

## โครงการยานบินบังคับ 4 ใบพัด

นายณัฐพงศ์ ยอดคำ  
 นายวุฒิพงษ์ ร่ำหมาน  
 นายศรัณยู ดวงแก้ว  
 นายวิศิษฐ์ ทองประชาญ

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ( เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม  
 server:www.elecnet.chandra.ac.th/research/paper/2554/2554\_2505120541.doc

### บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง ยานบินบังคับ 4 ใบพัด เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการออกแบบระบบควบคุมการบินแบบ 4 ใบพัด โดยใช้มอเตอร์และชุดควบคุมการเอียง ยานบินบังคับ 4 ใบพัดประกอบด้วยส่วนควบคุม ออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR เบอร์ Atmega48 ซึ่งรับค่าจากชุดควบคุมการเอียงไปควบคุมการทำงานของมอเตอร์จำนวน 4 ตัว ให้สามารถบินอยู่ใน สภาวะสมดุล ส่วนของการควบคุมยานบินให้เคลื่อนที่นั้น ใช้ชุดรับส่งสัญญาณวิทยุที่มีความถี่ 2.4 GHz ยานบินมี การเคลื่อนที่ 2 แบบ คือ การเคลื่อนที่แบบ Quad + และการเคลื่อนที่แบบ Quad X โดยในงานวิจัยนี้ได้มีการ ทดลอง 1) การวัดสัญญาณ PWM จากบอร์ดควบคุม เพื่อวิเคราะห์สัญญาณเมื่อยานบิน 4 ใบพัด ทำการบินเอียงใน องศาที่ต่างกัน 2) การทดลองการเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายเพื่อวัดระยะของสัญญาณในการบังคับยานบิน 4 ใบพัด จะทำการทดสอบทั้งหมด 4 ระยะคือ 80 เมตร 100 เมตร 120 เมตร และ 140 เมตร ผลจากการทดลอง 1)สามารถ วัดสัญญาณ PWM จากบอร์ดควบคุม คือ ยิ่งเอียงองศาที่มาก สัญญาณที่แรงขึ้นก็จะแรงมาก และสัญญาณที่ลดลงก็ จะลดลงมากเช่นเดียวกัน เพื่อรักษาระดับสมดุลของยานบิน 4 ใบพัด 2) ผลจากการทดลองการเคลื่อนที่ไปยัง เป้าหมาย สามารถทำงานได้ถูกต้องตามขอบเขตที่กำหนด

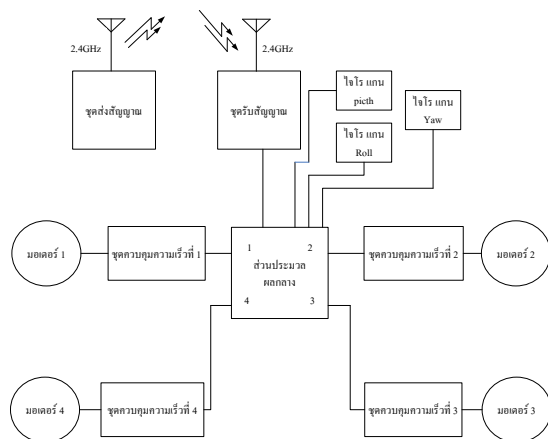
### 1.บทนำ

ปัจจุบันนี้เทคโนโลยีที่ใช้ในการสำรวจ ของประเทศไทย ส่วนใหญ่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ไม่ค่อยมีผลิตในประเทศและยังมีราคาสูงมาก เช่น เฮลิคอปเตอร์ เครื่องบินสำรวจ ยานยนต์เหล่านี้ไม่สามารถเข้าไปสำรวจในพื้นที่เล็ก ๆ เช่น ตามใน ตรอกซอกซอยต่างๆ ที่มีมากมายในกรุงเทพฯ อีกทั้งยานยนต์ยังมีขนาดใหญ่ และต้องมีผู้ชำนาญในการขับชี้ และไม่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระใน พื้นที่ที่จำกัด

