

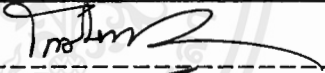
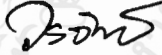


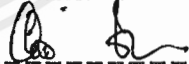
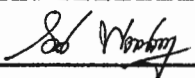
คณะกรรมการอุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองปริญญาโท

ปริญญาโท ผลิตเตอร์ควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์  
MICROCONTROLLER CONTROL PLOTTER

- ชื่อนักศึกษา 1. นายชาญ คำมูล รหัสประจำตัว 38031303  
2. นายทวีศักดิ์ พวงระกำ รหัสประจำตัว 38031307  
3. นางสาวนาฏสุดา สุขมาก รหัสประจำตัว 38031313  
4. นายบรรพต แซ่เตี่ยว รหัสประจำตัว 38031314

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์  
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท

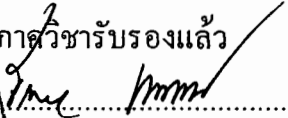
1. อาจารย์โกศล ตราชู  
2. อาจารย์กิติพงศ์ มะโน  
3. อาจารย์วรวิทย์ สมหา

คณะกรรมการสอบปริญญาโท	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์โกศล ตราชู	
2. อาจารย์วรวิทย์ สมหา	
3. อาจารย์สุชิน อาจหาญ	
4. อาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์	
5. อาจารย์อำพล ทองระอา	
6. อาจารย์ไพบุลย์ พวงวงศ์ตระกูล	

วันเดือนปีที่สอบ วันที่ 10 ธันวาคม 2539 เวลา 18:30 น. ถึงเวลา 19:00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะวิศวกรรมศาสตร์



ภาควิชารับรองแล้ว  


ผู้ตรวจรับผล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 15 เดือน ๑๒ พ.ศ. ๒๕๓๙

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



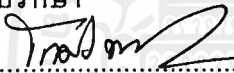
## ปริญญาบัตร

เรื่อง พล็อตเตอร์ควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์  
MICROCONTROLLER CONTROLLED PLOTTER

### ผู้จัดทำ

1. นายชาญ คำมูล รหัสประจำตัว 38031303
2. นายทวีศักดิ์ พวงระกำ รหัสประจำตัว 38031307
3. นางสาวนาฏสุดา สุขมาก รหัสประจำตัว 38031313
4. นายบรรพต แซ่เตียว รหัสประจำตัว 38031314

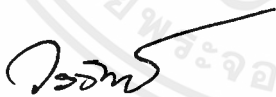
อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงนาม.....  


(อาจารย์โกศล ตราฐ)

ลงนาม.....  


(อาจารย์กิติยงค์ มะโน)

ลงนาม.....  


(อาจารย์วรวิทย์ สมหา)

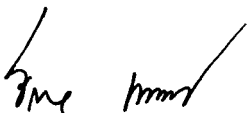
เลขหมู่.....	29
เลขทะเบียน.....	1871
วัน เดือน ปี.....	23.พ.ค.2540

021640



A021640

หัวหน้าภาควิชา

ลงนาม.....  


(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริญญานิพนธ์**  
**เรื่อง พล็อตเตอร์ควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์**  
**MICROCONTROLLER CONTROL PLOTTER**

**วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์**

1. เพื่อศึกษาการทำงานของฮาร์ดแวร์, ซอฟต์แวร์ และระบบกลไกของพล็อตเตอร์
2. เพื่อออกแบบฮาร์ดแวร์, ซอฟต์แวร์ และระบบกลไกของพล็อตเตอร์
3. เพื่อสร้างพล็อตเตอร์ไว้ใช้งาน
4. เพื่อนำพล็อตเตอร์ไปใช้งานได้จริง

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. ได้รับความรู้และความเข้าใจการทำงานของ ฮาร์ดแวร์, ซอฟต์แวร์ และระบบกลไกของพล็อตเตอร์
2. ได้ต้นแบบของฮาร์ดแวร์, ซอฟต์แวร์, ระบบกลไก ของพล็อตเตอร์
3. ได้เครื่องพล็อตเตอร์จำนวน 1 เครื่อง
4. สามารถนำพล็อตเตอร์ไปใช้งานได้จริง

## พลอตเตอร์ ควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

นายชาญ	คำมูล
นายทวีศักดิ์	พวงระกำ
นางสาวนาฏสุดา	สุขมาก
นายบรรพต	แซ่เตี๋ย

อาจารย์ที่ปรึกษา	
อาจารย์โกศล	ตราชู
อาจารย์กิติพงศ์	มะโน
อาจารย์วรวิทย์	สมหา
ปีการศึกษา 2539	

### บทคัดย่อ

ปริญาณิพนธ์ฉบับนี้เสนอพลอตเตอร์ โดยใช้สเตปป์ิงมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนกลไกที่มีความละเอียดสูง ซึ่งอาศัยการขับเคลื่อนสเตปป์ิงมอเตอร์แบบไมโครสเตป ทำให้ได้พลอตเตอร์ที่มีความสามารถเขียนเส้นที่มีความละเอียดสูงถึง 25 ไมโครเมตร

พลอตเตอร์ทำงานได้โดยอาศัยการควบคุมจากไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ Z80 เป็นหน่วยประมวลผลกลางรับข้อมูลภาษา HPGL จากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตขนาน แล้วแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณควบคุมพลอตเตอร์ พลอตเตอร์สามารถใช้ได้กับกระดาษขนาด A3 และ A4

## II

### MICROCONTROLLER CONTROLLED PLOTTER

MR. CHAN KUMMOOL  
MR. THAWEESAK PUNGRAGAM  
MISS. NATSUDA SUKMAK  
MR. BANPOAT SAE-TEAW

#### ADVISORS

MR. KOSON TRACHOO  
MR. KITIPONG MANO  
MR. WARRAWIT SOMHA

1996

#### ABSTRACT

This project present the invention of the plotter which is controlled by microcontroller using two stepping motors as machanic control. The plotter has been designed to have a high capability. This process depend on micro-step movement of the stepping motors.

The plotter operates by controlling Micro processor Z-80 which is a CPU (Control Processing Unit). The plotter recieves HPGL (Hewlett Packard Graphic Language) from PC (Personal Computer) via parallel port. Then it convert the information into a pluse signal in order to control the plotter. This plotter is only accessible for A3 and A4 paper size.

### III

#### กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยการช่วยเหลือและการให้คำแนะนำปรึกษาจากท่านอาจารย์ที่ควบคุมปริญญานิพนธ์ทุกท่าน รวมทั้งสมาชิกในกลุ่มที่ร่วมมือกันทำงานจนสำเร็จ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณบุพการีผู้สนับสนุนการศึกษาตลอดมารวมทั้งคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้กรุณาให้งบประมาณสนับสนุนในการจัดทำโครงการนี้



## IV

### สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูปภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 สเตปปีงมอเตอร์	3
2.1.1 หลักการของการทำงานของสเตปปีงมอเตอร์ทั่วไป	4
2.1.2 สเตปปีงมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร	5
2.1.3 สเตปปีงมอเตอร์แบบคาร์ลัคแตนซ์แปรค่าได้ที่มีสแต็คเดียว	6
2.1.4 สเตปปีงมอเตอร์แบบคาร์ลัคแตนซ์แบบแปรค่าได้และมีหลายสแต็ค	11
2.1.5 สเตปปีงมอเตอร์แบบไฮบริดจ์	16
2.2 ภาษาคอมพิวเตอร์	23
2.2.1 PR ( Plot Relative )	23
2.2.2 PU ( Pen Up )	24
2.2.3 PD ( Pen Down )	24
2.2.4 AA ( Arc Absolute )	24
2.2.5 PA ( Plot Absolute )	25
2.2.6 CI ( Circle )	25
2.2.7 VS ( Velocity Select )	26
2.2.8 AR (Arc Relative)	26

เรื่อง	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	27
3.1 ผังการทำงานของพลอตเตอร์	27
3.2 การออกแบบและการทำงานในส่วนต่างๆ	28
3.2.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	28
3.2.2 ส่วนควบคุม	31
3.2.3 ระบบกลไกของพลอตเตอร์	38
บทที่ 4 ผลการทดลองและทดสอบ	43
4.1 การทดลองและทดสอบหาเฟสของสเตปป์มอเตอร์	43
4.2 การทดลองวงจรขับสเตปป์มอเตอร์	44
4.3 การทดลองโปรแกรมร่วมกับวงจรขับสเตปป์มอเตอร์	46
4.4 การทดลองโปรแกรมรับข้อมูลจากพอร์ตขนาน	47
บทที่ 5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ	48
5.1 บทสรุป	48
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	48
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา	50
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก วงจรและผังการวางอุปกรณ์ส่วนต่างๆ ของพลอตเตอร์	51
ภาคผนวก ข ส่วนประกอบระบบกลไก	56
ภาคผนวก ค โปรแกรมทดสอบและผังการทำงานของโปรแกรม	63
ภาคผนวก ง รายการอุปกรณ์และคุณสมบัติทางไฟฟ้าของไอซี	93
บรรณานุกรม	

## VI

### สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 การเลือกทรานซิสเตอร์ของสเตปป์มอเตอร์	11
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองหาเฟสของสเตปป์มอเตอร์	43
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวงจรขับสเตปป์มอเตอร์	45
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองโปรแกรมรับข้อมูลจากพอร์ตขนาน	47
ตารางที่ 5.1 ปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการทำปริญญาโท	49



## VII

### สารบัญรูปร่างภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 วงจรควบคุมการทำงานของสเตปป์มอเตอร์	3
รูปที่ 2.2 สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในลักษณะต่างๆ	4
รูปที่ 2.3 แรงดึงดูดทำให้เกิดทอร์คที่หมุนอาร์เมเจอร์ให้ไปอยู่ในตำแหน่งสมดุล	5
รูปที่ 2.4 โครงสร้างของสเตปป์มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรมี 4 เฟส	6
รูปที่ 2.5 ลักษณะโครงสร้างของ VR สเตปป์มอเตอร์แบบมีสแต็คเดียว	7
รูปที่ 2.6 ลำดับและตำแหน่งการหมุน 3 สเตป VR สเตปป์มอเตอร์แบบสแต็คเดียว	8
รูปที่ 2.7 โครงสร้างของสเตปป์มอเตอร์แบบ VR ที่มี 3 เฟส	12
รูปที่ 2.8 ลำดับการสเตปของ VRSM แบบ 3 เฟส	14
รูปที่ 2.9 VRSM แบบ 3 เฟส ( ต่อ )	15
รูปที่ 2.10 โครงสร้างของไฮบริดสเตปป์มอเตอร์	16
รูปที่ 2.10 โครงสร้างของไฮบริดสเตปป์มอเตอร์ ( ต่อ )	17
รูปที่ 2.11 วงจรแม่เหล็กของ HSM	18
รูปที่ 2.12 ลำดับ 4 สเตปของ HSM แบบ 2 เฟส	19
รูปที่ 2.13 การพันขดลวดเฟสของสเตเตอร์	21
รูปที่ 2.14 ไฮบริดสเตปป์มอเตอร์	21
รูปที่ 2.14 ไฮบริดสเตปป์มอเตอร์ ( ต่อ )	22
รูปที่ 2.15 การเขียนเส้นทแยงมุม 45 องศา จากจุด ( 0, 0 ) ไปยัง ( 5, 3 )	23
รูปที่ 2.16 การเขียนส่วนของวงกลมโดยใช้คำสั่ง AA	24
รูปที่ 2.17 การเขียนวงกลมโดยใช้คำสั่ง CI ซึ่งสามารถกำหนดทิศทางการเขียนได้	25
รูปที่ 2.18 การเขียนส่วนของวงกลมโดยใช้คำสั่ง AR	26
รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของพลอตเตอร์	28
รูปที่ 3.2 ผังการทำงานของวงจรจ่ายไฟ	28

## VIII

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 3.3 วงจรจ่ายไฟ $\pm 15$ โวลต์	29
รูปที่ 3.4 วงจรจ่ายไฟ $\pm 24$ โวลต์	30
รูปที่ 3.5 วงจรจ่ายไฟ +5 โวลต์	30
รูปที่ 3.6 วงจรจ่ายไฟ	31
รูปที่ 3.7 ส่วนควบคุม	32
รูปที่ 3.8 การเชื่อมต่อพลาตเตอร์กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์	32
รูปที่ 3.9 ชุดบอร์ด CP-Z80V2	33
รูปที่ 3.10 การเชื่อมต่อ EPROM Emulator กับบอร์ดสำเร็จ CP-Z80V2	34
รูปที่ 3.11 การต่อ ET-RS232 และ ET-DEBUGGER Z80 กับ CP-Z80V2	35
รูปที่ 3.12 การต่อ ET-BOARD กับ CP-Z80V2	35
รูปที่ 3.13 ผังการทำงานของวงจรขับไมโครสเตป	36
รูปที่ 3.14 วงจร Buffer 1 และ Buffer 2	36
รูปที่ 3.15 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอะนาล็อก	37
รูปที่ 3.16 วงจรขยายแรงดัน	38
รูปที่ 3.17 ส่วนระบบกลไก	38
รูปที่ 3.18 สเตปปีงมอเตอร์ที่ใช้ขับส่วนกลไกในแนวแกน X	39
รูปที่ 3.19 สเตปปีงมอเตอร์ที่ใช้ขับส่วนกลไกในแนวแกน Y	40
รูปที่ 3.20 ส่วนหัวจับปากกา	41
รูปที่ 4.1 ลักษณะการต่อขดลวดภายในสเตปปีงมอเตอร์	43
รูปที่ 4.2 ผลการหมุนเมื่อป้อนแรงดันแต่ละระดับ	44
รูปที่ 4.3 ลักษณะการต่อวงจรทดลองขับไมโครสเตป	44
รูปที่ 4.4 ลักษณะการทำงานของบัฟเฟอร์	45

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบันมีการนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น ควบคุมความเร็วหรือทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า, ควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ฯลฯ ตลอดจนระบบการควบคุมในโรงงานอุตสาหกรรม ด้วยเหตุผลที่ว่า การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์นั้น ๆ จะมีความถูกต้อง, เทียบตรงและเชื่อถือได้ มีการทำงานที่รวดเร็วแม่นยำและยังมีความยืดหยุ่นการทำงานได้โดยการเปลี่ยนแปลงทางด้านซอฟต์แวร์ ทำให้สะดวกและคล่องตัวในการใช้งาน นอกจากนี้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ผลิตหรือออกแบบมาในปัจจุบัน มีการเพิ่มขีดความสามารถต่าง ๆ ให้สะดวกต่อการใช้งานมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดความยุ่งยากในการออกแบบวงจรประยุกต์ใช้งาน ทำให้เปลี่ยนแปลงการทำงานได้ง่ายขึ้น

จากที่กล่าวมาแล้ว ในการที่จะนำไมโครคอนโทรลเลอร์ไปประยุกต์ใช้งานในการออกแบบควบคุมดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพและถูกต้องนั้น จะต้องมีความเข้าใจการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์, การออกแบบวงจรใช้งานเพื่อติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ตลอดจนคำสั่งหรือซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการควบคุมการทำงานอย่างละเอียด เพื่อให้ระบบควบคุมนั้นมีประสิทธิภาพในการทำงาน

ทางคณะผู้จัดทำเห็นว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์นำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพ คณะผู้จัดทำจึงได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมการทำงานของสเตปปีงมอเตอร์และนำสเตปปีงมอเตอร์ไปควบคุมการเคลื่อนที่ของปากกาและการเลื่อนกระดาษโดยใช้ภาษา HPGL (Hewlett Packard Graphics Language) ที่ใช้ในการแปลงข้อมูลให้เป็นคำสั่งที่ใช้ควบคุมระบบกลไกของพลอตเตอร์และให้ชื่อโครงการนี้ว่า “พลอตเตอร์ควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller control plotter)”

#### 1.2 วัตถุประสงค์ของการทำการศึกษาปริญาานิพนธ์

จัดทำโครงการเรื่อง พลอตเตอร์ควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชาโครงการการสร้างอุปกรณ์เพื่อการสอน คณะผู้จัดทำมีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาการทำงานและออกแบบซอฟต์แวร์, ฮาร์ดแวร์และส่วนประกอบทางกลของ

พลอตเตอร์ เพื่อสร้างพลอตเตอร์ไว้ใช้งานและนำเครื่องพลอตเตอร์ควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ไปใช้งานได้จริง

### 1.3 ขอบเขตของการทำปฏิญานิพนธ์

ศึกษาการทำงานของพลอตเตอร์, การขับสเตปป์มอเตอร์แบบไมโครสเตป, การเขียนโปรแกรมภาษาแอสแซมบลี, ภาษา HPGL

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

หลังจากที่คณะผู้จัดทำได้ศึกษาและทำโครงการเรื่อง “พลอตเตอร์ควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์” เสร็จสิ้นแล้ว จะได้รับความรู้และความเข้าใจทางด้านซอฟต์แวร์, ฮาร์ดแวร์และส่วนประกอบทางกลของพลอตเตอร์รวมทั้งได้เครื่องพลอตเตอร์ควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์จำนวน 1 เครื่องไปใช้งานได้

### 1.5 เนื้อหาโดยสังเขป

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้มีเนื้อหาทั้งหมด 5 บทดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ จะเป็นการกล่าวถึงรายละเอียดในแต่ละบทของปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้โดยสังเขป

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการจะกล่าวถึงเนื้อหาที่นำมาอ้างอิงและใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างเครื่องพลอตเตอร์ควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างจะอธิบายถึงการออกแบบวงจรและการสร้างในแต่ละส่วนของเครื่องพลอตเตอร์ควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง ในบทนี้เป็นการนำเสนอการทดลองและผลการทดลอง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น ส่วน ๆ ตามการออกแบบและการสร้างพร้อมการบันทึกผลการทดลองในแต่ละส่วน

บทที่ 5 บทวิจารณ์ สรุป และแนวทางในการพัฒนา ในบทนี้กล่าวถึงแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น นับตั้งแต่การเริ่มสร้างโครงการจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์พร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาเพื่อให้พลอตเตอร์ควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์มีประสิทธิภาพสูงต่อไป

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

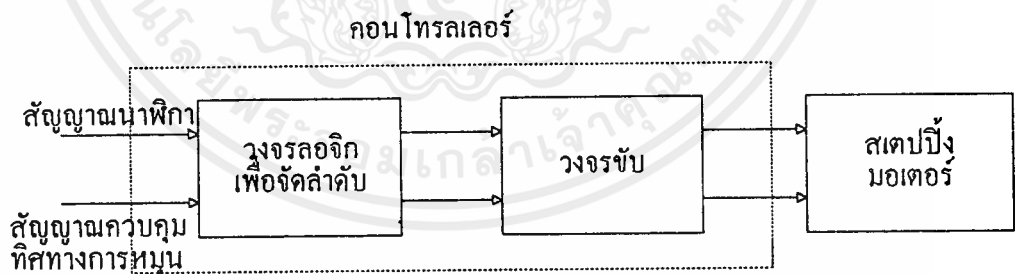
ปัจจุบันสเตปป์ิงมอเตอร์ได้ถูกนำมาใช้งานกันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบกลไก เช่น เครื่องพิมพ์หรือฟลอตเตอร์ ผู้ผลิตได้มีการพัฒนาการนำสเตปป์ิงมอเตอร์มาใช้งาน โดยเฉพาะการควบคุมที่ต้องการความถูกต้องแม่นยำ การขับมอเตอร์แบบไมโครสเตปได้มีความสำคัญมากขึ้น ในบทนี้ได้เสนอความรู้เกี่ยวกับสเตปป์ิงมอเตอร์ชนิดต่างๆ และหลักการควบคุมสเตปป์ิงเบื้องต้นและการควบคุมแบบไมโครสเตป

#### 2.1 สเตปป์ิงมอเตอร์

นิยามของสเตปป์ิงมอเตอร์ จะมีเพลอาหมุนเป็นสเตป

- ป้อนอินพุตด้วยพัลส์ที่มีค่าความถี่ค่าหนึ่งจะหมุนไปหนึ่งสเตปในแต่ละพัลส์
- ขนาดของสเตปขึ้นอยู่กับารออกแบบสเตปป์ิงมอเตอร์
- หมุนด้วยกระแสที่พอเพียง โดยวงจรขับ

การทำงานของสเตปป์ิงมอเตอร์ขึ้นอยู่กับพัลส์ที่ป้อนให้กับขดลวดแต่ละเฟสในลำดับที่ถูกต้องด้วยวงจรลอจิกสำหรับจัดลำดับ (sequencer logic) และวงจรขับ



รูปที่ 2.1 ฟังก์ชันการควบคุมการทำงานของสเตปป์ิงมอเตอร์

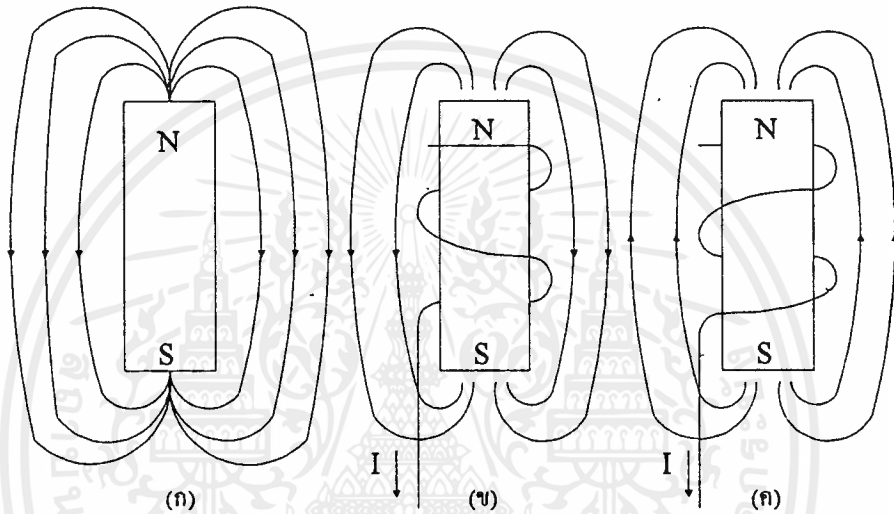
ในรูปที่ 2.1 สเตปป์ิงมอเตอร์จะทำงานเมื่อป้อน

- สัญญาณพัลส์นาฬิกา (clock pulses)
- อินพุตสำหรับควบคุมทิศทางการหมุน

### 2.1.1 หลักการทำงานของสเตปป์มอเตอร์ทั่วๆ ไป

สเตปป์มอเตอร์สามารถกำหนดตำแหน่งการหมุนได้อย่างเที่ยงตรง เนื่องจากพัลส์แต่ละอินพุตจะทำให้สเตปป์มอเตอร์เคลื่อนที่ไปหนึ่งสเตปป์อย่างเที่ยงตรง

หลักการพื้นฐานของการเกิดสนามแม่เหล็กและเส้นแรงแม่เหล็กดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในลักษณะต่าง ๆ

ในรูปที่ 2.2 (ก) สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากแม่เหล็กถาวร

2.2 (ข) สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากกระแส I

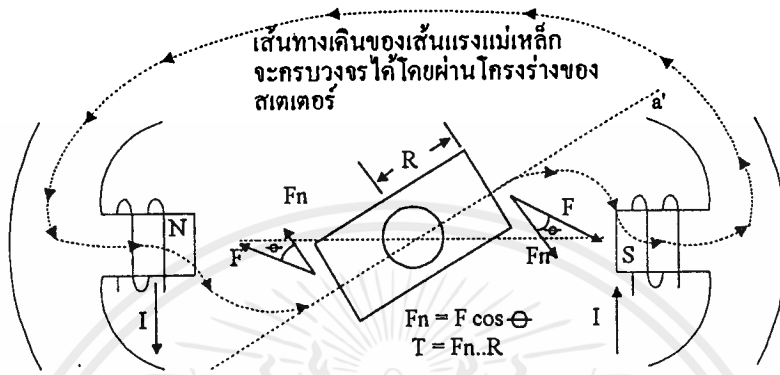
2.2 (ค) ขั้วแม่เหล็กกลับทิศทางเมื่อขดลวดถูกพันกลับทิศทางและทิศทางกระแสไหลของกระแสไม่เปลี่ยนแปลง

ในรูปที่ 2.3 แท่งแม่เหล็กถาวรติดอยู่บนเพลาและหมุนได้อิสระเหมือนอาร์เมเจอร์ มีขั้วแม่เหล็กไฟฟ้า 2 ขั้วซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงโลหะที่เป็นสเตเตอร์ (stator) ตำแหน่งแกนของอาร์เมเจอร์แม่เหล็กคือ a-a' ต่างไปจากตำแหน่งแกนขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าเล็กน้อยเป็นมุม  $\theta$

แรงแม่เหล็กที่เกิดจากการดึงดูดของขั้วแม่เหล็กที่ต่างกันทำให้เกิดส่วนของแรงปกติ

$$F_n = F \cos \theta \text{ (แรงนี้ตั้งฉากกับแกน a-a')}$$

ทอร์กผลรวม  $T = F'_n \cdot R$  (ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนไปทิศทาง CW จนกว่าแกนของอาร์เมเจอร์ a-a' จะอยู่ในแนวเดียวกับแกนขั้วของสเตเตอร์)



รูปที่ 2.3 แรงดึงดูดทำให้เกิดทอร์กที่หมุนอาร์เมเจอร์ให้ไปอยู่ในตำแหน่งสมดุล

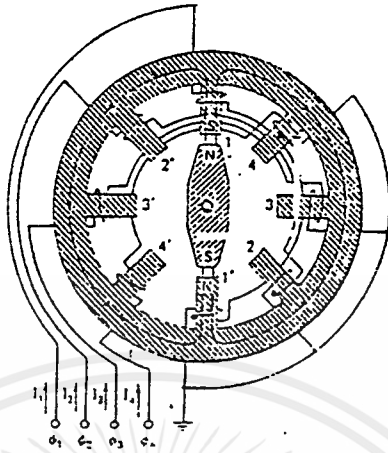
ถ้าหากมีขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าหลายๆ ขั้วรอบๆ สเตเตอร์และขั้วเหล่านั้นถูกกระตุ้นด้วยกระแสพัลส์ที่เรียงลำดับกันไป อาร์เมเจอร์ก็จะหมุนเป็นของสเตปตามการหมุนของสนามแม่เหล็ก

### 2.1.2 สเตปป์มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent magnet stepping motors)

โครงสร้างของสเตปป์มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรแสดงดังรูปที่ 2.4 เป็นสเตปป์มอเตอร์แบบ 4 เฟส แต่ละเฟสเป็นขดลวดอยู่บนขั้วของสเตเตอร์ทั้ง 2 ดังนั้นในการออกแบบสเตเตอร์จะต้องมี 8 ขั้ว มีมุมสเตปเท่ากับ  $45^\circ$

โรเตอร์ทำจากแม่เหล็กถาวรและอยู่ในแนวของขั้วสเตเตอร์ 1 และ 1' ซึ่งสเตเตอร์หยุดอยู่ที่ตำแหน่งนี้ได้ด้วยกระแส  $I_1$  ที่ไหลอยู่ในเฟส 1

ขดลวดของเฟส  $\theta_1, \theta_4, \theta_3$  และ  $\theta_2$  (1 - 4 - 3 - 2 ตามลำดับ) จะได้รับพลังงานด้วยกระแสพัลส์ที่สอคล้องกันคือ  $I_1, I_4, I_3$  และ  $I_2$  กระแสแต่ละเฟสจะไหลในทิศทางที่แสดงในไดอะแกรม แต่ละสเตปโรเตอร์จะหมุนไปตามทิศทางตามเข็มนาฬิกา  $45^\circ$  ( $360^\circ/8$ )



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของสเตปป์มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรมี 4 เฟส

เมื่อขั้วเหนือของโรเตอร์ ( แม่เหล็กถาวร ) หมุนไปถึงขั้วของสเตเตอร์หมายเลข 2 ลำดับการขั้วขดลวดเฟสของสเตปป์มอเตอร์คือ 1 - 4 - 3 - 2 จะต้องกระทำเหมือนเดิม ( เพื่อให้มอเตอร์หมุนไปตามเข็มนาฬิกาอีก  $180^\circ$  ยกเว้นเราต้องการให้หมุนกลับทิศทางใน  $180^\circ$  ที่เหลือด้วยการป้อนกระแสกลับทิศทาง เพื่อให้เกิดการเหนี่ยวนำเป็นขั้วใต้ที่ขั้วสเตเตอร์ 1', 4', 3' และ 2' ตามลำดับ (ทิศทางของกระแสแสดงในรูปที่ 2.4)

### 2.1.3 สเตปป์มอเตอร์แบบคาร์ลัคแทนซ์แปรค่าได้ที่มีสเต็คเดียว (Variable-Reluctance stepping motors)

ตัวอย่างโครงสร้างของสเตปป์มอเตอร์แบบรีลัคแทนซ์แปรค่าได้ที่มีสเต็คเดียวหรือที่เรียกสั้นๆ ว่า VR สเตปป์มอเตอร์ที่มีสเต็คเดียวแสดงได้ในรูปที่ 2.5

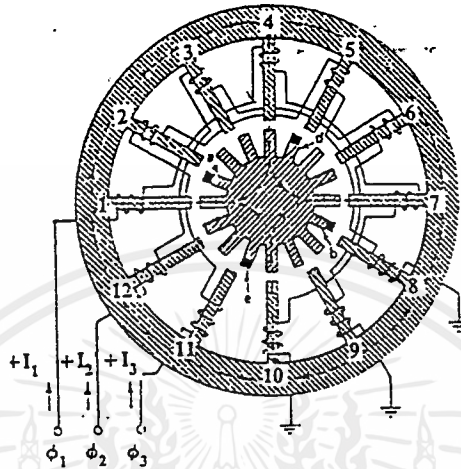
VR สเตปป์มอเตอร์ที่มีสเต็คเดียวจะมีโรเตอร์เดี่ยวเมื่อเทียบกับ VR สเตปป์มอเตอร์แบบมีหลายสเต็คหมายถึงมีหลายโรเตอร์ โดยโรเตอร์และสเตเตอร์ทำจากสารแม่เหล็ก

สเตปป์มอเตอร์ในรูปที่ 2.5 มี 3 เฟสแต่ละเฟสใช้ขดลวดพันบน 4 ขั้วหรือซี่ฟันของสเตเตอร์ เช่น เฟสที่ 1 พันอยู่บนขั้วที่ 1, 4, 7 และ 10 ของสเตเตอร์ดังนั้นสเตเตอร์จะมีซี่ฟัน 12 ซี่และในที่นี้กำหนดให้โรเตอร์มี 16 ซี่ฟัน

ขั้วของสเตเตอร์ที่อยู่ตรงกันข้ามจะพันด้วยขดลวดลักษณะที่ต่างกันเพื่อให้มีความ

สมดุลระหว่างเส้นแรงแม่เหล็กเข้าและออกจากโรเตอร์

$N_r = 16$ ,  $N_s = 12$ ,  $X = 4$  โพล / เฟส,  $\theta_s = 7.5^\circ$ ,  $R_s = 48$  สเตป / รอบ



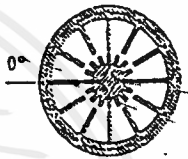
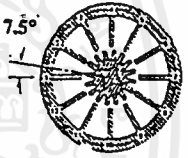
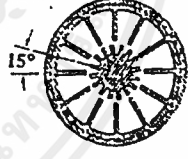
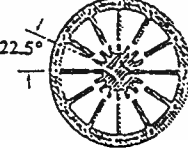
รูปที่ 2.5 ลักษณะ โครงสร้างของ VR สเตปมอเตอร์แบบมีสแต็คเดียว

สมมติว่ากระแส  $I_1$  ป้อนให้กับเฟสที่ 1 ดังในรูปที่ 2.5 และโรเตอร์ทั้ง 4 ชั้ฟันจะอยู่ในแนวชั้ฟันที่ 1, 4, 7 และ 10 ของสเตเตอร์ เส้นแรงแม่เหล็กจะเข้าสู่โรเตอร์จากสเตเตอร์ชั้ฟันที่ 4 และ 10 และออกจากโรเตอร์ไปยังชั้ฟันของสเตเตอร์ที่ 1 และ 7 ซึ่งเป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กที่ครบวงจร โดยผ่าน โครงร่างของสเตเตอร์ สังเกตได้ว่าปลายของชั้ฟันของสเตเตอร์ที่ 4 จะถูกเหนี่ยวนำเป็นขั้วเหนือ (เนื่องจากเส้นแรงออกจากชั้ฟันที่ 4) และปลายของชั้ฟันโรเตอร์ซึ่งอยู่ในแนวเดียวกับชั้ฟันที่ 4 ของสเตเตอร์ จะเป็นเส้นทางผ่านเข้าไปยังโรเตอร์ของเส้นแรงแม่เหล็กและเหนี่ยวนำให้ปลายของชั้ฟันของโรเตอร์นั้นเป็นขั้วได้ การทำให้เป็นแม่เหล็กจะทำให้มีเส้นแรงแม่เหล็กอย่างต่อเนื่องผ่านช่องว่าง (gap) ระหว่างชั้ฟันทั้งสองที่อยู่ในแนวเดียวกัน ส่วนชั้ฟันของสเตเตอร์และโรเตอร์ที่เหลืออีก 3 คู่ก็เกิดลักษณะของแม่เหล็ก

