บทที่ 2

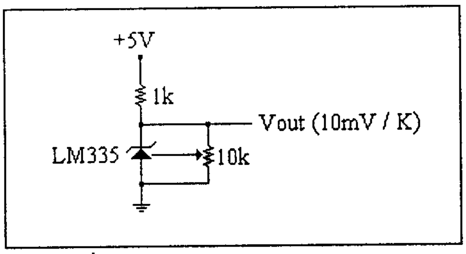
การออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัด

(A Design of Sensor Equipment)

ในบทนี้จะได้นำเสนอความคิดในการออกแบบวงจรตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของสภาพอากาศ ได้แก่ อุณภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความกดอากาศ ความเร็ว และ ทิศทางลม โดยจะแบ่งอธิบายแยกเป็นแต่ละส่วน

2.1 การออกแบบวงจรตรวจวัดอุณภูมิ

การวัดค่าอุณภูมิของอากาศสามารถทำได้โดยเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจวัดได้หลายชนิด อาทิ เช่น Thermister, Temperature Sensor ซึ่งอุปกรณ์ตัวหลังนี้จะมีค่าความถูกต้องสูงที่สุดอีกทั้งยังสามารถจะเลือกได้ว่าต้องการอ่านค่าอุณภูมิในหน่วยใด ซึ่งอาจเป็น เซลเซียส ฟาเรนไฮต์ หรือเคลวิน ก็ได้ ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ IC Temperature Sensor หมายเลข LM335 ของบริษัท National Semiconductor ซึ่งทำหน้าที่เป็น Precision Temperature Sensor โดยมีตัวถังเป็นชนิด TO-92 มีการทำงานอย่างคร่าวๆ คือ LM335 จะให้แรงดัน Output เปลี่ยนแปลงไป 10 mV ทุกๆ อุณหภูมิ 1° Kelvin โดยวงจรที่ได้ออกแบบไว้เป็นดังนี้



ภาพที่ 2-1 แสดงวงจรตรวจวัดอุณหภูมิ

การปรับตั้ง LM335 จะทำตามค่ามาตรฐานที่ได้จากข้อกำหนดของบริษัทผู้ผลิตคือ

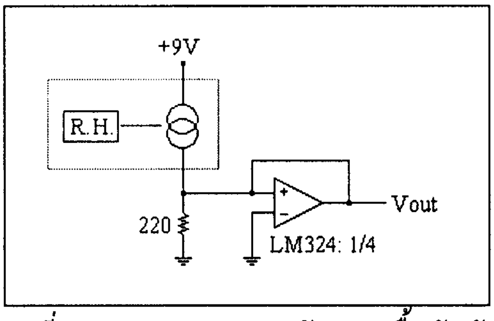
$$Vout_1 = Vout_0 \times T/T_0$$

เมื่อ $Vout_1$ คือ แรงดัน Output ที่อุณหภูมิ T Kelvin

$Vout_0$ คือ แรงดัน Output ที่อุณหภูมิ T_0 Kelvin โดย $Vout_0$ จะมีค่า 2.982 V ที่ T_0 มีค่า 25° C หรือ 298.73 Kelvin

2.3 การออกแบบวงจรตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์

ในส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น ผู้วิจัยได้เลือกใช้หัววัดความชื้นซึ่งใช้ในงานอุตสาหกรรมของบริษัท Rense รุ่น HT-734-M-L6 มีวงจรเสมือนเป็น Current source ที่จะจ่ายกระแสตามค่าของความชื้น โดยบริษัทผู้ผลิตได้ออกแบบให้ค่ากระแสที่จ่ายออกมาอยู่ในช่วงระหว่าง 4-20 mA ตลอดช่วงค่าความชื้น 0-95% ตามมาตรฐานสัญญาณในระบบอุตสาหกรรม ซึ่งการนำมาใช้จะต้องแปลงค่ากระแสให้เป็นแรงดัน เพื่อให้สามารถส่งไปแปลงสัญญาณเป็นดิจิตอลได้ วิธีการคือจ่ายกระแสผ่านความต้านทานค่าที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดแรงดันตกคร่อมความต้านทานตามที่ต้องการ ซึ่งวงจรของอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์เป็นดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 แสดงวงจรตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์

