมอเตอร์

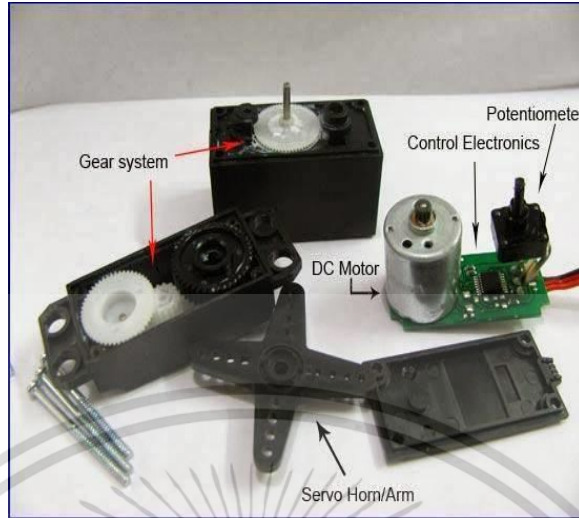
เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เป็นมอเตอร์ที่มีการควบคุมการเคลื่อนที่ของมัน (State) ไม่ว่าจะ เป็นระยะ ความเร็ว มุมการหมุน โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback control) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกล หรือระบบการทำงานนั้นๆ ให้เป็นไปตามความต้องการ เช่น ควบคุมความเร็ว (Speed), ควบคุมแรงบิด (Torque), ควบคุมแรงตำแหน่ง (Position), ระยะทางในการเคลื่อนที่ (หมุน) (Position Control) ของตัวมอเตอร์ได้ ซึ่งมอเตอร์ทั่วไปไม่สามารถควบคุมในลักษณะงานเบื้องต้นได้ โดยให้ผลลัพธ์ตามความต้องการที่มีความแม่นยำสูง



รูปที่ 2.3 เซอร์โวมอเตอร์

2.5.1 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor) ชุดเฟืองทดรอบ (Gear system) วอลุ่ม (Potentiometer หรือ VR) และวงจรควบคุม (Control Electronics)



รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของเซอร์โวมอเตอร์

หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์เริ่มที่วงจรควบคุม เมื่อวงจรควบคุมได้รับข้อมูลองศาที่ต้องการมาแล้ว วงจรควบคุมจะคำนวณว่ามอเตอร์จะต้องหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา หรือทวนเข็มนาฬิกา เพื่อให้ไปสู่องศาที่ต้องการได้ เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุน ตัววอลุ่มที่ติดอยู่กับชุดเฟืองมอเตอร์จะตรวจสอบตำแหน่งที่มอเตอร์หมุนไป โดยหากวอลุ่มตรวจพบว่าตำแหน่งที่มอเตอร์หมุนเริ่มใกล้กับองศาที่ผู้ใช้กำหนด วงจรส่วนควบคุมจะเริ่มสั่งให้มอเตอร์หมุนช้าลงเพื่อให้หมุนเข้าใกล้องศาที่กำหนดได้มากที่สุด เมื่อมอเตอร์หมุนได้ตำแหน่งองศาที่ต้องการแล้ว วงจรส่วนควบคุมจะตรวจสอบตำแหน่งของมอเตอร์เป็นระยะ ๆ โดยอ่านค่าจากวอลุ่ม หากตรวจพบว่าตำแหน่งผิดเพี้ยนไปจากค่าที่ตั้งไว้ (อันอาจเกิดจากผู้ใช้อเอามือไปหมุนเล่น หรือภาระส่งผลให้ตำแหน่งเคลื่อน) วงจรควบคุมก็จะสั่งให้มอเตอร์หมุนกลับมาให้ได้ตำแหน่งเป็นระยะ ๆ

2.5.2 ชนิดของเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1. เซอร์โวมอเตอร์ 180 องศา

เป็นเซอร์โวมอเตอร์ที่นิยมใช้งานทั่วไป มีหลายรุ่น หลายขนาด และหลายราคา สามารถควบคุมให้หยุดได้ตามองศาที่ต้องการ โดยหมุนได้ 0 ถึง 180 องศา (ในบางรุ่นหมุนได้สุดที่ประมาณ 200 องศา)

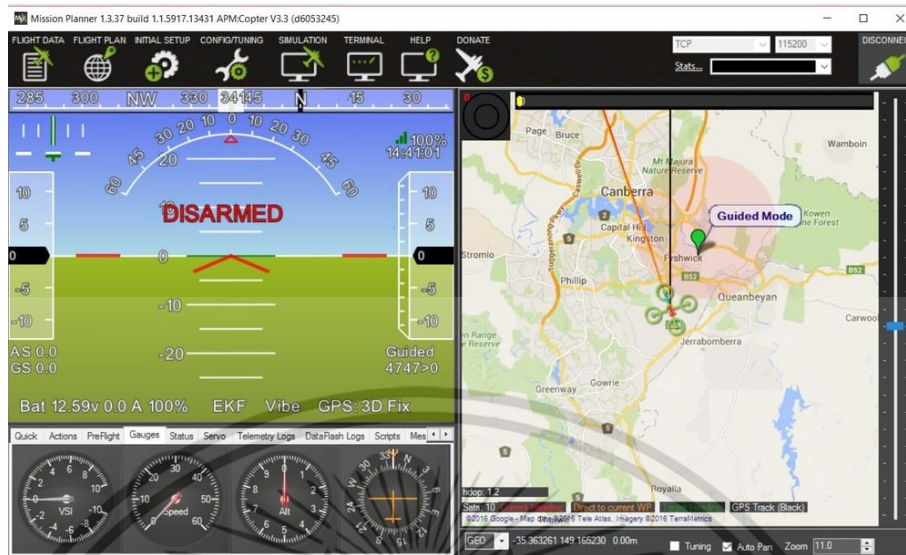
2. เซอร์โวมอเตอร์ 360 องศา

เป็นเซอร์โวมอเตอร์ที่ส่วนใหญ่ดัดแปลงมาจากแบบ 180 องศา โดยดัดแปลงวงจรควบคุม และตัดแกนหรือนำเอาออลุ่มออก เพื่อให้เซอร์โวมอเตอร์สามารถหมุนได้ครบรอบ เซอร์โวมอเตอร์ชนิดนี้ไม่สามารถควบคุมองศาได้ ควบคุมได้แค่ความเร็ว และทิศทางการหมุนเท่านั้น นิยมนำมาใช้เป็นมอเตอร์สำหรับรถบังคับ รถวิ่งตามเส้น เพราะอาศัยชุดเฟืองที่เซอร์โวมอเตอร์มีอยู่แล้ว ทำให้ได้แรงบิดที่มากกว่ามอเตอร์กระแสตรงปกติ รวมทั้งการควบคุมยังไม่ต้องใช้อุปกรณ์เซอร์โวแยก ทำให้ลดความยุ่งยากในการต่อวงจรไปได้มาก รวมทั้งประหยัดค่าใช้จ่ายด้วย

2.6 มิชชั่นแพลนเนอร์

มิชชั่นแพลนเนอร์ (มิชชั่นแพลนเนอร์) เป็นสถานีควบคุมภาคพื้นดินสำหรับเครื่องบิน คอปเตอร์ และโรเวอร์ เข้ากันได้กับระบบปฏิบัติการวินโดวส์เท่านั้น มิชชั่นแพลนเนอร์สามารถใช้เป็นยูทิลิตี้การกำหนดค่าหรือเป็นส่วนเสริมการควบคุมแบบไดนามิกสำหรับยานพาหนะอัตโนมัติ นี่เป็นเพียงบางสิ่งที่สามารถทำได้ด้วย มิชชั่นแพลนเนอร์:

1. โหลดเฟิร์มแวร์ (ซอฟต์แวร์) ลงในบอร์ดควบคุมอัตโนมัติ (เช่น Pixhawk series) ที่ใช้ควบคุมยานพาหนะ
2. ตั้งค่า กำหนดค่า และปรับแต่งยานพาหนะเพื่อประสิทธิภาพสูงสุด
3. วางแผน บันทึกลง และโหลดภารกิจอัตโนมัติลงในระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติด้วยการเข้าจุดอ้างอิงแบบชี้แล้วคลิกง่ายๆ บน Google หรือแผนที่อื่นๆ
4. ดาวน์โหลดและวิเคราะห์บันทึกภารกิจที่สร้างโดยนักบินอัตโนมัติ
5. อินเทอร์เฟซกับเครื่องจำลองการบิน PC เพื่อสร้างเครื่องจำลอง UAV แบบฮาร์ดแวร์ในลูปด้วยฮาร์ดแวร์การวัดและส่งข้อมูลทางไกลที่เหมาะสม ได้แก่
 - 5.1 ตรวจสอบสถานะรถขณะใช้งาน
 - 5.2 บันทึกบันทึก telemetry ซึ่งมีข้อมูลเพิ่มเติมในบันทึก autopilot บนเครื่อง
 - 5.3 ดูและวิเคราะห์บันทึก telemetry
 - 5.4 ควบคุมยานพาหนะในมุมมองบุคคลที่หนึ่ง



รูปที่ 2.5 โปรแกรมมิชชั่นแพลนเนอร์

2.7 รีโมทคอนโทรล

รีโมทคอนโทรล (Remote Control) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ใช้ทำหน้าที่ส่งงาน อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆจากระยะไกล อาจจะห่างจากเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมเพียงเล็กน้อย เช่น ภายในระยะ 1-30 เมตรหรือรีโมทบางตัวสามารถ ส่งงานได้ไกลเป็นระยะทางหลายกิโลเมตร ก็ได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบ

ตัวรีโมทจะส่งงานได้ต้องประกอบด้วย 2 สิ่งคือ รหัสและตัวส่งสัญญาณรหัสออกไป

1. รหัส(code)จะเป็นสัญญาณแบบดิจิทัล ซึ่งจะส่งออกไปได้ต้องมีพาตัวออกไปหากจะอธิบายให้เข้าใจง่ายๆให้นึกถึงการรับส่งวิทยุ ตัวรหัสหมายถึงรายการต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลาเช่น เราเปิดวิทยุรับฟังรายการจากวิทยุกรมประชาสัมพันธ์ความถี่ 92.5 MHz หากเราฟังคลื่นนี้ทั้งวันไม่หมุนความถี่อื่นเลยเราจะพบว่าแต่ละช่วงเวลารายการวิทยุจะเปลี่ยนไปเรื่อยๆ ทุกรูปแบบที่ทางสถานีต้องการนำเสนอ จะมีทั้งเพลง ข่าวสาร สารคดี ฯลฯ

2. ตัวพาสัญญาณออกไป(Carrier) เป็นสื่อกลางหรือตัวเชื่อมพารหัสออกไปสู่ตัวรับเพื่อถอดรหัสและใช้รหัสที่ถอดได้ไปควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ หรือหากเป็นเครื่องรับวิทยุก็คือ เสียงที่เราได้ยินออกมาจากลำโพงนั่นเอง

ตัวพาสัญญาณ ในปัจจุบันพบอยู่ใน 3 ลักษณะคือ

- 2.1 แบบใช้สายนำสัญญาณ วิธีนี้ใช้ส่งรหัสผ่านสายตัวนำหรือนำสัญญาณโดยตรง

2.2 แบบใช้แสงเป็นตัวพาไป วิธีนี้ใช้ในการส่งรหัสเข้ากับแสง อาจจะเป็นแสงที่ตามนุษย์มองเห็นเช่น การสื่อสารผ่านใยแก้วหรือแสงที่ตาเรามองไม่เห็นคือแสงอินฟราเรด(infrared)เช่น รีโมททีวี

2.3 แบบใช้คลื่นวิทยุเป็นตัวพาไป วิธีนี้ใช้ในการผสมรหัสเข้ากับความถี่วิทยุเช่น สถานีวิทยุ ทั้งแบบเอเอ็ม (AM) และเอฟเอ็ม (FM)การส่งโทรทัศน์ รีโมทควบคุมการเปิดปิดประตูไฟฟ้าที่บ้านและรถยนต์รีโมทที่ควบคุมของเล่นที่ใช้คลื่นวิทยุ เป็นต้นเฉพาะการส่งด้วยคลื่นวิทยุ เมื่อจะรับสัญญาณจะต้องปรับเครื่องรับให้ความถี่ตรงกับความถี่ที่เครื่องส่ง ส่งออกออกมาด้วย เช่นหากต้องการรับฟังวิทยุจากกรมประชาสัมพันธ์ต้องปรับความถี่เครื่องรับวิทยุไปที่92.5MHZจึงจะรับฟังได้หากทำการปรับความถี่ไปที่ 102MHZ จะกลายเป็นรับฟังรายการของสถานีอื่นไปไม่ใช่กรมประชาสัมพันธ์



รูปที่ 2.6 รีโมทคอนโทรล

2.8 Pixhawk

Pixhawk ถูกพัฒนาขึ้นโดย Lorenz Meier จากมหาวิทยาลัย ETH Zurich (Swiss Federal Institute of Technology in Zurich) ในปี 2009 แสดงในรูป 2.8 โดยเป็นบอร์ดที่ประกอบ Flight management unit และ Inout/Output โดยมีสิ่งอำนวยความสะดวกทางการบินครบครัน อาทิ เซนเซอร์ตรวจวัดท่าทางการบิน เซนเซอร์ตรวจวัดความสูง ระบบติดต่อสื่อสารระหว่างอากาศยาน และภาคพื้น อีกทั้งสามารถติดตั้ง จีพีเอส สำหรับระบุตำแหน่ง ติดตั้ง Optical flow สำหรับเพิ่มความแม่นยำในการรักษาตำแหน่งเมื่อทำการบินในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 Pixhawk

2.9 แอลอีดี

แอลอีดี คือ (Light Emitting Diode) หรือ ‘ไดโอดชนิดเปล่งแสง’ ที่สามารถนำไปติดตั้งในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อแสดงสถานะ รวมถึงเพื่อใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงแบบต่าง ๆ ซึ่งที่เราคุ้นเคยกันมากที่สุดก็คือ หลอดไฟ แอลอีดี ที่มีหลากหลายรูปทรงให้เลือกใช้งานนั่นเอง

หลอดไฟ แอลอีดี ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) 2 ชนิดมาวางติดกัน ซึ่งประกอบด้วย 1. ส่วนที่เป็นขั้วบวก (Positive Type) 2. ส่วนที่เป็นขั้วลบ (Negative Type) โดยส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างสารกึ่งตัวนำขั้วบวกและขั้วลบ เรียกว่า P-N Junction เมื่อปล่อยกระแสไฟไหลผ่านสารกึ่งตัวนำทั้ง 2 แล้ว อิเล็กตรอนอิสระที่อยู่ในฝั่งขั้วลบ (N-Type) จะวิ่งไปที่ฝั่งขั้วบวก (P-Type) และปล่อยแสงสว่างออกมา

สีของแสงสว่างที่เกิดขึ้นนั้นจะขึ้นอยู่กับสารตั้งต้นที่นำมาใช้เพื่อทำเป็นสารกึ่งตัวนำ เช่น หากใช้

- AllnGaP : Aluminum, Indium, Gallium Phosphorus จะได้แสงสีแดงส้ม
- InGaN : Indium, Gallium and Nitrogen จะได้แสงสีฟ้า

2.9.1 ข้อดีของหลอดไฟ แอลอีดี

1. ความสว่างมากกว่าหลอดไส้แบบเดิม
2. แสงสว่างส่องแบบมีทิศทางชัดเจน
3. ทนทานใช้งานได้ยาวนาน
4. เสื่อมสภาพช้า แสงไฟลดลงน้อยตลอดอายุการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เปิดไฟแล้วสว่างทันที
6. ไม่ปล่อยรังสี UV
7. ไม่แผ่รังสีความร้อน
8. ไม่มีสารปรอท
9. ทนต่อแรงสั่นสะเทือน



2.10 อาร์ดูโน้

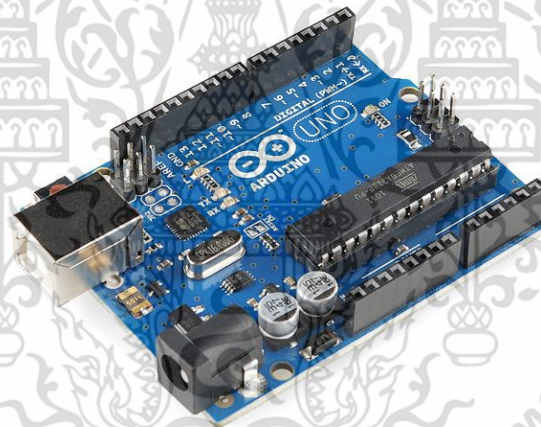
อาร์ดูโน้ เป็นบอร์ดอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กประเภท ประแรงดันควบคุมโดยอัตโนมัติ โดยมีการพัฒนาแบบเปิดเผยแพร่ระบบการทำงาน ตัวบอร์ด อาร์ดูโน้ ได้ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย จึงเหมาะสมกับ ผู้ไม่เคยใช้งานและสามารถต่อยอดตัวบอร์ดต่อไปได้