ในการทำงานเดียวกันถ้าให้โรเตอร์หมุนไปหนึ่งสเตปในทิศทาง Clock Wise (ตามเข็มนาฬิกา) จะต้องจ่ายพลังงานให้กับเฟส 3 ที่มีขดลวดพันอยู่บนชั้ฟันที่ 2, 5, 8 และ 11 ของสเตเตอร์ด้วยกระแส  $I_3$  หลังจากหยุดจ่ายกระแส  $I_1$  แล้ว ในตอนนี้เส้นแรงแม่เหล็กจะหาทางเดินที่ต่างไปจากเดิมเพื่อทำให้วงจรแม่เหล็กครบวงจร (เหมือนกับกระแสในวงจรไฟฟ้าจะหาเส้นทางไหลในส่วนที่มีความต้านทานต่ำที่สุด) เช่นเดียวกัน เส้นแรงแม่เหล็กในวงจรแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็จะหาเส้นทางเดินที่มีค่ารีลักแตนซ์ต่ำที่สุด ( ช่องว่างอากาศระหว่างซี่ฟันจะทำให้เกิดค่ารีลักแตนซ์ต่อเส้นแรงแม่เหล็กช่องว่างกว้างมาก ) ด้วยเหตุผลดังกล่าวเส้นแรงแม่เหล็กจะออกจากขั้วที่ 2 และ 8 ของสเตเตอร์ซึ่งถูกเหนี่ยวนำให้เป็นขั้วเหนือและเส้นแรงแม่เหล็กนี้ก็จะกระโดดผ่านช่องว่างไปยังซี่ฟันที่ใกล้ที่สุดรีลักแตนซ์จะมีค่ามาก ซี่ฟัน a และ b ของโรเตอร์ เป็นโรเตอร์ที่อยู่ใกล้ที่สุดและจะถูกเหนี่ยวนำให้เป็นขั้วใต้

การเรียงลำดับเฟส	ตำแหน่งของโรเตอร์และเส้นแรงแม่เหล็ก
ตำแหน่งโรเตอร์เริ่มต้น : - เฟส $\theta_1$ ได้รับพลังงาน - ซี่ฟันของโรเตอร์จะอยู่ในแนวซี่ฟันที่ 1,4,7,10 ของสเตเตอร์	
สเตปที่ 1 : เฟส $\theta_2$ ได้รับพลังงาน - ซี่ฟันของโรเตอร์จะอยู่ในแนวซี่ฟันที่ 2,5,8,11 ของสเตเตอร์ - โรเตอร์จะเคลื่อนที่ไปในทิศทาง CW เป็นมุม $7.5^\circ$ ( $1/3$ ช่วงห่างระหว่างซี่ฟันของโรเตอร์)	
สเตปที่ 2 : เฟส $\theta_2$ ได้รับพลังงาน - ซี่ฟันของโรเตอร์จะอยู่ในแนวซี่ฟันที่ 3,6,9,12 ของสเตเตอร์ - โรเตอร์จะเคลื่อนที่ไปในทิศทาง CW รวมเป็นมุม $7.5^\circ$	
สเตปที่ 3 : เฟส $\theta_1$ ได้รับพลังงาน - ซี่ฟันของโรเตอร์จะอยู่ในแนวซี่ฟันที่ 1,4,7,10 ของสเตเตอร์ - โรเตอร์จะเคลื่อนที่ไปในทิศทาง CW รวมเป็นมุม $22.5^\circ$ (เคลื่อนที่ได้ 1 ช่วงห่างระหว่างซี่ฟันของ โรเตอร์)	

รูปที่ 2.6 ลำดับและตำแหน่งการหมุน 3 สเตป VR สเตปป์มอเตอร์แบบสแต็คเดียว

เส้นแรงแม่เหล็กจะออกจากซี่ฟัน d และ e ของโรเตอร์ผ่านช่องว่างอากาศเข้าสู่ซี่ฟันที่ 5 และ 11 ของสเตเตอร์ ดังนั้นส่วนที่เหลือของวงจรแม่เหล็กจะสมบูรณ์โดยผ่านโครงร่างของ

สเตเตอร์ ระหว่างนั้นแรงของแม่เหล็กหรือแรงดึงดูดจะเกิดขึ้นระหว่างซี่ฟันที่ 2 ของสเตเตอร์ ( ถูกเหนี่ยวนำเป็นขั้วเหนือ) และซี่ฟัน a ของโรเตอร์ ( ถูกเหนี่ยวนำเป็นขั้วใต้) แรงดึงดูดจะเกิดขึ้นระหว่างคู่ขั้ว (11,e), (8, 6) และ (5, d) ด้วย ดังอธิบายในรูปที่ 2.3 ผลที่เกิดขึ้นทำให้เกิดแรงบิดกระทำต่อโรเตอร์หมุนไปจนซี่ฟัน a, d, b และ e ของโรเตอร์อยู่ในแนวเดียวกับซี่ฟัน 2, 5, 8 และ 11 ของสเตเตอร์ตามลำดับ ขณะเวลาดังกล่าวช่องว่างระหว่างซี่ฟันตามลำดับจะมีค่าน้อยที่สุด ผลลัพธ์ของค่ารีลักแตนซ์จะมีค่าต่ำสุดและเส้นแรงแม่เหล็กจะมีค่าสูงสุดผ่านวงจรแม่เหล็ก ที่ตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งที่สมมูลของการขับเฟส 3 แล้ว โรเตอร์จะเคลื่อนที่ในทิศทาง CW หนึ่งสเตปเป็นมุม  $7.5^\circ$

ลำดับการทำงานที่สมบูรณ์แสดงได้ในรูปที่ 2.6 เมื่อตำแหน่งเริ่มต้นของซี่ฟันของโรเตอร์จะเป็นสีค่า เพื่อให้ทำความเข้าใจได้ชัดเจนถึงฉนวนของโรเตอร์ในทิศทาง CW เมื่อเฟสถูกขับในลักษณะเรียงลำดับ 1-3-2-4 ซี่ฟันของโรเตอร์สีค่าจะเคลื่อนที่ไป 3 สเตปคิดเป็นมุมได้เท่ากับ  $22.5^\circ$  จะขับเฟสในลักษณะเรียงลำดับเดิมซ้ำใหม่อีกเมื่อต้องการให้โรเตอร์หมุนต่อเนื่องในทิศทาง CW แต่ถ้าต้องการให้โรเตอร์หมุนในทิศทาง CCW ต้องกลับการเรียงลำดับเฟสเป็น 1-2-3-1

สัญลักษณ์ต่าง ๆ ของ VR สเตปปีงมอเตอร์

$N_r$  = จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์

$N_s$  = จำนวนซี่ฟันของสเตเตอร์

$N_p$  = จำนวนเฟส

$P_r$  = ความห่างระหว่างปลายซี่ฟันของโรเตอร์ (องศา)

$P_s$  = ความห่างระหว่างปลายซี่ฟันของสเตเตอร์ (องศา)

$\theta_s$  = มุมสเตป (องศา)

$R_s$  = อัตราการสเตปหรือความเร็วในการสเตป (สเตป/รอบ)

$X = N_s / N_p$  = จำนวนซี่ฟันของสเตเตอร์ต่อเฟส

พารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสเตปปีงมอเตอร์

1) ความห่างระหว่างปลายซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ (tooth pitch)

$$P_r = 360/N_r \text{ และ } P_s = 360/N_s \quad (1)$$

2) มุมสเตป (step angle) ในรูปที่ 2.6 โรเตอร์จะเคลื่อนที่ในขนาดมุม  $P_r$  ได้เท่ากับ  $N_p$  สเตป ห้ามมุมสเตปได้

$$\theta_s = P_r / N_p = 360 / N_r N_p \quad \text{องศา/ สเตป} \quad (2)$$

มุมสเตปจะเท่ากับความแตกต่างระหว่าง  $P_r$  และ  $P_s$  ห้ามมุมสเตปได้เป็น

$$\theta_s = |P_r - P_s| \quad \text{องศา/ สเตป} \quad (3)$$

3) อัตราการสเตป (stepping rate)

ความเร็วในการสเตปต่อรอบ (360 องศา) หาได้เป็น

$$R_s = 360 / \theta_s = N_r N_p \quad \text{(สเตป/รอบ)} \quad (4)$$

4) ความเร็วของสเตปปีงมอเตอร์ (speed of step motor)

เมื่อป้อนอินพุตพัลส์ที่มีความถี่ ( $f$ ) สเตปต่อพัลส์ให้กับสเตปปีงมอเตอร์ มอเตอร์จะสเตปไปด้วยความเร็ว ( สเตป/พัลส์ )  $\times f$  (พัลส์/วินาที)

$$1/R_s \text{ (รอบ / สเตป)} \times f \text{ (พัลส์/วินาที)} \text{ ( สเตป/พัลส์ )} \times 60 \text{ (วินาที/ นาที)}$$

$$\text{ความเร็วของมอเตอร์ } (\omega) = 60f / R_s = 60f / N_r N_p = \theta_s f / 6 \text{ (rpm)} \quad (5)$$

5) จำนวนโพลของสเตเตอร์ต่อเฟส (number of stator poles per phase)

$$\text{จำนวนโพลของสเตเตอร์ต่อเฟส } (X) = N_s / N_p \quad (6)$$

$$\text{หรือ } X = R_s / N_p (N_p \pm 1) = N_r / (N_p \pm 1) \quad (7)$$

จำนวนโพลของสเตเตอร์ต่อเฟส ( $X$ ) จะสัมพันธ์กับอัตราการสเตปหรือจำนวนซี่ฟันของโรเตอร์ สเตปปีงมอเตอร์ในรูปที่ 2.5 สามารถเลือกพารามิเตอร์บางตัวได้ดังในตารางที่ 2.1 ตัวอย่าง การหาพารามิเตอร์ของสเตปปีงมอเตอร์

ขั้นแรกเรากำหนดความต้องการของมุมสเตป =  $9^\circ$

มุมสเตปจะเป็นตัวจำกัดอัตราการสเตป =  $360/9 = 40$  สเตป/รอบ

ในเงื่อนไขเหล่านี้ต้องใช้สเตปปีงมอเตอร์ที่มี 4 หรือ 5 เฟส ที่มีสเตเตอร์ 2 โพลต่อเฟส

$$\text{ถ้า } N_p = 4$$

$$N_r = R_s / N_p = 40/4 = 10$$

$$N_s = N_p S = 4 \times 2 = 8$$

$$\text{ถ้า } N_p = 40/5 = 8$$

$$N_s = 5 \times 2 = 10$$

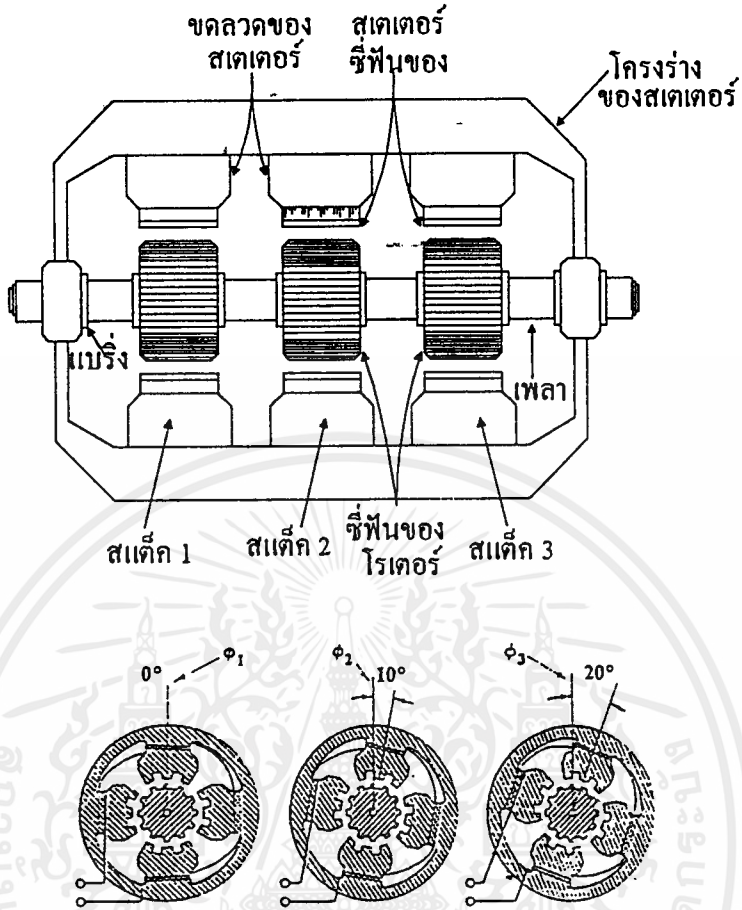
$N_p$	$R_s$	$N_r$	X	$N_s$
3	48	16	4	12
			8	24
4	48	12	4	16
4	64	16	?	?

### ตารางที่ 2.1 การเลือกพารามิเตอร์ของสเตปป์มอเตอร์

#### 2.1.4 สเตปป์มอเตอร์แบบรีลัคแตนซ์แปรค่าได้และมีหลายสเต็ค

สเตปป์มอเตอร์แบบรีลัคแตนซ์แปรค่าได้ (VR) และมีหลายสเต็คหรือมากกว่าหนึ่งสเต็คขึ้นไป สเต็คในที่นี้หมายถึง เฟสซึ่งประกอบด้วยโรเตอร์ที่เป็นซี่ฟันและโครงร่างของสเตเตอร์อยู่รอบนอก สเตปป์มอเตอร์แบบ VR ที่มี 3 สเต็ค (3 เฟส) มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.7

สเตปป์มอเตอร์ในรูปที่ 2.7 ถูกออกแบบให้สเตเตอร์ของแต่ละสเต็คมีส่วนประกอบด้วย 4 โพล และแต่ละโพลจะมีซี่ฟัน 3 ซี่ ซึ่งต่างจาก VR สเตปป์มอเตอร์แบบสเต็คเดียว (แต่ละโพลจะมีซี่ฟันเดียว) ข้อสังเกตในแต่ละสเต็คจำนวนซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์จะมีจำนวนเท่ากันซึ่งต่างกับ VR สเตปป์มอเตอร์แบบสเต็คเดียวคือจำนวนซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์จะเท่ากันไม่ได้ ถ้าหากมีจำนวนซี่ฟันเท่ากันมันจะไม่ทำงาน โรเตอร์และสเตเตอร์ของแต่ละเฟส (สเต็ค) จะมี 12 ซี่ฟันและมุมสเตป (O<sub>s</sub>) = 10°, แต่ละเฟสของสเตเตอร์ที่เรียงลำดับต่อเนื่องกันจะถูกจัดตำแหน่งให้ต่างกันเท่ากับ 1/3 ของช่องห่างระหว่างซี่ฟันของโรเตอร์ (10°)



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของสเตปป์มอเตอร์แบบ VR ที่มี 3 เฟส

การทำงานของ VR สเตปป์มอเตอร์ที่มี 3 สเต็ค

ไดอะแกรมส่วนล่างของรูปที่ 2.7 แสดงถึง โครงสร้างของโรเตอร์และสเตเตอร์ของ VR สเตปป์มอเตอร์ที่มี 3 สเต็ค

แต่ละสเต็คจะมี  $N_r = N_s$  มีตำแหน่งของสเตเตอร์แตกต่างจากตำแหน่งของสเตเตอร์ในสเต็คถัดไปเท่ากับ  $10^\circ$  ส่วนชี้พื้นของโรเตอร์ทั้ง 3 อันจะประกอบอยู่บนแกนเดียวกันและได้รับการปรับแต่งให้อยู่แนวเดียวกันอย่างสมบูรณ์

ตามปกติเราจะหาค่ามุมสเตป หรือ  $\theta_i$  (index angle) ได้จากสมการที่ 2.2 ในที่นี้เราจะหาได้จากสมการเดียวกันคือ

$$\theta_i = P_r / N_p = \theta_s \tag{8}$$

ในกรณีนี้  $N_r = N_s = 12$  ดังนั้นเราหา  $P_r = 360/12 = 30^\circ$  และค่า  $\theta_i = 30/3 = 10^\circ$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้












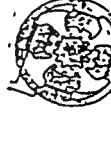
สเตปป์มอเตอร์แบบ 3 สเต็ค ถึงแม้ว่าโรเตอร์ทั้ง 3 อันจะติดอยู่บนเพลลาอันเดียวกัน แต่สเต็คทั้ง 3 สเต็คจะมีวงจรมแม่เหล็กที่แยกกันดังนี้

ถ้าเฟสที่ 1 ถูกขับด้วยกระแสเป็นเฟสเริ่มต้นให้ซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์อยู่ในแนวเดียวกัน ส่วนซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ในสเต็คที่ 2 ในขณะที่นั้นจะมีตำแหน่งต่างกัน  $10^\circ$  และซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ในสเต็คที่ 3 จะมีตำแหน่งต่างกัน  $20^\circ$  เมื่อหยุดจ่ายกระแส (กระแสขดลวดสเตเตอร์) ในสเต็คที่ 1 และป้อนกระแสให้กับสเต็คที่ 2. โรเตอร์จะหมุนไปอีก  $10^\circ$  ทำให้ซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ในสเต็คที่ 2 อยู่ในแนวเดียวกัน ในขณะที่ซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ในสเต็คที่ 3 จะมีตำแหน่งต่างกัน  $10^\circ$  จากนั้นหยุดจ่ายกระแส สเต็คที่ 2 และป้อนกระแสให้กับสเต็คที่ 3 โรเตอร์จะหมุนไปอีก  $10^\circ$  ทำให้ซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ในสเต็คที่ 3 อยู่ในแนวเดียวกัน ส่วนซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ในสเต็คที่ 1 จะมีตำแหน่งต่างกัน  $10^\circ$

ลำดับการสวิตช์กระแสแต่ละสเต็คแสดงได้ในรูปที่ 2.8 แสดงให้เห็นว่าเพลลาของสเตปป์มอเตอร์จะเคลื่อนที่ไปเท่ากับหนึ่งช่องของระยะห่างระหว่างซี่ฟันของโรเตอร์ ( $30^\circ$ ) ภายใน 3 สเตป ตามปกติเพลลาของมอเตอร์จะเคลื่อนที่ไปหนึ่งช่องของระยะห่างระหว่างซี่ฟันของโรเตอร์ (rotor tooth pitch) ด้วยการสเตปไป  $N_p$  สเตป เมื่อ  $N_p$  คือจำนวนสเต็คที่ใช้ (หรือเท่ากับจำนวนเฟส)

ลำดับการสวิตช์ที่แสดงในรูปที่ 2.8 สามารถนำมาเขียนเป็นตารางได้ดังในรูปที่ 2.9 วงจรสวิตช์ประกอบด้วย VRSM แบบ 3 เฟส (สัญลักษณ์ของสเตปป์มอเตอร์) การขับเฟสแสดงได้ด้วยสวิตช์และแหล่งกำเนิดซีซี

จากรูปที่ 2.8  $N_r = N_s = 12$ ,  $P_r = 30 = 30^\circ$  และ  $O_s = 10^\circ$  ซี่ฟันของโรเตอร์สี่คำจะเคลื่อนที่ไปในทิศทาง CW  $10^\circ$  ในแต่ละสเตปรวมทั้งหมด  $30^\circ$  เมื่อสเตปไปครบ 3 สเตป สำหรับการหมุนในทิศทาง CW ลำดับการขับเฟส 1-2-3-1 และเมื่อต้องการให้หมุนในทิศทาง CCW (ทวนเข็มนาฬิกา) ลำดับการขับเฟสก็ต้องกลับเป็น 1-3-2-1

	สแต็คที่ 1	สแต็คที่ 2	สแต็คที่ 3
ตำแหน่งเริ่มต้นของโรเตอร์ : -เฟส $\phi_1$ ได้รับพลังงาน			
สแต็คที่ 1 : -เฟส $\phi_2$ ได้รับพลังงาน -โรเตอร์จะเคลื่อนที่ไป $10^\circ$			
สแต็คที่ 2 : -เฟส $\phi_3$ ได้รับพลังงาน -โรเตอร์จะเคลื่อนที่ไป $20^\circ$			
สแต็คที่ 3 : -เฟส $\phi_3$ ได้รับพลังงาน -โรเตอร์จะเคลื่อนที่ไป $30^\circ$ หรือเท่ากับหนึ่งช่องของ ระยะห่างระหว่างซี่ฟัน ของโรเตอร์			

รูปที่ 2.8 ลำดับการสแต็คของ VRSM แบบ 3 เฟส

สแต็ค	$S_1$	$S_2$	$S_3$
1	x		
2		x	
3			x
1	x		

(ก)

รูปที่ 2.9 VRSM แบบ 3 เฟส

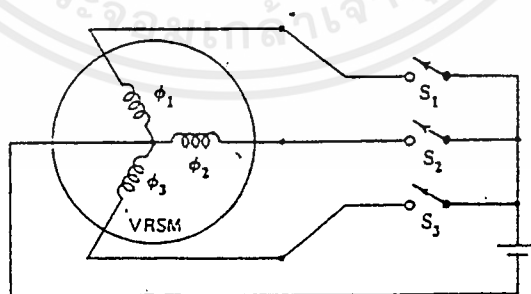
ป.พ.  
 ๖481 พ  
 ๒5๖๑

สเตป	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
	x	x	
		x	x
	x		x
	x	x	

(ข)

สเตป	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
1	x	x	
2		x	
3		x	x
4			x
5	x		x
6	x		
1	x	x	

(ค)



รูปที่ 2.9 VRSM แบบ 3 เฟส (ต่อ)

จากรูปที่ 2.9 (ก) ตารางแสดงลำดับการขับเฟสเดียวในทิศทาง CW (ข) ตารางแสดง  
 เอกสารนี้ ลำดับการขับเฟสแบบ 2 เฟสในทิศทาง CW (ค) การขับแบบครึ่งสเตปในทิศทาง CW เป็นการค้ำ

(ง) วงจรการสวิตช์เมื่อต้องการให้หมุนในทิศทาง CCW จะต้องกลับลำดับการขับคือให้อ่านตาราง (ก), (ข) และ (ค) จากข้างล่างขึ้นข้างบน

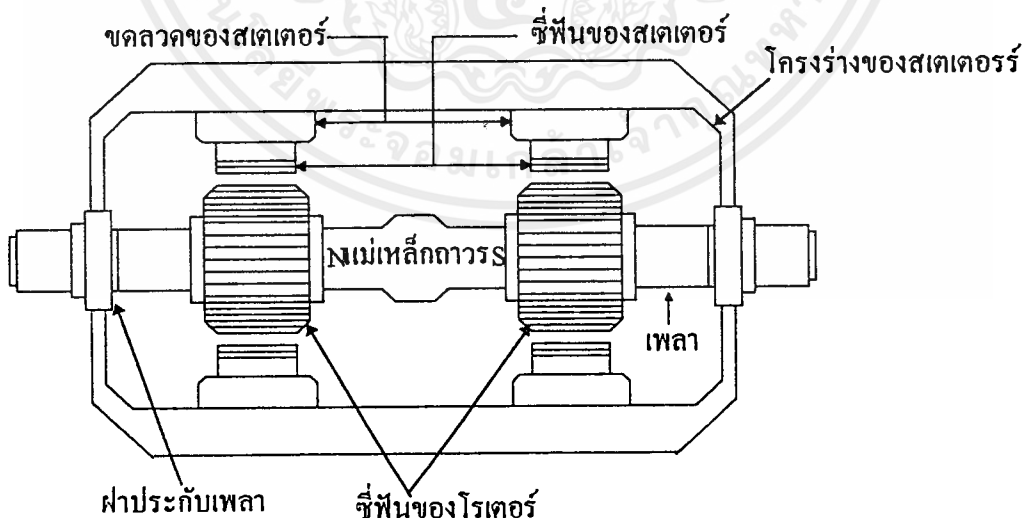
จากตาราง (ก) ถ้าขับเฟสที่ 1 และเฟสที่ 2 เรียงตามลำดับมอเตอร์จะหมุนไปหนึ่งสเตป

ตาราง (ข) ถ้าขับเฟสที่ 2 และเฟสที่ 2 พร้อมกันเพลลาของมอเตอร์จะหมุนไป 1/2 สเตป ต่อจากนั้นขับเฟสที่ 2 และเฟสที่ 3 พร้อมกันอีกก็จะทำให้มอเตอร์หมุนไปครบเต็มหนึ่งสเตป ดังนั้นการขับแบบ 2 เฟสเรียงลำดับการขับได้ดังนี้ 1-2, 2-3, 3-1 และ 1-2 กระทำซ้ำเดิมไปเรื่อยๆ

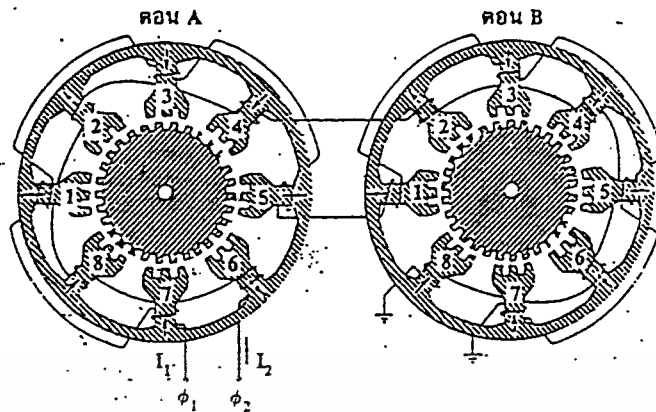
อย่างไรก็ตามการขับแบบ 2 เฟสหรือ 1 เฟสจะทำให้การหมุนเป็นมุมสเตปเท่ากัน ที่ต่างกันก็คือการขับแบบ 2 เฟสจะทำให้การหมุนของโรเตอร์นำหน้าการขับแบบเฟสเดียวด้วยขนาด 1/2 สเตป นอกจากนั้นการขับแบบ 2 เฟสจะต้องการกระแสเป็น 2 เท่าของการขับแบบเฟสเดียว

ตาราง (ค) แสดงการขับแบบ 2 เฟสสลับกับการขับแบบ 1 เฟสซึ่งจะทำให้โรเตอร์หมุนไป 1/2 สเตปเท่านั้น การขับแบบนี้ทำให้จำนวนสเตปต่อรอบเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าจากเดิม

### 2.1.5 สเตปปีงมอเตอร์แบบไฮบริด ( Hybrid stepping motors : HSM )



รูปที่ 2.10 โครงสร้างของไฮบริดสเตปปีงมอเตอร์



รูปที่ 2.10 โครงสร้างของไฮบริดสเตปปีงมอเตอร์ (ต่อ)

ไฮบริดสเตปปีงมอเตอร์มีคุณลักษณะการผสมของ PM และ VR สเตปปีงมอเตอร์ในรูปที่ 2.10 แสดงถึงโครงสร้างของ HSM ประกอบด้วย 2 ตอนกับแกนแม่เหล็กอยู่ระหว่าง 2 ตอน แต่ละตอนประกอบด้วยซี่ฟันของโรเตอร์และโพลของสเตเตอร์ที่มีซี่ฟันเช่นกันและพันด้วยขดลวด รายละเอียดโครงสร้างของสเตเตอร์และโรเตอร์ของแต่ละตอนแสดงได้ในไดอะแกรมของรูปที่ 2.10

จากรูปที่ 2.10

$N_r = 30$ ,  $N_s = 24$  ซี่ฟันของสเตเตอร์ทั้ง 2 ตอนจะอยู่ในแนวเดียวกันส่วนซี่ฟันของโรเตอร์ทั้ง 2 ตัว จะมีตำแหน่งต่างกัน  $1/2 P_r (= 6^\circ)$ ,  $O_s = 3^\circ$

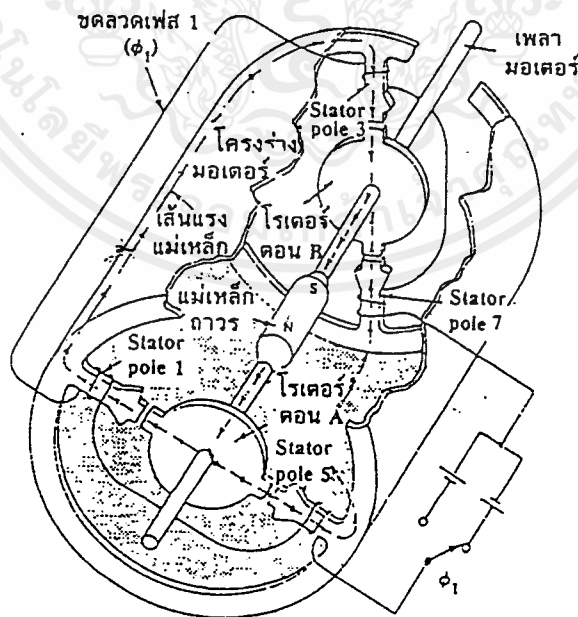
ลักษณะโครงสร้างของไฮบริดสเตปปีงมอเตอร์

- จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์และของสเตเตอร์ไม่เท่ากัน
- ตอน A และตอน B มีโครงสร้างเหมือนกัน
- ซี่ฟันของสเตเตอร์ทั้ง 2 ตอนอยู่ในแนวเดียวกัน
- ซี่ฟันของโรเตอร์ทั้ง 2 ตอนจะมีตำแหน่งที่แตกต่างกัน  $1/2 P_r$  (ในรูปที่ 2.11 กำหนดให้  $P_r = 360/30 = 12^\circ$  ดังนั้นตำแหน่งซี่ฟันของโรเตอร์ทั้ง 2 ตอนจะแตกต่างกัน  $6^\circ$ )
- สเตเตอร์ของแต่ละตอนมี 8 โพลแบ่งออกเป็น 2 สเตเตอร์เฟส
- เฟสที่ 1 จะพันขดลวดบนสเตเตอร์โพลหมายเลข 1, 3, 5 และ 7 ทั้งในตอน A และตอน B

- เฟสที่ 2 จะพันขดลวดบนสเตเตอร์โพลหมายเลข 2, 4, 6 และ 8 ทั้งในคอน A และคอน B
- แกนแม่เหล็กถาวรจะเหนี่ยวนำโรเตอร์ในคอน A ให้เป็นแม่เหล็กขั้วเหนือและโรเตอร์ในคอน B ให้เป็นแม่เหล็กขั้วใต้ ความซับซ้อนจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากการแบ่งส่วนของขดลวดเฟสใน 2 คอน ทำให้ได้วงจรแม่เหล็กที่ซับซ้อนและได้เส้นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กที่แตกต่างกันเป็นวงกลม ทิศทางเดินของสนามแม่เหล็กของสเตเตอร์โพลจะขึ้นอยู่กับทิศทางไหลของกระแสเฟส ดังแสดงด้วยลูกศรในรูปที่ 2.10

### การทำงานของไฮบริดสเตปมอเตอร์

ขณะที่เฟส 1 ( $\phi_1$ ) ได้รับพลังงานโดยการป้อนกระแส  $I_1$  ในทิศทางดังแสดงด้วยลูกศรชี้พื้นของโรเตอร์ในคอน A จะอยู่ในแนวเดียวกับชี้พื้นของสเตเตอร์ของโพลที่ 1 และโพลที่ 5 ส่วนของคอน B จะอยู่ในแนวเดียวกับชี้พื้นของโพลที่ 3 และโพลที่ 7 ดังรูปที่ 2.11 เพื่อให้เพลลาของมอเตอร์หมุนไปหนึ่งสเตปในทิศทาง CW ต้องหยุดป้อนกระแส  $I_1$  และป้อนกระแส  $I_2$  ให้กับเฟสที่ 2 ( $\phi_2$ )



รูปที่ 2.11 วงจรแม่เหล็กของ HSM

ในรูปที่ 2.12 ซีพินของโรเตอร์ที่เป็นสีดำใช้สำหรับอ้างอิง อยู่ใกล้แนวซีพินของสเตเตอร์โพลที่ 4 และโพลที่ 8 ในตอน A และโพลที่ 2 และโพลที่ 6 ในตอน B มากที่สุด (ซีพินของโรเตอร์ที่เป็นสีดำอยู่ห่างจากแนวซีพินของสเตเตอร์เท่ากับ 1 สเตปพอดี) ต้องป้อนกระแส  $I_2$  ในทิศทางที่ถูกต้องคือ ทำให้โพลที่ 4 และโพลที่ 8 และโพลที่ 2 และโพลที่ 6 ถูกเหนี่ยวนำเป็นแม่เหล็กในทิศทางที่ถูกต้อง (เกิดวงจรแม่เหล็กที่สมบูรณ์)  $I_2$  ต้องเป็นลบ

ในรูปที่ 2.12 แสดงถึงลำดับการสวิตช์ (ให้กระแสไหล) ให้มอเตอร์หมุนไปในทิศทาง CW 4 สเตป ซึ่งแสดงถึงตำแหน่งของโรเตอร์และทิศทางการเป็นแม่เหล็กของสเตเตอร์โพลในแต่ละตอนด้วยการกำหนดทิศทางการไหลของกระแสเฟส สำหรับการหมุนในทิศทาง CW จะต้องกำหนดลำดับของกระแสเฟสดังนี้  $1^+, 2^-, 1^-, 2^+$  และ  $1^+$  ตามลำดับ ถ้าต้องการหมุนในทิศทาง CCW ลำดับเหล่านี้ก็กลับไปเป็น  $1^+, 2^+, 1^-, 2^-$  และ  $1^+$

สเตป	$\phi_1$ $I_1$	$\phi_2$ $I_2$	เส้นแรง ออกจาก ตอน A	เส้นแรง เข้าสู่ ตอน B	ตอน A	ตอน B
1	+		1,5	3,7		
2		-	4,8	2,6		
3	-		3,7	1,5		
4		+	2,6	4,8		
5	+		1,5	3,7		

รูปที่ 2.12 ลำดับ 4 สเตปของ HSM แบบ 2 เฟส

เพลลาของมอเตอร์หมุนไปได้หนึ่งช่องห่างระหว่างซี่ฟันภายใน 4 สเตป ดังนั้นมุมสเตป จะต้องเท่ากับ  $1/4 P_r$  หรือมีค่าเท่ากับ  $|P_s - P_r|$  ดังนั้น

$$\theta_s = P_r / 4 = 360/4N_r = 90/N_r$$

$$\theta_s = |P_s - P_r| \quad (9)$$

จากรูปที่ 2.11 ในแต่ละสเตปแสดงถึงตำแหน่งของโรเตอร์และทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก  $N_r = 30$ ,  $N_s = 24$ ,  $O_s = 3^\circ$  ซี่ฟันของโรเตอร์ที่เป็นสี่ค่าจะหมุนในทิศทาง CW ไป  $3^\circ$  ในแต่ละสเตปได้เป็น  $12^\circ$  เมื่อครบตามจำนวนลำดับ (หนึ่งช่องห่างระหว่างซี่ฟันของโรเตอร์) สำหรับการหมุนในทิศทาง CW จะต้องจัดลำดับการขับเป็น  $1^+$ ,  $2^-$ ,  $1^-$ ,  $2^+$ ,  $1^+$

