

เครื่องบังคับการเคลื่อนที่รอบทิศทางเพื่อตรวจจับสัญญาณหรือวัตถุ

Surround Direction Tracking



โดย  
นาย อติเรก แรงกลิกรณ์  
นาย อติศักดิ์ ประวัง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รฟ.  
ค 187 ค  
8344

ปีการศึกษา 2544

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 46573  
วัน, เดือน, ปี..... 4 เม.ย. 2546

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องบังคับการเคลื่อนที่รอบทิศทางเพื่อตรวจจับสัญญาณหรือวัตถุ

**Surround Direction Tracking**



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2544

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องบังคับการเคลื่อนที่รอบทิศทางเพื่อตรวจจับสัญญาณหรือวัตถุ

Surround Direction Tracking

ผู้จัดทำ

1. นาย อติเรก แรังกสิกรณ์ 42015075
2. นาย อติศักดิ์ ประวิง 42015076

.....  
อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. สมเกียรติ ฤกษ์วัลญญ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องบังคับการเคลื่อนที่รอบทิศทางเพื่อตรวจจับสัญญาณหรือวัตถุ

Surround Direction Tracking

โดย นาย อติเรก แรงกสิกรณ์ 42015075

นาย อติศักดิ์ ประวัง 42015076

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. สมเกียรติ ฤกษ์วัลญญู

บทคัดย่อ

เครื่องบังคับการเคลื่อนที่รอบทิศทางเพื่อตรวจจับสัญญาณหรือวัตถุใช้การสั่งงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ผ่านส่วนควบคุมไปยังสเตปปีงมอเตอร์และดีซีมอเตอร์ซึ่งจะทำการบังคับให้ทิศทางของเครื่องบังคับการเคลื่อนที่รอบทิศทางนี้หมุนไปยังทิศทางที่ต้องการและมีเซนเซอร์เช็คความถูกต้องของตำแหน่ง ซึ่งตัวเครื่องสามารถหมุนได้ในทิศทางครึ่งทรงกลม เหมาะสำหรับการใช้ติดตั้งบนพื้นหรือเพดาน เมื่อทำงานเสร็จเครื่องจะส่งสัญญาณมาแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ว่าตอนนี้อยู่ในตำแหน่งไหนได้ ประโยชน์ของเครื่องบังคับการเคลื่อนที่รอบทิศทางนี้คือสามารถนำไปดัดแปลงใช้กับระบบการหมุนจานรับสัญญาณดาวเทียมให้ไปยังดาวเทียมดวงที่เราต้องการติดต่อสื่อสาร หรืออาจจะเป็นระบบกล้องติดตามวัตถุเคลื่อนไหว เป็นต้น

ABSTRACT

The Surround Direction Tracking commanded by computer.It controls stepping motor and dc motor,it will turn to direction that you want. It can turn haft spherical direction appropriate for used to hold on floor or ceiling.When work completed,it will send signal to computer for display position of the Surround Direction Tracking.It can used in sattellite system for it can find satellite that we want connect or in video tracking system etc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ	3
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	21
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	42
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป	46
ภาคผนวก ก.	
ภาคผนวก ข.	
ภาคผนวก ค.	
หนังสืออ้างอิง	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ตัวอย่างแกนหุ่นยนต์ที่มีดีซีมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน	4
รูปที่ 2.2 หุ่นยนต์ที่ใช้ในงานวิจัยโดยใช้ดีซีมอเตอร์	4
รูปที่ 2.3 แสดงถึงการเกิดแรงบิดในตัวดีซีมอเตอร์	5
รูปที่ 2.4 แสดงแอมพลีไฟแบบ PWM และ DC มอเตอร์	6
รูปที่ 2.5 แสดงถึงการเกิดแรงบิดในตัวดีซีมอเตอร์	8
รูปที่ 2.6 ระบบการคอนโทรลดีซีมอเตอร์แบบพื้นฐาน	9
รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมของระบบคอนโทรลความเร็วที่มีทาโคมิเตอร์เป็นตัวป้อนกลับ	10
รูปที่ 2.8 บล็อกไดอะแกรมของระบบคอนโทรลตำแหน่งที่มีทาโคมิเตอร์เป็นตัวเสริมเสถียรภาพให้ดีขึ้น	10
รูปที่ 2.9 ระบบการคอนโทรลตำแหน่งด้วยสัญญาณเชิงโคจร	11
รูปที่ 2.10 ระบบแคสตันไดร์เทปแม่เหล็ก	11
รูปที่ 2.11 บล็อกไดอะแกรมของระบบดิจิทัลคอนโทรลของดีซีมอเตอร์	12
รูปที่ 2.12 ตัวคอนโทรลเลอร์สำหรับควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์	13
รูปที่ 2.13 แสดงถึงสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในลักษณะต่างๆ	13
รูปที่ 2.14 แสดงแรงดึงดูดทำให้เกิดทอร์กที่หมุนอาร์มาเจอร์ให้ไปอยู่ในตำแหน่งสมดุลย์	14
รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะการพันขดลวดของมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์	15
รูปที่ 2.16 แสดงการวางของขดลวดแต่ละเฟสของสเต็ปมอเตอร์	15
รูปที่ 2.17 แสดงการหมุนของแกนมอเตอร์เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบหนึ่งเฟส	16
รูปที่ 2.18 แสดงการหมุนของแกนมอเตอร์เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบสองเฟส	17
รูปที่ 2.19 แสดงการหมุนของแกนมอเตอร์เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ป	18
รูปที่ 2.20 แสดงการส่งสัญญาณแบบทิศทางเดียว (Simplex)	19
รูปที่ 2.21 แสดงการส่งผ่านแบบสองทิศทางแต่ต่างเวลากัน (Half-Duplex)	19
รูปที่ 2.22 แสดงการส่งผ่านแบบสองทิศทางในเวลาเดียวกัน (Full-Duplex)	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.23	แสดงการส่งข้อมูลแบบอนุกรม	20
รูปที่ 2.24	แสดงการส่งข้อมูลแบบขนาน	20
รูปที่ 3.1	สเตปมอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนแนวแกน xy	21
รูปที่ 3.2	ดีซีมอเตอร์หมุนแนวแกน Z	22
รูปที่ 3.3	แสดงการประกอบมอเตอร์ร่วมกัน	22
รูปที่ 3.4	แสดงสเตปปีงมอเตอร์ที่ปรับปรุงให้มีขนาดเล็กขึ้น	23
รูปที่ 3.5	แสดงดีซีมอเตอร์ที่ปรับปรุงให้มีขนาดเล็กขึ้น	24
รูปที่ 3.6	แสดงการประกอบมอเตอร์ทั้งต้นแบบกับที่ปรับปรุงแล้ว	24
รูปที่ 3.7	แสดงวงจรขับดีซีมอเตอร์	25
รูปที่ 3.8	แสดงลายปริ้นซ์ของส่วนขับดีซีมอเตอร์	26
รูปที่ 3.9	ภาพแสดงการต่ออุปกรณ์ของส่วนขับดีซีมอเตอร์	26
รูปที่ 3.10	แสดงการ์ด พีซี 8255 ที่ใช้เป็นตัวอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์	27
รูปที่ 3.11	แสดงการ์ด อีที-เอสเอ็มซีซี ที่ใช้ในการคอนโทรลสเตปปีงมอเตอร์	27
รูปที่ 3.12	งานเข้ารหัสไบนารีทิศทางแกน XY เดิม	28
รูปที่ 3.13	งานเข้ารหัสไบนารีทิศทางแกน XY ที่ปรับปรุงใหม่	29
รูปที่ 3.14	งานเข้ารหัสไบนารีทิศทางแกน Z เดิม	30
รูปที่ 3.15	งานเข้ารหัสไบนารีทิศทางแกน Z ที่ปรับปรุงใหม่	30
รูปที่ 3.16	แสดงวงจรเซนเซอร์ดีโคเดอร์ แบบ 6 บิต	31
รูปที่ 3.17	แสดงวงจรเซนเซอร์ดีโคเดอร์ แบบ 8 บิต	31
รูปที่ 3.18	แสดงลายปริ้นซ์วงจรเซนเซอร์ดีโคเดอร์ แบบ 8 บิต	32
รูปที่ 3.19	แสดงลายปริ้นซ์วงจรเซนเซอร์ดีโคเดอร์ แบบ 6 บิต	33
รูปที่ 3.20	แสดงวงจรสำเร็จของเซนเซอร์ดีโคเดอร์ แบบ 8 บิต	34
รูปที่ 3.21	แสดงวงจรสำเร็จของเซนเซอร์ดีโคเดอร์ แบบ 6 บิต	35
รูปที่ 3.22	แสดงการประกอบบอร์ดต่างๆเข้าด้วยกัน	36
รูปที่ 3.23	แสดงการเปรียบเทียบขนาดของต้นแบบกับแบบที่ปรับปรุงแล้ว	37
รูปที่ 3.24	แสดงหน้าตาโปรแกรมที่ใช้การกำหนดค่าตำแหน่งโดยระบุค่าจากผู้ใช้	41
รูปที่ 3.25	แสดงหน้าตาโปรแกรมที่ใช้การกำหนดโดยใช้คีย์ ขึ้น ลง ซ้าย ขวา	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงลำดับการทำงานของขดลวดในแต่ละเฟสของมอเตอร์ เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบหนึ่งเฟส	16
ตารางที่ 2.2 แสดงลำดับการทำงานของขดลวดในแต่ละเฟสของมอเตอร์ เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบสองเฟส	17
ตารางที่ 2.3 แสดงลำดับการทำงานของขดลวดในแต่ละเฟสของมอเตอร์ เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบ ครึ่งสเต็ป	18



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ในงานที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ทางกลต่างๆ นั้นโดยทั่วไปจะใช้มอเตอร์เป็นตัวต้นกำลัง ซึ่งแต่ละงานก็จะมีารควบคุมต่างๆ ให้มอเตอร์ทำงานให้เราได้ตามที่ต้องการ ค่าต่างๆ ที่ถูกควบคุม ได้แก่ ความเร็วรอบ แรงบิด และตำแหน่งในการหมุน

ในการควบคุมให้มอเตอร์ทำงานได้ตามที่ต้องการนั้นที่ตัวมอเตอร์จะต้องมีตัวตรวจจับ(Sensor) ซึ่งเป็นตัวตรวจจับค่าที่เราควบคุมออกมาในรูปของสัญญาณไฟฟ้า เพื่อควบคุมตำแหน่งในการหมุนให้ไปในทิศทางที่ต้องการ

โครงการนี้จะศึกษาการควบคุมดีซีมอเตอร์และสเต็ปมิงมอเตอร์ โดยใช้บอร์ด ET-8255 มาควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ซึ่งผ่านไดรฟ์สเต็ป ET-SMCC การตรวจจับตำแหน่งจะใช้ตัวตรวจจับที่ได้ออกแบบขึ้นมาพิเศษ โดยทั้งหมดนี้จะถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

#### 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาการใช้งานและการควบคุมดีซีมอเตอร์

1.2.2 ศึกษาการใช้งานและการควบคุมสเต็ปมิงมอเตอร์

1.2.3 ศึกษาการติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ทของคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ไดรฟ์มอเตอร์ทั้งสองชนิด

1.2.4 ศึกษาเทคนิคการสร้างตัวตรวจจับควบคุมตำแหน่งมอเตอร์

1.2.5 ศึกษาการใช้งานภาษาซี

#### 1.3 วิธีการดำเนินงาน

1.3.1 ศึกษารายละเอียด ส่วนประกอบ โครงสร้าง การทำงานของ ดีซีมอเตอร์และสเต็ปมิงมอเตอร์

1.3.2 ศึกษาการควบคุมมอเตอร์ทั้ง 2 ชนิด

1.3.3 ออกแบบชุดขับ ดีซีมอเตอร์

1.3.4 ศึกษาวิธีการควบคุมสเต็ปมิงมอเตอร์โดยใช้บอร์ด ET-8255 กับ ET-SMCC

1.3.5 ออกแบบชุดตัวตรวจจับตำแหน่งของมอเตอร์

1.3.6 เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของมอเตอร์และรับค่าตำแหน่งที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 เรียนรู้ลักษณะการควบคุมตำแหน่งมอเตอร์ทั้งแบบดีซีและสแตปปีงมอเตอร์
- 1.4.2 สามารถใช้ภาษาซีติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกได้
- 1.4.3 สามารถนำอุปกรณ์ที่ออกแบบมานำไปใช้งานในชีวิตประจำวันได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

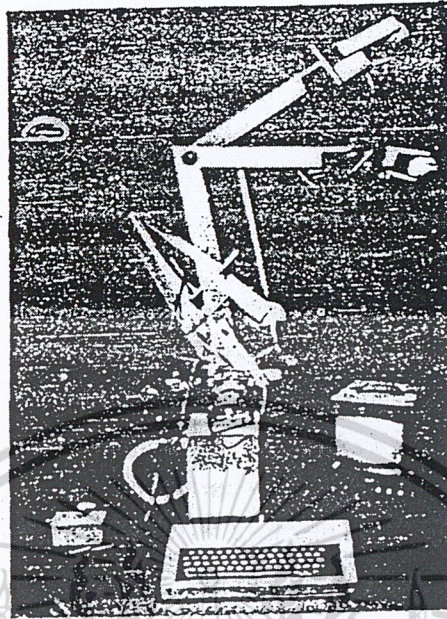
## บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ

### 2.1 ระบบคอนโทรลมอเตอร์

ในปัจจุบันการคอนโทรลดีซีมอเตอร์จะพบได้ในงานอุตสาหกรรมส่วนมากเนื่องจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีทางไมโครอิเล็กทรอนิกส์และไมโครโปรเซสเซอร์ ดังนั้นการออกแบบระบบคอนโทรลดีซีมอเตอร์และการวิเคราะห์จึงเป็นเทคนิคใหม่ที่สำคัญและน่าสนใจ

ระบบการคอนโทรลแบบดั้งเดิม พลังจักรกลที่สำคัญในระบบมักได้แก่ พวงมอเตอร์ไฟฟ้าต่างๆ ไฮดรอลิกแอกชูเอเตอร์และพวงเบรกและคลัทช์เป็นต้น แต่ด้วยความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีการสร้างแม่เหล็กถาวรให้มีคุณภาพสูง ทำให้ดีซีมอเตอร์กลานเป็นพลังจักรกลที่สำคัญในระบบคอนโทรลเกือบทุกชนิดในปัจจุบันและในเวลาเดียวกันบวกกับความก้าวหน้าของไมโครโปรเซสเซอร์ได้สร้างการประยุกต์งานใหม่ๆ ขึ้นทำให้ดีซีมอเตอร์และสเตปมอเตอร์ได้รับความนิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมปัจจุบันอย่างกว้างขวาง

ดีซีมอเตอร์เป็นอนาลอกแอกชูเอเตอร์ที่ไม่มีตำแหน่งหยุดที่แน่นอนเหมือนสเตปมอเตอร์ ดังนั้นระบบคอนโทรลดีซีมอเตอร์โดยทั่วไปมักเป็นระบบแบบลูปเปิด ในระบบแบบลูปปิดตำแหน่งเอาต์พุทหรือความเร็วเอาต์พุทจะถูกป้อนกลับไปเปรียบเทียบกับอินพุทอ้างอิงเพื่อให้ได้คุณสมบัติการทำงานที่ต้องการ ในรูปที่ 2.8 ตัวอย่างระบบการคอนโทรลดีซีมอเตอร์ที่ประยุกต์ใช้กับแขนหุ่นยนต์โดยมีซีเซอร์ไวมอเตอร์ในแต่ละข้อต่อเพื่อให้ได้อัตราส่วนของแรงบิดต่อแรงเฉื่อยสูง สามารถกำหนดตำแหน่งได้อย่างสมบูรณ์ และสามารถวัดแรงบิดขับเคลื่อน เพื่อป้อนกลับไปเป็นระบบแบบลูปปิด และในรูปที่ 2.9 เป็นหุ่นยนต์อีกแบบหนึ่งสำหรับใช้ในงานวิจัยและอุตสาหกรรมขนาดเบาโดยใช้ดีซีมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนในแต่ละข้อต่อทำให้กำหนดตำแหน่งได้อย่างสมบูรณ์สามารถโปรแกรมใช้งานต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง มีความแข็งแรงและสามารถจับยึดสิ่งต่างๆ ได้อย่างคล่องตัว



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างแขนหุ่นยนต์ที่มีดีซีมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนในแต่ละข้อต่อและโปรแกรมได้ด้วย



ไมโครโปรเซสเซอร์

รูปที่ 2.2 หุ่นยนต์ใช้ในงานวิจัยโดยใช้ดีซีมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ทฤษฎีมอเตอร์ชนิดกระแสตรง(DC Motor)

DC มอเตอร์เป็นทรานส์ดิวเซอร์แรงบิดซึ่งมีคุณลักษณะพิเศษคือแรงบิดของเพลลาของ DC มอเตอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์มาเจอร์ แรงบิดของเพลลาของ DC มอเตอร์จะได้จากผลระหว่างสนามแม่เหล็กและขดลวดตัวนำ หลักการนี้แสดงได้ในรูป ในที่นี้กระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำจะสร้างสนามที่ประกอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก  $\phi$  และขดลวดตัวนำเหล่านั้นอยู่ห่างจากศูนย์กลางการหมุนเท่ากับ  $r$  ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเพลลาและกระแสเท่ากับ

$$T = K\phi I$$

เมื่อ  $T$  คือแรงบิดของเพลลา มีหน่วยเป็นนิวตัน-เมตร

$\phi$  คือเส้นแรงแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเวเบอร์

$I$  คือกระแสเป็นแอมแปร์

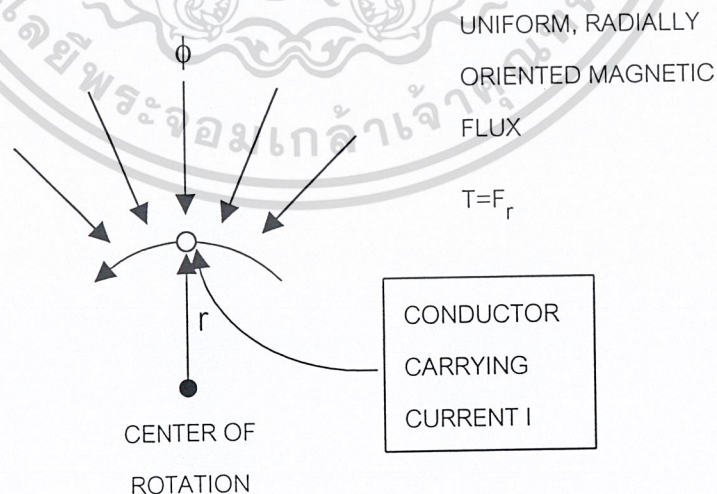
และ  $K$  คือค่าคงตัว ดังนั้นแรงบิดของเพลลาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของเส้นแรงแม่เหล็กและกระแส เมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กก็จะทำให้เกิดโวลต์เต็จตกคร่อมตัวมันเอง โวลต์เต็จนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลลาของมอเตอร์และด้านกรไหลของกระแส ความสัมพันธ์ระหว่างโวลต์เต็จย้อนกลับนี้และความเร็วของเพลลามอเตอร์คือ

$$E = K\phi\omega$$

เมื่อ  $E$  คือโวลต์เต็จย้อนกลับ emf มีหน่วยเป็นโวลต์

$\phi$  คือเส้นแรงแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเวเบอร์

$\omega$  คือความเร็วของมอเตอร์มีหน่วยเป็นเรเดียน/วินาที



รูปที่ 2.3 แสดงถึงการเกิดแรงบิดในตัว DC มอเตอร์

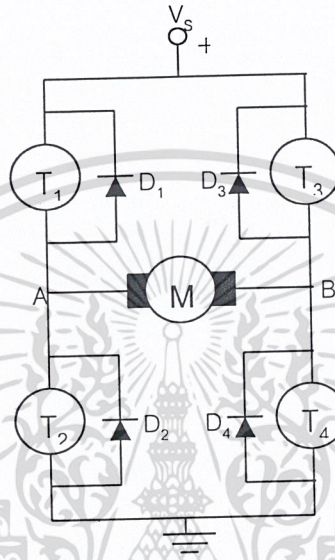
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การทำงานของแอมพลิไฟแบบพัลส์วิตที่โมดูเลชั่น(Pulse Width Modulation)

แอมพลิไฟแบบ PWM แบบไบโพลาร์จะดูการทำงานได้ตามรูป โดยที่จะกำหนดให้มีลิ้มิตความถี่การ สวิทช์เป็น  $f_s$   $t_{on}$  ที่เกิดขึ้นในส่วนแรกและ  $t_{off}$  เกิดในส่วนหลังโดย

$$t_{on} \text{ เมื่อ } 0 \leq t \leq t_1$$

$$t_{off} \text{ เมื่อ } t_1 \leq t \leq t_2$$



รูปที่ 2.4 แสดงแอมพลิไฟแบบ PWM และ DC มอเตอร์

ไบโพลาร์จะมี  $T_1$  และ  $T_4$  นำกระแสระหว่างเฟส on ส่วน  $T_2$  และ  $T_3$  จะนำกระแสขณะเฟส off จะได้ ฟังก์ชันตกคร่อมมอเตอร์เป็น

$$V_m = V_{AB} \begin{cases} V_s & 0 \leq t \leq t_1 \\ -V_s & t_1 \leq t \leq t_2 \end{cases}$$

แบบยูนิโพลาร์ จะลดจำนวนทรานซิสเตอร์ในการสวิตช์ลงการสวิตช์ขึ้นกับ  $V_{in}$  เป็นบวกหรือลบ เมื่อ  $V_{in}$  เป็นบวก  $T_1$  จะนำกระแสตลอดคาบ ในขณะที่  $T_2$  นำกระแสในช่วงเฟส on และ  $T_3$  จะนำกระแสในช่วงเฟส off เมื่อ  $V_{in}$  เป็นลบ  $T_4$  จะนำกระแสตลอด โดยมี  $T_3$  และ  $T_4$  สลับกันทำงาน เมื่อ  $V_{in}$  เป็นบวกได้

$$V_{in} \begin{cases} V_s & 0 \leq t \leq t_1 \\ 0 & t_1 \leq t \leq t_2 \end{cases}$$

การแสดงค่า  $V_{in}$  ในทางลบจะเหมือนกันเพียงแต่  $V_{in}$  เป็นลบเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากลักษณะของ 2 แบบดังกล่าวมานั้นมีประโยชน์เหมือนกัน ซึ่งในแต่ละกรณีจะมีทรานซิสเตอร์คู่หนึ่ง ( $T_1, T_2$ ) หรือ ( $T_3, T_4$ ) จะหยุดนำกระแสขณะที่อีกคู่นำกระแสซึ่งมีเวลาเก็บสะสมและเวลาที่ปล่อยออกของ ทรานซิสเตอร์เกิดขึ้นและมันอาจเป็นไปได้ที่ทรานซิสเตอร์ทั้งหมดนำกระแสในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้เกิดการลัดวงจรของซัพพลาย เราจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงภาวะดังกล่าว ซึ่งสามารถทำได้โดยการสร้างช่วง delay time ระหว่างการหยุดและการนำกระแสของทรานซิสเตอร์และด้วยเหตุผลดังกล่าว ความถี่ของการสวิตช์จะถูกจำกัดในวงที่แคบลง

#### 2.4 หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์

ดีซีมอเตอร์เป็นทรานสดิวเซอร์แรงบิดซึ่งมีการออกแบบให้มีคุณลักษณะพิเศษคือแรงบิดของเพลลาของดีซีมอเตอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์มาเจอร์ แรงบิดของเพลลาของดีซีมอเตอร์จะได้จากผลระหว่างสนามแม่เหล็กและขดลวดตัวนำ หลักการนี้แสดงได้ในรูป 2.5 ในที่นี้กระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำจะสร้างฟิลด์ที่ประกอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก  $\phi$  และขดลวดตัวนำเหล่านั้นอยู่ห่างจากศูนย์กลางการหมุนเท่ากับ  $r$  ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเพลลาและ  $K$  คือตัวคงที่

$$T = K\phi I \quad \dots\dots\dots(1)$$

เมื่อ  $T$  คือแรงบิดของเพลลา มีหน่วยเป็นนิวตัน-เมตร

$\phi$  คือเส้นแรงแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเวเบอร์

$I$  คือกระแสเป็นแอมแปร์

ดังนั้นแรงบิดของเพลลาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของเส้นแม่เหล็กและกระแสเมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กก็จะทำให้เกิดโวลต์เตจตกคร่อมตัวมันเองโวลต์เตจนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลลาของมอเตอร์และด้านการไหลของกระแส ความสัมพันธ์ระหว่างโวลต์เตจย้อนกลับนี้และความเร็วของเพลลามอเตอร์คือ

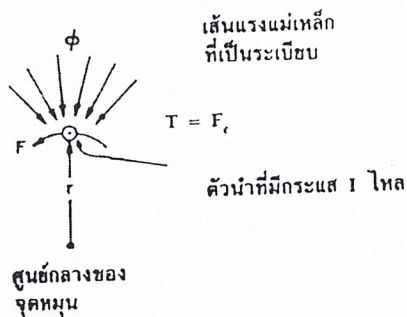
$$E = K\phi\omega \quad \dots\dots\dots(2)$$

เมื่อ  $E$  คือโวลต์เตจย้อนกลับ emf มีหน่วยเป็นโวลต์

$\theta$  คือเส้นแม่แรงแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเวเบอร์

$\omega$  คือความเร็วของมอเตอร์ มีหน่วยเป็นเรเดียน/วินาที

สมการที่ (1) และ (2) เป็นสมการที่แสดงถึงหลักการดำเนินงานพื้นฐานของดีซีมอเตอร์



รูปที่ 2.5 แสดงถึงการเกิดแรงบิดในตัวดีซีมอเตอร์

## 2.5 การแยกประเภทของดีซีมอเตอร์

ดีซีมอเตอร์สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับลักษณะวิธีการสร้างสนามแม่เหล็กของตัวมอเตอร์และขึ้นอยู่กับพื้นฐานการออกแบบโครงสร้างของอาร์มาเจอร์การแบ่งประเภทตามลักษณะการจ่ายสนามแม่เหล็กแยกออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1. ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแม่เหล็กได้
2. ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแม่เหล็กมีค่าคงที่

ถ้าเราจะพิจารณาแยกประเภทตามลักษณะการออกแบบโครงสร้างอาร์มาเจอร์สามารถแยกออกได้เป็น 3 แบบคือ

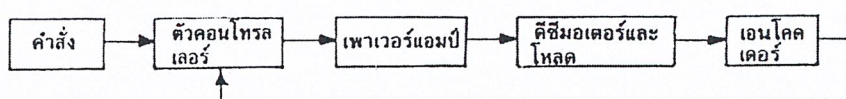
1. ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์เป็นแกนเหล็ก
2. ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์ที่มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว
3. ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์เป็นขดลวดหมุน

นอกจากนี้ยังมีดีซีมอเตอร์ชนิดพิเศษอีกแบบหนึ่งคือ แบบไม่มีแปรงถ่าน (brushless dc motor) ซึ่งมีหลักการทางเทคโนโลยีเหมือนกับดีซีมอเตอร์ชนิดมีแปรงถ่านยกเว้น การคอมมิวนิเคชั่น กระทำโดยเทคนิคทางอิเล็กทรอนิกส์แทนที่จะกระทำโดยวิธีการทางเชิงกล

## 2.6 พื้นฐานของระบบคอนโทรลดีซีมอเตอร์

ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบคอนโทรลดีซีมอเตอร์แสดงได้ในบล็อกไดอะแกรมของรูปที่ 2.6 ซึ่งประกอบด้วยบล็อกที่สำคัญ 4 บล็อกคือ

1. ตัวคอนโทรลเลอร์
2. วงจรไดรเวอร์หรือเพาเวอร์แอมพลิไฟ
3. ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์หรือเอนโคเดอร์
4. ดีซีมอเตอร์และโหลด



รูปที่ 2.6 ระบบการคอนโทรลดีซีมอเตอร์แบบพื้นฐาน

### ตัวคอนโทรลเลอร์

เป็นส่วนหนึ่งของระบบที่ทำให้เกิดสัญญาณคอนโทรลไปยังคัปดีซีมอเตอร์และโหลด คอนโทรลเลอร์ที่ให้สัญญาณคอนโทรลเป็นสัญญาณอนาลอกเราเรียกว่าอนาลอกคอนโทรลเลอร์ ส่วนคอนโทรลเลอร์ที่ให้สัญญาณคอนโทรลเป็นสัญญาณดิจิทัลเราเรียกว่าดิจิทัลคอนโทรลเลอร์

### วงจรรีโวลเวอร์

เป็นส่วนประกอบของระบบที่อยู่ระหว่างตัวคอนโทรลเลอร์กับดีซีมอเตอร์และโหลดมีหน้าที่ปรับรูปและขยายสัญญาณให้เหมาะสมก่อนที่จะป้อนเข้าไปขับเคลื่อนดีซีมอเตอร์และโหลด วงจรรีโวลเวอร์ส่วนใหญ่ได้แก่เพาเวอร์แอมพลิไฟซึ่งอาจแบ่งย่อยออกเป็นลิเนียร์เพาเวอร์แอมพลิไฟและพัลส์วิดท์โมดูเลชันแอมพลิไฟ

### ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์หรือเอนโคเดอร์

เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่รับรู้หรือตีเทคสัญญาณเอาท์พุทที่ต้องการโดยไม่มีผลของการโหลดดิ่ง (loading) สัญญาณที่ตีเทคได้นี้จะป้อนกลับไปเปรียบกับสัญญาณอ้างอิงทำให้ได้สัญญาณเออร์เรอร์ ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์แบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ อนาลอกทรานสดิวเซอร์ คือสิ่งประดิษฐ์ที่เปลี่ยนพลังงานรูปหนึ่งให้เป็นสัญญาณอนาลอกได้แก่พวก ทาโคเจนเนอเรเตอร์ โปเทนทิโอมิเตอร์และซิงโครเป็นต้น ส่วนฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์อีกแบบหนึ่งคือ ดิจิตอลทรานสดิวเซอร์ เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่เปลี่ยนพลังงานรูปหนึ่งให้เป็นสัญญาณดิจิทัล ได้แก่พวกอินครีเมนทเอนโคเดอรรีโซลเวอร์ แมกนิติคคัพ เป็นต้น

### ดีซีมอเตอร์และโหลด

คือ ระบบที่ถูกคอนโทรลหรือส่วนที่ออกแรงทำงานซึ่งจะเป็นเครื่องจักรกล(ดีซีมอเตอร์)หรืออะไรก็ตามที่ให้ตัวแปร ดีซีมอเตอร์ในที่นี้เป็นแบบแม่เหล็กถาวรที่มีคุณสมบัติการทำงานสูง มีอาร์เมเจอร์อินดักแตนซ์และแรงเฉื่อยของโรเตอร์ต่ำ

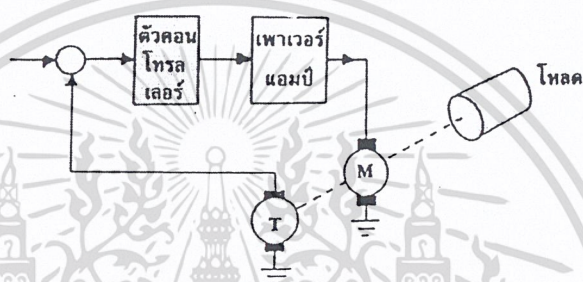
## 2.7 ลักษณะการคอนโทรลดีซีมอเตอร์

ระบบการคอนโทรลดีซีมอเตอร์สามารถที่จะจำแนกลักษณะการคอนโทรลออกได้เป็น 2 แบบ คือระบบอนาลอกคอนโทรลและระบบดิจิทัลคอนโทรล

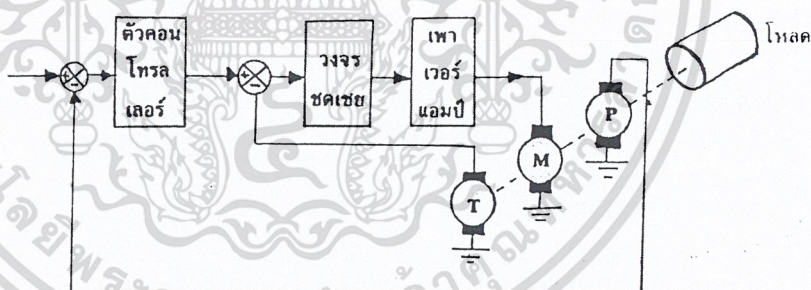
### 2.7.1 ระบบอนาล็อกคอนโทรล

ในคอนโทรลลูปของระบบอนาล็อกคอนโทรล เอาท์พุทของระบบจะถูกวัดค่าหรือดีเท็คค่าได้เป็นส่วนกับสัญญาณไฟฟ้าที่เป็นสัญญาณอนาล็อกเช่นระบบที่มีการป้อนกลับด้วยทาโคมิเตอร์ในรูปที่ 2.7 โวลต์ เต็จเอาท์พุทของทาโคมิเตอร์จะเป็นสัญญาณอนาล็อกที่แสดงถึงความเร็วมอเตอร์

ในทำนองเดียวกันระบบการคอนโทรลตำแหน่งดังแสดงในรูป 2.8 ไดนามิควาริเวเบิล(การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของโหลด)จะเป็นสัดส่วนกับโวลต์เต็จเอาท์พุทที่ได้จากโปเทนทิโอมิเตอร์ นั่นคือตำแหน่งเอาท์พุทของระบบเป็นสัญญาณอนาล็อกที่มีลักษณะเป็นไดนามิควาริเวเบิล



รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมของระบบคอนโทรลความเร็วที่มีทาโคมิเตอร์เป็นตัวป้อนกลับ



รูปที่ 2.8 บล็อกไดอะแกรมของระบบคอนโทรลตำแหน่งที่มีทาโคมิเตอร์เป็นตัวเสริมเสถียรภาพให้ดีขึ้น

-สรุปได้ว่าระบบอนาล็อกคอนโทรลก็คือคอนโทรลลูปที่มีฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์เป็นอนาล็อกทรานสดิวเซอร์วัดค่าไดนามิควาริเวเบิลออกเป็นสัญญาณอนาล็อกป้อนกลับไปยังตัวอนาล็อกคอนโทรลเลอร์เพื่อคอนโทรลให้ได้คุณสมบัติการทำงานเป็นไปตามที่ต้องการ ตัวอย่างของระบบอนาล็อกคอนโทรลของระบบดีซีมอเตอร์แสดงได้ดังในรูปที่ 2.9 และรูปที่ 2.10



## 2.8 วิธีการคอนโทรลมอเตอร์

### 2.8.1 การคอนโทรลมอเตอร์ด้วยดีซีโวลต์เต็ม

- (ก) เฟสคอนโทรลโดยใช้ไทรริสเตอร์ (SCR)
- (ข) โวลต์เต็มคอนโทรลโดยใช้ทรานซิสเตอร์
- (ค) ออน-ออฟ คอนโทรลโดยใช้ทรานซิสเตอร์และไทรริสเตอร์
- (ง) ไทม์เรโซคอนโทรล
- (จ) เฟสล็คคูลูปคอนโทรล

### 2.8.2 การคอนโทรลมอเตอร์ด้วยเอซีโวลต์เต็ม

- (ก) เฟสคอนโทรลด้วยไทรริสเตอร์ (TRIAC)
- (ข) อินติกรอลคอนโทรลด้วยไทรริสเตอร์

### 2.8.3 การคอนโทรลมอเตอร์ด้วยการคอนโทรลความเร็ว

- (ก) อินเวอร์เตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์
- (ข) อินเวอร์เตอร์ด้วยไทรริสเตอร์
- (ค) เฟสล็คคูลูปคอนโทรล

## 2.9 สเตปมอเตอร์

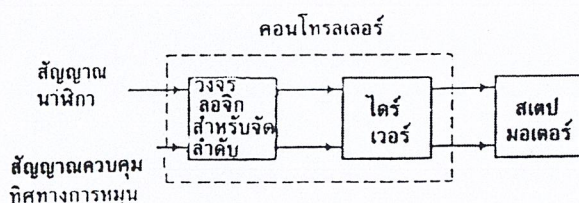
นิยามของสเตปมอเตอร์ จะมีเพลลาหมุนเป็นสเตป

- ป้อนอินพุตด้วยพัลส์ที่มีความถี่ค่าหนึ่ง
- จะสเตปไปหนึ่งสเตปในแต่ละพัลส์
- ขนาดของสเตปขึ้นอยู่กับการออกแบบสเตปมอเตอร์

การทำงานของสเตปมอเตอร์ ขึ้นอยู่กับพัลส์ที่ป้อนให้กับขดลวดเฟสของมันในลำดับที่ถูกต้องด้วยวงจรถอดจิกสำหรับจัดลำดับ (sequencer logic)

- ด้วยกระแสที่พอเพียงโดยวงจรวอร์เตอร์

คอนโทรลเลอร์ของสเตปมอเตอร์ แสดงได้ดังในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ตัวคอนโทรลเลอร์สำหรับควบคุมการทำงานของสเตปมอเตอร์

ในรูปที่ 2.12 สเตปมอเตอร์จะทำงานเมื่อเราป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-สัญญาณพัลส์นาฬิกา (clock pulses)

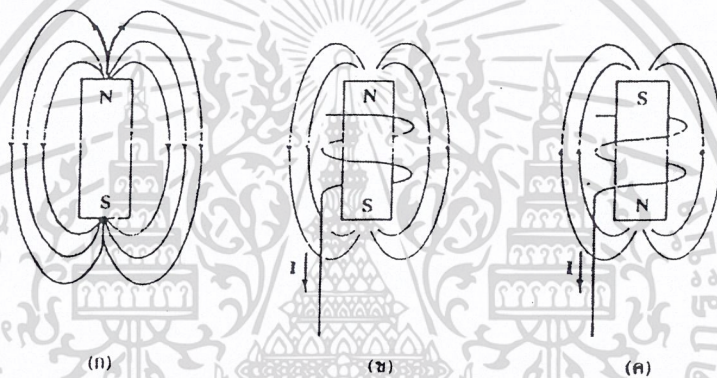
-อินพุตสำหรับควบคุมทิศทางการหมุน

คอนโทรลเลอร์ของสเตปมอเตอร์จะอินเตอร์เฟสได้โดยตรงกับไมโครโปรเซสเซอร์ หรือไมโครคอมพิวเตอร์

สเตปมอเตอร์สามารถกำหนดตำแหน่งของโหลดได้อย่างเที่ยงตรงมากเนื่องจากแต่ละอินพุตพัลส์จะทำให้สเตปมอเตอร์เคลื่อนที่ไปหนึ่งสเตปอย่างเที่ยงตรง

หลักการทำงานของสเตปมอเตอร์ทั่ว ๆ ไป

ในรูปที่ 2.13 แสดงหลักการพื้นฐานของเส้นแรงแม่เหล็ก



รูป 2.13 แสดงถึงสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในลักษณะต่าง ๆ

ในรูป 2.13(ก) สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากแม่เหล็กถาวร

