บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 หลักการทำโครงงาน

การทำโครงงานนี้ ได้วางแผนการไว้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

2.1.1 การศึกษาหาระบบที่ควรแก้ไข

ในส่วนนี้ได้ทำการศึกษาในเบื้องต้นแล้วพบว่า อัตราการไหลมวลอากาศที่ปล่อยออกจากปล่องนอกโรงงาน มีอัตราเร็วสูงมากและมีความร้อนประมาณ 80-90 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม ในขั้นตอนแรกของโครงการนี้จะทำการวัดพารามิเตอร์ของระบบเพิ่มเติม เพื่อทำการเปรียบเทียบระบบปัจจุบันกับระบบที่ออกแบบแก้ไขขึ้น โดยจะทำการวัดค่าอุณหภูมิ,ปริมาณแกลบที่ใช้ในเตาเผา, อัตราการไหล ปริมาณวัตถุดิบที่เข้าเตาอบ, อุณหภูมิของเตาอบ โดยจะคำนวณค่าพลังงานความร้อนในแต่ละจุดเพื่อหาพลังงานความร้อนที่สูญเสียไปจากการไหลมวลอากาศที่เร็วเกินไป และเปรียบเทียบระหว่าง ปริมาณของแกลบที่ใช้กับความร้อนที่ได้และความร้อนที่สูญเสียไป การทำการวิเคราะห์โดยละเอียดนี้จะต้องอาศัยการวัดอัตราการไหลมาคำนวณค่าพลังงานความร้อนที่ใช้และความร้อนสูญเสีย ซึ่งเครื่องวัดนี้มีอยู่ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2.1.2 การออกแบบระบบควบคุม

การควบคุมการไหลมวลอากาศอัตโนมัติที่คาดว่าจะใช้มี 3 แนวทางคือ

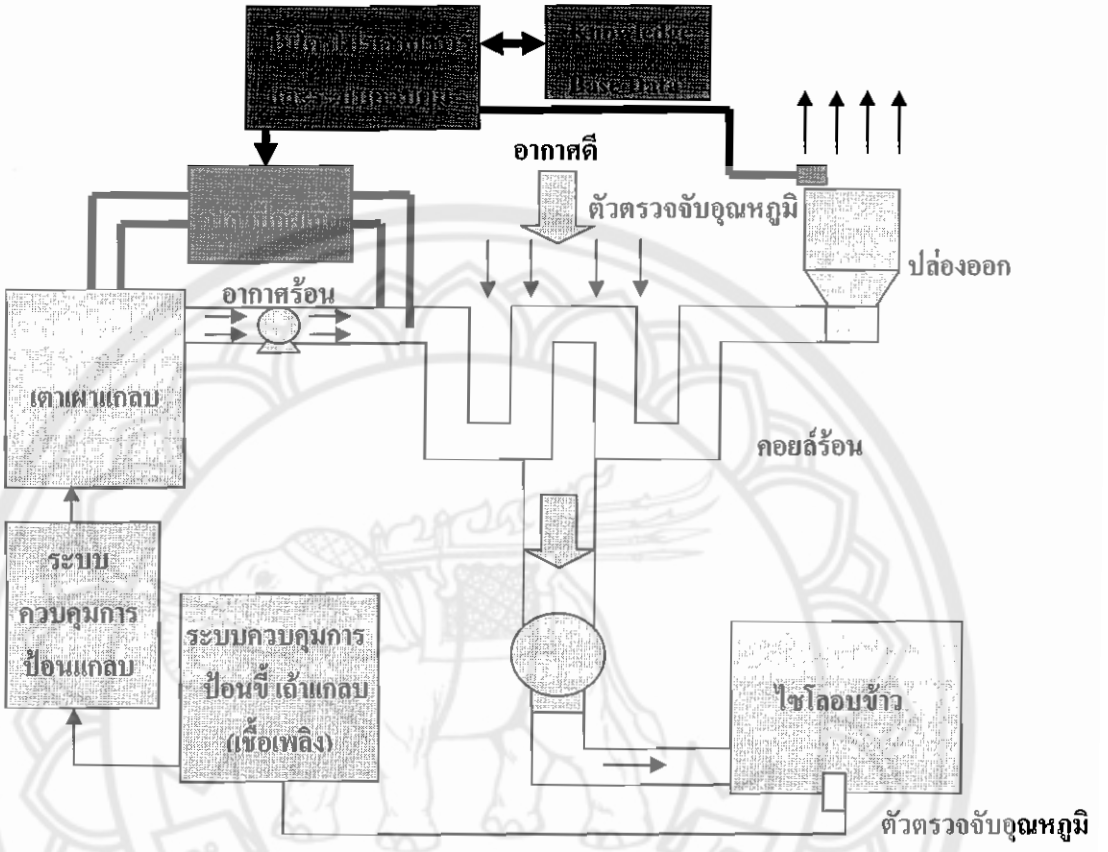
แนวทางที่ 1 ปรับโดยการใช้เพิ่มเติมระบบควบคุมการไหลมวลอากาศด้วยวาล์วปีกผีเสื้อ ซึ่งควบคุมการเปิดปิดด้วยเซอร์โวมอเตอร์

แนวทางที่ 2 ปรับโดยใช้วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์อินดักชั่นที่ออกแบบขึ้นและสามารถเชื่อมต่อกับระบบควบคุมได้ โดยการออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์เพื่อปรับความเร็วรอบมอเตอร์

