



ภาควิชาวิศวกรรมสัตวศาสตร์  
 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อ ชุคสาริตเครื่องผสมอาหารสัตว์  
 Animal Food Mixture Demonstration

ชื่อนักศึกษา 1. นายนเรศ ดวงมุล รหัสประจำตัว 43035417  
 2. นายวิโรจน์ แซ่โฮ้ รหัสประจำตัว 43035430  
 3. นางสาวสุกานดา กรังตงาม รหัสประจำตัว 43035437  
 4. นายป้อมเพชร โขจ่อหอ รหัสประจำตัว 43035630

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีการควบคุมทางอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ออมรัช ชัยชนะ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์โกศล ตราชู

คณะกรรมการสอบปริญญาโท	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ออมรัช ชัยชนะ	
2. อาจารย์โกศล ตราชู	
3. อาจารย์ไพบูลย์ พวงวงศ์ตระกูล	
4. อาจารย์ปิยะ ศุภราสุวัฒน์	
5. อาจารย์สุระชัย พิมพ์สาลี	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันเสาร์ที่ 24 พฤศจิกายน พ.ศ. 2544 เวลา 10.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว  
 ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ อธิพรธรรม)



หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมสัตวศาสตร์



<BT4403102>

เอกสารนี้เป็นเอกสารชุดสาริตเครื่องผสมอาหารสัตว์บริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้นวันที่ 24 เดือน 11 ปี พ.ศ. 2544

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ปริญญานิพนธ์

ชุดสาธิตเครื่องผสมอาหารสัตว์

ANIMAL FOOD MIXTURE DEMOSTRATION



นายนเรศ ควงมุด

นายวิโรจน์ แซ่ฮั้ว

นางสาวสุกานดา กรัดงาม

นายป้อมเพชร โขจอหอ

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 44219  
วัน, เดือน, ปี- 4 พ.ย. 2545

b.....  
i.....

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม  
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุดสาธิตเครื่องผสมอาหารสัตว์  
Animal Food Mixture Demonstration

### วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

- 1) เพื่อศึกษาหลักการการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง หลักการทำงานของโพลดเซลล์ และหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
- 2) เพื่อออกแบบโครงสร้าง และหลักการทำงาน พร้อมทั้งเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน
- 3) เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์
- 4) เพื่อทดลองการจำลองการผสมอาหารสัตว์ โดยเครื่องผสมอาหารสัตว์
- 5) เพื่อนำเครื่องต้นแบบไปใช้ประกอบการเรียนการสอน

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้มีความรู้เกี่ยวกับหลักการการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง หลักการทำงานของโพลดเซลล์และหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
- 2) ได้รู้ถึงลักษณะหลักการทำงานของเครื่องผสมอาหาร หลักการใช้โปรแกรมควบคุม และการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน
- 3) ได้เครื่องต้นแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์
- 4) ได้ปรับปรุงเครื่องต้นแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์ ให้มีประสิทธิภาพมากกว่าการผสมแบบประมาณอัตราส่วน
- 5) ได้นำเครื่องต้นแบบไปใช้ประกอบการเรียนการสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I

ชื่อหัวข้อ	ชุดสารคดีเรื่องผสมอาหารสัตว์
นักศึกษา	นายนเรศ                      ดวงมูล นายวิโรจน์                      แซ่โฮ้ นางสาวสุกานดา                      รัตงาม นายป้อมเพชร                      โขจ่อหอ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์อมรชัย                      ชัยชนะ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์โกศล                      ตราชู
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการควบคุมทางอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอ การนำเอาอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ , ไฟฟ้า และเครื่องกล นำมาสร้างเป็นระบบควบคุมอัตโนมัติ ในกระบวนการผสมอาหารสัตว์ โดยใช้อุปกรณ์หลักๆ อันได้แก่ อุปกรณ์ทางด้านนิวแมติกส์อุตสาหกรรม , มอเตอร์กระแสตรง , ไมโครคอนโทรลเลอร์ ฯลฯ จุดประสงค์ เพื่อที่จะศึกษาถึงการนำเอาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ เข้ากับระบบทางไฟฟ้าและทางกล เพื่อนำมาสร้างเป็นระบบการควบคุมแบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม โดยหัวใจหลักของระบบนี้ คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 มาใช้เป็นตัวควบคุมระบบดังกล่าว

## II

<b>Thesis Title</b>	Animal Food Mixture Demonstration	
<b>Students</b>	Mr.Naret	Doungmoon
	Mr.Wirot	Sae-ho
	Miss Sukanda	Kartngam
	Mr.Pomphet	Chojoho
	Mr.Amornchai	Chaichana
<b>Advisor</b>	Mr.Amornchai	Chaichana
<b>Co-Advisor</b>	Mr.Koson	Trachu
<b>Education Level</b>	Bachelor of Science in Industrial Education	
<b>Program in</b>	Industrial Instrument Technology	
<b>Academic Year</b>	2001	

### ABSTRACT

This thesis presents a provide device of Electronics ,Electrical and Machanic take to build automatic control system. in presents of Animal food mixture by using main devide such as Pneumatic device , Direct current moter , Microcontroller etc. The objective for studied toaddition Microcontroller system to apply in Electronics system and Machanic system for the industrial automatic system.The Main purpose to used Microcontroller MCS-51 family for control system.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเพราะความร่วมมือ ร่วมใจของสมาชิกภายในกลุ่มซึ่งทุ่มเททั้งกำลังกายกำลังใจ กำลังสมองและกำลังทรัพย์เป็นเวลานานกว่าจะถึงวันนี้ รวมทั้งได้รับความช่วยเหลือจากท่าน อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ อาจารย์โกศล ตราชูและอาจารย์ในภาควิชาทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนให้คำปรึกษา แนะนำอำนวยความสะดวกในการทำปริญญาบัตรอย่างเต็มที่ และที่สำคัญหาที่เปรียบมิได้คือ บุพการีที่ให้กำเนิดอบรมเลี้ยงดูให้โอกาสทางการศึกษา และคุณปิยนาศ แก้วสุวรรณคร้รวมทั้งเพื่อนๆ ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำปริญญาบัตรจนเสร็จสมบูรณ์ไปได้ด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ชี้ความสามารถของโครงการ	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์	5
2.3 คุณลักษณะพื้นฐานของ 8051	5
2.4 ฐานเวลาในการทำงานของซีพียูภายใน 8051	7
2.5 ระเบิดอกสุบลม	9
2.5.1 ระเบิดอกสุบลมทำงานทางเดียว	11
2.5.2 ระเบิดอกสุบลมชนิดทำงานสองทาง	11
2.5.3 ระเบิดอกสุบบแบบก้านสูบอยู่กับที่ลูกสูบเคลื่อนที่	12
2.6 วงจรนิวแมติกส์	13
2.6.1 การควบคุมระเบิดอกสุบบแบบทิศทางเดียว	13
2.6.2 การควบคุมระเบิดอกสุบบทิศทางเดียวในระยะเวลา	16
2.6.3 การควบคุมระเบิดอกสุบบสองทิศทางในระยะเวลา	17
2.7 หลักการของตัวแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล	18
2.7.1 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล	21
2.8 อุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.8.1 ทรานสดิวเซอร์แบบหลักการของแรง	25
2.9 ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	28
2.9.1 คุณลักษณะประจำของมอเตอร์กระแสตรง	28
2.9.2 คุณลักษณะประจำของมอเตอร์แบบขนาน	28
2.9.3 คุณลักษณะประจำของมอเตอร์ชนิดอนุกรม	31
2.9.4 คุณลักษณะประจำตัวของมอเตอร์แบบผสม	34
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้างและการทำงาน	36
3.1 กล่าวนำ	36
3.2 ขั้นตอนการทำงาน	36
3.2.1 การทำงานของแผนผังโครงการ	37
3.2.2 การทำงานของแผนผังวงจรควบคุม	37
3.3 การออกแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์	38
3.3.1 การออกแบบตัวถังเก็บอาหาร	38
3.3.2 การออกแบบถังชั่งน้ำหนัก	39
3.3.3 การออกแบบถังผสมอาหาร	39
3.4 การทำงานของวงจรต่างๆ	40
3.4.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	40
3.4.2 วงจรขยายแรงดันจากโพลีเซลล์	41
3.4.3 วงจรแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นดิจิทัล	41
3.4.4 วงจรขับมอเตอร์	42
3.4.5 วงจรสวิตช์	42
3.4.6 วงจรขับโซลินอยด์	43
3.4.7 วงจรแสดงผล	43
3.4.8 วงจรควบคุม	44
3.4.9 การสร้างเครื่องต้นแบบชุดสาธิตเครื่องผสมอาหารสัตว์	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	46
4.1 การทดลองหาค่าอัตราขยายแรงดันของโพลลเซลล์	46
4.2 การทดลองโพลลเซลล์	50
4.3 การทดลองวงจรการแสดงผล	51
4.4 การทดลองวงจรขั้วมอเตอร์	52
4.5 การทดลองวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล	53
4.6 การทดลองเซนเซอร์	54
4.7 การทดลองกระบอกสูบ	55
4.8 รูปสำเร็จชุดสาคิตเครื่องผสมอาหารสัตว์	56
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา	57
5.1 บทสรุป	57
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	57
5.2.1 ปัญหาในการสร้างเครื่องผสมอาหารสัตว์	57
5.2.2 ปัญหาทางด้านการควบคุมการทำงาน	58
5.3 แนวทางการพัฒนา	59
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	60
ภาคผนวก ข วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์	63
ภาคผนวก ค ผังการทำงานและโปรแกรม	65
ภาคผนวก ง อุปกรณ์และรายละเอียดของอุปกรณ์	83
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	89
บรรณานุกรม	92
ประวัติผู้แต่ง	93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ระยะกันกระแทกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	11
ตารางที่ 4.1 การทดลอง โหลดเซลล์ที่มีน้ำหนัก 0 – 1.5 กิโลกรัม	46
ตารางที่ 4.2 ค่า Span ของโหลดเซลล์	47
ตารางที่ 4.3 ค่าแรงดันของโหลดเซลล์แต่ละขั้น (Step)	47
ตารางที่ 4.4 การคำนวณแรงดันเริ่มต้นที่มีโหลดในระดับต่างๆ	48
ตารางที่ 4.5 การทดลองแรงดันเริ่มต้นที่มีโหลดในระดับต่างๆ	49



## สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 หน่วยการทำงานทั่วไปของระบบไมโครโปรเซสเซอร์	4
รูปที่ 2.2 แผนภาพแสดงหน่วยทำงานพื้นฐานของ MCS-51	5
รูปที่ 2.3 การกำหนดหน้าที่ขาสัญญาณของไอซี 8051	7
รูปที่ 2.4 การใช้คริสตอลภายนอกต่อเข้ากับวงจรรอสซิลเลเตอร์ภายใน 8051	8
รูปที่ 2.5 ลักษณะโครงสร้างของกระบอกสูบลม	10
รูปที่ 2.6 ลักษณะของกระบอกสูบแบบทำงานทางเดียว	11
รูปที่ 2.7 ลักษณะของกระบอกสูบลมแบบสองทาง	12
รูปที่ 2.8 ลักษณะและการนำไปใช้งานของกระบอกสูบแบบก้านสูบอยู่ที่ลูกสูบเคลื่อนที่	13
รูปที่ 2.9 กระบอกสูบแบบทิศทางเดียว	14
รูปที่ 2.10 กระบอกสูบทิศทางเดียว	15
รูปที่ 2.11 วาล์ว 5/2 และวาล์ว 4/2	15
รูปที่ 2.12 การควบคุมกระบอกสูบทิศทางเดียวแบบระยะไกล	16
รูปที่ 2.13 การควบคุมกระบอกสูบทิศทางเดียวแบบระยะไกล	17
รูปที่ 2.14 การควบคุมกระบอกสูบทิศทางเดียวแบบระยะไกล	18
รูปที่ 2.15 การตอบสนองของเวลาแปลงสัญญาณของ A/D คอนเวอร์เตอร์	19
รูปที่ 2.16 ขบวนการแปลงสัญญาณดิจิทัลด้วย A/D คอนเวอร์เตอร์	20
รูปที่ 2.17 วงจรแฉมเปิดแอนด์โฮล	20
รูปที่ 2.18 การทำงานของวงจรรินทิเกรเตอร์	21
รูปที่ 2.19 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบแรมป์	22
รูปที่ 2.20 กราฟเอาต์พุตของวงจรมแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก	23
รูปที่ 2.21 คอนเวอร์เตอร์ซึ่งใช้เทคนิค SAR	24
รูปที่ 2.22 กราฟวงจรมแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกระหว่างการแปลงสัญญาณ	24
รูปที่ 2.23 โหลดเซลล์แบบคาน (Beam-Type Load Cell)	25
รูปที่ 2.24 แรงบิด(T)กับกระแสอาร์เมเจอร์(Ia)ของมอเตอร์แบบขนาน	29
รูปที่ 2.25 ความเร็วกับกระแสอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ขนาน	30
รูปที่ 2.26 ความเร็วรอบ กับแรงบิดของมอเตอร์ขนาน	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 2.27 แรงบิด กับกระแสอาร์มเจอร์ของมอเตอร์ควบคุม	32
รูปที่ 2.28 ความเร็วรอบ กับกระแสอาร์มเจอร์ของมอเตอร์อนุกรม	33
รูปที่ 2.29 ความเร็วรอบ กับแรงบิดของมอเตอร์อนุกรม	34
รูปที่ 2.30 เส้นแรงแม่เหล็ก และลักษณะคุณสมบัติของมอเตอร์ขนาน และมอเตอร์อนุกรม	35
รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของโครงการ	36
รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของวงจรควบคุม	37
รูปที่ 3.3 โครงสร้างถังเก็บอาหาร	38
รูปที่ 3.4 โครงสร้างถังชั่งน้ำหนัก	39
รูปที่ 3.5 โครงสร้างตัวถังผสมอาหาร	39
รูปที่ 3.6 วงจรแหล่งจ่ายไฟ +9V,0V,-9V	40
รูปที่ 3.7 วงจรแหล่งจ่ายไฟ+5V,0V	40
รูปที่ 3.8 วงจรขยายแรงดันจากโพลีเซลล์	41
รูปที่ 3.9 วงจรแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นดิจิทัล	41
รูปที่ 3.10 วงจรขับมอเตอร์	42
รูปที่ 3.11 วงจรสวิตช์	42
รูปที่ 3.12 วงจรขับ โซลินอยด์ควาล์ว	43
รูปที่ 3.13 วงจรแสดงผล	43
รูปที่ 3.14 วงจรควบคุม	44
รูปที่ 3.15 โครงสร้างและขนาดของชุดสาธิตเครื่องผสมอาหารสัตว์	45
รูปที่ 4.1 การทดลองโพลีเซลล์	50
รูปที่ 4.2 วงจรการแสดงผล	51
รูปที่ 4.3 วงจรขับมอเตอร์	52
รูปที่ 4.4 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล	53
รูปที่ 4.5 ตัวเซนเซอร์	54
รูปที่ 4.6 ครอบอกสูบ	55
รูปที่ 4.9 ชุดสาธิตเครื่องผสมอาหารสัตว์	56
รูปที่ ก.1 แผงวงจรแหล่งจ่ายไฟ	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ก.2 รูปสำเร็จของชุดสาริตเครื่องผสมอาหารสัตว์	62
รูปที่ ข.1 แผ่นวงจรพิมพ์	64
รูปที่ ค.1 โปรแกรมการทำงาน	82



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันนี้ การผสมวัตถุดิบหลายอย่างเข้าด้วยกันนั้นมีขั้นตอนที่ยังยากไม่เป็นลำดับขั้นใช้วัสดุอุปกรณ์มากมาย เป็นผลให้ได้ส่วนผสมที่จะนำไปใช้ที่ไม่ได้มาตรฐาน สิ้นเปลืองแรงงาน เป็นอย่างมาก จึงได้มีการนำเสนอโครงการสร้างต้นแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์ขึ้นมา โดยใช้โพลีเซลล์เป็นตัวชั่งวัตถุดิบซึ่งทำให้ได้อัตราส่วนของวัตถุดิบที่แน่นอน และใช้โปรแกรมควบคุมสูตรการผสมในอัตราส่วนต่างๆ สามารถลดปริมาณแรงงานคนลง โดยมีขีดความสามารถในการผสมวัตถุดิบ 3 อย่างเข้าด้วยกัน สามารถระบุปริมาณตามที่ต้องการได้ พร้อมทั้งแสดงจำนวนปริมาณที่ระบุออกมาให้เห็นทางจอแสดงผลแบบตัวเลข เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน

### 1.2 ขีดความสามารถของโครงการ

- 1) สามารถผสมวัตถุดิบได้ 3 อย่าง
- 2) สามารถกำหนดปริมาณของส่วนผสม แต่ละถังได้
- 3) สามารถแสดงผลของปริมาณการชั่งวัตถุดิบของแต่ละถังได้โดยตัวแสดงผล 7 ส่วน
- 4) สามารถเตือนปริมาณวัตถุแต่ละถัง ก่อนที่จะหมด โดยแสดงผลทางหลอด LED
- 5) สามารถควบคุมการทำงานได้โดยอัตโนมัติ

### 1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษา และทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ มีเนื้อหาดังนี้คือความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ ขีดความสามารถของโครงการ และเนื้อหาโดยสังเขป

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้คือ กล่าวนำ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051 คุณลักษณะพื้นฐานของ 8051 ฐานเวลาในการทำงานของซีพียูภายใน 8051 ระเบิดอกสุบลม วงจรนิวแมติกส์ หลักการของตัวแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล อุปกรณ์ ทรานส์ดีไวเซอร์ และ ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง การทำงาน และรวมทั้งกล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโครงการ

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไขและพัฒนา ประกอบด้วยขั้นตอนการสรุปผล ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดทำโครงการ รวมทั้งแนวทางในการพัฒนา เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

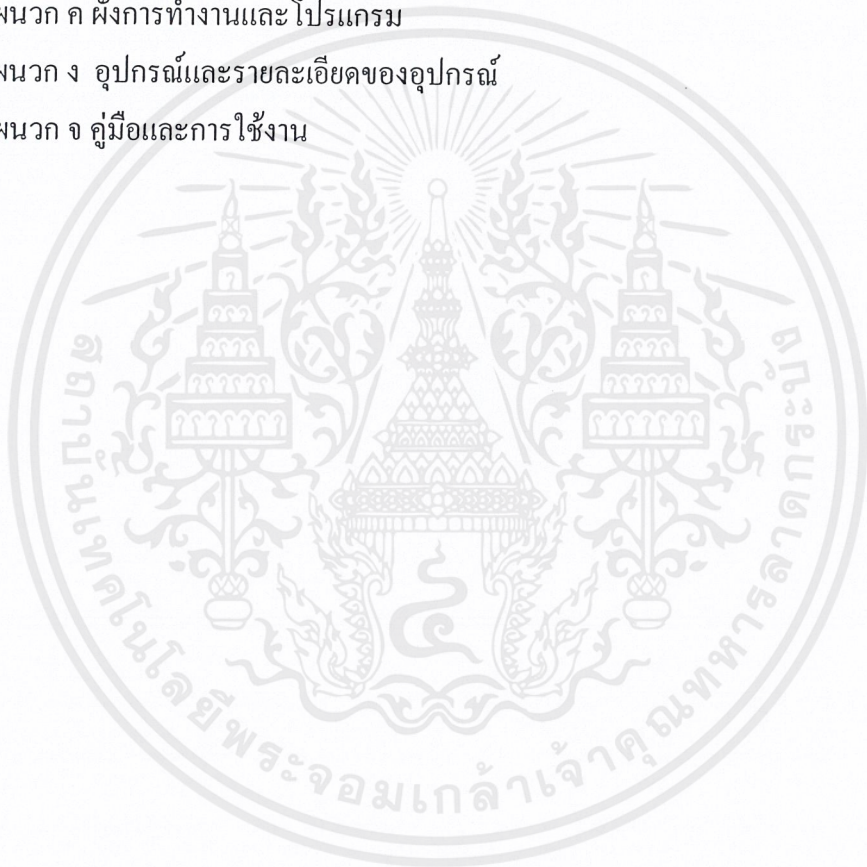
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค ผังการทำงานและโปรแกรม

ภาคผนวก ง อุปกรณ์และรายละเอียดของอุปกรณ์

ภาคผนวก จ คู่มือและการใช้งาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 กล่าวนำ

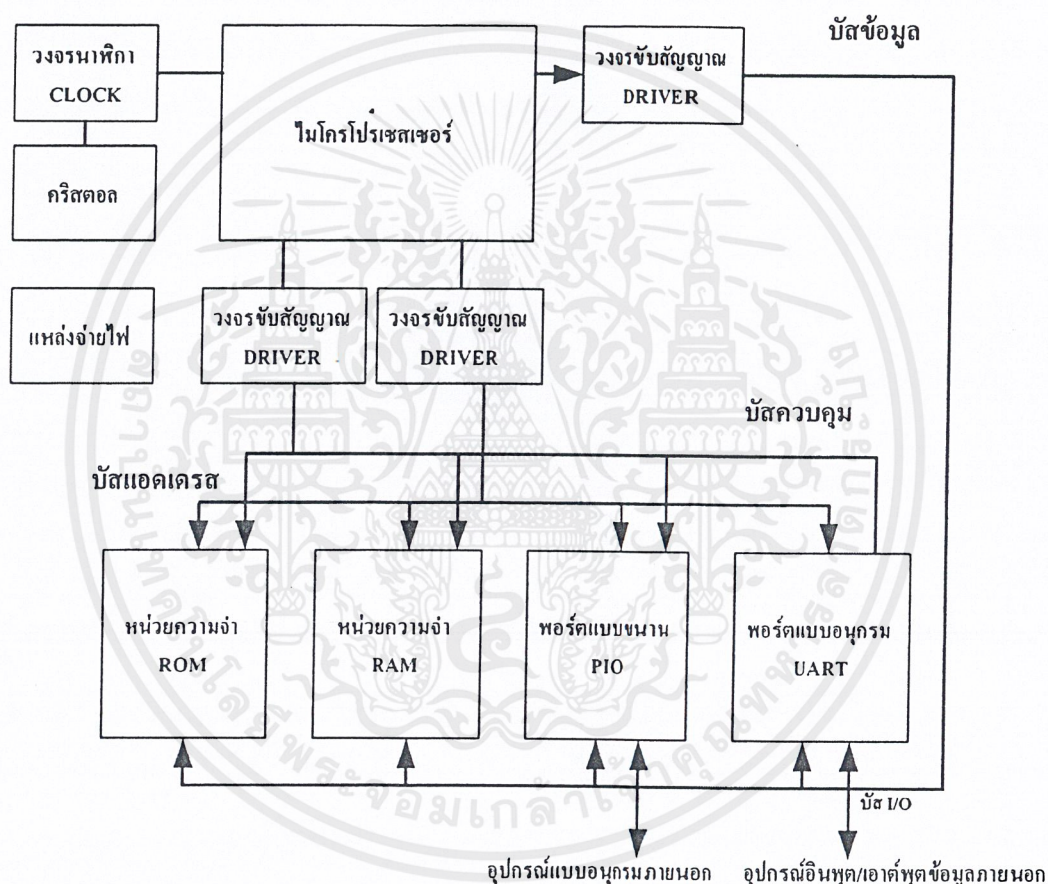
ในการผสมอาหารสัตว์ในปัจจุบันนี้ มีการผสมแบ่งออกเป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือการผสมแบบวิถีชาวบ้านและการผสมแบบใช้ในโรงงานขนาดใหญ่ การผสมแบบวิถีชาวบ้านมีข้อดีคือประหยัด ง่าย และสะดวกแต่มีข้อเสียหลายอย่าง เช่น การผสมไม่ได้สัดส่วน เสียเวลาถ้ามีปริมาณมาก และใช้แรงงานคนเป็นจำนวนมาก แต่การผสมแบบใช้ในโรงงานขนาดใหญ่ มักใช้เงินลงทุนสูง ทำให้ผู้มีต้นทุนน้อยไม่สามารถลงทุนซื้อเครื่องผสมอาหารสัตว์ได้ ดังนั้นผู้จัดทำจึงได้คิดสร้างเครื่องชุดสถิติเครื่องผสมอาหารสัตว์ขึ้นโดยนำข้อดีของทั้งสองแบบ มาประยุกต์ใช้ในการจัดทำขึ้นโดยใช้หลักการซึ่งนำหนักโดยใช้โพลีเซลล์ ทำให้ได้ปริมาณตามที่ต้องการ ควบคุมการเปิด-ปิดอาหารที่จะผสมโดยใช้ระบบกดสับลม ผสมอาหารโดยใช้มอเตอร์กระแสตรงในการขับ และแสดงผลจำนวนปริมาณที่ระบุโดยผ่านทางจอแสดงผลแบบตัวเลข

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในยุคแรกๆที่ยังไม่มีการแพร่หลายเมื่อเปรียบเทียบกับคำว่าไมโครโปรเซสเซอร์ซึ่งมีการใช้งานแพร่หลายมากกว่าโดยมักจะเรียกว่าเป็นตัวประมวลผลกลาง หรือ ซีพียู (CPU) ของระบบ เมื่อมีการนำไปใช้งานจำเป็นจะต้องมีไอซีประกอบภายนอกเพิ่มเติมเข้าไปให้ระบบที่สมบูรณ์ เช่น หน่วยความจำและพอร์ตควบคุม เป็นต้น ดังแผนภาพใน รูปที่ 2.1 โดยองค์ประกอบของไมโครโปรเซสเซอร์จะเป็นผังการทำงานอยู่ภายในเส้นประการทำงานอื่น ๆ เป็น ไอซีภายนอกที่จะต้อง เพิ่มเติมเข้าไปให้ครบตามหน้าที่ที่ต้องการสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็มีหลักการพื้นฐานเช่นเดียวกัน เพียงแต่องค์ประกอบการทำงานเหล่านั้นหลายส่วนได้รับการออกแบบให้บรรจุอยู่ภายในไอซีเพียงตัวเดียวกันเท่านั้น ดังนั้นการนำไปใช้งานก็ค่อนข้างจะสะดวกเพียงการต่อคริสตอลเพื่อเป็นฐานเวลา และแหล่งจ่ายไฟให้เท่านั้นก็จะจะเป็นระบบคอมพิวเตอร์เพื่องานควบคุมที่สมบูรณ์ ในบางครั้งจึงอาจเรียกไมโครคอนโทรลเลอร์ว่าเป็น 1 chip microcomputer ก็ได้

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับไมโครโปรเซสเซอร์แล้ว หน่วยการทำงานภายในไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นสามารถใช้งานได้ค่อนข้างจำกัดมากกว่า ตัวอย่างเช่น มีหน่วยความจำแบบ ROM และ EPROM ภายในขนาดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ หน่วยความจำแบบ RAM ขนาด 256 ไบต์เท่านั้น และมีพอร์ตแบบขนานประมาณ 3 ถึง 4 พอร์ต เป็นต้น อย่างไรก็ตามหากว่ามีความต้องการจะเพิ่มเติมจำนวนของหน่วยทำงานและข้อมูล เพื่อใช้งานกับอุปกรณ์มาตรฐานภายนอกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการทำงานที่เหมาะสมกับการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ไปใช้งาน มักจะเป็นงานประยุกต์ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมหรือจัดการสัญญาณอินพุตเอาต์พุตของวงจรถอนิกส์และวงจรถิตอลต่าง ๆ เช่นระบบแสดงผล หรือระบบเตือนภัย ระบบควบคุมภายในเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งงานควบคุมเหล่านี้มักจะไม่มีภาระการคิดคำนวณที่ซับซ้อนมากนักแต่ ต้องการพื้นที่ของแผงวงจรถวลที่จำกัด



