



ปีการศึกษา 2538

เครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ  
AUTOMATIC PRINTED CIRCUIT BOARD DRILLING MACHINE



โดย  
นายจิระ                      แสงรุ่งฉัตรรักษ์  
นายพงษ์ศักดิ์ ประสิทธิ์แสงอารีย์  
นายเอกสิทธิ์              ลัดคนานิธิพันธ์

วัน เดือน ปี... ๗) ก.ค. ๖๕๓๐  
เลขทะเบียน..... ๐๖๗๐๖๑  
เลขเรียกหนังสือ..... T ๖๘๓๓ ๙๕๓๑ ค

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.วิริยะ พิเชฐจำเริญ

อ.สมภพ ผลไม้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2538

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องเจาะแผ่นปรี้นท์อัตโนมัติ

ผู้จัดทำ

1. นายจิระ

แสงรุ่งจิตติรักษ์

2. นายพงษ์ศักดิ์

ประสิทธิ์แสงอารีย์

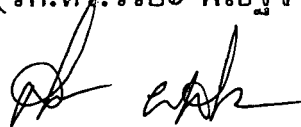
3. นายเอกสิทธิ์

ลัคณานิติพันธุ์



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.วิริยะ พิเชฐจำเริญ)



อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.สมภพ ผลไม้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ

นายจิระ แสงรุ่งจิตรักษ์

นายพงษ์ศักดิ์ ประสิทธิ์แสงอารีย์

นายเอกสิทธิ์ ลักนานธิพันธุ์

รศ.ดร.วิริยะ พิเศษจูจำริญ อาจารย์ที่ปรึกษา

นายสมภพ ผลไม้ อาจารย์ที่ปรึกษา

### บทคัดย่อ

เครื่องเจาะปริ้นท์อัตโนมัติเครื่องนี้ ทำงานโดยส่วนประกอบหลักๆสามส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนด้านจักรกล ( Mechanical ), ส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ( Electronics ) และส่วนเครื่องควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ( Computer Control )

ในส่วนที่เป็นด้านจักรกล นั้นจะใช้การยิงลวดสลึงเข้ากับตุกรอก เพื่อทำหน้าที่ในการถ่ายเทแรงขับเคลื่อน จากเพลลาของมอเตอร์สเตปป์ไปยังหัวเจาะเพื่อพาหัวเจาะ ไปยังตำแหน่งที่ได้โปรแกรมไว้ล่วงหน้าแล้ว สำหรับตัวขับเคลื่อนที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จะใช้มอเตอร์สเตปป์ โดยที่ใช้วงจรพาวเวอร์ทรานซิสเตอร์สวิทซ์ซึ่งในการตัดต่อวงจร วงจรสวิทซ์ซึ่งนี้ จะถูกควบคุมด้วยระบบ ดิจิตอล ในขั้นแรกตัวควบคุมจะได้รับข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ มาเก็บไว้ในหน่วยความจำและใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผล ที่หน่วยความจำนี้ เพื่อใช้ในการควบคุมมอเตอร์สเตปป์ ให้เคลื่อนไปทั้งในแนวแกน X ,Y ตามตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นจะเป็นการเจาะในแนวแกน Z ของหัวเจาะ

ในการเดินของหัวเจาะ ไปยังตำแหน่งที่กำหนดไว้นี้ จะใช้หลักการเคลื่อนที่ ในลักษณะไมโครสเตป ( Micro Step ) และการเคลื่อนที่ ในแต่ละสเตปย่อย ๆ นั้นจะเลือกแนวทางเดิน ที่สั้นที่สุด โปรแกรมที่ใช้ในการสั่งงานแต่ละขั้นตอน จะใช้โปรแกรมออกแบบวงจร อิเล็กทรอนิกส์ “PROTEL” ลักษณะการรับข้อมูล ของเครื่องเจาะนี้สามารถรับข้อมูลจากภายนอก ในลักษณะของลายวงจรแล้วจึงนำไปแปลงเป็นข้อมูลที่ใช้ในการเจาะต่อไป ซึ่งการแปลงข้อมูลในลักษณะโดยตรงเช่นนี้ จะทำให้ความผิดพลาดของตำแหน่งในการเจาะมีน้อยมาก

แต่อย่างไรก็ตามข้อเสียของมอเตอร์สเตปป์ ในด้านความแม่นยำยังมีอยู่ ดังนั้นในอนาคต อาจจะคิดแปลงมาใช้เป็นเซอร์โวมอเตอร์ ( Servo Motor ) แทน ซึ่งใช้การควบคุมแบบป้อนกลับจึงทำให้เกิดความแม่นยำและแม่นยำสูงกว่า แต่ก็ยังต้องคำนึงถึงความเสถียรของระบบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# AUTOMATIC PRINTED CIRCUIT BOARD DRILLING MACHINE

JIRA SANGRUNGTITHIRAK  
PHONGSAK PHRASITSANGAREE  
EKKASIT LAKKANANITHIPHAN  
Assc.Prof. VIRIYA PICHETJUMREON ADVISOR  
Mr.SOMPOB PHOLMAI ADVISOR

## ABSTRACT

The PCB Drilling Machine proposed in this report consists of three mainparts : Mechanical Electronic and Computer systems. Three soft slings D22 pieces of small pulleys are used for mechanical power tranmission from the motor shaft to the drilling head which will be driven to the previously programmed position. The motor driving torque will be developed by a stepping motor which is again energized by a switching power circuit using power mosfet as a power switching device. The switching sequence of the power transintors in the circuit will be controlled by a digital control system. The data from the computer circuit is first transmitted top the digital control circuit and is stored in the memory unit . Then the data in the memory units processed by the microprocessor in term of x, y coordinate which is the position for the drilling head to move to. At this position, the drilling is processed by the drilling head along z axis .

The movement of the drilling head is divided in small step called "micro-step" each of which the shortest path is selected for. All movement and drilling are processed by the well-known programe called "protel" . The data can be applied to the input of the machine in two diffrent forms; that is, circuit diagram or printed curcuit. Then, all the data will be transformed into the drilling positions of x,y coordinates . So, the drilling position with a very small error can be obtaines by this direct method of data transfer.

However, there is a small error ocured in positioning of stepping motor because of its interia . This problem may be gotten rid of in the future by using servo system . A servo system is one of feedback control . By using this method , the positioning of stepping motor will be more accurate. But we must also take a look for system stability too.

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญรูป	III
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.2 ขอบเขตของโครงการ	2
1.3 ความสำคัญในการสร้างโครงการ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทํางานของมอเตอร์สเตปปีง	4
2.1 บทนำ	4
2.2 ชนิดของมอเตอร์สเตปปีง	4
2.2.1 มอเตอร์สเตปปีงแบบปรับค่ารีล็กแดนซ์ได้	5
2.2.2 มอเตอร์สเตปปีงแบบแม่เหล็กถาวร	7
2.2.3 มอเตอร์สเตปปีงแบบไฮบริด	9
2.2.4 คุณสมบัติของมอเตอร์สเตปปีง	11
2.2.5 การทํางานของมอเตอร์สเตปปีง	12
2.2.6 กราฟคุณลักษณะของมอเตอร์สเตปปีง	12
2.2.7 ชนิดของมอเตอร์สเตปปีงที่ใช้ในโครงการนี้	13
2.3 ลำดับในการกระตุ้น	15
2.3.1 การกระตุ้นแบบหนึ่งเฟส	15
2.3.2 การกระตุ้นแบบสองเฟส	15
2.3.3 การกระตุ้นแบบกึ่งสเตป	16
2.4 วงจรและระบบการขับมอเตอร์สเตปปีงสำหรับการควบคุมแบบวงจรมีเปิด	17
2.4.1 ระบบขับกระแส	19
2.4.2 วงจรจัดลำดับการกระตุ้น	19
2.4.3 การเชื่อมต่อวงจรจัดลำดับการกระตุ้นและวงจรมีเปิด	21
2.4.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรมีเปิด	22
2.4.5 ซับเพรสเซอร์ในการลดค่าแรงดันกระชาก	23

บทที่ 3 ส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ (ฮาร์ดแวร์)	27
3.1 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11	27
3.1.1 รายละเอียดของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11	27
3.1.2 การทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11	29
3.2 วงจรถอดรหัส	30
3.2.1 รายละเอียดของวงจรวงจรถอดรหัส	30
3.2.2 การทำงานของวงจรวงจรถอดรหัส	30
3.3 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอก	31
3.3.1 รายละเอียดของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอก	31
3.3.2 การทำงานของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอก	31
3.4 วงจรขับกระแสให้มอเตอร์	32
3.4.1 รายละเอียดของวงจรขับกระแสให้มอเตอร์	32
3.4.2 การทำงานของวงจรขับกระแสให้มอเตอร์	32
3.5 วงจรตรวจจับตำแหน่งของหัวเจาะ	42
3.5.1 รายละเอียดของวงจรตรวจจับตำแหน่งหัวเจาะ	42
3.5.2 การทำงานของวงจรตรวจจับตำแหน่งของหัวเจาะ	42
บทที่ 4 ส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ (SOFTWARE)	43
4.1 โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ	43
4.1.1 โปรแกรมการรับข้อมูลแบบอนุกรมจากเครื่องคอมพิวเตอร์	43
4.1.2 โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์สเตปป์ิง	44
4.1.3 โปรแกรมการอ่านค่าและจัดการคีย์บอร์ด	46
4.1.4 โปรแกรมตั้งค่าตัวแปรต่าง ๆ ในโปรแกรม	48
4.2 โปรแกรมส่วนที่จัดการกับข้อมูลของรูเจาะ (Sorting Data Software)	48
4.2.1 รายละเอียดการทำงานของตัวโปรแกรม	49
4.2.2 ตัวอย่างการใช้โปรแกรม	51
บทที่ 5 การสร้างเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติและการใช้งาน	54
5.1 ขั้นตอนการดำเนินงานในการสร้างเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ	54
5.1.1 ส่วนฮาร์ดแวร์ของระบบควบคุมเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ	54
5.1.2 ส่วนซอฟต์แวร์ของระบบควบคุมเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ	59
5.2 ขั้นตอนการใช้งานเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ	60

5.3 การใช้โปรแกรมออกแบบลายวงจรและการสร้างไฟล์ข้อมูลของรูเจาะ	61
5.3.1 การใช้โปรแกรม PROTEL	61
5.3.2 การสร้างไฟล์ข้อมูลของรูเจาะ	62
บทที่ 6 โครงสร้างทางกลของเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ	68
6.1 ระบบการขับเคลื่อนของเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ	68
6.2 ลักษณะการวางมอเตอร์สเตปป์	68
6.3 การเคลื่อนที่ของแกน x,y	69
6.4 การเคลื่อนที่ของแกน Z และ มอเตอร์ที่ใช้เจาะและการจับยึด	71
6.5 ดอกสว่าน	72
บทที่ 7 ผลการทดลอง	73
บทที่ 8 สรุปผลและวิจารณ์	80
ภาคผนวก ก	
ภาคผนวก ข	
ภาคผนวก ค	
กิตติกรรมประกาศ	
เอกสารอ้างอิง	



## สารบัญญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1	ภาพแสดงโครงสร้างของมอเตอร์สเตปป์ชนิดปรับค่ารีลักแตนซ์ได้	5
รูปที่ 2.2	ภาพการหมุนของโรเตอร์เมื่อเปลี่ยนการกระตุ้นเฟสจากเฟส 1 ไปเฟส 2	6
รูปที่ 2.3 ก)	แสดงโครงสร้างของมอเตอร์สเตปป์แบบปรับค่ารีลักแตนซ์ได้ชนิด 3 เฟส โดยมีสเตเตอร์ 12 ซี่ และโรเตอร์ 8 ซี่	7
ข)	แสดงโครงสร้างของมอเตอร์สเตปป์แบบปรับค่ารีลักแตนซ์ได้ชนิด 4 เฟส โดยมีสเตเตอร์ 8 ซี่ และโรเตอร์ 6 ซี่	
ค)	แสดงโครงสร้างของมอเตอร์สเตปป์แบบปรับค่ารีลักแตนซ์ได้ชนิด 3 เฟส โดย สเตเตอร์มีฟัน 2 ซี่ ในแต่ละโพล	
รูปที่ 2.4	แสดงโครงสร้างของมอเตอร์สเตปป์ชนิดแม่เหล็กถาวร	8
รูปที่ 2.5	แสดงโครงสร้างของมอเตอร์สเตปป์ไฮบริด	10
รูปที่ 2.6	แสดงทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก	10
รูปที่ 2.7	แสดงทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก	11
รูปที่ 2.8	กราฟแสดงสเตปป์ของการหมุนในโหมดการทำงานแบบ ก) หมุนต่อเนื่อง	13
ข)	หมุนเป็นสเตปป์	
รูปที่ 2.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของสเตปป์กับแรงบิดของการทำงาน ทั้งสองโหมดของมอเตอร์สเตปป์	14
รูปที่ 2.10	แสดงลำดับการกระตุ้นแบบ 1 เฟส	15
รูปที่ 2.11	แสดงลำดับการกระตุ้นแบบสองเฟส	16
รูปที่ 2.12	แสดงความแตกต่างในการตอบสนองการกระตุ้นแบบหนึ่งเฟสกับการกระตุ้นแบบสองเฟส	16
รูปที่ 2.13	แสดงลำดับการกระตุ้นแบบกึ่งสเตปป์	17
รูปที่ 2.13 ก)	แสดงการเคลื่อนที่เมื่อเป็นลำดับการกระตุ้นแบบ 1 เฟส	18
ข)	แสดงการเคลื่อนที่เมื่อเป็นลำดับการกระตุ้นแบบ 2 เฟส	
ค)	แสดงการเคลื่อนที่เมื่อเป็นลำดับการกระตุ้นแบบกึ่งสเตปป์	
รูปที่ 2.14	บล็อกไดอะแกรมของวงจรควบคุมมอเตอร์สเตปป์แบบวงจรเปิด	18

รูปที่ 2.15 แสดงวงจรลำดับการกระตุ้นเฟสแบบกระตุ้นสองเฟสหมุนทิศทางเดียว	20
รูปที่ 2.16 การกำหนดทิศทางหมุน โดยการใช้คำสั่งตัวเลือกทางลอจิก	20
รูปที่ 2.17 การควบคุมมอเตอร์สเตปป์แบบสี่เฟสโดยการควบคุมลำดับการกระตุ้นแบบ 2 ทิศทาง	21
รูปที่ 2.18 แสดงถึงการเชื่อมต่อระหว่างวงจรจัดลำดับการกระตุ้นและวงจรขับกระแส	22
รูปที่ 2.19 วงจรสมมูลย์ของขดลวดในมอเตอร์สเตปป์	22
รูปที่ 2.20 ขับเพรสเซอร์แบบไดโอด	24
รูปที่ 2.21 ขับเพรสเซอร์แบบไดโอดและตัวต้านทาน	24
รูปที่ 2.22 ขับเพรสเซอร์แบบซีเนอร์ไดโอด	25
รูปที่ 2.23 ตัวไดร์ฟเวอร์แบบสี่เฟสกับขับเพรสเซอร์แบบไดโอดและต่อกับตัวต้านทานแทนด้วย $R_a$ ซึ่งถูกปรับค่าจนกระทั่งกระแสได้ตามค่าพิกัด	26
รูปที่ 3.1 แสดงวงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์	36
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรชุดแปลงสัญญาณ (decoder)	37
รูปที่ 3.3 แสดงรูปวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอก	38
รูปที่ 3.4 แสดงรูปวงจรขับกระแสแกน X	39
รูปที่ 3.5 แสดงรูปวงจรขับกระแสแกน Y	40
รูปที่ 3.6 แสดงรูปวงจรขับกระแสแกน Z	41
รูปที่ 5.1 รูปภาพแสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11	55
รูปที่ 5.2 แผงวงจรถอดรหัส	56
รูปที่ 5.3 แผงวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอก	57
รูปที่ 5.4 แผงวงจรขับมอเตอร์สเตปป์	58
รูปที่ 5.5 PROTELAUTOTRAX (TRAXPLOT)	63
รูปที่ 5.6 การเข้าสู่เมนูหลัก	63
รูปที่ 5.7 การเลือกเมนู Set Up Nc Drill	64
รูปที่ 5.8 เมนู Nc Drill เพื่อแปลงไฟล์ที่มีสกุลเป็น.TXT	64
รูปที่ 5.9 การเข้าไฟล์ Tool Table (2)	65
รูปที่ 5.10 โปรแกรมโพรเทลสำหรับวินโดวส์	66
รูปที่ 5.11 การจัดเก็บข้อมูลในสกุล .TXT ในโพรเทลสำหรับวินโดวส์	67
รูปที่ 5.12 โปรแกรมที่ใช้จัดเรียงข้อมูลก่อนทำการส่งให้ชุดควบคุม	67
รูปที่ 6.1 ระบบขับเคลื่อนรวม 3 แกน	68

รูปที่ 6.2 มอเตอร์สเตปป์	69
รูปที่ 6.3 รอกส่งกำลัง	70
รูปที่ 6.4 ลูกปืนและเพลา	70
รูปที่ 6.5 การเคลื่อนที่ของแกน Z และการจับยึดของมอเตอร์เจาะ	72
รูปที่ 7.1 สัญญาณนาฬิกาที่เกิดจากวงจรออสซิลเลเตอร์ในวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์สเตปป์	73
รูปที่ 7.2 สัญญาณที่ได้จากการวัดที่เอาต์พุทของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์สเตปป์แกน Z	73
รูปที่ 7.3 สัญญาณที่ได้จากการวัดที่เอาต์พุทของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์สเตปป์แกน X และ Y	74
รูปที่ 7.4 สัญญาณ DAC ที่เกิดจากวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11	74
รูปที่ 7.5 สัญญาณที่วัดได้จากเอาต์พุทของมอเตอร์สเตปป์เปรียบเทียบกับสัญญาณที่กำหนดจากวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	75
รูปที่ 7.6 สัญญาณกระตุ้นเฟสที่ตัวมอเตอร์สเตปป์	75
รูปที่ 7.7 สัญญาณเอาต์พุทที่ได้จากการเปรียบเทียบโดยวงจรคอมพาราเตอร์ระหว่างสัญญาณเอาต์พุทที่มอเตอร์กับสัญญาณ DAC ที่เกิดมาจากวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เทียบกับทั้งสองตัว	76
รูปที่ 7.8 สัญญาณเอาต์พุทที่ตัวแอนด์เกต (AND gate) ในวงจรขับเคลื่อนเอาต์พุทของสเตปป์	76
รูปที่ 7.9 สัญญาณทริกที่ขาเกตของมอสเฟตกำลัง (Power MOSFET) เปรียบเทียบกันสองตัว	77
รูปที่ 7.10 สัญญาณที่ขาเดรน (Drain) ของมอสเฟตกำลัง	77
รูปที่ 7.11 สัญญาณที่เอาต์พุทที่จุดต่อของฟรีวีลลิ่งไดโอด (Free-Wheeling Diode) กับตัวต้านทาน 5 โอห์ม 50 วัตต์	78
รูปที่ 7.12 สัญญาณเอาต์พุทของแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์สเตปป์	78
รูปที่ 7.13 สัญญาณที่เอาต์พุทของมอสเฟตกำลังเทียบกับสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองสัญญาณก่อนที่จะไปเปรียบเทียบที่วงจรคอมพาราเตอร์ในวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์สเตปป์	79
รูปที่ 7.14 สัญญาณที่ขา DAC01 เทียบกับสัญญาณที่ขา DAC02 มีลักษณะต่างกัน 90 องศาทางไฟฟ้า	79
รูปที่ ก.1.1 แสดงลายปริ้นต์ด้านบนของวงจรถอดรหัส	
รูปที่ ก.1.2 แสดงลายปริ้นต์ด้านล่างของวงจรถอดรหัส	
รูปที่ ก.2.1 แสดงลายปริ้นต์ด้านล่างของวงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาล็อก	
รูปที่ ก.2.2 แสดงลายปริ้นต์ด้านบนของวงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาล็อก	

- รูปที่ ก.3.1 แสดงลายปริ้นท์ด้านบนของวงจรถับกระแสแกน X Y
- รูปที่ ก.3.2 แสดงลายปริ้นท์ด้านล่างของวงจรถับกระแสแกน X Y
- รูปที่ ก.4.1 แสดงลายปริ้นท์ด้านล่างของวงจรถับกระแสแกน Z
- รูปที่ ก.4.2 แสดงลายปริ้นท์ด้านบนของวงจรถับกระแสแกน Z
- รูปที่ ข.1 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน delayXY
- รูปที่ ข.2 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน ENTER
- รูปที่ ข.3 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน IRQ
- รูปที่ ข.4 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน main
- รูปที่ ข.5 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน Load
- รูปที่ ข.6 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน microX , microY
- รูปที่ ข.7 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน move
- รูปที่ ข.8 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน newXY
- รูปที่ ข.9 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน offset
- รูปที่ ข.10 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน readX
- รูปที่ ข.11 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมจัดเรียงตำแหน่งการเจาะ ในเครื่องพีซี
- รูปที่ ข.12 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน readY
- รูปที่ ข.13 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน search
- รูปที่ ข.14 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน Tool

## บทที่ 1

### บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันมีการพัฒนา ในด้านอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว งานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ก็เป็นอุตสาหกรรม อีกอย่างที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับ การผลิตวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะนำไปประกอบเป็น อุปกรณ์ทางไฟฟ้าอื่นๆ อีกต่อไป

งานในโรงงานประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จะประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ มากมาย โดยขั้นตอนแรกจะทำการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ จากนั้นจึงไปทำการออกแบบลายวงจรบนแผ่นปริ้นท์ แล้วจึงนำลายวงจรที่ได้ไปกัดลายวงจร จากนั้นจึงนำไปเจาะรู เพื่อที่จะประกอบอุปกรณ์ต่างๆบนแผ่นวงจร แล้วจึงนำวงจรที่ประกอบเสร็จแล้วไปทดสอบวงจร จากนั้นจึงนำไปประกอบเป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าต่างๆ ต่อไป

จากการทำงานอุตสาหกรรมต้องการการผลิตที่รวดเร็ว ได้ปริมาณงานมาก และมีความถูกต้องนำเชื่อถือสูง จึงได้มีการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยควบคุมงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น เครื่องกัดลายวงจรอัตโนมัติ เครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ เครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติ หรือเครื่องทดสอบวงจรอัตโนมัติ เห็นได้ว่าเนื่องจากอุปกรณ์ต่างๆ เหล่านี้ทำงานได้อย่างอัตโนมัติ โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ เข้ามาช่วยในการควบคุม จึงทำให้อุปกรณ์เหล่านี้ มีราคาแพงมาก เนื่องจากจะต้องทำการสั่งซื้อเครื่องจากต่างประเทศ ทำให้มีราคาแพงมาก ดังนั้นเพื่อเป็นการพัฒนาอุตสาหกรรม ของประเทศไทยให้ก้าวหน้า เราจึงได้ทำการผลิต เครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ ขึ้นมาเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และเราหวังว่า อุตสาหกรรมของประเทศไทยจะได้ก้าวหน้าขึ้นอีกขั้นหนึ่ง

#### 1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อทำการปรับปรุงซ่อมแซมระบบเครื่องจักรกล (Mechanic) ของเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ (Automatic Printed Circuit Board Drilling Machine) ซึ่งเป็นโครงการปี 2536 เพื่อให้มีการทำงานถูกต้องยิ่งขึ้น และมีความสวยงามมากกว่าเดิม
2. ทำการออกแบบเครื่องควบคุมการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติใหม่เพื่อให้การทำงานสมบูรณ์ยิ่งขึ้นเช่น การเพิ่มคีย์บอร์ดขึ้นมาจากเดิม ทำให้การติดต่อกับเครื่องควบคุม

คุมดียิ่งขึ้นสามารถทำการป้อนค่าตัวแปรต่างๆ (Parameter) ผ่านทางเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติได้โดยตรง โดยไม่จำเป็นต้องไปทำการตั้งค่าตัวแปรต่างๆ ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการถ่ายข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์มายังระบบควบคุม และทำให้การควบคุมเป็นไปได้ง่าย

3. ทำการปรับปรุง ส่วนที่เป็นโปรแกรมควบคุม เพื่อที่จะทำให้เครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติสามารถทำงานได้เร็วขึ้น เนื่องจากการทำงานเดิม ไม่ได้มีการจัดเรียงข้อมูลมาก่อนที่จะทำการส่งข้อมูลเข้าสู่เครื่องควบคุม ทำให้ตำแหน่งในการเจาะไม่มีระเบียบ ซึ่งจะเสียเวลา ในการเคลื่อนที่ของหัวเจาะกลับไปกลับมา นอกจากนี้ยังทำการเปลี่ยนแปลงลักษณะการส่งข้อมูลมายังเครื่องควบคุม จากการส่งแบบขนาน มาเป็นการส่งแบบอนุกรม ซึ่งการส่งแบบอนุกรมนี้ ถึงแม้ว่าจะล่าช้ากว่าแต่ก็จะทำให้ลดจำนวนอุปกรณ์ บนแผงวงจรลงได้
4. ทำการออกแบบลายวงจรของเครื่องควบคุมใหม่ และทำการใส่อุปกรณ์ลงแผ่นปริ้นท์จริงๆ เนื่องจากในวงจรควบคุมแบบเดิมนั้น ไม่ได้มีการกัดลายปริ้นท์ เพื่อที่จะทำการใส่วงจร แต่ใช้สายโทรศัพท์ต่อเชื่อมวงจรแทน เพื่อให้เกิดความเป็นระเบียบ และทำให้เกิดความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น
5. ทำการปรับปรุงภาคขับเคลื่อนของมอเตอร์สเตปป์ (Stepping Motor) ทำให้เสถียรภาพในการทำงานของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์สเตปป์ดีขึ้น และลดผลการเพี้ยนเนื่องมาจากความร้อนในการทำงาน
6. ทำการเปลี่ยนตัวสว่าน และแทนยึดจับมอเตอร์ครบวงจร เพื่อเป็นการลดน้ำหนักของแท่นเจาะลง เนื่องจากแท่นเจาะแบบเดิมนั้นมีน้ำหนักมาก ทำให้การเคลื่อนที่ของตัวแท่นเจาะผิดพลาด เนื่องจากความเสียวของแท่นยึดจับ และสว่านครบวงจรที่ใช้ในการเจาะ
7. ทำการออกแบบโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ใหม่ เพื่อให้อุปกรณ์ และจำนวนของบอร์ดที่ใช้ในการทำงานน้อยลง และทำให้วงจรที่ออกแบบขึ้นมาใหม่ ง่ายต่อการทำความเข้าใจกว่าวงจรแบบเก่า