2.10.1 โครงสร้างของบอร์ด อาร์ดูโน้ Uno R3

อาร์ดูโน้ Uno เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ ATmega328 (แผ่นข้อมูล) มีอินพุต / เอาต์พุต 14 อินพุต (6 สามารถใช้เป็นเอาต์พุตPWM), 6 อินพุตแบบอนาล็อก, ตัวเรโซเนเตอร์เซรามิก 16 MHz, การเชื่อมต่อ USB, แจ็คไฟ, ส่วนหัว ICSP และปุ่มรีเซ็ต มันมีทุกอย่างที่จำเป็นในการสนับสนุน ไมโครคอนโทรลเลอร์เพียงเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสายเคเบิล USB หรือใช้อะแดปเตอร์หรือแบตเตอรี่ AC-to-DC เพื่อเริ่มต้นใช้งานUno แตกต่างจากบอร์ดก่อนหน้านี้ทั้งหมดเนื่องจากไม่ได้ใช้ชิปควบคุม USB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบอนุกรมของ FTDI แต่มีคุณลักษณะของ Atmega1602 (Atmega8U2 ถึงเวอร์ชัน R2) ซึ่งได้รับการตั้งโปรแกรมเป็นตัวแปลงสัญญาณแบบ USB-to-serial Revision 2 ของบอร์ด Uno มีตัวต้านทานดึงสาย HWB 8U2 ไปยังพื้นทำให้ง่ายต่อการใส่ลงในโหมด DFU Revision 3 ของบอร์ดมีคุณสมบัติใหม่ดังต่อไปนี้ 1.0 pinout เพิ่มหมุด SDA และ SCL ที่อยู่ใกล้กับหมุด AREF และอีก 2 หมุดใหม่ที่วางอยู่ใกล้กับขา RESET IOREF ที่อนุญาตให้ใส่ปรับให้เข้ากับแรงดันไฟฟ้าที่จัดหามาจากบอร์ดในอนาคตใส่จะเข้ากันได้กับทั้งบอร์ดที่ใช้ AVR ซึ่งทำงานร่วมกับ 5V และด้วย อาร์ดูโน้ Due ที่ทำงานกับ 3.3V ที่สองคือขาที่ไม่ได้เชื่อมต่อซึ่ง สงวนไว้สำหรับวัตถุประสงค์ในอนาคตวงจร RESET ที่แข็งแกร่งขึ้น Atmega1602 เปลี่ยน 802"Uno หมายถึงภาษาอิตาลีและมีชื่อว่า อาร์ดูโน้ 1.0 Uno และเวอร์ชัน 1.0 จะเป็นเวอร์ชันอ้างอิงของ อาร์ดูโน้ ก้าวไปข้างหน้า Uno เป็นชุดบอร์ด USB อาร์ดูโน้ รุ่นล่าสุดและ เป็นโมเดลอ้างอิงสำหรับแพลตฟอร์ม อาร์ดูโน้, สำหรับการเปรียบเทียบกับรุ่นก่อนหน้าดูดัชนีของบอร์ด อาร์ดูโน้



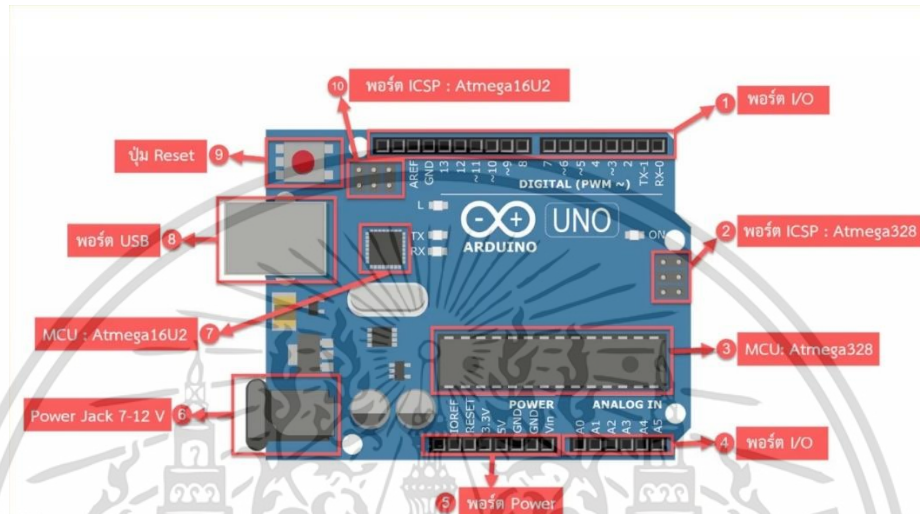
รูปที่ 2.9 อาร์ดูโน้ Uno R3

2.10.2 โครงสร้างเสริมของ อาร์ดูโน้ Uno R3

อาร์ดูโน้ Uno R3 คำว่า Uno เป็นภาษาอิตาลี ซึ่งแปลว่าหนึ่งเป็นบอร์ด อาร์ดูโน้ รุ่นแรก ที่ผลิตออกมามีขนาดประมาณ 68.6x53.4 mm. เป็นบอร์ดมาตรฐานที่นิยมใช้งานมากที่สุดเนื่องจากเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการเริ่มต้นเรียนรู้ อาร์ดูโน้ และมี Shields ให้เลือกใช้งานได้มากกว่าบอร์ด อาร์ดูโน้ รุ่นอื่นๆที่ออกแบบมา เฉพาะมากกว่า โดยบอร์ด อาร์ดูโน้ Uno ได้มีการพัฒนาเรื่อยมา ตั้งแต่ R2 R3 และ รุ่นย่อยที่เปลี่ยนชิปไอซีเป็นแบบ SMD เป็นบอร์ด อาร์ดูโน้ ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดเนื่องจากราคาไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผง และส่วนใหญ่โปรเจค และไลบรารี ต่างๆที่พัฒนาขึ้นมาสนับสนุนจะอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก และ ข้อดีอีกอย่างคือกรณีที่อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก เสียผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่าย อาร์ดูโน้ Uno R3 มี อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ที่เป็น Package DIP



รูปที่ 2.9 โครงสร้าง อาร์ดูโน้ Uno R3

1. I/O Port: Digital I/O เป็นพอร์ตเอาพุตที่ใช้ต่อไปใช้งานร่วมกับตัวอุปกรณ์ที่ใช้งานร่วมกัน
2. ICSP Port: Atmega328 เป็นช่องเชื่อมต่อที่ใช้โหลดข้อมูลระบบปฏิบัติการ
3. อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก: Atmega328 เป็นอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กที่ใช้บนตัวอาร์ดูโน้
4. I/O Port: เป็นดิจิตอลอินพุต เอาพุต สามารถเป็นช่องรับสัญญาณอนาล็อกที่ขา A0-A5
5. Power Port: เป็นตัวรับและจ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรโดยรวมของอาร์ดูโน้
6. Power Jack: ไฟเลี้ยงจากอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับส่วนที่มีแบบแตกต่างเพื่อให้เข้ากันได้กับอุปกรณ์ต่างๆ โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V.
7. อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก: ของ Atmega16U2 เป็นอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับคอมพิวเตอร์ ผ่าน Atmega16U2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. USB Port: ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการอัปเดตโปรแกรมเข้าอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กและใช้จ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก

9. Reset Button: เป็นปุ่มรีเซ็ตเพื่อเริ่มการทำงานใหม่



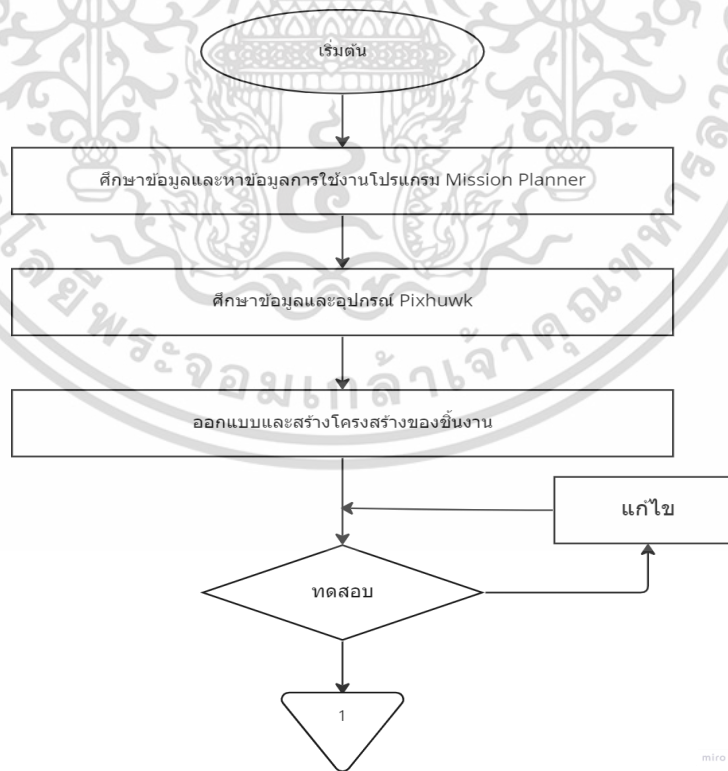
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

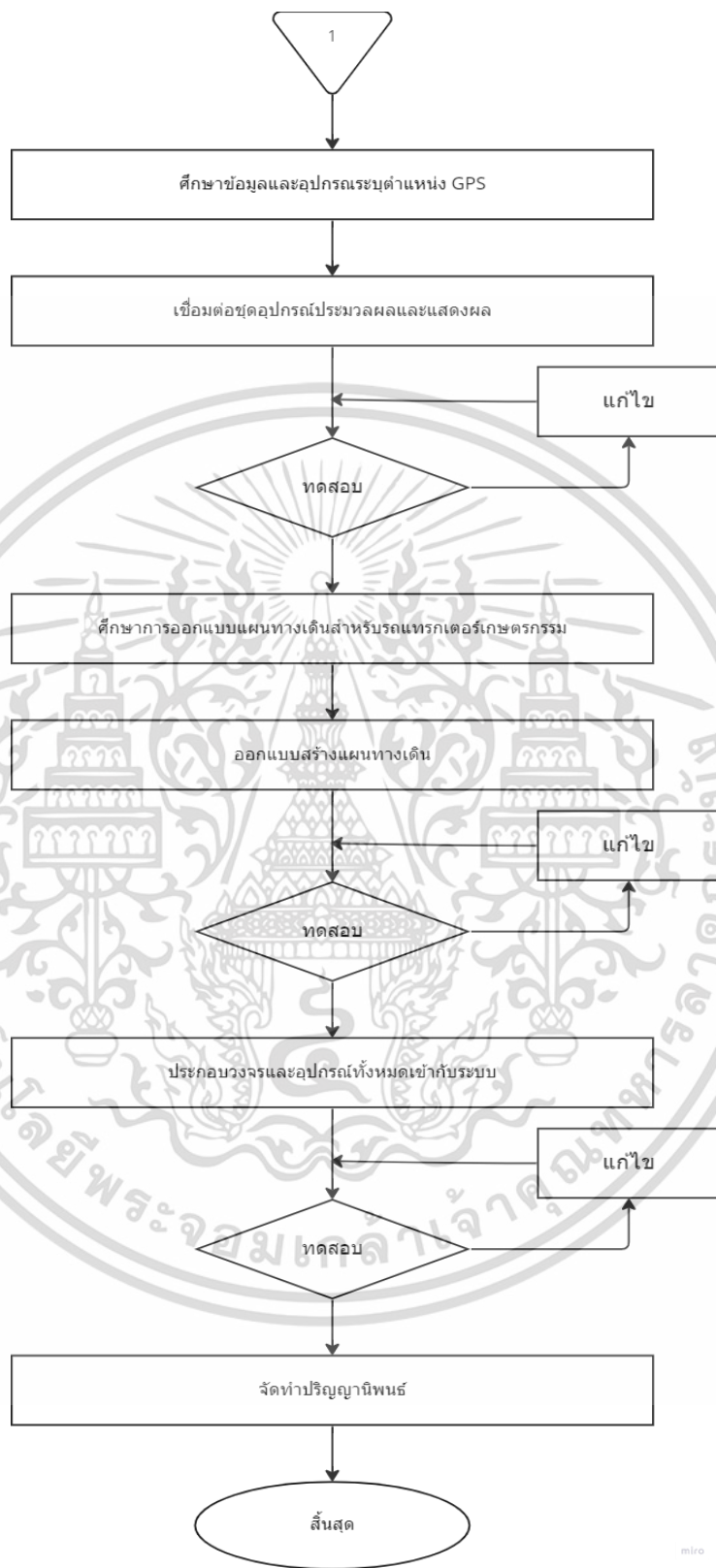
3.1 การวางแผนการดำเนินงาน

แผนผังการดำเนินงานของการวางแผนทางเดิน และนำทางเดินสำหรับรถแทรกเตอร์เกษตรกรรม โดยใช้จีพีเอสเป็นตัวระบุตำแหน่ง เป็นการแสดงขั้นตอนในการดำเนินงานโดยสรุป เพื่อให้เป็นภาพรวมในการดำเนินการจัดทำโครงการ ซึ่งแผนผังของขั้นตอนการดำเนินงานได้กำหนดไว้ดังรูปที่ 3.1 ในส่วนของขั้นตอนการออกแบบนี้จะประกอบไปด้วยการศึกษาการใช้งานโปรแกรม มิซชันแพลนเนอร์, การใช้งาน Pixhawk, การออกแบบโครงสร้างของชิ้นงาน, การระบุตำแหน่งของจีพีเอส และการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในโครงการเข้าด้วยกัน เพื่อที่จะนำมาสร้างตัวโครงการออกมา จากนั้นทำการศึกษาข้อมูลและทดสอบออกแบบในส่วนของชุดประมวลผลและแสดงผล โดยนำสัญญาณที่ได้จากตัวจีพีเอสมาระบุตำแหน่งที่อยู่ของตัวชิ้นงาน แล้วใช้ตัว Pixhawk เป็นตัวกลางในการควบคุม จากนั้นใช้โปรแกรม มิซชันแพลนเนอร์ ในการเขียนและกำหนดแผนเส้นทาง เพื่อสั่งตัว Pixhawk ให้มอเตอร์ของตัวชิ้นงานเคลื่อนที่ไปตามทางเดินที่เราได้ทำการกำหนดไว้แล้วนั่นเอง



รูปที่ 3.1 ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล

ขั้นตอนในการศึกษาข้อมูล เป็นขั้นแรกที่ต้องกระทำ โดยการศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับตัวโครงการและแนวทางในการสร้างตัวโครงการขึ้นมา ซึ่งเราจะขบออกกล่าวถึงลำดับขั้นตอนการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของโครงการดังต่อไปนี้

ศึกษารายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับตัวโปรแกรม มิซชันแพลนเนอร์ หลักการใช้งาน วิธีเชื่อมต่อเข้ากับตัวอุปกรณ์ต่างๆ วิธีการเขียนและกำหนดเส้นทางเดินให้กับตัวหุ่นงาน ว่าต้องเขียนหรือวางแผนทางเดินอย่างไรเพื่อที่จะได้เลือกเส้นทางได้อย่างเหมาะสม

ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับตัว จีพีเอส ที่นำมาใช้ในการระบุตำแหน่ง ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาโครงสร้าง และรายละเอียดต่าง ๆ ของตัว จีพีเอส เพื่อจะได้ทราบวิธีที่จะทำให้ตัว จีพีเอส ให้ระบุตำแหน่งได้อย่างแม่นยำ

ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับชุดประมวลผลในปริศญาณิพนธ์ฉบับนี้จะใช้ Pixhawk เป็นชุดประมวลผลซึ่งต้องนำมาใช้ร่วมกับโปรแกรม มิซชันแพลนเนอร์ ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาโครงสร้างภายใน และรายละเอียดต่างๆ ในตัว Pixhawk เพื่อที่จะได้ทราบหลักการทำงานได้อย่างไร แล้วจะได้นำมาออกแบบการสร้างในภาคต่อ ๆ ไป

ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับส่วนแสดงผล โดยจะเป็นส่วนของมอเตอร์ขับเคลื่อน และเซอร์โวมอเตอร์ควบคุมทิศทาง เป็นส่วนแสดงผล ซึ่งต้องศึกษาทั้งหลักการทำงาน โครงสร้างภายใน เพื่อที่จะออกแบบส่วนแสดงผลให้มีความเหมาะสม