รูปที่ 2.1 หน่วยการทำงานทั่วไปของระบบไมโครโปรเซสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

บรรดาไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการผลิตจากบริษัทต่าง ๆ จำนวนมากนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ จากบริษัท อินเทลในตระกูล MCS-51 ได้มีการนำไปใช้งานกันแพร่หลายมากนับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 เป็นต้นมา ในระยะที่ผ่านมาก็ได้มีอีกหลายบริษัท เช่น บริษัท PHILLIPS และ SIEMENS เป็นต้น ได้รับลิขสิทธิ์ในการไปผลิตจำหน่ายและได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพต่าง ๆ ที่มีพื้นฐานมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของบริษัทอินเทลอยู่เป็นจำนวนมาก

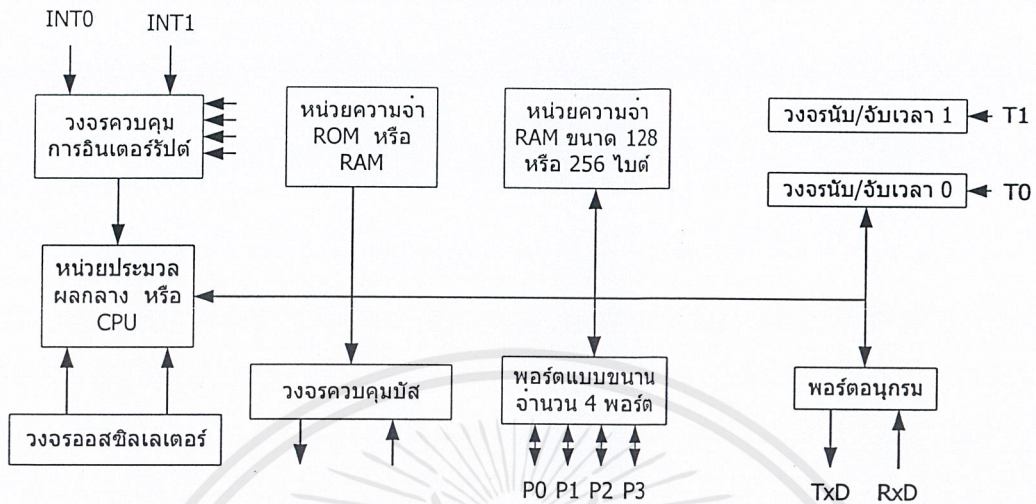
ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์หลายรุ่น (VERSION) ซึ่งมีสถาปัตยกรรมพื้นฐานที่เหมือนกัน เพียงแต่มีขนาดหรือจำนวนของหน่วยทำงานภายในแตกต่างกันออกไป เพื่อความเหมาะสมในงานประยุกต์ต่าง ๆ ตามความต้องการ ดังแสดงให้เห็นในตารางที่ 2.1 โดยมีลักษณะที่ใช้เทคโนโลยีการผลิตไอซีวงจรรวมความจุสูงมาก (LSI) แบบ HMOS หรือ CHMOS ซึ่งมีคุณลักษณะที่สูงมากขึ้น และสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าน้อยกว่ามาก

## 2.3 คุณลักษณะพื้นฐานของ 8051

จากแผนภาพในรูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นถึงหน่วยการทำงานพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่าง ๆ ที่จัดอยู่ในตระกูล MCS-51 นี้ประกอบด้วย

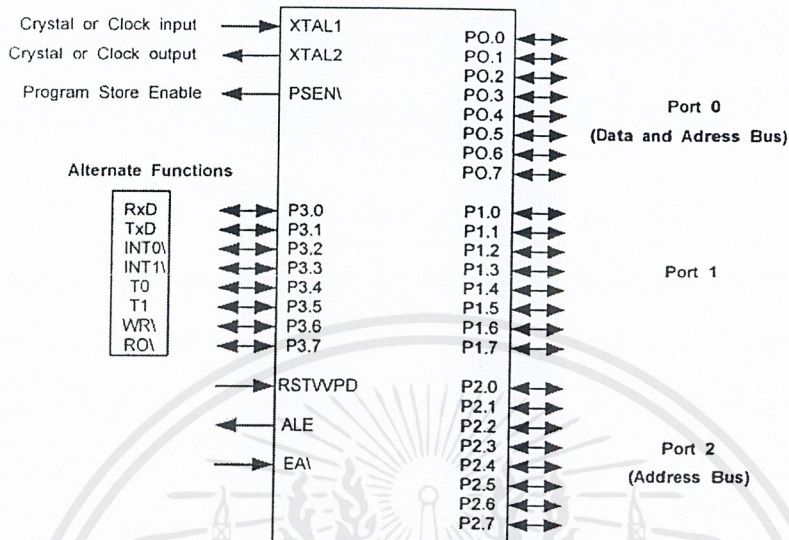
- 1) หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
- 2) หน่วยประมวลผลสำหรับข้อมูลแบบบิต (Boolean Processor)
- 3) ความสามารถในการอ้างอิงตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรม 64 กิโลไบต์
- 4) ความสามารถในการอ้างอิงตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูล 64 กิโลไบต์
- 5) หน่วยความจำโปรแกรมภายใน ขนาด 4 กิโลไบต์ แบบ EPROM (เบอร์ 8751) หรือแบบ ROM (เบอร์ 8051)
- 6) หน่วยความจำแบบ RAM ภายในจำนวน 128 ไบต์
- 7) พอร์ตอินพุตต่อเอาต์พุตแบบขนานจำนวน 32 เส้น ซึ่งสามารถแยกทำงานได้อย่างอิสระ
- 8) วงจรนับ/จับเวลาขนาด 16 บิต จำนวนสองวงจร
- 9) วงจรสื่อสารแบบอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex)
- 10) วงจรควบคุมการอินเตอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ 6 ประเภท พร้อมการกำหนดลำดับความสำคัญได้สองระดับ
- 11) วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 หน่วยทำงานพื้นฐานของ MCS-51

โดยมากแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ มักจะมีรูปร่างของไอซีเป็นแบบ DIP ขนาด 40 ขาดังแผนภาพในรูปที่ 2.3 ซึ่งแต่ละขาสัญญาณจะมีสัญญาณจะมีหน้าที่ระบุชัดเจนตามสัญลักษณ์ชื่อย่อที่กำกับในแต่ละขา อย่างไรก็ตามจะมีบางขาสัญญาณที่อาจจะมีหน้าที่ได้มากกว่าหนึ่งอย่าง (ซึ่งเขียนกำกับไว้ว่า Alternate Functions ในรูปที่ 2.3) ซึ่งจะไม่สามารถใช้งานในเวลาเดียวกันได้ ตัวอย่างเช่น ขาสัญญาณบิต 0 ของพอร์ต 3 (ใช้ตัวอย่างเป็น P 3.0) อาจจะใช้เป็นขาสัญญาณเอาต์พุตและอินพุตตามปกติ หรืออาจทำหน้าที่เป็นขาสัญญาณอินพุตของข้อมูลสื่อสารแบบอนุกรม (RxD) ให้กับวงจรสื่อสารแบบอนุกรมของ 8051 ได้ ซึ่งการกำหนดทำงานในลักษณะใดก็ขึ้นอยู่กับ การเชื่อมต่อวงจรเข้ากับขาสัญญาณและโปรแกรมควบคุมของระบบนั้น

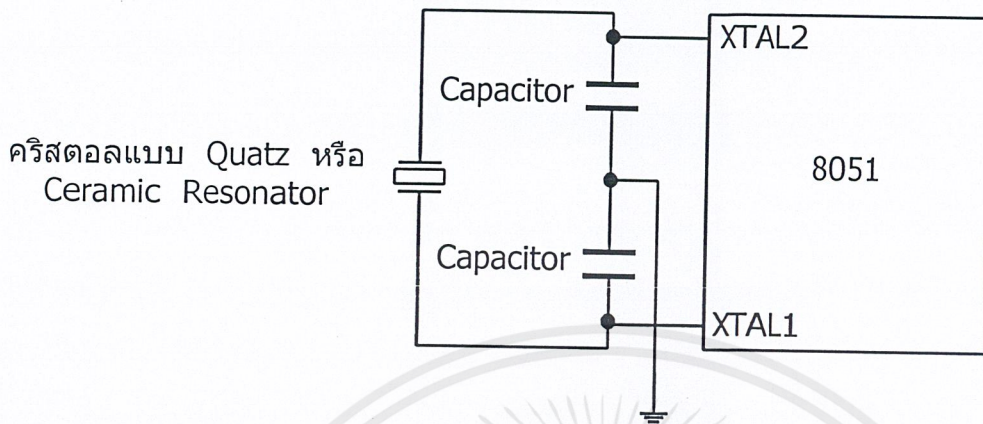


รูปที่ 2.3 การกำหนดหน้าที่ขาสัญญาณของไอซี 8051

## 2.4 ฐานเวลาในการทำงานของซีพียูภายใน 8051

8051 มีวงจรถอสซิลเลเตอร์อยู่ภายใน สำหรับการสร้างพัลส์ของสัญญาณนาฬิกาซึ่งจะนำไปเป็นฐานเวลา หรือการกำหนดจังหวะการทำงานของหน่วยการทำงานทั้งหมดให้สอดคล้องกัน โดยปกติแล้วมักจะทำได้โดยใช้คริสตอลเชื่อมต่อเข้ากับขาสัญญาณ XTAL1 และ XTAL 2 พร้อมกับตัวเก็บประจุลักษณะดังรูปที่ 2.4 หรืออาจจะเป็นสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก

พัลส์ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาจะเรียกว่า Pulse (ใช้สัญลักษณ์เป็นตัวอักษร P) และคาบของสัญญาณนาฬิกา นี้ เรียกว่า คาบเวลาออสซิลเลเตอร์ คาบเวลาออสซิลเลเตอร์จำนวนสองคาบ เรียกว่า Stat (ใช้สัญลักษณ์เป็นตัวอักษร S) ซึ่งจะนำไปใช้เป็นช่วงเวลาพื้นฐานการทำงานย่อยของไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น การนำคำสั่ง การถอดความหมาย การประมวลผลและการเขียนข้อมูล เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ช่วงเวลาของ State จำนวนหกครั้ง จะเรียกว่าแมชชีนไซเคิล (Machine cycle) ดังนั้นค่าหนึ่งแมชชีนไซเคิลจะใช้เวลา 12 คาบเวลาออสซิลเลเตอร์ ค่าของแมชชีนไซเคิลนี้จัดว่าเป็นช่วงเวลาที่น้อยที่สุด ในการทำคำสั่งใดคำสั่งหนึ่งซึ่งหากว่าเป็นคำสั่งที่ซับซ้อนมากก็จะต้องใช้เวลานานสองถึงสามแมชชีนไซเคิล



รูปที่ 2.4 การใช้คริสตอลภายนอกต่อเข้ากับวงจรรอสซิลเลเตอร์ภายใน 8051

การคำนวณหาว่าเวลาที่ใช้ในการทำคำสั่งใดจนเสร็จสิ้น จะต้องดูว่าคำสั่งนั้นใช้จำนวนเมกซ์ซินไซเคิลเป็นเท่าไรในการประมวลผล เวลาที่ใช้จะคำนวณตามสูตร

$$T = \frac{CX12}{\text{CrystalFrequency}} \quad (2.1)$$

โดย C เป็นค่าจำนวนเมกซ์ซินไซเคิลของคำสั่ง

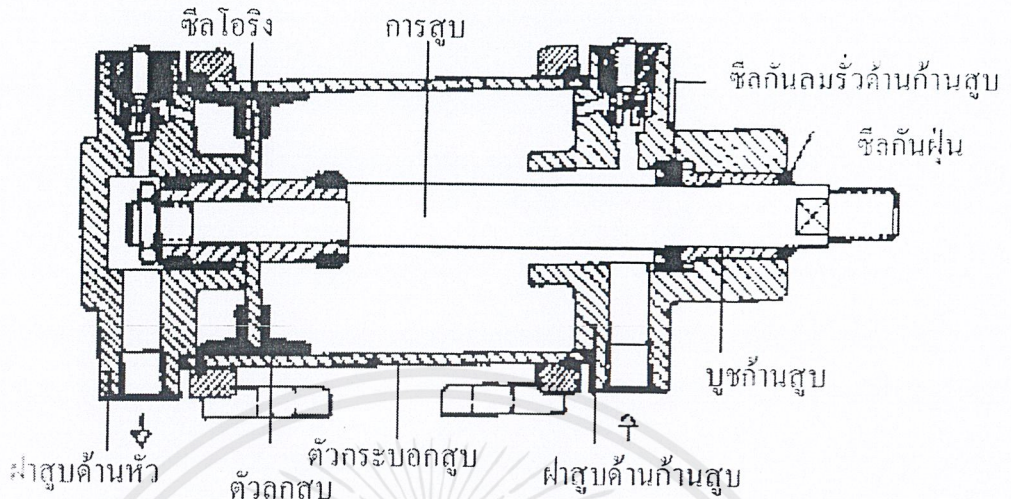
Crystal Frequency เป็นค่าความถี่ของคริสตอลที่ใช้กับ 8051 อย่างไรก็ตาม ในบางครั้งอาจจะพบเห็นการใช้ค่าของคริสตอลเป็น 11.059 เมกะเฮิร์ตซ์ ทั้งนี้โดยมีเหตุผลเนื่องจาก สามารถนำค่าที่ได้ี้ไปใช้ในการเป็นฐานเวลา สำหรับการสร้างความถี่ในการรับและส่งข้อมูลอนุกรมซึ่งเป็นหน่วยทำงานภายใน 8051 ให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน คือ 19,200 9,600 4,800 2,400 1,200 และ 300 บิตต่อวินาที

## 2.5 ระบายออกสูบลม

ระบายออกสูบลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมอัดให้เป็นพลังงานกล ลักษณะในการเครื่องจักรกลทั่วไปเท่านั้น ผู้อ่านที่มีความสนใจละเอียดยิ่งขึ้นอีก อาจจะหาความรู้ได้จากรายการของผู้ผลิตทั่วไป เช่น NIN, STEYR, KOYO SKF, RHP, และ TIMKEN เป็นต้น

ตัวระบายออกสูบลมมักจะทำด้วยท่อชนิดไม่มีตะเข็บ เช่น เหล็ก, อะลูมิเนียม, ทองเหลือง และสแตนเลส ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ใช้ ภายในท่อจะต้องเจาะรูให้เรียบเพื่อลดการสึกหรอของซีลที่จะเกิดขึ้น และยังลดแรงเสียดทานภายในระบายออกสูบลมได้อีกด้วยตัวฝาสูบทั้งสองด้านส่วนใหญ่นิยมการหล่อขึ้นรูป บางแบบอาจใช้การอัดขึ้นรูป การยึดตัวระบายออกสูบลมเข้ากับฝาอาจใช้เกลียวขัน เหมาะสำหรับระบายออกสูบลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 25 มิลลิเมตรลงมา ถ้าโตกว่านี้นิยมใช้สลกรูร้อยขันรัดหัวท้ายไว้ สำหรับก้านสูบอาจทำด้วยสแตนเลสหรือเหล็กชุบผิวโครเมียมที่เกลียวปลายก้านสูบจะทำด้วยกรรมวิธีรีดขึ้นรูป

การทำงานของระบายออกสูบลมตามรูปที่ 2.5 เป็นระบายออกสูบลมแบบมีระบบลมกันกระแทก ซึ่งส่วนใหญ่จะนิยมใช้ระบายออกสูบลมแบบดังกล่าวในงานอุตสาหกรรมอย่างมาก อาจมีด้านเดียวหรือสองด้านก็ตาม เพื่อช่วยลดอัตราหน่วงของลูกสูบเมื่อหยุดระยะชัก เป็นการป้องกันการกระแทกที่เกิดขึ้นระหว่างลูกสูบกับฝาระบายออกสูบลม โดยการใช้วาล์วเข็ม (Needle Valve) ทำให้เกิดเบาะลมขึ้นระหว่างลูกสูบกับฝาระบายออกสูบลม ลมที่มีความดันสูงก็จะทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความลำบาก และจะเป็นการหน่วงความเร็วของลูกสูบลงตอนใกล้สุดระยะชัก ทำให้ไม่เกิดกระแทก โดยทั่วไประยะกันกระแทกจะอยู่ระหว่าง 15 ถึง 40 มิลลิเมตร ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของระบายออกสูบลมตามตารางที่ 2.1 ที่ตัวระบายออกสูบลมจะมีวาล์วเข็ม เมื่อก้านลูกสูบเคลื่อนไปถึงช่องกันกระแทกลมที่อยู่หน้าลูกสูบไม่สามารถผ่านออกไปได้อิสระ จะต้องผ่านออกไปทางวาล์วเข็มเท่านั้น ความเร็วของลูกสูบก็จะถูกหน่วงให้ลดลงตอนใกล้สุดระยะชัก ในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ออก ลมส่วนหนึ่งจะผ่านวาล์วกลับเข้ามาได้ ทำให้ลมไปกระทำกับหน้าตัดของลูกสูบได้เต็มที่ ลูกสูบจะเคลื่อนที่ไปอย่างรวดเร็ว แต่พอใกล้จะสุดระยะชัก คือเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ไปถึงเบาะลมลูกสูบก็จะเคลื่อนที่ช้าอีกเช่นเคย การทำให้เกิดแรงกันกระแทกได้มากน้อย สามารถทำได้โดยการปรับวาล์วเข็มที่อยู่ตรงปลายของระบายออกสูบลมนั่นเอง



รูปที่ 2.5 ลักษณะโครงสร้างของกระบอบอกสูบลม

ตารางที่ 2.1 ระยะเวลากระแทกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

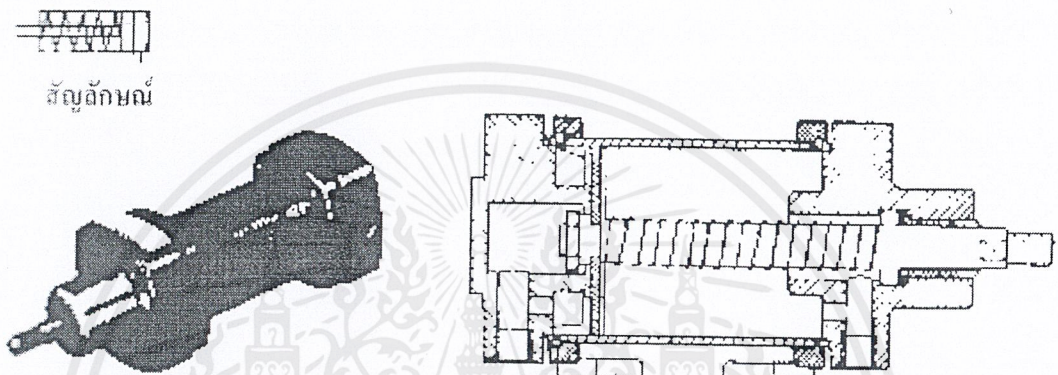
เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอบอกสูบ (mm)	ระยะเวลากระแทก (mm)
10	15-20
50	
63	
80	20-30
100	
125	
140	25-40
160	
180	

ในปัจจุบันได้มีการนำกระบอบอกสูบลมแบบต่าง ๆ เข้ามาใช้ในงานอุตสาหกรรม ซึ่งแต่ละแบบก็มีลักษณะการทำงาน และการนำไปใช้งานแตกต่างกันไปดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.5.1 ครอบอกสูบลมทำงานทางเดียว

จะใช้ลมดันทางด้านหัวของลูกสูบเพื่อดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ออกมา ส่วนในจังหวะลูกสูบลมเคลื่อนที่กลับนั้น เมื่อปล่อยลมทางด้านหัวลูกสูบระบายทิ้ง สปริงที่อยู่ภายในครอบอกสูบจะดันให้ก้านลูกสูบเคลื่อนที่กลับมาเอง รูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ลักษณะของครอบอกสูบแบบทำงานทางเดียว

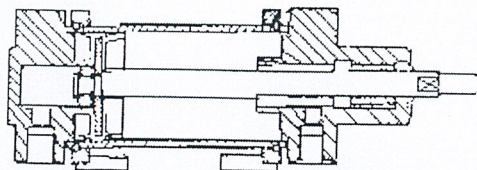
ภายในครอบอกสูบลมจะมีสปริงเพื่อคอยดันให้ก้านสูบกลับ ดังนั้นความยาวของระยะชัก จึงมีขอบเขตจำกัด โดยทั่วไประยะชักของครอบอกสูบประเภทนี้ยาวสุดอยู่ระหว่าง 80 ถึง 100 มิลลิเมตร ลักษณะการนำไปใช้งานจะใช้คันหรือดิ่งเพียงทิศทางเดียวเท่านั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะการติดตั้งสปริงดันภายในครอบอกสูบลม ตัวอย่างงานที่ใช้ เช่น งานจับยึด งานป้อนหรือผลักชิ้นงาน

### 2.5.2 ครอบอกสูบลมชนิดทำงานสองทาง

จะใช้ลมดันหัวลูกสูบทั้งสองตอนเคลื่อนที่ออกและเคลื่อนที่กลับ ทำให้ได้แรงทั้งสองทิศทาง เหมาะกับงานที่จะต้องการใช้แรงในตอนลูกสูบเคลื่อนออกและเคลื่อนเข้า รวมทั้งลักษณะงานที่ต้องการช่วงชักยาว ปัญหาที่เกิดขึ้นในกรณีที่ช่วงชักยาวเกินไปจะทำให้ก้านสูบเกิดการโค้งงอได้ ดังนั้นช่วงชักของครอบอกสูบแบบนี้ จะต้องมีการคำนวณหาระยะช่วงชักที่อนุญาตให้ใช้งานได้ นอกจากนี้ปัญหาดังกล่าวถ้าครอบอกสูบลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตเกินไป จะทำให้เกิดความสิ้นเปลืองลมมาก



สัญลักษณ์

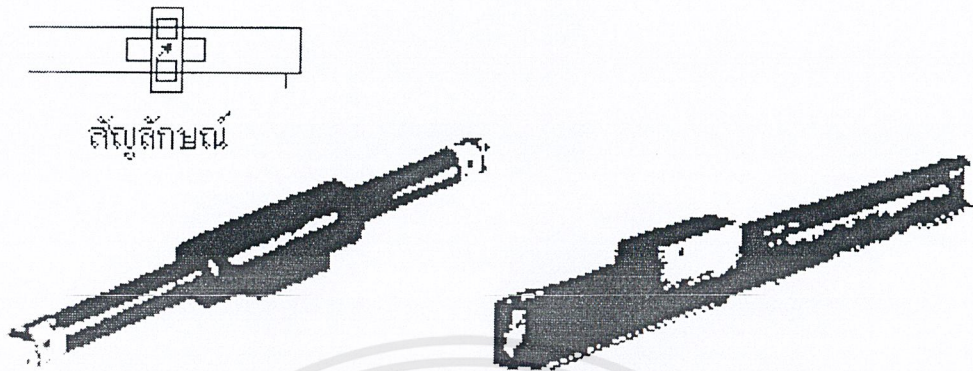


รูปที่ 2.7 ลักษณะของกระบอกสูบลมแบบสองทาง

ลักษณะของกระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทางที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรม เช่น กระบอกสูบลมชนิดที่ไม่มีเบาะลมกันกระแทก กระบอกสูบลมแบบนี้ดังรูปที่ 2.7 เป็นกระบอกสูบลมที่มีราคาถูกเหมาะกับงานที่ใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ไม่มากนัก ถ้านำไปใช้กับงานที่มีการเคลื่อนเร็วจะทำให้ในปลายช่วงชักและตอนกลับสุดของลูกสูบ เกิดการกระแทกกับผนังหัวท้ายของกระบอกสูบทำให้เกิดความเสียหายได้

### 2.5.3 กระบอกสูบแบบก้านสูบอยู่กับที่ลูกสูบเคลื่อนที่

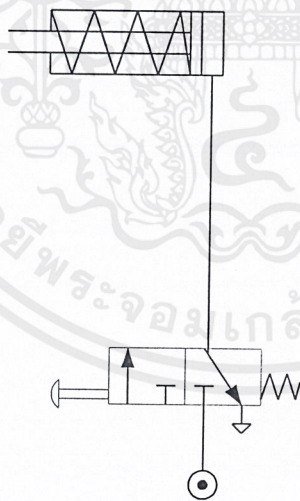
กระบอกสูบแบบนี้ตัวก้านสูบจะอยู่กับที่ส่วนตัวลูกสูบนั่นจะเคลื่อนที่ เหมาะสำหรับลักษณะงานที่ต้องการช่วงชักยาวและดำนากะบอกลมชนิดทำงานสองทางมาใช้จะเกิดปัญหาก้านสูบเล็กเกินไปอาจเกิดการ โกงงอขึ้นได้ระยะชักของกระบอกสูบแบบนี้สูงสุดถึง 5000 มิลลิเมตร ความเร็วในการเคลื่อนที่สูงสุด 400 มิลลิเมตรต่อวินาที (ดูรูปที่ 2.8) การทำงานของกระบอกสูบแบบนี้จะใช้ลมอัดไปดันให้แม่เหล็กเคลื่อนและตัวแม่เหล็กนี้จะดึงให้ลูกสูบเคลื่อนตามไปด้วย ตัวอย่างที่ใช้กระบอกสูบประเภทนี้ได้แก่งานประเภทเคลื่อนย้ายจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง



รูปที่ 2.8 ลักษณะและการนำไปใช้งานของกระบอกสูบแบบก้านสูบอยู่กับที่ลูกสูบเคลื่อนที่