2.13(ข) สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากกระแส I

2.13(ค) ขั้วแม่เหล็กกลับทิศทางเมื่อขดลวดถูกพันกลับทิศทางและทิศทางการไหลของกระแสไม่เปลี่ยนแปลง

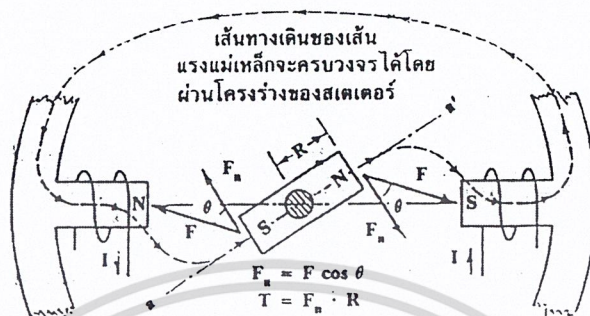
ในรูปที่ 2.14 แท่งแม่เหล็กถาวรติดอยู่บนเพลาและหมุนได้อิสระเหมือนอาร์มาเจอร์ มีขั้วแม่เหล็กไฟฟ้า 2 ขั้วซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงโลหะที่เป็นสเตเตอร์ (stator)

ในรูปที่ 2.14 ตำแหน่งแกนของอาร์มาเจอร์แม่เหล็กคือ  $a-a'$  ซึ่งต่างไปจากตำแหน่งแกนขั้วของแม่เหล็กไฟฟ้าเล็กน้อยเป็นมุม  $\theta$

แรงแม่เหล็กที่เกิดจากการดึงดูดของขั้วแม่เหล็กที่ต่างกันทำให้เกิดส่วนของแรงปกติ

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

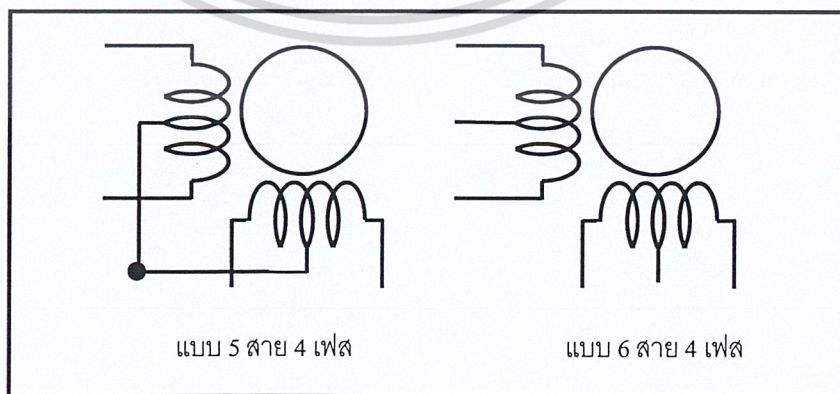
ทอร์กผลรวม  $T = F_n \cdot R$  (ทำให้อาร์มาเจอร์หมุนไปทิศทาง CW จนกว่าแกนของมาเจอร์ a-a' จะอยู่ในแนวเดียวกับแกนขั้วของสเตเตอร์)



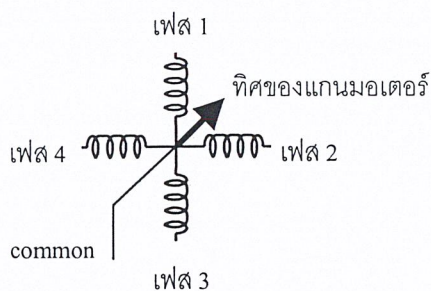
รูปที่ 2.14 แสดงแรงดึงดูดทำให้เกิดทอร์กที่หมุนอาร์มาเจอร์ให้ไปอยู่ในตำแหน่งสมดุล ถ้าหากมีขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าหลาย ๆ ขั้วล้อมรอบ สเตเตอร์และถ้าหากขั้วเหล่านั้นถูกกระตุ้นด้วยกระแสพัลส์ในรูปแบบที่เรียงลำดับกัน ไปอาร์มาเจอร์ก็จะหมุนในรูปลักษณะของสเตปที่เข้าไปตามการหมุนของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากการสวิตซ์ที่เรียงลำดับของขดลวดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าของสเตเตอร์

2.10 ทฤษฎีสเตปปีงมอเตอร์ (Stepping Motor)

สเตปเปอร์มอเตอร์ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จนในปัจจุบันสเตปเปอร์มอเตอร์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุด และหาได้ง่ายคือ สเตปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ (uni-polar stepper motor) มีลักษณะการพันขดลวดของมอเตอร์แสดงในรูปที่ 2.15



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 2.15 แสดงลักษณะการพันขดลวดของมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 แสดงการวางของขดลวดแต่ละเฟสของสเต็ปป์มอเตอร์

สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบนี้มีการพันขดลวด 2 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ แต่ละขดแบ่งเป็น 2 เฟส รวมมอเตอร์ทั้งตัวจะมี 4 เฟสคือ เฟส 1,2,3 และ 4 มีการต่อสายออกมาจากขดลวดแต่ละขดเพื่อจ่ายไฟเลี้ยง ทำให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบนี้มีทั้งแบบ 5 สายและ 6 สาย ถ้าเป็นแบบ 5 สาย จะเป็นการนำสายไฟเลี้ยงของขดลวดทั้งสองมาต่อรวมกันเป็นสายเดียว

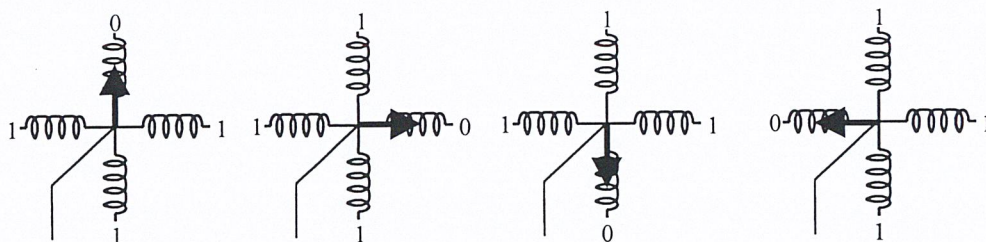
การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปแต่ละสเต็ปทำได้โดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขดลวดทีละขดบนสเตเตอร์ ซึ่งต้องป้อนเป็นแบบซีควีนเชียลในรูปแบบที่ถูกต้องด้วยสามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบคือ แบบหนึ่งเฟส,แบบ 2 เฟส (two phase) และแบบครึ่งสเต็ป (half step)

แบบหนึ่งเฟสหรือแบบฟูลสเต็ป (full step) เป็นการกระตุ้นที่มีรูปแบบง่ายที่สุด โดยทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่งไล่เรียงถัดกันไป เช่น เริ่มต้นที่ขดที่ 1,2,3,4 แล้ววนกลับมาขดที่ 1 วนไปเรื่อยๆ หรือเริ่มที่ขดที่ 1 แล้วย้อนไปยังขดที่ 4,3,2 แล้วกลับมาขดที่ 1 อีกครั้ง ซึ่งทำให้ทิศทางการหมุนสวนกันในการกระตุ้นรูปแบบนี้จึงมีขดลวดเพียงขดเดียวในเวลาหนึ่งที่ถูกระตุ้นเท่านั้น วงจรกระตุ้นแบบเวฟจึงมีราคาถูกและง่าย ขั้นตอนการทำงานต่างๆ แสดงดังในตาราง 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงลำดับการทำงานของขดลวดในแต่ละเฟสของมอเตอร์ เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบหนึ่งเฟส

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	-	ทำงาน	-	-
3	-	-	ทำงาน	-
4	-	-	-	ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



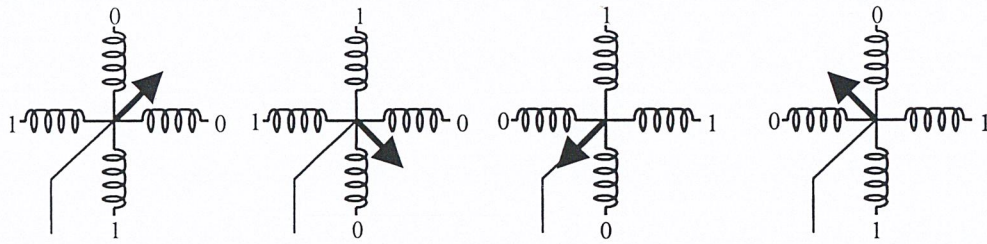
รูปที่ 2.17 แสดงการหมุนของแกนมอเตอร์เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบหนึ่งเฟส

แบบ 2 เฟสเป็นการกระตุ้นซึ่งคล้ายกับแบบหนึ่งเฟส แต่การกระตุ้นแบบนี้จะทำการกระตุ้นโดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปที่ขดลวด 2 ขด ที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกัน และเรียงถัดกันไปเช่นเดียวกับแบบเวฟดังตัวอย่าง ขดลวดขุดแรกที่ถูกระตุ้นจะเป็นขดที่ 1 และ 2 ตามด้วยการกระตุ้นขดที่ 2 และ 3 ต่อไปเป็นขดที่ 3 และ 4 ถัดไปเป็นขดที่ 4 และ 1 แล้วกลับมาที่ขดที่ 1 และ 2 วนไปตามลำดับเช่นนี้หรือเริ่มที่ขด 1 และ 4 ตามด้วยขดที่ 4 และ 3 ถัดไปเป็นขดที่ 3 และ 2 ต่อไปเป็นขดที่ 2 และ 1 แล้ววนกลับมาที่ขดที่ 1 และ 4 ทิศทางการหมุนจะสวนทางกัน การกระตุ้นสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบนี้สามารถเพิ่มแรงบิดได้มากกว่าแบบเวฟ โรเตอร์จะเคลื่อนที่ด้วยแรงดึงอย่างเต็มแรงจาก 2 ขดลวดที่ถูกระตุ้นพร้อมกัน และต่อไปด้วยแรงดึงจากอีก 2 ขดลวดถัดไป สำหรับข้อเสียคือการกระตุ้นแบบนี้ต้องใช้กำลังไฟฟ้ามากขึ้น ขั้นตอนการทำงานต่างๆ แสดงดังในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงลำดับการทำงานของขดลวดในแต่ละเฟสของมอเตอร์ เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบสองเฟส

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	ทำงาน	-	-
2	-	ทำงาน	ทำงาน	-
3	-	-	ทำงาน	ทำงาน
4	ทำงาน	-	-	ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



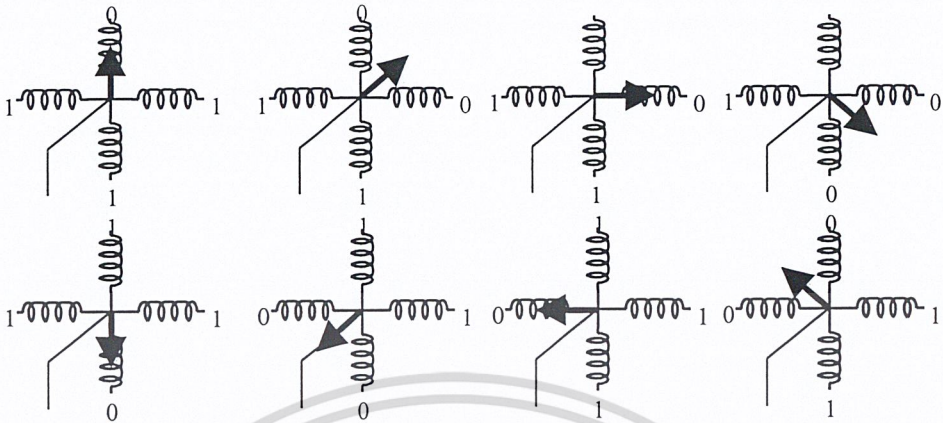
รูปที่ 2.18 แสดงการหมุนของแกนมอเตอร์เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบสองเฟส

แบบครึ่งสเต็ปเป็นรูปแบบที่ผสมผสานระหว่างการกระตุ้นแบบหนึ่งเฟสและแบบ 2 เฟส เพื่อเพิ่มจำนวนของสเต็ปต่อรอบอีกเท่าตัวหนึ่ง ในระบบนี้จะทำการกระตุ้นขดลวดเรียงกันไปเป็นลำดับดังนี้ เริ่มจากขดลวดที่ 1,1 และ 2,2,2 และ 3,3,3 และ 4,4,4 และ 1 แล้ววนกลับมาขดลวดที่ 1 แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นแบบนี้จะเพิ่มมากขึ้นอีก เพราะช่วงสเต็ปมีระยะสั้นลง แต่ละสเต็ปเกิดแรงเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน ความถูกต้องของตำแหน่งมีเพิ่มมากขึ้น แต่ต้องพึงระวังไว้อีกประการหนึ่งว่า เมื่อกระตุ้นให้ทำงานในรูปแบบนี้จะต้องทำการหมุนถึง 2 สเต็ป จึงจะได้เท่ากับระยะเท่ากับ 1 สเต็ปเต็มของการควบคุมใน 2 แบบแรก สำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต้องใช้ขนาดเท่ากับแบบ 2 เฟสเป็นอย่างน้อย จึงจะเพียงพอ ขั้นตอนการทำงานต่างๆ แสดงดังในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงลำดับการทำงานของขดลวดในแต่ละเฟสของมอเตอร์ เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ป

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	ทำงาน	ทำงาน	-	-
3	-	ทำงาน	-	-
4	-	ทำงาน	ทำงาน	-
5	-	-	ทำงาน	-
6	-	-	ทำงาน	ทำงาน
7	-	-	-	ทำงาน
8	ทำงาน	-	-	ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แสดงการหมุนของแกนมอเตอร์เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบครึ่งสเต็มป์

2.11 ระบบการสื่อสารข้อมูลของคอมพิวเตอร์

2.11.1 ระบบการส่งข้อมูลแบบดิจิทัล

ลักษณะข้อมูลที่ใช้ในระบบนี้จะอยู่ในรูปฟอร์มของตัวเลข '0' กับ '1' เช่น ตัวเลขฐานสอง, ตัวเลขฐานสิบหก เป็นต้น บางครั้งอาจมีความต้องการส่งสัญญาณอนาล็อกผ่านทางระบบดิจิทัลจึงต้องมีการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัลเสียก่อนเรียกว่าการสุ่มตัวอย่าง(Sampling) ซึ่งเป็นวิธีทางคณิตศาสตร์ ค่าที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจัดเป็นเลขฐานสอง ( Binary Code ) ที่สามารถจัดตามเทคนิคทางสัญญาณดิจิทัลได้เช่น การส่งข้อมูลแบบขนานหรืออนุกรม และ แบบซิงโครนัสหรือแบบอะซิงโครนัส เป็นต้น

ทิศทางของการส่งสัญญาณ

เราสามารถแบ่งทิศทางการส่งสัญญาณได้ 3 วิธีคือ

1. การส่งผ่านแบบทิศทางเดียว (Simplex)
2. การส่งผ่านแบบสองทิศทางแต่ต่างเวลากัน (Half-Duplex)
3. การส่งผ่านแบบสองทิศทางในเวลาเดียวกัน (Full-Duplex)

การส่งผ่านแบบทิศทางเดียว (Simplex)

หมายถึง รูปแบบการส่งสัญญาณให้ด้านรับได้ฝ่ายเดียว โดยไม่สามารถโต้ตอบผ่านการติดต่อได้เช่น การกระจายเสียงของวิทยุหรือสัญญาณโทรทัศน์ เป็นต้น



รูปที่ 2.20 แสดงการส่งสัญญาณแบบทิศทางเดียว (Simplex)

การส่งผ่านแบบสองทิศทางแต่ต่างเวลากัน (Half-Duplex)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการขังในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

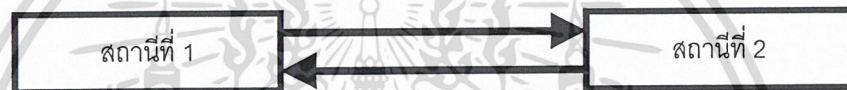
หมายถึง รูปแบบสัญญาณที่สถานีทั้งสองฝ่ายสามารถรับและส่งสัญญาณระหว่างกันได้โดยกำหนดว่าต้องมีด้านใดด้านหนึ่งเป็นตัวรับเสมอ เช่น การใช้วิทยุสมัครเล่นในการติดต่อสื่อสาร เป็นต้น



รูปที่ 2.21 แสดงการส่งผ่านแบบสองทิศทางแต่ต่างเวลากัน (Half-Duplex)

การส่งผ่านแบบสองทิศทางในเวลาเดียวกัน (Full-Duplex)

หมายถึง รูปแบบการส่งสัญญาณที่ทั้งด้านส่งและด้านรับสามารถที่จะส่งสัญญาณในเวลาเดียวกันได้โดยไม่ต้องสลับด้านกันด้วย เช่น การสนทนาทางโทรศัพท์ เป็นต้น



รูปที่ 2.22 แสดงการส่งผ่านแบบสองทิศทางในเวลาเดียวกัน (Full-Duplex)

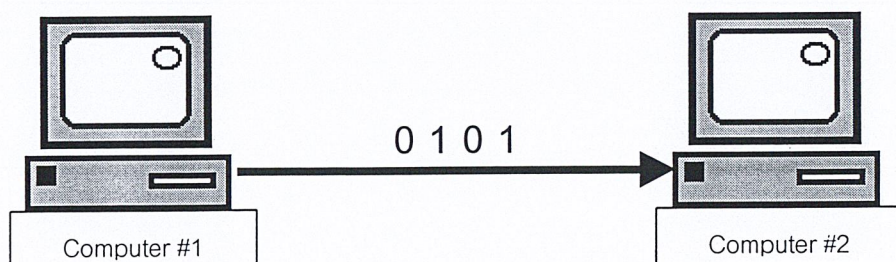
### 2.11.2 ลักษณะของการรับส่งข้อมูลแบบดิจิทัล

โดยทั่วไปแล้วหลักใหญ่ของการรับส่งข้อมูลในรูปแบบของสัญญาณดิจิทัลมีลักษณะการส่งข้อมูล 2 แบบคือ

1. การส่งแบบอนุกรม
2. การส่งแบบขนาน

การส่งแบบอนุกรม

ข้อมูลแต่ละบิตจะถูกส่งเรียงออกไปเป็นลำดับต่อเนื่องกันทีละบิต เช่น ข้อมูล 0101 เลข 1 ทางขวาสุดซึ่งเป็นบิตนัยสำคัญต่ำสุดจะถูกส่งออกไปก่อน ตามด้วยเลข 0 เลข 1 และเลข 0 ซึ่งเป็นบิตนัยสำคัญสูงตามลำดับ โดยมีสายส่งอยู่เพียงเส้นเดียว

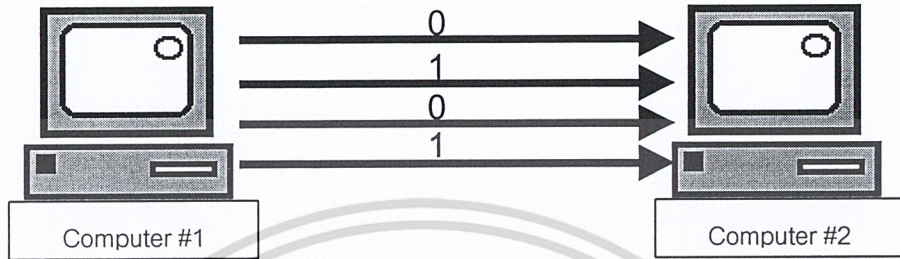


รูปที่ 2.23 แสดงการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การส่งข้อมูลแบบขนาน

ข้อมูลทุกๆ บิตจะถูกส่งออกไปพร้อมๆ กัน ในครั้งเดียว เช่น ถ้าข้อมูลเป็น 0101 ทั้งสี่บิตจะถูกส่งออกไปพร้อมกันหมด โดยผ่านส่งสัญญาณจำนวน 4 เส้น โดยแต่ละบิตจะส่งในสายคนละเส้นกัน



รูปที่ 2.24 แสดงการส่งข้อมูลแบบขนาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

#### การคำนวณและการสร้าง

##### 3.1 การออกแบบส่วนใช้บังคับการหมุน

ในระยะเวลา 2 ภาคการศึกษา ในภาคการศึกษาแรกเราได้ออกแบบการบังคับการหมุนของมอเตอร์ใน 2 ลักษณะ คือทางด้าน XY และ ทางด้าน Z ซึ่งมีแบบและขนาดดังนี้

##### ส่วนสเตปป์มอเตอร์



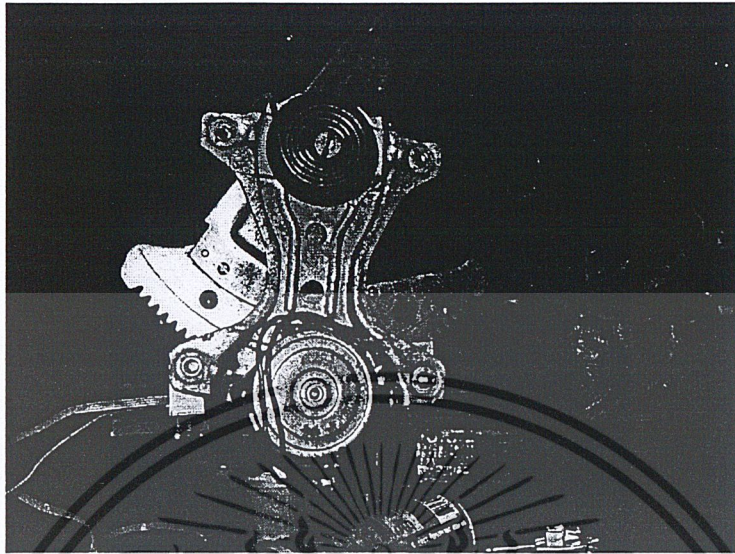
รูปที่ 3.1 สเตปมอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนแนวแกน xy

ตัวสเตปมอเตอร์จะทำการหมุนได้รอบอย่างอิสระเป็นมอเตอร์ขับเคลื่อนในแนวระนาบหรือในแกน xy

การควบคุมสเตปป์มอเตอร์ จะเป็นการทำโดยใช้ ET-SMCC โดยการควบคุมการใช้แรงดันแก่ขดลวดต่างๆ ของสเตปป์มอเตอร์ ตามลักษณะการกระตุ้น ไม่ว่าจะเป็นแบบฮาร์ฟสเตป(Half Step) หรือแบบฟูลสเตป(Full Step) โดยใช้การควบคุมบิตที่ใช้ควบคุมของโปรแกรมที่เรากำหนดขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

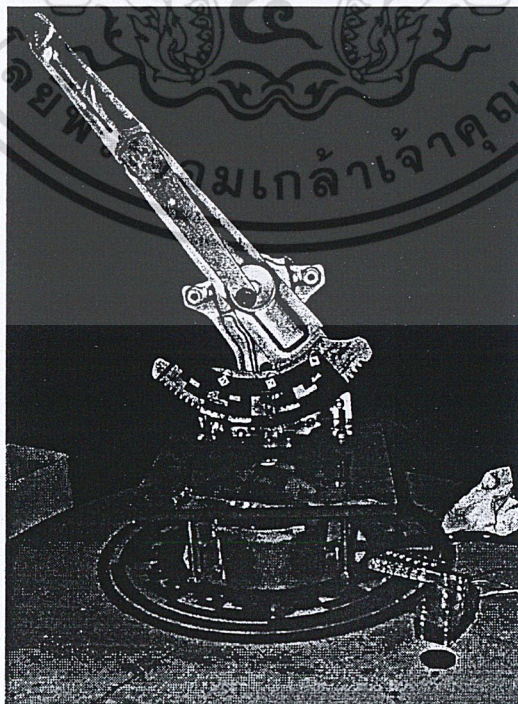
### ส่วนของดีซีมอเตอร์



รูปที่ 3.2 ดีซีมอเตอร์หมุนแนวแกน Z

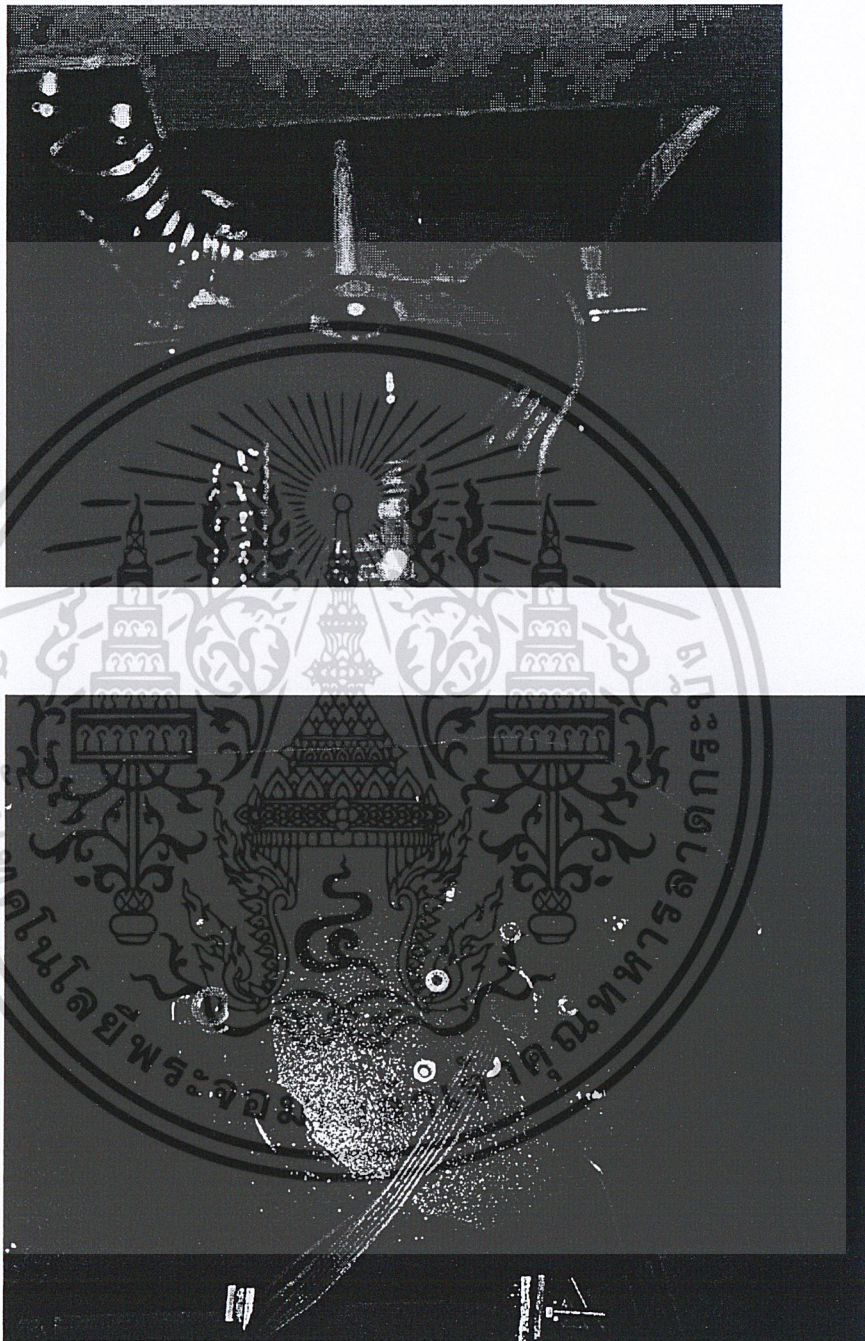
ส่วนของแกน Z ควบคุมด้วยดีซีมอเตอร์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้  $90^\circ$  ใช้สำหรับติดกล้อง วิดีโอหรือ กล้องวงจรปิด ใช้วงจรขับดีซีมอเตอร์ที่ออกแบบขึ้นมาใช้ในการควบคุมซึ่งจะเคลื่อนที่ได้ในทิศทาง 0-90 องศา สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้ละเอียด 3 องศา ซึ่งจะมีตัว เซนเซอร์ ดีเทคว่าตอนนี้อยู่ในตำแหน่งที่เท่าไร

พอประกอบกันแล้วก็จะได้รูปร่างและขนาดดังรูปที่ 3.3 ดังนี้



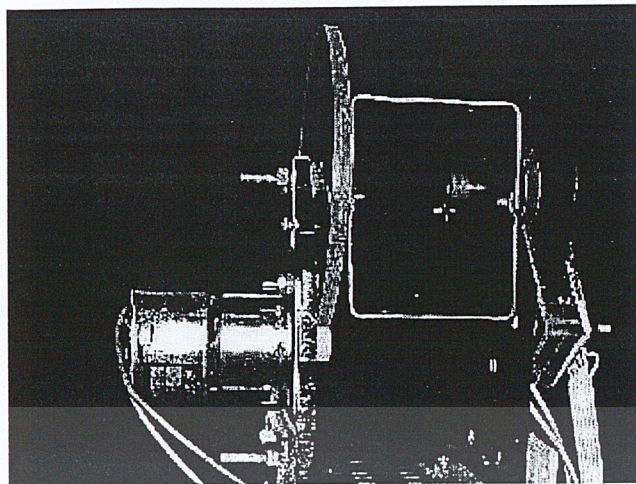
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3.3 แสดงการประกอบมอเตอร์รวมกัน ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะเห็นได้ว่าโครงสร้างในรูปแบบแรกมีขนาดใหญ่ และไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ที่เรา  
จะนำไปใช้ติดเพดาน จึงได้ทำการปรับขนาดของชิ้นงานให้มีขนาดเล็กกะทัดรัดขึ้น ดังนี้  
แบบใหม่ได้ทำการปรับปรุงแล้ว



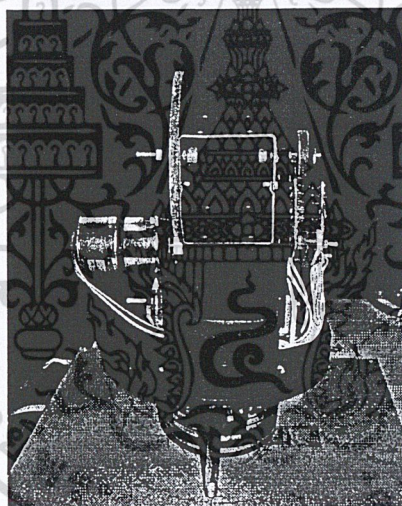
รูปที่ 3.4 แสดงสเตปป์มอเตอร์ที่ปรับปรุงให้มีขนาดเล็กขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงคีมอเตอร์ที่ปรับปรุงให้มีขนาดเล็กขึ้น

ประกอบมอเตอร์ที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว

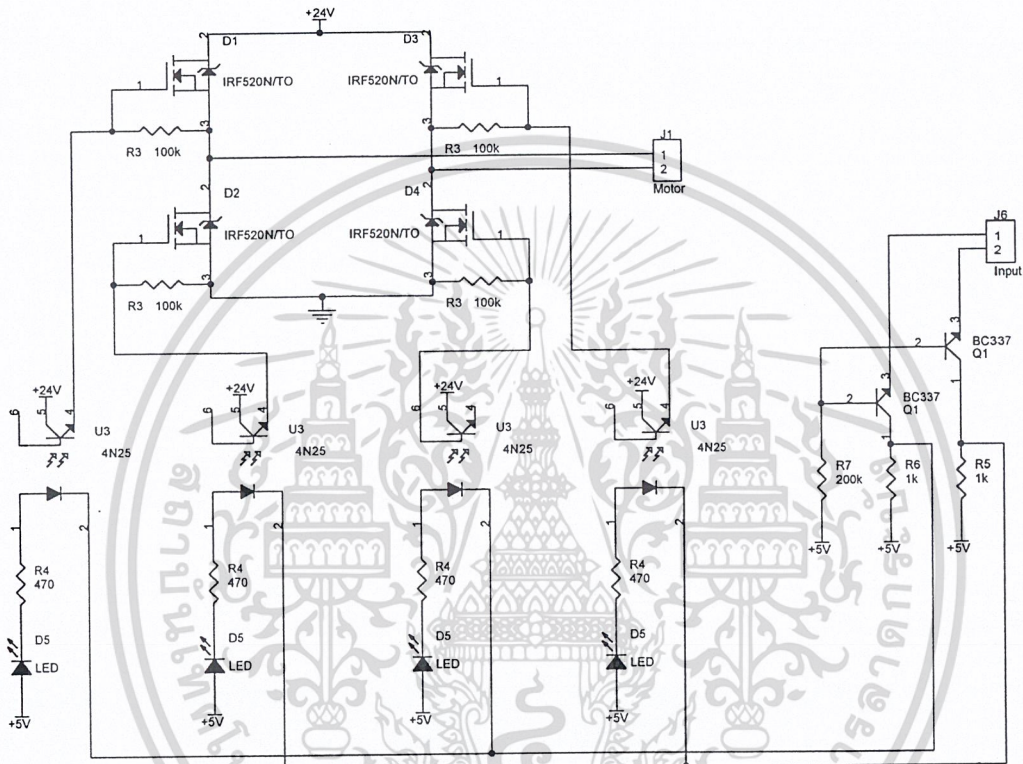


รูปที่ 3.6 แสดงการประกอบมอเตอร์ทั้งต้นแบบกับที่ปรับปรุงแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 ออกแบบส่วนที่ใช้ควบคุมมอเตอร์ การควบคุมดีซีมอเตอร์

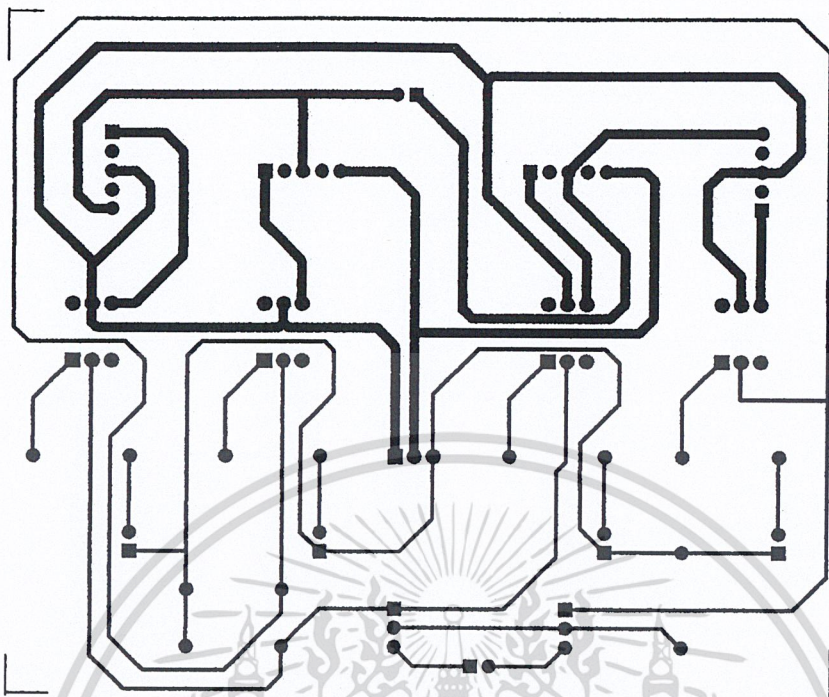
ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงจะใช้วงจรที่เรียกว่าไฮบริดซึ่งเราสามารถบังคับทิศทางการเคลื่อนที่และความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้เอาต์พุตเพียง 2 ขา เท่านั้นในโครงการพิเศษนี้ใช้ไอซี MOSFET ชนิด N-Channel เบอร์ IRF520N ต่อเป็นวงจรไฮบริด โดยในการทำงานจะต้องให้ MOSFET ที่อยู่ตรงข้าม 2 ตัวทำงานพร้อมกันเพื่อให้สามารถบังคับทิศทางได้



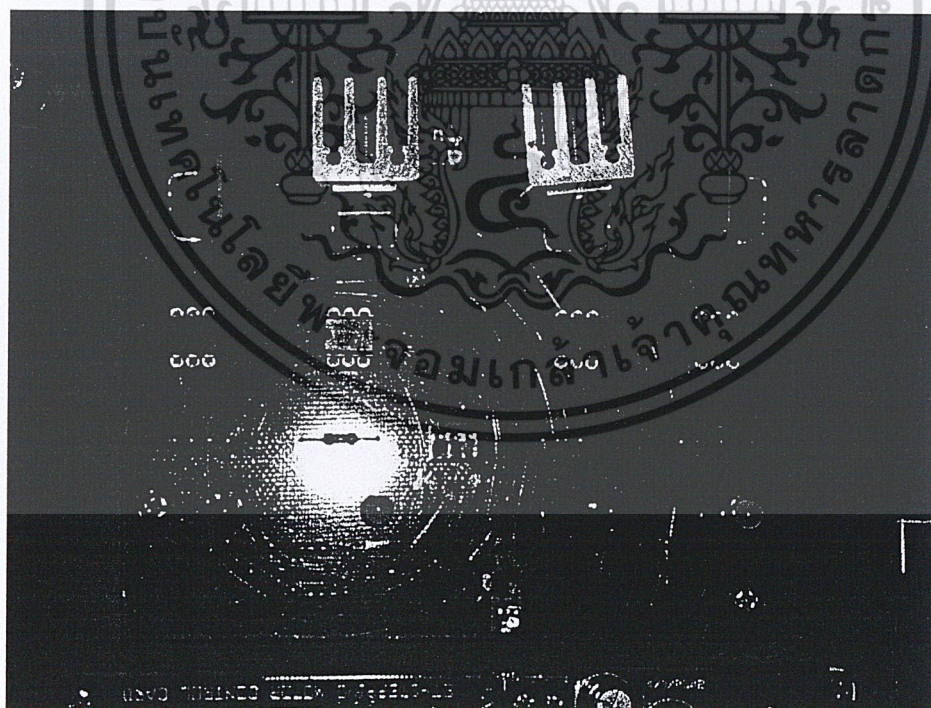
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรขับดีซีมอเตอร์

ลักษณะการทำงานจะทำงานเมื่ออินพุตได้รับบิต 0 เข้ามาจะทำงาน เช่น ถ้า อินพุต 1,2 รับสัญญาณบิตเป็น 0,1 นั้นหมายความว่า Transistor Bc337 จะคอนดักเกิดกระแสทำให้ U1,U2 ทำงาน ไอซีออปโต้ 4N25 จะเกิดกระแสไหลไปไดรฟ์ IRF520N ให้ทำงาน D1,D4 ทำให้เกิดการเชื่อมต่อถึงกันระหว่างเอาต์พุตขั้ว 1 กับไฟ +24 โวลต์ และขั้วเอาต์พุต 2 กับ กราวด์ ในทางตรงข้ามกันถ้าอินพุตได้รับบิตเข้ามาที่ 1,2 เป็นบิต 1,0 ตามลำดับก็จะทำให้ D3,D4 ทำงานทำให้เอาต์พุตที่ออกจากขั้ว 1,2 ได้เป็นกราวด์กับ +24 โวลต์ ตามลำดับ การเปลี่ยนกันระหว่าง 2 กรณีมีประโยชน์อย่างมากในการนำไปใช้ขับ ดีซีมอเตอร์ ให้หมุนไปหมุนกลับได้ (ในวงจรขับจะประกอบด้วยไอซีออปโต้คัปเปลเบอร์ 4N25 ทำหน้าที่เป็นตัวกันทางแสง โดยมี LED บอกลสถานะต่ออยู่ ถ้าสัญญาณที่ออกเป็น 5 โวลต์ (High level) LED จะดับ แต่ถ้าเป็น 0 โวลต์ (Low level) LED จะสว่าง )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงลายปริ้นซ์ของส่วนขับดีซีมอเตอร์

