



ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม  
 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อ เครื่องพันหม้อแปลงอัตโนมัติ

Automatic Transformer Winding Machine

ชื่อนักศึกษา 1. นายสุเทพ กังวานธรรม รหัสประจำตัว 45035487  
 2. นายอภิวัฒน์ คาหมาด รหัสประจำตัว 45035491

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์อำพล ทองระอา

คณะกรรมการสอบปริญญาโท	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์โกศล ตราชู	
2. ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม	
3. อาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์	
4. อาจารย์พงษ์เกียรติ เชนฐพิทักษ์สกุล	
5. อาจารย์สมชาย หมั่นสายญาติ	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันอาทิตย์ที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547 เวลา 09.45 น.

สถานที่สอบ ห้อง ก.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.สุรสิทธิ์ รัตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....



<BT4710122>

เครื่องพันหม้อแปลงอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ปริญญาบัตร

เครื่องพิมพ์อัตโนมัติ

AUTOMATIC TRANSFORMER WINDING MACHINE



นายสุเทพ

กิ่งวานรธรรม

นายอภิวัฒน์

ดาหมาด

ปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

๕/๗

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

๑๗๘๑ ค

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

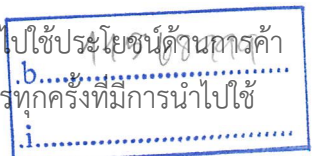
๒๕๔๗

ปีการศึกษา ๒๕๔๗

เลขหมู่..... เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เลขทะเบียน..... **59469** ..... ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัน,เดือน,ปี - 5 ส.ย. 2549



# ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องพันหม้อแปลงอัตโนมัติ

**Automatic Transformer Winding Machine**

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของเครื่องพันหม้อแปลงอัตโนมัติ
2. เพื่อออกแบบโครงสร้างของเครื่องพันหม้อแปลงอัตโนมัติ
3. เพื่อสร้างเครื่องพันหม้อแปลงได้ตามที่ออกแบบไว้
4. เพื่อทดสอบเครื่องพันหม้อแปลงอัตโนมัติ
5. เพื่อให้ได้เครื่องพันหม้อแปลงอัตโนมัติที่จะนำไปใช้งานจริงได้

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้ ความเข้าใจ และหลักการทำงานของเครื่องพันหม้อแปลงอัตโนมัติ
2. ได้แผนผัง โครงสร้างต่างๆ และนำไปประยุกต์ใช้ในงานอื่นได้
3. ได้เครื่องพันหม้อแปลงอัตโนมัติที่ใช้งานได้
4. ได้ผลทดสอบและปรับปรุงแก้ไขเครื่องพันหม้อแปลงอัตโนมัติ
5. ได้นำเครื่องพันหม้อแปลงอัตโนมัติไปใช้งานจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I

ชื่อหัวข้อ	เครื่องพั่นหม้อแปลงอัตโนมัติ	
นักศึกษา	นายสุเทพ	กิ่งวานธรรม
	นายอภิวัฒน์	ดาหามาต
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.วิสุทธิ	อชิพรธรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์อำพล	ทองระอา
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2547	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการออกแบบ การสร้าง และทดสอบการทำงานของเครื่องพั่นหม้อแปลงอัตโนมัติ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมเพื่อใช้ในการประมวลผลและส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานในส่วนต่างๆ ของเครื่องพั่นหม้อแปลงอัตโนมัติ

เครื่องพั่นหม้อแปลงอัตโนมัติประกอบไปด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกเป็น ชุดพั่นขดลวด เป็นส่วนที่ทำหน้าที่สำหรับพั่นขดลวดให้ครบจำนวนรอบของขดลวดตามที่กำหนดไว้และแสดงผลออกแบบแอลซีดี ส่วนที่สอง เป็นส่วนของชุดสไลด์ขดลวดเพื่อที่จะเรียงขดลวดให้เรียบมากที่สุดซึ่งจะทำให้สะดวกในการประกอบแกนเหล็กของหม้อแปลง การประดิษฐ์เครื่องนี้จะช่วยให้เข้าใจหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ง่ายขึ้นและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมงานแบบต่างๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## II

<b>Thesis Title</b>	Automatic Transformer Winding Machine	
<b>Students</b>	Mr.Suthep	Kangwantham
	Mr.Apiwut	Dahmard
<b>Advisor</b>	Asst.Prof.Wisuit	Atipornatum
<b>Co-Advisor</b>	Mr. Amphon	Thongra-ar
<b>Education Level</b>	Bachelor of Science in Industrial Education	
<b>Program in</b>	Industrial Instrument Technology	
<b>Academic Year</b>	2004	

### ABSTRACT

The thesis is concerning the invention of Automatic Transformer Winding Machine controlled by use microcontroller. It is used for commulative and send the signal for controlling vary parts of Automatic Transformer Winding Machine.

Automatic Transformer Winding Machine consists of two parts. Part one is the set of winding. It's junction is to make a winding and show the result LCD screen. The second part is the set slide of winding. It is useful for making core in the transformer. The Automatic Transformer Winding Machine helps understanding the working process of microcontroller and it is useful for applying to use any types of control.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 จิตความสามารถของโรงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 คุณสมบัติของหม้อแปลง	3
2.2.1 โครงสร้างของหม้อแปลง	3
2.2.2 หม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติ	8
2.2.3 หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟสที่ใช้งานจริง	10
2.2.4 หม้อแปลงไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด	13
2.2.5 หม้อแปลงไฟฟ้าขณะจ่ายโหลด	15
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	16
2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	17
2.3.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	19
2.3.3 การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ	21
2.3.4 กระบวนการอินเตอร์รัพต์	23
2.3.5 การจัดการอินเตอร์รัพต์	24
2.4 การขับ โมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลว	24
2.4.1 รายละเอียดเกี่ยวกับโมดูล LCD	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5 อุปกรณ์ป้องกัน	31
2.5.1 ชนิดและโครงสร้างของเอน โค้ดเดอร์	31
2.6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	34
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	38
3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องพิมพ์แปลงอัตโนมัติ	38
3.2 การออกแบบโครงสร้างของเครื่องพิมพ์แปลงอัตโนมัติ	40
3.2.1 การออกแบบชุดฟันขดลวด	40
3.2.2 การออกแบบชุดสไลด์ขดลวด	42
3.3 การออกแบบวงจร	43
3.3.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้า	43
3.3.2 วงจรควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	43
3.3.3 วงจรการเชื่อมต่อจอแสดงผลและสวิตช์เมตริก	44
3.3.4 วงจรควบคุมมอเตอร์	46
3.3.5 วงจรนับจำนวนรอบมอเตอร์	46
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	48
4.1 กล่าวนำ	48
4.2 การทดลองการฟันขดลวด	48
4.3 ผลที่ได้จากการทดลอง	51
บทที่ 5 บทสรุป	52
5.1 สรุป	52
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	52
5.3 แนวทางการพัฒนา	53
บรรณานุกรม	54
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	55
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	59
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ภาคผนวก ง แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม	65
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	81
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	86
ประวัติผู้แต่ง	107



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การอ่านค่าหน่วยในระบบอังกฤษและระบบ SI	9
2.2 รายละเอียดบางส่วน of ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ที่ใช้ในโครงการงาน	20
2.3 การควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักษรบนจอแสดงผล	28
3.1 ความสัมพันธ์ของจำนวนรอบกับขนาดพื้นที่หน้าตัดของขดลวด	41
4.1 การทดลองการพันขดลวด	50
4.2 การทดลองการพันขดลวด	50
4.2 (ต่อ) การทดลองการพันขดลวด	51
ค.1 รายการอุปกรณ์ของภาคแหล่งจ่ายไฟ	63
ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมทั้งหมด	63
ค.2 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมทั้งหมด	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของหม้อแปลงไฟฟ้า	4
2.2 การพันขดลวดแบบคอร์	5
2.3 การประกอบแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าแบบคอร์	5
2.4 แกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าแบบคอร์	6
2.5 การพันขดลวดแบบเชลล์	6
2.6 การประกอบแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเชลล์	7
2.7 แกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเชลล์	7
2.8 ขั้วของขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้า	8
2.9 ลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติ	8
2.10 ลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งาน	11
2.11 ลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด	13
2.12 เวกเตอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติ	14
2.13 เวกเตอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริง	14
2.14 หม้อแปลงไฟฟ้าที่ไม่มีโหลด	15
2.15 หม้อแปลงไฟฟ้าขณะจ่ายโหลด	15
2.16 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช อนุกรม AT89Sxx	18
2.17 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	18
2.18 การต่อสัญญาณรีเซต	21
2.19 การใช้หน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51	22
2.20 การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	23
2.24 แผนผังการทำงานของโมดูล LCD	26
2.25 โครงสร้างของรีโซลเวอร์	32
2.26 โครงสร้างของ Incremental encoder	33
2.27 โครงสร้างของ Absolute encoder	33
2.28 หลักการของมอเตอร์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้	34

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.29 ลักษณะการต่อวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	35
3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องพันหม้อแปลงอัตโนมัติ	38
3.2 ลักษณะของแกนพันขดลวด	40
3.3 ลักษณะของตัวยึดแกนพันขดลวด	42
3.4 โครงสร้างของตัวสไลด์ขดลวด	42
3.5 ลักษณะของแกนเฟืองสไลด์	42
3.6 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	43
3.7 วงจรควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	44
3.8 วงจรการเชื่อมต่อจอแสดงผลและคีย์สวิตช์เมตริก	45
3.9 วงจรควบคุมมอเตอร์ขั้วเฟือง	46
3.10 วงจรนับจำนวนรอบของมอเตอร์	47
4.1 การกำหนดจำนวนรอบของการพันขดลวด	48
4.2 การแสดงผลจำนวนรอบของขดลวด	49
4.3 ลักษณะการพันขดลวด	49
ก.1 ภาพด้านหน้าของชุดควบคุมเครื่องพันหม้อแปลงอัตโนมัติ	56
ก.2 ภาพชุดพันขดลวด	56
ก.3 ภาพตำแหน่งการต่อเอนโค้ดเดอร์กับมอเตอร์	57
ก.4 ภาพชุดสไลด์ขดลวด	57
ก.5 ภาพขาแขวนขดลวด	58
ก.6 ภาพตัวเครื่องทั้งหมดของเครื่องพันหม้อแปลงอัตโนมัติ	58
ข.1 วงจรควบคุม	60
ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุม	61
ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุม	61
ง.1 ผังงานโปรแกรมการทำงานของเครื่องพันหม้อแปลงอัตโนมัติ	66
จ.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเครื่องพันหม้อแปลงอัตโนมัติ	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันนี้เทคโนโลยีด้านการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าได้พัฒนาเร็วมากและหลากหลายประเภท แต่แต่ละประเภทยังมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันและเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทยังมีการใช้ระดับไฟฟ้าไม่เหมือนกันอยู่ที่ผู้ผลิตจะกำหนดว่าผลิตภัณฑ์ชิ้นนั้นจะใช้ระดับไฟฟ้าเท่าไร ในการที่จะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าได้ตามที่ต้องการใช้นั้นจะต้องมีการปรับระดับไฟฟ้าโดยทั่วไปจาก 220 โวลต์ เป็นระดับไฟฟ้าที่ต้องการจำเป็นต้องมีตัวอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปรับระดับไฟฟ้า ซึ่งเรียกว่า หม้อแปลงไฟฟ้า ดังนั้นการพันขดลวดหม้อแปลงจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นหนึ่ง ซึ่งการพันขดลวดแต่เดิมจะใช้แรงงานคนในการพัน ซึ่งทำให้มีการล่าช้าในการพันเนื่องจากบางครั้งอาจจะมีการหลงลืมจำนวนรอบในการพัน ต่อมาก็ได้คิดพัฒนาขึ้นมาโดยการนำมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขับเฟืองของแกนที่ใช้ในการพันขดลวด แต่ก็ยังมีการใช้แรงงานคนอยู่ในการควบคุมขดลวดให้พันตามร่องของหม้อแปลงและคอยปิดสวิตช์มอเตอร์ให้หยุดการทำงานเมื่อพันขดลวดครบจำนวนรอบที่ต้องการไว้ ดังนั้นจึงได้คิดประดิษฐ์เครื่องพันหม้อแปลงอัตโนมัติขึ้นมา เพื่อที่จะนำมาใช้ในการพันขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อที่จะใช้แรงงานคนให้น้อยที่สุด โดยที่คนไม่ต้องมาคอยควบคุมการสไลด์ของขดลวดและการทำงานของมอเตอร์ เครื่องพันหม้อแปลงตัวนี้จะทำการสไลด์และสั่งให้มอเตอร์หยุดการทำงานเมื่อมีจำนวนรอบที่กำหนดไว้ ดังนั้นในการศึกษาโครงการนี้จึงได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาเพื่อศึกษาการทำงานในการควบคุมส่วนต่างๆ ของโครงการนี้

### 1.2 ขีดความสามารถของโครงการ

โครงการนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. สามารถตั้งจำนวนรอบในการพันหม้อแปลงได้
2. สามารถพันขดลวดได้เอง โดยไม่ต้องมีคนคอยควบคุมขดลวด
3. สามารถนับจำนวนรอบในการพันหม้อแปลงได้ถูกต้อง
4. สามารถหยุดการทำงานของมอเตอร์เองเมื่อครบจำนวนรอบที่ต้องการ
5. สามารถพันขดลวดเบอร์ 28,30 ได้
6. สามารถพันขดลวดแบบเชลล์ (แบบตัว E และ I) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปฏิญยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษา และทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปฏิญยานิพนธ์ ชี้ความสามารถของโรงงานและเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ประกอบด้วยทฤษฎีและหลักการต่างๆ เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โครงสร้างภายใน สัญญาณต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 การจัดหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม การใช้งานอินเตอร์รัพต์ การขับ โมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลว เอนโค้ดเดอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

บทที่ 3 ได้กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับ แผนผังการทำงานของ โรงงาน ผังวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโรงงาน ตลอดจนการออกแบบ และการสร้างส่วนประกอบต่างๆ เช่น วงจรแหล่งจ่ายไฟ วงจรชุดแสดงผล วงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ และวงจรควบคุมอุปกรณ์เอนโค้ดเดอร์พร้อมทั้งการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ โดยละเอียด

บทที่ 4 ประกอบด้วยการทดลอง และผลการทดลองของเครื่องต้นแบบตามลำดับการทำงานของวงจรเป็นขั้นตอนขณะเดินเครื่องทำงาน

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงการ ปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางในการแก้ไข รวมทั้งแนวทางการพัฒนา

ภาคผนวก ก แสดงภาพของเครื่องต้นแบบ การติดตั้ง การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ขณะใช้งานจริง

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยผังรายละเอียดวงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้ในงานในแต่ละวงจร

ภาคผนวก ง แสดงแผนผังการทำงาน และ โปรแกรมการทำงานทั้งหมดของ โรงงาน

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งานของ โรงงาน

ภาคผนวก ฉ แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ใน โรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญาบัตรฉบับนี้ซึ่งจะกล่าวถึง ทฤษฎีต่างๆ และหลักการที่เกี่ยวข้องกับโครงการในเรื่องของการพันหม้อแปลง ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 การจับโมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลว มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหรือแม่เหล็กไฟฟ้าการป้อนกลับคือ เอนโคเดอร์

#### 2.2 คุณสมบัติของหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้าแบบง่าย ๆ โดยทั่วไปจะมีขดลวดหรือขดลวด 2 ชุด และแกนเหล็กที่ทำจากแผ่นเหล็กบางๆ (Laminated Sheet) หลายแผ่นนำมาอัดเข้าด้วยกัน ขดลวดทั้งสองจะมีจำนวนคี่ซึ่งกันและกัน และมีจำนวนคี่ระหว่างขดลวดกับแกนเหล็กด้วย นอกจากนี้จะมีถึงบรรจุ สำหรับหม้อแปลงที่พันเสร็จแล้ว มีจำนวนคี่ระหว่างถึงบรรจุและขดลวดมีขั้วต่อสาย (Bushing) ที่หุ้มด้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain) ซึ่งอาจจะเป็นชนิดบรรจุน้ำมัน (Oil Filled) หรือชนิดคอนเดนเซอร์ (Condenser) ก็ได้

หม้อแปลงทุกชนิดแกนเหล็กจะต้องทำด้วยแผ่นเหล็กบางอัดเข้าด้วยกันเสมอ เพื่อเป็นวงจรแม่เหล็กและจะต้องเป็นเหล็กที่มีซิลิกอน (Silicon) สูง การที่แกนเหล็กทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ ก็เพื่อลดกระแสไหลวน (Eddy Current) โดยแผ่นเหล็กบางๆ แต่ละแผ่นที่อัดติดกันนั้น อาจจะมีการคั่นกลางด้วยวานิชบางๆ หรือคั่นกลางด้วยชั้นของอีพอกซีที่ผิวหน้าของแต่ละแผ่น แผ่นโลหะแต่ละแผ่นจะหนาตั้งแต่ 0.35 มม. สำหรับระบบไฟฟ้าความถี่ 50 เฮิร์ตซ์และหนา 0.5 มม. สำหรับ 25 เฮิร์ตซ์

##### 2.2.1 โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า

ส่วนประกอบที่สำคัญของหม้อแปลงไฟฟ้ามีดังนี้

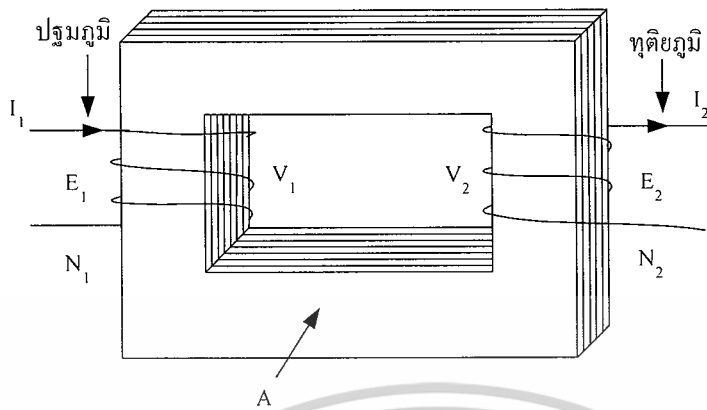
###### 1) ขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้า

ขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าทำหน้าที่เหนี่ยวนำทางไฟฟ้าและสร้างฟลักแม่เหล็กในแกนตัวนำแม่เหล็ก แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1.1) ขดลวดปฐมภูมิ ซึ่งเป็นขดลวดรับแรงดันไฟฟ้าเข้าสู่หม้อแปลงไฟฟ้าทำให้เกิดการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าและสร้างฟลักแม่เหล็กในแกนตัวนำแม่เหล็ก

1.2) ขดลวดทุติยภูมิ เป็นขดลวดจ่ายแรงดันไฟฟ้าออกไปสู่วงจรภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของหม้อแปลงไฟฟ้า

จากรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นส่วนประกอบพื้นฐานของหม้อแปลงไฟฟ้าได้แก่

- $E_1$  หมายถึง แรงดันที่จ่ายให้ขดลวดปฐมภูมิ
- $I_1$  หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่ขดลวดปฐมภูมิ
- $N_1$  หมายถึง จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ
- $E_2$  หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิจ่ายออกไปสู่ภายนอก
- $I_2$  หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิ
- $N_2$  หมายถึง จำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ
- $V_1$  หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดปฐมภูมิ
- $V_2$  หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิ

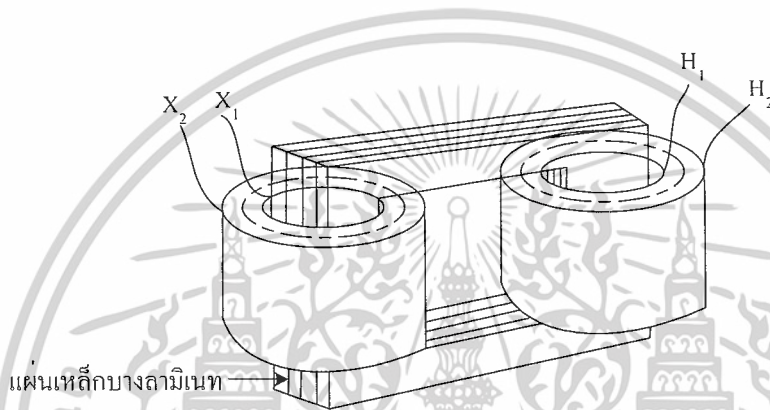
หม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดปฐมภูมิ ( $E_1$ ) มากกว่าแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิ ( $E_2$ ) เรียกว่าหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าให้ลดลง (Step-down Transformer) ส่วนหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิ ( $E_2$ ) มากกว่าแรงดันที่ขดลวดปฐมภูมิ ( $E_1$ ) เรียกว่าหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น (Step-up Transformer)

## 2) แกนของหม้อแปลงไฟฟ้า

แกนของหม้อแปลงไฟฟ้ามักทำจากแผ่นลามิเนตบางๆ เพื่อลดการสูญเสียเนื่องจากกระแสไฟฟ้าไหลวน (Eddy Current) ทำหน้าที่เป็นตัวนำหรือทางเดินของฟลักแม่เหล็ก ที่นิยมใช้กันมี 2 ประเภทคือ

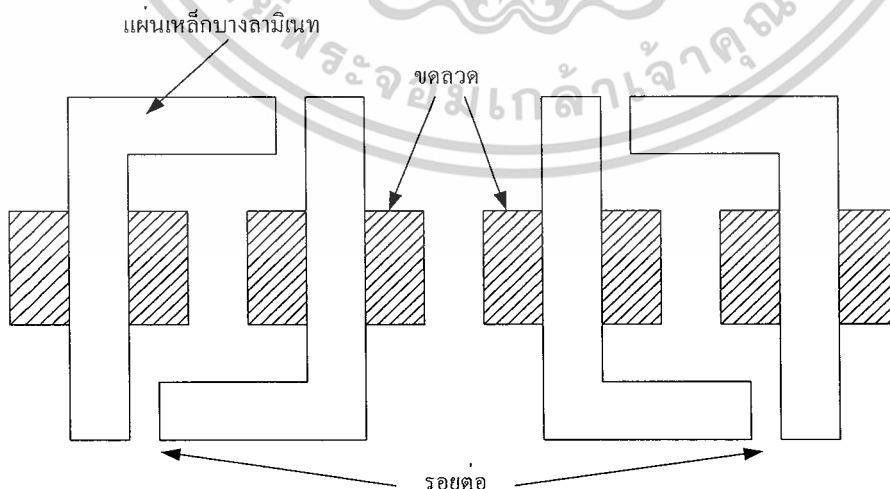
2.1) แบบคอร์ (Core Type) การพันขดลวดบนแกนชนิดนี้มักพันขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิแยกจากกันดังรูปที่ 2.2 ขดลวดจะพันให้มีลักษณะรูปทรงกระบอกหรืออาจจะเป็นรูปทรงกระบอกสี่เหลี่ยม ในหม้อแปลงขนาดเล็กๆ แกนเหล็กจะมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก เอกลักษณ์นี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สี่เหลี่ยมหรือทรงกระบอกทรงกลมก็ได้ แต่ถ้าเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดใหญ่จะใช้แบบทรงกระบอกกลมมากกว่า เพราะสามารถพันให้ชิดกับแกนเหล็กแบบคอร์ ชนิดครุซีฟอร์ม (Cruciform) ได้ ถ้าพันขดลวดให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าจะทำให้ความแข็งแรงของขดลวดลดลง ดังนั้นขดลวดแบบคอร์จะตัดแปลงเป็นแบบครุซีฟอร์ม แกนของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบคอร์นิยมใช้กับหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่เพราะการพันขดลวดเช่นนี้ทำให้เกิดการรั่วไหลของฟลักแม่เหล็ก (Flux leakage) ใต้น้อย



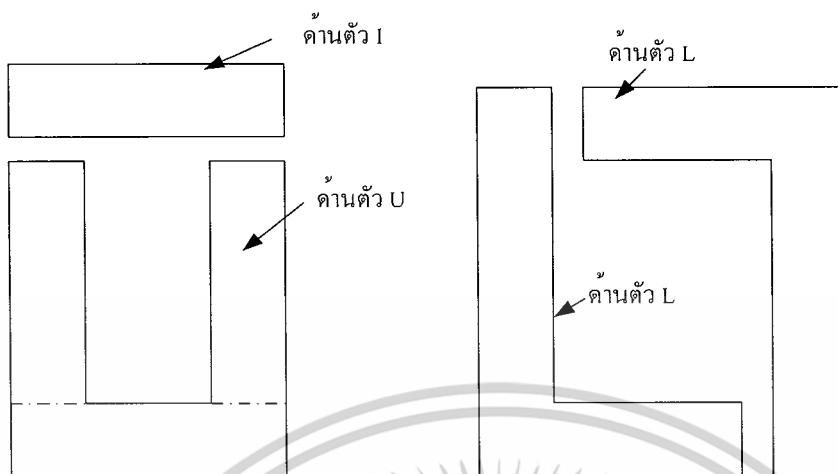
รูปที่ 2.2 การพันขดลวดแบบคอร์

การประกอบแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าแบบคอร์ ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งใช้แผ่นเหล็กทำด้วยแผ่นลามิเนตตัว L กับตัว L หรือตัว U กับตัว I ซ้อนกันดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 การประกอบแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าแบบคอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

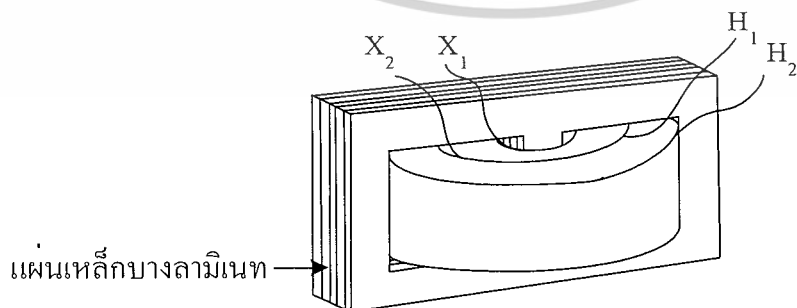


(ก) แบบตัว U และตัว I

(ข) แบบตัว L และตัว L

รูปที่ 2.4 แกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าแบบคอร์

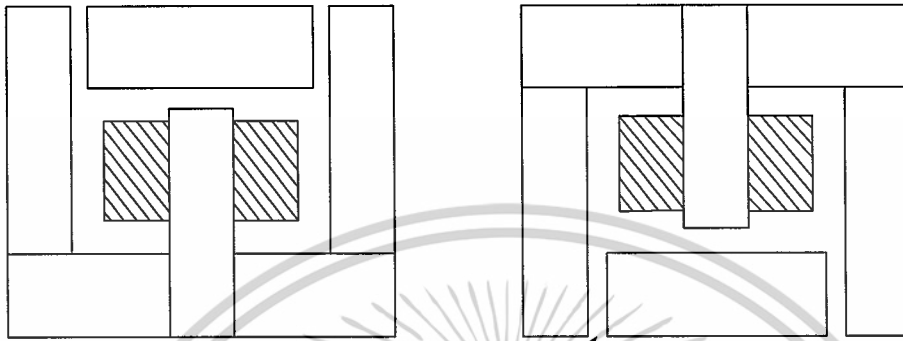
2.2) แบบเชลล์ (Shell Type) การพันขดลวดบนแกนชนิดนี้มักพันขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิที่แกนเดียวกันดังรูปที่ 2.5 โดยจะมีฉนวนกั้นระหว่างขดซึ่งฉนวนนี้อาจจะเป็นกระดาษบางๆ ที่เรียกว่า สเต็นซิลเปเปอร์ (Stencil Paper) หรือฟิชเปเปอร์ (Fish Paper) ถ้าเป็นหม้อแปลงขนาดใหญ่อาจจะใช้ไฟเบอร์เปเปอร์ (Fiber Paper) ก็ได้ ปลายสายของขดลวดทุกปลายจะถูกนำออกมาข้างนอกด้วยหลักต่อสายธรรมดาสำหรับหม้อแปลงขนาดเล็ก แต่ถ้าเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดใหญ่ปลายสายจะถูกนำออกมาโดยหลักต่อสายบุชชิ่ง (Bushing) ซึ่งอาจจะเป็นพอร์ซเลนบุชชิ่ง (Porcelain Bushing) หรือออยล์ฟิลด์บุชชิ่ง (Oil Filled Bushing) หรือคอนเดนเซอร์บุชชิ่ง (Comdensor Bushing) ก็ได้แล้วแต่ชนิดของระบบไฟฟ้าที่จะนำไปใช้งาน



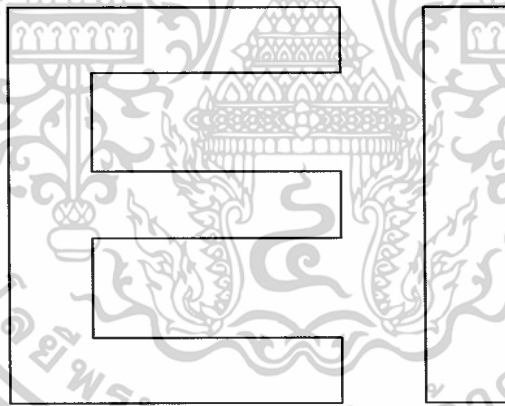
รูปที่ 2.5 การพันขดลวดแบบเชลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประกอบแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเซลล์ ดังรูปที่ 2.6 ซึ่งใช้แผ่นเหล็กทำด้วยแผ่น  
ลามิเนตรูป E และ I วางซ้อนกันดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.6 การประกอบแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเซลล์



รูปที่ 2.7 แกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเซลล์

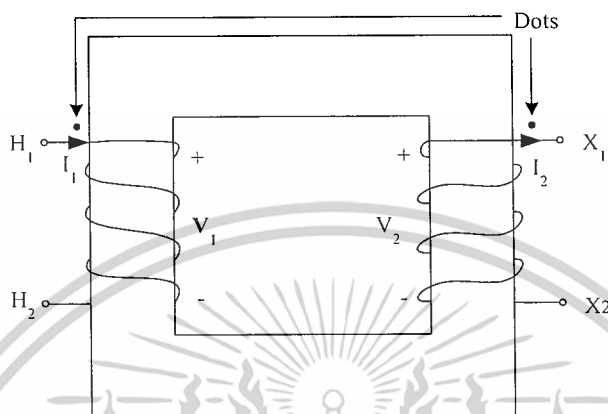
### 3) เครื่องหมายขั้วของหม้อแปลงไฟฟ้า

เครื่องหมายเป็นการแสดงขั้วของขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้ามีหลายแบบแต่ที่นิยมใช้ดังแสดง  
ในรูปที่ 2.8 คือ

3.1) ใช้เครื่องหมายจุด (Dots) แสดงตำแหน่งขั้วบวกส่วนที่ไม่มีจุดเป็นขั้วลบ

3.2) ใช้ตัวอักษรแสดงตำแหน่งขั้วโดยกำหนดให้  $H_1$  และ  $H_2$  เป็นเครื่องหมายขั้วด้าน  
แรงดันไฟฟ้าสูง (High Voltage Side) ส่วน  $X_1$  และ  $X_2$  เป็นเครื่องหมายขั้วด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