โดยในงานวิจัยนี้จะทำยานบินบังคับ 4 ใบพัด เพื่อจะสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระอิสระ ซึ่งยานบินบังคับ 4 ใบพัดนี้มีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้ดีกว่ายานบินแบบ 2 ใบพัด และมีความรวดเร็วในการเข้าถึงพื้นที่ ที่เข้าถึงยากและยังสามารถถ่ายภาพจากมุมสูงการโดยใช้กล้องดิจิทัล อีกทั้งยังมีต้นทุนที่ต่ำกว่า การที่จะนำเข้ามาจาก ต่างประเทศและยังทำให้ผู้วิจัยได้ทำความเข้าใจถึง หลักการทำงานของภาครับและภาคส่ง และ การ ออกแบบโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์

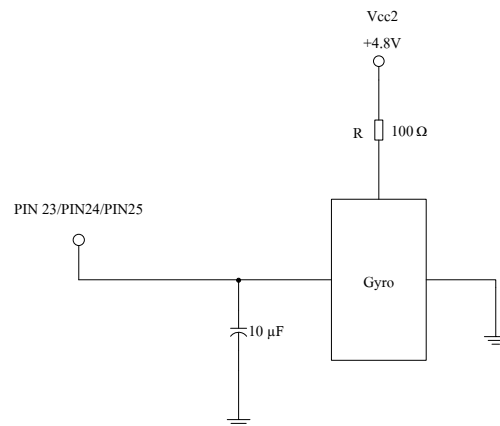
## 2. โครงสร้างของระบบ

ตัวยานบินบังคับ 4 ใบพัด จะเริ่มทำงาน เริ่มส่งสัญญาณจากระบบโมทคอนโทรลมายัง ตัวรับสัญญาณด้วยความถี่ 2.4 GHz จากนั้นส่งค่าสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อจะประมวลผล และส่งสัญญาณเพื่อที่จะสั่งงานการควบคุมมอเตอร์ในรูปแบบต่างๆ โดยจะส่งสัญญาณไปที่ชุดควบคุมความเร็วเพื่อควบคุมความเร็วมอเตอร์ และจะมีในส่วนของ ชุดควบคุมระดับการเอียง จะมีทั้งหมด 3 แกน เพื่อควบคุมการเอียงในรูปแบบต่างๆ คือ การเอียงหน้า เอียงหลัง การเอียงซ้ายเอียงขวา และการหมุนตัว ชุดควบคุมระดับการเอียงจะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อที่จะประมวลผลเพื่อที่จะสั่งงานการควบคุมมอเตอร์ เพื่อรักษาสมดุลในการบินไม่ให้เอียง ดังแสดงดังบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของยานบิน

## 2.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟให้ชุดควบคุมระดับการเอียง



รูปที่ 2.2 วงจรแหล่งจ่ายไฟให้กับชุดควบคุมระดับการเอียง

ชุดควบคุมระดับการเอียงในบอร์ดควบคุมจะมีทั้งหมด 3 ตัว คือ แกนหมุนตัวซ้าย-ขวา แกนเอียงหน้า-หลัง และแกนเอียงซ้าย-ขวา แต่ละตัวจะมีขาอยู่ 3 ขา คือ ขาไฟ ขากราวด์ และขาสัญญาณออก โดยขาสัญญาณออกจะต่อเข้ากับไอซี Atmega48 ที่ PIN23, PIN 24, PIN 25 ตามลำดับ และชุดควบคุมระดับการเอียงจะทำงานได้นั้นจะต้องมีไฟเลี้ยงประมาณ 3.3 โวลต์ จึงจะทำงานได้ เนื่องจากบอร์ดทดลอง มีไฟเข้ามาประมาณ 4.8 โวลต์ จึงมี ตัวต้านทาน 100 โอห์ม เพื่อจะแบ่งแรงดันที่เหลือ

## 2.2 การเลือกใช้มอเตอร์

เลือกใช้มอเตอร์ brushless ขนาด 900 KV กระแส 30 แอมป์ โดยพิจารณาจากหัวข้อดังต่อไปนี้