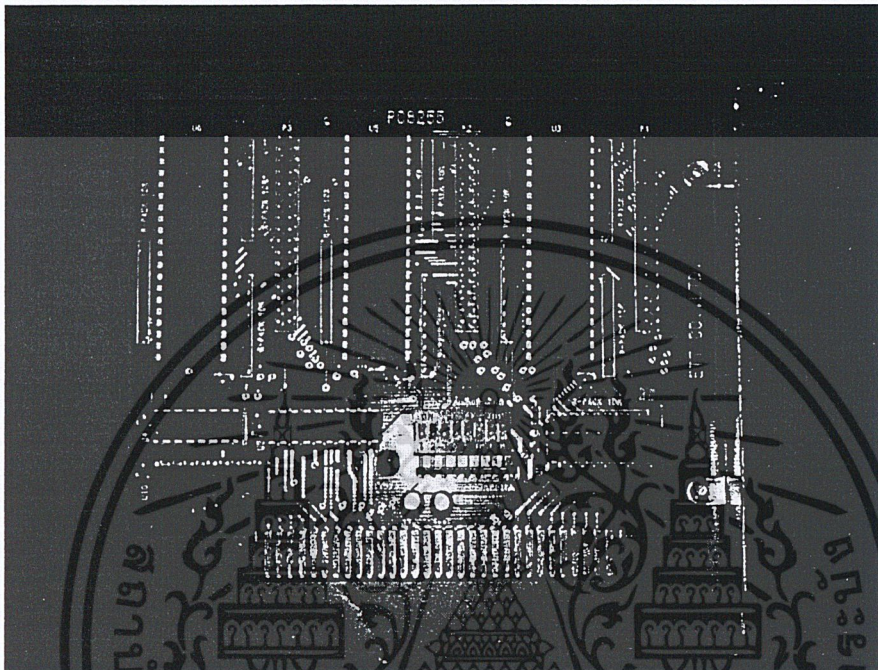


รูปที่ 3.9 ภาพแสดงการต่ออุปกรณ์ของส่วนขับดีซีมอเตอร์

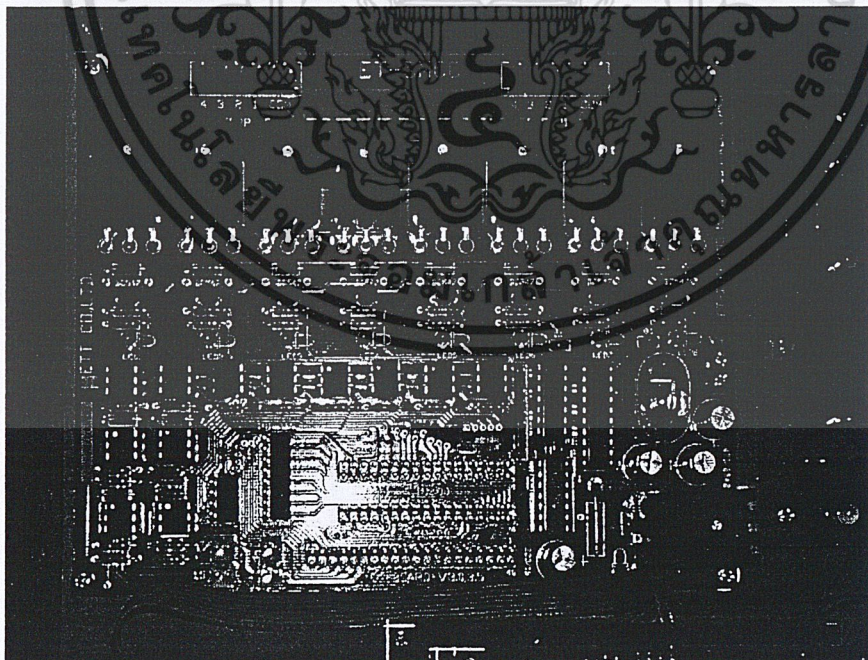
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การควบคุมสเตปปีงมอเตอร์

การควบคุมสเตปปีงมอเตอร์จะใช้การ์ดพีซี 8255 เพื่อทำการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ เป็นทางผ่านในการจับบอร์ด เอสเอ็มซีซี สเตปปีงมอเตอร์คอนโทรลการ์ด ในการควบคุมสเตปปีงมอเตอร์จะทำการส่ง บิต 0001 0010 0100 1000 ไล่ลำดับกันแบบนี้ไปเรื่อยซึ่งเป็นการไครฟมอเตอร์แบบฮาร์ฟสเตป



รูปที่ 3.10 แสดงการ์ด พีซี 8255 ที่ใช้เป็นตัวอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.11 แสดงการ์ด อีที-เอสเอ็มซีซี ที่ใช้ในการคอนโทรลสเตปปีงมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การออกแบบส่วนที่ใช้ระบุตำแหน่งมุม

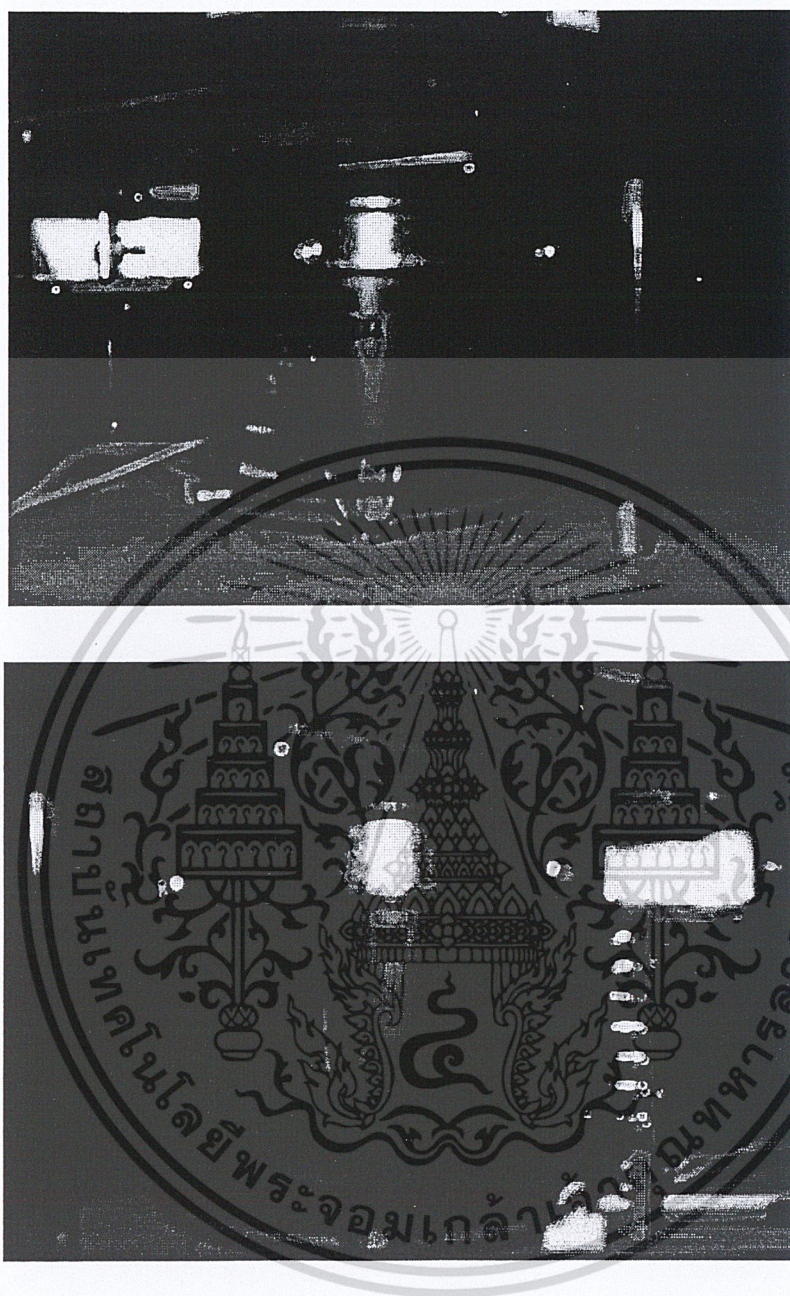
ส่วนแผ่นที่ใช้ในการตีโค้ดจะแบ่งเป็น 2 แกน คือ ทาง XY จะใช้ในการตีโค้ด มุม 360 องศา กับ ทางแกน Z จะใช้ในการตีโค้ดมุมก้มเงย ความแตกต่าง 0 – 90 องศา

#### งานเข้ารหัสมุม (Angular Encoding Plate)

การเข้ารหัสมุมให้เป็นดิจิทัลเซนเซอร์ที่กำหนดให้ในแต่ละตำแหน่ง เราจะเห็นได้บ่อยๆ ในการจับตำแหน่งของวัตถุที่มีการหมุนจนเป็นวงกลมขึ้นอยู่กับความละเอียดของตำแหน่งว่าสามารถยอมรับความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นได้หรือไม่ เรามีการเซนเซอร์ตำแหน่งอยู่หลายวิธีไม่ว่าจะใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้า หรือแสงเป็นตัวเซนเซอร์ แต่ในการนำเสนอนี้จะเป็นแบบแสงโดยใช้โฟโตไดโอดเป็นตัวส่งอินฟาเรด และโฟโตดีเทคเตอร์เป็นตัวรับนำมาจัดเรียงเป็นแถว และให้งานเข้ารหัสมุมผ่านตัวส่งและตัวรับจะทำให้เกิดเป็นพัลส์แรงดันเกิดขึ้นในแต่ละบิต ซึ่งจะใช้ทั้งหมด 7 บิตบอกตำแหน่ง 72 ตำแหน่ง นั่นก็คือ ตำแหน่งละ 5 องศาในเซนเซอร์แนวระนาบและเซนเซอร์ในแนวแกน Z จะใช้ 5 บิต บอกตำแหน่ง 18 ตำแหน่ง ตั้งแต่ 0-90 องศา เลื่อนตำแหน่งละ 5 องศา

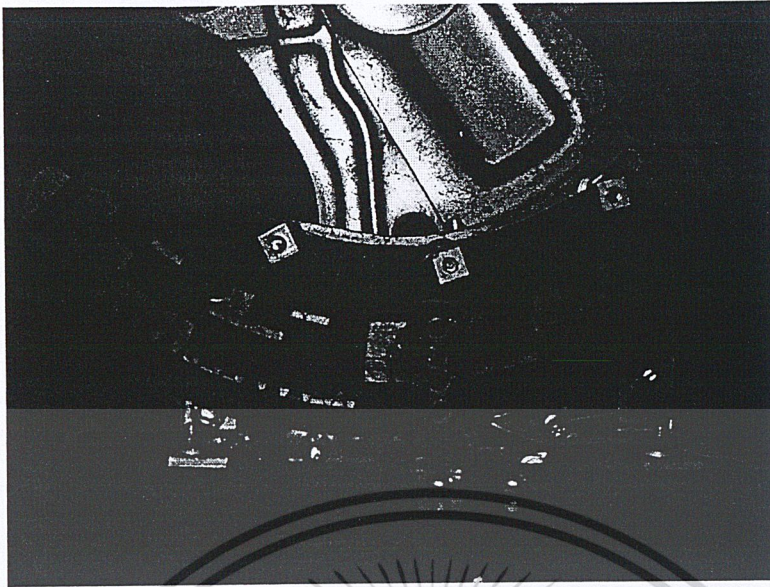


รูปที่ 3.12 งานเข้ารหัสไบนารีบิตทางแกน XY เดิม



รูปที่ 3.13 งานเข้ารหัสไบนารีทิศทางแกน XY ที่ปรับปรุงใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 งานเข้ารหัสไบนารีทิศทางแกน Z เดิม



รูปที่ 3.15 งานเข้ารหัสไบนารีทิศทางแกน Z ที่ปรับปรุงใหม่

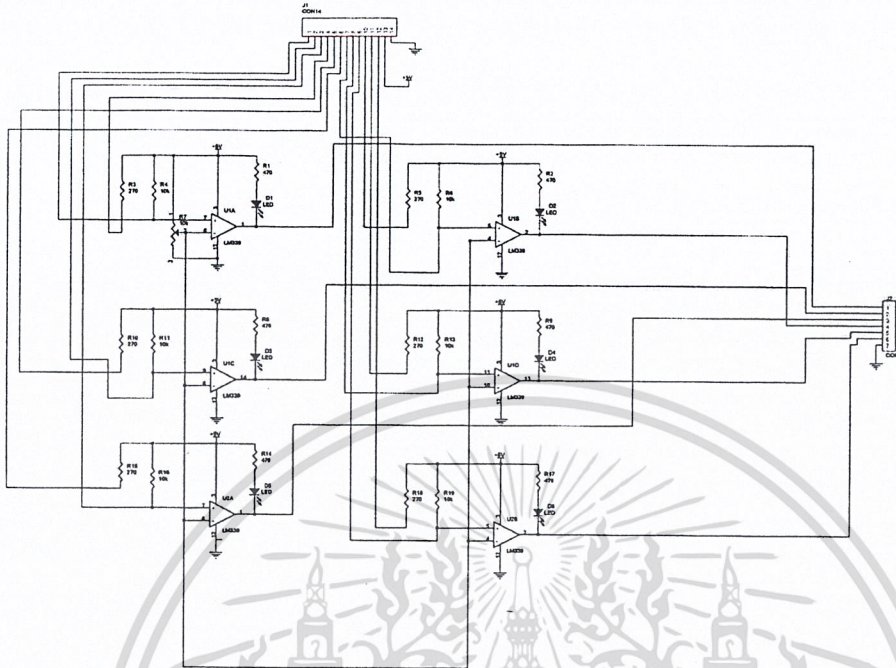
#### บอร์ดเซนเซอร์ดีโคเดอร์

บอร์ดเซนเซอร์ดีโคเดอร์เป็นบอร์ดที่ทำการรับค่าที่ได้จากเซนเซอร์อินฟาเรด ซึ่งเซนเซอร์ตัวรับตัวส่ง การเห็นกันจะเป็นไปตามการหมุนของงานเข้ารหัสไบนารี โดยตัวรับจะส่งค่าให้กับวงจรคอมพิวเตอร์ทำการ เปรียบเทียบแรงดันที่รับได้เข้ามาเทียบกับแรงดันเรฟเฟอร์เรนซ์ที่เราได้กำหนดไว้ โดยความไวมากน้อยแล้วแต่การปรับ ตัวด้านทานปรับค่าได้ วงจรคอมพิวเตอร์จะทำการปรับระดับแรงดันให้ได้ตามค่า High level ของ

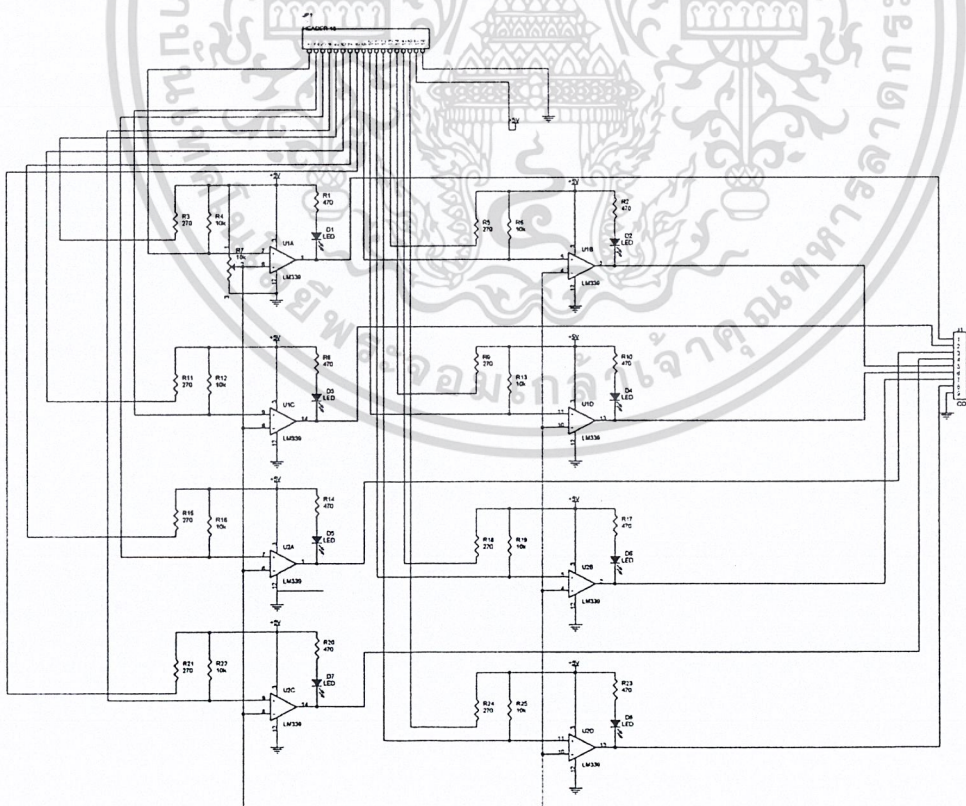
คอมพิวเตอร์ที่สามารถรับรู้ได้ คือ 5 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยบอร์ดเซนเซอร์ดีโคเดอร์จะมีอยู่ 2 บอร์ดซึ่งใช้ในการปรับมอเตอร์ทางแกน XY หนึ่งบอร์ดเป็นแบบ 8 บิต และอีกบอร์ดหนึ่งใช้ในการปรับมอเตอร์ทางแกน Z เป็นเซนเซอร์ดีโคเดอร์แบบ 6 บิต

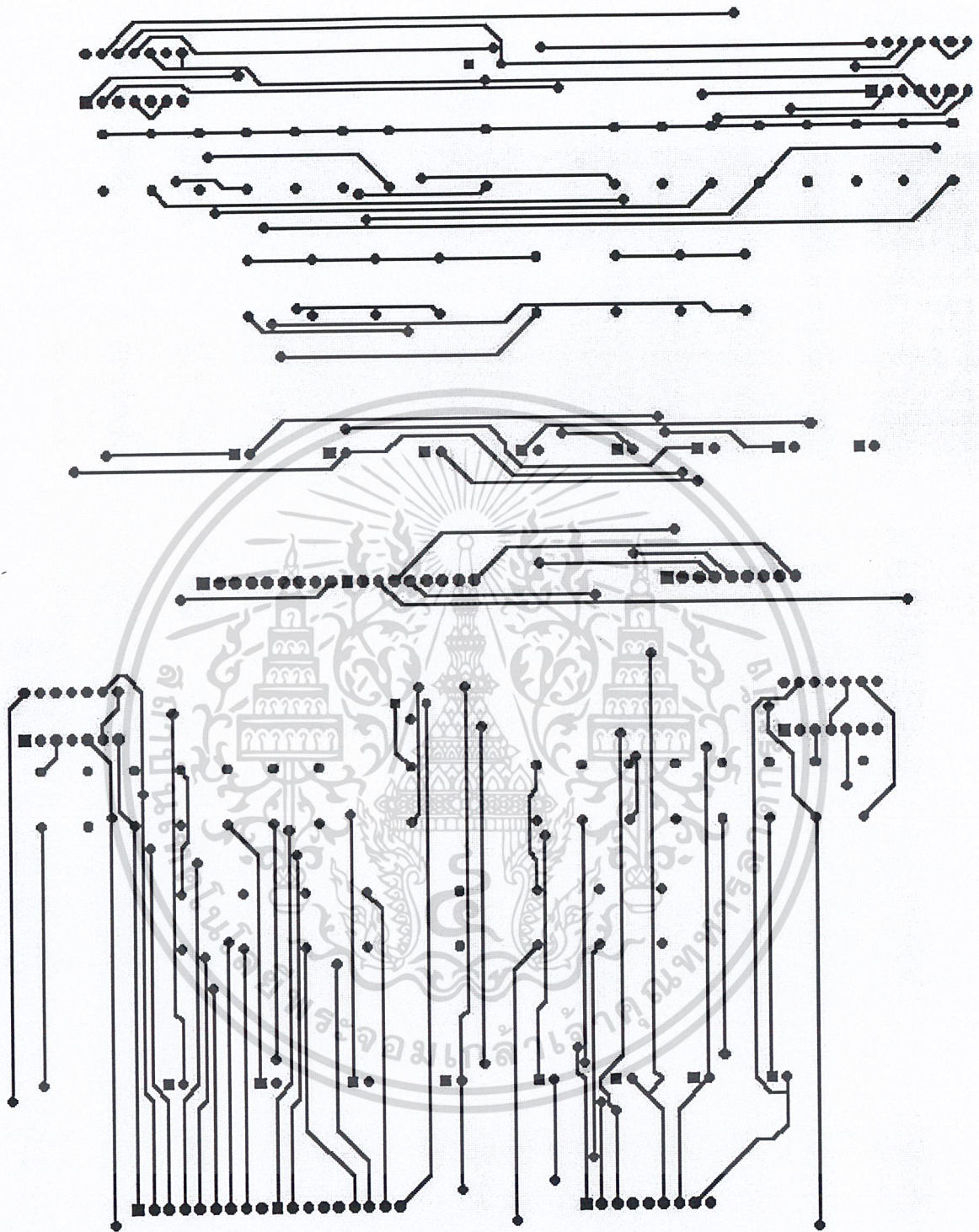


รูปที่ 3.16 แสดงวงจรเซนเซอร์ดีโคเดอร์ แบบ 6 บิต



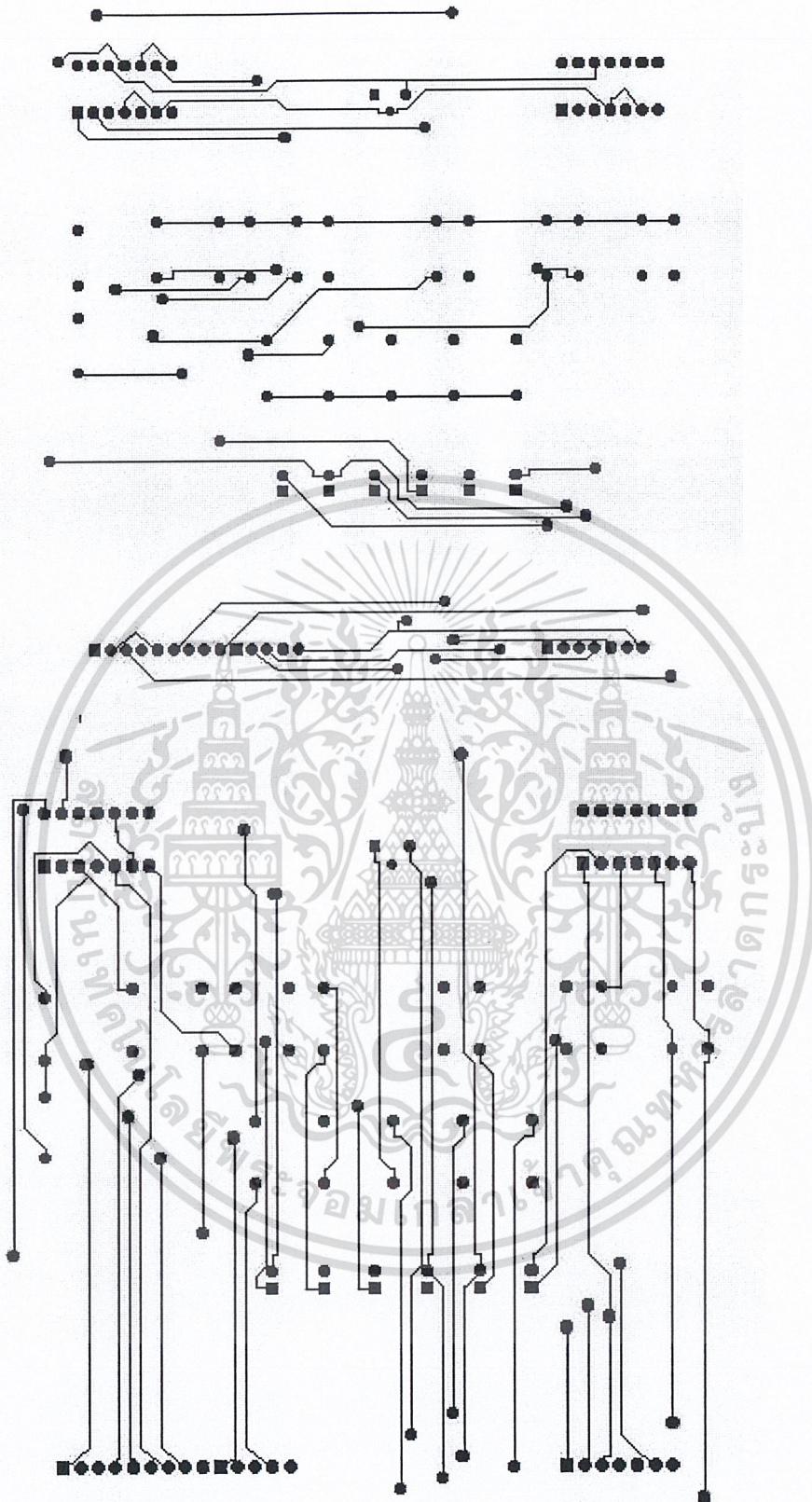
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.17 แสดงวงจรเซนเซอร์ดีโคเดอร์ แบบ 8 บิต



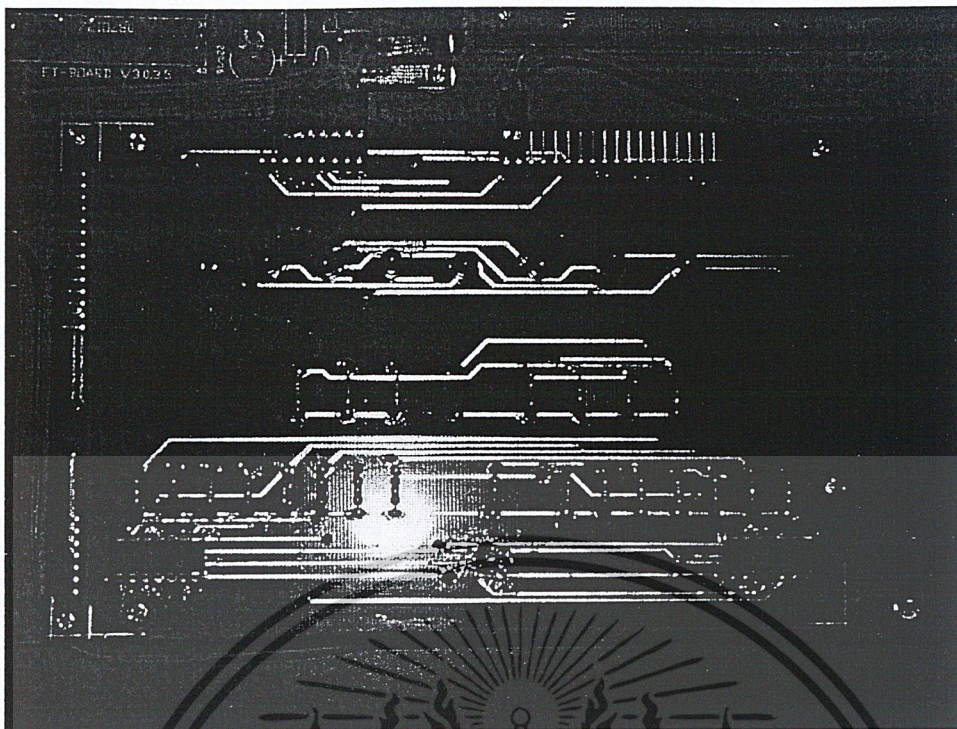
รูปที่ 3.18 แสดงลายปริ้นซ์วงจรเซนเซอร์ดีโคเดอร์ แบบ 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

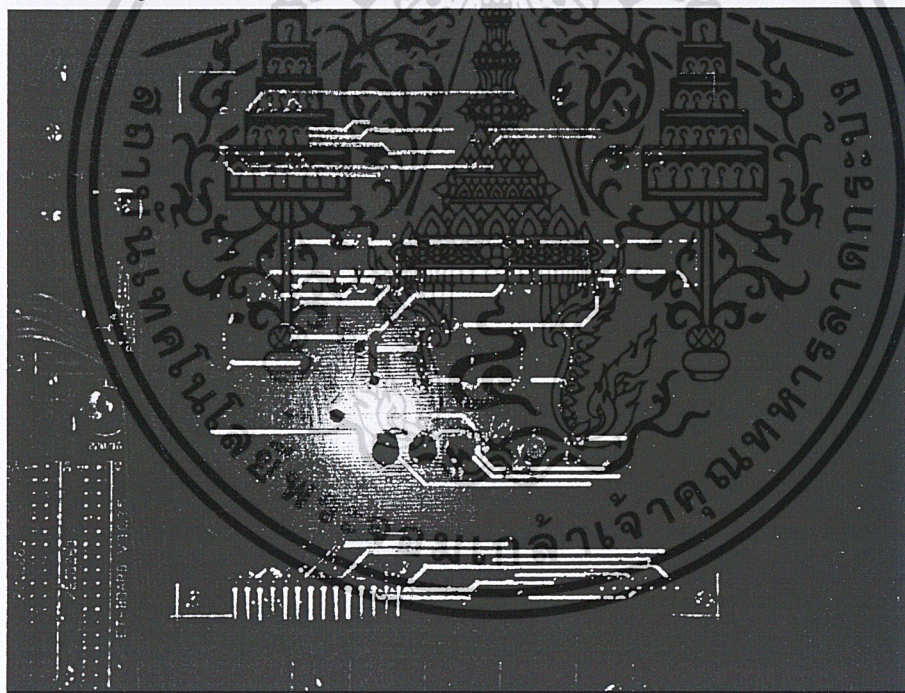


รูปที่ 3.19 แสดงลายปริ้นช่วงจรเซนเซอร์ดีโคเดอร์ แบบ 6 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



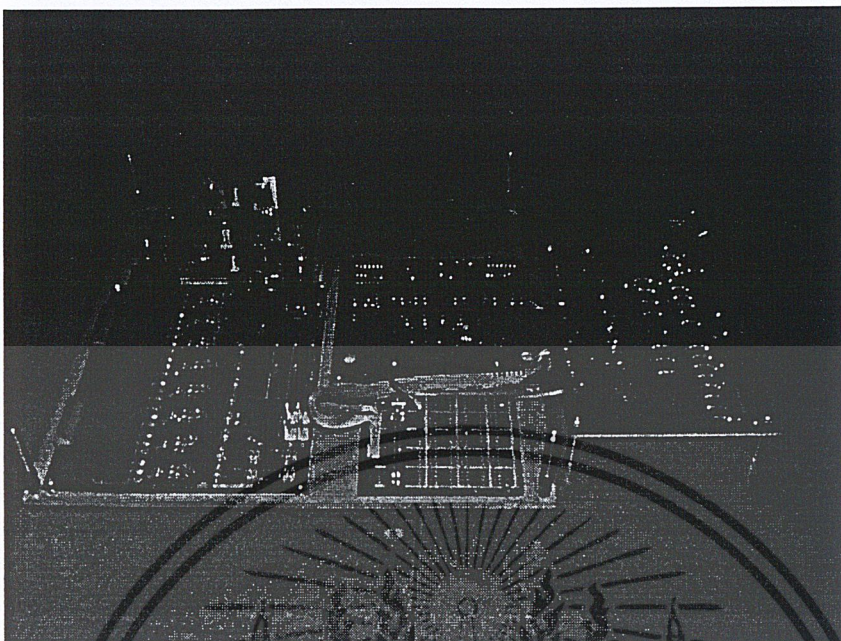
รูปที่ 3.20 แสดงวงจรสำเร็จของเซนเซอร์ดีโคเดอร์ แบบ 8 บิต



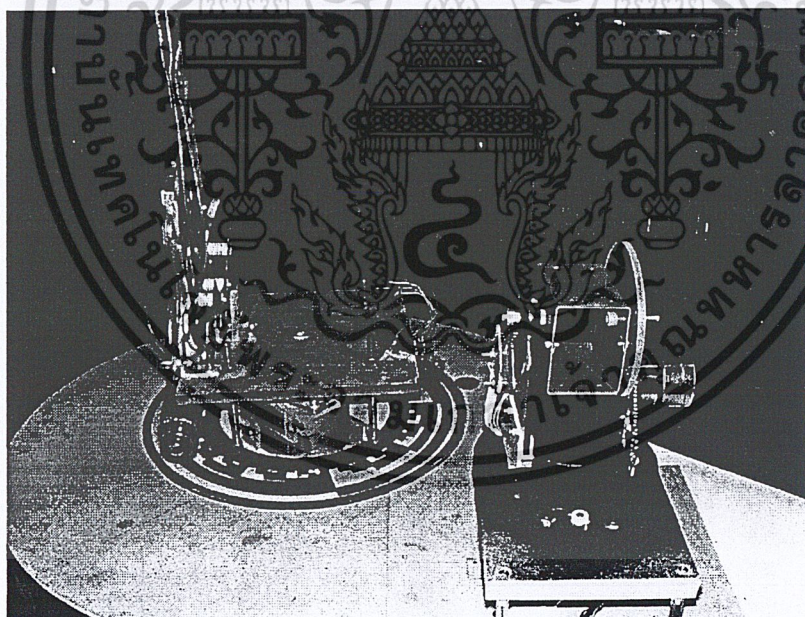
รูปที่ 3.21 แสดงวงจรสำเร็จของเซนเซอร์ดีโคเดอร์ แบบ 6 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การประกอบชิ้นส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน



รูปที่ 3.22 แสดงการประกอบบอร์ดต่างๆเข้าด้วยกัน



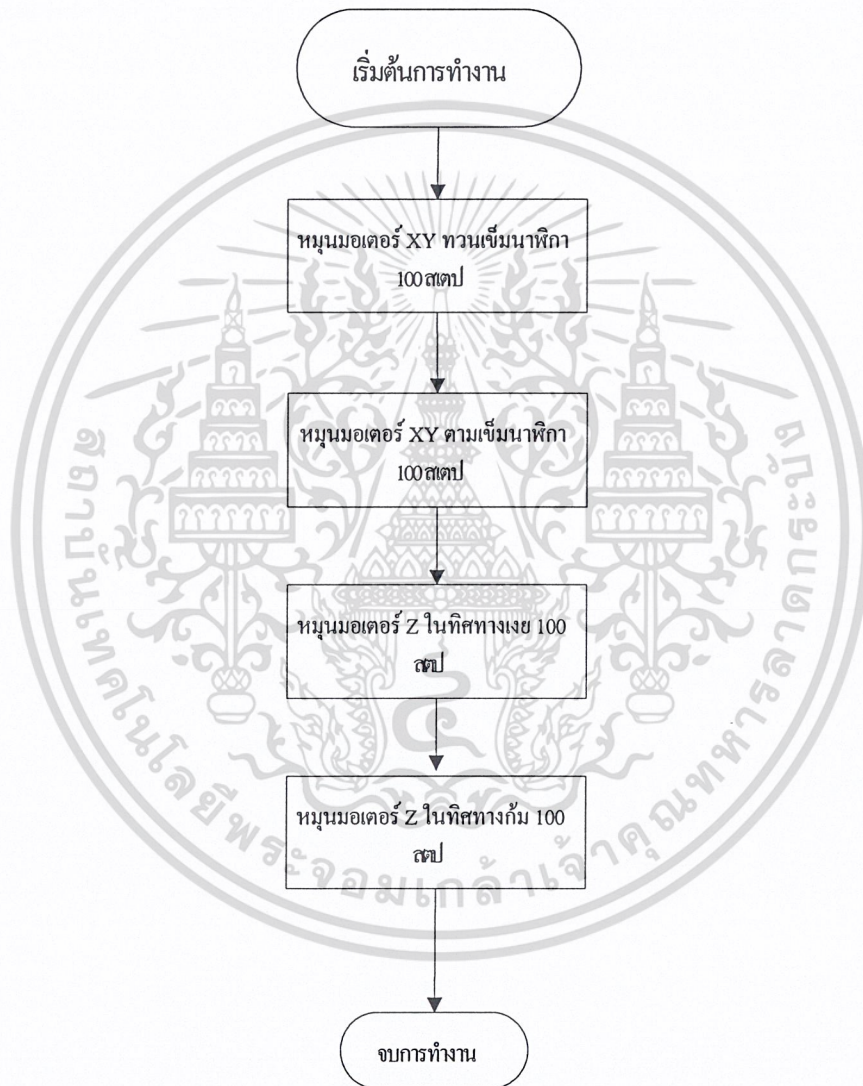
รูปที่ 3.23 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของต้นแบบกับแบบที่ปรับปรุงแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 การออกแบบในส่วนซอฟต์แวร์ (Software designed)

การออกแบบการควบคุมมอเตอร์ในส่วนของโปรแกรมได้ทำการเขียนโปรแกรมทดลองในแต่ละส่วนของการสั่งให้มอเตอร์ทำงาน การตรวจจับค่าตำแหน่งปัจจุบันที่มอเตอร์อยู่ การเช็คคีย์ขึ้น ลง ซ้าย ขวา เพื่อทำการหมุนก้ม เหย หมุนทวนเข็มนาฬิกา หมุนตามเข็มนาฬิกา ตามลำดับ และการกำหนดตำแหน่งของการหมุนของมอเตอร์ให้ทำการหมุนไปในตำแหน่งที่เราต้องการได้

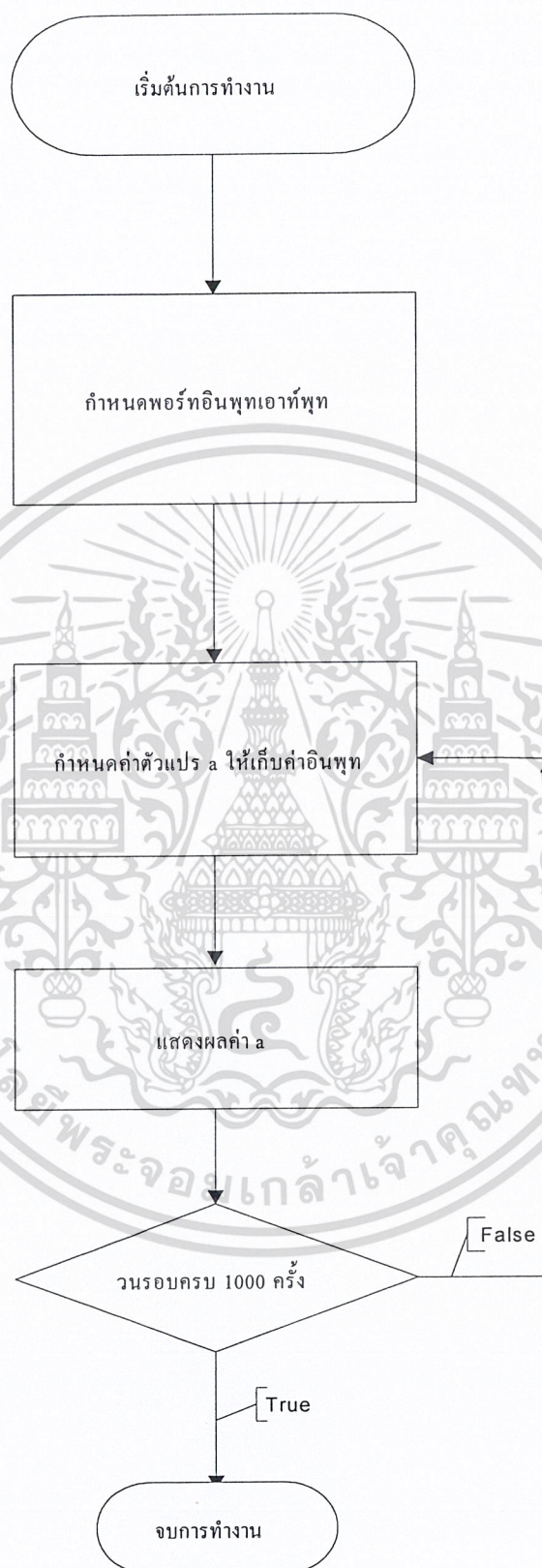
#### 1 โปรแกรมเริ่มต้นในการสั่งให้มอเตอร์ทำงานโดยกำหนดจำนวนรอบได้จากโปรแกรม