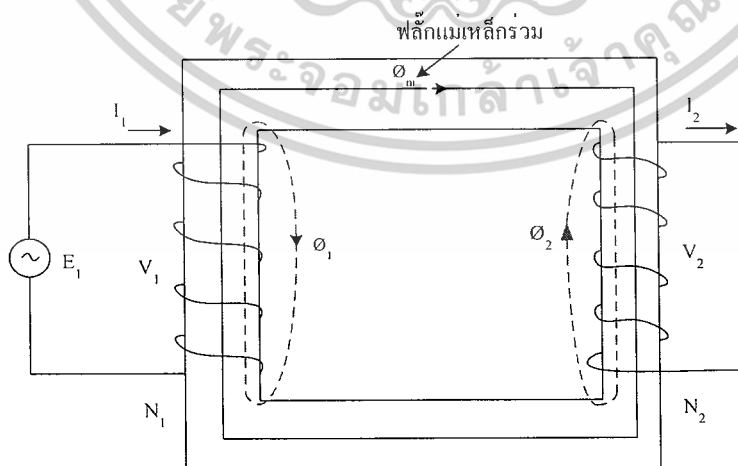
(Low Voltage Side) นอกจากนั้น  $H_1$  และ  $X_1$  แสดงขั้วบวกของขดลวดแต่ละด้าน ส่วน  $H_2$  และ  $X_2$  แสดงขั้วลบของขดลวดแต่ละด้าน



รูปที่ 2.8 ขั้วของขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้า

### 2.2.2 หม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติ

แม้ว่าหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้กับงานจริงมีประสิทธิภาพสูงถึง 95%-99% แต่ยังคงมีความสูญเสียอยู่ การอธิบายหลักการทำงานขั้นพื้นฐานของหม้อแปลงไฟฟ้าจึงเป็นไปได้ยาก เพราะต้องกล่าวถึงความสูญเสียที่เกิดขึ้นในหม้อแปลงไฟฟ้าด้วย ดังนั้นจึงสมมติหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่ไม่มีความสูญเสียเลย หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดนี้จึงเรียกว่า หม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติ (Ideal Transformer)



รูปที่ 2.9 ลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ( $E_1$ ) ให้ขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติ ดังแสดงในรูปที่ 2.9 จะเกิดกระแสไฟฟ้า ( $I_1$ ) ซึ่งทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ( $V_1$ ) และแรงดันแม่เหล็ก (MMF) ขึ้นที่ขดลวดปฐมภูมิ แรงดันแม่เหล็กนี้จะสร้างแม่เหล็กร่วม ( $\phi_m$ ) เคลื่อนตัวตัดกับขดลวดทุติยภูมิซึ่งจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำ เกิดแรงดันไฟฟ้า  $V_2$  และกระแสไฟฟ้า  $I_2$  ขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมิ

ความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้หม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติกับค่าสูงสุดของ  $\phi_m$  สามารถนำมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

ระบบอังกฤษ  $E_1 = 4.44 f N_1 \phi_m \times 10^{-8}$  (2.1)

ระบบ SI  $E_1 = 4.44 f N_1 \phi_m$  (2.2)

- เมื่อ  $E_1$  หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ขดลวดปฐมภูมิ  
 $f$  หมายถึง ความถี่ของแรงดันไฟฟ้า  
 $N_1$  หมายถึง จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ  
 $\phi_m$  หมายถึง ฟลักซ์แม่เหล็กร่วม (Mutual Flux)

ตารางที่ 2.1 การอ่านค่าหน่วยในระบบอังกฤษและระบบ SI

หน่วยในระบบอังกฤษ	หน่วยในระบบ SI
$E_1 =$ โวลต์ (V)	$E_1 =$ โวลต์ (V)
$F =$ เฮิร์ตซ์ (Hz)	$F =$ เฮิร์ตซ์ (Hz)
$\phi_m =$ เส้น (Line)	$\phi_m =$ เวเบอร์ (Wb)
$N =$ รอบ (Turns)	$N =$ รอบ (Turns)

หม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติซึ่งไม่มีการสูญเสียใดๆ ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ขดลวดปฐมภูมิ ( $E_1$ ) จึงมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของขดลวดปฐมภูมิ ( $V_1$ ) หรือ

$$V_1 = 4.44 f N_1 \phi_m \tag{2.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของขดลวดทุติยภูมิ ( $V_2$ ) เขียนเป็นสมการคือ

$$V_2 = 4.44 f N_2 \phi_m \quad (2.4)$$

เมื่อ  $N_1$  หมายถึง จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ

$N_2$  หมายถึง จำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ

จากสมการที่ 2.3 และ 2.4 จะได้สมการพลักแม่เหล็กร่วมดังนี้

$$\phi_m = \frac{V_1}{4.44 f N_1} \quad (2.5)$$

หรือ

$$\phi_m = \frac{V_2}{4.44 f N_2} \quad (2.6)$$

นำสมการที่ 2.4 หารสมการที่ 2.3 ทำให้ได้สมการใหม่คือ

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2.7)$$

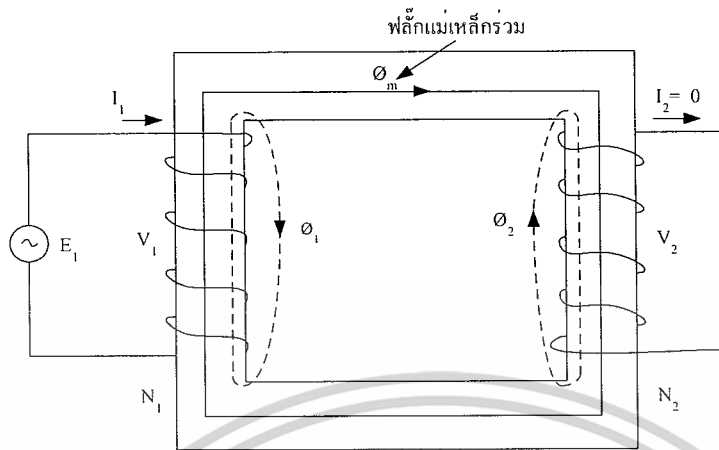
จากสมการที่ 2.7 อัตราส่วนระหว่าง  $\frac{N_1}{N_2}$  หรืออัตราส่วนระหว่างจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิต่อจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ เรียกว่า อัตราส่วนของจำนวนรอบ (Turns Ratio)

$$\text{Turns Ratio} = a = \frac{N_1}{N_2} \quad (2.8)$$

### 2.2.3 หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส ที่ใช้งานจริง

หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงแตกต่างจากหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติเพราะในหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงนั้นย่อมมีความต้านทานของขดลวดอยู่เสมอ (แม้ว่าจะไม่มีไหลด) ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความสูญเสียในขดลวดทองแดง (Copper Loss ;  $I^2R$ ) และบริเวณขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิยังเกิดความสูญเสียในรูปของฟลักแม่เหล็กรั่วไหล (Leakage Flux) นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของฟลักแม่เหล็กในแกนตัวนำแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้ายังทำให้เกิดความสูญเสียในรูปของ Hysteresis และ Eddy current ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 ลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งาน

เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ( $E_1$ ) ให้หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงดังแสดงในรูปที่ 2.10 ซึ่งจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ( $I_1$ ) แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ( $V_1$ ) และแรงดันแม่เหล็กขึ้นที่ขดลวดปฐมภูมิ แรงดันแม่เหล็กนี้ก็จะสร้างฟลักแม่เหล็กในแกนตัวนำแม่เหล็กและขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้า 2 ชนิด คือ

- 1) ฟลักแม่เหล็กที่คล้องขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิไว้ ซึ่งเรียกว่า ฟลักแม่เหล็กร่วม ( $\Phi_m$ ) ฟลักแม่เหล็กนี้ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำและเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขดลวดทุติยภูมิ ( $V_2$ )
- 2) ฟลักแม่เหล็กที่รั่วไหลที่ขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ ซึ่งเรียกว่า ลีคเกจฟลัก ( $\Phi_1$  และ  $\Phi_2$ ) ฟลักแม่เหล็กที่รั่วไหลจะเกิดขึ้นในหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเท่านั้น ส่วนหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติไม่มีความสูญเสียใดๆ ดังนั้นจึงไม่เกิดฟลักแม่เหล็กที่รั่วไหลลงมีแต่ฟลักแม่เหล็ก

### 1) ค่าพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้า

คุณสมบัติเกี่ยวกับค่าพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้าคือ

1.1) ค่าพิกัดกำลังของเครื่องกลไฟฟ้าโดยทั่วไปเป็น Real Power ( $P_w = VI \cos \phi$  ; มีหน่วยเป็นวัตต์) แต่หม้อแปลงไฟฟ้ามีค่า Power Factor ต่ำมาก ดังนั้นจึงให้ค่าพิกัดของกำลังไฟฟ้าเป็น Apparent Power ( $P_a = VI$  ; มีหน่วยเป็น VA หรือ KVA)

1.2) เมื่อออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งจะไปใช้กับแรงดันไฟฟ้าขนาดใดต้องจ่ายแรงดันไฟฟ้าจำนวนนั้นให้ขดลวดปฐมภูมิ จึงจะได้แรงดันไฟฟ้าที่พิกัดจากขดลวดทุติยภูมิ

1.3) เมื่อออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าไปใช้กับความถี่ใด ควรใช้กับความถี่ขนาดนั้นจึงจะได้แรงดันไฟฟ้าที่พิกัดออกมาตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4) กระแสไฟฟ้าที่พิกัดเกิดจากอัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าที่พิกัดต่อแรงดันไฟฟ้าที่พิกัดหรือ

$$I_1 = \frac{\text{rated } VA}{V_1} \quad (2.9)$$

$$I_2 = \frac{\text{rated } VA}{V_2} \quad (2.10)$$

เมื่อ  $I_1$  หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่พิกัดของขดลวดปฐมภูมิ

$I_2$  หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่พิกัดของขดลวดทุติยภูมิ

$V_1$  หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่พิกัดของขดลวดปฐมภูมิ

$V_2$  หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่พิกัดของขดลวดทุติยภูมิ

$\text{rated } VA$  หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่พิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้า

## 2) อัตราส่วนแรงดันไฟฟ้าและอัตราส่วนกระแสไฟฟ้า

ถ้ากำหนดให้  $a$  เป็นอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงของหม้อแปลงไฟฟ้าจะได้

$$a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad (2.11)$$

สมการที่ 2.11 ซึ่งใช้ได้กับหม้อแปลงไฟฟ้าที่กำลังจ่ายโหลดอยู่เท่านั้น เนื่องจากในขณะที่ไม่ได้จ่ายโหลดอยู่นั้นค่ากระแสไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิจะมีค่าเป็นศูนย์ ( $I_2 = 0$ ) ส่วนกระแสไฟฟ้าที่ขดลวดปฐมภูมิ ( $I_1$ ) ปรากฏอยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก ซึ่งเรียกว่า Magnetizing Current ( $I_M$ )

เมื่อนำสมการอัตราส่วนของจำนวนรอบหรือสมการที่ 2.8 มาพิจารณาร่วมกับสมการอัตราส่วนแรงดันไฟฟ้าและอัตราส่วนของกระแสไฟฟ้าหรือสมการที่ 2.11 จะทำให้ได้สมการใหม่คือ

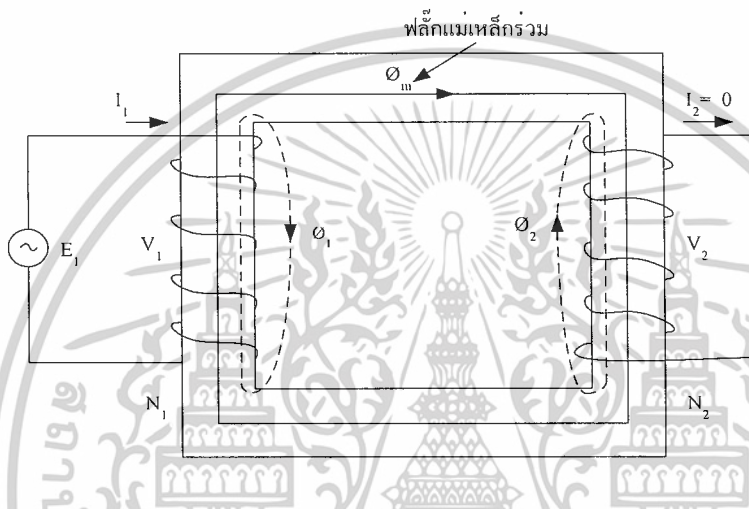
$$a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.4 หม้อแปลงไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด

เพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการเบื้องต้นของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะไม่มีโหลดดังแสดงในรูปที่ 2.11 จึงแยกการอธิบายเป็น 2 กรณีคือ

- 1) กรณีเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติ
- 2) กรณีเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริง

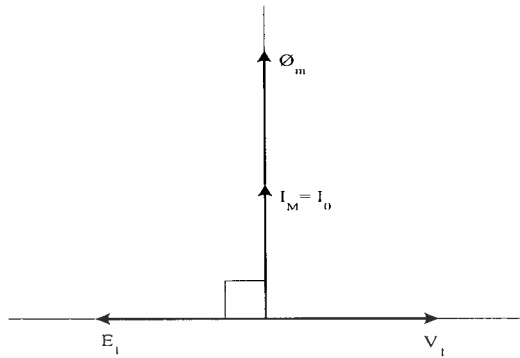


รูปที่ 2.11 ลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด

- 1) กรณีเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติ

จากคุณสมบัติของหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติ ทำให้ทราบว่าหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติไม่มีความสูญเสีย ถ้าจ่ายแรงดันไฟฟ้า ( $E_1$ ) ให้ขดลวดปฐมภูมิหม้อแปลงไฟฟ้าจะกลายเป็นอินดักเตอร์ ( $L$ ) ตัวหนึ่ง ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้หม้อแปลงไฟฟ้าขณะไม่มีจ่ายโหลด ( $I_0$ ) ซึ่งเป็นตัวเดียวกับกระแสไฟฟ้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก ( $I_M$ ) ซึ่งจะล่าหลังแรงดันไฟฟ้า ( $E_1$ ) เป็นมุม  $90^\circ$  นอกจากนี้แรงดันไฟฟ้า ( $E_1$ ) ยังทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ( $V_1$ ) ซึ่งมีขนาดเท่ากับแรงดันไฟฟ้า  $E_1$  แต่มีมุมต่างเฟสกัน  $180^\circ$  เขียนเป็นเวกเตอร์ได้ดังรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



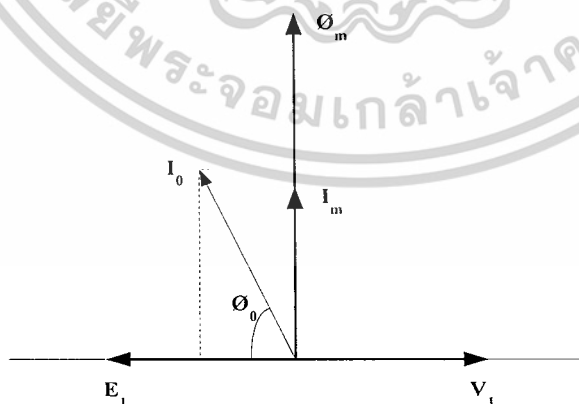
รูปที่ 2.12 เวกเตอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติ

## 2) กรณีเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริง

เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริง ย่อมมีความสูญเสียแม้ว่าไม่มีโหลด ต่ออยู่ก็ตาม ความสูญเสียนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

- 1) ความสูญเสียในขดลวดทองแดง (Copper loss :  $P_{cu}$ )
- 2) ความสูญเสียในแกนตัวนำแม่เหล็ก (Core loss :  $P_{core}$ )

เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่พิกัดให้กับหม้อแปลงไฟฟ้าที่ไม่มีโหลดต่ออยู่ กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมีค่าน้อยมาก ความสูญเสียในขดลวดทองแดง ( $I^2R$ ) ย่อมมีค่าน้อยเช่นกัน ดังนั้นจึงไม่คิดความสูญเสียในขดลวดทองแดงขณะหม้อแปลงไฟฟ้าไม่มีโหลด ดังนั้นหม้อแปลงไฟฟ้าขณะไม่มีโหลดคิดค่าความสูญเสียส่วนเดียวคือความสูญเสียในแกนตัวนำแม่เหล็ก

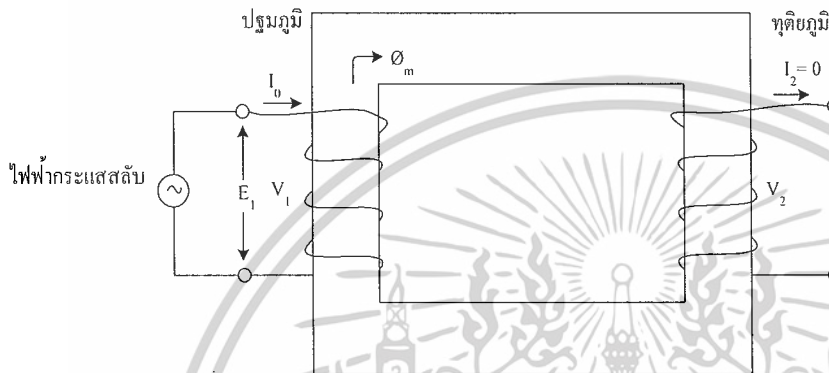


รูปที่ 2.13 เวกเตอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

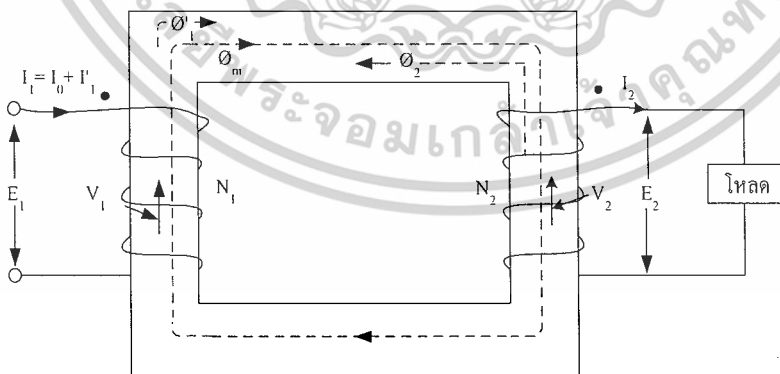
### 2.2.5 หม้อแปลงไฟฟ้าขณะจ่ายโหลด

กระแสไฟฟ้าที่ขดลวดปฐมภูมิ ( $I_1$ ) ของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะที่ยังไม่จ่ายโหลดเป็นผลรวมทางเวกเตอร์ของกระแสไฟฟ้าขณะที่ไม่จ่ายโหลด ( $I_0$ ) กับกระแสไฟฟ้าที่ขดลวดปฐมภูมิที่เกิดจากการสร้างฟลักแม่เหล็กของขดลวดทุติยภูมิ ( $\mathcal{O}_2$ ) ซึ่งเรากำหนดให้เป็น  $I_1'$



รูปที่ 2.14 หม้อแปลงไฟฟ้าที่ไม่มีโหลด

ขณะที่หม้อแปลงไฟฟ้าไม่มีโหลดดังแสดงในรูปที่ 2.14 แรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิ ( $V_2$ ) จะขึ้นอยู่กับสนามแม่เหล็กร่วม ( $\mathcal{O}_m$ ) เพียงอย่างเดียว เมื่อมีค่า  $\mathcal{O}_m$  คงที่ ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดปฐมภูมิ ( $V_1$ ) และทุติยภูมิ ( $V_2$ ) คงที่ด้วย



รูปที่ 2.15 หม้อแปลงไฟฟ้าขณะจ่ายโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่หม้อแปลงไฟฟ้าจ่ายโวลต์ดังแสดงในรูปที่ 2.15 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

$E_1$  หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ขดลวดปฐมภูมิ

$V_1$  หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่พิกัดของขดลวดปฐมภูมิ

$I_1$  หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่พิกัดของขดลวดปฐมภูมิ

$N_1$  หมายถึง จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ

$\Phi_m$  หมายถึง ฟลักซ์แม่เหล็กร่วม (Mutual Flux)

$N_2$  หมายถึง จำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ

$V_2$  หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่พิกัดของขดลวดทุติยภูมิ

$I_2$  หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่พิกัดของขดลวดทุติยภูมิ

$E_2$  หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โวลต์

เมื่อนำโวลต์ต่อเข้ากับขดลวดทุติยภูมิกระแสไฟฟ้า ( $I_0$ ) สร้างแรงดันแม่เหล็ก (MMF<sub>0</sub>) ในเทอมของ  $I_0 N_1$  ขึ้นในขดลวดทุติยภูมิ MMF<sub>0</sub> นี้ทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็ก  $\Phi_m$  เคลื่อนตัวตัดขดลวดทุติยภูมิ จึงเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขดลวดทุติยภูมิ ( $V_2$ ) แรงดันไฟฟ้า  $V_2$  จะสร้างกระแสไฟฟ้า  $I_2$  ที่ขดลวดทุติยภูมิ ซึ่งทำให้เกิดแรงดันแม่เหล็ก (MMF<sub>2</sub>) ในเทอมของ  $I_2 N_2$  และฟลักซ์แม่เหล็ก  $\Phi_2$  ที่มีทิศทางตรงข้ามกับ  $\Phi_m$  จึงเกิดการหักล้างกัน ดังนั้นไฟฟ้า  $V_1$  จึงลดลงชั่วขณะหนึ่งแต่เมื่อ  $\Phi_2$  เคลื่อนตัวตัดขดลวดปฐมภูมิ ทำให้กระแสไฟฟ้า  $I_1$  ที่ขดลวดปฐมภูมิเกิดการเหนี่ยวนำ และแรงดันแม่เหล็ก (MMF<sub>1</sub>) (ในเทอมของ  $I_1 N_1$ ) ซึ่งเป็นตัวสร้างฟลักซ์แม่เหล็ก  $\Phi_1$  ที่มีขนาดเท่ากับ  $\Phi_2$  แต่มีทิศทางตรงข้ามกับ  $\Phi_1$  และ  $\Phi_2$  จึงหักล้างกันหมดไป แรงดันไฟฟ้า  $V_1$  กลับเข้าสู่สภาวะปกติอีกครั้งหนึ่ง

### 2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่จะใช้ในโครงการนี้เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลช (Flash Memory) มีเบอร์เริ่มต้นด้วย AT89 เหตุผลที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบนี้ในการเรียนรู้เพื่อการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายประการดังนี้

1) หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบแฟลช ทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้นับพันครั้ง จึงสามารถใช้งานในรูปแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดี่ยวไม่ต้องใช้หน่วยความจำภายนอก สามารถใช้งานพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

2) ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือพัฒนาจำพวกอิมูเลเตอร์และเครื่องโปรแกรมอีพรอม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

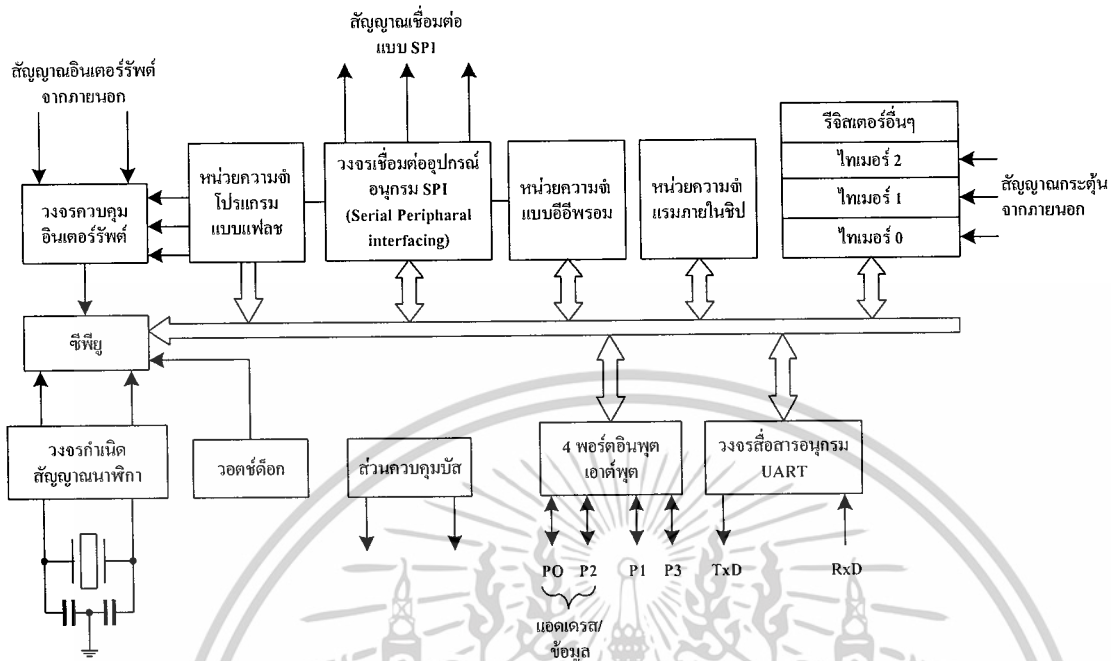
3) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้มีออกมาหลายเบอร์และมีความสามารถแตกต่างกันออกไปทำให้มีทางเลือกในการใช้งานที่ดีกว่า

4) มีการใช้หน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะทำให้สามารถป้องกันการคัดลอกข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรมได้เป็นอย่างดี

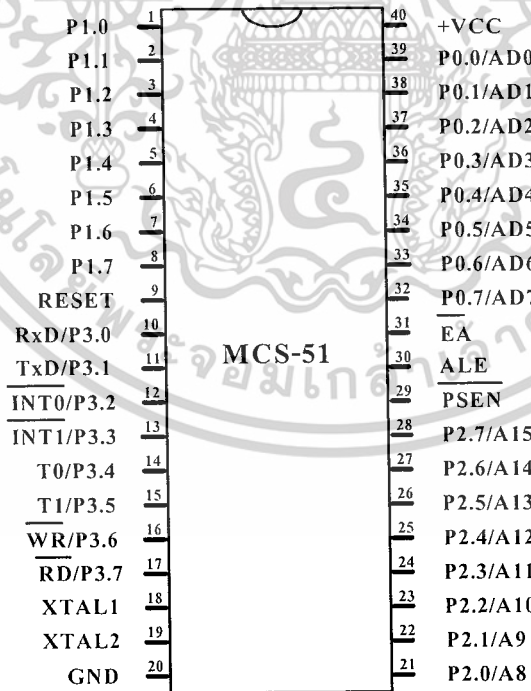
### 2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

- 1) เป็น ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- 2) ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
- 3) หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรมในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำแบบอีอีพรอมเพิ่มเติม
- 4) ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- 5) มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ (รับและส่งข้อมูลในเวลาเดียวกัน)
- 6) ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
- 7) สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัพต์ได้ 6 ประเภท
- 8) สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- 9) มีวงจรกำเนิดสัญญาณพิกที่อยู่ภายในชิป
- 10) มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89Sxx
- 11) มีวอตซ์ดีค็อกไทเมอร์ในตัว สำหรับในอนุกรม AT89Sxx

ในรูปที่ 2.16 เป็นโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในการอนุกรม AT89Sxx มีส่วนประกอบที่เพิ่มเติมแตกต่างจาก AT89C5x ขึ้นมาคือ วงจรเชื่อมต่อแบบ SPI ซึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์อนุกรมนี้ใช้ในการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมโดยไม่ต้องถอดตัวชิปออกไปจากระบบหรือเรียกว่าการโปรแกรมในวงจร ไทเมอร์และเคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตที่เพิ่มเติมเข้ามาอีกหนึ่งตัวเป็น ไทเมอร์ 2 และวงจรวอตซ์ดีค็อกซึ่งใช้ในการตรวจสอบการทำงานผิดพลาดของซีพียู



รูปที่ 2.16 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช อนุกรม AT89Sxx



รูปที่ 2.17 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกันดังแสดงในรูปที่ 2.17 โดยมีรายละเอียดขั้นต้นดังนี้

#### 1) ขา VCC

ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง + 5V

#### 2) ขา GND

เป็นขากราวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

#### 3) ขาพอร์ต 0 (P0.0-P0.7)

มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นที่ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (Float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนี้ขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาของข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับกับการทำงานเป็นที่ทั้งขาติดต่อกับแอดเดรสและขาข้อมูล

#### 4) ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7)

มีขา 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นที่ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนี้ในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทมเมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทมเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการ โปรแกรมข้อมูลในระบบ

#### 5) ขาพอร์ต 2 (P2.0-P2.7)

มีขา 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นที่ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนี้ขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

#### 6) ขาพอร์ต 3 (P3.0-P3.7)

มีขา 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นที่ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิต เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของพอร์ตที่ต้องการติดต่อกับ ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตได้ นอกนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ซึ่งจะมีรายละเอียดดังนี้

- P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารอนุกรม หรือขา RxD
- P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารอนุกรม หรือขา TxD
- P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเทอร์รัพต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา INTO
- P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเทอร์รัพต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา INTO
- P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณ ไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0
- P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเทอร์รัพต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1
- P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก
- P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

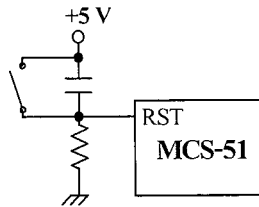
ตารางที่ 2.2 รายละเอียดบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ที่ใช้ในโครงงาน

เบอร์ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์	หน่วยความจำโปรแกรม	หน่วยความจำข้อมูล	จำนวนไทมเมอร์/ เคาน์เตอร์ 16 บิต
AT89SC1051	แบบแฟลช ขนาด 1 กิโลไบต์	แรม 64 ไบต์	1
AT89SC2051	แบบแฟลช ขนาด 2 กิโลไบต์	แรม 128 ไบต์	2
AT89SC51	แบบแฟลช ขนาด 4 กิโลไบต์	แรม 128 ไบต์	2
AT89SC52	แบบแฟลช ขนาด 8 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3
AT89SC55	แบบแฟลช ขนาด 20 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3
AT89S8252	แบบแฟลช ขนาด 8 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์ อีอีพรอม 2 กิโลไบต์	3
AT89S53	แบบแฟลช ขนาด 12 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3

### 7) ขารีเซต (Reset)

ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับปริเซตอย่างน้อย 2 แมกซีนไซเคิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ยังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างปกติ การต่อขารีเซตจะเป็นดังรูปที่ 2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 การต่อสัญญาณรีเซ็ต

#### 8) ขา ALE/PROG (Address Latch Enable/Program pulse input)

เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับ โปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

#### 9) ขา PSEN (Program Store Enable)

ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้งในแต่ละเมซินไซเคิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะ ไม่มีการส่งสัญญาณใดๆ ออกมา

#### 10) ขา EA/Vpp (External Access Enable/Programming voltage input)

ใช้สำหรับเลือกหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าขานี้เป็น “0” จะเป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น “1” ก็จะเป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ที่ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟฟ้าสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

#### 11) XTAL1 และ XTAL2

เป็นขาสำหรับติดต่อกับคริสตัลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

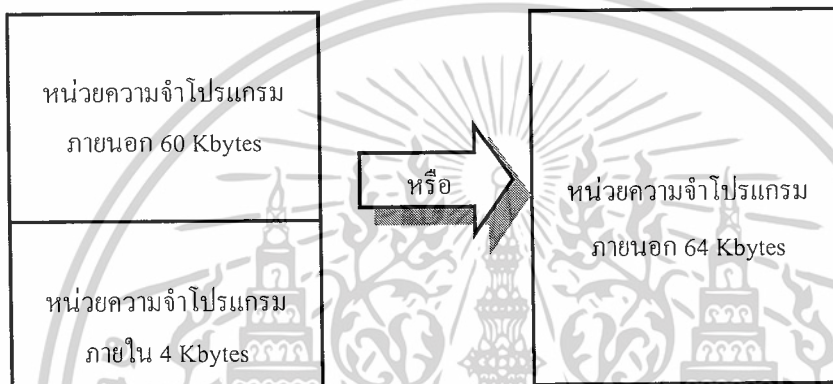
### 2.3.3 การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งจะมีหน่วยความจำภายในหลักๆ อยู่ 2 ส่วนคือ หน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1) หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory)