3.3 ขั้นตอนการออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์

3.3.1 การออกแบบและเลือกใช้งาน จีพีเอส

จากความรู้ที่ได้จากการศึกษาเรื่อง จีพีเอส ทำให้ผู้จัดทำทราบว่าพื้นที่แต่ละตำแหน่งของภูมิภาคประเทศนั้น มีผลต่อความแม่นยำของ จีพีเอส โดยผู้จัดทำจึงได้ทำการศึกษา ระบบ RTK ที่เป็นส่วนช่วยให้ตัว จีพีเอส มีความแม่นยำมากขึ้น เพราะตัว จีพีเอส ที่ทางผู้จัดทำเลือกใช้นั้นมีราคาไม่ค่อแพง ง่ายต่อการใช้งาน เพียงแค่เชื่อมต่อกับตัว Pixhawk ก็สามารถใช้งานได้แล้ว อีกทั้งคุณทรัพย์ที่มีอย่างจำกัด จึงจำเป็นต้องเลือกใช้ตัว จีพีเอส ตัวนี้



รูปที่ 3.3 จีพีเอส M8N

3.3.2 การออกแบบและการสร้างระบบควบคุมและการแสดงผล

3.3.2.1 Pixhawk

เลือกใช้ Pixhawk 32bit รุ่น 2.4.8 จำนวนหนึ่งตัว เนื่องจากมีฟังก์ชัน Ardupilot ที่ผู้จัดทำต้องการนำมาใช้งานในระบบ เชื่อมต่อแบบไร้สายโดยต่อเข้ากับตัว Telemetry V5 เพื่อเป็นตัวเชื่อมต่อเข้ากับตัวคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมแบบไร้สายและทำการต่อใช้งานร่วมกับรีโมทคอนโทรล โดยต่อเข้ากับตัว FS-IA6B ที่เป็นตัวรับสัญญาณของรีโมทคอนโทรล ทำให้ง่ายต่อการใช้งาน โดยจะทำการเขียนหรือวาดแผนทางเดินผ่านโปรแกรม มิชชั่นแพลนเนอร์ ทำให้ผู้จัดจึงทำเลือก Pixhawk 32bit รุ่น 2.4.8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 Pixhawk รุ่น 2.4.8

3.3.2.2 รีโมทคอนโทรล

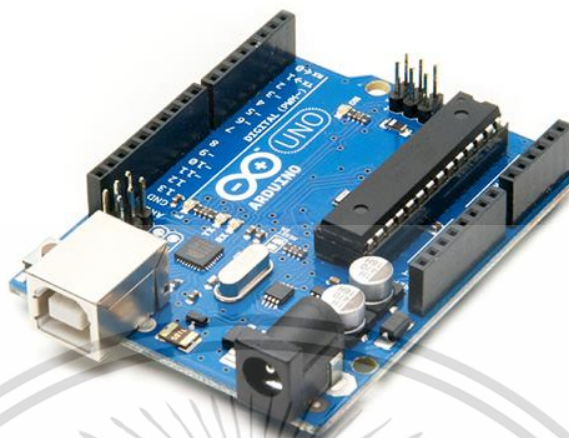
เลือกใช้ Flysky รุ่น FS-i6 จำนวนหนึ่งตัว เนื่องจากทำงานในช่วงความถี่ 2.405 ถึง 2.475GHz แยกนี้แบ่งออกเป็น 142 ช่องอิสระระบบวิทยุแต่ละระบบใช้ช่องสัญญาณที่แตกต่างกัน 16 ช่องสัญญาณและอัลกอริทึมกระโดด 160 ประเภทที่แตกต่างกัน ระบบวิทยุนี้ใช้เสาอากาศหลายทิศทางที่มีไกลสูงและมีคุณภาพสูงครอบคลุมย่านความถี่ทั้งหมด เมื่อเกี่ยวข้องกับเครื่องรับความไวสูงระบบวิทยุนี้รับประกันการส่งสัญญาณวิทยุระยะไกลที่ไม่ติดขัด ทำให้ผู้จัดจึงทำเลือก Flysky รุ่น FS-i6



รูปที่ 3.5 Flysky รุ่น FS-i6

3.3.2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์

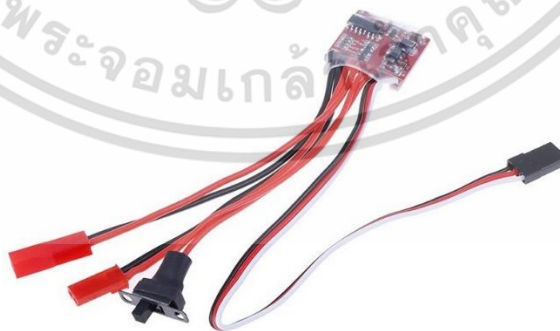
เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ อาร์ดูโน้ รุ่น Uno R3 จำนวนหนึ่งตัว เนื่องจาก มีฟังก์ชัน Library ที่เราต้องการเพื่อจะนำมาใช้งานในระบบ โดยเพื่อที่จะทำการเขียนโปรแกรมลงไปในอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก นั้นเราสามารถที่จะต่อสาย RS232 ได้เลยเนื่องจาก อาร์ดูโน้ Uno R3 มี port USB รองรับ ทำให้ เราไม่ต้องใช้โปรแกรมอื่นรองรับการทำงานร่วมกันของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และคอมพิวเตอร์ ทำให้ ใช้งานได้ง่าย โดยเราเลือกที่จะเขียน ภาษา C อาร์ดูโน้ ซึ่งเขียนผ่าน โปรแกรม อาร์ดูโน้ IDE เพราะเป็น ภาษาที่เข้าใจง่ายและไม่มีความซับซ้อนมากนัก โดยมีช่องรองรับ input ที่มีจำนวนพอต่อความต้องการ แล้วทางผู้จัดทำจึงได้เลือก อาร์ดูโน้ รุ่น อาร์ดูโน้ Uno R3 ตัวนี้



รูปที่ 3.6 อาร์ดูโน้ Uno R3

3.3.2.4 การเลือกไดรฟ์มอเตอร์

เนื่องจากการที่ Pixhawk เพียงลำพังแล้วไม่สามารถที่จะควบคุมความเร็วมอเตอร์ได้เนื่องจาก Output ของ Pixhawk นั้นไม่สามารถที่จะจ่ายค่าแรงดันไฟฟ้าที่มีระดับต่างกันได้ เพราะตัวของมอเตอร์กระแสตรงนั้น มีความเร็วรอบของมอเตอร์จะเปลี่ยนไปตามระดับของแรงดันไฟฟ้าต่างกัน ทำให้ต้องมีอุปกรณ์ช่วยในการปรับกระแสแรงดันไปมา โดยได้เลือกที่จะใช้ RC ESC 20A เนื่องจากมีราคาที่ไม่แพงมากและรับแรงดันพอสำหรับการขับมอเตอร์ 3-6



รูปที่ 3.7 RC ESC 20A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การออกแบบและการสร้างส่วนแสดงผล

ตัวแสดงผลนั้นทางผู้จัดทำได้ทำการเลือกที่จะมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนตัวชิ้นงานให้ไปตามเส้นทางที่วาดไว้ อีกทั้งยังใช้ตัวเซอร์โวมอเตอร์เป็นตัวบังคับเลี้ยว

3.3.3.1 การเลือกมอเตอร์

เนื่องจากตัวชิ้นงานเป็นชิ้นงานขนาดเล็กไม่ใหญ่มาก จึงทำให้มอเตอร์ที่เป็นตัวขับเคลื่อนนั้น ใช้จำนวนแค่หนึ่งตัว โดยเลือกเป็น 3-6V DC Motor เนื่องจากเป็นมอเตอร์ที่หาได้ง่ายราคาไม่แพง ง่ายต่อการเปลี่ยนเมื่อเกิดการชำรุด รวมถึงก็มีแรงขับเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่เพียงพอแล้ว



รูปที่ 3.8 DC Motor 3-6V

3.3.3.2 การเลือกเซอร์โวมอเตอร์

เนื่องจากตัวชิ้นงานเป็นชิ้นงานขนาดเล็กไม่ใหญ่มาก จึงทำให้เซอร์โวมอเตอร์ที่เป็นบังคับเลี้ยว นั้น ใช้จำนวนแค่หนึ่งตัว โดยเลือกเป็น Servo Motor 150 องศา รุ่น MG90S (เฟืองเหล็ก) เนื่องจากเป็นเซอร์โวมอเตอร์ที่หาได้ง่ายราคาไม่แพง ง่ายต่อการเปลี่ยนเมื่อเกิดการชำรุด รวมถึงมีแรงขับเพื่อให้เกิดการบังคับเลี้ยวที่เพียงพอแล้ว



รูปที่ 3.9 Servo Motor MG90S

3.3.3.3 การเลือกแอลอีดี

สำหรับส่วนแสดงผลนั้นเราได้ทำการใช้ แอลอีดี โดยทำหน้าที่เปรียบเสมือนตัวบอกทิศทางการเลี้ยว และเคลื่อนที่ โดยใช้หลอดไฟ แอลอีดี ทั้งสามสีเป็นตัวกำหนด 1 สีแดง เลี้ยวซ้าย 2 สีเขียว เลี้ยวขวา 3 สีเหลืองเดินหน้า



รูปที่ 3.10 แอลอีดี Module 3traffic light

3.3.4 รูปแบบการเขียนโปรแกรม

ใช้โปรแกรม มิกซ์ซันแพลนเนอร์ เขียนหรือกำหนดเส้นทางเดินให้กับตัวชิ้นงาน โดยจะป้อนคำสั่งไปที่ตัว Pixhawk ทำงานอีกที โดยใช้เชื่อมต่อแบบไร้สายโดยต่อเข้ากับตัว Telemetry V5 ผ่านทาง Port USB ของคอมพิวเตอร์ และใช้ภาษา C อาร์ดูโน้ ซึ่งมีรากฐานมาจากภาษา C/C++ โดยเขียนผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม อาร์ดูโน้ IDE โดยสามารถที่จะ Upload โปรแกรมผ่านทาง RS232 Port ได้เลยโดยผ่าน อาร์ดูโน้ Bootloader

หมายเหตุ : อาร์ดูโน้ Bootloader คือโปรแกรมเล็กๆตัวหนึ่งหรือเรียกอีกชื่อว่า firmware เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ช่วยในการ Upload โปรแกรม หรือ Sketch ที่เขียนเข้าไปใน flash rom ผ่านทางสาย Serial หรือ USB โดยจะใช้สายไฟแค่ 2 เส้น คือสัญญาณ RX, TX โดยไม่จำเป็นต้องมีเครื่องโปรแกรมไอซี

3.3.5 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม

3.3.5.1 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม มิซชั้นแพลนเนอร์

1. เชื่อมต่อ Pixhawk กับโปรแกรมควบคุม Ground Control System ชื่อโปรแกรม มิซชั้นแพลนเนอร์



รูปที่ 3.11 เชื่อมต่อ Pixhawk

2. เชื่อมต่อแบบไร้สายโดยใช้ Telemetry V5



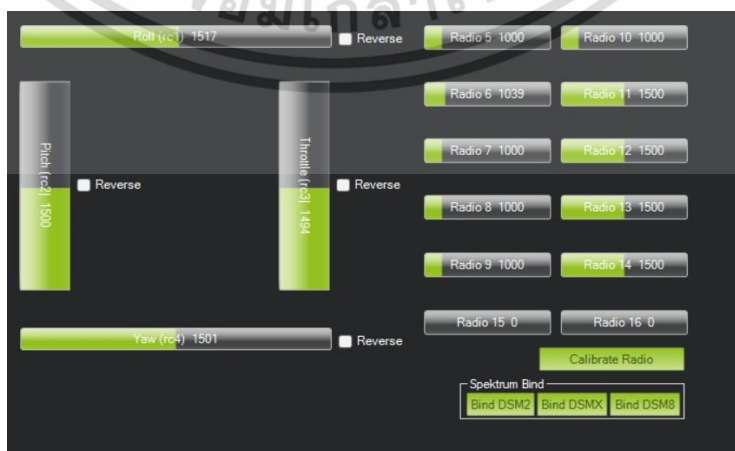
รูปที่ 3.12 เชื่อมต่อ Telemetry V5

3. เชื่อมต่อรับข้อมูล ค่าพารามิเตอร์



รูปที่ 3.13 เชื่อมต่อรับข้อมูล ค่าพารามิเตอร์

4. ทำการ Calibration วิทยุบั้งคับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

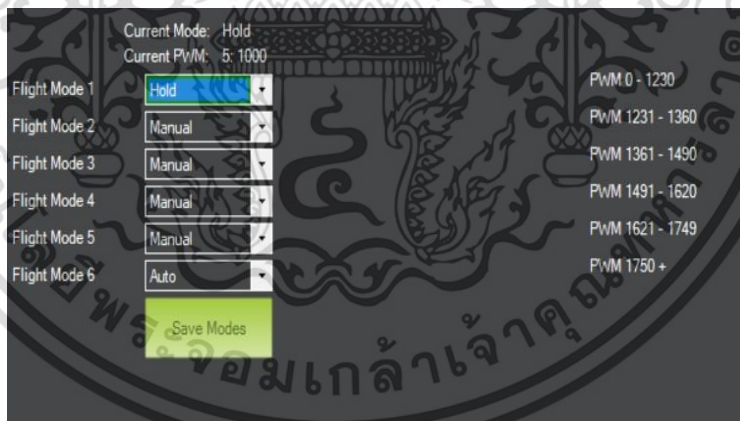
รูปที่ 3.14 การ Calibration วิทยุบังคับ

5. ตรวจสอบการทำงานของเซอร์โวและมอเตอร์
- 6.



รูปที่ 3.15 การทำงานของเซอร์โวและมอเตอร์

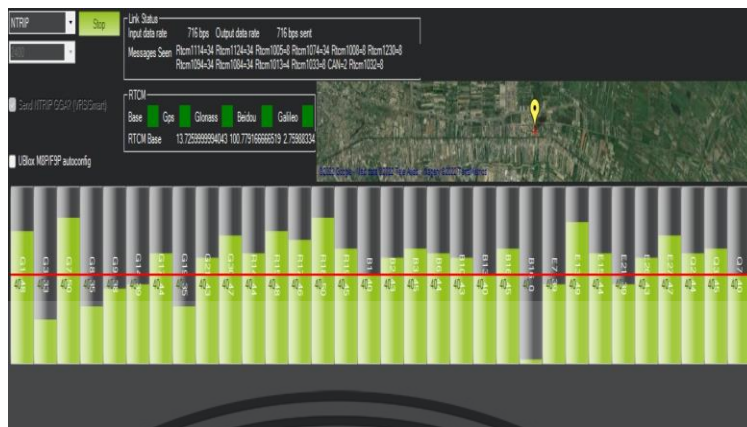
7. ตั้งค่าโหมดการบังคับ โหมดที่ 1 คือ hold หยุดการควบคุมของมอเตอร์ โหมดที่ 2 Manual ควบคุมด้วยรีโมทแบบอิสระ โหมดที่ 3 Auto ทำการควบคุมตามที่วางแผนไว้แบบอัตโนมัติ
- 8.