## 1.2 ขอบเขตของโครงการ

1. สามารถทำการเจาะแผ่นปริ้นท์ได้โดยอัตโนมัติโดยรับข้อมูลมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์

2. สามารถเปลี่ยนดอกสว่านได้หลายขนาดตามที่ผู้ใช้กำหนด แต่ผู้ใช้งานต้องทำการเปลี่ยนด้วยตัวเอง แต่เครื่องจะทำการแจ้งขนาดของดอกสว่านที่จะทำการเจาะให้ทราบที่หน้าจอผลึกเหลว (Liquid Crystal Display)
3. สามารถนำไฟล์ที่มาจากการออกแบบลายวงจรด้วยโปรแกรม PROTEL มาใช้งานในเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ และสามารถทำการเจาะตามนั้นได้เลย โดยทำการส่งไฟล์ผ่านโปรแกรมเฉพาะของเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ ซึ่งอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์
4. จำนวนแผ่นที่ทำการเจาะได้ที่ละ 1 แผ่น
5. พื้นที่ในการเจาะไม่มากกว่า  $8 \times 11$  นิ้ว

### 1.3 ความสำคัญในการสร้างโรงงานนี้

เนื่องจากการเจาะแผ่นปริ้นท์เพื่อใส่อุปกรณ์นั้น ถ้าแผ่นวงจรมีขนาดเล็กๆ และจำนวนรูที่จะทำการเจาะมีไม่มากนัก ผู้ที่ทำการเจาะก็สามารถทำการเจาะด้วยมือได้ ไม่เกิดปัญหาแต่อย่างใด แต่ถ้าจำนวนรูที่จะทำการเจาะ มีมากเป็นจำนวนร้อยหรือเป็นพันรู ก็จะทำให้เกิดปัญหาขึ้น ผู้ที่ทำการเจาะจะรู้สึกเบื่อหน่าย เกิดความล่าช้า ความรวดเร็วและยังเป็นผลให้เกิดความผิดพลาดขึ้นอีกด้วย จึงได้มีการพัฒนาเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์แบบอัตโนมัติขึ้นมา เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ เหล่านี้ และตัวเครื่องนั้นก็ได้รับการพัฒนามาเรื่อยๆ เพื่อให้ได้เครื่องเจาะที่ดี และสมบูรณ์ยิ่งขึ้นเรื่อยๆ โดยเน้นให้เครื่องนั้นมีราคาถูก และมีประสิทธิภาพในการทำงานคุ้มค่ากับราคา

เครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์แบบอัตโนมัตินี้จึงมีราคาไม่สูงนัก หากแต่มีประสิทธิภาพสูงเมื่อเทียบกับต้นทุนในการสร้างขึ้นมา ในรายงานฉบับนี้ได้รวบรวมแนวความคิด และทฤษฎีพื้นฐานในการทำงาน การพัฒนาเครื่องเจาะและสิ่งอื่นๆ ไว้ ทางคณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า เกร็ดความรู้ที่ได้ทำการรวบรวมเอาไว้จะมีประโยชน์ ในการนำเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติไปใช้งาน หรือทำการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้นไปอีก

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการทำงานของมอเตอร์สเตปป์

#### 2.1 บทนำ

ในปัจจุบันนี้จะเห็นว่า มอเตอร์สเตปป์มีการใช้งานอยู่ในหลาย ๆ งานเช่น ในเครื่องพิมพ์ เครื่องพลอตเตอร์ และอื่นๆ เนื่องจากมอเตอร์ชนิดนี้สามารถให้ความเที่ยงตรงในการเคลื่อนที่ได้ค่อนข้างสูง และยังใช้การควบคุมแบบวงจรมืด (open loop) ซึ่งทำให้ง่ายต่อการควบคุม

การควบคุมมอเตอร์สเตปป์ ส่วนใหญ่จะใช้ 2 วิธี คือ วิธีแรกใช้วงจรดิจิทัลควบคุม ส่วนวิธีที่สองใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ในการควบคุม ซึ่งจำเป็นจะต้องทำชุดเชื่อมต่อ (Interface) ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับมอเตอร์สเตปป์ และจะต้องมีซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการควบคุมมอเตอร์สเตปป์ให้ทำงาน ซึ่งในโครงการนี้ จะเลือกวิธีที่สองเนื่องจากสามารถที่จะควบคุมตำแหน่งมอเตอร์สเตปป์ ได้แน่นอนถูกต้อง และมีความละเอียดค่อนข้างสูง

กำลังงานที่ได้จากมอเตอร์สเตปป์ ในโครงการนี้จะถ่ายทอดผ่านสกรูกำลัง (POWER SCREW) เพื่อที่จะนำกำลังงานที่ได้ไปทำการขับเคลื่อนรอก ทำให้หัวเจาะของเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติเคลื่อนที่ได้

มอเตอร์สเตปป์ เป็นอุปกรณ์จำพวกเครื่องเชิงกลทางไฟฟ้า ที่มีอินพุทเป็นกลุ่มของข้อมูลแบบเลขฐานสอง (Binary Number) และมีการให้เอาต์พุทออกมาเป็นการหมุนเชิงกล หรือหมุนไปเป็นสเตป ตามสัญญาณพัลส์ที่ป้อนให้กับขดลวดสเตเตอร์ ซึ่งจะเกิดแรงผลักดันต่อโรเตอร์ให้โรเตอร์หมุนไป แต่ลักษณะของมอเตอร์สเตปป์ จะมีขดของสเตเตอร์อยู่หลายขด ซึ่งเรียกว่า เฟส (phase) ฉะนั้นเมื่อป้อนสัญญาณที่เป็นพัลส์ในลักษณะลำดับของเลขฐานสองโดยผ่านวงจรขับมอเตอร์ จะทำให้มอเตอร์หมุนได้อย่างต่อเนื่อง

#### 2.2 ชนิดของมอเตอร์สเตปป์

มอเตอร์สเตปป์สามารถแบ่งได้ 3 ประเภทตามลักษณะโครงสร้างคือ

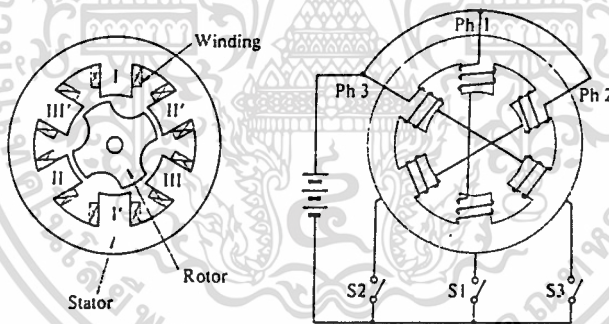
1. มอเตอร์สเตปป์แบบปรับค่ารีลักแตนซ์ได้ (Variable Reluctance Stepping Motor), (VR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. มอเตอร์สเตปป์แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet Stepping Motor),(PM)
3. มอเตอร์สเตปป์แบบไฮบริด (Hybrid Stepping Motor),(HSM)

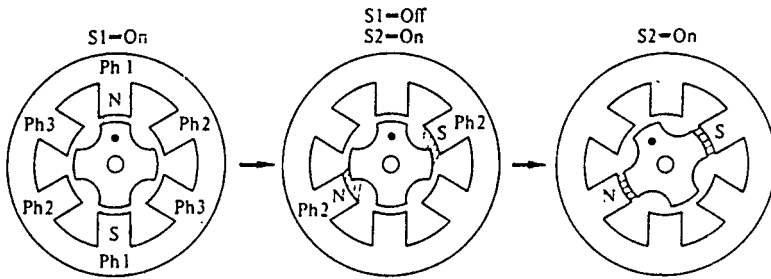
### 2.2.1 มอเตอร์สเตปป์แบบปรับค่ารีลักแตนซ์ได้

โครงสร้างของมอเตอร์ชนิดนี้มีลักษณะดังรูปที่ 2.1 โดยซีพินของทั้งสเตเตอร์ (Stator) และโรเตอร์ (Rotor) ทำจากโลหะที่มีค่าเพอร์มิบิลิตี (permeability) สูงเช่นแกนเหล็กอ่อน (soft iron) การหมุนเกิดขึ้นได้โดยเราให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่พันบนสเตเตอร์ ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กไปดึงดูดให้โรเตอร์หมุนได้ตามตำแหน่งของขั้วของขดสเตเตอร์ที่ต้องการ ความเฉื่อยของโรเตอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้มีค่าต่ำ ทำให้มีการตอบสนองที่เร็วถ้าขดลวดไม่ได้ถูกกระตุ้นแล้วแรงบิดแบบสถิต (Static Torque) จะมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งไม่เหมือนกับมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet)



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงโครงสร้างของมอเตอร์สเตปป์ชนิดปรับค่ารีลักแตนซ์ได้

มอเตอร์สเตปป์แบบปรับค่ารีลักแตนซ์ได้นี้ เป็นพื้นฐานสำคัญที่แสดงการทำงานของมอเตอร์สเตปป์ ซึ่งจะช่วยให้สามารถเข้าใจ การทำงานของมอเตอร์สเตปป์ ชนิดอื่น ๆ ได้ด้วย



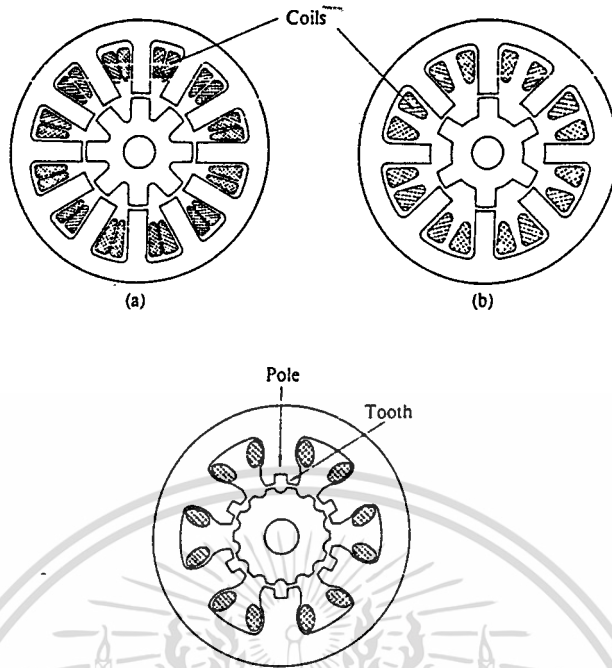
รูปที่ 2.2 การหมุนของโรเตอร์เมื่อเปลี่ยนการกระตุ้นเฟสจากเฟส 1 ไป เฟส 2

การที่จะทำให้โรเตอร์หมุน ขณะที่โรเตอร์อยู่ในตำแหน่งโพลที่ 1 เราจะจ่ายกระแสให้ขดลวดที่พันอยู่บนโพลที่ 2 ธรรมชาติของเส้นแรงแม่เหล็ก จะเดินทางบนเส้นทางตามเส้นทาง ที่มีค่ารีลัคแตนซ์ต่ำที่สุด เส้นแรงแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรง ที่ทำให้โรเตอร์หมุนเข้าสู่จุดที่ทำให้เส้นเดินทางได้สะดวกที่สุด ที่จุดนี้โรเตอร์จะอยู่ในตำแหน่งที่สมดุล ซึ่งขณะนี้ มอเตอร์ได้เคลื่อนที่เป็นระยะ 1 สเตป

การที่จะทำให้มอเตอร์หมุนอย่างต่อเนื่อง เราจะจ่ายกระแสให้ขดลวดเฟสต่างๆ เป็นลำดับจากรูปที่ 2.2 การหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา เราจ่ายกระแสให้เฟส 1,2,3,1,..เป็นลำดับ และ 1,3,2,1,..ในทิศทวนเข็มนาฬิกา

จำนวนสเตปในแต่ละรอบของมอเตอร์ (S) จะขึ้นอยู่กับมุมของแต่ละสเตป ( $\theta_s$ ) จำนวนเฟส (m) และจำนวนซี่ฟันของโรเตอร์ ( $N_r$ ) . ดังนั้นการเพิ่มความละเอียดของมุมสเตปจึงต้องเพิ่มที่จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์ หรือเพิ่มที่จำนวนเฟสของมอเตอร์ ดังรูปที่ 2.3 ก),ข) โดยมีความสัมพันธ์ออกมาเป็นสูตรดังนี้

$$S = \frac{360}{\theta_s} = m N_r \quad (1)$$



- รูปที่ 2.3 ก) แสดงโครงสร้างของมอเตอร์สเตปป์แบบปรับค่ารีลัคแตนซ์ได้ชนิด 3 เฟส โดยมี สเตเตอร์ 12 ซี่ และโรเตอร์ 8 ซี่
- ข) แสดงโครงสร้างของมอเตอร์สเตปป์แบบปรับค่ารีลัคแตนซ์ได้ชนิด 4 เฟส โดยมี สเตเตอร์ 8 ซี่ และโรเตอร์ 6 ซี่
- ค) แสดงโครงสร้างของมอเตอร์สเตปป์แบบปรับค่ารีลัคแตนซ์ได้ชนิด 3 เฟส โดยมี สเตเตอร์มีฟัน 2 ซี่ ในแต่ละโพล

จากรูปที่ 2.3 ก) จำนวนซี่ฟันของสเตเตอร์ไม่มีผลต่อมุมสเตป แต่เพื่อรองรับกับซี่ฟันที่ละเอียดขึ้นของโรเตอร์ แต่ในการเพิ่มเฟสหรือจำนวนซี่ฟันจะทำให้โครงสร้างของมอเตอร์ซับซ้อนมากขึ้นจึงแก้ปัญหาโดยการเพิ่มจำนวนซุดของสเตเตอร์และโรเตอร์ โดยโรเตอร์แต่ละซุดจะอยู่บนเพลาเดียวกันแต่ซี่ฟันจะเรียงทำมุมกัน

### 2.2.2 มอเตอร์สเตปป์แบบแม่เหล็กถาวร

มอเตอร์ชนิดนี้ มีโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร ซึ่งมีอำนาจแม่เหล็กตามแนวรัศมี ดึงดูดกับขั้วสเตเตอร์ ทำให้มีแรงบิดสแตติกเกิดขึ้นได้ ถึงแม้จะไม่ได้กระตุ้นขดลวดก็ตาม

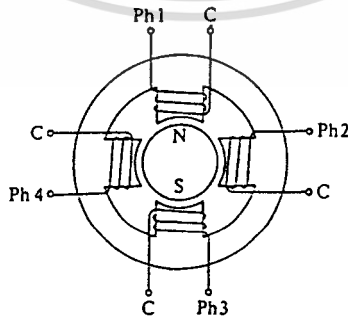
มอเตอร์ชนิดนี้ มีข้อแตกต่างจากมอเตอร์สเตปป์ แบบปรับค่ารีล็กแทนซ์ได้ ก็คือโรเตอร์จะเป็นแม่เหล็กถาวร จึงทำให้การพันขดลวดที่สเตเตอร์ ต้องแตกต่างกันไปด้วย จากรูปจะเห็นว่า สเตเตอร์ ในแต่ละขั้วจะมีการพันขดลวดอยู่ ซึ่งถือว่าแต่ละขั้วคือหนึ่งเฟส ดังนั้นจากรูปจึงเป็นมอเตอร์ชนิด 4 เฟส การต่อวงจรกระตุ้นเฟสอย่างง่ายได้แสดงไว้ในรูปเช่นกัน จะเห็นว่าปลายขดลวดทุกๆ เส้นจะถูกต่อเข้าด้วยกันเข้ากับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ ดังนั้นเมื่อเกิดการกระตุ้นที่เฟสใดแล้ว ขั้วสเตเตอร์ที่เฟสนั้นก็จะกลายเป็นขั้วเหนือ ถ้าเราทำการกระตุ้นเฟสเรียงลำดับจาก 1 2 3 4 มอเตอร์ก็จะหมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาโดยจะทำการหมุน 90 องศาในแต่ละสเตป ดังนั้นจะเห็นว่าถ้าต้องการเพิ่มความละเอียดของสเตปของมอเตอร์ ก็จะสามารถทำได้ โดยการเพิ่มจำนวนขั้วของมอเตอร์ ให้มากขึ้น

โครงสร้างของมอเตอร์ชนิดนี้ ในส่วนสเตเตอร์ จะเหมือนกับมอเตอร์สเตปป์แบบปรับค่ารีล็กแทนซ์ได้ แต่โรเตอร์จะทำจากแม่เหล็กถาวร ซึ่งแม่เหล็กจะมีแรงดึงดูดกับโพล ที่ได้รับการกระตุ้น แรงดึงดูดระหว่างขั้วแม่เหล็ก จะทำให้เกิดแรงบิดให้โรเตอร์ อยู่ในตำแหน่งที่สมดุล สมการแรงดึงดูดระหว่างขั้วซึ่งเป็นดังสมการที่ (2)

$$F = F_{\max} \cos \theta \quad 2)$$

และสมการแรงบิดซึ่งเป็นไปดังสมการที่ (3)

$$\vec{T} = F \times \vec{r} \quad 3)$$



รูปที่ 2.4 แสดง โครงสร้างของมอเตอร์สเตปป์ชนิดแม่เหล็กถาวร

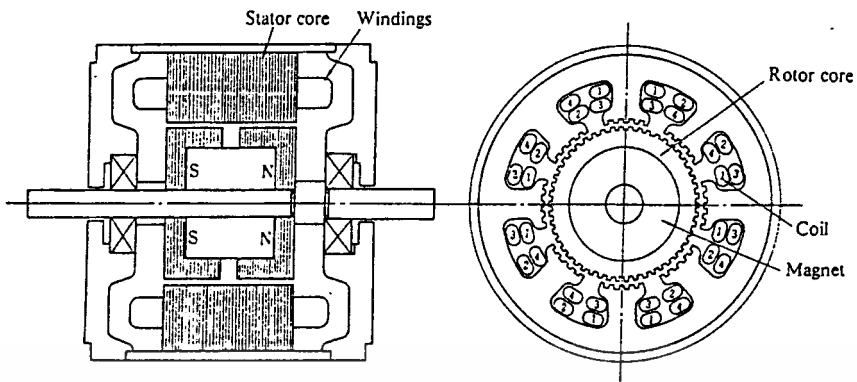
### 2.2.3 มอเตอร์สเตปป์แบบไฮบริด

มอเตอร์ชนิดนี้ จะมีโครงสร้าง เป็นลักษณะผสม ของมอเตอร์สเตปป์ แบบแม่เหล็กถาวร และ มอเตอร์สเตปป์แบบปรับค่ารีลักแตนซ์ได้ โดยโครงสร้างของมอเตอร์ สเตปป์แบบไฮบริด จะมีสองตอน ทั้งสองตอนจะมีองค์ประกอบที่เหมือนกัน ทั้งสเตเตอร์และโรเตอร์ โดยระหว่าง โรเตอร์ทั้งสองตอน จะมีเพลลาที่ทำจากแม่เหล็กถาวร และมีซี่ฟันเป็นแกนเหล็กอ่อน (soft iron) ใน ส่วนของสเตเตอร์ จะมีการพันขดลวดสองลักษณะคือ แบบพันขดลวดเฟสเดียว ในหนึ่งโพล (unipolar) แบบนี้ต้องใช้วงจรกระตุ้นสองทาง และแบบพันขดลวดสองเฟสในหนึ่งโพล (bifilar scheme) ขดลวดที่พันคู่กันจะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กต่างขั้วกัน

#### ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์สเตปป์แบบไฮบริด

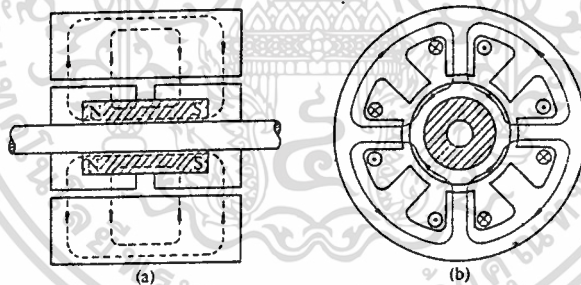
- จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์ และของสเตเตอร์มีจำนวนไม่เท่ากัน
- ตอน A และ B มีโครงสร้างเหมือนกัน
- ซี่ฟันของสเตเตอร์หรือโรเตอร์อย่างใดอย่างหนึ่งจะวางในลักษณะเหลื่อมกันระหว่างสองตอน
- สเตเตอร์ของแต่ละตอนมี 8 ขั้วแบ่งแบ่งเป็นขั้วละสองเฟส
- เฟสที่ 1 และ 3 จะพันขดลวดบนขั้วสเตเตอร์หมายเลข 1 3 5 7 ทั้งในตอน A ,B โดยพันในทิศทางตรงกันข้าม
- เฟสที่ 2 และ 4 จะพันขดลวดบนขั้วสเตเตอร์หมายเลข 2 4 6 8 ทั้งในตอน A,B โดยพันในทิศทางตรงกันข้าม

แกนแม่เหล็กถาวร จะเหนี่ยวนำโรเตอร์ในตอน A ให้เป็นแม่เหล็กขั้วเหนือ และโรเตอร์ ในตอน B ให้เป็นแม่เหล็กขั้วใต้



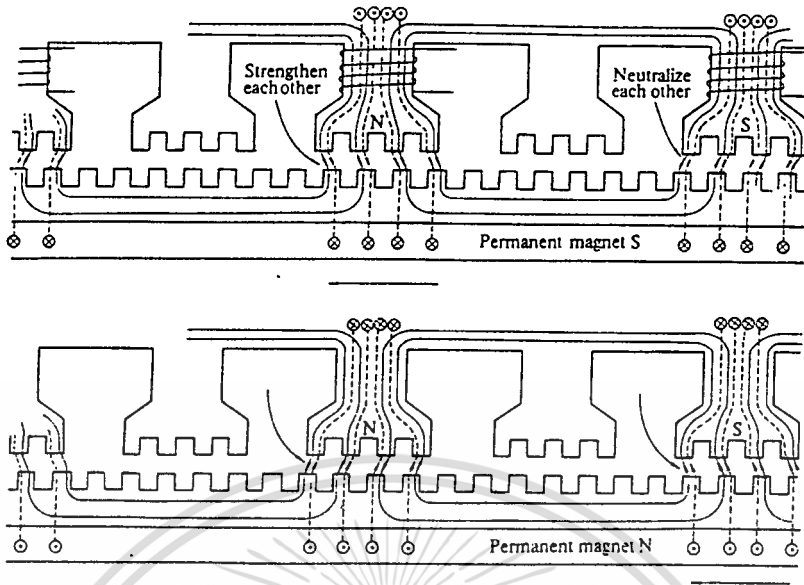
รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างของมอเตอร์สเต็ปป์ไฮบริด

การวางโครงสร้างของมอเตอร์ จะวางให้ซี่ฟันของโรเตอร์หรือสเตเตอร์อย่างใดอย่างหนึ่งวางเหลื่อมกันระหว่างทั้งสองตอน



รูปที่ 2.6 แสดงทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก

เส้นทางเดินของสนามแม่เหล็ก จะแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนแรกจะเดินทางผ่านโพลขั้วบวกไปยังซี่ฟันของโรเตอร์ แล้วเข้าสู่โพลขั้วได้ ครบวงจรโดยผ่านโครงของสเตเตอร์ และอีกส่วนจะผ่าน โพลขั้วบวกผ่านซี่โรเตอร์ แล้วผ่านขั้วได้ของแม่เหล็กถาวร ไปยังขั้วเหนือ และผ่านซี่โรเตอร์กลับไปยังโพลขั้วเหนือ ครบวงจรโดย โครงของสเตเตอร์ ดังรูป 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก

เมื่อโพล 1,5 มีเส้นแรงแพุ่งออกและโพล 3,7 มีเส้นแรงแพุ่งเข้ารูป 2.7 ด้านบนแสดงถึงตอน B ของโรเตอร์ สนามแม่เหล็กขั้วเหนือบนโพล 1 จะดึงดูดกับแกนแม่เหล็กขั้วใต้ ส่วนโพลที่ 3 เส้นแรงแพุ่งจะหักล้างกับแกนแม่เหล็ก ส่งผลให้เกิดแรงเคลื่อนโรเตอร์ไปทางซ้าย ส่วนรูป 2.7 ด้านล่างแสดงถึงตอน A ซึ่งแกนแม่เหล็กเกิดแรงดึงดูดกับโพลที่ 3 และหักล้างกับโพลที่ 1 ทำให้โรเตอร์ เคลื่อนที่มาทางซ้ายเช่นเดียวกัน ผลรวมจากแรงทั้งสองตอน ทำให้โรเตอร์เคลื่อนที่ทางซ้ายเป็นระยะ  $1/4$  เท่าของระยะห่างขั้วฟันบนโรเตอร์

ถ้าให้การกระตุ้นเฟส 1 ทำให้โพลที่ 1,5 เป็นขั้วเหนือ โพล 3,7 เป็นขั้วใต้ และการกระตุ้นเฟส 3 เกิดผลตรงกันข้าม ทำนองเดียวกันการกระตุ้นเฟส 2 ทำให้โพล 2,6 เป็นขั้วเหนือ โพล 4,8 เป็นขั้วใต้ กระตุ้นเฟส 4 เกิดผลตรงกันข้าม การกระตุ้นให้มอเตอร์ หมุนต่อเนื่องในทิศตามเข็มนาฬิกา มีลำดับการกระตุ้นเฟสเป็น 1,2,3,4,1,... และ 1,4,3,2,1,... ในทิศทวนเข็มนาฬิกา

#### 2.2.4 คุณสมบัติของมอเตอร์สเตปป์

1. เป็นลักษณะการควบคุมแบบไม่ต้องการการป้อนกลับไม่ว่าจะเป็นการควบคุมตำแหน่งหรือการควบคุมความเร็ว