เป็น โปรแกรมที่ใช้เก็บโปรแกรมสั่งงาน โดยสามารถเลือกใช้หน่วยความจำภายในอย่างเดียวหรือรวมกับภายนอก หรือเลือกใช้หน่วยความจำภายนอกอย่างเดียวก็ได้ โดยภายใน AT89C51 จะมีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน 4 กิโลไบต์ ถ้าจะเลือกใช้หน่วยความจำภายในและภายนอก รวมกัน ก็จะสามารถติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้ 60 กิโลไบต์หรือเลือกใช้หน่วยความจำ ภายนอกทั้งหมด 64 กิโลไบต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.19



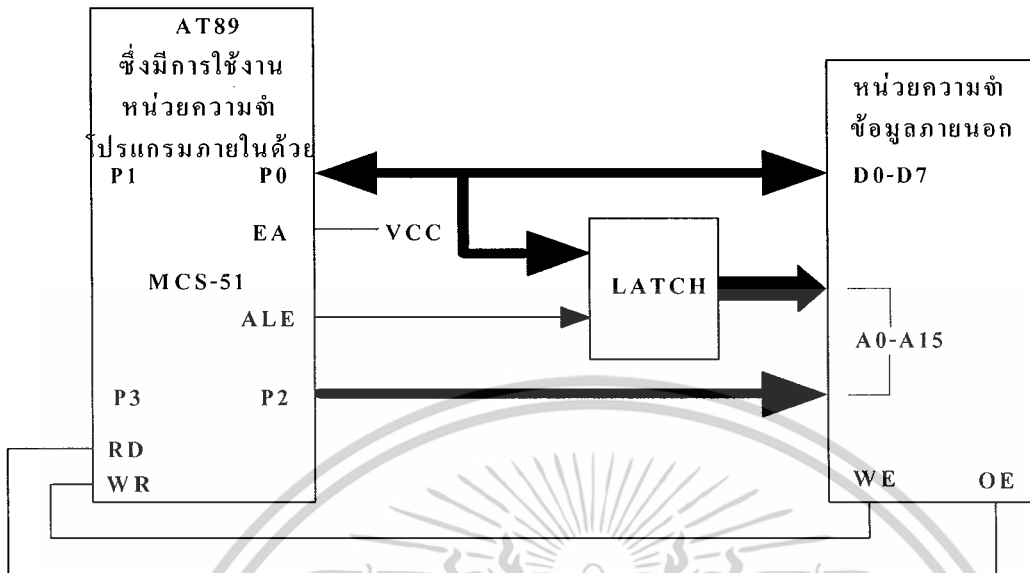
รูปที่ 2.19 การใช้หน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51

### 2) หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory)

มีด้วยกัน 2 แบบคือหน่วยความจำข้อมูลภายนอกและภายในโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ การติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชแสดงดังรูปที่ 2.20 จะเห็นได้ว่ามีลักษณะคล้ายกับการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม ภายนอก แตกต่างกันที่มีสัญญาณการอ่านและเขียนข้อมูลภายนอก

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89 ทุกเบอร์ซึ่งจะมี หน่วยความจำข้อมูลภายในเป็นแบบแรม โดยแต่ละเบอร์จะมีขนาดที่แตกต่างกันไป สำหรับการ จัดสรรหน่วยความจำข้อมูลภายในแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลส่วนบน ส่วนล่าง และ รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

### 2.3.4 กระบวนการอินเทอร์รัพต์

การติดต่อกันระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอกสามารถทำได้ 2 ลักษณะคือ ใช้วิธีการโพลลิง (Polling) ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องคอยตรวจสอบอุปกรณ์ภายนอกอยู่ตลอดเวลาว่ามีข้อมูลที่ต้องการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไม่ ซึ่งวิธีนี้จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องเสียเวลาไปกับการตรวจสอบนานมาก หากมีอุปกรณ์จำนวนมากติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ การติดต่อแบบที่สองเป็นการใช้การอินเทอร์รัพต์ซึ่งเป็นวิธีการที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ต้องคอยตรวจสอบอุปกรณ์ภายนอกอยู่ตลอดเวลา แต่จะให้อุปกรณ์ภายนอกส่งสัญญาณอินเทอร์รัพต์เข้ามาให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่ออุปกรณ์ภายนอกต้องการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับสัญญาณอินเทอร์รัพต์แล้วจึงจะทำการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอกนั้นๆ ต่อไป

การอินเทอร์รัพต์ (Interrupt) เป็นชื่อเรียกกระบวนการที่เข้ามาขัดจังหวะการทำงานโดยปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถตอบสนองการอินเทอร์รัพต์ที่เกิดขึ้นได้จาก 5 แหล่งกำเนิดสำหรับเบอร์ AT89C51 ประกอบด้วยการอินเทอร์รัพต์จากภายนอกผ่านทางขา INTO และ INT1 สัญญาณอินเทอร์รัพต์จากไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ T0 และ T1 ในขณะที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx สามารถตอบสนองการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเทอร์รัพต์ได้จาก 6 แหล่งกำเนิด โดยเพิ่มการรับสัญญาณอินเทอร์รัพต์จากไทเมอร์/แกนเตอร์ 2 อีกหนึ่งแหล่งกำเนิด

### 2.3.5 การจัดการอินเทอร์รัพต์

เมื่อมีการอินเทอร์รัพต์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เกิดขึ้นและมีการเอ็นเอเบิลการตอบสนองการอินเทอร์รัพต์ไว้ กระบวนการหลังจากนั้นซีพียูจะกระโดดไปยังแอดเดรสในหน่วยความจำที่กำหนดไว้ เรียกตำแหน่งแอดเดรสนี้ว่า แอดเดรสอินเทอร์รัพต์ (Interrupt Vector Address) ดังนั้นจะต้องมีการเขียนโปรแกรมย่อยการบริการอินเทอร์รัพต์ไว้ที่แอดเดรสอินเทอร์รัพต์เวกเตอร์นี้โดยค่าของแอดเดรสอินเทอร์รัพต์เวกเตอร์จะแตกต่างกันไปในการอินเทอร์รัพต์ต่างๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การอินเทอร์รัพต์ภายนอกที่ขา INTO มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัพต์เวกเตอร์อยู่ที่ 0003H

การอินเทอร์รัพต์จากไทเมอร์ 0 มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัพต์เวกเตอร์อยู่ที่ 000BH

การอินเทอร์รัพต์ภายนอกที่ขา INT1 มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัพต์เวกเตอร์อยู่ที่ 0013H

การอินเทอร์รัพต์จากไทเมอร์ 1 มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัพต์เวกเตอร์อยู่ที่ 001BH

การอินเทอร์รัพต์จากพอร์ตอนุกรม มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัพต์เวกเตอร์อยู่ที่ 0023H

การอินเทอร์รัพต์จากไทเมอร์ 2 มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัพต์เวกเตอร์อยู่ที่ 002BH

## 2.4 การขับโมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลว

### 2.4.1 รายละเอียดเกี่ยวกับโมดูล LCD

ใน โมดูล LCD จะมีส่วนประกอบหลักๆ 3 ส่วน ดังนี้

ตัวแสดงผล (Display) ภายในเป็นผลึกเหลวสามารที่จะแสดงผลให้เห็นได้โดยอาศัยแสงจากภายนอก ดังนั้นจึงต้องมีมุมในการมองข้อมูลที่แสดงผลบนจอ LCD

ตัวควบคุม (Controller) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกเข้ามาควบคุมการทำงานของโมดูล LCD เช่น ลบจอภาพ แสดงตัวอักษร และเลื่อนเคอร์เซอร์ เป็นต้น ตัวควบคุมนี้ใช้ชิปควบคุมโดยเฉพาะชิปที่นิยมใช้คือ เบอร์ HD44780 และ HD61830 โดย HD44780 จะใช้ควบคุม LCD แบบอักษร ส่วน HD61830 ใช้ควบคุม LCD แบบกราฟฟิก

ตัวขับ (Driver) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมเข้ามาขับให้ตัวแสดงผล แสดงข้อมูลตามที่กำหนดชิปที่ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวขับนี้ได้แก่ เบอร์ HD44100H และ MSM5259 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1) โครงสร้างภายในของตัวควบคุมโมดูล LCD

ในการใช้งาน โมดูล LCD จำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับ โครงสร้างและคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมให้ดีเสียก่อนในรูปที่ 2.24 เป็นบล็อกไดอะแกรมภายในชิปควบคุม LCD เบอร์ HD44780 ซึ่งในโมดูล LCD แบบอักษร ประกอบด้วย

### 1.1) บัฟเฟอร์อินพุตเอาต์พุต

เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก เพื่อที่จะถ่ายทอดข้อมูลเข้าออกภายในตัวควบคุม

### 1.2) รีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register : IR)

เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับข้อมูลคำสั่งจากอุปกรณ์ภายนอกเพื่อนำไปควบคุมการแสดงผล

### 1.3) รีจิสเตอร์ข้อมูล (Data Register : DR)

เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อที่จะถ่ายทอดไปยังหน่วยความจำที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลแสดงผลหรือนำข้อมูลไปสร้างตัวอักษรเพิ่มเติมในแรมเก็บตัวอักษร

### 1.4) แรมเก็บข้อมูลแสดงผล (Display Data RAM : DDRAM)

เป็นหน่วยความจำแรมทำหน้าที่เก็บข้อมูลจากรีจิสเตอร์ DR ตัวควบคุมจะนำข้อมูลใน DDRAM นี้ไปเปิดตาราง (Look up table) ของตัวอักษรที่เก็บไว้ในหน่วยความจำรวมและแรมเก็บตัวอักษร เพื่อนำไปแสดงที่ตัวแสดงผล

### 1.5) รมเก็บตัวอักษร (Charater Generator ROM : CGROM)

เป็นหน่วยความจำรวมที่จะใช้เก็บข้อมูลตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ที่สามารถอ่านออกไปแสดงที่ตัวแสดงผลได้ มีขนาด 7200 บิต โดยจะถูกอ่านด้วยค่าของข้อมูลใน DDRAM

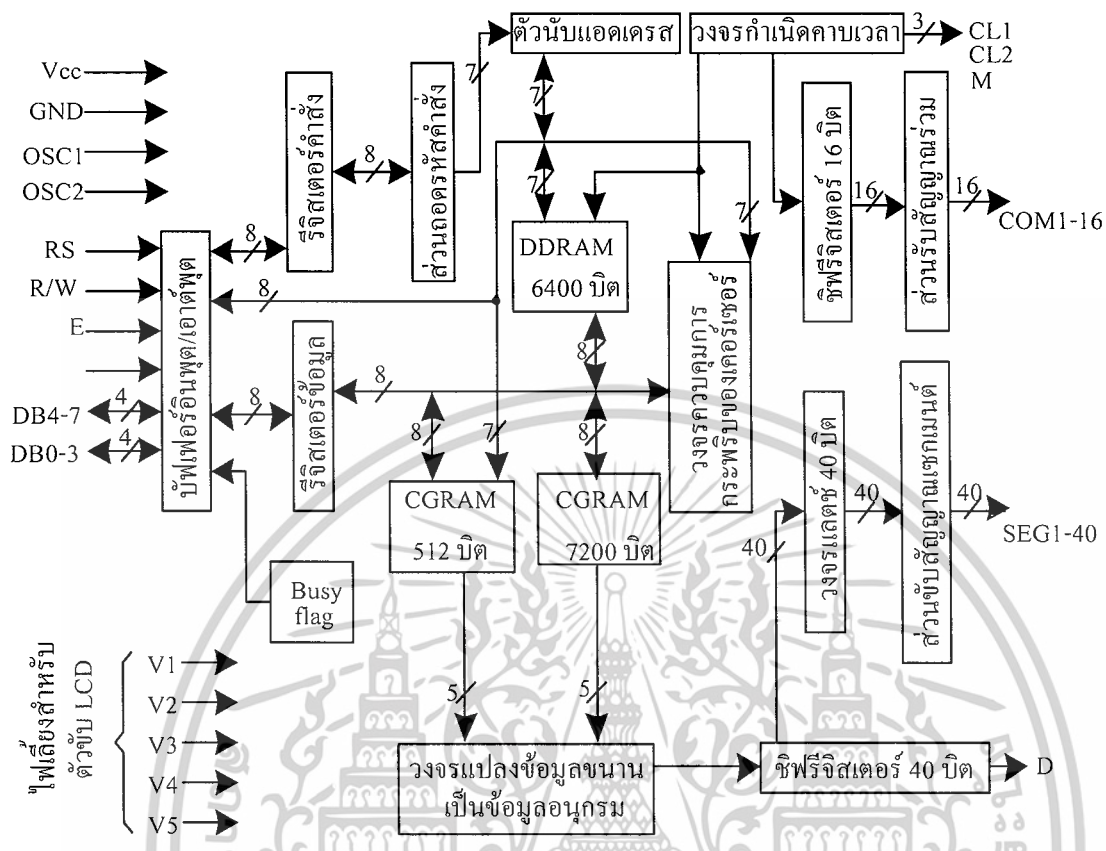
### 1.6) แรมเก็บตัวอักษร (Charater Generator RAM : CGRAM)

เป็นหน่วยความจำแรมที่ใช้เก็บตัวอักษรที่มีการสร้างเพิ่มเติมขึ้นมาใหม่ ในกรณีตัวอักษรใน CGROM ไม่เพียงพอ มีขนาด 512 บิต การเขียนและอ่านค่าไปทำได้เช่นเดียวกับ CGROM คือเขียนข้อมูลลงใน DDRAM แล้วตัวควบคุมจะมาอ่านค่าจาก CGRAM เอง

### 1.7) แฟลต Busy

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แจ้งสถานการณ์ทำงานของตัวควบคุมให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่าตัวควบคุมพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่งหรือไม่ ดังนั้นก่อนการส่งข้อมูลหรือคำสั่งมายังตัวควบคุม ต้องตรวจสอบสถานะของแฟลต Busy นี้เสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 แผนผังการทำงานของโมดูล LCD

2) รายละเอียดการทำงานของแต่ละขาของโมดูล LCD

โมดูล LCD ขนาด 16×2 มีขาต่อใช้งานทั้งสิ้น 16 ขา สำหรับรายละเอียดการทำงานของแต่ละขามีดังนี้

V<sub>SS</sub> (ขา 1) : ต่อกาววัด

V<sub>DD</sub> (ขา 2) : ต่อไฟเลี้ยง +5 โวลต์

V<sub>O</sub> (ขา 3) : เป็นขาอินพุตรับแรงดันเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผล

RS (ขา 4) : เป็นขาอินพุตซึ่งใช้ในการแยกชนิดของข้อมูลที่ทำการประมวลผลในขณะนี้ว่าเป็นคำสั่งเกี่ยวกับรีจิสเตอร์ IR หรือเป็นข้อมูลสำหรับรีจิสเตอร์ DR โดยถ้าขานี้เป็น “0” ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นคำสั่ง แต่ถ้าขานี้เป็น “1” ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นข้อมูลสำหรับการแสดงผล

R/W (ขา 5) : เป็นขาที่ใช้เลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับโมดูล LCD ถ้าเป็น “0” เป็นการกำหนดให้เขียนข้อมูล แต่ถ้าเป็น “1” จะเป็นการอ่านข้อมูล

E (ขา 6) : เป็นขาสำหรับสัญญาณพัลส์เอ็นเอเบิลโมดูล LCD ให้ทำงาน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D0-D7 (ขา 7-14) : เป็นขาที่จะใช้เส้นทางผ่านของข้อมูลระหว่าง LCD กับอุปกรณ์ภายนอก ขนาด 8 บิต

Back Light (ขา 15-16) : เป็นขาสำหรับต่อไฟเลี้ยง +5 โวลต์ เพื่อเพิ่มความสว่างของ โมดูล LCD

### 3) คำสั่งควบคุมโมดูล LCD

ในการเขียนคำสั่งลงในตัวควบคุม แน่แน่นอนว่าต้องกำหนดให้ขา RS และ R/W เป็น “0” แล้วเขียนคำสั่งตามไป คำสั่งควบคุมโมดูล LCD ของชิปควบคุม HD44780 ที่สำคัญมี 10 คำสั่งดังนี้

#### 3.1) คำสั่งเคลียร์ตัวแสดงผล (Clear display)

มีข้อมูลคำสั่งเป็นค่า 01H ซึ่งเป็นคำสั่งที่ใช้เขียนข้อมูลในช่องว่างหรือ Space เข้าไปใน DDRAM ทั้งหมด เมื่อตัวควบคุมเอ็ทซีคิวซ์คำสั่งนี้ จะทำการกำหนดแอดเดรสของ DDRAM เป็น 0 เคอร์เซอร์จะกลับไปอยู่ที่ตำแหน่งซ้ายมือสุดของจอแสดงผล แล้วเซตบิต I/D ให้เป็น “1”

#### 3.2) คำสั่ง Return home

ต้องกำหนดให้บิต 1 ของข้อมูลเป็น “1” ซึ่งจะเป็นคำสั่งให้เคอร์เซอร์เคลื่อนที่กลับไปยังตำแหน่งซ้ายสุดของจอแสดงผล แต่ข้อมูลบนจอแสดงผลไม่เปลี่ยนแปลงนั่นคือ ข้อมูลคำสั่งนี้จะ เป็น 02H หรือ 03H ก็ได้

#### 3.3) คำสั่งเลือกโหมดการป้อนข้อมูล (Entry Mode Set)

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	0	0	1	I/O	S

บิต S เป็นบิตที่ใช้ในการกำหนดลักษณะของการแสดงผล เมื่อมีการป้อนข้อมูล ถ้าหากบิต S เป็น “1” เมื่อเกิดข้อมูลใหม่บนจอแสดงผล ตัวเคอร์เซอร์จะอยู่กับที่แต่ตัวอักษรข้อมูลเดิมจะถูกดันไปทางซ้าย แต่ถ้าหากบิตนี้เป็น “0” เมื่อเกิดข้อมูลใหม่ตัวเคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวามือ

บิต I/O เป็นบิตที่ใช้กำหนดว่า เมื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลแล้วแอดเดรสของ DDRAM เพิ่มขึ้นหรือลดลงหนึ่งแอดเดรส ดังนั้นถ้าบิตนี้เป็น “1” แอดเดรสของ DDRAM ก็จะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเป็น “0” แอดเดรสจะลดลง

ดังนั้นข้อมูลคำสั่งที่เกิดขึ้นสำหรับคำสั่งนี้ได้แก่ 04H ถึง 07H (ข้อมูลคำสั่ง) และที่ใช้บ่อยคือ 06H หมายถึง กำหนดให้เมื่อเกิดข้อมูลใหม่ เคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวามือ ส่งผลให้แอดเดรสของ DDRAM เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4) คำสั่งควบคุมการแสดงผล

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	0	1	D	C	B

บิต D ใช้ควบคุมการเปิดปิดจอแสดงผล ถ้าบิตนี้เป็น “1” จะเป็นการเปิดจอแสดงผล ถ้าเป็น “0” จะเป็นการปิดจอแสดงผล

บิต C ใช้ควบคุมการแสดงตัวเคอร์เซอร์บนจอแสดงผล ถ้าต้องการให้มีเคอร์เซอร์แสดงผลบนจอแสดงผลต้องกำหนดให้บิตนี้เป็น “1” ถ้ากำหนดให้เป็น “0” จะเป็นการปิดเคอร์เซอร์หรือไม่แสดงเคอร์เซอร์

บิต B ใช้ควบคุมการกระพริบของเคอร์เซอร์ ถ้าบิตนี้เป็น “1” เคอร์เซอร์ก็จะกระพริบคั้งนั้นจะมีข้อมูลคำสั่งตั้งแต่ 08H-0FH (8 รูปแบบคำสั่ง) ที่ใช้บ่อยคือ 0CH เป็นการสั่งให้เปิดจอแสดงผลแต่ไม่แสดงเคอร์เซอร์และ 0FH เป็นการสั่งให้เปิดจอแสดงผล แสดงเคอร์เซอร์ และสั่งให้เคอร์เซอร์กระพริบ

### 3.5) คำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และข้อมูลตัวอักษร

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	1	S/C	R/L	*	*

ตารางที่ 2.3 การควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักษรบนจอแสดงผล

S/C	R/L	ลักษณะการเลื่อน	ข้อมูลคำสั่ง
0	0	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางซ้าย	10H-13H
0	1	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางขวา	14H-17H
1	0	เลื่อนตัวอักษรใหม่ไปทางซ้าย	18H-1BH
1	1	เลื่อนตัวอักษรใหม่ไปทางขวา	1CH-1FH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6) คำสั่งกำหนดฟังก์ชันการทำงาน

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	1	DL	N	F	*	*

บิต DL ใช้กำหนดจำนวนบิตที่ใช้ติดต่อส่งผ่านข้อมูล ถ้าบิตนี้เป็น “0” จะเป็นการติดต่อแบบ 4 บิต แต่ถ้าเป็น “1” จะเป็นแบบ 8 บิต

บิต N ใช้กำหนดจำนวนบรรทัดของการแสดงผล ถ้าเป็น “0” จะแสดงผล 1 บรรทัดถ้าเป็น “1” จะแสดงผล 2 บรรทัด ในกรณีที่จอแสดงผลสามารถแสดงได้มากกว่า 2 บรรทัด และต้องการให้แสดงผลมากกว่า 2 บรรทัดก็กำหนดบิต N นี้ให้เป็น “1” จุดที่น่าสังเกตคือ โมดูล LCD แบบ 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด แม้จะมีการแสดงผลเพียง 1 บรรทัด แต่จะต้องกำหนด N ให้เป็น “1” เนื่องจากแอดเดรสของ DDRAM แบ่งเป็น 2 ช่องคือ 00H และ 40H

บิต F ใช้เลือกความละเอียดของตัวอักษรในการแสดงผล ถ้าบิตนี้เป็น “0” จะเป็นการแสดงผลแบบ 5×7 จุด และถ้าเป็น “1” จะแสดงผลเป็นแบบ 5×10 จุด

ข้อมูลคำสั่งที่ใช้บ่อยคือ 38H เป็นการกำหนดให้โมดูล LCD ทำงานในแบบ 8 บิต แสดงผล 2 บรรทัดและเลือกความละเอียดเป็น 5×7 จุด

### 3.7) คำสั่งเลือกแอดเดรสของ CGRAM

เมื่อต้องการกำหนดแอดเดรสของ CGRAM ต้องกำหนดให้บิต 7 เป็น “0” บิต 6 เป็น “1” ส่วนอีก 6 บิตที่เหลือจะแทนด้วยค่าแอดเดรสของ CGRAM จะต้องทำการกำหนดแอดเดรสด้วยคำสั่งนี้ ก่อนที่จะอ่านหรือเขียนข้อมูลให้ CGRAM โดยแอดเดรสของ CGRAM อยู่ระหว่าง 00H-3FH

### 3.8) คำสั่งเลือกแอดเดรสของ DDRAM

ใช้ในการเลือกแอดเดรสของ DDRAM ก่อนที่จะทำการอ่านหรือเขียนข้อมูล โดยบิต 7 ต้องเป็น “1” และข้อมูลอีก 7 บิตที่เหลือก็จะเป็นค่าแอดเดรสของ DDRAM ดังนั้นแอดเดรสของ DDRAM จะอยู่ระหว่าง 8CH-0FFH ทั้งนี้จำนวนแอดเดรสนี้ขึ้นกับการกำหนดสถานะที่บิต N เป็น “0” แอดเดรสของ DDRAM ก็จะอยู่ระหว่าง 80H-0CFH และถ้าบิต N เป็น “1” แอดเดรสของ DDRAM จะมี 2 ช่วงคือ 8CH-87H และ 0C0H-0C7H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9) คำสั่งอ่านแฟลต Busy และแอดเดรส  
มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
BF	A	A	A	A	A	A	A

เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านแฟลต Busy (BF) โดยที่แฟลตนี้จะเป็นตัวบอกสถานะของตัวควบคุม LCD ว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลอยู่หรือไม่ ถ้าหากบิต BF เป็น “0” แสดงว่าตัวควบคุม LCD พร้อมรับข้อมูลหรือคำสั่ง แต่ถ้าเป็น “1” แสดงว่า ขณะนี้ตัวควบคุม LCD ยังอยู่ในกระบวนการทำงานภายในหรือกำลังประมวลผลข้อมูลอยู่ซึ่งยังไม่พร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่ง เมื่อต้องการอ่านแฟลตก็ต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “1” ด้วย แต่สัญญาณที่ RS ยังต้องเป็น “0” อยู่เพราะข้อมูลนี้เป็นข้อมูลคำสั่ง นอกจากนี้ยังใช้เป็นคำสั่งอ่านข้อมูลแอดเดรสของ CGRAM และ DDRAM ด้วย โดยบิต 0 ถึงบิต 6 เป็นค่าข้อมูลของแอดเดรสที่ต้องการ

#### 4) การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD

ในการเขียนข้อมูลเพื่อควบคุมให้โมดูล LCD แสดงผลตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ต้องส่งคำสั่ง (Instruction) แล้วกำหนดโหมดการทำงานให้แก่โมดูล LCD ก่อน จากนั้นจึงค่อยส่งข้อมูล (Data) ที่ต้องการแสดงผล เนื่องจากบัสข้อมูลของโมดูล LCD มี 8 เส้นคือ D0-D7 และใช้เป็นทางผ่านของทั้งคำสั่งและข้อมูล ดังนั้นในการส่งคำสั่งและข้อมูลจึงต้องอาศัยการกำหนดสัญญาณลอคิกที่ขา RS ถ้าหากที่ขา RS ได้ลอคิก “0” หมายความว่า ข้อมูลที่ป้อนให้แก่โมดูล LCD ขณะนั้นเป็นคำสั่ง ในทางตรงข้าม หากขา RS ด้รับลอคิก “1” ข้อมูลที่ป้อนให้ขณะนั้นเป็นข้อมูลที่ใช้ในการแสดงผล

เมื่อต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูลใน CGRAM และ DDRAM เริ่มต้นต้องกำหนดแอดเดรสที่ต้องการอ่านหรือเขียนก่อน โดยใช้คำสั่งเลือกแอดเดรส จากนั้นกำหนดให้ขา RS เป็น “1” เพื่อแจ้งให้ตัวควบคุมภายใน โมดูล LCD ทราบว่าข้อมูลที่ปรากฏต่อไปนี้เป็นข้อมูลปกติไม่ใช่คำสั่ง

ในกรณีที่ต้องการอ่านข้อมูลจะต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “1” ข้อมูลขนาด 8 บิต (หรือ 4 บิต) ก็จะปรากฏบนบัสข้อมูล โดยข้อมูลที่อ่านออกมาได้จะเป็นข้อมูลจากแอดเดรสของ CGRAM หรือ DDRAM ตามที่ต้องการ

ในกรณีที่ต้องการเขียนข้อมูล เมื่อกำหนดแอดเดรสหรือป้อนลอคิก “1” ให้ขา RS แล้ว แล้วต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “0” ข้อมูลที่อยู่บนบัสข้อมูลจะถูกเขียนลงในรีจิสเตอร์ DR จากนั้นจึงถ่ายทอดลงใน DDRAM ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5) จังหวะการทำงานของโมดูล LCD

ในการติดต่อกับโมดูล LCD จะต้องมีกำหนดช่วงเวลาหลังจากที่ทำการส่งรหัสคำสั่งหรือข้อมูล เนื่องจากต้องรอให้คอนโทรลเลอร์ภายในโมดูล LCD แปลความหมายของรหัสคำสั่งและทำงานตามคำสั่งให้เรียบร้อยก่อนจากนั้นจึงจะรับข้อมูลหรือดำเนินการต่อไป

ดังนั้นในการใช้งานโมดูล LCD ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องมีโปรแกรมเพื่อหน่วงเวลารอให้โมดูล LCD พร้อมทำงานด้วย โดยเมื่อเริ่มจ่ายไฟให้แก่โมดูล LCD ต้องรอประมาณ 10 มิลลิวินาที เพื่อให้โมดูล LCD ทำการเตรียมความพร้อมหรืออินิเชียล (Initial) หลังจากนั้นก็จะกำหนดลอจิกให้แก่ขา RS ของโมดูล LCD แล้วต้องหน่วงเวลาอีกประมาณ 2 มิลลิวินาทีเพื่อให้คอนโทรลเลอร์ในโมดูล LCD แปลความหมายของลอจิกที่ขา RS ว่าข้อมูลต่อไปที่จะได้รับนั้นเป็นรหัสคำสั่งหรือเป็นข้อมูลที่ต้องการแสดงผล จากนั้นจะเป็นการส่งข้อมูลมารอที่บัสข้อมูล D0-D7 (ในกรณีทำงานในโหมด 8 บิต) ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการส่งสัญญาณพัลส์ไปที่ขา E เพื่อเอ็นเอเบิลโมดูล LCD ให้รับข้อมูลจากบัสข้อมูลเข้าไป โดยพัลส์ที่ป้อนเข้าที่ขา E ของโมดูล LCD ต้องเป็นพัลส์ขอบขึ้นจากนั้นทำการหน่วงเวลา 2 มิลลิวินาที ทั้งหมดที่กล่าวมาคือขั้นตอนและจังหวะในการทำงาน 1 รอบของโมดูล LCD จะเห็นได้ว่ามีโปรแกรมน้อยที่สำคัญอยู่ 3 โปรแกรมย่อยคือ โปรแกรมอินิเชียล LCD โปรแกรมหน่วงเวลาและโปรแกรมน้อยการส่งพัลส์ เพื่อเอ็นเอเบิลโมดูล LCD

## 2.5 อุปกรณ์ป้อนกลับ

อุปกรณ์ป้อนกลับหรือที่นิยมเรียกขานกันในแวดวงอุตสาหกรรมว่า เอนโค้ดเดอร์ ซึ่งถือได้ว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญอีกส่วนหนึ่งในระบบขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์และขับเคลื่อนไฟฟ้าแบบเอซีชนิดที่ควบคุมแบบโคลสลูป ระบบเซอร์โวไม่สามารถควบคุมได้ หากปราศจากเอนโค้ดเดอร์

### 2.5.1 ชนิดและโครงสร้างของเอนโค้ดเดอร์

เอนโค้ดเดอร์จะทำหน้าที่เสมือนกับผู้ตรวจการ โดยจะทำหน้าที่ตรวจวัดความเร็ว ทิศทางการหมุนของมอเตอร์และตำแหน่งเพลลาของโรเตอร์ จากนั้นก็ส่งสัญญาณกลับไปยังคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมให้ทรานซิสเตอร์ในวงจรกำลังของชุดขับเคลื่อนเซอร์โวเกิดการตัด-ต่อกระแสไฟฟ้าให้สัมพันธ์กับตำแหน่งของโรเตอร์

เอนโค้ดเดอร์สามารถแยกประเภทตามหลักการได้ 2 กลุ่มคือ

- 1) ชนิดทำงานโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำหรือเรียกว่า แอนะลอก เอนโค้ดเดอร์
- 2) ชนิดทำงานโดยอาศัยหลักการดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

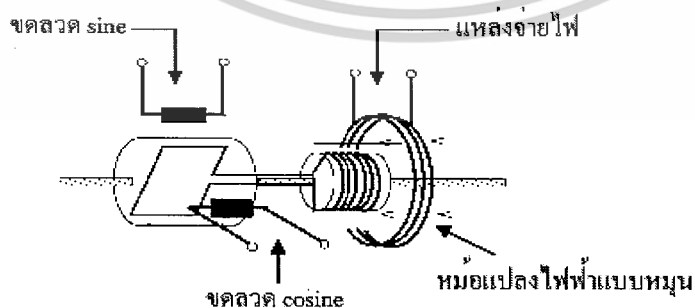
ชนิดที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำหรือเรียกว่าแอนะล็อกจะประกอบด้วยเทคโนโลยีมอเตอร์และรีโซลเวอร์ ส่วนชนิดที่ทำงานโดยอาศัยหลักการออปติคอลหรือแบบดิจิตอลจะแยกเป็นแบบ Incremental encoder และ Absolute encoder ซึ่งแต่ละชนิดมีหลักการทำงานดังนี้