## 2.6 วงจรนิวแมติกส์

### 2.6.1 การควบคุมกระบอกสูบแบบทิศทางเดียว



รูปที่ 2.9 กระบอกสูบแบบทิศทางเดียว

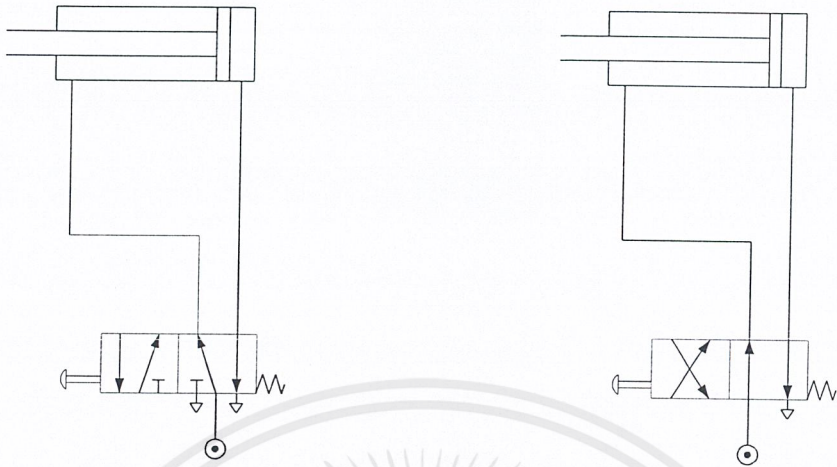
กระบอกสูบแบบทิศทางเดียว เป็นกระบอกสูบชนิดที่มีรูลมเข้าเพียงรูเดียว คือ รูลมเข้าทางด้านลูกสูบ (อันที่จริงกระบอกสูบแบบทิศทางเดียวนี้อันนี้มีรูลมทางด้านก้านสูบด้วย แต่รูลมด้านนี้จะ เป็นรูลมที่ใช้ระบายลมที่มีอยู่ในกระบอกสูบด้านก้านสูบเท่านั้น) ถ้าเรามีวาล์วชนิด 3/2 แบบมือกด กลับด้านสปริง นำมาต่อเข้ากับกระบอกสูบแบบทิศทางเดียวตัวนี้ ดังรูปที่ 1 เมื่อกดวาล์วก็จะได้ลม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกไปดันกระบอกสูบ ทำให้ลูกสูบวิ่งออก ขณะที่ลูกสูบวิ่งออกนั้น ทำให้สปริงที่อยู่ภายในกระบอกสูบถูกอัดให้ขยุบตัว เพราะฉะนั้นถ้าเราปล่อยมือที่กดวาล์วก็จะทำให้ไม่มีลมเข้าไปดันลูกสูบอีกต่อไป เป็นผลให้ลูกสูบถูกสปริงที่ขยุบตัวนั้นคลายตัวออก ซึ่งหมายถึง ทำให้ลูกสูบวิ่งกลับตำแหน่งเดิม โปรดสังเกตว่า ถ้าใช้วาล์ว  $2/2$  เป็นตัวบังคับกระบอกสูบ เมื่อถึงจังหวะนี้จะทำให้ลูกสูบหดกลับไม่ได้ เพราะว่าไม่มีรูลมของวาล์ว  $2/2$  ต่อเข้ากับบรรยากาศเพราะฉะนั้นลูกสูบจึงยังมีลมดันอยู่ตลอดเวลา แม้ว่าจะปล่อยมือที่กดวาล์วไว้แล้วก็ตาม



รูปที่ 2.10 กระบอกสูบแบบทิศทางเดียว

การใช้วาล์ว  $2/2$  เป็นตัวบังคับให้กระบอกสูบแบบทิศทางเดียว ทำงานในจังหวะต้องการให้ลูกสูบวิ่งกลับนั้นจะกระทำไม่ได้ ดังได้กล่าวมาแล้วในรูปที่ 2.9

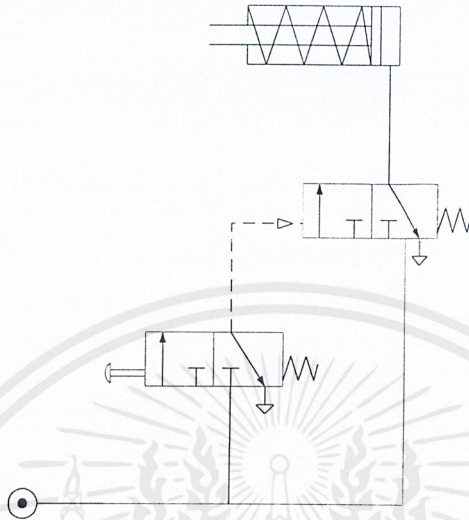


รูปที่ 2.11 วาล์ว 5/2 และวาล์ว 4/2

กระบอกสูบแบบสองทิศทาง เป็นกระบอกสูบที่ทำงานได้ทั้งสองทิศทาง เพราะฉะนั้นจึงต้องมีรูลมของกระบอกสูบ 2 รู คือรูลมด้านลูกสูบและรูลมด้านก้านสูบ ถ้าเอาลมเข้าไปดันด้านลูกสูบและให้ด้านก้านสูบต่อกับบรรยากาศ ก็สามารถทำให้ลูกสูบวิ่งออกจากกระบอกสูบได้ และเช่นเดียวกัน ถ้าให้ลมเข้าไปดันก้านสูบและปล่อยให้รูลมด้านลูกสูบต่ออยู่กับบรรยากาศ ก็สามารถดันให้ลูกสูบหดเข้ากระบอกสูบได้ ลักษณะการทำงานเช่นนี้ เราสามารถใช้วาล์วมาบังคับได้ จากรูปที่ 3 ด้านซ้ายมือ เป็นวาล์วชนิด 5/2 แบบมีอกคและกลับด้วยสปริง (Manual operated, Spring Return) นำมาต่อเข้ากับกระบอกสูบแบบสองทิศทาง ในขณะนี้ถ้าคูวงจรแล้ว ความดันลม (เครื่องหมายวงกลมมีจุดตรงกลาง) จะออกจากวาล์วไปดันกระบอกสูบด้านก้านสูบ เป็นผลให้ลูกสูบหดเข้ากระบอกสูบ ถ้ากดวาล์วควบคุมที่ต่ออยู่ก็จะทำให้วาล์วเปลี่ยนตำแหน่ง มีผลให้ทิศทางของลมที่ออกจากวาล์วเปลี่ยนไปด้วย คือเปลี่ยนไปเข้ากระบอกสูบทางด้านลูกสูบ ส่วนรูลมทางด้านก้านสูบจะต่อเข้ากับวาล์ว แต่รูวาล์วนั้นต่อกับบรรยากาศ เป็นผลให้ลูกสูบวิ่งกลับนั้น กระทำได้โดยปล่อยมือที่กดวาล์ว จะทำให้สปริงที่อยู่ภายในวาล์วยืดตัวออกและดันให้วาล์วเปลี่ยนตำแหน่งเหมือนกับตำแหน่งที่ยังไม่กดวาล์วซึ่งเราจะได้ลมออกจากวาล์วไปต่อกับกระบอกสูบด้านก้านสูบเป็นผลให้ลูกสูบหดกลับตำแหน่งปกติ

สำหรับรูปด้านขวามือ ใช้วาล์วควบคุมกระบอกสูบเป็นวาล์วชนิด 4/2 ส่วนหลักการทำงานจะเหมือนกับรูปด้านซ้ายมือทุกประการ ผิดกันเฉพาะชนิดของวาล์วเท่านั้น วาล์ว 5/2 จะมีรูระบายลม 2 รู ส่วนวาล์ว 4/2 จะมีรูระบายลมเพียง 1 รู

## 2.6.2 การควบคุมกระบอกสูบทิศทางเดียวในระยะไกล

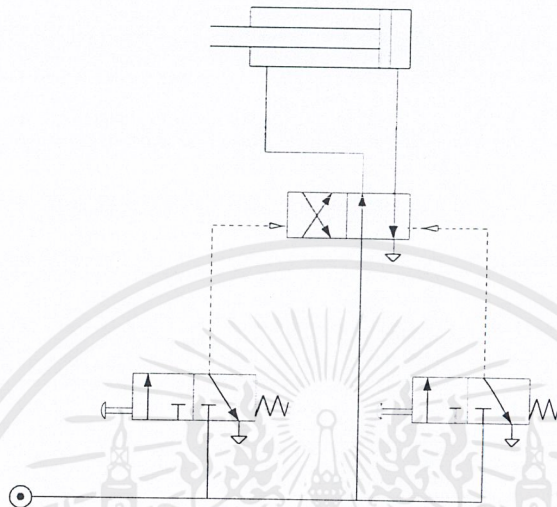


รูปที่ 2.12 การควบคุมกระบอกสูบทิศทางเดียวแบบระยะไกล

การควบคุมกระบอกสูบทิศทางเดียวแบบระยะไกล การควบคุมแบบนี้จะใช้วาล์ว 3/2 สองตัว โดยให้ตัวแรกเป็นชนิดทำงานด้วยลมและกลับด้วยสปริง ส่วนอีกตัวหนึ่งเป็นแบบทำงานด้วยมือกดกลับด้วยสปริง โดยใช้วาล์ว 3/2 ตัวที่ทำงานด้วยลมกลับด้วยสปริง ต่ออยู่กับกระบอกสูบโดยตรงและรับสัญญาณมาจากวาล์ว 3/2 แบบมือกดกลับด้วยสปริง จากรูปนี้สัญญาณลมจะเข้าไปยังวาล์วทั้งสองตัว แต่ยังไม่ได้ออกมาได้จนกว่าวาล์วจะเปลี่ยนตำแหน่ง เมื่อควาล์วแบบมือกดสัญญาณลมจะออกไปดันให้วาล์วตัวบนเปลี่ยนตำแหน่ง ซึ่งเป็นผลให้ลมออกไปดันกระบอกสูบให้ลูกสูบวิ่งออกไป

เหตุที่เรียกวงจรนี้ว่า เป็นวงจรควบคุมระยะไกล เพราะว่าวาล์วมือกดนั้นต่อห่างมาจากตัวทำงานซึ่งหมายถึง กระบอกสูบได้ ถ้าดูในรูปที่ 1 จะเห็นว่า การควบคุมกระบอกสูบแบบนั้นเป็นแบบการควบคุมโดยตรง ในวงจรนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานชนิดต่างๆ ที่ไม่ต้องการให้กระทำโดยตรงได้ อันเนื่องมาจากความร้อน ความเย็น หรือเป็นอันตรายได้

2.6.3 การควบคุมกระบอบอกสูบสองทิศทางในระยะไกล

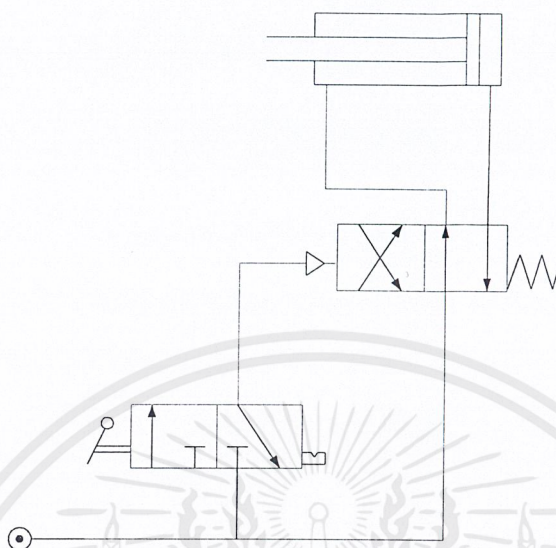


รูปที่ 2.13 การควบคุมกระบอบอกสูบทิศทางเดียวแบบระยะไกล

การควบคุมกระบอบอกสูบแบบสองทิศทางในระยะไกล แบบนี้จะต้องใช้วาล์ว 3/2 สองตัว เพื่อบังคับให้กระบอบอกสูบวิ่งออกหนึ่งตัวและบังคับให้กระบอบอกสูบวิ่งกลับอีกหนึ่งตัว ในกรณีนี้ กระบอบอกสูบสามารถค้างตำแหน่งได้ เช่น ถ้ากดวาล์ว 3/2 ตัวซ้ายมือ จะทำให้กระบอบอกสูบวิ่งออก และค้างตำแหน่งนั้นๆอยู่ ถ้าต้องการให้ลูกสูบกลับตำแหน่งเดิมก็ให้กดวาล์ว 3/2 ตัวขวามือเป็นต้น

การควบคุมกระบอบอกสูบจะเป็นชนิดควบคุมระยะไกล ทั้งจังหวะวิ่งออกและวิ่งเข้า ถ้าเรา ต้อง การลดจำนวนวาล์วให้น้อยลงก็สามารถทำได้ โดยการเปลี่ยนวาล์วควบคุมกระบอบอกสูบ ให้เป็นวาล์วชนิด 4/2 ทำงานด้วยลมและกลับด้วยสปริง เมื่อกล่าวถึงชื่อวาล์วชนิดกลับด้วยสปริงก็ ให้นึกถึงการให้สัญญาณค้างในวาล์วนั้นๆถ้าต้องการให้มีสัญญาณออกจากวาล์วตลอดเวลา ซึ่งใน กรณีนี้จำเป็นต้องเปลี่ยนวาล์วสตาร์ทใหม่ด้วย โดยการเปลี่ยนให้เป็นชนิดค้างตำแหน่งได้ ดังรูปที่

2.14



รูปที่ 2.14 การควบคุมกระบอกลูกสูบทิศทางเดียวแบบระยะไกล

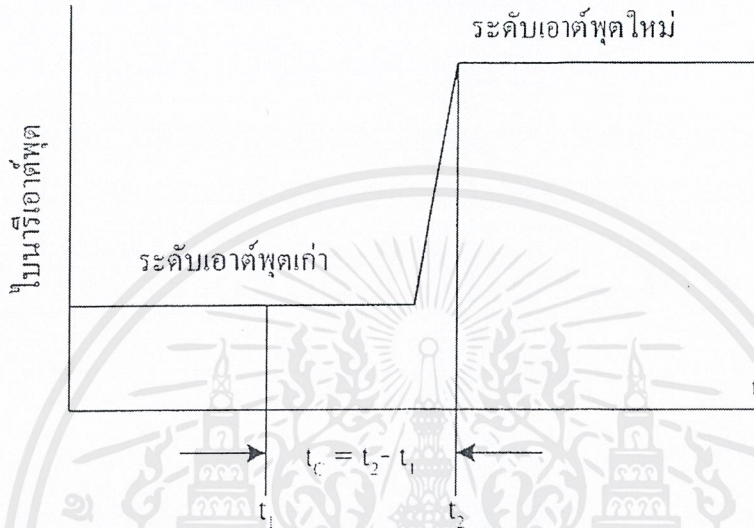
ในรูปที่ 2.14 นี้ จังหวะที่ลูกสูบวิ่งออกจะเกิดจากการโยกวาล์วสตาร์ท ส่วนจังหวะสลับหัวลูกสูบก็เกิดจากการโยกวาล์วสตาร์ทกลับ เมื่อโยกวาล์วสตาร์ทกลับมีผลให้สปริงของวาล์วควบคุมกระบอกลูกสูบดันให้วาล์วเปลี่ยนตำแหน่งกลับไปอยู่ในตำแหน่งเดิม ทำให้ความดันลมไปดันกระบอกลูกสูบด้านก้านสูบทำให้ลูกสูบหดกลับ

## 2.7 หลักการของตัวแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล มีสัญญาณอินพุต เป็นสัญญาณแอนะล็อก และมีสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณเอาต์พุตจำนวน  $n$  บิต อินพุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล เป็นสัญญาณแอนะล็อกที่ผ่านออกมาจากวงจร แคมป์เบลต์โฮลด์ ซึ่งส่วนของวงจรนี้ทำหน้าที่รับสัญญาณแอนะล็อก ที่ต้องการแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลเข้ามาในวงจร แล้วนำเอาต์พุตไปต่อเชื่อมกับอินพุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแต่ละครั้ง วงจรนี้รับสัญญาณแอนะล็อกแล้วส่งเข้าที่ขาอินพุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลในช่วงเวลาที่เท่ากับเวลาแคมป์เบลต์โฮลด์ที่กำหนดจากความถี่แคมป์เบลต์โฮลด์ที่กำหนดในวงจร ดังนั้นในการควบคุมการทำงานของ วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลในการแปลงสัญญาณ จะมีค่าจำนวนข้อมูลเท่าใดพิจารณาได้จากความถี่ของการสุ่มภายในชุดวงจรแคมป์เบลต์โฮลด์นี้ อย่างไรก็ตามการพิจารณาเวลาการทำงานของ วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลนี้ยังขึ้นอยู่กับ ผลของเวลา

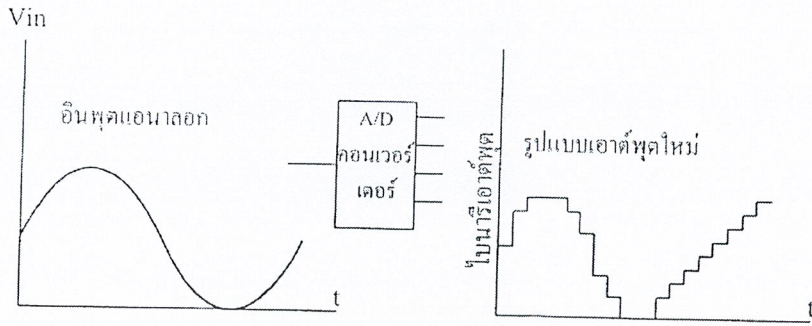
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการแปลงสัญญาณ ( Conversion Time,  $T_c$  ) ภายในวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลคือ เวลาที่ใช้ในระหว่างที่อินพุตเข้ามาจนถึงการแสดงค่าระหว่างเอาต์พุตใหม่



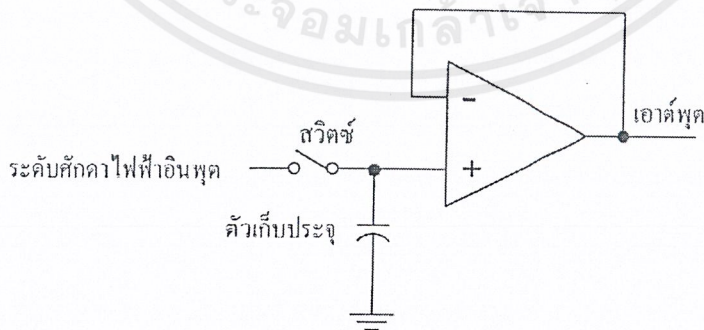
รูปที่ 2.15 การตอบสนองของเวลาแปลงสัญญาณของ A/D คอนเวอร์เตอร์

พิจารณาตามรูปที่ 2.15 อินพุตจากสัญญาณแอนะล็อก ที่เข้าในวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล จะอยู่ ณ เวลา  $t_1$  และสัญญาณตอบสนองของอินพุตจะเกิดขึ้นจากผลต่างของเวลาทั้งสอง คือ เวลาการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ ซึ่งเวลาดังกล่าวนี้เป็นเวลาที่ใช้จริงของ วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลในการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล ดังนั้นการกำหนดเวลาของการสุ่มจากความถี่ของการสุ่มควรมีเวลามากกว่าในการแปลงสัญญาณ จึงจะได้ค่าดิจิทัลเอาต์พุตที่ถูกต้อง และเพื่อให้ทราบถึงผลของการสุ่มจนสัญญาณอินพุตแอนะล็อกไปเป็นดิจิทัลเอาต์พุตพิจารณาจากกราฟ รูปที่ 2.15



รูปที่ 2.16 ขบวนการแปลงสัญญาณดิจิตอลด้วย A/D คอนเวอร์เตอร์

ตัวแปลงสัญญาณที่ปรับค่าต่อเนื่อง และตัวแปลงสัญญาณที่ประมาณค่าผลสำเร็จจะเปลี่ยนค่าในแต่ละครั้งเมื่อได้รับคำสั่งจากไมโครโปรเซสเซอร์เท่านั้น ซึ่งก็หมายความว่า ตัวแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลที่ประมาณค่าผลสำเร็จขนาด 8 บิต ( ที่ใช้เวลา 1 ไมโครวินาทีในการทำงานแต่ละขั้นตอน ) จะใช้เวลาทั้งหมด 8 ไมโครวินาทีในการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล ในช่วงเวลา 8 ไมโครวินาทีนี้ สัญญาณแอนะล็อกที่ไม่ทราบค่าที่ป้อนเข้าตัวแปลงนั้นจะต้องมีระดับศักดาไฟฟ้าที่คงที่ มิฉะนั้นค่าเอาต์พุตที่ได้อาจไม่ถูกต้องเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น จึงได้มีการนำวงจรแชนเนลเปิดแอนด์โฮลด์มาใช้โดยวงจรนี้จะเก็บระดับศักดาไฟฟ้าของสัญญาณที่รับเข้ามาในตัวเก็บประจุก่อนที่ตัวแปลงสัญญาณจะเริ่มการทำงาน เมื่อสวิตช์ถูกปิด ตัวเก็บประจุจะได้รับประจุจนมีระดับศักดาไฟฟ้าตกคร่อมเท่ากับระดับศักดาไฟฟ้าของสัญญาณที่ป้อนเข้ามาและเมื่อสวิตช์ถูกเปิด ระดับศักดาไฟฟ้าในตัวเก็บประจุจะคงอยู่ที่ค่านี้นจนกว่าสวิตช์จะถูกปิดอีกครั้ง



รูปที่ 2.17 วงจรแชนเนลเปิดแอนด์โฮลด์

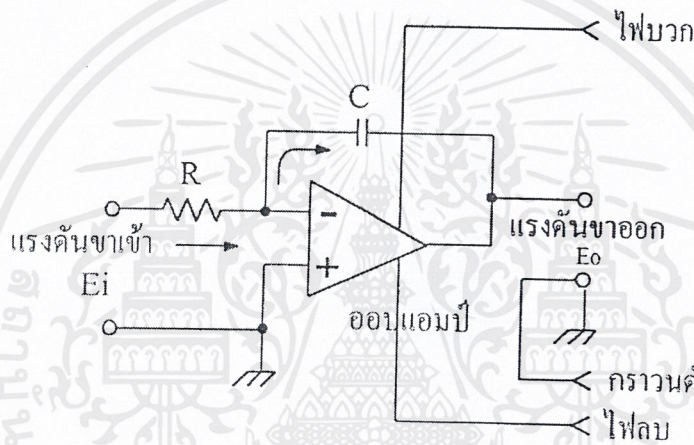
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.7.1 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

ที่นิยมกันอย่างแพร่หลายมี 3 แบบ คือ

#### 1) วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล แบบสโลปคู่

เป็นแบบที่ง่ายที่สุดไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่มีคุณภาพดีมากนัก ก็สามารถแปลงสัญญาณได้อย่างแม่นยำ แต่มีข้อเสียตรงที่ใช้เวลาในการแปลงสัญญาณนานมากไปจึงไม่เหมาะ ในการใช้วัดแรงดันในช่วงเวลาสั้นๆ

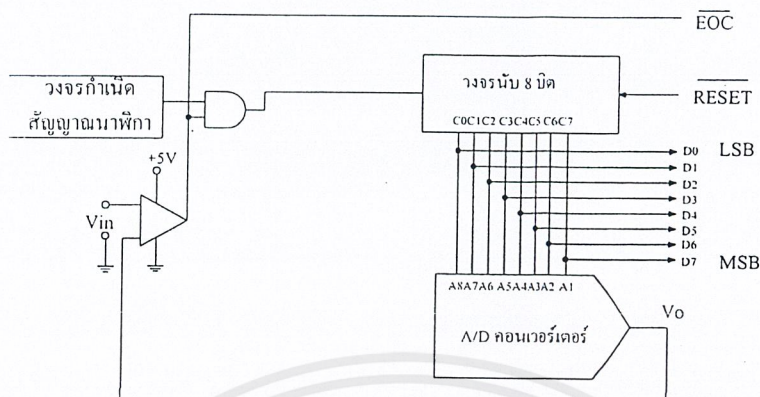


รูปที่ 2.18 การทำงานของวงจรอินทิเกรเตอร์

พิจารณารูปที่ 2.18 ซึ่งเป็นวงจรอินทิเกรเตอร์แบบพื้นฐาน ประกอบด้วยออปแอมป์ ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายสัญญาณแตกต่าง

#### 2) วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบแรมป์

เป็นวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลที่เข้าใจการทำงานง่ายที่สุด โดยแสดงโครงสร้างการทำงาน ดังรูปที่ 2.19 เมื่อพิจารณาตามรูปแล้วสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้



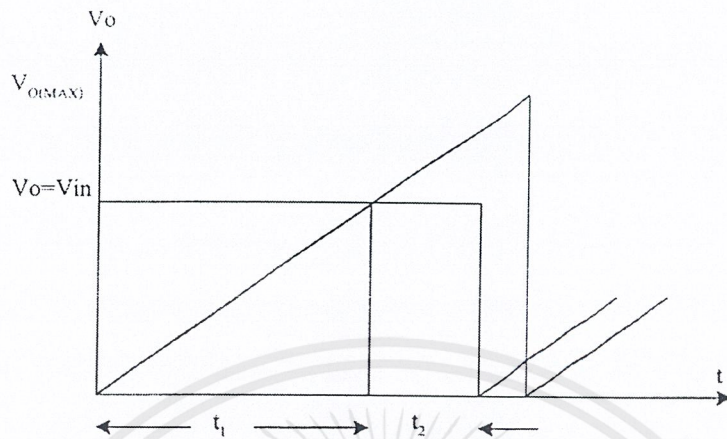
รูป 2.19 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบเรมปี

2.1) คอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณรีเซ็ตไปที่วงจรถ่ายค่า เพื่อให้สามารถรับสัญญาณอินพุตได้ โดยขณะนั้นผลเอาต์พุตของวงจรถ่ายค่าสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล มีค่าอยู่ที่ระดับต่ำสุด

2.2) การทำงานของวงจรมีการเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณนาฬิกา ซึ่งสัญญาณอินพุตถูกนำมา AND กับสัญญาณนาฬิกาแล้วจึงส่งไปยังวงจรถ่ายค่าเป็นผลให้แสดงระดับแรงดันที่สูงขึ้นทีละ 1 LSB

2.3) ณ จุดเดียวกันนั้น ตัวเคาท์เตอร์จะทำการนับเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเอาต์พุตของวงจรถ่ายค่าสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล สูงกว่าค่าแรงดันอินพุต  $V_{in}$  เมื่อถึงจุดนี้ของวงจรถ่ายค่าเปรียบเทียบจะแสดงค่าไปจนกระทั่งเป็น 0 โวลต์ เมื่อถึง 0 โวลต์ที่จะหยุดสัญญาณนาฬิกาจะหยุดนับที่จุดซึ่ง  $V_o$  เริ่มมากกว่า  $V_{in}$  ขา EOC จะลดระดับเป็นระดับต่ำและส่งสัญญาณให้คอมพิวเตอร์ เพื่อบอกคอมพิวเตอร์ว่าขณะนี้พร้อมที่จะอ่านได้แล้วซึ่งข้อมูลที่ส่งไปยังคอมพิวเตอร์ เป็นสัญญาณดิจิทัลโดยผ่านทางอินพุตพอร์ต

2.4) หลังจากคอมพิวเตอร์อ่านข้อมูลเสร็จจะส่งสัญญาณรีเซ็ตมาที่ วงจรถ่ายค่าสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล หลังจากนั้นก็เริ่มทำการกระบวนการแบบเดิมอีกครั้ง



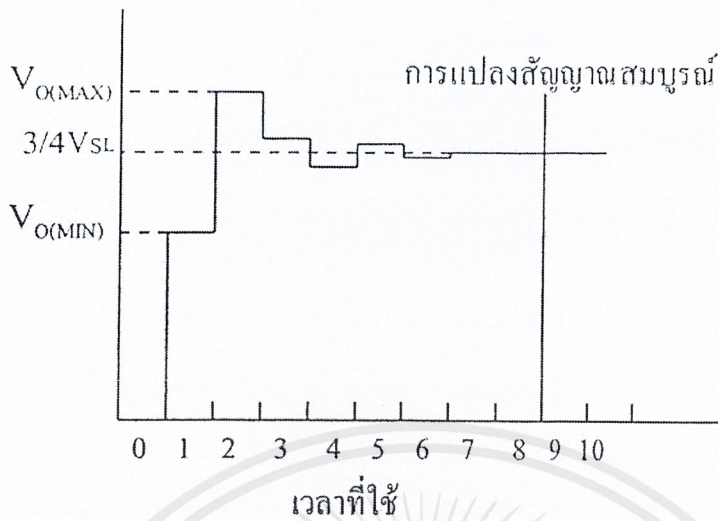
รูปที่ 2.20 กราฟเอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกและวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