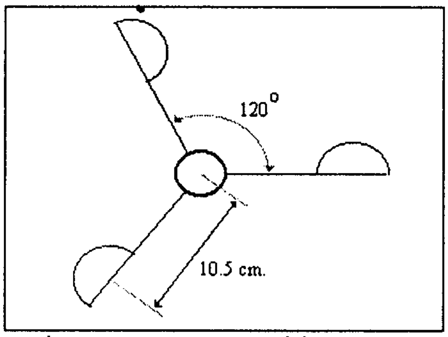
จากวงจรจะสังเกตว่ามีการใช้ Opamp ทำหน้าที่เป็น Buffer ให้กับวงจรแปลงสัญญาณที่จะนำมาต่อเข้ากับวงจรตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์

2.4 การออกแบบวงจรตรวจวัดค่าความเร็วและทิศทางลม

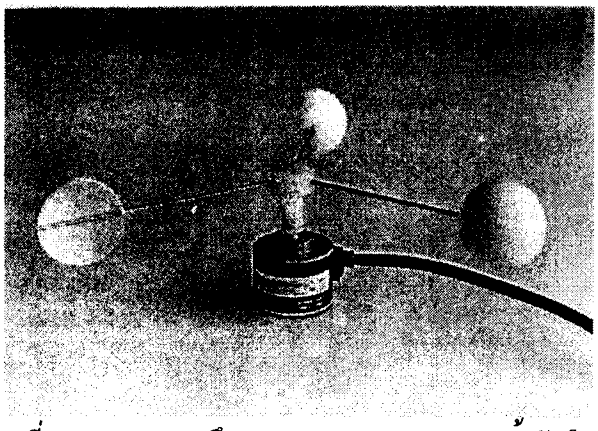
การตรวจวัดค่าความเร็วลมสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจวัดได้หลายแบบ อาทิเช่น วัดความเร็วโดยส่งค่าความเร็วออกมาเป็น Pulse แล้วนำไปนับจำนวน Pulse เทียบกับเวลา ก็จะได้ค่าความเร็วลม หรือ ใช้ d.c. generator ต่อกับแกนหมุนเพื่อให้กำเนิดแรงดันตามความเร็วลมก็ได้ แต่วิธีทั้ง 2 มีปัญหาคือ วิธีแรกนั้นจะต้องเขียนโปรแกรมให้กับ Microcontroller เพื่อให้คำนวนความเร็ว ซึ่งต้องใช้เนื้อที่ของหน่วยความจำเพื่อเก็บตัวโปรแกรม จึงไม่เหมาะสมกับระบบขนาดเล็ก ส่วนวิธีที่สองจะมีปัญหาว่า d.c. generator ที่มีความฝืดต่ำนั้นมีราคาสูงและหาได้ยาก ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงได้ออกแบบโดยนำวิธีการทั้งสองมารวมเข้าด้วยกันเพื่อตัดปัญหาของแต่ละวิธีออกไป โดยใช้วิธีส่ง Pulse จากแกนหมุนของอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม จากนั้นจะสร้างแรงดัน d.c. จาก Pulse โดยใช้วงจร Frequency-to-Voltage Converter

ในส่วนของการสร้าง Pulse จากการหมุนจะใช้ Incremental Encoder สร้าง Pulse จำนวน 100 ลูกต่อการหมุน 1 รอบ จากนั้นจึงส่ง Pulse ไปให้วงจรแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มี

ระดับแรงดันเป็นสัดส่วนกับความถี่ของ Pulse โดยใช้ IC ของบริษัท National Semiconductor หมายเลข LM 2917 นอกจากการออกแบบในส่วนของวงจรไฟฟ้าแล้ว จะต้องออกแบบในส่วนของกลไกอีก ซึ่งได้แก่ส่วนของใบพัดรับลม โดยได้ออกแบบดังภาพที่ 2-6