### การคำนวณรอบของมอเตอร์

จากสมการการคำนวณเพื่อหาค่าความเร็วของมอเตอร์

$$Speed_M = \text{motor KV} \times \text{input volt} \times \text{efficiency}$$

เมื่อ

$Speed_M$  = ค่าความเร็วของมอเตอร์ (มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที)

motor KV = ค่าที่มอเตอร์จะบอกมาให้ในเบื้องต้น คำนี้อาจตามแรงดันที่ป้อนเข้ามา (input volt) ยิ่งใช้โวลต์เข้าไปมากมอเตอร์ก็ยิ่งหมุนมาก รอบขึ้น (KV คือความเร็วรอบในการหมุนมอเตอร์ ต่อ 1 volt)

input volt = แรงดันที่ป้อนเข้ากับมอเตอร์

efficiency = เป็นค่าความสามารถ ที่มอเตอร์จะใช้งานจริงๆ โดยปรกติจะมีการสูญเสียไปในรูปแบบพลังงานความร้อนด้วย มอเตอร์บรืสเลส ทั่วๆ ไป จะมีค่าประสิทธิภาพอยู่ที่ 80% หรือ 0.80

แทนค่าลงในสมการ

$$\text{แทนค่า Speed}_M = 900KV \times 11.1V \times 0.8$$

$$\text{Speed}_M = 7992 \text{ RPM}$$

มอเตอร์ที่ใช้ ขนาด 900 KV ต้องการกระแส 6 – 30 A เลือกใช้มอเตอร์ขนาดนี้เพราะถ้า KV สูงมากกว่านี้มากๆ แรงบิด(Torque) ของมอเตอร์ก็จะต่ำลงไปด้วย จะทำให้ไม่มีแรงที่จะหมุนใบพัดขนาดใหญ่ได้



รูปที่ 2.2 มอเตอร์ขนาด 900 KV

### 2.3 การเลือกใช้ชุดควบคุมความเร็ว

ยานบินบังคับ 4 ใบพัด จะใช้ชุดควบคุมความเร็วทั้งหมด 4 ตัว มีคุณสมบัติที่เหมือนกันทั้ง 4 ตัว คุณสมบัติของชุดควบคุมความเร็วที่เลือกใช้โดยพิจารณาดังต่อไปนี้

ชุดควบคุมความเร็วทนกระแส 30 A เลือกใช้ชุดควบคุมความเร็วขนาดเท่านี้เพราะว่ามอเตอร์กินกระแสไม่เกิน 30 A เพราะถ้าใช้ต่ำกว่านี้

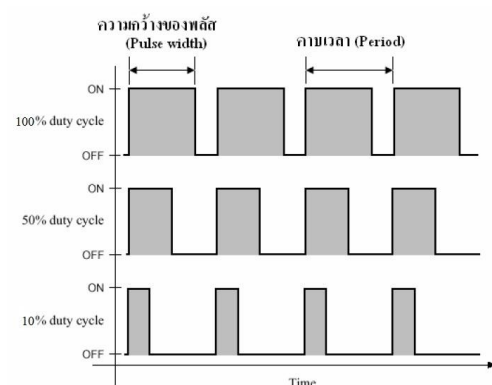
จะทำให้ชุดควบคุมความเร็วอาจไหม้ได้ โดยชุดควบคุมความเร็ว จะต่อเข้ากับชุดควบคุม ที่ขาไอซี ชุดควบคุมความเร็วตัวที่ 1 จะต่อที่ขา PIN16 ชุดควบคุมความเร็วตัวที่ 2 จะต่อที่ขา PIN15 ชุดควบคุมความเร็วตัวที่ 3 จะต่อที่ขา PIN14 ชุดควบคุมความเร็วตัวที่ 4 จะต่อที่ขา PIN13 ส่วนอีก 2 เส้นจะเป็นสายไฟ 4.8 โวลต์ และกราวด์



รูปที่ 2.3 ชุดควบคุมความเร็วขนาด 30 แอมป์

### 2.4 การใช้งานสัญญาณ PWM ในการควบคุมมอเตอร์บรืสเลส

PWM (Pulse Width Modulation) เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในงานควบคุม เช่นการควบคุมความเร็วมอเตอร์ หรือการควบคุมทิศทางการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์



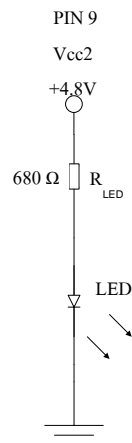
รูปที่ 2.4 แสดงความกว้างของสัญญาณพัลส์สัมพันธ์กับความเร็วในแบบต่างๆ

จากรูปที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าหลักการของวิธีนี้คือกระแสที่ป้อนเข้ามอเตอร์จะเป็นสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่คงที่ แต่ความกว้างของสัญญาณพัลส์เปลี่ยนแปลงได้ ถ้าสัญญาณพัลส์แคบความเร็วจะต่ำ