ลักษณะการทำงานของโปรแกรมนี้นั้นจะสั่งให้มอเตอร์ XY หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา 100 สเตป แล้วจากนั้นก็หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา 100 สเตป จากนั้นให้มอเตอร์ Z หมุนงยขึ้น 100 ครั้ง และให้มอเตอร์ Z หมุนก้มลง 100 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

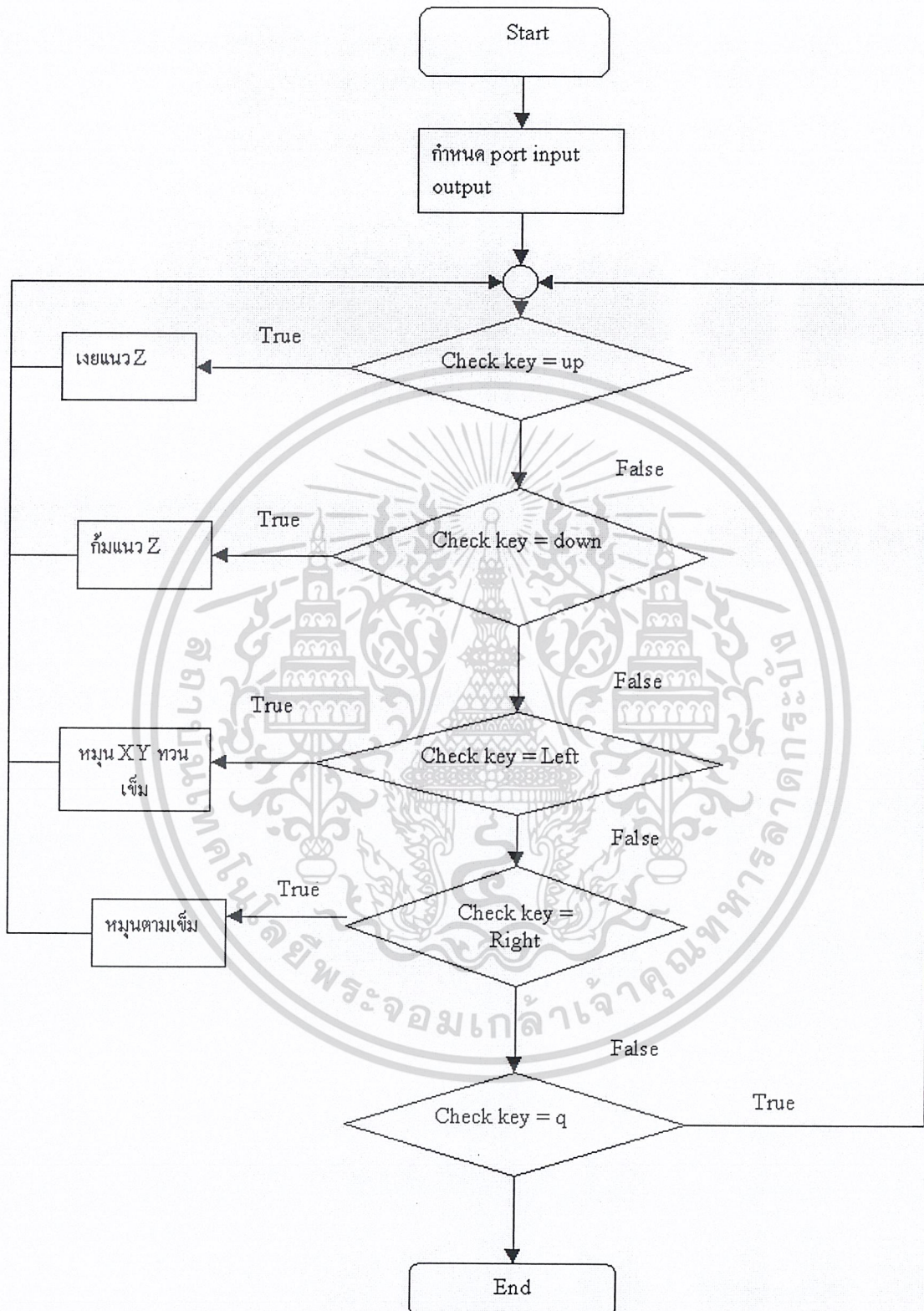
## 2 โปรแกรมเช็คค่าพอร์ททางอินพุตว่ามีค่าส่งมาให้เท่าไร



ลักษณะการทำงานของโปรแกรมนี้นี้คือ จะทำการวนเช็คค่าพอร์ทอินพุตที่เราเลือกไว้ 1000 ครั้ง แสดงผลออกมาทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

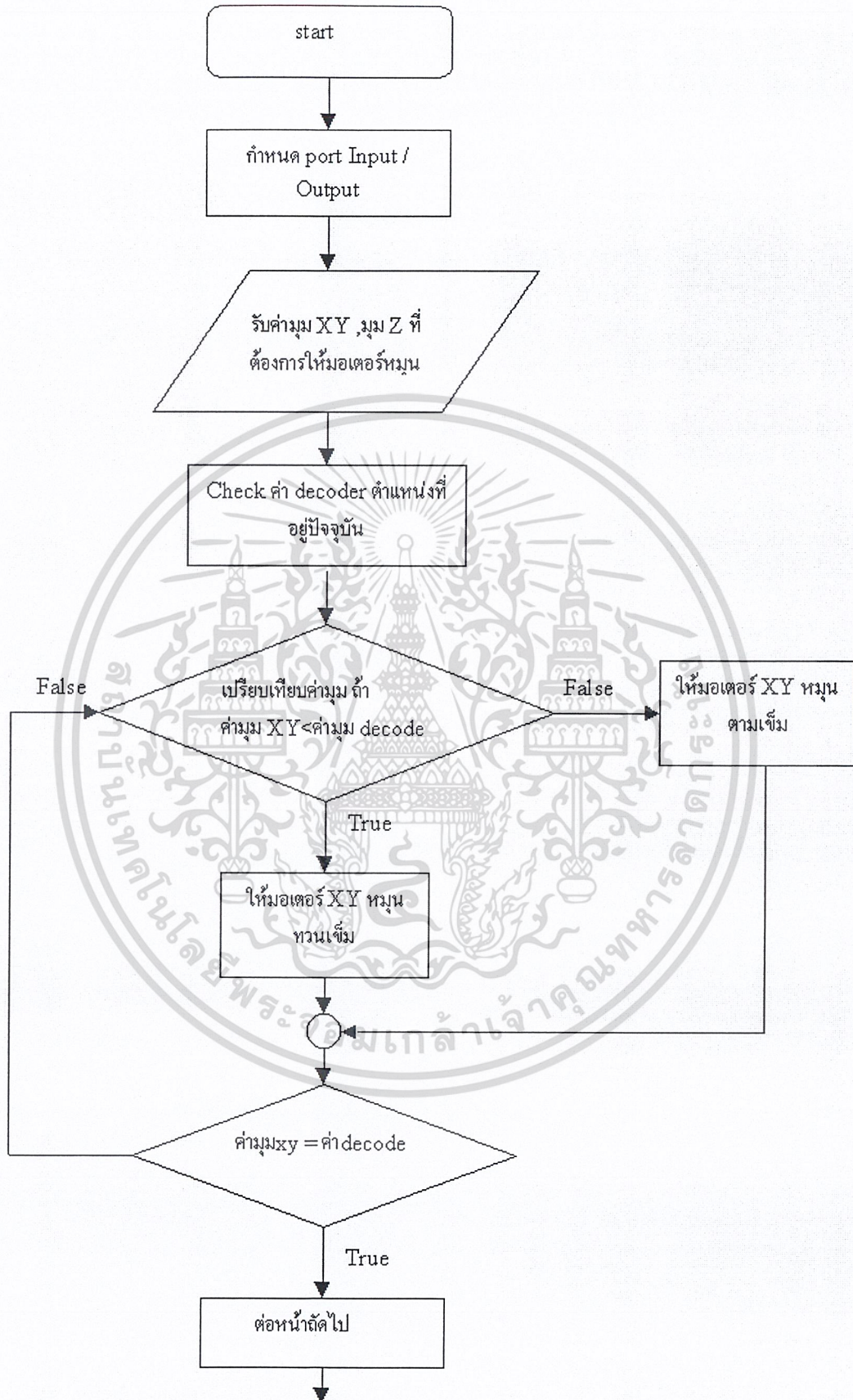
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3 โปรแกรมรับค่ากีย์ ขึ้น ลง ซ้าย ขวา ให้ กัม เย หมุนทวนเข็มนาฬิกา หมุนตามเข็มนาฬิกา

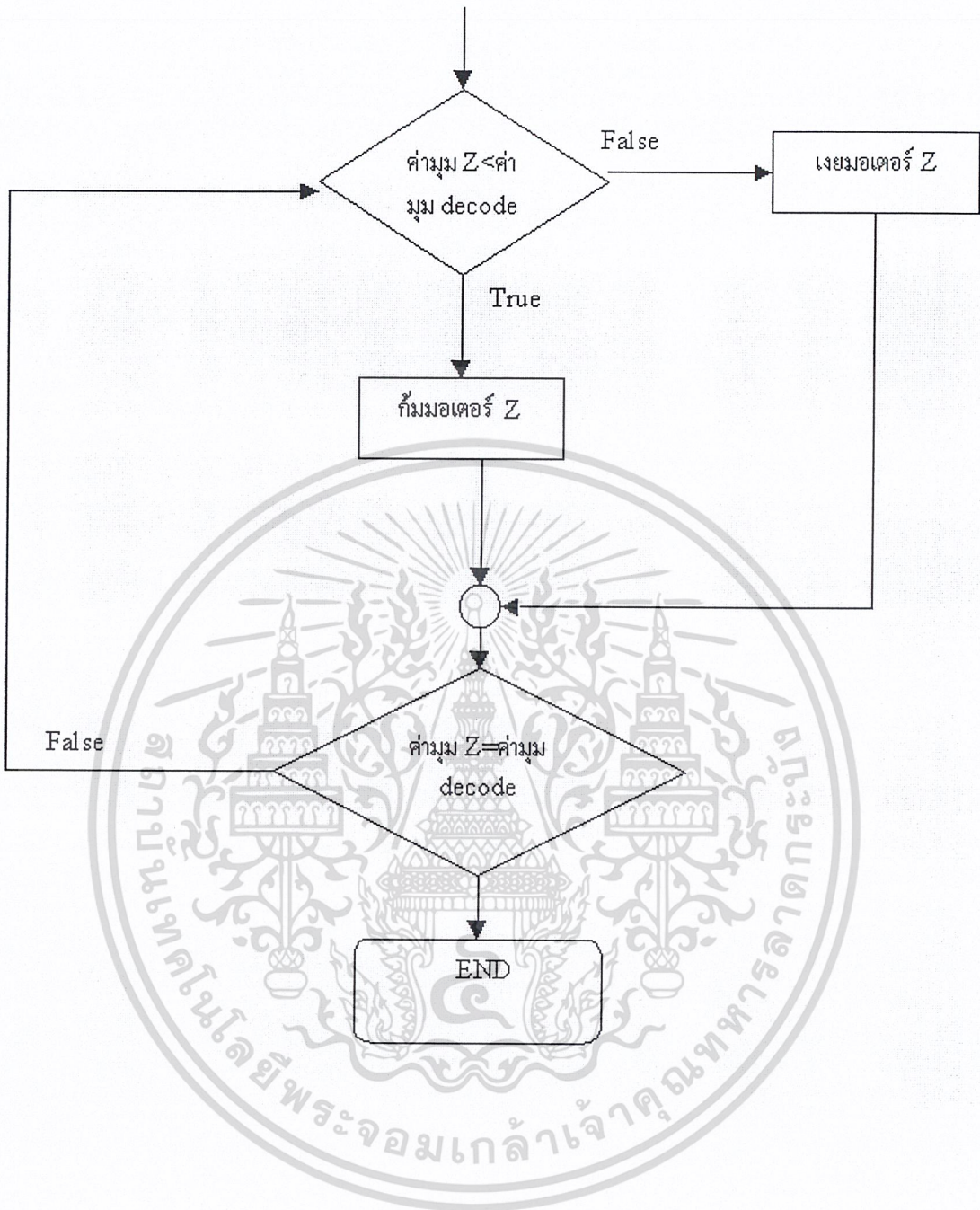


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4 โปรแกรมรับค่ามุม XY และ Z จากผู้ใช้งาน

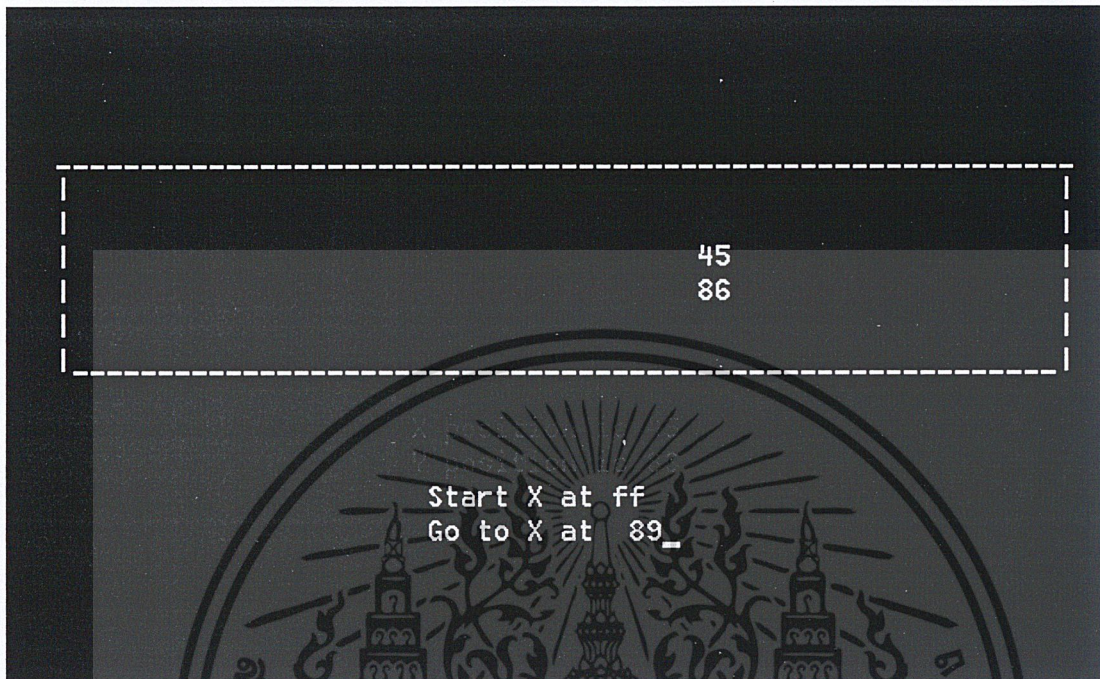


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงหน้าต่างโปรแกรมใช้งานควบคุมเครื่องบังคับการเคลื่อนที่รอบทิศทางด้วยภาษาซี



รูปที่ 3.24 แสดงหน้าต่างโปรแกรมที่ใช้การกำหนดค่าตำแหน่งโดยระบุค่าจากผู้ใช้



รูปที่ 3.25 แสดงหน้าต่างโปรแกรมที่ใช้การกำหนดโดยใช้คีย์ ขึ้น ลง ซ้าย ขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### การทดลองที่ 1

วิธีการทดลอง ทำการหมุนมอเตอร์แกน XY ให้หมุนตามเข็มนาฬิกา จาก 0 ไปหา 360 องศาแต่ละ 10 องศาพอครบก็ทำการทดลองหมุนมอเตอร์แกน XY ทวนเข็มนาฬิกาจาก 360 ไปหา 0 องศาแต่ละ 10 องศาเหมือนเดิม แล้วทำการบันทึกค่ามุมที่ได้จริงและค่ารหัสของตัวเซนเซอร์ลงในตารางข้างล่างนี้

ค่ามุมที่ป้อนให้กับมอเตอร์	ค่ามุมที่วัดได้	ค่ารหัสที่ได้
0	0	80
10	10	82
20	20	84
30	30	86
40	40	88
50	50	8a
60	60	8c
70	70	8e
80	80	90
90	90	92
100	100	94
110	110	96
120	120	98
130	130	9a
140	140	9c
150	150	9e
160	160	A0
170	170	A2
180	180	A4
190	190	A6
200	200	A8
210	210	Aa
220	220	Ac
230	230	Ae
240	240	B0
250	250	B2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

260	260	B4
ค่ามุมที่ป้อนให้กับมอเตอร์	ค่ามุมที่วัดได้	ค่ารหัสที่ได้
270	270	B6
280	280	B8
290	290	Ba
300	300	Bc
310	310	Be
320	320	C0
330	330	C2
340	340	C4
350	350	C6
359	355	C7
350	354	C6
340	344	C4
330	334	C2
320	324	C0
310	314	Be
300	304	Bc
290	294	Ba
280	284	B8
270	274	B6
260	264	B4
250	254	B2
240	244	B0
230	234	ae
220	224	ac
210	214	aa
200	204	A8
190	194	A6
180	184	A4
170	174	A2
160	164	A0
150	154	9e
140	144	9c
130	134	9a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

120	124	98
ค่ามุมที่ป้อนให้กับมอเตอร์	ค่ามุมที่วัดได้	ค่ารหัสที่ได้
110	114	96
100	104	94
90	94	92
80	84	90
70	74	8c
60	64	8c
50	54	8a
40	44	88
30	34	86
20	24	84
10	14	82
0	4	80

### การทดลองที่ 2

วิธีการทดลอง ทำการหมุนมอเตอร์แกน Z ให้หมุนแยกขึ้น จาก 0 ไปหา 90 องศาแต่ละ 10 องศาพอครบก็ทำการทดลองหมุนมอเตอร์แกน Z ก็ลดลงจาก 90 ไปหา 0 องศาแต่ละ 10 องศาเหมือนเดิมแล้วทำการบันทึกค่ามุมที่ได้จริงและค่ารหัสของตัวเซนเซอร์ลงในตารางข้างล่างนี้

ค่ามุมที่ป้อนให้กับมอเตอร์	ค่ามุมที่วัดได้	ค่ารหัสที่ได้
0	0	E0
10	10	E2
20	20	E4
30	30	E6
40	40	E8
50	50	Ea
60	60	Ec
70	70	Ee
80	80	F0
89	85	F1
80	84	F0
70	74	Ee
60	64	Ec
50	54	Ea

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40	44	E8
ค่ามุมที่ป้อนให้กับมอเตอร์	ค่ามุมที่วัดได้	ค่ารหัสที่ได้
30	34	E6
20	24	E4
10	14	E2
0	4	E0

### สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าการหมุนของสเตปป์มอเตอร์แกน XY และ ดีซีมอเตอร์แกน Z ในการสแกนรอบขาไปจะเห็นได้ว่าไม่มีความผิดพลาดเนื่องจากบิตแรกที่เซนเซอร์ที่ควมมุมมอเตอร์เห็นจะเป็นบิตที่มีค่าตรงกับค่าที่เรากำหนดไว้เลยดังนั้นเมื่อเซนเซอร์เจอค่าบิตที่ตรงกับตำแหน่งที่เราส่งไปเซนเซอร์ก็จะบอกให้คอมพิวเตอร์สั่งให้มอเตอร์หยุดหมุนตรงกับตำแหน่งที่เราต้องการเลย แต่ในขากลับบิตที่เซนเซอร์เจอที่ตรงกับค่ามุมที่เราต้องการเป็นค่ามุมที่เยอะกว่า 4 องศาเพราะมีบิตตรงกับกับมุมที่เราต้องการทำให้คอมพิวเตอร์สั่งให้มอเตอร์หยุดหมุนตรงตำแหน่งนั้น

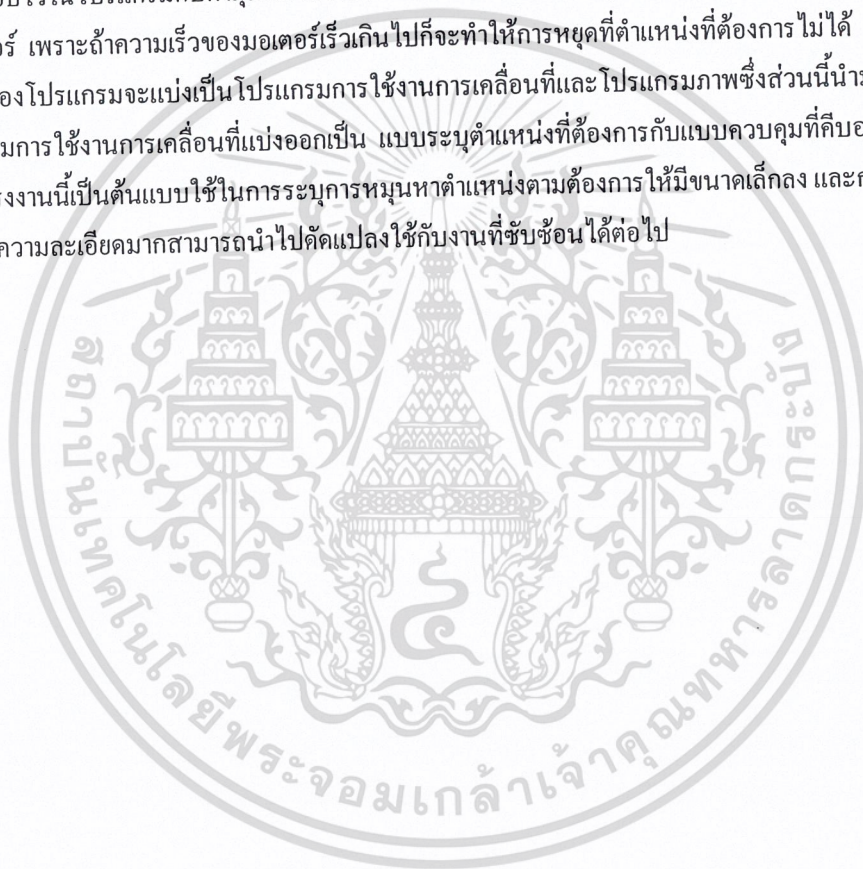
ถ้าเกิดเราต้องการให้มีความละเอียดในการหมุนของมอเตอร์ให้ตรงตามตำแหน่งเยอะกว่านี้ก็สามารถทำได้โดยการเพิ่มจำนวนบิตของเซนเซอร์ขึ้นและลดขนาดของเซนเซอร์ลงให้มีขนาดเล็กกว่าช่องที่จะใส่ค็อดค่าบิตทางไปนารี

## บทที่ 5

### บทวิจารณ์และบทสรุป

ปัญหาที่พบในโครงการนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งก็คือส่วนประกอบภายนอก การออกแบบและการเลือกขนาดของมอเตอร์ซึ่งจะเลือกควบคุมทั้งดีซีมอเตอร์และสตีปปีงมอเตอร์ให้มีขนาดเล็กกระทัดรัดและสามารถนำไปติดตั้งในที่ต่างๆ ได้ง่าย โดยจะต้องทำชุดควบคุมทั้งสองแบบให้ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ ต่อมาได้แก่ ส่วนบอกตำแหน่งซึ่งจะใช้เซ็นเซอร์เรียงตำแหน่งบิทให้แสงอินฟราเรสผ่านแผ่นเอนโค้ดเดอร์ นำมาเปรียบเทียบกับค่าบิทที่โปรแกรมไว้ ก็จะสามารู้ตำแหน่งปัจจุบันได้ การเช็คค่าบิทของตัวเซ็นเซอร์ว่ามีค่าเท่าไรตรงกับค่าบิทที่เราได้เทียบไว้ในโปรแกรมกับค่ามุมที่เราต้องการหรือเปล่านั้นจะเป็นปัญหาที่แปรผันกับความเร็วในการควบคุมมอเตอร์ เพราะถ้าความเร็วของมอเตอร์เร็วเกินไปก็จะทำให้การหยุดที่ตำแหน่งที่ต้องการไม่ได้ ส่วนที่สองคือส่วนของโปรแกรมจะแบ่งเป็น โปรแกรมการใช้งานการเคลื่อนที่และ โปรแกรมภาพซึ่งส่วนนี้นำมาใช้ได้เลย โปรแกรมการใช้งานการเคลื่อนที่แบ่งออกเป็น แบบระบุตำแหน่งที่ต้องการกับแบบควบคุมที่ลิมบอร์ค

โครงการนี้เป็นต้นแบบใช้ในการระบุการหมุนหาตำแหน่งตามต้องการให้มีขนาดเล็กลง และการสแกนมุมมองทำให้มีความละเอียดมากสามารถนำไปตัดแปลงใช้กับงานที่ซับซ้อนได้ต่อไป

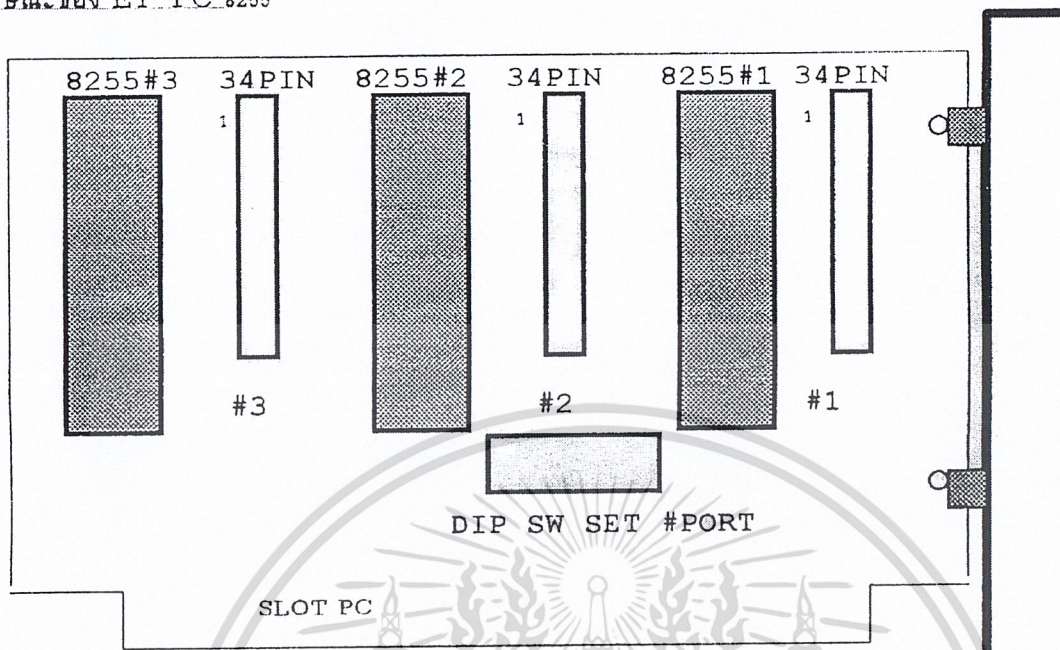




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อีที-พีซี การ์ด ซีเรียล(ET-PC CARD SERIAL)

ลักษณะของ ET-PC 8255



รูปที่ 6.1 แสดงลักษณะของ ET-PC 8255

อีที-พีซี 8255 จะเป็นการต่อขยายระบบเครื่องพีซีให้มีส่วนของอินพุท,เอาต์พุทพอร์ท ใช้งานมากขึ้น โดยจะมีพอร์ทใช้งานเป็นอินพุทหรือเอาต์พุทจำนวน 9 พอร์ท หรือ 72 บิต ไอโอ(I/O)

### การทำงานของ อีที-พีซี 8255

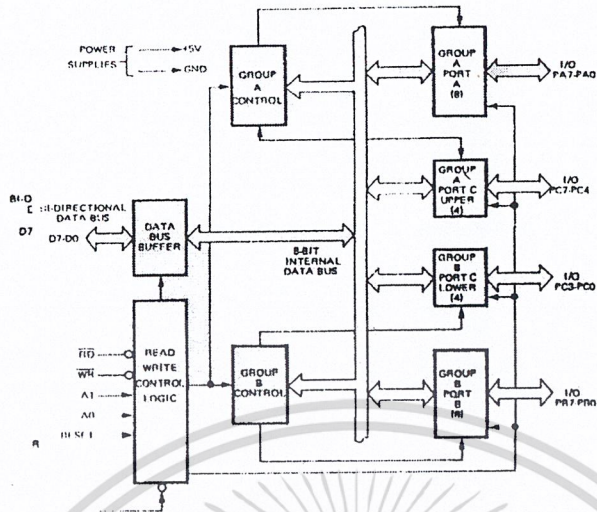
การ์ด อีที-พีซี 8255 จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ ก็คือ ส่วน ไอซี 8255 ซึ่งเป็นไอซีทำหน้าที่เป็น อินพุท,เอาต์พุทพอร์ทและส่วนของวงจร ไอซี ดีโคเดอ์(เลือกตำแหน่งของ พอร์ท 8255 คือ ไอซี 74LS68,74LS139 และ ดิพสวิทช์

### การใช้งานไอซี 8255

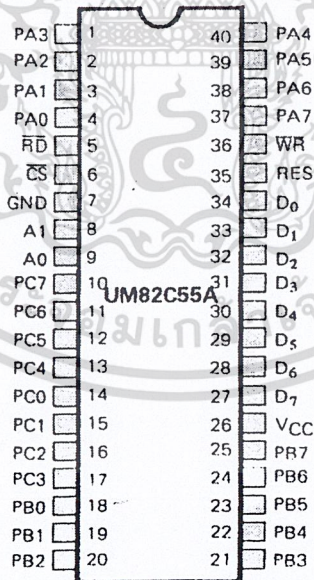
ไอซี 8255 นี้จะเป็นไอซีซึ่งประกอบด้วยพอร์ทใช้งาน 3 พอร์ทและอีก 1 พอร์ทควบคุมก่อนที่เราจะใช้งาน 8255 เราจะต้องส่งข้อมูลไปให้ยังพอร์ทควบคุมก่อนว่าจะให้พอร์ททั้ง 3 พอร์ทของ 8255 ที่เหลือนั้นทำหน้าที่อะไร เป็นอินพุทหรือเอาต์พุทพอร์ทเราจะต้องเป็นผู้กำหนดคอนโทรลโค้ดพอร์ท(CONTROL CODE PORT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Block Diagram



## Pin Configuration



รูปที่ 6.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมและขาใช้งานของ 8255

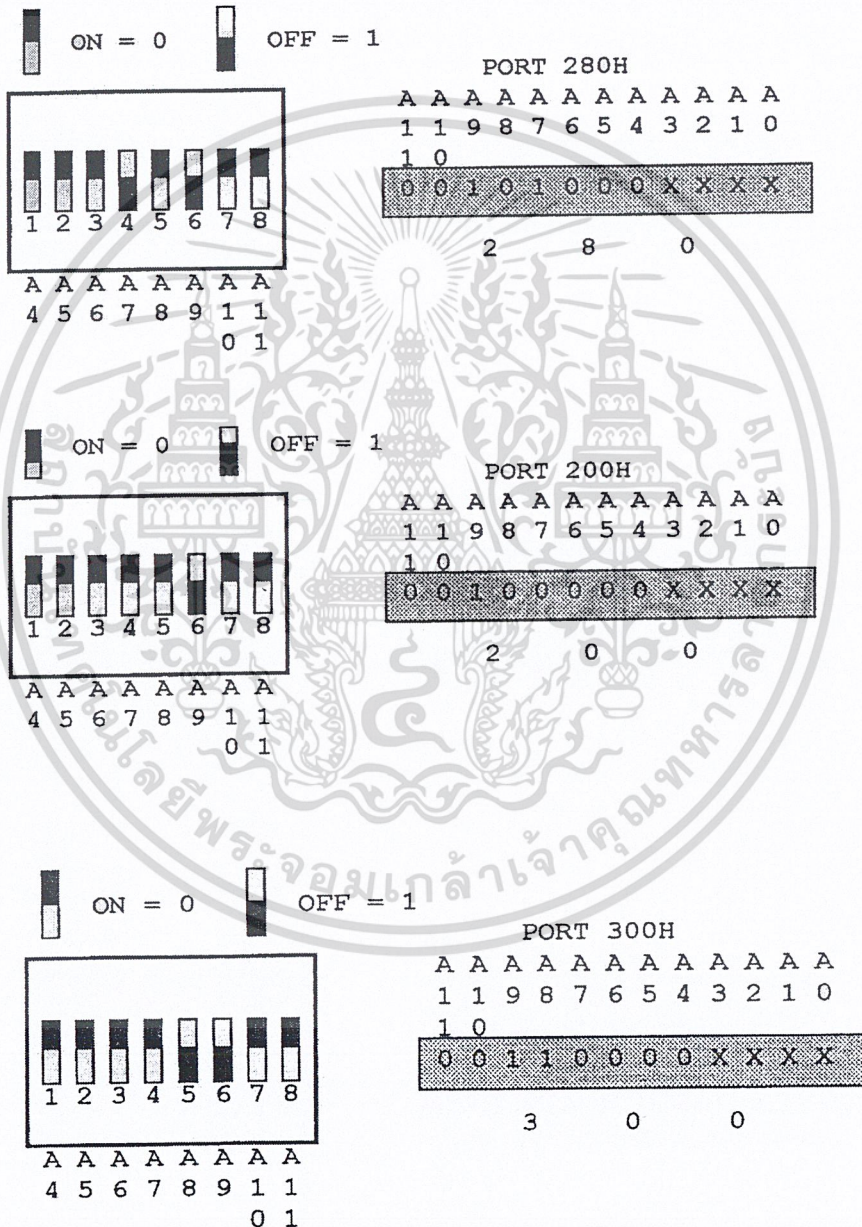
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การดีโค้ด(DECODE PORT)

การดีโค้ดพอร์ท 8255 บนการ์ดเราจะใช้ไอซี ทีทีแอลเบอร์ 74LS688, 74LS139 และ ดิพลสวิทช์ 8 พิน(PIN) เป็นวงจรดีโค้ดเพื่อให้สามารถปรับเซตดิพลสวิทช์ตั้งตำแหน่งเบอร์พอร์ทของการ์ดได้ โดยในการปรับดิพลสวิทช์นั้นจะต้องไม่ไปตรงกับตำแหน่งพอร์ทของเครื่องคอมพิวเตอร์พีซีด้วย ดังรูป 6.3

โดยการดีโค้ดที่-พีซี 8255 จะใช้ตำแหน่งพอร์ท 12 พอร์ทต่อการ์ดดีโค้ดพอร์ท

เราตั้งเบอร์ดีโค้ดได้โดยการปรับดิพลสวิทช์ซึ่งก็มีค่าเท่ากับ ค่าแอดเดรส(ADDRESS) นั้นๆ เช่น เราตั้งตำแหน่ง 280H,200H,300Hจะเซตดิพลสวิทช์ ดังนี้ :-

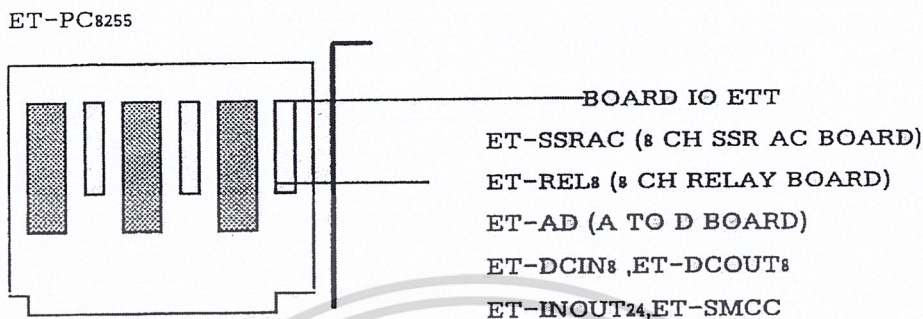


รูปที่ 6.3 แสดงการเซตดิพลสวิทช์คอนโทรลแอดเดรสพอร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ต่างๆ ของอีที

เราสามารถต่อคอนเนคเตอร์(CONNECTOR)34 พินของการ์ด อีที-พีซี 8255 ไปยังบอร์ดต่างๆ ของ อีทีได้ เช่น ต่อใช้งานกับ อีที-เอสเอสอาร์เอซี(SSRAC) ซึ่งจะเป็นบอร์ดควบคุมไฟเอซี 220 ได้ 8 แอท์พุทหรือจะต่อกับอีที-เอดีซึ่งเป็นบอร์ดวัตโวลท์,โอห์ม, หรืออุณหภูมิได้ด้วยดังรูป 6.4



รูปที่ 6.4 แสดงการต่อใช้งานกับอุปกรณ์ต่างๆ ของอีที

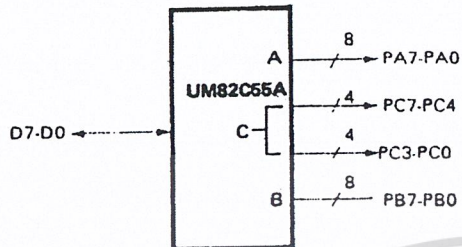
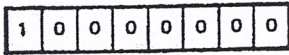


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mode 0 Configurations

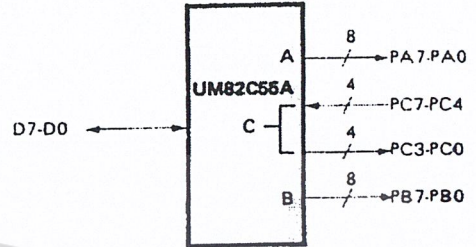
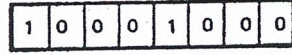
CONTROL WORD #0

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0



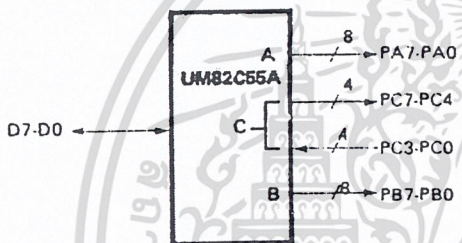
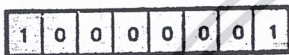
CONTROL WORD #4