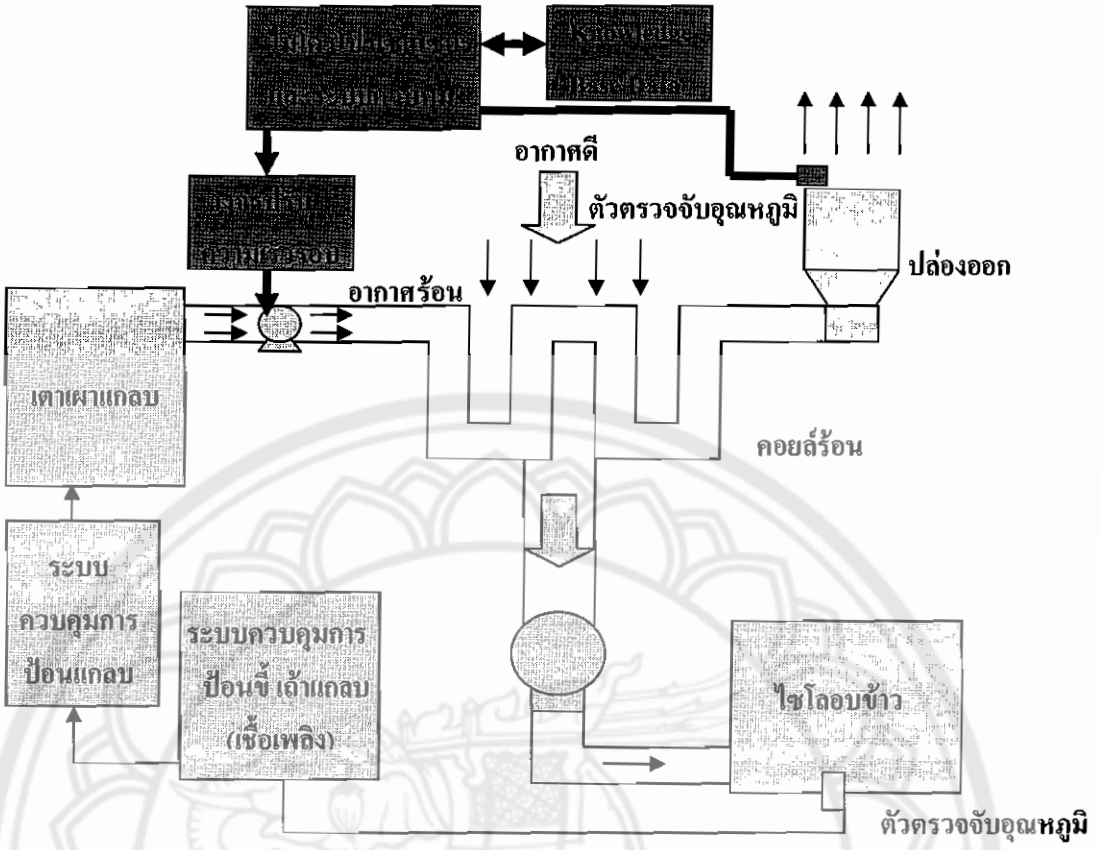
แนวทางที่ 3 ปรับโดยการควบคุมการไหลมวลอากาศด้วยบานเกร็ดสแตนเลด ซึ่งควบคุมการเปิดปิดด้วยเซอร์โวมอเตอร์

อย่างไรก็ตามแนวทางที่1 และแนวทางที่2 จะใช้ระบบควบคุมเดียวกันคือ ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในการควบคุมการไหลมวลอากาศ ไมโครโปรเซสเซอร์นี้จะทำการวัดอุณหภูมิที่ปลายปล่องและทำการคำนวณอัตราการไหลที่เหมาะสมแต่ในแนวทางที่3 จะทำการตรวจจับสัญญาณที่ได้จากการตัดผ่านของแกนเหล็กที่ติดกับมอเตอร์ซึ่งมอเตอร์ตัวนี้มีหน้าที่ป้อนแกลบเข้าสู่เตาเผา โดยจะนำสัญญาณดังกล่าวไปคำนวณหาอัตราการไหลที่เหมาะสมต่อไป ซึ่งในแนวทางที่ 1 จะปรับอัตราการเปิด-ปิดของวาล์วปีกผีเสื้อในแนวทางที่ 2 จะปรับความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้าและในแนวทางที่ 3 จะปรับอัตราการเปิด-ปิดของบานเกร็ดสแตนเลด พอจะแสดงเป็นรูปได้ดังนี้ ตัวอย่างรูปที่ 2.1 จะเป็นการปรับอัตราการไหลของในระบบของแนวทางที่ 1 ตัวอย่างรูปที่ 2.2 จะเป็นการปรับ

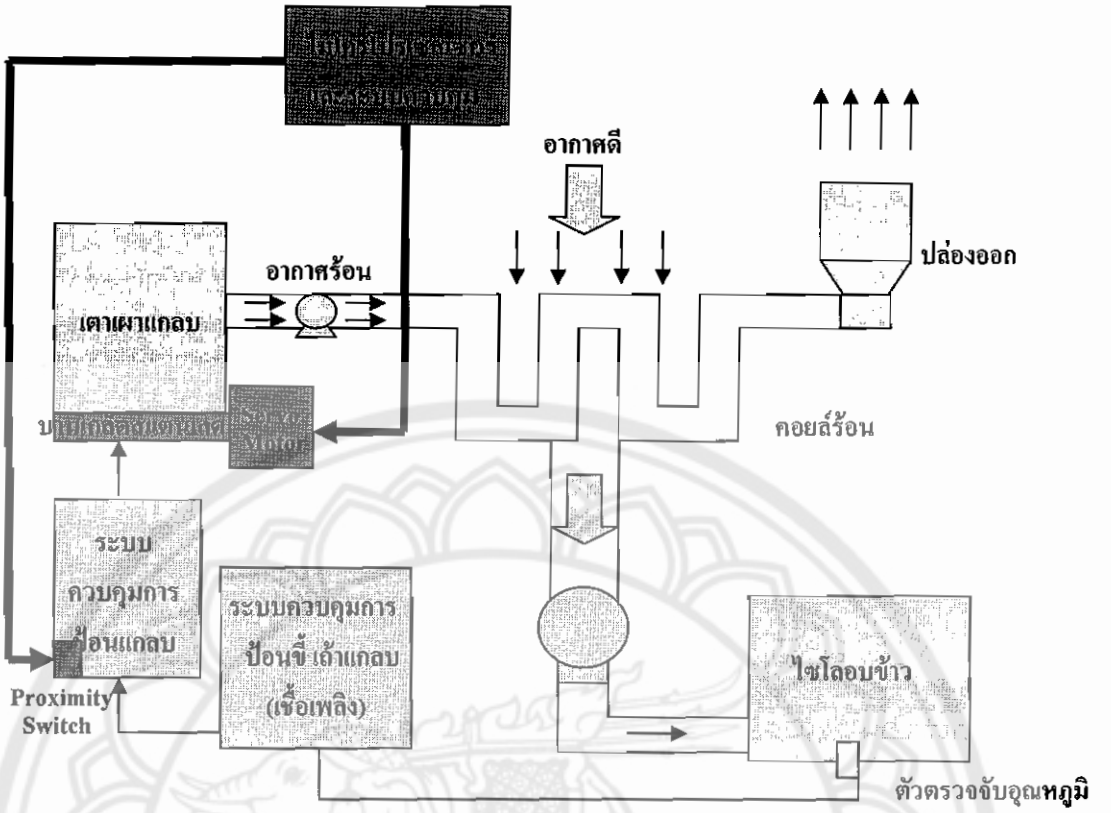
อัตราการไหลของในระบบของแนวที่ 2 ตัวอย่างรูปที่ 2.3 จะเป็นการปรับอัตราการไหลของในระบบของแนวที่ 3



รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างการปรับการไหลมวลอากาศด้วยวาล์วปีกผีเสื้อ ระบบที่ต่อเพิ่มแสดงด้วยเส้นหนา



รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างการปรับการไหลมวลอากาศด้วยวงจรปรับความเร็วมอเตอร์ ระบบที่ต่อเพิ่มแสดงด้วยเส้นหนา



รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างการปรับการไหลมวลอากาศด้วยบานเกร็ดสแตนเลด
ระบบที่ต่อเพิ่มแสดงด้วยเส้นหนา

ระบบควบคุมแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2 จะควบคุม อุณหภูมิอากาศร้อนที่ปลายปล่องด้วยไมโครโปรเซสเซอร์และอาศัยเทคนิคการควบคุมแบบพีไอดี เมื่อความร้อนถูกใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบการปรับการป้อนแกลบของระบบเดิมจะปรับปริมาณการป้อนแกลบให้ช้าลงโดยอัตโนมัติ ข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมและออกแบบจะมาจากขั้นตอนที่ 2.1.1 แต่ระบบควบคุมของแนวทางที่ 3 จะควบคุมอัตราการไหลมวลอากาศที่จะเข้าไปสันดาปในเตาเผาแกลบ แต่อย่างไรก็ตามระบบควบคุมของแนวทางที่ 3 นี้ต้องได้มาจากการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเปิดพื้นที่หน้าเตาเผากับความเร็วในการป้อนแกลบเข้าเตาเผาของมอเตอร์ เพื่อหาจุดการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

2.2 หลักการทำงานของ Microprocessor (PIC16F877)

2.2.1 คุณสมบัติของ PIC16F877

2.2.1.1. มีคำสั่งให้ใช้งาน 35 คำสั่ง

2.2.1.2. คำสั่งหนึ่งๆใช้เวลาทำงาน 1 ถึง 2 Cycle

2.2.1.3. ทำงานได้สูงสุดที่ 20MHz (PIC16F877-20/P ไม่ใช่ 16F877-04/P)

2.2.1.4. ทำงานแบบ Pipe-line (มี 2 ท่อ) ทำให้ ณ เวลาหนึ่งทำงาน 2 อย่างพร้อมๆกันได้

2.2.1.5. หน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ Flash มีขนาด 8K Word (1 word=14 บิต)

2.2.1.6. มี RAM ขนาด 368 ไบต์

2.2.1.7. มี EEPROM ขนาด 256 ไบต์

2.2.1.8. ตอบสนองกับอินเตอร์รัพได้ทั้งหมด 14 แหล่ง

2.2.1.9. มี Stack ให้ใช้ได้สูงสุด 8 ระดับ

2.2.1.10. มีระบบ Power On Reset, Power Up Timer, Oscillator Start-up timer

2.2.1.11. Watchdog timer

2.2.1.12. มีระบบ Code Protection

2.2.1.13. มีโหมดเข้าสู่โหมดประหยัด

2.2.1.14. สัญญาณนาฬิกามีหลายโหมดให้เลือกใช้งาน คือ อาจจะใช้ XTAL หรือวงจร RC ได้

2.2.1.15. สามารถโปรแกรมด้วยไฟ +5VDC ได้

2.2.1.16. ใช้การโปรแกรมแบบ In-Circuit Serial Programming

2.2.1.17. ทำงานที่ไฟเลี้ยง 2VDC ถึง 5.5VDC

2.2.1.18. Current Sink และ Current Source อยู่ที่ 25mA

2.2.1.19. มี Timer/Counter 3 ตัว

2.2.1.20. มีโมดูล Capture/Compare/PWM อีก 2 ชุด (มีระบบ PWM ควบคุม DC Motor ได้)