ไฮบริดสเตปปิ้งมอเตอร์ (HSM) ทำงานด้วยกระแสเฟสที่มีการไหลได้สองทิศทาง ดังนั้นจำเป็นต้องใช้เพาเวอร์ซัพพลาย 2 ตัว (bipolar drive)

การแก้ปัญหาเพื่อจะขับไฮบริดสเตปปิ้งมอเตอร์ให้ทำงานด้วยเพาเวอร์ซัพพลายเพียงตัวเดียว (unipolar drive) ทำได้โดยตัดแปลงโครงสร้างการพันขดลวดเฟสของสเตเตอร์

การพันขดลวดเฟสของสเตเตอร์แบบ unifilar (การพันแบบแถวเดียว) จะต้องขับแบบไบโพลาร์ (bipolar drive)

การพันขดลวดเฟสของสเตเตอร์แบบ bifilar (การพันแบบสองแถวสลับกัน) สามารถขับได้ด้วยยูนิโพลาร์ (unipolar drive) ขดลวดแบบ unifilar แสดงดังรูปที่ 2.13 (ก) จะต้องกลับทิศทางของกระแสเพื่อกลับทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก B ขดลวดแบบ bifilar แสดงดังรูปที่ 2.13 (ข)

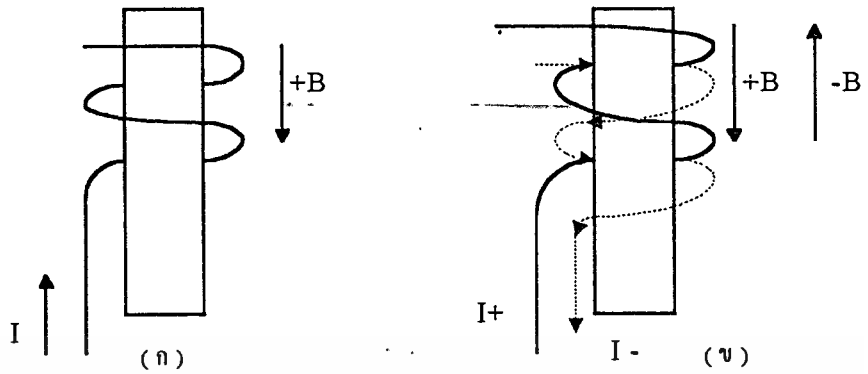
ถ้าต้องการกลับทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กเป็น  $-B$  สามารถทำได้โดยป้อนกระแสขนาดเดิมจากเพาเวอร์ซัพพลายตัวเดิมเข้าที่ขดลวดที่เป็นเส้นปะดังรูปที่ 2.13 (ข) ก็จะทำให้ทิศทางการเหนี่ยวนำแม่เหล็กและทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก ( $-B$ ) กลับทิศทางได้

ถ้าหาก HSM ในรูปที่ 2.10 มีขดลวดเฟสของสเตเตอร์เป็นแบบ bifilar

ขดลวดเฟส  $\phi_1$  เดิมจะถูกแบ่งตัวออกเป็นสองขดลวดเฟส  $\phi_1^+$  และเฟส  $\phi_1^-$

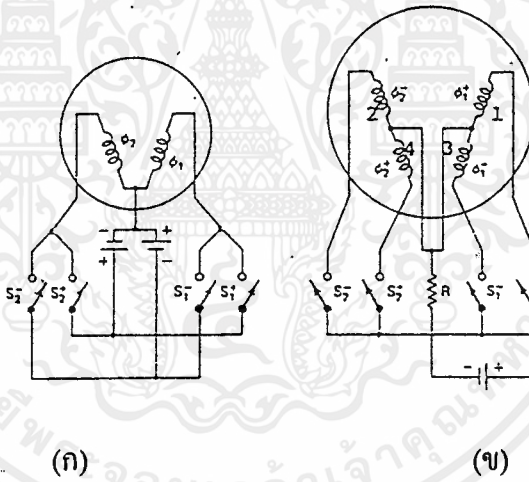
ขดลวดเฟส  $\phi_2$  เดิมจะถูกแบ่งตัวออกเป็นสองขดลวดเฟส  $\phi_2^+$  และเฟส  $\phi_2^-$

ในตอนนี้ก็จะทำให้ได้ขดลวดเฟสถึง 4 เฟสและแต่ละเฟสสามารถขับได้ด้วยกระแสที่ไหลในทิศทางเดียว ส่วนเครื่องหมาย + และ - ใช้สำหรับแสดงถึงทิศทางของการเกิดสนามแม่เหล็กของสเตเตอร์โพล



รูปที่ 2.13 การพันขดลวดเฟสของสเตเตอร์

(ก) แบบ unifilar (ข) แบบ bifilar



สเตป	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
1	x		
2		x	
3			x
1	x		

(ค)

รูปที่ 2.14 ไสบริดสเตปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเคป	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
	x	x	-
		x	x
	x		x
	x	x	

(ง)

สเคป	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
1	x	x	
2		x	
3		x	x
4			x
5	x		x
6	x		
1	x	x	

(จ)

รูปที่ 2.14 ไฮบริดสเคปปี้งมอเตอร์ (ต่อ)

รูปที่ 2.14 ไฮบริดสเคปปี้งมอเตอร์

- (ก) HSM แบบ 2 เฟส unifilar จะต้องขับแบบไบโพลาร์
- (ข) HSM แบบ 4 เฟส bifilar ใช้การขับแบบยูนิโพลาร์
- (ค) ตารางแสดงลำดับการขับที่ละ 1 เฟส
- (ง) ตารางแสดงลำดับการขับที่ละ 2 เฟส
- (จ) ตารางแสดงลำดับการขับแบบครึ่งสเคปในทิศทาง CW

ในรูปที่ 2.14 (ก), (ข) แสดงวงจรการสวิตช์ 2 วงจร สำหรับ HSM แบบ 2 เฟส และแบบ 4 เฟส รูป (ค), (ง) และ (จ) แสดงตารางลำดับการขับแบบทีละเฟส และแบบทีละ 2 เฟส และการขับแบบครึ่งสเตปตามลำดับ

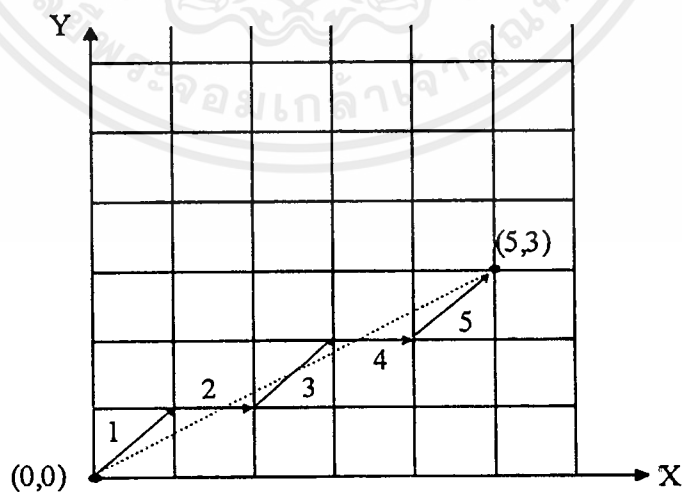
## 2.2 ภาษาคอมพิวเตอร์ของพลอตเตอร์

ในการควบคุมพลอตเตอร์ต้องเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมพลอตเตอร์ ลักษณะของโปรแกรมที่ใช้ต้องเขียนให้อยู่ในรูปของภาษาพลอตเตอร์ เพื่อจะได้สื่อสารกันถูกต้อง รับและส่งข้อมูล นำไปเขียนเส้นไม่ผิดตำแหน่ง ในพลอตเตอร์นี้จะใช้ ภาษาพลอตเตอร์คือ HPGL7475A (Hewlett Packard Graphics Language)

HPGL เป็นกระบวนคำสั่งต่อเนื่องมีอักษรนำหน้าและปิดท้ายด้วย “;” ต่อหนึ่งคำสั่ง สามารถครอบคลุมซอฟต์แวร์ด้านกราฟิกได้มากมาย โดยมีคำสั่งดังนี้

### 2.2.1 PR (Plot Relative)

PR มี 2 รูปแบบคือ PR; หรือ Prdx,dy เป็นคำสั่งบอกให้พลอตเตอร์อยู่ในรูปแบบของค่าต่อเนื่อง (relative) ถ้ามี dx,dy ต่อท้ายหมายถึง ให้เคลื่อนไปที่จุดที่เป็นค่าต่อเนื่องนั้น ดังเช่นตัวอย่างในรูปที่ 2.15 เป็นตัวอย่างของการลากเส้นลาดเอียง 45 องศาไปยังตำแหน่งที่อ้างอิงไว้



รูปที่ 2.15 การเขียนเส้นทแยงมุม 45 องศา จากจุด (0,0) ไปยัง (5,3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.2 PU (Pen Up)

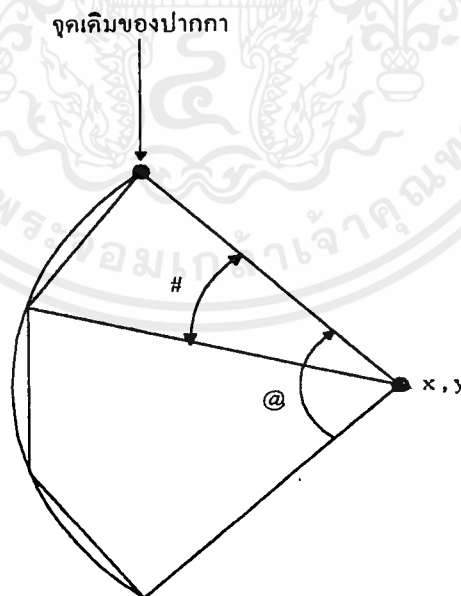
PU มี 2 รูปแบบคือ PU; และ Pux,y; เป็นคำสั่งยกปากกาขึ้น ถ้ามี x,y ต่อท้ายเป็นคำสั่งให้เคลื่อนที่ไปยังจุดนั้น หมายถึงให้ยกปากกาขึ้นแล้วเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งนั้น

### 2.2.3 PD (Pen Down)

PD มี 2 รูปแบบคือ PD; หรือ Pdx,y; เป็นคำสั่งวางปากกาลง ถ้ามี x,y ต่อท้ายเป็นคำสั่งให้เขียนเส้นไปยังจุดนั้นหมายถึงให้วางปากกาลงแล้วเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งนั้นดังนั้นจะเห็นว่าเป็นคำสั่งที่ต่อเนื่องทำให้เกิดการลากเส้นไปด้วย

### 2.2.4 AA (Arc Absolute)

AA มีรูปแบบคือ AAax, y, @, #; เป็นคำสั่งให้เขียนส่วนของวงกลม โดยค่า x, y ที่ให้คือ จุดศูนย์กลางและเริ่มเขียนเส้น ( ส่วนของวงกลม ) จากจุดที่อยู่เดิมของปากกาไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ถ้าค่า @ เป็นบวกและเดินในทิศทางตามเข็มนาฬิกา เมื่อ @ เป็นลบ ลากไปจนครบองศาที่กำหนดโดย @ และมีความละเอียดเท่ากับ # ดังรูปที่ 2.16



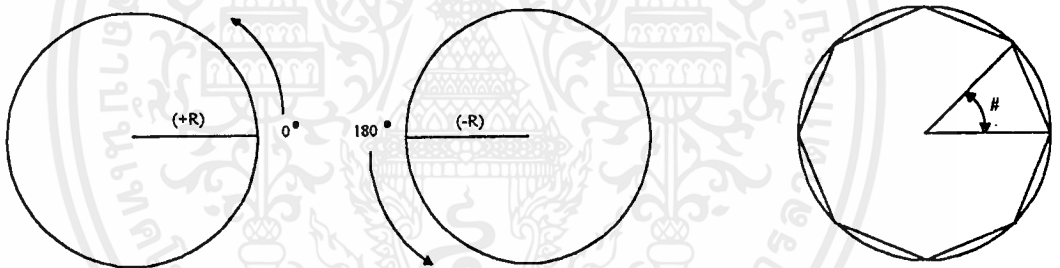
รูปที่ 2.16 การเขียนส่วนของวงกลม โดยใช้คำสั่ง AA

### 2.2.5 PA (Plot Absolute)

PA มี 2 รูปแบบคือ PA; หรือ  $Psx, y$ ; เป็นคำสั่งบอกให้พล็อตเตอร์อยู่ในรูปแบบของการกำหนดจุด X, Y ถ้ามี  $x, y$  ต่อท้ายก็ให้เคลื่อนที่ไปยังจุดนั้น แต่จะเขียนเส้นด้วยหรือไม่ก็ขึ้นอยู่กับคำสั่ง PU หรือ PD

### 2.2.6 CI (Circle)

CI มีรูปแบบคือ  $CI, r, \#$ ; เป็นคำสั่งเขียนวงกลมโดยมี  $r$  เป็นค่ารัศมี จุด  $x, y$  ที่ได้จากคำสั่ง PA หรือ PR ก่อนหน้านี้คือ จุดศูนย์กลาง ถ้า  $r$  เป็นบวก วงกลมจะถูกลากเส้นจาก 0 องศาไปจนครบ 360 องศา ถ้า  $r$  เป็นลบจะเริ่มลากเส้นจาก 180 องศาไปจนครบรอบวงกลมในทิศทางเดียวกัน  $\#$  คือ ความละเอียดของเส้น ดังรูปที่ 2.17



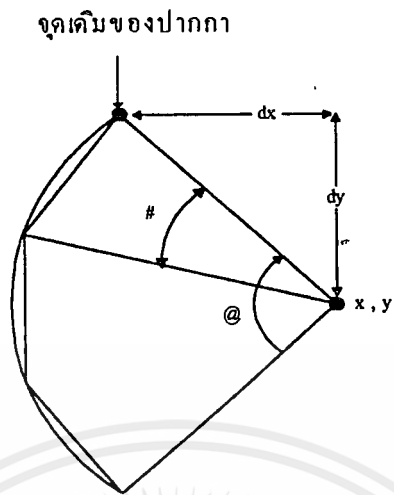
รูปที่ 2.17 การเขียนวงกลม โดยใช้คำสั่ง CI ซึ่งสามารถกำหนดทิศทางการเขียนได้

### 2.2.7 VS (Velocity Select)

VS มีรูปแบบ  $Vsv$ ; เป็นคำสั่งกำหนดความเร็ว มีหน่วยเป็น เซนติเมตรต่อวินาที โดย  $v$  เป็นเลขจำนวนเต็ม สำหรับในพล็อตเตอร์ที่จะสร้างนี้  $v$  มีค่าได้ไม่เกิน 5 หรือถ้าเกินจะปรับตัวเองอยู่ที่ 5 ซึ่งสามารถที่จะพัฒนาให้มีความเร็วเพิ่มขึ้นได้อีกมาก

### 2.2.8 AR (Arc Relative)

AR มีรูปแบบคือ  $Ar dx, dy, @, \#$ ; เป็นคำสั่งเหมือนกับ AA แต่ให้ค่า  $x$  และ  $y$  เป็นค่าต่อเนื่องดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 การเขียนส่วนของวงกลมโดยใช้คำสั่ง AR

## บทที่ 3

### การออกแบบและการสร้าง

ปัจจุบันพลอตเตอร์ได้ถูกผลิตออกมาจำหน่ายในตลาดมากมาย โดยบริษัทผู้ผลิตได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีของตนเองให้มีความสามารถที่จะสนองตอบความต้องการของผู้ใช้ให้มากที่สุด เมื่อมีการแข่งขัน การพัฒนาที่จะไม่หยุดยั้งเช่นกัน

โครงการชุด พลอตเตอร์ควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์มีส่วนประกอบหลักดังนี้

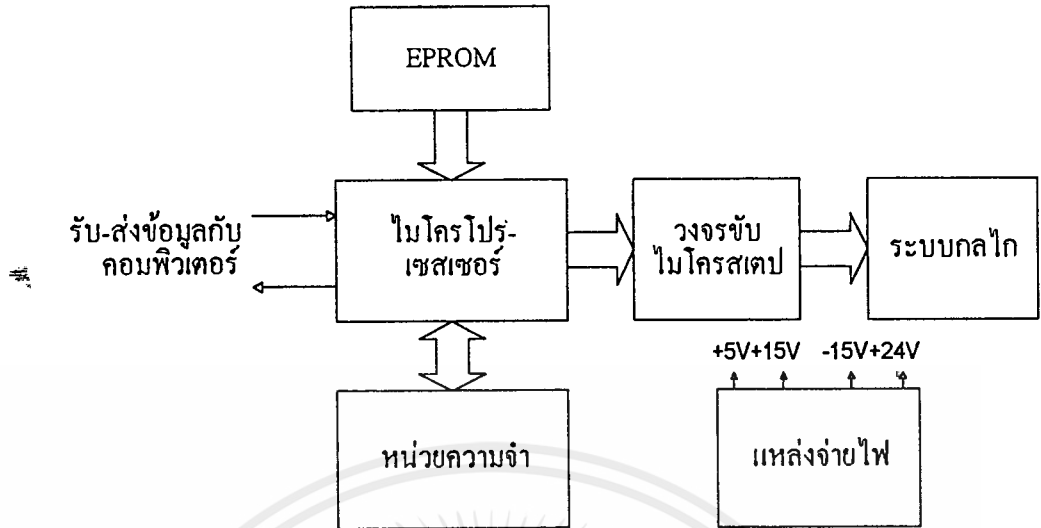
ส่วนควบคุม เป็นบอร์ดชุดสำเร็จของบริษัท อีทีที จำกัด โดยเป็นส่วนหนึ่งของหน่วยประมวลผลกลาง ในบอร์ดจะประกอบด้วยจุดต่อที่ใช้รับข้อมูลจากภายนอก, หน่วยความจำ RAM สำหรับเก็บข้อมูลที่จะนำมาทำการแปลงเป็นสัญญาณที่จะทำการพลอต, EPROM มีโปรแกรมมอนิเตอร์ที่เขียนขึ้นอยู่ภายในสำหรับการเริ่มทำงานและเป็นโปรแกรมที่ควบคุมการทำงานทั้งหมด, ไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 ที่ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลกลาง รวมทั้งส่วนวงจรขับไมโครสเตปที่มีวงจรบัฟเฟอร์, วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนาล็อก, วงจรขยายแรงดันแบบกลับ และวงจรขยายโดยทรานซิสเตอร์ต่อโดยตรงกับขดลวดของมอเตอร์แต่ละเฟส

ส่วนระบบกลไกประกอบด้วยสเตปป์มอเตอร์สองตัวทำหน้าที่ที่เป็นตัวขับเคลื่อนของพลอตเตอร์ในระนาบแกน X และแกน Y, รวมทั้งหัวจับปากกาที่เลื่อนตามแกน Z โดยจับยึดโซลินอยด์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการยกขึ้น-ลงของปากกา

ส่วนสุดท้ายเป็นวงจรแหล่งจ่ายแรงดัน ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายพลังงานทั้งหมด ประกอบด้วยวงจรแปลงระดับแรงดัน, วงจรแปลงกระแส, และวงจรรักษาระดับแรงดัน

#### 3.1 ฟังก์ชันการทำงานของพลอตเตอร์

รูปที่ 3.1 แสดงการทำงานของพลอตเตอร์ ที่ส่วนรับข้อมูลจากไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านส่วนควบคุมก่อนที่จะแปลงสัญญาณเป็นสัญญาณที่ไปควบคุมส่วนระบบกลไก

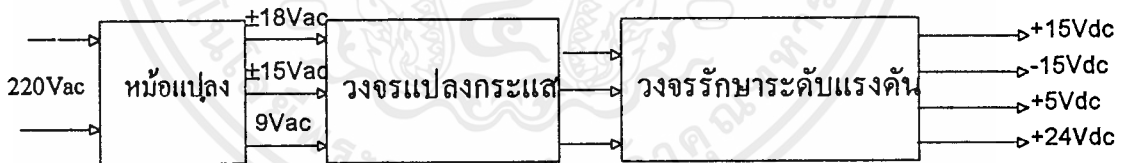


รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของพลอตเตอร์

### 3.2 การออกแบบและการทำงานในส่วนต่างๆ

#### 3.2.1 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน

##### ผังการทำงานของวงจรจ่ายแรงดัน



รูปที่ 3.2 ผังการทำงานของวงจรจ่ายแรงดัน

เนื่องจากวงจรที่ใช้ทั้งหมดต้องการแรงดันและกระแสไม่เท่ากัน ดังนั้นแหล่งจ่ายแรงดันในโครงการชุดนี้จึงมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

1) หม้อแปลงที่มีขดลวดแยกจากกัน 4 ชุด ดังต่อไปนี้

- ชุดแรกขดทางด้านอินพุตต่อกับแหล่งจ่ายกระแสสลับ 220 โวลต์

- ขดลวดที่สองเป็นขดลวดทางเอาต์พุตมีระดับแรงดัน 18 Vac- 0 Vac- 18 Vac โดยมีแท็บกลาง เพื่อนำไปผ่านวงจรแปลงกระแสและวงจรรักษาระดับแรงดันใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์เป็นแรงดันกระแสตรง  $\pm 15$  โวลต์

- ขดลวดที่สามขดลวดด้านเอาต์พุตมีระดับแรงดัน 15 Vac -0 Vac -15 Vac เพื่อนำไปแปลงเป็นกระแสตรงและวงจรรักษาระดับแรงดันเป็นแรงดันกระแสตรง +24 โวลต์

- ขดลวดชุดที่สี่เป็นขดลวดทางด้านเอาต์พุตเช่นกัน มีแรงดัน 9 โวลต์ และ 0 โวลต์ แล้วแปลงเป็นแรงดันกระแสตรง +5 โวลต์

2) วงจรแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง ประกอบด้วยวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ 3 ตัว สำหรับขดลวดแต่ละขดทางด้านเอาต์พุตของหม้อแปลง

3) วงจรรักษาระดับแรงดันประกอบด้วยไอซีดังนี้

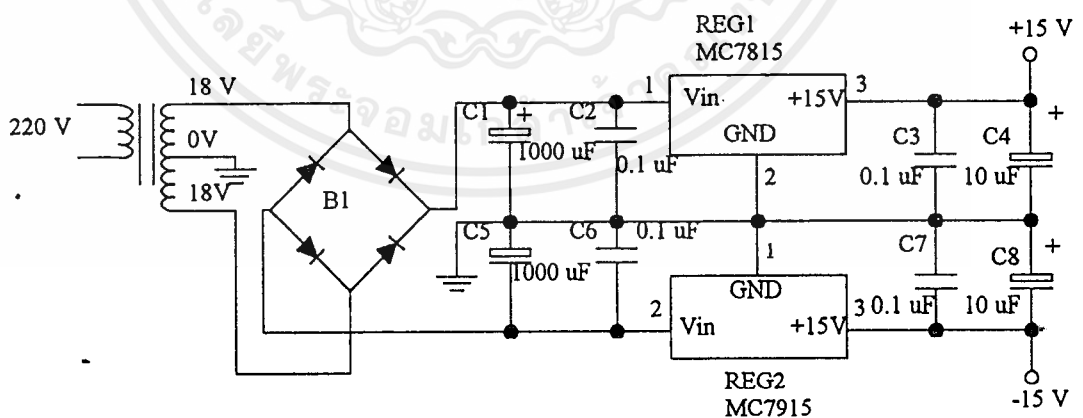
- ไอซีเบอร์ 7805 จำนวน 1 ตัวสำหรับแรงดัน +5 โวลต์

- ไอซีเบอร์ 7812 และ ไอซี 7912 เบอร์ละ 1 ตัว สำหรับแรงดัน +24 โวลต์

- ไอซีเบอร์ 7815 และ ไอซีเบอร์ 7915 เบอร์ละ 1 ตัว สำหรับแรงดัน  $\pm 15$  โวลต์

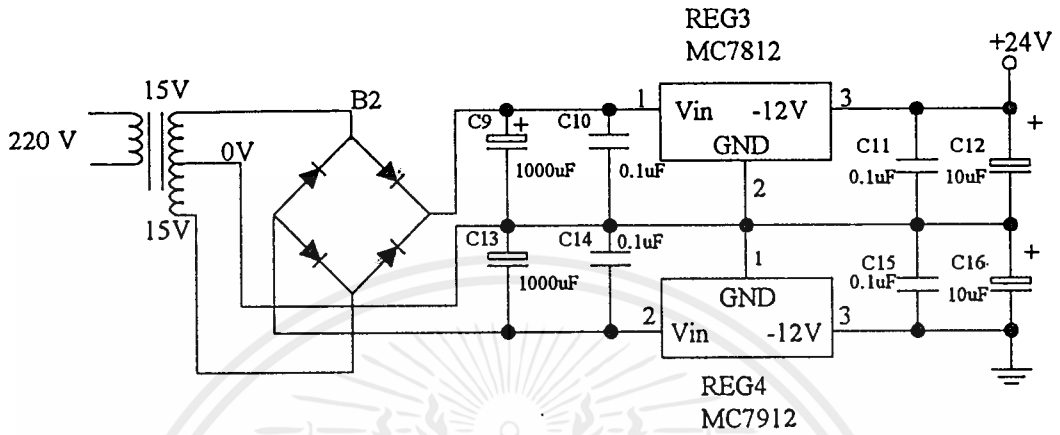
การออกแบบวงจรจ่ายแรงดัน

1) วงจรจ่ายแรงดัน  $\pm 15$  โวลต์



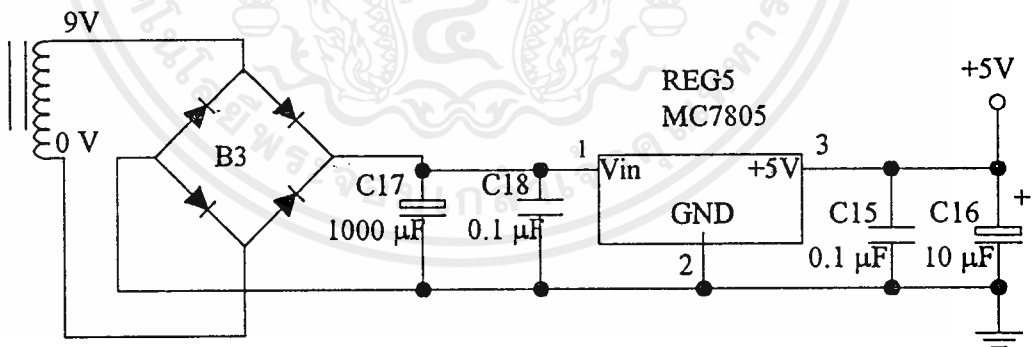
รูปที่ 3.3 วงจรจ่ายแรงดัน  $\pm 15$  โวลต์

## 2) วงจรจ่ายแรงดัน +24 โวลต์



รูปที่ 3.4 วงจรจ่ายแรงดัน +24 โวลต์

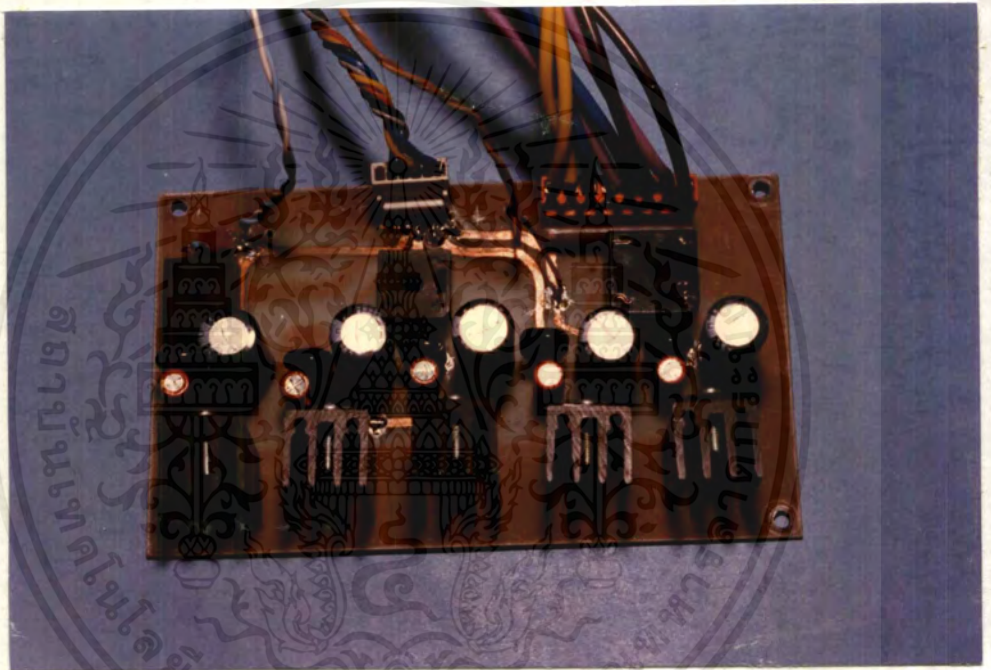
## 3) วงจรจ่ายแรงดัน +5 โวลต์



รูปที่ 3.5 วงจรจ่ายแรงดัน +5 โวลต์

### การสร้างวงจรจ่ายแรงดัน

วงจรจ่ายแรงดันทั้งหมด อยู่บนแผ่นลายวงจรพิมพ์ชุดเดียว โดยมีจุดต่อแรงดันกระแสสลับ เป็นจุดต่อ 8 ขา ต่อกับคอนเนคเตอร์ที่ออกมาจากเอาต์พุตของหม้อแปลงและจุดต่อแรงดันกระแสตรงที่เอาต์พุต เป็นจุดต่อ 5 ขา เพื่อต่อไปยังวงจรขับไมโครสเตปและจ่ายกระแสให้กับสเตปปีงมอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรจ่ายแรงดัน

#### 3.2.2 ส่วนควบคุม

ส่วนควบคุม สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

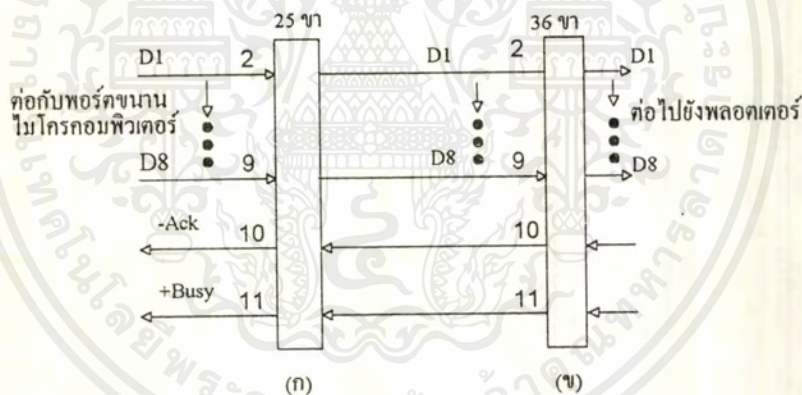
- ส่วนรับข้อมูล
- ชุดบอร์ดสำเร็จรุ่น CP-Z80V2
- วงจรขับไมโครสเตป



รูปที่ 3.7 ส่วนควบคุม

ส่วนรับข้อมูล

การเชื่อมต่อพลาตเตอร์ที่สร้างขึ้นกับไมโครคอมพิวเตอร์จะเชื่อมต่อกันทางพอร์ตขนาน ซึ่งเป็นพอร์ตขนานที่ใช้กับเครื่องพิมพ์ มีการจัดเรียงขา ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การเชื่อมต่อพลาตเตอร์กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

ในรูปที่ 3.8 ( ก ) ด้านต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นจุดต่อแบบ 25 ขา

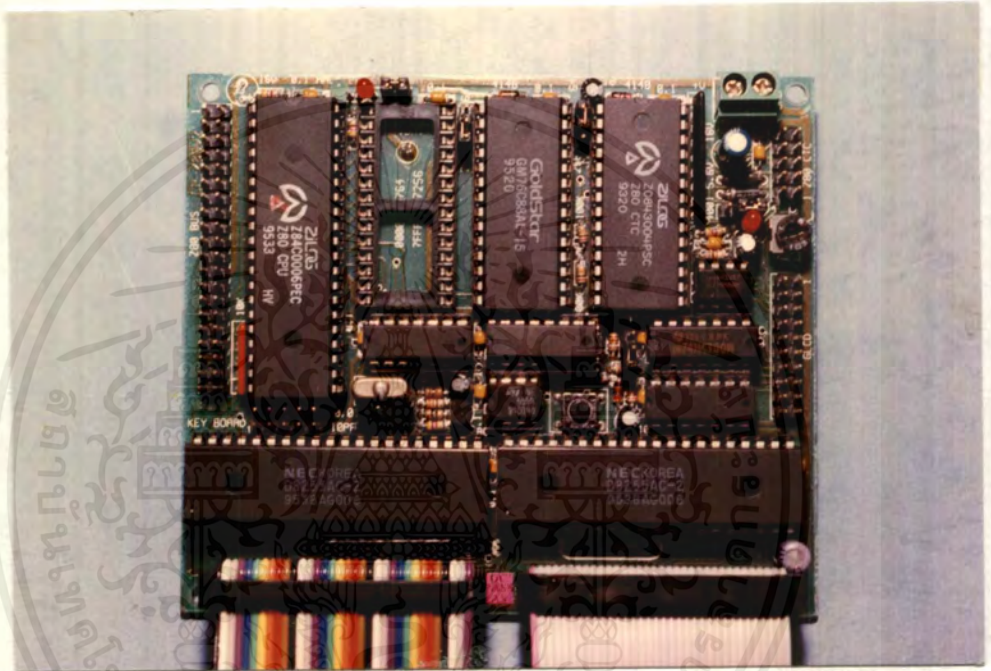
( ข ) ด้านที่ต่อกับพลาตเตอร์ เป็นจุดต่อแบบ 36 ขา