กราฟนี้จะแสดงการทำงานของแรมป์โดย  $t_1$  แทนเวลาที่นับ เพื่อแรมป์เอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก ที่เริ่มจะเลย  $V_{in}$  และ  $t_2$  แทนเวลาระหว่างที่คอมพิวเตอร์อ่านข้อมูลและส่งสัญญาณรีเซตมาให้วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล เริ่มต้นกระบวนการเดิมอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นในการเก็บข้อมูล 1 ค่า จะต้องใช้เวลาในการแปลงสัญญาณ 2 ช่วงด้วยกัน คือเวลา  $t_1$  ถูกกำหนดโดยอ่านข้อมูลและส่งสัญญาณรีเซตกลับ

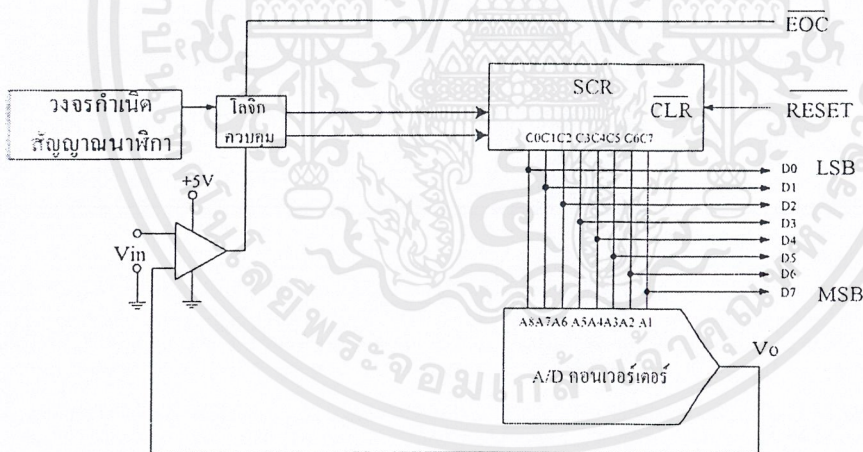
### 3) วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบซัสเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชัน

SAR เป็นตัวเลขหลักของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล ซึ่งลักษณะใกล้เคียงกับแบบแรมป์ โดยโครงสร้างการทำงานเป็นการแสดงแผนผังการทำงานสำหรับ วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบ SAR

SAR คอนเวอร์เตอร์ ต้องใช้วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกและวงจรเปรียบเทียบในการทำงานเหมือนกัน ส่วนที่แตกต่างได้แก่ส่วนของวงจรรัน



รูปที่ 2.21 คอนเวอร์เตอร์ซึ่งใช้เทคนิค SAR



รูปที่ 2.22 กราฟวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกระหว่างการแปลงสัญญาณ

3.1) การเริ่มต้นของการเปลี่ยนแปลงจากสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล พิจารณาจากสัญญาณนาฬิกาที่ส่งไปยังระบบควบคุมลอจิก โดยเอาต์พุตของระบบควบคุมลอจิกจะส่งพัลส์หนึ่งลูกให้กับ SAR เพื่อเซตค่าของ MSB และลบค่าเอาต์พุตที่ยังเหลืออยู่ ซึ่งจะทำให้ค่าของ  $V_0$  เท่ากับค่า  $V_{fs/2}$  ซึ่งจะน้อยกว่าค่า  $V_1$  และเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบจะยังคงอยู่ในระดับ “1” ระบบควบคุมลอจิกจะตรวจสอบว่าด้วยวงจรเปรียบเทียบยังคงเป็น “1” อยู่ที่ส่งสัญญาณไปที่ SAR เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2) โดยปกติแล้ววงจรจะทดสอบเอาต์พุต โดยเริ่มต้นที่ MSB ของ SAR ถ้าเอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนาลอกเกินค่า  $V_{in}$  แล้วบิตนั้นจะค้างค่าลอจิก “1” ไว้หลังจากการตรวจสอบหมดแล้วไบนารีเอาต์พุตจะเป็นอัตราส่วนกับ  $V_{in}$  จะเป็นว่าวงจรแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิทัลแบบนี้ดีกว่าแบบแรมปี คือเวลาในการแปลงสัญญาณ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนบิตของวงจรรีบแบบ SAR

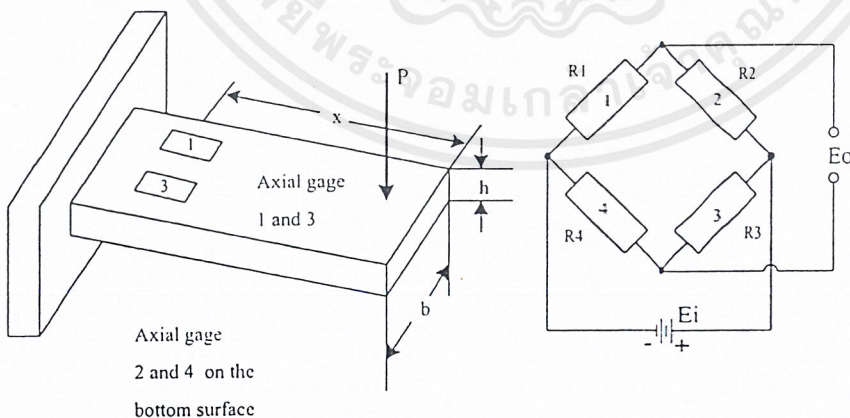
## 2.8 อุปกรณ์ทรานส์ดิวเซอร์

ทรานส์ดิวเซอร์ ซึ่งใช้วัดแรงทอร์กหรือความดันโดยทั่วไป ประกอบด้วยส่วนยืดหยุ่นหรือการเปลี่ยนแปลงเป็นระยะทางหรือความเครียด และการตรวจวัดโดยปกติ จะใช้เกจความเครียดในการวัดสัญญาณ อย่างไรก็ตามในบางครั้ง อาจใช้ LVDT หรือ โฟเทนทืออิมิตอร์ สำหรับการวัดแบบสถิต (Static) หรือ ควอซิสแตติก (Quasi Static)

### 2.8.1 ทรานส์ดิวเซอร์แบบหลักการของแรง

#### 1) โหลดเซลล์แบบคาน ( Beam-Type Load Cell)

โหลดเซลล์แบบคานที่นิยม ใช้วัดภาระในกรณีที่ใช้โหลดเซลล์แบบลึงค์ไม่ได้ รูปที่ 2.23 (ก) เป็นคานยื่นซึ่งมีเกจความเครียด 2 อันอยู่ที่ผิวด้านล่าง (ทั้งหมดติดตั้งในแนวขนานกับแกนของคาน) ซึ่งทำหน้าที่เป็นชิ้นส่วนยืดหยุ่นและเซนเซอร์สำหรับเซลล์ชนิดนี้ คือเกจซึ่งต่อกันเป็นวงจรวีทสโตนบริดจ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.23(ข)



(ก) โครงสร้างของโหลดเซลล์แบบคาน

(ข) วงจรสมมูลย์

### รูปที่ 2.23 โหลดเซลล์แบบคาน (Beam-Type Load Cell)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาระ  $P$  ทำให้เกิดโมเมนต์  $M = P_x$  ที่ตำแหน่ง  $X$  ทำให้ได้ผลลัพธ์

$$\varepsilon_3 = -\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon_1 = \frac{\sigma M}{Ebh^2} = \frac{6P_x}{Ebj^2} \quad (2.2)$$

เมื่อ  $b$  คือ ความกว้างของหน้าตัดของคาน

$h$  คือ ความหนาของหน้าตัดของคาน

การตอบสนองของเอกความเครียดหาได้จากสมการ  $\frac{R}{R} = S_g$  และสมการ(2.1) ดังนั้น

$$\Delta \frac{R_1}{R_1} = \Delta \frac{R_2}{R_2} = \Delta \frac{R_3}{R_3} = \Delta \frac{R_1}{R_1} \Delta \frac{R_2}{R_2} = \sigma \frac{S P_x}{Ebh^2} \quad (2.3)$$

แรงดันออก  $V_0$  จากวิสหโชนบริคจ์ ซึ่งเป็นผลจากการกระทำของภาระ  $P$  หาได้โดย

แทน

สมการ (2.3)ลงในสมการ

$$V_0 = \frac{r}{(1+r)^2} \left[ \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} + \frac{\Delta R_1}{R_1} \right] V_1 \quad (2.4)$$

และสมมติว่าเอกความเครียดทั้ง 4 เหมือนกันทุกประการจะได้

$$V_0 = \sigma \frac{S P_x v}{Ebh^2} \quad (2.5)$$

หรือ

$$P = \left[ \frac{Ebh^2}{\sigma S_x X v} \right] V_0 = CV_0 \quad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ (2.6) แสดงว่าภาระ  $P$  เป็นสัดส่วนกับแรงดัน  $V_0$  และค่าคงตัวสัดส่วนหรือค่าคงตัวปรับเทียบ (Calibration Constant)  $C$  คือ

$$C = \frac{Ebh^3}{\sigma S X V_0} \quad (2.7)$$

ความไวของการรวมระหว่างโหลดเซลล์กับวิทลโทนบริดจ์ กำหนดโดยสมการ  $S = V_0/P$  ดังนี้

$$S = \frac{V_0}{P} = \frac{I}{C} = \sigma \frac{S_f P V_0}{Ebh^3} \quad (2.8)$$

จากสมการ (2.8) ข้างต้นแสดงว่าความไวของโหลดเซลล์แบบคานขึ้นอยู่กับการวางหน้าตัดของคาน ( $b, h$ ) โมดูลัสของความยืดหยุ่นของวัสดุที่ใช้ทำคาน ( $E$ ) ตำแหน่งของภาระเทียบกับแกน ( $X$ ) เกจแฟกเตอร์ ( $S_f$ ) และแรงดันที่ป้อนให้กับวงจรวิทลโทนบริดจ์ ( $V_0$ ) ช่วงของโหลดที่ใช้กับโหลดเซลล์แบบคานขึ้นอยู่กับการวางหน้าตัดของคานตำแหน่งที่ภาระกระทำ และความต้านทานของวัสดุที่ใช้ทำคาน ถ้าสมมติว่าเกจติดที่ตำแหน่งใกล้กับตัวรองรับ (Beam Support) จะได้

$$M_{gage} = M_{max}$$

และ

$$P_{max} = \frac{S_f bh^3}{\sigma X} \quad (2.9)$$

อัตราส่วนแรงดันที่ภาระสูงสุด  $(\frac{V_0}{V_1})_{max}$  หาได้จากการแทนสมการ  $P_{max}$  ลงในสมการ

(2.9) ดังนี้

$$(\frac{V_0}{V_1})_{max} = \frac{S_f S_f}{E} \quad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพลลเซตล์แบบคานที่มีขายในท้องตลาดมีอัตราส่วนแรงดัน ( $\frac{V}{V_s}$ ) ที่ภาระเต็มสเกล

ระหว่าง 4 และ 5 mV/V

## 2.9 ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

### 2.9.1 คุณลักษณะประจำของมอเตอร์กระแสตรง

คุณลักษณะประจำของมอเตอร์ก็คือ เส้นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่างๆ ที่จะพิจารณามีดังนี้

1) แรงบิดและกระแสอาร์เมเจอร์ คือ ความสัมพันธ์ระหว่าง “แรงบิดกับกระแส (T/Ia) นั้นเองคุณลักษณะชนิดนี้รู้จักในรูปของ “คุณลักษณะทางไฟฟ้า”

2) ความเร็วและกระแสอาร์เมเจอร์ คือ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์ นั่นคือคุณลักษณะของ (S/Ia)

3) ความเร็วและแรงบิด คือ การแสดงความสัมพันธ์ โดยใช้เส้นกราฟระหว่างความเร็วกับแรงบิด (S/T) คุณลักษณะนี้เรียกว่า “คุณลักษณะทางกล” คุณลักษณะข้อนี้หาได้จากข้อ 1 และ ข้อ 2 จากด้านบน

ในการอธิบายหรือวิจารณ์เกี่ยวกับเรื่องคุณลักษณะของมอเตอร์นี้ เราควรที่จะคำนึงถึงความสัมพันธ์ของปริมาณที่ควรสนใจเอาไว้ดังนี้

$$T \propto \phi I_a \quad (2.11)$$

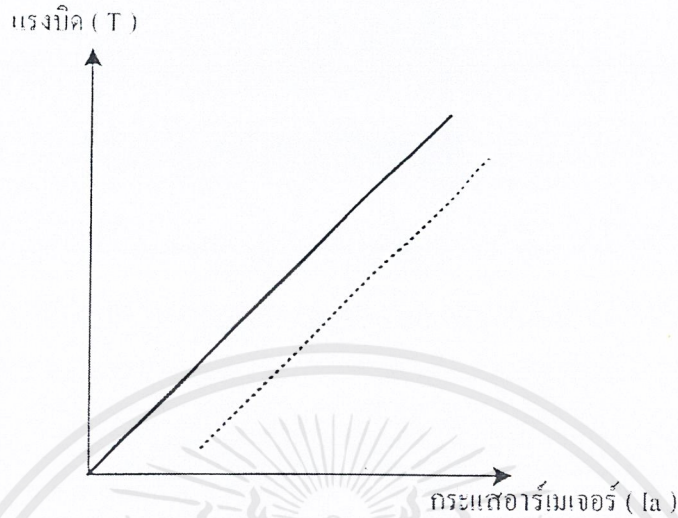
และ

$$S \propto Eb / \phi \quad (2.12)$$

### 2.9.2 คุณลักษณะประจำของมอเตอร์แบบขนาน ( Characteristics of Shunt Motor )

คุณลักษณะที่พิจารณามีดังนี้

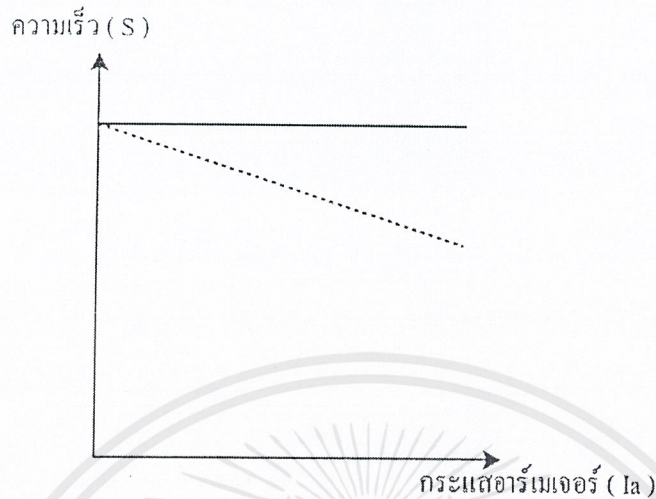
1) คุณลักษณะระหว่าง แรงบิด T กับกระแสอาร์เมเจอร์ Ia ในการพิจารณาคูสมบัติเช่นนี้จะกำหนดให้ว่า เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากการกระตุ้นมีค่าคงที่ตลอดไป แม้ว่าเมื่อมอเตอร์ได้รับภาระมาก  $\phi$  จะทำให้  $\phi$  ลดลงไปตามนั้นคือให้  $\phi$  เป็นค่าคงที่กับ Ia คือ



รูปที่ 2.24 แรงบิด(T) กับกระแสอาร์เมเจอร์(Ia) ของมอเตอร์แบบขนาน

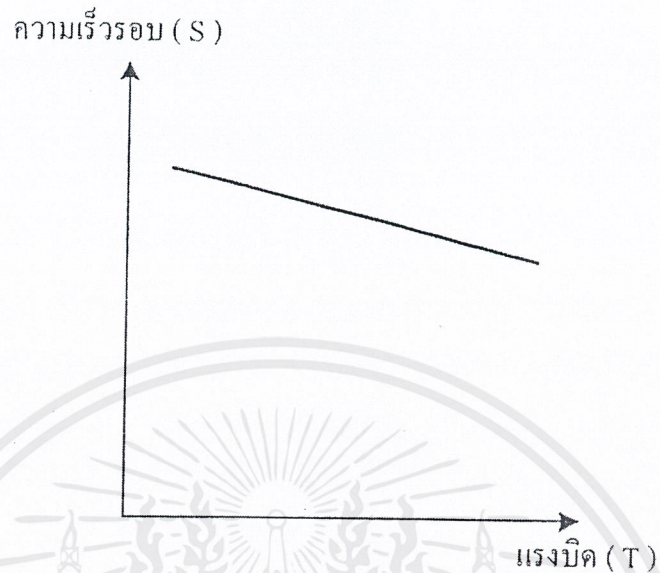
$T \propto \phi I_a$  ( $\phi =$  คงที่) นั่นคือ เมื่อพล็อตกราฟระหว่าง T กับ  $I_a$  ได้กราฟเป็นเส้นตรง โดยเริ่มต้นจากค่าศูนย์ด้วยกันทั้งคู่ ดังรูปที่ 2.24 เส้นกราฟที่ได้นี้เป็นเส้นตรงผ่านจุดเริ่มต้น แรงบิด T ที่พล็อตนี้ เป็นแรงบิดที่เกิดขึ้นที่อาร์เมเจอร์ ดังนั้น แรงบิดที่เกิด ที่แกนของมอเตอร์เมื่อส่งออกมายังภายนอกนั้นจึงต้องมีค่าน้อยกว่าแรงบิดที่เกิดขึ้น T ณ ที่ค่ากระแส  $I_a$  เดียวกัน ซึ่งเห็นได้ในรูปที่ 2.24 ดังเส้นประ การที่แรงบิดน้อยกว่า T ที่ค่ากระแสเดียวกันนี้เนื่องจากต้องสูญเสียแรงบิดจำนวนหนึ่งไปเพื่อเอาชนะแรงเสียดทานที่แกน ( Shaft ) ได้รับความ แรงเสียดทานนี้คือค่าคงที่ตลอดไป ดังนั้น เส้นกราฟของแรงบิดจึงมีความชันเท่ากับเส้นกราฟของ T จากรูปนี้พบว่าเราไม่อาจใช้มอเตอร์แบบขนาน สตาร์ทในขณะที่มีโหลดมากๆ ได้ เพราะการทำเช่นนี้ย่อมทำให้มอเตอร์ต้องดึงกระแสจำนวนมากมาเข้าไปได้ด้วย นั่นคือมอเตอร์แบบขนานจะไม่ใช้ในการสตาร์ทที่มากๆ

2) คุณลักษณะระหว่างความเร็วกับกระแสอาร์เมเจอร์ ในการพิจารณากรณีนี้ ก็ยังคงให้  $\phi$  คงที่ตลอดไป นั่นคือจะได้ความเร็ว S เป็นสัดส่วนโดยตรงนั่นคือ  $E_b$  ต้องคงที่ด้วย แต่ถ้าจะกล่าวกันตามความจริงแล้ว ทั้ง  $E_b$  และ  $\phi$  ลดลงเมื่อโหลดเพิ่มขึ้น แต่การลดของ  $E_b$  นี้จะลดลงไปมากกว่าการลดของ  $\phi$  ฉะนั้นเมื่อรวมผลทั้งหมดที่เกิดขึ้นแล้ว ความเร็วย่อมลดลงไป (เนื่องมาจาก  $E_b$  ลดไปเป็นอัตราส่วนมากกว่า  $\phi$ ) ดังรูปที่ 2.25 ที่แสดงด้วยเส้นประเมื่อมอเตอร์ได้รับโหลดทางปฏิบัติแล้ว มักใช้มอเตอร์แบบขนาน เมื่อต้องการความเร็วคงที่



รูปที่ 2.25 ความเร็วกับกระแสอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ขนาน

เนื่องจากมอเตอร์แบบขนานนี้ไม่มีการเปลี่ยนหรือลดความเร็วไปมากนักจากเมื่อตอนมีภาระเต็มที่ ดังนั้นจึงต่อเข้าหรือตัดออกได้ภาระโดยไม่ต้องเกรงว่าจะมีความเร็วสูง มากเกินไปจนเป็นอันตราย อย่างไรก็ตามมอเตอร์แบบนี้ให้แรงบิดเริ่มแรกต่ำ ( low starting torque ) ฉะนั้นจึงไม่นิยมใช้กับโหลดที่ต้องการแรงบิดเริ่มแรกสูง แต่เนื่องจากว่าเป็นมอเตอร์แบบที่มีความเร็วค่อนข้างจะคงที่มาก ดังนั้นจึงเหมาะที่จะนำไปใช้ขับเคลื่อนของเครื่องกลึง ( machine tools, wood-working machines ) และเครื่องจักรชนิดต่างๆ ที่ต้องการความเร็วคงที่ คุณลักษณะประจำของเครื่องระหว่างความเร็วแรงบิดนี้ก็อาศัยจากหลักการที่ได้ในข้อ 1 และ 2 ข้างบนนั่นเอง ข้อ 1 ทราบว่าแรงบิดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์เมเจอร์ ดังรูปที่ 2.24 ดังนั้นจึงได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงบิด ดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 ความเร็วรอบกับแรงบิดของมอเตอร์ซิงโครนัส

### 2.9.3 คุณลักษณะประจำของมอเตอร์ชนิดอนุกรม

เป็นคุณลักษณะประจำตัวของมอเตอร์ในเรื่องของแรงบิดกระแสในอาร์เมเจอร์ และความเร็วของมอเตอร์ชนิดนี้เช่นกัน โดยแบ่งการพิจารณาความสัมพันธ์แต่ละอย่างได้ดังนี้

1) คุณลักษณะประจำแรงบิด และกระแสอาร์เมเจอร์ ในการพิจารณานี้ สามารถพิจารณาได้จากสมการที่ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด กับกระแสจากสมการที่ได้พิสูจน์มาแล้วในตอนต้นคือ

$$T \propto \phi I_a \quad (2.13)$$

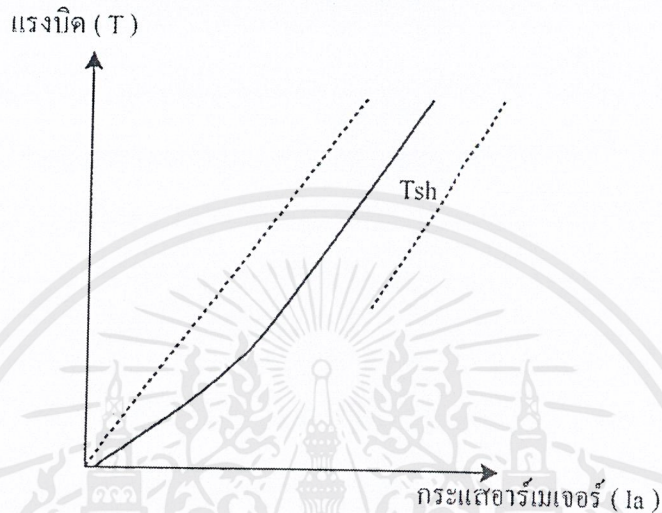
แต่ 
$$\phi \propto I_a \quad (2.14)$$

$$T \propto I_a^2 \quad (2.15)$$

นั่นคือ  $T/I_a$  curve จะเป็นพาราโบลา ดังรูปที่ 2.27 ฉะนั้นขณะที่โหลดน้อย  $I_a$  ก็จะน้อยและ  $\phi$  ก็จะน้อย และเมื่อโหลดมากขึ้นจะได้แรงบิดเพิ่มขึ้นเป็นอัตราส่วนกับกระแสอาร์เมเจอร์กำลังสอง แต่เมื่อโหลดเพิ่มมากขึ้นจนทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดการอิ่มตัวแล้วก็จะพบว่าแรงบิดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสที่เพิ่มขึ้น ( $T \propto I_a$ ) เพียงอย่างเดียว นั่นคือได้เส้นกราฟระหว่างแรงบิด กับกระแสอาร์เมเจอร์เป็นเส้นตรง ส่วนแรงบิดที่จ่ายออกมาที่แกน ( $T_{sh} = \text{Shaft torque}$ ) นั้น มีค่าน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่าแรงบิดที่เกิดขึ้น เพราะมีการสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานแรงลม และค่าสูญเสียที่คงที่อื่นๆ อีก ค่าสูญเสียเหล่านี้คือ “Stray losses” แรงบิด  $T_{sh}$  นี้แสดงไว้ในรูปด้วยเส้นประแล้ว



รูปที่ 2.27 แรงบิด กับกระแสอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ควบคุม

จากคุณลักษณะระหว่างแรงบิด กับกระแสอาร์เมเจอร์ ที่กล่าวมาแล้วจากข้างบนนี้ จึงสรุปได้ว่า มอเตอร์แบบอนุกรมนี้เหมาะสำหรับที่จะจุด Load เริ่มแรกที่มี Load หนักๆ ได้ (ในขณะที่ยังไม่มีการอิมตัวของเส้นแรงแม่เหล็ก) ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้กับโหลดหนักๆ ในขณะเริ่มแรก เช่น ปั่นจั่น รถไฟฟ้า เป็นต้น

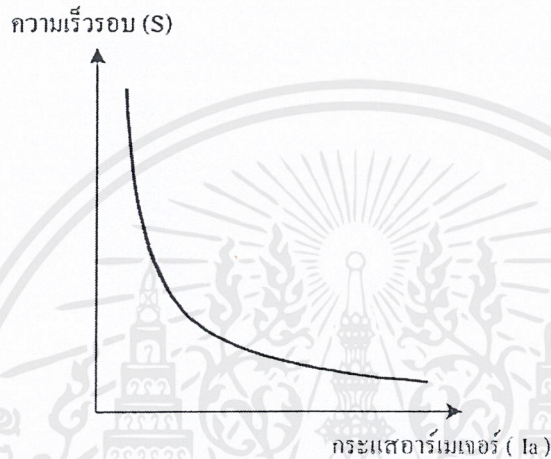
## 2) คุณลักษณะประจำระหว่างความเร็ว กับกระแสอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์

ทำโครงการนี้เป็นการศึกษาเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับกระแสที่อาร์เมเจอร์ได้ รับเช่นกัน ทั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงลักษณะประจำตัวของมอเตอร์แบบนี้ เพื่อนำไปใช้งานนั่นเอง อย่างไรก็ตามก็ตีคุณลักษณะเช่นนี้ สามารถดูได้จากความสัมพันธ์ของสมการ คือ

$$S \propto E_b / \phi \quad (2.16)$$

จากสมการ พบว่าความเร็ว  $S$  เป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงเคลื่อนสวนกลับ  $E_b$  แต่  $E_b$  นี้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ไม่ว่าจะมีการทางกลใดๆ ก็ตาม และพบว่าความเร็วแปรผกผันกับเส้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงแม่เหล็ก แต่เส้นแรงแม่เหล็กนี้แปรผกผัน โดยตรงกับกระแสที่ผ่านอาร์เมเจอร์นั้น คือความเร็วแปรผกผันกับกระแสอาร์เมเจอร์ ฉะนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของไหลจึงทำให้ความเร็วมีการแปรผกผันกับเส้นแรงแม่เหล็กมากกว่า  $E_b$  นั่นคือ ความเร็วแปรผกผันกับกระแสอาร์เมเจอร์โดยตรงนั่นเอง ดังรูปที่ 2.28