รูปที่ 3.16 ตั้งค่าโหมดการบังคับ

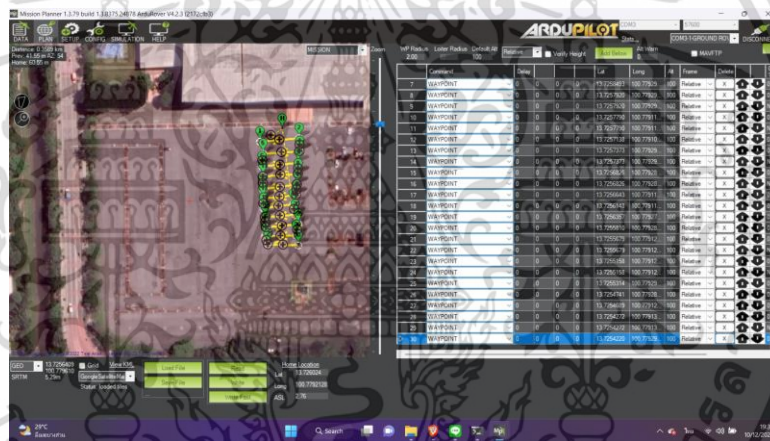
9. ทำการเชื่อมต่อ RTK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 การเชื่อมต่อ RTK

10. ทำการวางแผนเส้นทาง และทำการอัปโหลดแผนลง Pixhawk



รูปที่ 3.18 การวางแผนเส้นทาง

11. ARM รถ และตั้งค่าโหมดให้เป็น AUTO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



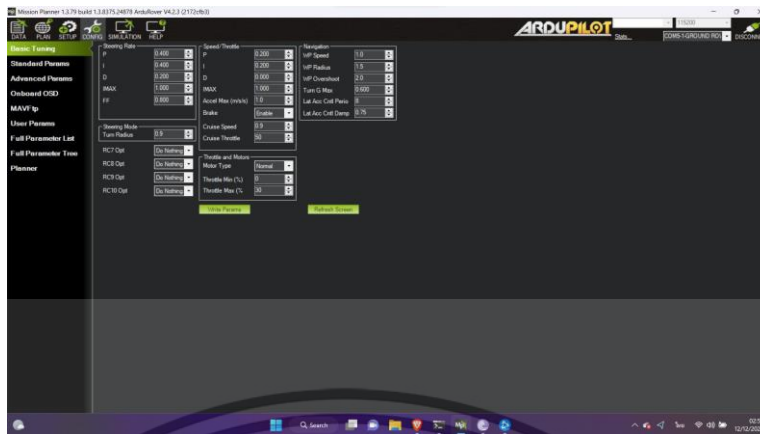
รูปที่ 3.19 ตั้งค่าโหมดเป็น AUTO

12. จากการทดลองเส้นไม่ตรงตาม Waypoint ทำการปรับจูน PID ให้SERVO ทำงานได้ประสิทธิภาพมากขึ้น หลังจากทำการจูนนิ่งรถสามารถวิ่งได้ตรงเส้นมากกว่าเดิม



รูปที่ 3.20 เส้นทางเดินไม่ตรงตาม Waypoint

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

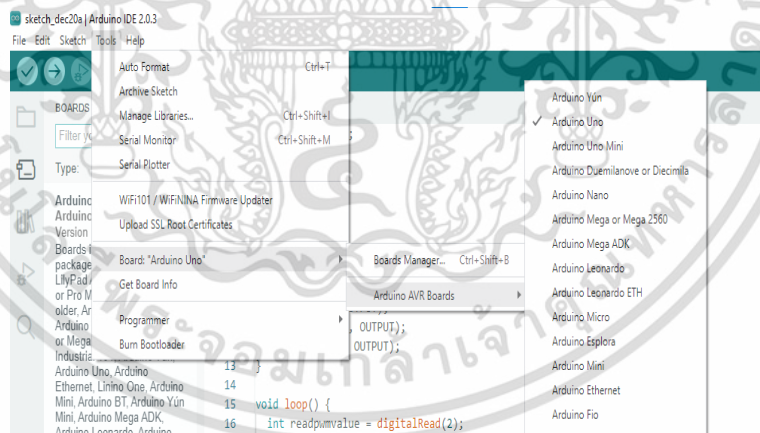


รูปที่ 3.21 การปรับจูนนิ่ง PID

3.3.5.2 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม อาร์ดูโน้

1. การเรียกใช้งานโปรแกรม

กำหนดระบบฮาร์ดแวร์ที่จะใช้งานกับโปรแกรมของ อาร์ดูโน้ โดยมีการกำหนดชื่อของ Board เป็น “อาร์ดูโน้/Genuino Uno” โดยคลิกเมาส์ที่ Tools > Board “อาร์ดูโน้ Uno ตามรูปที่ 3.22



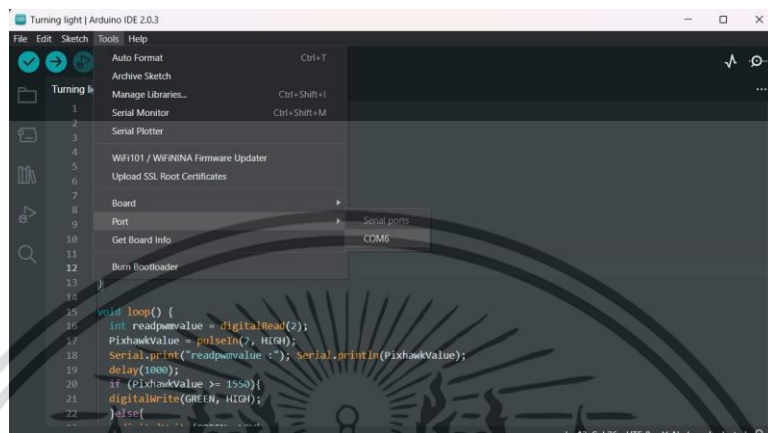
รูปที่ 3.22 การกำหนดชื่อบอร์ดเป็น อาร์ดูโน้ Uno

2.การกำหนดหมายเลขพอร์ตเลือก

กำหนดหมายเลขพอร์ตสำหรับติดต่อสื่อสารกับบอร์ดให้ตรงกับหมายเลข Comport ในเครื่องคอมพิวเตอร์ PC เป็น COM3/5 คลิกเมาส์ที่ Tools > Port > COM3/5 ใช้สาย RS232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

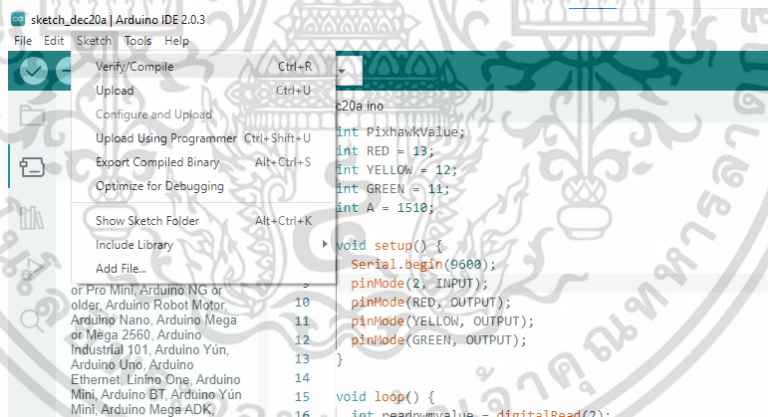
เป็นตัวเชื่อมต่ออุปกรณ์ระหว่างคอมพิวเตอร์ PC กับ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์โดยต่อ RS232 เข้าที่ Serial Port ของคอมพิวเตอร์ PC



รูปที่ 3.23 การกำหนดหมายเลขพอร์ต

3. การ Upload code ลงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

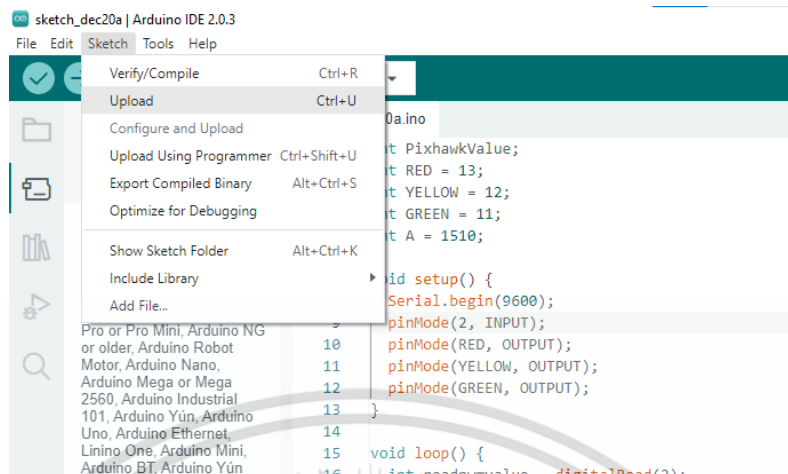
สั่งแปลโปรแกรมโดยคลิกเมาส์ที่ Sketch > Verify/Compile ดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 การสั่งแปลโปรแกรม

สั่ง Upload Code ให้กับบอร์ดโดยคลิกเมาส์เลือกที่ Sketch > Upload แล้วรอสักครู่ จนกว่าโปรแกรมทำงานเสร็จหลังจากที่ทำการ Upload Code ให้กับบอร์ดเป็นที่เรียบร้อยแล้ว บอร์ดจะ เริ่มต้นทำงานตามคำสั่งที่เขียนไว้ในโปรแกรมทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



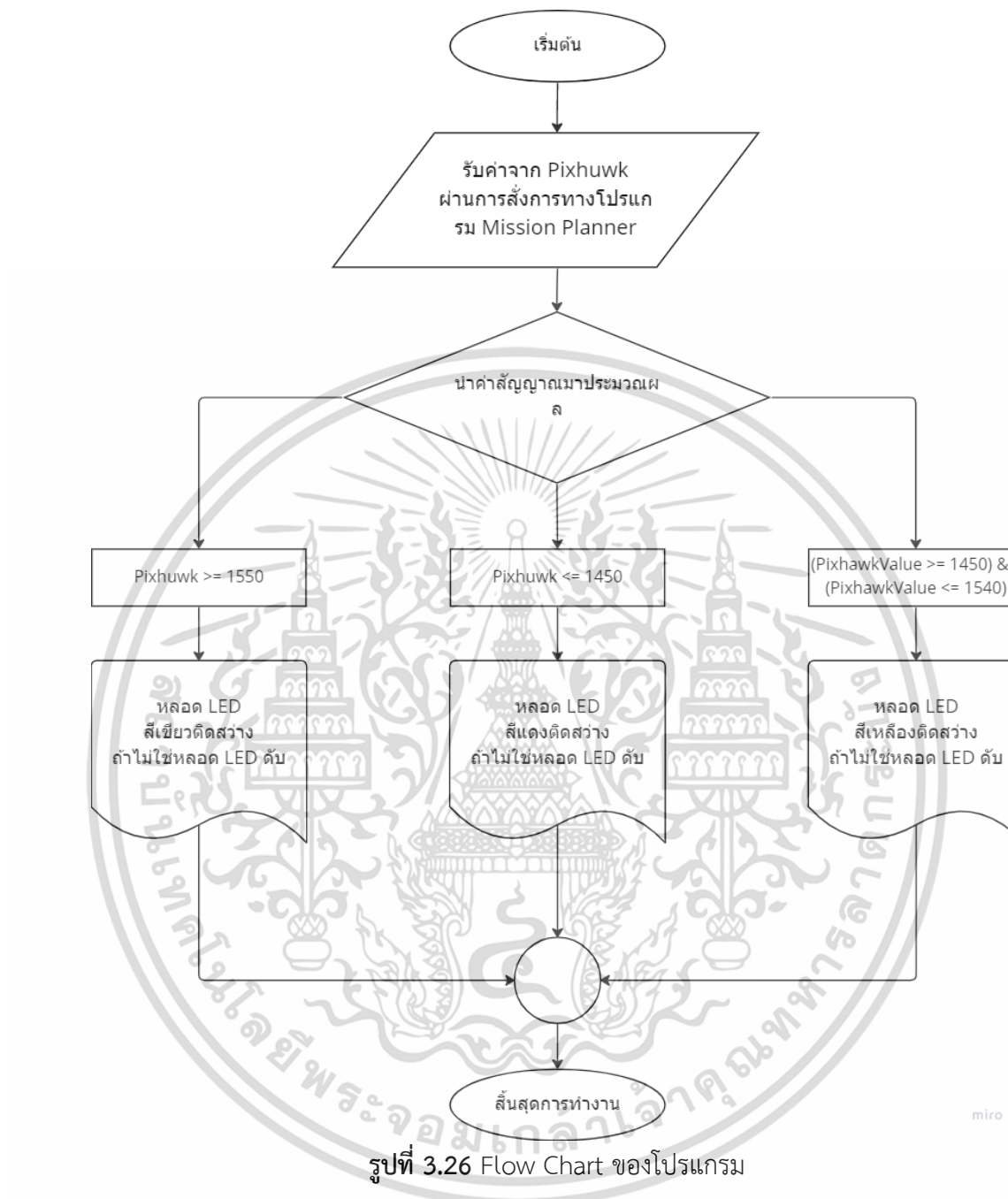
รูปที่ 3.25 คำสั่ง Upload Code

3.3.6 การเขียนโปรแกรม

จากรูปที่ 3. Flow Chart แสดงการทำงานของโปรแกรม เริ่มจากการที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าจาก Pixhawk ผ่านการส่งการทางโปรแกรม มีเซ็นแพลนเนอร์ หลังจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะนำค่าที่ได้มาประมวลผลโดยตรวจสอบสัญญาณที่ส่งมาจากตัว Pixhawk มานั้นผ่านเงื่อนไขเหล่านี้หรือไม่

เงื่อนไขของโปรแกรม

- ถ้าค่าของ Pixhawk มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1550 จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้หลอด แอลอีดี สีเขียวติดสว่าง ถ้าไม่ใช่หลอด แอลอีดี ดับ
- ถ้าค่าของ Pixhawk มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1450 จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้หลอด แอลอีดี สีแดงติดสว่าง ถ้าไม่ใช่หลอด แอลอีดี ดับ
- ถ้าค่าของ Pixhawk มีค่าอยู่ระหว่างค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1450 หรือมีค่าน้อยกว่า 1540 จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้หลอด แอลอีดี สีเหลืองติดสว่าง ถ้าไม่ใช่หลอด แอลอีดี ดับ