แต่ถ้าพัลส์กว้างความเร็วจะสูง ลักษณะของสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างของสัญญาณพัลส์เป็น 100% 50% และ 10% ของแต่ละค่าคาบเวลาจะทำให้ความเร็วของมอเตอร์นั้นหมุนต่างกัน ความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ 100 % จะทำให้มอเตอร์หมุนเร็วมากที่สุด ส่วนความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ 10% จะทำให้มอเตอร์หมุนช้าที่สุด

## 2.5 วงจรแสดงสถานะด้วย แอลอีดี

วงจรแสดงสถานะด้วยแอลอีดี สามารถแสดงสถานะปิดและเปิดเครื่อง และยังแสดงผลการตั้งค่าการกลับทิศทางไจโร และตั้งค่าความเร็วให้ชุดควบคุมความเร็ว



รูปที่ 2.5 วงจรแสดงสถานะด้วยแอลอีดี (LED)

เนื่องจากหลอดแอลอีดีขนาด 3 มิลลิเมตร มีอัตราการกินกระแสสูงสุด 30 มิลลิแอมป์ และต้องการแรงดันที่ 2 โวลต์ แต่เนื่องจากแรงดันไฟของวงจรที่ 4.8 โวลต์ จากไอซีที่ขา 9 นั้นสูงเกินความต้องการของแอลอีดีจะรับได้ จึงต้องมีการนำตัวต้านทานเพื่อมาแบ่งแรงดันที่เหลือ และจำกัดกระแสอยู่ที่ประมาณ 4.11 มิลลิแอมป์ ซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสม

## 2.6 ชุดส่งสัญญาณ (Transmitter)

FLY SKY FS-TH9X เป็นรีโมทบังคับวิทยุสำหรับเครื่องบินราคาไม่สูงมาก มีระบบโมดูลแยกแบบ 2.4 GHz และยังมีมาพร้อมกับเครื่องรับสัญญาณ 9 แชนแนล ส่งสัญญาณได้ 9 CH สามารถใช้ได้กับเฮลิคอปเตอร์, เครื่องบิน, เครื่องร่อน, รถบังคับวิทยุ, เรือบังคับวิทยุ, หุ่นยนต์บังคับวิทยุ, โพรเจกต์หุ่นยนต์ ใช้พลังงานด้ามี่จอ LCD ขนาด 128 × 64 มีข้อความเตือนเมื่อแบตเตอรี่ของ รีโมทต่ำ ใช้แบตเตอรี่รีชาร์จ 12 โวลต์ สามารถชาร์จไฟได้ น้ำหนัก 680 กรัม ใช้ความถี่ 2.4 GHz



รูปที่ 2.6 รีโมทคอนโทรลที่ใช้งาน ส่งสัญญาณความถี่ 2.4 GHz

## 2.7 ชุดรับสัญญาณ (Receiver)

มีขนาด 64 mm × 48 mm × 21mm เป็นปลั๊กแบบสามหมุด แบบดิจิทัลมีตัวรับสัญญาณแบบดิจิทัล 9 ช่อง ใช้รับสัญญาณความถี่ 2.4 GHz