การเชื่อมต่อกับพลาตเตอร์จะใช้ขา ดังต่อไปนี้

- ขา 2 - 9 ( D<sub>1</sub> - D<sub>8</sub> )
- ขา 10 ( -Acknowledge )
- ขา 11 ( +Busy )

### ชุดบอร์ดสำเร็จ รุ่น CP-Z80V2

บอร์ดชุด CP-Z80V2 ในโครงการจะใช้เป็นส่วนควบคุมการทำงานของพลอตเตอร์ ประกอบด้วยส่วนที่เป็นหน่วยประมวลผลกลาง, หน่วยความจำ และส่วนที่เป็นพอร์ตคอนเน็คเตอร์เพื่อใช้ติดต่ออุปกรณ์อื่นๆ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.9 ชุดบอร์ด CP-Z80V2

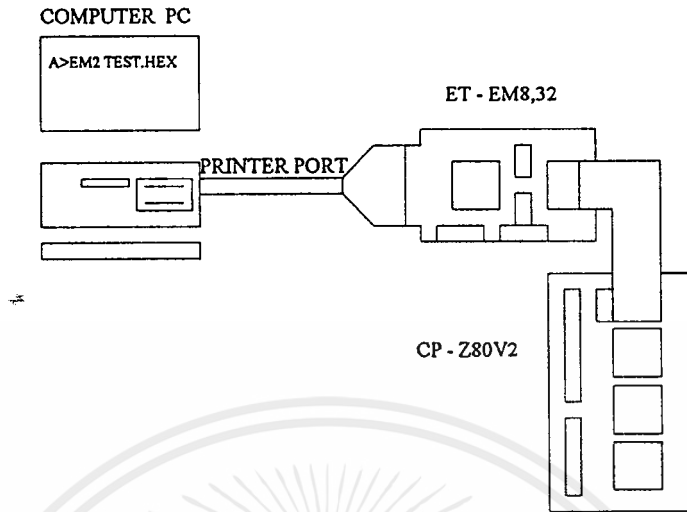
#### การต่อพัฒนาเขียนโปรแกรม

ตัวบอร์ด CP-Z80V2 จะให้ผู้ใช้เขียนโปรแกรมสั่งงานขึ้นมาใช้เอง โดยอาจจะใช้การเขียนข้อมูลเข้า EPROM และ นำ EPROM นั้น มาใส่ยัง SOCKET ROM บนบอร์ดแล้วเปิดไฟเข้าตัวบอร์ดเพื่อทดสอบ โปรแกรม

#### 1) ต่อใช้กับ EPROM EMULATOR (ET-EM)

สามารถต่อกับชุด ET-EM8 หรือ ET-EM32 ในการพัฒนาเขียนโปรแกรมได้  
 ดังรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 การเชื่อมต่อ EPROM Emulator กับบอร์ดสำเร็จ CP-Z80V2

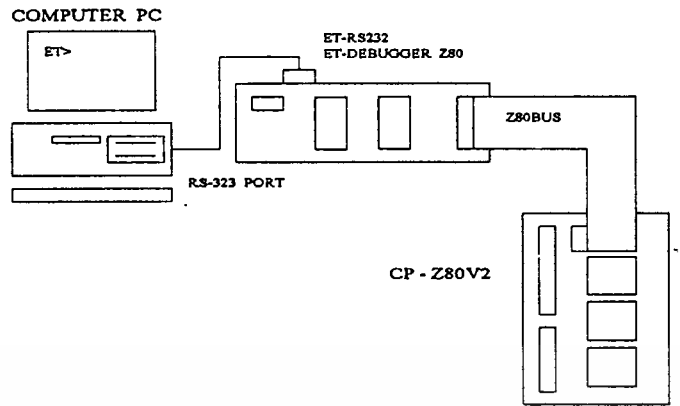
โดยสามารถเขียนโปรแกรมเป็นภาษา ASSEMBLER Z80 บนเครื่องคอมพิวเตอร์พีซี แล้วให้เครื่องแปลงเป็นภาษาเครื่องจากนั้นใช้ ET-EM รับข้อมูลจากภาษาเครื่องคอมพิวเตอร์พีซี ส่งต่อมายังบอร์ด CP-Z80V2 เป็น EPROM MONITOR PROGRAM ใช้ทดสอบจนพอใจ แล้วก็ทำการคัดลอกลงใน EPROM เพื่อใช้งานจริง

### 2) ต่อใช้กับ ET-RS232 และ ET-DEBUGGER Z80

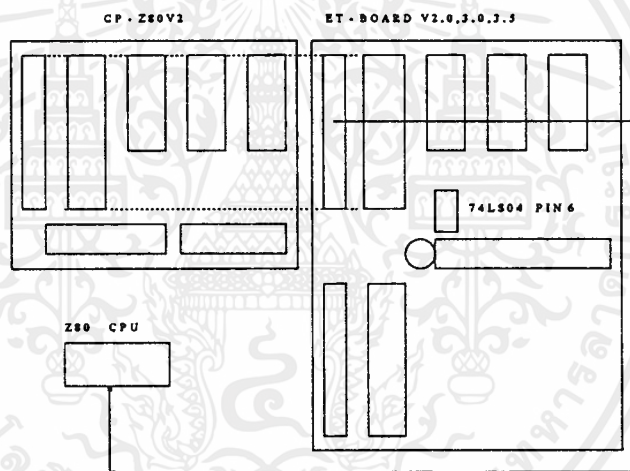
ต่อใช้ CP-Z80V2 กับ ET-RS232 และ ET-DEBUGGER Z80 โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์พีซี การเขียนและพัฒนาระบบสามารถใช้พีซีคีย์ข้อมูลเข้าไปยัง CP-Z80V2 ผ่านทางพอร์ต RS232 ได้โดยตรง หรือจะ RUN จากเครื่องพีซีก็ได้ ซึ่งเป็นการใช้คีย์และจอของเครื่องพีซีแทน

### 3) ต่อใช้กับ ET-BOARD

สามารถต่อ CP-Z80V2 กับ ET-BOARD เข้าด้วยกัน โดยต่อทาง Z80 BUS 40 PIN ให้ถอดชุด ET-BOARD ออกและถอดขา (CLOCK) 74LS04 (PING) ออก ET-BOARD ก็จะสามารถรองรับระบบ BUS ของ CP-Z80V2 ได้แสดงดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การต่อ ET-RS232 และ ET-DEBUGGER Z80 กับ CP-Z80V2

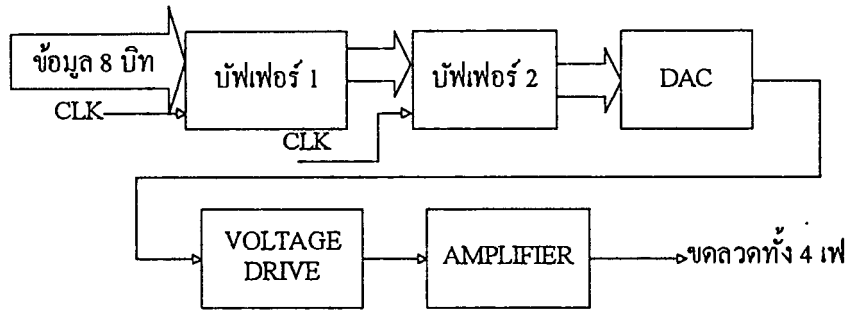


รูปที่ 3.12 การต่อ ET-BOARD กับ CP-Z80V2

### 3.2.2 วงจรขับสเตปป์มอเตอร์แบบไมโครสเตป

#### ผังการทำงานของวงจรขับสเตปป์มอเตอร์

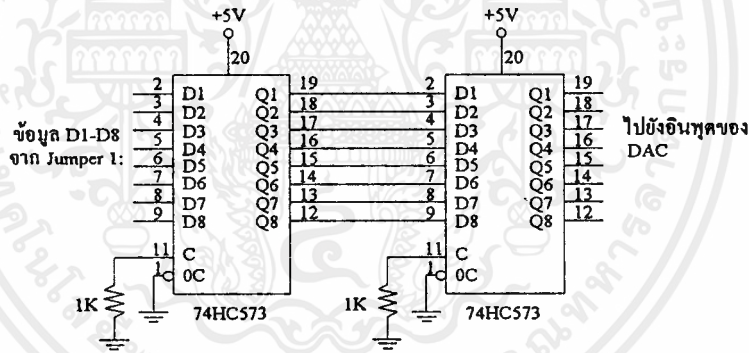
ผังการทำงานของวงจรไมโครสเตปป์จะใช้สำหรับขดลวดแต่ละเฟสของมอเตอร์ ในโครงการชุดนี้ใช้สเตปป์มอเตอร์ที่มีขดลวด 4 เฟส 6 สาย ขนาดแรงดัน 24 โวลต์ ดังนั้นจึงมีวงจรขับสเตปป์มอเตอร์ทั้งหมด 4 ชุดสำหรับสเตปป์มอเตอร์ 1 ตัว



รูปที่ 3.13 ผังการทำงานของวงจรขับไมโครสเตป

**Buffer 1**

Buffer 1 ใช้ไอซีเบอร์ 74HCT573 เป็นตัวรับข้อมูลขนาด 8 บิต โดยมีสัญญาณนาฬิกา มากระตุ้นที่ขา 11 ให้เป็นตัวควบคุมการเลือกรับข้อมูลของแต่ละเฟส แสดงดังรูปที่ 3.14



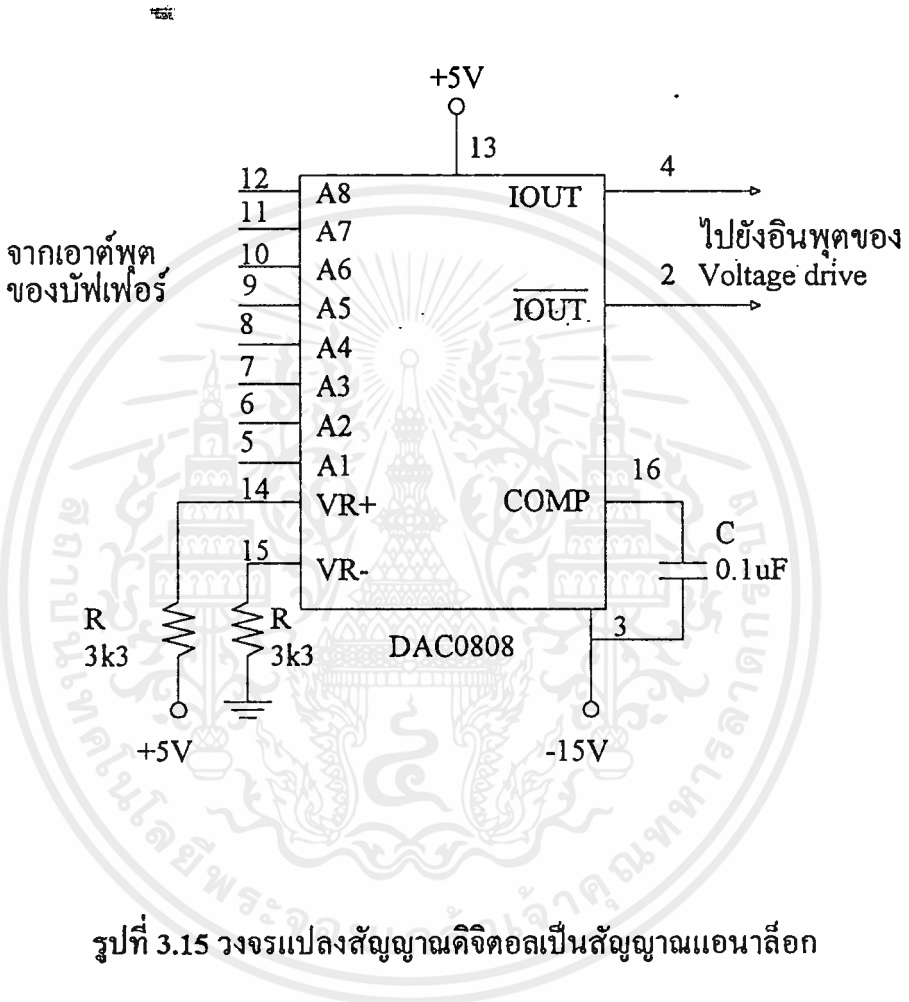
รูปที่ 3.14 วงจร Buffer1 และ Buffer 2

**Buffer 2**

จากรูปที่ 3.15 เมื่อข้อมูลขนาด 8 บิตเข้ามาที่ Buffer ตัวที่ 1 ถ้ามีสัญญาณนาฬิกา มากระตุ้นที่ขา 11 ข้อมูลที่เข้ามาก็จะไปปรากฏที่เอาต์พุตของ Buffer ตัวที่ 1 ซึ่งต่อโดยตรงอยู่กับ อินพุตของ Buffer ตัวที่ 2 โดยจะมีการทำงานเหมือนกับ Buffer ตัวที่ 1 แตกต่างกันตรงที่ สัญญาณนาฬิกาทุกเฟสจะเป็นสัญญาณเดียวกัน เพื่อเป็นตัวกำหนดให้ข้อมูลไปปรากฏที่ เอาต์พุตพร้อมๆ กัน เป็นสัญญาณอินพุตให้กับวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลไปเป็นสัญญาณ แอนาล็อก

วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก ( Digital to Analog Converter : DAC )

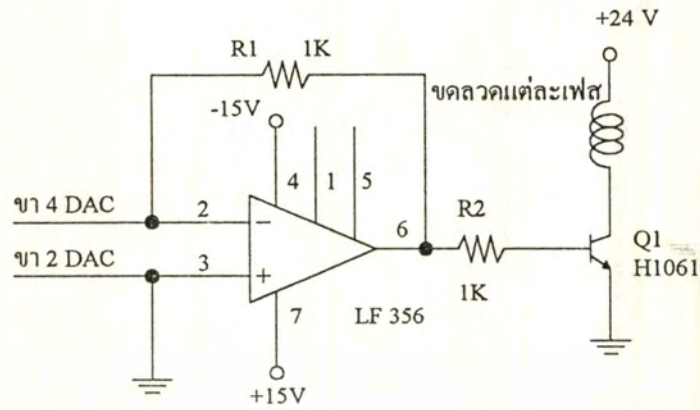
DAC ใช้ไอซี เบอร์ DAC0808 ได้รับข้อมูลขนาด 8 บิตเข้าที่ขา (D<sub>0</sub>-D<sub>7</sub>) จากเอาต์พุตของ Buffer 2 และแปลงเป็นสัญญาณแอนะล็อกเป็นอินพุตให้กับวงจรขยายแรงดัน ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก

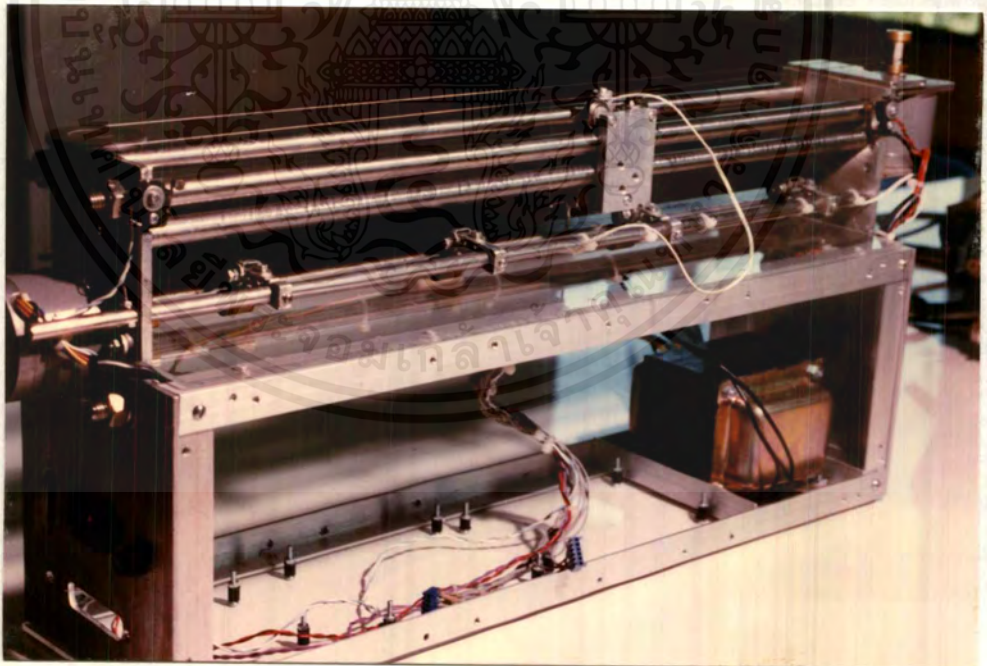
วงจรขยายแรงดัน (Voltage Drive)

วงจรขยายแรงดันใช้ไอซีเบอร์ LF356 ต่อดังรูปที่ 3.16 ขยายแรงดันจากเอาต์พุตของ DAC ไปอัสทรานซิสเตอร์ชุดขับกระแสให้เฟสของมอเตอร์แต่ละเฟสทำงานโดยอัตราการไหลของกระแส ขึ้นอยู่กับแรงดันที่ป้อนให้ ซึ่งแปรตามอินพุตที่ป้อนให้ DAC จาก Buffer



รูปที่ 3.16 วงจรขยายแรงดัน

### 3.2.3 ระบบกลไกของพลอตเตอร์



รูปที่ 3.17 ส่วนระบบกลไก

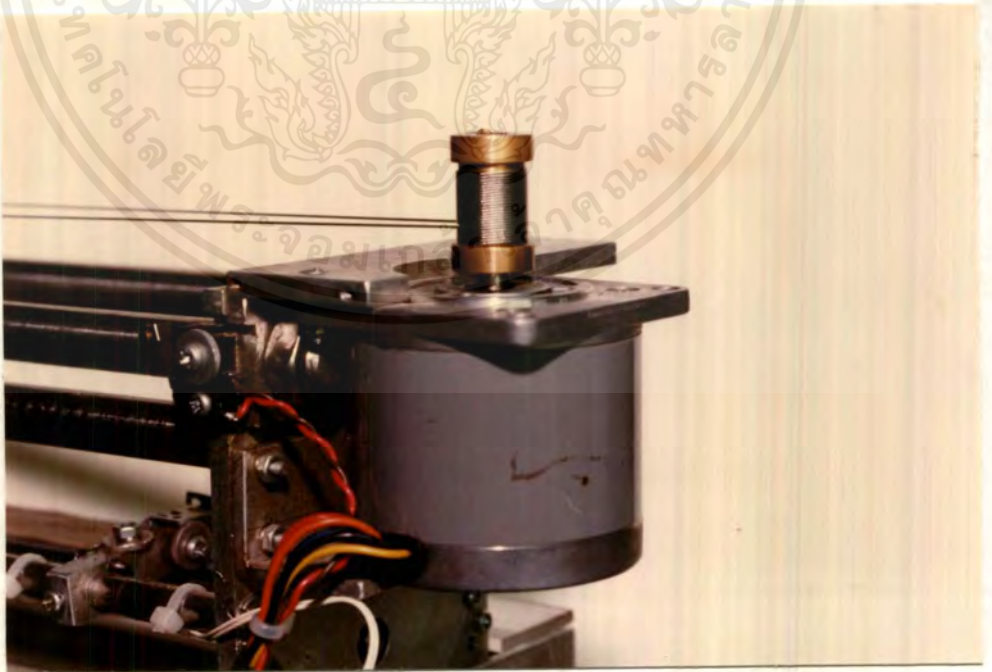
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การออกแบบและการสร้างระบบกลไก

ส่วนระบบกลไกประกอบด้วยแกนการเคลื่อนที่ทั้งหมด 3 แกน คือแกนเคลื่อนที่ตามยาวแนวนอน ( แกน X ) ใช้สำหรับเลื่อนหัวปากกา แกนเคลื่อนที่ตามขวางแนวนอน( แกน Y ) ใช้สำหรับเลื่อนกระดาษและแกนเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ( แกน Z ) ใช้สำหรับยกและกดปากกา รายละเอียดการออกแบบในแต่ละแกนการเคลื่อนที่ที่เป็นดังรูปที่ 3.17

#### แกนการเคลื่อนที่ตามยาวแนวนอน ( แกน X ) ประกอบด้วย

- 1) สแตนเลสกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.25 เซนติเมตร ความยาว 55 เซนติเมตร กลึงเกลียวหัวท้ายด้านละ 2.5 เซนติเมตร จำนวน 4 ท่อน ใช้เป็นโครงสำหรับยึดฐานด้านข้าง
- 2) สแตนเลสกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.25 เซนติเมตร ความยาว 51 เซนติเมตร กลึงเกลียวหัวท้ายด้านละ 0.5 เซนติเมตร จำนวน 1 ท่อน ใช้สำหรับเป็นรางเลื่อนหัวปากกา
- 3) อะลูมิเนียมฉากมีความหนา 0.2 เซนติเมตรและ ความยาว 50 เซนติเมตร ใช้สำหรับเป็นพื้นรองรับกระดาษและหัวปากกา



รูปที่ 3.18 สเต็ปมิ่งมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนส่วนกลไกในแนวแกน X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) สเตปปีงมอเตอร์ตัวที่ 1 เป็นมอเตอร์แบบ 4 เฟส 6 สาย ใช้สำหรับเคลื่อนหัวปากกามีคุณสมบัติดังนี้

- เคลื่อนที่ 1.8 องศา/สเตป

- แรงดัน 24 โวลต์

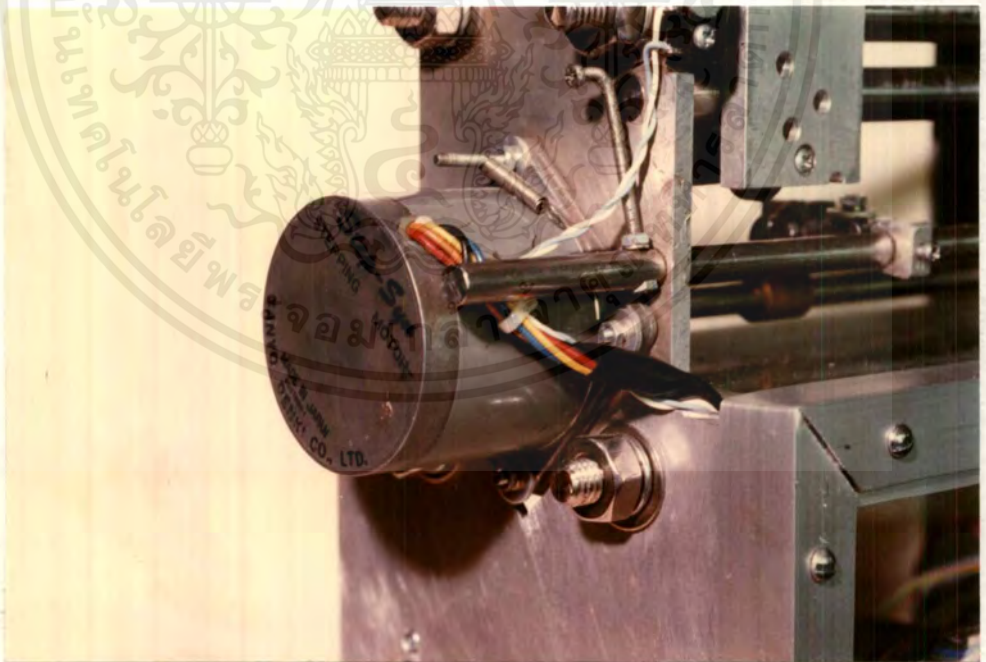
- กระแส 0.18 แอมแปร์

- หมุนหนึ่งสเตปได้ระยะทาง 25 ไมโครเมตร เคลื่อนที่หนึ่งรอบ ( 1600 สเตป) ได้

ระยะทาง 4 เซนติเมตร

5) แบร็ริงทองเหลืองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ความยาว 2.5 เซนติเมตร ใช้สวมเข้ากับเพลลาของสเตปปีงมอเตอร์ตัวที่ 1

6) สลึงลวดถักหุ้มพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.75 มิลลิเมตร ทนแรงดึงได้ 20 ปอนด์ ในโครงการนี้ใช้ลวดสลึงยาว 180 เซนติเมตร เพื่อใช้สำหรับส่งแรงขับเคลื่อนจากสเตปเปอร์มอเตอร์ตัวที่ 1 ไปยังส่วนหัวจับปากกา



รูปที่ 3.19 สเตปปีงมอเตอร์ที่ใช้ขับในแนวแกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) ส่วนหัวจับปากกาประกอบด้วย

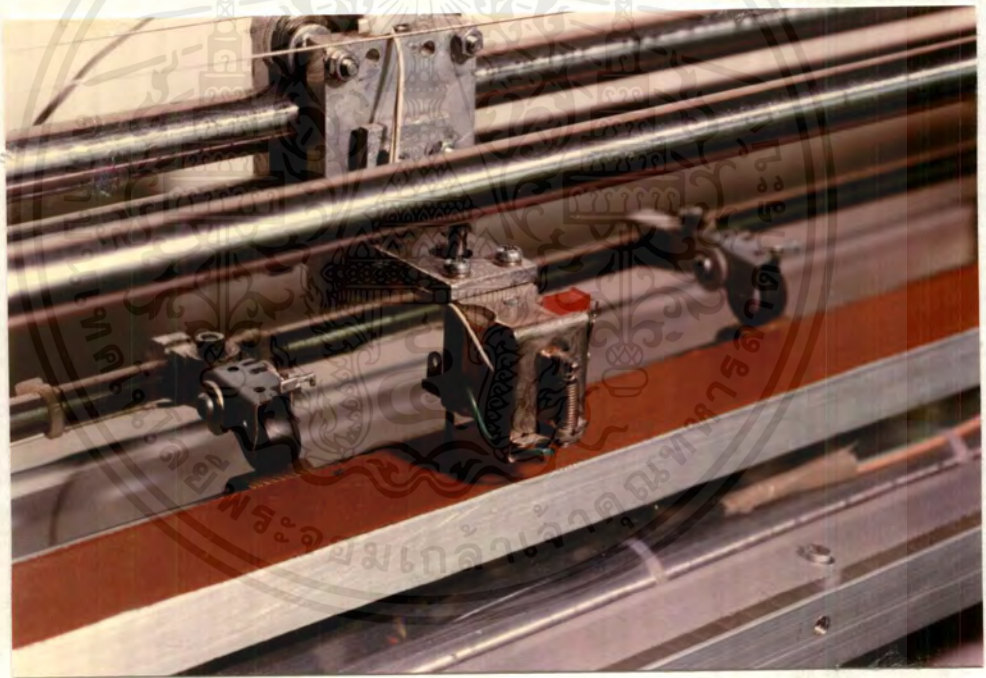
- ด้บลักป็นสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร จำนวน 3 ด้บลัก ใช้สำหรับเคลื่อนหัวจับปากกา

- อะลูมิเนียมแผ่นขนาดความกว้าง 3.55 เซนติเมตร ความยาว 5.2 เซนติเมตร และความหนา 0.7 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น ใช้สำหรับยึดด้บลักป็น

- อะลูมิเนียมฉากหนา 0.3 เซนติเมตรสำหรับยึดโซลินอยด์เข้ากับส่วนหัวจับปากกา

8) ล้อเหียงสำหรับคล้องลวดสลึงที่ใช้สำหรับส่งแรง

9) ไมโครสวิทช์จำนวน 2 ตัวใช้สำหรับตรวจสอบการเคลื่อนทางแกน X



รูปที่ 3.20 ส่วนหัวจับปากกา

แกนการเคลื่อนที่ตามขวางแนวนอน (แกน Y) ประกอบด้วย

1) สแตนเลสกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตร ความยาว 51 เซนติเมตร กิ่งเกลียว 2 ด้านด้านละ 0.5 เซนติเมตร ใช้สำหรับยึดล้อทองเหลืองขับเคลื่อนจำนวน 1 ท่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) ล้อทองเหลืองขับกระดาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ความยาว 1.5 เซนติเมตร ทำเป็นลายข้าวหลามตัดจำนวน 4 ชั้น ใช้สำหรับขับกระดาศ
- 3) ข้อต่อทองเหลืองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ความยาว 1.5 เซนติเมตร จำนวน 1 ชิ้น
- 4) สแตนเลสกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตร ความยาว 50.5 เซนติเมตร กลิ้งเกลียว 0.5 เซนติเมตรหนึ่งด้าน ใช้สำหรับล็อกกระดาศ จำนวน 1 ท่อน
- 5) แขนกคกระดาศจำนวน 4 อัน ใช้สำหรับยึดลูกยางหัวเทปเพื่อกคกระดาศ
- 6) สเตปปีงมอเตอร์ตัวที่ 2 มีคุณสมบัติเหมือนตัวที่ 1 ใช้สำหรับขับกระดาศตามแนวแกน Y มีระยะทางการเคลื่อนที่เท่ากับสเตปปีงมอเตอร์ตัวที่ 1
- 7) ตลับลูกปืนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร จำนวน 1 ตลับ ใช้สำหรับหล่อลื่นเพลลาขับกระดาศ

แกนเคลื่อนที่ตามแนวตั้ง (แกน Z)

แกนเคลื่อนที่ตามแนวแกน Z โซลินอยล์ที่ยึดติดอยู่กับส่วนหัวจับปากกาใช้สำหรับยกและกดปากกาขึ้นลง ดังรูปที่ 3.23

ส่วนอื่นๆ

- 1) อะลูมิเนียมฉากขนาดความกว้าง 8 เซนติเมตร ความยาว 12 เซนติเมตร และหนา 0.5 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น ใช้สำหรับยึดโครงของพลอตเตอร์ และใช้ยึดสเตปปีงมอเตอร์
- 2) อะลูมิเนียมฉากขนาดความหนา 0.5 เซนติเมตร ความยาว 8 เซนติเมตรจำนวน 2 ชิ้น ใช้สำหรับยึดสเตปเปอร์มอเตอร์ตัวที่ 1

## บทที่ 4

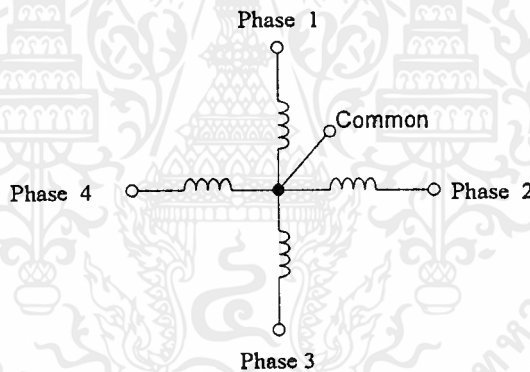
### ผลการทดลองและทดสอบ

การทดลองและทดสอบฟลोटเตอร์ควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ จะแบ่งออกเป็นส่วนๆ ตามการออกแบบ ซึ่งฟลोटเตอร์ประกอบด้วยระบบกลไกและระบบควบคุม โดยจะทดลองและทดสอบตามลำดับดังนี้

#### 4.1 ทดลองและทดสอบหาเฟสของสเต็ปป์มอเตอร์

##### ลำดับขั้นการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 ป้อนแรงดันที่มีขนาดเท่ากับหรือน้อยกว่าความต้องการของสเต็ปป์มอเตอร์เข้าที่เฟสใดเฟสหนึ่งของสเต็ปป์มอเตอร์ดังรูปที่ 4.1 โดยเรียงลำดับตามตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ลักษณะการต่อขดลวดภายในสเต็ปป์มอเตอร์

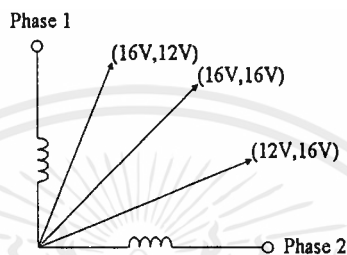
1	2	3	4	ทิศทางการหมุน	หมายเหตุ
Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	→ → → →	→ ตามเข็มนาฬิกา
Phase 1	Phase 2	Phase 4	Phase 3	→ → ← ←	← ทวนเข็มนาฬิกา
Phase 1	Phase 4	Phase 2	Phase 3	← ← → →	
Phase 1	Phase 4	Phase 3	Phase 2	← ← ← ←	

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองหาเฟสของสเต็ปป์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 สังเกตทิศทางการเคลื่อนที่ของสเตปป์ิ่งมอเตอร์พร้อมกับบันทึกผลการเคลื่อนที่ของสเตปป์ิ่งมอเตอร์ลงในตารางที่ 4.1

ขั้นตอนที่ 3 ทดลองป้อนแรงดันที่เฟส 1 และ เฟส 2 ด้วยแรงดันค่าต่างๆ กัน ได้ผลดังรูปที่ 4.2



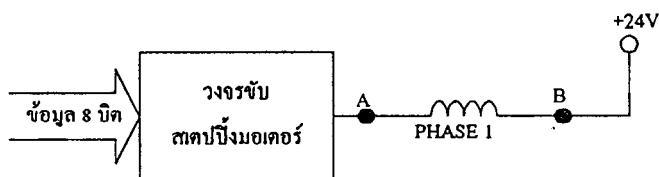
รูปที่ 4.2 ผลการหมุนเมื่อป้อนแรงดันแต่ละระดับ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่าเมื่อป้อนแรงดันเรียงจากเฟส 1 ไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา สเตปป์ิ่งมอเตอร์จะเคลื่อนที่ไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ถ้าป้อนแรงดันเรียงจากเฟส 1 ไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา สเตปป์ิ่งมอเตอร์จะเคลื่อนที่ไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

ถ้าหากสามารถกำหนดแรงดันที่ตกคร่อมแต่ละเฟสให้เหมาะสมและสัมพันธ์กันทั้งแรงดันและเวลา สามารถทำให้สเตปป์ิ่งมอเตอร์หมุนได้โดยไม่จำกัดสเตปต์ต่อหนึ่งรอบ โดยระยะทางที่ได้คือการหมุนของสเตปป์ิ่งมอเตอร์