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0



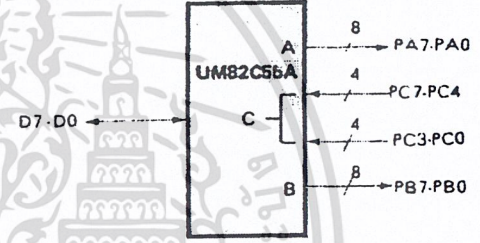
CONTROL WORD #1

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0



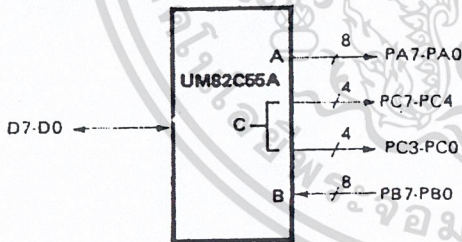
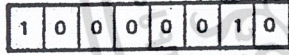
CONTROL WORD #5

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0



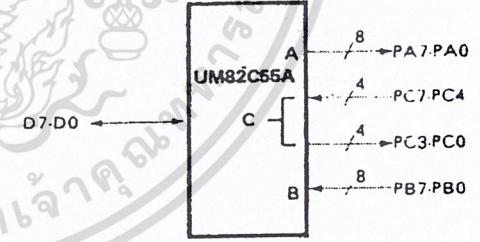
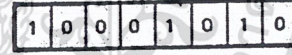
CONTROL WORD #2

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0



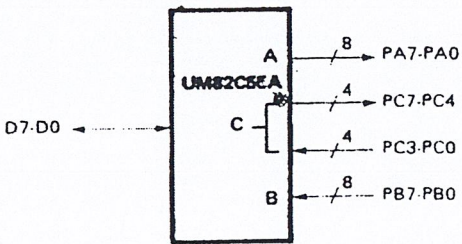
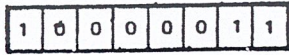
CONTROL WORD #6

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0



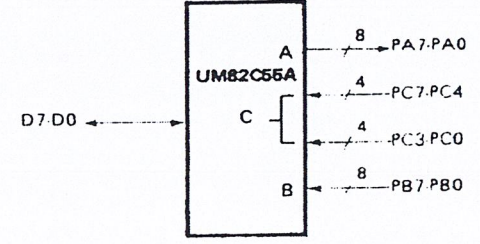
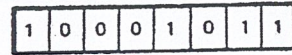
CONTROL WORD #3

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0



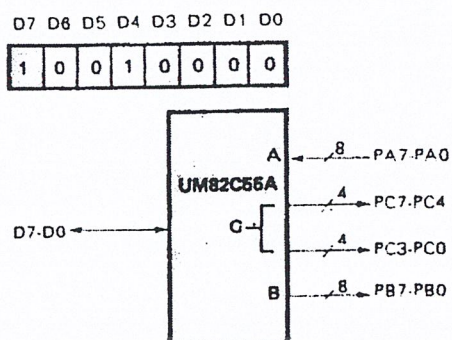
CONTROL WORD #7

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0

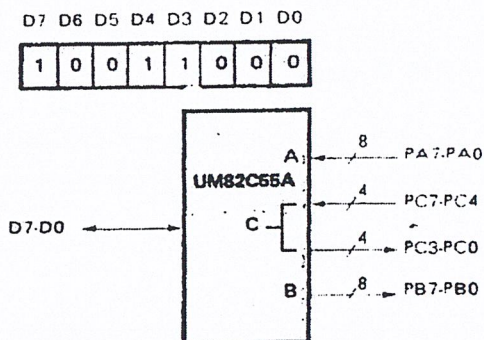


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

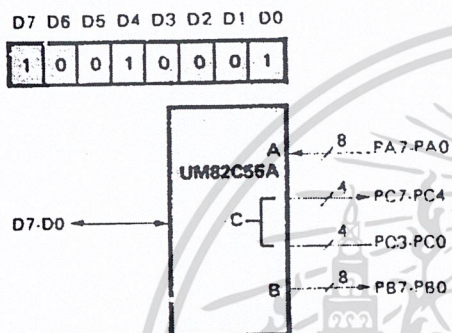
CONTROL WORD #8



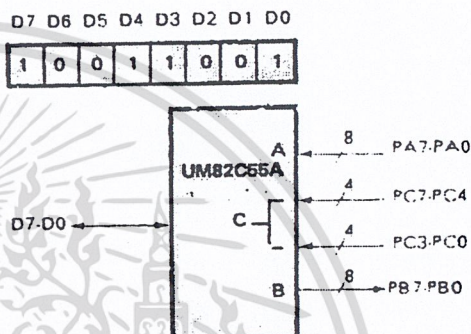
CONTROL WORD #12



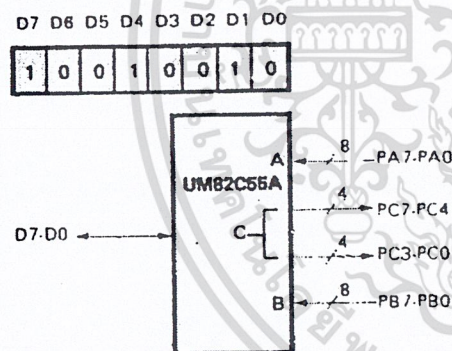
CONTROL WORD #9



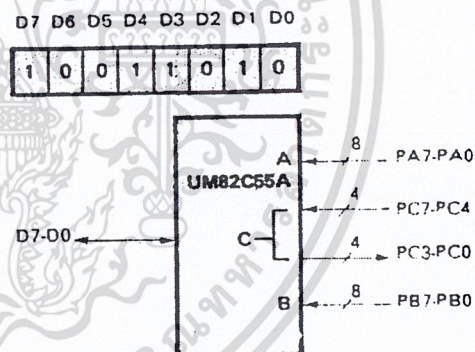
CONTROL WORD #13



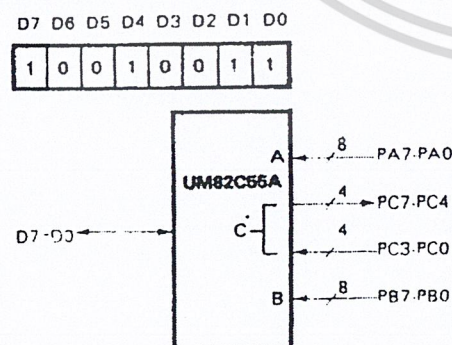
CONTROL WORD #10



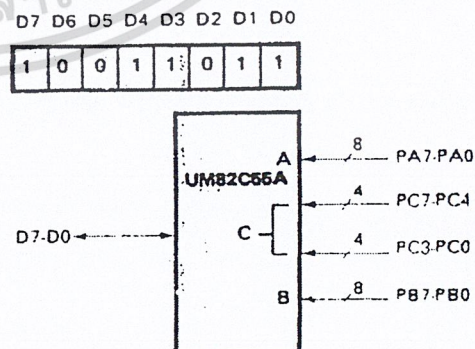
CONTROL WORD #14



CONTROL WORD #11



CONTROL WORD #15



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## PC HARDWARE I/O MAP

### 8088 Class Systems

Address	Function
000-00F	DMA Controller (8237A)
020-021	Interrupt controller (8259A)
040-043	Timer (8253)
060-063	PPI (8255A)
080-083	DMA page register (74LS812)
0A0-0AF	NMI - Non Maskable Interrupt
200-20F	Game Port Joystick controller
210-217	Expansion Unit
2E8-2EF	COM4: Serial Port
2F8-2FF	COM2: Serial Port
300-31F	Prototype Card
320-32F	Hard Disk
378-37F	Parallel Printer Port 1
380-38F	SDLC
3B0-3BF	MDA - Monochrome Adapter and printer
3D0-3D7	CGA - Color Graphics Adapter
3E8-3EF	COM3: Serial Port
3F0-3F7	Floppy Diskette Controller
3F8-3FF	COM1: Serial Port

### 80286 /386/486 Class Systems

Address	Function
000-01F	DMA Controller #1 (8237A-5)
020-03F	Interrupt controller #1 (8259A)
040-05F	Timer (8254)
060-06F	Keyboard (8042)
070-07F	NMI - Non Maskable Interrupt & CMOS RAM
080-09F	DMA page register (74LS812)
0A0-0BF	Interrupt controller #2 (8259A)
0C0-0DF	DMA Controller #2 (8237A)
0F0-0FF	80287 Math Coprocessor
1F0-1F8	Hard Disk
200-20F	Game Port Joystick controller
258-25F	Intel Above Board
278-27F	Parallel Printer Port 2
2E8-2EF	COM4: Serial Port
2F8-2FF	COM2: Serial Port
300-31F	Prototype Card
378-37F	Parallel Printer Port 1
380-38F	SDLC or Bisynchronous Comm Port 2
3A0-3AF	Bisynchronous Comm Port 1
3B0-3BF	MDA - Monochrome Adapter
3BC-3BE	Parallel Printer on Monochrome Adapter
3C0-3CF	EGA - Reserved
3D0-3D7	CGA - Color Graphics Adapter
3E8-3EF	COM3: Serial Port
3F0-3F7	Floppy Diskette Controller
3F8-3FF	COM1: Serial Port

## PC Hardware

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## **SPECIFICATIONS**

LOGIC INPUT AND OUTPUT	:MIN	MAX
INPUT LOGIC LOW	:-0.5	0.8 VOLTS
INPUT LOGIC HIGH	:2.0	5 VOLTS

OUTPUT LOW VOLTAGE PORTS: - 0.45 VOLTS  
(I-SINK = 1.7 mA)

OUTPUT HIGH VOLTAGE PORTS: - 2.4 VOLTS  
(I-SOURCE = 200  $\mu$ A)

POWER CONSUMPTION	:300mA +5V
SIZE	:HALF SLOT (13 x 11 cm)
PORT	:3(8255 I/O PORT 3x8 BIT)
CONNECTOR	:3(34 PIN HEADER-STRIP ETT IO BUS)
DECODE PORT	:8 POSITION DIP SW.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

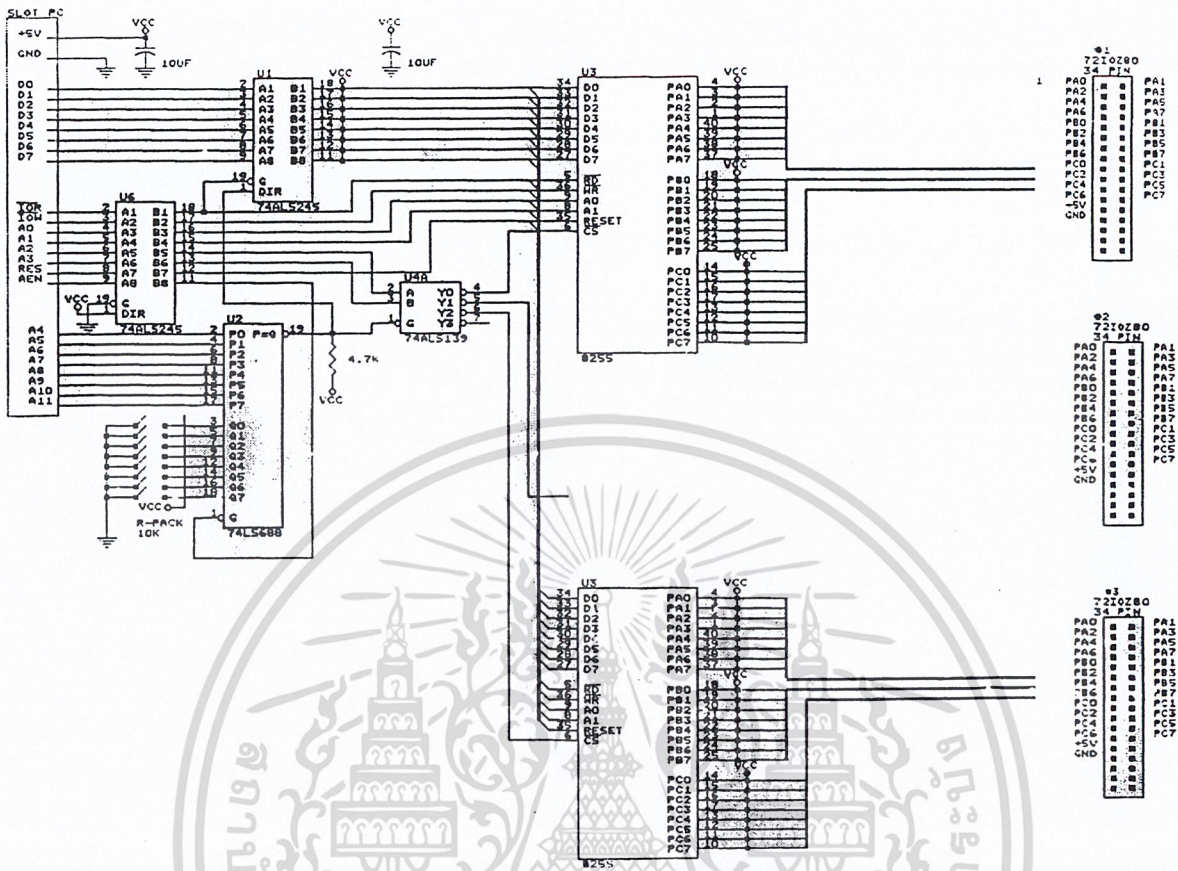
### 34 PIN I/O BUS

PA0	0	0	PA1
PA2	0	0	PA3
PA4	0	0	PA5
PA6	0	0	PA7
PB0	0	0	PB1
PB2	0	0	PB3
PB4	0	0	PB5
PB6	0	0	PB7
PC0	0	0	PC1
PC2	0	0	PC3
PC4	0	0	PC5
PC6	0	0	PC7
VCC	0	0	
GND	0	0	

B1	GND	ID	CHCK	A1
B2	RST_DRV		SD7	A2
B3	+5VDC		SD6	A3
B4	IRQ9		SD5	A4
B5	-5VDC		SD4	A5
B6	DRQ2		SD3	A6
B7	-12VDC		SD2	A7
B8	0VS		SD1	A8
B9	+12VDC		SD0	A9
B10	GND	ID	CHRDY	A10
B11	SHENV		AEN	A11
B12	SHENR		SA19	A12
B13	IDV		SA18	A13
B14	IDR		SA17	A14
B15	DACK3		SA16	A15
B16	DRQ3		SA15	A16
B17	DACK1		SA14	A17
B18	DRQ1		SA13	A18
B19	REFRESH		SA12	A19
B20	CLK		SA11	A20
B21	IRQ7		SA10	A21
B22	IRQ6		SA9	A22
B23	IRQ5		SA8	A23
B24	IRQ4		SA7	A24
B25	IRQ3		SA6	A25
B26	DACK2		SA5	A26
B27	I/C		SA4	A27
B28	DALE		SA3	A28
B29	+5VDC		SA2	A29
B30	QSC		SA1	A30
B31	GND		SA0	A31

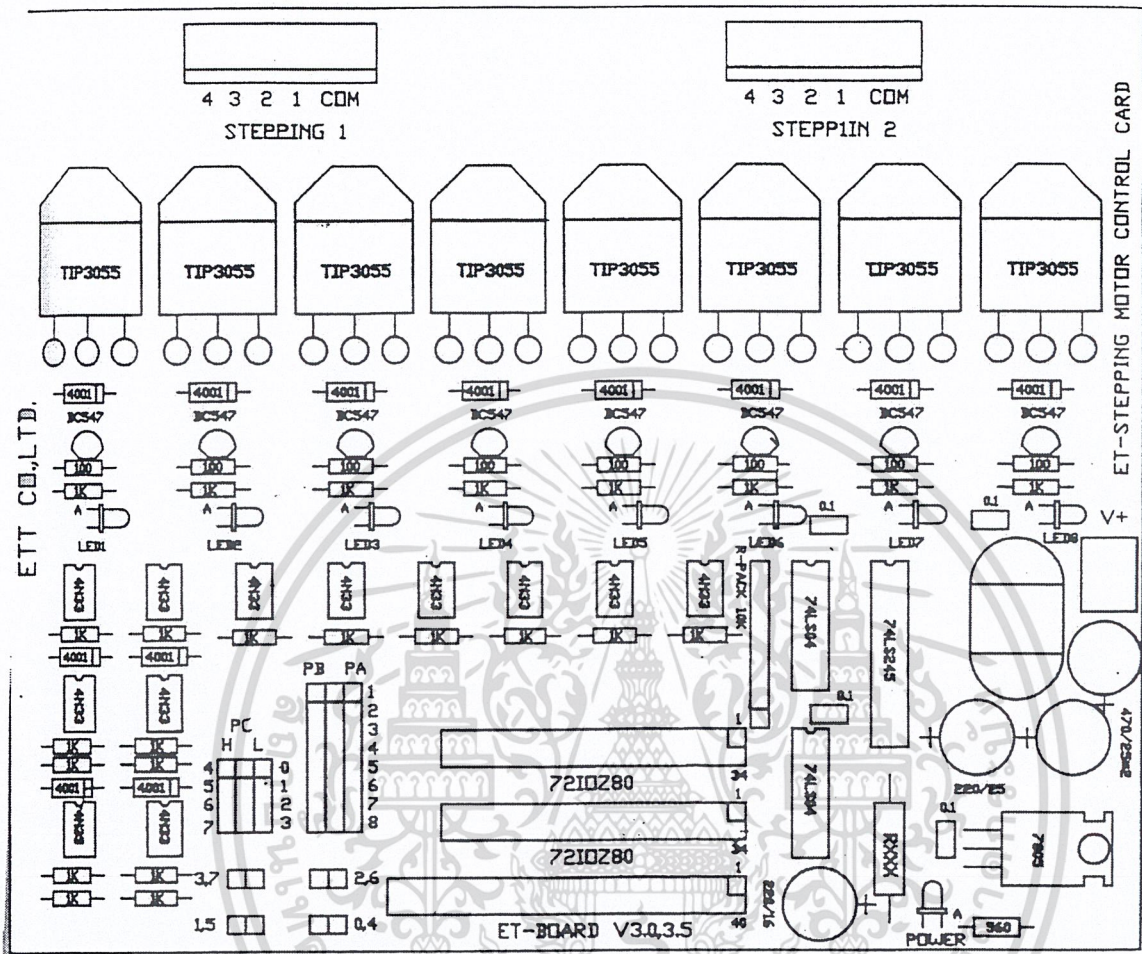
D1	MEMS16	SD15	C1
D2	I/DCS16	LA23	C2
D3	IRQ10	LA22	C3
D4	IRQ11	LA21	C4
D5	IRQ12	LA20	C5
D6	IRQ15	LA19	C6
D7	IRQ14	LA18	C7
D8	DACK0	LA17	C8
D9	DRQ0	MEMR	C9
D10	DACK5	MEMV	C10
D11	DRQ5	SD8	C11
D12	DACK6	SD9	C12
D13	DRQ6	SD10	C13
D14	DACK7	SD11	C14
D15	DRQ7	SD12	C15
D16	+5VDC	SD13	C16
D17	MASTER	SD14	C17
D18	GND	SD15	C18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีที-เอสเอ็มซีซี(SMCC) สเต็ปป์มอเตอร์ คอนโทรลการ์ด(STEPPING MOTOR CONTROL CARD)



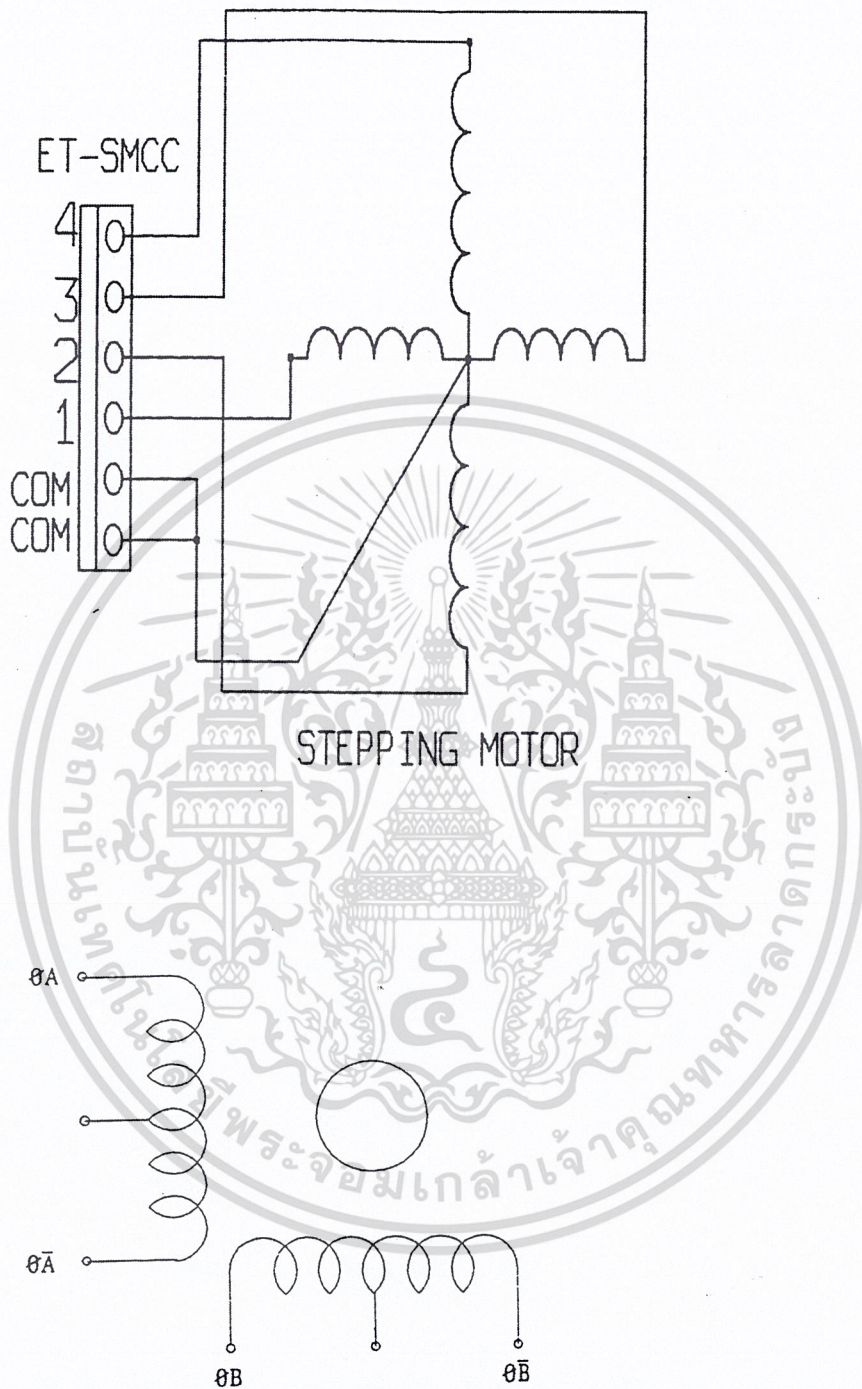
รูปที่ 6.5 แสดงลักษณะของการ์ด ET-SMCC

อีที-เอสเอ็มซีซีจะเป็นการ์ดต่อเข้ากับพอร์ตของ 8255 หรือพอร์ตอื่นๆ ด้วยก็ได้โดยจะใช้ในการต่อควบคุมการทำงานของสเต็ปป์มอเตอร์โดยสามารถจะต่อกับสเต็ปป์มอเตอร์ได้ 2 ตัว ต่อหนึ่งการ์ดหรือจะต่อฟองอีกหนึ่งการ์ดเพื่อใช้กับสเต็ปป์มอเตอร์ 4 ตัวต่อพอร์ต 8255 จำนวน 1 ตัวด้วยก็ได้ นอกจากนี้อีที-เอสเอ็มซีซี จะมีอินพุทในรูปแบบลักษณะอ็อบโต้(OPTO) อีก 4 อินพุทสามารถต่อกับสวิทช์ต่างๆ ได้อีกด้วย เช่น ต่อกับไมโครสวิทช์ ตรวจการหมุนของสเต็ปป์มอเตอร์ว่าถึงจุดที่ต้องการแล้วหรือยัง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ของ อิทีที

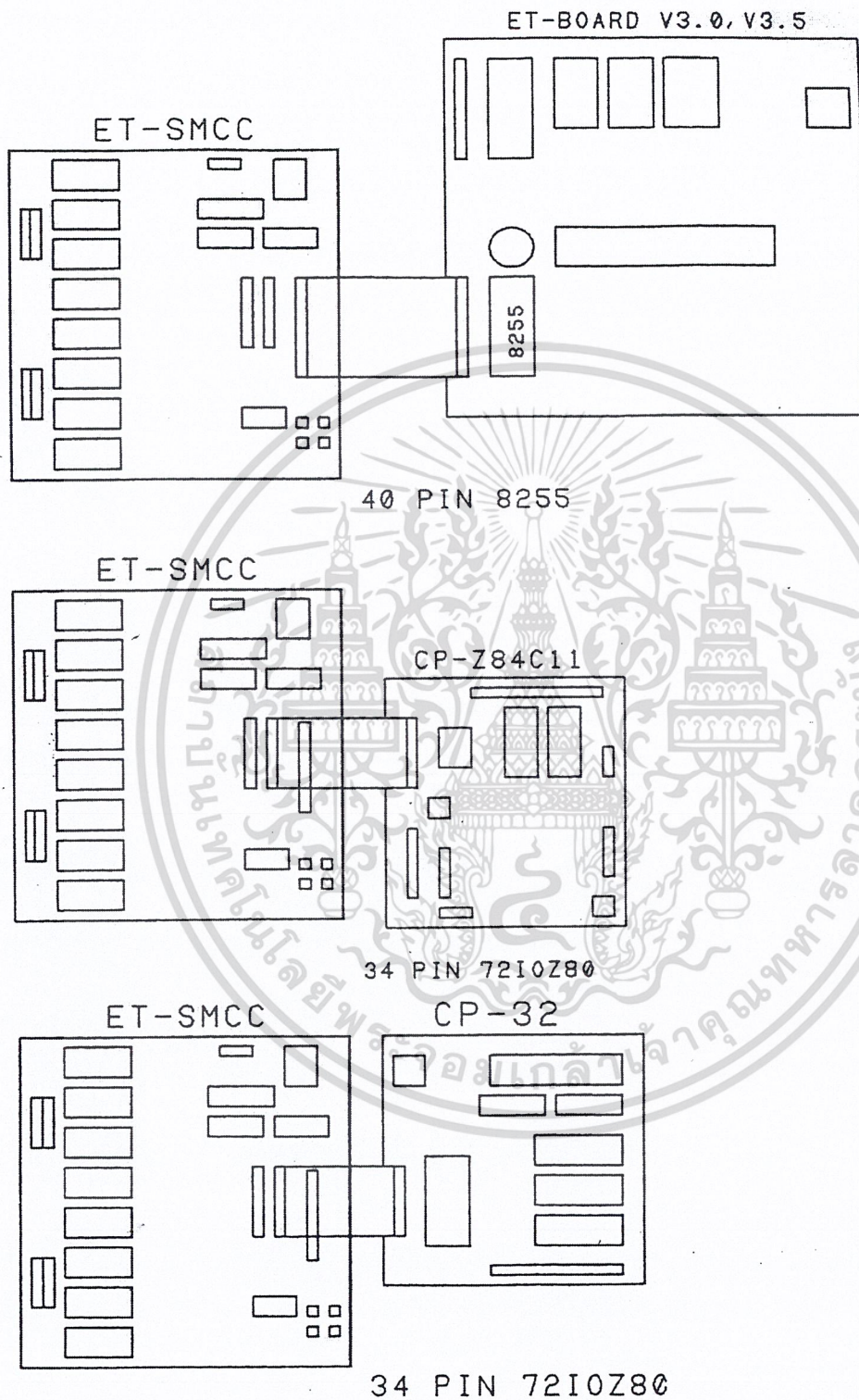
เราสามารถต่อกับสตีปิ้งมอเตอร์ตามรูปแบบขดของสตีปิ้งนั้นได้ดังรูป 6.5 โดยต่อมอเตอร์ได้ 2 ชุด



รูปที่ 6.6 แสดงการต่อของการ์ด ET-SMCC กับสตีปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

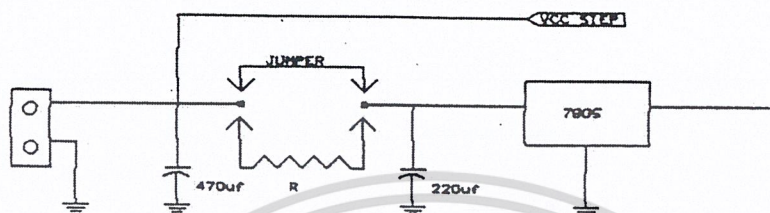
1. ต่อรวมกับการ์ดต่างๆ ทางคอนเนคเตอร์ 72IOZ80 (34 พิน) หรือต่อกับ 8255 (40 พิน) ก็ได้ดังรูป 6.7



รูปที่ 6.7 แสดงการต่อ ET-SMCC กับอุปกรณ์ของ ETT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

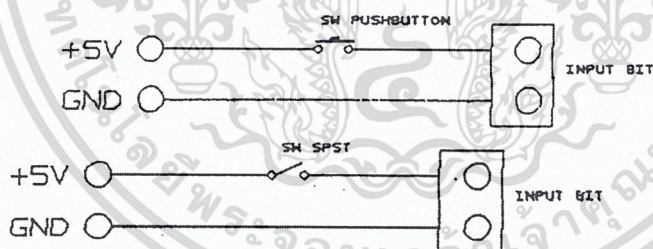
- ต่อพาวเวอร์ซัพพลาย(Power Supply) กับอิตี-เอสเอ็มซีซีและสเต็ปป์มอเตอร์จาก การ์ดอิตี-เอสเอ็มซีซี นั้นจะมีส่วนจ่ายพาวเวอร์ซัพพลายให้กับอุปกรณ์บนบอร์ดจากพาวเวอร์ซัพพลายชุดเดียวกันกับที่จ่ายให้ สเต็ปป์มอเตอร์โดยจะใช้ 7805 ปรับไฟจาก +12V หรือ +24V ตามระดับไฟที่ป้อนให้สเต็ปป์มอเตอร์ โดย อาจจะต้องใช้ตัวต้านทาน ( R ) ต่อแทนสายจัม(JUMP) ถ้าในกรณีต่อกับสเต็ปป์มอเตอร์ที่ต้องการไฟมากกว่า 12 V โดยควรต่อตัวต้านทานแทนจัม (ในกรณีใช้ 24V ให้ต่อ R 50 โอห์ม 5W)



รูปที่ 6.8 แสดงการต่อพาวเวอร์ซัพพลายของการ์ด

โดยวงจรภายในอิตี-เอสเอ็มซีซี (ไม่รวมสเต็ปป์มอเตอร์) ใช้กระแสไฟสูงสุด 250 mA

- ถ้ามีอินพุทจะต้องรวมกับบอร์ด อิตี-เอสเอ็มซีซีก็ได้ ต่อ อินพุทพอร์ตโดยเป็นลักษณะอ็อบโต้ ดังรูป โดยใช้พาวเวอร์ซัพพลาย POWER +5 V และถ้าต้องการใช้เป็นอินพุท 24 V ก็ให้เปลี่ยน R 1K ในส่วนของอินพุท เป็น R ค่า 3.3K ได้ดังรูป 6.9

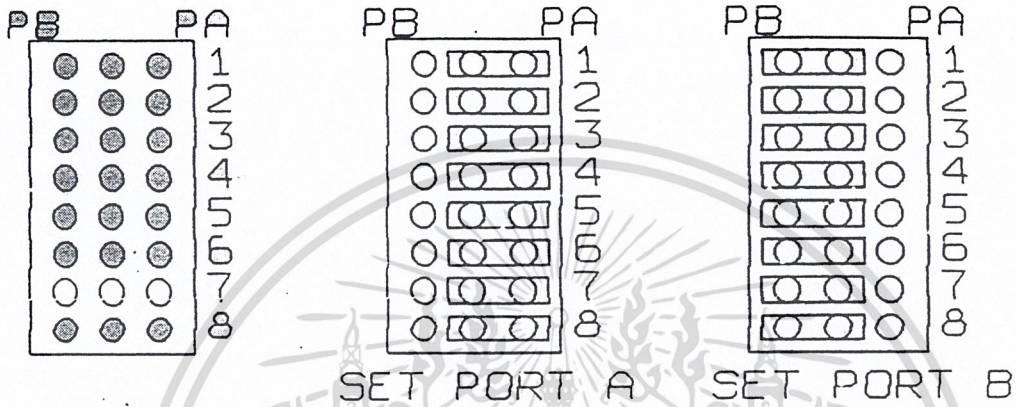


รูปที่ 6.9 แสดงการต่อสวิตช์ให้กับการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

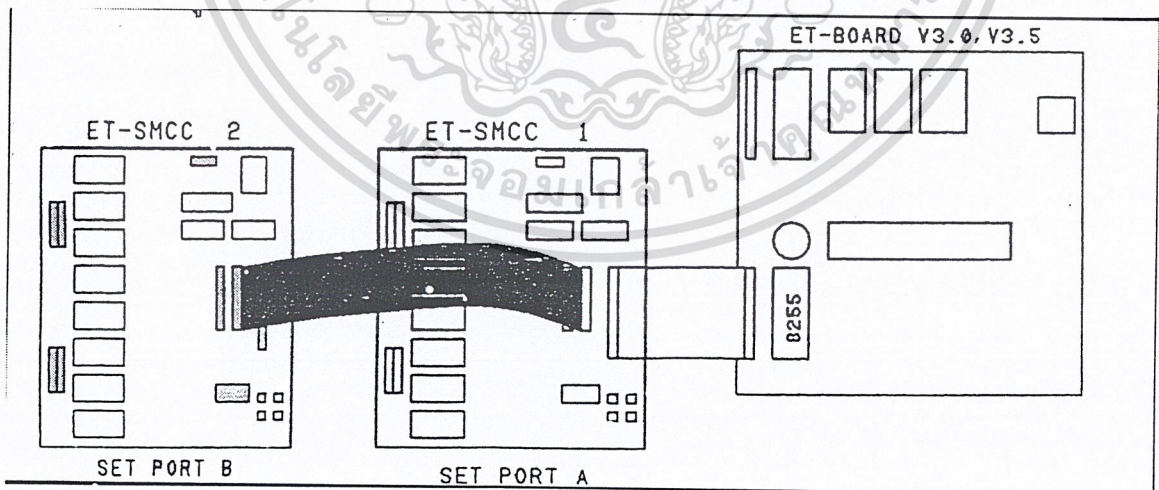
**การ ดีโค้ดพอร์ต(DECODE PORT)**

การ์ดอีที-เอสเอ็มซีซีจะมี จัมเปอร์(JUMPER) อยู่ 2 ชุด โดยชุดแรกจะเป็นการเลือกว่าสตีปปี้งมอเตอร์เราจะใช้พอร์ตใดในการควบคุมคือจะใช้พอร์ต A หรือ พอร์ต B ก็ได้ดังรูป 2.40



รูปที่ 2.40 แสดงการเซตพอร์ตของการ์ด ET-SMCC

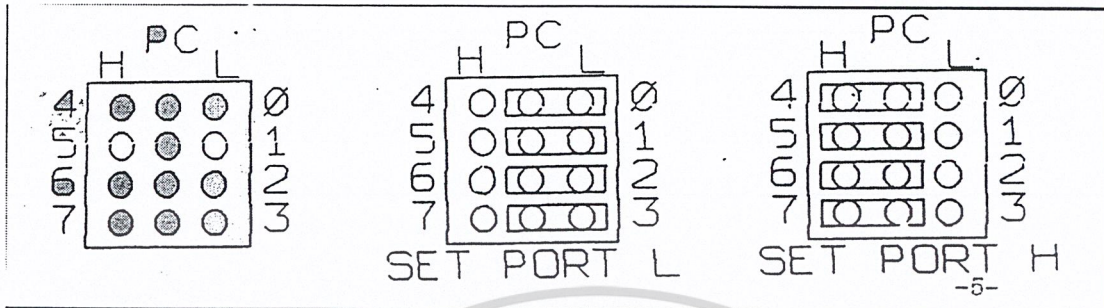
จากลักษณะนี้เราสามารถเลือกพอร์ต A หรือ B ได้ทำให้อีที-เอสเอ็มซีซี สามารถต่อพ่วงอีที-เอสเอ็มซีซีอีกชุดหนึ่ง ได้จากขั้ว 34 พิน (72IOZ80) ได้อีกด้วยได้โดยต้องเซตการใช้พอร์ตในแต่ละการ์ดไม่ให้ตรงกันด้วยดังรูป 2.70



รูปที่ 2.41 แสดงการต่อพ่วงของการ์ด ET-SMCC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดที่สองจะเป็นส่วนของอินพุทพอร์ตที่เราสามารถเลือกที่จะรับอินพุทจากพอร์ต C ด้วย 4 บิตโลว์ ดังรูป 2.71



รูปที่ 2.42 แสดงการเชื่อมต่อพอร์ทัลซี ของการ์ด ET-SMCC

**หลักการทำงานในการควบคุมสเต็ปมอเตอร์(STEPPING MOTOR)**

เราสามารถสั่งงานให้สเต็ปมอเตอร์หมุนได้ง่ายๆ 3 แบบ ตามกระแสไฟที่เราป้อนแก่เฟสต่างๆ ดังนี้

1. แบบจ่ายกระแสไฟให้เฟสเดียววนเวียนกันไป (ONE EXCITATION) หรือแบบฮาร์ฟไดรฟ์(HALF DRIVE) คือเอาที่พู่จะ ได้เป็น 0001,0010,0100,1000

**ฮาร์ฟไดรฟ์**

	OUT4	OUT3	OUT2	OUT1
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	1	0	0
4	1	0	0	0

การเอาที่ เอ็กซิเตชัน(OUT EXCITATION) แบบนี้แรงบิดจะน้อย

2. แบบจ่ายกระแสไฟให้พร้อมกันทีเดียว 2 เฟส(TWO-EXCITATION) หรือ ฟูลสเต็ป(FULL STEP) คือ 0011, 0110 ,1100, 1001 หมุนเวียนกันไปแบบนี้ แรงบิดจะมาก