1) เทคโนโลยีมอเตอร์ คือมอเตอร์ขนาดเล็ก ที่ทำหน้าที่แปลงความเร็วรอบมาเป็นแรงดันไฟฟ้าสำหรับควบคุม 0-10 โวลต์ เพื่อป้อนกลับไปยังชุดไครฟ์

2) รีโซลเวอร์ คือเป็นเซนเซอร์ชนิดที่มีการใช้งานมากในระบบเซอร์โว เนื่องจากมีความแข็งแรงทนทาน ทนต่อสภาพแวดล้อมอุตสาหกรรมได้ดี เช่น แรงสั่นสะเทือน แรงกระแทก และอุณหภูมิ เป็นต้น

โครงสร้างของรีโซลเวอร์จะมีลักษณะคล้ายกับมีหม้อแปลงไฟฟ้าอยู่ 2 ชุด โดยชุดแรกจะเป็นชุดที่รับสัญญาณอ้างอิงหรือสัญญาณกระตุ้น จากคอนโทรลเลอร์เพื่อสร้างแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำเพื่อให้เกิดกระแสไหลไปสร้างสนามแม่เหล็กให้กับขดลวดชุดที่สอง ส่วนชุดที่สองจะประกอบด้วยขดลวดปฐมภูมิที่ติดกับโรเตอร์ 1 ชุด และมีขดลวดทุติยภูมิ 2 ชุด วางในตำแหน่งที่ทำมุมห่างกัน 90 องศา ซึ่งเรียกว่า sine และ cosine

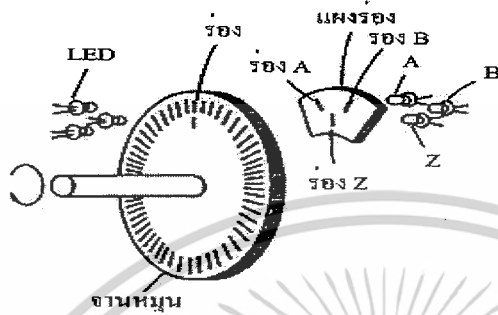
เมื่อเริ่มต้นการทำงาน เปิดสวิตช์เพื่อจ่ายไฟให้กับชุดคอนโทรลเลอร์หรือชุดเซอร์โวไครฟ์ คอนโทรลเลอร์จะจ่ายสัญญาณอ้างอิงความถี่สูงเข้าไปที่ขดลวดสเตเตอร์ชุดที่หนึ่ง จากนั้นก็จะเกิดการเหนี่ยวนำและเกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดลวดที่พันอยู่ที่โรเตอร์ แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำนี้จะทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกระแสให้กับขดลวดปฐมภูมิชุดที่สองทำให้เกิดสนามแม่เหล็กและเหนี่ยวนำข้ามไปยังขดลวดทุติยภูมิ sine และ cosine สัญญาณที่ได้จากการเหนี่ยวนำของขดลวดทุติยภูมิ sine และ cosine จะมีมุมต่างเฟสกัน 90 องศา ตามลักษณะของขดลวดที่วางทำมุมต่างกัน ส่วนขนาดของสัญญาณในแต่ละช่วงเวลาก็จะมีขนาดไม่เท่ากัน โดยขึ้นอยู่กับมุมของสนามแม่เหล็กจากโรเตอร์ที่ไปตัดกับขดลวด sine และ cosine ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 โครงสร้างของรีโซลเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

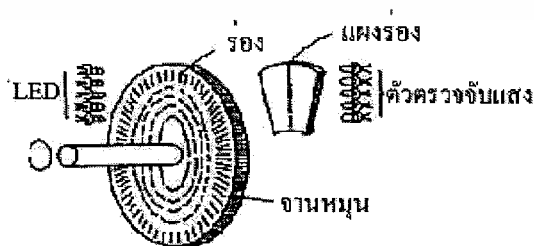
3) Incremental encoder ทำงานโดยอาศัยหลักการออปติคัล บางครั้งก็เรียกตามหลักการว่า Optical encoder หรือบางครั้งก็จะเรียกว่า Digital encoder ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 โครงสร้างของ Incremental encoder

โครงสร้างจะประกอบด้วยตัวกำเนิดแสง ตัวจับแสงซึ่งถูกคั่นกลางด้วยแผ่นจานกลมๆ ที่มีการทำรูเจาะไว้รอบๆ แผ่น ซึ่งจำนวนรูเจาะขึ้นอยู่กับความละเอียดของ Incremental encoder และหน้ากอกแยกช่องของสัญญาณพัลส์ A B และ Z ซึ่งสัญญาณที่ได้รับจากเอนโค้ดเดอร์ชนิดนี้จะประกอบด้วย 3 แทรค คือ A B และ Z ดังรูป 2.26 พัลส์ที่เกิดจาก A และ B จะเกิดการเหลื่อมกันมีความต่างเฟสกัน 90 องศา ก็เพื่อที่จะทำหน้าที่รายงานผลของความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ให้กับคอนโทรลเลอร์ กรณีพัลส์ A เกิดขึ้นก่อน B คอนโทรลเลอร์จะรับรู้ว่ามีมอเตอร์กำลังหมุนด้วยทิศทางตามเข็มนาฬิกา แต่ถ้าหากพัลส์ B เกิดขึ้นก่อน A คอนโทรลเลอร์จะรับรู้ว่ามีมอเตอร์กำลังหมุนด้วยทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ส่วนแทรค Z หรือพัลส์อ้างอิง จะเกิดขึ้น 1 พัลส์ในการหมุน 1 รอบ ทำหน้าที่ใช้อ้างอิงตำแหน่งของโรเตอร์

4) Absolute encoder เป็นดิจิทัล เอนโค้ดเดอร์ อีกชนิดหนึ่งที่อาศัยหลักการออปติคัล คล้าย Incremental encoder โดยประกอบด้วยตัวกำเนิดแสง ตัวจับแสงและจานเข้ารหัสดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 โครงสร้างของ Absolute encoder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของ Absolute encoder จะมีแผ่นดิสก์พิเศษซึ่งมีลักษณะเป็น Gray Scales ความละเอียดตำแหน่งจะขึ้นอยู่กับจำนวนบิต การให้ข้อมูลตำแหน่งค่อนข้างละเอียดและสามารถรายงานบอกตำแหน่งได้ทุกๆ จุดที่โรเตอร์หมุนเคลื่อนที่ไป

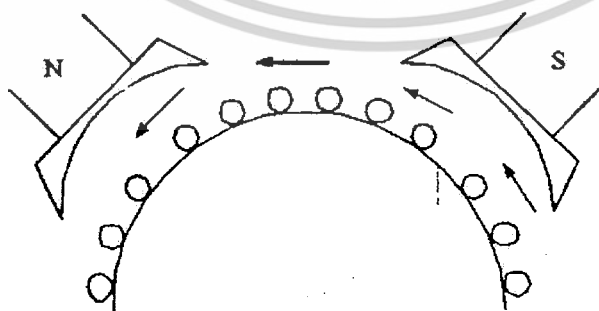
## 2.6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

หลักการของมอเตอร์ก็คือตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล เพื่อนำพลังงานกลที่ได้ไปขับเคลื่อนสิ่งต่างๆ ตามที่ต้องการ อาการทางกลที่เกิดขึ้นนี้อาศัยหลักการที่ว่า เมื่อมีกระแสไหลในตัวนำซึ่งอยู่ในสนามแม่เหล็กนั้นย่อมทำให้เกิดแรงขึ้นซึ่งทิศทางที่หาได้จากกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง ขนาดของแรงที่เกิดขึ้น หาได้จาก

$$F = B I L \tag{2.13}$$

- เมื่อ  $F$  หมายถึง แรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำหนึ่งตัว (นิวตัน)
- $B$  หมายถึง ความหนาแน่นสนามแม่เหล็ก (เวเบอร์ / เมตร)
- $I$  หมายถึง กระแสที่ไหลในตัวนำ (แอมป์)
- $L$  หมายถึง ความยาวของตัวนำ (เมตร)

แรง  $F$  ที่เกิดขึ้นนี้ซึ่งอยู่ในแนวที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กและกระแสที่ไหลผ่านตัวนำนั้นๆ เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงนี้ โดยหลักการขึ้นพื้นฐานของโครงสร้างเครื่องกำเนิดไฟและมอเตอร์นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางด้านโครงสร้างเลย นั่นก็คือ เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงเครื่องเดียวกันนี้สามารถนำไปใช้งานสลับกันได้

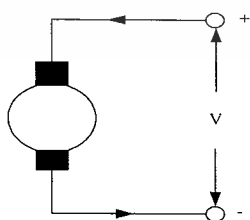


รูปที่ 2.28 หลักการของมอเตอร์

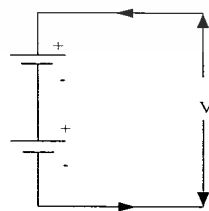
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.28 แสดงส่วนหนึ่งของมอเตอร์กระแสไฟตรง ที่มีปลายขั้วแม่เหล็กเมื่อใส่ไฟเข้าไปในสนามกระตุ้น ย่อมทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กขึ้นที่ขั้วแม่เหล็ก และเมื่อป้อนอำนาจแม่เหล็กที่ขั้วแม่เหล็กและเมื่อป้อนกระแสให้ไหลผ่านในตัวนำที่อาร์มาเจอร์ก็จะทำให้เกิดแรงขึ้นในตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กนั่นคือ ทำให้อาร์มาเจอร์หมุน ในที่นี้ได้กำหนดให้กระแสที่ไหลในตัวนำของอาร์มาเจอร์ ที่อยู่ภายใต้ขั้วเหนือ (N) มีทิศของกระแสพุ่งออกมาข้างนอกดังหัวลูกศรที่เป็นจุด เมื่อเป็นเช่นนี้จึงหาทิศทางของการเคลื่อนที่ของตัวนำทุกๆ ตัวที่อยู่ภายใต้ขั้วเหล็ก N และ S ได้โดยใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง วิธีการหา ก็คือกางมือซ้ายออก โดยให้นิ้วหัวแม่มือชี้ขึ้นและนิ้วกลางตั้งฉากซึ่งกันและกัน (ทำแบบเดียวกับกฎมือขวาซึ่งใช้ในการหาทิศทางแรงเคลื่อนไฟที่เกิดขึ้น) จากนั้นให้ใช้นิ้วชี้ชี้ไปตามทิศทางของสนามแม่เหล็ก คือชี้จากขั้ว N ไป S ให้นิ้วกลางชี้ไปตามทิศทางของการไหลกระแส ณ ตัวนำที่ต้องการหาการเคลื่อนที่นั่นๆ นั่นคือนิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางของการเคลื่อนที่ของตัวนำนั้นๆ จะพบว่าแรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำทุกตัวภายใต้ขั้วแม่เหล็กเดียวกันจะมีทิศทางไปในทางเดียวกัน และจะอยู่ในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวงจรของอาร์มาเจอร์นั้นๆ และพบว่าแรงที่เกิดขึ้นภายใต้ขั้วแม่เหล็กทุกๆ ขั้วที่สลับกันไปในนั้นจะมีทิศทางไปในทางเดียวกันทั้งสิ้น โดยแต่ละแรงจะอยู่ในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวงจรของอาร์มาเจอร์ นั่นคือภายใต้ขั้วแม่เหล็กแต่ละขั้วจะเกิดแรงลัพท์ขึ้นแรงหนึ่ง ฉะนั้นเมื่อมีหลายขั้วก็มีหลายแรงทุกๆ แรงต่างรวมกันเป็นแรงบิดขึ้นมาแรงหนึ่งดังนั้นจึงทำให้เกิดการหมุนของมอเตอร์ได้จากแรงที่เกิดขึ้น

ความสำคัญของแรงเคลื่อนไฟสวน เมื่ออาร์มาเจอร์เริ่มหมุน จะทำให้ตัวนำที่อยู่ในอาร์มาเจอร์ตัดเส้นแรงแม่เหล็กจากสนามแม่เหล็กหลัก หรือสนามแม่เหล็กลัพท์ที่เกิดอยู่ในมอเตอร์นั้นคือ เกิดการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟขึ้นบนตัวนำภายในอาร์มาเจอร์ ซึ่งเป็นไปตามกฎของการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้า แรงเคลื่อนที่เกิดขึ้นนี้หาทิศทางแรงเคลื่อนของไฟฟ้าได้โดยใช้กฎมือขวาของเฟลมมิ่งและพบว่าทิศทางสวนกับแรงเคลื่อนที่ใส่เข้าไปกับมอเตอร์ ดังนั้นจึงเรียกรวมแรงเคลื่อนนี้ว่า แรงเคลื่อนสวน (back e.m.f. =  $E$ ) ดังรูปที่ 2.29



(ก) วงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



(ข) วงจรสมบรูณ์ของมอเตอร์

### รูปที่ 2.29 ลักษณะการต่อวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการที่เกิด  $E$  ขึ้นนี้จึงเขียนวงจรสมมูลย์ของมอเตอร์ นั้นคือในการที่จะได้ดังรูปที่ 2.29 (ข) เหมือนกับว่ามีแบตเตอรี่  $E$  ที่คร่อมอยู่กับแรงเคลื่อนไฟ  $V$  ที่จ่ายให้กับมอเตอร์นั้นคือในการที่จะให้  $I$  ไหลได้ในอาร์มาเจอร์นั้นต้องมีกำลังไฟจำนวนหนึ่งที่ต้องเอาชนะการสวนนี้ก็คือ  $E I$  ในกรณีที่เป็นเซลล์หรือแบตเตอรี่นั้นกำลังที่จะเอาชนะสวนนี้ก็คือกำลังที่เปลี่ยนไปเป็นยกกำลังงานทางเคมีแต่ในมอเตอร์นั้นกำลังที่จะเอาชนะการสวนนี้ก็คือ กำลังที่เปลี่ยนไปเป็นกำลังงานกลนั่นเอง นั่นคือกระแส  $I$  จะมีค่า

$$I = \frac{\text{แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้ในวงจร}}{\text{ค.ต.ท. ในวงจรของอาร์มาเจอร์}} \quad (2.14)$$

$$I = \frac{\text{net voltage}}{\text{armature circuit resistance}} \quad (2.15)$$

ตามที่กล่าวมาในตอนต้นแล้วว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการหมุนในตัวนำในสนามแม่เหล็กมีค่า

$$E = \frac{\phi Z S P}{60 a} \quad (2.16)$$

พบว่า  $E$  ขึ้นอยู่กับตัวประกอบต่างๆ เช่น  $\phi$ ,  $Z$ ,  $S$ ,  $P$  และ  $a$  แต่เนื่องจากว่า  $Z$ ,  $P/a$  เป็นค่าคงที่ในการพันอาร์มาเจอร์ของแต่ละเครื่องที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงได้

$$E = K \phi S \quad (2.17)$$

เมื่อ  $K$  หมายถึง ค่าคงที่ทางไฟฟ้า =  $\frac{Z P}{60 a}$

$S$  หมายถึง ความเร็วเป็น r. p. m.

$\phi$  หมายถึง เส้นแรงแม่เหล็กต่อขั้ว (Wb)

จากสมการ  $E$  ที่กล่าวมานี้พบว่า  $E$  จะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับค่า  $\phi$  และ  $S$  จะนั้นเพื่อให้  $\phi$  คงที่จึงพบว่า  $E$  เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเร็ว  $S$  นั่นคือเมื่อ  $S$  มีค่ามากจะทำให้  $E$  มีค่ามากและย่อมทำให้  $I$  มีค่าน้อย (เมื่อ  $V$  คงที่นั่นคือผลต่างของ  $V$  และ  $E$  มีค่าน้อย เมื่อ  $R =$  คงที่) จึงทำให้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงบิดที่มอเตอร์จ่ายออกมามีค่าน้อยด้วย ดังนั้นจะพบว่า E เป็นตัวที่คอยควบคุมการไหลของกระแส I ในอาร์มาเจอร์นั่นเอง นั่นคือ E เป็นตัวทำมอเตอร์มีการควบคุมอยู่ในตัวของมันเองโดยการดึงกระแสเท่าที่จำเป็นต้องใช้เพื่อให้มอเตอร์หมุนได้ในภาวะที่ต้องการ เพื่อให้เกิดการสมดุลย์ตามกฎการทรงมวลนั่นเอง

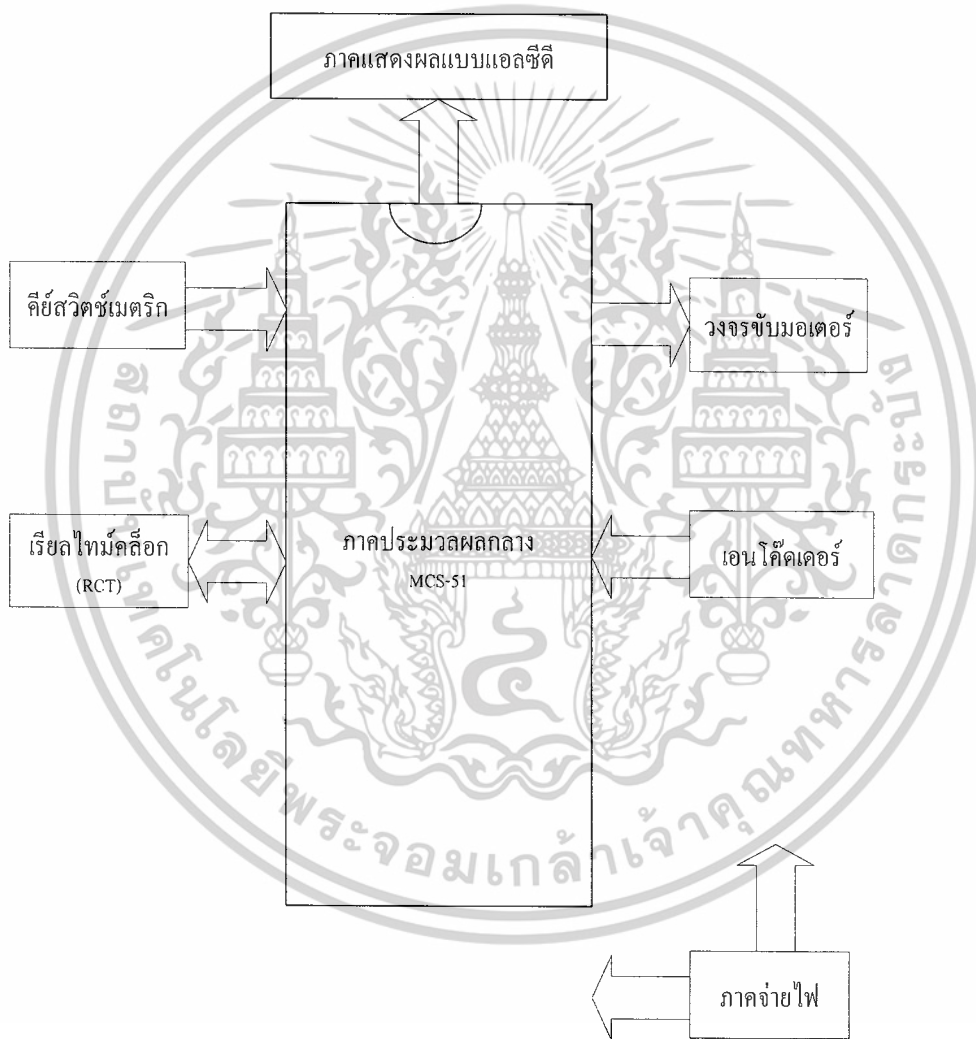


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

## การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

### 3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องพ่นหม้อแปลงอัตโนมัติ



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องพ่นหม้อแปลงอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.1 เป็นแผนผังการทำงานของเครื่องพ่นหม้อแปลงอัตโนมัติ ซึ่งจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ภาคแสดงผลแบบแอลซีดี ทำหน้าที่แสดงผลการทำงานเป็นแอลซีดี ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด ใช้ในการแสดงผลของเวลาปัจจุบัน วัน เดือน และปี รวมทั้งแสดงผลขณะป้อนข้อมูลและขณะทำงานเพื่อสะดวกในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งภายนอก หลักการทำงานของภาคแสดงผลแบบแอลซีดีนี้จะใช้หลักการส่งข้อมูลขนาด 8 บิต ป้อนให้กับตัวแอลซีดี แล้วกำหนดสัญญาณควบคุมการแสดงผล

2) คีย์สวิตช์เมตริก ใช้สำหรับตั้งค่าวัน เดือน ปี และเวลา รวมทั้งกำหนดจำนวนรอบในการพันขดลวดในแต่ละครั้ง เพื่อเป็นการกำหนดในการควบคุมการทำงาน แล้วจึงส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งแล้วนำไปประมวลผลต่อไป

3) ภาคประมวลผลกลาง จะทำหน้าที่เป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องพั่นหม้อแปลงอัตโนมัติ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นตัวควบคุมการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งผู้ใช้จะต้องทำการกำหนดโหมดการทำงานให้แก่พอร์ต โดยทำการเขียนค่าไปที่พอร์ตควบคุมของพอร์ตนั้นที่ต้องการใช้

4) ภาคจ่ายไฟ ทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับส่วนต่างๆ ของเครื่องทั้งหมด ซึ่งภาคจ่ายไฟประกอบด้วย 2 ชุด คือ ชุดจ่ายไฟ +24 โวลต์และชุดจ่ายไฟ +5 โวลต์ สำหรับชุดจ่ายไฟ +5 โวลต์จะใช้เป็นไฟเลี้ยงให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ คีย์สวิตช์เมตริก รีเลย์ ไทม์คล็อก และแอลซีดี ชุดจ่ายไฟ +24 โวลต์ จะใช้สำหรับจ่ายให้กับตัวเอนโคเดอร์ และจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

5) รีเลย์ ไทม์คล็อก มีไว้เป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลวัน เดือน ปี และเวลา ชั่วโมง นาที ในวงจรนี้จะใช้ไอซีเบอร์ DS1307 ซึ่งเป็นไอซีที่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาทั้งหมด ไม่ว่าจะป็นค่าของเวลาที่ละเอียดถึงหลักวินาที, นาที, ชั่วโมง, วันที่ (Date), เดือน และปี โดยสามารถปรับวันเดือนปีให้ตรงตามปฏิทินได้อย่างถูกต้องและเที่ยงตรง

6) เอนโคเดอร์ จะทำหน้าที่นับจำนวนรอบของมอเตอร์ในการสั่งให้พั่นขดลวดว่าเครื่องพั่นหม้อแปลงอัตโนมัติพั่นขดลวดตามที่กำหนดหรือไม่

7) วงจรขั้วมอเตอร์ จะทำหน้าที่ขั้วเฟืองพั่นขดลวด ซึ่งจะติดตั้งอยู่ที่ชุดพั่นขดลวด เมื่อมอเตอร์ได้รับคำสั่งจากตัวประมวลผลกลาง ก็จะขั้วเฟืองหมุนพั่นขดลวดตามจำนวนรอบที่กำหนดไว้

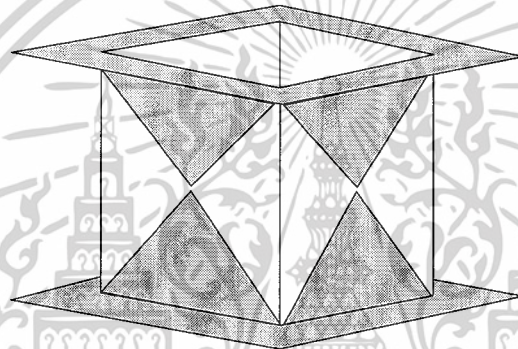
8) วงจรขั้วมอเตอร์สไลด์ จะทำหน้าที่ขั้วเฟืองสไลด์ขดลวด โดยจะเป็นวงจรกลับทิศทางหมุนโดยใช้รีเลย์เป็นตัวควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 การออกแบบโครงสร้างของเครื่องพันหม้อแปลงอัตโนมัติ

### 3.2.1 การออกแบบชุดพันขดลวด

ในการออกแบบและการสร้างลักษณะโครงสร้างของตัวพันขดลวดจะมีอยู่ 2 ส่วน ส่วนแรกคือ ส่วนที่มีไว้สำหรับพันขดลวดทับลงบนแกนพันขดลวด ซึ่งสามารถออกแบบขนาดให้พอดีกับจำนวนรอบของขดลวด ซึ่งลักษณะโครงสร้างของตัวพันขดลวดนี้จะมีขนาดเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับขนาดแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการจะปรับ การออกแบบแกนพันขดลวด เพื่อที่นำไปใช้กับแกนเหล็กแบบตัว E และ ตัว I ซึ่งจะมีลักษณะของแกนพันขดลวด ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ลักษณะของแกนพันขดลวด

การหาขนาดของลวดที่ใช้พัน

1) ข้อจำกัดทางด้านไฟฟ้า คือ ลวดต้องไม่ร้อนเกินไปเมื่อจ่ายกระแสเต็มที่ นั่นคือไม่ให้ลวดรับกระแสมากเกินไปเมื่อเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของลวด ตัวเลขที่ใช้กันมากคือ 400–700 เซอคูลามีล/แอมป์

2) ข้อจำกัดทางด้านขนาด เนื่องจากลักษณะแกนเหล็กเป็นรูปตัว E และ I ซึ่งมีช่องว่างเหลือไว้พันขดลวด

จากตารางที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ของขนาดเบอร์ลวดทองแดงและจำนวนรอบที่ต้องพันขดลวดต่อพื้นที่หน้าตัดของขดลวด 1 ตารางนิ้ว เช่น ถ้าต้องการพันลวดเบอร์ 30 รอบแกนพันขดลวดจะต้องพันขดลวด 5,250 รอบ จึงจะได้พื้นที่หน้าตัดขนาด 1 ตารางนิ้ว

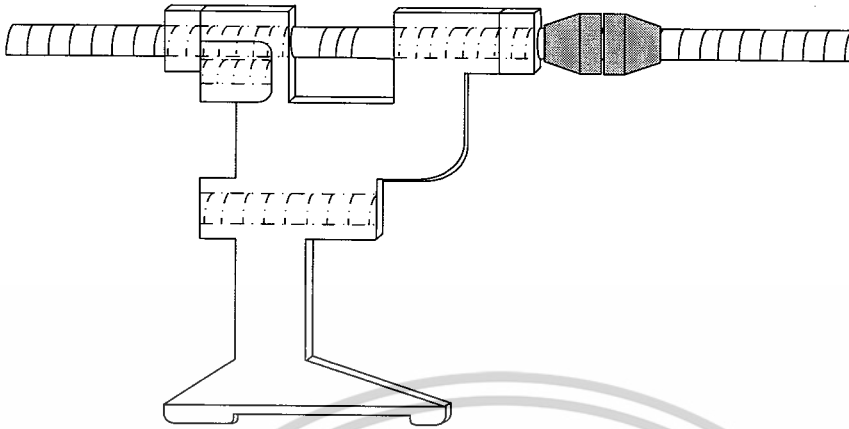
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ความสัมพันธ์ของจำนวนรอบกับขนาดพื้นที่หน้าตัดของขดลวด

ขนาดเบอร์ลวด	จำนวนรอบต่อพื้นที่หน้าตัดขดลวด 1 ตารางนิ้ว	พื้นที่หน้าตัดของขดลวด 1 เส้น (เซอร์กิวลุ่ม)
15	117	5178
16	221	4107
17	277	3257
18	437	2088
19	548	1524
20	631	1288
21	852	1022
22	1065	810.1
23	1340	624.4
24	1665	509.5
25	2100	404
26	2630	320.4
27	3320	254.1
28	4145	201.5
30	5250	104.9
31	6510	126.7

ส่วนที่ 2 เป็นตัวจับยึดแกนพันขดลวดและเป็นส่วนที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อที่จะเป็นตัวขับให้แกนเฟืองหมุนพันขดลวดตามจำนวนรอบที่กำหนด ซึ่งตัวจับยึดแกนพันขดลวดจะมีลักษณะโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 3.3

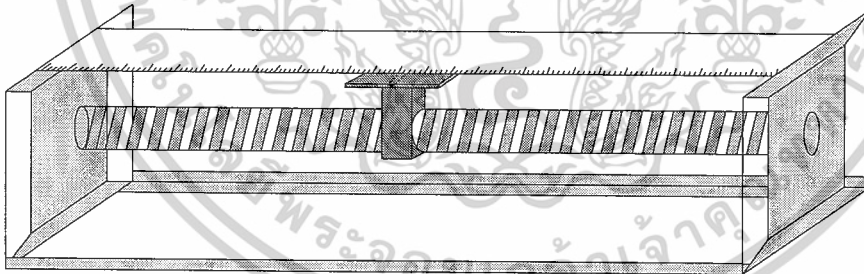
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



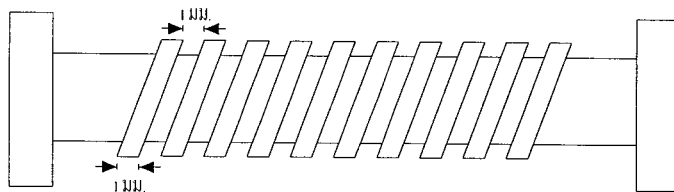
รูปที่ 3.3 ลักษณะของตัวยึดแกนพันขดลวด

### 3.2.2 การออกแบบขดลวดสไลด์ขดลวด

การออกแบบและการสร้างโครงสร้างของตัวสไลด์ขดลวด ตัวสไลด์นี้จะใช้สำหรับสไลด์ขดลวดให้อยู่ในร่องของแกนพันขดลวด เพื่อที่จะให้ขดลวดพันบนแกนเรียงกันให้เรียบมากที่สุดซึ่งจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.4 โครงสร้างของตัวจับยึดแกนเฟืองจะเป็นเหล็กฉาก แกนเฟืองจะมีความยาว 42 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างร่องของฟันเกลียว 1 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 โครงสร้างของตัวสไลด์ขดลวด



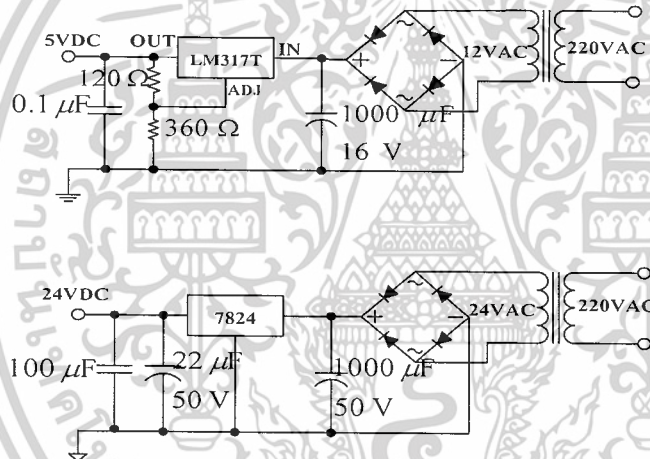
รูปที่ 3.5 ลักษณะของแกนเฟืองสไลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การออกแบบวงจร

#### 3.3.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้า

วงจรนี้จะออกแบบโดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 2 ชุดจาก 220 โวลต์ เป็น 24 โวลต์ และ 5 โวลต์ ผ่านวงจรเรียงกระแสโดยใช้บริดจ์ไดโอด D1-D4 เบอร์ IN4001 ใช้ตัวเก็บประจุ 1000 ไมโครฟารัด ในการกรองกระแสให้เรียบ เพื่อให้ได้แรงดันไฟตรง +24 โวลต์ ในชุดของเอาต์พุตออก +5 โวลต์ ใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 317 แรงดันไฟตรง +5 โวลต์ ที่ได้จะนำไปใช้ในการป้อนให้กับส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ คีย์สวิตช์เมตริก เรียลไทม์คล็อก และแอลซีดี ส่วนที่ชุดเอาต์พุตออก +24 โวลต์ นั้นจะใช้ในการจับมอเตอร์และนับรอบมอเตอร์