4.2 การทดลองวงจรขับสเตปป์ิ่งมอเตอร์



รูปที่ 4.3 ลักษณะการต่อวงจรทดลองขับ ไมโครสเตป

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

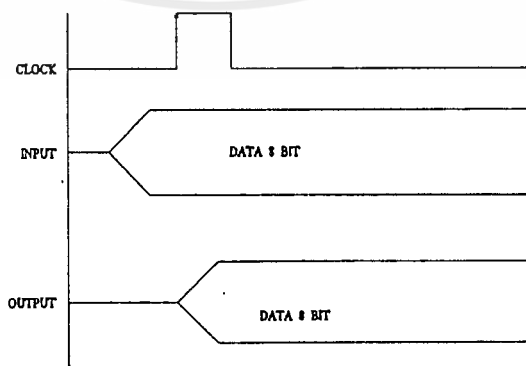
ขั้นตอนที่ 1 ต่อวงจรขับสเตปปีงมอเตอร์ดังรูปที่ 4.3

ขั้นตอนที่ 2 ป้อนข้อมูลอินพุต ขนาด 8 บิต วัดแรงดันตกคร่อมที่จุด A-B ที่ข้อมูลต่างกันตามตารางที่ 4.2 พร้อมบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.2

ข้อมูลอินพุต 8 บิต	แรงดันตกคร่อมจุด A-B (โวลต์)
00H	0 โวลต์
20H	0.5 โวลต์
50H	1.5 โวลต์
70H	4 โวลต์
8AH	8 โวลต์
A3H	12 โวลต์
90H	16 โวลต์
A0H	20 โวลต์
FFH	23.5 โวลต์

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวงจรขับสเตปปีงมอเตอร์

ขั้นตอนที่ 3 วัดสัญญาณนาฬิกาที่ขา 11 ของ Buffer ตัวที่ 1, 2 พร้อมกับสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของ Buffer ได้ผลดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ลักษณะการทำงานของบัฟเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 การทดลองโปรแกรมร่วมกับวงจรขับสเตปปีงมอเตอร์

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 ป้อนโปรแกรมทดสอบสเตปเตอร์รอบในภาคผนวก ก และข้อมูลที่ใช้เป็นตัวกำหนดสัญญาณการขับสเตปปีงมอเตอร์และข้อมูลดังนี้

00H, 00H, 00H, 00H, 00H, 00H, 00H, 00H, 00H, 00H

00H, 00H, 00H, 00H, 00H, 00H, 00H, 70H, 8AH, A3H

C0H, C0H, C0H, C0H, C0H, C0H, C0H, C0H, C0H, A3H

8AH, 70H

ขั้นตอนที่ 2 ป้อนค่าหน่วงเวลา (DELAY) เท่ากับ FFFFH

ขั้นตอนที่ 3 ทดสอบค่าความละเอียดได้ 25 ไมโครเมตร โดยป้อนค่า 0640H ให้เคาน์เตอร์ ( $0640_H = 1600_{10}$ )

ขั้นตอนที่ 4 ทำเครื่องหมายตรงจุดที่หัวปากกาหยุดอยู่แล้ว Run โปรแกรม

ขั้นตอนที่ 5 เมื่อโปรแกรมหยุดทำงานให้ทำเครื่องหมายตรงจุดที่หัวปากกาหยุดอยู่

ขั้นตอนที่ 6 วัดระยะระหว่างเครื่องหมายทั้งสอง บันทึกผลการทดลองและคำนวณหาค่าความละเอียด

ผลการทดลอง

เมื่อ Run โปรแกรม หัวปากกาจะเคลื่อนที่ไปตามทิศทางการหมุนของสเตปปีงมอเตอร์ หยุดเมื่อครบหนึ่งรอบ (1,600 สเตป)

วัดระยะทางจากเครื่องหมายทั้งสองได้ 4.0 เซนติเมตร คำนวณหาค่าความละเอียดดังนี้

ความละเอียด = ระยะทาง (เมตร) / จำนวนสเตป (สเตป)

= 0.040 เมตร / 1,600 สเตป

= 25.0 ไมโครเมตร

#### 4.4 การทดลองโปรแกรมรับข้อมูลจากพอร์ตนาน

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 เขียนแบทช์ไฟล์ เพื่อเก็บข้อมูลที่ต้องการส่งออกพอร์ตนานชื่อ A.BA

ซึ่งมีข้อมูลดังนี้            ABCDEF;

ขั้นตอนที่ 2 Run โปรแกรม

ขั้นตอนที่ 3 พิมพ์คำสั่ง TYPE A.BAT > PRN กด 

ขั้นตอนที่ 4 กดคีย์ START เพื่อทำการรับข้อมูลจากไมโครคอมพิวเตอร์เมื่อโปรแกรมหยุด Run สังเกตข้อมูลในบัฟเฟอร์ ตำแหน่ง 8100H - 8106H บันทึกข้อมูลลงในตารางที่ 4.3

ตำแหน่งบัฟเฟอร์	ข้อมูล (ASCII)	สัญลักษณ์
8400H	41H	A
8104H	42H	B
8102H	43H	C
8103H	44H	D
8104H	45H	E
8105H	46H	F
8106H	47H	;

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองโปรแกรมรับข้อมูลจากพอร์ตนาน

หมายเหตุ โปรแกรมรับข้อมูลจะตรวจสอบค่าแอสกีของ ; หากพบให้หยุดรับข้อมูล

## บทที่ 5

### สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

#### 5.1 บทสรุป

โครงการ พล็อตเตอร์ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ สร้างขึ้นมาเพื่อนำไปใช้ในการวาดรูปเบื้องต้น โดยรับคำสั่งจาก DOS โดยใช้คำสั่ง TYPE

ในการจัดสร้างทางคณะผู้จัดทำได้วางขอบเขตการสร้างและพัฒนาเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบดังนี้

- สามารถใช้กระดาษขนาด A3 และ A4
- พล็อตเตอร์มีความเร็วในการลากเส้นตรง 5 เซนติเมตรต่อวินาที
- ใช้ปากกาถูลิ้นในการเขียน 1 คำม.
- พล็อตเตอร์รองรับคำสั่ง HPGL ได้ 5 คำสั่ง
- ความละเอียด 25 ไมโครเมตร
- วงจรขับสเตปป์มอเตอร์เป็นแบบแบ่งละเอียด
- เชื่อมต่อทางพอร์ตขนานของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

ในส่วนของเงื่อนไขและขอบเขตที่ได้เสนอนั้น จะเป็นการศึกษาการทำงานและการออกแบบ ซึ่งสามารถที่จะแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนคือ ส่วนซอฟต์แวร์, ส่วนฮาร์ดแวร์และส่วนกลไกของพล็อตเตอร์

#### 5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

ในระหว่างการดำเนินการจัดทำโครงการครั้งนี้ คณะผู้จัดทำได้พบกับปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่ทำให้เสียเวลาในการแก้ไขข้อบกพร่องผิดพลาดที่เกิดขึ้น ปัญหาบางประการแม้เป็นปัญหาเพียงเล็กน้อย ถ้าละเลยไม่ทำการแก้ไขอาจจะกลายเป็นปัญหาใหญ่ในภายหลังได้ ซึ่งปัญหาต่าง ๆ และแนวทางแก้ไขได้แสดงในตารางที่ 5.1

ปัญหา	แนวทางแก้ไข
1) ไม่สามารถจัดหาอุปกรณ์บางชนิดมา ได้ทำให้การสร้างพล็อตเตอร์ไม่เป็นไป ตามที่ออกแบบไว้ เช่น โครงสร้างของ เครื่องพล็อตเตอร์ต้องการอะลูมิเนียม หนา 0.5 เซนติเมตร แต่ไม่สามารถที่จะ หาซื้อได้	1) นำอุปกรณ์ที่สามารถหาได้มาทำการ ประยุกต์ใช้ทดแทนกัน โดยใช้แผ่นระบาย ความร้อนของเครื่องขยายเสียงมาแทน อะลูมิเนียมขนาด 0.5 เซนติเมตร
2) ไม่สามารถการออกแบบกลไกของตัว เครื่องได้ภายในครั้งเดียว เนื่องจากผู้รับ จ้างกลึงไม่สามารถที่จะกลึงได้หมาะรวม ทั้งงานที่ออกมาความละเอียดก็ได้ไม่ตรง ตามที่ออกแบบไว้	2) ให้ทำการออกแบบและทำการสั่งกลึง ครั้งละชิ้น ส่วนความละเอียดของชิ้นงาน ควรปรับให้เหมาะสมเพื่อให้สามารถใช้งาน ได้จริงและทำงานได้อย่างไม่ผิดพลาด
3) ไม่สามารถหาข้อมูลของภาษา HPGL ได้ตามที่ต้องการ เพราะข้อมูลบางส่วน เป็นลิขสิทธิ์ทางปัญญา	3) นำเสนอข้อมูลของ HPGL โดยใช้ เฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการ พิเศษโดยตรงเท่าที่จะสามารถหามาได้
4) เนื่องจากการรับส่งข้อมูลจะเป็น ลักษณะครึ่งละไบต์ในตอนแรกรับได้แค่ ไบต์แรกไบต์เดียวไม่สามารถที่จะรับข้อ มูลไบต์ต่อไปได้	4) ตรวจสอบสัญญาณ Acknowledge ปรากฏว่าเป็น High ตลอด ให้ทำการ กำหนดเงื่อนไขของสถานะ -Ack และ + Busy คือให้ -Ack เป็น low และ +Busy เป็น high จึงจะรับข้อมูลมาได้

### ตารางที่ 5.1 ปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการทำปริญญาณิพนธ์

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
5) เนื่องจากคอมพิวเตอร์ส่งข้อมูลออกมาตั้งแต่ไบต์แรกจนไบต์สุดท้ายของไฟล์ต่อเนื่องกันตลอดทำให้โปรแกรมการรับข้อมูลไม่สามารถรับข้อมูลได้ทันจึงมีบางไบต์ที่หายไป	5) เอาเงื่อนไขการหยุดส่งมาใช้ไปขัดจังหวะการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์หลังจากส่งมา 1 ไบต์

### ตารางที่ 5.1 ปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการทำปริณญาณิพนธ์ (ต่อ)

#### 5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

คณะผู้จัดทำได้พยายามจัดทำและสร้างพลอตเตอร์ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ขึ้นมาให้มีประสิทธิภาพและสมบูรณ์ที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยตลอดภาคการศึกษาได้จัดทำและทำการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง แต่เนื่องจากงบประมาณที่มีอยู่จำกัดและคณะผู้จัดทำก็ยังขาดประสบการณ์ในการเขียนซอฟต์แวร์ จึงทำให้งานที่ออกมามีข้อจำกัดและข้อบกพร่องที่ควรจะได้รับปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

#### แนวทางการปรับปรุงและพัฒนา

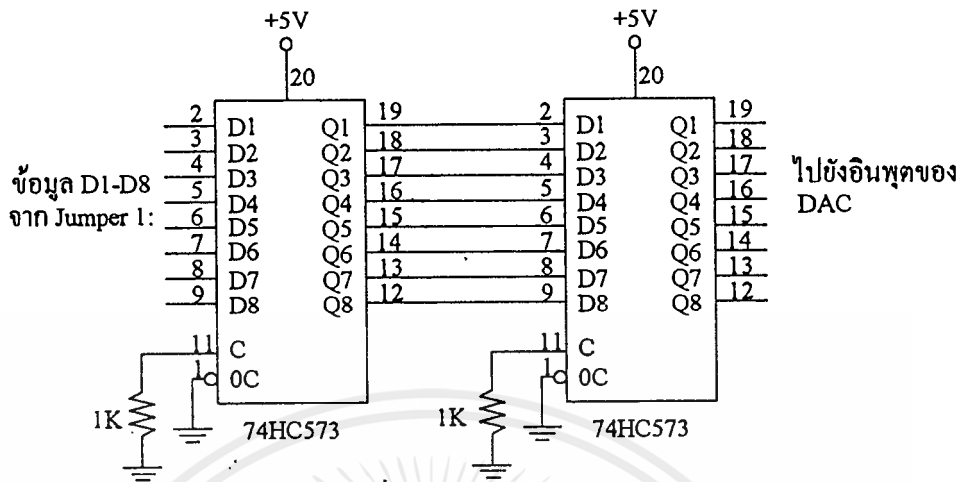
- 1) การพัฒนาโปรแกรมในการรับคำสั่งในการวาดรูป ให้สามารถทำการรับคำสั่งให้ได้มากกว่า 5 คำสั่ง
- 2) การพัฒนาทางด้านความเร็วของพลอตเตอร์ โดยจะสามารถแบ่งออกได้คือ
  - พัฒนาความเร็วทางด้านซอฟต์แวร์ให้มีความสามารถในการที่จะรับข้อมูลได้รวดเร็วยิ่งขึ้น
  - พัฒนาความเร็วทางด้านกลไกให้มีการเคลื่อนไหวได้รวดเร็วขึ้น โดยใช้สเตปปีงมอเตอร์ที่สามารถตอบสนองความถี่สูงมาทำการควบคุมพลอตเตอร์
  - การพัฒนาความหลากหลายในการรับข้อมูลให้พลอตเตอร์มีความสามารถในการรับข้อมูลและตอบสนองกับโปรแกรมที่มีอยู่ในปัจจุบันได้ เช่น AutoCAD ฯลฯ
  - พัฒนาให้พลอตเตอร์สามารถรับและวาดรูปได้ที่ขนาดกระดาษ A2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

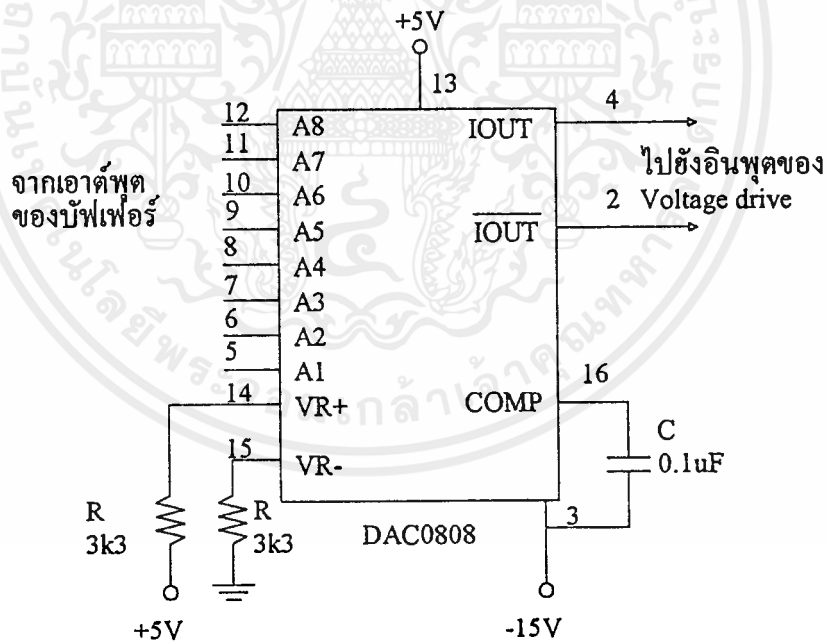


ภาคผนวก ก

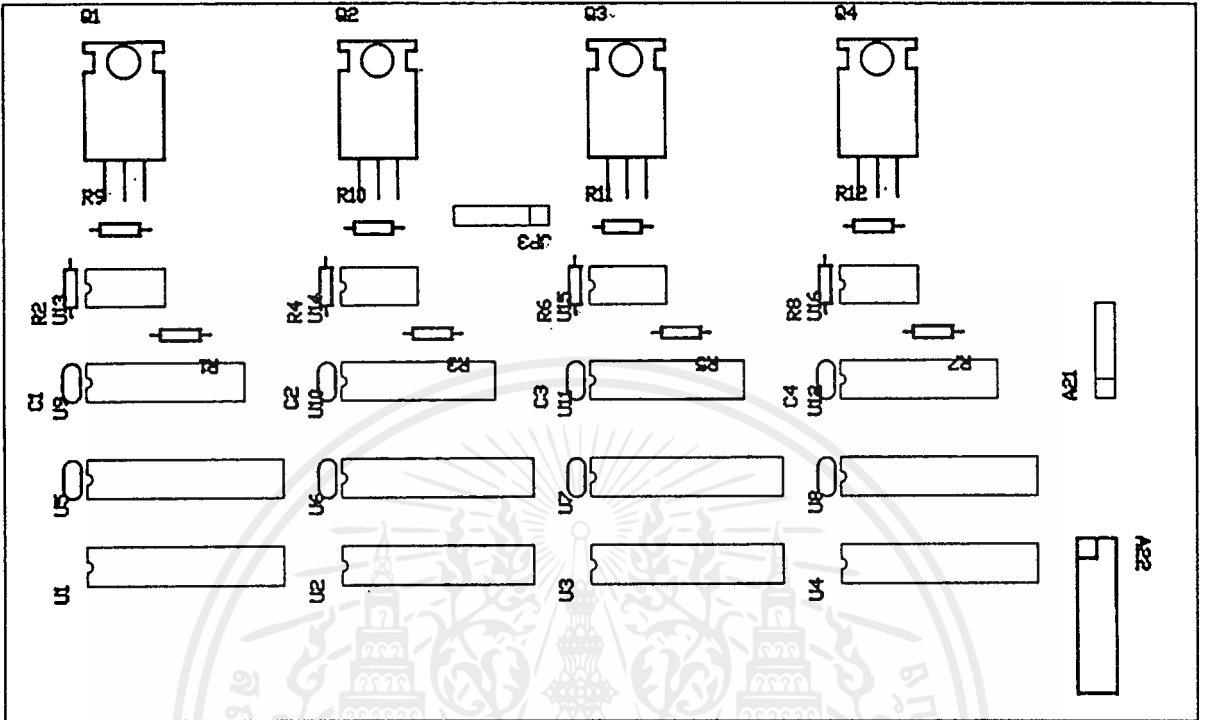
วงจรรและผังการวางอุปกรณ์ส่วนต่างๆ ของพลอตเตอร์



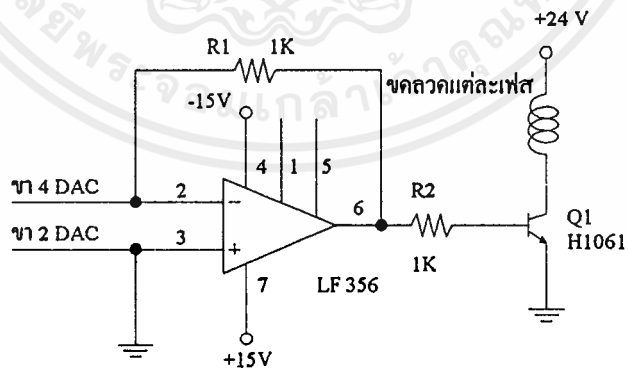
รูปที่ ก.1 วงจรบัฟเฟอร์ รับข้อมูล 8 บิต จากพอร์ต 34 จากบอร์ดควบคุม



รูปที่ ก.2 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนาล็อก

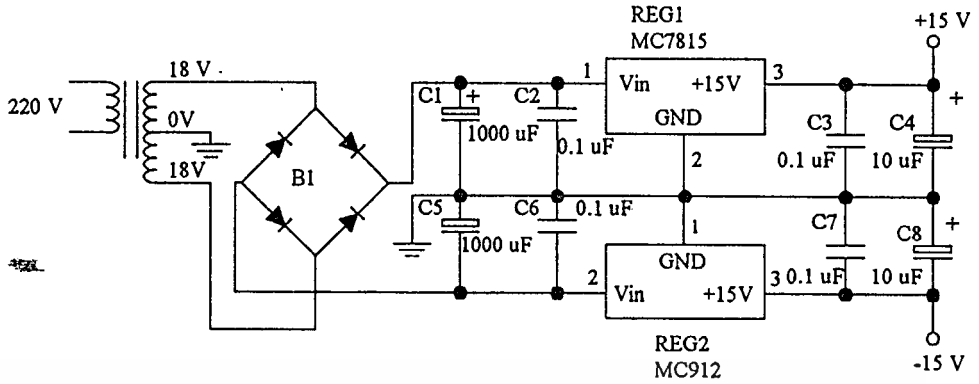


รูปที่ ก.3 การวางอุปกรณ์วงจรขับสเต็ปมอเตอร์

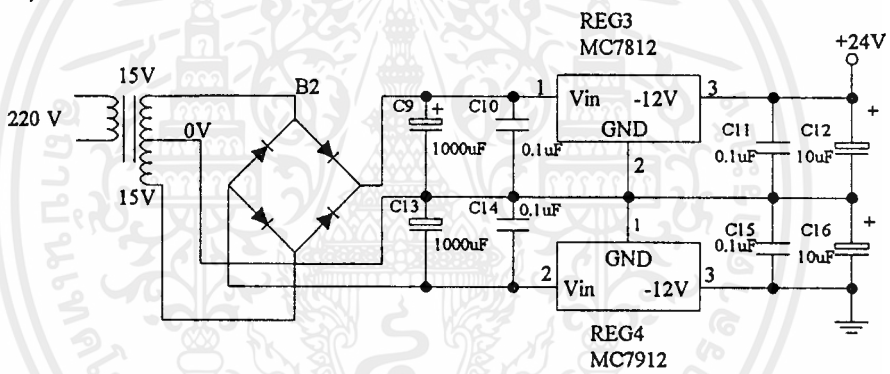


รูปที่ ก.4 วงจรขยายแรงดันขับเฟสแต่ละเฟสของมอเตอร์

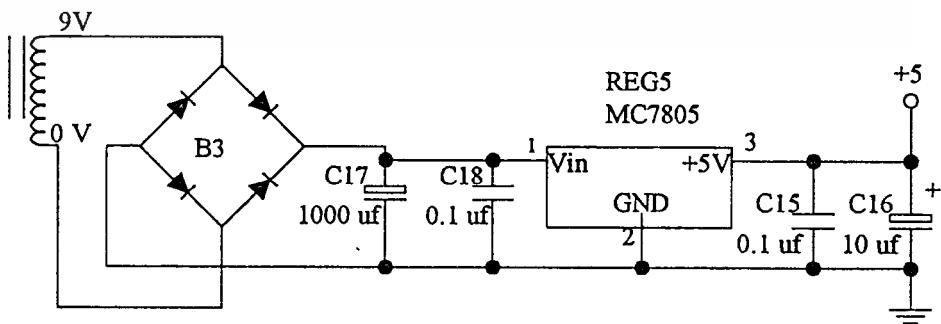
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 วงจรจ่ายแรงดัน ±15 โวลต์

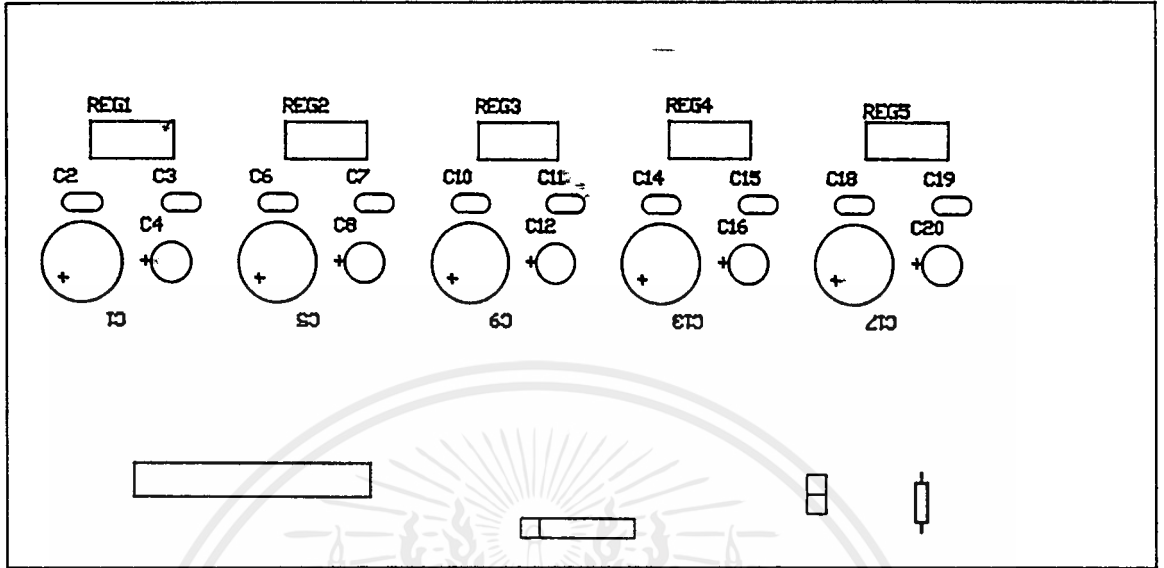


รูปที่ ก.6 วงจรจ่ายแรงดัน 24 โวลต์

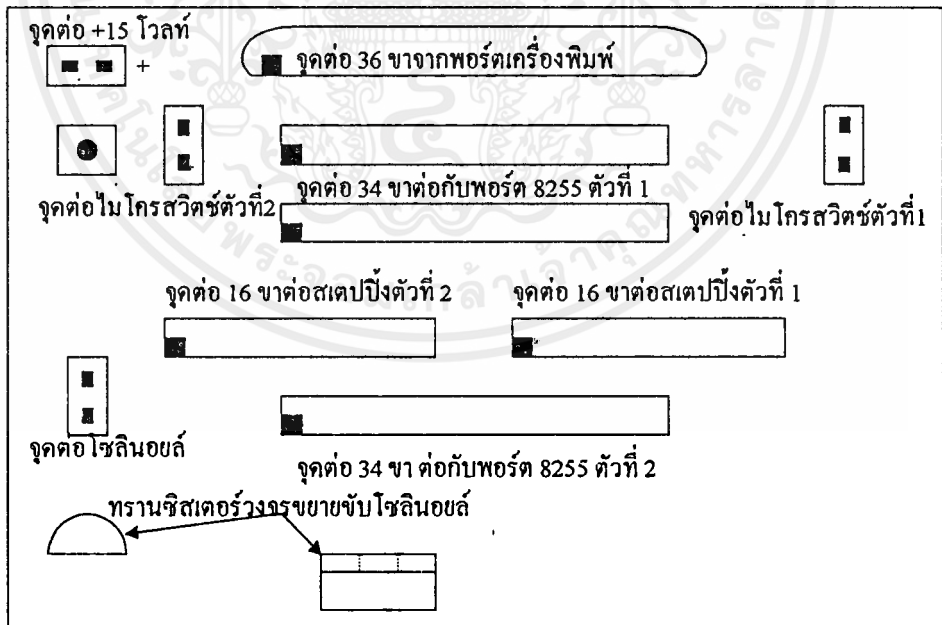


รูปที่ ก.7 วงจรจ่ายแรงดัน +5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

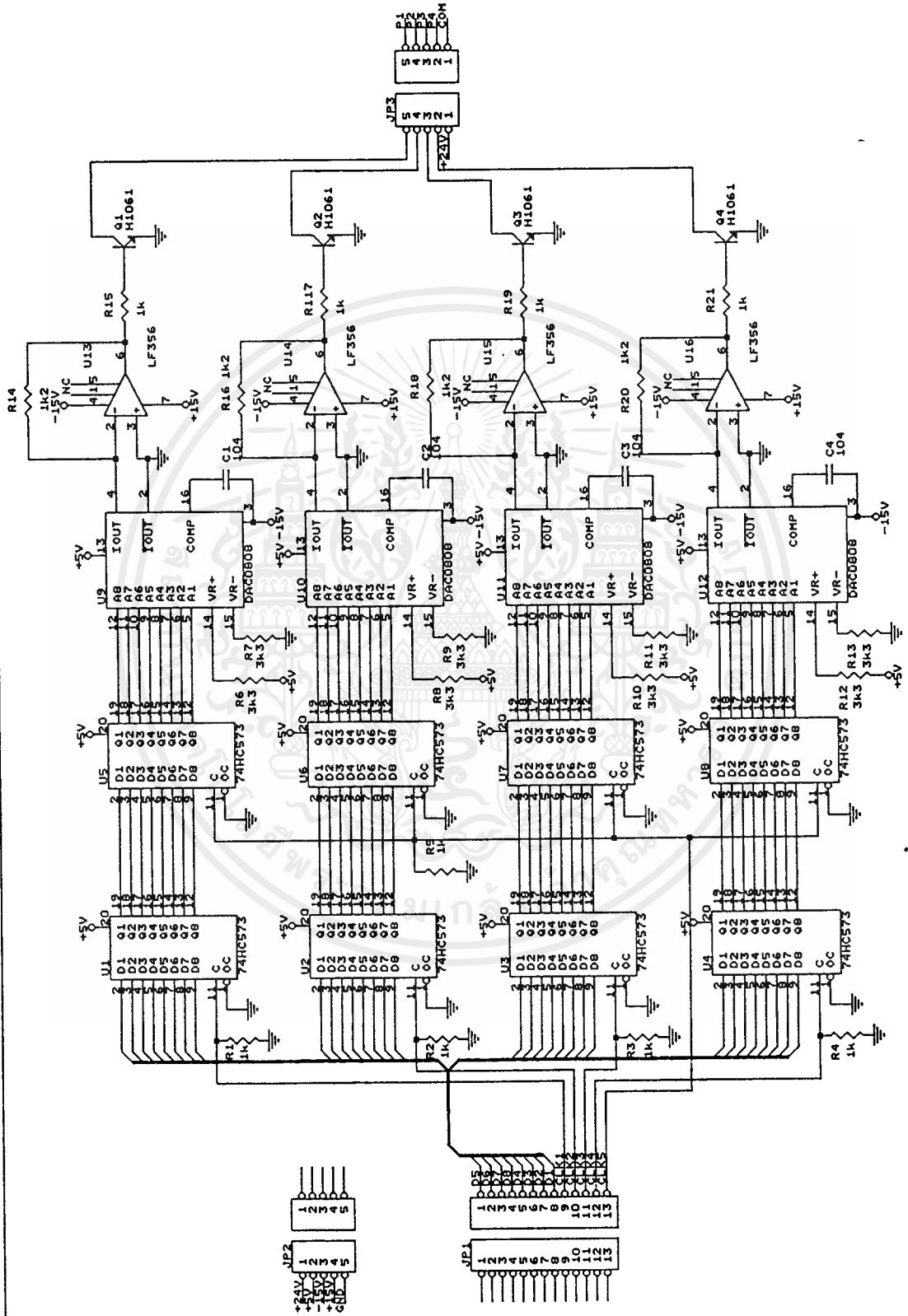


รูปที่ ก.8 การวางอุปกรณ์ในวงจรแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ ก.9 การวางจุดต่อต่างๆ

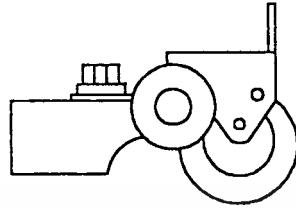
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



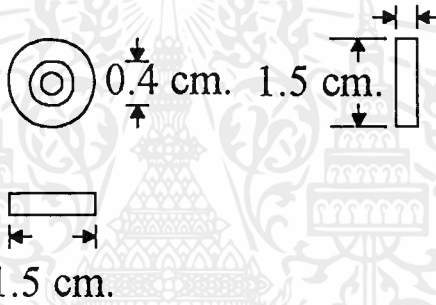
รูปที่ ก.10 วงจรขับมอเตอร์ไมโครสเตป



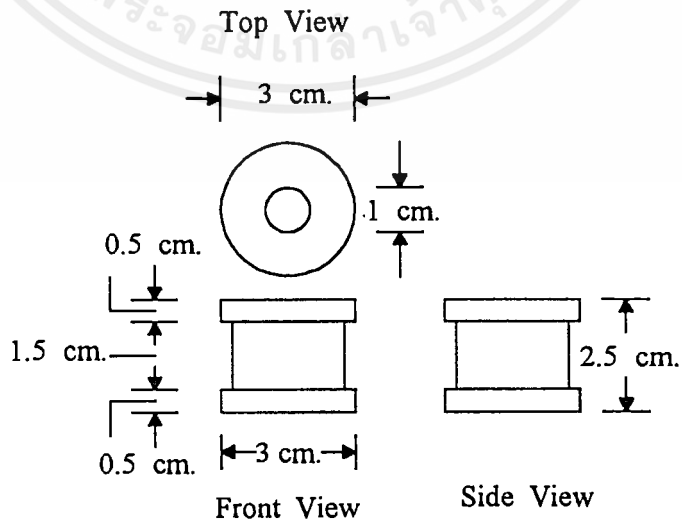
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1 ลูกยางกดกระดาษ