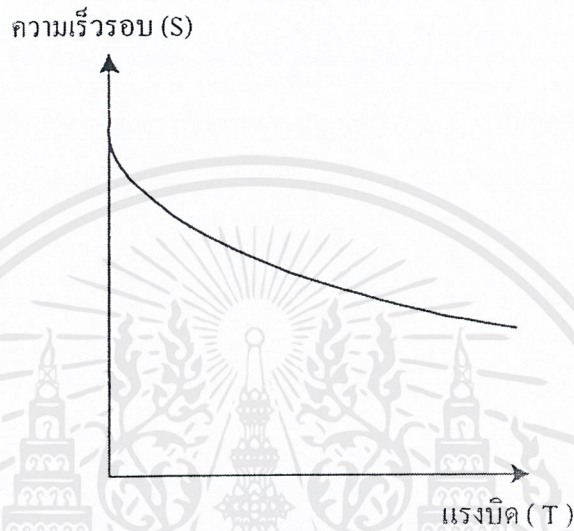
รูปที่ 2.28 ความเร็วรอบ กับกระแสอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์อนุกรม

เมื่อมีไหลคามากๆ จะทำให้มอเตอร์ใช้กระแสอาร์เมเจอร์มากๆ ด้วย ดังนั้นความเร็วของมอเตอร์แบบนี้จะลดลงอย่างรวดเร็ว (ซึ่งทำให้ลด  $E_b$  ลงไปด้วย และนั่นก็คือ กระแสอาร์เมเจอร์ไหลเข้าไปในมอเตอร์มากขึ้น) แต่ในกรณีที่มอเตอร์มีไหลค่น้อยๆ กระแสอาร์เมเจอร์จะน้อยเส้นแรงแม่เหล็กก็จะน้อยลงไปด้วยจำนวนมาก ดังนั้นความเร็วก็จะสูงขึ้นจนอาจเป็นอันตรายต่อมอเตอร์ได้ นั่นคือ สำหรับมอเตอร์แบบอนุกรมนี้ต้องไม่สตาร์ทหรือให้เริ่มหมุนในขณะที่ไม่มีไหลค มิฉะนั้นแล้ว จะทำให้มีความเร็วสูงมากจนเกินไปจนเป็นอันตรายกับมอเตอร์ได้อันเนื่องมาจากแรงหนีศูนย์กลางที่เกิดขึ้นในที่นี้ควรจะสังเกตว่ามอเตอร์แบบนี้ เป็นมอเตอร์แบบที่มีความเร็วเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงของไหลค

1) คุณลักษณะทางกลของเครื่อง ( Mechanical Characteristic ) หรือความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว  $S$  กับแรงบิด  $T$  ที่เกิดขึ้น ความสัมพันธ์ในกรณีนี้ อาศัยหลักเกณฑ์จากข้อ 1 และข้อ 2 ที่กล่าวมาแล้วข้างบน โดยพบว่า  $T$  เป็นสัดส่วนโดยตรงกับ  $I_a^2$  เมื่อตอนที่ เส้นแรงแม่เหล็กยังไม่อิ่มตัว แต่เมื่อเส้นแรงแม่เหล็กอิ่มตัวแล้ว ก็จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์เมเจอร์เท่านั้น และยังพบจากข้อ 2 อีกว่า เมื่อความเร็วสูงๆ ไหลค่น้อย ส่วนความเร็วต่ำไหลค่มากดังนั้นจึงนับได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อความเร็วสูง มอเตอร์ก็ให้แรงบิดต่ำและในทำนองกลับกันเมื่อความเร็วต่ำก็ให้แรงบิดสูง ดังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด กับความเร็วไว้ในรูปที่ 2.29

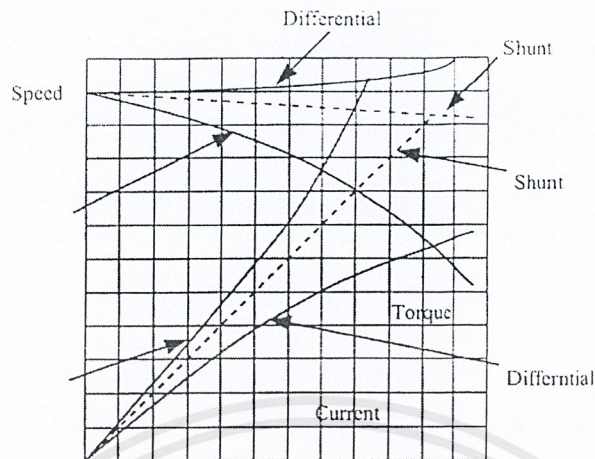


รูปที่ 2.29 ความเร็วรอบ กับแรงบิดของมอเตอร์อนุกรม

#### 2.9.4 คุณลักษณะประจำตัวของมอเตอร์แบบผสม

ลักษณะประจำตัวของมอเตอร์แบบนี้ก็คือ การนำเอาคุณลักษณะประจำตัวของมอเตอร์ทั้ง 2 แบบมาผสมกันทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน

มอเตอร์แบบผสมชนิดสะสมหรือเสริมสนามแม่เหล็กให้มาก มอเตอร์แบบนี้จะต่อสนามอนุกรมเพิ่มเข้าไปโดยให้มีสนามแม่เหล็กที่ต่อเพิ่มเข้าไปนี้ไปช่วยเพิ่ม หรือเสริมกับสนามแม่เหล็กขานานของมอเตอร์แบบขานานดังนี้ จึงทำให้มอเตอร์แบบนี้รวมคุณลักษณะของมอเตอร์ที่เป็นทั้งแบบอนุกรมและขานานเข้าด้วยกัน นั่นคือ ขณะมอเตอร์ได้รับ โหลดสนามอนุกรมเพิ่มสนามแม่เหล็กขึ้น จึงทำให้เกิดแรงบิดมากขึ้นกว่าเมื่อเป็นมอเตอร์แบบขานาน อาจกล่าวไปในทางอื่นก็ได้คือจากการเพิ่มสนามแม่เหล็กนี้ยอมทำให้ความเร็วลดลงไปรวดเร็วมากกว่าเมื่อเป็นมอเตอร์แบบขานาน นั่นคือเมื่อเพิ่มเส้นแรงแม่เหล็กเข้าไปที่สนามแม่เหล็กทำให้ความเร็วนั้นลดลงรวดเร็ว เมื่อเป็นมอเตอร์แบบขานาน ดังรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 เส้นแรงแม่เหล็ก และลักษณะคุณสมบัติของมอเตอร์ขานาน และมอเตอร์อนุกรม

มอเตอร์แบบนี้ เกิดแรงบิดที่อาร์เมเจอร์สูงในขณะที่ได้รับโหลดในทันทีทันใด และยังมีความเร็วค่าหนึ่งในขณะที่ไม่มีภาระหรือโหลดนั้นก็คือ แม้ว่าจะไม่มีภาระก็ไม่ทำให้มอเตอร์มีความเร็วสูงเกินไปจนอันตรายได้

ในการนำมอเตอร์ชนิดนี้ไปใช้งานนั้น มักนำไปใช้ในการขับโหลดที่หนักๆ เช่น เครื่องโม่หิน เครื่องตัดเหล็ก เครื่องอัดย่ำ หรือลิฟท์ เป็นต้น เครื่องจักรกลต่างๆ เหล่านี้มักไม่สะดวกในการนำมอเตอร์อนุกรมมาใช้เพราะมอเตอร์อนุกรมนี้ต้องต่อกับโหลดตลอดเวลา

ข้อดีอีกอย่างหนึ่งของมอเตอร์แบบนี้ก็คือสามารถปรับความเร็วของตัวเองให้ลดลงโดยอัตโนมัติ ในขณะที่ได้รับโหลดทันที ในการเพิ่มพลังงานกลสะสมของเครื่องแบบนี้ ทำได้โดยการต่อสายพานเข้าไป ซึ่งจะช่วยให้มีเสถียรภาพในการใช้งานดีขึ้น

## บทที่ 3

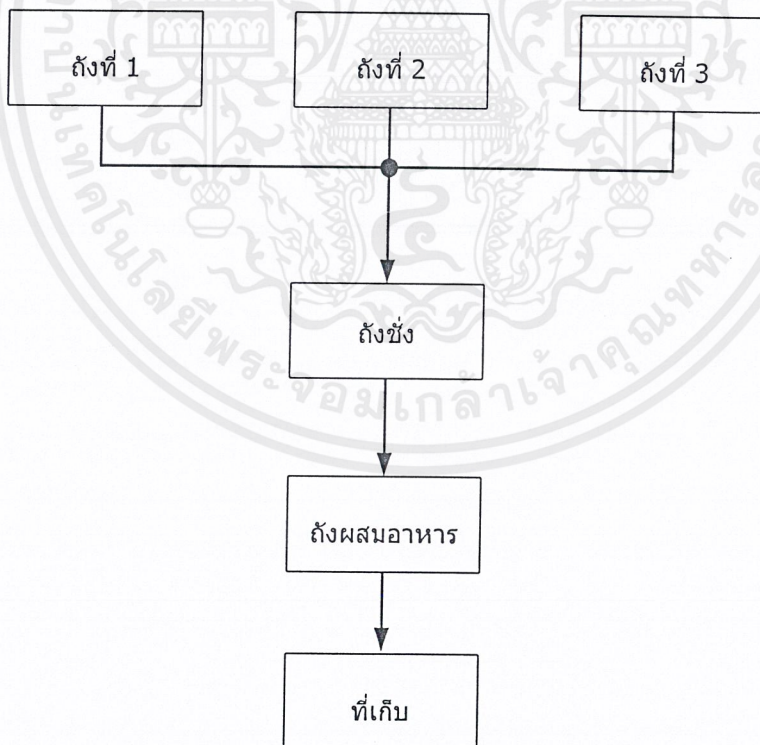
### การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

#### 3.1 กล่าวนำ

ในการออกแบบและสร้างเครื่องชุดสาธิตเรื่องผสมอาหารสัตว์ จะประกอบด้วยโครงสร้างวงจรต่างๆ ได้แก่ วงจรแหล่งจ่ายไฟ วงจรขยายแรงดันจากโพลีเซลล์ วงจรแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นดิจิตอล วงจรขับมอเตอร์ วงจรขับโซลินอยด์วาล์ว วงจรสวิตช์ และวงจรควบคุม

#### 3.2 ขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนการทำงานของโครงการแสดงด้วยแผนผังการทำงานดังนี้

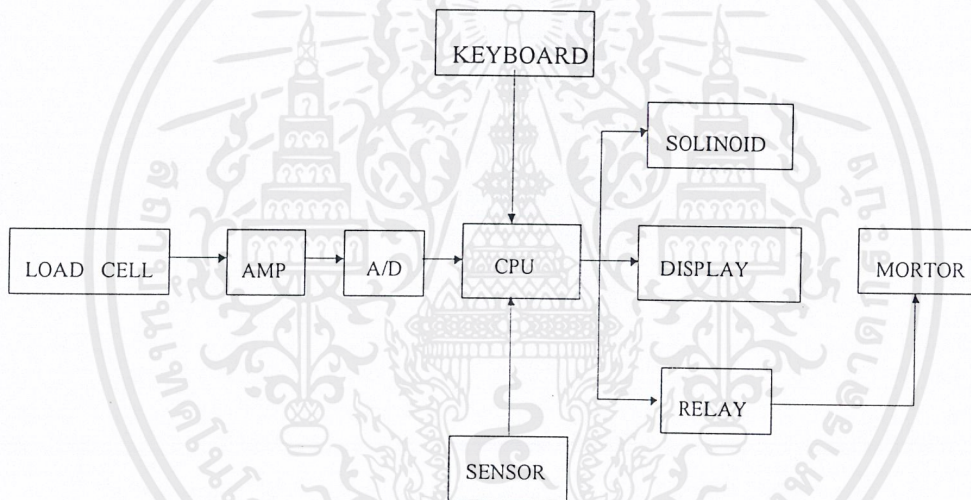


รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.1 การทำงานของแผนผังโครงการงาน

เมื่อเราทำงานสั่งงานเครื่อง อาหารถังที่ 1 จะหล่นมาที่โหลดเซลล์ โหลดเซลล์จะทำการชั่งน้ำหนักตามที่เรากำหนด แล้วกระบอกสูบก็ปล่อยอาหารถังที่ 1 ที่ชั่งแล้วลงไปในถังผสม ถัดมาอาหารถังที่ 2 ก็หล่นมาชั่งที่โหลดเซลล์ โหลดเซลล์ทำการชั่งน้ำหนักตามที่เรากำหนดไว้ เมื่อชั่งได้ตามที่ตั้งไว้ กระบอกสูบก็ทำการปล่อยอาหารถังที่ 2 ลงไปในถังผสม ถัดมาอาหารถังที่ 3 ก็หล่นมาชั่งที่โหลดเซลล์ โหลดเซลล์ทำการชั่งน้ำหนักตามที่เรากำหนดไว้ เมื่อชั่งไว้ตามที่กำหนด กระบอกสูบก็ทำการปล่อยอาหารถังที่ 3 ลงไปในถังผสม แล้วทำการผสมอาหารทั้ง 3 อย่างในถังผสม หลักการทำงานจะเป็นไปอย่างนี้ตลอดแล้วแต่การสั่งงานของผู้สั่ง



รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของวงจรควบคุม

### 3.2.2 การทำงานของแผนผังวงจรควบคุม

เมื่อจ่ายไฟเข้าไปที่โหลดเซลล์ น้ำหนักของโหลดที่วัดได้จากโหลดเซลล์จะอยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งมีค่าน้อยมาก มีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์ ซึ่งจะไม่พอที่จะเข้าวงจรแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอลจึงต้องผ่านวงจรขยายแรงดัน (Instrument Amplifier) เพื่อทำหน้าที่ขยายแรงดัน แล้วจึงจะเข้าไปที่วงจรแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอล เพื่อไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นตัวประมวลผลการทำงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะประมวลผลการสั่งงานมาจากคีย์บอร์ด แล้วจึงจะแสดงผลผ่านทางตัวแสดงผล เช่นเดียวกับเซนเซอร์ที่จะสั่งงานมาให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลและสั่งงานแสดงผล ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นตัวสั่งงานให้โซลินอยด์ทำงานควบคุมการปิด - เปิดของกระบอกสูบ ส่วนทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็จะเป็นตัวควบคุมให้รีเลย์สั่งการทำงานกับมอเตอร์ในการหมุนผสมอาหาร สรุป เราจะเห็นว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวรับและควบคุมการทำงานทั้งหมดของโครงการนี้

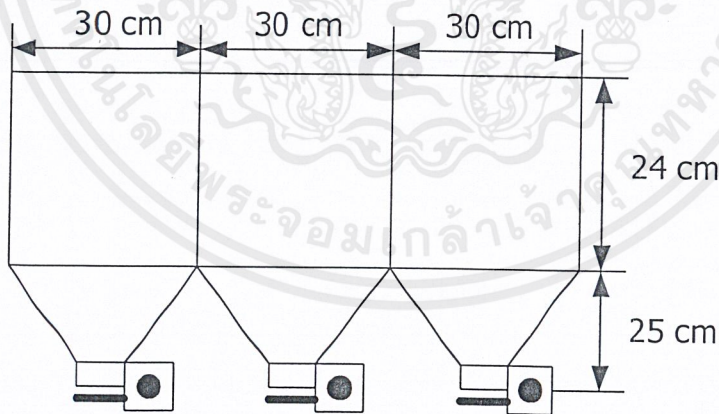
### 3.3 การออกแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์

ในตัวโครงสร้างของเครื่องผสมอาหารสัตว์แบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

- 1) ตัวถังเก็บอาหาร
- 2) ถังชั่งน้ำหนัก
- 3) ตัวถังผสมอาหาร

#### 3.3.1 การออกแบบตัวถังเก็บอาหาร

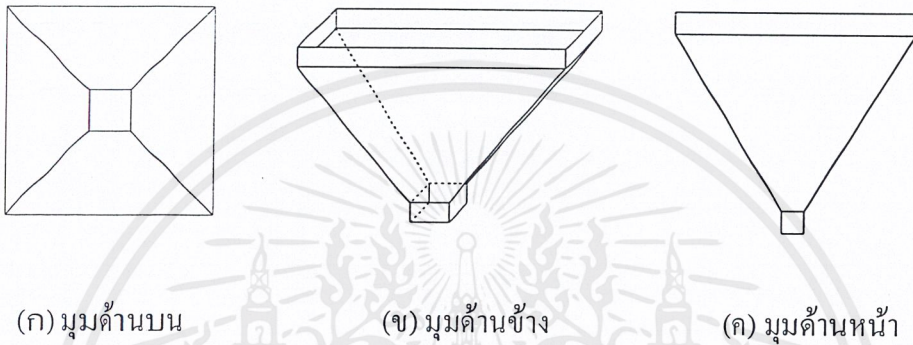
ตัวถังเก็บอาหาร มีอยู่ 3 ถังด้วยกัน ซึ่งแต่ละถังมีขนาดเท่ากันหมด การออกแบบจะคำนึงถึงการลาดเอียงของช่วงล่าง เพื่อให้อาหารไหลลงได้ ดังนั้นจึงทำเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสข้างบนและส่วนข้างล่างรูปร่างจะออกแบบให้คล้ายกรวย เพื่อให้เก็บอาหารได้มากและอาหารสามารถไหลลงมาได้ ส่วนปลายมีลิ้นปิดติดกับกระบอกสูบของแต่ละถัง ในการทำถังจะใช้แผ่นอะคริลิกใสในการทำ ซึ่งสามารถตัดเป็นชิ้นส่วน เพื่อประกอบได้ง่าย แผ่นอะคริลิกมีความใสสามารถมองเห็นอาหารได้ ทำให้สามารถใช้เซนเซอร์แสงในการที่จะทำการวัดระดับของอาหารได้ด้วย



รูปที่ 3.3 โครงสร้างถังเก็บอาหาร

### 3.3.2 การออกแบบถังชั่งน้ำหนัก

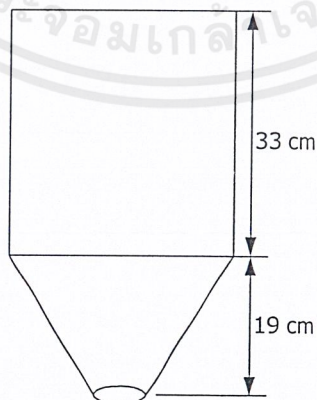
ถังชั่งน้ำหนักนี้ ลักษณะของถังจะเป็นรูปสามเหลี่ยม ตอนปลายจะมีลิ้นติดกับกระบอกสูบ เหมือนกับถังเก็บอาหาร ถังชั่งน้ำหนักทำจากแผ่นอะคริลิกใสเหมือนกับถังเก็บอาหารเช่นกัน แต่การยึดติดกับโครงจะยึดติดเพียงข้างเดียว อีกข้างหนึ่งจะยึด โพลลเชลล์ติดที่ปลายเพื่อรองรับน้ำหนักในการชั่ง



รูปที่ 3.4 โครงสร้างถังชั่งน้ำหนักด้านบนด้านข้างและด้านหน้า

### 3.3.3 การออกแบบถังผสมอาหาร

ตัวถังผสมอาหาร มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ตรงช่วงล่างเป็นกรวย มีลิ้นปิด-เปิด ข้างล่าง ตัวถังผสมอาหารทำจากสแตนเลส โดยยึดติดเข้ากับโครง ด้านบนมีมอเตอร์ติดอยู่กับใบพัด เพื่อทำการผสมอาหาร ใบพัดทำจากเหล็กเชื่อมสับหว่างกัน



รูปที่ 3.5 โครงสร้างตัวถังผสมอาหาร

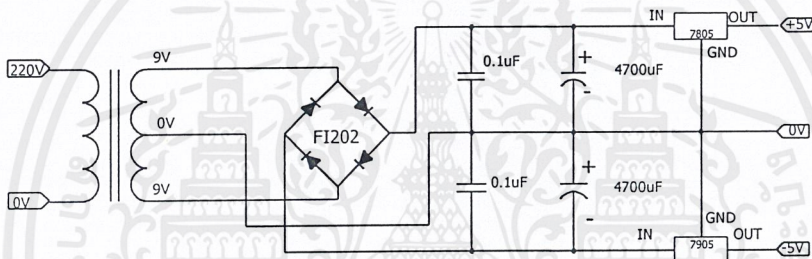
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การทำงานของวงจรต่างๆ

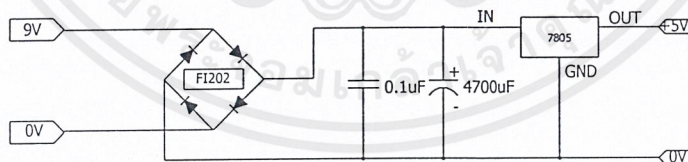
#### 3.4.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

วงจรแหล่งจ่ายไฟ จะทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับทุกวงจร ซึ่งจะมีแหล่งจ่ายไฟ +9 โวลต์, 0 โวลต์, -9 โวลต์, +5 โวลต์ และ +24 โวลต์

รายละเอียดของแหล่งจ่ายไฟประกอบไปด้วยไดโอดบริดจ์ เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟสลับจากหม้อแปลงเป็นแรงดันไฟตรง โดยที่ตัวเก็บประจุทำหน้าที่กรองแรงดันให้เรียบก่อนเข้าไอซีเรกูเรเตอร์ ไอซีเรกูเรเตอร์ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันให้มีค่าคงที่ตามที่ต้องการและตัวเก็บประจุทางด้านขาเอาต์พุทของไอซี ทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวน ก่อนนำไปใช้งาน



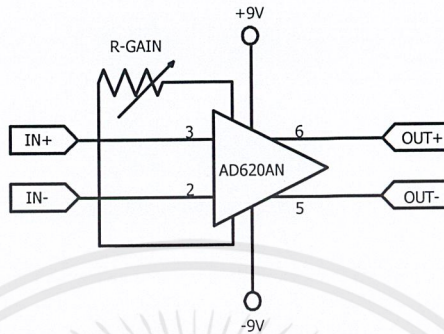
รูปที่ 3.6 วงจรแหล่งจ่ายไฟ +9 โวลต์, 0 โวลต์, -9 โวลต์



รูปที่ 3.7 วงจรแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์, 0 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.2 วงจรขยายแรงดันจากโพลดเซลล์

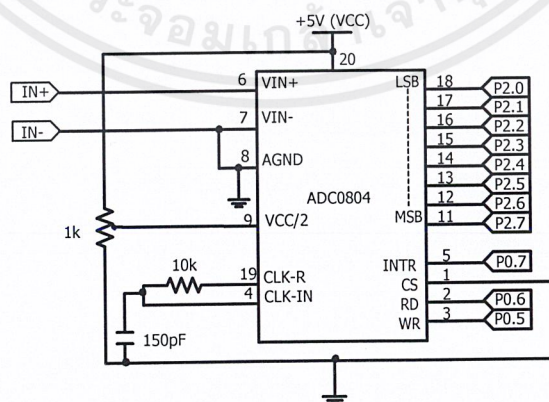


รูปที่ 3.8 วงจรขยายแรงดันจากโพลดเซลล์

เนื่องจากแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากโพลดเซลล์มีแรงดันค่าน้อยเป็นมิลลิโวลต์ จึงต้องมีการขยายแรงดันให้ได้ถึง 5 โวลต์ เพื่อจะเอาสัญญาณ 0 ถึง 5 โวลต์นี้เข้าวงจรแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นดิจิตอล ซึ่งวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลนี้จะต้องมีแรงดัน 5V เพื่อจะทำให้อุปกรณ์แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลนี้ Full scale จึงต้องมีการขยายแรงดัน

รายละเอียดของวงจรขยายแรงดัน ประกอบด้วยไอซีเบอร์ AD620AN ทำหน้าที่ขยายแรงดัน โดยที่มี R-GAIN เป็นตัวปรับอัตราขยาย

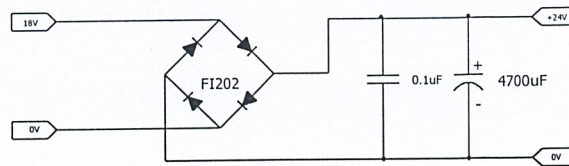
### 3.4.3 วงจรแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นดิจิตอล



รูปที่ 3.9 วงจรแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

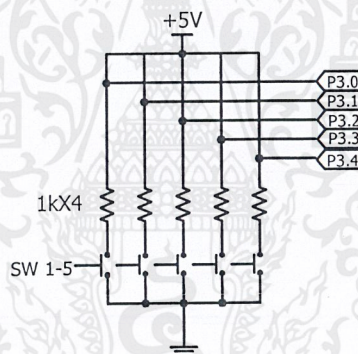
### 3.4.4 วงจรขับมอเตอร์



รูปที่ 3.10 วงจรขับมอเตอร์

วงจรนี้ประกอบด้วยบริดจ์ไดโอด ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟสลับให้เป็นไฟตรง คาปาซิเตอร์ทำหน้าที่กรองแรงดันให้เรียบก่อนที่จะเข้ามอเตอร์

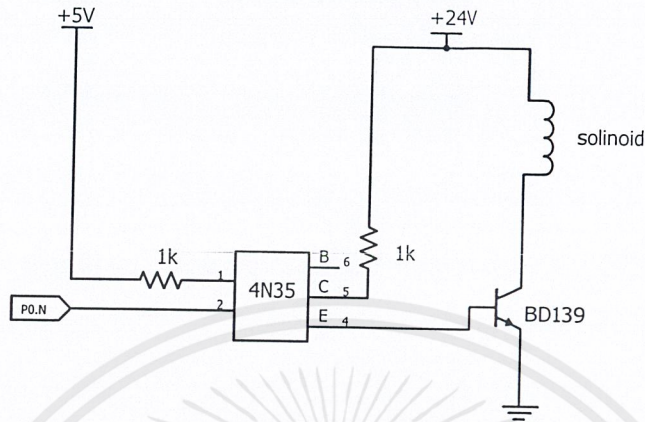
### 3.4.5 วงจรสวิตช์



รูปที่ 3.11 วงจรสวิตช์

วงจรนี้ทำหน้าที่กำหนดปริมาณของวัตถุดิบของแต่ละถังที่จะนำมาผสม และรอบการทำงานของการผสมและเริ่มการทำงาน

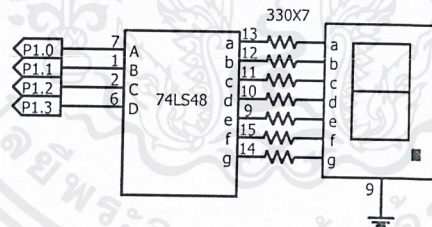
### 3.4.6 วงจรขับโซลินอยด์



รูปที่ 3.12 วงจรขับโซลินอยด์

วงจรนี้ ทำหน้าที่ควบคุมการเปิด-ปิด ของโซลินอยด์ เพื่อจะไปควบคุมการทำงานกระบอกสูบ ที่ทำหน้าที่เป็นตัวปิด-เปิดปากถัง