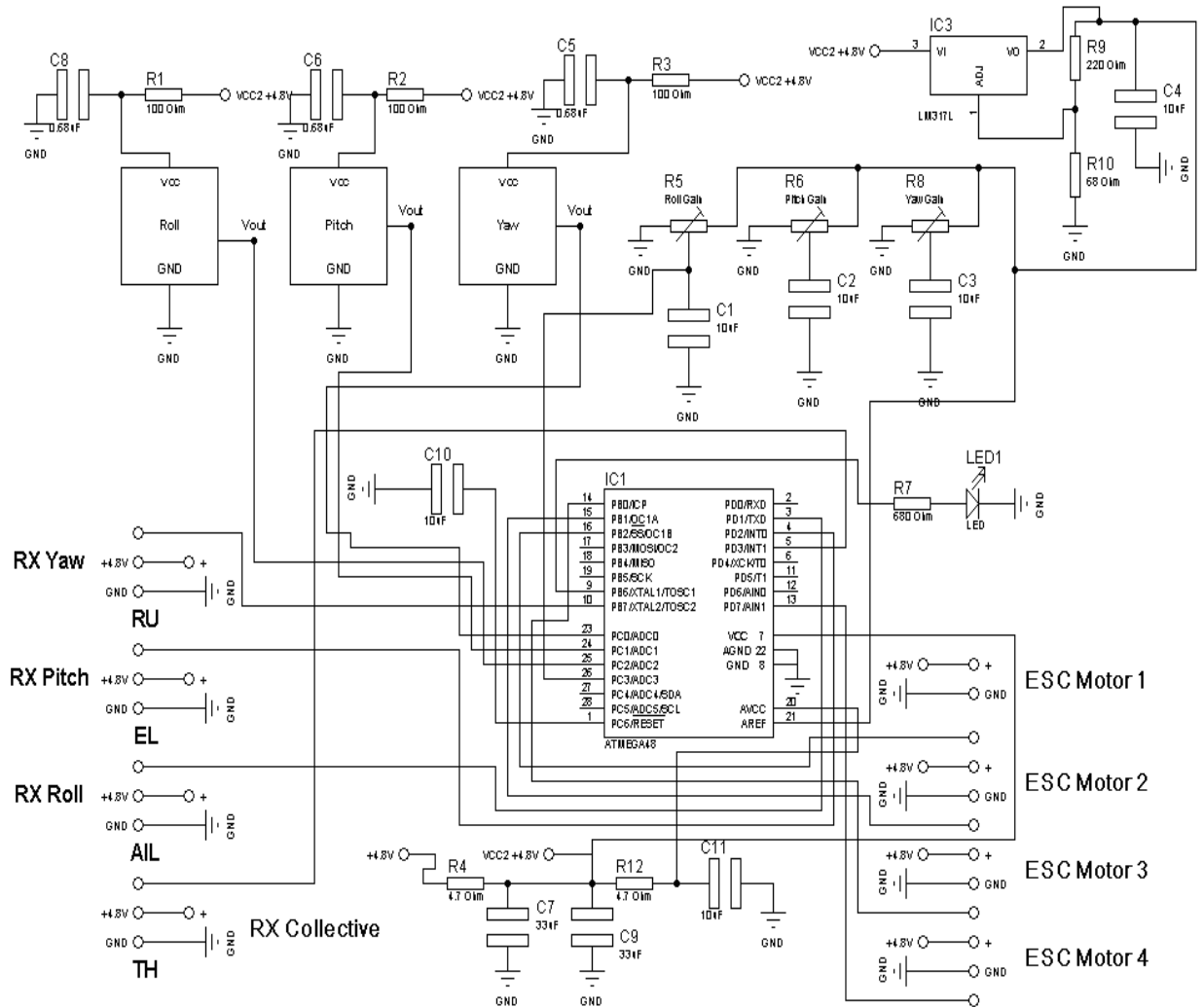


รูปที่ 2.7 ตัวรับสัญญาณที่ใช้รับสัญญาณความถี่ 2.4 GHz

### 2.8 วงจรควบคุม

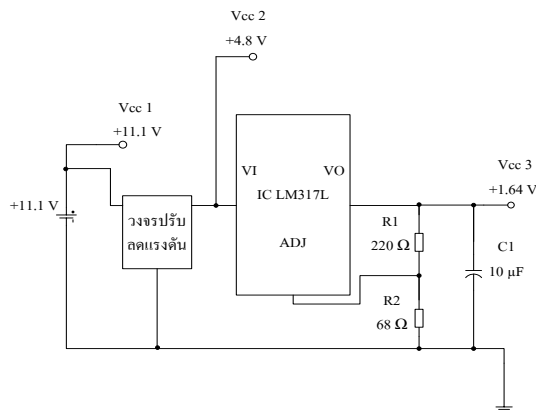
วงจรถวลคุม (Multirotor Control Board with 3 gyros) จากรูปที่ 2.8 ในวงจรมีอินพุตทั้งหมด 10 ช่องจะมีรับค่าจากภาครับสัญญาณจำนวน 4 ช่อง ชุดควบคุมระดับการเอียง 3 แกน 3 ช่อง