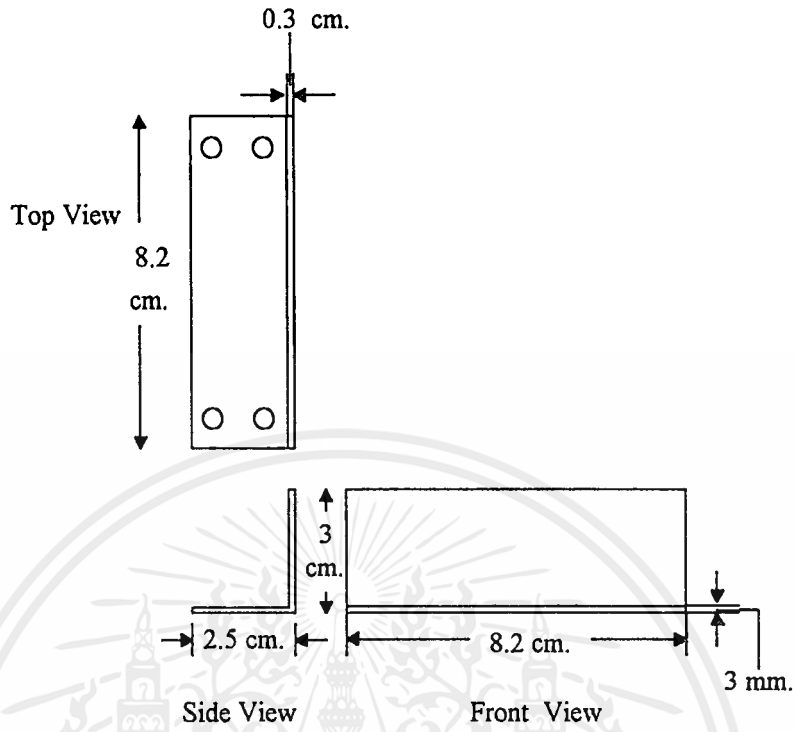


รูปที่ ข.2 ตลับลูกปืนเลื่อนแกน X

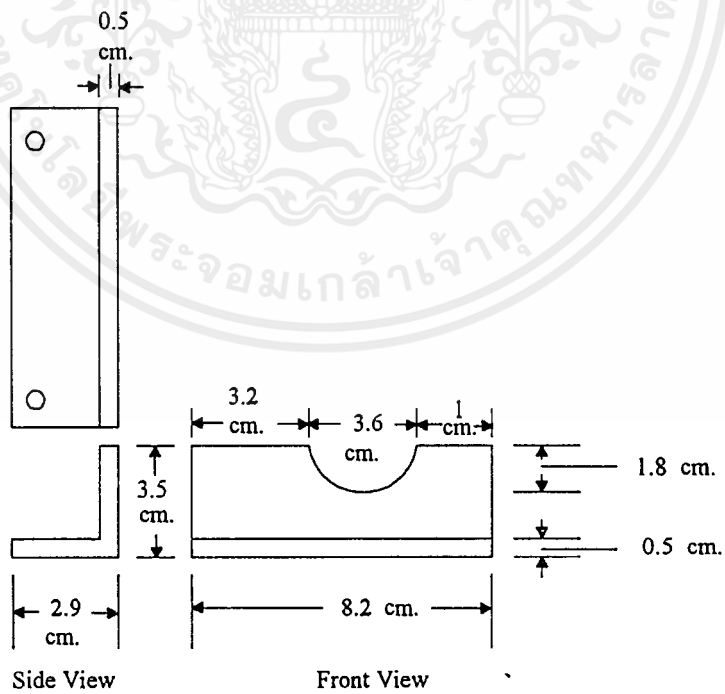


รูปที่ ข.3 แบริ่งทองเหลืองลากสลิงแกน X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

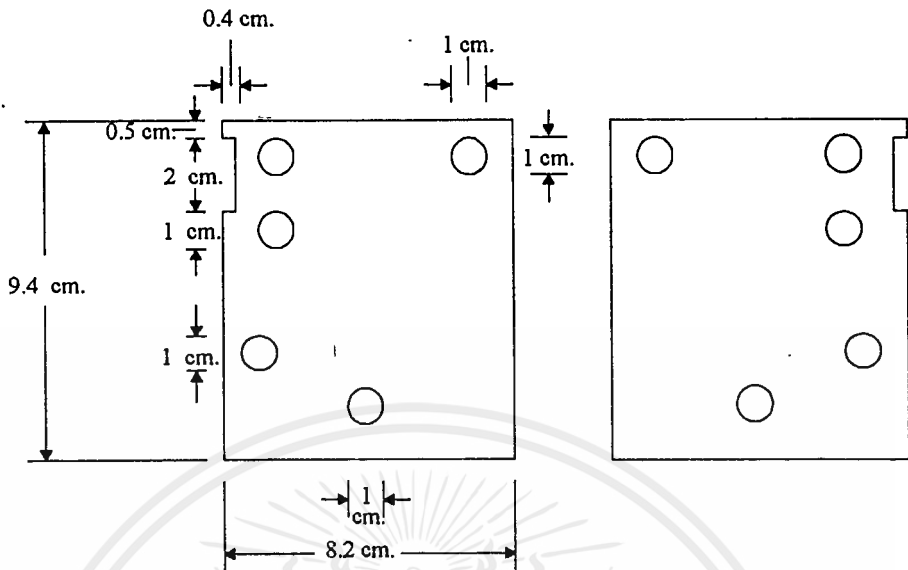


รูปที่ ข.4 แท่นรองค้ำล่างมอเตอร์แกน X

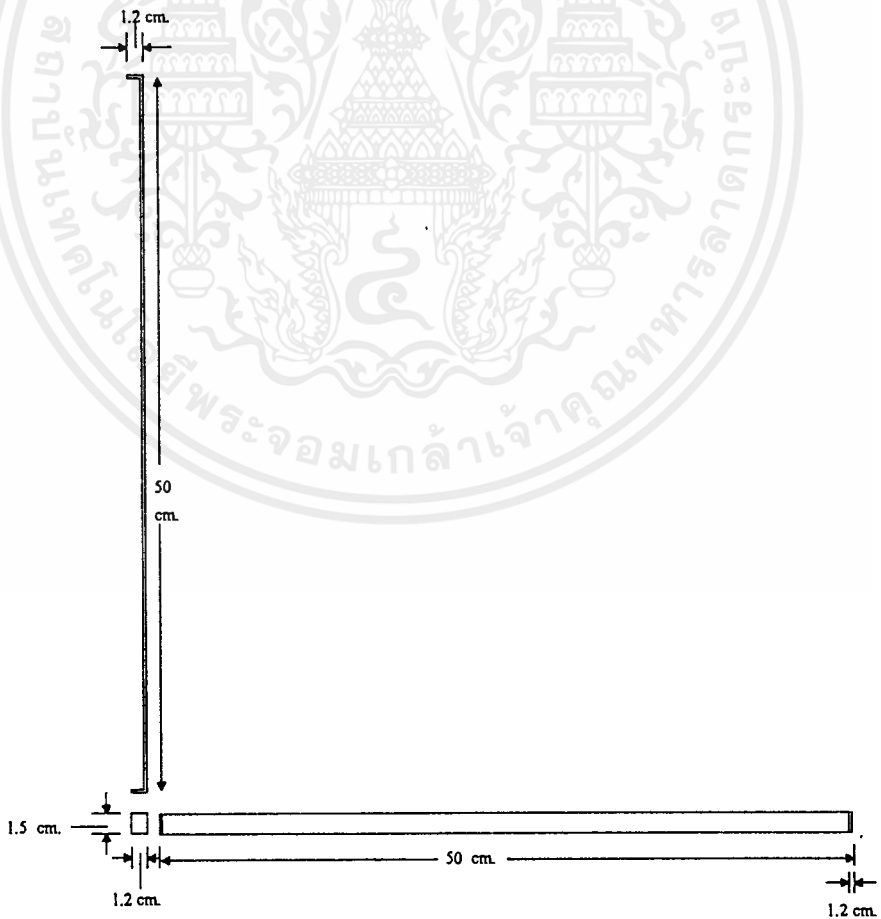


รูปที่ ข.5 แท่นรองค้ำบนมอเตอร์แกน X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



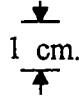
รูปที่ ข.6 ฐานค้ำข้าง



รูปที่ ข.7 แผ่นรองกระดาษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Top View



Side View



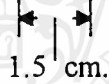
1.5 cm.

Front View

Top View



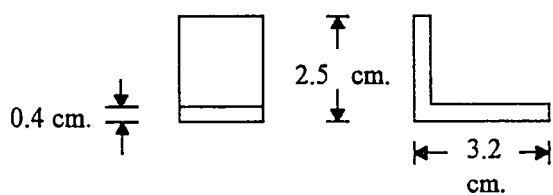
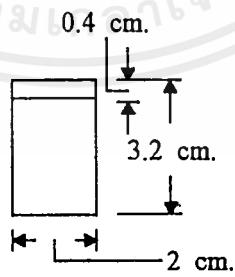
Side View



1.5 cm.

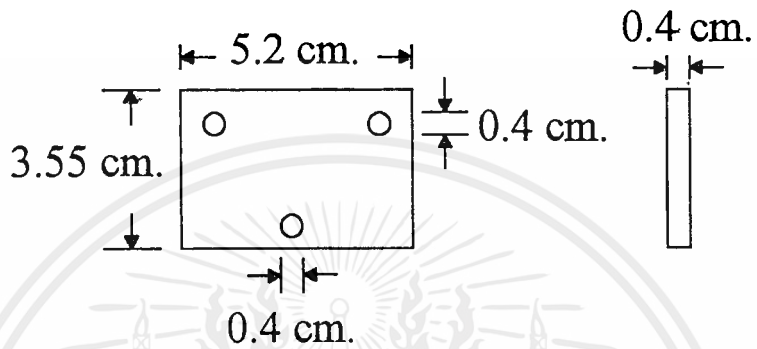
Front View

รูปที่ ข.8 แบริ่งทองเหลืองคังกระดาษ

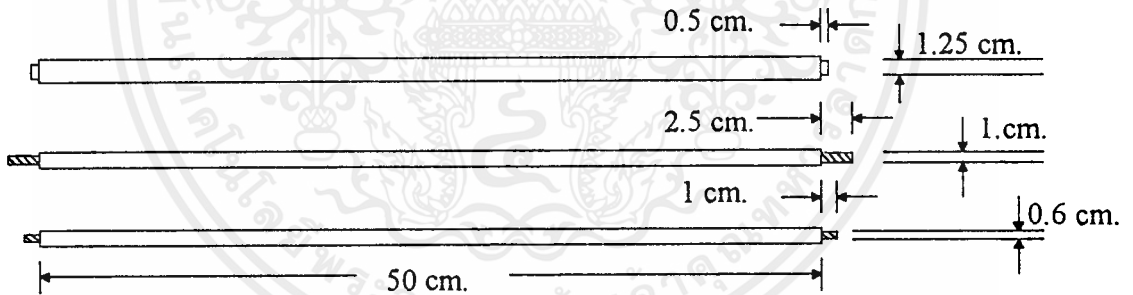


รูปที่ ข.9 แผ่นยึดโซลินอยล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.10 แผ่นยึดปากกา



รูปที่ ข.11 สแตนเลสกลมยึดฐานค้ำข้าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไปว่ากรณิด๓ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมทดสอบการขับไมโครสเตป 1,600 สเตปต่อรอบ

```

1;**** THIS IS PROGRAM DRIVE MICROSTEP 1600 STEP PER ROUND ****
2 2000 .ORG 2000H
3 ; **** PORT #1 B0-B3 ****
4 00B0 PORT_A1: EQU B0H
5 00B1 PORT_B1: EQU B1H
6 00B2 PORT_C1: EQU B2H
7 00B3 CONT_P1: EQU B3H
8
9 ; **** PORT #2 C0-C3 ****
10 00C0 PORT_A2: EQU C0H
11 00C1 PORT_B2: EQU C1H
12 00C2 PORT_C2: EQU C2H
13 00C3 CONT_P2: EQU C3H
14 ; **** TABLE OF SHAPE ****
15 ; SHAPE EQU 8000H
16 ;***** STEP OF VOLTAGE ( 16 V. ) *****
17 0000 STEP0: EQU 00H ; ( 0 V. )
18 0070 STEP1: EQU 70H ; ( 4 V. )
20 008A STEP2: EQU 8AH ; ( 8 V. )
21 00A3 STEP3: EQU A3H ; ( 12 V. )
23 00C0 STEP4: EQU C0H ; ( 16 V. )
24 ; **** NUMBER OF STEPPER AND PHASE ****
25 8020 SP11: EQU 8020H
26 8021 SP12: EQU 8021H
27 8022 SP13: EQU 8022H
28 8023 SP14: EQU 8023H
29 8024 SP21: EQU 8024H
30 8025 SP22: EQU 8025H
31 8026 SP23: EQU 8026H
32 8027 SP24: EQU 8027H
33 8028 COUNT_STEP1: EQU 8028H; Count Upper step 1
34 ;COUNT_STEP2: EQU 8029H ; Count Upper step 2
35 802A SET_F_R1: EQU 802AH ;SET '0' FOR '1' REV
36 ;SET_F_R2: EQU 802BH ; SET '0'FOR '1'REV
37 802C SET_F_R3: EQU 802CH ; Slowly
38 802D SET_F_R4: EQU 802DH ; Fast

```

```

39 ; *****
40 ; ***** MAIN PROGRAM *****
41 ; *****
42 2000 MAIN:
43 2000 3E 88 LD A,88H ; Set control word 8255#B0-B3
44 2002 D3 B3 OUT (CONT_P1),A
45 2004 3E 99 LD A,99H ; Set control word 8255#C0-C3
46 2006 D3 C3 OUT (CONT_P2),A
47 ; ***** SHAPE *****
48 2008 DD210080 LD IX,8000H
49 ; ***** STEP 0 *****
50 200C 3E 00 LD A,STEP0
51 200E DD 77 00 LD (IX+00H),A
52 2011 DD 77 01 LD (IX+01H),A
53 2014 DD 77 02 LD (IX+02H),A
54 2017 DD 77 03 LD (IX+03H),A
55 201A DD 77 04 LD (IX+04H),A
56 201D DD 77 05 LD (IX+05H),A
57 2020 DD 77 06 LD (IX+06H),A
58 2023 DD 77 07 LD (IX+07H),A
59 2026 DD 77 08 LD (IX+08H),A
60 2029 DD 77 09 LD (IX+09H),A
61 202C DD 77 0A LD (IX+0AH),A
62 202F DD 77 0B LD (IX+0BH),A
63 2032 DD 77 0C LD (IX+0CH),A
64 2035 DD 77 0D LD (IX+0DH),A
65 2038 DD 77 0E LD (IX+0EH),A
66 203B DD 77 0F LD (IX+0FH),A
67 203E DD 77 10 LD (IX+10H),A
68 ; ***** STEP1 *****
69 2041 3E 70 LD A,STEP1
70 2043 DD 77 11 LD (IX+11H),A
71 2046 DD 77 1F LD (IX+1FH),A
72 ; ***** STEP2 *****
73 2049 3E 8A LD A,STEP2
74 204B DD 77 12 LD (IX+12H),A

```

```

76 ; ***** STEP3 *****
77 2051 3E A3 LD A,STEP3
78 2053 DD 77 13 LD (IX+13H),A
79 2056 DD 77 1D LD (IX+1DH),A
80 ; ***** STEP4 *****
81 2059 3E C0 LD A,STEP4
82 205B DD 77 14 LD (IX+14H),A
83 205E DD 77 15 LD (IX+15H),A
84 2061 DD 77 16 LD (IX+16H),A
85 2064 DD 77 17 LD (IX+17H),A
86 2067 DD 77 18 LD (IX+18H),A
87 206A DD 77 19 LD (IX+19H),A
88 206D DD 77 1A LD (IX+1AH),A
89 2070 DD 77 1B LD (IX+1BH),A
90 2073 DD 77 1C LD (IX+1CH),A
91 ; ***** SET PARAMETER STEPPER1 *****
92 2076 3E 00 LD A,00H ;0=FOR 1=REW
93 2078 32 2A 80 LD (SET_F_R1),A
94 207B 32 2C 80 LD (SET_F_R3),A
95 207E 32 2D 80 LD (SET_F_R4),A
96 ; * *****
97 ; ***** SET FEEE STATUS OF STEPPE1,2 *****
98 2081 CD AA 21 CALL FREE
99 ; *****
100 ; ***** OFF_SET *****
101 2084 CD 23 24 CALL PEN
102 2087 CD 0A 23 CALL OFF_SET
103 208A CD AA 21 CALL FREE
104 208D CD 23 24 CALL PEN
105 ; *****
106 ; ***** SCAN_KEY *****
107 2090 DB C2 SCAN_KEY: IN A,(PORT_C2)
108 ;CP 01H
109 ;JP Z,PAUSE
110
111 2092 FE 02 CP 02H
112 2094 CA 41 24 JP Z,OF_SET

```

```

113
114 2097 FE 04 RE_OFFSET: CP 04H
115 2099 CA 50 24 JP Z,START ; In data from computer
116 RE_START: ; CP 08H
117 ; JP Z,A4
118 209C FE 20 CP 20H
119 209E CA FC 21 JP Z,TEST_SLOW
121 20A1 C3 90 20 RE_SLOW: JP SCAN_KEY
122 ; ***** END SCAN_KEY *****
123 ; ***** ROTATE STEPPER 1,2 *****
124 ; STEPPER 1
125 20A4 ED5B2880 LD DE,(COUNT_STEP1) ; Counter step
126 20A8 26 80 LD H,80H ; Set index
127 20AA CD DB 21 CALL ORIGIN
128 20AD 3A 20 80 LOOP1: LD A,(SP11)
129 20B0 47 LD B,A
130 20B1 CD 73 21 CALL CH_F_R1 ;Set forward or reword
131 20B4 32 20 80 LD (SP11),A
132 20B7 6F LD L,A
133 20B8 7E LD A,(HL)
134 20B9 D3 B0 OUT (PORT_A1),A
135 20BB 3E 01 LD A,01H ; Clock of buffer11 stepper1
136 20BD D3 B1 OUT (PORT_B1),A
137 20BF 3E 00 LD A,00H ;Clear clock of buffer11stepper1
138 20C1 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
139 20C3 3A 21 LD B,A
141 20C7 CD 73 21 CALL CH_F_R1
142 20CA 32 21 80 LD (SP12),A
143 20CD 6F LD L,A
144 20CE 7E LD A,(HL)
145 20CF D3 B0 OUT (PORT_A1),A
156 20D1 3E 02 LD A,02H ; Clock of buffer12 stepper1
147 20D3 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
148 20D5 3E 00 LD A,00H ;Clear clock of buffer12 stepper1
150 20D7 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
151 20D9 3A 22 80 LD A,(SP13)
152 20DC 47 LD B,A

```

```

153 20DD  CD 73 21  CALL  CH_F_R1
154 20E0  32 22 80  LD    (SP13),A
155 20E3  6F          LD    L,A
156 20E4  7E          LD    A,(HL)
157 20E5  D3 B0      OUT   (PORT_A1),A
158 20E7  3E 04      LD    A,04H ; Clock of buffer13 stepper1
159 20E9  D3 B1      OUT   (PORT_B1),A
160 20EB  3E 00      LD    A,00H ;Clear clock of buffer13 stepper1
161 20ED  D3 B1      OUT   (PORT_B1),A
163 20EF  3A 23 80  LD    A,(SP14)
164 20F2  47          LD    B,A
165 20F3  CD 73 21  CALL  CH_F_R1
166 20F6  32 23 80  LD    (SP14),A
167 20F9  6F          LD    L,A
168 20FA  7E          LD    A,(HL)
169 20FB  D3 B0      OUT   (PORT_A1),A
170 20FD  3E 08      LD    A,08H ; Clock of buffer14
stepper1
171 20FF  D3 B1      OUT   (PORT_B1),A
172 2101  3E 00      LD    A,00H; Clear clock of buffer14 stepper1
173 2103  D3 B1      OUT   (PORT_B1),A
174 2105
175 ; STEPPER 2
176 2105  3A 24 80  LD    A,(SP21)
177 2108  47          LD    B,A
178 2109  CD 73 21  CALL  CH_F_R1
179 210C  32 24 80  LD    (SP21),A
180 210F  6F          LD    L,A
181 2110  7E          LD    A,(HL)
182 2111  D3 B0      OUT   (PORT_A1),A
183 2113  3E 10      LD    A,10H; Clock of buffer21 stepper2
184 2115  D3 B1      OUT   (PORT_B1),A
185 2117  3E 00      LD    A,00H ; Clear clock of buffer21stepper2
186 2119  D3 B1      OUT   (PORT_B1),A
187 211B  3A 25 80  LD    A,(SP22)
188 211E  47          LD    B,A
189 211F  CD 73 21  CALL  CH_F_R1

```

```

190 2122 32 25 80 LD (SP22),A
191 2125 6F LD L,A
192 2126 7E LD A,(HL)
193 2127 D3 B0 OUT (PORT_A1),A
194 2129 3E 20 LD A,20H; Clock of buffer22 stepper2
195 212B D3 B1 OUT (PORT_B1),A
196 212D 3E 00 LD A,00H ;Clear clock of buffer22 stepper2
197 212F D3 B1 OUT (PORT_B1),A
198 2131 3A 26 80 LD A,(SP23)
199 2134 47 LD B,A
200 2135 CD 73 21 CALL CH_F_R1
201 2138 32 26 80 LD (SP23),A
202 213B 6F LD L,A
203 213C 7E LD A,(HL)
204 213D D3 B0 OUT (PORT_A1),A
205 213F 3E 40 LD A,40H ; Clock of buffer23 stepper2
206 2141 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
207 2143 3E 00 LD A,00H ;Clear clock of buffer23 stepper2
208 2145 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
209 2147 3A 27 80 LD A,(SP24)
210 214A 47 LD A,(SP24)
211 214B CD 73 21 CALL CH_F_R1
212 214E 32 27 80 LD (SP24),A
213 2151 6F LD L,A
214 2152 7E LD A,(HL)
215 2153 D3 B0 OUT (PORT_A1),A
216 2155 3E 80 LD A,80H ; Clock of buffer24 stepper2
217 2157 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
218 2159 3E 00 LD A,00H
219 215B D3 B1 OUT (PORT_B1),A ; Clear clock of buffer25
220 ; DELAY STEPPER ROTATE
221 215D 01 01 00 LD BC,0001H ; Volume Delay
222 2160 0B SUB1: DEC BC
223 2161 78 LD A,B
224 2162 B1 OR C
225 2163 20 FB JR NZ,SUB1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาและวิจัยเท่านั้น  
 ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปทำซ้ำหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
 หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง

```

227 2167 D3 B2 OUT (PORT_C1),A
228 2169 3E 00 LD A,00H ; Clear clock of buffer state 2
229 216B D3 B2 OUT (PORT_C1),A
230 216D
231 ; ***** CHECK COUNTER OF STEP *****
232 216D ;
233 ; DEC DE
234 ; LD A,D
235 ; OR E
236 ; JR Z,STOP_STEP
237 216D CD 7D 21 CALL S_FOR_REW1
238 2170 C3 AD 20 JP LOOP1 ; Origin new
step
239 ; *****
240 ;***** SET FORWARD OR REWORD *****
241 2173 3A 2A 80 CH_F_R1:LD A,(SET_F_R1)
242 2176 FE 00 CP 00H
246 2178 28 26 JR Z,ROT_REW1
247 217A C3 96 21 JP ROT_FOR1
248 217D DB B2 S_FOR_REW1: IN A,(PORT_C1)
249 217F E6 30 AND 30H
250 2181 FE 10 CP 10H
251 2183 28 05 JR Z,S_FOR1
252 2185 FE 20 CP 20H
253 2187 28 07 JR Z,S_REW1
254 2189 C9 RET
255 218A 3E 01 S_FOR1: LD A,01H ; '1' FORWARD
256 218C 32 2A 80 LD (SET_F_R1),A
257 218F C9 RET
258 2190 3E 00 S_REW1: LD A,00H ; '0' REWORD
259 2192 32 2A 80 LD (SET_F_R1),A
260 2195 C9 RET
261 ; ***** LOOP INPUT 32 INPUT ROTATE FORWARD*****
262 2196 78 ROT_FOR1: LD A,B
263 2197 3C INC A ; Rotate forward
264 2198 FE 20 CP 20H

```

```

266 219C C9 RET
267 219D 3E 00 SET_FOR1: LD A,00H
268 219F C9 RET
269 ; *****
270 ; ***** LOOP INPUT 32 INPUT ROTATE REWORD *****
271
272 21A0 78 ROT_REW1: LD A,B
273 21A1 3D DEC A
274 21A2 FE CP FFH
275 21A4 28 01 JR Z,SET_REW1
276 21A6 C9 RET
277 21A7 3E 1F SET_REW1: LD A,1FH
278 21A9 C9 RET
279 ; *****
280 ; #####
281 ; #####
282 ; ***** PROGRAM SUB ROUTINE *****
283 ; #####
284 ; #####
285 ; ***** SET FEEE STATUS OF STEPPE1,2 *****
286 ; *****
287 ; stepper1
288 21AA 3E 00 FREE: LD A,00H ; Status clear
voltage
289 21AC D3 B0 OUT (PORT_A1),A
290 21AE 3E 01 LD A,01H
291 21B0 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
292 21B2
293 21B2 3E 02 LD A,02H
294 21B4 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
295 21B6 3E 04 LD A,04H
296 21B8 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
297 21BA 3E 08 LD A,08H
298 21BC D3 B1 OUT (PORT_B1),A
299 ;stepper 2
300 21BE 3E 00 LD A,00H ; Status clear voltage
301 21C0 D3 B0 OUT (PORT_A1),A

```

```

302 21C2 3E 10 LD A,10H
303 21C4 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
304 21C6
305 21C6 3E 20 LD A,20H
306 21C8 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
307 21CA 3E 40 LD A,40H
308 21CC D3 B1 OUT (PORT_B1),A
309 21CE 3E 80 LD A,80H
310 21D0 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
311 21D2 3E 01 LD A,01H ; Clock of IC 74573 of stepper 1
312 21D4 D3 B2 OUT (PORT_C1),A
313 21D6 3E 02 LD A,02H; Clock of IC 74573 of stepper 2
314 21D8 D3 B2 OUT (PORT_C1),A
315 21DA C9 RET
316 ;***** END FREE *****
317 ; *****SET ORIGIN ROTATE OF STEPPER1,2*****
318 ; ***** SHIFT PHASE OF SEGNAL DRIVE STEPPER *****
319 21DB ORIGIN:
320 21DB 3E 08 LD A,08H
321 21DD 32 20 80 LD (SP11),A
322 21E0 32 24 80 LD (SP21),A
323 21E3 3E 00 LD A,00H
324 21E5 32 21 80 LD (SP12),A
335 21E8 32 25 80 LD (SP22),A
336 21EB 3E 18 LD A,18H
337 21ED 32 22 80 LD (SP13),A
338 21F0 32 26 80 LD (SP23),A
339 21F3 3E 10 LD A,10H
340 21F5 32 23 80 LD (SP14),A
341 21F8 32 27 80 LD (SP24),A
342 21FB C9 RET ;Origin
343 ; ***** ORIGIN *****
344 ;***** TEST MICRO STEP DRIVE (Slowly) *****
345 21FC TEST_SLOW:
346 ; STEPPER 1
347 21FC 26 80 LD H,80H ; Set index

```

```

347 21FC 26 80 LD H,80H ; Set index
348 21FE CD DB 21 CALL ORIGIN
349 2201 3A 20 80 LOOP2: LD A,(SP11)
350 2204 47 LD B,A
351 2205 CD CD 22 CALL CH_F_R3 ;Set forward or reword
352 2208 32 20 80 LD (SP11),A
353 220B 6F LD L,A
354 220C 7E LD A,(HL)
355 220D D3 B0 OUT (PORT_A1),A
356 220F 3E 01 LD A,01H ; Clock of buffer11
stepper1
357 2211 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
358 2213 3E 00 LD A,00H ; Clear clock of
buffer11 stepper1
359 2215 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
360 2217 3A 21 80 LD A,(SP12)
361 221A 47 LD B,A
362 221B CD CD 22 CALL CH_F_R3
363 221E 32 21 80 LD (SP12),A
364 2221 6F LD L,A
365 2222 7E LD A,(HL)
366 2223 D3 B0 OUT (PORT_A1),A
367 2225 3E 02 LD A,02H ; Clock of buffer12 stepper1
368 2227 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
369 2229 3E 00 LD A,00H ; Clear clock of buffer12stepper1
370 222B D3 B1 OUT (PORT_B1),A
371 222D 3A 22 80 LD A,(SP13)
372 2230 47 LD B,A
373 2231 CD CD 22 CALL CH_F_R3
374 2234 32 22 80 LD (SP13),A
375 2237 6F LD L,A
376 2238 7E LD A,(HL)
377 2239 D3 B0 OUT (PORT_A1),A
378 223B 3E 04 LD A,04H ; Clock of buffer13 stepper1
379 223D D3 B1 OUT (PORT_B1),A
380 223F 3E 00 LD A,00H ; Clear clock of buffer13stepper1
381 2241 D3 B1 OUT (PORT_B1),A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ในการใช้ OUT เพื่อ (PORT\_B1),A ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

382 2243 3A 23 80 LD A, (SP14)
383 2246 47 LD B,A
384 2247 CD CD 22 CALL CH_F_R3
385 224A 32 23 80 LD (SP14),A
386 224D 6F LD L,A
387 224E 7E LD A, (HL)
388 224F D3 B0 OUT (PORT_A1),A
389 2251 3E 08 LD A,08H ;Clock of buffer14 stepper1
390 2253 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
391 2255 3E 00 LD A,00H ;Clear clock of buffer14stepper1
392 2257 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
393 2259
394 ; STEPPER 2
395 2259 3A 24 80 LD A, (SP21)
396 225C 47 LD B,A
397 225D CD CD 22 CALL CH_F_R3
398 2260 32 24 80 LD (SP21),A
399 2263 6F LD L,A
400 2264 7E LD A, (HL)
401 2265 D3 B0 OUT (PORT_A1),A
402 2267 3E 10 LD A,10H ; Clock of buffer21 stepper2
403 2269 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
404 226B 3E 00 LD A,00H ; Clear clock of buffer21stepper2
405 226D D3 B1 OUT (PORT_B1),A
406 226F 3A 25 80 LD A, (SP22)
407 2272 47 LD B,A
408 2273 CD CD 22 CALL CH_F_R3
409 2276 32 25 80 LD (SP22),A
410 2279 6F LD L,A
411 227A 7E LD A, (HL)
412 227B D3 B0 OUT (PORT_A1),A
413 227D 3E 20 LD A,20H ; Clock of buffer22 stepper2
414 227F D3 B1 OUT (PORT_B1),A
415 2281 3E 00 LD A,00H ; Clear clock of buffer22stepper2
416 2283 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
417 2285 3A 26 80 LD A, (SP23)
418 2288 47 LD B,A

```

```

419 2289 CD CD 22 CALL CH_F_R3
420 228C 32 26 80 LD (SP23),A
421 228F 6F LD L,A
422 2290 7E LD A,(HL)
423 2291 D3 B0 OUT (PORT_A1),A
424 2293 3E 40 LD A,40H; Clock of buffer23 stepper2
425 2295 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
426 2297 3E 00 LD A,00H ;Clear clock of buffer23 stepper2
427 2299 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
428 229B 3A 27 80 LD A,(SP24)
429 229E 47 LD B,A
430 229F CD CD 22 CALL CH_F_R3
431 22A2 32 27 80 LD (SP24),A
432 22A5 6F LD L,A
433 22A6 7E LD A,(HL)
434 22A7 D3 B0 OUT (PORT_A1),A
435 22A9 3E 80 LD A,80H ; Clock of buffer24
stepper2
436 22AB D3 B1 OUT (PORT_B1),A
437 22AD 3E 00 LD A,00H
438 22AF D3 B1 OUT (PORT_B1),A ; Clear clock of buffer25
stepper2
439 ; DELAY STEPPER ROTATE SLOWLY
440 22B1 01 FF FF LD BC,FFFFH ; Volume Delay
441 22B4 0B SUB2: DEC BC
442 22B5 78 LD A,B
443 22B6 B1 OR C
444 22B7 20 FB JR NZ,SUB2
445 22B9 3E 03 LD A,03H; Clock of buffer state2
446 22BB D3 B2 OUT (PORT_C1),A
447 22BD 3E 00 LD A,00H; Clear clock of buffer state 2
448 22BF D3 B2 OUT (PORT_C1),A
449 22C1
450 22C1 CD D7 22 CALL S_FOR_REW3
451
452 22C4 DB C2 IN A,(PORT_C2)

```

```

454 22C8 28 3A JR Z,END_SLOW
455 22CA C3 01 22 JP LOOP2 ; Origin new step slowly
457 ; *****
458 ;***** SET FORWARD OR REWORD *****
459 22CD 3A 2C 80 CH_F_R3: LD A,(SET_F_R3)
460 22D0 FE 00 CP 00H
461 22D2 28 26 JR Z,ROT_REW3
462 22D4 C3 F0 22 JP ROT_FOR3
463 22D7 DB B2 S_FOR_REW3: IN A,(PORT_C1)
464 22D9 E6 30 AND 30H
465 22DB FE 10 CP 10H
466 22DD 28 05 JR Z,S_FOR3
467 22DF FE 20 CP 20H
468 22E1 28 07 JR Z,S_REW3
469 22E3 C9 RET
470 22E4 3E 01 S_FOR3: LD A,01H ; '1' FORWARD
471 22E6 32 2C 80 LD (SET_F_R3),A
472 22E9 C9 RET
473 22EA 3E 00 S_REW3: LD A,00H ; '0' REWORD
474 22EC 32 2C 80 LD (SET_F_R3),A
475 22EF C9 RET
476 ; ***** LOOP INPUT 32 INPUT ROTATE FORWARD*****
477 22F0 78 ROT_FOR3: LD A,B
478 22F1 3C INC A ; Rotate forward
479 22F2 FE 20 CP 20H
480 22F4 28 01 JR Z,SET_FOR3
481 22F6 C9 RET
482 22F7 3E 00 SET_FOR3: LD A,00H
483 22F9 C9 RET
484 ; *****
485 ; ***** LOOP INPUT 32 INPUT ROTATE REWORD *****
486 22FA 78 ROT_REW3: LD A,B
487 22FB 3D DEC A
488 22FC FE FF CP FFH
489 22FE 28 01 JR Z,SET_REW3
490 2300 C9 RET
491 2301 3E 1F SET_REW3: LD A,1FH

```

```

492 2303 C9          RET
493 ; *****
494 2304 CD AA 21  END_SLOW: CALL FREE
495 2307 C3 A1 20  JP RE_SLOW
496 ;***** END TEST_SLOW *****
497 ; ***** OFF_SET *****
498 ; *****
499 230A          OFF_SET:
500                                     ; STEPPER 1
501 230A CD DB 21  CALL ORIGIN
502 230D 26 80     LD  H,80H  ; Set index
503 230F 16 00     LD  D,00H  ; Set keep pen head
504 2311 1E 01     LD  E,01H  ; IF D = E keep
505 2313 3A 20 80 LOOP3:  LD  A,(SP11)
506 2316 47        LD  B,A
507 2317 CD DD 23  CALL  CH_F_R4 ;Set forward or reword
508 231A 32 20 80 LD  (SP11),A
509 231D 6F        LD  L,A
510 231E 7E        LD  A,(HL)
511 231F D3 B0     OUT  (PORT_A1),A
512 2321 3E 01     LD  A,01H  Clock of buffer11 stepper1
513 2323 D3 B1     OUT  (PORT_B1),A
514 2325 3E 00     LD  A,00H  Clear clock of buffer11 stepper1
515 2327 D3 B1     OUT  (PORT_B1),A
516 2329 3A 21 80 LD  A,(SP12)
517 232C 47        LD  B,A
518 232D CD DD 23  CALL  CH_F_R4
519 2330 32 21 80 LD  (SP12),A
520 2333 6F        LD  L,A
521 2334 7E        LD  A,(HL)
522 2335 D3 B0     OUT  (PORT_A1),A
523 2337 3E 02     LD  A,02H ; Clock of buffer12 stepper1
523 2339 D3 B1     OUT  (PORT_B1),A
524 233B 3E 00     LD  A,00H; Clear clock of buffer12 stepper1
525 233D D3 B1     OUT  (PORT_B1),A
526 233F 3A 22 80 LD  A,(SP13)
527 2342 47        LD  B,A

```