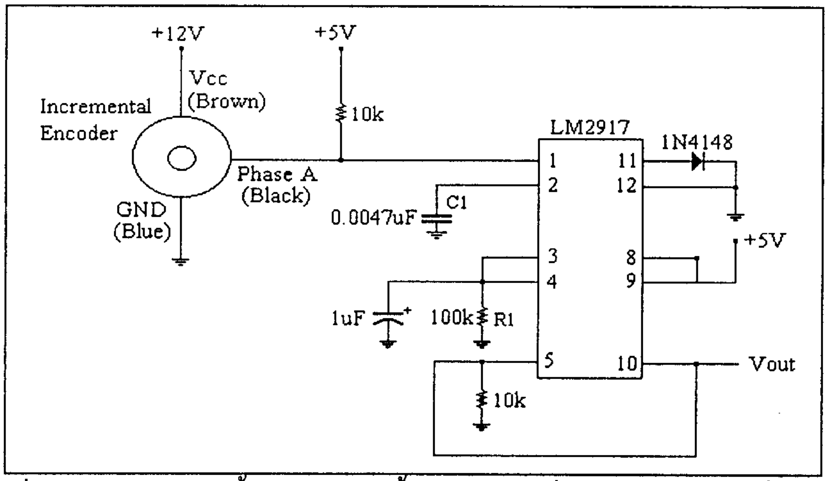


ภาพที่ 2-6 แสดงส่วนของใบพัดดักลมที่ต่อกับ Incremental Encoder



ภาพที่ 2-7 แสดงการยึด Incremental Encoder เข้ากับใบพัด

สำหรับวงจรที่ใช้แปลง Pulse ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแสดงในภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 แสดงวงจรสร้างแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่แปรผันตามความถี่ของ Pulse

จากข้อกำหนดในการออกแบบของ IC LM2917 สำหรับการแปลงความถี่เป็นแรงดัน โดยค่าแรงดัน Output จะมีค่าเท่ากับผลคูณของ ความถี่ของ Pulse, R1, C1 และ Vcc หรือเขียนได้เป็น

$$V_{OUT} = Vcc \times R1 \times C1 \times F_{in}$$

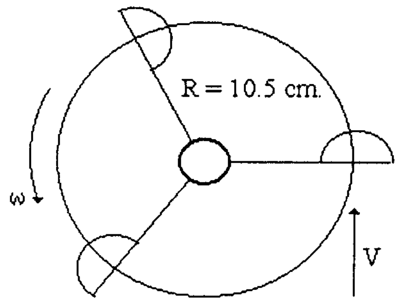
จากวงจรได้กำหนดให้ R1 = 100k , C1 = 0.0047 uF และ Vcc = 5 V ต้องการแรงดัน Output อยู่ในช่วง 0-5V ดังนั้นสามารถคำนวนหาค่าความถี่สูงสุดที่จะป้อนเข้ามาได้เป็น

$$F_{in} = V_{OUT} / (Vcc \times R1 \times C1)$$

$$= 5V / (5V \times 100k \times 0.0047uF)$$

$$= 2127.65 \text{ Hz.}$$

จากค่าความถี่ดังกล่าวก็จะสามารถหาค่าความเร็วลมสูงสุดที่จะทำการวัดได้โดยคำนวนดังนี้



กำหนดให้ความเร็วลมเป็นความเร็วเชิงเส้น V m/s ทำให้ใบพัดหมุนด้วยความเร็วเชิงมุม ω rad/s การหมุน 1 รอบ หรือ 3.14 rad จะทำให้เกิด Pulse 100 ลูก ดังนั้นถ้าจำนวน Pulse สูงสุดมีค่าเท่ากับ 2127.65 ลูก/วินาที จะได้อัตราการหมุนคือ

Rotation Speed = 2127.65 / 100

= 21.2765 rev/s.

คิดเป็น rad/s. = 21.2765 * 3.14

= 66.8 rad/s.

ความเร็วเชิงเส้น V = $\omega \times R$

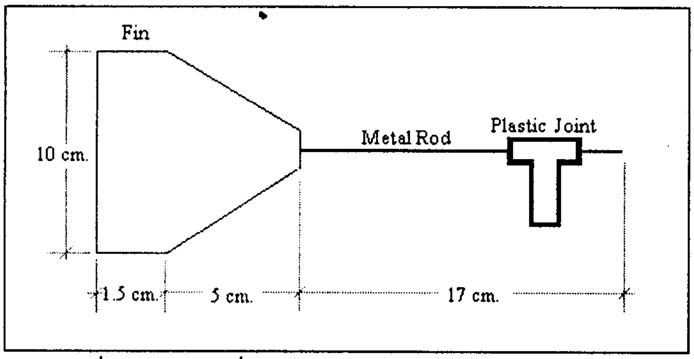
รัศมีของการหมุนมีค่า 10.5 cm. ดังนั้นจะได้ความเร็วเชิงเส้นมีค่า

= 66.8 rad/s. x 0.105 m.