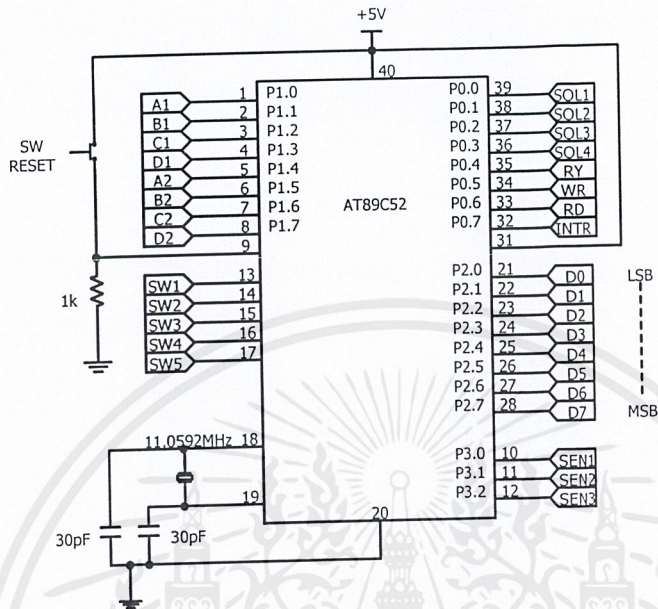
### 3.4.7 วงจรแสดงผล



รูปที่ 3.13 วงจรแสดงผล

วงจรนี้ทำหน้าที่แสดงผลการทำงานของระบบ คือ ปริมาณของวัตถุที่ขังแต่ละครั้ง และ แสดงผลการตั้งค่าปริมาณวัตถุขังของแต่ละถัง และจำนวนรอบของการขัง

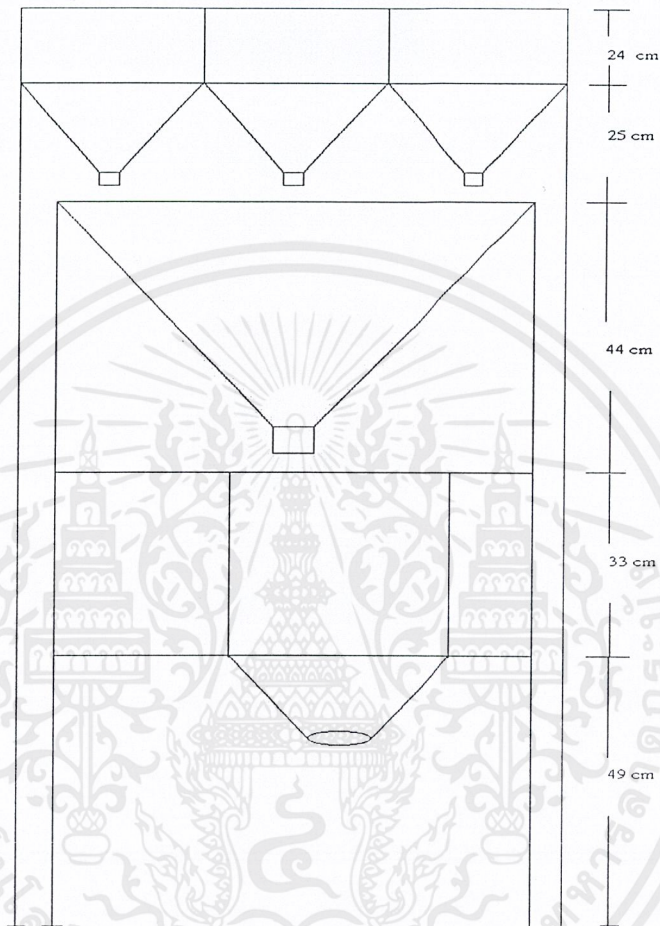
## 3.4.8 วงจรควบคุม



รูปที่ 3.14 วงจรควบคุม

วงจรนี้ทำหน้าที่ควบคุมระบบทั้งหมดโดยใช้โปรแกรม ซึ่งวงจรนี้ทำหน้าที่ควบคุมโซลีนอยด์ วาล์ว ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ ควบคุมการแสดงผล และรับค่าจากการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล รับค่าจากสวิตช์ โดยใช้โปรแกรมทั้งหมด

### 3.5 การสร้างเครื่องต้นแบบชุดสาริตเครื่องผสมอาหารสัตว์



รูปที่ 3.15 โครงสร้างและขนาดของชุดสาริตเครื่องผสมอาหารสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

โครงการนี้ คือ ชุดสาริตเครื่องผสมอาหารสัตว์อัตโนมัติ ซึ่งมีวงจรดังนี้ วงจรแหล่งจ่ายไฟ วงจรขยายแรงดัน วงจรแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นดิจิตอล วงจรขับมอเตอร์ วงจรขับ โซลีนอยด์วาล์ว วงจรสวิทช์ วงจรแสดงผล และวงจรควบคุม วงจรแต่ละส่วนสามารถทำงานแยกกันหรือนำมารวมกันเป็นระบบได้โดยใช้ตัวควบคุม ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุม ในการทดลองจึงทำการแยกกันในการทดลองก่อนและค่อยนำแต่ละวงจรมารวมกันเป็นระบบได้ ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

#### 4.1 การทดลองหาค่าอัตราขยายของโพลีเซลล์

น้ำหนักของโพลีที่วัดได้จากโพลีเซลล์จะอยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งมีค่าน้อยมาก มีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์ ซึ่งจะไม่พอที่จะเข้าวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลจึงต้องผ่านวงจรขยายแรงดัน (Instrument Amplifier) เพื่อทำหน้าที่ขยายแรงดัน

##### 4.1.1 จากการทดลองโพลีเซลล์

เริ่มต้นที่ไม่มีน้ำหนักพบว่า แรงดันเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 11.07 มิลลิโวลต์ เมื่อชั่งน้ำหนักที่ 1.5 กิโลกรัม ในแต่ละถัง แรงดันเอาต์พุตที่ออกมาจากโพลีเซลล์มีค่าไม่เท่ากัน ทำให้ต้องมีการเขียนโปรแกรมควบคุมการเปิดและปิดวาล์วของแต่ละถัง มีลักษณะไม่เหมือนกัน คือลักษณะการอ่านค่าจากวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล จะมีโปรแกรมที่แตกต่างกัน ซึ่งแต่ละถังจะมีแรงดันออกมาดังนี้

ตารางที่ 4.1 การทดลองโพลีเซลล์ที่น้ำหนัก 0 – 1.5 กิโลกรัม

ถังที่	แรงดัน
1	12.77 มิลลิโวลต์
2	13.10 มิลลิโวลต์
3	13.33 มิลลิโวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งแรงดันเอาต์พุตมีค่าน้อยมาก จึงต้องมีการขยายก่อนเข้าวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อก เป็นดิจิทัล ซึ่งเราสามารถใช้วงจรขยายแรงดัน (Instrument Amplifier) ซึ่งมีอัตราขยาย (G) เท่ากับ  $G = 375.0937734$

ตารางที่ 4.2 ค่า Span ของโพลีเซลล์

ถึงที่	แรงดัน
1	0.63765941 โวลต์
2	0.76144036 โวลต์
3	0.847711927 โวลต์

เมื่อเรากำหนดขั้น (Step) ไว้ที่ครั้งละ 1 บิต แรงดันที่เพิ่มขึ้นของแต่ละขั้น (Step) มีดังนี้

ตารางที่ 4.3 ค่าแรงดันของโพลีเซลล์แต่ละขั้น (Step)

ถึงที่	แรงดัน
1	0.0425106276 โวลต์
2	0.0507626906 โวลต์
3	0.0565141284 โวลต์

เพราะฉะนั้น เมื่อรวมแรงดันเริ่มต้นที่ยังไม่มีโพลี เท่ากับ  $( 11.07 \times 375.0537734 ) + ( \text{Step} \times N )$  ซึ่ง N มีค่าตั้งแต่ 0- 15 Step

ตารางที่ 4.4 การคำนวณแรงดันเริ่มต้นที่มีโหลดในระดับต่างๆ

ขั้นละ ( Step )	ถึงที่ 1	ถึงที่ 2	ถึงที่ 3
0 ชีค	4.156862737 โวลต์	4.156862737 โวลต์	4.156862737 โวลต์
1 ชีค	4.199373365 โวลต์	4.207625428 โวลต์	4.213376865 โวลต์
2 ชีค	4.241883992 โวลต์	4.258388118 โวลต์	4.269890994 โวลต์
3 ชีค	4.28439462 โวลต์	4.309150809 โวลต์	4.326405122 โวลต์
4 ชีค	4.326905247 โวลต์	4.359913499 โวลต์	4.382919251 โวลต์
5 ชีค	4.369415875 โวลต์	4.41067619 โวลต์	4.439433379 โวลต์
6 ชีค	4.41926503 โวลต์	4.461430881 โวลต์	4.495947507 โวลต์
7 ชีค	4.45443713 โวลต์	4.512201571 โวลต์	4.552467636 โวลต์
8 ชีค	4.496947758 โวลต์	4.562964262 โวลต์	4.608975764 โวลต์
9 ชีค	4.539458385 โวลต์	4.613726952 โวลต์	4.665489893 โวลต์
10 ชีค	4.581969013 โวลต์	4.664489643 โวลต์	4.722004021 โวลต์
11 ชีค	4.624479641 โวลต์	4.715252334 โวลต์	4.778518149 โวลต์
12 ชีค	4.666990268 โวลต์	4.766015024 โวลต์	4.835032278 โวลต์
13 ชีค	4.709500896 โวลต์	4.816777715 โวลต์	4.891546406 โวลต์
14 ชีค	4.752011523 โวลต์	4.867540405 โวลต์	4.9480605 โวลต์
15 ชีค	4.79452215 โวลต์	4.918303096 โวลต์	5.0000000 โวลต์

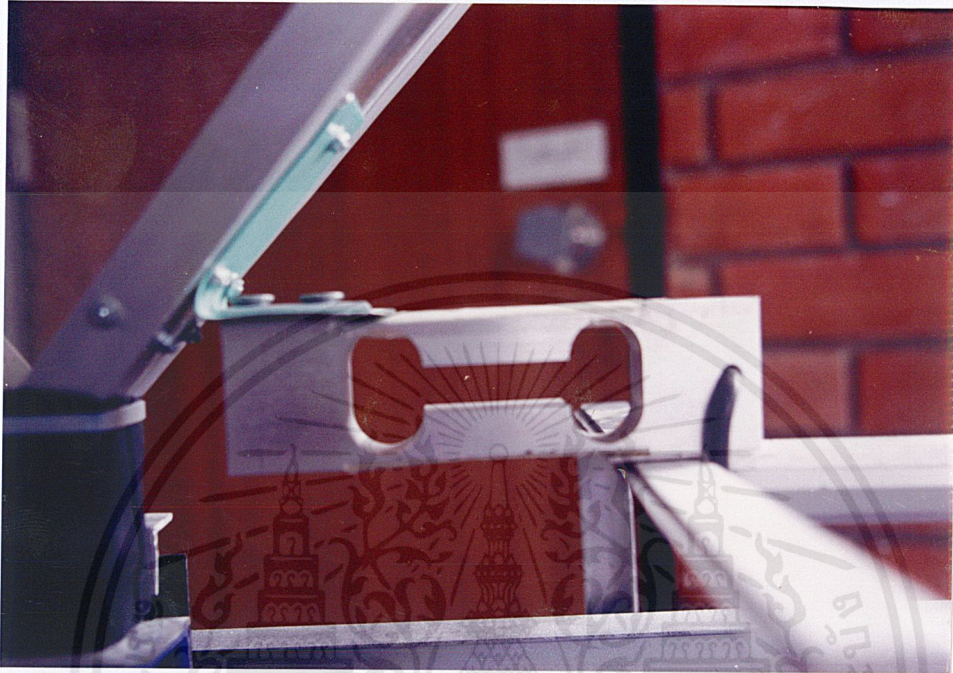
จากการคำนวณ เมื่อเราทำการทดลอง โดยนำวัตต์มัทตามที่กำหนดไว้แต่ละขั้น (Step) มาทำการทดลองได้ผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองแรงดันเริ่มต้นที่มีโหลดในระดับต่างๆ

ขั้นละ( Step )	ถึงที่ 1	ถึงที่ 2	ถึงที่ 3
0 ชีค	4.15 โวลต์	4.16 โวลต์	4.16 โวลต์
1 ชีค	4.19 โวลต์	4.20 โวลต์	4.21 โวลต์
2 ชีค	4.24 โวลต์	4.25 โวลต์	4.26 โวลต์
3 ชีค	4.27 โวลต์	4.30 โวลต์	4.32 โวลต์
4 ชีค	4.33 โวลต์	4.35 โวลต์	4.38 โวลต์
5 ชีค	4.36 โวลต์	4.41 โวลต์	4.43 โวลต์
6 ชีค	4.40 โวลต์	4.46 โวลต์	4.49 โวลต์
7 ชีค	4.44 โวลต์	4.51 โวลต์	4.55 โวลต์
8 ชีค	4.50 โวลต์	4.56 โวลต์	4.60 โวลต์
9 ชีค	4.54 โวลต์	4.61 โวลต์	4.66 โวลต์
10 ชีค	4.58 โวลต์	4.66 โวลต์	4.72 โวลต์
11 ชีค	4.62 โวลต์	4.71 โวลต์	4.78 โวลต์
12 ชีค	4.66 โวลต์	4.76 โวลต์	4.83 โวลต์
13 ชีค	4.71 โวลต์	4.81 โวลต์	4.89 โวลต์
14 ชีค	4.75 โวลต์	4.86 โวลต์	4.95 โวลต์
15 ชีค	4.79 โวลต์	4.91 โวลต์	4.99 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

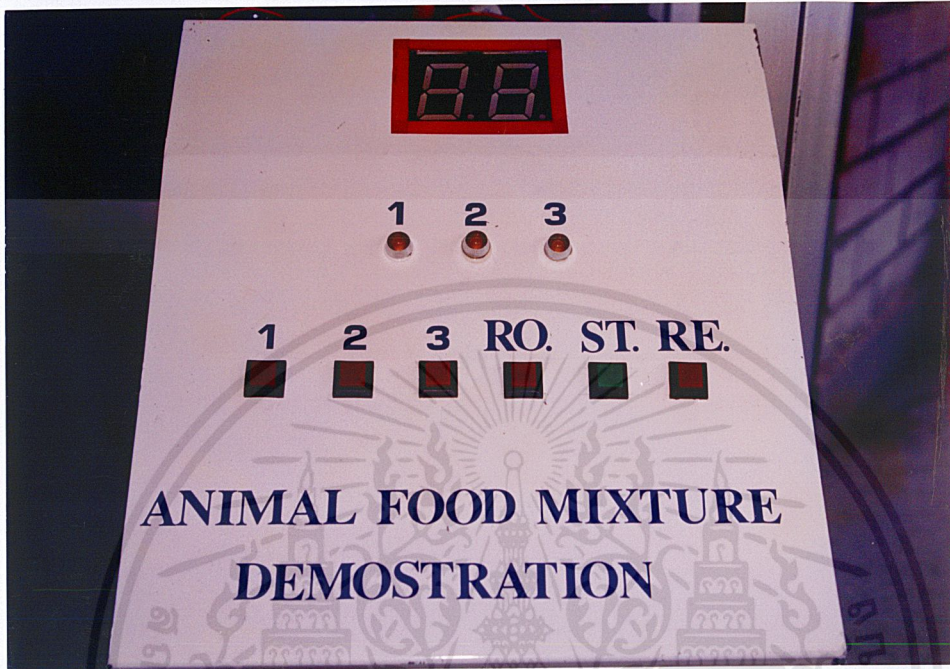
## 4.2 การทดลองโพลีเอสเตอร์



รูปที่ 4.1 การทดลองโพลีเอสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 การทดลองวงจรการแสดงผล



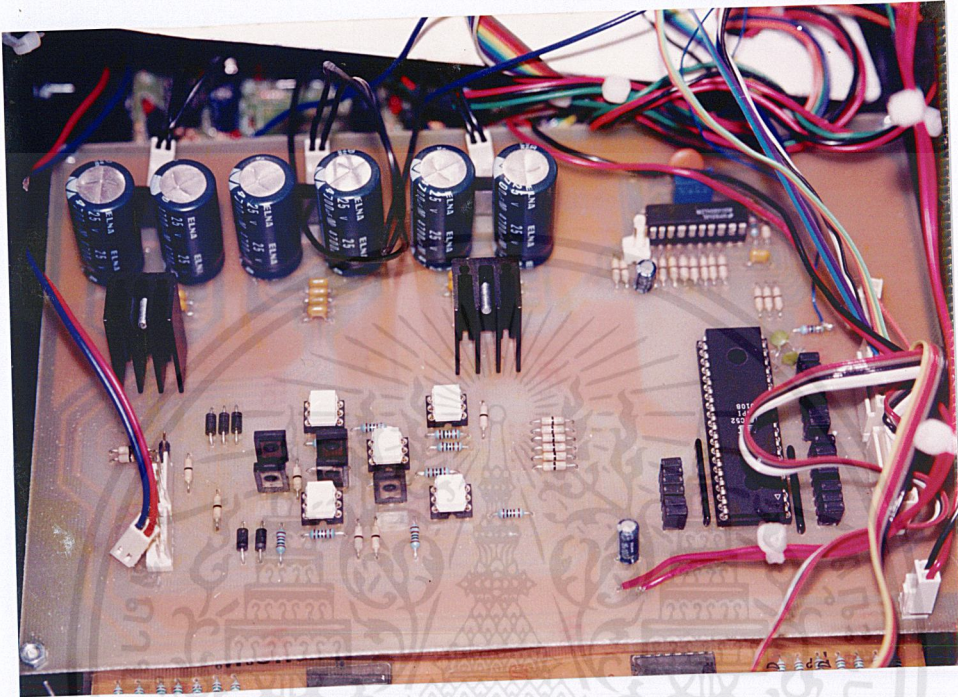
รูปที่ 4.2 วงจรการแสดงผล

#### ผลการทดลอง

หลังจากการทดลองใช้โปรแกรมรับค่าจากสวิตช์และสั่งให้แสดงผลมีการทำงานได้ดี แสดงผลออกมาชัดเจนเป็นที่น่าพอใจมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 การทดลองวงจรจับมอเตอร์

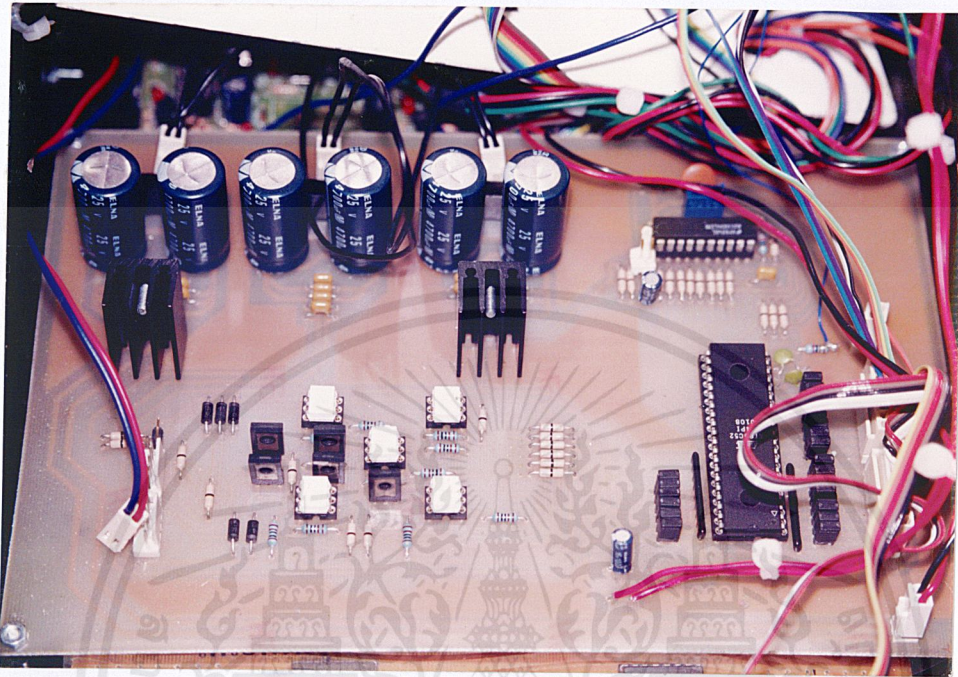


รูปที่ 4.3 วงจรจับมอเตอร์

#### ผลการทดลอง

หลังจากทดลองโดยใช้โปรแกรมในการควบคุมการทำงานของวงจรจับมอเตอร์สามารถทำงานได้ดีบริดจ์ไดโอดไม่ร้อน เมื่อเปิดเป็นเวลานานสามารถรองรับ โหลดที่เป็นมอเตอร์ได้

#### 4.5 การทดลองวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

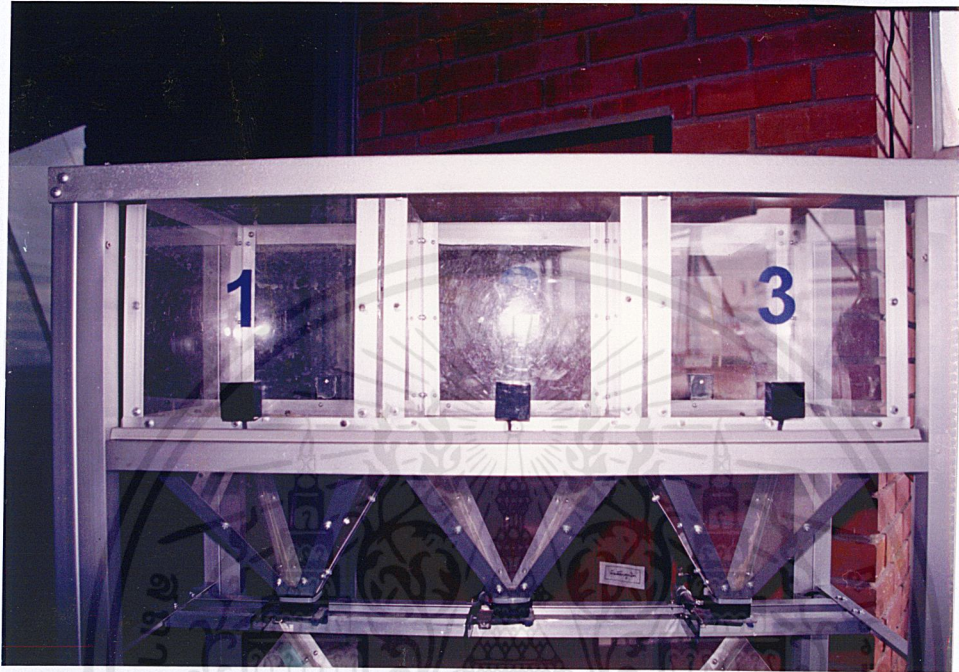


รูปที่ 4.4 รูปวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

##### ผลการทดลอง

ลอจิกเอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล จะแกว่งมากเนื่องจากโหลดเซลล์ไวต่อน้ำหนักที่กระทำต่อตัวโหลดเซลล์และน้ำหนักของแต่ละถังที่ลงมา ถ้ำลงมาที่น้ำหนักเท่ากัน แรงดันเอาต์พุตที่ได้จะไม่เท่ากัน เราจึงต้องเขียน โปรแกรมอ่านค่าของแต่ละถัง เพื่อจะให้ได้การวัดที่เที่ยงตรงที่สุดเท่าที่จะทำได้

#### 4.6 การทดลองเซนเซอร์

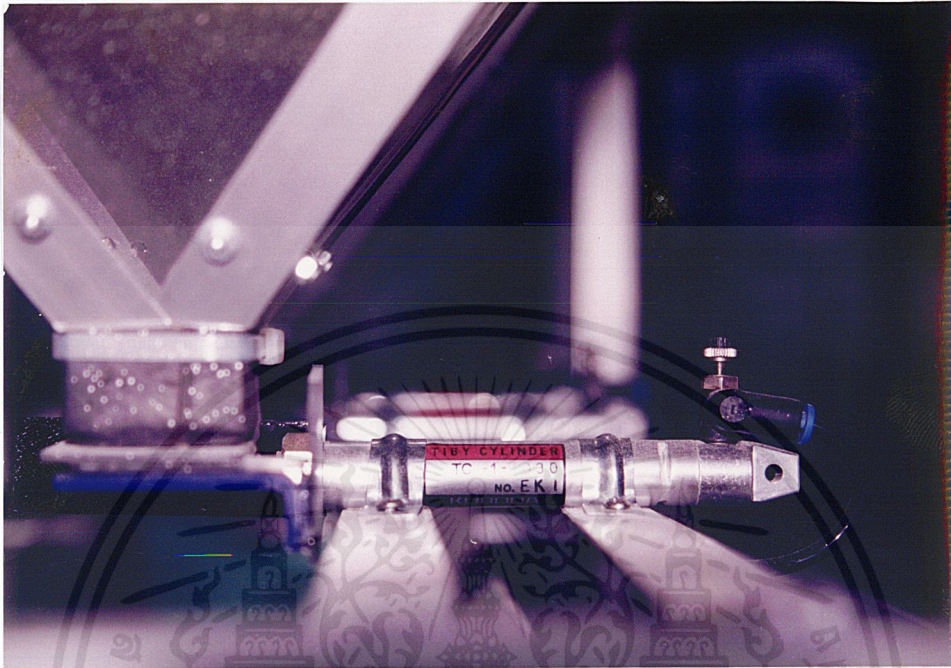


รูปที่ 4.5 ตัวเซนเซอร์

#### ผลการทดลอง

จากการทดลองเซนเซอร์ ในขณะที่ปกติจะมีวัตถุปิดบังตัวเซนเซอร์ เอาต์พุตที่ออกมาจะมีค่า 4.95 โวลต์ เป็นสถานะที่วัตถุปิดเต็มถึง ซึ่งเทียบได้กับลอจิก 1 หรือ LED จะติดในถ้งนั้นๆ และเมื่อวัตถุปิดลดน้อยลงต่ำกว่าระดับของเซนเซอร์ เอาต์พุตที่ออกมาจะมีค่า 0.0015 โวลต์ ซึ่งเทียบได้กับลอจิก 0 หรือ LED จะดับในถ้งนั้น ซึ่งสังเกตได้จาก LED ที่อยู่ในส่วนแสดงผล