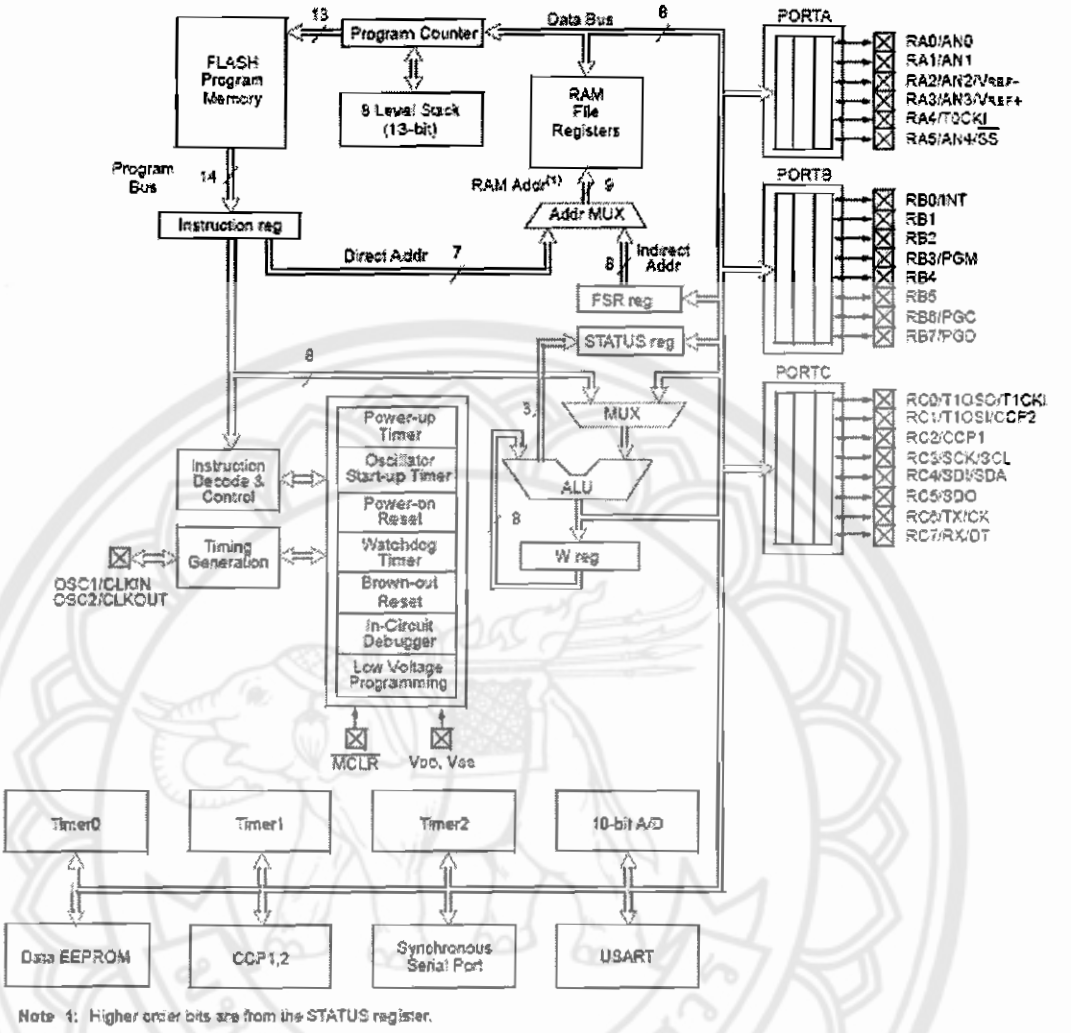
2.2.1.21. มี A-TO-D Converter แบบ 10 บิต จำนวน 8 ช่องนำเข้า ในตัวเอง

2.2.1.22. มีระบบ USART สำหรับต่อกับ การสื่อสารแบบ RS232

2.2.1.23. มีระบบตรวจระดับไฟเลี้ยง (Brown-out reset)

2.2.1.24. มี I/O พอร์ตทั้งหมด 5 พอร์ต (แต่ว่าแต่ละพอร์ต มีจำนวนบิตไม่เท่ากัน)

2.2.2 โครงสร้างภายในชิพ



รูปที่ 2.4 แสดงไดอะแกรมของ PIC16F877

จากแผนผังจะมี Register สำคัญๆ คือ W ซึ่งเป็น Register ที่ใช้ในการทำเป็น Input ให้กับ ALU และเป็นตัวเก็บผลลัพธ์จากการทำงานของ ALU, STATUS เป็น Register ที่ใช้เก็บสถานะ การทำงานของคำสั่ง ว่าเมื่อคำสั่งทำงานเสร็จแล้วเกิดอะไรขึ้นมาบ้าง ซึ่งมีประโยชน์ในการเขียนโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข PC หรือ Program Counter เป็น Register อีกตัวหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากใช้สำหรับเป็นตัวชี้ว่า คำสั่งที่จะนำมาประมวลผลนั้นอยู่ ณ ตำแหน่งใดในหน่วยความจำ