**ฟูลสเต็ป**

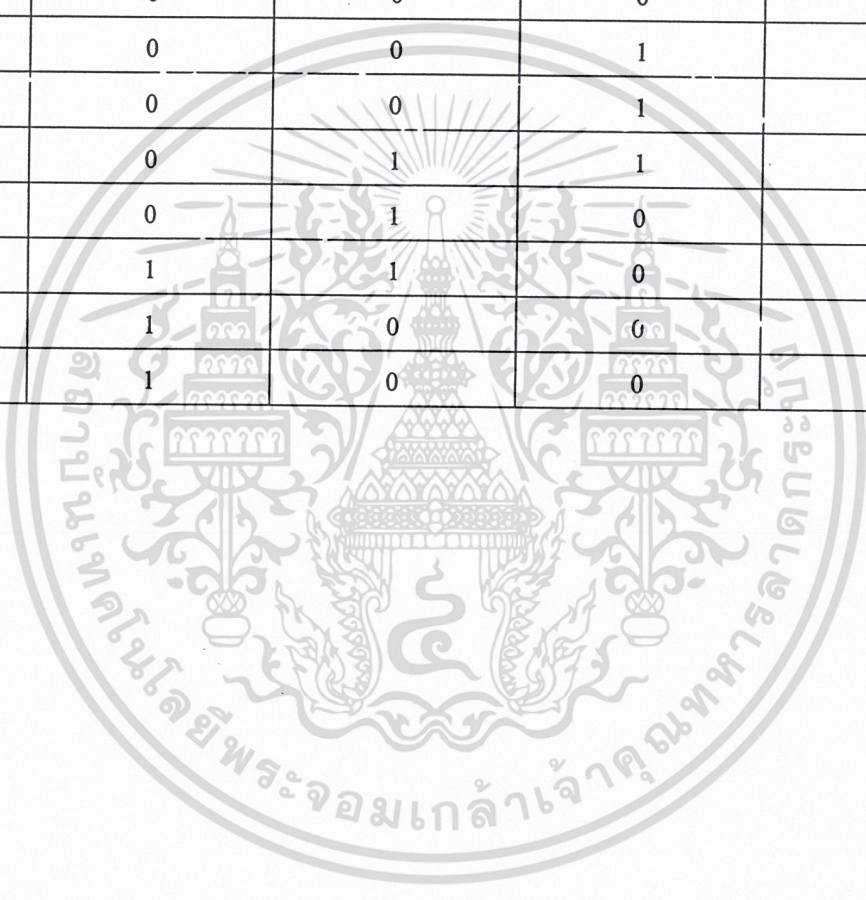
	OUT4	OUT3	OUT2	OUT1
1	0	0	1	1
2	0	1	1	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

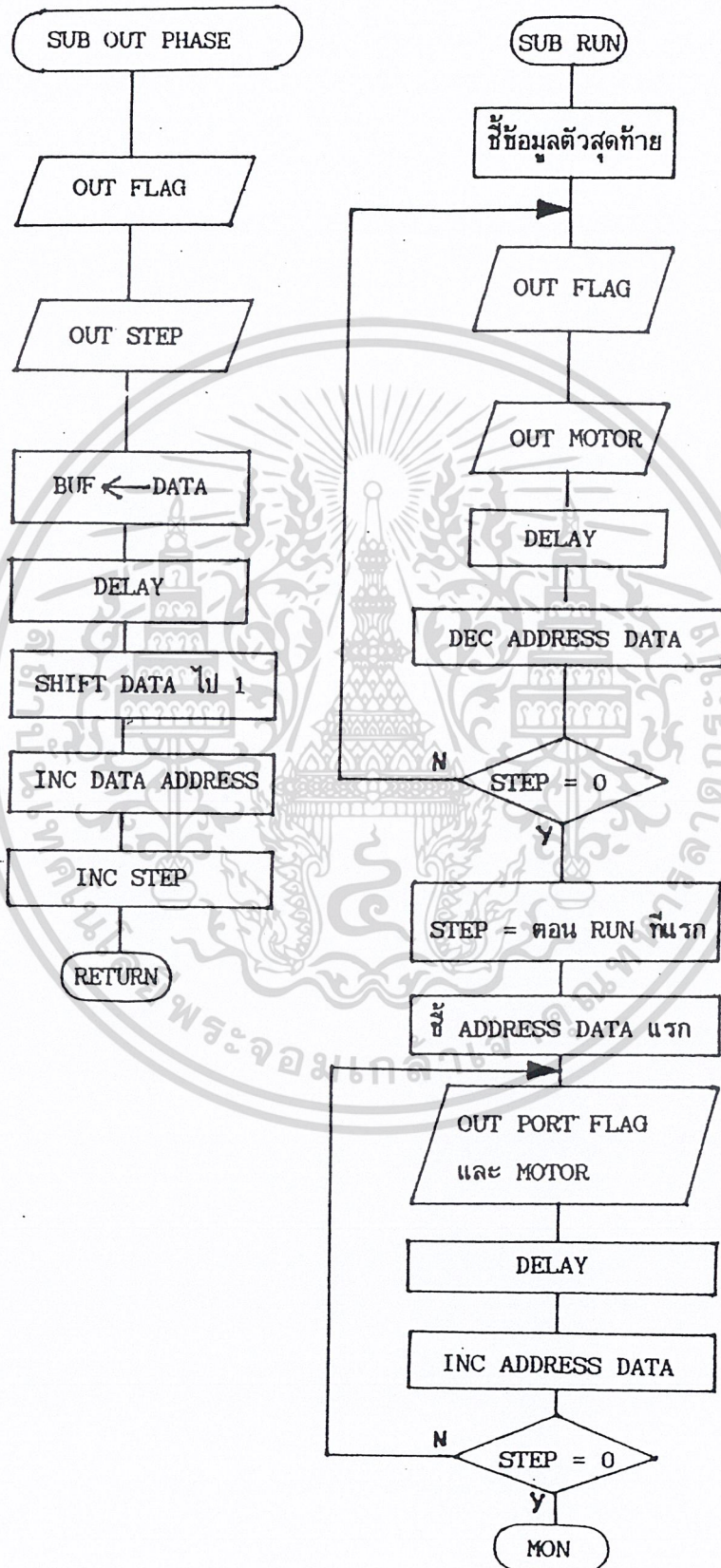
3	1	1	0	0
4	1	0	0	1

3. แบบจ่ายกระแสไฟให้ทีละ 1 เฟส สลับกับ 2 เฟส(ONE-TWO EXCITATION) แต่แบบนี้จำนวนสตีปจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของสองแบบแรก แต่แรงบิดเฉลี่ยจะน้อย การหมุนจะเป็น 0001,0011,0010,0110,0100,1100,1000,1001

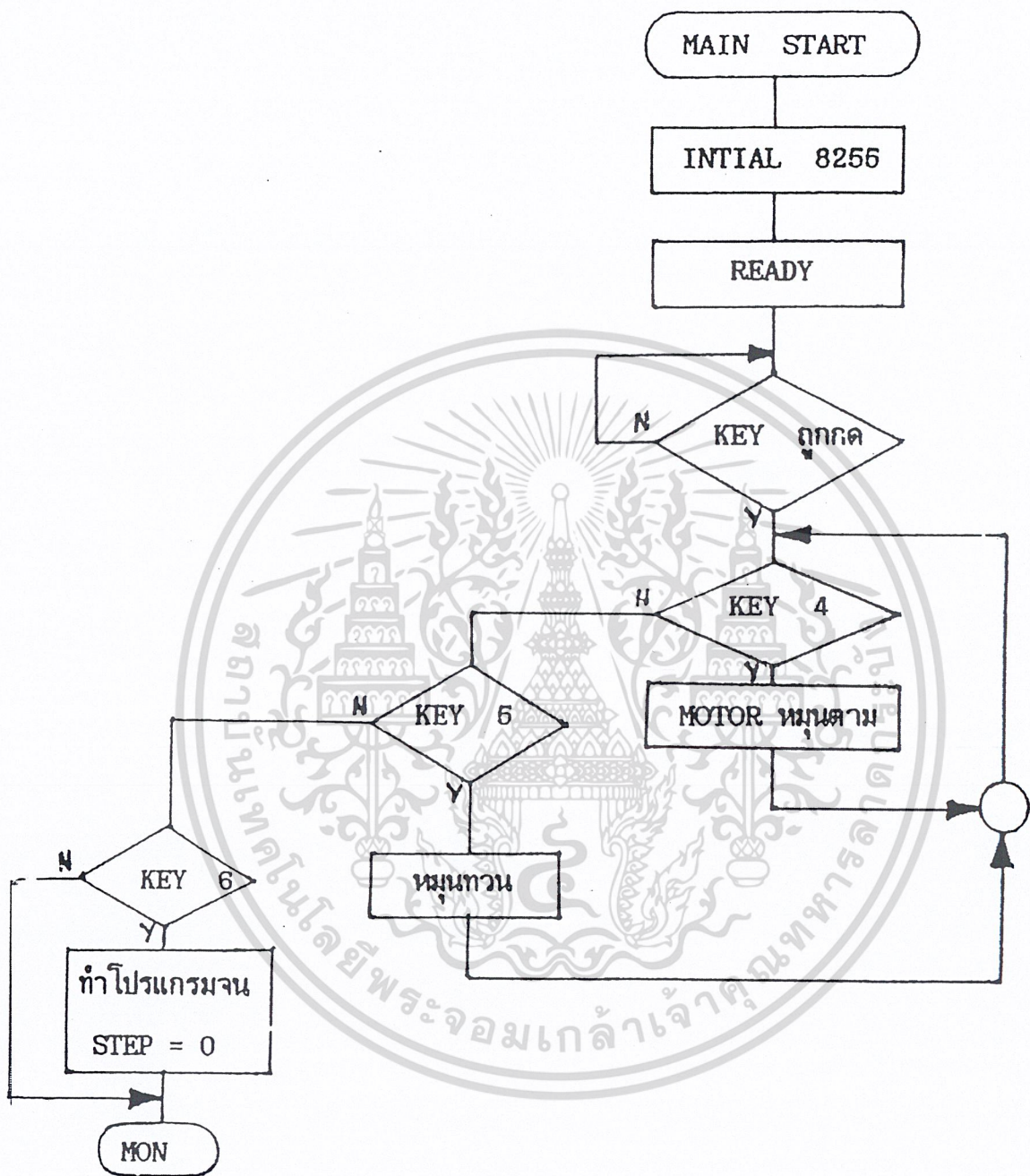
	OUT4	OUT3	OUT2	OUT1
1	0	0	0	1
2	0	0	1	1
3	0	0	1	0
4	0	1	1	0
5	0	1	0	0
6	1	1	0	0
7	1	0	0	0
8	1	0	0	1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## SPECIFICATION

### OUTPUT STEPPING MOTOR

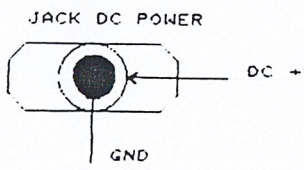
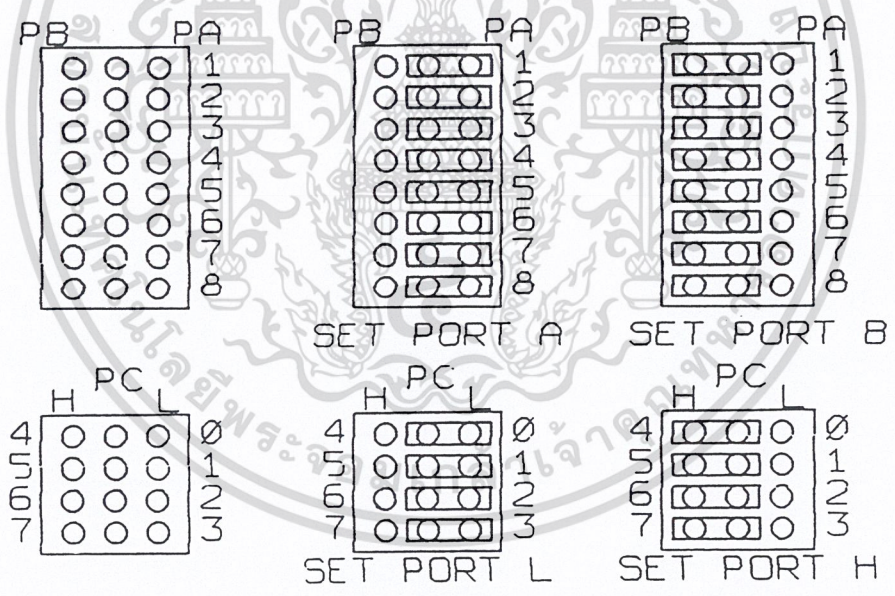
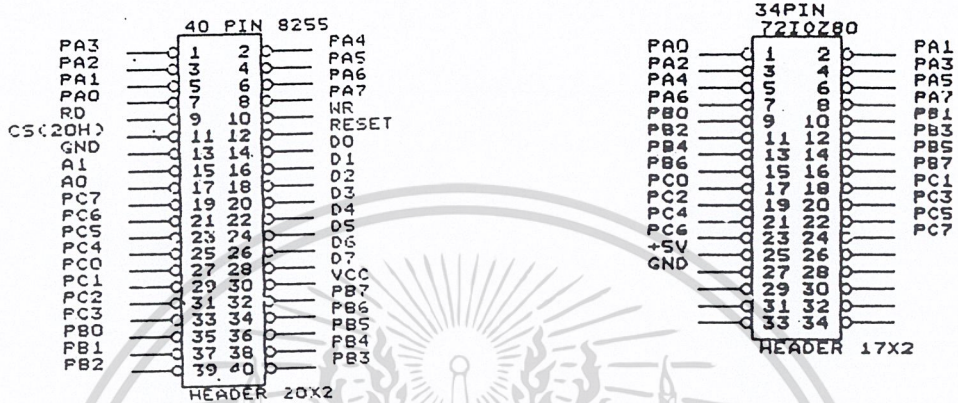
CHANNELS	:	4 OUTPUT 2 CHANNELS
PHOTO-COUPLED	:	4 N 33
CHANNEL STATUS	:	LED DOT DISPLAY
ISOLATION VOLTAGE	:	2500V(Peak)
OUTPUT DRIVING	:	6 A 50V

### INPUT PHOTO-COUPLED INPUT

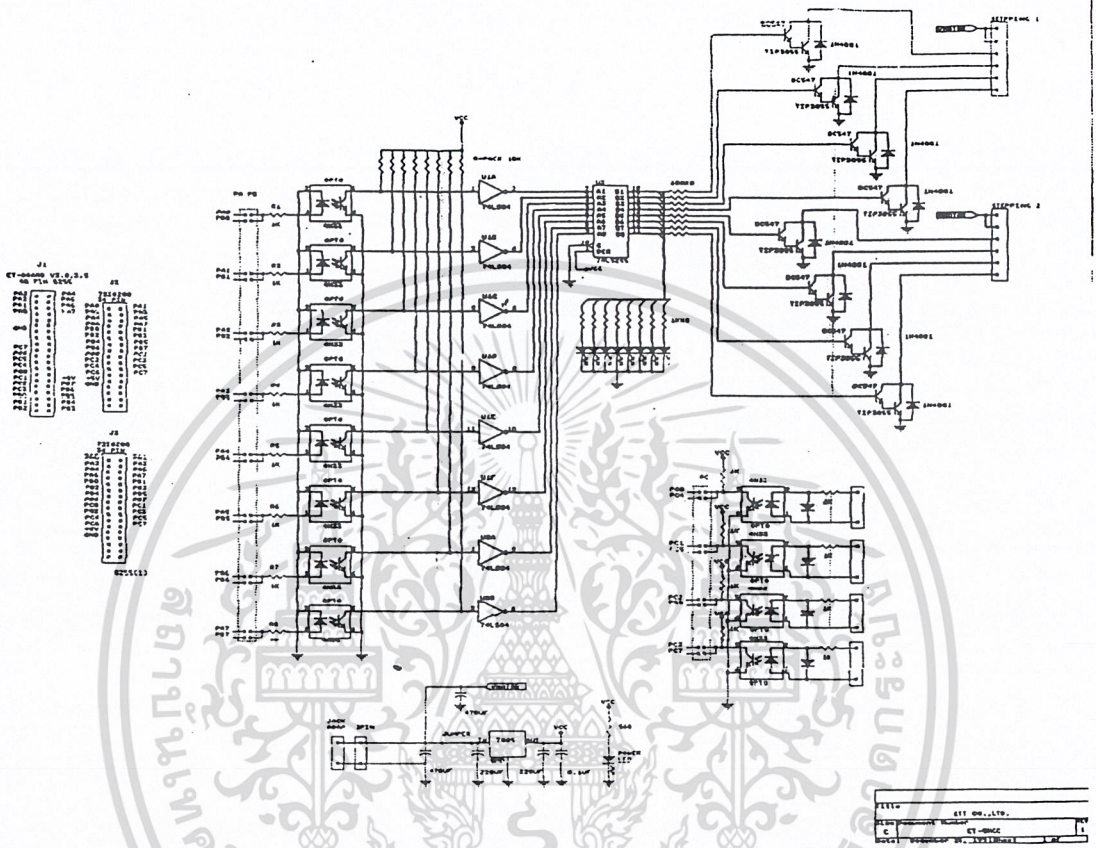
CHANNELS	:	4 CHANNELS
PHOTO-COUPLED	:	4 N 33
CHANNEL STATUS	:	NOT
ISOLATION VOLTAGE	:	2500V(Peak)
HIGH SIGNAL IMMUNITY	:	3-12V PHOTO-COUPLING ON 0-1V PHOTO-COUPLING OFF (R INPUT 1K OHM 1/4W)
CONNECTOR	:	1 40 PIN EXPANSION HEADER-STRIP (8255 BUS ,ET-V3.0,V3.5) 2 34 PIN EXPANSION HEADER-STRIP (72IOZ80 BUS) 2 6PIN EXPANSION (STEPPING MOTOR) 4 2 PIN EXPANSION (INPUT PHOTO-COUPLED INPUT) 1 2PIN EXPANSION POWER
POWER SUPPLY	:	COMSUMPTION 5VDC&MAIN INPUT 7VDC-12VDC POWER SUPPLY CURRENT 250 mA
PCB SIZE	:	13 cm x 16 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของ CONNECTOR



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FILE	011.DWG.LAY
DATE	2008/05/05 09:56:00
BY	ET-000000
PROJECT	ET-000000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 6-Pin DIP Optoisolators Transistor Output

The 4N25/A, 4N26, 4N27 and 4N28 devices consist of a gallium arsenide infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon phototransistor detector.

- Most Economical Optoisolator Choice for Medium Speed, Switching Applications
- Meets or Exceeds All JEDEC Registered Specifications
- *To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option.*

### Applications

- General Purpose Switching Circuits
- Interfacing and coupling systems of different potentials and impedances
- I/O Interfacing
- Solid State Relays

### MAXIMUM RATINGS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
--------	--------	-------	------

#### INPUT LED

Reverse Voltage	$V_R$	3	Volts
Forward Current — Continuous	$I_F$	60	mA
LED Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Output Detector	$P_D$	120	mW
Derate above $25^\circ\text{C}$		1.41	mW/ $^\circ\text{C}$

#### OUTPUT TRANSISTOR

Collector-Emitter Voltage	$V_{CEO}$	30	Volts
Emitter-Collector Voltage	$V_{ECO}$	7	Volts
Collector-Base Voltage	$V_{CBO}$	70	Volts
Collector Current — Continuous	$I_C$	150	mA
Detector Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Input LED	$P_D$	150	mW
Derate above $25^\circ\text{C}$		1.76	mW/ $^\circ\text{C}$

#### TOTAL DEVICE

Isolation Surge Voltage <sup>(1)</sup> (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 sec Duration)	$V_{ISO}$	7500	Vac(pk)
Total Device Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	250 2.94	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Ambient Operating Temperature Range <sup>(2)</sup>	$T_A$	-55 to +100	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range <sup>(2)</sup>	$T_{stg}$	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature (10 sec, 1/16" from case)	$T_L$	260	$^\circ\text{C}$

1. Isolation surge voltage is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.
2. Refer to Quality and Reliability Section in Opto Data Book for information on test conditions.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.  
GlobalOptoisolator is a trademark of Motorola, Inc.

REV 5

© Motorola, Inc. 1995

**4N25\***  
**4N25A\***  
**4N26\***  
[CTR = 20% Min]  
**4N27**  
**4N28**  
[CTR = 10% Min]

\*Motorola Preferred Devices

STYLE 1 PLASTIC

STANDARD THRU HOLE  
CASE 730A-04

SCHEMATIC

PIN 1. LED ANODE  
2. LED CATHODE  
3. N.C.  
4. EMITTER  
5. COLLECTOR  
6. BASE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4N25 4N25A 4N26 4N27 4N28

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)<sup>(1)</sup>

Characteristic	Symbol	Min	Typ <sup>(1)</sup>	Max	Unit	
<b>INPUT LED</b>						
Forward Voltage ( $I_F = 10\text{ mA}$ )	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = -55^\circ\text{C}$ $T_A = 100^\circ\text{C}$	$V_F$	— — —	1.15 1.3 1.05	1.5 — —	Volts
Reverse Leakage Current ( $V_R = 3\text{ V}$ )		$I_R$	—	—	100	$\mu\text{A}$
Capacitance ( $V = 0\text{ V}$ , $f = 1\text{ MHz}$ )		$C_J$	—	18	—	pF

### OUTPUT TRANSISTOR

Collector–Emitter Dark Current ( $V_{CE} = 10\text{ V}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ )	4N25,25A,26,27 4N28	$I_{CEO}$	—	1	50	nA
	All Devices	$I_{CEO}$	—	1	—	$\mu\text{A}$
Collector–Base Dark Current ( $V_{CB} = 10\text{ V}$ )		$I_{CBO}$	—	0.2	—	nA
Collector–Emitter Breakdown Voltage ( $I_C = 1\text{ mA}$ )		$V_{(BR)CEO}$	30	45	—	Volts
Collector–Base Breakdown Voltage ( $I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$ )		$V_{(BR)CBO}$	70	100	—	Volts
Emitter–Collector Breakdown Voltage ( $I_E = 100\text{ }\mu\text{A}$ )		$V_{(BR)ECO}$	7	7.8	—	Volts
DC Current Gain ( $I_C = 2\text{ mA}$ , $V_{CE} = 5\text{ V}$ )		$h_{FE}$	—	500	—	—
Collector–Emitter Capacitance ( $f = 1\text{ MHz}$ , $V_{CE} = 0$ )		$C_{CE}$	—	7	—	pF
Collector–Base Capacitance ( $f = 1\text{ MHz}$ , $V_{CB} = 0$ )		$C_{CB}$	—	19	—	pF
Emitter–Base Capacitance ( $f = 1\text{ MHz}$ , $V_{EB} = 0$ )		$C_{EB}$	—	9	—	pF

### COUPLED

Output Collector Current ( $I_F = 10\text{ mA}$ , $V_{CE} = 10\text{ V}$ )	4N25,25A,26 4N27,28	$I_C$ (CTR) <sup>(2)</sup>	2 (20) 1 (10)	7 (70) 5 (50)	— —	mA (%)
Collector–Emitter Saturation Voltage ( $I_C = 2\text{ mA}$ , $I_F = 50\text{ mA}$ )		$V_{CE(sat)}$	—	0.15	0.5	Volts
Turn–On Time ( $I_F = 10\text{ mA}$ , $V_{CC} = 10\text{ V}$ , $R_L = 100\text{ }\Omega$ ) <sup>(3)</sup>		$t_{on}$	—	2.8	—	$\mu\text{s}$
Turn–Off Time ( $I_F = 10\text{ mA}$ , $V_{CC} = 10\text{ V}$ , $R_L = 100\text{ }\Omega$ ) <sup>(3)</sup>		$t_{off}$	—	4.5	—	$\mu\text{s}$
Rise Time ( $I_F = 10\text{ mA}$ , $V_{CC} = 10\text{ V}$ , $R_L = 100\text{ }\Omega$ ) <sup>(3)</sup>		$t_r$	—	1.2	—	$\mu\text{s}$
Fall Time ( $I_F = 10\text{ mA}$ , $V_{CC} = 10\text{ V}$ , $R_L = 100\text{ }\Omega$ ) <sup>(3)</sup>		$t_f$	—	1.3	—	$\mu\text{s}$
Isolation Voltage ( $f = 60\text{ Hz}$ , $t = 1\text{ sec}$ ) <sup>(4)</sup>		$V_{ISO}$	7500	—	—	Vac(pk)
Isolation Resistance ( $V = 500\text{ V}$ ) <sup>(4)</sup>		$R_{ISO}$	$10^{11}$	—	—	$\Omega$
Isolation Capacitance ( $V = 0\text{ V}$ , $f = 1\text{ MHz}$ ) <sup>(4)</sup>		$C_{ISO}$	—	0.2	—	pF

1. Always design to the specified minimum/maximum electrical limits (where applicable).
2. Current Transfer Ratio (CTR) =  $I_C/I_F \times 100\%$ .
3. For test circuit setup and waveforms, refer to Figure 11.
4. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

TYPICAL CHARACTERISTICS

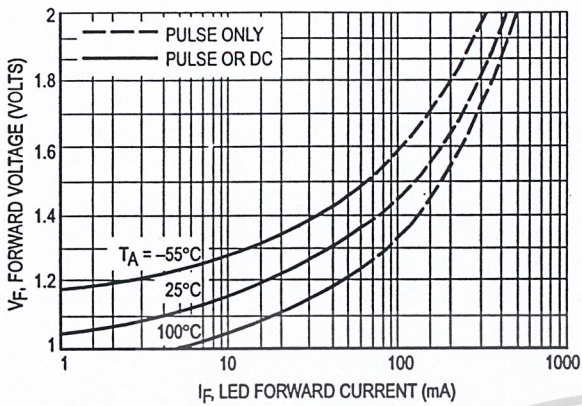


Figure 1. LED Forward Voltage versus Forward Current

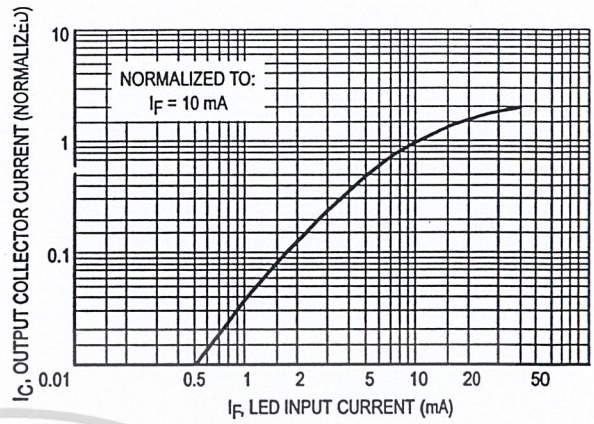


Figure 2. Output Current versus Input Current

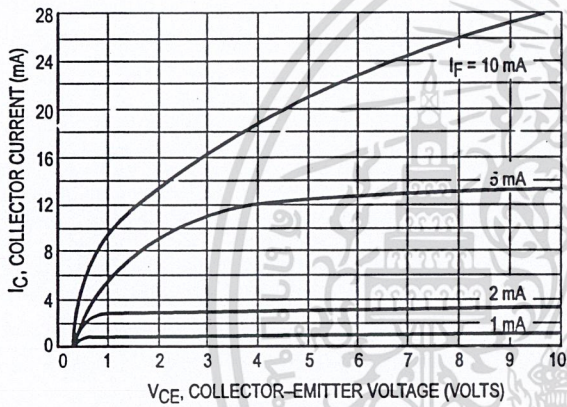


Figure 3. Collector Current versus Collector-Emitter Voltage

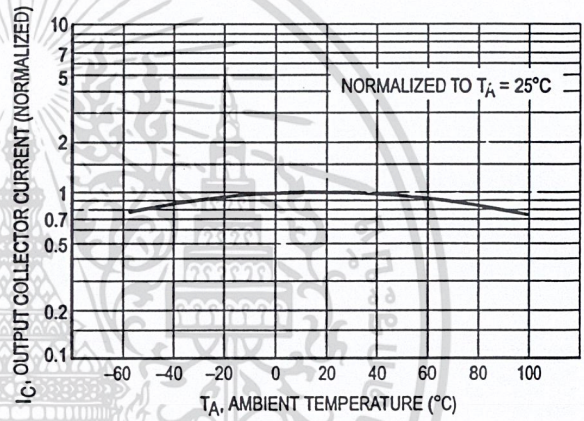


Figure 4. Output Current versus Ambient Temperature

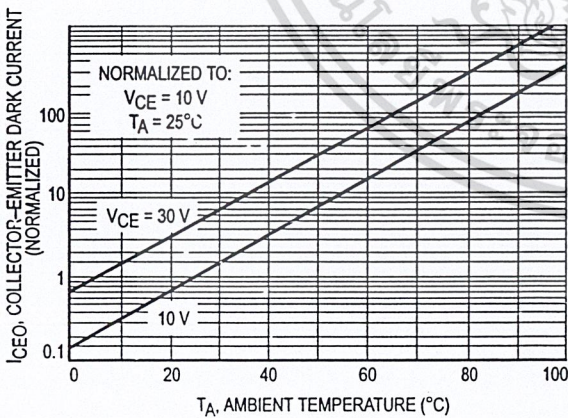


Figure 5. Dark Current versus Ambient Temperature

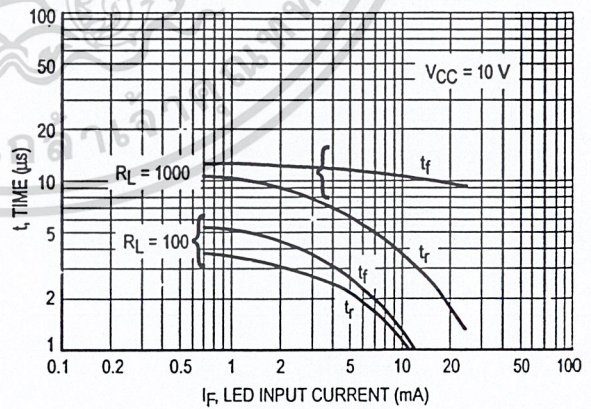
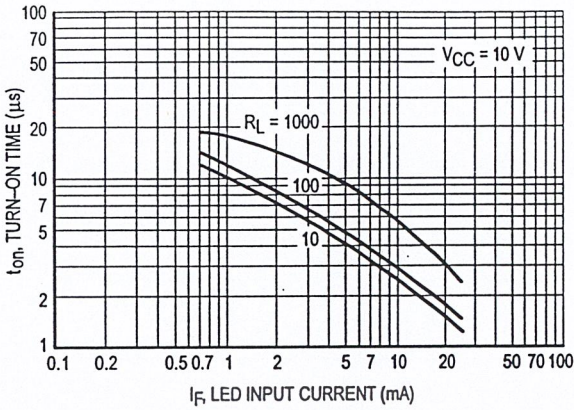
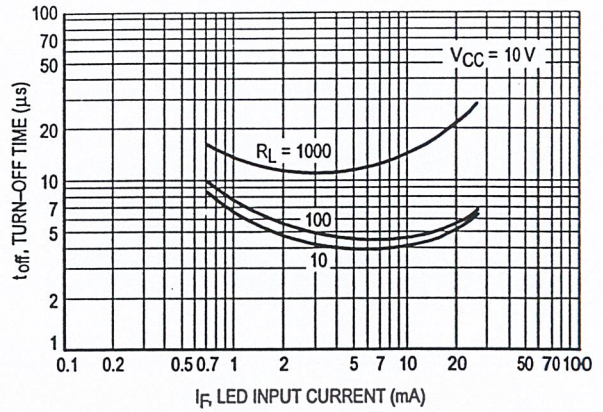


Figure 6. Rise and Fall Times (Typical Values)

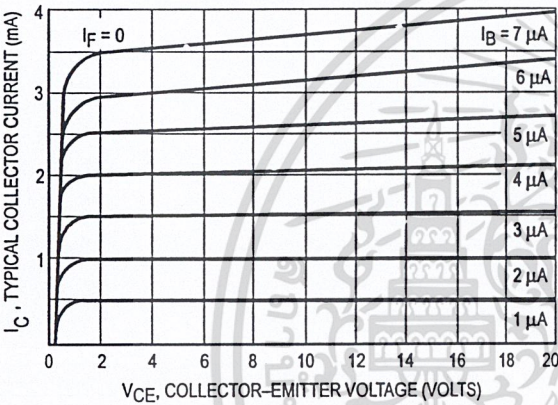
**4N25 4N25A 4N26 4N27 4N28**



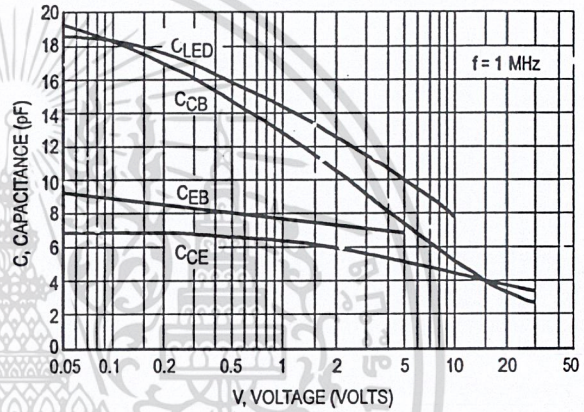
**Figure 7. Turn-On Switching Times (Typical Values)**



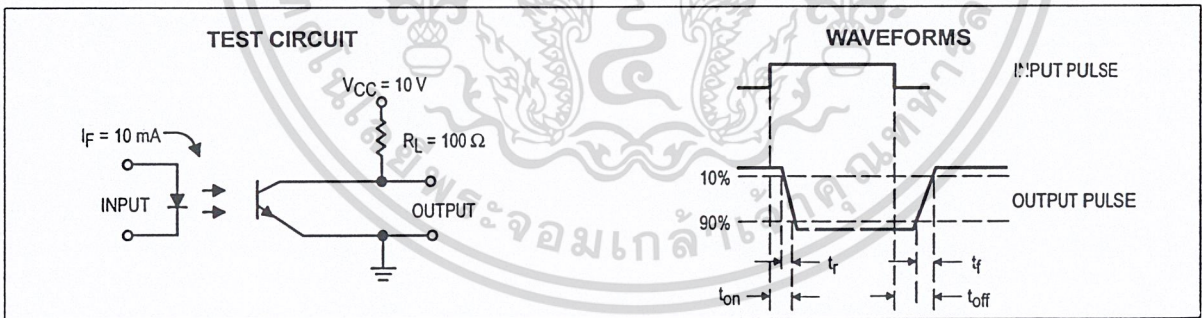
**Figure 8. Turn-Off Switching Times (Typical Values)**



**Figure 9. DC Current Gain (Detector Only)**



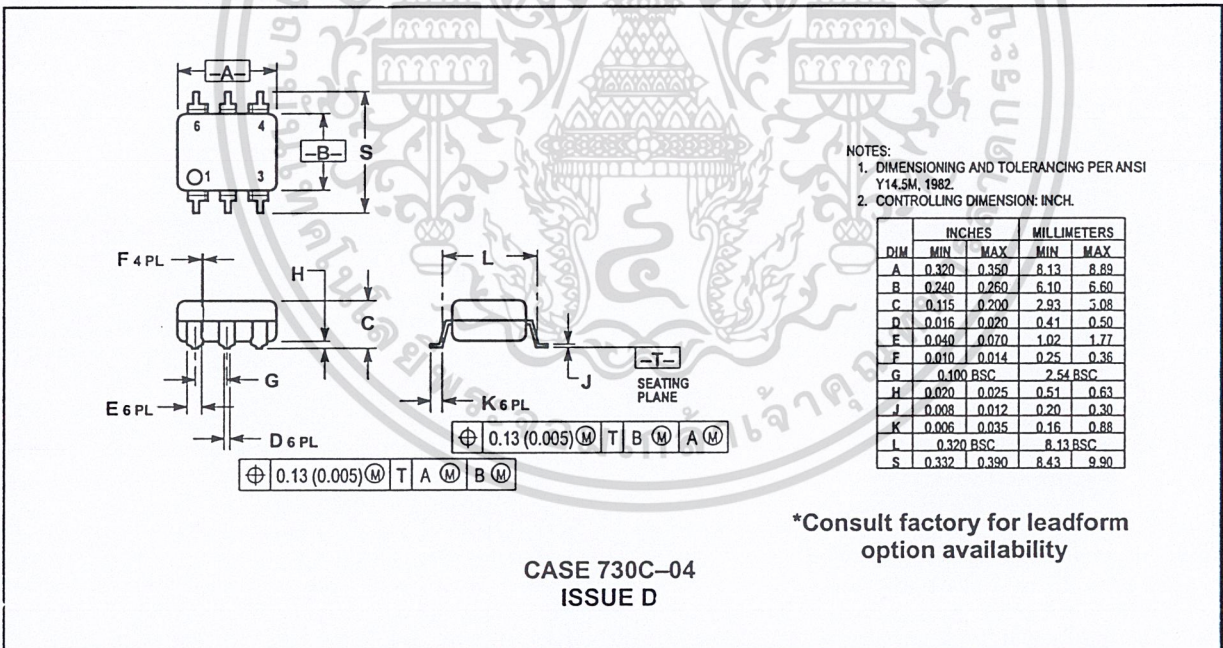
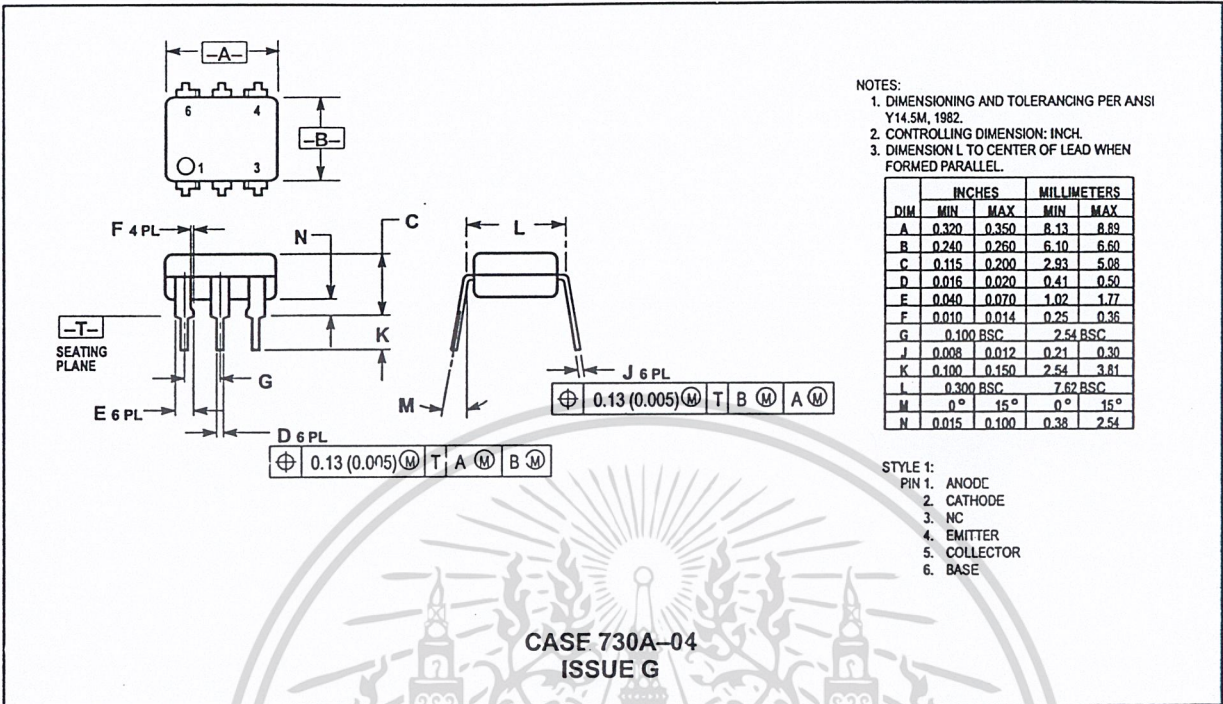
**Figure 10. Capacitances versus Voltage**



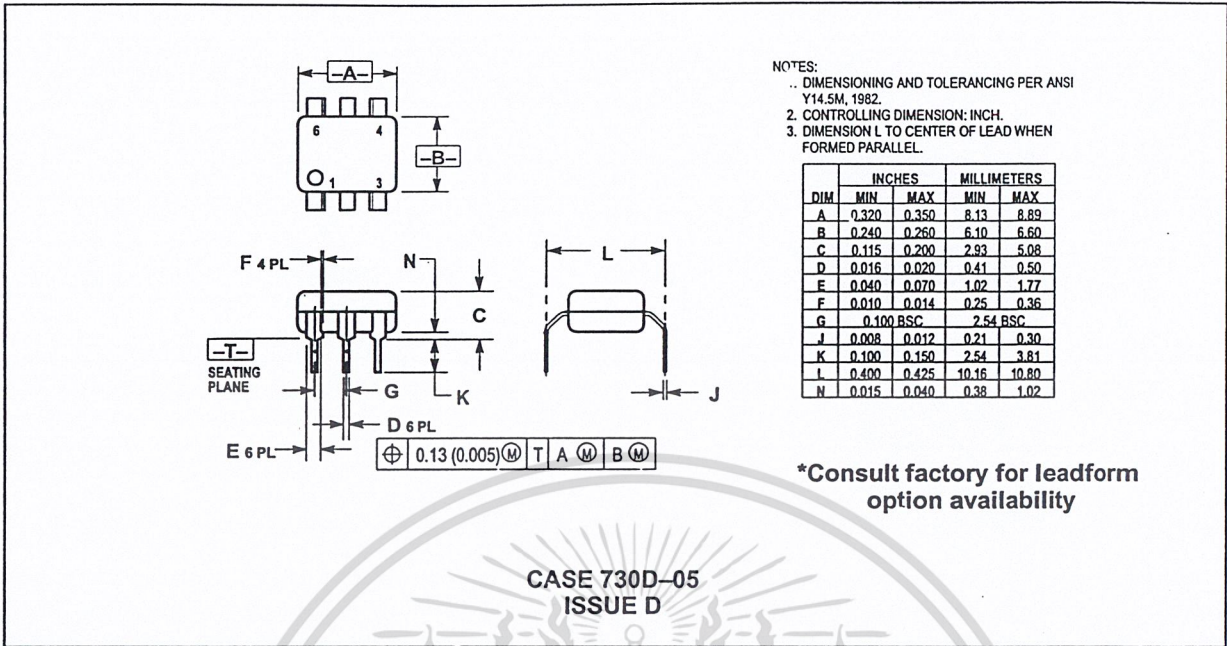
**Figure 11. Switching Time Test Circuit and Waveforms**

4N25 4N25A 4N26 4N27 4N28

PACKAGE DIMENSIONS



4N25 4N25A 4N26 4N27 4N28



Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters can and do vary in different applications. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

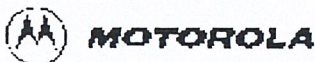
How to reach us:

USA / EUROPE: Motorola Literature Distribution;  
 P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2477

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, Toshikatsu Otsuki,  
 6F Seibu-Butsuryu-Center, 3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-3521-8315

MFAX: RMFAX0@email.sps.mot.com - TOUCHTONE (602) 244-6609  
 INTERNET: http://Design-NET.cc

HONG KONG: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park,  
 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298



4N25/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้  
 ใดๆทำซ้ำหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจาก Motorola หรือผู้ถือลิขสิทธิ์  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# IRF510, IRF511, IRF512, IRF513

4.9A, and 5.6A, 80V and 100V, 0.54 and 0.74 Ohm,  
N-Channel Power MOSFETs

January 1998

## Features

- 4.9A, and 5.6A, 80V and 100V
- $r_{DS(ON)} = 0.54\Omega$  and  $0.74\Omega$
- Single Pulse Avalanche Energy Rated
- SOA is Power Dissipation Limited
- Nanosecond Switching Speeds
- Linear Transfer Characteristics
- High Input Impedance
- Related Literature
  - TB334 "Guidelines for Soldering Surface Mount Components to PC Boards"

## Description

These are N-Channel enhancement mode silicon gate power field effect transistors. They are advanced power MOSFETs designed, tested, and guaranteed to withstand a specified level of energy in the breakdown avalanche mode of operation. All of these power MOSFETs are designed for applications such as switching regulators, switching converters, motor drivers, relay drivers, and drivers for high power bipolar switching transistors requiring high speed and low gate drive power. These types can be operated directly from integrated circuits.