```

528 2343 CD DD 23 CALL CH_F_R4
529 2346 32 22 80 LD (SP13),A
530 2349 6F LD L,A
531 234A 7E LD A,(HL)
532 234B D3 B0 OUT (PORT_A1),A
533 234D 3E 04 LD A,04H; Clock of buffer13 stepper1
534 234F D3 B1 OUT (PORT_B1),A
535 2351 3E 00 LD A,00H ;Clear clock of buffer13 stepper1
536 2353 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
537 2355 3A 23 80 LD A,(SP14)
538 2358 47 LD B,A
539 2359 CD DD 23 CALL CH_F_R4
540 235C 32 23 80 LD (SP14),A
541 235F 6F LD L,A
542 2360 7E LD A,(HL)
543 2361 D3 B0 OUT (PORT_A1),A
544 2363 3E 08 LD A,08H ; Clock of buffer14 stepper1
545 2365 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
546 2367 3E 00 LD A,00H ;Clear clock of buffer14 stepper1
547 2369 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
548 236B
549 ; STEPPER 2
550 236B 3A 24 80 LD A,(SP21)
551 236E 47 LD B,A
552 236F CD DD 23 CALL CH_F_R4
553 2372 32 24 80 LD (SP21),A
554 2375 6F LD L,A
555 2376 7E LD A,(HL)
556 2377 D3 B0 OUT (PORT_A1),A
557 2379 3E 10 LD A,10H ; Clock of buffer21 stepper2
558 237B D3 B1 OUT (PORT_B1),A
559 237D 3E 00 LD A,00H ; Clear clock of buffer21stepper2
560 237F D3 B1 OUT (PORT_B1),A
561 2381 3A 25 80 LD A,(SP22)
562 2384 47 LD B,A
563 2385 CD DD 23 CALL CH_F_R4
564 2388 32 25 80 LD (SP22),A

```

```

565 238B 6F LD L,A
567 238C 7E LD A,(HL)
568 238D D3 B0 OUT (PORT_A1),A
569 238F 3E 20 LD A,20H Clock of buffer22 stepper2
570 2391 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
571 2393 3E 00 LD A,00H ; Clear clock of buffer22stepper2
572 2395 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
573 2397 3A 26 80 LD A,(SP23)
574 239A 47 LD B,A
575 239B CD DD 23 CALL CH_F_R4
576 239E 32 26 80 LD (SP23),A
577 23A1 6F LD L,A
578 23A2 7E LD A,(HL)
579 23A3 D3 B0 OUT (PORT_A1),A
580 23A5 3E 40 LD A,40H ; Clock of buffer23 stepper2
581 23A7 D3 B1 OUT (PORT_B1),A
582 23A9 3E 00 LD A,00H ;Clear clock of buffer23 stepper2
583 23AB D3 B1 OUT (PORT_B1),A
584 23AD 3A 27 80 LD A,(SP24)
585 23B0 47 LD B,A
586 23B1 CD DD 23 CALL CH_F_R4
587 23B4 32 27 80 LD (SP24),A
588 23B7 6F LD L,A
589 23B8 7E LD A,(HL)
590 23B9 D3 B0 OUT (PORT_A1),A
591 23BB 3E 80 LD A,80H Clock of buffer24 stepper2
592 23BD D3 B1 OUT (PORT_B1),A
593 23BF 3E 00 LD A,00H
594 23C1 D3 B1 OUT (PORT_B1),A ; Clear clock of buffer25
stepper2
595 ; DELAY STEPPER ROTATE FAST
596 23C3 01 01 00 LD BC,0001H ; Volume Delay
597 23C6 0B SUB3: DEC BC
598 23C7 78 LD A,B
599 23C8 B1 OR C
600 23C9 20 FB JR NZ,SUB3
601 23CB 3E 03 LD A,03H; Clock of buffer state2

```

```

602 23CD D3 B2 OUT (PORT_C1),A
603 23CF 3E 00 LD A,00H ;clear clock of buffer state 2
604 23D1 D3 B2 OUT (PORT_C1),A
605 23D3
606 23D3 CD E7 23 CALL S_FOR_REW4
607 23D6 7A LD A,D ; IF D=E=20H JUMP
608 23D7 BB CP E
609 23D8 28 48 JR Z,END_FAST
610 23DA C3 13 23 JP LOOP3 ; Origin new step fast
611 ;*****
612 ;***** SET FORWARD OR REWORD *****
613
614 23DD 3A 2D 80 CH_F_R4: LD A,(SET_F_R4)
615 23E0 FE 00 CP 00H
616 23E2 28 34 JR Z,ROT_REW4
617 23E4 C3 0E 24 JP ROT_FOR4
618 23E7 DB B2 S_FOR_REW4: IN A,(PORT_C1)
619 23E9 E6 30 AND 30H
620 23EB FE 10 CP 10H
621 23ED 28 05 JR Z,S_FOR4
622 23EF FE 20 CP 20H
623 23F1 28 09 JR Z,S_REW4
624 23F3 C9 RET
625 S_FOR4: ; IN A,(PORT_C1)
626 ; AND 10H
627 ; ADD A,10H ;Set micro switch1
628 23F4 16 20 LD D,20H ;D = 20H
629 23F6 3E 01 LD A,01H ; '1' FORWARD
630 23F8 32 2D 80 LD (SET_F_R4),A
631 23FB C9 RET
632 23FC 1E 20 S_REW4: LD E,20H
633 23FE 7A LD A,D ; Switch1 befor switch2
634 23FF FE 20 CP 20H
635 2401 20 06 JR NZ,S1_2
636 ; LD D,20H ; D = 20H
637 2403 3E 00 WEE: LD A,00H ; '0' REWORD

```

```

639 2408 C9 RET
640 2409 1E 01 S1_2: LD E,01H
641 240B C3 03 24 JP WEE
642 ;***** LOOP INPUT 32 INPUT ROTATE FORWARD*****
643 240E 78 ROT_FOR4: LD A,B
644 240F 3C INC A ; Rotate forward
645 2410 FE 20 CP 20H
646 2412 28 01 JR Z,SET_FOR4
647 2414 C9 RET
648 2415 3E 00 SET_FOR4: LD A,00H
649 2417 C9 RET
650 ; *****
651 ; ***** LOOP INPUT 32 INPUT ROTATE REWORD *****
652
653 2418 78 ROT_REW4: LD A,B
654 2419 3D DEC A
655 241A FE FF CP FFH
656 241C 28 01 JR Z,SET_REW4
657 241E C9 RET
658 241F 3E 1F SET_REW4: LD A,1FH
659 2421 C9 RET
660 ;*****
661 2422 C9 END_FAST: RET ; OFF_SET
662 ; ***** END OFF_SET *****
663 ; ***** TEST PEN UP - DOWN *****
664 2423 16 03 PEN: LD D,03H ; Counter up - down
665 2425 3E 04 PEN1:LD A,04H ; Solinoid PC2
666 2427 D3 B2 OUT (PORT_C1),A
667 ;***** DELAY PEN UP *****
668
669 2429 01 FF FF LD BC,FFFFH ; Volume Delay
670 242C 0B SUB4: DEC BC
671 242D 78 LD A,B
672 242E B1 OR C
673 242F 20 FB JR NZ,SUB4
674 2431 3E 00 LD A,00H ; Clear solinoid PC2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นโดยกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์  
 675 2433 D3 B2 การใช้ OUT (PORT\_C1),A ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

676          ;***** DELAY PEN DOWN *****
677
678 2435 01 FF FF LD BC,FFFFH ; Volume Delay
679 2438 0B SUB5: DEC BC
680 2439 78 LD A,B
681 243A B1 OR C
682 243B 20 FB JR NZ,SUB5
683 243D 15 DEC D
684 243E 20 E5 JR NZ,PEN1
685 2440 C9 RET ; Pen
686 ; ***** END TEST PEN UP _ DOWN *****
687 ; ***** OFF_SET *****
688 2441 CD 23 24 OF_SET: CALL PEN
689 2444 CD 0A 23 CALL OFF_SET
690 2447 CD AA 21 CALL FREE
691 244A CD 23 24 CALL PEN
692 244D C3 97 20 JP RE_OFFSET
693 ; *****
694 ; *****
695 ; ***** START IN DATA FROM COMPUTER *****
696 START: ;COUNT1: EQU FFH
697 80FF STAT_OUT:EQU 80FFH
698 2450 3E 00 LD A,00H ; Set state of LED
699 2452 32 FF 80 LD (STAT_OUT),A
700 2455 21 00 81 LD HL,8100H ; Address of data
701 ;LD D,COUNT1 ; Block for keep data
702 2458 3A FF 80 LD A,(STAT_OUT); Show status state of
led. and -ack +buzy
703 245B CB E7 SET 4,A ; Ack not active
704 245D CB FF SET 7,A ; Buzy active
705 245F
706 245F 32 FF 80 LD (STAT_OUT),A ; B = STABILIZE STATE
707 2462 D3 C1 OUT (PORT_B2),A
708 ;***** CHECK KEY START *****
709 2464 DB C2 START1: IN A,(PORT_C2)
710 2466 E6 08 AND 08H
711 2468 FE 08 CP 08H

```

```

712 246A 20 F8 JR NZ,START1 ; SWITCH START ACTIVE LOW
713 ;*****
714 ;***** INPUT DATA 1 INSTRUCTION WORD *****
715 246C DB C0 IN_DATA: IN A,(PORT_A2) ; Parallel port
from computer
716 246E 77 LD (HL),A
717 246F FE 3B CP 3BH ;
718 2471 28 28 JR Z,STOP1 ;
719 2473 23 INC HL
720 2474 3A FF 80 LD A,(STAT_OUT)
721 2477 CB A7 RES 4,A ; -ACK active
722 2479 32 FF 80 LD (STAT_OUT),A
723 247C D3 C1 OUT (PORT_B2),A
724 247E
725 ;***** DELAY -ACK = 9.3 us *****
726 247E 01 01 00 LD BC,0001H
727 2481 0B SUB6: DEC BC
728 2482 78 LD A,B
729 2483 B1 OR C
730 2484 20 FB JR NZ,SUB6
731 ; *****
732 2486 3A FF 80 LD A,(STAT_OUT)
733 2489 CB E7 SET 4,A ; ACK CLEAR
734 248B D3 C1 OUT (PORT_B2),A
735 248D 32 FF 80 LD (STAT_OUT),A
736 ;***** DELAY BUAD RATE 9600 BYTE/SEC *****
737 2490 01 13 00 LD BC,0013H
738 2493 0B SUB7: DEC BC
739 2494 78 LD A,B
740 2495 B1 OR C
741 2496 20 FB JR NZ,SUB7
742 ; *****
743 2498
744 ; DEC D
745 ; LD A,D
746 ; CP 00H
747 ; JR Z,STOP1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

748 2498 C3 6C 24 JP IN_DATA
749 STOP1: ; RST 18H
750
751 ; ***** PRESENT *****
752 249B 21 01 81 LD HL,8101H
753 249E 7E LD A,(HL)
754 249F FE 55 CP 55H
755 24A1 CA B8 24 JP Z,PU
756 24A4 FE 44 CP 44H
757 24A6 CA C8 24 JP Z,PD
758 24A9 FE 41 CP 41H
759 24AB CA D8 24 JP Z,PA
760 24AE FE 52 CP 52H
761 24B0 CA E8 24 JP Z,PR
762 24B3 FE 0A CP 0AH
763 ; JP Z,SCAN_KEY
764 24B5 C3 9C 20 JP RE_START
765 ;----- PU -----
766 24B8 3A FF 80 PU: LD A,(STAT_OUT)
767 24BB CB C7 SET 0,A
768 24BD 32 FF 80 LD (STAT_OUT),A
769 24C0 D3 C1 OUT (PORT_B2),A
770 24C2 CD F8 24 CALL DE_LED
771 24C5 C3 6C 24 JP IN_DATA
772 ; ----- END PU -----
773
774 ;----- PD -----
775 24C8 3A FF 80 PD: LD A,(STAT_OUT)
776 24CB CB CF SET 1,A
777 24CD 32 FF 80 LD (STAT_OUT),A
778 24D0 D3 C1 OUT (PORT_B2),A
779 24D2 CD F8 24 CALL DE_LED
780 24D5 C3 6C 24 JP IN_DATA
781 ; ----- END PD -----
782
783 ;----- PA -----
784 24D8 3A FF 80 PA: LD A,(STAT_OUT)

```

```

785 24DB CB D7 SET 2,A
786 24DD 32 FF 80 LD (STAT_OUT),A
787 24E0 D3 C1 OUT (PORT_B2),A
788 24E2 CD F8 24 CALL DE_LED
789 24E5 C3 6C 24 JP IN_DATA
790 ; ----- END PA -----
791 ;----- PR -----
792 24E8 3A FF 80 PR: LD A,(STAT_OUT)
793 24EB CB DF SET 3,A
794 24ED 32 FF 80 LD (STAT_OUT),A
795 24F0 D3 C1 OUT (PORT_B2),A
796 24F2 CD F8 24 CALL DE_LED
797 24F5 C3 6C 24 JP IN_DATA
798 ; ----- END PR -----
799 ;***** DELAY LED STATE *****
800 24F8 DE_LED:
801 24F8 01 FF FF LD BC,FFFFH
802 24FB 0B SUB8: DEC BC
803 24FC 78 LD A,B
804 24FD B1 OR C
805 24FE 20 FB JR NZ,SUB8
806 2500 C9 RET ;DE_LED
807 ; ***** END DELAY LED TATE***** 1084
808 ; ***** END START *****
809 ;SHAPE: DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H
810 ; DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,70H,8AH,A3H
811 ; DFB C0H,C0H,C0H,C0H,C0H,C0H,C0H,C0H,C0H,A3H
812 ; DFB 8AH,70H

```

Lines Assembled : 1094

Assembly Errors : 0

## โปรแกรมรับข้อมูลผ่านทางพอร์ทขนานความเร็ว 9600 ไบต์ต่อวินาที

```

1 ;*****
2 ;***** PROGRAM IN DATA FROM PARALLEL PORT *****
3 ;*****
4
5 2000 .ORG 2000H
6 00C0 PORT_A2: EQU C0H
7 00C1 PORT_B2: EQU C1H
8 00C2 PORT_C2: EQU C2H
9 00C3 CONT_P2: EQU C3H
10 ;COUNT1: EQU FFH
11 80FF STAT_OUT: EQU 80FFH
12 2000 3E 99 LD A,99H ;SET CONTROL WORD
13 2002 D3 C3 OUT (CONT_P2),A
14 2004 21 00 81 LD HL,8100H ; Address of data
15 ;LD D,COUNT1 ; Block for keep data
16 2007 3A FF 80 LD A,(STAT_OUT) ; Show status state
17 200A CB E7 SET 4,A ; Ack not active
18 200C CB FF SET 7,A ; Busy active
19 200E
20 200E 32 FF 80 LD (STAT_OUT),A ; B = STABILIZE STATE
21 2011 D3 C1 OUT (PORT_B2),A
22 ;***** CHECK KEY START *****
23 2013 DB C2 START: IN A,(PORT_C2)
24 2015 E6 10 AND 10H
25 2017 FE 10 CP 10H
26 2019 20 F8 JR NZ,START; SWITCH START ACTIVE LOW
27;*****
28;***** INPUT DATA 1 INSTRUCTION WORD *****
29 201B DB C0 _DATA: IN A,(PORT_A2) ; from parallel port
30 201D 77 LD (HL),A
31 201E FE 3B CP 3BH ;
32 2020 28 28 JR Z,STOP1 ;
33 2022 23 INC HL
34 2023 3A FF 80 LD A,(STAT_OUT)

```

```

35 2026 CB A7 RES 4,A ; -ACK active
36 2028 32 FF 80 LD (STAT_OUT),A
37 202B D3 C1 OUT (PORT_B2),A
38 202D
39 ;***** DELAY -ACK = 9.3 us *****
40 202D 01 01 00 LD BC,0001H
41 2030 0B SUB2: DEC BC
42 2031 78 LD A,B
43 2032 B1 OR C
44 2033 20 FB JR NZ,SUB2
45 ; *****
46 2035 3A FF 80 LD A,(STAT_OUT)
47 2038 CB E7 SET 4,A ; ACK CLEAR
48 203A D3 C1 OUT (PORT_B2),A
49 203C 32 FF 80 LD (STAT_OUT),A
50 ;***** DELAY BUAD RATE 9600 BYTE/SEC *****
51 203F 01 13 00 LD BC,0013H
52 2042 0B SUB3: DEC BC
53 2043 78 LD A,B
54 2044 B1 OR C
55 2045 20 FB JR NZ,SUB3
56 ; *****
57 2047
58 ; DEC D
59 ; LD A,D
60 ; CP 00H
61 ; JR Z,STOP1
62 2047 C3 1B 20 JP IN_DATA
63 204A DF STOP1: RST 18H
    
