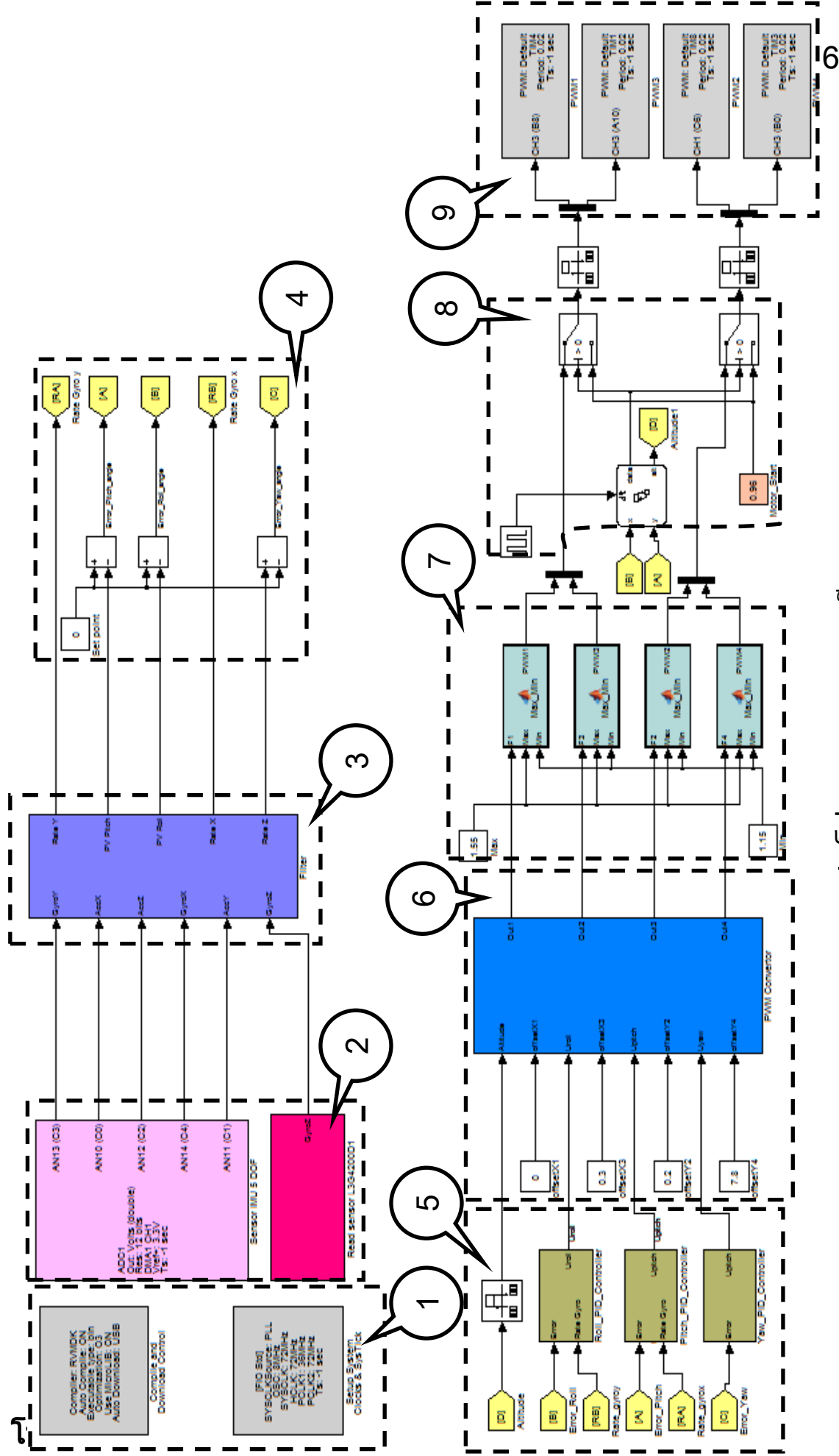


ภาคผนวก ข



๑ -1 โปรแกรมควบคุมเสถียรภาพของ

คำอธิบายโปรแกรม

1. Device Configuration เป็นบล็อกที่ใช้ในการเชื่อมต่อแบบ USB

1.1 Setup System Clocks & SysTick เป็นบล็อกที่ใช้กำหนดความถี่จากไมโครคอนโทรลเลอร์

1.2 Compile and Download Control เป็นบล็อกที่ใช้ในการเชื่อมต่อแบบ USB

2. ส่วนรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ในรูปสัญญาณอนาล็อก (analog to digital converter : ADC) ที่ $\pm 3.3\text{ V}$

3. โปรแกรมกรองข้อมูล โดยโปรแกรมที่ใช้เป็นโปรแกรมตัวกรองแบบคาลมาน (kalman)

4. โปรแกรมที่ใช้หาค่าความผิดพลาด โดยนำค่าที่ได้จาก

$$\text{Error} = \text{Set point} - \text{Process variable}$$

Error คือ ค่าความผิดพลาดของมุมเอียง

Set point คือ ค่ามุมเอียงที่ต้องการ

process variable คือ ค่ามุมเอียงที่วัดได้จากระบบ

5. ส่วนควบคุม โดยใช้การควบคุมแบบ PID ซึ่งเป็นการควบคุมแบบป้อนกลับ (close loop control) โดยค่าที่นำไปใช้ในการคำนวณคือค่าความผิดพลาด (Error)

$$U_{roll} = K_{P_{roll}} e + K_{I_{roll}} \frac{1}{s} + K_{D_{roll}} s e$$

$$e_{roll} = S_{P_{roll}} - PV_{roll}$$

$$U_{pitch} = \frac{e}{s} K_{P_{pitch}} + K_{I_{pitch}} \frac{1}{s} + K_{D_{pitch}} s \frac{e}{s} U_{pitch}$$

$$e_{pitch} = S_{P_{pitch}} - PV_{pitch}$$

$$U_{yaw} = \frac{e}{s} K_{P_{yaw}} + K_{I_{yaw}} \frac{1}{s} + K_{D_{yaw}} s \frac{e}{s} U_{yaw}$$