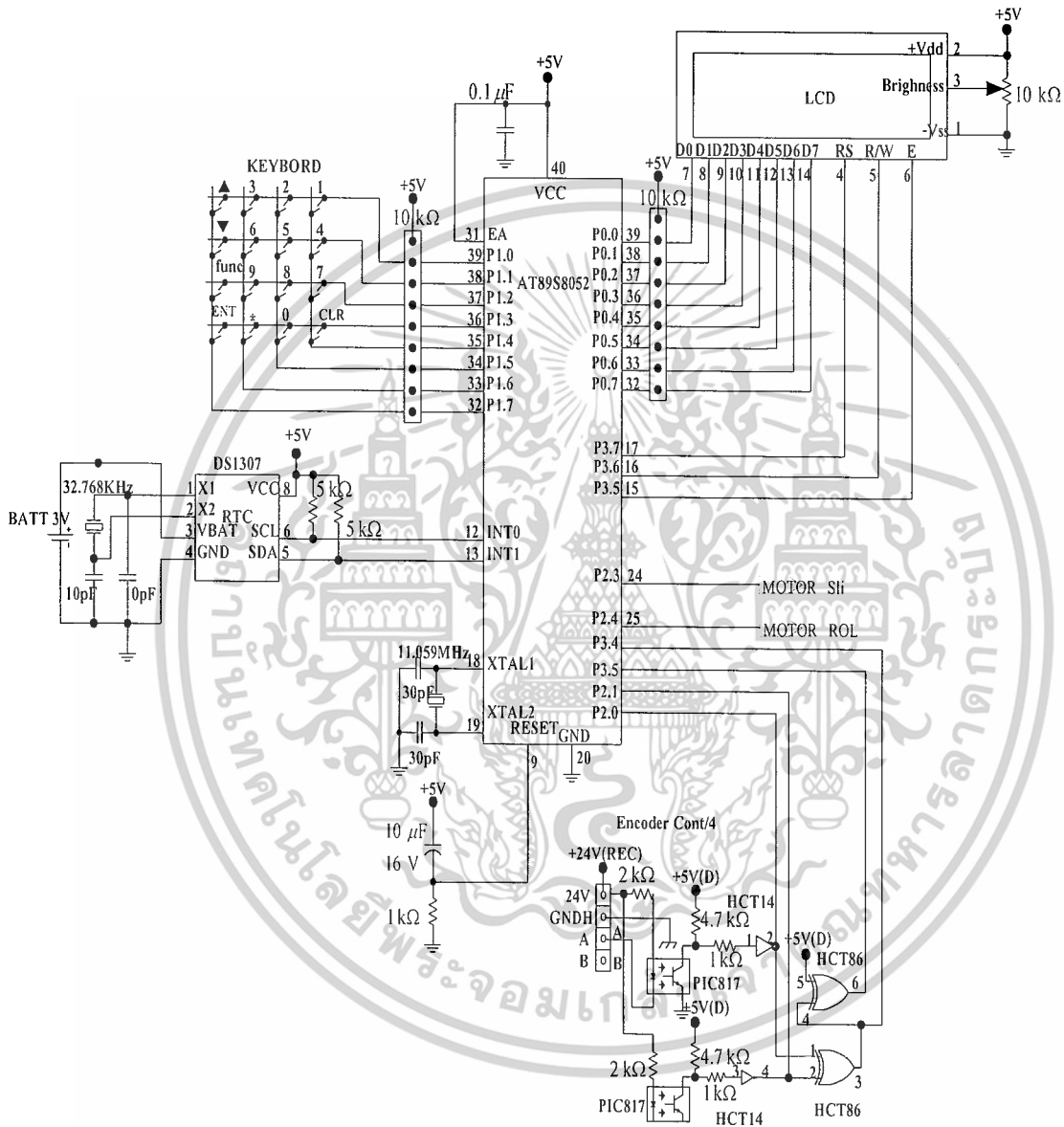
รูปที่ 3.6 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

#### 3.3.2 วงจรควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

วงจรชุดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้จะเป็นตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89S8052 ลักษณะโครงสร้างของไอซี AT89S8052 จะมีหน่วยความจำแบบแฟลชเมโมรี มีจำนวน 8 กิโลไบต์ และสามารถลบและเขียนได้ประมาณหนึ่งแสนครั้ง การลบข้อมูลจะใช้หลักการลบแบบไฟฟ้า สะดวกรวดเร็วกว่าลบด้วยแสง หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายใน (RAM) จำนวน 256 ไบต์ ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89S8052 จัดได้ว่าเป็นไอซีที่ใช้งานได้ง่ายมีพอร์ตสำหรับต่อใช้งานมากมายจำนวนเส้นของพอร์ตทั้งสิ้น 32 เส้น จะช่วยให้ไม่จำเป็นต้องใช้ไอซีขยายเพื่อขยายพอร์ตต่อเพิ่มเติมภายนอก และยังมี EEPROM อยู่ในตัวจำนวน 2 ไบต์ การใช้งานไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อคริสตอลความถี่ 11.059 MHz เข้าที่ขา 18 กับ 19 และจะต้องต่อ R กับ C ที่ขา RESET (ขา 9) เท่านั้นก็สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมให้ทำงานได้ทันที

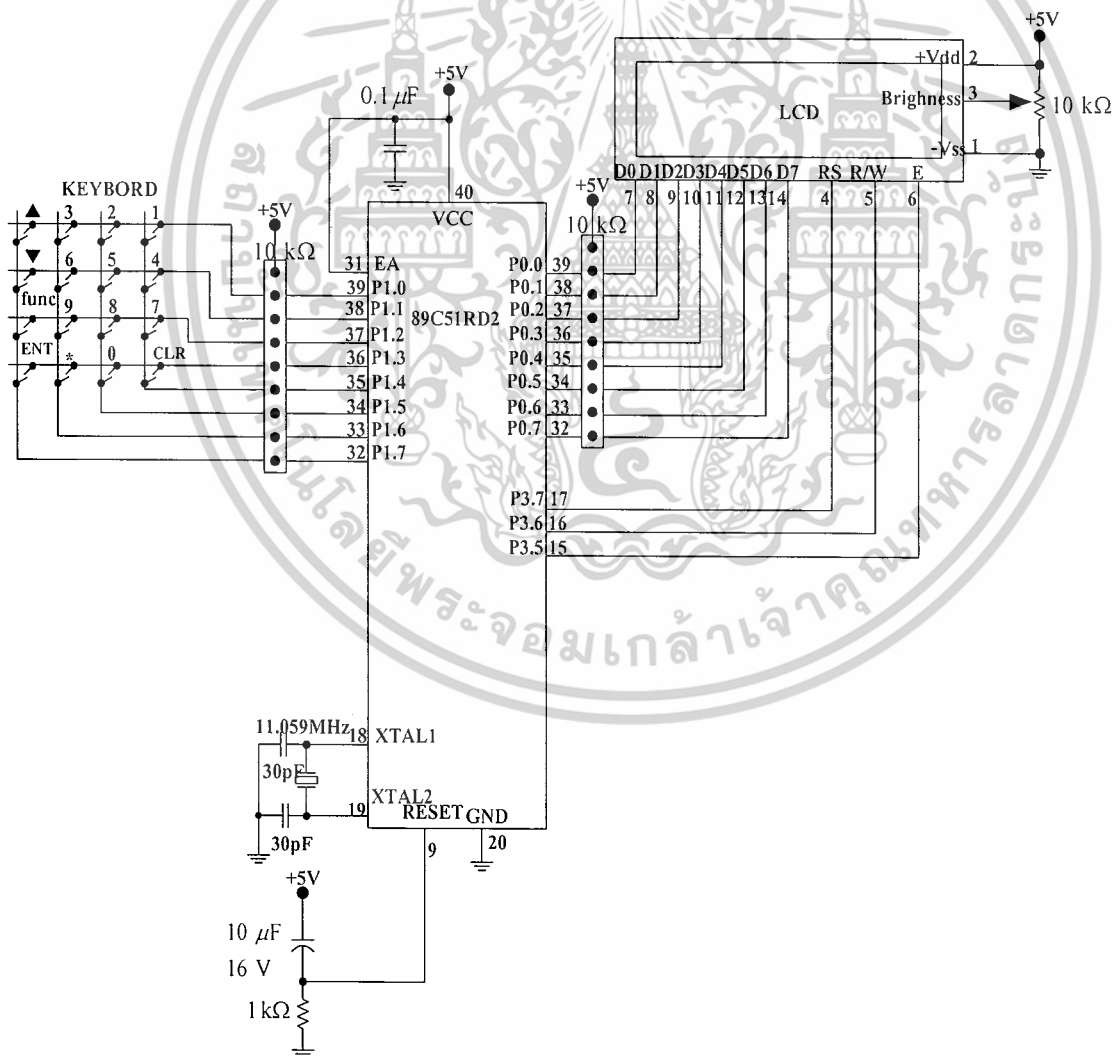


รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

### 3.3.3 วงจรการเชื่อมต่อจอแสดงผลและคีย์สวิตช์เมตริก

ตัวแสดงผลแอลซีดี ที่นำมาใช้จะเป็นแบบ 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด การต่อใช้งานจะมีทั้งหมด 14 ขา จะมีขา D0-D7 เป็นขาที่ทำหน้าที่รับ ส่งข้อมูลขนาด 8 บิต ระหว่างแอลซีดี กับ IC ซึ่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัว IC นี้จะเป็นตัวบัฟเฟอร์ ทำหน้าที่ช่วยขยายกระแสของข้อมูลที่ส่งมาจากพอร์ต P0.0-P0.7 ตัวต้านทาน 10K จะต่อพูลอัพไว้ที่พอร์ต P0.0-P0.7 เพื่อให้ขา D0-D7 ของ IC มีสถานะ “1” ค้างไว้สำหรับขาที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของแอลซีดี จะมี 3 ขา คือขา E, RS และ R/W จากวงจรขา E ของแอลซีดี จะต่ออยู่กับพอร์ต P3.5 เพื่อสั่งการอินาเบิลแอลซีดีให้ทำงาน ส่วนพอร์ต P3.7 จะต่ออยู่กับขา RS ของแอลซีดี ซึ่งเป็นขาอินพุตที่ใช้ในการแยกชนิดของข้อมูลหรือชนิดของคำสั่งที่จะให้แอลซีดีประมวลผล ถ้าขานี้เป็น “1” จะเป็นข้อมูลสำหรับการแสดงผล แต่ถ้าขานี้เป็น “0” จะเป็นข้อมูลของคำสั่ง ส่วนขา R/W ใช้เลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลลงแอลซีดี ถ้าต่อลงกราวด์เล็กเขียนข้อมูลอย่างเดียว ถ้าต่อไฟบวกจะเป็นการอ่านข้อมูล Vout จะต่อผ่าน R 10kΩ ควบคุมความสว่างของจอแสดงผล

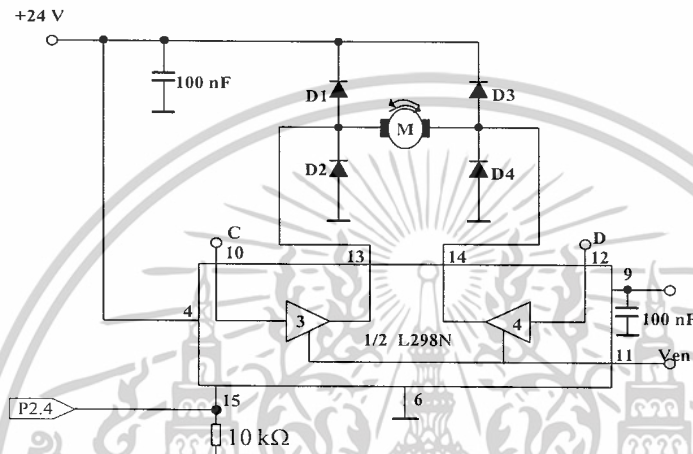


รูปที่ 3.8

วงจรรวมที่เชื่อมต่อกับจอแสดงผลและคีย์บอร์ดซึ่งมีตัวควบคุมที่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.4 วงจรควบคุมมอเตอร์

การออกแบบวงจรและการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์ขับเฟืองจะควบคุมด้วยปริตจ์ไครฟ์ L298N จะทำงานก็ต่อเมื่อขาของพอร์ต P2.4 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งลอจิก “0” ออกมาให้กับขา 15 เพื่อไปขับมอเตอร์ดีซี

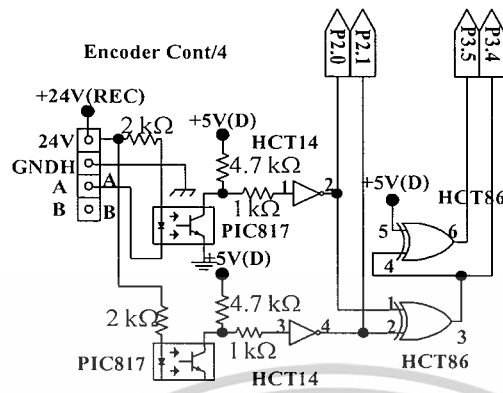


รูปที่ 3.9 วงจรควบคุมมอเตอร์ขับเฟือง

### 3.3.5 วงจรนับจำนวนรอบมอเตอร์

การออกแบบวงจรและการทำงานของวงจรถับจำนวนรอบของมอเตอร์นั้นจะนำอุปกรณ์เอนโคเดอร์มาใช้ในการนับ ซึ่งจะยึดติดอยู่กับมอเตอร์ชุดฟันขดลวด อุปกรณ์เอนโคเดอร์จะมีสัญญาณพัลส์ A, B และ Z แต่ในวงจรดังรูปที่ 3.10 ใช้สัญญาณพัลส์ A, B การทำงานของเอนโคเดอร์จะส่งสัญญาณพัลส์ไปยัง HCT14 เพื่อกลับค่าจากนั้นก็รับสัญญาณอินเตอร์รัพต์จากพอร์ต P2.0 และพอร์ต P2.1 เข้า HCT86 แปลงสัญญาณแล้วส่งไปยังขาพอร์ต P3.4 และ P3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 วงจรนับจำนวนรอบของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปฏิญานิพนธ์ที่อยู่ในบทนี้ จะเป็นการทดลองและผลการทดลองการทำงานของเครื่องพินหม้อแปลงอัตโนมัติในส่วนของการพินขดลวด ซึ่งมีรายละเอียดการทดลองและผลการทดลองดังต่อไปนี้

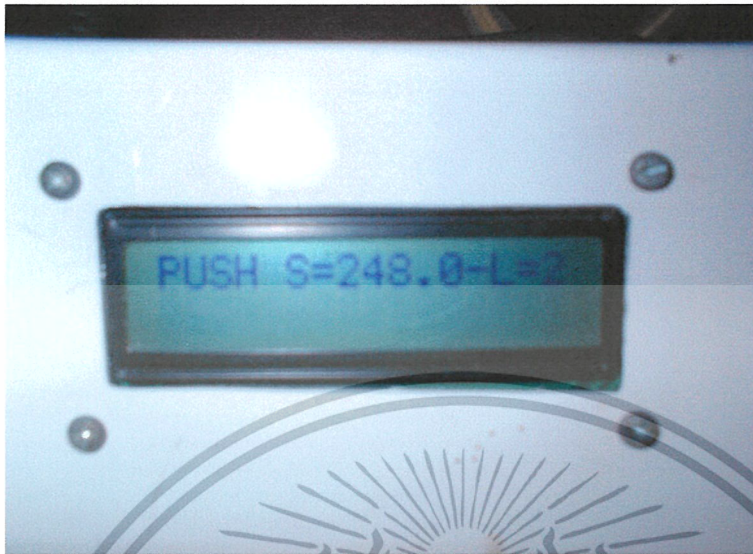
#### 4.2 การทดลองการพินขดลวด

การทดลองส่วนนี้จะเป็นการทดลองพินขดลวดซึ่งจะใช้ขดลวดทองแดงเบอร์ 30 เมื่อเริ่มต้นกำหนดจำนวนรอบให้มอเตอร์หมุนเพื่อพินขดลวดดังแสดงในรูปที่ 4.1 มอเตอร์จะหมุนพินขดลวดได้ตามที่กำหนดหรือไม่ ซึ่งจะมีเอนโค้ดเดอร์เป็นตัวนับจำนวนรอบของมอเตอร์ว่ามอเตอร์หมุนพินขดลวดได้จำนวนรอบเท่าไรก็จะแสดงผลออกทางจอแอลซีดีดังแสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่งลักษณะการพินขดลวดที่ได้จากการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.3 ซึ่งได้กำหนดจำนวนรอบการพินขดลวดเพื่อทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การกำหนดจำนวนรอบของการพินขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การแสดงผลจำนวนรอบขดลวด



รูปที่ 4.3 ลักษณะการพันขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 การทดลองการพันขดลวด

ครั้งที่	จำนวนรอบที่พัน (รอบ)	จำนวนรอบที่พันได้จริง (รอบ)	ความผิดพลาด (รอบ)	ความผิดพลาด (%)
1	250	248	2	0.8
2	250	249	1.0	0.4
3	250	249	1.0	0.4
4	250	248.5	1.5	0.6
5	250	248	2.0	0.8
6	250	249	1.0	0.4
7	250	249.5	0.5	0.2
8	250	250	0	0
9	250	249.5	0.5	0.2
10	250	249	1.0	0.4
เฉลี่ยค่าความผิดพลาด				0.42

เมื่อทดลองเพิ่มจำนวนรอบให้มอเตอร์หมุนเพียงพันขดลวดมากขึ้น โดยใช้ขดลวดทองแดงขนาดเดิม มอเตอร์จะหมุนเพียงพันขดลวดได้ตามที่กำหนดหรือไม่และเอนโค้ดเดอร์จะนับจำนวนรอบของมอเตอร์ว่ามอเตอร์หมุนพันขดลวดได้เท่าไรก็จะแสดงผลออกทางจอแอลซีดี ซึ่งได้กำหนดจำนวนรอบการพันขดลวดเพื่อทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การทดลองการพันขดลวด

ครั้งที่	จำนวนรอบที่พัน (รอบ)	จำนวนรอบที่พันได้จริง (รอบ)	ความผิดพลาด (รอบ)	ความผิดพลาด (%)
1	750	748	2	0.266
2	750	746	4.0	0.533
3	750	747.5	2.5	0.333
4	750	747	3.0	0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) การทดลองการพันขดลวด

ครั้งที่	จำนวนรอบที่พัน (รอบ)	จำนวนรอบที่พันได้จริง (รอบ)	ความผิดพลาด (รอบ)	ความผิดพลาด (%)
5	750	746	4	0.533
6	750	748.5	1.5	0.2
7	750	747	3	0.4
8	750	745	5	0.666
9	750	747.5	2.5	0.333
10	750	748	2.0	0.266
เฉลี่ยค่าความผิดพลาด				0.393

### 4.3 ผลที่ได้จากการทดลอง

จากการทดลองเครื่องพันหม้อแปลงอัตโนมัติ ในส่วนของชุดพันขดลวด มอเตอร์สามารถทำงานหมุนเพื่อพันขดลวดได้ เอนโคเดอร์สามารถนับจำนวนรอบของมอเตอร์ได้ ส่วนชุดของการสไลด์ขดลวดนั้นจะสไลด์ช้ากว่าชุดพันขดลวดบ้างเนื่องมาจากความเร็วของมอเตอร์ไม่เท่ากัน และความล่าช้าในการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการที่จะให้มอเตอร์หยุดหมุนและกลับทิศทางการหมุนทันที ผลการทดลองจากตารางที่ 4.1 และ 4.2 มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดแตกต่างกัน เนื่องจากความเร็วรอบในการพันขดลวดจากตารางที่ 4.1 มีค่าความผิดพลาดจำนวนรอบน้อยกว่าจากตารางที่ 4.2 ซึ่งจำนวนรอบในการพันขดลวดมากขึ้น ความผิดพลาดจำนวนรอบก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นจำนวนรอบในการพันขดลวดจะมีผลกับค่าเฉลี่ยความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทสรุป

#### 5.1 สรุป

เครื่องพ่นหม้อแปลงอัตโนมัติ ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ทำหน้าที่พ่นขดลวดให้ครบจำนวนรอบที่กำหนด ซึ่งเมื่อเริ่มการทำงานจะกำหนดรอบให้กับมอเตอร์ในการพ่นขดลวดและสั่งให้เครื่องพ่นขดลวดไปตามที่กำหนดไว้ โดยที่จะมีเอนโค๊ดเดอร์นับจำนวนรอบมอเตอร์อีกครั้งหนึ่งพร้อมกับแสดงผลออกทางจอแอลซีดี และเมื่อครบจำนวนรอบที่กำหนดมอเตอร์ก็จะหยุดการทำงาน และอีกส่วนก็จะเป็นชุดสไลด์ขดลวด ทำหน้าที่คอยควบคุมให้ขดลวดพันอยู่ในร่องพ่นขดลวด โดยอาศัยเฟืองที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ และใช้รีเลย์ควบคุมในการสั่งให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางเมื่อถึงระยะที่ต้องการ ส่วนนี้จะทำหน้าที่สไลด์ขดลวดไปเรื่อยๆ จนครบรอบที่กำหนด ซึ่งได้กำหนดไว้ในส่วนแรก ดังนั้นการทำงานทั้ง 2 ส่วน นั้นจะต้องทำงานอย่างสม่ำเสมอพร้อมๆ กัน ซึ่งการทำงานทั้งหมดดังกล่าวมาจะควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

#### 5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการทำงานและการดำเนินการสร้างและการทดสอบ โครงการพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหา เฟืองของชุดสไลด์จะเกิดการกระตุกขณะทำงานเนื่องจากความผิดแนวทางแก้ไข ใช้น้ำมันหล่อลื่นชนิดที่เกลียวของเฟืองชุดสไลด์
2. ปัญหา แกนพ่นขดลวดจะหลุดออกจากตัวจับในขณะที่เครื่องยังทำงานแนวทางแก้ไข ใช้แผ่นรองที่เท่ากับแกนพ่นขดลวดและจับให้แน่นทั้งสองข้าง
3. ปัญหา การนำเซนเซอร์แสงมาใช้ในการนับจำนวนรอบของขดลวด ไม่สามารถที่จะตรวจจับได้ เนื่องจากความเร็วของมอเตอร์

แนวทางแก้ไข นำอุปกรณ์ป้อนกลับ เอนโค๊ดเดอร์มาใช้ในการตรวจจับจำนวนรอบของมอเตอร์แทน ซึ่งสามารถตรวจจับความเร็วของมอเตอร์ได้ไวกว่าเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3 แนวทางการพัฒนา

1. ออกแบบโครงสร้างและส่วนต่างๆ ให้เหมาะสมกับการใช้งานและตัวเครื่องสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก
2. ออกแบบให้สามารถปรับขนาดขนาดที่ใหญ่ขึ้นและการสไลด์ขดลวดควรที่จะให้เรียงและเรียบมากที่สุดเพื่อความสวยงามและสะดวกต่อการประกอบแกนเหล็ก
3. ออกแบบให้เมื่อปรับขนาดครบจำนวนรอบที่กำหนดในแต่ละขดก็ควรจะมีการตัดขดลวดอัตโนมัติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

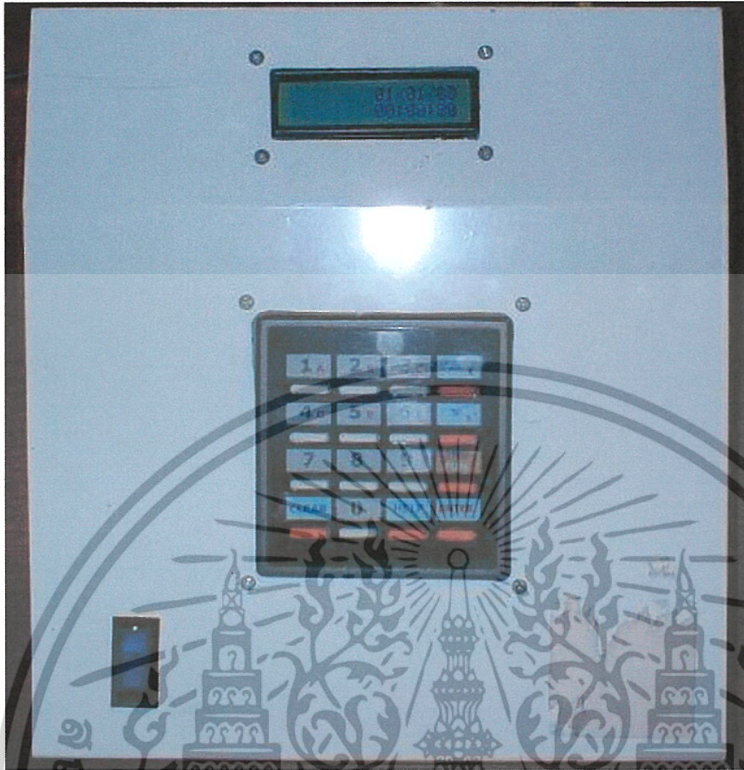
- วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุลและชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. การเรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบเฟลช. กรุงเทพฯ : อินโนเวตีฟ เอ็ดจิวอร์เมนท์. ม.ป.ป.
- สุนทร วิฑูสุรพันธ์. การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051. กรุงเทพฯ : บริษัทเอชเอ็นกรุ๊ป. 2537
- พรจิต ประทุมสุวรรณ. เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์. กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์. ม.ป.ป.
- ณรงค์ ชอนตะวัน. หม้อแปลงไฟฟ้า. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัดเอราวัณการพิมพ์. 2538
- รศ.สัมพันธ์ หาญชล. เครื่องกลไฟฟ้า 1 (หม้อแปลงไฟฟ้า). กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

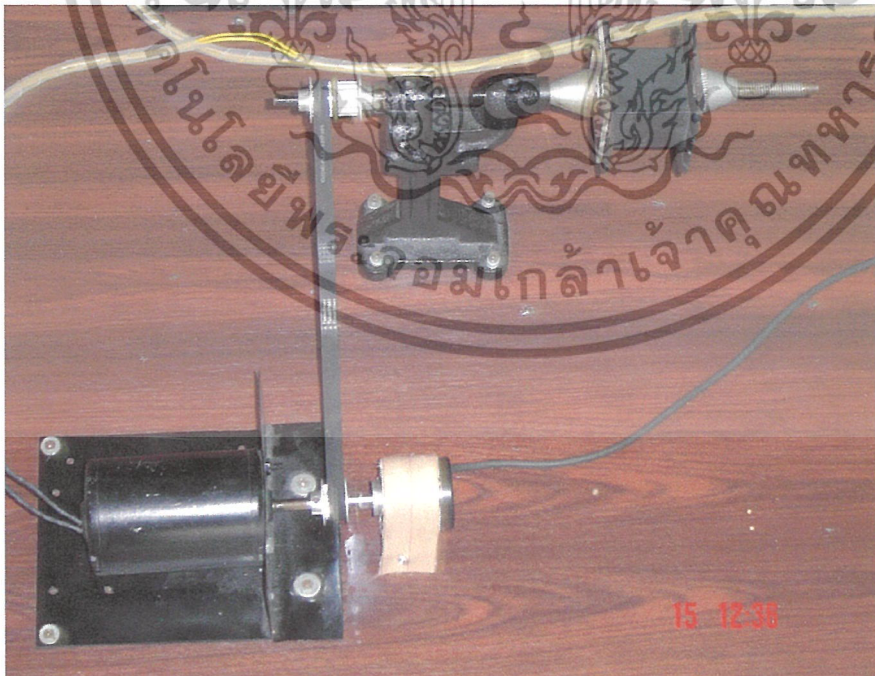


ภาคผนวก ก  
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

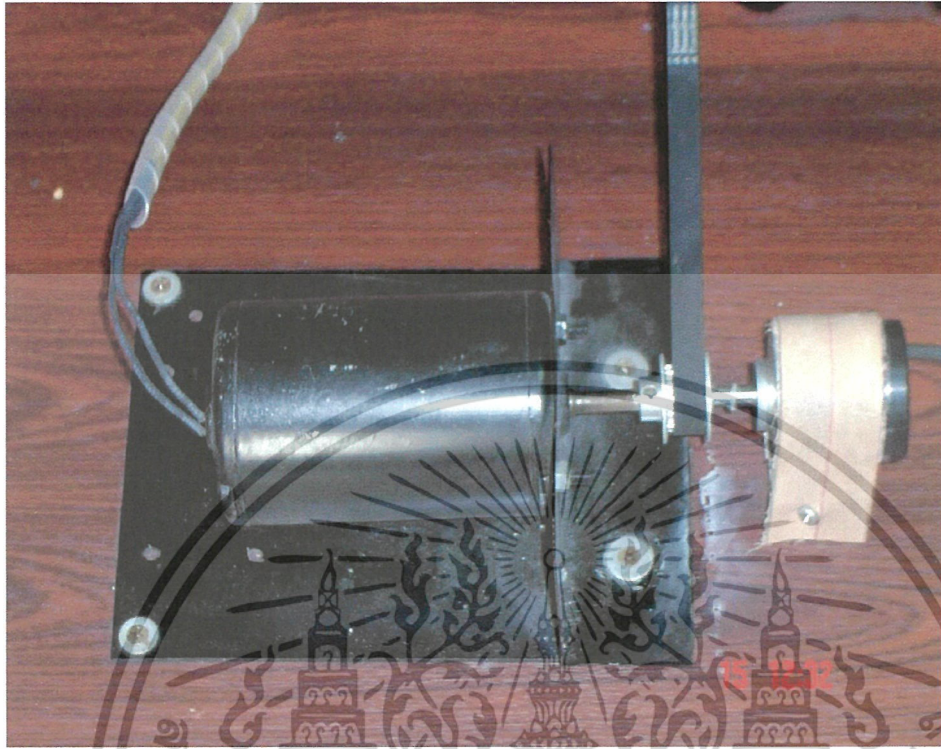


รูปที่ ก.1 ภาพด้านหน้าของชุดควบคุมเครื่องพ่นหม้อแปลงอัตโนมัติ

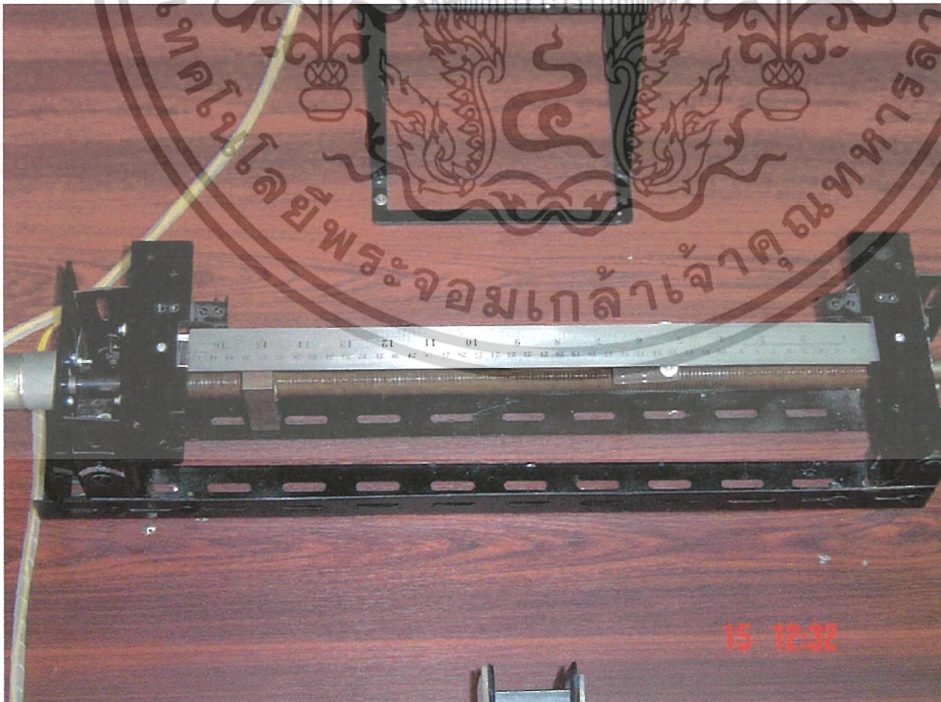


รูปที่ ก.2 ภาพชุดฟันขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

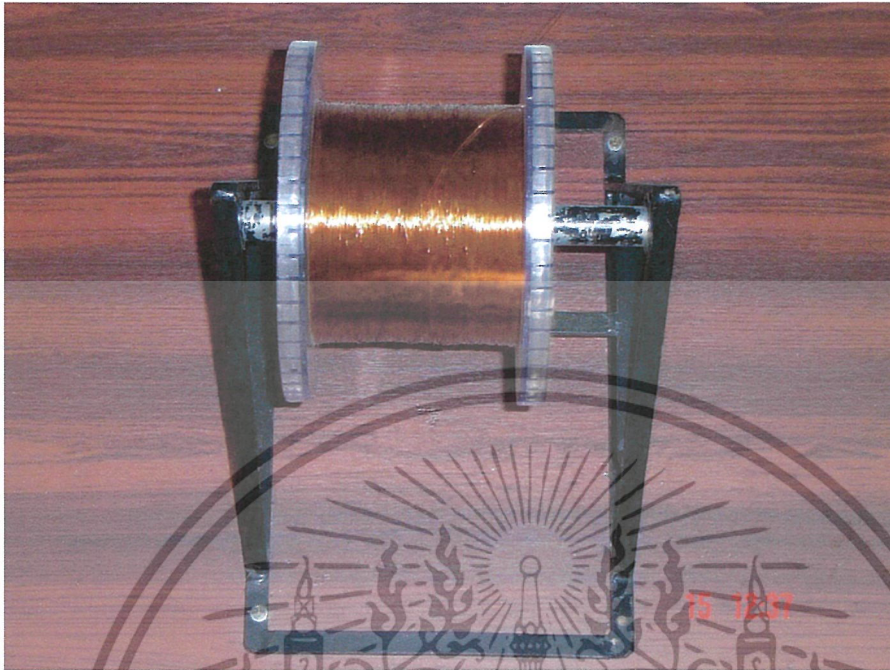


รูปที่ ก.3 ภาพตำแหน่งการต่อเอนโอดีคเตอร์กับมอเตอร์

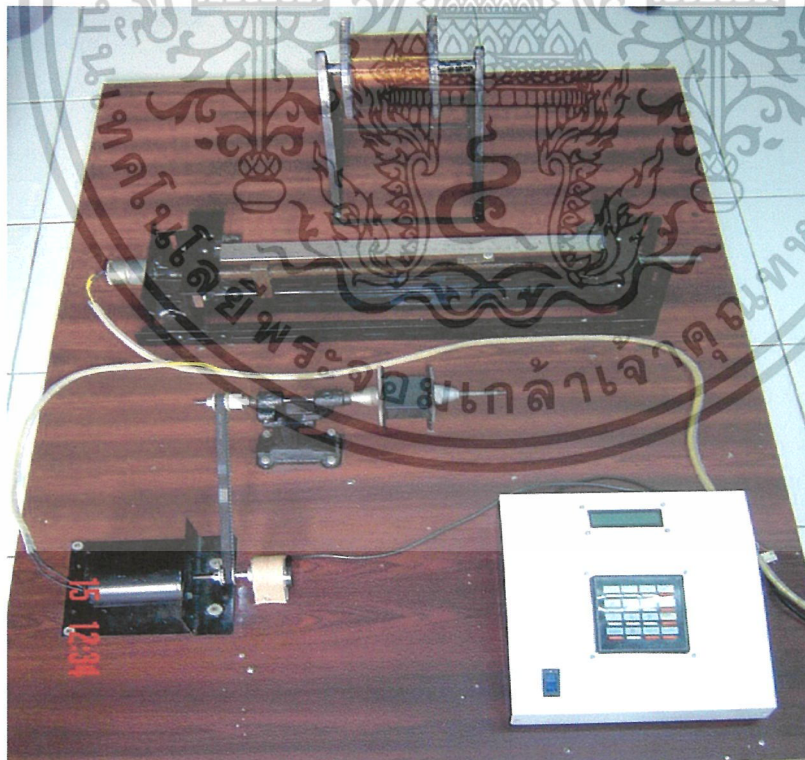


รูปที่ ก.4 ภาพชุดไคคัมคลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 ภาพขาค้างขดลวด