#### 4.7 การทดลองกระบอกสูบ

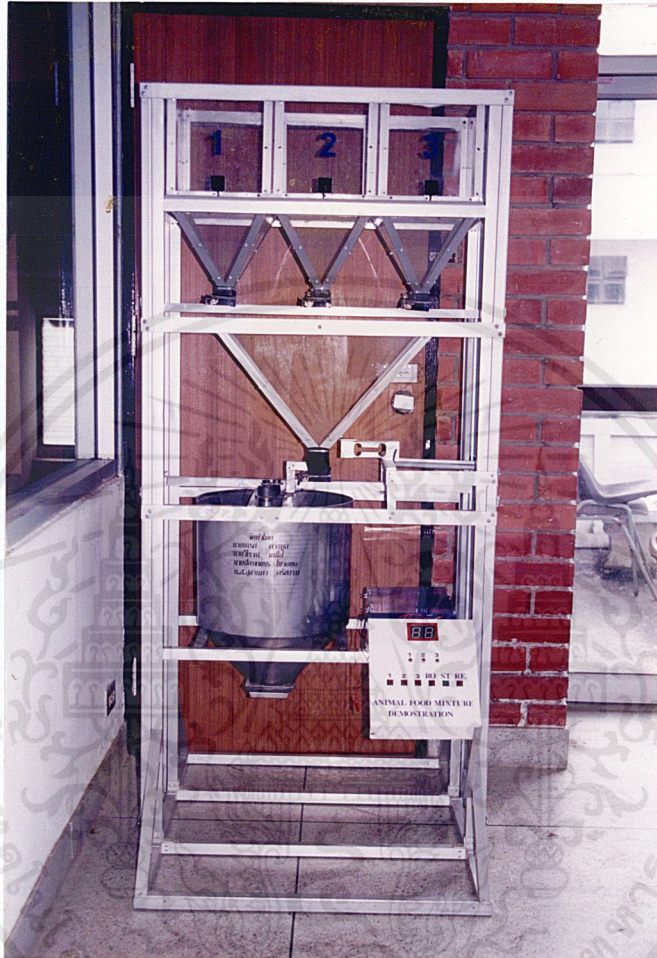


รูปที่ 4.6 กระบอกสูบ

##### ผลการทดลอง

จากการทดลองกระบอกสูบ เมื่อส่งค่าลอจิก 1 ไปยังวงจรขับโซลินอยด์ จะทำให้ โซลินอยด์ยังไม่ทำงาน ซึ่งจะส่งผลให้กระบอกสูบยังไม่ทำงาน และเมื่อส่งค่าลอจิก 0 ไปยังวงจรขับโซลินอยด์ จะทำให้โซลินอยด์ทำงาน ซึ่งจะส่งผลให้กระบอกสูบทำงาน คือ ก้านสูบจะถูกชักออก และ วัตถุคิบจะไหลลงสู่ถังขัง ถ้าต้องการกลับสภาวะก็ต้องป้อนค่าลอจิก 0 ให้กับวงจรขับโซลินอยด์

#### 4.8 รูปสำเร็จชุดสาธิตเครื่องผสมอาหารสัตว์



รูปที่ 4.7 ชุดสาธิตเครื่องผสมอาหารสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา

#### 5.1 บทสรุป

ในการศึกษาวิธีออกแบบและสร้างชุดสาธิตเครื่องผสมอาหารสัตว์อัตโนมัติ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างชุดสาธิตเครื่องผสมอาหารสัตว์อัตโนมัติ ให้มีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้น เมื่อโครงการนี้เสร็จสมบูรณ์ สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องต้นแบบในการสร้างเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่ใช้งานได้จริงในอนาคต

จากการศึกษาและได้ลงมือสร้างโครงการนี้ทำให้รู้และเข้าใจถึงรายละเอียด คุณสมบัติและการทำงานของวงจรตรวจจับอินฟราเรด วงจรแหล่งจ่ายไฟ วงจรจับมอเตอร์ วงจรขับโซลินอยด์ วาล์ว วงจรนิวแมติก หลักการของตัวแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลทรานสดิวเซอร์ ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และสิ่งที่ได้จากการทำโครงการนี้คือได้พบปัญหาต่างๆ ในระหว่างลงมือทำโครงการเมื่อพบปัญหาก็จะต้องหาวิธี ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาและการทำงานรวมกันเป็นกลุ่ม การทำโครงการนี้ ได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งเอาไว้ คือสามารถนำข้อมูลเกี่ยวกับวงจร ต่างๆ มาทำการคำนวณออกแบบและนำค่าที่คำนวณได้มาจัดหาอุปกรณ์ เพื่อนำมาสร้างเป็นวงจรในโครงการนี้ ชี้ความสามารถของโครงการนี้สามารถผสมวัตถุดิบได้ 3 อย่าง สามารถกำหนดปริมาณของส่วนผสมแต่ละถังได้ สามารถแสดงผลของปริมาณวัตถุดิบของแต่ละถังได้โดย 7-Segment สามารถเตือนปริมาณวัตถุแต่ละถัง ก่อนที่จะหมด โดยแสดงผลทางหลอด LED และสามารถควบคุมการทำงานได้โดยอัตโนมัติ

#### 5.2 ปัญหา และแนวทางแก้ไข

##### 5.2.1 ปัญหาในการสร้างโครงเครื่องผสมอาหารสัตว์

1) ปัญหาการสร้างโครงเครื่องผสมอาหารสัตว์ เนื่องจากในการซึ่่งนำหนักของโพลีคาร์บอเนต โครงเครื่องจะสั้นหรือโยกไม่ได้ เพราะโพลีคาร์บอเนตไวต่อการเคลื่อนไหวของโครงมาก

แนวทางแก้ไข ทำการศึกษาเรื่องของโครงสร้างจากวารสาร ทางอินเทอร์เน็ต ตามจากผู้มีประสบการณ์และไปดูโครงเครื่องจริงที่คล้ายโครงเครื่องผสมอาหารเพื่อทำการดัดแปลงมาทำโครงสร้างของเครื่องผสมอาหารสัตว์

2) ปัญหาการติดตั้งโหนดเซลล์ เนื่องจากโหนดเซลล์ไวต่อการสั่นและการโยกของโครงแล้ว ในการติดตั้งโหนดเซลล์ ยังต้องติดตั้งให้ได้จุดศูนย์กลางด้วย กล่าวคือ ต้องทำการติดตั้งให้รองรับน้ำหนักทั้งหมดได้ถูกต้องตามน้ำหนักจริงของวัตถุ

แนวทางแก้ไข ในการติดตั้งโหนดเซลล์จะทำการศึกษาและถามผู้รู้ โดยที่จะยึดโหนดเซลล์ไว้กับโครงข้างที่ไม่ได้ยึดติดกับโครง โดยนำโหนดเซลล์ข้างหนึ่งรองรับกับถังรับอาหารแล้วอีกข้างหนึ่งยึดกับโครงไว้

3) ปัญหาการทดลองโครงงานทำได้ยาก เพราะ โครงงานชิ้นใหญ่เคลื่อนย้ายลำบาก การติดตั้งวงจรและอุปกรณ์ต่างๆภายในโครงทำได้ยาก เพราะต้องติดตั้งให้เหมาะสมและพอดี

แนวทางแก้ไข พยายามทำงานที่ไม่ต้องเคลื่อนย้ายให้เสร็จก่อน และพยายามย้ายโครงงานให้น้อยที่สุด ส่วนการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆก็ศึกษาจากผู้รู้

## 5.2.2 ปัญหาทางด้านการควบคุมการทำงาน

1) ปัญหาอุปกรณ์ที่ใช้ใน การทำโครงงานนี้หาซื้อได้ยาก เพราะอุปกรณ์ที่ใช้ยังเป็นอุปกรณ์ที่ใหม่กับงานอิเล็กทรอนิกส์และไม่ใช่ที่แพร่หลายในท้องตลาด

แนวทางแก้ไข จัดหาอุปกรณ์ตัวอื่นที่มีคุณสมบัติและการทำงาน เหมือนกับอุปกรณ์ตัวนั้นๆ หรือเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ทดแทนอุปกรณ์ตัวนั้นๆ

2) ปัญหาข้อมูลที่ใช้ศึกษาในการทำโครงงานในครั้งนี้หาได้ยาก เพราะข้อมูลที่ใช้เป็นความรู้ใหม่แหล่งข้อมูลมีน้อย

แนวทางแก้ไข ค้นคว้าหาข้อมูลจากระบบอินเทอร์เน็ต (Internet) ตามร้านขายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือตามนิตยสารอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งต้องใช้เวลาในการค้นคว้าพอสมควร

3) ปัญหาความก้าวหน้าของโครงงานมีน้อย เพราะปัญหาที่ได้กล่าวมาในข้างต้น รวมทั้งมีความรู้และความชำนาญในการทำโครงงานน้อยจึงดูเหมือนว่าไม่มีความก้าวหน้าของโครงงาน

แนวทางแก้ไข พยายามศึกษาค้นคว้าให้มากขึ้นกว่าที่ทำอยู่ และต้องเพิ่มเวลาในการเข้ามาทำงานที่ห้องโครงงานให้มากขึ้นกว่าเดิมรวมทั้งเข้าปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

4) ปัญหาการชั่งน้ำหนัก เนื่องจากเมื่อ โหนดเซลล์ซึ่งได้ตามที่กำหนดแล้ว สั่งให้กระบอกสูบปิด จะมีช่วงที่อาหารลอยอยู่บนอากาศทำให้เกิดค่าผิดพลาดได้

แนวทางแก้ไข พยายามทำที่รองรับอาหารและตัวเก็บอาหารให้มีระยะการหล่นของอาหารที่อยู่บนอากาศให้มีระยะทางน้อยลง เพื่อลดค่าผิดพลาดในการชั่งให้น้อยลง

### 5.3 แนวทางการพัฒนา

ในการพัฒนาชุดสาริตเครื่องผสมอาหารสัตว์ ให้มีความสามารถในการทำงานได้ดีขึ้นกว่าเก่าสามารถพัฒนาโครงการได้ ดังนี้

- 1) สามารถพัฒนาโครงการนี้ให้ผสมอาหารได้มากกว่า 3 อย่างได้
- 2) สามารถพัฒนาโครงการนี้นำไปใช้งานจริงได้
- 3) สามารถพัฒนาโครงการนี้ให้แสดงผลโดยใช้ LCD ได้
- 4) สามารถพัฒนาโครงการนี้ให้ผสมอาหารได้ปริมาณที่มากกว่านี้ได้
- 5) สามารถพัฒนาโครงการนี้ให้สามารถควบคุมเวลาในการผสมอาหารได้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



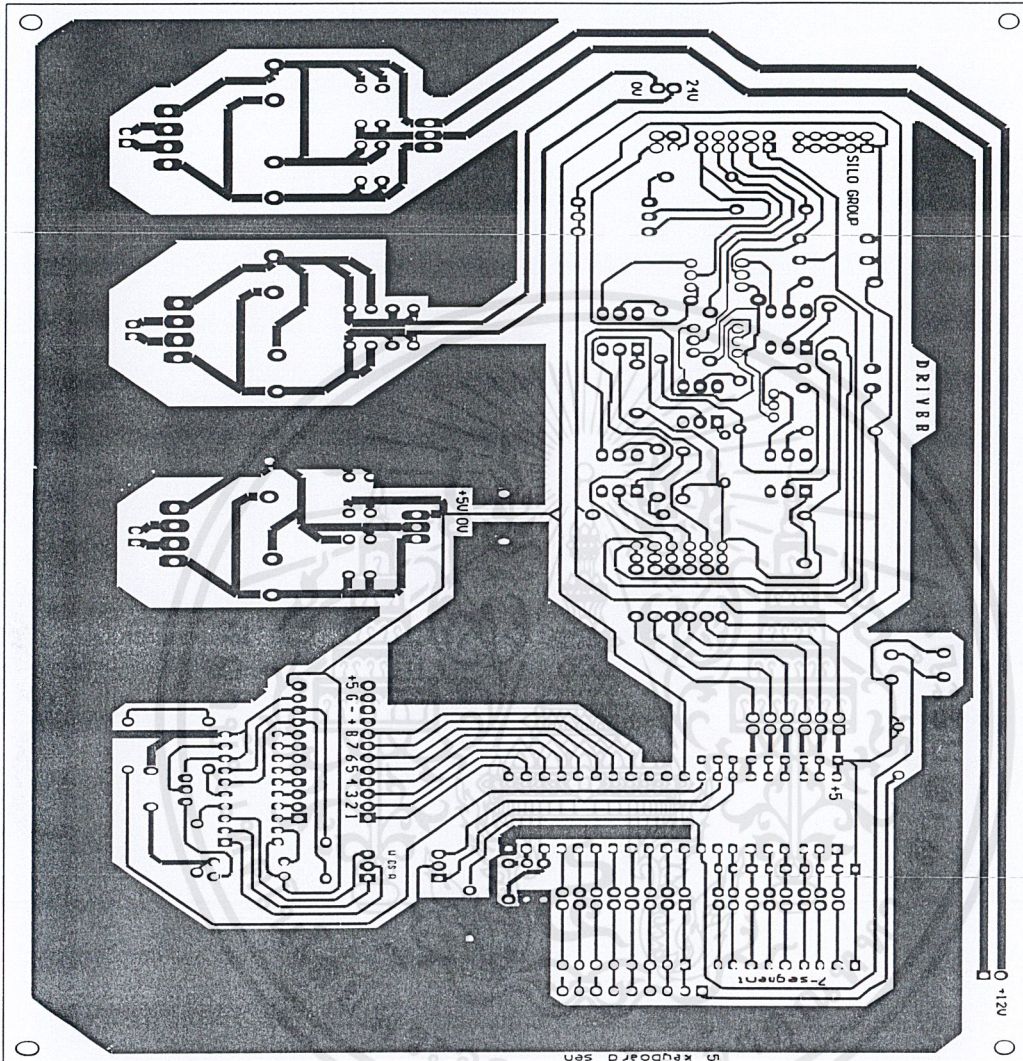


รูปที่ ก.2 รูปสำเร็จของชุดสาริตเครื่องผสมอาหารสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ข.1 แผ่วงจรพิมพ์คือวงจรควบคุม วงจรแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็น  
วงจรแสดงผล วงจรขับ โซลินอยด์ วงจรแหล่งจ่ายไฟ

ดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค

ผังการทำงานและโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;*****
;Port0 is output P0.0 is sol1 P0.1 is sol2 P0.2 is sol3
;P0.3 is sol4 P0.4 is sol5/relay for motor
;P0.5 is RD P0.6 is WR P0.7 is INTR ** ADC0804
;Port1 is display by 7-segment can send by BCD code is 7_segment
;Port2 is input data form adc0804
;Port3 is input data form switch and sensor
;P3.0 is sensor1 P3.1 is sensor2 P3.2 is sensor3
;P3.3 is key tank1 P3.4 is key tank2 P3.5 is key tank3
;P3.6 is key round P3.7 is key start/run
;RESET is emergency switch
;Programming by Wirot Sae-ho
;*****
        ORG 0000H
        LJMP MAIN
MAIN:    ACALL CHESOIL           ;check solinoid
        ACALL SENSOR           ;check sensor1,2,3
        ACALL READ             ;read data form load cell for compair=00 kg
        ACALL FEEDKEY         ;check key for start
KOY:    CJNE R1,#00H,NO1
        SJMP YES1
NO1:    ACALL TANK1            ;call run at tank1
YES1:   CJNE R2,#00H,NO2
        SJMP YES2
NO2:    ACALL TANK2            ;call run at tank2
YES2:   CJNE R3,#00H,NO3
        SJMP YES3
NO3:    ACALL TANK3            ;call run at tank3
YES3:   CJNE R1,#00H,MO1
        CJNE R2,#00H,MO1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

YES3:      CJNE R1,#00H,MO1
           CJNE R2,#00H,MO1
           CJNE R3,#00H,MO1
           SJMP BACK
MO1:       ACALL MOTOR           ;call run motor
           ACALL YN2            ;check round of active
BACK:      SJMP MAIN
;*****
CHESOIL:   MOV A,P0
           ANL A,#1FH
           CJNE A,#1FH,EMER1    ;check solinoid all is not active
           RET
EMER1:     SETB P0.0
           SETB P0.1
           SETB P0.2
           SETB P0.3
           SETB P0.4
           MOV P1,#55H          ;display emergency
           ACALL DELAY
           MOV P1,#0FFH
           ACALL DELAY
           SJMP MAIN
;*****
READ:      MOV R0,#05H
           SETB P0.5           ;STOP RD
           CLR P0.6            ;WR
           DJNZ R0,$
           SETB P0.6           ;STOP WR
           JNB P0.7,$          ;WAIT INTR=0
           JB P0.7,$

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        CLR P0.5                ;START RD
        MOV A,P2                ;STORE DATA
        SETB P0.5              ;STOP RD
        CJNE A,#0D3H,RAD
        MOV P1,#00H
        RET
RAD:      CJNE A,#0D4H,READ
        MOV P1,#00H
        RET
;*****
DELAY:   MOV R5,#07FH
DEL:     MOV R6,#0FFH
        DJNZ R6,$
        DJNZ R5,DEL
        RET
;*****
SENSOR:  MOV A,P3
        ANL A,#07H
        CJNE A,#07H,EMER3      ;check sensor
        RET
EMER3:   MOV P1,#99H           ;display emergency
        ACALL DELAY
        MOV P1,#0FFH
        ACALL DELAY
        LJMP MAIN
;*****
FEEDKEY: MOV PSW,#00H
        MOV 1H,#00H           ;R1 USED FOR STROE DATA TANK1
        MOV 2H,#00H           ;R2 USED FOE STROE DATA TANK2
        MOV 3H,#00H           ;R3 USED FOR STROE DATA TANK3

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV 4H,#00H           ;R4 USED FOR STROE DATA ROUND
KEY:  MOV A,P3         ;CHECK KEY DOWN
      ANL A,#0F8H
      CJNE A,#0F0H,KEY1   ;KEY TANK1
      ACALL DELAY2
      SJMP TJ1
KEY1:  CJNE A,#0E8H,KEY2   ;KEY TANK2
      ACALL DELAY2
      SJMP T2
KEY2:  CJNE A,#0D8H,KEY3   ;KEY TANK3
      ACALL DELAY2
      SJMP T3
KEY3:  CJNE A,#0B8H,KEY4   ;KEY ROUND
      ACALL DELAY2
      SJMP ROUND
KEY4:  CJNE A,#078H,KEY    ;KEY USED FOR RUN/START
      ACALL DELAY2
      SJMP RUN
;*****
DELAY2: ACALL DELAY3
      ACALL DELAY3
      ACALL DELAY3
      RET
;*****
DELAY3:  MOV R5,#0FFH
DEL1:    MOV R6,#0FFH
      DJNZ R6,$
      DJNZ R5,DEL1
      RET
;*****

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TJ1:      ACALL KEYUP
          INC R1
          CJNE R1,#10H,N1
          MOV R1,#00H
N1:       MOV A,R1
          ACALL DISPLAY
          SJMP KEY
```

```
;*****
```

```
T2:       ACALL KEYUP
          INC R2
          CJNE R2,#10H,N2
          MOV R2,#00H
N2:       MOV A,R2
          ACALL DISPLAY
          SJMP KEY
```

```
;*****
```

```
T3:       ACALL KEYUP
          INC R3
          CJNE R3,#10H,N3
          MOV R3,#00H
N3:       MOV A,R3
          ACALL DISPLAY
          SJMP KEY
```

```
;*****
```

```
ROUND:   ACALL KEYUP
          INC R4
          CJNE R4,#0BH,N4
          MOV R4,#00H
N4:       MOV A,R4
          ACALL DISPLAY      ;DISPLAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                SJMP KEY                :JUMP TO CHECK NEXT KEY
;*****
RUN:            ACALL KEYUP            :CHECK KEY UP
                CJNE R4,#00H,TGH
                SJMP KEY
TGH:            RET                    :RETURN TO RUN STEP
;*****
KEYUP:         MOV A,P3
                ANL A,#0F8H
                CJNE A,#0F8H,KEYUP    ;CHECK KEY UP
                RET
;*****
DISPLAY:       CJNE A,#00,HY
HY:            CJNE A,#10H,H0
                MOV A,#00H
H0:            CJNE A,#0AH,H
                MOV A,#10H
H:             CJNE A,#0BH,H1
                MOV A,#11H
H1:            CJNE A,#0CH,H2
                MOV A,#12H
H2:            CJNE A,#0DH,H3
                MOV A,#13H
H3:            CJNE A,#0EH,H4
                MOV A,#14H
H4:            CJNE A,#0FH,H5
                MOV A,#15H
H5:            MOV P1,A
                RET
;*****

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

TANK1:   ACALL READ1           ;READ DATA FORM A/D CONVERTER
          MOV A,P1             ;STORE DATA FORM A/D CONVERTER
          CJNE A,#00H,EMER4    ;CHECK WEIGHT START= 00 KG
          ACALL DELAY1
          CLR P0.0             ;START SOLINOID1
JK:       ACALL READ1           ;READ DATA FORM A/D CONVERTER
          ACALL DELAY
          MOV A,P1
          ACALL IF
          CJNE A,01H,JK        ;COMPARE DATA A AND R1
          ACALL DELAY5
          SETB P0.0            ;STOP SOLINOID1
          ACALL DELAY1
          CLR P0.3             ;SOLINOID4 ACTIVE
CH1:     ACALL READ1           ;READ DATA FORM A/D CONVERTER
          ACALL DELAY
          MOV A,P1             ;STORE DATA FORM LOADCELL
          CJNE A,#00H,CH1     ;CHECK NO LOAD AT LOADCELL
          ACALL DELAY1
          ACALL DELAY1
          SETB P0.3            ;SOLINOID4 NOT ACTIVE
          ACALL DELAY1
          RET
EMER4:   MOV P1,#99H
          ACALL DELAY
          MOV P1,#0FFH
          ACALL DELAY
          SJMP TANK1
;*****
TANK2:   ACALL READ2           ;READ DATA FORM A/D CONVERTER

```

```

MOV A,P1                ;STORE DATA FORM A/D CONVERTER
CJNE A,#00H,EMER5      ;CHECK WIGHT START= 00 KG
ACALL DELAY1
CLR P0.1
JK1: ACALL READ2        ;READ DATA FORM A/D CONVERTER
ACALL DELAY
MOV A,P1                ;STORE DATA TO A
ACALL IF
CJNE A,02H,JK1         ;COMPARE DATA A AND R2
ACALL DELAY5
SETB P0.1
ACALL DELAY1
CLR P0.3                ;SOLINOID4 ACTIVE
CH2: ACALL READ2        ;READ DATA FORM A/D CONVERTER
ACALL DELAY
MOV A,P1                ;STORE DATA FORM LOADCELL
CJNE A,#00H,CH2       ;CHECK NO LOAD AT LOADCELL
ACALL DELAY1
ACALL DELAY1
SETB P0.3              ;SOLINOID4 NOT ACTIVE
ACALL DELAY1
RET
EMER5: MOV P1,#99H
ACALL DELAY
MOV P1,#0FFH
ACALL DELAY
SJMP TANK2
;*****
TANK3: ACALL READ3      ;READ DATA FORM A/D CONVERTER
MOV A,P1                ;STORE DATA FORM A/D CONVERTER

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                CJNE A,#00H,EMER6          ;CHECK WIGHT START= 00 KG
                ACALL DELAY1
                CLR P0.2                    ;STOP SOLINOID3
JK2:            ACALL READ3                ;READ DATA FORM A/D CONVERTER
                ACALL DELAY
                MOV A,P1                    ;STORE DATA TO A
                ACALL IF
                CJNE A,3H,JK2              ;COMPARE DATA A AND R3
                ACALL DELAY5
                SETB P0.2                  ;STOP SOLINOID3
                ACALL DELAY1
                CLR P0.3                    ;SOLINOID4 ACTIVE
CH3:            ACALL READ3                ;READ DATA FORM A/D CONVERTER
                ACALL DELAY
                MOV A,P1                    ;STORE DATA FORM LOADCELL
                CJNE A,#00H,CH3            ;CHECK NO LOAD AT LOADCELL
                ACALL DELAY1
                ACALL DELAY1
                SETB P0.3                  ;SOLINOID4 NOT ACTIVE
                ACALL DELAY1
                RET
EMER6:         MOV P1,#99H
                ACALL DELAY
                MOV P1,#0FFH
                ACALL DELAY
                SJMP TANK3
;*****
MOTOR:         ACALL DELAY1
                CLR P0.4
                ACALL DELAY1

```

```

ACALL DELAY1
ACALL DELAY1
ACALL DELAY1
ACALL DELAY1
ACALL DELAY1
ACALL DELAY1
ACALL DELAY1
ACALL DELAY1
ACALL DELAY1
ACALL DELAY1
SETB P0.4
ACALL DELAY1
ACALL DELAY1
ACALL DELAY1
RET
;*****
DELAY1:  MOV R0,#04H
DY:      ACALL DELAY
        ACALL DELAY
        ACALL DELAY
        ACALL DELAY
        DJNZ R0,DY
        RET
;*****
DELAY5:  MOV R5,#08H
        DJNZ R5,$
        RET
;*****
YN2:    DJNZ R4,KO          ;CHECK ROUND =00
        RET
KO:     LJMP KOY

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

,*****
IF:      CJNE A,#10H,Y1
         MOV A,#0AH
Y1:      CJNE A,#11H,Y2
         MOV A,#0BH
Y2:      CJNE A,#12H,Y3
         MOV A,#0CH
Y3:      CJNE A,#13H,Y4
         MOV A,#0DH
Y4:      CJNE A,#14H,Y5
         MOV A,#0EH
Y5:      CJNE A,#15H,Y6
         MOV A,#0FH
Y6:      RET
,*****
READ1:   MOV R0,#05H
         SETB P0.5           ;STOP RD
         CLR P0.6           ;WR
         DJNZ R0,$
         SETB P0.6         ;STOP WR
         JNB P0.7,$        ;WAIT INTR=0
         JB P0.7,$
         CLR P0.5         ;RD
         MOV A,P2         ;STORE DATA TO B
         SETB P0.5         ;STOP RD
         CJNE A,#0D3H,LOP
         MOV P1,#00H
         RET
LOP:     CJNE A,#0D4H,LO3
         MOV P1,#00H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

      RET
LO3:   CJNE A,#0D6H,LO6
      MOV P1,#01H
      RET
LO6:   CJNE A,#0D8H,LO9
      MOV P1,#02H
      RET
LO9:   CJNE A,#0DAH,LO13
      MOV P1,#03H
      RET
LO13:  CJNE A,#0DCH,LO16
      MOV P1,#04H
      RET
LO16:  CJNE A,#0DEH,LO19
      MOV P1,#05H
      RET
LO19:  CJNE A,#0E0H,LO21
      MOV P1,#06H
      RET
LO21:  CJNE A,#0E2H,LO26
      MOV P1,#07H
      RET
LO26:  CJNE A,#0E4H,LO29
      MOV P1,#08H
      RET
LO29:  CJNE A,#0E6H,LO33
      MOV P1,#09H
      RET
LO33:  CJNE A,#0E8H,LO36
      MOV P1,#10H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

RET
LO36:  CJNE A,#0EAH,LO39
      MOV P1,#11H
      RET
LO39:  CJNE A,#0ECH,LO43
      MOV P1,#12H
      RET
LO43:  CJNE A,#0EEH,LO46
      MOV P1,#13H
      RET
LO46:  CJNE A,#0F0H,LO49
      MOV P1,#14H
      RET
LO49:  CJNE A,#0F3H,LO50
      MOV P1,#15H
      RET
LO50:  RET
;*****
READ2: MOV R0,#05H
      SETB P0.5           ;STOP RD
      CLR P0.6           ;WR
      DJNZ R0,S
      SETB P0.6           ;STOP WR
      JNB P0.7,S         ;WAIT INTR=0
      JB P0.7,S
      CLR P0.5           ;RD
      MOV A,P2           ;STORE DATA TO B
      SETB P0.5         ;STOP RD
      CJNE A,#0D3H,LOT
      MOV P1,#00H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