$$e_{yaw} = S_{P_{yaw}} - PV_{yaw}$$

U_{roll} คือ สัญญาณควบคุมเสถียรภาพในแนวแกน x
(Roll)

U_{pitch} คือ สัญญาณควบคุมเสถียรภาพในแนวแกน y (Pitch)

U_{yaw} คือ สัญญาณควบคุมเสถียรภาพในแนวแกน z (Yaw)

e_{roll} คือ ค่ามุมเอียงที่ผิดพลาดในแกน Roll

e_{pitch} คือ ค่ามุมเอียงที่ผิดพลาดในแกน Pitch

e_{yaw} คือ ค่ามุมเอียงที่ผิดพลาดในแกน Yaw

$S_{P_{roll}}$ คือ ค่ามุมที่กำหนดในแกน Roll โดยกำหนดให้เท่ากับ

0 องศา

$S_{P_{pitch}}$ คือ ค่ามุมที่กำหนดในแกน Pitch โดยกำหนดให้เท่ากับ 0 องศา

$S_{P_{yaw}}$ คือ ค่ามุมที่กำหนดในแกน Yaw โดยกำหนดให้เท่ากับ 0 องศา

PV_{roll} คือ ค่ามุมที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ในแกน Roll

PV_{pitch} คือ ค่ามุมที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ในแกน Pitch

PV_{yaw} คือ ค่ามุมที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ในแกน Yaw

6. PWM Converter เป็นส่วนที่ใช้หาค่าเปอร์เซ็นต์ทำงานเพื่อสร้างสัญญาณพัลส์วิดท์มอดูเลชั่น
หาแรงที่ต้องการยกตัวของมอเตอร์แต่ละตัว

$$F_1 = Altitude - (U_{roll} \times Propeller) + offsetX1 + RateRoll + U_{Yaw}$$

$$F_3 = Altitude + (U_{roll} \times Propeller) + offsetX3 + RateRoll + U_{Yaw}$$

$$F_2 = Altitude + (U_{pitch} \times Propeller) + offsetY2 + RatePitch - U_{Yaw}$$

$$F_4 = Altitude - (U_{pitch} \times Propeller) + offsetY4 + RatePitch - U_{Yaw}$$