2. ความผิดพลาดเกี่ยวกับตำแหน่งมีน้อยมาก เนื่องจากการเคลื่อนที่ของมอเตอร์สเตปป์ิ่ง นั้นเคลื่อนที่เป็นสเตป ด้วยมุมที่แน่นอน
3. มอเตอร์สเตปป์ิ่งจะถูกนำมาใช้ กับเครื่องมือที่ต้องการความละเอียดแม่นยำ และใช้อยู่ในเครื่องมือ ประเภทดิจิตอล เช่น เครื่องพลอตเตอร์
4. ไม่จำเป็นต้องใช้วงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอกเมื่ออินเทอร์เฟสกับ ไมโครคอมพิวเตอร์

### 2.2.5 การทำงานของมอเตอร์สเตปป์ิ่ง

ถ้าจะแบ่ง โหมดการทำงานของมอเตอร์สเตปป์ิ่งตามอัตราความเร็วของแต่ละสเตปป์ จะแบ่งออกได้เป็นสองแบบคือ

1. การเคลื่อนที่เป็นสเตป (DISCRETE STEPPING MODE)
2. การเคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง (SLEWING MODE)

การหมุนทั้งสองแบบแตกต่างกันตรงที่ถ้ามีระยะพักระหว่างการเคลื่อนที่ของสเตปป์ ก็ จะเรียกว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบสเตปป์ ตัวอย่างการทำงานแบบเป็นสเตปป์ ได้แก่ เครื่องเล่นดิสก์ (Disk Drive) แต่ถ้าไม่มีการพักระหว่างการเคลื่อนที่ระหว่างสเตปป์ก็จะเรียกว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง เราสามารถหาความเร็วรอบได้จากสมการที่ (4)

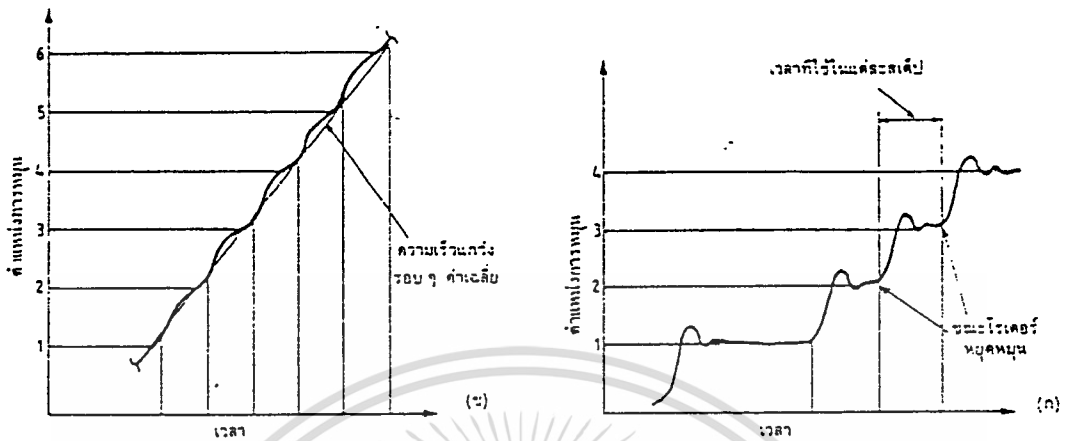
$$n = \frac{60 \times f}{s} \quad .(4)$$

เมื่อ  $n$  คือความเร็วรอบ  
 $f$  คือความเร็วของสเตปป์  
 $s$  คือจำนวนสเตปป์ทั้งหมด

### 2.2.6 กราฟคุณลักษณะของมอเตอร์สเตปป์ิ่ง

กราฟคุณลักษณะของมอเตอร์สเตปป์ิ่งนี้ จะเป็นการแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างอัตราความเร็วของสเตปป์ กับแรงบิดดังแสดงในรูปที่ 2.9 สำหรับกราฟเส้นประ เราเรียกว่า “START-STOP CURVE” หรือ “SINGLE-STEP LOAD CURVE” เป็นกราฟที่อยู่ในโหมดการหมุนเป็น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเตป และเป็นการแสดงถึงย่านของแรงบิด ที่มอเตอร์สามารถเริ่มและหยุดหมุนได้โดยปราศจาก ความผิดพลาด



รูปที่ 2.8 กราฟแสดงสเตปปีงของการหมุนในโหมดการทำงานแบบ

ก) หมุนต่อเนื่อง

ข) หมุนเป็นสเตป

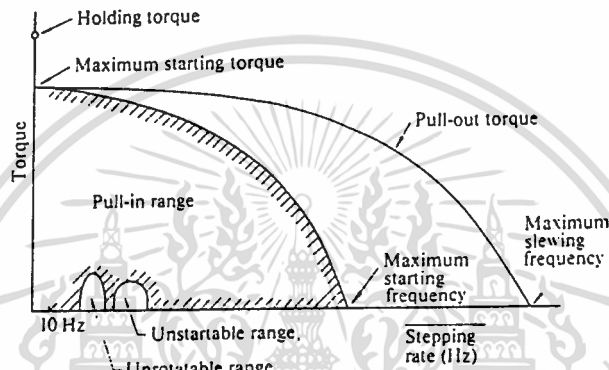
“SLEW CURVE” เป็นกราฟแสดงการทำงานในโหมดการหมุนแบบต่อเนื่อง แสดงให้เห็นถึงค่าแรงบิดสูงสุด ที่มอเตอร์สเตปปีงสามารถจะกระทำได้ที่อัตราเร็วของสเตปต่างๆ กัน ถ้ามีการใช้งานมอเตอร์สเตปปีง เหนือกราฟนี้ก็อาจจะทำให้ การทำงานเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ แต่ถ้าใช้งานภายใต้เนื้อที่ของกราฟที่กำหนดให้ ก็จะสามารถมั่นใจได้ว่าจะไม่เกิดความผิดพลาดขึ้น

ในกราฟ SLEW CURVE นั้นจะมีช่วงที่เส้นกราฟขาดหายไป ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดการ รีโซแนนซ์ ขึ้นซึ่งเป็นจุดที่ไม่เสถียร และไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นในการใช้งานมอเตอร์จึงควรจะต้องคำนึงถึงการใช้งานในย่านนี้ไว้ด้วย

### 2.2.7 ชนิดของมอเตอร์สเตปปีงที่ใช้ในโรงงานนี้

มอเตอร์สเตปปีงที่ใช้ใน โรงงานนี้คือมอเตอร์สเตปปีงแบบปรับค่ารีลัคแทนซ์ได้ และมีการพันขดลวดแบบสองขดบนชีสเตเตอร์เดียวกัน (bifilar) มอเตอร์ชนิดนี้มี โรเตอร์เป็นซี่ฟัน และเป็นแกนเหล็กอ่อน ตัวสเตเตอร์ถูกพันด้วยขดลวดตามปกติการหมุนเกิดขึ้นได้โดยเราให้กระแสไฟฟ้าต่อขดลวดที่พันบนสเตเตอร์ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก ไปดึงดูดให้โรเตอร์หมุนได้ตามตำแหน่งของขั้วสเตเตอร์ที่ต้องการ ค่าความเฉื่อยของมอเตอร์ชนิดนี้มีค่าต่ำ และมีอัตราการตอบสนองที่ดี ถ้าขดลวดไม่

ได้ถูกป้อนพลังงานแล้ว แรงบิดสแตติกของมอเตอร์ชนิดนี้จะมีค่าเป็นศูนย์ หลักการทำงานของมอเตอร์สเตปป์ิงชนิด 3 เฟส การทำงานจะเริ่มจากการกระตุ้นเฟส 1 ก่อน ซึ่งจะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้น ตัวโรเตอร์จะพยายามวางตำแหน่งตัวเอง ให้อยู่ในทิศทางที่ทำให้เกิดค่า ความต้านทานแม่เหล็กน้อยที่สุดตามแนวขั้วแม่เหล็ก และเมื่อต้องการให้มอเตอร์หมุนต่อเนื่องกัน ไปก็ใช้หลักการเดียวกันนี้ในการกระตุ้นเฟสอื่นๆ



รูปที่ 2.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของสเตปป์กับแรงบิดของการทำงานทั้งสอง โหมดของมอเตอร์สเตปป์ิง

การควบคุมมอเตอร์สเตปป์ิง ทำได้โดยการจ่ายสัญญาณพัลส์ ซึ่งสัญญาณนี้จะได้จากคำสั่งควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยที่คำสั่งเหล่านี้ ก็ประมวลผลมาจากวงจรต้นแบบ ที่ต้องการให้เครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติทำงานนั่นเอง แต่ว่าระดับสัญญาณเหล่านี้มีระดับต่ำ จึงต้องนำไปผ่านวงจรขยาย เพื่อที่จะทำให้ระดับของสัญญาณสูงขึ้น เพื่อที่จะได้มีกำลังเพียงพอที่จะนำไปขับมอเตอร์ต่อไป นอกจากนี้ยังมีวงจรจำกัดกระแสและแรงดัน ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ให้กับวงจรขับและมอเตอร์

ในโครงการนี้ไม่ได้มีการจัดลำดับการกระตุ้นของเฟส เนื่องจากใช้เครื่องควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการสร้างสัญญาณกระตุ้นโดยตรง จึงไม่มีความจำเป็น ในการใช้วงจรซีควเินเชียล (Sequencial Circuit) โดยที่โปรแกรมจะมีการสร้างลอจิก ที่ตรงกับสัญญาณกระตุ้นออกมาที่ ไอซีบัฟเฟอร์ ซึ่ง ไอซีบัฟเฟอร์ นี้จะทำการต่ออยู่กับวงจรภาคขับ โดยตรง

## 2.3 ลำดับในการกระตุ้น

เรามีลำดับการกระตุ้นทั้งหมด 3 แบบ

### 2.3.1 การกระตุ้นแบบหนึ่งเฟส

เป็นการกระตุ้นทีละเฟสตามลำดับการกระตุ้นคือเฟส 1,2,3,1,... ในทิศตามเข็มนาฬิกา และ 1,3,2,1,... ในทิศทวนเข็มนาฬิกา เป็นไปตามรูป 2.10

	R	1	2	3	4	5	6	7	8
Phase 1									
Phase 2									
Phase 3									

(2) Four-phase motor

	R	1	2	3	4	5	6	7	8
Phase 1									
Phase 2									
Phase 3									
Phase 4									
Pulses									

รูปที่ 2.10 แสดงลำดับการกระตุ้นแบบ 1 เฟส

### 2.3.2 การกระตุ้นแบบสองเฟส

การกระตุ้นจะกระตุ้นครั้งละสองเฟสดังตาราง

Clock state	R	1	2	3	4	5	6	7	8
Phase 1	█	█	→	█	█		█	█	
Phase 2		█	█	→	█			█	█
Phase 3	█		█	█		█	█		█

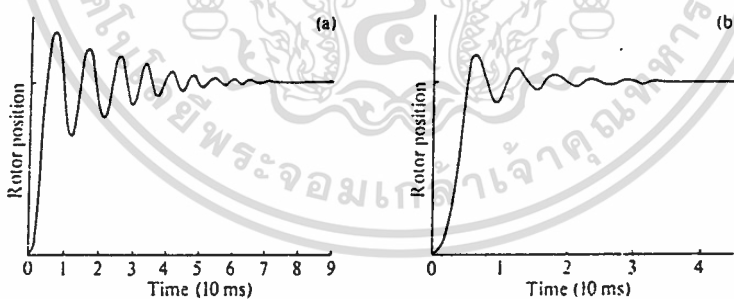
(2) Four-phase motor

Clock state	R	1	2	3	4	5	6	7	8
Phase 1	█	█			█	█			█
Phase 2			█	█			█	█	
Phase 3				█	█			█	█
Phase 4	█				█	█			█

รูปที่ 2.11 แสดงลำดับการกระตุ้นแบบสองเฟส

สิ่งที่แตกต่างอย่างเห็นได้ชัด ระหว่างการกระตุ้นสองเฟสและหนึ่งเฟสคือ ระยะเวลาในการเข้าสู่จุดสมดุลของ โรเตอร์ ซึ่งการกระตุ้นสองเฟสจะเข้าสู่สมดุลเร็วกว่าการ กระตุ้นเฟสเดียวดังรูป

2.12



รูปที่ 2.12 แสดงความแตกต่างในการตอบสนองการกระตุ้นแบบหนึ่งเฟสกับการกระตุ้นแบบสองเฟส

### 2.3.3 การกระตุ้นแบบกึ่งสเตป

ลักษณะการกระตุ้นเป็นดังตารางคือมีการกระตุ้นสองเฟสสลับกับการกระตุ้นหนึ่งอย่างละหนึ่งครั้ง แบ่งได้สองลักษณะคือ

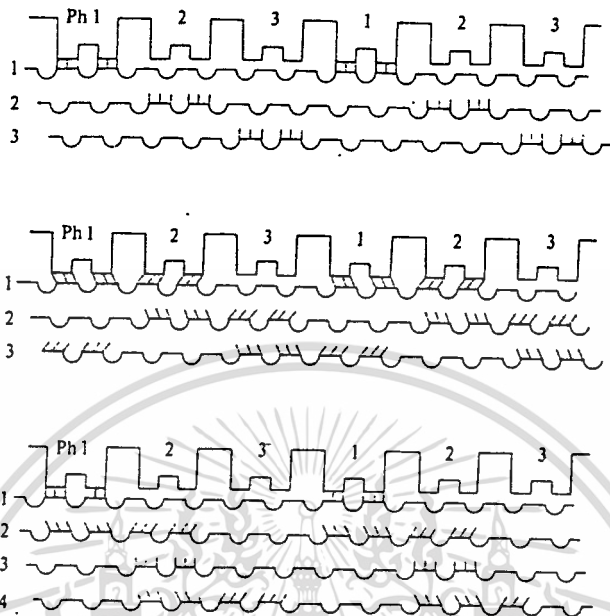
- กระตุ้นแต่ละครั้งนับเป็นหนึ่งสเตป การกระตุ้นแบบนี้จะทำให้โรเตอร์เคลื่อนที่ทีละครั้งหนึ่งของสเตปปกติ
- กระตุ้นสองเฟสหนึ่งครั้งและกระตุ้นหนึ่งเฟสอีกหนึ่งครั้งนับเป็นหนึ่งสเตป ในช่วงกระตุ้นสองเฟสใช้ในการเคลื่อนที่จากจุดสมดุล ช่วงกระตุ้นหนึ่งเฟส เป็นจุดสมดุลของโรเตอร์ ในมอเตอร์ที่มีมากกว่าสี่เฟส การกระตุ้นกึ่งสเตปจะกระตุ้นครั้งละสองและสามเฟส

Clock state (A)	R	1	2	3	4	5				
Clock state (B)	R	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Phase 1		■	■			■	■	■		
Phase 2			■	■	■			■	■	■
Phase 3				■	■	■				■

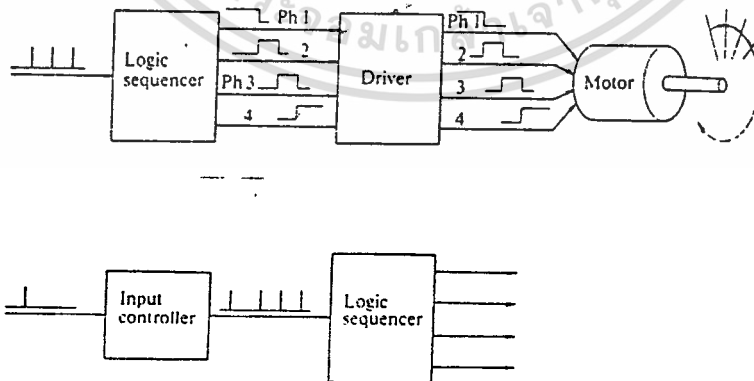
รูปที่ 2.13 แสดงลำดับการกระตุ้นแบบกึ่งสเตป

#### 2.4 วงจรและระบบการขับมอเตอร์สเตปป์สำหรับการควบคุมแบบวงจรมอเตอร์

วงจรมอเตอร์ และวงจรมอเตอร์สเตปป์ สำหรับการควบคุม มอเตอร์สเตปป์แบบวงจรมอเตอร์ หนึ่งในปัญหาสำคัญที่สุด ในการประยุกต์ใช้มอเตอร์สเตปป์ก็คือ ส่วนของวงจรมอเตอร์สเตปป์ ซึ่งวงจรมอเตอร์สเตปป์มีทั้งแบบวงจรมอเตอร์สเตปป์ และแบบวงจรมอเตอร์สเตปป์ ซึ่งในโครงการนี้เราใช้การควบคุมแบบวงจรมอเตอร์สเตปป์ เนื่องจากมีความแม่นยำเพียงพอในการควบคุมตำแหน่ง



รูปที่ 2.13 ก) แสดงการเคลื่อนที่เมื่อเป็นลำดับการกระตุ้นแบบ 1 เฟส  
 ข) แสดงการเคลื่อนที่เมื่อเป็นลำดับการกระตุ้นแบบ 2 เฟส  
 ค) แสดงการเคลื่อนที่เมื่อเป็นลำดับการกระตุ้นแบบกึ่งสเตป



รูปที่ 2.14 บล็อกไดอะแกรมของวงจรควบคุมมอเตอร์สเตปป์แบบวงจรเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



#### 2.4.1 ระบบขับเคลื่อน

ระบบขับเคลื่อนของมอเตอร์สเตปป์ สามารถแสดงได้โดยรูปบล็อกไดอะแกรม ในรูปที่ 2.14 ซึ่งจากรูปจะเห็นว่า บล็อกไดอะแกรมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ในรูป a) คือส่วนของวงจรจัดลำดับการกระตุ้น ซึ่งเมื่อพัลส์ถูกป้อนเข้ามาในวงจรจัดลำดับกระตุ้น ก็จะใช้สถานะที่สถานะทางด้านออก ที่มีการเปลี่ยนแปลง ในการควบคุมในการขับเคลื่อนมอเตอร์ เพื่อที่จะให้มอเตอร์สเตปป์หมุนไปตามมุมสเตปในทิศทางที่ต้องการ ซึ่งทิศทางที่หมุนไป ถูกควบคุมมาจากสถานะทางด้านเข้า ให้เป็นสถานะ H,L เพื่อกำหนดให้หมุนทวนเข็มนาฬิกา และตามเข็มนาฬิกานั้นเอง ในรูป b) แสดงถึงระบบทั้งหมด เมื่อมีการเพิ่มสเตปมากกว่า 2 สเตปหรือมากกว่านั้น สถานะต่างๆด้านอินพุตต้องมีพัลส์ที่เหมาะสม เพื่อควบคุมวงจรจัดลำดับกระตุ้นซึ่งจะเรียกว่า วงจรควบคุมด้านเข้า (Input Controller) ข้อได้เปรียบของวงจรนี้คือ สามารถใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ ในการ สร้างพัลส์ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์สเตปป์ ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้มอเตอร์สเตปป์มีประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือสูง

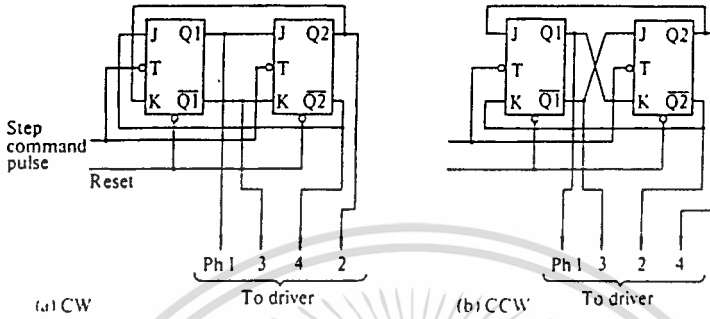
#### 2.4.2 วงจรจัดลำดับการกระตุ้น

วงจรจัดลำดับการกระตุ้นนี้ เป็นวงจรควบคุมการกระตุ้นของขดลวด ของมอเตอร์สเตปป์ ที่ตอบสนองต่อพัลส์ที่ถูกส่งเข้ามา ซึ่งวงจรจัดลำดับการกระตุ้นนี้ ประกอบไปด้วยรีจิสเตอร์แบบเลื่อน (Shift-Register) และเกทต่างๆ ซึ่งปัจจุบัน ไอซีที่เป็นรีจิสเตอร์แบบเลื่อน ซึ่งเหมาะสมในการใช้ควบคุมการจัดลำดับการกระตุ้นคือฟลิปฟลอปแบบ J-K (J-K flip-flop) และพวกลอจิกเกทต่าง ๆ

#### 1. การกระตุ้นแบบสองเฟส สำหรับมอเตอร์สเตปป์แบบ 4 เฟส

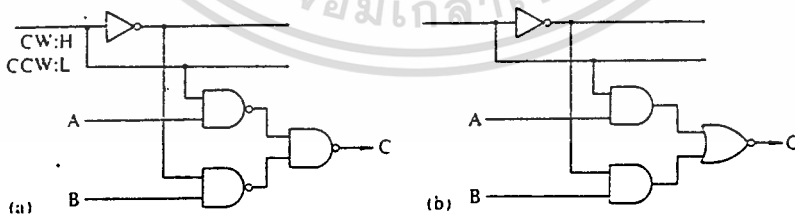
	R	1	2	3	4	5	6	...
Ph1, Q1	0	1	1	0	0	1	1	...
Ph2, Q2	0	0	1	1	0	0	1	...
Ph3, Q1	1	0	0	1	1	0	0	...
Ph4, Q2	1	1	0	0	1	1	0	...

	R	1	2	3	4	5	6	...
Ph1, Q1	0	0	1	1	0	0	1	...
Ph2, Q2	0	1	1	0	0	1	1	...
Ph3, Q1	1	1	0	0	1	1	0	...
Ph4, Q2	1	0	0	1	1	0	0	...

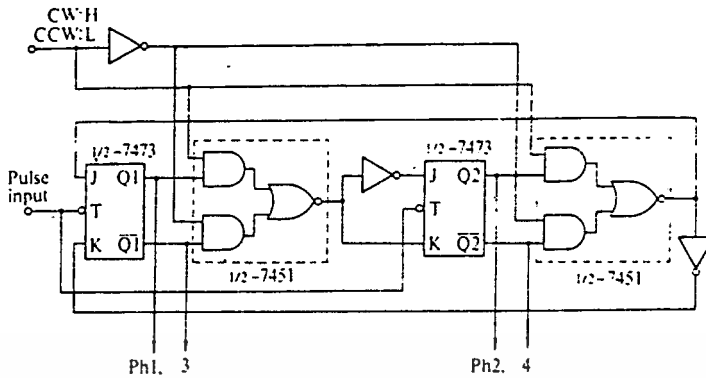


รูปที่ 2.15 แสดงวงจรลำดับการกระตุ้นเฟสแบบกระตุ้นสองเฟสหมุนทิศทางเดียว

วงจรสร้างลำดับการกระตุ้นเฟสมีลักษณะการต่อดังรูป 2.15 โดยใช้สถานะสูงต่ำ (H-L) เป็นสถานะในการกระตุ้นนั่นคือ ถ้า Q<sub>1</sub> ถูกกระตุ้นให้เป็น “H” ขดลวดเฟส 1 จะถูกกระตุ้น และถ้า Q<sub>1</sub> ถูกกระตุ้นให้เป็น “L” ขดลวดในเฟสที่ 1 ก็จะไม่ถูกกระตุ้น ถ้าเราเปรียบเทียบ 2 ตารางจากตารางในรูปที่ 2.15 a) และ 2.15 b) การกระตุ้นในทิศทางตรงข้ามกัน จะทำให้มอเตอร์สเตปป์ หมุนในทิศทางต่างกัน



รูปที่ 2.16 การกำหนดทิศทางการหมุน โดยการใช้คำสั่งตัวเลือกทางลอจิก; ในวงจรรูป (a) ให้  $C = A$  สำหรับคำสั่งระดับ High “H” และให้  $C = B$  สำหรับคำสั่งระดับ Low “L” ,ขณะที่ในวงจรรูป (b) ,ให้  $C = A$  สำหรับคำสั่ง High และให้  $C = B$  สำหรับคำสั่ง Low

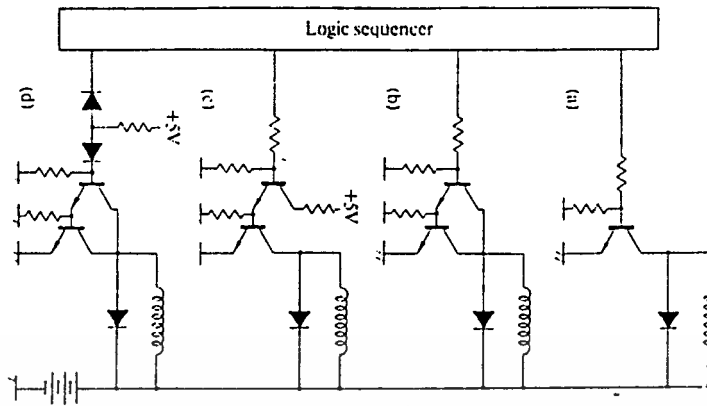


รูปที่ 2.17 การควบคุมมอเตอร์สเต็ปแบบสี่เฟสโดยการควบคุมลำดับการกระตุ้นแบบ 2 ทิศทาง

และถ้าจะเปลี่ยนทิศทางในการหมุนก็ทำได้ โดยเปลี่ยนลำดับในการเชื่อมต่อระหว่างในรูป a),b) ในรูป 2.16 b) ให้ที่ตำแหน่ง  $C = A$  สำหรับในทิศทางที่คำสั่งเป็นระดับ “H” และ ให้ที่ตำแหน่ง  $C = B$  สำหรับในทิศทางที่คำสั่งเป็นระดับ “L” และในรูป 2.17 แสดงถึงการควบคุมแบบสองทิศทาง (Bi-directional Sequence) สำหรับการกระตุ้นแบบ 2 เฟส สำหรับมอเตอร์สเต็ปแบบ 4 เฟส