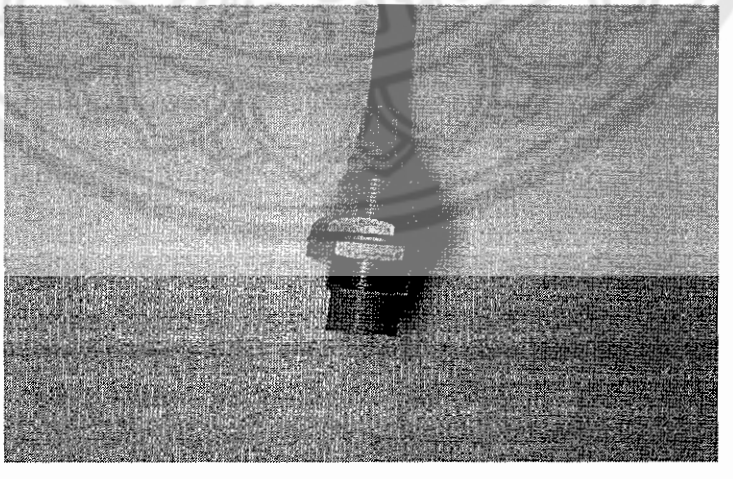
2.2.3 หน้าที่ของพอร์ตที่ใช้งาน

RA0-RA3 และ RA5 จะใช้งานเป็น I/O ปกติ และทำหน้าที่เป็นขาอินพุตของสัญญาณอนาล็อก (AN0-AN4) ,RA4 เป็นขา I/O,RA6/OSC2/CLKO ทำหน้าที่ในหลายส่วน คือ เป็นขา OSC2 และ CLKO จะนำมาใช้เป็นขาสัญญาณ I/O ได้ก็ต่อเมื่อเราใช้คริสตอลออสซิลเลเตอร์ แบบที่เป็นโมดูลสำเร็จสามารถต่อเข้ากับขา OSC1/CLKIN ได้เลยโดยที่ไม่ต้องต่อกับขา RA6/OSC2 ทำให้ ขา RA6 ว่างและนำไปใช้เป็น I/O ได้ ,RB0-RB7 สามารถใช้งานเป็น I/O แต่มีคุณสมบัติ พิเศษคือวงจรมีพูลอัพ(Pull-Up) ภายในและเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอรัพท์ต่างๆดังนี้

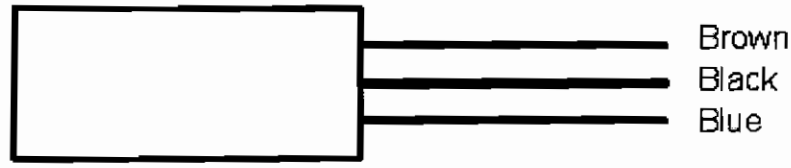
- RB0/INT0 เป็นขาสัญญาณอินเตอร์รัพท์ภายนอก 0
- RB1/INT1 เป็นขาสัญญาณอินเตอร์รัพท์ภายนอก 1
- RB2/INT2 เป็นขาสัญญาณอินเตอร์รัพท์ภายนอก 2
- RB3/INT3 เป็นขาสัญญาณอินเตอร์รัพท์ภายนอก 3 (18F442)
- RB4-RB7 เป็นขาที่สามารถกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัพท์ได้

2.3 พร็อกซิมิตี้สวิตซ์ (Proximity Switch)

ทฤษฎีพื้นฐานเบื้องต้น พร็อกซิมิตี้สวิตซ์เป็นสวิตซ์ตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ผ่านระยะการตรวจจับของพื้นที่ตรวจจับ(Sensing Zone)โดยวัตถุไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับตัวพร็อกซิมิตี้สวิตซ์ จึงทำให้อายุการใช้งานที่มากกว่า เมื่อเทียบกับลิมิตสวิตซ์ พร็อกซิมิตี้สวิตซ์จำแนกออกเป็นสองประเภท คือ พร็อกซิมิตี้สวิตซ์แบบอินดัคทีฟและคาปาซิทีฟซึ่งพร็อกซิมิตี้ทั้ง สอง แบบนั้น จะมีความสามารถในการตรวจจับวัตถุที่แตกต่างกัน คือ พร็อกซิมิตี้สวิตซ์แบบอินดัคทีฟจะสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะเท่านั้น ในขณะที่พร็อกซิมิตี้สวิตซ์แบบคาปาซิทีฟ จะสามารถตรวจจับวัตถุได้ทั้งแบบอโลหะ



รูปที่ 2.5 พร็อกซิมิตี้สวิตซ์แบบอินดัคทีฟ



รูปที่ 2.6 แสดงสายภายในพร็อกซิมิตี้สวิตซ์แบบอินดัคทีฟ

หมายเหตุ สายสี Brown คือไฟเลี้ยง 12 V

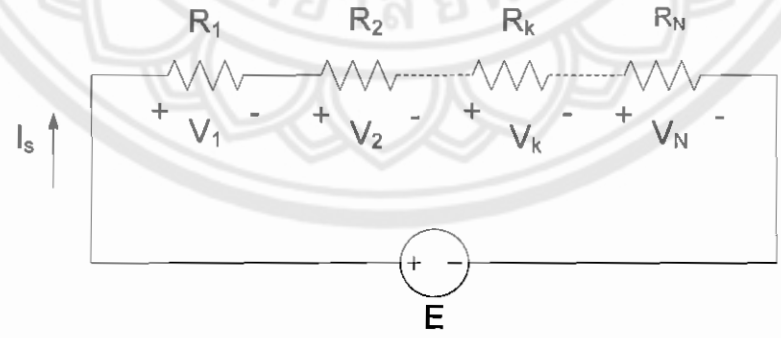
สายสี Black คือ signal

สายสี Blue คือ Ground,com

หลักการทำงานของพร็อกซิมิตี้สวิตซ์แบบอินดัคทีฟ จะต้องต่อแรงดันไฟฟ้าเข้ากับสายสี Brown 12 V เราสามารถใช้สัญญาณที่ได้จากพร็อกซิมิตี้สวิตซ์แบบอินดัคทีฟ โดยการต่อสาย Black เข้ากับตัวรับสัญญาณของเราได้ เช่น ถ้าเราต้องการสัญญาณที่ได้จากการผ่านของโลหะ เราสามารถที่จะวัดสัญญาณได้จากสายสี Black แต่อย่างไรก็ตามแรงดันที่ได้จากพร็อกซิมิตี้สวิตซ์แบบอินดัคทีฟจะมีค่าประมาณ 12 V การที่จะนำสัญญาณไปใช้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะเป็นต้องมีการแบ่งแรงดันเสียก่อน

2.4 วงจรแบ่งแรงดัน(Voltage Divider)

โดยทั่วไป วงจรความต้านทานหรือวงจรกระแสตรงอาจจะประกอบด้วยต้นแรงดันและต้านทานอย่างละหลายๆ ตัวต่อเข้าด้วยกันแบบอนุกรมดังแสดงไว้ในรูป 2.7 ซึ่งอาจเรียกการต่อความต้านทานลักษณะนี้ว่า การต่อความต้านทานแบบอนุกรม