= 7.0 m/s.

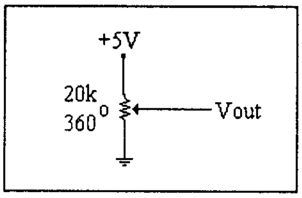
คิดเป็นความเร็ว = 25.2 กม. / ชม.

สำหรับการตรวจวัดทิศทางลม สิ่งที่จะใช้ในการระบุทิศทางคือ ตัวต้านทานปรับค่าได้โดยสามารถจะหมุนได้ 360 องศา ของบริษัท Spectral แล้วทำการออกแบบส่วนของแพนหางเพื่อยึดกับแกนของตัวต้านทานดังภาพที่ 2-8



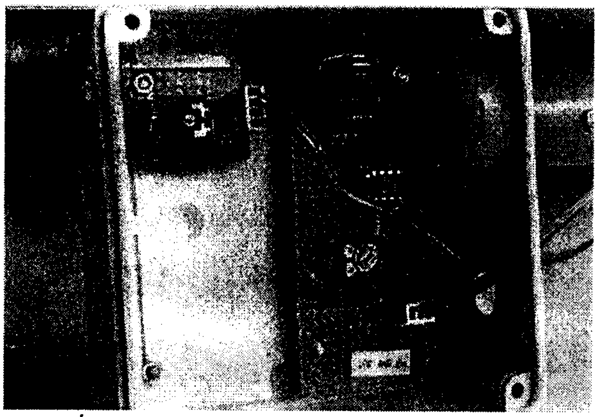
ภาพที่ 2-8 แสดงส่วนของแพนหางสำหรับวัดทิศทางลม

สำหรับวงจรที่ใช้ในการวัดทิศทางลมจะเป็นดังภาพที่ 2-9

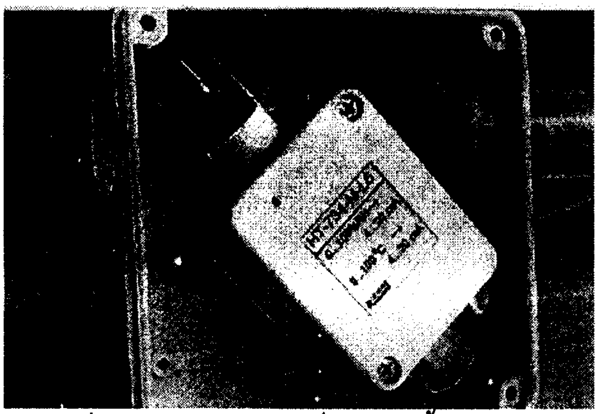


ภาพที่ 2-9 แสดงวงจรตรวจวัดทิศทางลม

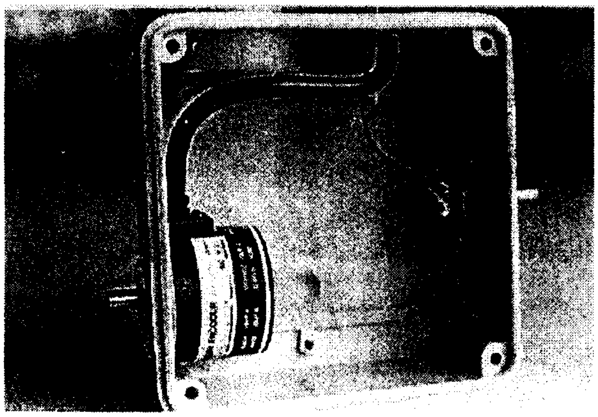
ภายหลังจากการออกแบบก็ทำการสร้างต้นแบบดังแสดงในรูปต่อไปนี้



ภาพที่ 2-10 แสดงแผงวงจรวัดอุณหภูมิและความดัน



ภาพที่ 2-11 แสดงอุปกรณ์วัดความชื้นของ Rense



ภาพที่ 2-12 แสดงการติดตั้ง Incremental Encoder และ Potentiometer