Formerly developmental type TA17441.

## Ordering Information

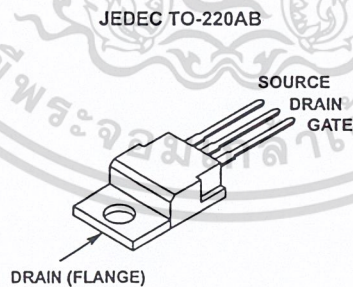
PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
IRF510	TO-220AB	IRF510
IRF511	TO-220AB	IRF511
IRF512	TO-220AB	IRF512
IRF513	TO-220AB	IRF513

NOTE: When ordering, include the entire part number.

## Symbol



## Packaging



## IRF510, IRF511, IRF512, IRF513

### Absolute Maximum Ratings $T_C = 25^\circ\text{C}$ , Unless Otherwise Specified

	IRF510	IRF511	IRF512	IRF513	UNITS
Drain to Source Voltage (Note 1) . . . . . $V_{DS}$	100	80	100	80	V
Drain to Gate Voltage ( $R_{GS} = 20k\Omega$ ) (Note 1) . . . . . $V_{DGR}$	100	80	100	80	V
Continuous Drain Current . . . . . $I_D$	5.6	5.6	4.9	4.9	A
$T_C = 100^\circ\text{C}$ . . . . . $I_D$	4	4	3.4	3.4	A
Pulsed Drain Current (Note 3) . . . . . $I_{DM}$	20	20	18	18	A
Gate to Source Voltage . . . . . $V_{GS}$	$\pm 20$	$\pm 20$	$\pm 20$	$\pm 20$	V
Maximum Power Dissipation . . . . . $P_D$	43	43	43	43	W
Linear Derating Factor . . . . .	0.29	0.29	0.29	0.29	W/ $^\circ\text{C}$
Single Pulse Avalanche Energy Rating (Note 4) . . . . . $E_{AS}$	19	19	19	19	mJ
Operating and Storage Temperature Range . . . . . $T_J, T_{STG}$	-55 to 175	-55 to 175	-55 to 175	-55 to 175	$^\circ\text{C}$
Maximum Temperature for Soldering					
Leads at 0.063in (1.6mm) from 25ase for 10s . . . . . $T_L$	300	300	300	300	$^\circ\text{C}$
Package Body for 10s, See Techbrief 334 . . . . . $T_{pkg}$	260	260	260	260	$^\circ\text{C}$

**CAUTION:** Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

**NOTE:**

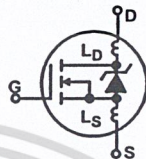
1.  $T_J = 25^\circ\text{C}$  to  $150^\circ\text{C}$ .

### Electrical Specifications $T_C = 25^\circ\text{C}$ , Unless Otherwise Specified

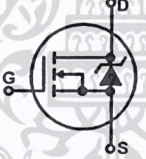
PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage IRF510, IRF512	$BV_{DSS}$	$V_{GS} = 0V, I_D = 250\mu A$ , (Figure 10)	100	-	-	V
			IRF511, IRF513	80	-	-
Gate to Threshold Voltage	$V_{GS(TH)}$	$V_{GS} = V_{DS}, I_D = 250\mu A$	2.0	-	4.0	V
Zero-Gate Voltage Drain Current	$I_{DSS}$	$V_{DS} = \text{Rated } BV_{DSS}, V_{GS} = 0V$	-	-	25	$\mu A$
			$V_{DS} = 0.8 \times \text{Rated } BV_{DSS}, V_{GS} = 0V, T_J = 150^\circ\text{C}$	-	-	250
On-State Drain Current (Note 2) IRF510, IRF511	$I_{D(ON)}$	$V_{DS} \geq I_{D(ON)} \times r_{DS(ON)MAX}, V_{GS} = 10V$ , (Figure 7)	5.6	-	-	A
			IRF512, IRF513	4.9	-	-
Gate to Source Leakage Current	$I_{GSS}$	$V_{GS} = \pm 20V$	-	-	$\pm 100$	nA
Drain to Source On Resistance (Note 2) IRF510, IRF511	$r_{DS(ON)}$	$V_{GS} = 10V, I_D = 3.4A$ , (Figures 8, 9)	-	0.4	0.54	$\Omega$
			IRF512, IRF513	-	0.5	0.74
Forward Transconductance (Note 2)	$g_{fs}$	$V_{GS} = 50V, I_D = 3.4A$ , (Figure 12)	1.3	2.0	-	S
Turn-On Delay Time	$t_{d(ON)}$	$I_D = 5.6A, R_{GS} = 24\Omega, V_{DD} = 50V, R_L = 9\Omega$ $V_{DD} = 50V, V_{GS} = 10V$ , (Figures 17, 18) MOSFET switching times are essentially independent of operating temperature	-	8	11	ns
Rise Time	$t_r$		-	25	36	ns
Turn-Off Delay Time	$t_{d(OFF)}$		-	15	21	ns
Fall Time	$t_f$		-	12	21	ns
Total Gate Charge (Gate to Source + Gate to Drain)	$Q_{g(TOT)}$	$V_{GS} = 10V, I_D = 5.6A, V_{DS} = 0.8 \times \text{Rated } BV_{DSS}$ , $I_{G(REF)} = 1.5mA$ (Figures 14, 19, 20) Gate charge is essentially independent of operating temperature	-	5.0	7.7	nC
Gate to Source Charge	$Q_{gs}$		-	2.0	-	nC
Gate to Drain "Miller" Charge	$Q_{gd}$		-	3.0	-	nC

## IRF510, IRF511, IRF512, IRF513

### Electrical Specifications $T_C = 25^\circ\text{C}$ , Unless Otherwise Specified (Continued)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Capacitance	$C_{ISS}$	$V_{GS} = 0\text{V}$ , $V_{DS} = 25\text{V}$ , $f = 1.0\text{MHz}$ , (Figure 11)		-	135	-	pF
Output Capacitance	$C_{OSS}$			-	80	-	pF
Reverse-Transfer Capacitance	$C_{RSS}$			-	20	-	pF
Internal Drain Inductance	$L_D$	Measured From the Contact Screw On Tab To Center of Die	Modified MOSFET Symbol Showing the Internal Devices Inductances 	-	3.5	-	nH
		Measured From the Drain Lead, 6mm (0.25in) From Package to Center of Die		-	4.5	-	nH
Internal Source Inductance	$L_S$	Measured From The Source Lead, 6mm (0.25in) From Header to Source Bonding Pad			-	7.5	-
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$			-	-	3.5	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	Free air operation		-	-	80	$^\circ\text{C/W}$

### Source to Drain Diode Specifications

PARAMETER	SYMBOL	Test Conditions		MIN	TYP	MAX	UNITS
Continuous Source to Drain Current	$I_{SD}$	Modified MOSFET Symbol Showing the Integral Reverse P-N Junction Diode 		-	-	5.6	A
Pulse Source to Drain Current (Note 3)	$I_{SDM}$			-	-	20	A
Source to Drain Diode Voltage (Note 2)	$V_{SD}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$ , $I_{SD} = 5.6\text{A}$ , $V_{GS} = 0\text{V}$ (Figure 13)		-	-	2.5	V
Reverse Recovery Time	$t_{rr}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$ , $I_{SD} = 5.6\text{A}$ , $dI_{SD}/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$		4.6	96	200	ns
Reverse Recovered Charge	$Q_{RR}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$ , $I_{SD} = 5.6\text{A}$ , $dI_{SD}/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$		0.17	0.4	0.83	$\mu\text{C}$

#### NOTES:

2. Pulse test: pulse width  $\leq 300\mu\text{s}$ , duty cycle  $\leq 2\%$ .
3. Repetitive rating: pulse width limited by max junction temperature. See Transient Thermal Impedance curve (Figure 3).
4.  $V_{DD} = 25\text{V}$ , start  $T_J = 25^\circ\text{C}$ ,  $L = 910\mu\text{H}$ ,  $R_G = 25\Omega$ , peak  $I_{AS} = 5.6\text{A}$  (See Figure 15, 16).

## IRF510, IRF511, IRF512, IRF513

### Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified

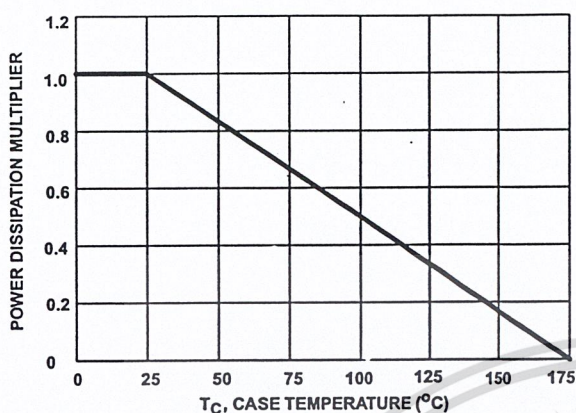


FIGURE 1. NORMALIZED POWER DISSIPATION vs CASE TEMPERATURE

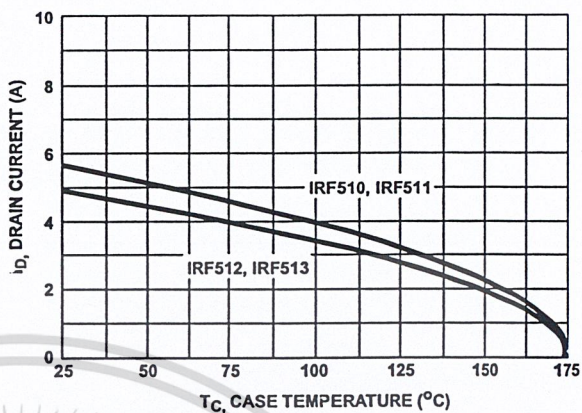


FIGURE 2. MAXIMUM CONTINUOUS DRAIN CURRENT vs CASE TEMPERATURE

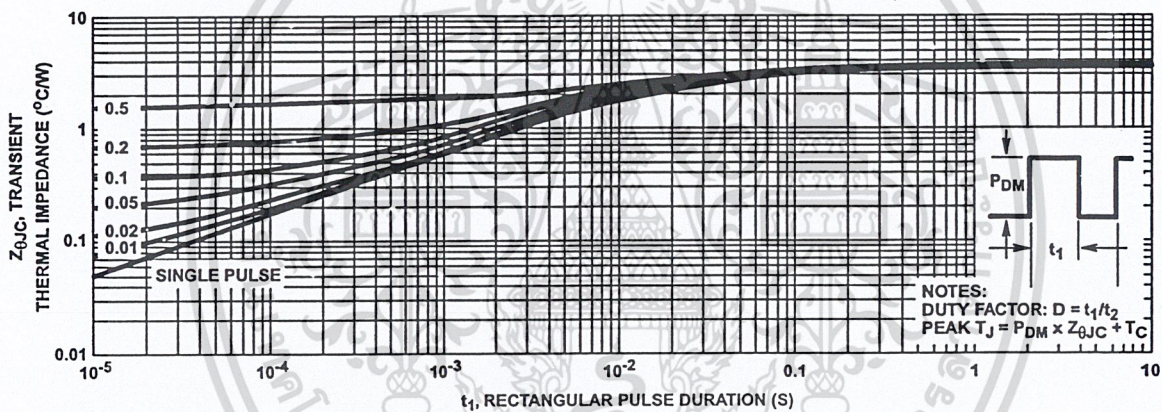


FIGURE 3. MAXIMUM TRANSIENT THERMAL IMPEDANCE

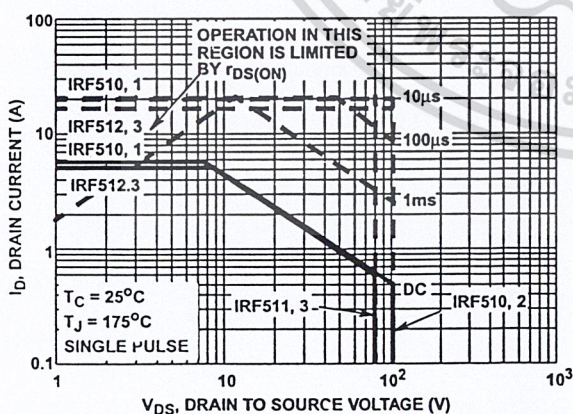


FIGURE 4. FORWARD BIAS SAFE OPERATING AREA

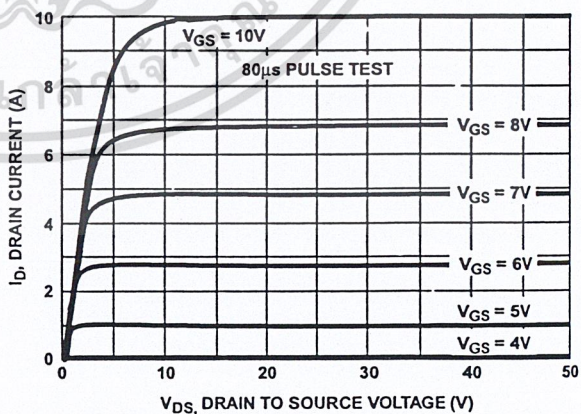


FIGURE 5. OUTPUT CHARACTERISTICS

IRF510, IRF511, IRF512, IRF513

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified (Continued)

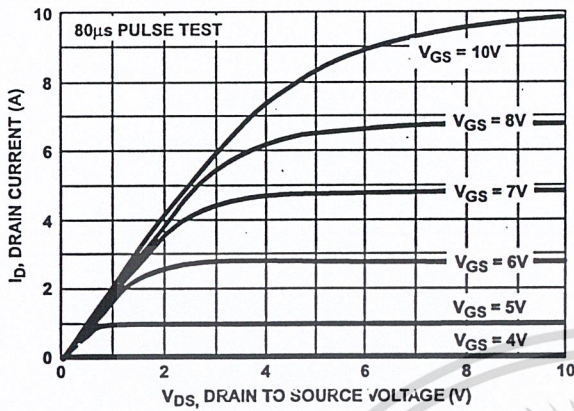


FIGURE 6. SATURATION CHARACTERISTICS

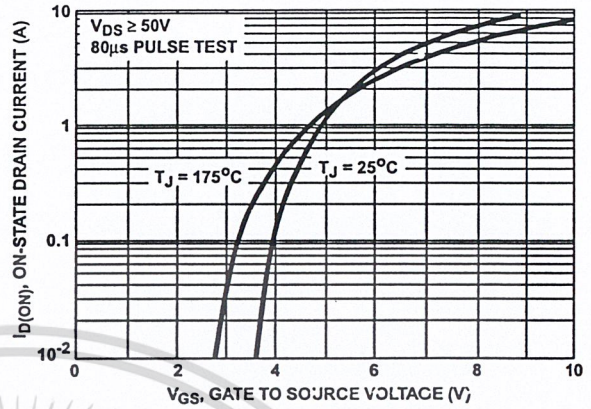


FIGURE 7. TRANSFER CHARACTERISTICS

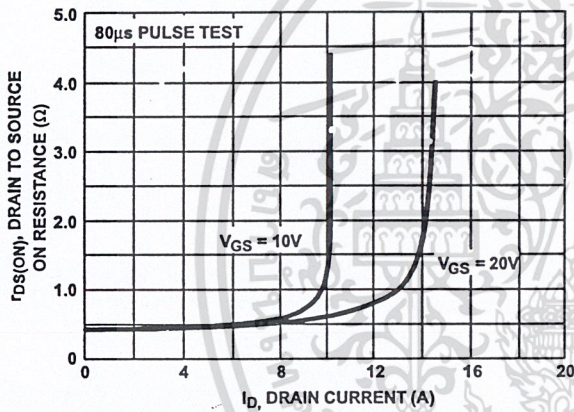


FIGURE 8. DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs GATE VOLTAGE AND DRAIN CURRENT

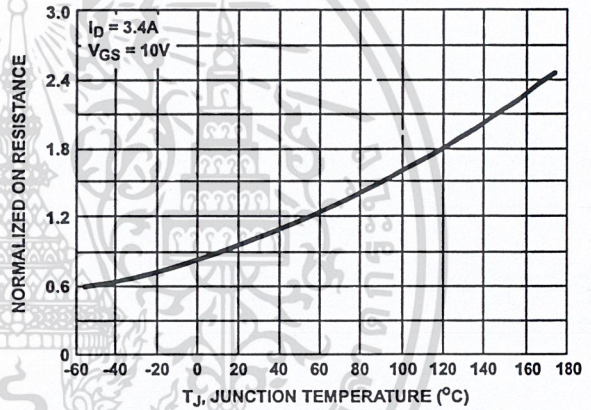


FIGURE 9. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs JUNCTION TEMPERATURE

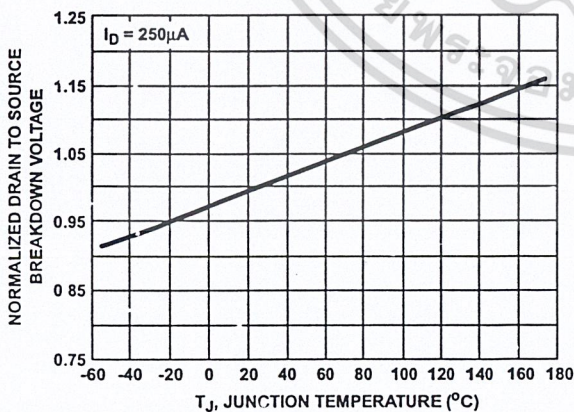


FIGURE 10. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE BREAKDOWN VOLTAGE vs JUNCTION TEMPERATURE

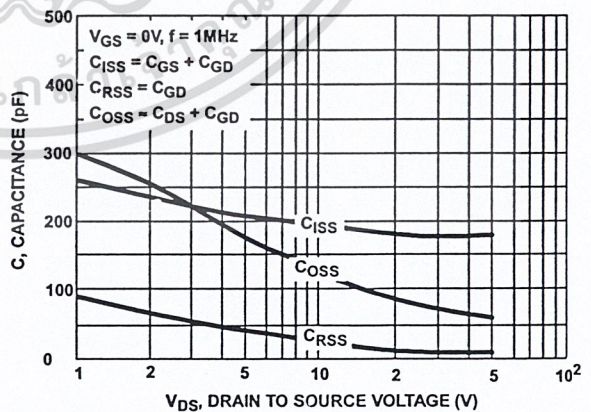


FIGURE 11. CAPACITANCE vs DRAIN TO SOURCE VOLTAGE

IRF510, IRF511, IRF512, IRF513

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified (Continued)

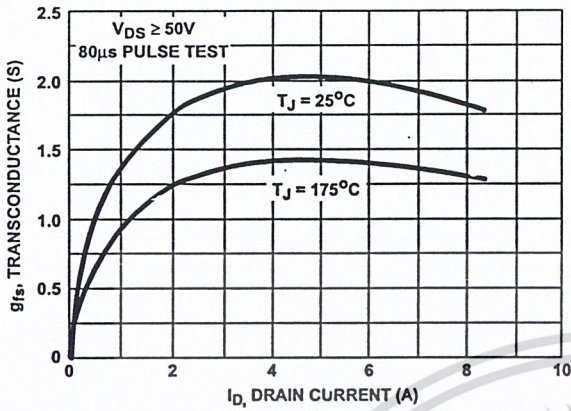


FIGURE 12. TRANSCONDUCTANCE vs DRAIN CURRENT

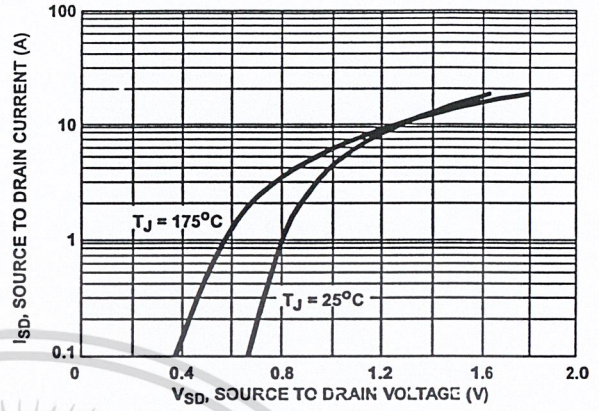


FIGURE 13. SOURCE TO DRAIN DIODE VOLTAGE

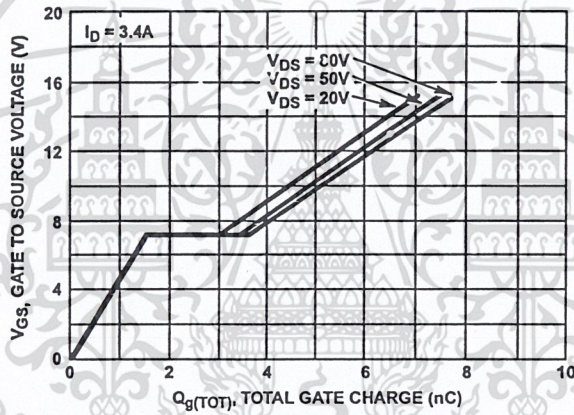


FIGURE 14. GATE TO SOURCE VOLTAGE vs GATE CHARGE

IRF510, IRF511, IRF512, IRF513

Test Circuits and Waveforms

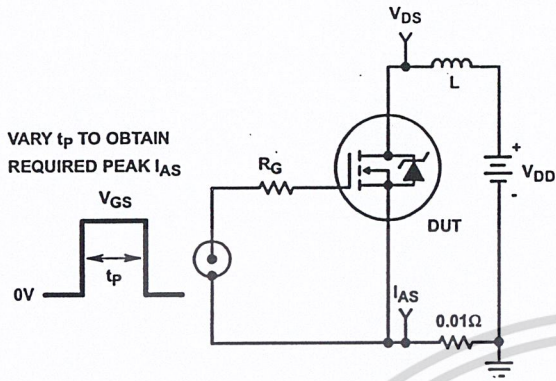


FIGURE 15. UNCLAMPED ENERGY TEST CIRCUIT

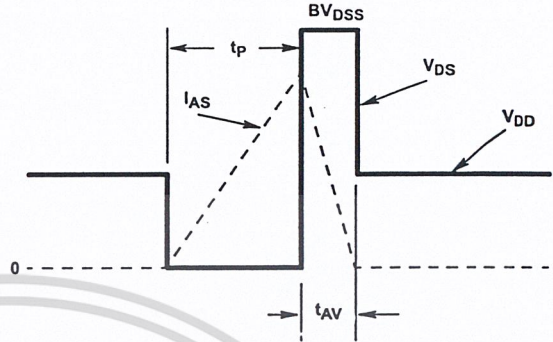


FIGURE 16. UNCLAMPED ENERGY WAVEFORMS

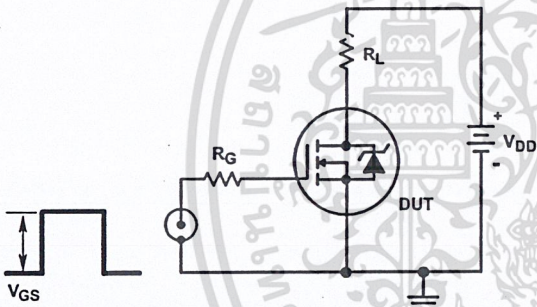


FIGURE 17. SWITCHING TIME TEST CIRCUIT

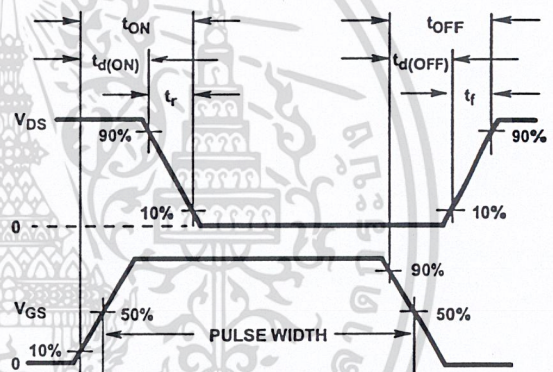


FIGURE 18. RESISTIVE SWITCHING WAVEFORMS

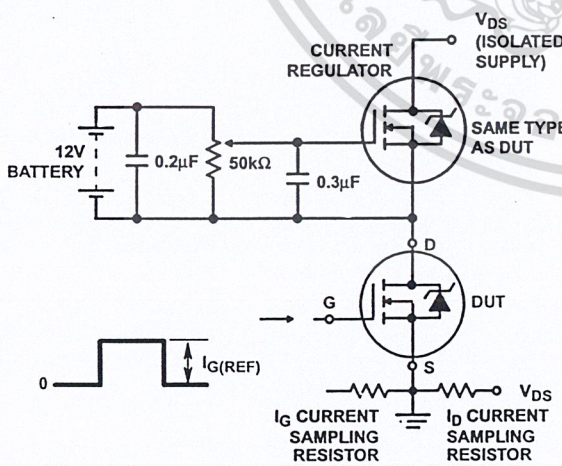


FIGURE 19. GATE CHARGE TEST CIRCUIT

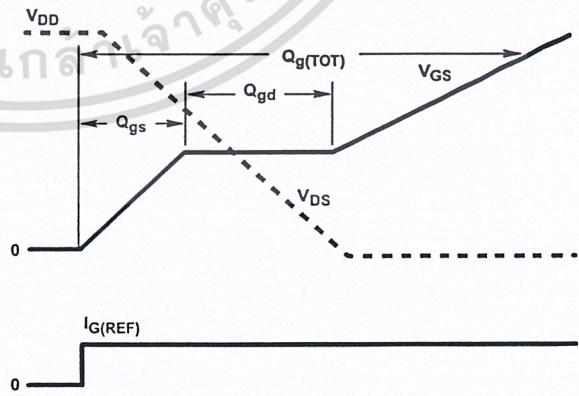


FIGURE 20. GATE CHARGE WAVEFORM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# QUAD VOLTAGE COMPARATOR

LM339

## FEATURES

- Wide single supply voltage range  $2.0V_{DC}$  TO  $36V_{DC}$  or dual supplies  $\pm 1.0V_{DC}$  to  $\pm 18V_{DC}$
- Very low supply current drain (0.8•) independent of supply voltage (1.0•/comparator at  $5.0V_{DC}$ )
- Low input biasing current 25•
- Low input offset current  $\pm 5•$  and offset voltage
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Low output 250• at 4• saturation voltage
- Output voltage compatible with TTL, DTL, ECL, MOS and CMOS logic system

## APPLICATION

- A/D Converters
- Wide range VOC
- MOS clock generator
- High voltage logic gate
- Multivibrators

## DESCRIPTION

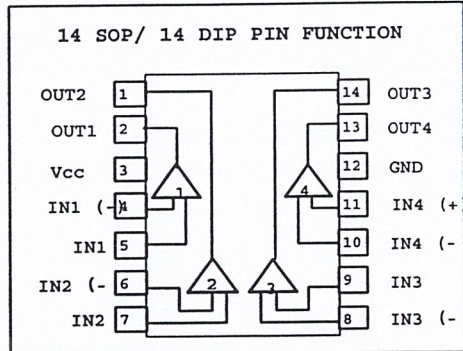
The LM339 consists of four independent precision voltage comparators, with an offset voltage specification as low as 20• max for each comparator, which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages.

Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

These comparators also have a unique characteristic in that the input common-mode voltage range includes ground, even though they are operated from a single power supply voltage.

The LM339 series was designed to directly interface with TTL and CMOS.

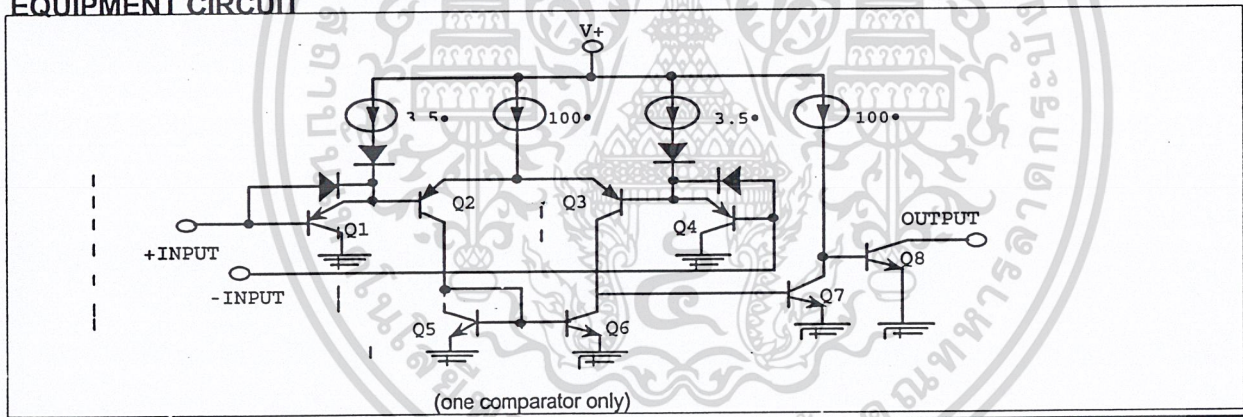
When operated from both plus and minus power supplies, the LM339 series will directly interface with MOS logic where their low power drain is a distinct advantage over standard comparators.



## ORDERING INFORMATION

Device	Package
LM339D	14 SOP
LM339N	14 DIP

## EQUIPMENT CIRCUIT



For more information, or to purchase call E.C.C. Inc @-800-214-8769

HTC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# QUAD VOLTAGE COMPARATOR

LM339

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

CHARACTERISTIC	SYMBOL	VALUE	UNIT
Supply Voltage	$V_{CC}$	$\pm 18$ or 36	V
Differential Input Voltage	$V_{I(DIFF)}$	36	V
Input Voltage	$V_I$	-0.3 to +36	V
Output Short Circuit to GND		Continuous	
Power Dissipation	$P_D$	570	•
Operating Temperature	$T_{OPR}$	0~+70	•
Storage Temperature	$T_{STG}$	-65 to +150	•

## Electrical characteristics at specified free-air temperature, $V_{CC}=5V$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITION*	LM339			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
$V_{IO}$ Input Offset Voltage	$V_{CC}=5V$ to 30V $V_{IC}=V_{ICR MIN}$ , $V_O=1.4V$	25•	2	5	•
$I_{IO}$ Input Offset Current	$V_O=1.4V$	25•	5	50	•
$I_{IB}$ Input Bias Current	$V_O=1.4V$	25•	-25	-250	•
$V_{ICR}$ Common-Mode Input Voltage Range**		25•	0 to $V_{CC}-1.5$		V
$A_{VD}$ Large-Signal Differential Voltage Amplification	$V_{CC}=15V$ , $V_O=1.4V$ to 11.4V, $R_L=15\Omega$ to $V_{CC}$	25•	50	200	V/•
$I_{OH}$ High-Level Output Current	$V_{OH}=5V$ , $V_{ID}=1V$ $V_{OL}=30V$ , $V_{ID}=1V$	25•	0.1	50	•
$V_{OL}$ Low-Level Output Voltage	$I_{OL}=4\text{mA}$ , $V_{ID}=-1V$	25•	150	400	•
$I_{OL}$ Low-Level Output Current	$V_{OL}=1.5V$ , $V_{ID}=-1V$	25•	6	700	•
$I_{CC}$ Supply Current	$R_L=•$ $V_{CC}=5V$ $V_{CC}=30V$	25•	0.8	2	•
		Full Range		2.5	•

\* Full range (MIN to MAX), for LM339 is 0• to 70•. All characteristics are measured with zero common-mode input voltage unless otherwise specified.

\*\* The voltage at either input or common-mode should not be allowed to go negative by more than 0.3V.

The upper end of the common-mode voltage range is  $V_{CC}-1.5V$ , but either or both inputs can go to 30V without damage.

## Switching characteristics, $V_{CC}=5V$ , $T_A=25\text{•}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM339			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
Response Time	$R_L$ Connected to 5V Through 5.1•, $C_I=15\text{•}$ (See Note 1)		1.3		•
	100• Input Step with 5•• Overdrive TTL-Level Input Step		0.3		

\*  $C_L$  includes probe and jig capacitance.

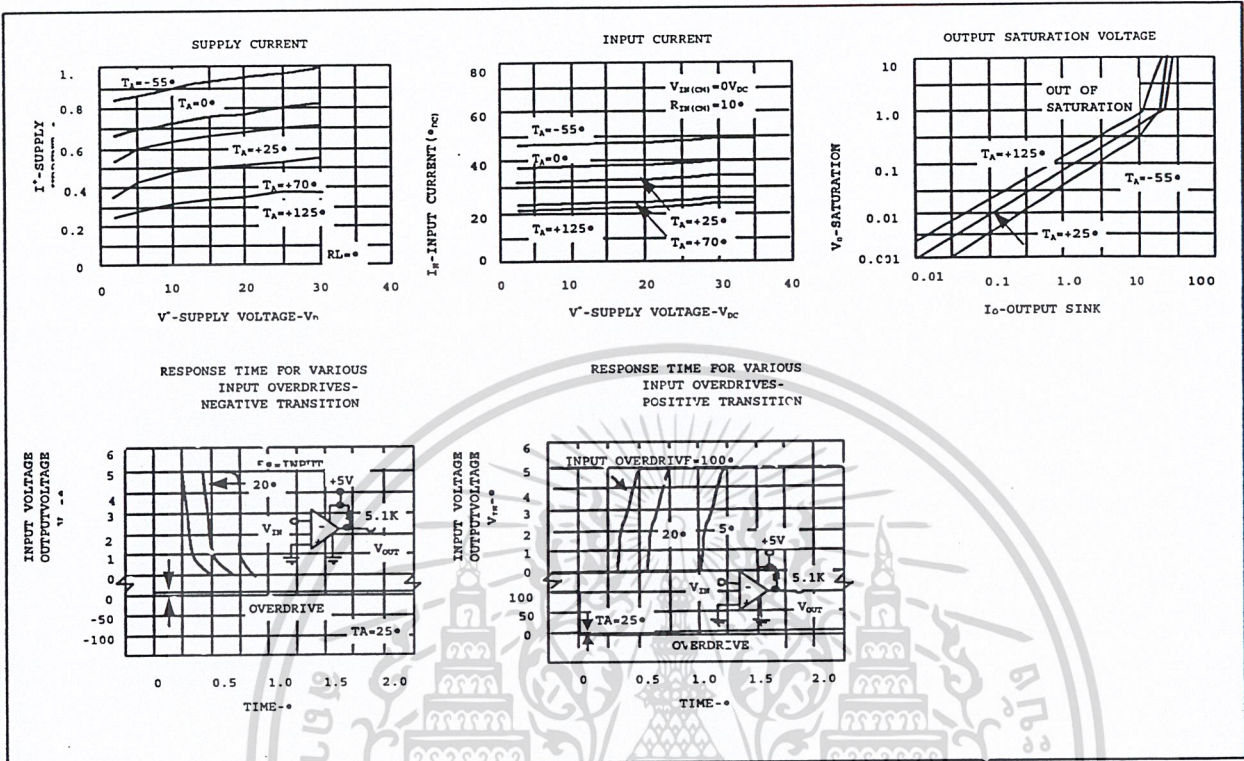
Note 1: The response time specified is the interval between the input step function and the instant when the output crosses 1.4V.