3.3.6.1 Source code

```

int PixhawkValue;
int RED = 13;
int YELLOW = 12;
int GREEN = 11;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int A = 1510;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(2, INPUT);
  pinMode(RED, OUTPUT);
  pinMode(YELLOW, OUTPUT);
  pinMode(GREEN, OUTPUT);
}

void loop() {
  int readpwmvalue = digitalRead(2);
  PixhawkValue = pulseIn(2, HIGH);
  Serial.print("readpwmvalue :"); Serial.println(PixhawkValue);
  delay(1000);
  if (PixhawkValue >= 1550){
    digitalWrite(GREEN, HIGH);
  }else{
    digitalWrite(GREEN, LOW);
  }
  if (PixhawkValue <= 1450){
    digitalWrite(RED, HIGH);
  }else{
    digitalWrite(RED, LOW);
  }
  if ((PixhawkValue >= 1450) && (PixhawkValue <= 1540)){
    digitalWrite(YELLOW, HIGH);
  }else{
    digitalWrite(YELLOW, LOW);
  }
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงการเพื่อทดสอบความแม่นยำของ RTK จีพีเอส และเพื่อเปรียบเทียบการรูปแบบการควบคุมแบบมี จีพีเอส และระบบควบคุมมาช่วย คือการนำตัว Pixhawk มาต่อรวมกับ จีพีเอส แล้วใช้โปรแกรม มิซชันแพลนเนอร์ เป็นตัวสั่งการให้เดินไปตามเส้นทางที่กำหนด โดยส่งคำสั่งไปให้ตัว Pixhawk ให้เป็นส่งค่าไปยังส่วนแสดงผล คือ มอเตอร์ และเซอร์โวมอเตอร์ โดยจะมีคอนโทรลเป็นตัวบังคับทิศทางในการเปรียบเทียบอีกแบบหนึ่งให้เป็นไปตามขอบเขตที่กำหนดไว้

4.1 การทำงานและการทดสอบ

4.1.1. การทำงานของตัว จีพีเอส

สามารถทำงานได้ดีเมื่ออยู่ในพื้นที่โล่ง ไม่มีสิ่งปิดบังสัญญาณ อีกทั้งผู้จัดทำยังมีการเชื่อมต่อ RTK ที่เพิ่มความแม่นยำให้ตัว จีพีเอส ให้ดีขึ้น แต่ถ้านำชิ้นงานไปอยู่ในจุดมีตัวปิดบังสัญญาณ จะทำให้ตัว จีพีเอส ระบุตำแหน่งได้ผิดพลาดมากขึ้นกับความเป็นจริง

4.1.2 การทำงานของตัว Pixhawk

สามารถทำงานได้ดี ประสิทธิภาพดี อีกทั้งสามารถควบคุมตัวมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งที่กำหนดได้ และควบคุมตัวเซอร์โวมอเตอร์ให้ไปยังทิศทางที่กำหนดได้ แล้วยังสามารถควบคุมผ่านรีโมทคอนโทรล

4.1.3 การทำงานของตัวมอเตอร์ และเซอร์โวมอเตอร์

สามารถทำงานได้ตามปกติ เมื่อมีการสั่งการมาจาก ตัว Pixhawk

4.1.4 การทำงานในส่วนของซอฟต์แวร์

สามารถเขียนหรือวาดเส้นทางได้จากพื้นที่จริง ผ่านทางการแสดงผลของตัวโปรแกรม แล้วส่งค่าไปยัง Pixhawk ได้ปกติ อาจมีความผิดพลาดบ้าง แต่สามารถแก้ไขได้อย่างง่ายดาย

4.1.5 การทำงานในส่วนของ แอลอีดี

สามารถแสดงสถานะสีของหลอดแอลอีดีเพื่อนำทางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดสอบของการวัดค่า

การทดสอบของโครงการ จะแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 แบบ คือ แบบที่ 1 ทดสอบความแม่นยำของ จีพีเอส ระหว่างการเชื่อมต่อ RTK กับไม่เชื่อมต่อ RTK แบบที่ 2 แบบ 2 ทดสอบแบบควบคุม 2 แบบ แบบ 1 ควบคุมด้วยคน แบบ 2 ควบคุมด้วยคนแบบมีตัวเซอคอยบอการเลี้ยว และแบบที่ 3 ทดสอบควบคุมแบบอัตโนมัติ

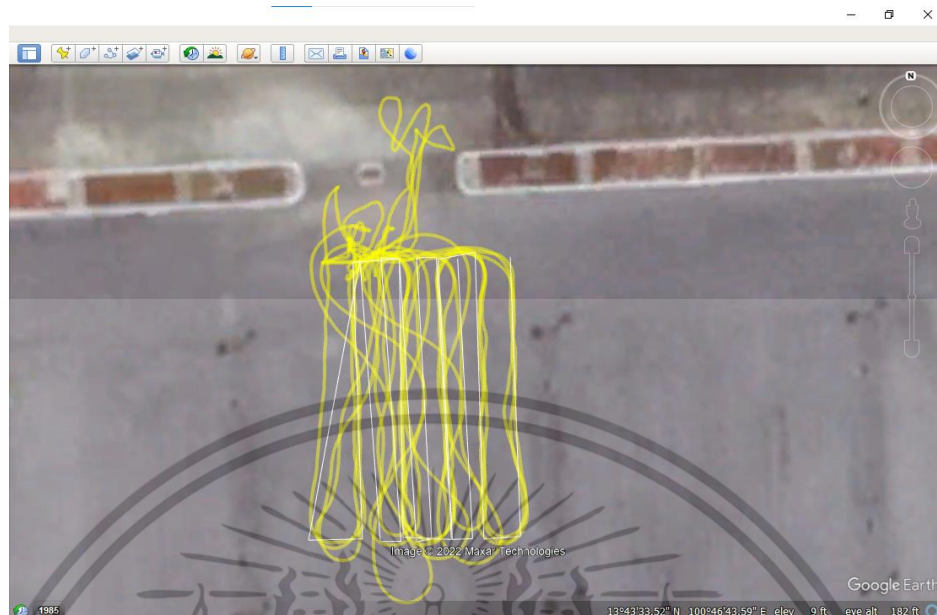
4.2.1 ผลการทดสอบแบบที่ 1

ทดสอบโดยให้ตัวรถวิ่งกลับจุด home แล้วมาเทียบกันว่าแบบไหนใกล้จุด home ถ้าห่างห่างเท่าไร จากการทดลองสามารถสรุปผลการทดลองและเขียนออกมาเป็นตารางได้ตามตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบแบบไม่เชื่อมต่อ RTK และตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบแบบเชื่อมต่อ RTK

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบแบบไม่เชื่อมต่อ RTK

ครั้งที่	ระยะห่างจากจุด Home (cm)
1	95
2	187
3	238
4	297
5	141
6	147
7	239
8	379
9	169
10	47
ค่าเฉลี่ย	193.9

จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าค่าในตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบแบบไม่เชื่อมต่อ RTK แสดงให้เห็นค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 193.9 cm ระยะห่างจากจุด Home ไกลสุดคือ 379 cm ใกล้สุดอยู่ที่ 47 cm ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้และอยู่ในเกณฑ์



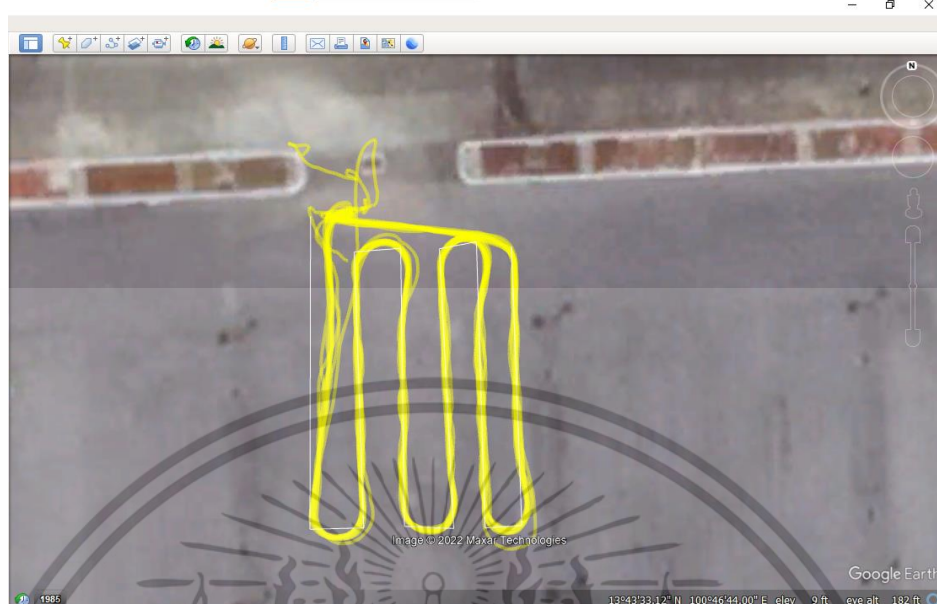
รูปที่ 4.1 เส้นทางร่วังแบบไม่เชื่อมต่อ RTK

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบแบบเชื่อมต่อ RTK

ครั้งที่	ระยะห่างจากจุด Home (cm)
1	35
2	55
3	135
4	40
5	90
6	87
7	66
8	48
9	52
10	105
ค่าเฉลี่ย	71.3

จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าค่าในตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบแบบเชื่อมต่อ RTK แสดงให้เห็นค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 71.3 cm ระยะห่างจากจุด Home โกลสุดคือ 135 cm โกลัสดุอยู่ที่ 35 cm ซึ่งเป็นค่าระยะห่างที่ยอมรับได้และอยู่ในเกณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 เส้นทางรวิ้งแบบเชื่อมต่อ RTK

4.2.2 ผลการทดสอบแบบที่ 2

ทดสอบโดยการควบคุมวัดจากระยะทาง 2 แบบ จากการทดลองสามารถสรุปผลการทดลองและเขียนออกมาเป็นตารางได้ตามตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบควบคุมด้วยคน และตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบควบคุมด้วยคนแบบมีตัวเชือกคอยบอกการเลี้ยว

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบควบคุมด้วยคน

ครั้งที่	ระยะทางทั้งหมด	เวลา(นาที/วินาที)
1	138	4.25
2	139	4.30
3	137	4.20
4	136	4.15
5	138	4.25
6	138	4.25
7	139	4.30
8	139	4.30
9	138	4.25
10	137	4.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ย	137.9	4.245
-----------	-------	-------

จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าค่าในตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบควบคุมด้วยคน แสดงให้เห็นค่าเฉลี่ยของระยะทางอยู่ที่ 137.9m ค่าเฉลี่ยของเวลาอยู่ที่ 4.245 นาที เวลานานสุดคือ 4.30 นาที เร็วสุดอยู่ที่ 4.15 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่ยอมรับได้และอยู่ในเกณฑ์

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบควบคุมด้วยคนแบบมีตัวเชือกคอบอกการเลี้ยว

ครั้งที่	ระยะทางทั้งหมด	เวลา(นาที/วินาที)
1	135	4.10
2	134	4
3	137	4.20
4	134	4
5	135	4.10
6	135	4.10
7	134	4
8	136	4.15
9	135	4.10
10	134	4
ค่าเฉลี่ย	134.9	4.075

จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าค่าในตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบควบคุมด้วยคนแบบมีตัวเชือกคอบอกการเลี้ยว แสดงให้เห็นค่าเฉลี่ยของระยะทางอยู่ที่ 134.9 m ค่าเฉลี่ยของเวลาอยู่ที่ 4.075 นาที เวลานานสุดคือ 4.20 นาที เร็วสุดอยู่ที่ 4 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่ยอมรับได้และอยู่ในเกณฑ์

4.2.3 ผลการทดสอบแบบที่ 3

ทดสอบโดยการควบคุมวัดจากระยะทาง แบบแบบอัตโนมัติ จากการทดลองสามารถสรุปผลการทดลองและเขียนออกมาเป็นตารางได้ตามตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบควบคุมแบบอัตโนมัติ

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบควบคุมแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	ระยะทาง	เวลา(นาที/วินาที)
1	130.19	3.55
2	128.59	3.22
3	120.815	3.30
4	119	3.28
5	125	3.27
6	125	3.29
7	125	3.30
8	125	3.25
9	125	3.30
10	125	3.30
ค่าเฉลี่ย	124.8595	3.306

จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าค่าในตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบควบคุมแบบอัตโนมัติ แสดงให้เห็นค่าเฉลี่ยของระยะทางอยู่ที่ 124.8595 m ค่าเฉลี่ยของเวลาอยู่ที่ 3.306 นาทีเวลานานสุดคือ 3.55 นาที เร็วสุดอยู่ที่ 3.22 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่ยอมรับได้และอยู่ในเกณฑ์

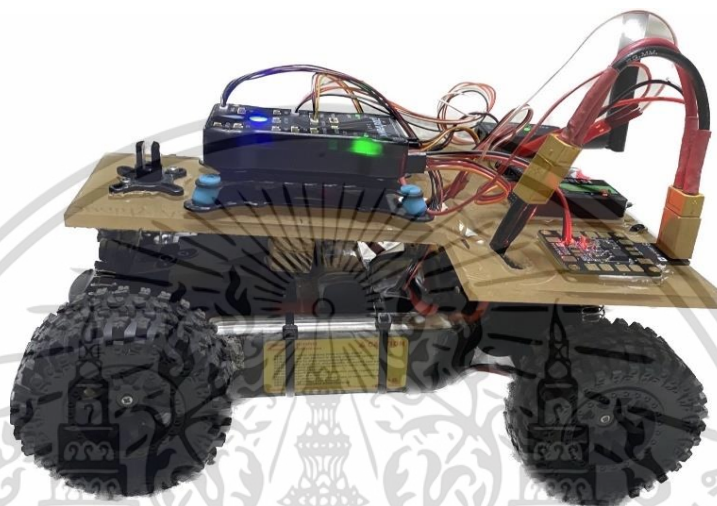


รูปที่ 4.3 เส้นทางรถวิ่งแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองของส่วนแสดงผล

ในส่วนของการแสดงผลนั้นรับค่ามาจากโปรแกรม มีซันแพลนเนอร์ เป็นตัวส่งข้อมูลแผนที่ทางเดินให้กับตัว Pixhawk เพื่อควบคุมมอเตอร์ และเซอร์โวมอเตอร์อีกที และใช้ตัวรีโมทคอนโทรลเป็นตัวควบคุมได้อีกด้วย จากการทดลองการทำงานของตัวรถแล้วนั้นสามารถวิ่งได้ตามแผนที่ทางเดินที่วางเอาไว้



รูปที่ 4.4 ตัวรถที่ใช้ในการทดลอง

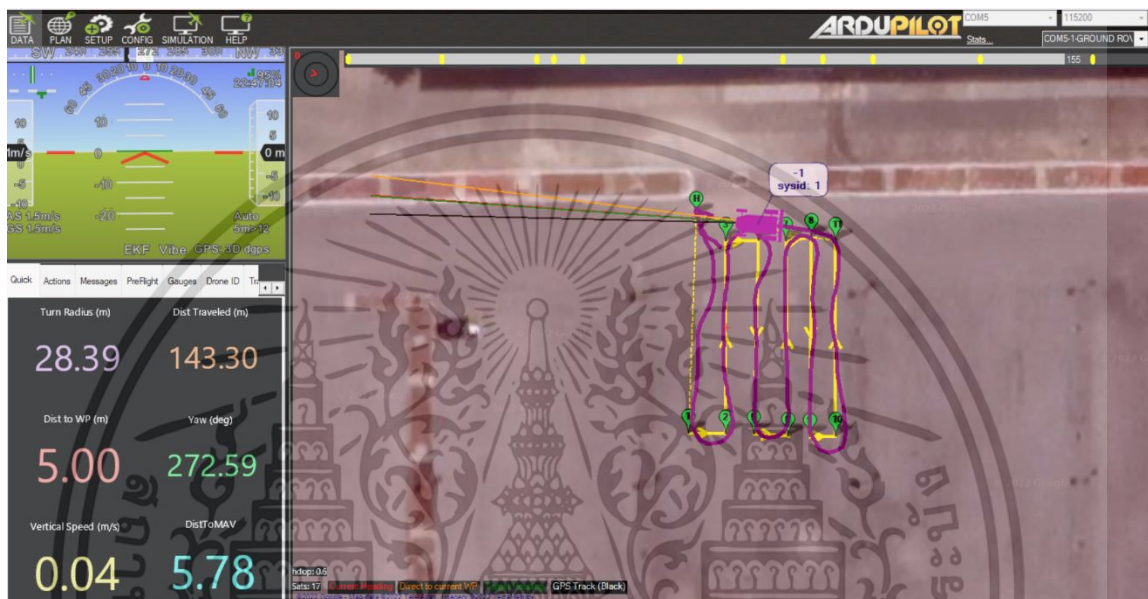


รูปที่ 4.5 ตัวรถขณะทดลองวิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง จะเห็นได้ว่าการทำงานจะเริ่มจากการเขียนแผนทางเดินมาจากโปรแกรม มิซซัน แพลนเนอร์ จากนั้น ส่งแผนทางเดินไปให้ตัว Pixhawk จากนั้นตัว Pixhawk จะทำการประมวลผลคำสั่ง แล้วทำการสั่งการให้มอเตอร์ และตัวเซอร์โวมอเตอร์ทำงาน วิ่งและเลี้ยวไปตามแผนทางเดินที่วางไว้



รูปที่ 4.6 เส้นทางเดินหลังรวิงเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงการ

โครงการนี้ได้นำเสนอการวางแผนทางเดิน และนำทางเดินสำหรับรถแทรกเตอร์เกษตรกรรม โดยใช้โปรแกรม มิซซันแพลนเนอร์ เป็นตัววางแผนและกำหนดเส้นทางเดินให้กับตัวขี้นงาน หลักการทำงานของตัวขี้นงานนั้นจะใช้ จีพีเอส ในการระบุตำแหน่ง และใช้ตัว Pixhawk และอาร์ดูโน้ เป็นตัวควบคุมสั่งการไปยังส่วนแสดงผล หรือก็คือมอเตอร์ เซอร์โวมอเตอร์ และแอลอีดี นั้นเอง จากทดลองช่วงแรกนั้นกลุ่มผู้จัดทำได้ใช้โปรแกรม U-blox เป็นตัวควบคุมการทำงานแต่ว่าตัวโปรแกรมนั้นไม่สามารถที่จะกำหนดแผนเส้นทางได้ จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนไปใช้โปรแกรม มิซซันแพลนเนอร์ เป็นตัววางแผน และกำหนดเส้นทาง อีกทั้งยังใช้ตัว Pixhawk และ อาร์ดูโน้ รวมด้วย จึงทำให้สามารถให้ตัวรถวิ่งได้อัตโนมัติ และสามารถนำทางตามแผนเส้นทางที่ผู้จัดทำได้วางไว้ได้ ด้วยเหตุนี้ผู้จัดทำจึงได้ทำการทดลองเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของ จีพีเอส เทียบค่าเวลาควบคุมด้วยตนเอง คือใช้รีโมทคอนโทรลเป็นตัวบังคับ เทียบค่าเวลาควบคุมด้วยคนแบบมีไฟ แอลอีดี บอการเลี้ยว และเทียบค่าจากการวิ่งอัตโนมัติ โดยการแสดงผลจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้ดังต่อไปนี้

- 1) แสดงผลการทำงานผ่าน อาร์ดูโน้ และโชว์ผลลัพธ์ผ่านทางตัว แอลอีดี Module
- 2) แสดงผลการทำงานผ่าน มิซซันแพลนเนอร์ และโชว์ผลลัพธ์ผ่านทางพารามิเตอร์ของตัวโปรแกรมเอง
- 3) แสดงผลการทำงานผ่าน มิซซันแพลนเนอร์ และโชว์ผลลัพธ์ผ่านทางตัวขี้นงาน

ในการทดลองการทดสอบของโครงการ จะแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 แบบ คือ แบบที่ 1 ทดสอบความแม่นยำของ จีพีเอส ระหว่างการเชื่อมต่อ RTK กับไม่เชื่อมต่อ RTK แบบที่ 2 แบบ 2 ทดสอบแบบควบคุม 2 แบบ แบบ 1 ควบคุมด้วยคน แบบ 2 ควบคุมด้วยคนแบบมีไฟ แอลอีดี บอการเลี้ยว และแบบที่ 3 ทดสอบควบคุมแบบอัตโนมัติ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

แบบที่ 1 ตัวรถได้ห่างจากจุด Home ค่อยข้างมาก เพราะยังไม่ได้เชื่อมต่อ RTK ที่เป็นตัวช่วยให้จีพีเอส มีความแม่นยำมากขึ้น แต่เมื่อเราทำการเชื่อมต่อ RTK แล้วสามารถลดระยะห่างจากจุด Home ได้ดียิ่งขึ้น

แบบที่ 2 จะแบ่งออกได้เป็นอีกสองแบบคือ ควบคุมด้วยคน และมีไฟ แอลอีดี บอการเลี้ยว ผลลัพธ์ที่ได้ นั้น จะวัดว่าใช้ระยะทางทั้งหมดเทียบกับเวลาที่ใช้จนจบเส้นทางนั้น ใช้เวลาเท่าไร โดบแบบควบคุมโดยคนจะ

ใช้เวลามากกว่าที่ระยะทางใกล้เคียงกัน แต่ระยะทางจะเพิ่มขึ้นจากความเป็นจริงเล็กน้อย เพราะเราได้ใช้คนในการควบคุมเมื่อเทียบกับการควบคุมแบบอัตโนมัติ

แบบที่ 3 จะเป็นการวิ่งด้วยอัตโนมัติโดยใช้โปรแกรม มิซชันแพลนเนอร์ เป็นกำหนดเส้นทาง และส่งค่าไปยังตัว Pixhawk เพื่อควบคุมมอเตอร์ และเซอร์โวมอเตอร์ เพื่อวิ่งไปตามเส้นทางที่กำหนด ผลลัพธ์ที่ได้ั้นระยะทางที่ใช้ตรงกับความเป็นจริง อีกทั้งเวลาที่ใช้น้อยกว่าเมื่อเทียบกับอีกสองแบบ

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

5.2.1 ปัญหาที่พบ

1) ในส่วนของ จีพีเอส นั้นเป็นตัวที่มีราคาถูกจึงไม่ค่อยมีความแม่นยำมากนัก จึงทำให้เวลาทดลองเกิดข้อผิดพลาดขึ้น แนวทางการแก้ไขจะทำได้โดยการหาตัว จีพีเอส ที่มีความแม่นยำมากกว่านี้เพื่อทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่านี้

2) ในการบอกเส้นทางด้วยตัวนั้น แอลอีดี ค่อยข้างไม่ตรงกับความเป็นจริง เพื่อไม่เห็นเส้นทางที่วาดไว้ถึงจะบอกเส้นทางที่จะไปได้อย่างถูกต้อง แต่ใช้คนในการควบคุมจึงทำให้วิ่งไม่ค่อยตรงกับเส้นทาง แนวทางการแก้ไขจะทำได้โดยการเพิ่มส่วนของจอแสดงผลเพื่อบอกให้กับผู้ควบคุมได้ด้วย เพื่อที่จะได้วิ่งให้ตรงตามเส้นทางมากขึ้น

3) แบตเตอรี่ที่ใช้งานนั้นมีจำนวนมิลลิแอมป์ที่น้อยจึงทำให้ต้องชาร์จบ่อยๆ เวลาทดลองถ้าจำนวนของแบตเตอรี่มีน้อยก็จะทำให้การทำงานของตัวขึ้นลดลง หรือทำงานไม่ได้เลย แนวทางการแก้ไขจะทำได้โดยซื้อแบตเตอรี่ให้มีความจุมากกว่าเดิมโดยคำนวณจากปริมาณของไฟฟ้าที่ต้องใช้

4) เวลาชาร์จแบตเตอรี่ใช้ระยะเวลานาน จึงทำให้ไม่สามารถดำเนินการต่อได้อย่างรวดเร็วเมื่อแบตเตอรี่หมด หรือเหลือน้อย แนวทางการแก้ไขจะทำได้โดยหาตัวชาร์จที่มีกำลังการชาร์จได้สูงเพื่อที่จะได้ลดเวลาการชาร์จลงได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

เพื่อที่จะให้ตัว จีพีเอส ที่ใช้ระบุตำแหน่งนั้นเกิดความแม่นยำมากขึ้นควรอยู่ในที่โล่งแจ้งไม่มีสิ่งกีดขวาง หรือสัญญาณรบกวนที่จะทำให้ตัว จีพีเอส เกิดความผิดพลาดในการระบุตำแหน่งมากขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] INDUSTRY PRO, “ความต่างของ A.C. Motor กับ D.C. Motor” [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : <https://industrypro.co.th/a-c-motor-vs-d-c-motor/> (25 พฤศจิกายน 2565).
- [2] SciMath, “อาร์ดูโน้ ผู้นำด้านฮาร์ดแวร์และระบบนิเวศซอฟต์แวร์แบบเปิดระดับโลก” , 2562. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : <https://www.scimath.org/article-technology/item/> (25 พฤศจิกายน 2565).
- [3] today, “รู้จัก RTK รั้งวัดที่ดินด้วยระบบดาวเทียม”, 2565. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : <https://workpointtoday.com/rtk-gnss-network/> (25 พฤศจิกายน 2565).
- [4] ProsoftGPS, “What Is จีพีเอส?” , 2564. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : <https://www.prosoftgps.com/Article/Detail/70661> (25 พฤศจิกายน 2565).
- [5] Ardupilot, “มิชชันแพลนเนอร์ Overview” ,2559 [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : www.ardupilot.org/planner/docs/mission-planner-overview.html (25 พฤศจิกายน 2565).
- [6] Ardupilot, “Pixhawk Overview” ,2559 [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : www.ardupilot.org/copter/docs/common-pixhawk-overview.html (25 พฤศจิกายน 2565).
- [7] artronshop, “ทุกเรื่องที่คุณควรรู้เกี่ยวกับเซอร์โวมอเตอร์และการใช้งาน” ,2565 [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <https://www.artronshop.co.th/article/92/> (25 พฤศจิกายน 2565).
- [8] CHINPOWER, “หลอดไฟ แอลอีดี คืออะไร? ไขทุกข้อสงสัยให้กระจ่างชัดที่นี่” ,2564 [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : <https://chinpower.net/knowแอลอีดีge/what-is-an-แอลอีดี-bulb/> (25 พฤศจิกายน 2565).
- [9] Digitalschool, “รีโมทคอนโทรล” ,2559 [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : www.digitalschool.club/digitalschool/technologym13/technician1_1/more/lesson3/p12.php (25 พฤศจิกายน 2565).

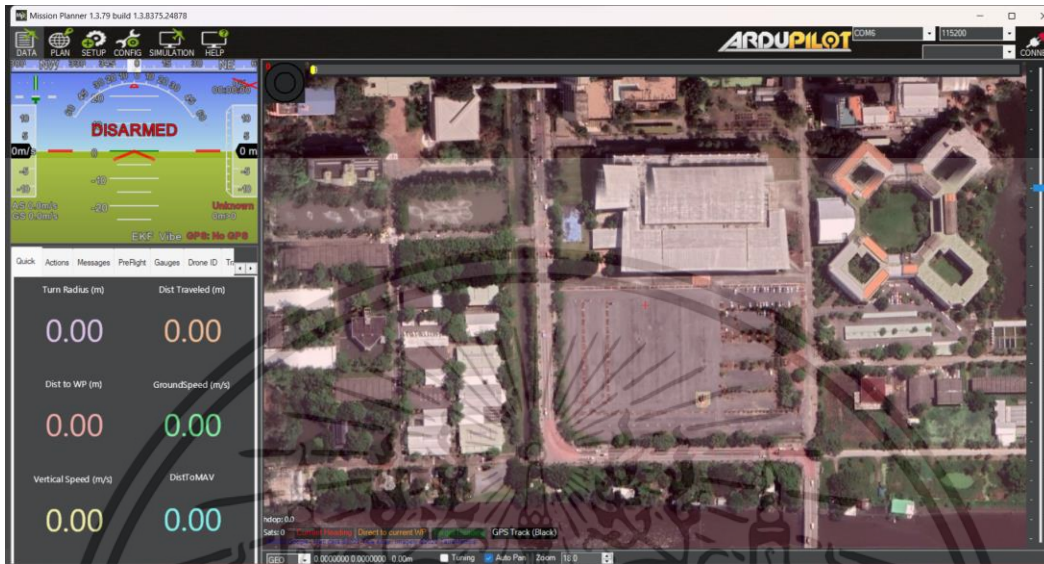


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



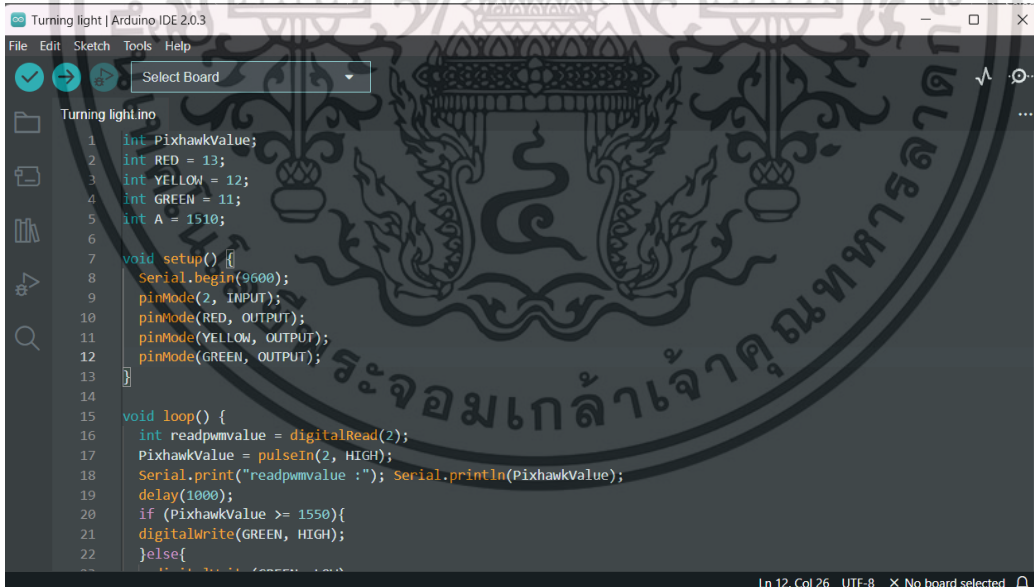
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิชชันแพลนเนอร์



ภาพที่ ก-1 รูปอินเตอร์เฟซโปรแกรม มิชชันแพลนเนอร์

อาร์ดูโน้



ภาพที่ ก-2 รูปอินเตอร์เฟซโปรแกรม อาร์ดูโน้ IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source Code