และ ตัวต้านทานปรับค่าได้เพื่อควบคุมความไวของชุดควบคุมระดับการเอียง อีก 3 ช่อง และเอาต์พุตจำนวน 7 ช่อง แต่ในการจัดทำใช้เพียง 5 ช่องเท่านั้น ช่องแรกไว้แสดงไฟสถานะ ส่วนอีก 4 ช่องไว้ใช้ควบคุมความเร็วมอเตอร์ทั้ง 4 ตัว และจะมีส่วนของการต่อช่องเพื่อที่จะลงโปรแกรมให้กับไอซี



รูปที่ 2.8 รูปวงจรถวลคุมบอร์ดควบคุมที่ใช้งาน

## 2.9 แหล่งจ่ายไฟทั้งหมดของระบบ



รูปที่ 2.9 แหล่งจ่ายไฟของระบบ

การจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ ในการทำงาน จะเริ่มจากไฟของแบตเตอรี่รีลิเทียม โพลีเมอร์ ขนาด 11.1 โวลต์ ป้อนให้กับชุดควบคุมความเร็วทุกตัว เพื่อเป็นแรงดันไปเลี้ยงมอเตอร์ จากนั้นชุดควบคุมความเร็วจะมีวงจรปรับแรงดัน (BEC) เป็น 4.8 โวลต์ เพื่อที่จะไปเลี้ยงบอร์ดทดลอง ชุดควบคุมระดับการเอียง และภาครับสัญญาณ

### 2.9.1 แหล่งจ่ายไฟชุดควบคุมความเร็ว

แหล่งจ่ายไฟจาก  $V_{cc1}$  คือ แรงดันที่มากจากแบตเตอรี่ โดยตรงมีแรงดันเท่ากับ 11.1 โวลต์ จ่ายให้กับชุดควบคุมความเร็วทั้ง 4 ตัว เพื่อเป็นแรงดันเพื่อจ่ายให้กับมอเตอร์

### 2.9.2 แหล่งจ่ายไฟให้ชุดควบคุม

แหล่งจ่ายไฟจาก  $V_{cc2}$  คือ แรงดันที่มากจากชุดควบคุมความเร็วที่มีการปรับลดแรงดัน จะมีแรงดันเท่ากับ 4.8 โวลต์ เพื่อเป็นแรงดันเพื่อจ่ายให้บอร์ดควบคุม ในบอร์ดควบคุมจะมีชุดวัดระดับความเอียงอีก 3 ตัวและชุดภาครับ ที่จะต้องมีไฟเลี้ยง เพื่อที่จะทำงานได้ รวมถึงไอซี Amega48 ที่ใช้งาน จะทำงานที่แรงดัน 2.7 - 5.5V

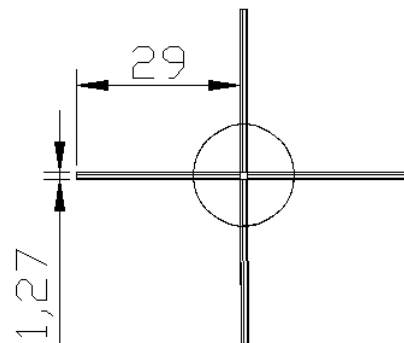
## 2.9.3 ชุดปรับลดแรงดันด้วยการใช้ไอซีเบอร์

### LM317L

การใช้ไอซีเบอร์ LM317L เพื่อเป็นการปรับลดแรงดัน จาก  $V_{cc2} = 4.8$  โวลต์ จะเหลือเพียง 1.64 โวลต์ ( $V_{cc3}$ ) เพื่อที่จะใช้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ตัวต้านทานปรับค่าได้ เพื่อจะปรับแต่งค่าความไวของตัววัดระดับความเอียงทั้ง 3 แกน จากนั้นจะต่อเข้าที่ไอซี Amega48 จึงต้องทำการปรับลดแรงดันเพื่อที่ไอซีจะสามารถอ่านค่าได้ เพราะถ้าแรงดันมากเกินไปไอซี Amega48 จะไม่สามารถอ่านค่าได้

## 2.10 การออกแบบโครงสร้างของยานบิน 4 ใบพัด

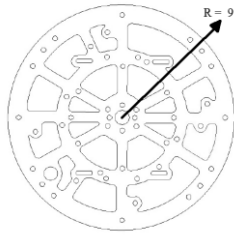
การออกแบบโครงสร้าง เริ่มจากการเลือกวัสดุที่จะทำโครงสร้างวัสดุนั้นต้องมีน้ำหนักเบา และแข็งแรงพอประมาณสามารถรับแรงกระแทกได้ จึงเลือกใช้ท่อลูมิเนียมขนาด 4 หนูดังรูป 2.10