#### 2.4.3 การเชื่อมต่อวงจรจัดลำดับการกระตุ้นและวงจรขับกระแส

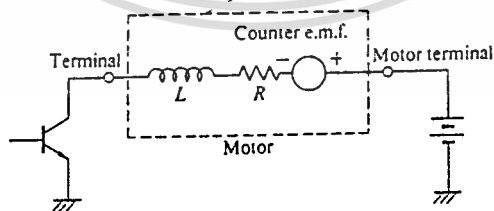
สัญญาณจากด้านออกของวงจรจัดลำดับการกระตุ้นจะถูกส่งต่อมายังจุดด้านเข้าของวงจรขับกระแส โดยการปิดและเปิดของขดลวดของมอเตอร์สเต็ปวิธีที่ง่ายที่สุดที่เชื่อมต่อคือการทำตามรูป 2.18 (a),(b) แต่ถ้ากระแสที่ออกมาไม่เพียงพอที่จะขับมอเตอร์สเต็ปได้ก็ต้องใช้บัฟเฟอร์มาช่วยในการขับกระแสดังในรูป 2.18 C และ D



รูปที่ 2.18 แสดงถึงการเชื่อมต่อระหว่างวงจรจัดลำดับการกระตุ้นและวงจรขับเคลื่อน

#### 2.4.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรขับเคลื่อน

ในขดลวดของมอเตอร์สเตปปี้ง ประกอบด้วยค่าความต้านทาน และค่าความเหนี่ยวนำ เมื่อมอเตอร์สเตปปี้งหมุน จะเกิดแรงดันย้อนกลับ (Counter Electromotive Force, EMF) ถูกผลิตขึ้นในขดลวด ทำให้ในการออกแบบวงจรขับเคลื่อน ต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบต่างๆ ที่จำเป็น คือ กรณีสที่แม่ที่สุดของมอเตอร์สเตปปี้ง ,ทรานซิสเตอร์ และแหล่งจ่ายแรงดันมอเตอร์ เหล่านี้จะแปรไปตามความคงทนในการผลิต และเงื่อนไขในการทำงาน เพราะฉะนั้นมอเตอร์สเตปปี้งต้องถูกออกแบบให้ส่งกำลังออกมากที่สุด ที่ขนาดเล็ที่สุด



รูปที่ 2.19 วงจรสมมูลย์ของขดลวดในมอเตอร์สเตปปี้ง

### 2.4.5 ซับเพรสเซอร์ในการลดค่าแรงดันกระชาก (Spike Voltage Suppressers)

เมื่อทรานซิสเตอร์ในรูป 2.20 ดับลงจะมีแรงดันกระชาก (Spike Voltage) ที่มีค่ามากเกิดขึ้นตามสมการ

$$V = L \frac{di}{dt} \quad \dots(5)$$

และแรงดันที่เกิดขึ้นนี้เองจะทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหาย ซึ่งมีวิธีอยู่หลายวิธีที่สามารถที่จะลดค่าแรงดันนี้ไม่ให้ทำลายทรานซิสเตอร์ได้ดังนี้

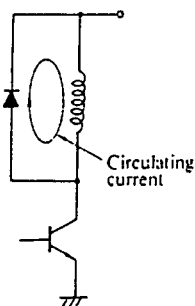
#### ก) ซับเพรสเซอร์แบบไดโอด (Diode Suppressers)

เมื่อเกิดกระแสไหลวน (Circulating Current) หลังจากที่ทรานซิสเตอร์หยุดทำงาน ทำให้กระแสสลายไปเมื่อเวลาผ่านไป จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแส อย่างมากมายถ้ามีไดโอดต่ออยู่ในวงจร ดังรูป 2.20 เพราะศักดาที่ขาคอลเลกเตอร์ (Collector) ของทรานซิสเตอร์ (Transistor) จะมีค่าเป็นดังสมการที่ 6

$$V_{CE} = E + V_{DF} \quad \dots\dots\dots(6)$$

$V_{DF}$  คือค่าของแรงดันข้างหน้า (Forward Voltage) ของไดโอด

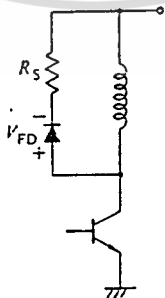
แต่ข้อเสียของวิธีนี้คือ กระแสไหลวนที่เกิดขึ้นจะอยู่ในช่วงเวลาที่นาน และจะทำให้เกิดการผลิตแรงบิดหยุดมอเตอร์ (Breaking Torque)



รูปที่ 2.20 ซับเพรสเซอร์แบบไดโอด

### ข) ซับเพรสเซอร์แบบไดโอดและตัวต้านทาน (Diode And Resistor Suppressers)

ใช้ความต้านทานต่ออนุกรมเข้าไปกับไดโอดดังรูป 2.21 หลังจากทีรานซิสเตอร์ถูกกระตุ้นเฟส ให้อยู่ในสถานะ " on " จะต้องใช้เวลาระยะหนึ่งก่อนที่จะเข้าสู่สถานะที่ซับด้วยกระแสเต็มพิกัด ซึ่งผลอันนี้เกิดจากค่าคงที่เวลาอันเนื่องมาจากคุณสมบัติของตัวเหนี่ยวนำ โดยจะมีผลทำให้แรงบิดลดลงและการตอบสนองช้าลงช้าลงด้วย วิธีแก้ปัญหอย่างหนึ่งก็คือ การต่อความต้านทาน (  $R_e$  ) อนุกรมเข้ากับขดลวดดังรูป เพื่อลดค่าคงที่เวลาให้น้อยลง แต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้เกิดการสูญเสียกำลังขึ้นในตัวต้านทานด้วยเช่นกัน



รูปที่ 2.21 ซับเพรสเซอร์แบบไดโอดและตัวต้านทาน

ความต้านทานที่ใส่เข้าไปเพื่อจะทำให้เวลาในการเกิดกระแสไหลวนน้อยลงไปและมีค่าแรงดันสมการที่ (7) แต่ก็มิผลในการเพิ่มขึ้นของแรงดันที่ขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ด้วยเช่นกัน

$$V_{CE} = E + IR_a + V_{DF} \dots\dots\dots(7)$$

โดยมีค่า

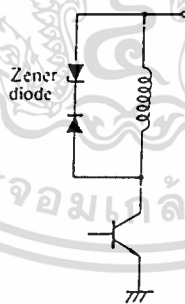
E = ค่าแรงดันของแหล่งจ่าย (Supply Potential)

I = ค่าของกระแสก่อนก่อนทรานซิสเตอร์หยุดทำงาน

R = ค่าความต้านทานของตัวต้านทานจับเพรสเซอร์

### ค) จับเพรสเซอร์แบบซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode Suppressers)

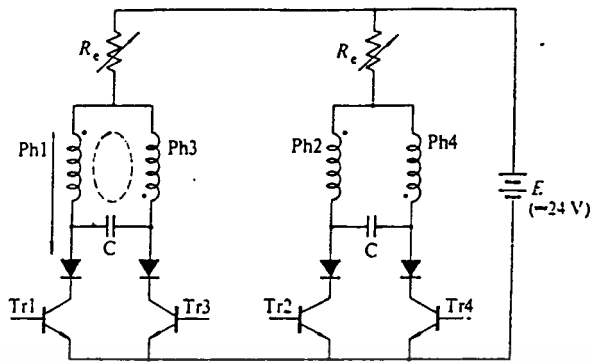
วงจรจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.22 เมื่อเทียบกับ 2 กรณีแรกแล้ว การใช้ซีเนอร์ไดโอด จะทำให้เวลาในการเกิดกระแสไหลวนหมดไป เร็วยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.22 จับเพรสเซอร์แบบซีเนอร์ไดโอด

### ง) จับเพรสเซอร์แบบตัวเก็บประจุ (Condenser Suppressers)

ซึ่งรูปแบบของจับเพรสเซอร์แบบตัวเก็บประจุมักถูกใช้กับมอเตอร์แบบมีขดลวดสองทิศทาง (Bifilar-Wound Motor) ซึ่งวงจรแสดงได้ในรูป 2.23



รูปที่ 2.23 ตัวไดร์ฟเวอร์แบบสี่เฟสกับซับเพรสเซอร์แบบไดโอดและต่อกับตัวต้านทาน แทนด้วย  $R_a$  ซึ่งถูกปรับค่าจนกระทั่งกระแสได้ตามค่าพิกัด

จากรูป 2.23 ตัวเก็บประจุ (Condenser) จะถูกใส่ระหว่างเฟส 1 กับเฟส 3 และเฟส 2 กับเฟส 4 และตัวเก็บประจุนี้ ถูกใช้เมื่อทรานซิสเตอร์หยุดทำงาน ตัวเก็บประจุที่เชื่อมต่อระหว่าง ไดโอดจะดูดซับกระแสที่เกิดขึ้นจากขดลวด เพื่อที่จะป้องกันทรานซิสเตอร์ พิจารณาได้จากตัวอย่างต่อไปนี้คือ เมื่อตัวทรานซิสเตอร์ตัวที่ 1 ( $Tr_1$ ) หยุดทำงาน เพราะฉะนั้นทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 ( $Tr_2$ ) และทรานซิสเตอร์ตัวที่ 4 ( $Tr_4$ ) ก็จะทำงาน แต่ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 3 ( $Tr_3$ ) ยังคงหยุดทำงานอยู่ ดังนั้นขดลวดเฟสที่ 1 และเฟสที่ 3 ซึ่งเป็นกระแสออสซิลเลท ที่มีทิศทางตรงกันข้ามกัน (Oscillating Component Current) ทำให้เกิดกระแสทรานเซียน (Transient Current) จะไหลวนในวงจรตามเส้นประในรูป 2.23 ถ้าทรานซิสเตอร์ตัวที่ 3 ทำงาน เมื่อกระแสทรานเซียนกลายเป็นศูนย์นั้นคือ ตัวเก็บประจุจะเก็บประจุไว้ จนมีประจุมากที่สุด ดังนั้นกระแส  $f$  ด้านบวกจากประจุที่มีค่า  $C$  ก็จะคายประจุผ่านขดลวดเฟส 1 ได้อย่างง่ายดาย โดยขบวนการเรโซแนนท์ ดังนั้นกระแสจะถูกใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการใช้ตัวเก็บประจุที่เหมาะสม ที่จะใช้ซับมอเตอร์สเตรปป์ ที่พิกัดที่จำกัดในขอบเขตแคบๆ ซึ่งเราจะใช้ซับเพรสเซอร์ แบบตัวเก็บประจุเป็นตัวหน่วงทางไฟฟ้า (Electrical Damper) ช่วยหน่วงโรเตอร์ไม่ให้เกิดการออสซิลเลท

## บทที่ 3

### ส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ

#### อุปกรณ์ทางฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ แบ่งตามแผงวงจรได้ดังนี้

- วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 (Microcontroller Board)
- วงจรถอดรหัส (DECODER BOARD) ✓
- วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก (DIGITAL TO ANALOG CONVERTER) ✓
- วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ (MOTOR DRIVER BOARD) ✓
- วงจรตรวจจับตำแหน่งของหัวเจาะ (OPTO Sersor Detector) ✓

#### 3.1 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11

ซึ่งเป็นแผงควบคุมที่มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) เป็นไอซีเบอร์ 68HC11ของบริษัท โมโตโลร์ประกอบด้วยวงจรสนับสนุนต่างๆ เช่นตัววงจรทำการถอดรหัส (DECODER) อุปกรณ์หน่วยความจำ ( ROM ,RAM ) และอุปกรณ์สนับสนุนการสื่อสารแบบอนุกรมรวมทั้ง อุปกรณ์อื่นๆ ที่จะทำให้การใช้งานของแผงวงจรเป็นไปได้โดยสะดวก ซึ่งมีรูปแสดงวงจรดังรูปที่ 3.1

##### 3.1.1 รายละเอียดของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11

เครื่องควบคุมชนิดนี้เป็นเครื่องควบคุมที่มีขนาด 8 บิต ประกอบด้วยแอดคิวมูลเตอร (accumurator) สองตัวคือ A,B โดยที่สามารถนำเอาแอดคิวมูลเตอรทั้งสองตัวนี้มาต่อกัน กลายเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต หรือรีจิสเตอร์ D ได้ ในตัวเครื่องควบคุมมีรีจิสเตอร์ดัชนี (Index register) ให้เลือกใช้ถึงสองตัวพร้อมทั้งรีจิสเตอร์สถานะ (Condition register) ขนาด 8 บิต ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละบิตดังนี้

- Carry /Borrow from MSB
- Overflow
- Zero bit
- Negative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- I interrupt mask
- Half carry
- X interrupt mask
- stop disable

เครื่องควบคุมสามารถทำงานต่างๆ กันได้ 3 โหมดซึ่งแต่ละโหมดแตกต่างกันที่การจัดเรียงหน่วยความจำ แต่การจัดหน่วยความจำที่ใช้ในโครงงานนี้ เป็นการจัดหน่วยความจำแบบขยาย EXPANDED MODE ซึ่งทำให้สามารถจัดหน่วยความจำ หน่วยความจำหน่วยความจำแรมและหน่วยความจำรอม รวมกันแล้วได้ตั้งแต่แอดเดรสที่ 0000H - FFFFH โดยที่จะทำการแบ่งหน่วยความจำ ส่วนหนึ่งให้เป็นหน่วยความจำหน่วยความจำรอม ซึ่งจะแบ่งไว้สำหรับทำการเก็บโปรแกรมหลัก ที่จะทำการควบคุมเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ และแบ่งหน่วยความจำอีกส่วนหนึ่ง เป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่เป็นตำแหน่งในการเจาะเก็บไว้ในหน่วยความจำแรม

ในโหมดการทำงานที่เป็นแบบขยาย นี้พอร์ทแบบขนานที่ให้มากับเครื่องควบคุม ซึ่งมีจำนวน 4 พอร์ทจะไม่ทำงาน แต่จะทำงานเป็น MULTIPLEX ADDRESS และ บัสข้อมูล แทนซึ่งในการทำงานในโครงงาน ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้อพอร์ทดังกล่าวแต่อย่างใด

นอกจากนี้ในตัวเครื่องยังออกแบบให้มีพอร์ทอนุกรมไว้ใช้งาน โดยที่มีรีจิสเตอร์ที่ทำการควบคุมการทำงานของพอร์ทอนุกรม โดยเฉพาะซึ่งในโครงงานนี้ ได้ใช้ประโยชน์จากพอร์ทควบคุม ในการส่งถ่ายข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องควบคุม

การอินเทอร์รัพ (Interrupt) ในเครื่องควบคุมมีให้เลือกใช้มากถึง 21 ชนิดโดยที่เป็นแบบ "NON MASKABLE" 5 ชนิด และเป็นแบบ "PSEUDO NON MASKABLE" 1 ชนิดซึ่งใช้บิต X ในรีจิสเตอร์แสดงรหัสสถานะ (CONDITION CODE REGISTER) เป็นตัวการในการปิดหรือเปิดอินเทอร์รัพชนิดนี้ ซึ่งการปิดหรือเปิดบิตนี้ จะทำได้ในสภาวะพิเศษช่วงหนึ่งในการรันโปรแกรมเท่านั้น ทำให้ดูเหมือนกับว่าเป็นอินเทอร์รัพชนิดที่ปิดไม่ได้ สำหรับในโครงงานนี้จะใช้งานอินเทอร์รัพชนิด "MASKABLE" ( IRQ ) ซึ่งเป็นการอินเทอร์รัพจากภายนอก ซึ่งสามารถทำการปิดได้โดยใช้บิต I ในรีจิสเตอร์แสดงรหัสสถานะเชื่อมต่อกับคีย์บอร์ด เมื่อมีการกดคีย์ก็จะเกิดการอินเทอร์รัพขึ้น เพื่อที่จะให้โปรแกรมทำงานในโปรแกรมย่อยที่จัดการกับคีย์ต่อไป

องค์ประกอบของแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์มีดังนี้

- 256 BYTE OF RAM

- 512 BYTE OF EEPROM
- ENHANCED 16 BIT TIMER SYSTEM
- 8 BIT PULSE ACCUMMULATOR SYSTEM
- ENHANCED NRZ SERIAL COMMUNICATIONS INTERFACE
- EIGHT CHANNEL, 8 BIT ANALOG TO DIGITAL CONVERTER
- REAL TIME INTERRUPT CIRCUIT
- COMPUTER OPERATION PROPERLY WATCHDOG SYSTEM
- AVAILABLE IN DUAL IN LINE OR LEADED CHIP CARRIER PACKAGES

### 3.1.2 การทำงานของวงจรมicrocontroller

ข้อมูลที่เป็นตำแหน่งในการเจาะจะถูกส่งผ่านจากเครื่องคอมพิวเตอร์มายังเครื่องควบคุมผ่านทางพอร์ตอนุกรมเข้ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำแรมหลังจากนั้นเครื่องควบคุมจะทำการคอยรับคำสั่งจากผู้ควบคุม หลังจากป้อนคำสั่งเรียบร้อยแล้วเครื่องควบคุมจะทำงานตามหลักดังนี้

- \* - ทำการแยกแยะข้อมูลที่เป็นตำแหน่งในการเจาะว่าเป็นตำแหน่งในการเจาะเป็นขนาดดอกสว่านหรือว่าเป็นรหัสของข้อมูล
- ทำการแปลงรูปแบบของข้อมูลทีอ่านเข้ามาจากรหัสแอสกี (ASCII Code) ให้เป็นรหัสไบนารี (Binary Code)
- ในกรณีที่ข้อมูลเป็นขนาดของดอกสว่าน เครื่องจะทำการแจ้งขนาดของดอกสว่าน ซึ่งผู้ควบคุมสามารถเลือกได้ว่าจะให้แจ้งเป็นรหัสแบบมาตรฐาน (Drill Standard) หรือแบบผู้ใช้งานเอง (Drill User)
- ในกรณีที่ข้อมูลซึ่งเป็นตำแหน่งในการเจาะ เครื่องจะทำการหาระยะขจัดและทำการเคลื่อนหัวเจาะเรียงตามตำแหน่ง X,Y ตามลำดับมากขึ้น
- เครื่องจะทำการส่งสัญญาณกระตุ้นออกยังภาคขับซึ่งประกอบด้วยสัญญาณสองชนิดคือ
  1. สัญญาณการกระตุ้นเฟส ซึ่งจะเป็นสัญญาณแบบกระตุ้นชนิดเฟสคู่ ค่าและลำดับเฟสของสัญญาณจะเป็นลำดับที่แน่นอนในแต่ละเฟสซึ่งมีทั้งหมด 4 เฟส ซึ่งลำดับในการกระตุ้นนี้จะถูกเก็บไว้ในตาราง ในหน่วยความจำหน่วยความจำรวม

เฟส ซึ่งลำดับในการกระตุ้นนี้จะถูกเก็บไว้ในตารางในหน่วยความจำ หน่วยความจำรวม

2. สัญญาณแบ่งขนาดกระแสแบบไมโครสเตป การทำงานของมอเตอร์ สเตป บังเบบธรรมดา นั้น ความละเอียดสูงสุดจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของมอเตอร์นั้น แต่ถ้าเป็นการควบคุมแบบไมโครสเตปจะทำให้การเคลื่อนที่ของมอเตอร์ไม่จำเป็นต้องเคลื่อนที่ให้ครบตามลักษณะขั้วปกติของตัวมอเตอร์แต่จะสามารถเคลื่อนที่ในระยะมุมน้อยๆ ระหว่างขั้วได้ ทำให้ระยะในการเคลื่อนที่มีความละเอียดเพิ่มขึ้น เช่นตามปกติจะต้องเคลื่อนที่สเตปละ 10 องศา ถ้าเป็นไมโครสเตปอาจจะเคลื่อนที่ได้ละเอียดถึง สเตปละ 1 องศา เป็นต้น

ลำดับการกระตุ้นแบบไมโครสเตปก็เป็นลำดับที่แน่นอนเช่นกัน โดยที่รูปแบบของรูปคลื่นในการกระตุ้นที่ต่อเนื่องจะเป็นรูปไซน์ (SINE CURVE) (ในกรณีที่เคลื่อนที่ครบ 1 สเตปจากการป้อน 1 เฟสของการกระตุ้นที่เป็นสี่เหลี่ยม) โดยค่าลำดับการกระตุ้นจะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำรวมเช่นกัน

### 3.2. วงจรถอดรหัส

#### 3.2.1 รายละเอียดของวงจรถอดรหัส

ซึ่งประกอบด้วยไอซีต่างๆดังนี้คือ 74LS245 เป็นบัฟเฟอร์ซึ่งมีหน้าที่ในการพักข้อมูลก่อนที่จะนำไปใช้งาน ไอซีเบอร์ 74LS154 ซึ่งใช้เป็นตัวถอดรหัสแอดเดรส (Address Decoder) ไอซีเบอร์ 74C923 เป็นไอซีที่ใช้ในการรับค่าจากคีย์บอร์ด ไอซีเบอร์ 74HC133 เป็นแนนด์เกตแบบ 13 อินพุต ไอซีเบอร์ 74LS273 เป็น D-Flip Flop จำนวน 8 ตัว ซึ่งจะต่อกันตามรูปวงจรสัญญาณออกไป ทำหน้าที่ต่าง ๆ ซึ่งอาจจะถือได้ว่าบอร์ดนี้มีความสำคัญเป็นที่ 1 รองจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เลยก็ว่าได้

#### 3.2.2 การทำงานของวงจรถอดรหัส

หน้าที่หลักของแผงวงจรนี้ก็คือเป็นแผงที่จะคอยสร้างสัญญาณสั่งการให้อุปกรณ์ ไอซีต่าง ๆ ทำงาน ซึ่งอาจจะแยกการทำงานของมันได้ดังนี้

1. ทำการสร้างสัญญาณ DAC1 , DAC2, DAC ซึ่งเป็นสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน ของวงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอก ซึ่งวงจรนี้เองเป็นตัวสร้างการทำงานแบบไมโครสเตป
2. ทำการสร้างสัญญาณควบคุม การทำงานของจอแสดงผล แบบผลึกเหลว(LCD) ✕
3. ทำการสร้างสัญญาณควบคุมการทำงานของวงจรพักข้อมูลต่างๆ (BUFFER) ✓
4. และควบคุมการทำงานของวงจรเป็นกด (KEYBOARD)

นอกจากนี้แผงวงจรนี้ยังประกอบด้วยชุดของวงจรพักข้อมูลที่ทำหน้าที่เป็นตัวจับสัญญาณไม่ให้แรงดันตกกลางจนการทำงานผิดพลาดและทำหน้าที่เป็นเหมือนประตูในการกำหนดทิศทางของข้อมูลว่าจะให้เป็นทิศทางออกหรือเข้าตัวแผงวงจรซึ่งใช้ไอซีหมายเลข 74LS245

วงจรเป็นกดก็อยู่ในแผงนี้ด้วยเช่นกัน โดยที่ข้อมูลที่ได้จากการกดแป้นใด ๆ ก็ตามจะถูกส่งมายังแผงวงจรนี้ เพื่อทำการส่งต่อไปให้กับแผงไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานอีกต่อหนึ่ง รูปแสดงวงจรของแผงนี้เป็นไปดังรูปที่ 3.2

### 3.3 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก

#### 3.3.1 รายละเอียดของวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก

วงจรนี้ประกอบด้วยไอซีที่ใช้ในการแปลงสัญญาณเบอร์ DAC0832 ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ในภาคผนวก และประกอบด้วยวงจรรขยายสัญญาณด้วยออปแอมป์เบอร์ LM358 ต่ออนุกรมกันสองตัวต่อช่องสัญญาณ และมีค่าตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ไว้เพื่อใช้ในการปรับค่าสูงสุดของสัญญาณควบคุมการทำงานแบบไมโครสเตปให้ได้ตามที่ต้องการตามคุณสมบัติของมอเตอร์

#### 3.3.2 การทำงานของวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก

วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอกทำหน้าที่ในการรับค่าข้อมูลที่เป็นดิจิตอลมาจากวงจรถอดรหัสแล้วจึงทำการแปลงค่าข้อมูลที่เป็นดิจิตอลที่ได้รับมาให้เป็นค่าอนาลอก ซึ่งค่าที่ได้มีลักษณะเป็นกราฟรูปคลื่นไซน์ (SINE Wave) แบบครึ่งรูปคลื่นโดยที่วงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอกใช้ไอซีหมายเลข DAC0832 (ซึ่งได้แสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ค) จำนวนทั้งหมด 4 ตัว ซึ่งแบ่งหน้าที่การทำงานเป็นแกนละ 2 ตัว ซึ่งจะใช้เฉพาะแกน X ,Y เท่านั้น

ไอซีหมายเลขนี้มีข้อดีคือเป็นวงจรแปลงข้อมูลที่มีการพักข้อมูลสองชั้น ทำให้สามารถประยุกต์การเคลื่อนที่ของมอเตอร์ให้เป็นการเคลื่อนที่พร้อม ๆ กันทั้งสองแกนได้ เนื่องจากวงจรจะไม่ทำการแปลงค่าทันทีที่ได้รับค่าข้อมูลดิจิทัลมา แต่จะทำการแปลงข้อมูลเมื่อได้รับสัญญาณคำสั่งอีกครั้งหนึ่ง (ดังนั้นเราจึงสามารถส่งค่าอนาลอกได้เกือบๆ พร้อมกัน ทำให้การเคลื่อนที่ของแกนเป็นเหมือนการเคลื่อนที่พร้อมกันทั้งสองแกนได้) นอกจากนี้ในแผงนี้ ยังประกอบด้วยวงจรรขยายแบบไม่กลับเฟสต่ออนุกรมกันอยู่ทั้งหมด 4 ชุด เพื่อที่จะทำการตั้งค่าของสัญญาณแบบไมโครสเตปที่จะส่งออกไปยังแผงวงจรขับเคลื่อน ให้มีความแรงของสัญญาณได้ตามค่าที่ต้องการ รูปของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอกแสดงไว้ดังรูปที่ 3.3

### 3.4 วงจรขับเคลื่อนให้มอเตอร์ (Motor Driver Circuit)

#### 3.4.1 รายละเอียดของวงจรขับเคลื่อนให้มอเตอร์

เป็นวงจรซึ่งรวบรวมวงจรในรูปที่ 3.4 ซึ่งประกอบด้วยไอซีต่างๆ ดังนี้ คือไอซีกำเนิด Clock , And Gate , Power MOSFET , Op - Amp , D Flip-Flop แผงวงจร จะมีทั้งหมด 3 แผงคือตามจำนวนแกนทั้ง 3 แกนโดยที่ลักษณะการทำงานของวงจรขับเคลื่อน ด้าน X , Y จะมีลักษณะเหมือนกันแต่การทำงานของวงจรขับเคลื่อนในแกน Z จะต่างออกไป เนื่องจากวงจรที่ใช้ในแกน X,Y นั้นเป็นวงจรแบบไมโครสเตปโดยที่การเคลื่อนที่ของมอเตอร์จะมีความละเอียดกว่า ค่าสเตปที่แท้จริงของมอเตอร์ แต่มอเตอร์ในแกน Z นั้นเป็นลักษณะวงจรถักยลลึงกันแต่ที่ไม่เป็นการเคลื่อนที่แบบไมโครสเตป เนื่องจากสัญญาณเปรียบเทียบที่วงจรเปรียบเทียบซึ่งมีขนาดคงที่