For more information, or to purchase call E.C.C. Inc @800-214-8769

HTC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



For more information, or to purchase call E.C.C. Inc @800-214-8769

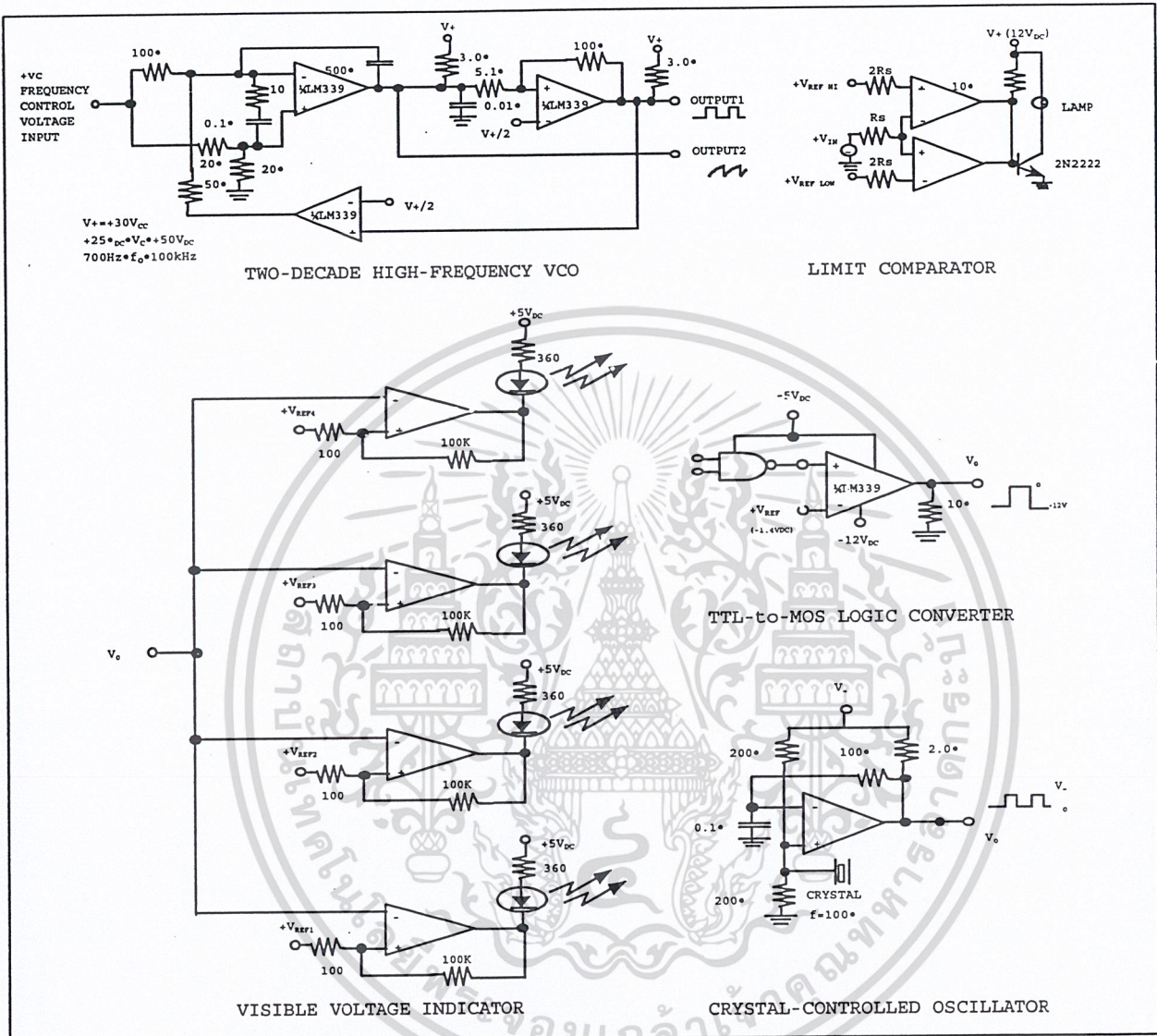
HTC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# QUAD VOLTAGE COMPARATOR

LM339

## TYPICAL APPLICATIONS

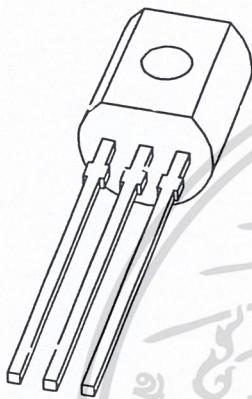


HTC

For more information, or to purchase call E.C.C. Inc @800-214-8769

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# DATA SHEET



## **BC337** NPN general purpose transistor

Product specification  
Supersedes data of 1997 Mar 10

1999 Apr 15

Philips

Semiconductors



**PHILIPS**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ในโครงการอื่นใด  
ลิขสิทธิ์สงวนไว้ทั้งหมด อีกรทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

# NPN general purpose transistor

BC337

## FEATURES

- High current (max. 500 mA)
- Low voltage (max. 45 V).

## APPLICATIONS

- General purpose switching and amplification, e.g. driver and output stages of audio amplifiers.

## DESCRIPTION

NPN transistor in a TO-92; SOT54 plastic package.  
PNP complement: BC327.

## PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector

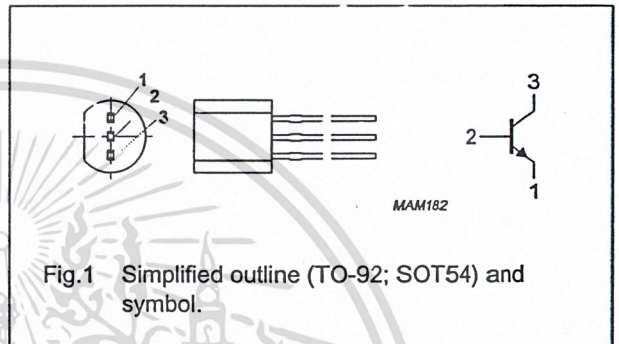


Fig.1 Simplified outline (TO-92; SOT54) and symbol.

## LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V <sub>CB0</sub>	collector-base voltage	open emitter	–	50	V
V <sub>CEO</sub>	collector-emitter voltage	open base	–	45	V
V <sub>EBO</sub>	emitter-base voltage	open collector	–	5	V
I <sub>C</sub>	collector current (DC)		–	500	mA
I <sub>CM</sub>	peak collector current		–	1	A
I <sub>BM</sub>	peak base current		–	200	mA
P <sub>tot</sub>	total power dissipation	T <sub>amb</sub> ≤ 25 °C; note 1	–	625	mW
T <sub>stg</sub>	storage temperature		–65	+150	°C
T <sub>j</sub>	junction temperature		–	150	°C
T <sub>amb</sub>	operating ambient temperature		–65	+150	°C

## Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

## NPN general purpose transistor

BC337

## THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th\ j-a}$	thermal resistance from junction to ambient	note 1	0.2	K/mW

## Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

## CHARACTERISTICS

$T_j = 25\text{ °C}$  unless otherwise specified.

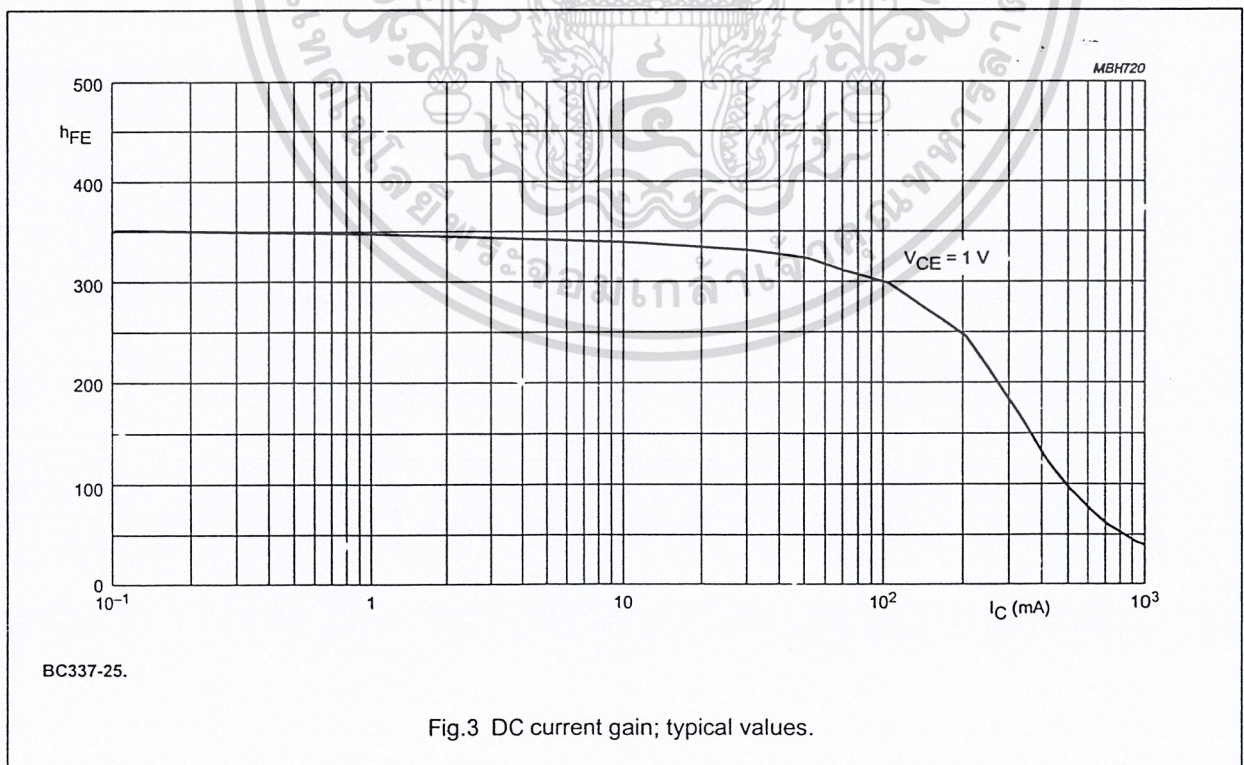
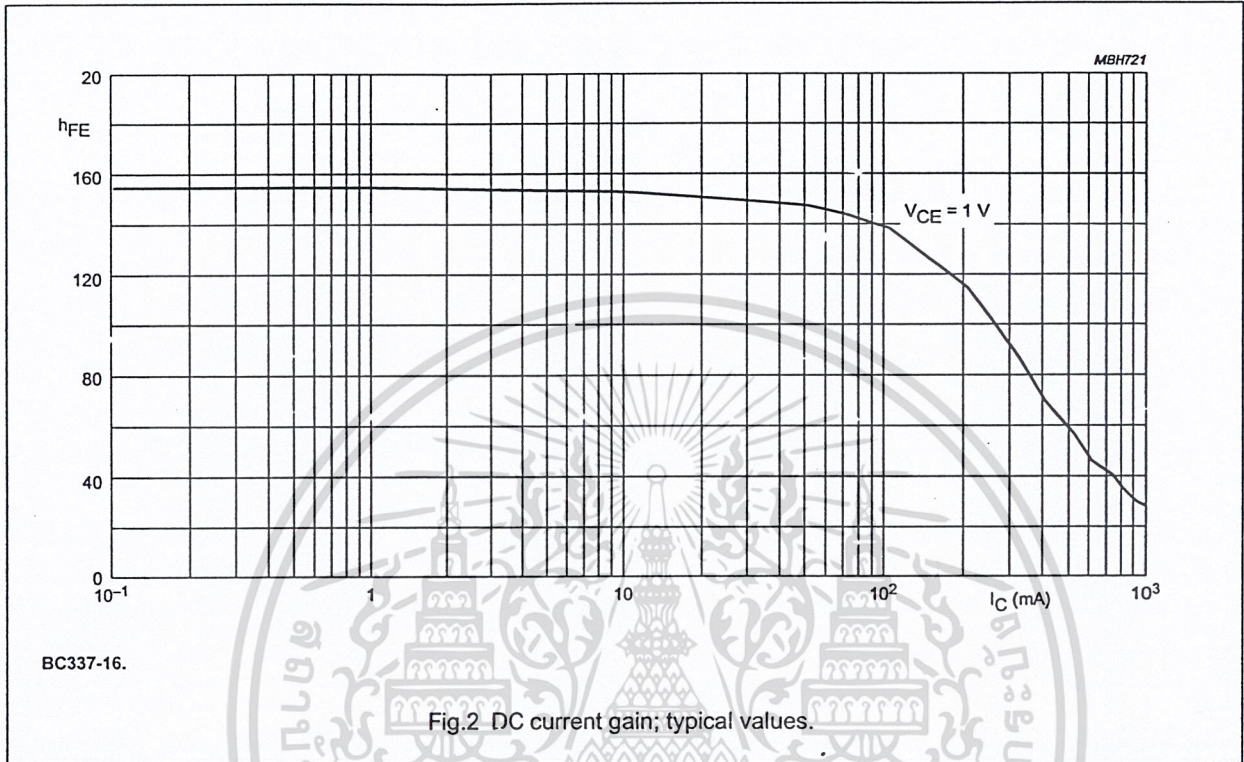
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
$I_{CBO}$	collector cut-off current	$I_E = 0; V_{CB} = 20\text{ V}$	–	–	100	nA	
		$I_E = 0; V_{CB} = 20\text{ V}; T_j = 150\text{ °C}$	–	–	5	$\mu\text{A}$	
$I_{EBO}$	emitter cut-off current	$I_C = 0; V_{EB} = 5\text{ V}$	–	–	100	nA	
$h_{FE}$	DC current gain	$I_C = 100\text{ mA}; V_{CE} = 1\text{ V};$ see Figs 2, 3 and 4	100	–	600		
			BC337	100	–	250	
			BC337-16	160	–	400	
			BC337-25	250	–	600	
	DC current gain	$I_C = 500\text{ mA}; V_{CE} = 1\text{ V};$ see Figs 2, 3 and 4	40	–	–		
$V_{CEsat}$	collector-emitter saturation voltage	$I_C = 500\text{ mA}; I_B = 50\text{ mA}$	–	–	700	mV	
$V_{BE}$	base-emitter voltage	$I_C = 500\text{ mA}; V_{CE} = 1\text{ V};$ note 1	–	–	1.2	V	
$C_c$	collector capacitance	$I_E = I_C = 0; V_{CB} = 10\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$	–	5	–	pF	
$f_T$	transition frequency	$I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$	100	–	–	MHz	

## Note

1.  $V_{BE}$  decreases by about 2 mV/K with increasing temperature.

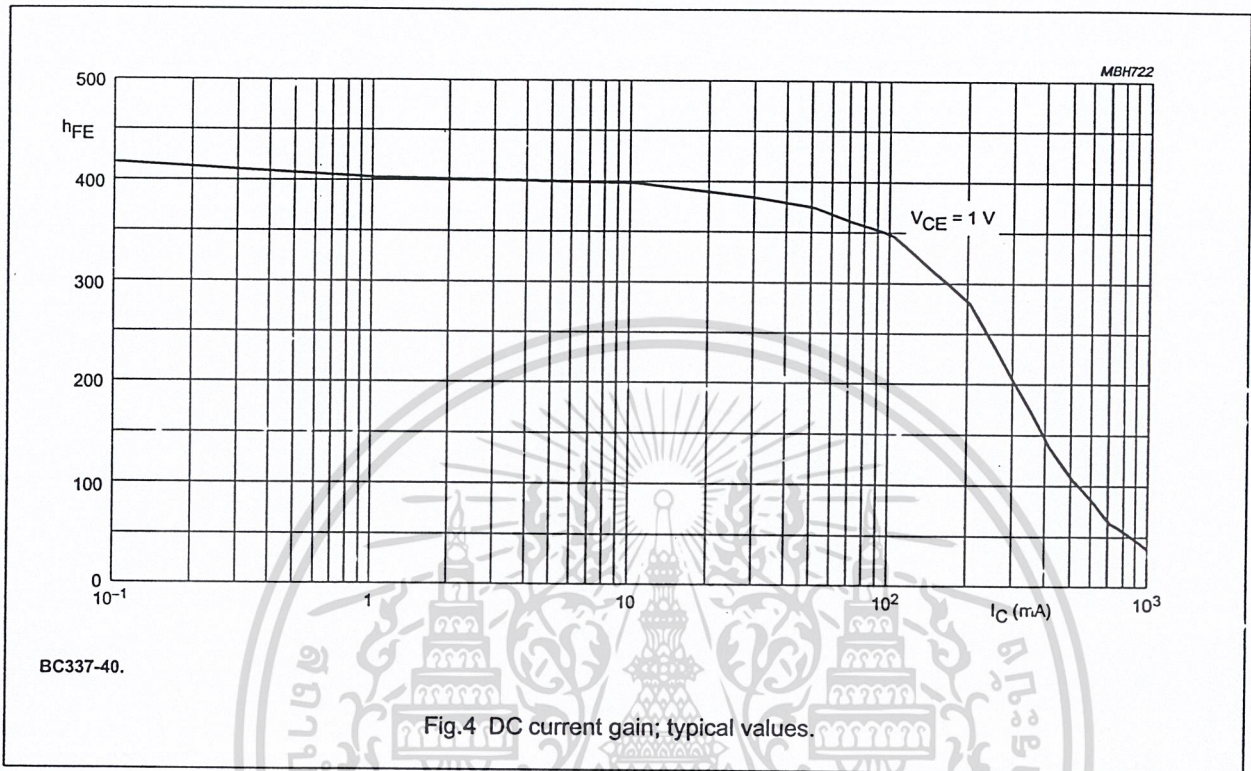
NPN general purpose transistor

BC337



NPN general purpose transistor

BC337



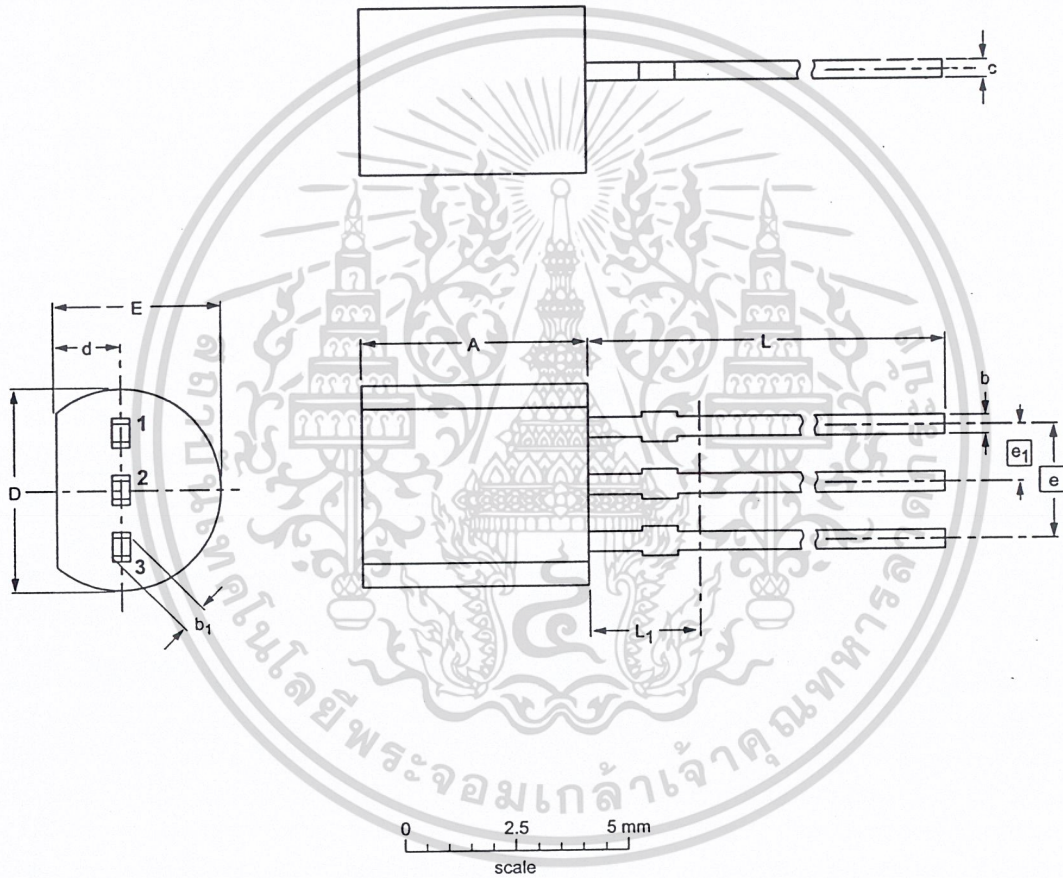
NPN general purpose transistor

BC337

PACKAGE OUTLINE

Plastic single-ended leaded (through hole) package; 3 leads

SOT54



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A	b	b <sub>1</sub>	c	D	d	E	e	e <sub>1</sub>	L	L <sub>1</sub> <sup>(1)</sup>
mm	5.2 5.0	0.48 0.40	0.66 0.56	0.45 0.40	4.8 4.4	1.7 1.4	4.2 3.6	2.54	1.27	14.5 12.7	2.5

Note

1. Terminal dimensions within this zone are uncontrolled to allow for flow of plastic and terminal irregularities.

OUTLINE VERSION	REFERENCES			EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ		
SOT54		TO-92	SC-43		97-02-28

## NPN general purpose transistor

BC337

## DEFINITIONS

<b>Data Sheet Status</b>	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
<b>Limiting values</b>	
Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
<b>Application information</b>	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	

## LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

# Philips Semiconductors – a worldwide company

Argentina: see South America

Australia: 34 Waterloo Road, NORTH RYDE, NSW 2113,  
Tel. +61 2 9805 4455, Fax. +61 2 9805 4466

Austria: Computerstr. 6, A-1101 WIEN, P.O. Box 213,  
Tel. +43 1 60 101 1248, Fax. +43 1 60 101 1210

Belarus: Hotel Minsk Business Center, Bld. 3, r. 1211, Volodarski Str. 6,  
220050 MINSK, Tel. +375 172 20 0733, Fax. +375 172 20 0773

Belgium: see The Netherlands

Brazil: see South America

Bulgaria: Philips Bulgaria Ltd., Energoproject, 15th floor,  
51 James Bourchier Blvd., 1407 SOFIA,  
Tel. +359 2 68 9211, Fax. +359 2 68 9102

Canada: PHILIPS SEMICONDUCTORS/COMPONENTS,  
Tel. +1 800 234 7381, Fax. +1 800 943 0087

China/Hong Kong: 501 Hong Kong Industrial Technology Centre,  
72 Tat Chee Avenue, Kowloon Tong, HONG KONG,  
Tel. +852 2319 7888, Fax. +852 2319 7700

Colombia: see South America

Czech Republic: see Austria

Denmark: Sydhavnsgade 23, 1780 COPENHAGEN V,  
Tel. +45 33 29 3333, Fax. +45 33 29 3905

Finland: Sinikalliontie 3, FIN-02630 ESPOO,  
Tel. +358 9 615 800, Fax. +358 9 6158 0920

France: 51 Rue Carnot, BP317, 92156 SURESNES Cedex,  
Tel. +33 1 4099 6161, Fax. +33 1 4039 6427

Germany: Hammerbrookstraße 69, D-20097 HAMBURG,  
Tel. +49 40 2353 60, Fax. +49 40 2353 6300

Hungary: see Austria

India: Philips INDIA Ltd, Band Box Building, 2nd floor,  
254-D, Dr. Annie Besant Road, Worli, MUMBAI 400 025,  
Tel. +91 22 493 8541, Fax. +91 22 493 0966

Indonesia: PT Philips Development Corporation, Semiconductors Division,  
Gedung Philips, Jl. Buncit Raya Kav.99-100, JAKARTA 12510,  
Tel. +62 21 794 0040 ext. 2501, Fax. +62 21 794 0080

Ireland: Newstead, Clonskeagh, DUBLIN 14,  
Tel. +353 1 7640 000, Fax. +353 1 7640 200

Israel: RAPAC Electronics, 7 Kehilat Saloniki St, PO Box 18053,  
TEL AVIV 61180, Tel. +972 3 645 0444, Fax. +972 3 649 1007

Italy: PHILIPS SEMICONDUCTORS, Piazza IV Novembre 3,  
20124 MILANO, Tel. +39 2 6752 2531, Fax. +39 2 6752 2557

Japan: Philips Bldg 13-37, Kohnan 2-chome, Minato-ku,  
TOKYO 108-8507, Tel. +81 3 3740 5132, Fax. +81 3 3740 5077

Korea: Philips House, 260-199 Itaewon-dong, Yongsan-ku, SEOUL,  
Tel. +82 2 709 1412, Fax. +82 2 709 1415

Malaysia: No. 76 Jalan Universiti, 46200 PETALING JAYA, SELANGOR,  
Tel. +60 3 750 5214, Fax. +60 3 757 4880

Mexico: 5900 Gateway East, Suite 200, EL PASO, TEXAS 79905,  
Tel. +9-5 800 234 7381, Fax +9-5 800 943 0087

Middle East: see Italy

Netherlands: Postbus 90050, 5600 PB EINDHOVEN, Bldg. VB,  
Tel. +31 40 27 82785, Fax. +31 40 27 88399

New Zealand: 2 Wagener Place, C.P.O. Box 1041, AUCKLAND,  
Tel. +64 9 849 4160, Fax. +64 9 849 7811

Norway: Box 1, Manglerud 0612, OSLO,  
Tel. +47 22 74 8000, Fax. +47 22 74 8341

Pakistan: see Singapore

Philippines: Philips Semiconductors Philippines Inc.,  
106 Valero St. Salcedo Village, P.O. Box 2108 MCC, MAKATI,  
Metro MANILA, Tel. +63 2 816 6380, Fax. +63 2 817 3474

Poland: Ul. Lukiska 10, PL 04-123 WARSZAWA,  
Tel. +48 22 612 2831, Fax. +48 22 612 2327

Portugal: see Spain

Romania: see Italy

Russia: Philips Russia, Ul. Usatcheva 35A, 119048 MOSCOW,  
Tel. +7 095 755 6918, Fax. +7 095 755 6919

Singapore: Lorong 1, Toa Payoh, SINGAPORE 319762,  
Tel. +65 350 2538, Fax. +65 251 6500

Slovakia: see Austria

Slovenia: see Italy

South Africa: S.A. PHILIPS Pty Ltd., 195-215 Main Road Martindale,  
2092 JOHANNESBURG, P.O. Box 7430 Johannesburg 2000,  
Tel. +27 11 470 5911, Fax. +27 11 470 5494

South America: Al. Vicente Pinzon, 173, 6th floor,  
04547-130 SÃO PAULO, SP, Brazil,  
Tel. +55 11 821 2333, Fax. +55 11 821 2382

Spain: Balmes 22, 08007 BARCELONA,  
Tel. +34 93 301 6312, Fax. +34 93 301 4107

Sweden: Kottbygatan 7, Akalla, S-16485 STOCKHOLM,  
Tel. +46 8 5985 2000, Fax. +46 8 5985 2745

Switzerland: Allmendstrasse 140, CH-8027 ZÜRICH,  
Tel. +41 1 488 2741 Fax. +41 1 488 3263

Taiwan: Philips Semiconductors, 6F, No. 96, Chien Kuo N. Rd., Sec. 1,  
TAIPEI, Taiwan Tel. +886 2 2134 2886, Fax. +886 2 2134 2874

Thailand: PHILIPS ELECTRONICS (THAILAND) Ltd.,  
209/2 Sanpavuth-Bangna Road Prakanong, BANGKOK 10260,  
Tel. +66 2 745 4090, Fax. +66 2 398 0793

Turkey: Talatpasa Cad. No. 5, 80640 GÜLTEPE/ISTANBUL,  
Tel. +90 212 279 2770, Fax. +90 212 282 6707

Ukraine: PHILIPS UKRAINE, 4 Patrice Lumumba str., Building B, Floor 7,  
252042 KIEV, Tel. +380 44 264 2776, Fax. +380 44 268 0461

United Kingdom: Philips Semiconductors Ltd., 276 Bath Road, Hayes,  
MIDDLESEX UB3 5BX, Tel. +44 181 730 5000, Fax. +44 181 754 8421

United States: 811 East Arques Avenue, SUNNYVALE, CA 94088-3409,  
Tel. +1 800 234 7381, Fax. +1 800 943 0087

Uruguay: see South America

Vietnam: see Singapore

Yugoslavia: PHILIPS, Trg N. Pasica 5/v, 11000 BEOGRAD,  
Tel. +381 11 62 5344, Fax. +381 11 63 5777

For all other countries apply to: Philips Semiconductors,  
International Marketing & Sales Communications, Building BE-p, P.O. Box 218,  
5600 MD EINDHOVEN, The Netherlands, Fax. +31 40 27 24825

Internet: <http://www.semiconductors.philips.com>

© Philips Electronics N.V. 1999

SCA63

All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner.

The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent- or other industrial or intellectual property rights.

Printed in The Netherlands

115002/00/03/pp8

Date of release: 1999 Apr 15

Document order number: 9397 750 05676

Let's make things better.

Philips  
Semiconductors



PHILIPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้  
ผู้ซื้อสามารถทำสำเนาเพื่อใช้ในการศึกษาได้ แต่ห้ามทำซ้ำหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
Philips Semiconductors ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏ และขอสงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะใน  
ประเทศไทยเท่านั้น



ภาคผนวก ค.

โปรแกรมใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 1 โปรแกรมเริ่มต้นในการสั่งให้มอเตอร์ทำงานโดยกำหนดจำนวนรอบได้จากโปรแกรม

```
#include<stdio.h>
#include<conio.h>
#include<dos.h>
#include<math.h>
#include<stdlib.h>
#include<string.h>
#define portA1 0x200
#define portB1 0x201
#define portC1 0x202
#define ctlport1 0x203
#define portA2 0x204
#define portB2 0x205
#define portC2 0x206
#define ctlport2 0x207
#define portA3 0x208
#define portB3 0x209
#define portC3 0x20A
#define ctlport3 0x20B
int a[4]={0x11,0x22,0x44,0x88};
int b[4]={0x88,0x44,0x22,0x11};
void main(void)
{
    outport(ctlport1,0x9b);
    outport(ctlport2,0x80);
    outport(ctlport3,0x9b);
    int i=1,;
    for (l=0;l<=100;l++)
    {
        outport(portA2,a[l]);
        delay(50);
        printf("\nRound %d",l);
        i++;
        if(i>3)
            {i=0;}
    }
    for (l=0;l<=100;l++)
    {
        outport(portA2,b[l]);
        delay(50);
        printf("\nRound %d",l);
        i++;
        if(i>3)
            {i=0;}
    }

    for (l=0;l<=100;l++)
    { outport(portB2,0xfd);
      delay(50);
      outport(portB2,0xff);
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        delay(50);
    }
    for (i=0;i<=100;i++)
    { outport(portB2,0xfe);
      delay(50);
      outport(portB2,0xff);
      delay(50);
    }
}

```

## 2 โปรแกรมเช็คค่าพอร์ททางอินพุทว่ามีค่าส่งมาให้เท่าไร

```

#include<stdio.h>
#include<conio.h>
#include<dos.h>
#include<math.h>
#include<stdlib.h>
#include<string.h>
#define portA1 0x200
#define portB1 0x201
#define portC1 0x202
#define ctlport1 0x203
#define portA2 0x204
#define portB2 0x205
#define portC2 0x206
#define ctlport2 0x207
#define portA3 0x208
#define portB3 0x209
#define portC3 0x20A
#define ctlport3 0x20B

```

```

int main(void)
{
    outport(ctlport1,0x9b);
    outport(ctlport2,0x80);
    outport(ctlport3,0x9b);
    int result,a;
    int port = 0;
    for (a=0;a<1000;a++)
    { result = inport(portB3);
      printf("Word read from port %d = 0x%X\n", port, result);
      delay(100);
    }
    return 0;
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

switch(key)
{ case 'H':{ w=inport(portA3);
            if (w!=0xfe)
            { output(portB2,0xfd);
              delay (10);
              output(portB2,0xff);
              delay (10);
            }
            else
            textcolor(12);
              gotoxy(33,16);
              cprintf("It's over range !!!");
              delay(1000);
            }break;

```

```

case 'P':{ w=inport(portA3);
            if (w!=0xe0)
            { output(portB2,0xfe);
              delay (10);
              output(portB2,0xff);
              delay (10);
            }
            else
            textcolor(12);
              gotoxy(33,16);
              cprintf("It's over range !!!");
              delay(1000);
            }break;

```

```

case 'M':{ output(portA2,a[z]);
            delay (10);
            z++;
            if(z>3)
            {z=0;}
            delay(1000);
            }break;

```

```

case 'K':{ output(portA2,b[z]);
            delay (10);
            z++;
            if(z>3)
            {z=0;}
            delay(1000);
            }break;

```

```

} }while(key!='q');

```

```

}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0xb2,0xb2,0xb2,0xb2,0xb2,0xb3,0xb3,0xb3,0xb3,
0xb4,0xb4,0xb4,0xb4,0xb4,0xb5,0xb5,0xb5,0xb5,
0xb6,0xb6,0xb6,0xb6,0xb6,0xb7,0xb7,0xb7,0xb7,
0xb8,0xb8,0xb8,0xb8,0xb8,0xb9,0xb9,0xb9,0xb9,
0xba,0xba,0xba,0xba,0xba,0xbb,0xbb,0xbb,0xbb,
0xbc,0xbc,0xbc,0xbc,0xbc,0xbd,0xbd,0xbd,0xbd,
0xbe,0xbe,0xbe,0xbe,0xbe,0xbf,0xbf,0xbf,0xbf,

0xc0,0xc0,0xc0,0xc0,0xc0,0xc1,0xc1,0xc1,0xc1,
0xc2,0xc2,0xc2,0xc2,0xc2,0xc3,0xc3,0xc3,0xc3,
0xc4,0xc4,0xc4,0xc4,0xc4,0xc5,0xc5,0xc5,0xc5,
0xc6,0xc6,0xc6,0xc6,0xc6,0xc7,0xc7,0xc7,0xc7};

```

```

unsigned char d[90]={ 0xe0,0xe0,0xe0,0xe0,0xe0,0xe1,0xe1,0xe1,0xe1,0xe1,
0xe2,0xe2,0xe2,0xe2,0xe2,0xe3,0xe3,0xe3,0xe3,0xe3,
0xe4,0xe4,0xe4,0xe4,0xe4,0xe5,0xe5,0xe5,0xe5,0xe5,
0xe6,0xe6,0xe6,0xe6,0xe6,0xe7,0xe7,0xe7,0xe7,0xe7,
0xe8,0xe8,0xe8,0xe8,0xe8,0xe9,0xe9,0xe9,0xe9,0xe9,
0xea,0xea,0xea,0xea,0xea,0xeb,0xeb,0xeb,0xeb,0xeb,
0xec,0xec,0xec,0xec,0xec,0xed,0xed,0xed,0xed,0xed,
0xee,0xee,0xee,0xee,0xee,0xef,0xef,0xef,0xef,0xef,
0xf0,0xf0,0xf0,0xf0,0xf0,0xf1,0xf1,0xf1,0xf1,0xf1
};

```

```

void main(void)
{
    outport(ctlport1,0x9B);
    outport(ctlport2,0x80);
    outport(ctlport3,0x9B);
    int i,k,l=0,p,x,y;
    unsigned char j,m;

    clrscr();
    textcolor(14);
    gotoxy(1,9);
    printf("_____");
    printf(" | | ");
    printf(" | | ");
    printf(" | | ");
    printf(" | | ");
    printf(" | | ");
    printf(" | | ");
    gotoxy(30,12);
    textcolor(1);
    printf("Enter X position : ");

    scanf("%d",&x);
    while(x>=360)
    {

```

```

        textcolor(2);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gotoxy(33,16);
cprintf("It's over range !!!");
//delay(100);
gotoxy(28,13);
cprintf("          ");
gotoxy(28,12);
textcolor(1);
cprintf("Enter new X position : ");

scanf("%d",&x);
}

```

```

gotoxy(30,13);
textcolor(1);
cprintf("Enter Y position : ");

```

```

scanf("%d",&y);
while(y>=90)
{

```

```

textcolor(2);
gotoxy(33,16);
cprintf("It's over range !!!");
//delay(100);
gotoxy(28,13);
cprintf("          ");

gotoxy(28,13);
textcolor(1);
cprintf("Enter new Y position : ");

scanf("%d",&y);
}

```

```

textcolor(5);
gotoxy(30,16);
cprintf("          ");
gotoxy(32,17);
cprintf("X position is %d",x);
gotoxy(32,18);
cprintf("Y position is %d",y);

```

```

j=inport(portB3);

```

```

textcolor(7);
gotoxy(33,19);
cprintf("Start X at %x",j);
gotoxy(33,20);
cprintf("Go to X at %x",c[x]);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

delay(1000);
if (j<c[x])
{ do { outport(portA2,a[l]);
      delay(50);
      l++;
      if (l>3)
      { l=0;}
      j=inport(portB3);
      /*printf("\n Now at %x",j);*/
    }
  while (j!=c[x]);

  textcolor(9);
  gotoxy(33,21);
  cprintf("Stop X at %x",j);

}
else
{ do { outport(portA2,b[l]);
      delay(50);

      l++;
      if (l>3)
      { l=0;}
      j=inport(portB3);
      /*printf("\n Now at %x",j);*/
    }
  while (j!=c[x]);

  textcolor(10);
  gotoxy(33,21);
  cprintf("Stop at %x",j);

}
m=inport(portA3);

textcolor(11);
gotoxy(33,22);
cprintf("Start Y at %x",m);
gotoxy(33,23);
cprintf("Go to Y at %x",d[y]);

if (m<d[y])
{ do { outport(portB2,0x0fd);
      delay(30);
      outport(portB2,0xff);
      delay(1000);
      m=inport(portA3);
      /*printf("\n Now Y at %x",m);*/
    }
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

while (m!=d[y]);

textcolor(12);
gotoxy(33,24);
cprintf("Stop Y at %x",m);

}

else
{ do { outport(portB2,0xfe);
      delay(30);
      outport(portB2,0xff);
      delay(1000);
      m=inport(portA3);
      /*printf("\n Now at %x",m);*/
    }
while (m!=d[y]);

textcolor(13);
gotoxy(33,24);
cprintf("Stop at %x",m);
}

clrscr();
gotoxy(29,14);
textcolor(2);
cprintf("It's completed",m);
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสืออ้างอิง

“ระบบเซอร์โวและอิเล็กทรอนิกส์คอนโทรลมอเตอร์” , โยธิน เปรมปราณีรัชต์ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , พิมพ์ครั้งที่ 1 , พ.ศ.2533

“Sensor and Control system in manufacturing “ , Sabrie Soloman , McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS , Singapore , 1994

“Design with Microprocessors for Mechanical Engineers” , A. Kent Stiffler , McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS , Singapore , 1992

“การเขียนโปรแกรมภาษาซีในงานควบคุม” , ดอนสัน ปงผาบ , พิมพ์ครั้งที่ 1 , มิถุนายน 2543

“การเขียนชุดคำสั่งภาษาซี” , รองศาสตราจารย์มณฑนา ปราการสมุทร , ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , พิมพ์ครั้งที่ 3 , มิถุนายน 2534



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้