F_1 คือ แรงของมอเตอร์ตัวที่ 1

F_2 คือ แรงของมอเตอร์ตัวที่ 2

F_3 คือ แรงของมอเตอร์ตัวที่ 3

F_4 คือ แรงของมอเตอร์ตัวที่ 4

$Altitude$ คือ แรงที่ทำให้เกิดการยกตัว (Lift force)

$Propeller$ คือ ค่าคงที่ของใบพัด

$offsetX$ คือ ค่าที่ปรับเพิ่มเข้าไปเพื่อให้มีความสมดุลใน

แนวแกน x ยิ่งขึ้น

$offsetY$ คือ ค่าที่ปรับเพิ่มเข้าไปเพื่อให้มีความสมดุลใน

แนวแกน Y ยิ่งขึ้น

$RateRoll$ คือ ความเร็วเชิงมุมที่ได้จากไจโรสโคปแกน Roll

RatePitch คือ ความเร็วเชิงมุมที่ได้จากไจโรสโคปแกน Pitch

6.1 Altitude แรงที่ทำให้เกิดการยกตัวโดยตัวอากาศยานมีน้ำหนักที่ 1011.4 กรัม จากน้ำหนักสามารถหาน้ำหนักที่มอเตอร์แต่ละตัวจะออกแรงยกได้
 น้ำหนักที่มอเตอร์แต่ละตัวจะต้องยก = น้ำหนักทั้งหมดของอากาศยาน(กรัม) ต่อ

$$\begin{aligned} & \text{จำนวนมอเตอร์ทั้งหมด(ตัว)} \\ & = 1011.4 \text{ กรัม ต่อ } 4 \text{ ตัว} \end{aligned}$$

น้ำหนักที่มอเตอร์แต่ละตัวจะต้องยก = 252.85 กรัมต่อ
 มอเตอร์ 1 ตัว

6.2 Propeller ค่าคงที่ของใบพัด

$$Propeller = C_L \cdot A \cdot d$$

C_L คือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงยกตัว (Lift Coefficient)

A คือ พื้นที่ใบพัด (ตารางเมตร)

d คือ ความหนาแน่นของอากาศ

จากการหาค่าแรงยกตัวที่กล่าวมาแล้ว ทำให้ได้ค่าต่าง
 ดังนี้

$$C_L = 1.7$$

$$A = 1.12 \times 10^{-3} \text{ ตารางเมตร}$$

$$d = 1.164$$

$$Propeller = 1.7 \cdot 1.12 \cdot 10^{-3} \cdot 1.164$$

$$Propeller = 2.22 \cdot 10^{-3}$$

6.3 offset เป็นค่าที่ปรับชดเชยเข้าไปในระบบ เพื่อให้ระบบมีความเสถียรมากยิ่งขึ้น โดยการปรับนั้นจะดูจากการทดลอง

จริง ที่ตัวอากาศยานมีความผิดพลาดต่างๆ ที่ตัวอุปกรณ์ โดยความผิดพลาดต่างๆ ที่เกิดอาจเกิดได้ ดังนี้

6.3.1 เกิดจากมอเตอร์ที่มีความเร็วรอบที่ไม่เท่ากันที่เปอร์เซ็นต์ (% duty) เท่ากัน เนื่องจากมอเตอร์ที่ใช้เป็นมอเตอร์ที่มีคุณภาพต่ำ ความเร็วที่ได้โดยเฉลี่ยยังคงไม่เท่ากันตามที่ต้องการจะเป็นจึงทำให้ในการควบคุม ทำให้ผลการตอบสนองของตัวอากาศยานยังคงมีความเอียงในขณะทำการบินอยู่