รูปที่ 2.7 วงจรความต้านทานซึ่งต่อกันแบบอนุกรม

รูปที่ 2.7 แสดงถึงการกำหนดทิศทางให้กับกระแส I_s และแรงดัน $V_1, V_2, ..., V_k, ..., V_N$ ซึ่งไม่รู้ค่า ตกคร่อมตัวความต้านทาน $R_1, R_2, ..., R_k, ..., R_N$ ที่รู้ค่าจำนวน N ตัว ตามลำดับ

จากกฎของโอห์ม สามารถเขียนเป็นสมการของวงจรชุดแรกจากความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวของวงจรในรูปที่ 2.7 ได้ว่า

$$\begin{aligned} V_1 &= I_s R_1 \\ V_2 &= I_s R_2 \\ &\vdots \quad \vdots \quad \vdots \\ V_k &= I_s R_k \\ &\vdots \quad \vdots \quad \vdots \\ V_N &= I_s R_N \end{aligned} \tag{2.1}$$

ต่อจากนั้น พิจารณาวงปิดของวงจรในรูปที่ 2.7 โดยการใช้กฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ (KVL) สามารถ เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E = V_1 + V_2 + \ldots + V_k + \ldots + V_N \tag{2.2}$$

เมื่อแทนค่าแรงดันจากสมการ (2.1) ลงในสมการ (2.2) จะได้

$$\begin{aligned} E &= I_s R_1 + I_s R_2 + \ldots + I_k R_k + \ldots + I_s R_N \\ &= I_s (R_1 + R_2 + \ldots + R_k + \ldots + R_N) \\ &= I_s R_s \end{aligned} \tag{2.3}$$

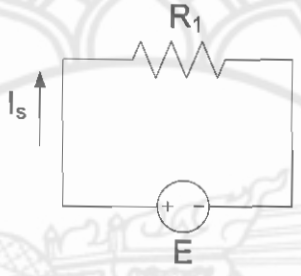
โดยที่ R_s คือความต้านทานรวมแบบอนุกรม (Series Resultant Resistance) ของวงจรไฟฟ้าที่ต่อความต้านทานเข้าด้วยกันแบบอนุกรม ดังนั้น ถ้ามีตัวต้านทานจำนวน N ตัวมาต่อเข้าด้วยกันแบบอนุกรมดังที่แสดงไว้ในรูป 2.7 สามารถหาค่าของความต้านทานรวม R_s ได้เป็นผลรวมของค่าของความต้านทานทุกตัวซึ่งเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$R_s = \sum_{k=1}^{N} R_k \tag{2.4}$$

จากสมการ(2.3) ยังสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ของต้นแรงดัน E ที่ตกคร่อมความต้านทานรวมแบบอนุกรม R_s ในรูปแบบกระแสไฟฟ้า I_s ที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว ได้ดังนี้

$$I_s = \frac{E}{R_s} \tag{2.5}$$

ซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์ในสมการ (2.5) เป็นวงจรความต้านทานอย่างง่าย ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 วงจรความต้านทานอย่างง่ายของวงจรความต้านทานแบบอนุกรม

เมื่อ นำค่ากระแส I_s จากสมการ (2.5) แทนลงในสมการ (2.1) สามารถเขียนสมการแรงดันที่ตกคร่อมความต้านทานแต่ละตัว ได้เป็น

$$V_1 = (\frac{R_1}{R_s})E$$
$$V_2 = (\frac{R_2}{R_s})E$$
$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots$$
$$V_k = (\frac{R_k}{R_s})E$$
$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots$$
$$V_N = (\frac{R_N}{R_s})E$$

จะพบว่า แรงดัน E ถูกแบ่งออกเป็นแรงดันที่ตกคร่อมความต้านทาน V_k สำหรับ $k = 1,2,3,...,N$ ซึ่งมีอัตราส่วน $\frac{V_i}{V_k} = \frac{R_i}{R_k}$ เมื่อ $i = \{1,2,3,...,N\}$ และ $i \neq k$ จึงมีการเรียกวงจรความต้านทานแบบอนุกรมนี้อีกอย่างหนึ่งว่าเป็น วงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider)

2.5 อัตราการไหลและความเร็วเฉลี่ย (Flow rate and mean velocity)

อัตราการไหลและความเร็วเฉลี่ยมีรายละเอียดดังนี้

2.5.1 อัตราการไหลในรูปแบบต่างๆ มีดังนี้

อัตราการไหล (flow rate) คือปริมาณของของไหลที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดใดๆต่อหนึ่งหน่วยเวลา

- อัตราการไหลในเทอมของปริมาตร (Q) มีหน่วยเป็น $m^3/s, lpm, ft^3/s, cfm, gpm$
- อัตราการไหลในเทอมของน้ำหนัก (G) มีหน่วยเป็น $kN/s, lb/s$
- อัตราการไหลในเทอมของมวล m° มีหน่วยเป็น $kg/s, sl/s$

ในของไหลที่อัดตัวไม่ได้นิยมใช้อัตราการไหลเทอมในเทอมของปริมาตร และในของไหลที่อัดตัวได้ นิยมใช้อัตราการไหลในเทอมของน้ำหนักหรือมวล

2.5.2 ความเร็วเฉลี่ย

ความเร็วเฉลี่ย (mean velocity; V) เนื่องจากของไหลมีความหนืดขณะไหลก็ย่อมมีความเสียดทานและความเค้นเฉือนสามารถเกิดขึ้นได้เสมอ จึงทำให้ความเร็วของไหลตลอดพื้นที่หน้าตัดไม่เท่ากัน เช่น ของไหลที่ไหลผ่านท่อกลม ย่อมทำให้บริเวณกึ่งกลางท่อมีความเร็วสูงสุด และบริเวณผนังท่อมีความเร็วน้อยมาก (อาจจะเป็นศูนย์) ดังนั้นการนำความเร็วของของไหลไปคำนวณ ย่อมมีความยุ่งยากและสับสนมาก ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการกำหนดความเร็วเฉลี่ยขึ้น เพื่อนำไปใช้กับสมการต่างๆได้