#### 3.4.2 การทำงานของวงจรขับเคลื่อนให้มอเตอร์

หลักการทำงานใหญ่ ๆ ของวงจรก็คือการควบคุมกระแสที่จะทำการจ่ายให้กับมอเตอร์ในแต่ละเฟส การที่กระแสจะไหลเข้าในแต่ละเฟสของมอเตอร์ได้นั้นต้องประกอบด้วยเงื่อนไขสองประการคือต้องมีเฟสกระตุ้นเป็น 1 ที่เฟสนั้นและต้องมีสัญญาณเป็น 1 จากฟลิปฟลอปแบบ RS ซึ่งสัญญาณทั้งสองส่วนนี้จะถูกนำมาแอนด์กันที่ AND GATE (74LS08) ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกนำไปขับให้มอเตอร์ ON ทำให้กระแสสามารถไหลเข้าสู่มอเตอร์ได้

โดยที่สัญญาณเฟสกระตุ้นนั้นได้มาจากแผงไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะแปรเปลี่ยนไปในลักษณะหมุนวน (Rotate) เช่น 0011 เป็น 0110 เป็น 1100 เป็น 1001 ดังนี้ไปเรื่อย ๆ ส่วนที่เป็นฟลิปฟลอป RS (7400) นั้นจะเป็น 1 หรือ ไม่นั้นขึ้นอยู่กับสัญญาณที่ต่อกับขา Set , Reset ของ RS

Set ได้ในช่วงสั้น ๆ และการถูก Set ในช่วงสั้น ๆ นี้เองจะทำให้กระแสสามารถไหลเข้าสู่มอเตอร์ได้ถ้าหากว่าเฟสกระตุ้นในขณะนั้นเป็น 1 ซึ่งก็จะเท่ากับว่าเป็นการไป ON มอสเฟตที่ต่ออยู่กับมอเตอร์ในแต่ละเฟสนั่นเอง

จากหลักการที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น ทำให้เห็นว่านอกจากเราจะสามารถควบคุมว่าจะให้มอสเฟต ON หรือไม่แล้ว เรายังสามารถที่จะกำหนดปริมาณการไหลของกระแสที่ไหลได้อีกด้วย เนื่องจาก การที่ฟลิปฟลอปจะถูก Set ได้ก็ต่อเมื่อสัญญาณที่ออกมาจากวงจรเปรียบเทียบ (Comparator) เป็น 1 (หรือ + 5 โวลต์นั่นเอง) เงื่อนไขที่จะทำให้สัญญาณนี้เป็น 1 ได้ก็คือสัญญาณที่ต่อเข้ากับขาบวกของออปแอมป์จะต้องมีค่ามากกว่าสัญญาณที่ต่อเข้าขาลบและสถานะการเป็น 1 นี้จะคงยังดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ จนกว่าค่าของสัญญาณที่ขาทั้งสองนั้นจะเท่ากัน

จากรูปที่ 3.4 ในวงจรเราจะสังเกตเห็นว่าที่ขาบวกของออปแอมป์นั้นจะถูกต่ออยู่กับขาที่มีสัญญาณ DAC? ซึ่งขาสัญญาณนี้ จะถูกต่อมาจากวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอกที่กล่าวไว้แล้วในข้างต้นนั่นเอง โดยที่สัญญาณที่ออกมาจากวงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอกนี้ก็คือสัญญาณลำดับแบบ ไมโครสเตป ซึ่งค่าของสัญญาณนี้จะเปลี่ยนไปตามค่าดิจิตอลที่ส่งออกมาจากเครื่องควบคุม (ค่าลำดับเหล่านี้ก็คือค่าที่อยู่ใน TABLE1 , TABLE2 ในโปรแกรมการทดลองนั่นเอง) ส่วนขาทางด้านลบของออปแอมป์จะต่ออยู่กับค่าความต้านทาน ( 0.5 โอห์ม 10 วัตต์ ) ที่ทำหน้าที่ในการตรวจจับกระแสที่ไหลออกมาจากมอเตอร์ ( ซึ่งก็คือกระแสที่ไหลเข้ามอเตอร์นั่นเอง ) โดยที่กระแสที่ไหลเข้าสู่ค่าความต้านทานนี้จะถูกแปลงให้เป็นแรงดันตามหลักของโอห์ม และค่าโวลต์เตจที่ได้จากการแปลงนี้เอง จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากวงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอก ซึ่งเราต้องทำการตั้งค่าสองค่านี้ให้สัมพันธ์กัน โดยที่เราต้องทำการตั้งค่าอัตราขยายของวงจรขยายแบบ Inverting ในส่วนของวงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอก โดยที่ทำการตั้งค่าอัตราขยายที่ลำดับข้อมูลแบบ ไมโครสเตปมีค่าสูงสุด ( ค่าสูงสุดในโปรแกรมตอนนี้คือ FF หรือ 255 ในฐานสิบ ) ให้มีค่าโวลต์เตจเท่ากับค่าของกระแสมอเตอร์สูงสุด คูณกับค่าของความต้านทานที่ทำหน้าที่ตรวจจับกระแส ในที่นี้ค่ากระแสมอเตอร์สูงสุด คือ 2.9 แอมแปร์ และค่าความต้านทานตรวจจับกระแสคือ 0.5 โอห์ม ดังนั้น เราต้องทำการปรับอัตราขยาย ให้ได้

โวลต์เตจเท่ากับค่า  $0.5 \times 2.9 = 1.45$  โวลต์

จะเห็นได้ว่า RS Flip Flop จะ Set , Reset สลับกันไปในช่วงที่ค่าโวลต์เตจจากข้อมูลลำดับแบบ Micro Step ยังคงมากกว่าค่าโวลต์เตจ จากค่าความต้านทานตรวจจับกระแส เราจึงสามารถควบคุมปริมาณของกระแส ที่จะจ่ายเข้าสู่มอเตอร์ได้ เนื่องจากกระแสที่ไหลผ่าน เข้าสู่มอเตอร์จะต้องมีค่าไม่เกินจากที่ถูกกำหนดไว้ โดยข้อมูลลำดับแบบ Micro step อย่างแน่นอน เนื่องจากเมื่อกระแสที่ไหลเข้ามอเตอร์ มีขนาดมากถึงที่ต้องการแล้วก็จะมีผลให้ RS Flip Flop ถูก

จะเห็นได้ว่า RS Flip Flop จะ Set , Reset สลับกันไปในช่วงที่ค่าโวลต์เตจจากข้อมูล ลำดับแบบ Micro Step ยังคงมากกว่าค่าโวลต์เตจ จากค่าความต้านทานตรวจจับกระแส เราจึงสามารถควบคุมปริมาณของกระแส ที่จะจ่ายเข้าสู่มอเตอร์ได้ เนื่องจากกระแสที่ไหลผ่าน เข้าสู่ มอเตอร์จะต้องมีค่าไม่เกินจากที่กำหนดไว้ โดยข้อมูลลำดับแบบ Micro step อย่างแน่นอน เนื่องจากเมื่อกระแสที่ไหลเข้ามอเตอร์ มีขนาดมากถึงที่ต้องการแล้วก็จะมีผลให้ RS Flip Flop ถูก Reset ค้างไว้ ( ถูก Reset จาก วงจรสร้างควมถี่ 555 ) ดังนั้นก็จะไม่มีกระแสไหลเข้าสู่มอเตอร์ เป็นผลให้กระแสที่ถูกจับได้จากความต้านทานตรวจจับกระแส มีค่าน้อยลงไปด้วย เมื่อค่าโวลต์เตจ ที่ตรวจจับได้มีค่าน้อยลงก็จะทำให้ RS Flip Flop ถูก Set ขึ้นมาอีกครั้งหนึ่ง และกระแสก็จะไหล เข้าสู่มอเตอร์อีกครั้งหนึ่งเป็นวัฏจักรอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ แต่จะสังเกตได้ว่ากระแสจะไม่มีทางมากไป กว่าค่าของข้อมูลที่กำหนด โดยค่าของลำดับข้อมูลแบบ Micro Step

ในโครงการนี้ได้กำหนดรูปแบบของลำดับข้อมูลแบบ Micro Step ให้กำเนิดกระแสรูป Sine โดยที่จุดของลำดับข้อมูลนี้จะมีอยู่ด้วยกัน 2 ชุด ซึ่งจะให้กราฟรูป Sine ที่มีเฟสต่างกันอยู่ 90 องศา ในแต่ละชุดของสัญญาณจะประกอบด้วยระดับขั้นทั้งหมด 10 ขั้นซึ่งจะให้สัญญาณรูป Sine ที่มีความละเอียดได้ถึงระดับหนึ่ง เราสามารถที่จะทำให้ระดับขั้นละเอียดได้มากกว่านี้อีก แต่ว่าจะ ต้องคำนึงถึงลักษณะของตัวมอเตอร์ด้วยว่าสามารถจะเคลื่อนที่ในความละเอียดขนาดนั้น ได้หรือไม่ ด้วย ในการแบ่งระดับขั้นทั้งหมดเป็น 10 ระดับขั้นทำให้เราสามารถแบ่งการเคลื่อนที่ในหนึ่งสเตป ใหญ่ของตัวมอเตอร์ได้เป็น 9 สเตปย่อย

การกำหนดขนาดของกระแสที่ไหลในตัวมอเตอร์ได้นี้จะทำให้สามารถกำหนดแรงบิดของ มอเตอร์สเตปป์ได้ ซึ่งก็คือการทำงาน ในแบบไมโครสเตปนั่นเอง ซึ่งการกระทำดังนี้ทำให้เรา สามารถกำหนด ค่าแรงดึงของฟลักซ์แม่เหล็ก ให้มีค่าเข้มข้นมากหรือน้อย ได้ตามที่เราต้องการ และเมื่อเราเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสูงสุดของฟลักซ์แม่เหล็กไปๆ ตามเส้นรอบวงของมอเตอร์เรา ก็จะสามารถทำให้มอเตอร์เคลื่อนที่ได้ และเนื่องจากความไม่เท่ากันของขนาดของกระแสนี้เองจะ เป็นตัวกำหนดความละเอียดในการเคลื่อนของค่าฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุด ดังนั้นจึงเป็นตัวกำหนดความ ละเอียดในการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ได้โดยปริยาย

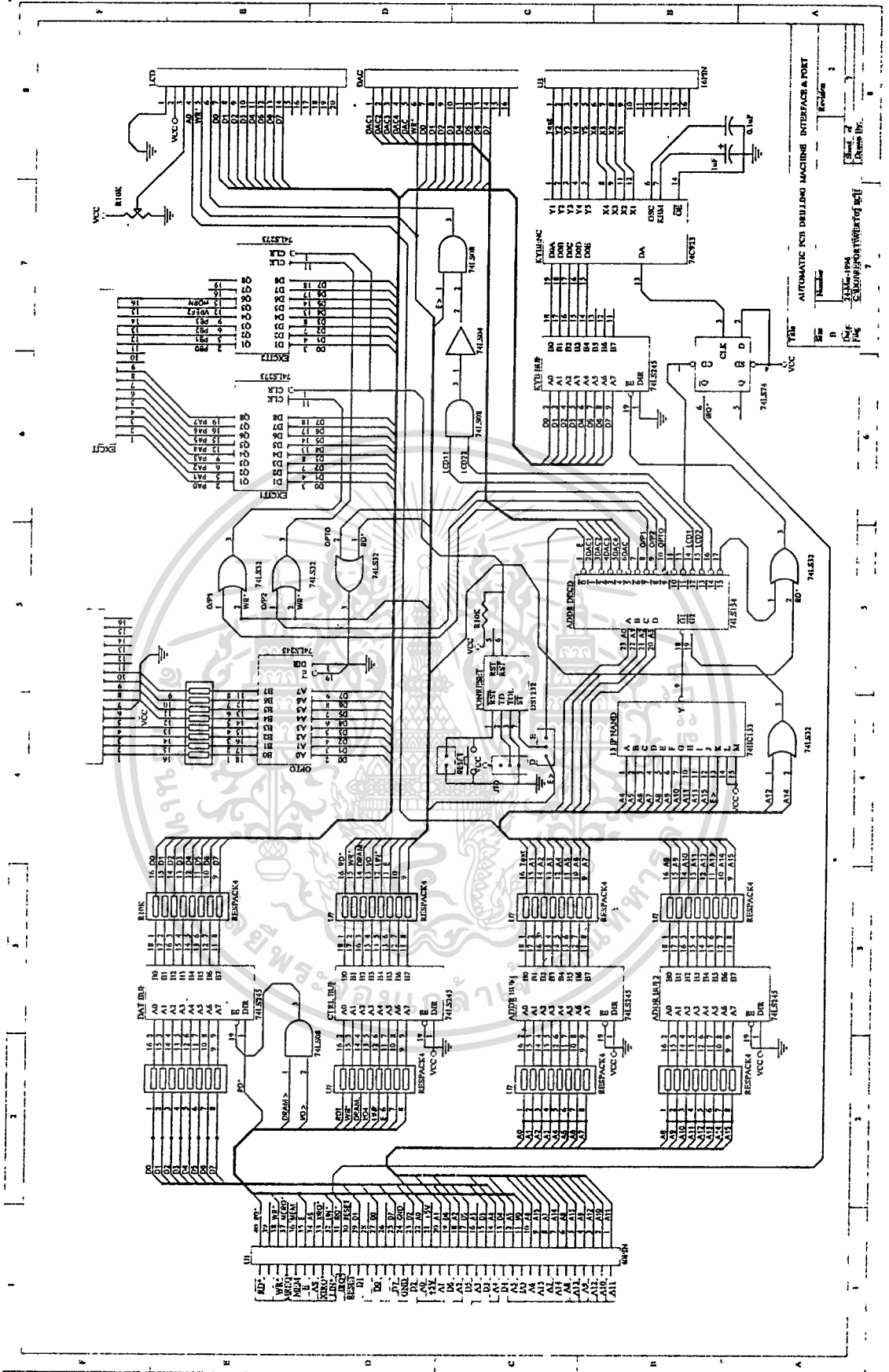
การทดลองตัดค่าความต้านทานออกจากวงจร Suppressor การตัดเอาความต้านทานที่อยู่ใน ส่วนของวงจร Suppressor ออกไปนั้น เนื่องจากการคายพลังงานในช่วงที่มอสเฟต Off นั้นมี ความเร็วในการคายพลังงานสัมพันธ์กับค่าของความต้านทาน ตามสูตรของ Time Constant  $L/R$  ถ้า การคายพลังงานมีความเร็วสูงก็จะทำให้ค่าของกระแสโดยรวมมีค่าน้อยลงเป็นผลให้แรงบิดของ มอเตอร์น้อยลงไปด้วย ในกรณีตรงกันข้ามถ้าเราทำให้การคายพลังงานช้าลงโดยจำกัดค่าความต้าน ทานที่อยู่ในวงจร Suppressor ก็จะทำให้การลดลงของกระแสในขณะที่ทำการคายพลังงานน้อยลง

เปลี่ยนเฟสกระตุ้น จึงต้องทำการออกแบบโปรแกรมในการทำงานใหม่โดยให้มีการหน่วงเวลาในการเปลี่ยนเฟสกระตุ้นเพื่อให้มอเตอร์ได้มีโอกาสคายพลังงานได้ทันในช่วงนั้น โดยที่โปรแกรมจะถูกแสดงในหัวข้อการทดลองการกลับการหมุนของมอเตอร์

ผลการทดลองในส่วนนี้ปรากฏว่ามอเตอร์ยังคงหมุนได้เป็นปกติ แต่จะเกิดความร้อนขึ้นที่มอเตอร์และรูปกราฟที่จับได้จากความต้านทานตรวจับกระแสจะทับซ้อนกับกราฟลำดับข้อมูลแบบ Micro Step ได้ไม่เต็มนักโดยเฉพาะในช่วงที่กระแสเป็นศูนย์ แรงบิดจากวัดค่าประมาณโดยการใช้มือถือคโรเตอร์ของมอเตอร์ปรากฏว่าแรงบิดมีค่ามากขึ้นคือโรเตอร์ไม่ลื้อคง่ายเหมือนแต่ก่อน แต่ความร้อนที่เกิดขึ้นในตัวมอเตอร์ มีค่าค่อนข้างมากถึงแม้ว่าเราจะพยายามทำการหน่วงเวลาในการเปลี่ยนเฟสกระตุ้นแล้วก็ตาม จากการพิจารณาแล้วเราพบว่า ถ้าเราเพิ่มการหน่วงเวลาในการเปลี่ยนแปลงระดับข้อมูลแบบ Micro Step ( ใน Subroutine DELAYXY ) แล้วก็น่าที่จะทำให้ความร้อนในตัวมอเตอร์ลดลงบ้าง เนื่องจากมอเตอร์ได้มีโอกาสในคายความร้อนมากขึ้นแต่จากการทดลองให้มอเตอร์หมุนเป็นเวลานานปรากฏว่าความร้อนที่เกิดขึ้นที่ตัวมอเตอร์มีค่าสูง ๆ ขึ้นเรื่อย ๆ จนอาจจะมีอันตรายกับตัวมอเตอร์ได้

จึงได้ข้อสรุปว่าจะไม่ทำการตัดตัวความต้านทานออก เนื่องจากอาจจะยังผลเสียหายให้กับมอเตอร์ได้ แต่จะใช้วิธีการหน่วงเวลาการเริ่มและหยุดการเคลื่อนที่แทน ซึ่งก็จะทำให้แรงบิดดีขึ้นพอสมควรเช่นกัน รายละเอียดและหลักการทำงานนั้นจะกล่าวถึงในบทของโปรแกรมต่อไป

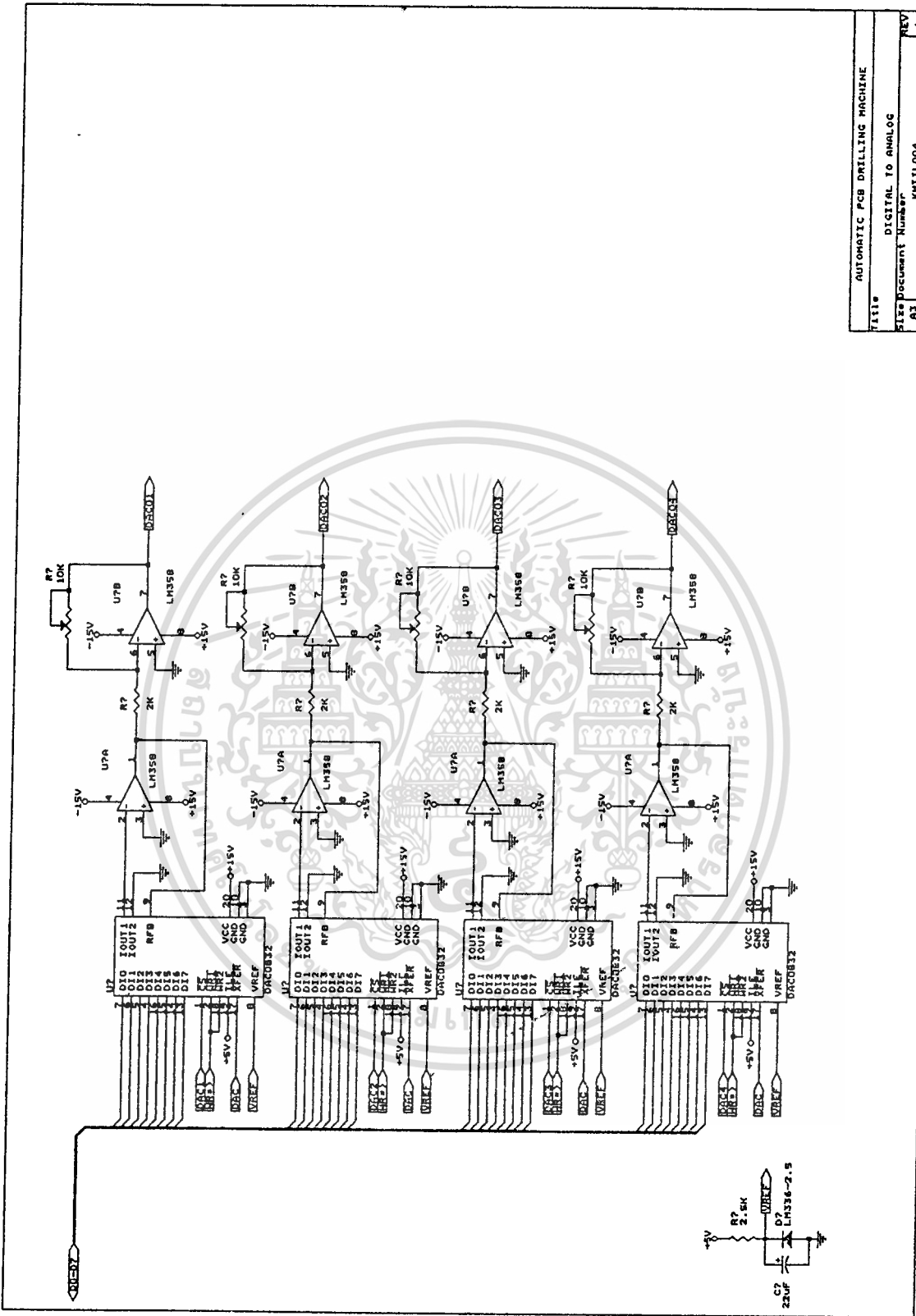




รูปที่ 3.2 แสดงวงจรชุดแปลงสัญญาณ (decoder)

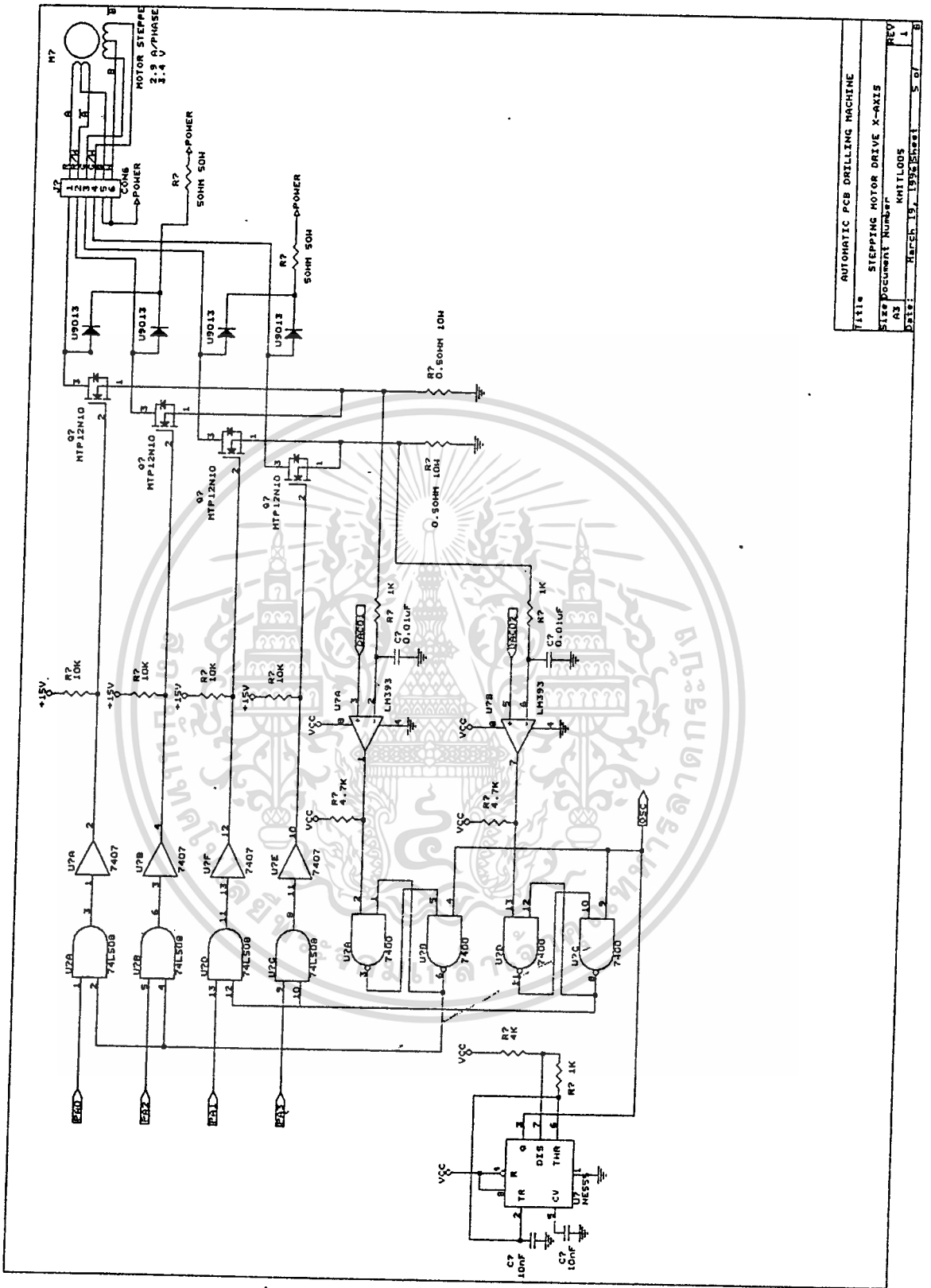
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title		AUTOMATIC PCB DRILLING MACHINE	
Size		DIGITAL TO ANALOG	
Drawn		KMITL004	
Date		April 5, 1992/size	
REV	1	REV	1