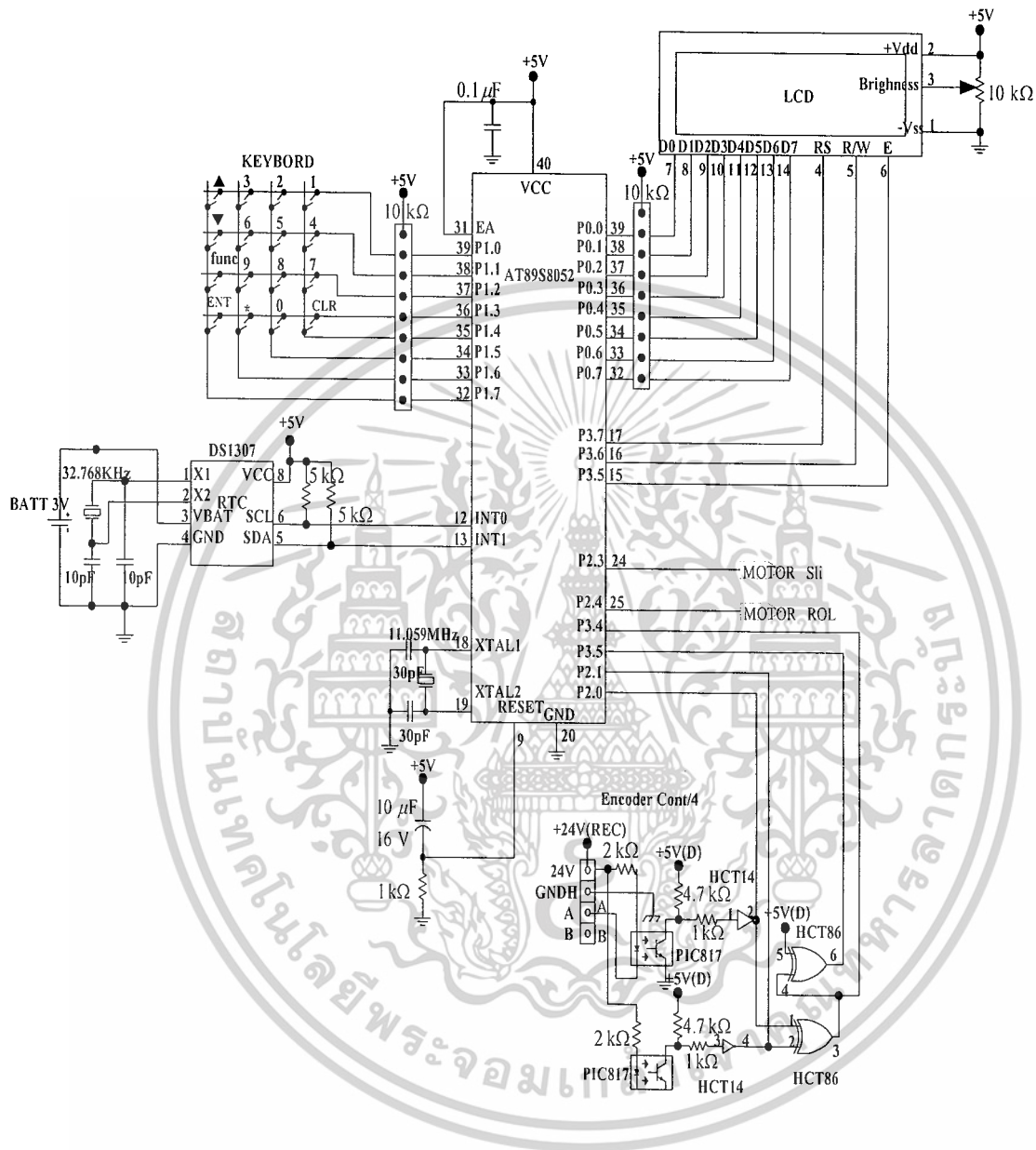


รูปที่ ก.6 ภาพตัวเครื่องทั้งหมดของเครื่องพันหม้อแปลงอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1 วงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของภาคแหล่งจ่ายไฟ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	เรกูเลตเตอร์ LM317T	1 ตัว
IC2	เรกูเลตเตอร์ 7824	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1-D4	IN4001	8 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	1000 $\mu$ F 50 V	2 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
T1, T2	หม้อแปลง 220/24, 220/12	2 ตัว

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมทั้งหมด

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	AT89S8052	1 ตัว
IC	DS1307	1 ตัว
IC	L298N	2 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1-D4	IN4001	8 ตัว
DSP1	LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด	1 ตัว
KEY	คีย์สวิตช์เมตริก 4 $\times$ 4	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1-C2	10 $\mu$ F 50 V อิเล็กโทรไลต์	1 ตัว
C7,C8	220 $\mu$ F 50 V อิเล็กโทรไลต์	1 ตัว
C3-C4	30 pF เซรามิก	1 ตัว
C5-C6	15 pF 50 V เซรามิก	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมทั้งหมด

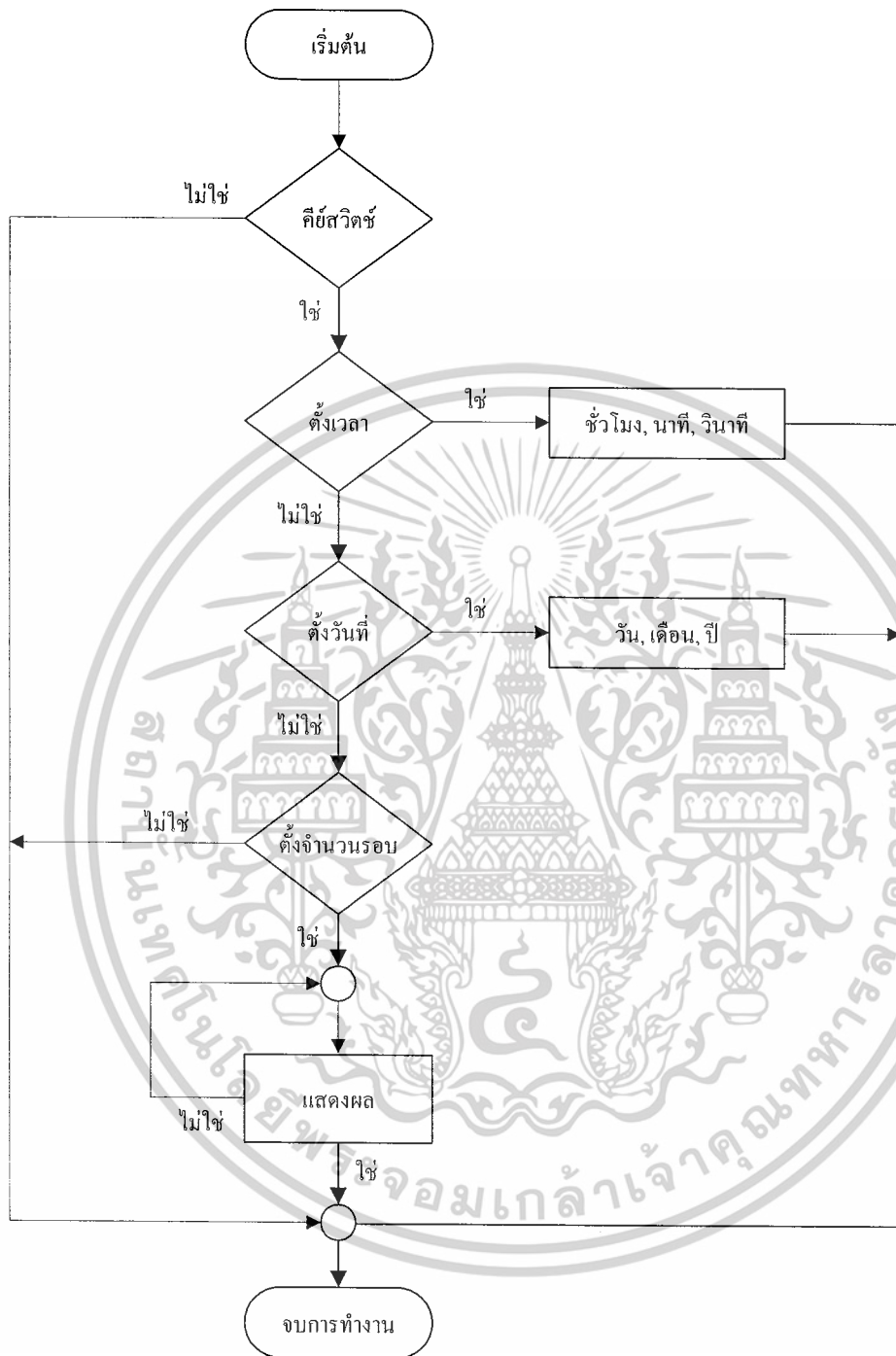
ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
<b>ตัวเก็บประจุ</b>		
CPB1-CPB4	10 $\mu$ F 50 V อิเล็กโทรไลต์	4 ตัว
C9,C10	0.1 $\mu$ F 50 V ไมลาร์	2 ตัว
<b>อุปกรณ์อื่นๆ</b>		
T1	หม้อแปลง 220/12 V 1 A	1 ตัว
U1-U2	ULN 2001A	2 ตัว
BATT1	แบตเตอรี่ 3 V	1 ตัว
JDL	คอนเนกเตอร์ 8 ขา	1 ตัว
JD1	ซี็อกเก็ตไอซี 24 ขา	1 ตัว
J2-J3	ซี็อกเก็ตไอซี 16 ขา	1 ตัว
W1	เคเบิลสายแพชนิด 8 เส้น	3 เมตร
M1	มอเตอร์ดีซี 24 V 800 mA	1 ตัว
M2	มอเตอร์ดีซี 24 V	1 ตัว
S12	สวิตช์แบบ SPST	1 ตัว
T1	หม้อแปลง 1A 220/12	1 ตัว
T2	หม้อแปลง 1A 220/24	1 ตัว
XTAL1	คริสตัล 11.0592 MHZ	1 ตัว
XTAL2	คริสตัล 32.768 MHZ	1 ตัว
BUZ1	บี๊เซอร์ 5 V	1 ตัว
<b>ตัวความต้านทาน</b>		
R1-R8	ตัวต้านทาน 1 k $\Omega$	8 ตัว
R9-R12	ตัวต้านทาน 10 k $\Omega$	4 ตัว
VARIAC	ตัวต้านทานปรับค่าได้ 5 k $\Omega$	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง  
แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.1 ผังงาน โปรแกรมการทำงานของเครื่องพินหม้อแปลงอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องพิมพ์แปลงอัตโนมัติ

```

#include <at89x52.h>
#include <reg51.h>
#include <stdio.h>
#include <absacc.h>
#include <ctype.h>
#include <stdlib.h>
#include <intrins.h>
#include <string.h>
#include <math.h>

#define PresetValue 0
#define Param5 5
#define TakeRef 0x0a
#define RetactOn 0x0b
#define RetactOff 0x0c
#define ResetDefault 0x0d
#define GetCurrPos 0x0e
#define GetLimitSt 0x0f
#define GetParam 0x10
#define MoveOn 0x11
#define MoveOff 0x12
#define StartFor 0x13
#define StartRev 0x14
#define CriStop 0x15
#define SetAddr 0x16

#define UpOpen 0.0f
#define UpClose 1.0f
#define RearOpen 2.0f
#define RearClose 3.0f
#define FrontOpen 4.0f
#define FrontClose 5.0f
#define RetactOpen 6.0f
#define RetactClose 7.0f
#define RtOn 8.0f
#define RtOff 9.0f
#define xRearOpen 10.0f
#define xRearClose 11.0f
#define xFrontOpen 12.0f
#define xFrontClose 13.0f

#define Ref1 1.0f
#define Ref2 2.0f
#define Ref3 3.0f
#define op 3.5f

#define BUFSIZE 16 /* ASCII buffer size */
#define FALSE 0
#define TRUE 1
#define LF 10 /* line feed chr */
#define CR 13 /* return chr */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#define PCFADD      0x90      /* A/D PCF8591 */
#define RTCADD      0xd0      /* ds1307 RTC address */
#define S1          Param[0]  /* Encoder divider */
#define S2          Param[1]  /* Maximum limit */
#define S3          Param[2]  /* Minimum limit */
#define S4          Param[3]  /* Fast/slow point */
#define S5          Param[4]  /* Retract distance */
#define S6          Param[5]  /* Machine type */
#define S7          Param[6]  /* Inverter max frq */
#define S8          Param[7]  /* fast motor speed */
#define S9          Param[8]  /* slow motor speed */
#define fixpos      Param[9]  /* current position */
#define encpos      Param[10] /* current position encode */

#define k_cancel    10
#define k_ent       15

sbit SCL           = P3^4;    /* I2c SCL bit */
sbit SDA           = P3^5;    /* I2c SDA bit */

sbit lcdrs        = P2^5;
sbit lcdrw        = P2^6;
sbit lcden        = P2^7;

sbit enchi        = P2^0;    /* Encoder A/B */
sbit enclo        = P2^1;

sbit motor1       = P2^2;
sbit motor2       = P2^3;

char xdata ASCBUF[BUFSIZE];  /* Serial buffer */
char xdata SERIALBUF[BUFSIZE]; /* Serial buffer */
float xdata Param[12];       /* 10 parameter */

char readKbd(void);         /* Gobal variable */

char data i,aa,bb,cc,dd,a, b, c, d, k_a, k_b,TempTime,
TimeMin, TimeHour,count,TEMP,TEMPTEMP;
char data ASCBUF[BUFSIZE];

float data x,setp, tmp, kp, error, result;
char code scankey[]={0x7f,0xbf, 0xdf, 0xef};
char code keycode[]={1, 4, 7, 10, 2, 5, 8, 0, 3, 6, 9,
11,12,13,14,15};
char code tbl1[]={0x01, 0x02, 0x04, 0x08, 0x10, 0x20,
0x40, 0x80};
bit data TimeFlag,TempFlag;
bit data oldhi, oldlo, curhi, curlo; /* Encoder data */
long data curpos; /* Absolute position of encoder */

unsigned char data Second, Sec100, Minute, TimeOut,
ChrIdx, frq;

typedef struct CLOCK /* Structure for RTC */
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

char min;
char hour;
char day;
char date;
char month;
char year;
} CLOCK;

```

```
CLOCK RTC;
```

```
/* Bit delay */
```

```
void Bitdl (void)
{
    _nop_(); /* Delay time */
    _nop_();
}

```

```
/* Clear(L) SCL line */
```

```
void Clrscl (void)
{
    SCL = 0; /* clear line */
    Bitdl();
}

```

```
/* Set(H) SCL line */
```

```
void Setscl (void)
{
    SCL = 1; /* set line */
    while(!SCL);
    Bitdl();
}

```

```
/* Pulse gen for SCL line */
```

```
void Plscl (void)
{
    Setscl();
    Clrscl();
}

```

```
/* Set stop condition */
```

```
void Stop (void)
{
    SDA = 0;Setscl();
    SDA = 1;Bitdl();
}

```

```
/* Set start condition */
```

```
void Start (void)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Setscl();
SDA = 0;
Bitdl();
Clrscl();
}

/* Receive data(byte) from I2C bus */
char Rxbyte (void)
{
    unsigned char tmp, dat;

    dat = 0;
    for(tmp=1; tmp<=8; tmp++) /* Send 1 byte to EEPROM */
    {
        dat <<= 1;Setscl();
        dat |= SDA;Clrscl();
    }
    return(dat);
}

/* Transmit data(byte) to I2C bus */
bit Txbyte (unsigned com)
{
    bit erflag;
    unsigned char tmp;

    for(tmp=1; tmp<=8; tmp++)
    {
        SDA = com & 0x80;
        com <<= 1;
        Plscl();
    }

    SDA = 1;
    Setscl();
    if(SDA) erflag = 1;
    else erflag = 0;
    Clrscl();
    return(erflag);
}

/* Get data from any register */
/* in --> address(addr) */
/* in --> register(reg) */
/* out <<-- data(*dat) */
/* err <<-- 0 = no error,1 = error */

bit Getreg (char addr,char reg,char *dat)
{
    EA=0;
    if((SCL==0) || (SDA==0))
    {
        EA=1; /* check line first */
        return(1);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Start();
if(Txbyte(addr))
{
    /* Xmit register address */
    Stop();
    EA=1;
    return(1);
}

if(Txbyte(reg))
{
    /* Xmit register command */
    Stop();
    EA=1;
    return(1);
}
Start();
/* Set start condition */

if(Txbyte(addr|0x01))
{
    /* Xmit register address + receive
command */
    Stop();
    EA=1;
    return(1);
}

*dat = Rxbyte(); /* Recv data byte */
SDA = 1;
Plscl();
Stop();
EA=1;
return(0); /* return data to caller */
}

/* Put data to any register */
/* in --> address(addr) */
/* in --> register(reg) */
/* in --> data(dat) */
/* err <-- 0 = no error, 1 = error */

bit Putreg(char addr, char reg, char dat)
{
    EA=0;
    if((SCL==0) || (SDA==0))
    {
        /* Ccheck line first */
        EA=1;
        return(1); /* line is busy return 1 */
    }

    Start(); /* Set Start condition */
    if(Txbyte(addr))
    {
        /* Xmit register address */
        Stop();
        EA=1;
        return(1);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    /* Xmit register command */
    Stop();
    EA=1;
    return(1);
}

Txbyte(dat);
Stop();
EA=1;
return(0);
}

/* Get time from RTC(Ds1307) */
bit GetRTC (void)
{
    Getreg(RTCADD,0,&RTC.sec); /* get second (00 - 59) */
    Getreg(RTCADD,1,&RTC.min); /* get minute (00 - 59) */
    Getreg(RTCADD,2,&RTC.hour); /* get hour (00 - 23) */
    Getreg(RTCADD,3,&RTC.day); /* get day of week (01 - 07) */
    Getreg(RTCADD,4,&RTC.date); /* get date (01 - 31) */
    Getreg(RTCADD,5,&RTC.month); /* get month (01 - 12) */
    Getreg(RTCADD,6,&RTC.year); /* get year (00 - 99) */
    return (0);
}

/* Set time to rtc */
void SetRTC (void)
{
    Putreg(RTCADD,0,RTC.sec); /* Put to RTC */
    Putreg(RTCADD,1,RTC.min);
    Putreg(RTCADD,2,RTC.hour);
    Putreg(RTCADD,4,RTC.date); /* Put to RTC */
    Putreg(RTCADD,5,RTC.month);
    Putreg(RTCADD,6,RTC.year);
}

/*
Delay function
input : int loop counter
*/
void delay (unsigned int count)
{
    for (; count; count--) /* Loop Delay */
    {
        if (RI==1) /* Check Serial port recieve bit */
            break;
    }
}

/* Check Keyboard hit */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    P1=0x0f;
    if ((P1&0x0f)!=0x0f) /* Key hit return true */
        return (TRUE);
    else
        return (FALSE); /* Non return false */
}
/* Read keyboard */
char readKbd (void)
{
    while (1)
    {
        for (k_a=0; k_a<4; k_a++) /* Loop scan 4 bit */
        {
            P1=scankey[k_a]; /* Check key press */

            k_b=P1&0x0f;
            if (k_b==0x0f)
                continue;
            else
            {
                delay (3000); /* Key debouce */
                k_b=P1&0x0f;
                if (k_b==0x0f)
                    continue;
                if (k_b==0x0e) /* bit 1 */
                    k_b=0;
                if (k_b==0x0d) /* bit 2 */
                    k_b=1;
                if (k_b==0x0b) /* bit 3 */
                    k_b=2;
                if (k_b==0x07) /* bit 4 */
                    k_b=3;

                k_a*=4;
                k_b+=k_a;

                k_b=keycode[k_b]; /* Key encode */

                while ((P1&0x0f)!=0x0f); /* Loop while depress */
                return (k_b); /* return key */
            }
        }
    }
}
/*****
/* Write Instruction */
*****/

void lcdwi (char cmd)
{
    P0=cmd;
    lcdrs=0;
    lcdrw=0;
    lcdb=0;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    lcden=1;
    _nop_ ();
    _nop_ ();
    lcden=0;
    delay (128);
}

/*****/
/* Write Data */
/*****/

void lcdwd (char dta)
{
    P0=dta;
    lcdrs=1;
    lcdrw=0;
    lcden=0;
    _nop_ ();
    _nop_ ();
    lcden=1;
    lcden=0;
    delay (128);
}

/*****/
/* Initial LCD */
/*****/

void initlcd (void)
{
    lcdwi (0x38);
    lcdwi (0x0c);
    lcdwi (1);
    lcdwi (0x80);
}

/*****/
/* Outtext to LCD */
/*****/
void text (char *msg)
{
    while (*msg!=0L)
    {
        lcdwd (*msg);
        msg++;
    }
}

/* Timer interrupt */

static void timer0_isr (void) interrupt 1 using 1
{
    Sec100++;
    if (Sec100>=100)    /* 1/60 sec */
    {
        Sec100=0;

```

เอกสารนี้เป็น TimeOut ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        Second++;
        if (Second>=60)      /* 1 sec */
        {
            Second=0;
            Minute++;        /* minute */
        }
//      if (TimeOut>=1)
//          ChrIdx=0;
    }

    if (motor1)
        curpos--;
    if (motor2)
        curpos++;

    TH0 = 0x63;              /* high byte */
    TL0 = 0xc0;              /* reload timer 0 value low byte */
    TR0 = 1;                 /* start timer 0 */
}

/*
Encoder service function
Using external interrupt EX0, EX1
input : from hardware (encoder)
output : unsigned int curpos (+/-)
*/
void encoder (void) /* Find the direction of encoder */
{
    curhi=enchi;           /* The current status of ENC */
    curlo=enchi^enclo;     /* Convert GRAY -> BCD */

    if (curhi==oldhi)     /* If the hi bit is equal */
    {
        if (curlo==1)     /* Check the lo bit */
            curpos--;     /* Increase the absolute position */
        else
            curpos++;     /* Decrease the absolute position */
    }
    else
    {
        if (curlo==0)     /* Check the lo bit */
            curpos--;     /* Increase the absolute position */
        else
            curpos++;     /* Decrease the absolute position */
    }
    oldhi=curhi;          /* Save the current status */
    oldlo=curlo;
}

ext0 () interrupt 0 using 1 /* External interrupt force */
{
    encoder ();           /* Using reg bank 1 */
}
ext1 () interrupt 2 using 1 /* External interrupt force */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อธุรกิจของธนาคารพาณิชย์เท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

encoder ();
}

/*****
/* Settime function */

/*****
void Settime (void)
{
    initlcd ();
    text (" TIME = __:__ ");
    lcdwi (0xc0);
    text ("DATE = __/__/__");
    lcdwi (0x0f); /* on cursor */
    lcdwi (0x87);

    b=0;
    while (1)
    {
        a=readKbd ();
        if (a==k_cancel)
            break;

        if ((a>=0) && (a<=9))
        {
            ASCBUF[b]=a;
            b++;
            a+=0x30;
            lcdwd (a);

            if (b==2)
                lcdwi (0x8a);
            if (b==4)
                lcdwi (0xc7);
            if (b==6)
                lcdwi (0xca);
            if (b==8)
                lcdwi (0xcd);
            if (b==10)
            {
                ASCBUF[0]<<=4;
                ASCBUF[0]|=ASCBUF[1];
                RTC.hour=ASCBUF[0];

                ASCBUF[2]<<=4;
                ASCBUF[2]|=ASCBUF[3];
                RTC.min=ASCBUF[2];

                ASCBUF[4]<<=4;
                ASCBUF[4]|=ASCBUF[5];
                RTC.date=ASCBUF[4];

                ASCBUF[6]<<=4;
                ASCBUF[6]|=ASCBUF[7];
                RTC.month=ASCBUF[6];
            }
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        ASCBUF[8]<<=4;
        ASCBUF[8]|=ASCBUF[9];
        RTC.year=ASCBUF[8];

        RTC.sec=0;

        SetRTC ();

        break;
    }
}
}
}
/*
void Display (void)
{
    if (!TempTime)
    {
        motor1=1;
        result=(float)kp;
        x=(float)curpos/S1;
        if (x<=result)
        {
            motor1=0;
            sprintf (ASCBUF, "S=%0.1f-L=%0.1f", x, kp);
            lcdwi (0x80);
            text (ASCBUF);
        }
        else
            motor1=1;
    }

    return;
}
/*
*/
SetTEMP function
*/
void Setloop (void)
{
    initlcd ();
    text (" PUSH TEMP = _____");
    lcdwi (0xc0);
    lcdwi (0x8a);

    b=0;
    while (1)
    {
        a=readKbd ();
        if (a==k_cancel)
            break;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

SCL      = 0;          /* Excite I2C line */
SDA      = 0;
delay (256);
SCL      = 1;
SDA      = 1;
delay (256);

SCON=0x52;          /* Init serial port */
TMOD=0x21;         /* Set timer mode */
PCON=0;
// TH1=0xe8;        /* 2400 for RD2 */
TH1=0xfd;         /* 19200 for RD2 */
TR1=1;           /* Enable interrupt */

TH0=0x63;         /* Timer interrupt 1/60 sec for RD2 */
TL0=0xc0;
ET0=1;           /* Timer/Counter 0 interrupt enable */
TR0=1;

ITO=IT1=PX0=PX1=EX0=EX1=1; /* External int for encoder */
ES=1;

EA=1;            /* Enable all interrupt */

oldhi=enchi;    /* Encoder data */
oldlo=encllo^enchi;