ความเร็วเฉลี่ยก็คือความเร็วที่ได้จากการเฉลี่ยความเร็วมากสุดและน้อยสุดที่พื้นที่ด้านตัดใดๆ ความเร็วเฉลี่ยอาจหาได้จากอัตราการไหลและพื้นที่ด้านตัด ดังนี้

$$V = \frac{Q}{A} \tag{2.6}$$

เมื่อ V คือความเร็วเฉลี่ยของของไหล มีหน่วยเป็น $m/s, ft/s$

Q คืออัตราการไหลของของไหล มีหน่วยเป็น $m^3/s, ft^3/s$

A คือพื้นที่หน้าตัดของท่อ มีหน่วยเป็น m^2, ft^2

ความเร็วเฉลี่ยอาจจะหาได้จากสมการ

$$V = \frac{1}{A}\int v dA \tag{2.7}$$

เมื่อ v คือความเร็วเฉลี่ยที่จุดใดจุดหนึ่งในของไหล

อัตราการไหล มีความสัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยดังนี้

$$Q = \int_A vdA = AV \tag{2.8}$$

หรือ

$$G = \gamma \int_A vdA = \gamma AV \tag{2.9}$$

หรือ

$$m^{\circ} = \rho \int_A vdA = \rho AV \tag{2.10}$$

ถ้าเป็นการไหลแบบคงตัว อัตราการไหลที่จุดใดๆตลอดความยาวท่อย่อมคงที่ และถ้ามีการไหลแยกออกจากท่อย่อย ย่อมเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Q = A_1V_1 + A_2V_2 + ... + A_nV_n = AV \tag{2.11}$$

ถ้าเรารู้ค่าอัตราการไหลแล้ว ย่อมหาความเร็วเฉลี่ยได้โดยตรง

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{G}{\gamma A} = \frac{m^{\circ}}{\rho A} \tag{2.12}$$

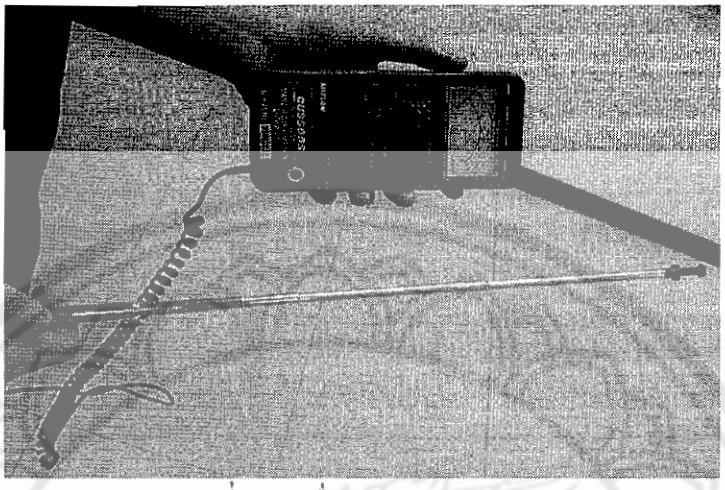
เมื่อ G คือ อัตราการไหลของของไหลที่คิดจากน้ำหนักต่อหน่วยเวลา มีหน่วยเป็น $kN/s, lb/s$

m° คือ อัตราการไหลของของไหลที่คิดจากมวลต่อหน่วยเวลา มีหน่วยเป็น $kg/s, sl/s$

2.5.3 วิธีคำนวณ Mass Flow Rate

สูตรการคำนวณหา Mass Flow Rate มีดังนี้

Mass Flow Rate = Flow Rate (m/s) * %Open *Overall Area/100



รูปที่ 2.9 เครื่องมือวัด Flow Meter

2.6 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor)

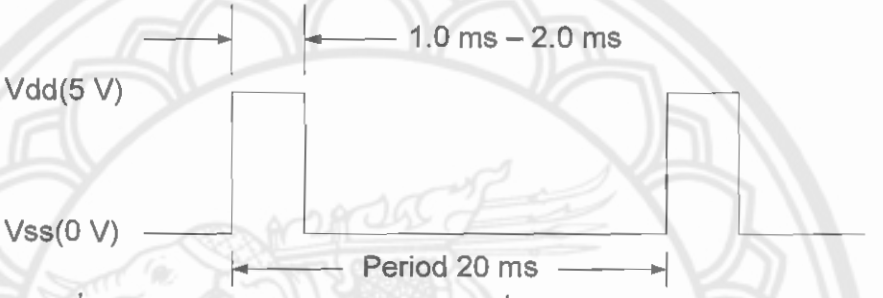
2.6.1 เซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์(Servo motor) คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Dc motor) ที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา โดยเมื่อเทียบกับ Stepper motor ที่ขนาดเท่ากันแล้ว เซอร์โวมอเตอร์จะมีแรงบิดที่สูงกว่ามาก เซอร์โวมอเตอร์นี้ถูกประกอบรวมกับ ชุดเกียร์และ ส่วนควบคุมต่างๆ ไว้ในโมดูลเดียวกันหรือภายในกล่องพลาสติกเดียวกัน โดยมอเตอร์ชนิดนี้จะมีสายต่อใช้งานเพียง 3 เส้นเท่านั้น คือ VCC, GND และสายสัญญาณควบคุม(Control Line) ซึ่งสามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนซ้ายหรือขวาได้จากสายสัญญาณเพียงเส้นเดียวโดยสัญญาณที่ใช้ควบคุมนี้จะเป็นสัญญาณ พัลส์วิดมอด(PWM) แบบ TTL Level ระดับแรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์นี้จะอยู่ในช่วงประมาณ 4 – 6 โวลต์ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัว ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้ก็คือ จะมีขนาดเล็กน้ำหนักเบา, ให้แรงบิดสูง, กินพลังงานน้อยและ สามารถควบคุมด้วยแรงดันลอจิกที่เป็น TTL ได้โดยตรงไม่จำเป็นต้องต่อวงจรขับ(Driver) อื่นๆ เพราะมอเตอร์ชนิดนี้จะมีวงจรควบคุมบรรจุไว้ภายในตัวแล้ว ซึ่งมอเตอร์ชนิดนี้สามารถควบคุมให้หมุนไปในตำแหน่งหรือ ทิศทางองศาที่ต้องการได้ โดยอาศัยสัญญาณความกว้างพัลส์ที่ป้อนให้มอเตอร์ แต่เซอร์โวมอเตอร์นี้จะหมุนได้แค่เพียงในช่วงประมาณ 180 องศา หรือครึ่งรอบเท่านั้นหรือบางรุ่นอาจหมุนได้ถึง 210 องศา แต่จะไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้เนื่องจากโครงสร้างภายในจะประกอบด้วย ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้(VR) ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์และตัวต้านทานนี้จะถูกยึดติดกับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งจากการที่ตัวต้านทานปรับค่านี้ไม่สามารถ