```
int PixhawkValue;
int RED = 13;
int YELLOW = 12;
int GREEN = 11;
int A = 1510;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(2, INPUT);
  pinMode(RED, OUTPUT);
  pinMode(YELLOW, OUTPUT);
  pinMode(GREEN, OUTPUT);
}
void loop() {
  int readpwmvalue = digitalRead(2);
  PixhawkValue = pulseIn(2, HIGH);
  Serial.print("readpwmvalue :"); Serial.println(PixhawkValue);
  delay(1000);
  if (PixhawkValue >= 1550){
    digitalWrite(GREEN, HIGH);
  }else{
    digitalWrite(GREEN, LOW);
  }
  if (PixhawkValue <= 1450){
    digitalWrite(RED, HIGH);
  }else{
    digitalWrite(RED, LOW);
  }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}  
if ((PixhawkValue >= 1450) && (PixhawkValue <= 1540)){  
digitalWrite(YELLOW, HIGH);  
}  
else{  
digitalWrite(YELLOW, LOW);  
}  
}  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote controller FlySky-i6



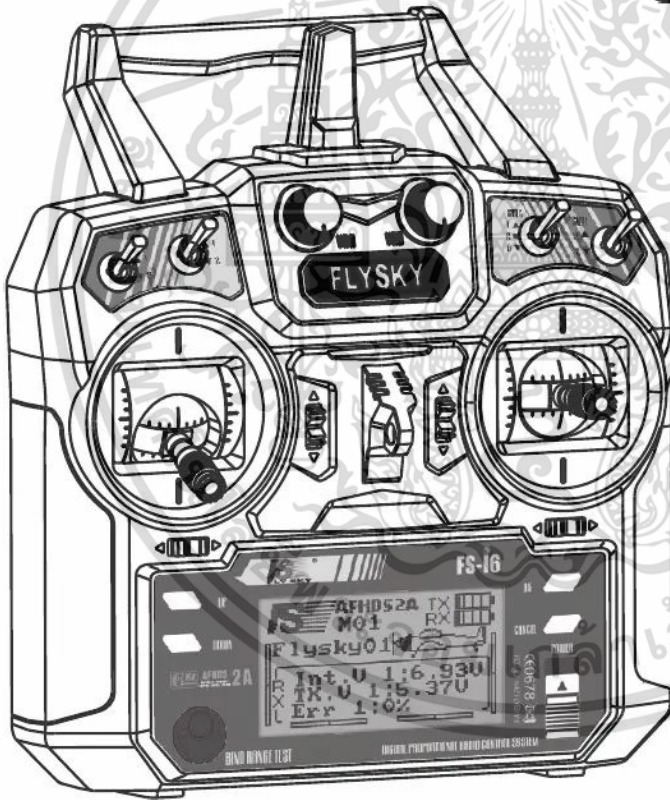
FS-i6

Digital proportional radio control system

INSTRUCTION MANUAL

<http://www.flysky-cn.com>

Copyright ©2013-2017
Flysky RC model technology co., ltd



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5. 2.4GHz System 2.4G系统



AFHDS2A stands for "Automatic Frequency Hopping Digital System 2A". This highly sophisticated radio transmission system will guarantee you a long range, jamming free and long battery life experience. This is the result of years of research and testing and makes Fly Sky one of the world leader in the market.

AFHDS2A是第二代增强版自动跳频数字系统的简写。它是一个高度精密的遥控信号传播系统，这个系统能够提供良好的距离，抗干扰能力强并且耗电率低。它是世界领先的遥控制造商之一——富斯遥控模型技术有限公司研发并测试多年的成果。

RF specifications:

RF range: 2.405-2.475GHz
 Channel bandwidth: 500KHz
 Number of channels: 142
 RF power: less than 20dBm
 RF mode: AFHDS 2A(Automatic Frequency Hopping Digital System 2A)
 Modulation type: GFSK
 Antenna length: 26mm*2(dual antenna)
 RX sensitivity: -105dBm

参数说明：

频率范围：2.405-2.475GHz
 波段宽度：500KHz
 波段个数：142个
 发射功率：不高于20dBm
 发射模式：AFHDS2A(第二代增强版自动跳频数字系统)
 编码方式：GFSK
 天线长度：26毫米*2(双天线)
 接收机灵敏度：-105dBm

Danger:

Misuse of this radio system can lead to serious injuries or death. Please read completely this manual and only operate your radio system according to it.

警告!

错误使用遥控设备将导致严重的伤害甚至死亡。请在使用前完整阅读这本使用手册，并且在使用过程中严格按照此手册的说明操作。

The 2.4GHz radio band has a completely different behavior than previously used lower frequency bands. Keep always your model in sight as a large object can block the RF signal and lead to loss of control and danger. The 2.4GHz RF signal propagates in straight lines and cannot get around objects on its path. Never grip the transmitter antenna when operating a model as it degrades significantly the RF signal quality and strength, and may cause loss of control and danger.

该2.4G无线电波段完全不同于之前所使用的低频无线电波段。使用时要保持您的模型产品飞行在您的视线范围内，因为大的障碍物将会阻断无线电频率信号从而导致遥控失控和危险。2.4G无线电频率信号是沿直线传播的，它不能绕过障碍物进行传播。在使用过程中，严禁紧握发射机天线，否则将会大大减弱无线电传播信号的质量和强度，导致遥控设备失控和危险。

Danger:

Always turn on the transmitter first then the receiver. When turning off the system, always turn off the receiver first then the transmitter. This is to avoid having the receiver on itself as it may pick a wrong signal and lead to erratic servo movements. This is particularly important for electric powered models as it may unexpectedly turn on the motor and lead to injuries or death.

警告!

每次使用时，必须先打开发射机，然后再给接收机通电。停止使用时，必须先断开接收机电源，然后再关闭发射机。这样操作可以避免接收机接收到错误信号而导致的伺服器无规律的抖动。这对于电动模型来说尤为重要，因为它有可能导致马达突然转动而致使人员伤亡。



This radio system uses low power electronic components and a very sensitive receiver chip. The RF modulation uses intermittent signal transmission thus reducing even more power consumption. Comparatively, this radio system uses only a tenth of the power of a standard FM system.

此系统使用低功率电子元件和高灵敏度接收机芯片。无线电频率模块采用间歇性信号传播，因此大大降低了发射功率。比较而言，此系统功耗仅为FM版本的十分之一。



AFHDS2A system has the automatic identification function, which can switch automatically current mode between single-way communication mode and two-way communication mode according to customer needs. The two-way communication mode with data return function can help users understand current working status better and make the fight more enjoyable.