รูปที่ 3.3 แสดงรูปวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอก

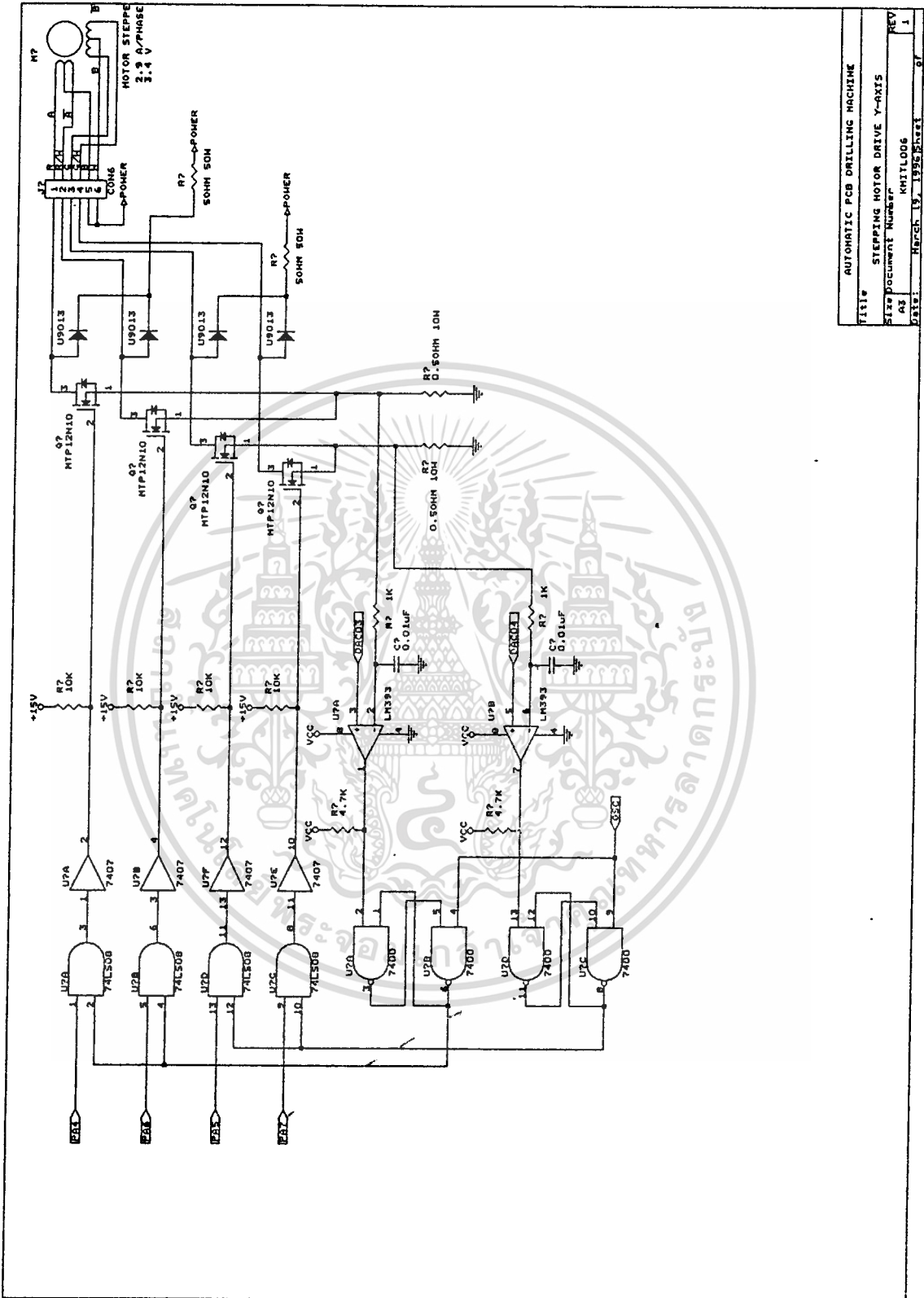
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



AUTOMATIC PCB DRILLING MACHINE	
Title	STEPPING MOTOR DRIVE X-AXIS
Size	Document Number
AS	KAILUOS
REV	1
Date:	MARCH 19, 1992 Sheet 5 of 8

รูปที่ 3.4 แสดงรูปวงจรขับเคลื่อนแกน X

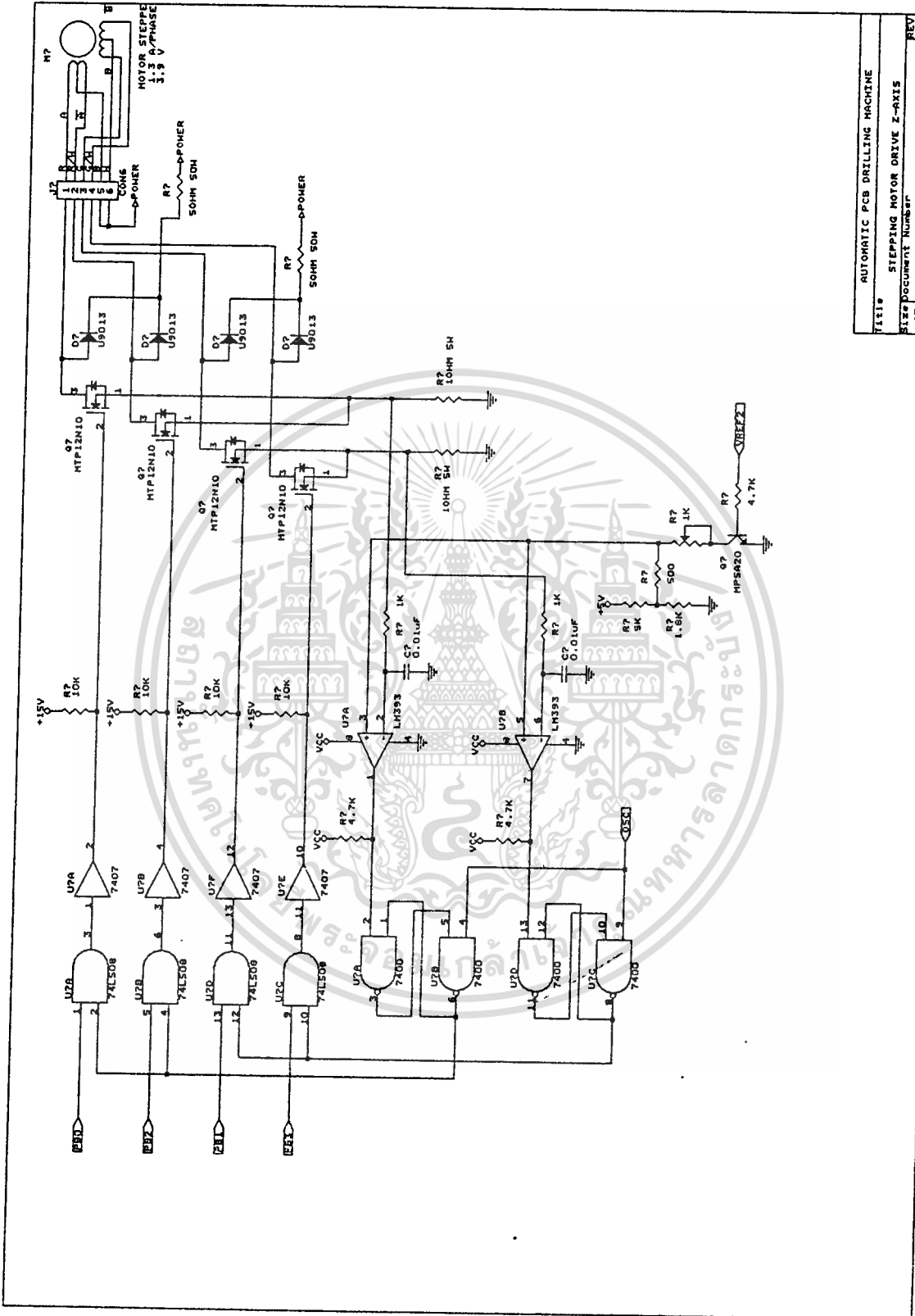
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TITLE	AUTOMATIC PCB DRILLING MACHINE
SIZE	STEPPING MOTOR DRIVE Y-AXIS
REV	1
DATE	MARCH 19, 1995
BY	KHITLOOG
OF	1

รูปที่ 3.5 แสดงรูปวงจรถับกระแสแกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



AUTOMATIC PCB DRILLING MACHINE	
FILE#	STEPPING MOTOR DRIVE Z-AXIS
SIZE	DOCUMENT NUMBER
REV	KNH1007
A3	1
DATE:	MARCH 19 1988 SHEET 7 OF 8

รูปที่ 3.6 แสดงรูปวงจรขับเคลื่อนแกน Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 การตรวจจับตำแหน่งของหัวเจาะแผ่นปรี้นท์อัตโนมัติ (Position Sensing)

#### 3.5.1 รายละเอียดของวงจรตรวจจับตำแหน่งของหัวเจาะ

วงจรมีประกอบด้วยตัวตรวจจับแบบแสง (OPTO Sensor) ซึ่งเป็นไอซีเบอร์ H21B1 จำนวน 6 ตัว และประกอบด้วยไอซีเบอร์ 74LS14 ซึ่งเป็นน็ทเกต (NOT Gate) เพื่อใช้ในการกลับสัญญาณ โดยให้ลักษณะปกติ (ไม่มีอะไรมาตัดผ่าน) สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะมีค่าลอจิกเป็น “1” เมื่อมีการตัดผ่านสัญญาณเอาต์พุตที่ได้มีค่าเป็น “0”

#### 3.5.2 การทำงานของวงจรตรวจจับตำแหน่งของหัวเจาะ

การตรวจจับตำแหน่งจะใช้ตัวตรวจจับชนิดใช้แสง (Opto Sensor) เป็นตัวตรวจจับ ซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 5 จุด คือแกน X และ แกน Y ที่จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของแกนทั้งสอง และแกน Z อีก 1 จุด ตัวตรวจจับชนิดใช้แสงในแกน X และ แกน Y ตัวที่ 1 จะใช้ในการตรวจสอบตำแหน่งเริ่มต้น ซึ่งจะใช้เป็นจุดอ้างอิงตำแหน่ง (0, 0) ทุกครั้งที่มีการตอบรับว่าเปลี่ยนดอกสว่านเรียบร้อยแล้วก็จะทำการเคลื่อนที่ไปยังจุดอ้างอิง (0, 0) นี้ก่อนแล้วจึงจะทำการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่กำหนดไว้

ตัวตรวจจับชนิดใช้แสงในแกน X และแกน Y ตัวที่ 2 จะใช้ในการตรวจสอบเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเคลื่อนที่ทางแกน X, Y เคลื่อนที่ออกไปนอกพื้นที่การใช้งาน เพื่อป้องกันมิให้เกิดความเสียหายขึ้นกับระบบจักรกลของเครื่องเจาะแผ่นปรี้นท์อัตโนมัติในระหว่างที่เครื่องกำลังทำงาน ตัวตรวจจับชนิดใช้แสงในแกน Z จะใช้ตรวจสอบการเคลื่อนที่ในแนวแกน Z

เมื่อใดก็ตามที่อุปกรณ์ตรวจจับตรวจได้ว่ามีวัตถุเคลื่อนที่เข้าไปตัดแสงก็เปลี่ยนสถานะทางไฟฟ้าของตัวเองทันที ซึ่งเครื่องควบคุมก็จะสามารถรับรู้ได้โดยการตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ตรวจจับทุกๆ รอบของการทำงาน หลังจากนั้นโปรแกรมจะสั่งให้เครื่องหยุดการเคลื่อนที่และกลับไปเริ่มต้นการทำงานใหม่ที่ ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายๆกับการรีเซตระบบให้กลับไปเริ่มต้นการทำงานใหม่ โดยที่ตัวโปรแกรมจะแทรกอยู่ในส่วนของโปรแกรมที่สั่งงานให้มอเตอร์ทำการเคลื่อนที่ โดยการตรวจสอบสถานะของตัวอุปกรณ์ตรวจจับและจะกระทำทุกครั้งที่มีการสั่งให้มอเตอร์เคลื่อนที่ไป 1 สเตปย่อย

## บทที่ 4

### รายละเอียดของซอฟต์แวร์ (SOFTWARE)

ส่วนของซอฟต์แวร์ในโครงการนี้จะแบ่งเป็นสองส่วนด้วยกันคือ

#### 4.1 ส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นปรีนที่อัตโนมัติ

แบ่งออกเป็น 4 ส่วน

- โปรแกรมการรับข้อมูลแบบอนุกรมจากเครื่องคอมพิวเตอร์
- โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์สเตปป์
- โปรแกรมการอ่านค่าและจัดการคีย์บอร์ด
- โปรแกรมตั้งค่าตัวแปรต่าง ๆ ในโปรแกรม

##### 4.1.1 โปรแกรมการส่งและรับข้อมูลแบบอนุกรมจากเครื่องคอมพิวเตอร์

โปรแกรมที่ทำการส่งข้อมูล จะทำงานในเครื่องคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่ส่งข้อมูล ซึ่งเป็นตำแหน่งการเจาะมายังเครื่องควบคุม ซึ่งจะมีโปรแกรมการรับข้อมูลแบบอนุกรมอยู่ โดยที่ในตัวโปรแกรม จะทำการเปิดไฟล์ข้อมูลชนิดตัวอักษรขึ้นมา และทำการส่งค่าไฟล์นี้ ให้ผ่านอุปกรณ์การรับส่งข้อมูลพอร์ทอนุกรม เช่น COM1 COM2 ซึ่งเป็นอุปกรณ์เสมือนที่โปรแกรมรู้จักหลังจากนั้น จึงทำการเขียนข้อมูลลงที่ไฟล์เสมือนนั้น เช่นเดียวกับการเขียนข้อมูลลงไฟล์ธรรมดาในในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำหน้าที่คอยรับค่าข้อมูลแบบอนุกรมที่ส่งมา ซึ่งตัวโปรแกรมจะทำการตั้งค่าพารามิเตอร์ให้แก่วิจิตเตอร์ SCCR1 SCCR2 ซึ่งเป็น รีจิสเตอร์ควบคุมการทำการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 โดยที่จะทำการตั้งค่าความยาวของข้อมูล เป็นแบบความยาว 8 บิตและตั้งค่าเปิดการส่งอนุกรม (TE = 1, RE = 1) หลังจากนั้นก็คอยตรวจสอบดูว่า ถ้าเต็มแล้วก็ให้ไปทำการอ่านข้อมูลมาเก็บ และทำการเพิ่มค่าตัวนับจำนวนไบต์ที่ส่ง (HTEMP+1) แล้วจึงตรวจสอบว่าไบต์ที่ส่งมานี้เป็นรหัสจบของข้อมูลหรือไม่ถ้าเป็นรหัสจบของข้อมูล โปรแกรมก็จะทำการยุติการรับข้อมูลและทำการแสดงจำนวนไบต์ที่ได้รับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ถ้าไม่ใช่รหัสจบข้อมูลก็จะทำการกลับไปเริ่มต้นการรับข้อมูลใหม่เช่นนี้ไปเรื่อย ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์สเตปปีง

โปรแกรมทำการควบคุมการเคลื่อนที่นี้จะทำหน้าที่หลัก ๆ คือคอยตรวจสอบข้อมูลที่เกี่ยวข้องอยู่ในหน่วยความจำซึ่งเก็บข้อมูลที่เป็นตำแหน่งในการเจาะอยู่ ว่าเป็นข้อมูลตำแหน่งในการเจาะซึ่งจะขึ้นต้นด้วยอักษร X ,Y หรือว่าเป็นข้อมูลในการบอกขนาดของดอกสว่าน หรือว่าเป็นรหัสบอกการสิ้นสุดของข้อมูล แล้วโปรแกรมก็จะทำการกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมย่อยตามที่บ่งโดยอักษรตัวแรกของข้อมูลต่อไป

##### 4.1.2.1 โปรแกรมเร่ง และหน่วงมอเตอร์ในขณะที่ทำการเริ่ม หรือหยุดหมุน

โดยปกติแล้วในการขนส่งค่าข้อมูล จากเครื่องไมโครคอนโทรลเลอร์ออกไปสั่งให้มอเตอร์หมุนนั้น ก็จะกำหนดช่วงการหน่วงเวลาไว้อยู่แล้ว ซึ่งเขียนโปรแกรมเป็นโปรแกรมย่อย ชื่อ DELAY XY ซึ่งการหน่วงเวลาจะกระทำทุก ๆ สเตปของการเคลื่อนที่ของมอเตอร์แต่ว่าการหน่วงเวลานี้จะมีค่าเท่า ๆ กันทุก ๆ สเตปในการเคลื่อนที่ การหน่วงเวลาในลักษณะนี้จะไม่สัมพันธ์กับความเฉื่อยในการเริ่มต้นหมุนของมอเตอร์ เนื่องจากในขณะที่มอเตอร์เริ่มทำการหมุนมอเตอร์ต้องใช้แรงบิดไปช่วยในการเริ่มหมุน เช่นเดียวกับในตอนที่ต้องการให้มอเตอร์หยุดหมุนก็ต้องใช้แรงบิดในการหยุดมอเตอร์ ซึ่งแรงบิดด้านในตอนเริ่มและหยุดหมุนเหล่านี้จะมีค่ามากกว่าแรงบิดด้านในขณะที่มอเตอร์ทำการหมุนได้ถึงความเร็วที่เสถียรแล้ว ซึ่งในบางครั้งจะทำให้แรงบิดของมอเตอร์มีค่าไม่พอที่จะ เร่ง หรือหน่วง ทำให้เกิดการหลุดสเตปซึ่งหมายถึงการผิดพลาดในระยะทางการเคลื่อนที่ การแก้ปัญหาเหล่านี้ทำได้โดยการให้ค่าการหน่วงเวลาของมอเตอร์มีค่าไม่คงที่ แต่มีค่าสัมพันธ์กับแรงบิดด้านของมอเตอร์

หลักการทำงานของการเร่ง และหน่วงเวลาก็คือ ในขณะที่มอเตอร์จะทำการออกตัว หรือ ทุกๆ ช่วงของการเริ่มเคลื่อนที่ของมอเตอร์ในแต่ละแกนนั้น จะกำหนดให้ค่าความหน่วงเวลามีค่ามาก เช่นสมมุติ ให้เป็น X1 ในสเตปแรก และหลังจากสเตปต่อ ๆ ไปก็ให้ค่าการหน่วงเวลามีค่าน้อยลงเรื่อย ๆ จนมีค่าคงที่ค่าหนึ่ง สมมุติให้เป็น X2 และในขณะที่มอเตอร์จะทำการหยุดนั้นก็ทำการเพิ่มค่าการหน่วงเวลาให้มีค่ามากขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีค่ามากที่สุด สมมุติให้เป็น X3

ระดับความละเอียดของจำนวนขั้นในการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าการหน่วงเวลานั้นขึ้นจะมีค่าเท่า ๆ กันทั้งในด้านของการเพิ่มความเร็วและการลดความเร็วเราสามารถกำหนดได้โดยดูความเหมาะสมจากจำนวนสเตปที่น้อยที่สุดในการเคลื่อนที่โดยที่ค่าขั้นของความละเอียดคูณสอง ต้องมีค่าไม่เกินจำนวนสเตปที่น้อยที่สุดที่จะทำการเคลื่อนที่

การหน่วงเวลานี้จะเป็นผลดี ต่อการหยุดและการออกตัวของมอเตอร์ เนื่องมาจากในขณะที่ทำการออกตัวนั้น ถ้าเราทำการจ่ายกระแสคงที่ให้กับมอเตอร์ในระยะเวลาที่นาน จะทำให้แรงบิดของตัวมอเตอร์มีโอกาเสาะชนะความเฉื่อยของแกนได้มากขึ้น เมื่อมอเตอร์เคลื่อนที่ได้บ้างแล้วจึงค่อย ๆ ทำการลดค่าความหน่วงเวลาออกไปอีก ในการหยุดของมอเตอร์ก็ใช้หลักการเช่นเดียวกัน คือทำให้จำนวนการเปลี่ยนแปลงของสเตปต่อเวลานั้นน้อยลงการหยุดของมอเตอร์ก็จะมีเสถียรภาพมากขึ้น

การทำโปรแกรมหน่วงเวลาแบบไม่คงที่นี้ จะเป็นผลดีทั้งในด้านแรงบิด และความเร็วของการเคลื่อนที่ เนื่องจากในช่วงสเตปกลาง ๆ ( X2 ) นั้นเราสามารถที่จะตั้งมีค่าความหน่วงเวลาน้อย ๆ ได้เนื่องจากเสถียรภาพในการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ดีขึ้น จากการหน่วงเวลาในช่วงแรก ๆ แล้ว การที่ค่าความหน่วงเวลาน้อย จะทำให้มอเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่สูง ได้ ( ถึงแม้จะมีค่าความหน่วงเวลาที่มากกว่าปกติในตอนต้น และตอนปลายของการเคลื่อนที่ แต่ว่าค่าความหน่วงเวลาโดยรวมก็จะมีค่าน้อยกว่า การให้เคลื่อนที่แบบค่าหน่วงเวลาคงที่ เนื่องจากโดยปกติแล้ว การใช้ค่าการหน่วงเวลา X2 ในการเคลื่อนที่จะมีมากกว่าการใช้ค่าความหน่วงเวลา X1 ,X3 เป็นจำนวนหลายเท่าตัว )

โดยปกติแล้วในการขนส่งค่าข้อมูล จากเครื่องไมโครคอนโทรลเลอร์ออกไปสั่งให้มอเตอร์หมุนนั้น ก็จะกำหนดช่วงการหน่วงเวลาไว้อยู่แล้ว ซึ่งเขียนโปรแกรมเป็นโปรแกรมย่อย ชื่อ DELAY XY ซึ่งการหน่วงเวลาจะกระทำทุก ๆ สเตปของการเคลื่อนที่ของมอเตอร์

หลักการทำงานของการหน่วงเวลาก็คือ ในขณะที่มอเตอร์จะทำการออกตัว หรือทุกๆ ช่วงของการเริ่มเคลื่อนที่ของมอเตอร์ในแต่ละแกนนั้น จะกำหนดให้ค่าความหน่วงเวลามีค่ามาก เช่น สมมุติ ให้เป็น X1 ในสเตปแรก และหลังจากสเตปต่อ ๆ ไปก็ให้ค่าการหน่วงเวลามีค่าน้อยลงเรื่อย ๆ จนมีค่าคงที่ค่าหนึ่ง สมมุติให้เป็น X2 และในขณะที่มอเตอร์จะทำการหยุดนั้นก็จะทำการเพิ่มค่าการหน่วงเวลาให้มีค่ามากขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีค่ามากที่สุด สมมุติให้เป็น X3

ระดับความละเอียดของจำนวนขั้นในการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าการหน่วงเวลานั้นขึ้นจะมีค่าเท่า ๆ กันทั้งในด้านของการเพิ่มความเร็วและการลดความเร็วเราสามารถกำหนดได้โดยดูความเหมาะสมจากจำนวนสเตปที่น้อยที่สุดในการเคลื่อนที่โดยที่ค่าขั้นของความละเอียดคูณสอง ต้องมีค่าไม่เกินจำนวนสเตปที่น้อยที่สุดที่จะทำการเคลื่อนที่

การหน่วงเวลานี้จะเป็นผลดี ต่อการหยุดและการออกตัวของมอเตอร์ เนื่องมาจากในขณะที่ทำการออกตัวนั้น ถ้าเราทำการจ่ายกระแสคงที่ให้กับมอเตอร์ในระยะเวลาที่นาน จะทำให้แรงบิดของตัวมอเตอร์มีโอกาเสาะชนะความเฉื่อยของแกนได้มากขึ้น เมื่อมอเตอร์เคลื่อนที่ได้บ้างแล้วจึงค่อย ๆ ทำการลดค่าความหน่วงเวลาออกไปอีก ในการหยุดของมอเตอร์ก็ใช้หลักการเช่นเดียวกัน

คือทำให้จำนวนการเปลี่ยนแปลงของสเตปต่อเวลานั้นน้อยลงการหยุดของมอเตอร์ก็จะมีเสถียรภาพมากขึ้น

การทำโปรแกรมช่วงเวลาแบบไม่คงที่นี้ จะเป็นผลดีทั้งในด้านแรงบิด และความเร็วของการเคลื่อนที่ เนื่องจากในช่วงสเตปกลาง ๆ ( X2 ) นั้นเราสามารถที่จะตั้งมีค่าความหน่วงเวลาน้อย ๆ ได้เนื่องจากเสถียรภาพในการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ดีขึ้น จากการหน่วงเวลาในช่วงแรก ๆ แล้วการที่ค่าความหน่วงเวลาน้อย จะทำให้มอเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่สูง ได้ ( ถึงแม้จะมีค่าความหน่วงเวลาที่มากกว่าปกติในตอนต้น และตอนปลายของการเคลื่อนที่ แต่ว่าค่าความหน่วงเวลาโดยรวมก็จะมีค่าน้อยกว่า การให้เคลื่อนที่แบบค่าหน่วงเวลาคงที่ เนื่องจากโดยปกติแล้ว การใช้ค่าการหน่วงเวลา X2 ในการเคลื่อนที่จะมีมากกว่าการใช้ค่าความหน่วงเวลา X1 ,X3 เป็นจำนวนหลายเท่าตัว )

#### 4.1.3 โปรแกรมการอ่านค่าและจัดการคีย์บอร์ด

การอ่านค่าจากคีย์บอร์ดทำได้โดยใช้วงจรอ่านค่าจากคีย์บอร์ด เป็นวงจรสำเร็จรูปซึ่งจะทำหน้าที่ตรวจสอบคีย์ให้เรียบร้อย เพียงแต่ทำการอ่านข้อมูลมาเปรียบเทียบกับคีย์ใด โดยที่สัญญาณบอกการกดคีย์ จะทำการต่อโดยตรงกับขา IRQ ซึ่งเป็นขา INTERRUPT ของ 68HC11 ดังนั้น การกดคีย์ทุกครั้ง ก็จะทำให้เกิดการอินเตอร์รัพขึ้น ในโปรแกรมย่อย INTERRUPT SERVICE ROUTINE นั้นต้องทำการอ่านคีย์เข้ามาเปรียบเทียบกับคีย์อะไร และทำการกระโดดไปทำโปรแกรมย่อยใน INTERRUPT SERVICE ROUTINE นั้นอีกทีหนึ่ง