รูปที่ 2.10 แท่งอลูมิเนียมขนาด 4 หนู

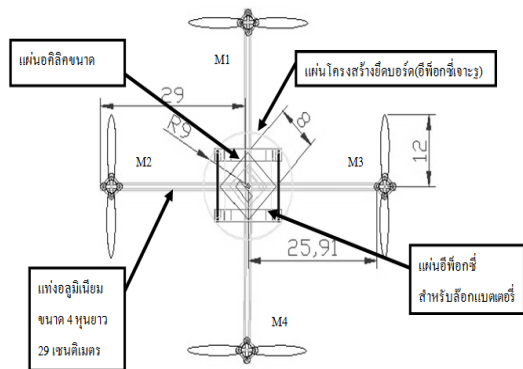
ยาว 29 เซนติเมตร จำนวน 4 เส้น

เพราะขนาดไม่ใหญ่จนเกินไป และมีความแข็งแรงตามที่ต้องการอีกทั้งยังมีน้ำหนักเบาอีกด้วย ส่วนตัวฐานยึดนั้นเลือกใช้แผ่นอิฟ็อกซ์ ดังรูปที่ 2.11



**รูปที่ 2.11** แผ่น โครงสร้างซีบอร์ด (อีพ็อกซีเจาะรู) ขนาด 3 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 18 เซนติเมตร

เพราะว่ามีความยืดหยุ่น และมีความแข็งแรงที่พอดี ไม่อ่อนหรือแข็งจนเกินไปส่วนการยึดชิ้นส่วนต่างๆ นั้น ใช้น็อตและเคเบิลไทร์



**รูปที่ 2.12** Top View แสดงขนาดแต่ละส่วน (หน่วยเป็น cm)

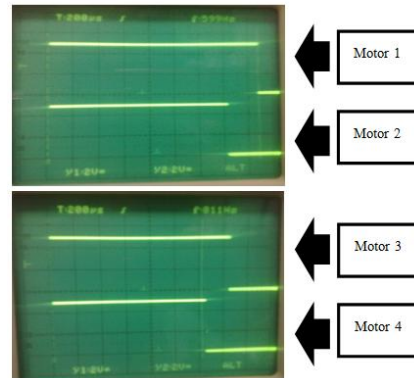
**3. ผลการทดลอง**

การทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

**3.1 ทดสอบสัญญาณ PWM ที่ขาออกของบอร์ดควบคุมที่จะส่งงานไปที่ตัวมอเตอร์ทั้ง 4 ตัว เพื่อจะควบคุมความเร็วของมอเตอร์แต่ละตัว**

วัดค่าโดยใช้เครื่องวัดสัญญาณต่อเข้ากับบอร์ดควบคุม ทั้ง 4 จุด จากนั้นทำการวัดสัญญาณโดยการเรียงเครื่องไปในมุม 30 องศา 45 องศา เพื่อดูผลทั้ง 2 มุมและนำมาเปรียบเทียบกัน จะทำการ

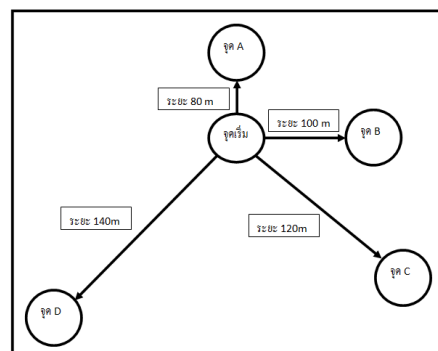
เรียงหน้า เอียงหลัง เอียงซ้าย และเอียงขวา จากรูปที่ 3.1 เป็นการทดสอบการเอียงหน้า 45 องศา