      RET
LOT:   CJNE A,#0D4H,LO32
      MOV P1,#00H
      RET
LO32:  CJNE A,#0D6H,LO62
      MOV P1,#01H
      RET
LO62:  CJNE A,#0D8H,LO92
      MOV P1,#02H
      RET
LO92:  CJNE A,#0DBH,LO132
      MOV P1,#03H
      RET
LO132: CJNE A,#0DDH,LO162
      MOV P1,#04H
      RET
LO162: CJNE A,#0E0H,LO192
      MOV P1,#05H
      RET
LO192: CJNE A,#0E2H,LO212
      MOV P1,#06H
      RET
LO212: CJNE A,#0E4H,LO262
      MOV P1,#07H
      RET
LO262: CJNE A,#0E7H,LO292
      MOV P1,#08H
      RET
LO292: CJNE A,#0E9H,LO332
      MOV P1,#09H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                RET
LO332:          CJNE A,#0ECH,LO362

                MOV P1,#10H

                RET
LO362:          CJNE A,#0EEH,LO392

                MOV P1,#11H

                RET
LO392:          CJNE A,#0F0H,LO432

                MOV P1,#12H

                RET
LO432:          CJNE A,#0F3H,LO462

                MOV P1,#13H

                RET
LO462:          CJNE A,#0F5H,LO492

                MOV P1,#14H

                RET
LO492:          CJNE A,#0F8H,LO502

                MOV P1,#15H

                RET
LO502:          RET
;*****
READ3:          MOV R0,#05H

                SETB P0.5                ;STOP RD

                CLR P0.6                ;WR

                DJNZ R0,$

                SETB P0.6                ;STOP WR

                JNB P0.7,$              ;WAIT INTR=0

                JB P0.7,$                ;WAIT FOR STORE DATA

                CLR P0.5                ;RD

                MOV A,P2                ;STORE DATA TO B

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SETB P0.5                ;STOP RD
CJNE A,#0D3H,LOY
MOV P1,#00H
RET
LOY: CJNE A,#0D4H,LO31
MOV P1,#00H
RET
LO31: CJNE A,#0D6H,LO61
MOV P1,#01H
RET
LO61: CJNE A,#0D9H,LO91
MOV P1,#02H
RET
LO91: CJNE A,#0DCH,LO131
MOV P1,#03H
RET
LO131: CJNE A,#0DFH,LO161
MOV P1,#04H
RET
LO161: CJNE A,#0E2H,LO191
MOV P1,#05H
RET
LO191: CJNE A,#0E5H,LO211
MOV P1,#06H
RET
LO211: CJNE A,#0E8H,LO261
MOV P1,#07H
RET
LO261: CJNE A,#0EBH,LO291
MOV P1,#08H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                RET
LO291:         CJNE A,#0EEH,LO331
                MOV P1,#09H
                RET
LO331:         CJNE A,#0F0H,LO361
                MOV P1,#10H
                RET
LO361:         CJNE A,#0F3H,LO391
                MOV P1,#11H
                RET
LO391:         CJNE A,#0F5H,LO431
                MOV P1,#12H
                RET
LO431:         CJNE A,#0F9H,LO461
                MOV P1,#13H
                RET
LO461:         CJNE A,#0FCH,LO491
                MOV P1,#14H
                RET
LO491:         CJNE A,#0FFH,LO501
                MOV P1,#15H
                RET
LO501:         RET
;*****
                END

```

### รูปที่ ค.1 โปรแกรมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก  
อุปกรณ์และรายละเอียดของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805 8-Bit $\mu$ P Compatible A/D Converters

### General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804 and ADC0805 are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters that use a differential potentiometric ladder—similar to the 256R products. These converters are designed to allow operation with the NSC800 and INS8080A derivative control bus with TRI-STATE<sup>®</sup> output latches directly driving the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

Differential analog voltage inputs allow increasing the common-mode rejection and offsetting the analog zero input voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

### Features

- Compatible with 8080  $\mu$ P derivatives—no interfacing logic needed - access time - 135 ns
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"

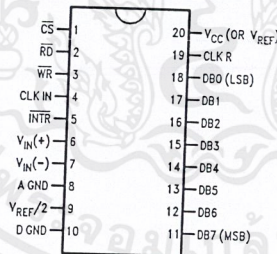
- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V (LM336) voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP package
- 20-pin molded chip carrier or small outline package
- Operates ratiometrically or with 5 V<sub>DC</sub>, 2.5 V<sub>DC</sub>, or analog span adjusted voltage reference

### Key Specifications

- Resolution 8 bits
- Total error  $\pm 1/4$  LSB,  $\pm 1/2$  LSB and  $\pm 1$  LSB
- Conversion time 100  $\mu$ s

### Connection Diagram

ADC080X  
Dual-In-Line and Small Outline (SO) Packages



See Ordering Information

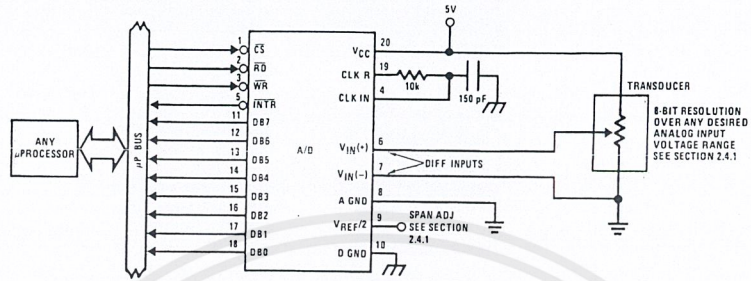
### Ordering Information

TEMP RANGE		0°C TO 70°C	0°C TO 70°C	-40°C TO +85°C
ERROR	$\pm 1/4$ Bit Adjusted			ADC0801LCN
	$\pm 1/2$ Bit Unadjusted	ADC0802LCWM		ADC0802LCN
	$\pm 1/2$ Bit Adjusted			ADC0803LCN
	$\pm 1$ Bit Unadjusted	ADC0804LCWM	ADC0804LCN	ADC0805LCN/ADC0804LCJ
PACKAGE OUTLINE		M20B—Small Outline	N20A—Molded DIP	

TRI-STATE<sup>®</sup> is a registered trademark of National Semiconductor Corp.  
Z-80<sup>®</sup> is a registered trademark of Zilog Corp.

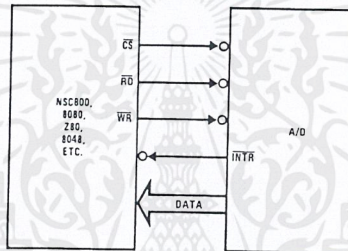
ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805

Typical Applications



DS005671-1

8080 Interface



DS005671-31

Error Specification (Includes Full-Scale, Zero Error, and Non-Linearity)

Part Number	Full-Scale Adjusted	V <sub>REF/2</sub> =2.500 V <sub>DC</sub> (No Adjustments)	V <sub>REF/2</sub> =No Connection (No Adjustments)
ADC0801	±¼ LSB		
ADC0802		±½ LSB	
ADC0803	±½ LSB		
ADC0804		±1 LSB	
ADC0805			±1 LSB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Absolute Maximum Ratings** (Notes 1, 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage ( $V_{CC}$ ) (Note 3)	6.5V
Logic Control Inputs	-0.3V to +18V
At Other Input and Outputs	-0.3V to ( $V_{CC}+0.3V$ )
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Surface Mount Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C

Infrared (15 seconds)	220°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at $T_A=25^\circ\text{C}$	875 mW
ESD Susceptibility (Note 10)	800V

**Operating Ratings** (Notes 1, 2)

Temperature Range	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
ADC0804LCJ	-40°C $\leq T_A \leq$ +85°C
ADC0801/02/03/05LCN	-40°C $\leq T_A \leq$ +85°C
ADC0804LCN	0°C $\leq T_A \leq$ +70°C
ADC0802/04LCWM	0°C $\leq T_A \leq$ +70°C
Range of $V_{CC}$	4.5 $V_{DC}$ to 6.3 $V_{DC}$

**Electrical Characteristics**

The following specifications apply for  $V_{CC}=5 V_{DC}$ ,  $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$  and  $f_{CLK}=640$  kHz unless otherwise specified.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ADC0801: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			$\pm 1/4$	LSB
ADC0802: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2=2,500 V_{DC}$			$\pm 1/2$	LSB
ADC0803: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			$\pm 1/2$	LSB
ADC0804: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2=2,500 V_{DC}$			$\pm 1$	LSB
ADC0805: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2$ -No Connection			$\pm 1$	LSB
$V_{REF}/2$ Input Resistance (Pin 9)	ADC0801/02/03/05	2.5	8.0		k $\Omega$
	ADC0804 (Note 9)	0.75	1.1		k $\Omega$
Analog Input Voltage Range	(Note 4) $V(+)$ or $V(-)$	Gnd-0.05		$V_{CC}+0.05$	$V_{DC}$
DC Common-Mode Error	Over Analog Input Voltage Range		$\pm 1/16$	$\pm 1/8$	LSB
Power Supply Sensitivity	$V_{CC}=5 V_{DC} \pm 10\%$ Over Allowed $V_{IN}(+)$ and $V_{IN}(-)$ Voltage Range (Note 4)		$\pm 1/16$	$\pm 1/8$	LSB

**AC Electrical Characteristics**

The following specifications apply for  $V_{CC}=5 V_{DC}$  and  $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$  unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$T_C$	Conversion Time	$f_{CLK}=640$ kHz (Note 6)	103		114	$\mu\text{s}$
$T_C$	Conversion Time	(Notes 5, 6)	66		73	$1/f_{CLK}$
$f_{CLK}$	Clock Frequency	$V_{CC}=5V$ , (Note 5)	100	640	1460	kHz
	Clock Duty Cycle		40		60	%
CR	Conversion Rate in Free-Running Mode	$\overline{INTR}$ tied to $\overline{WR}$ with $\overline{CS}=0 V_{DC}$ , $f_{CLK}=640$ kHz	8770		9708	conv/s
$t_{W(WR)IL}$	Width of $\overline{WR}$ Input (Start Pulse Width)	$\overline{CS}=0 V_{DC}$ (Note 7)	100			ns
$t_{ACC}$	Access Time (Delay from Falling Edge of $\overline{RD}$ to Output Data Valid)	$C_L=100$ pF		135	200	ns
$t_{1H}$ , $t_{0H}$	TRI-STATE Control (Delay from Rising Edge of $\overline{RD}$ to Hi-Z State)	$C_L=10$ pF, $R_L=10k$ (See TRI-STATE Test Circuits)		125	200	ns
$t_{WI}$ , $t_{RI}$	Delay from Falling Edge of $\overline{WR}$ or $\overline{RD}$ to Reset of $\overline{INTR}$			300	450	ns
$C_{IN}$	Input Capacitance of Logic Control Inputs			5	7.5	pF

### AC Electrical Characteristics (Continued)

**Note 7:** The  $\overline{CS}$  input is assumed to bracket the  $\overline{WR}$  strobe input and therefore timing is dependent on the  $\overline{WR}$  pulse width. An arbitrarily wide pulse width will hold the converter in a reset mode and the start of conversion is initiated by the low to high transition of the  $\overline{WR}$  pulse (see timing diagrams).

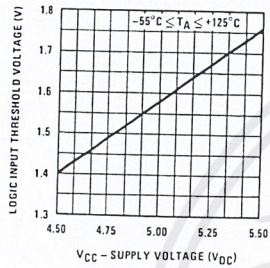
**Note 8:** None of these A/Ds requires a zero adjust (see section 2.5.1). To obtain zero code at other analog input voltages see section 2.5 and Figure 7.

**Note 9:** The  $V_{REF/2}$  pin is the center point of a two-resistor divider connected from  $V_{CC}$  to ground. In all versions of the ADC0801, ADC0802, ADC0803 and ADC0805, and in the ADC0804LCJ, each resistor is typically 16 k $\Omega$ . In all versions of the ADC0804 except the ADC0804LCJ, each resistor is typically 2.2 k $\Omega$ .

**Note 10:** Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k $\Omega$  resistor.

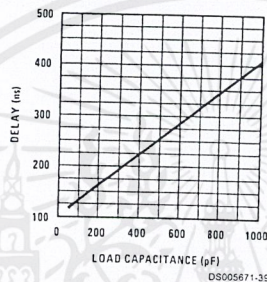
### Typical Performance Characteristics

Logic Input Threshold Voltage vs. Supply Voltage



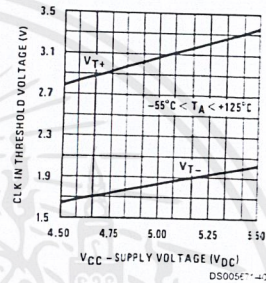
DS005671-38

Delay From Falling Edge of RD to Output Data Valid vs. Load Capacitance



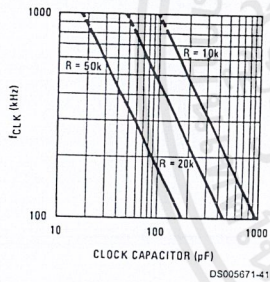
DS005671-39

CLK IN Schmitt Trip Levels vs. Supply Voltage



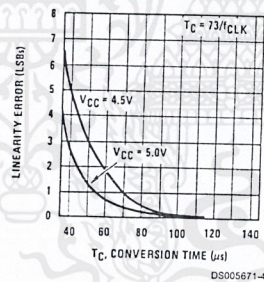
DS005671-40

fCLK vs. Clock Capacitor



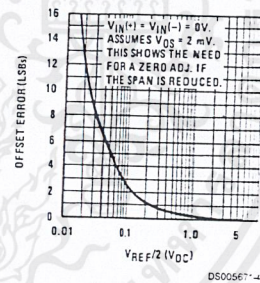
DS005671-41

Full-Scale Error vs Conversion Time



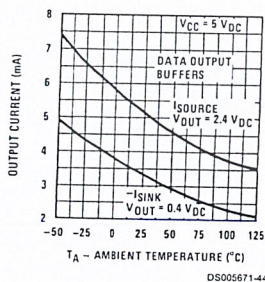
DS005671-42

Effect of Unadjusted Offset Error vs. VREF/2 Voltage



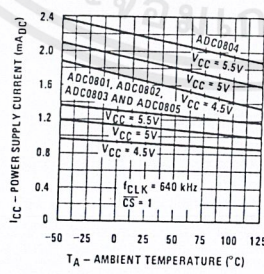
DS005671-43

Output Current vs Temperature



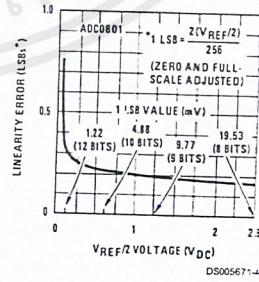
DS005671-44

Power Supply Current vs Temperature (Note 9)



DS005671-45

Linearity Error at Low VREF/2 Voltages



DS005671-46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### AC Electrical Characteristics (Continued)

The following specifications apply for  $V_{CC}=5 V_{DC}$  and  $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$  unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$C_{OUT}$	TRI-STATE Output Capacitance (Data Buffers)			5	7.5	pF
<b>CONTROL INPUTS</b> [Note: CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately]						
$V_{IN}(1)$	Logical "1" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC}=5.25 V_{DC}$	2.0		15	$V_{DC}$
$V_{IN}(0)$	Logical "0" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC}=4.75 V_{DC}$			0.8	$V_{DC}$
$I_{IN}(1)$	Logical "1" Input Current (All Inputs)	$V_{IN}=5 V_{DC}$		0.005	1	$\mu A_{DC}$
$I_{IN}(0)$	Logical "0" Input Current (All Inputs)	$V_{IN}=0 V_{DC}$	-1	-0.005		$\mu A_{DC}$
<b>CLOCK IN AND CLOCK R</b>						
$V_{T+}$	CLK IN (Pin 4) Positive Going Threshold Voltage		2.7	3.1	3.5	$V_{DC}$
$V_{T-}$	CLK IN (Pin 4) Negative Going Threshold Voltage		1.5	1.8	2.1	$V_{DC}$
$V_H$	CLK IN (Pin 4) Hysteresis ( $V_{T+}$ )-(V <sub>T-</sub> )		0.6	1.3	2.0	$V_{DC}$
$V_{OUT}(0)$	Logical "0" CLK R Output Voltage	$I_O=360 \mu A$ $V_{CC}=4.75 V_{DC}$			0.4	$V_{DC}$
$V_{OUT}(1)$	Logical "1" CLK R Output Voltage	$I_O=-360 \mu A$ $V_{CC}=4.75 V_{DC}$	2.4			$V_{DC}$
<b>DATA OUTPUTS AND INTR</b>						
$V_{OUT}(0)$	Logical "0" Output Voltage Data Outputs INTR Output	$I_{OUT}=1.6 mA, V_{CC}=4.75 V_{DC}$ $I_{OUT}=1.0 mA, V_{CC}=4.75 V_{DC}$			0.4	$V_{DC}$ $V_{DC}$
$V_{OUT}(1)$	Logical "1" Output Voltage	$I_O=-360 \mu A, V_{CC}=4.75 V_{DC}$	2.4			$V_{DC}$
$V_{OUT}(1)$	Logical "1" Output Voltage	$I_O=-10 \mu A, V_{CC}=4.75 V_{DC}$	4.5			$V_{DC}$
$I_{OUT}$	TRI-STATE Disabled Output Leakage (All Data Buffers)	$V_{OUT}=0 V_{DC}$ $V_{OUT}=5 V_{DC}$	-3		3	$\mu A_{DC}$ $\mu A_{DC}$
$I_{SOURCE}$		$V_{OUT}$ Short to Gnd, $T_A=25^\circ C$	4.5	6		$mA_{DC}$
$I_{SINK}$		$V_{OUT}$ Short to $V_{CC}$ , $T_A=25^\circ C$	9.0	16		$mA_{DC}$
<b>POWER SUPPLY</b>						
$I_{CC}$	Supply Current (Includes Ladder Current)  ADC0801/02/03/04LCJ/05 ADC0804LCN/LCWM	$f_{CLK}=640 kHz$ , $V_{REF}/2=NC, T_A=25^\circ C$ and $\overline{CS}=5V$				
				1.1	1.8	mA
				1.9	2.5	mA

**Note 1:** Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

**Note 2:** All voltages are measured with respect to Gnd, unless otherwise specified. The separate A Gnd point should always be wired to the D Gnd.

**Note 3:** A zener diode exists, internally, from  $V_{CC}$  to Gnd and has a typical breakdown voltage of 7  $V_{DC}$ .

**Note 4:** For  $V_{IN(-)} \geq V_{IN(+)}$  the digital output code will be 0000 0000. Two on-chip diodes are tied to each analog input (see block diagram) which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the  $V_{CC}$  supply. Be careful, during testing at low  $V_{CC}$  levels (4.5V), as high level analog inputs (5V) can cause this input diode to conduct—especially at elevated temperatures, and cause errors for analog inputs near full-scale. The spec allows 50 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog  $V_{IN}$  does not exceed the supply voltage by more than 50 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0  $V_{DC}$  to 5  $V_{DC}$  input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.950  $V_{DC}$  over temperature variations, initial tolerance and loading.

**Note 5:** Accuracy is guaranteed at  $f_{CLK} = 640 kHz$ . At higher clock frequencies accuracy can degrade. For lower clock frequencies, the duty cycle limits can be extended so long as the minimum clock high time interval or minimum clock low time interval is no less than 275 ns.

**Note 6:** With an asynchronous start pulse, up to 8 clock periods may be required before the internal clock phases are proper to start the conversion process. The start request is internally latched, see Figure 4 and section 2.0.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือและการใช้งาน  
ชุดสาธิตเครื่องผสมอาหารสัตว์  
**Animal Food Mixture Demostration**

กล่าวนำ

คู่มือนี้ได้แนะนำการใช้งานและวิธีควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของชุดสาธิตเครื่องผสมอาหารสัตว์ ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหัวใจหลักของการทำงานทั้งระบบและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานจริงได้

คู่มือการทำงานของชุดสาธิตเครื่องผสมอาหารสัตว์



รูปที่ 1 กล่องควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป เราจะเห็นกล่องควบคุมข้างบนจะเป็นจอแสดงผล ซึ่งสามารถแสดงตัวเลขได้ 2 หลัก ถัดลงมาจะเป็นหลอด LED แสดงสถานะของอาหารแต่ละถัง ถ้าไฟสว่างแสดงว่า อาหารในถังนั้นยังมีอยู่มากพอที่จะผสมได้ แต่ถ้าไฟดับแสดงว่า อาหารเริ่มเหลือน้อยหรือหมดลงแล้ว ต่อมาจะเป็นปุ่ม 1, 2 และ 3 ซึ่งจะเป็นปุ่มกด กำหนดปริมาณของอาหารแต่ละถัง เช่น ปุ่มที่ 1 จะกำหนดปริมาณอาหารถังที่ 1 ปุ่มที่ 2 จะเป็นตัวกำหนดปริมาณอาหารถังที่ 2 ปุ่มที่ 3 จะเป็นตัวกำหนดปริมาณอาหารถังที่ 3 เป็นต้น ถัดมาเป็นปุ่ม RO. คือ ปุ่มกำหนดจำนวนรอบในการผสมอาหารว่าจะสั่งให้เครื่องทำการผสมอาหารกี่รอบการทำงาน ปุ่ม ST. คือ ปุ่มเริ่มการทำงาน และปุ่ม RE. คือ ปุ่มเคลียร์การทำงานทั้งหมด

## วิธีการทำงานของชุดสาธิตเครื่องผสมอาหารสัตว์

### ลำดับขั้นการทำงาน

- 1) เสียบปลั๊กไฟ เข้ากับไฟกระแสสลับ 220 โวลท์
- 2) จอแสดงผลจะสว่าง หลอด LED ทั้ง 3 หลอด จะติดสว่าง ถ้ามีอาหารอยู่ในถังในปริมาณที่มากพอ หากมีอาหารน้อยหรือไม่มีหลอดทั้ง 3 จะดับ
- 3) กดปุ่มสั่งการทำงานในแต่ละถัง เช่น เราจะผสมถังที่ 1 เป็น 5 ซัด เราก็กดปุ่มที่ 1 ไป 5 ครั้ง ให้จอแสดงผลปรากฏเลข 5 ขึ้น ถังที่ 2 เราสั่ง 3 ซัด เราก็กดปุ่มที่ 2 ไป 3 ครั้ง ให้จอแสดงผลปรากฏเลข 3 ขึ้น และถังที่ 3 เราสั่ง 2 ซัด เราก็กดปุ่มที่ 3 ไป 2 ครั้ง ให้จอแสดงผลปรากฏเลข 2 ขึ้น เป็นต้น
- 4) กดปุ่ม RO. แสดงถึง รอบการทำงาน กล่าวคือ จากข้อ 3 ที่เรากำหนดปริมาณของอาหารแต่ละถังแล้ว ปุ่ม RO. นี้ คือรอบการทำงานที่เราจะให้เครื่องทำงานกี่รอบ ถ้าเรากด 2 ครั้ง จอแสดงผลเป็น 2 เครื่องก็จะทำการชั่งและผสมอาหาร 2 รอบ เป็นต้น
- 5) กดปุ่ม ST. คือ สั่งให้เครื่องทำงาน กล่าวคือ เมื่อเรากดปุ่ม 1, 2, 3 และ กดปุ่ม RO. แสดงรอบการทำงานแล้ว เครื่องก็จะยังไม่ทำงาน เครื่องจะเริ่มทำงานก็ต่อเมื่อ เรากดปุ่ม ST. เพื่อเริ่มการทำงานเท่านั้น
- 6) กดปุ่ม RE. คือ ปุ่มเคลียร์ หรือ ปุ่มReset นั่นเอง เป็นปุ่มที่หยุดการทำงานหรือเคลียร์เครื่องเมื่อเรากดปุ่มใดปุ่มหนึ่งผิดไป เพื่อให้เครื่องหยุดการทำงานและสามารถแก้คำสั่งต่างๆ ได้

**หมายเหตุ** ชุดสาธิตเครื่องผสมอาหารสัตว์นี้ สามารถที่จะกำหนดปริมาณน้ำหนักของอาหารในการชั่งแต่ละถังได้ไม่เกิน 1.5 กิโลกรัม และแสดงการกำหนดปริมาณเป็นซัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- พรจิต ประทุมสุวรรณ. เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์. 2537
- สมศักดิ์ กิตติวุฒิสเรษฐ. หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 15.  
กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ส.ส.ท. 2543
- สรณะ กองกุลศิริ. เครื่องวัดอุตสาหกรรม . พิมพ์ครั้งที่1 .กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เอมพันธ์จำกัด.2540



## ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปฏิญานិพนธ์	นายนเรศ ดวงมุล
วันเดือนปีเกิด	16 เมษายน 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดน่าน
ภูมิลำเนาเดิม	104 หมู่ 5 ตำบลสวก อำเภอเมือง จังหวัดน่าน 55000
ที่อยู่ปัจจุบัน	104 หมู่ 5 ตำบลสวก อำเภอเมือง จังหวัดน่าน 55000
โทรศัพท์	0-1952-8934
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านชาวหลวง
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบ่อสวกวิทยาคาร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคน่าน
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคน่าน
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ความพยายามอยู่ที่ไหนความสำเร็จอยู่ที่นั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปฏิญานិพนธ์	นายวิโรจน์ แซ่โฮ้
วันเดือนปีเกิด	30 มิถุนายน 2522
สถานที่เกิด	จังหวัดปราจีนบุรี
ภูมิลำเนาเดิม	43 หมู่ 8 ตำบลโนนหอม อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี 25000
ที่อยู่ปัจจุบัน	43 หมู่ 8 ตำบลโนนหอม อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี 25000
โทรศัพท์	-
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดทุ่งตะรุ้มทุก
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนปราจิณราษฎรอำรุง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยช่างกลปทุมวัน (2)
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการควบคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ไม่มีอะไรที่ยั่งยืนยาวนานนอกจากสิ่งที่ทำตอนที่มีโอกาส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญาบัตร	นางสาวสุกานดา กรัตงาม
วันเดือนปีเกิด	16 มีนาคม 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดฉะเชิงเทรา
ภูมิลำเนาเดิม	109/38 หมู่3 ตำบลบ้านช่อง อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา 24120
ที่อยู่ปัจจุบัน	109/38 หมู่3 ตำบลบ้านช่อง อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา 24120
โทรศัพท์	0-1345-0879
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านหนองหว่า
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนพนมสารคาม “พนมอดุลวิทยา”
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ผิดเป็นครู รู้เป็นอาจารย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายป้อมเพชร โจจอหอ
วันเดือนปีเกิด	13 พฤศจิกายน 2522
สถานที่เกิด	จังหวัดปราจีนบุรี
ภูมิลำเนาเดิม	23 หมู่1 ตำบลไร่ส้ม อำเภอเมือง จังหวัด เพชรบุรี 76000
ที่อยู่ปัจจุบัน	99/34 หมู่4 แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10220
โทรศัพท์	0-1933-0796
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านไร่ดอน
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนพรหมานุสรณ์
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนคร เหนือ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ตนเป็นที่พึ่งแห่งตน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้