AFHDS2A系统具备单一双向自动识别功能，根据用户需求自动切换单-双向通信模式。在双向通信模式下，具备信息回传功能，能更好的掌握模型的当前工作状态，增加操控乐趣及安全性。



AFHDS2A has built-in multiple channel coding and error-correction, which improve the stability of the communication, reduce the error ratio and extend the reliable transmission distance.

AFHDS2A系统内置多重信道编码和纠错算法，有效的提高了通信稳定度，减小通信误码率，增加可靠传输距离。

6. System Characteristic 系统特征



This radio system works in the frequency range of 2.405 to 2.475GHz. This band has been divided into 142 independent channels. Each radio system uses 16 different channels and 160 different types of hopping algorithm. By using various switch-on times, hopping scheme and channel frequencies, the system can guarantee a jamming free radio transmission.

此系统工作频率范围是2.405到2.475GHz。整个波段被分为142个独立频点。每套遥控系统使用16个不同频点和160种不同的跳频算法。通过开机时间不同，跳频规律不同和使用不同的频点，遥控系统能避免干扰传播信号。



This radio system uses a high gain and high quality multi directional antenna. It covers the whole frequency band. Associated with a high sensitivity receiver, this radio system guarantees a jamming free long range radio transmission.

此系统采用高质量的增益天线，覆盖整个波段带宽。配合高灵敏度接收机，系统能有效的避免远距离传播信号的干扰。



Each transmitter has a unique ID. When binding with a receiver, the receiver saves that unique ID and can accept only data from that unique transmitter. This avoids picking another transmitter signal and dramatically increases interference immunity and safety.

每台发射机有一个唯一的ID码，当和接收机对码之后，接收机保存这个唯一的ID码并且只接受从这个ID码发射机发出的信号。这样可以避免接收到别的发射机信号，大大增强抗干扰能力和安全性。

Digital proportional radio control system

SPECIFICATIONS :

Number of channels : 6
 Model type: fixed-wing/gliders/ helicopter
 RF receiver sensitivity: -105dBm;
 Modulation : GFSK
 System type: AFHDS2A/AFHDS
 Channel resolution: 1024 steps
 Bind port: yes
 Power port: yes(VCC)
 Power: 4.0-6.5VDC
 Weight: 6.4g
 Antenna length: 26mm
 Size: 40.4*21.1*7.35mm
 Color: black
 Certification: CE, FCC.

机种参数 :

1. 通道个数 : 6个通道
2. 适合机种 : 固定翼/滑翔机/直升机
3. 接收灵敏度 : -105dBm
4. 调制方式 : GFSK
5. 系统模式 : 第二代增强版自动跳频
数字系统(含第一代系统)
6. 数据分辨率 : 1024级
7. 对码接口 : 有
8. 电源接口 : 有(VCC)
9. 电源标准 : 4.0-6.5V DC
10. 整机重量 : 6.4克
11. 天线长度 : 26毫米
12. 外型尺寸 : 40.4*21.1*7.35毫米
13. 外观颜色 : 黑色
14. 安规认证 : CE, FCC.



7

[Http://www.flysky-cn.com](http://www.flysky-cn.com)



7. Transmitter specifications

发射机参数

Transmitter specifications:

Number of channels: 6
 Model type: fixed-wing/gliders/ helicopter
 Channel resolution: 1024 steps
 Power supply: 6V (1.5V AA x4)
 Low voltage warning: Icon blinks and alarm less than 4.2V
 Icon blinks and short alarm less than 4.0V
 No-operation warning: The transmitter will alarm if
 there is no operation more
 than one minute.
 Antenna length: 26mm*2 (dual antenna)
 Color: Black
 Size: 174*89*190mm
 Weight: 392g
 Certification: CE, FCC



机种参数

1. 通道个数 : 6
2. 适合机种 : 固定翼/滑翔机/直升机
3. 数据分辨率 : 1024级
4. 输入电压 : 6V (1.5V AA x 4)
5. 低电压报警功能 : 低于4.2伏图标闪烁并且长报警
低于4.0伏图标闪烁并且短报警
6. 关机报警功能 : 开机无操作1分钟后蜂鸣器报警
7. 天线长度 : 26毫米*2(双天线)
8. 外观颜色 : 黑色
9. 外形尺寸 : 174*89*190毫米
10. 整机重量 : 392克
11. 安规认证 : CE, FCC

8. Receiver specifications

接收机参数



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. RX setup introduction

接收机操作说明

S-i6

Dual antenna notes



In order to make sure maximum distance between the transmitter and receiver please follow the directions below:

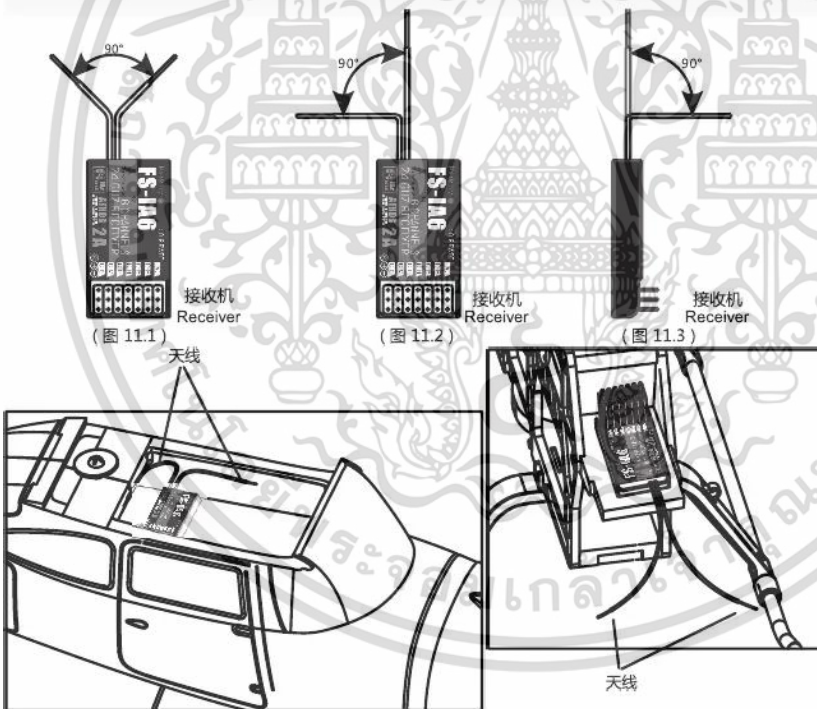
1. The two antennas must be kept as straight as possible. Otherwise, control range will be reduced.
2. The two antennas should be placed at a 90 degree angle to each other, as illustrated in the three pictures below.
3. The antennas must be kept away from conductive materials, such as metal and carbon. A distance of at least 1.5cm is required for safe operation. Conductive materials will not affect the coaxial part of the antenna, but it is important that the coaxials are not bent to a severe radius.
4. Keep antennas away from the motor, speed controller and other noise sources as much as possible.

接收机双天线注意事项：

Digital proportional radio control system F

为了让发射及接收距离更远，请注意以下几点：

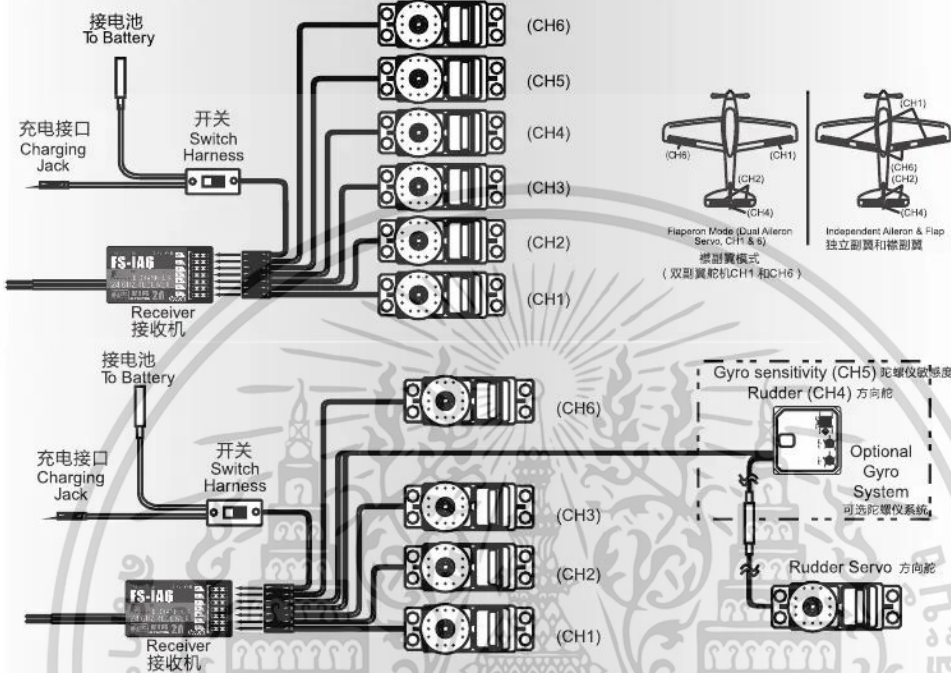
1. 尽量保证双天线笔直，否则将会减小控制范围；
2. 双天线的夹角保持在90°(如图三种方式),这并不是精确的垂直角度，重要的是尽可能保持天线互相远离；
3. 天线应该尽可能远离金属导体，至少要有1.5cm左右的距离。轴电缆段不受此限制，但不要过度弯曲；
4. 尽可能保持天线远离电动机、调速器，和其它的噪声源。



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



飞机模型的接收机与伺服器连接



10. Receiver and servo connections 接收机与伺服器连接

10.01. Receiver and servo connections (aircraft)

10.02 Receiver and servo connections(helicopter)

直升机模型的接收机与伺服器连接

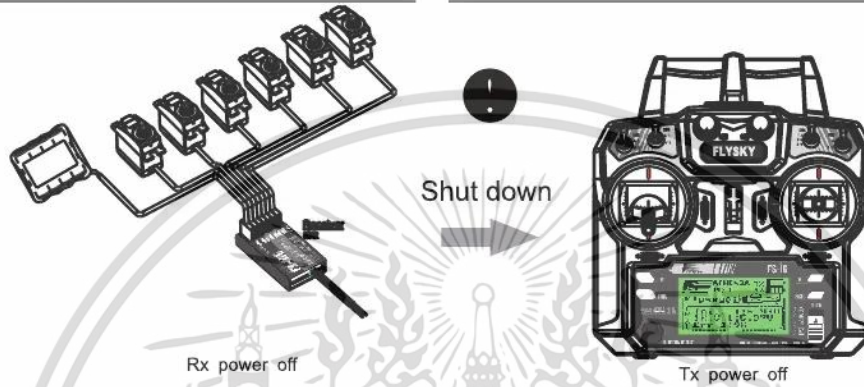
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



11.03 Shut down 关机

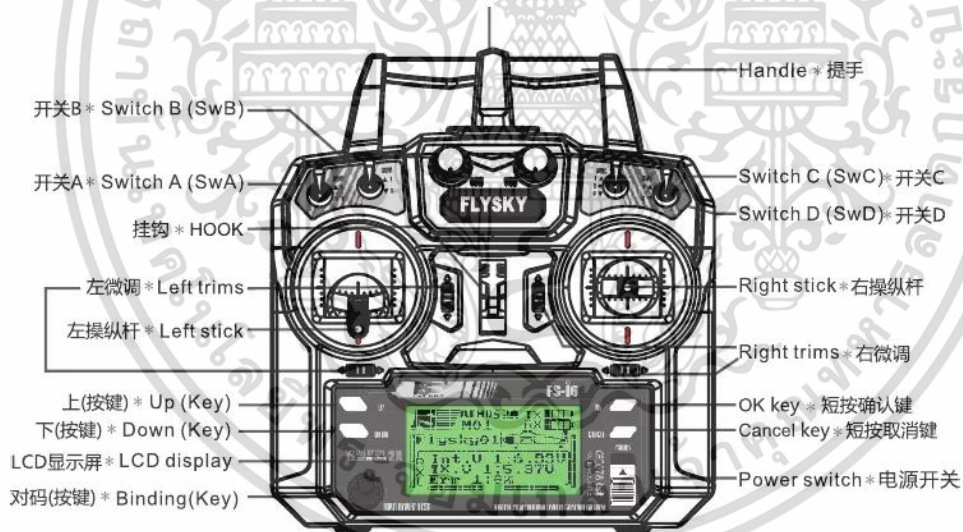
1. Disconnect the receiver battery
2. Switch off the transmitter

1. 断开接收机电源
2. 关闭发射机



12. Definition of key functions 按键定义

Antenna * 天线



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pixhawk 2.4.8

Specifications

Processor

- 32-bit ARM Cortex M4 core with FPU
- 168 Mhz/256 KB RAM/2 MB Flash
- 32-bit failsafe co-processor

Sensors

- MPU6000 as main accel and gyro
- ST Micro 16-bit gyroscope
- ST Micro 14-bit accelerometer/compass (magnetometer)
- MEAS barometer

Power

- Ideal diode controller with automatic failover
- Servo rail high-power (7 V) and high-current ready
- All peripheral outputs over-current protected, all inputs ESD protected

Interfaces

- 5x UART serial ports, 1 high-power capable, 2 with HW flow control
- Spektrum DSM/DSM2/DSM-X Satellite input
- Futaba S.BUS input (output not yet implemented)
- PPM sum signal
- RSSI (PWM or voltage) input
- I2C, SPI, 2x CAN, USB
- 3.3V and 6.6V ADC inputs

Dimensions

- Weight 38 g (1.3 oz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Width 50 mm (2.0")
- Height 15.5 mm (.6")
- Length 81.5 mm (3.2")

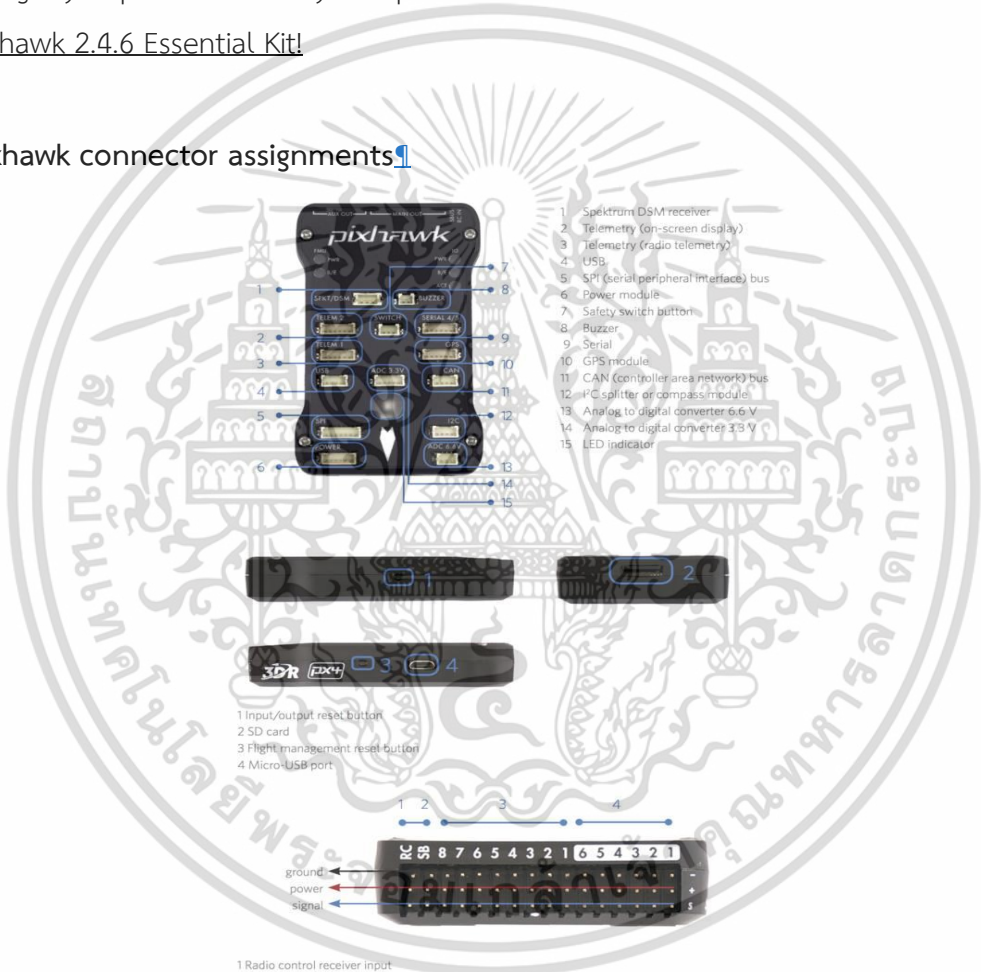
Purchase

The Pixhawk 1 was originally manufactured and sold by 3DR.