ในโปรแกรมส่วนแรก จะทำการเคลียร์ INTERRUPT FLIP-FLOP ด้วยการส่งแอดเดรสที่ทำการติดต่อออกไป และต่อไปจะเป็นการเปรียบเทียบกับคีย์ว่าเป็นคีย์ใด และสั่งการให้กระโดดไปทำคีย์นั้นในโปรแกรมจะประกอบด้วยโปรแกรมย่อย ดังต่อไปนี้

STOP	ทำหน้าที่ในการสั่งให้เครื่องทำการหยุดการเคลื่อนที่ และกลับไปทำการเตรียมพร้อมรับคำสั่ง
PAUSE	ใช้ในการสั่งให้เครื่องหยุดการทำงานชั่วคราวเมื่อกดครั้งแรก และจะทำงานต่อไปเมื่อกดปุ่มนี้อีกครั้งหนึ่ง
LOAD	จะทำหน้าที่ในการรับข้อมูลแบบอนุกรมซึ่งได้รับการอธิบายไปแล้วเมื่อตอนต้น

START	จะทำหน้าที่ในการสั่งให้โปรแกรมกระโดดไปยังโปรแกรมหลักในการทำงาน โดยที่เครื่องจะทำการเริ่มต้นทำการเจาะ
OFFSET X,Y	ทำหน้าที่ในการตั้งค่า OFFSET ในการเคลื่อนที่ แกนนอน และแกนตั้งเมื่อกดปุ่มนี้แล้วก็จะให้ทำการป้อนค่า OFFSET ตามที่หน้าจอแนะนำหลังจากป้อนเสร็จแล้วให้ทำการกดคีย์ ENTER
OFFSET Z	ทำหน้าที่ในการตั้งค่าระยะทางเคลื่อนที่ของมอเตอร์ควบคุมส่วนในแกนตั้งมอเตอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมส่วนให้เคลื่อนที่ขึ้นลง ซึ่งทำให้สามารถทำการเจาะแผ่นวงจรที่มีความหนาต่าง ๆ กันได้
ERROR	ทำการตั้งค่าความผิดพลาด ในการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ ทำการเจาะจะมีความผิดพลาด ของตำแหน่งในการ เคลื่อนที่อยู่เสมอ ทำให้ต้องทำการตั้งค่าความผิดพลาดขึ้นมาเพื่อทำการให้ตำแหน่งในการเคลื่อนที่เกิด ความถูกต้อง
NUMBER	เป็นโปรแกรมย่อยรับค่าในการกดตัวเลขเช่น 5842
ENTER	เป็นโปรแกรมที่ทำการจัดการกับคีย์ยืนยันการกด (ENTER) ทุกๆครั้งที่มีการป้อนค่าตัวเลขเสร็จสิ้นลงจะใช้คีย์นี้ในการบอกการสิ้นสุดการกด
BACKSPACE	เป็นคีย์ที่ทำให้สามารถกลับไปแก้ไขการกดตัวเลขที่ผิดพลาดได้ถ้ายังไม่กด ENTER
TOOL	ทำหน้าที่ในการเลือก TOOL TABLE ที่จะทำการแสดงค่าออกทางจอแสดงว่าจะให้เป็นแบบ USER, STANDARD หรือ DRILL
RECIEVE	เป็นโปรแกรมย่อยที่ใช้ในการตรวจสอบการรับข้อมูลที่ รีจิสเตอร์รับ ข้อมูลแบบอนุกรม SCDR โดยจะตรวจสอบว่ารีจิสเตอร์รับข้อมูลเต็มหรือยัง ถ้ายังไม่เต็มก็ให้กลับไปทำการตรวจสอบอีกจนกว่าจะเต็ม เมื่อเต็มแล้ว ก็จะทำการอ่านข้อมูล มาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ A
COUNT	เป็น โปรแกรมย่อย ที่ใช้ในการแปลงค่าจำนวนไบท์ จากรหัสไบนารี เป็นรหัสแอสกีเพื่อทำการส่งออกไปทางจอแสดงผล

#### 4.1.4 โปรแกรมตั้งค่าตัวแปรต่าง ๆ ในโปรแกรม

เนื่องจากในได้มีการปรับปรุงการควบคุมเครื่องเจาะจากการตั้งค่าต่าง ๆ เช่น ค่าออฟเซต ค่าความผิดพลาดในการเคลื่อนที่ ซึ่งแต่เดิมไม่สามารถทำการตั้งค่าได้ หรือต้องทำการตั้งค่าในตัวโปรแกรมที่ใช้ควบคุม ซึ่งจะเป็นการยุ่งยาก เนื่องจากต้องนำโปรแกรมออกมาแก้ไข และต้องทำการแปล (COMPILE) โปรแกรม ในการควบคุมแบบใหม่นี้เปิดโอกาสให้มีการตั้งค่าต่าง ๆ ในการควบคุมได้ที่ตัวเครื่องเจาะโดยตรงถึงแม้ว่าจะตัดการเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลแล้วก็ตาม ทั้งยังเปิดโอกาสให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าออฟเซตซึ่งแต่เดิมจะเปลี่ยนแปลงได้ก็ต่อเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงเพิ่มข้อมูลที่เป็นตำแหน่งในการเจาะ ซึ่งจะทำให้เฉพาะในเครื่องพีซี เท่านั้น โปรแกรมย่อยที่กล่าวมามีดังนี้

4.1.4.1 โปรแกรมตั้งค่าความผิดพลาด

4.1.4.2 โปรแกรมตั้งค่าความลึกในการเจาะของส่วนเจาะ

4.1.4.3 โปรแกรมตั้งค่าออฟเซต

โปรแกรมส่วนที่ใช้ในการตั้งค่านีจะมีลักษณะ โปรแกรมที่คล้าย ๆ กัน เนื่องจากต้องทำการรับค่าป้อนเข้าเป็นตัวเลขจากคีย์บอร์ดเหมือนกัน โปรแกรมในแต่ละส่วนจึงต้องใช้โปรแกรมย่อย NUMBER เหมือน ๆ กัน หลักการทำงานคือ โปรแกรมจะทำการคอยรับค่าป้อนเข้าที่สมบูรณ์จากโปรแกรมย่อย NUMBER เช่น เมื่อเราป้อนค่า 2 5 6 โปรแกรมย่อย NUMBER จะทำการแปลงค่าตัวเลขโดด 2 5 6 เป็นค่าเลขฐานสองซึ่งมีค่าในฐานสิบเท่ากับ สองร้อยห้าสิบหกแล้ว โปรแกรมก็จะนำค่านั้นไปตั้งค่าให้กับตัวแปรต่าง ๆ เช่น ถ้าเป็นการตั้งค่าความผิดพลาดก็จะทำการตั้งค่าให้กับตัวแปรชื่อ ERRORX , ERRORY และหลังจากนั้นโปรแกรมย่อยก็จะสิ้นสุดการทำงานลง โดยทำการตั้งค่าของตัวแปรดังที่กล่าวมาแล้วทั้งไว้ เพื่อให้โปรแกรมหลัก นำค่าตัวแปรเหล่านี้ไปใช้งาน

#### 4.2 โปรแกรมส่วนที่จัดการกับข้อมูลของรูเจาะ (Sorting Data Software)

กลุ่มโครงการได้มีการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่จะใช้ในการจัดรูปแบบของข้อมูลที่ได้อาจมาจากโปรแกรม protel ให้มีรูปแบบเหมาะสมกับโปรแกรมจัดการทำงานในชุดควบคุม แต่เดิมนั้น ไม่ได้มีการจัดรูปแบบของซอฟต์แวร์ในเครื่องคอมพิวเตอร์ก่อนที่จะทำการส่งลงในชุดควบคุมแต่อย่างใด กล่าวคือ ค่าเอาท์พุทไฟล์ที่ได้จาก protel เป็นอย่างไรก็ส่งออกป้อนไปอย่างนั้นเลย ซึ่งค่าของตำแหน่งในการเจาะที่มีอยู่นั้นยังไม่เป็นระเบียบ กล่าวคือตำแหน่งในการเจาะจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นอยู่กับลำดับก่อนหลังในการออกแบบในโปรแกรม ซึ่งทำให้ตำแหน่งในการเจาะเหล่านั้นไม่ได้เรียงลำดับระยะทางจากตำแหน่งอ้างอิงจากน้อยไปหามาก เมื่อทำการส่งออกไปให้กับโปรแกรมจัดการในตัว ชุดควบคุมก็จะทำให้ลำดับในการเจาะไม่เป็นระเบียบ ทำให้เสียเวลาในการเจาะ และทำให้การทำงานทั้งหมดช้าลง เนื่องจากหัวเจาะต้องเคลื่อนที่กลับไปกลับมาหลายครั้ง เช่น เคลื่อนที่จากตำแหน่งที่ 0 ไปตำแหน่งที่ 10 แล้วจึงกลับมาตำแหน่งที่ 5 ถ้าเราทำการจัดเรียงข้อมูลตามลำดับน้อยไปหามากโดยวัดจากตำแหน่งอ้างอิง ( มักจะเป็นค่า 0,0 ) การเคลื่อนที่ของหัวเจาะก็จะเสียเวลาน้อยลง เนื่องจากไม่ต้องเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่ 10 กลับมาตำแหน่งที่ 5 อีก เพราะว่าเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่ 0 ไปตำแหน่งที่ 5 แล้วจึงเคลื่อนที่ไปตำแหน่งที่ 10

ในระบบแบบเดิมนั้นเราสามารถจัดการกับเพิ่มข้อมูลที่เป็นตารางเครื่องมือ (tool table) ได้ถึง 3 แบบ คือ standard , drill , user ซึ่งทั้งสามแบบนี้จะต่างกันที่การตั้งค่าขนาดของดอกสว่าน (มีหน่วยเป็น mil) เช่น ดอกสว่านเบอร์ 1 ของตารางเครื่องมือแบบ drill จะมีขนาดไม่เท่ากับดอกสว่านเบอร์ 1 ของตารางเครื่องมือแบบ standard ส่วนในกรณีของตารางเครื่องมือแบบ user นั้นจะเป็นกรณีพิเศษซึ่งสามารถทำการกำหนดได้เอง ในการทำงานจริงนั้นจะต้องเลือกตารางการเจาะเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น ในกรณีของ drill , standard ไม่ต้องทำการ โหลด ตารางการเจาะจากเครื่องคอมพิวเตอร์ลงมายังชุดควบคุม เนื่องจากในตัวชุดควบคุมเองนั้น มีตารางการเทียบค่าของการเจาะทั้งสองแบบอยู่เรียบร้อยแล้ว แต่ในการทำงานที่เลือกตารางการเจาะแบบ user นั้นต้องทำการ โหลด ข้อมูลที่เป็นตารางการเจาะ จากเครื่องคอมพิวเตอร์ จะทำให้เกิดการเรียก

โปรแกรมสองครั้ง คือครั้งแรกจะเป็นการ โหลดข้อมูล และต่อไปจะเป็นการ โหลดตารางเครื่องมือ

เพื่อกำจัดให้เกิดการเรียกให้น้อยครั้ง และให้กินเนื้อที่ในหน่วยความจำน้อยที่สุดก็ได้มีการประยุกต์ให้ทำการ เรียกเพียงครั้งเดียว โดยที่ในเพิ่มข้อมูลที่เป็นตำแหน่งในการเจาะ จะมีข้อมูลของตารางการเจาะที่เป็นตารางเครื่องมือแบบ user อยู่ด้วยในเพิ่มข้อมูลเพียงเพิ่มเดียว การจัดการเช่นนี้จะทำให้เกิดความสะดวกในการทำงานในชุดควบคุมมากขึ้น และทำให้กินเนื้อที่ในหน่วยความจำน้อยลงอีกด้วย

#### 4.2.1 รายละเอียดการทำงานของตัวโปรแกรม

ตัวโปรแกรมเองเขียนโดยใช้ภาษาปาสคาล ทำการจัดการกับฐานข้อมูลโดยใช้พอยน์เตอร์ (pointer) แบบตัวชี้เดี่ยว (single linklist) ภายในตัวโปรแกรมจะแบ่งเป็นโพรซีเจอร์ (procedure) ย่อย ๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1. procedure getfile

ทำหน้าที่ในการจัดการรับชื่อของแฟ้มข้อมูลที่จะทำการเรียกมายังชุดควบคุม โดยจะทำการถามชื่อแฟ้มข้อมูลที่เป็นตำแหน่งในการเจาะ และแฟ้มข้อมูลที่เป็นตารางของการเจาะ เพื่อที่จะทำการจัดการเปิดไฟล์ที่จะทำการอ่านทั้งสองไฟล์นี้ และทำการเปิดไฟล์ที่จะทำการเขียนเป็นตัวสำรอง (backup file) เพื่อที่จะได้ไม่ต้องเรียกใช้โปรแกรมอีก

### 2. procedure readfile

ทำการอ่านข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลที่ตำแหน่งการเจาะกำหนดโดยโพลซิเจอร์ getfile เข้าไปไว้ในพอยท์เตอร์ หลังจากนั้นก็จะทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่อ่านเข้ามาเพื่อที่จะได้ส่งผ่านข้อมูลไปยังโพลซิเจอร์ที่ทำการแปลงรูปแบบข้อมูลเหล่านั้นได้ถูกต้อง

### 3. proceduer scrdat

เป็นโพลซิเจอร์ที่เป็นกิ่งสาขา (branch) มาจากโพลซิเจอร์ readfile เพื่อที่จะทำการแปลงค่าข้อมูลเมื่อข้อมูลนั้นเป็นข้อมูลที่บอกขนาดของดอกสว่าน โดยที่จะให้ค่าตำแหน่งการเจาะเป็น 0

### 4. procedure xydat

เป็นโพลซิเจอร์ที่เป็นกิ่งสาขา (branch) มาจากโพลซิเจอร์ readfile เพื่อที่จะทำการแปลงข้อมูลของตำแหน่งการเจาะ โดยที่จะทำการเติมศูนย์หลังตำแหน่งที่ยังไม่ครบห้าหลักและทำการเติมค่าตำแหน่งที่หายไปเนื่องจากตำแหน่งซ้ำกับค่าก่อนหน้านั้น

### 5. procedure count

เป็นหนึ่งในโพลซิเจอร์ร่วมทำหน้าที่ในการจัดเรียงข้อมูล โดยจะทำหน้าที่ในการนับตำแหน่งที่ซ้ำกันในแนวแกน x,y ว่าในแนวแกนไหนมีการซ้ำกันของตำแหน่งมากกว่า ถ้าตำแหน่งในแนวแกนไหนซ้ำมากก็จะให้ดำเนินการจัดเรียงข้อมูลตามลำดับของตำแหน่งในอีกแกนหนึ่งแทน ( ถ้า x ซ้ำมากก็ให้จัดเรียงตามตำแหน่งของแกน y แทน )

### 6. procedure findleast and procedure newlink

ทำหน้าที่ร่วมกันในการจัดเรียงข้อมูลโดยจะรับคำสั่งจากโพลซิเจอร์ count ว่าจะทำการจัดเรียงข้อมูลตามตำแหน่งในแกนใดโดยที่โพลซิเจอร์ findleast จะทำการหาค่าตำแหน่งที่น้อยที่สุดในชุดข้อมูลที่ใช้เบอร์ดอกสว่าน เดียวกันให้กับโพลซิเจอร์ newlink ทำการจัดชุดของข้อมูลให้

ใหม่ และจะทำการลบลิงค์ลิส (linklist) ของข้อมูลชุดเก่าไปด้วยในแต่ละครั้งจนจบทั้งหมดของข้อมูล ก็จะได้ลิงค์ลิสใหม่ที่มีการจัดเรียงข้อมูลจากมากไปหาน้อย

## 7. procedure gettoolfile

ทำหน้าที่ในการรวมแฟ้มข้อมูลที่เป็นตารางการเจาะ เข้ากับแฟ้มข้อมูลตำแหน่งที่ทำการเจาะเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมในส่วนนี้เองที่ทำให้ประหยัดเวลาในการโหลด เนื่องจากไม่มีความจำเป็นที่จะต้องโหลดตารางเครื่องมือเข้ามาด้วยทำให้ประหยัดเวลาในการ โหลด และยังทำให้ประหยัดหน่วยความจำอีกด้วย

ที่บรรทัดคำสั่ง (COMMAND LINE) ของโปรแกรมจัดการนี้จะมีการให้ทำการป้อนค่าไฟล์ต้นทางที่เป็นไฟล์ตำแหน่งการเจาะของโปรแกรมโพลเทล และจะให้ทำการป้อนชื่อไฟล์ปลายทางที่เป็นไฟล์ที่ทำการจัดเรียงตำแหน่งและรวมรวมไฟล์ที่เป็นตารางเครื่องมือ (TOOL TABLE) ไว้แล้ว

ลักษณะการทำงานของบรรทัดคำสั่งเป็นดังนี้

1. ทำการป้อนชื่อไฟล์ตำแหน่งการเจาะซึ่งได้จาก PROTEL
2. ทำการป้อนชื่อไฟล์ปลายทาง
3. เครื่องจะถามว่า จะโหลดไฟล์ที่เป็นตารางเครื่องมือ รวมเข้าในไฟล์ตำแหน่งหรือ  
ไม่ถ้าตอบรับ เครื่องก็จะทำการรวม ไฟล์ที่เป็นตารางเครื่องมือให้ด้วย
4. โปรแกรมถามว่า จะส่งข้อมูลออกไปยังชุดควบคุมหรือไม่ ถ้าตอบว่าไม่ โปรแกรมก็จะสิ้นสุดลง
5. ถ้าตอบรับโปรแกรมก็จะให้ทำการตั้งค่าตัวแปร (PARAMETER) ในการส่ง เช่น ขนาดความยาวของข้อมูล ,พาราดิบีท
6. หลังจากนั้นเครื่องก็จะทำการส่งข้อมูลออกทาง พอร์ตอนุกรม

### 4.2.2 ตัวอย่างการใช้โปรแกรม

ตัวอย่าง ข้อมูลที่เป็นตำแหน่งในการเจาะได้รับมาจาก โปรแกรม protel

TEST.TXT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M48  
 T01F00S00  
 T02F00S00  
 T03F00S00  
 %  
 T01  
 X0015Y0015  
 X00175Y03725  
 Y04125  
 X0015Y0745  
 X2548Y25  
 Y15248  
 X9845Y1524  
 Y151  
 T02  
 X09825Y07425  
 X090011Y1254  
 Y12547  
 X5862Y459  
 X42456  
 T03  
 X54587Y2154  
 M30



ตัวอย่าง ข้อมูลการเจาะที่เป็น Tool table รับมาจากโปรแกรม Protel

TEST.TOL

PROTEL TRAXPLOT Version 1.56

NcDrill Tool Loading Specification

PCB File : C:\PROTEL\AUTOTRAX\DEMO.PCB

Date : 17/03/1995

Time : 14:31:44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T01 30

T02 28

T03 25

ตัวอย่าง    เพิ่มข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมจัดการในพีซีโดยการจัดเรียงตาม แกน Y

TEST.OUT

T01 30

X00150Y00150

X00175Y03725

Y04125

X00150Y07450

X98450Y15140

Y15240

X25480Y15248

Y25080

T02 28

X09825Y07425

X09001Y12540

Y12547

X58620Y45900

X42456

T03 25

X54587Y2154



## บทที่ 5

### การสร้างเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติและวิธีการใช้งาน

#### 5.1 ขั้นตอนการดำเนินงานในการสร้างเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ

ขั้นตอนการดำเนินงานในการสร้างเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัตินี้ได้แบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ

- ส่วนวงจรต่างๆ ทั้งหมดหรือส่วนฮาร์ดแวร์
- ส่วนโปรแกรมต่างๆ ทั้งหมดหรือส่วนซอฟต์แวร์

##### 5.1.1. ส่วนฮาร์ดแวร์ของระบบควบคุมเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ

ส่วนฮาร์ดแวร์ทั้งหมดนี้ประกอบไปด้วย

###### ก) ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

ใช้ควบคุมการทำงานทั้งหมด ส่วนนี้ได้มีการเอาแผงไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งใช้หน่วยประมวลผล (Central Processing Unit) ของบริษัทโมโตโรล่าเบอร์ 68HC11 ซึ่งเป็นชิปตัวล่าสุดที่เป็นแบบซีมอสความเร็วสูง (high speed CMOS technology) ซึ่งทำงานได้รวดเร็วและมีการใช้พลังงานต่ำ ส่วนของไมโครคอนโทรลนี้ได้ใช้หน่วยความจำซึ่งมีทั้งแบบแรม และแบบอีพีรอม ซึ่งแบบแรมใช้ในการเก็บข้อมูลของรูที่จะทำการเจาะ ส่วนอีพีรอมใช้เก็บโปรแกรมที่ใช้ทำการควบคุมเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ

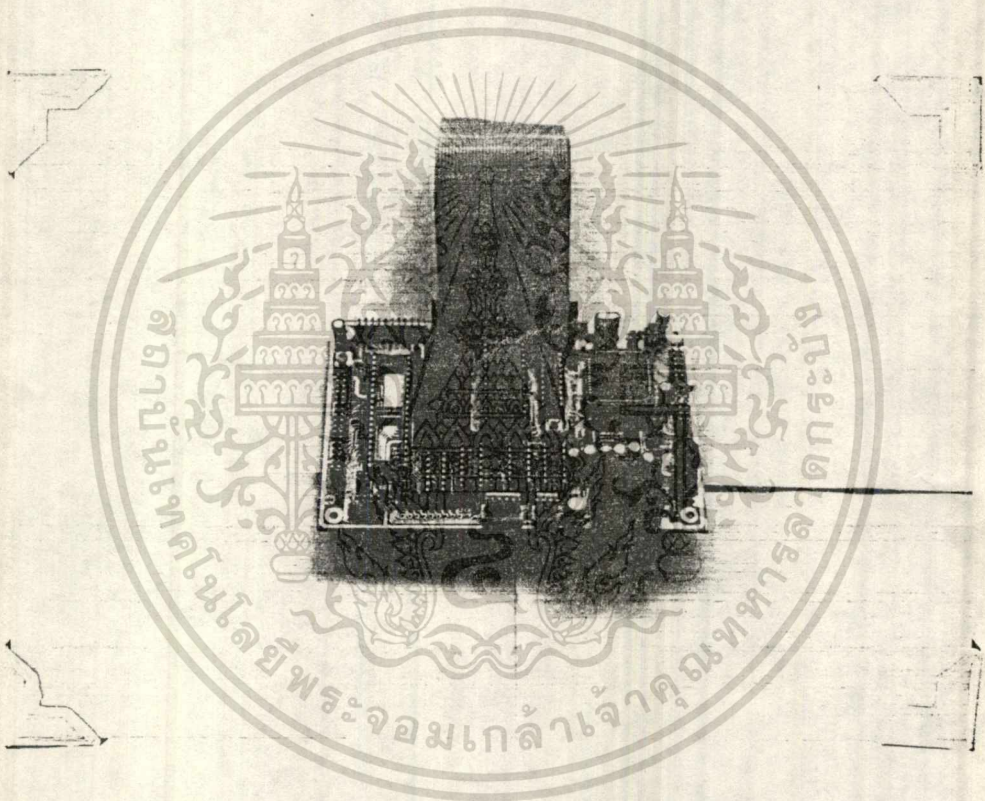
การทำงานในส่วนนี้ เราได้นำเอาแผงไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 ดังรูปที่ 5.1 มาทำการเชื่อมต่อเข้ากับส่วนต่างๆของวงจรอื่น โดยการต่อพอร์ตต่างๆดังนี้

- ทำการต่อพอร์ตอินพุตเข้ากับแผงวงจรถอดรหัสเพื่อใช้ในการรับข้อมูลจากคีย์บอร์ดที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่อง
- ทำการต่อพอร์ตอินพุตที่ใช้กับการสื่อสารแบบอนุกรม (RS-232 Port) ที่ใช้ในการรับข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ากับแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ทนี้จะใช้ในการรับข้อมูลที่เป็นรูเจาะที่ได้จากการแปลงไฟล์ข้อมูลของโปรแกรม Protei แล้วนำมาปรับแต่งข้อมูลด้วยโปรแกรมจัดเรียงข้อมูล (Sorting program) แล้วจึงทำการส่งให้กับแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

- ทำการต่อพอร์ทเอาต์พุตของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับแผงวงจรถอดรหัส เพื่อใช้การขับให้มอเตอร์หมุนไปในทิศทางและตำแหน่งที่ต้องการ
- ทำการต่อพอร์ทเอาต์พุตของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับแผงวงจรถอดรหัส เพื่อในการแสดงผล ซึ่งเราใช้เป็นแบบจอผลึกเหลว (Liquid Crystal Display)

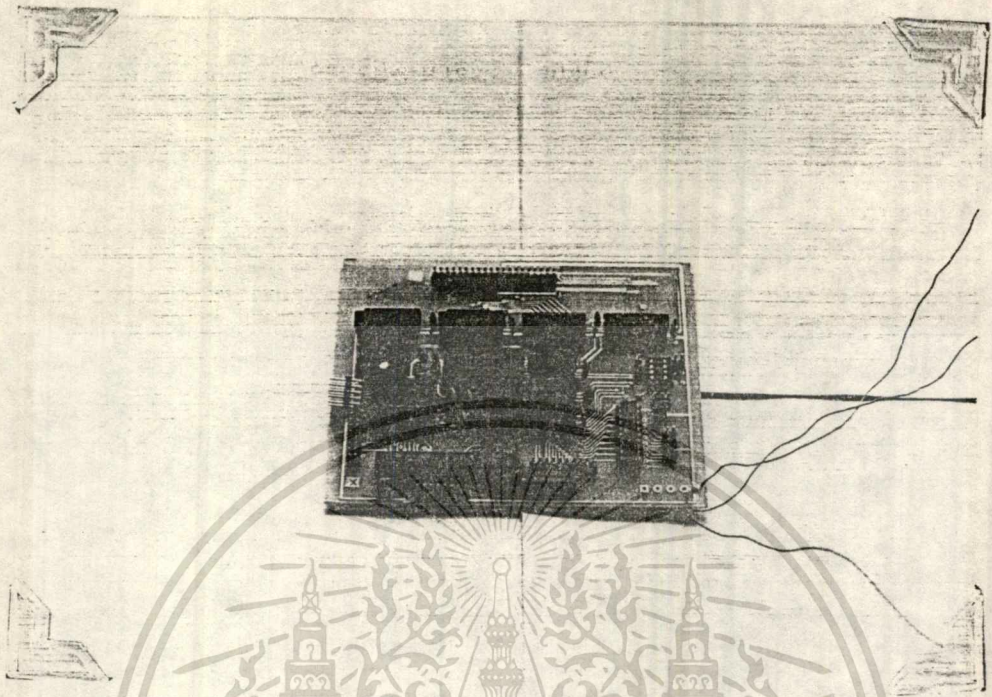


รูปที่ 5.1 รูปภาพแสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11

#### ข) ส่วนของวงจรถอดรหัส

ในส่วนนี้ประกอบไปด้วยไอซีเบอร์ 74LS245 เป็นบัฟเฟอร์ เบอร์ 74HC133 เป็น 낸ด์เกตแบบ 13 อินพุต เบอร์ 74LS154 เป็นตัวถอดรหัสให้กับแอดเดรส เบอร์ 74LS74 เป็น D Flip-Flop แบบ 1 ตัว เบอร์ 74LS273 เป็น D Flip-Flop แบบ 8 ตัว เบอร์ 74C923 เป็นตัวถอดรหัสที่ได้มาจากคีย์บอร์ด เบอร์ 74LS08 เป็น 낸ด์เกต และเบอร์ 74LS04 เป็น นีตเกต ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดมาประกอบกับตามวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