S1=900.0;      /* Initial encoder parameter */
initlcd ();
text ("      KMITL.      ");
lcdwi (0xc0);
text ("  ENGINEERING.  ");
delay (60000);
delay (60000);
initlcd ();
while(1)
{
    motor1=1;
    if (GetRTC ())
    {
        sprintf (ASCBUF, "%02bx/%02bx/%02bx", RTC.date,
RTC.month, RTC.year);
        lcdwi (0x88);
        text (ASCBUF);
        sprintf (ASCBUF, "%02bx:%02bx:%02bx", RTC.hour,
RTC.min, RTC.sec);
        lcdwi (0xc8);
        text (ASCBUF);
    }

    if (kbhit()==TRUE) /* If key press */
    {
        initlcd();
        aa=readKbd (); /* Get keyboard */
        if (aa==14)
            CSet ();
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/*          if (!TempTime)
            {
                motor1=1;
                result=(float)kp;
                x=(float)curpos/S1;
                if (x<=result)
                {
                    //      initlcd();
                    motor1=0;
                    sprintf (ASCBUF, "S=%0.1f-L=%0.1f", x, kp);
                    lcdwi (0x80);
                    text (ASCBUF);
                }
                else
                    motor1=1;
            }
*/
}

```



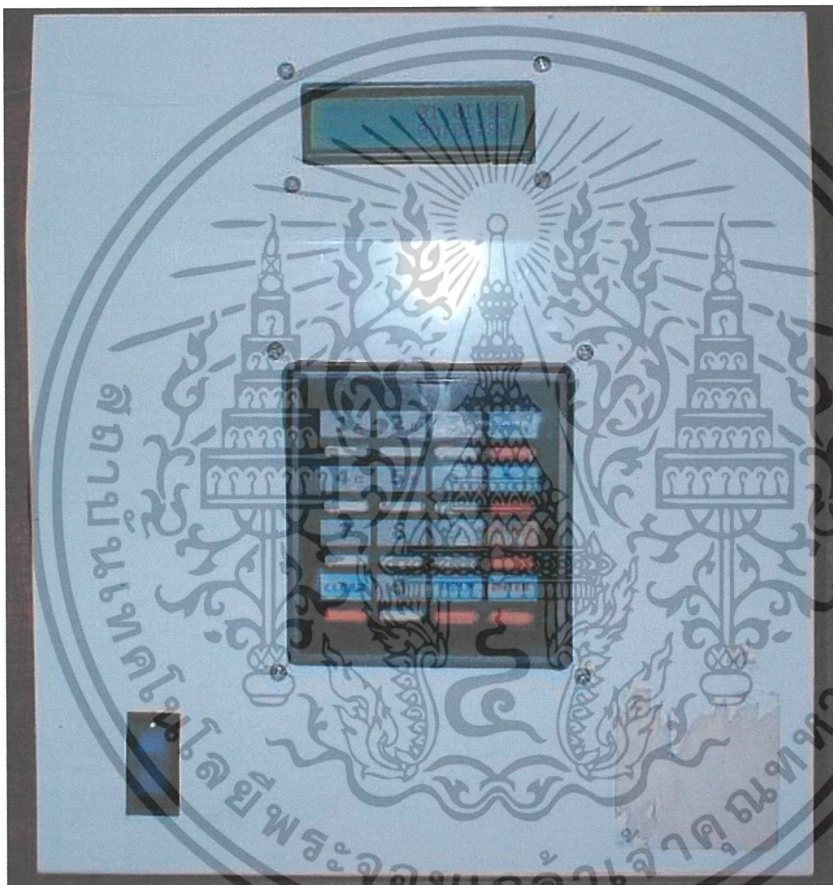
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก จ  
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# คู่มือการใช้งาน เครื่องพิมพ์หม้อแปลงอัตโนมัติ



ภาควิชาวิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

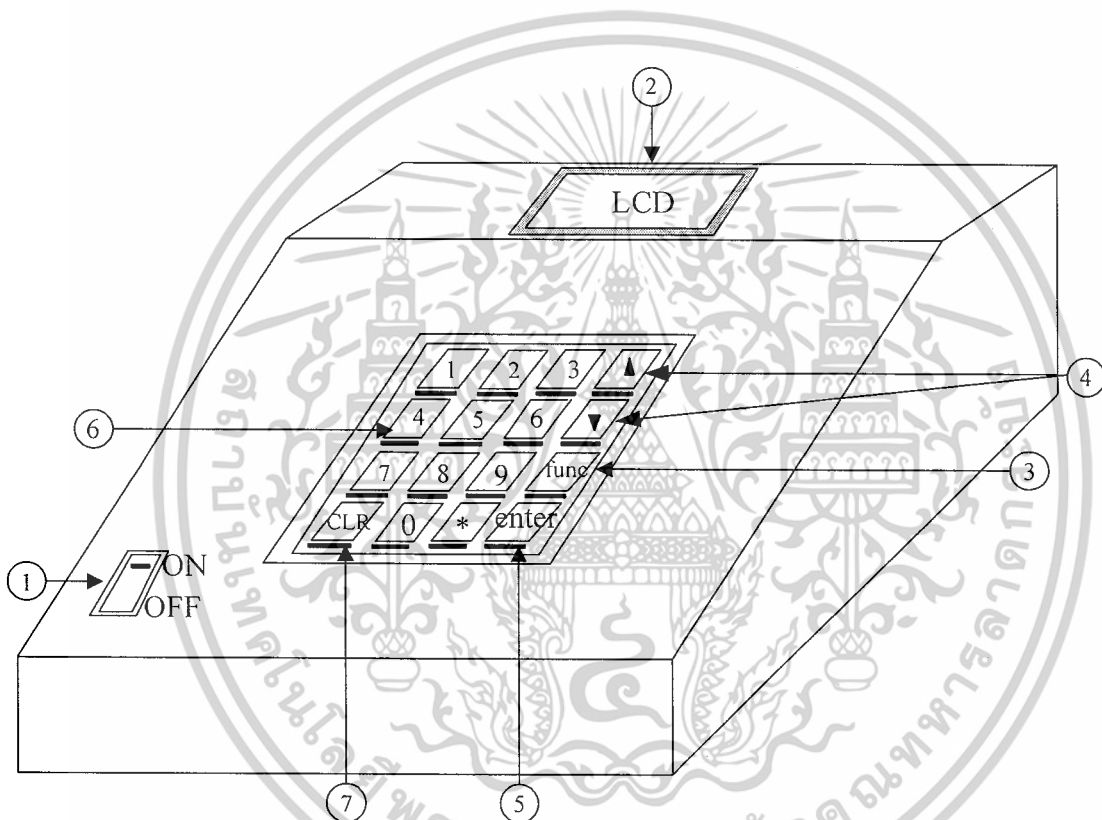
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนที่จะลงมือใช้เครื่องพิมพ์หม้อแปลงอัตโนมัติ ควรจะศึกษาการใช้งานจากคู่มือให้เข้าใจก่อน เพื่อการใช้งานได้ถูกต้อง และเพื่อเป็นการป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในขณะที่ใช้เครื่องพิมพ์หม้อแปลงอัตโนมัติ

## 2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม



รูปที่ จ.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเครื่องพิมพ์หม้อแปลงอัตโนมัติ

จากรูปที่ จ.1 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

- ① สวิตช์ปิด-เปิด การทำงานของเครื่อง
- ② จอแสดงผลแบบพลิกเหลวขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัดแสดงผลการทำงาน
- ③ ปุ่ม function เพื่อเลือกการทำงานของเครื่อง
- ④ ปุ่มเลื่อนขึ้น-ลง เพื่อเลือกรายการทำงานของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 5) ปุ่ม ENTER เพื่อตกลงการทำงาน
- 6) ปุ่ม CLR เพื่อเคลียร์คำสั่ง
- 7) ปุ่ม 0-9 เพื่อคีย์ข้อมูลที่เป็นตัวเลข เช่น ตั้งเวลา ตั้งวันที่ เดือน ปี และตั้งจำนวนรอบ

### 3. การติดตั้งและการใช้งาน

- 3.1 เครื่องพ่นหม้อแปลงอัตโนมัติ ได้ติดตั้งวางส่วนต่างๆ ไว้เรียบร้อยแล้ว พร้อมใช้งาน
- 3.2 วางเครื่องพ่นหม้อแปลงอัตโนมัติให้เหมาะกับการใช้งาน
- 3.3 เมื่อวางเครื่องพ่นหม้อแปลงได้เหมาะสมแล้วให้นำแกนพ่นขดลวด ใส่เข้าไปในชุดพ่นขดลวดรองด้านข้างแกนพ่นขดลวดด้วยแผ่นรองทั้งสองข้างแล้วจับยึดให้แน่น
- 3.4 นำขดลวดที่ต้องการพ่นมาติดกับแกนพ่น โดยผ่านตัวจับชุดสไลด์ก่อน
- 3.5 เปิดสวิตซ์การทำงานของเครื่อง
- 3.6 เลือก function เพื่อตั้งจำนวนรอบ
- 3.7 ตั้งจำนวนรอบที่ต้องการ แล้วกด ENTER เพื่อตกลงการทำงาน
- 3.8 เมื่อพ่นขดลวดครบที่กำหนด เครื่องจะหยุดการทำงานพร้อมแสดงจำนวนรอบขดลวดที่ได้

### 4. การแก้ปัญหาเบื้องต้น

เมื่อท่านประสบปัญหาในขณะการใช้งานเครื่องพ่นหม้อแปลงอัตโนมัติ สามารถตรวจสอบแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้ตามตารางข้างล่างนี้

อาการ	สาเหตุ/หรือวิธีแก้ไข
มอเตอร์เกิดการกระตุก	เกิดจากสายพานตึงเนื่องจากวางตัวเครื่องบริเวณพื้นที่ไม่เรียบ
จอภาพไม่ติด	ตรวจสอบแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง, ฟิวส์, "ไม่ได้เปิดสวิตซ์กำลังที่ชุดควบคุม"

### 5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

เครื่องพ่นหม้อแปลงอัตโนมัติที่สามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพได้ก็จะต้องมีการตรวจสอบและดูแลรักษาอย่างสม่ำเสมอ ดังต่อไปนี้  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.1 การดูแลรักษา

ชุดเพื่อสไลด์ขดลวดจะมีความผิดปกติเมื่อใช้งานไปในระยะหนึ่ง ควรจะมีการชโลมน้ำมันหล่อลื่นพอประมาณ 1 เดือน/ครั้ง

### 5.2 ข้อควรระวัง

ควรระวังเครื่องพ่นหม้อแปลงอัตโนมัติบนพื้นที่ราบเรียบ

-ไม่ควรวางเครื่องพ่นหม้อแปลงอัตโนมัติในที่เปียกชื้น

## 6. ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
แหล่งจ่ายไฟของตัวเครื่องควบคุม	ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220V 50-60 Hz
เอนโคเดอร์	ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 24V
คีย์สวิตช์เมตริก	สวิตช์เมตริก 4×4
เซนเซอร์แสง	ใช้ไฟกระแสตรง 12V
ส่วนแสดงผลของวงจรการทำงาน	จอแสดงผลแบบฟลิกเหลวขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด ความสูง 1 นิ้ว
มอเตอร์ชุดพ่น	ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 24V 1A
มอเตอร์ชุดสไลด์	ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 17.5V 0.75A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 8K Bytes of In-System Reprogrammable Downloadable Flash Memory
  - SPI Serial Interface for Program Downloading
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 2K Bytes EEPROM
  - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
- 4V to 6V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Nine Interrupt Sources
- Programmable UART Serial Channel
- SPI Serial Interface
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery From Power-down
- Programmable Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag

## Description

The AT89S8252 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 8K bytes of downloadable Flash programmable and erasable read only memory and 2K bytes of EEPROM. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip downloadable Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with downloadable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S8252 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S8252 provides the following standard features: 8K bytes of downloadable Flash, 2K bytes of EEPROM, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, programmable watchdog timer, two data pointers, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S8252 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset.

The downloadable Flash can be changed a single byte at a time and is accessible through the SPI serial interface. Holding RESET active forces the SPI bus into a serial programming interface and allows the program memory to be written to or read from unless Lock Bit 2 has been activated.



**8-bit  
Microcontroller  
with 8K Bytes  
Flash**

**AT89S8252**

Rev. 0401E-02/00



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AT89S8252

gram memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed,  $\bar{E}A$  will be internally latched on reset.

$\bar{E}A$  should be strapped to  $V_{CC}$  for internal program executions. This pin also receives the 12-volt programming enable voltage ( $V_{PP}$ ) during Flash programming when 12-volt programming is selected.

### XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

### XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Table 1. AT89S8252 SFR Map and Reset Values

0F8H													0FFH
0F0H	B												0F7H
	00000000												
0E8H													0EFH
0E0H	ACC												0E7H
	00000000												
0D8H													0DFH
0D0H	PSW												0D7H
	00000000												
0C8H	T2CON	T2MOD	RCAP2L	RCAP2H	TL2					SPCR	TH2		0CFH
	00000000	XXXXXX00	00000000	00000000	00000000					000001XX	00000000		
0C0H													0C7H
0B8H	IP												0BFH
	XX000000												
0B0H	P3												0B7H
	11111111												
0A8H	IE												0AFH
	0X000000												
0A0H	P2												0A7H
	11111111												
98H	SCON	SBUF											9FH
	00000000	XXXXXXX											
90H	P1												97H
	11111111												
88H	TCON	TMOD	TL0	TL1	TH0	TH1							8FH
	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000							
80H	P0	SP	DP0L	DP0H	DP1L	DP1H	SPDR	PCON					87H
	11111111	00000111	00000000	00000000	00000000	00000000	XXXXXXX	0XXX0000					



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางบริษัท  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Data Memory – EEPROM and RAM

The AT89S8252 implements 2K bytes of on-chip EEPROM for data storage and 256 bytes of RAM. The upper 128 bytes of RAM occupy a parallel space to the Special Function Registers. That means the upper 128 bytes have the same addresses as the SFR space but are physically separate from SFR space.

When an instruction accesses an internal location above address 7FH, the address mode used in the instruction specifies whether the CPU accesses the upper 128 bytes of RAM or the SFR space. Instructions that use direct addressing access SFR space.

For example, the following direct addressing instruction accesses the SFR at location 0A0H (which is P2).

```
MOV 0A0H, #data
```

Instructions that use indirect addressing access the upper 128 bytes of RAM. For example, the following indirect addressing instruction, where R0 contains 0A0H, accesses the data byte at address 0A0H, rather than P2 (whose address is 0A0H).