A slightly improved but fully compatible variant can now be obtained from mRo: [mRo](#)

[Pixhawk 2.4.6 Essential Kit!](#)

Pixhawk connector assignments



1. Spektrum DSM receiver
2. Telemetry (on-screen display)
3. Telemetry (radio telemetry)
4. USB
5. SPI (serial peripheral interface) bus
6. Power module
7. Safety switch button
8. Buzzer
9. Serial
10. GPS module
11. CAN (controller area network) bus
12. I2C splitter or compass module
13. Analog to digital converter 6.6 V
14. Analog to digital converter 3.3 V
15. LED indicator

- 1 Input/output reset button
- 2 SD card
- 3 Flight management reset button
- 4 Micro-USB port

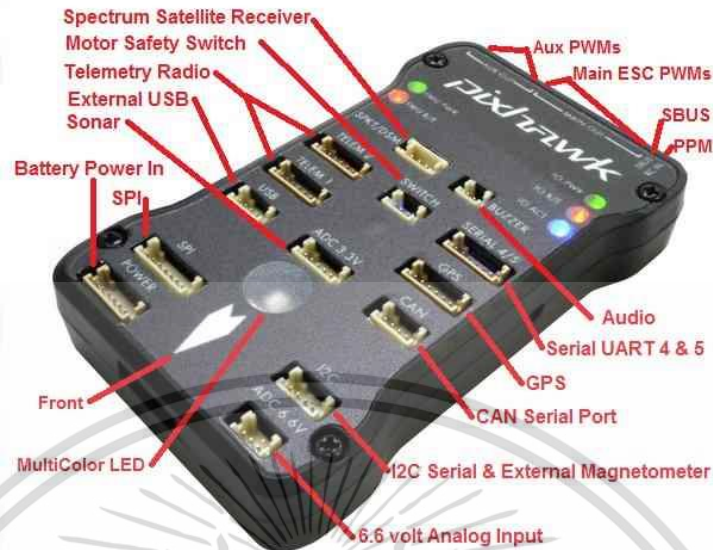
- 1 Radio control receiver input
- 2 S.Bus output
- 3 Main outputs
- 4 Auxiliary outputs



- 1 Flight management unit (FMU) power
- 2 FMU bootloader mode (flashing) or error (solid)
- 3 Input/output unit power
- 4 I/O bootloader mode (flashing) or error (solid)
- 5 Activity (flashing indicates all units responsive)

Pixhawk top connectors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

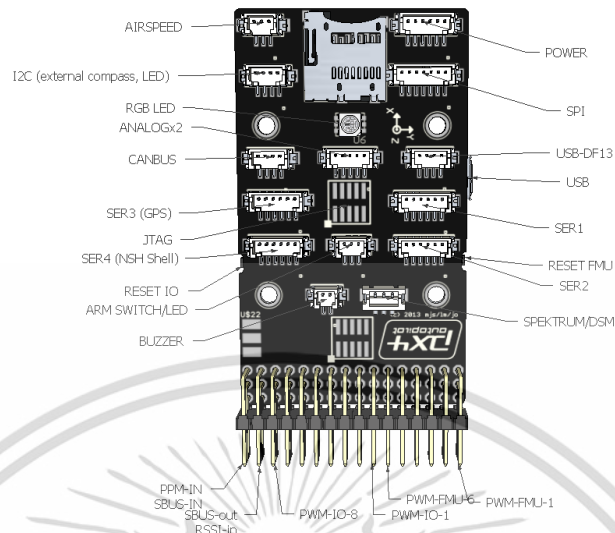


Pixhawk PWM connectors for servos and ESCs and PPM-SUM in and SBUS out



Pixhawk connector diagram [1](#)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



For all connectors pin 1 is on the right in the above image

Serial 1 (Telem 1) and Serial 2 (Telem 2) Pins: 6 = GND, 5 = RTS, 4 = CTS, 3 = RX, 2 = TX, 1 = 5V.

Pixhawk connector pin assignments

TELEM1, TELEM2 ports

Pin	Signal	Volt
1 (red)	VCC	+5V
2 (blk)	TX (OUT)	+3.3V
3 (blk)	RX (IN)	+3.3V
4 (blk)	CTS	+3.3V
5 (blk)	RTS	+3.3V
6 (blk)	GND	GND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จีพีเอส port

Pin	Signal	Volt
1 (red)	VCC	+5V
2 (blk)	TX (OUT)	+3.3V
3 (blk)	RX (IN)	+3.3V
4 (blk)	CAN2 TX	+3.3V
5 (blk)	CAN2 RX	+3.3V
6 (blk)	GND	GND

SERIAL 4/5 port - due to space constraints two ports are on one connector.

Pin	Signal	Volt
1 (red)	VCC	+5V
2 (blk)	TX (#4)	+3.3V
3 (blk)	RX (#4)	+3.3V
4 (blk)	TX (#5)	+3.3V
5 (blk)	RX (#5)	+3.3V
6 (blk)	GND	GND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADC 6.6V

Pin	Signal	Volt
1 (red)	VCC	+5V
2 (blk)	ADC IN	up to +6.6V
3 (blk)	GND	GND

ADC 3.3V

Pin	Signal	Volt
1 (red)	VCC	+5V
2 (blk)	ADC IN	up to +3.3V
3 (blk)	GND	GND
4 (blk)	ADC IN	up to +3.3V
5 (blk)	GND	GND

I2C

Pin	Signal	Volt
1 (red)	VCC	+5V
2 (blk)	SCL	+3.3 (pullups)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 (blk)	SDA	+3.3 (pullups)
4 (blk)	GND	GND

CAN

Pin	Signal	Volt
1 (red)	VCC	+5V
2 (blk)	CAN_H	+12V
3 (blk)	CAN_L	+12V
4 (blk)	GND	GND

SPI

Pin	Signal	Volt
1 (red)	VCC	+5V
2 (blk)	SPI_SCK	3.3V
3 (blk)	SPI_MISO	+3.3V
4 (blk)	SPI_MOSI	+3.3V
5 (blk)	ISPI_NSS	+3.3V
6 (blk)	IGPIO	+3.3V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7 (blk)	GND	GND
---------	-----	-----

POWER₁

Pin	Signal	Volt
1 (red)	VCC	+5V
2 (blk)	VCC	+5V
3 (blk)	CURRENT	up to +3.3V
4 (blk)	VOLTAGE	up to +3.3V
5 (blk)	GND	GND
6 (blk)	GND	GND

SWITCH₁

Pin	Signal	Volt
1 (red)	VCC	+3.3V
2 (blk)	!IO_แอลอีดี_SAFETY	GND
3 (blk)	SAFETY	GND

Console Port₁

The system's serial console runs on the port labeled SERIAL4/5. The pinout is standard serial pinout, to connect to a standard FTDI cable (3.3V, but it's 5V tolerant).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pixhawk		FTDI	
1	+5V (red)		N/C
2	Tx		N/C
3	Rx		N/C
4	Tx	5	Rx (yellow)
5	Rx	4	Tx (orange)
6	GND	1	GND (black)

อาร์ดูโน้ UNO R3



Arduino® UNO R3

Product Reference Manual
SKU: A000066



Description

The Arduino UNO R3 is the perfect board to get familiar with electronics and coding. This versatile microcontroller is equipped with the well-known ATmega328P and the ATmega 16U2 Processor. This board will give you a great first experience within the world of Arduino.

Target areas:

Maker, introduction, industries

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

▪ ATmega328P Processor

▪ Memory

- AVR CPU at up to 16 MHz
- 32KB Flash
- 2KB SRAM
- 1KB EEPROM

▪ Security

- Power On Reset (POR)
- Brown Out Detection (BOD)

▪ Peripherals

- 2x 8-bit Timer/Counter with a dedicated period register and compare channels
- 1x 16-bit Timer/Counter with a dedicated period register, input capture and compare channels
- 1x USART with fractional baud rate generator and start-of-frame detection
- 1x controller/peripheral Serial Peripheral Interface (SPI)
- 1x Dual mode controller/peripheral I2C
- 1x Analog Comparator (AC) with a scalable reference input
- Watchdog Timer with separate on-chip oscillator
- Six PWM channels
- Interrupt and wake-up on pin change

▪ ATmega16U2 Processor

- 8-bit AVR[®] RISC-based microcontroller

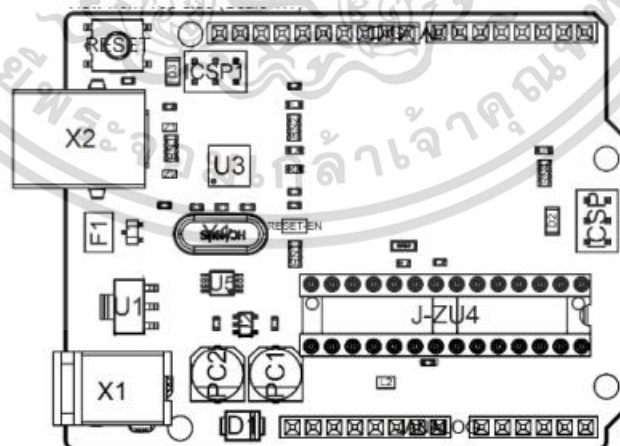
▪ Memory

- 16 KB ISP Flash
- 512B EEPROM
- 512B SRAM
- debugWIRE interface for on-chip debugging and programming

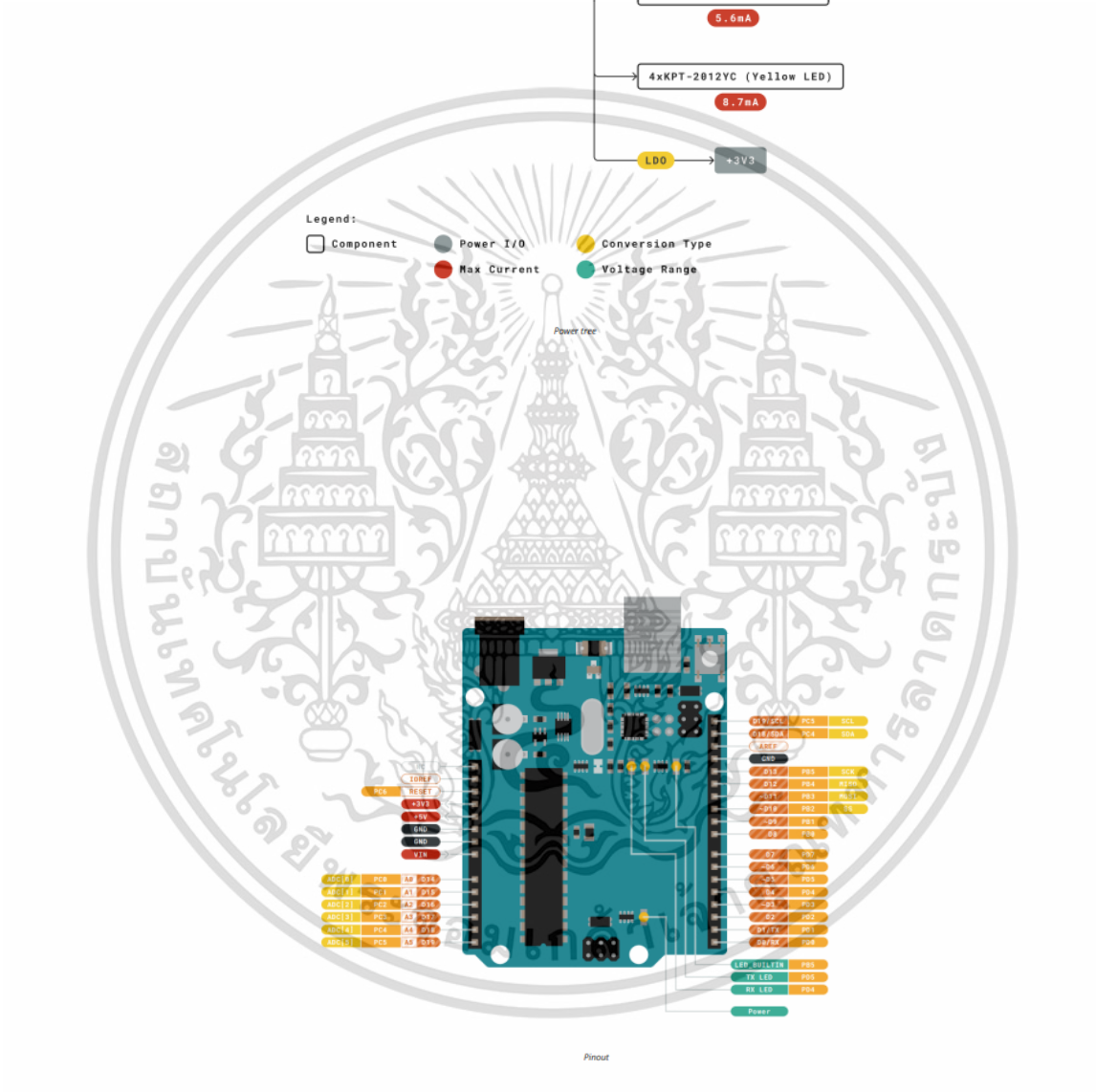
▪ Power

- 2.7-5.5 volts

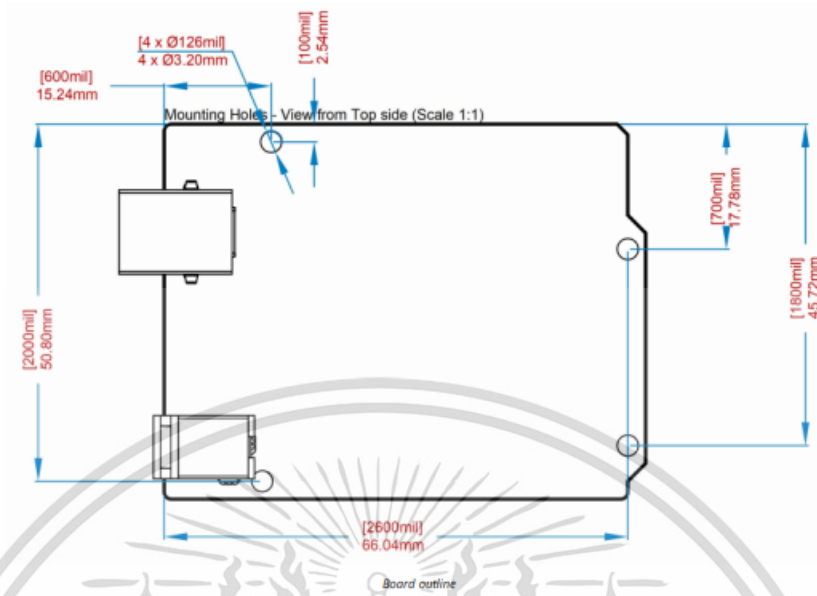
Top view



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5.1 JANALOG

Pin	Function	Type	Description
1	NC	NC	Not connected
2	IOREF	IOREF	Reference for digital logic V - connected to 5V
3	Reset	Reset	Reset
4	+3V3	Power	+3V3 Power Rail
5	+5V	Power	+5V Power Rail
6	GND	Power	Ground
7	GND	Power	Ground
8	VIN	Power	Voltage Input
9	A0	Analog/GPIO	Analog input 0 /GPIO
10	A1	Analog/GPIO	Analog input 1 /GPIO
11	A2	Analog/GPIO	Analog input 2 /GPIO
12	A3	Analog/GPIO	Analog input 3 /GPIO
13	A4/SDA	Analog input/I2C	Analog input 4/I2C Data line
14	A5/SCL	Analog input/I2C	Analog input 5/I2C Clock line

5.2 JDIGITAL

Pin	Function	Type	Description
1	D0	Digital/GPIO	Digital pin 0/GPIO
2	D1	Digital/GPIO	Digital pin 1/GPIO
3	D2	Digital/GPIO	Digital pin 2/GPIO
4	D3	Digital/GPIO	Digital pin 3/GPIO
5	D4	Digital/GPIO	Digital pin 4/GPIO
6	D5	Digital/GPIO	Digital pin 5/GPIO
7	D6	Digital/GPIO	Digital pin 6/GPIO
8	D7	Digital/GPIO	Digital pin 7/GPIO
9	D8	Digital/GPIO	Digital pin 8/GPIO
10	D9	Digital/GPIO	Digital pin 9/GPIO
11	SS	Digital	SPI Chip Select
12	MOSI	Digital	SPI1 Main Out Secondary In
13	MISO	Digital	SPI Main In Secondary Out
14	SCK	Digital	SPI serial clock output
15	GND	Power	Ground
16	AREF	Digital	Analog reference voltage
17	A4/SD4	Digital	Analog input 4/I2C Data line (duplicated)
18	A5/SD5	Digital	Analog input 5/I2C Clock line (duplicated)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้