```

Defined Symbol Name Value  
References

Pre	CODE		0000	
9	CONT_P2	=	00C3	14
Pre	DATA		0000	
38	IN_DATA		201B	82

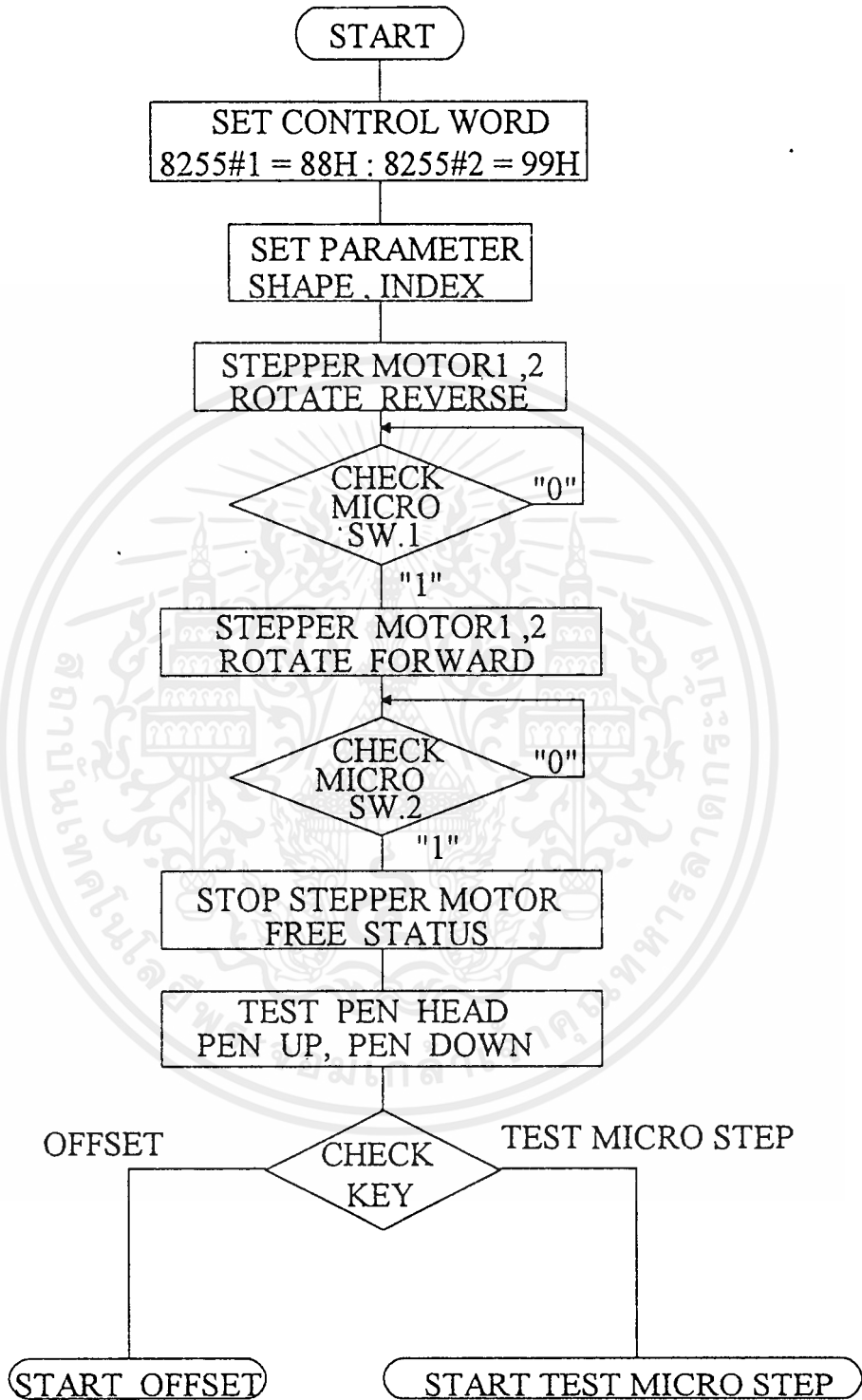
6	PORT_A2	=	00C0	38		
7	PORT_B2	=	00C1	24	49	64
8	PORT_C2	=	00C2	28		
28	START		2013	31		
11	STAT_OUT	=	80FF	19	23	46
				48	62	65
84	STOP1		204A	42		
55	SUB2		2030	58		
70	SUB3		2042	73		

Lines Assembled : 85

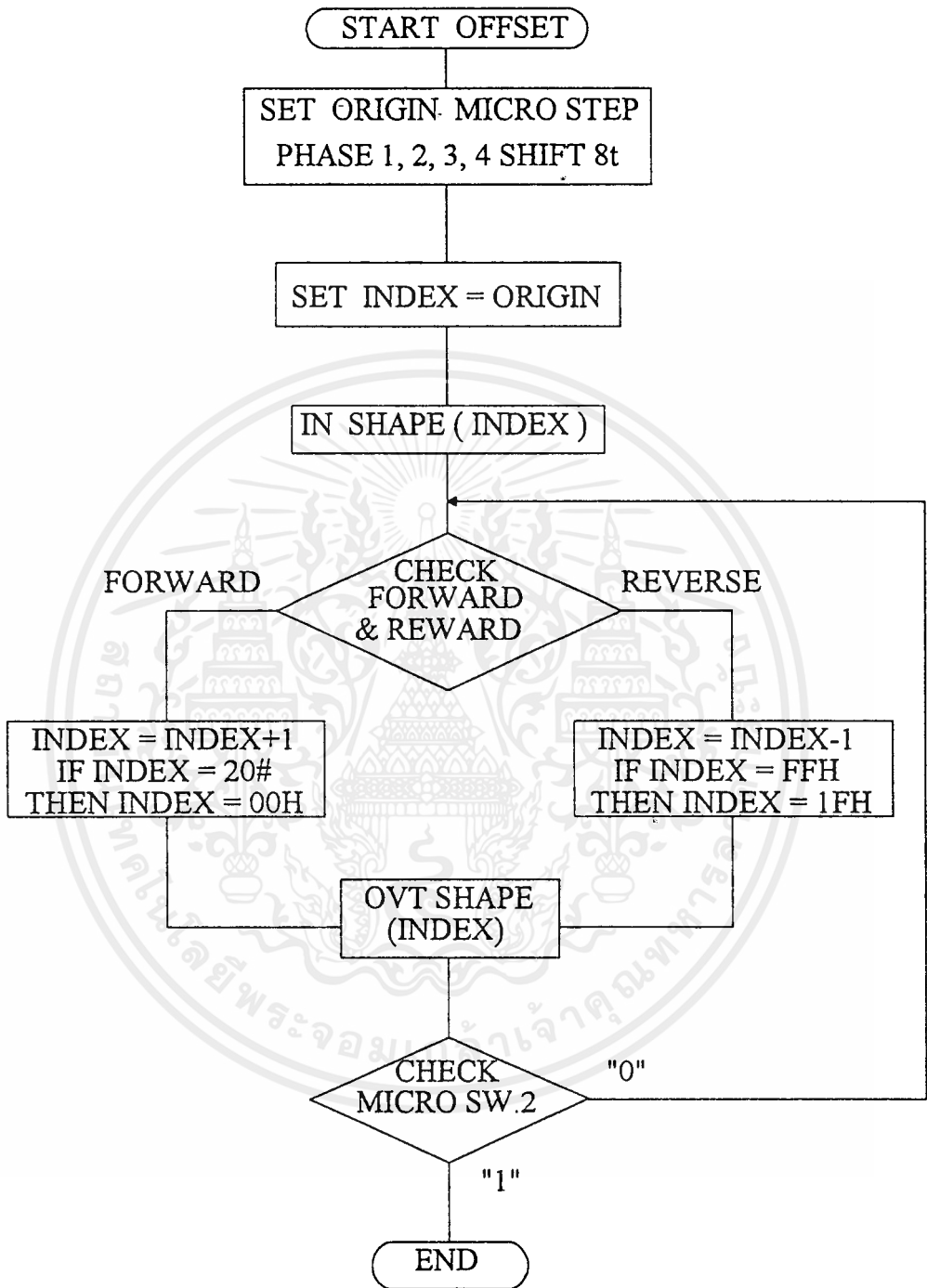
Assembly Errors : 0



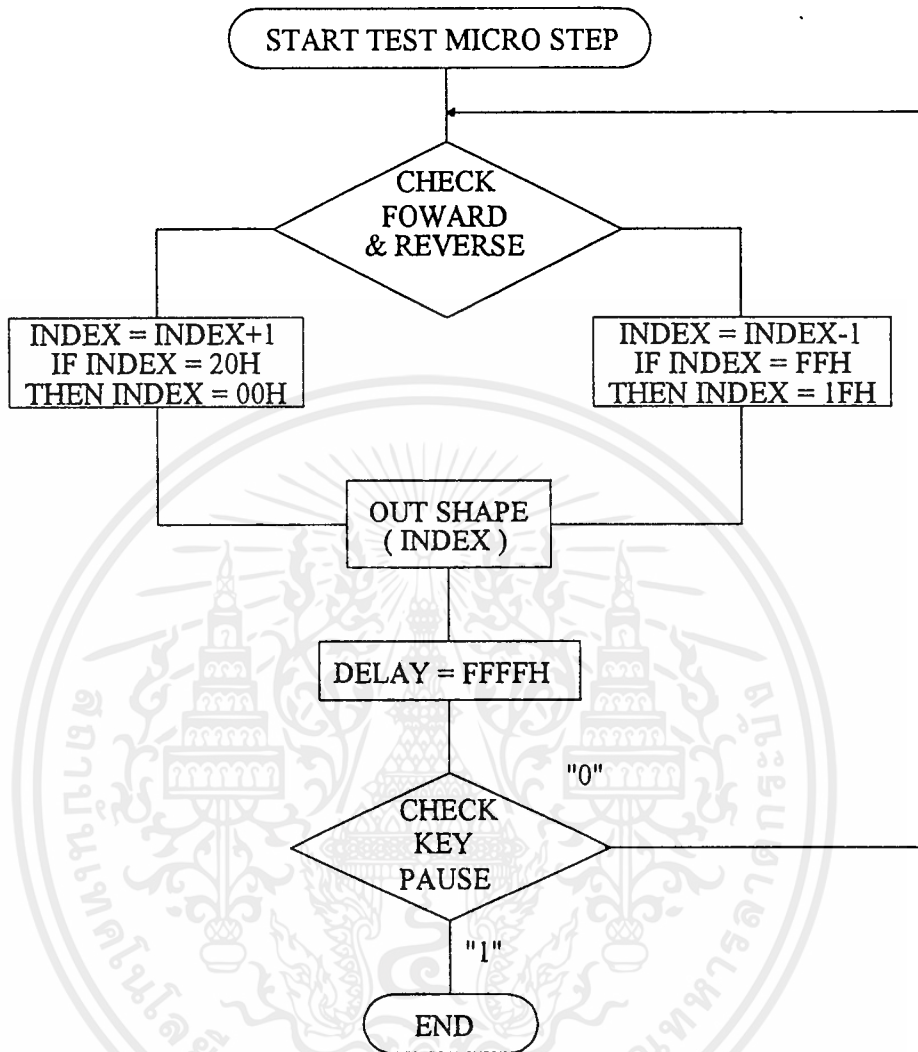
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



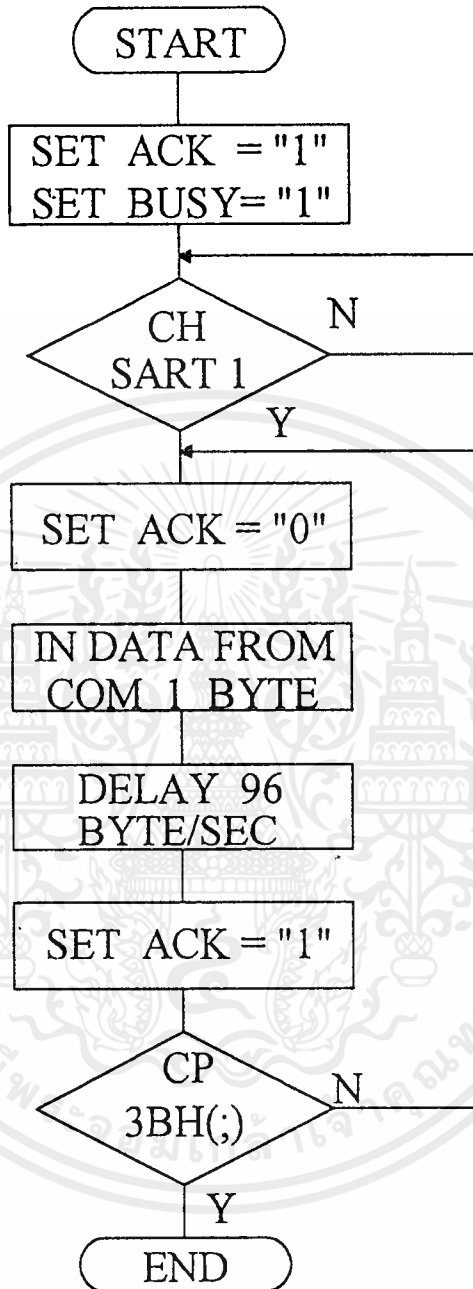
รูปที่ ค.1 ผังการทำงานของโปรแกรมมอนิเตอร์



รูปที่ ค.2 ฟังก์ชันการทำงาน โปรแกรม SET OFFSET



รูปที่ ค.3 โปรแกรมการทดสอบการขับไมโครสเตป



รูปที่ ค.4 โปรแกรมการรับข้อมูลจากพอร์ตขนาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์วงจรส่วนควบคุม		รายการอุปกรณ์วงจรแหล่งจ่ายไฟ	
ความต้านทาน 1/4 วัตต์ ±5 %		ตัวต้านทาน 1/4 วัตต์ 5 %	
อุปกรณ์	จำนวน (ตัว)	อุปกรณ์	จำนวน (ตัว)
1k	10	1k	1
1.2k	4	ตัวเก็บประจุ	
3.3k	8	อิเล็กโทรไลต์	
ตัวเก็บประจุ		1000 $\mu$ F 35 V	5
104	20	10 $\mu$ F 35 V	5
สารกึ่งตัวนำ		0.1 $\mu$ F 50 V	20
ไดโอด 1N4001	1	สารกึ่งตัวนำ	
LED สีแดง	2	บริดจ์ไดโอด 3A	5
ทรานซิสเตอร์		LED สีแดง	1
H1061	8	ไอซี	
2SC458	1	7805	1
ไอซี		7812	1
74HCT573	16	7815	1
DAC0808	8	7912	1
LF356	8	7915	1
อุปกรณ์อื่นๆ		อุปกรณ์อื่นๆ	
คอนเนคเตอร์ 5 ขา	2	หม้อแปลง	1
คอนเนคเตอร์ 2 ขา	2	สายเอชซี	1
คอนเนคเตอร์ 16 ขา	2	ขั้วต่อ AC	1
แผ่นระบายความร้อน	8	กระบอกฟิวส์	1
ไมโครสวิทช์	2	คอนเนคเตอร์ 5 ขา	1
		คอนเนคเตอร์ 8 ขา	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รายการอุปกรณ์ส่วนอื่นๆ

	จำนวน (ตัว)
สเตปป์ิ่งมอเตอร์ 4 เฟส 6 สาย +24 โวลต์	2
คอนเนคเตอร์ 16 ขา	2
คอนเนคเตอร์ 34 ขา	3
คอนเนคเตอร์ 2 ขา	3
คอนเนคเตอร์เครื่อง และสายต่อ	1 ชุด



**MM54HCT573/MM74HCT573**  
**TRI-STATE® Octal D-Type Latch**  
**MM54HCT574/MM74HCT574**  
**TRI-STATE Octal D-Type Flip-Flop**

**General Description**

The MM54HCT573/MM74HCT573 octal D-type latches and MM54HCT574/MM74HCT574 Octal D-type flip flops advanced silicon-gate CMOS technology, which provides the inherent benefits of low power consumption and wide power supply range, but are LS-TTL input and output characteristic & pin-out compatible. The TRI-STATE outputs are capable of driving 15 LS-TTL loads. All inputs are protected from damage due to static discharge by internal diodes to V<sub>CC</sub> and ground.

When the MM54HCT573/MM74HCT573 LATCH ENABLE input is high, the Q outputs will follow the D inputs. When the LATCH ENABLE goes low, data at the D inputs will be retained at the outputs until LATCH ENABLE returns high again. When a high logic level is applied to the OUTPUT CONTROL input, all outputs go to a high impedance state, regardless of what signals are present at the other inputs and the state of the storage elements.

The MM54HCT574/MM74HCT574 are positive edge triggered flip-flops. Data at the D inputs, meeting the setup and hold time requirements, are transferred to the Q outputs on

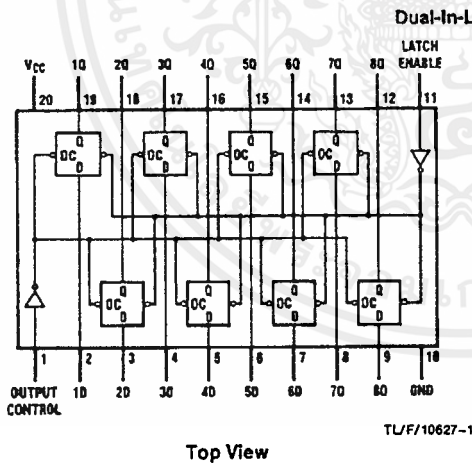
positive going transitions of the CLOCK (CK) input. When a high logic level is applied to the OUTPUT CONTROL (OC) input, all outputs go to a high impedance state, regardless of what signals are present at the other inputs and the state of the storage elements.

MM54HCT/MM74HCT devices are intended to interface between TTL and NMOS components and standard CMOS devices. These parts are also plug in replacements for LS-TTL devices and can be used to reduce power consumption in existing designs.

**Features**

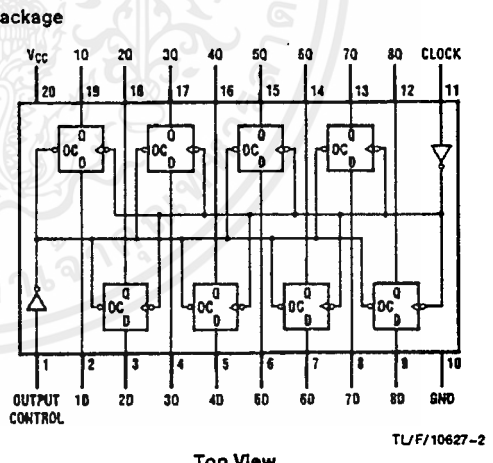
- TTL input characteristic compatible
- Typical propagation delay: 18 ns
- Low input current: 1 μA maximum
- Low quiescent current: 80 μA maximum
- Compatible with bus-oriented systems
- Output drive capability: 15 LS-TTL loads

**Connection Diagram**



Top View

Order Number MM54HCT573\* or MM74HCT573\*



Top View

Order Number MM54HCT574\* or MM74HCT574\*

\*Please look into Section 8, Appendix D for availability of various package types.

TRI-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.

MM54HCT573/MM74HCT573 TRI-STATE Octal D-Type Latch  
MM54HCT574/MM74HCT574 TRI-STATE Octal D-Type Flip-Flop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

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

Supply Voltage ( $V_{CC}$ )	-0.5 to +7.0V
DC Input Voltage ( $V_{IN}$ )	-1.5 to $V_{CC} + 1.5V$
DC Output Voltage ( $V_{OUT}$ )	-0.5 to $V_{CC} + 0.5V$
Clamp Diode Current ( $I_{IK}, I_{OK}$ )	$\pm 20$ mA
DC Output Current, per pin ( $I_{OUT}$ )	$\pm 35$ mA
DC $V_{CC}$ or GND Current, per pin ( $I_{CC}$ )	$\pm 70$ mA
Storage Temperature Range ( $T_{STG}$ )	-65°C to +150°C
Power Dissipation ( $P_D$ ) (Note 3)	600 mW
S.O. Package only	500 mW
Lead Temp. ( $T_L$ ) (Soldering 10 seconds)	260°C

### Operating Conditions

	Min	Max	Units
Supply Voltage ( $V_{CC}$ )	4.5	5.5	V
DC Input or Output Voltage ( $V_{IN}, V_{OUT}$ )	0	$V_{CC}$	V
Operating Temp. Range ( $T_A$ )			
MM74HCT	-40	+85	°C
MM54HCT	-55	+125	°C
Input Rise or Fall Times ( $t_r, t_f$ )		500	ns

### DC Electrical Characteristics $V_{CC} = 5V \pm 10\%$ (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Conditions	$T_A = 25^\circ C$		74HCT	54HCT	Units
			Typ	Guaranteed Limits			
$V_{IH}$	Minimum High Level Input Voltage			2.0	2.0	2.0	V
$V_{IL}$	Maximum Low Level Input Voltage			0.8	0.8	0.8	V
$V_{OH}$	Minimum High Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{IH}$ or $V_{IL}$ $ I_{OUT}  = 20 \mu A$ $ I_{OUT}  = 6.0$ mA, $V_{CC} = 4.5V$ $ I_{OUT}  = 7.2$ mA, $V_{CC} = 5.5V$	$V_{CC}$	$V_{CC} - 0.1$	$V_{CC} - 0.1$	$V_{CC} - 0.1$	V
			4.2	3.98	3.84	3.7	V
			5.7	4.98	4.84	4.7	V
$V_{OL}$	Maximum Low Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{IH}$ or $V_{IL}$ $ I_{OUT}  = 20 \mu A$ $ I_{OUT}  = 6.0$ mA, $V_{CC} = 4.5V$ $ I_{OUT}  = 7.2$ mA, $V_{CC} = 5.5V$	0	0.1	0.1	0.1	V
			0.2	0.26	0.33	0.4	V
			0.2	0.26	0.33	0.4	V
$I_{IN}$	Maximum Input Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND, $V_{IH}$ or $V_{IL}$		$\pm 0.1$	$\pm 1.0$	$\pm 1.0$	$\mu A$
$I_{OZ}$	Maximum TRI-STATE Output Leakage Current	$V_{OUT} = V_{CC}$ or GND Enable = $V_{IH}$ or $V_{IL}$		$\pm 0.5$	$\pm 5.0$	$\pm 10$	$\mu A$
$I_{CC}$	Maximum Quiescent Supply Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND $I_{OUT} = 0 \mu A$		8.0	80	160	$\mu A$
		$V_{IN} = 2.4V$ or 0.5V (Note 4)		1.5	1.8	2.0	mA

Note 1: Absolute Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.

Note 2: Unless otherwise specified all voltages are referenced to ground.

Note 3: Power Dissipation temperature derating — plastic "N" package: -12 mW/°C from 65°C to 85°C; ceramic "J" package: -12 mW/°C from 100°C to 125°C.

Note 4: Measured per pin. All others tied to  $V_{CC}$  or ground.

**AC Electrical Characteristics** MM54HCT573/MM74HCT573

V<sub>CC</sub> = 5.0V, t<sub>r</sub> = t<sub>f</sub> = 6 ns T<sub>A</sub> = 25°C (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Conditions	Typ	Guaranteed Limit	Units
t <sub>PHL</sub> , t <sub>PLH</sub>	Maximum Propagation Delay Data to Output	C <sub>L</sub> = 45 pF	17	27	ns
t <sub>PHL</sub> , t <sub>PLH</sub>	Maximum Propagation Delay Latch Enable to Output	C <sub>L</sub> = 45 pF	16	27	ns
t <sub>PZH</sub> , t <sub>PZL</sub>	Maximum Enable Propagation Delay Control to Output	C <sub>L</sub> = 45 pF R <sub>L</sub> = 1 kΩ	21	30	ns
t <sub>PHZ</sub> , t <sub>PLZ</sub>	Maximum Disable Propagation Delay Control to Output	C <sub>L</sub> = 5 pF R <sub>L</sub> = 1 kΩ	14	23	ns
t <sub>w</sub>	Minimum Clock Pulse Width			15	ns
t <sub>s</sub>	Minimum Setup Time Data to Clock			5	ns
t <sub>h</sub>	Minimum Hold Time Clock to Data			12	ns

**AC Electrical Characteristics** MM54HCT573/MM74HCT573

V<sub>CC</sub> = 5.0V ± 10%, t<sub>r</sub> = t<sub>f</sub> = 6 ns (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Conditions	T <sub>A</sub> = 25°C		74HCT	54HCT	Units
			Typ	Guaranteed Limits	T <sub>A</sub> = -40 to 85°C	T <sub>A</sub> = -55 to 125°C	
t <sub>PHL</sub> , t <sub>PLH</sub>	Maximum Propagation Delay Data to Output	C <sub>L</sub> = 50 pF	18	30	38	45	ns
t <sub>PHL</sub> , t <sub>PLH</sub>	Maximum Propagation Delay Latch Enable to Output	C <sub>L</sub> = 50 pF	17	30	44	53	ns
t <sub>PZH</sub> , t <sub>PZL</sub>	Maximum Enable Propagation Delay Control to Output	C <sub>L</sub> = 50 pF R <sub>L</sub> = 1 kΩ	22	30	38	45	ns
t <sub>PHZ</sub> , t <sub>PLZ</sub>	Maximum Disable Propagation Delay Control to Output	C <sub>L</sub> = 50 pF R <sub>L</sub> = 1 kΩ	15	30	38	45	ns
t <sub>rHL</sub> , t <sub>rLH</sub>	Maximum Output Rise and Fall Time	C <sub>L</sub> = 50 pF	6	12	15	18	ns
t <sub>w</sub>	Minimum Clock Pulse Width			15	20	24	ns
t <sub>s</sub>	Minimum Setup Time Data to Clock		-3	5	6	8	ns
t <sub>h</sub>	Minimum Hold Time Clock to Data		4	12	15	18	ns
C <sub>IN</sub>	Maximum Input Capacitance			10	10	10	pF
C <sub>OUT</sub>	Maximum Output Capacitance			20	20	20	pF
C <sub>PD</sub>	Power Dissipation Capacitance (Note 5)	OC = V <sub>CC</sub> OC = GND		5 52			pF pF

Note 5: C<sub>PD</sub> determines the no load dynamic power consumption, P<sub>D</sub> = C<sub>PD</sub> V<sub>CC</sub><sup>2</sup> f + I<sub>CC</sub> V<sub>CC</sub>, and the no load dynamic current consumption, I<sub>S</sub> = C<sub>PD</sub> V<sub>CC</sub> f + I<sub>CC</sub>

**Truth Table**

'HCT573

Output Control	LE	Data	Output
L	H	H	H
L	H	L	L
L	L	X	Q <sub>0</sub>
H	X	X	Z

H = high level, L = low level  
Q<sub>0</sub> = level of output before steady-state input conditions were established.  
Z = high impedance

'HCT574

Output Control	Clock	Data	Output
L	↑	H	H
L	↑	L	L
L	L	X	Q <sub>0</sub>
H	X	X	Z

H = High Level, L = Low Level  
X = Don't Care  
↑ = Transition from low-to-high  
Z = High Impedance state  
Q<sub>0</sub> = The level of the output before steady state input conditions were established.

**AC Electrical Characteristics** MM54HCT574/MM74HCT574 $V_{CC} = 5.0V$ ,  $t_r = t_f = 6$  ns  $T_A = 25^\circ C$  (unless otherwise specified)

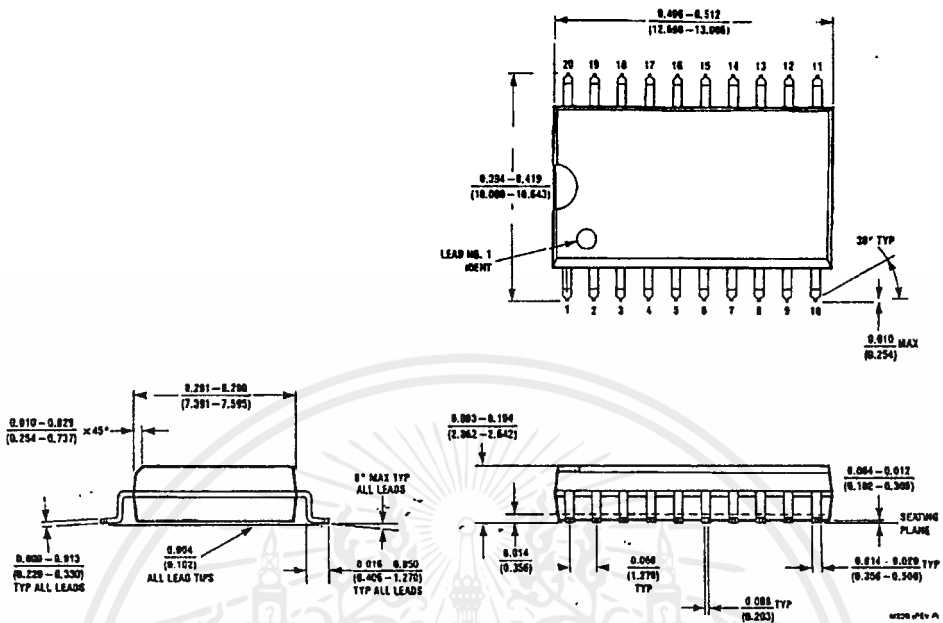
Symbol	Parameter	Conditions	Typ	Guaranteed Limit	Units
$f_{MAX}$	Maximum Clock Frequency		60	33	MHz
$t_{PHL}$ , $t_{PLH}$	Maximum Propagation Delay to Output	$C_L = 45$ pF	17	27	ns
$t_{PZH}$ , $t_{PZL}$	Maximum Enable Propagation Delay Control to Output	$C_L = 45$ pF $R_L = 1$ k $\Omega$	19	28	ns
$t_{PHZ}$ , $t_{PLZ}$	Maximum Disable Propagation Delay Control to Output	$C_L = 5$ pF $R_L = 1$ k $\Omega$	14	25	ns
$t_W$	Minimum Clock Pulse Width			15	ns
$t_S$	Minimum Setup Time Data to Clock			12	ns
$t_H$	Minimum Hold Time Clock to Data			5	ns

**AC Electrical Characteristics** MM54HCT574/MM74HCT574 $V_{CC} = 5.0V \pm 10\%$ ,  $t_r = t_f = 6$  ns (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Conditions	$T_A = 25^\circ C$		74HCT	54HCT	Units
			Typ	Guaranteed Limits	$T_A = -40$ to $85^\circ C$	$T_A = -55$ to $125^\circ C$	
$f_{MAX}$	Maximum Clock Frequency			33	28	23	MHz
$t_{PHL}$ , $t_{PLH}$	Maximum Propagation Delay Clock to Output	$C_L = 50$ pF	18	30	38	45	ns
$t_{PZH}$ , $t_{PZL}$	Maximum Enable Propagation Delay Control to Output	$C_L = 50$ pF $R_L = 1$ k $\Omega$	22	30	38	45	ns
$t_{PHZ}$ , $t_{PLZ}$	Maximum Disable Propagation Delay Control to Output	$C_L = 50$ pF $R_L = 1$ k $\Omega$	15	30	38	45	ns
$t_{THL}$ , $t_{TLH}$	Maximum Output Rise and Fall Time	$C_L = 50$ pF	6	12	15	18	ns
$t_W$	Minimum Clock Pulse Width			15	20	24	ns
$t_S$	Minimum Setup Time Data to Clock		6	12	15	18	ns
$t_H$	Minimum Hold Time Clock to Data		-1	5	6	8	ns
$C_{IN}$	Maximum Input Capacitance			10	10	10	pF
$C_{OUT}$	Maximum Output Capacitance			20	20	20	pF
$C_{PD}$	Power Dissipation Capacitance (Note 5)	OC = $V_{CC}$		5			pF
		OC = GND		58			pF

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

**Physical Dimensions** inches (millimeters)

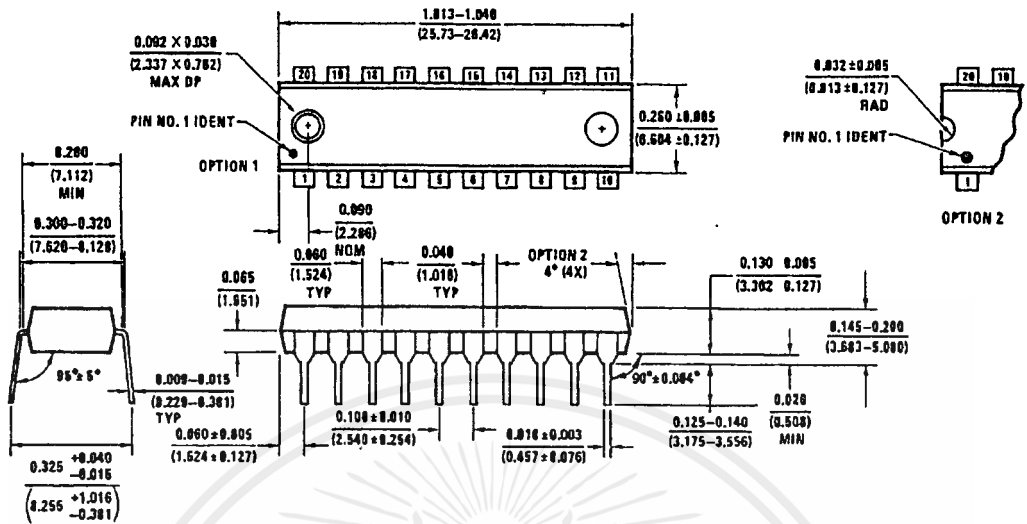


Order Number MM74HCT573/HCT574 (WM)  
NS Package Number M20B

MM54HCT573/MM74HCT573 TRI-STATE Octal D-Type Latch  
 MM54HCT574/MM74HCT574 TRI-STATE Octal D-Type Flip-Flop

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)

Lit. # 111670



Order Number MM74HCT573N/HCT574 (N)  
 NS Package Number N20A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which: (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.



National Semiconductor Corporation  
 1111 West Barden Road  
 Arlington, TX 78017  
 Tel: 1(800) 272-9959  
 Fax: 1(800) 737-7018

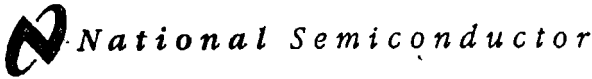
National Semiconductor Europe  
 Fax: (+49) 0-180-530 85 86  
 Email: cnjwge@tevm2.nsc.com  
 Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85  
 English Tel: (+49) 0-180-532 78 32  
 Français Tel: (+49) 0-180-532 93 58  
 Italiano Tel: (+49) 0-180-534 16 80

National Semiconductor Hong Kong Ltd.  
 13th Floor, Straight Block,  
 Ocean Centre, 5 Canton Rd.  
 Tsimshatsui, Kowloon  
 Hong Kong  
 Tel: (852) 2737-1600  
 Fax: (852) 2736-4960

National Semiconductor Japan Ltd.  
 Tel: 81-043-299-2309  
 Fax: 81-043-299-2408

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no draft patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



January 1995

## DAC0808/DAC0807/DAC0806 8-Bit D/A Converters

### General Description

The DAC0808 series is an 8-bit monolithic digital-to-analog converter (DAC) featuring a full scale output current settling time of 150 ns while dissipating only 33 mW with  $\pm 5V$  supplies. No reference current ( $I_{REF}$ ) trimming is required for most applications since the full scale output current is typically  $\pm 1$  LSB of  $255 I_{REF} / 256$ . Relative accuracies of better than  $\pm 0.19\%$  assure 8-bit monotonicity and linearity while zero level output current of less than  $4 \mu A$  provides 8-bit zero accuracy for  $I_{REF} \geq 2$  mA. The power supply currents of the DAC0808 series are independent of bit codes, and exhibits essentially constant device characteristics over the entire supply voltage range.

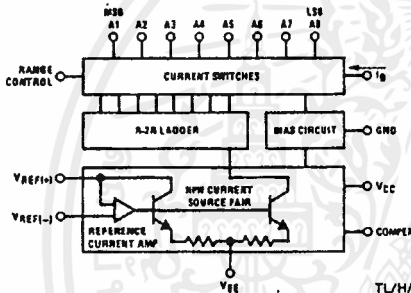
The DAC0808 will interface directly with popular TTL, DTL or CMOS logic levels, and is a direct replacement for the

MC1508/MC1408. For higher speed applications, see DAC0800 data sheet.

### Features

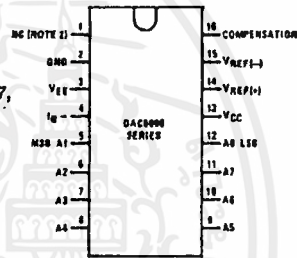
- Relative accuracy:  $\pm 0.19\%$  error maximum (DAC0808)
- Full scale current match:  $\pm 1$  LSB typ
- 7 and 6-bit accuracy available (DAC0807, DAC0806)
- Fast settling time: 150 ns typ
- Noninverting digital inputs are TTL and CMOS compatible
- High speed multiplying input slew rate: 8 mA/ $\mu s$
- Power supply voltage range:  $\pm 4.5V$  to  $\pm 18V$
- Low power consumption: 33 mW @  $\pm 5V$

### Block and Connection Diagrams



Order Number  
DAC0808, DAC0807,  
or DAC0806  
See NS Package  
Number J16A,  
M16A or N16A

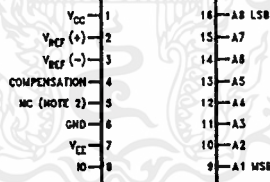
#### Dual-In-Line Package



TL/H/5687-2

TL/H/5687-1

#### Small-Outline Package



TL/H/5687-13

Top View

### Ordering Information

ACCURACY	OPERATING TEMPERATURE RANGE	ORDER NUMBERS				
		J PACKAGE (J16A)*		N PACKAGE (N16A)*		SO PACKAGE (M16A)
7-bit	$0^{\circ}C \leq T_A \leq +75^{\circ}C$	DAC0807LCJ	MC1408L7	DAC0808LCN	MC1408P8	DAC0808LCM
6-bit	$0^{\circ}C \leq T_A \leq +75^{\circ}C$	DAC0806LCJ	MC1408L6	DAC0807LCN	MC1408P7	DAC0807LCM
				DAC0806LCN	MC1408P6	DAC0806LCM

\*Note. Devices may be ordered by using either order number.

DAC0808/DAC0807/DAC0806 8-Bit D/A Converters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Absolute Maximum Ratings** (Note 1)

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

Power Supply Voltage	
$V_{CC}$	+18 V <sub>DC</sub>
$V_{EE}$	-18 V <sub>DC</sub>
Digital Input Voltage, V <sub>5</sub> -V <sub>12</sub>	-10 V <sub>DC</sub> to +18 V <sub>DC</sub>
Applied Output Voltage, V <sub>O</sub>	-11 V <sub>DC</sub> to +18 V <sub>DC</sub>
Reference Current, I <sub>14</sub>	5 mA
Reference Amplifier Inputs, V <sub>14</sub> , V <sub>15</sub>	$V_{CC}$ , $V_{EE}$
Power Dissipation (Note 3)	1000 mW
ESD Susceptibility (Note 4)	TBD

Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (Plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (Ceramic)	300°C
Surface Mount Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

**Operating Ratings**

Temperature Range	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
DAC0808LC Series	$0 \leq T_A \leq +75^\circ\text{C}$

**Electrical Characteristics**

( $V_{CC} = 5\text{V}$ ,  $V_{EE} = -15\text{V}_{DC}$ ,  $V_{REF}/R_{14} = 2\text{mA}$ , DAC0808:  $T_A = -55^\circ\text{C}$  to  $+125^\circ\text{C}$ , DAC0808C, DAC0807C, DAC0806C,  $T_A = 0^\circ\text{C}$  to  $+75^\circ\text{C}$ , and all digital inputs at high logic level unless otherwise noted.)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$E_r$	Relative Accuracy (Error Relative to Full Scale I <sub>O</sub> )	(Figure 4)				%
	DAC0808LC (LM1408-8)				±0.19	%
	DAC0807LC (LM1408-7), (Note 5)				±0.39	%
	DAC0806LC (LM1408-6), (Note 5)				±0.78	%
	Settling Time to Within 1/2 LSB (Includes t <sub>PLH</sub> )	$T_A = 25^\circ\text{C}$ (Note 6), (Figure 5)		150		ns
t <sub>PLH</sub> , t <sub>PHL</sub>	Propagation Delay Time	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , (Figure 5)		30	100	ns
TCI <sub>O</sub>	Output Full Scale Current Drift			±20		ppm/°C
MSB V <sub>IH</sub> V <sub>IL</sub>	Digital Input Logic Levels	(Figure 3)				
	High Level, Logic "1" Low Level, Logic "0"		2		0.8	V <sub>DC</sub> V <sub>DC</sub>
MSB	Digital Input Current	(Figure 3)				
	High Level Low Level	$V_{IH} = 5\text{V}$ $V_{IL} = 0.8\text{V}$		0 -0.003	0.040 -0.8	mA mA
I <sub>15</sub>	Reference Input Bias Current	(Figure 3)		-1	-3	μA
	Output Current Range	(Figure 3) $V_{EE} = -5\text{V}$ $V_{EE} = -15\text{V}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	0 0	2.0 2.0	2.1 4.2	mA mA
I <sub>O</sub>	Output Current	$V_{REF} = 2.000\text{V}$ , $R_{14} = 1000\Omega$ , (Figure 3)	1.9	1.99	2.1	mA
	Output Current, All Bits Low	(Figure 3)		0	4	μA
	Output Voltage Compliance (Note 2) $V_{EE} = -5\text{V}$ , $I_{REF} = 1\text{mA}$ $V_{EE}$ Below -10V	$E_r \leq 0.19\%$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$			-0.55, +0.4 -5.0, +0.4	V <sub>DC</sub> V <sub>DC</sub>

**Electrical Characteristics** (Continued)

( $V_{CC} = 5V$ ,  $V_{EE} = -15V_{DC}$ ,  $V_{REF}/R14 = 2\text{ mA}$ , DAC0808:  $T_A = -55^\circ\text{C}$  to  $+125^\circ\text{C}$ , DAC0808C, DAC0807C, DAC0806C,  $T_A = 0^\circ\text{C}$  to  $+75^\circ\text{C}$ , and all digital inputs at high logic level unless otherwise noted.)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$SRI_{REF}$	Reference Current Slew Rate	(Figure 6)	4	8		$\text{mA}/\mu\text{s}$
	Output Current Power Supply Sensitivity	$-5V \leq V_{EE} \leq -16.5V$		0.05	2.7	$\mu\text{A}/V$
$I_{CC}$ $I_{EE}$	Power Supply Current (All Bits Low)	(Figure 3)		2.3 -4.3	22 -13	$\text{mA}$ $\text{mA}$
$V_{CC}$ $V_{EE}$	Power Supply Voltage Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , (Figure 3)	4.5 -4.5	5.0 -15	5.5 -16.5	$V_{DC}$ $V_{DC}$
	Power Dissipation All Bits Low	$V_{CC} = 5V$ , $V_{EE} = -5V$		33	170	$\text{mW}$
	All Bits High	$V_{CC} = 5V$ , $V_{EE} = -15V$		106	305	$\text{mW}$
		$V_{CC} = 15V$ , $V_{EE} = -5V$		90		$\text{mW}$
		$V_{CC} = 15V$ , $V_{EE} = -15V$		160		$\text{mW}$

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

**Note 2:** Range control is not required.

**Note 3:** The maximum power dissipation must be derated at elevated temperatures and is dictated by  $T_{JMAX}$ ,  $\theta_{JA}$ , and the ambient temperature,  $T_A$ . The maximum allowable power dissipation at any temperature is  $P_D = (T_{JMAX} - T_A)/\theta_{JA}$  or the number given in the Absolute Maximum Ratings, whichever is lower. For this device,  $T_{JMAX} = 125^\circ\text{C}$ , and the typical junction-to-ambient thermal resistance of the dual-in-line J package when the board mounted is  $100^\circ\text{C}/\text{W}$ . For the dual-in-line N package, this number increases to  $175^\circ\text{C}/\text{W}$  and for the small outline M package this number is  $100^\circ\text{C}/\text{W}$ .

**Note 4:** Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k $\Omega$  resistor.

**Note 5:** All current switches are tested to guarantee at least 50% of rated current.

**Note 6:** All bits switched.

**Note 7:** Pin-out numbers for the DAL080X represent the dual-in-line package. The small outline package pinout differs from the dual-in-line package.

**Typical Application**

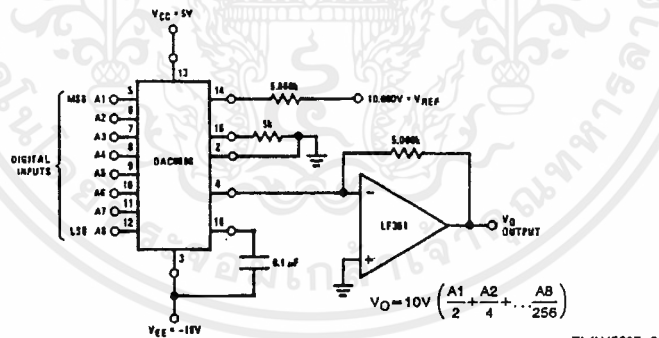
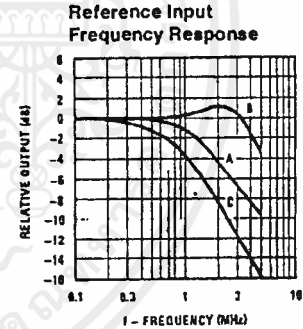
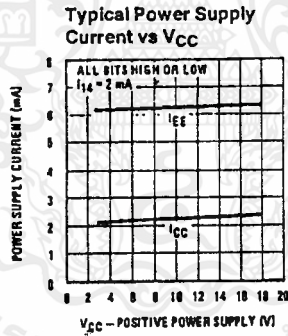
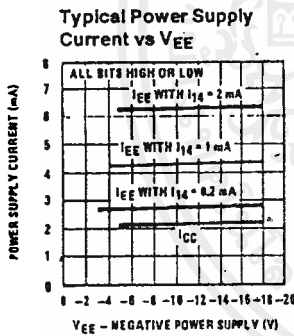
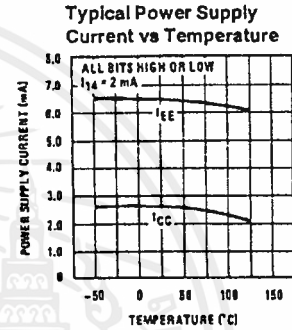
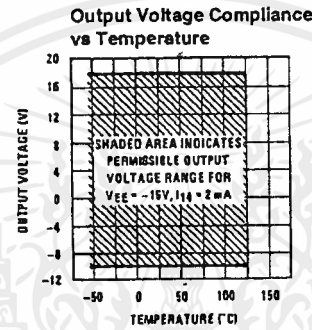
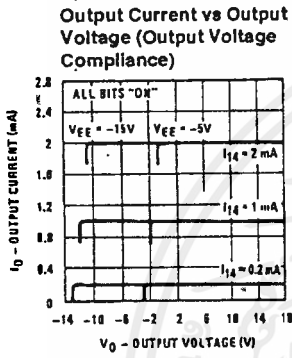
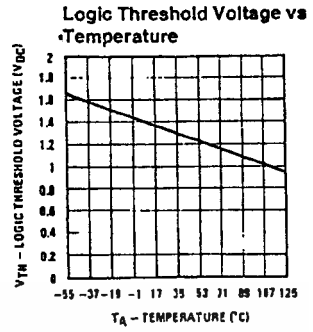
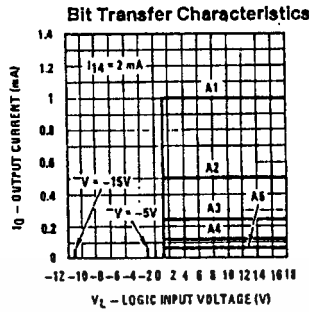
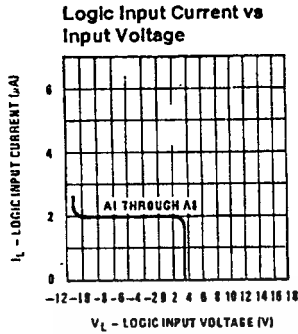


FIGURE 1. +10V Output Digital to Analog Converter (Note 7)

TL/H/5687-3

### Typical Performance Characteristics

$V_{CC} = 5V$ ,  $V_{EE} = -15V$ ,  $T_A = 25^\circ C$ , unless otherwise noted



TL/H/5687-6

Unless otherwise specified:  $R_{14} = R_{15} = 1 k\Omega$ ,  $C = 15 pF$ , pin 16 to  $V_{EE}$ ;  $R_L = 50\Omega$ , pin 4 to ground.

Curve A: Large Signal Bandwidth Method of Figure 7,  $V_{REF} = 2 V_{p-p}$  offset 1 V above ground.

Curve B: Small Signal Bandwidth Method of Figure 7,  $R_L = 250\Omega$ ,  $V_{REF} = 50 mV_{p-p}$  offset 200 mV above ground.

Curve C: Large and Small Signal Bandwidth Method of Figure 9 (no op amp,  $R_L = 50\Omega$ ),  $R_S = 50\Omega$ ,  $V_{REF} = 2V$ ,  $V_S = 100 mV_{p-p}$  centered at 0V.

## บรรณานุกรม

- [1] บริษัท อีทีที จำกัด.คู่มือ CP-Z80V2 Smart Control .กรุงเทพ
- [2] บริษัทอีทีที จำกัด.VERSION 3 USERJS MANUAL MONITOR PROGRAM.กรุงเทพ  
 ,2532
- [3] บริษัทอีทีที จำกัด.ET-BOARD V 3.5 NEW POWER USER' MANUAL.กรุงเทพ,2534
- [4] บริษัทอีทีที จำกัด.คู่มือ/เทียบเบอร์ไอซี TTL : พิมพ์ที่ หจก. เอช-เอน การพิมพ์,2536
- [5] บุญวัฒน์ อัดชู.ทฤษฎีและการใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [6] วัฒนา พลผละ ” กราฟิกพลอตเตอร์ ” เซมิคอนดักเตอร์ , ฉบับที่ 127 (พฤษภาคม 2537)
- [7] โยชิน เปรมปราณีรัชต์.“ สเตปปีงมอเตอร์ “ ระบบเซอร์โวและอิเล็กทรอนิกส์คอนโทรลมอเตอร์ , คณะวิศวกรรมศาสตร์ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ,2533Phillip ECG. ECG Semiconductor Master Replacement Guide,1995
- [8] Takashi Kenjo.”OUTLINE OF MODERN STEPPING MOTORS “ Stepping motors and their microprocessor controls.Newyork :The Universities Press ( Belfast ) Ltd.