6.3.2 การปรับตั้งค่าเริ่มต้นของอุปกรณ์วัดมุมเอียงอาจทำได้ไม่ดีพอ หรือละเอียดพอที่ทำให้ค่าที่ได้มีค่าตรงตามความเป็นจริง

โดยในการทดลองจะทำการสังเกตการณ์ทิศทางการเอียงตัวของอากาศยานแล้วทำการปรับเพิ่มค่า offset ในแต่ละแกน โดยในการทดลองอากาศยานมักจะเอียงไปข้างหน้า และทางซ้ายทำให้สามารถเพิ่มค่า offset ในแต่ละแกนหมุนได้ดังนี้

อากาศยานเอียงไปข้างซ้าย ในเพิ่มแรงยกของตัวที่ 3 ขึ้น

$$\text{offsetX1} = 0$$

$$\text{offsetX3} = 0.3$$

อากาศยานเอียงไปข้างหลัง ในเพิ่มแรงยกของตัวที่ 4 ขึ้น

$$\text{offsetY2} = 0$$

$$\text{offsetY4} = 0.2$$

ในการปรับค่า offset เพิ่มขึ้นทุก 0.1 จะได้แรงยกของมอเตอร์ตัวนั้น เพิ่มขึ้น ประมาณ 0.1 นิวตัน หรือ สามารถยกน้ำหนักได้เพิ่มขึ้นประมาณ 1 กรัม

จากนั้นนำค่าทั้งหมดที่ได้มาหาเปอร์เซ็นต์ทำงานที่ได้ คือ

$$\%duty = \frac{(W + W_{max})}{W_{max}}$$

$\%duty$ คือ ค่าแรงที่แปลงเป็น $\%duty$

W_{max} คือ น้ำหนักสูงสุดที่ยกได้โดยเฉลี่ย คือ 750 กรัม

W คือ น้ำหนักที่ยกได้ (กรัม)

$W =$ แรงที่ต้องการยก (นิวตัน) ต่อ แรงโน้มถ่วงของโลก
(เมตรต่อวินาทีกำลังสอง)

7. $\%duty$ เป็นการกำหนดค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของเปอร์เซ็นต์
ทำงานเพื่อให้มอเตอร์สามารถทำงานได้ในช่วงความเร็วที่กำหนด
คือ 1.15 ถึง 1.55

8. โปรแกรมในส่วนการเริ่มต้นการทำงานของอากาศยาน โดยตัว
โปรแกรมมีลำดับการทำงานดังนี้

8.1 หลังจากการกดปุ่มทำงาน (Run) อากาศยานจะ
เริ่มเข้าสู่โหมดพร้อมทำงาน โดยจะเริ่มทำงานภายในเวลา 3
วินาทีหลังจากทำการกดปุ่ม

8.2 หลังจากเข้าโหมดพร้อมทำงาน อากาศเริ่มต้น
เร่งความเร็วของมอเตอร์ให้ได้แรงยกของมอเตอร์แต่ละตัวเพิ่มขึ้น
ทุกๆ 0.3 วินาที โดยต้องให้ได้แรงสุดท้ายสามารถยกให้อากาศ
ยานสามารถลอยตัวได้อยู่ที่ประมาณ 1020 กรัม หรือ ประมาณ
103 นิวตัน (N) โดยนี่คือค่าของ Altitude ในสมการนั่นเอง

8.3 เมื่อทำการบิน หากอากาศยานมีมุมเอียงใน
แนวแกน Roll หรือ Pitch เกิน ± 20 องศา กำหนดให้อากาศยาน
หยุดการทำงาน โดยให้มอเตอร์หยุดการหมุน

9. PWM เป็นโปรแกรมสร้างสัญญาณพัลส์วิดท์มอดูเลชั่น ให้ได้

เปอร์เซ็นต์ทำงานตามค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรมเพื่อจ่ายให้กับ
เครื่องมือควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์