หมุนเป็นวงรอบได้ ดังนั้นเซอร์โวมอเตอร์จึงถูกออกแบบให้หมุนได้เพียงแค่ประมาณ 180 องศา หรือครึ่งรอบเท่านั้น เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับตัวต้านทานปรับค่าได้ แต่ถ้าหากต้องการให้มอเตอร์หมุนเป็นวงรอบ (360 องศา) นั้นก็สามารถทำได้ โดยจะต้องทำการปรับแต่ง ดัดแปลงชิ้นส่วนบางอย่างของมอเตอร์

2.6.2 หลักการทำงานของโซเวอร์มอเตอร์ (Servo motor)

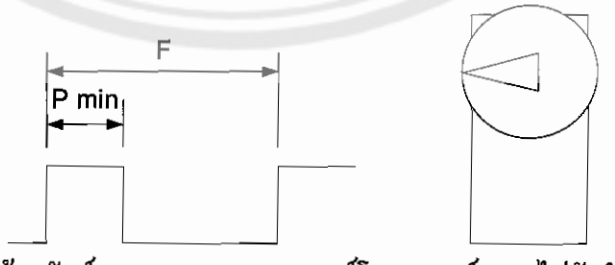
การควบคุมการทำงานของ เซอร์โวมอเตอร์ทำได้โดยการป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ซึ่งตำแหน่งและทิศทางการหมุนของมอเตอร์นี้จะขึ้นอยู่กับขนาดความกว้างของพัลส์นั้นๆ โดยทั่วไปแล้วความกว้างของสัญญาณพัลส์จะมีจุดให้อ้างอิง 3 จุด ดังรูปคือ



รูปที่ 2.10 แสดงช่วงความกว้างของพัลส์ที่เซอร์โวมอเตอร์ทำงานได้

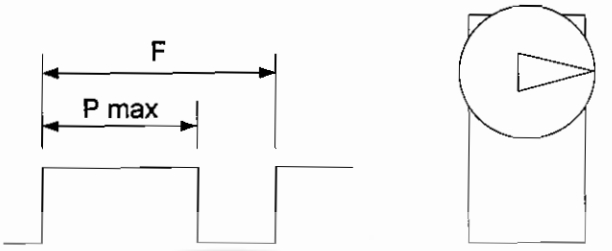
รูปที่ 2.11 แสดงความกว้างพัลส์ขนาด 1.5 ms และเซอร์โวมอเตอร์หมุนไปยังตำแหน่งมุม 0 องศา

สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1.5 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม 0 องศา หรือจุดกึ่งกลางของมอเตอร์



รูปที่ 2.12 แสดงความกว้างพัลส์ขนาด 1.0 ms และเซอร์โวมอเตอร์หมุนไปยังตำแหน่งมุม -90 องศา

สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม -90 องศา หรือในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา



รูปที่ 2.13 แสดงความกว้างพัลส์ขนาด 0.5 ms และเซอร์โวมอเตอร์หมุนไปยังตำแหน่งมุม +90 องศา

สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 2 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม + 90 องศา หรือในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ส่วนการที่จะควบคุมให้มอเตอร์หมุนเป็นมุมอื่นๆ นั้นก็สามารถทำได้โดยการป้อนสัญญาณพัลส์เป็นระดับความกว้างต่างๆ โดยอ้างอิงจากจุดทั้ง 3 จุดที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปที่มุม -45 องศา จะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้าง 1.25 ms เป็นต้น และสัญญาณพัลส์นี้จะต้องจ่ายให้มอเตอร์ทุกๆ 20 ms (Period) เพื่อรักษาสภาพตำแหน่งของมอเตอร์ไว้

หลักการก็คือ จะอาศัยการเปรียบเทียบช่วงเวลาของความกว้างพัลส์ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุมกับค่าเวลาของวงจร RC ภายในบอร์ดควบคุมในตัวของมอเตอร์ ซึ่งค่าเวลาของวงจร RC นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงตามการหมุนของมอเตอร์ เนื่องจากตัวต้านทานปรับค่าจะถูกยึดติดอยู่กับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งการหมุนของมอเตอร์จะทำให้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่า (VR) เปลี่ยนแปลงไป เป็นผลทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยในขณะที่เราป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุม สัญญาณนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าเวลาของวงจร RC หากค่าทั้ง 2 ไม่เท่ากันมอเตอร์ก็จะหมุนทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงจนกระทั่งค่าเวลาความกว้างพัลส์ของ วงจร RC เปลี่ยนแปลงจนเท่ากับสัญญาณพัลส์ทางขาควบคุม(Control Line) มอเตอร์จึงจะหยุดหมุน