**รูปที่ 3.1** แสดงการวัดสัญญาณควบคุมมอเตอร์ทั้ง 4 ตัว ทดสอบที่ แกน pitch เอียงเครื่องไปข้างหน้า 45 องศา

**3.2 ทดสอบการบินไปยังเป้าหมายในระยะต่างๆ ที่กำหนดไว้**

ทำการกำหนดระยะ โดยระยะที่ 1 (จุด A) ห่างจากจุดเริ่มต้น 80 เมตร ระยะที่ 2 (จุด B) ห่างจากจุดเริ่มต้น 100 เมตร ระยะที่ 3 (จุด C) ห่างจากจุดเริ่มต้น 120 เมตร และระยะที่ 4 (จุด D) ห่างจากจุดเริ่มต้น 140 เมตร ลักษณะดังรูปที่ 3.2 เพื่อหา ระยะของสัญญาณและความสามารถในการบังคับยานบิน



**รูปที่ 3.2** แสดงเป้าหมายและระยะทางที่กำหนด

#### 4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง คือ ทำการปรับคันโยกที่ตำแหน่งสูงสุดและต่ำสุด เพื่อสังเกตค่าสัญญาณ PWM และการเอียงตัวยานบิน 4 ใบพัดไปตามที่กำหนด ดังต่อไปนี้ 30 องศาและ 45 องศา พบว่าสัญญาณที่ปล่อยออกมาที่ตัวมอเตอร์มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งผลจากการทำงานนี้ สังเกตแล้ววิเคราะห์ได้ว่าจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อยานบินเอียงแต่จะเกิดในเวลาที่รวดเร็วมาก เช่น เมื่อทำการเอียงยานบิน 4 ใบพัด สัญญาณจะส่งทันทีที่เอียงแล้วก็จะกลับไปจุดเดิมทันที ยิ่งเอียงมากสัญญาณที่แรงขึ้นก็จะแรงมาก ส่วนสัญญาณที่ลดลงก็จะลดลงมากเช่นเดียวกัน เพื่อจะรักษาระดับสมดุลของยานบิน 4 ใบพัด ส่วนการทดลองวัฏระยะของสัญญาณ ของยานบิน 4 ใบพัด สามารถทำงานได้ถูกต้องทั้งหมด การทดสอบพบว่ายานบินสามารถไปยังเป้าหมายที่จุด A,B,C ได้ดี แต่จุด D อยู่ในแกนพอใช้เนื่องจากผู้บังคับเห็นยานบินและเป้าหมายได้ไม่ชัดเจน

#### 5. ข้อเสนอแนะ

บอร์ดควบคุมที่ใช้ นั้น ประสิทธิภาพต่ำ ไม่มีอุปกรณ์รักษาศูนย์กลางของยานบิน จึงทำให้ชุดควบคุมระดับการเอียงไม่ทราบถึงมุมที่แท้จริง ทำให้ชุดควบคุมระดับการเอียงทำงานอยู่ตลอดเวลา ทำให้เครื่องเอียงซ้าย และเอียงขวา ปรับสมดุลอยู่ตลอดเวลา จึงแนะนำให้ใช้ บอร์ด Alternative MK Flight controller หรือ บอร์ด MK โดยบอร์ด MK จะมีตัวรักษาศูนย์กลางทำงานร่วมกับ ชุดควบคุมระดับการเอียง ทำให้ยานบินได้นิ่งและอยู่กับที่ ชุดควบคุมระดับการเอียง ปรับสมดุลทันทีเมื่อเครื่องเอียง ทำงานรวดเร็ว และยังมีตัวรักษาระดับความสูง เพื่อป้องกันเครื่องตก และยังพัฒนาต่อได้อีกเช่น ติด GPS ระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติทางต่างๆ และอื่นๆ อีกมากมาย

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นปริญญาานิพนธ์ ซึ่งได้ถูกจัดทำขึ้น อย่างเต็มความรู้ความสามารถของผู้จัดทำ ซึ่งก็ได้ใช้เวลาในการติดตั้ง อุปกรณ์ การค้นคว้า ชักถาม หาข้อมูล และรวบรวมข้อมูล ทำความเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูลและหลักการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาของท่าน อาจารย์วิรัช จิตประสงศ์ อาจารย์อภิชาติ หาจตุรัส และอาจารย์ สัมพันธ์ แผล่งป่าหมื่น อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยี อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนแนวคิดทฤษฎีต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งการเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาด้วยความเอาใจใส่ด้วยดีมาตลอดมา พร้อมทั้งให้ความอนุเคราะห์ ในด้านเครื่องมือที่เป็นจำเป็นต่างๆ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงมาก ณ โอกาสนี้