```
MOV @R0, #data
```

Note that stack operations are examples of indirect addressing, so the upper 128 bytes of data RAM are available as stack space.

The on-chip EEPROM data memory is selected by setting the EEMEN bit in the WMCON register at SFR address location 96H. The EEPROM address range is from 000H to 7FFH. The MOVX instructions are used to access the EEPROM. To access off-chip data memory with the MOVX instructions, the EEMEN bit needs to be set to "0".

The EEMWE bit in the WMCON register needs to be set to "1" before any byte location in the EEPROM can be written. User software should reset EEMWE bit to "0" if no further EEPROM write is required. EEPROM write cycles in the serial programming mode are self-timed and typically take 2.5 ms. The progress of EEPROM write can be monitored by reading the RDY/BSY bit (read-only) in SFR WMCON. RDY/BSY = 0 means programming is still in progress and RDY/BSY = 1 means EEPROM write cycle is completed and another write cycle can be initiated.

In addition, during EEPROM programming, an attempted read from the EEPROM will fetch the byte being written with the MSB complemented. Once the write cycle is completed, true data are valid at all bit locations.

## Programmable Watchdog Timer

The programmable Watchdog Timer (WDT) operates from an independent oscillator. The prescaler bits, PS0, PS1 and PS2 in SFR WMCON are used to set the period of the Watchdog Timer from 16 ms to 2048 ms. The available timer periods are shown in the following table and the

actual timer periods (at  $V_{CC} = 5V$ ) are within  $\pm 30\%$  of the nominal.

The WDT is disabled by Power-on Reset and during Power-down. It is enabled by setting the WDTE bit in SFR WMCON (address = 96H). The WDT is reset by setting the WDTRST bit in WMCON. When the WDT times out without being reset or disabled, an internal RST pulse is generated to reset the CPU.

Table 7. Watchdog Timer Period Selection

WDT Prescaler Bits			Period (nominal)
PS2	PS1	PS0	
0	0	0	16 ms
0	0	1	32 ms
0	1	0	64 ms
0	1	1	128 ms
1	0	0	256 ms
1	0	1	512 ms
1	1	0	1024 ms
1	1	1	2048 ms

## Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89S8252 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51, AT89C52 and AT89C55. For further information, see the October 1995 Microcontroller Data Book, page 2-45, section titled, "Timer/Counters."

## Timer 2

Timer 2 is a 16 bit Timer/Counter that can operate as either a timer or an event counter. The type of operation is selected by bit C/T2 in the SFR T2CON (shown in Table 2). Timer 2 has three operating modes: capture, auto-reload (up or down counting), and baud rate generator. The modes are selected by bits in T2CON, as shown in Table 8.

Timer 2 consists of two 8-bit registers, TH2 and TL2. In the Timer function, the TL2 register is incremented every machine cycle. Since a machine cycle consists of 12 oscillator periods, the count rate is 1/12 of the oscillator frequency.

In the Counter function, the register is incremented in response to a 1-to-0 transition at its corresponding external input pin, T2. In this function, the external input is sampled during S5P2 of every machine cycle. When the samples show a high in one cycle and a low in the next cycle, the count is incremented. The new count value appears in the register during S3P1 of the cycle following the one in which



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 10. Interrupt Sources

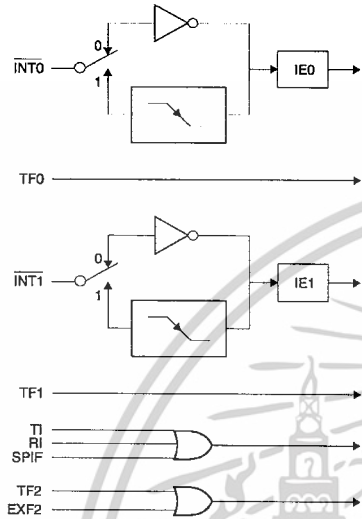
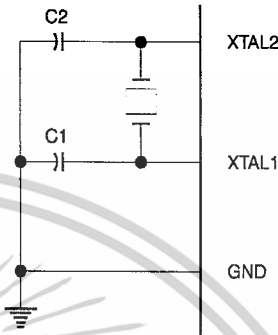
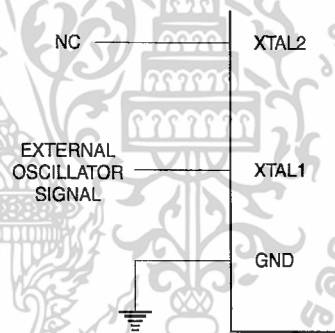


Figure 11. Oscillator Connections



Note: Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals  
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 12. External Clock Drive Configuration



### Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 11. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven, as shown in Figure 12. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Programming the Flash and EEPROM

Atmel's AT89S8252 Flash Microcontroller offers 8K bytes of in-system reprogrammable Flash Code memory and 2K bytes of EEPROM Data memory.

The AT89S8252 is normally shipped with the on-chip Flash Code and EEPROM Data memory arrays in the erased state (i.e. contents = FFH) and ready to be programmed. This device supports a High-voltage (12V) Parallel programming mode and a Low-voltage (5V) Serial programming mode. The serial programming mode provides a convenient way to download the AT89S8252 inside the user's system. The parallel programming mode is compatible with conventional third party Flash or EPROM programmers.

The Code and Data memory arrays are mapped via separate address spaces in the serial programming mode. In the parallel programming mode, the two arrays occupy one contiguous address space: 0000H to 1FFFH for the Code array and 2000H to 27FFH for the Data array.

The Code and Data memory arrays on the AT89S8252 are programmed byte-by-byte in either programming mode. An auto-erase cycle is provided with the self-timed programming operation in the serial programming mode. There is no need to perform the Chip Erase operation to reprogram any memory location in the serial programming mode unless any of the lock bits have been programmed.

In the parallel programming mode, there is no auto-erase cycle. To reprogram any non-blank byte, the user needs to use the Chip Erase operation first to erase both arrays.

**Parallel Programming Algorithm:** To program and verify the AT89S8252 in the parallel programming mode, the following sequence is recommended:

1. Power-up sequence:
  - Apply power between  $V_{CC}$  and GND pins.
  - Set RST pin to "H".
  - Apply a 3 MHz to 24 MHz clock to XTAL1 pin and wait for at least 10 milliseconds.
2. Set  $\overline{PSEN}$  pin to "L"
  - ALE pin to "H"
  - $\overline{EA}$  pin to "H" and all other pins to "H".
3. Apply the appropriate combination of "H" or "L" logic levels to pins P2.6, P2.7, P3.6, P3.7 to select one of the programming operations shown in the Flash Programming Modes table.
4. Apply the desired byte address to pins P1.0 to P1.7 and P2.0 to P2.5.
  - Apply data to pins P0.0 to P0.7 for Write Code operation.

5. Raise  $\overline{EA}/V_{PP}$  to 12V to enable Flash programming, erase or verification.
6. Pulse ALE/ $\overline{PROG}$  once to program a byte in the Code memory array, the Data memory array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes 1.5 ms.
7. To verify the byte just programmed, bring pin P2.7 to "L" and read the programmed data at pins P0.0 to P0.7.
8. Repeat steps 3 through 7 changing the address and data for the entire 2K or 8K bytes array or until the end of the object file is reached.
9. Power-off sequence:
  - Set XTAL1 to "L".
  - Set RST and  $\overline{EA}$  pins to "L".
  - Turn  $V_{CC}$  power off.

In the parallel programming mode, there is no auto-erase cycle and to reprogram any non-blank byte, the user needs to use the Chip Erase operation first to erase both arrays.

**Data Polling:** The AT89S8252 features  $\overline{DATA}$  Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle in the parallel or serial programming mode, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on P0.7 (parallel mode), and on the MSB of the serial output byte on MISO (serial mode). Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin.  $\overline{DATA}$  Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

**Ready/Busy:** The progress of byte programming in the parallel programming mode can also be monitored by the RDY/BSY output signal. Pin P3.4 is pulled Low after ALE goes High during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled High again when programming is done to indicate READY.

**Program Verify:** If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed Code or Data byte can be read back via the address and data lines for verification. The state of the lock bits can also be verified directly in the parallel programming mode. In the serial programming mode, the state of the lock bits can only be verified indirectly by observing that the lock bit features are enabled.

**Chip Erase:** Both Flash and EEPROM arrays are erased electrically at the same time. In the parallel programming mode, chip erase is initiated by using the proper combination of control signals and by holding ALE/ $\overline{PROG}$  low for 10 ms. The Code and Data arrays are written with all "1"s in the Chip Erase operation.





In the serial programming mode, a chip erase operation is initiated by issuing the Chip Erase instruction. In this mode, chip erase is self-timed and takes about 16 ms.

During chip erase, a serial read from any address location will return 00H at the data outputs.

**Serial Programming Fuse:** A programmable fuse is available to disable Serial Programming if the user needs maximum system security. The Serial Programming Fuse can only be programmed or erased in the Parallel Programming Mode.

*The AT89S8252 is shipped with the Serial Programming Mode enabled.*

**Reading the Signature Bytes:** The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H and 031H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows:

(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel  
(031H) = 72H indicates 89S8252

## Programming Interface

Every code byte in the Flash and EEPROM arrays can be written, and the entire array can be erased, by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

## Serial Downloading

Both the Code and Data memory arrays can be programmed using the serial SPI bus while RST is pulled to  $V_{CC}$ . The serial interface consists of pins SCK, MOSI (input) and MISO (output). After RST is set high, the Programming Enable instruction needs to be executed first before program/erase operations can be executed.

An auto-erase cycle is built into the self-timed programming operation (in the serial mode ONLY) and there is no need to first execute the Chip Erase instruction unless any of the lock bits have been programmed. The Chip Erase operation turns the content of every memory location in both the Code and Data arrays into FFH.

The Code and Data memory arrays have separate address spaces:

0000H to 1FFFH for Code memory and 000H to 7FFH for Data memory.

Either an external system clock is supplied at pin XTAL1 or a crystal needs to be connected across pins XTAL1 and XTAL2. The maximum serial clock (SCK) frequency should be less than 1/40 of the crystal frequency. With a 24 MHz oscillator clock, the maximum SCK frequency is 600 kHz.

## Serial Programming Algorithm

To program and verify the AT89S8252 in the serial programming mode, the following sequence is recommended:

1. **Power-up sequence:**  
Apply power between VCC and GND pins.  
Set RST pin to "H".  
If a crystal is not connected across pins XTAL1 and XTAL2, apply a 3 MHz to 24 MHz clock to XTAL1 pin and wait for at least 10 milliseconds.
  2. Enable serial programming by sending the Programming Enable serial instruction to pin MOSI/P1.5. The frequency of the shift clock supplied at pin SCK/P1.7 needs to be less than the CPU clock at XTAL1 divided by 40.
  3. The Code or Data array is programmed one byte at a time by supplying the address and data together with the appropriate Write instruction. The selected memory location is first automatically erased before new data is written. The write cycle is self-timed and typically takes less than 2.5 ms at 5V.
  4. Any memory location can be verified by using the Read instruction which returns the content at the selected address at serial output MISO/P1.6.
  5. At the end of a programming session, RST can be set low to commence normal operation.
- Power-off sequence (if needed):**  
Set XTAL1 to "L" (if a crystal is not used).  
Set RST to "L".  
Turn  $V_{CC}$  power off.

## Serial Programming Instruction

The Instruction Set for Serial Programming follows a 3-byte protocol and is shown in the following table:

# AT89S8252

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



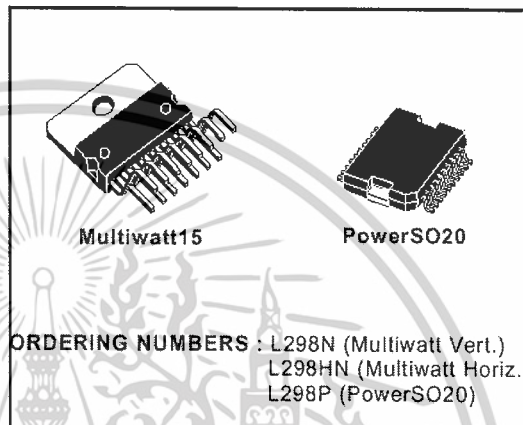
L298

## DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

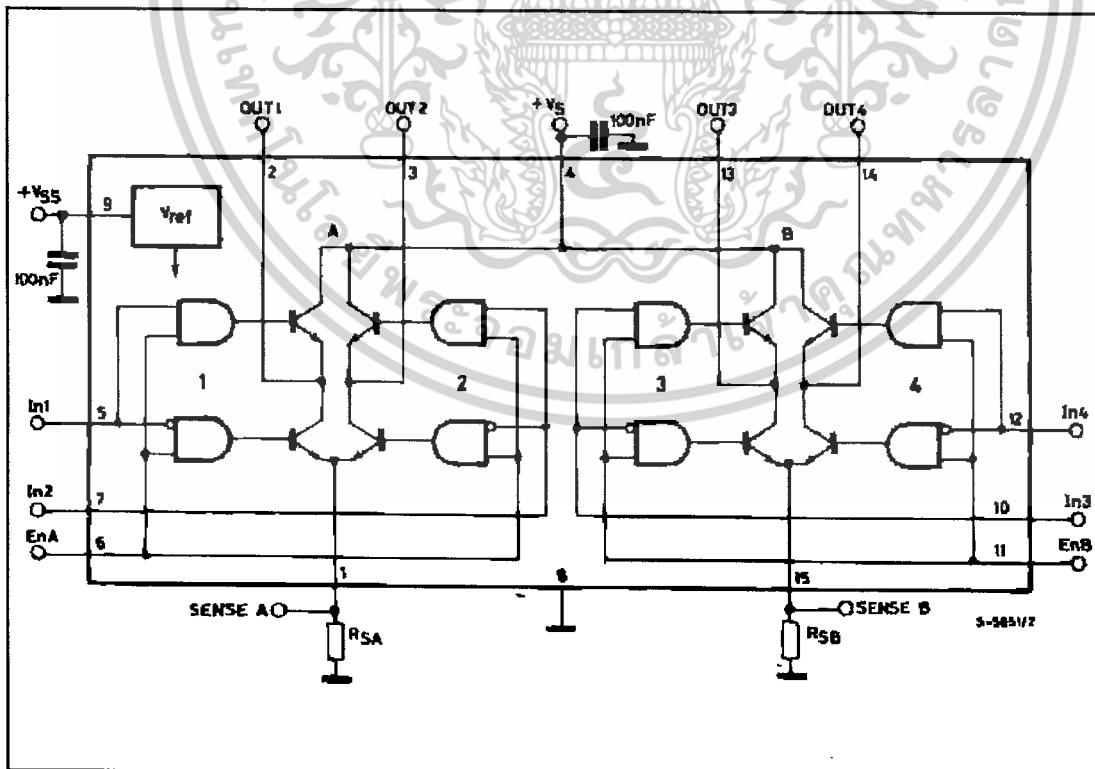
## DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-



nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

## BLOCK DIAGRAM



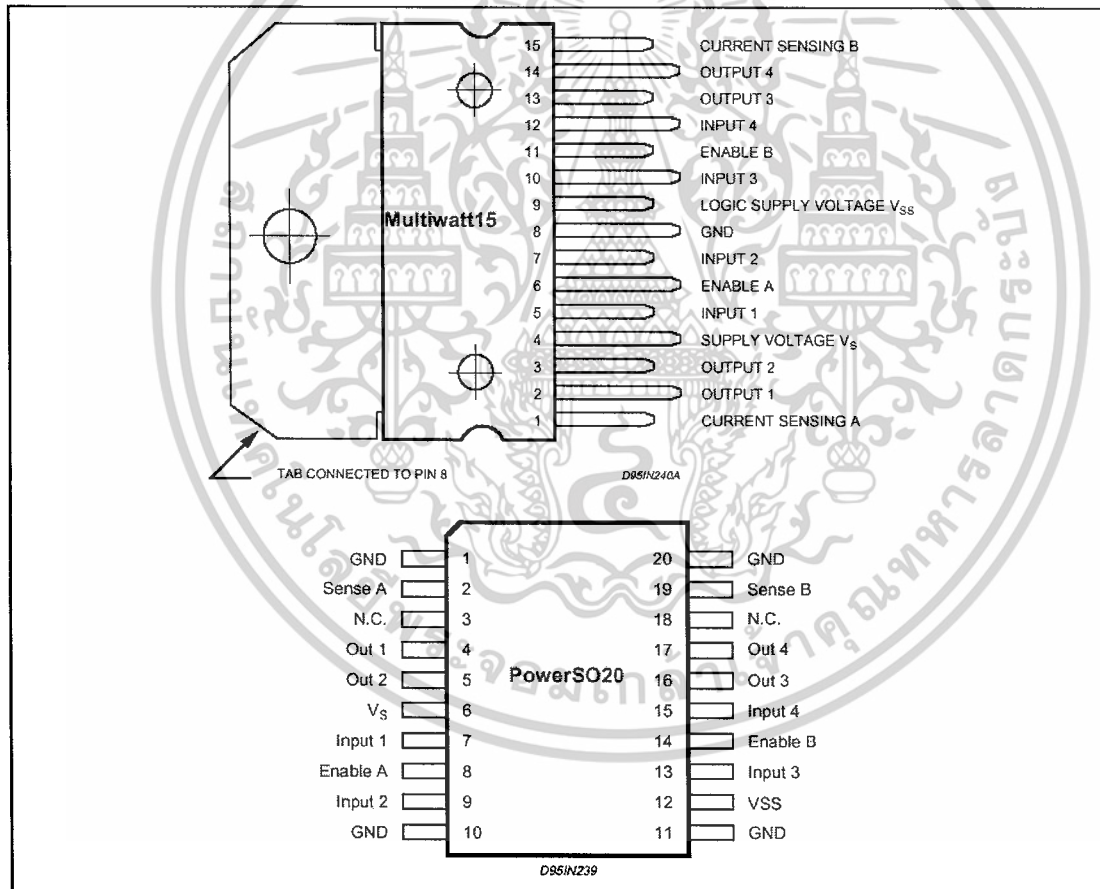
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## L298

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_S$	Power Supply	50	V
$V_{SS}$	Logic Supply Voltage	7	V
$V_I, V_{En}$	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
$I_O$	Peak Output Current (each Channel)		
	- Non Repetitive ( $t = 100\mu s$ )	3	A
	- Repetitive (80% on -20% off; $t_{on} = 10ms$ )	2.5	A
	-DC Operation	2	A
$V_{Sens}$	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
$P_{tot}$	Total Power Dissipation ( $T_{case} = 75^\circ C$ )	25	W
$T_{op}$	Junction Operating Temperature	-25 to 130	$^\circ C$
$T_{stg}, T_j$	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ C$

## PIN CONNECTIONS (top view)



## THERMAL DATA

Symbol	Parameter		PowerSO20	Multiwatt15	Unit
$R_{th(j-case)}$	Thermal Resistance Junction-case	Max.	-	3	$^\circ C/W$
$R_{th(j-amb)}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	13 (*)	35	$^\circ C/W$

(\*) Mounted on aluminum substrate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L298

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
T <sub>1</sub> (V <sub>i</sub> )	Source Current Turn-off Delay	0.5 V <sub>i</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (2); (4)		1.5		μs
T <sub>2</sub> (V <sub>f</sub> )	Source Current Fall Time	0.9 I <sub>L</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (2); (4)		0.2		μs
T <sub>3</sub> (V <sub>i</sub> )	Source Current Turn-on Delay	0.5 V <sub>i</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (2); (4)		2		μs
T <sub>4</sub> (V <sub>r</sub> )	Source Current Rise Time	0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (2); (4)		0.7		μs
T <sub>5</sub> (V <sub>i</sub> )	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V <sub>i</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.7		μs
T <sub>6</sub> (V <sub>f</sub> )	Sink Current Fall Time	0.9 I <sub>L</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.25		μs
T <sub>7</sub> (V <sub>i</sub> )	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V <sub>i</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		1.6		μs
T <sub>8</sub> (V <sub>r</sub> )	Sink Current Rise Time	0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.2		μs
f <sub>c</sub> (V <sub>i</sub> )	Commutation Frequency	I <sub>L</sub> = 2A		25	40	KHz
T <sub>1</sub> (V <sub>en</sub> )	Source Current Turn-off Delay	0.5 V <sub>en</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (2); (4)		3		μs
T <sub>2</sub> (V <sub>en</sub> )	Source Current Fall Time	0.9 I <sub>L</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (2); (4)		1		μs
T <sub>3</sub> (V <sub>en</sub> )	Source Current Turn-on Delay	0.5 V <sub>en</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (2); (4)		0.3		μs
T <sub>4</sub> (V <sub>en</sub> )	Source Current Rise Time	0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (2); (4)		0.4		μs
T <sub>5</sub> (V <sub>en</sub> )	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V <sub>en</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		2.2		μs
T <sub>6</sub> (V <sub>en</sub> )	Sink Current Fall Time	0.9 I <sub>L</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.35		μs
T <sub>7</sub> (V <sub>en</sub> )	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V <sub>en</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.25		μs
T <sub>8</sub> (V <sub>en</sub> )	Sink Current Rise Time	0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.1		μs

- 1) Sensing voltage can be -1 V for t ≤ 50 μsec; in steady state V<sub>sens</sub> min ≥ -0.5 V.
- 2) See fig. 2.
- 3) See fig. 4.
- 4) The load must be a pure resistor.

Figure 1 : Typical Saturation Voltage vs. Output Current.

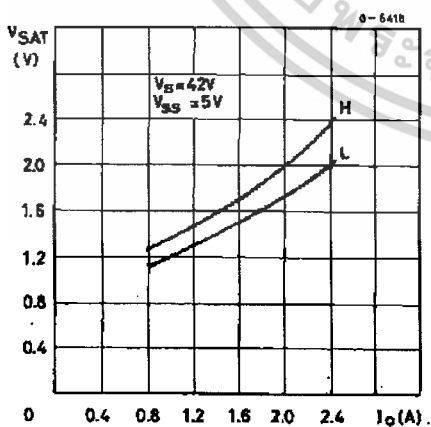
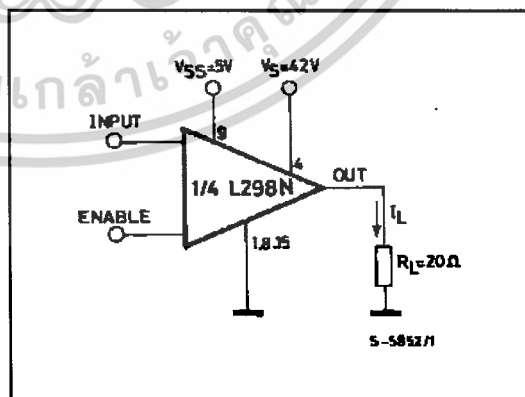


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H  
For ENABLE Switching, set IN = H



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3 : Source Current Delay Times vs. Input or Enable Switching.

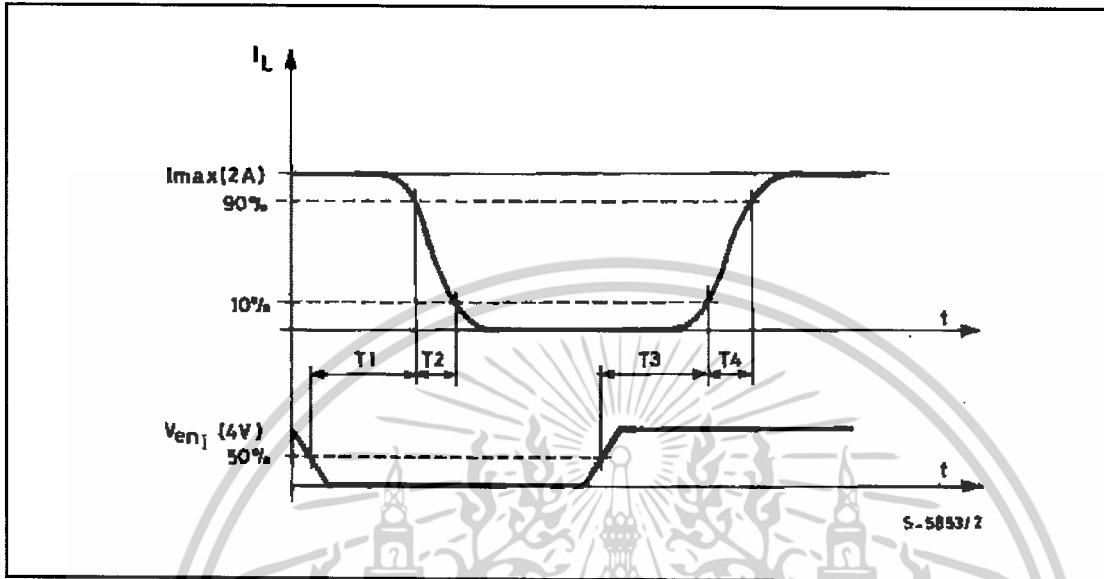
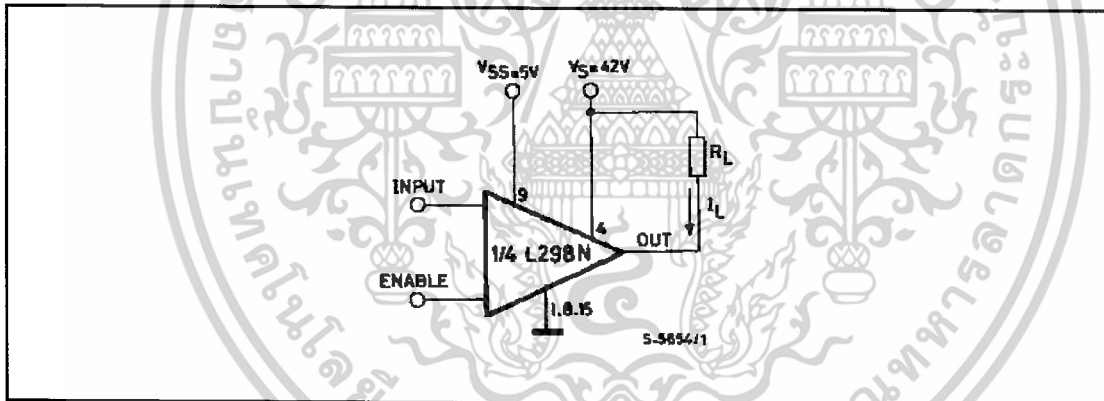


Figure 4 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H  
 For ENABLE Switching, set IN = L



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**FAIRCHILD**  
SEMICONDUCTOR™

September 1983  
Revised February 1999

## MM74HC14

### Hex Inverting Schmitt Trigger

#### General Description

The MM74HC14 utilizes advanced silicon-gate CMOS technology to achieve the low power dissipation and high noise immunity of standard CMOS, as well as the capability to drive 10 LS-TTL loads.

The 74HC logic family is functionally and pinout compatible with the standard 74LS logic family. All inputs are protected from damage due to static discharge by internal diode clamps to  $V_{CC}$  and ground.

#### Features

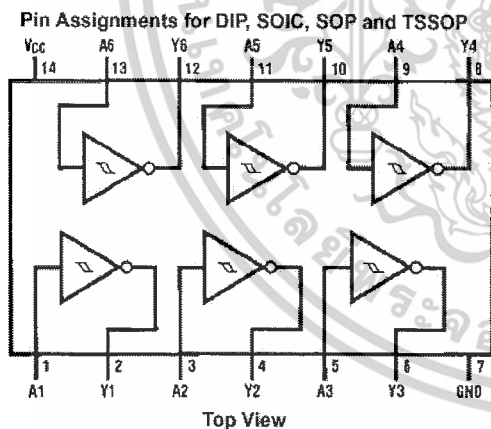
- Typical propagation delay: 13 ns
- Wide power supply range: 2–6V
- Low quiescent current: 20  $\mu$ A maximum (74HC Series)
- Low input current: 1  $\mu$ A maximum
- Fanout of 10 LS-TTL loads
- Typical hysteresis voltage: 0.9V at  $V_{CC} = 4.5V$

#### Ordering Code:

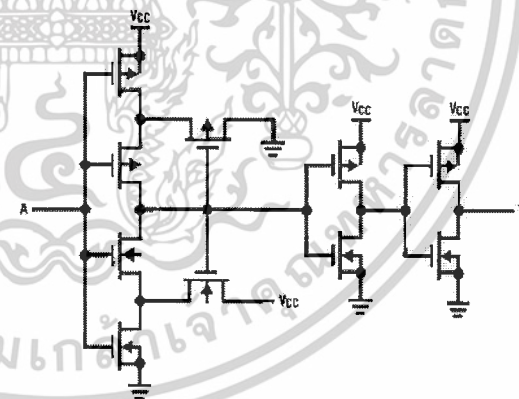
Order Number	Package Number	Package Description
MM74HC14M	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150" Narrow
MM74HC14SJ	M14D	14-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
MM74HC14MTC	MTC14	14-Lead Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP), JEDEC MO-153, 4.4mm Wide
MM74HC14N	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

#### Connection Diagram



#### Logic Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)				Recommended Operating Conditions				
(Note 2)								
Supply Voltage ( $V_{CC}$ )		-0.5 to +7.0V		Min	Max	Units		
DC Input Voltage ( $V_{IN}$ )		-1.5 to $V_{CC} + 1.5V$	Supply Voltage ( $V_{CC}$ )	2	6	V		
DC Output Voltage ( $V_{OUT}$ )		-0.5 to $V_{CC} + 0.5V$	DC Input or Output Voltage	0	$V_{CC}$	V		
Clamp Diode Current ( $I_{IK}, I_{OK}$ )		$\pm 20$ mA	( $V_{IN}, V_{OUT}$ )					
DC Output Current, per pin ( $I_{OUT}$ )		$\pm 25$ mA	Operating Temperature Range ( $T_A$ )	-40	+85	$^{\circ}C$		
DC $V_{CC}$ or GND Current, per pin ( $I_{CC}$ )		$\pm 50$ mA						
Storage Temperature Range ( $T_{STG}$ )		-65 $^{\circ}C$ to +150 $^{\circ}C$	Note 1: Absolute Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.					
Power Dissipation ( $P_D$ )			Note 2: Unless otherwise specified all voltages are referenced to ground.					
(Note 3)		600 mW	Note 3: Power Dissipation temperature derating — plastic 'N' package: — 12 mW/ $^{\circ}C$ from 65 $^{\circ}C$ to 85 $^{\circ}C$ .					
S.O. Package only		500 mW						
Lead Temperature ( $T_L$ )								
(Soldering 10 seconds)		260 $^{\circ}C$						
DC Electrical Characteristics (Note 4)								
Symbol	Parameter	Conditions	$V_{CC}$	$T_A = 25^{\circ}C$		$T_A = -40$ to $85^{\circ}C$	$T_A = -55$ to $125^{\circ}C$	Units
				Typ	Guaranteed Limits			
$V_{T+}$	Positive Going Threshold Voltage	Minimum	2.0V	1.2	1.0	1.0	1.0	V
			4.5V	2.7	2.0	2.0	2.0	V
			6.0V	3.2	3.0	3.0	3.0	V
		Maximum	2.0V	1.2	1.5	1.5	1.5	V
			4.5V	2.7	3.15	3.15	3.15	V
			6.0V	3.2	4.2	4.2	4.2	V
$V_{T-}$	Negative Going Threshold Voltage	Minimum	2.0V	0.7	0.3	0.3	0.3	V
			4.5V	1.8	0.9	0.9	0.9	V
			6.0V	2.2	1.2	1.2	1.2	V
		Maximum	2.0V	0.7	1.0	1.0	1.0	V
			4.5V	1.8	2.2	2.2	2.2	V
			6.0V	2.2	3.0	3.0	3.0	V
$V_H$	Hysteresis Voltage	Minimum	2.0V	0.5	0.2	0.2	0.2	V
			4.5V	0.9	0.4	0.4	0.4	V
			6.0V	1.0	0.5	0.5	0.5	V
		Maximum	2.0V	0.5	1.0	1.0	1.0	V
			4.5V	0.9	1.4	1.4	1.4	V
			6.0V	1.0	1.5	1.5	1.5	V
$V_{OH}$	Minimum HIGH Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{IL}$ $ I_{OUT}  = 20 \mu A$	2.0V	2.0	1.9	1.9	1.9	V
			4.5V	4.5	4.4	4.4	4.4	V
			6.0V	6.0	5.9	5.9	5.9	V
		$V_{IN} = V_{IL}$ $ I_{OUT}  = 4.0$ mA $ I_{OUT}  = 5.2$ mA	4.5V	4.2	3.98	3.84	3.7	V
			6.0V	5.7	5.48	5.34	5.2	V
$V_{OL}$	Maximum LOW Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{IH}$ $ I_{OUT}  = 20 \mu A$	2.0V	0	0.1	0.1	0.1	V
			4.5V	0	0.1	0.1	0.1	V
			6.0V	0	0.1	0.1	0.1	V
		$V_{IN} = V_{IH}$ $ I_{OUT}  = 4.0$ mA $ I_{OUT}  = 5.2$ mA	4.5V	0.2	0.26	0.33	0.4	V
			6.0V	0.2	0.26	0.33	0.4	V
$I_{IN}$	Maximum Input Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND	6.0V		$\pm 0.1$	$\pm 1.0$	$\pm 1.0$	$\mu A$
$I_{CC}$	Maximum Quiescent Supply Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND $I_{OUT} = 0 \mu A$	6.0V		2.0	20	40	$\mu A$
Note 4: For a power supply of 5V $\pm 10\%$ the worst case output voltages ( $V_{OH}$ , and $V_{OL}$ ) occur for HC at 4.5V. Thus the 4.5V values should be used when designing with this supply. Worst case $V_{IH}$ and $V_{IL}$ occur at $V_{CC} = 5.5V$ and 4.5V respectively. (The $V_{IH}$ value at 5.5V is 3.85V.) The worst case leakage current ( $I_{IN}$ , $I_{CC}$ , and $I_{OZ}$ ) occur for CMOS at the higher voltage and so the 6.0V values should be used.								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### AC Electrical Characteristics

$V_{CC} = 5V$ ,  $T_A = 25^\circ C$ ,  $C_L = 15 \text{ pF}$ ,  $t_r = t_f = 6 \text{ ns}$

Symbol	Parameter	Conditions	Typ	Guaranteed Limit	Units
$t_{PHL}$ , $t_{PLH}$	Maximum Propagation Delay		12	22	ns

### AC Electrical Characteristics

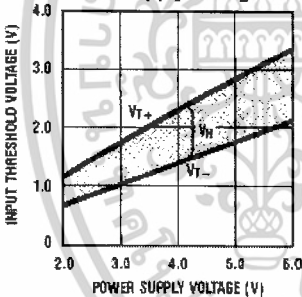
$V_{CC} = 2.0V$  to  $6.0V$ ,  $C_L = 50 \text{ pF}$ ,  $t_r = t_f = 6 \text{ ns}$  (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Conditions	$V_{CC}$	$T_A = 25^\circ C$				Units
				Typ	Guaranteed Limits			
$t_{PHL}$ , $t_{PLH}$	Maximum Propagation Delay		2.0V	60	125	156	188	ns
			4.5V	13	25	31	38	ns
			6.0V	11	21	26	32	ns
$t_{TLH}$ , $t_{THL}$	Maximum Output Rise and Fall Time		2.0V	30	75	95	110	ns
			4.5V	8	15	19	22	ns
			6.0V	7	13	16	19	ns
$C_{PD}$	Power Dissipation Capacitance (Note 5)	(per gate)		27				pF
$C_{IN}$	Maximum Input Capacitance			5	10	10	10	pF

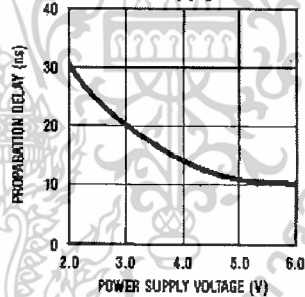
**Note 5:**  $C_{PD}$  determines the no load dynamic power consumption,  $P_D = C_{PD} V_{CC}^2 f + I_{CC} V_{CC}$ , and the no load dynamic current consumption,  $I_S = C_{PD} V_{CC} f + I_{CC}$ .

### Typical Performance Characteristics

Input Threshold,  $V_{T+}$ ,  $V_{T-}$ , vs Power Supply Voltage



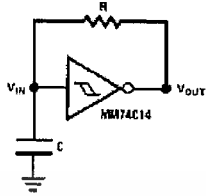
Propagation Delay vs Power Supply



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

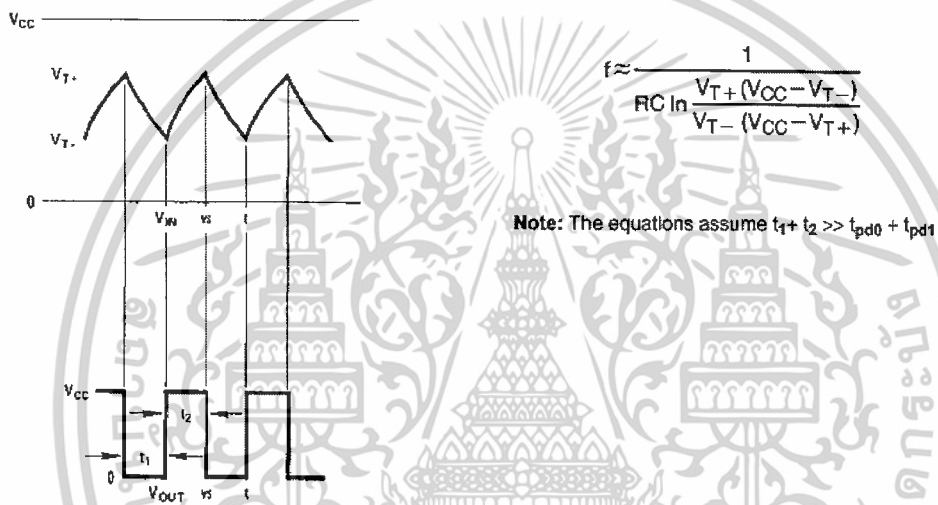
Typical Applications

Low Power Oscillator



$$t_1 \approx RC \ln \frac{V_{T+}}{V_{T-}}$$

$$t_2 \approx RC \ln \frac{V_{CC} - V_{T-}}{V_{CC} - V_{T+}}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Quad 2-input EXCLUSIVE-OR gate

## 74HC/HCT86

## FEATURES

- Output capability: standard
- I<sub>CC</sub> category: SSI

## GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT86 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LSTTL). They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7A.

The 74HC/HCT86 provide the EXCLUSIVE-OR function.

## QUICK REFERENCE DATA

GND = 0 V; T<sub>amb</sub> = 25 °C; t<sub>r</sub> = t<sub>f</sub> = 6 ns

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYPICAL		UNIT
			HC	HCT	
t <sub>PHL</sub> / t <sub>PLH</sub>	propagation delay nA, nB to nY	C <sub>L</sub> = 15 pF; V <sub>CC</sub> = 5 V	11	14	ns
C <sub>I</sub>	input capacitance		3.5	3.5	pF
C <sub>PD</sub>	power dissipation capacitance per gate	notes 1 and 2	30	30	pF

## Notes

1. C<sub>PD</sub> is used to determine the dynamic power dissipation (P<sub>D</sub> in μW):

$$P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o) \text{ where:}$$

f<sub>i</sub> = input frequency in MHz

f<sub>o</sub> = output frequency in MHz

∑ (C<sub>L</sub> × V<sub>CC</sub><sup>2</sup> × f<sub>o</sub>) = sum of outputs

C<sub>L</sub> = output load capacitance in pF

V<sub>CC</sub> = supply voltage in V

2. For HC the condition is V<sub>I</sub> = GND to V<sub>CC</sub>  
For HCT the condition is V<sub>I</sub> = GND to V<sub>CC</sub> - 1.5 V

## ORDERING INFORMATION

See "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information".

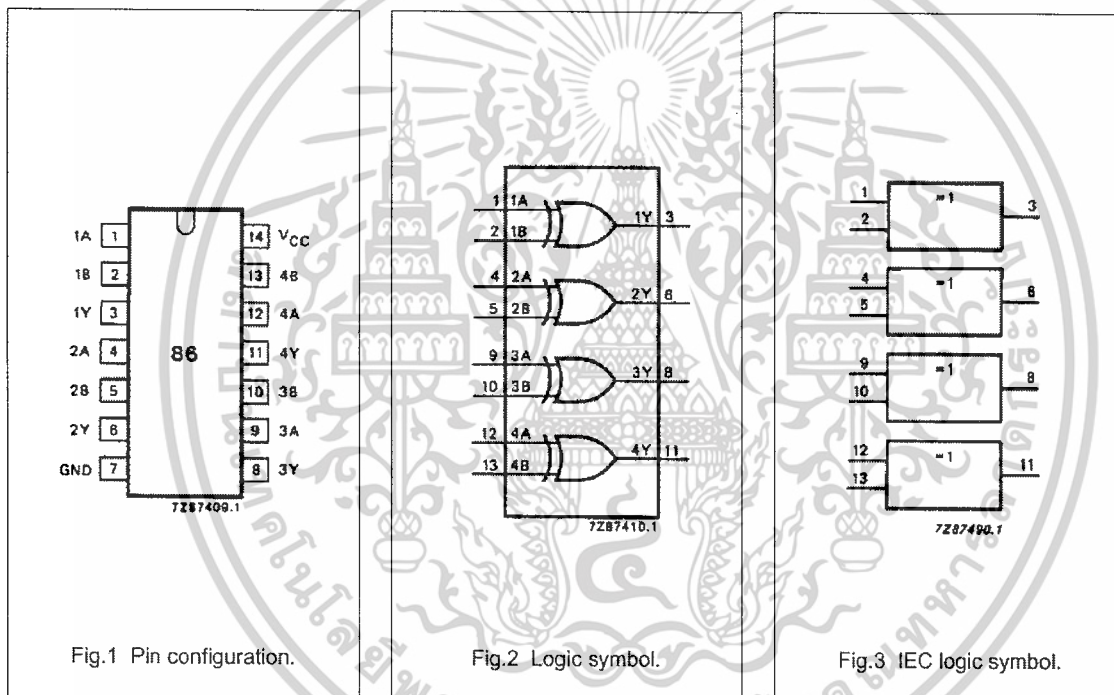
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Quad 2-input EXCLUSIVE-OR gate

74HC/HCT86

## PIN DESCRIPTION

PIN NO.	SYMBOL	NAME AND FUNCTION
1, 4, 9, 12	1A to 4A	data inputs
2, 5, 10, 13	1B to 4B	data inputs
3, 6, 8, 11	1Y to 4Y	data outputs
7	GND	ground (0 V)
14	V <sub>CC</sub>	positive supply voltage



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Quad 2-input EXCLUSIVE-OR gate

74HC/HCT86

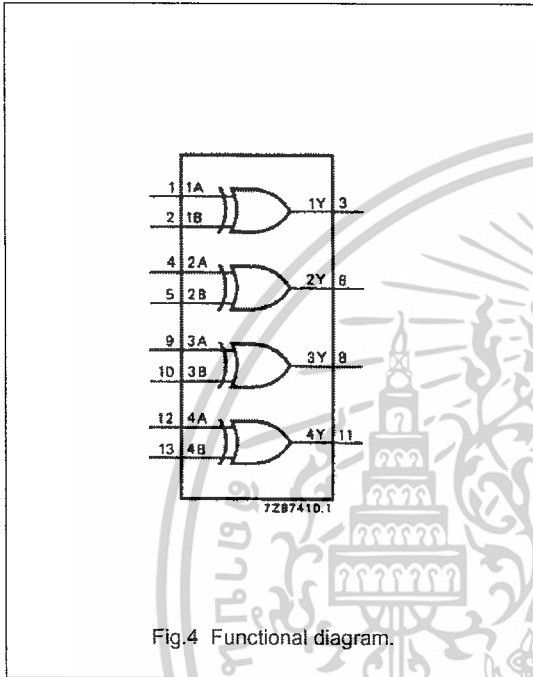


Fig.4 Functional diagram.

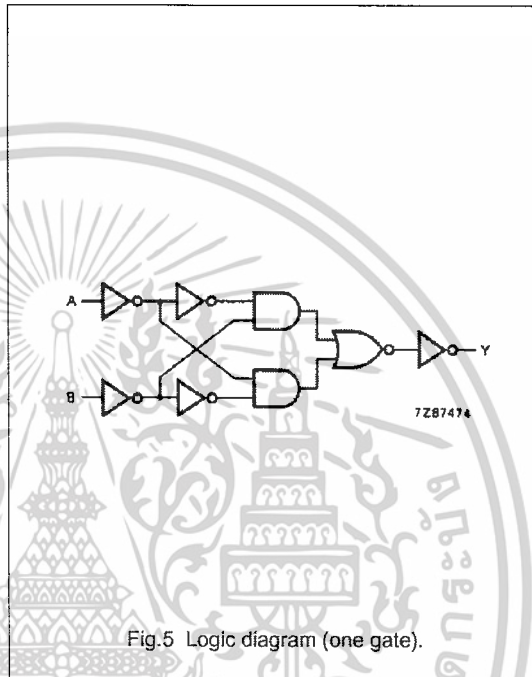


Fig.5 Logic diagram (one gate).

FUNCTION TABLE

INPUTS		OUTPUTS
nA	nB	nY
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	L

Notes

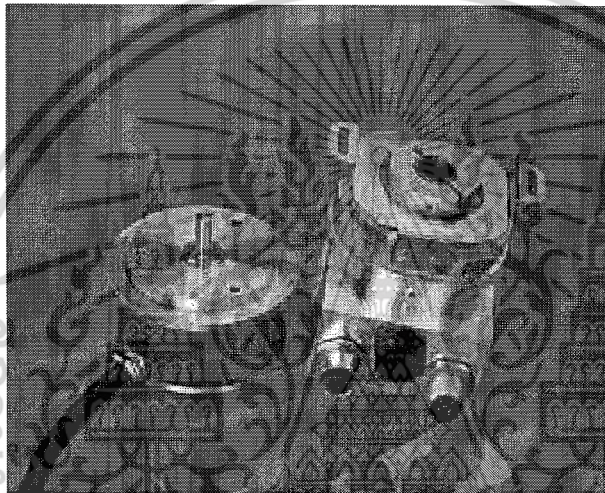
1. H = HIGH voltage level  
L = LOW voltage level

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# **POSITAL**

## **FRABA**

### ABSOLUTE ROTARY ENCODER MIDI CANOPEN



#### **Main Features**

- Compact and heavy-duty industrial design
- Interface: CANopen / CAN
- Housing: 58 mm Ø
- Solid or hollow shaft: 6 or 10 mm Ø / 15 mm Ø
- Max. 65,536 steps per revolution (16 Bit)
- Code: Binary

#### **Mechanical Structure**

- Aluminum Flange and housing
- Stainless steel shaft
- Precision ball bearings with sealing or cover rings
- Code disc made of unbreakable and durable plastic
- Very short housing with a maximum length of 30 mm

#### **Programmable Parameters**

- Direction of rotation (complement)
- Resolution per revolution
- Total resolution
- Preset value
- Two limit switches
- Cams
- Baud-rate and CAN-identifier
- Transmission mode: Polled mode, cyclic mode, sync mode, or cos mode

#### **Electrical Features**

- Temperature insensitive IR-opto-receiver-asic with integrated signal conditioning
- Highly integrated circuit in SMD-technology
- Polarity inversion protection
- Over-voltage-peak protection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# POSITAL

## FRABA

### ABSOLUTE ROTARY ENCODER MIDI CANOPEN

#### Technical Data

##### Electrical data

Interface	Transceiver according ISO 11898, galvanically isolated by opto-couplers
Transmission rate	Max. 1 MBaud
Device addressing	programmable via SDO telegrams
Supply voltage	10 - 30 V* DC (absolute limits)
Current consumption	Max. 230 mA with 10 V DC, max. 100 mA with 24 V DC
Power consumption	Max. 2.5 Watts
Step frequency LSB	800 kHz
Accuracy of division	$\pm \frac{1}{2}$ LSB (12 bit), $\pm 2$ LSB (16 bit)
EMC	Emitted interference: EN 61000-6-4
	Noise immunity: EN 61000-6-2
Electrical lifetime	$> 10^9$ h

\* Absolute rotary encoders should be connected only to subsequent electronics whose power supplies comply with EN 50178 (protective low voltage)

##### Mechanical data

Housing	Aluminum, optional stainless steel			
Lifetime	Dependent on shaft version and shaft loading – refer to table			
Max. shaft loading	Axial 40 N, radial 110 N			
Inertia of rotor	$\leq 30$ gcm <sup>2</sup>			
Friction torque	$\leq 3$ Ncm (without shaft sealing)			
RPM (continuous operation)	Singletum: max. 12,000 RPM			
Shock (EN 60068-2-27)	$\leq 100$ g (half sine, 6 ms)			
Permanent shock (EN 60028-2-29)	$\leq 10$ g (half sine, 16 ms)			
Vibration (EN 60068-2-6)	$\leq 10$ g (10 Hz ... 2000 Hz)			
Weight (standard version)	Singletum: $\approx 550$ g			
	Multitum: $\approx 600$ g			
Weight (stainless steel version)	Singletum: $\approx 1,100$ g			
	Multitum: $\approx 1,200$ g			
Flange	Synchro (S)		Clamp (C)	Hollow shaft (B)
Shaft diameter	6 mm	10 mm	10 mm	15 mm
Shaft length	10 mm	20mm	20 mm	-
hollow shaft depth min. / max.	-	-	-	15 mm / 30 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# POSITAL

## FRABA

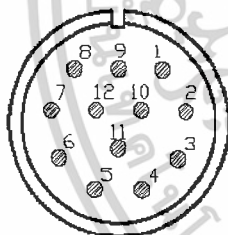
### ABSOLUTE ROTARY ENCODER MIDI CANOPEN

#### Interface

##### Configuration

The standard configuration of the absolute rotary encoder is: Node number 32, baudrate 20 Kbaud. To adapt the encoder to the application, the user can configure the encoder via SDO messages. The baudrate can be changed within the range between 20 kbaud up to 1 Mbaud and the node number between 0 and 89. **Internally 1 is added to the chosen node number**

##### 12 pin round connector



##### Electrical connection

The absolute rotary encoder is available with a 12 pin round connector and cable with open ends. The pin assignment and the cable colours are described as follows:

Signal	12 pin connector pin number	cable
(CAN Ground)	3	green
24 V supply voltage	12	white
0 V supply voltage	10	brown
CAN High	7	yellow
CAN Low	2	pink

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล

นายสุเทพ กิ่งวานธรรม

วัน เดือน ปีเกิด

21 มกราคม พ.ศ. 2524

ภูมิลำเนา

422/4 ม.12 ตลาดมาบอำมฤต อำเภอปะทิว  
จังหวัดชุมพร 860210 โทรศัพท์ 01-9175137

ประถมศึกษา

ประวัติการศึกษา

โรงเรียนชุมชนมาบอำมฤต จังหวัดชุมพร

มัธยมศึกษาตอนต้น

โรงเรียนชุมชนมาบอำมฤตวิทยา จังหวัดชุมพร

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ

วิทยาลัยเทคนิคชุมพร

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์

ปริญญาตรี

สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

คติพจน์

รู้เขารู้เรา รบร้อยครั้งชนะร้อยครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล

นายอภิวัฒน์ ดาหมาด

วัน เดือน ปีเกิด

15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2523

ภูมิลำเนา

123 หมู่ที่ 3 ตำบลเจ๊ะบิลัง อำเภอเมือง  
จังหวัดสตูล 91000 โทรศัพท์ 01-7030043

ประถมศึกษา

ประวัติการศึกษา

โรงเรียนบ้านป่าเต๊ะ จังหวัดสตูล

มัธยมศึกษาตอนต้น

โรงเรียนบ้านใหม่ จังหวัดสตูล

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ

วิทยาลัยเทคนิคสตูล

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

วิทยาลัยเทคนิคสตูล

ปริญญาตรี

สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

คติพจน์

จงยึดมั่นในสิ่งที่ตนศรัทธา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้