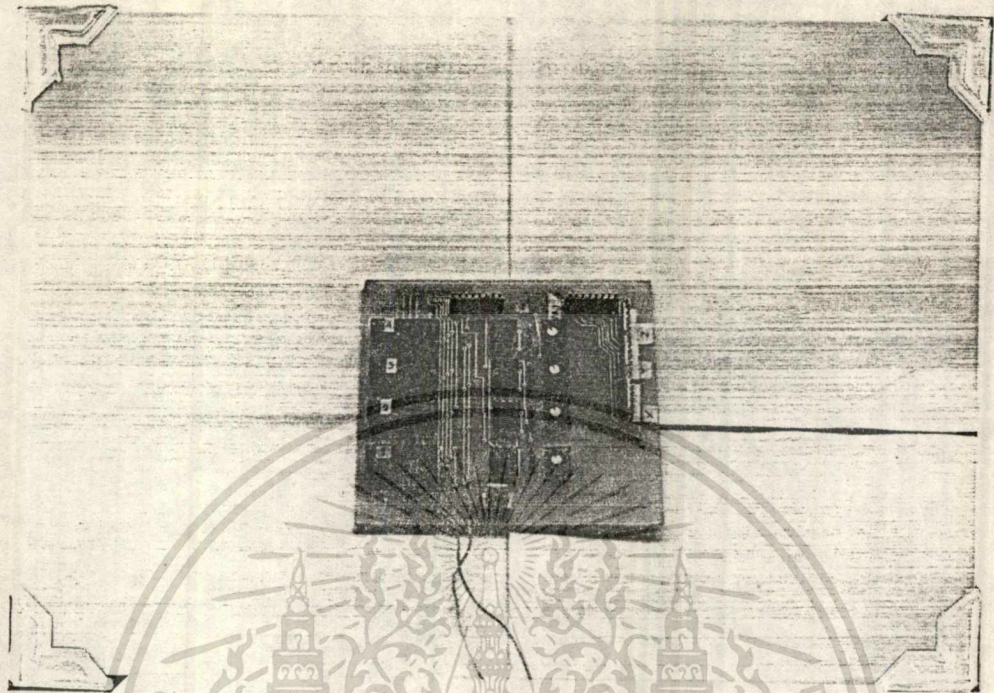
รูปที่ 5.2 แผงวงจรลอจิก

การทำงานในส่วนนี้เราได้ทำการสร้างวงจรขึ้นมาใหม่ดังแสดงในรูปที่ 5.2 โดยการใช้โปรแกรม PROTEL for WINDOW ออกแบบออกมาเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบเพลาทรูโฮล (Plate Through Hole) แผ่นวงจรนี้มีขนาด  $11 \times 14$  เซนติเมตร จากนั้นทำการประกอบตามวงจรแล้วก็ตรวจสอบความผิดพลาดจากนั้นก็ทำการแก้ไขให้ถูกต้องแล้วจึงนำไปทดลองการทำงาน

#### ค) ส่วนวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก

ในส่วนนี้ประกอบไปด้วยไอซีที่ใช้แปลงค่าข้อมูล เบอร์ DAC0832 จำนวน 4 ชุค เพราะว่าสัญญาณควบคุมเรามีทั้งหมด 4 ช่อง แบ่งเป็นสัญญาณควบคุมแกน X จำนวน 2 ช่องและเป็นสัญญาณควบคุมแกน Y จำนวน 2 ช่อง สัญญาณเอาต์พุตของ DAC0832 มาต่อเข้ากับวงจรขยายสัญญาณ 2 ชั้น และมีค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้เพื่อใช้ในการปรับเอาต์พุตให้ได้ตามค่าที่ต้องการ สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะไปต่อเข้ากับวงจรคอมพาราเตอร์ของวงจรขั้วมอเตอร์สเตปป์เพื่อใช้ในการควบคุมให้เป็นแบบไมโครสเตป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 แผงวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก

การทำงานในส่วนนี้ เราได้ทำการสร้างวงจรขึ้นมาใหม่ดังรูปที่ 5.3 โดยการใช้โปรแกรม PROTEL for WINDOW ออกแบบออกมาเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบเพลาทรูโฮล (Plate Through Hole) แผ่นวงจรนี้มีขนาด 10×12 เซนติเมตร จากนั้นทำการประกอบตามวงจรแล้วก็ตรวจสอบความผิดพลาดจากนั้นก็ทำการแก้ไขให้ถูกต้องแล้วจึงนำไปทดลองการทำงาน

#### ง) ส่วนของอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต

ส่วนนี้ประกอบด้วย คีย์บอร์ด และ จอผลึกเหลว (LCD) ขนาด 2 บรรทัดซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลของเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติซึ่งเราได้ทำการสร้างขึ้นมาเอง

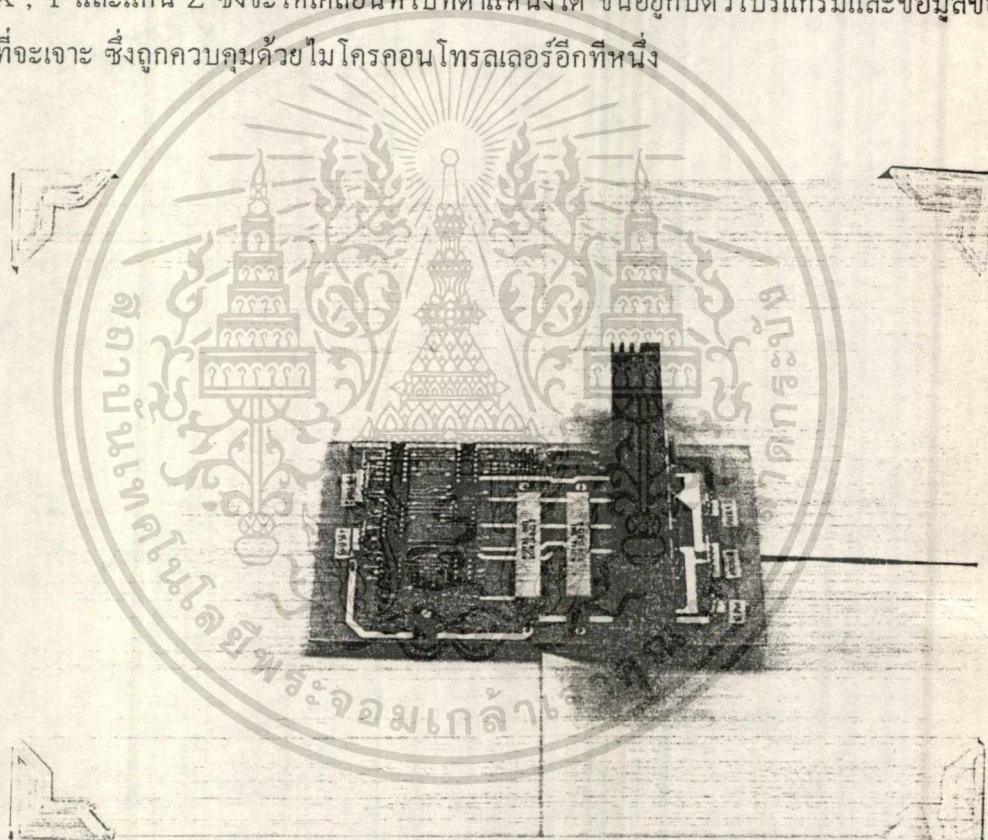
#### การทำงานในส่วนนี้

เราได้ทำการสร้างคีย์บอร์ดขึ้นมาใหม่ โดยมีขนาด 5×4 และเราได้ทำการเขียนโปรแกรมขึ้นมาใหม่เพื่อใช้รองรับส่วนนี้ด้วย ส่วนของวงจรแสดงผลแบบจอผลึกเหลว เราเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ทำการใช้วงจรแบบสำเร็จที่สามารถใช้เชื่อมต่อกับแผงไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เลย และในส่วนนี้เป็นส่วนที่เราได้ทำการเปลี่ยนแปลงใหม่ และเราได้ทำการเขียนโปรแกรมขึ้นมาใหม่เพื่อรองรับในส่วนนี้ด้วย

จ). ส่วนของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์สเตปป์

ซึ่งส่วนนี้เป็นส่วนที่เราใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์สเตปป์ ให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวแกน X , Y และแกน Z ซึ่งจะให้การเคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่งใด ขึ้นอยู่กับตัวโปรแกรมและข้อมูลของรูที่จะเจาะ ซึ่งถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์อีกทีหนึ่ง



รูปที่ 5.4 แผงวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์สเตปป์

การทำงานในส่วนนี้ เราได้ทำการศึกษาลักษณะของวงจรถายกระแสในลักษณะต่างๆ เพื่อให้สามารถใช้ได้กับเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัด โนมดิได้อย่างดีที่สุด โดยเราได้ทำการสร้างวงจรขึ้นมาเพื่อทำการทดลองดังรูปที่ 5.4 โดยวงจรนี้ใช้การขับเคลื่อนแบบสวิทซ์ซึ่งซึ่งมีความสามารถขับเคลื่อนได้สูงสุดตามพิกัดของมอเตอร์ ส่วนการควบคุมกระแสเราจะใช้มอเตอร์เฟด

กำลังจำนวน 4 คู่ในการเปิดปิดให้กระแสไหลผ่านขดลวดของมอเตอร์สเตปป์ โดยการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาติให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาเกทของมอเตอร์กำลัง จะและทริกโดยสัญญาณควบคุมที่มาจากวงจรตรรกหัส ลักษณะ การเคลื่อนที่เป็นแบบไมโครสเตป ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถนำมอเตอร์ สเตปปิ้งที่มีมุมสเตปน้อย มาใช้ให้มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น ทำให้เครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัด โนมิตมีความละเอียดมากยิ่งขึ้นและเกิดค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด

### 5.1.2. ส่วนซอฟต์แวร์ของระบบควบคุมเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัดโนมิต

โดยแบ่งส่วนของโปรแกรมเป็น 2 ส่วนคือ

#### ก) โปรแกรมส่วนที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์

ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ทำงานเกี่ยวกับการจัดการข้อมูลตำแหน่งที่จะทำการเจาะ โดยจะทำการเรียงข้อมูลและจัดการข้อมูลบางอย่างก่อนเพื่อให้ง่ายต่อการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัด โนมิตและประหยัดหน่วยความจำบนเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัด โนมิต โดยส่วนนี้ได้ใช้ภาษา ปาสคาล เขียนขึ้นดังที่จะเสนอรายละเอียดลงในส่วนของภาคผนวก ก

#### ข) โปรแกรมส่วนที่ทำงานบนเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัดโนมิต

โปรแกรมส่วนนี้จะถูกบันทึกอยู่ในการอีพ롬ทั้งหมด ซึ่งเป็นโปรแกรมที่จัดการเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัด โนมิตทั้งหมด โดยโปรแกรมจะทำการควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งถูกเขียนขึ้นด้วยภาษาแอสเซมบลี (Assembly) ให้ไปควบคุมสิ่งต่างๆ ซึ่งจะเสนอรายละเอียดในภาคผนวก ก

#### การทำงานในส่วนซอฟต์แวร์

เราได้ทำการเปลี่ยนแปลงโปรแกรมในบางส่วนจากครั้งที่แล้วดังนี้

- ทำการเปลี่ยน โปรแกรมการรับข้อมูลที่เป็นแบบขนาน ซึ่งเหมือนกับการรับส่งข้อมูลของเครื่องพิมพ์มาเป็นแบบอนุกรม ซึ่งเป็นแบบที่ประหยัดการใช้หน่วยความจำ
- ทำการเปลี่ยนโปรแกรมที่ใช้ในการเก็บข้อมูลแบบไดนามิกแรมมาเป็นแบบ สเตติกแรม ทำให้ข้อมูลสูญหายได้ยากขึ้น เกิดความเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำการเปลี่ยนโปรแกรมที่ใช้ในการรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด ซึ่งแต่เดิมมีจำนวน 5 ปุ่ม มาเป็นขนาด 5x4 ซึ่งสามารถทำให้สามารถสั่งการทำงานบนเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติได้มากยิ่งขึ้นทำให้เกิดการควบคุมที่สะดวกยิ่งขึ้น

## 5.2). ขั้นตอนการใช้งานเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ

ขั้นตอนการใช้งานเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ มีดังนี้คือ

- 1). ทำการเปิดเครื่องและกดปุ่ม "LOAD" สังเกตคำสั่งยืนยันได้ที่หน้าจอแสดงผล ทำการเรียกโปรแกรมในเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อเป็นการเริ่มต้นการส่ง
- 2). ถ้าการรับข้อมูลสำเร็จแล้วเครื่องจะแสดงข้อความ "READY" ที่จอแสดงผลและจะบอกจำนวนข้อมูลทั้งหมดที่ทำการส่งผ่านมาให้ทราบ
- 3). ในระหว่างนี้อาจจะทำการตั้งค่าต่างๆซึ่งอนุญาตให้ตั้งได้ที่เครื่อง ควบคุมมีดังนี้

3.1 ค่าความคลาดเคลื่อน (Error Parameter) ในการเคลื่อนที่ของหัวเจาะ มีค่าความผิดพลาดของหัวเจาะอยู่คั้งนั้น จึงต้องทำการตั้งค่าความคลาดเคลื่อนเพื่อที่จะทำการชดเชย

3.2 ค่าความสูงในการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ยูนิเวอร์แซล ในการเจาะ แผ่นที่มีความหนาต่าง ๆ กันไปจำเป็นต้องมีการตั้งค่าความลึกในการเจาะของสว่านในแกนตั้ง

3.3 การเลือกใช้ตารางเครื่องมือ (TOOL TABLE) ในการทำงานจะมีตารางให้เลือกในตัวเครื่องถึง 3 ตารางคือตารางที่เป็น USER, DRILL, STANDARD ซึ่งทั้งสามตารางจะบอกค่าขนาดของดอกสว่านต่าง ๆ กัน เช่นสว่านเบอร์ 1 ของแบบ STANDARD จะมีขนาดไม่เท่ากับสว่านเบอร์ 1 แบบ DRILL เป็นต้น

การตั้งค่าต่างๆ ทำได้โดยการกดที่ปุ่มตั้งค่านั้น หลังจากนั้นทำการป้อนค่าตัวเลขเมื่อป้อนค่าครบแล้วจึงกดปุ่ม ENTER ถ้าทำการป้อนค่าผิดพลาดให้ทำการกด BACKSPACE เพื่อกลับมาทำการแก้ไขแต่จะทำการแก้ไขได้เฉพาะก่อนกด ENTER แล้วเท่านั้น

- 4) เริ่มทำการเจาะโดยการกดคีย์ “START” แล้วเครื่องเจาะแผ่นปรี้นท์อัดโนมัตจะเริ่มทำการเจาะ
- 5) ในกรณีที่เครื่องเคลื่อนที่จนเลขขอบเขตการเจาะไปแล้ว จะทำให้อุปกรณ์ตรวจจับโดยแสงทำงาน เป็นผลให้โปรแกรมทำการหยุดการเคลื่อนที่ทั้งหมด และทำการเริ่มต้นโปรแกรมใหม่ที่จุดเริ่มต้นของโปรแกรมโดยจะทำการแสดงการรอรับคำสั่งที่หน้าจอแสดงผล

### 5.3 การใช้โปรแกรมออกแบบลายวงจร“PROTEL”และการสร้างไฟล์ข้อมูลของรูเจาะ

#### 5.3.1 การใช้โปรแกรม PROTEL

โปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งใช้ในการออกแบบวงจร มี 2 โปรแกรมหลักคือ “Protel Schematic” และ “Protel Autotrax” โปรแกรมแรกเป็นโปรแกรมออกแบบลายวงจร ผู้ใช้จะต้องออกแบบจัดวางอุปกรณ์ และลายวงจรด้วยตัวเองทั้งหมด หรือผู้ใช้อาจจะเขียนวงจรแบบคร่าวๆ แล้วเข้าสู่เมนู Netlist เพื่อสร้างเป็นไฟล์ใหม่ ซึ่งนำไปให้โปรแกรม “Protel Autotrax” ออกแบบและจัดวางอุปกรณ์ให้โดยอัตโนมัติ การสร้างไฟล์ “Netlist” ทำได้โดย การเรียกโปรแกรม POST.EXE ซึ่ง จะสร้างไฟล์ใหม่ให้ 4 ไฟล์ที่มีนามสกุลเป็น .NET .REP .WIR .BOM

ส่วนโปรแกรม Protel Autotrax เป็นโปรแกรมออกแบบลายวงจร ซึ่งผู้ใช้จะเป็นผู้ใส่ อุปกรณ์ที่ใช้ แล้วให้โปรแกรมจัดวางอุปกรณ์ในลักษณะที่เหมาะสม ลายวงจรผู้จะให้โปรแกรม ออกแบบให้อัตโนมัติ หรือจะออกแบบเองก็ได้ โดยกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเส้น โปรแกรมจะลากเส้นให้ในเส้นทางที่เหมาะสม ส่วนไฟล์ Netlist ที่เขียนจากโปรแกรมแรก จะนำมาให้ Protel Autotrax ออกแบบลายวงจรโดยใช้คำสั่งในเมนู Netlist โดยปกติโปรแกรมที่ได้รับการออกแบบและจัดเก็บเรียบร้อยแล้วปกติจะมีชื่อสกุลเป็น .PCB

โดยปกติไฟล์ที่ได้รับการจัดโดยโปรแกรม จะมีชื่อสกุลเป็น .PCB แต่เครื่องจะเข้าใจ เฉพาะไฟล์ซึ่งเป็นไฟล์ตัวอักษร (Text File) ก่อนที่จะส่งเข้าเครื่องเจาะ สำหรับผู้ใช้โปรแกรม โพรเทลสำหรับดอส สามารถทำได้โดยการเข้าสู่โปรแกรม Protel Autotrax (Trax plot) แล้วทำการ โหลดไฟล์ที่มีนามสกุล .PCB ที่ต้องการขึ้นมาจากนั้นเข้าสู่เมนู Set up และ NC Drill ตามลำดับ เซตค่าต่างๆ ให้เรียบร้อย แล้วกลับเข้าสู่เมนูหลัก เข้าสู่เมนูหลัก NC Drill ซึ่งจะสร้างไฟล์ เอาท์พุทให้ 2 ไฟล์ คือ ไฟล์ที่มีนามสกุล .DRL และ .TXT และสำหรับผู้ใช้โปรแกรม โพร

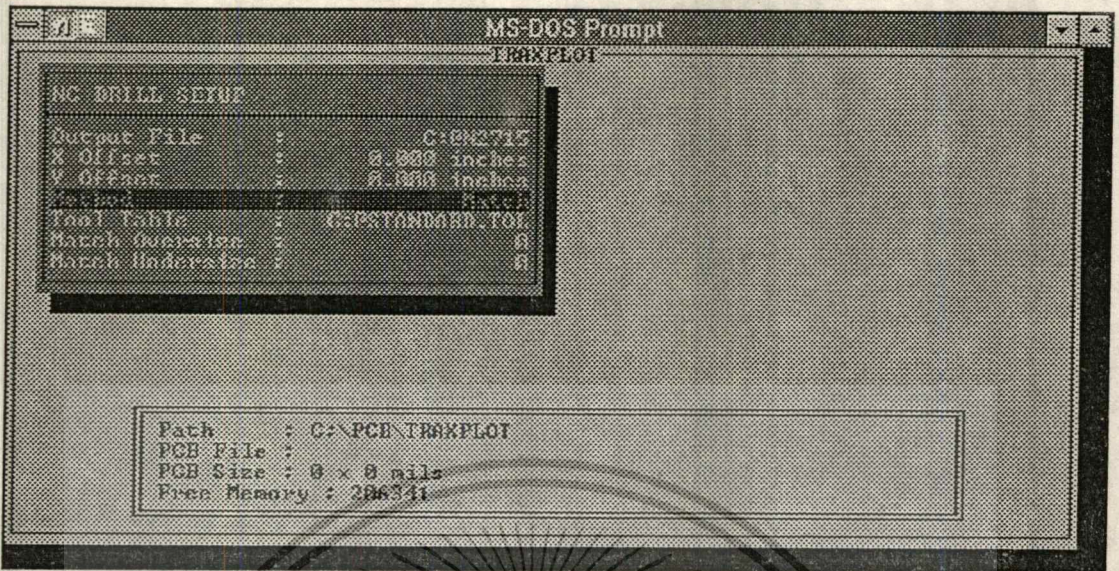
เทลสำหรับวินโดว์ สามารถจัดเก็บไฟล์ให้มีนามสกุล.TXT ได้โดยการเลือกลักษณะของสกุลในขณะทำการจัดเก็บข้อมูล ดังรูป 5.10 และ 5.11

ในกรณีที่ผู้ใช้เลือกวิธีการเจาะ (Drill Method) แบบผู้ใช้กำหนดเอง (generate) ซึ่งผู้ใช้จะกำหนดขนาดของดอกสว่านขึ้นเอง ซึ่งจะไม่ตรงกับไฟล์มาตรฐานที่เครื่องเจาะมีอยู่แล้วคือไฟล์ standard.tol และ drill.tol ของโปรแกรมโปรเทล

### 5.3.2 ) การสร้างไฟล์ข้อมูลของรูเจาะ

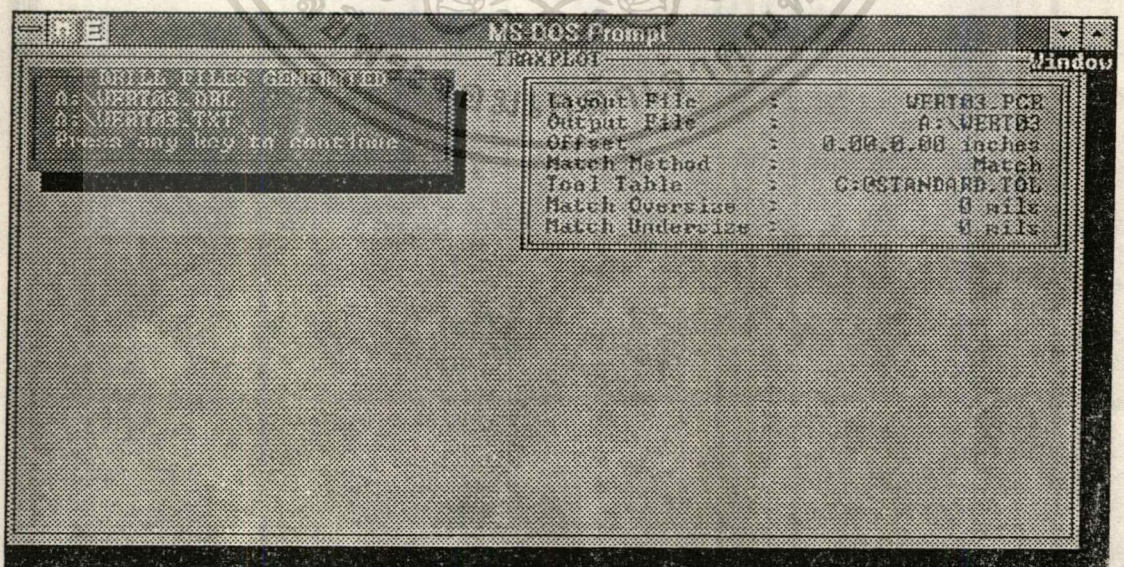
ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งาน โปรแกรม Protel ซึ่งเป็นโปรแกรมออกแบบลายวงจรที่ต้องการเจาะกับเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ นั้น จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนไฟล์นามสกุล .PCB ให้เป็นไฟล์ที่จะนำมาใช้กับเครื่อง ดังมีข้อความดังแสดงในรูปที่ 5.5 จากนั้นให้กดคีย์ใด ๆ จะเข้าสู่เมนูหลัก ดังแสดงในรูปที่ 5.6 ทำการโหลดไฟล์นามสกุล .PCB ที่ต้องการโดยเลือกที่เมนู FILE แล้วเลือก LOAD หลังจากโหลดไฟล์เข้ามาเรียบร้อยแล้วให้กลับเข้ามาสู่เมนูหลักโดยการกด ESC จากนั้นทำการ SET ค่าต่าง ๆ โดยการเลือกที่เมนู Setup แล้วเลือก Nc drill ดังแสดงในรูปที่ 5.7





รูปที่ 5.7 การเลือกเมนู Set Up Nc Drill

เมื่อทำการตั้งค่าในเมนู Setup Nc Drill เรียบร้อยแล้วให้กลับไปเข้าสู่เมนูหลักจากนั้นให้เลือกเมนู Nc Drill เพื่อทำการแปลงไฟล์นามสกุล .PCB ให้เป็นไฟล์ที่จะนำมาใช้กับเครื่องเจาะซึ่งไฟล์เอาต์พุตที่ได้จะมี 2 ไฟล์ คือไฟล์ที่มีนามสกุล .drl และ .txt ไฟล์ที่จะส่งเข้าเครื่องเจาะจะเป็นไฟล์นามสกุล .txt ซึ่งมีลักษณะเป็นไฟล์ตัวอักษร ดังรูปที่ 5.8

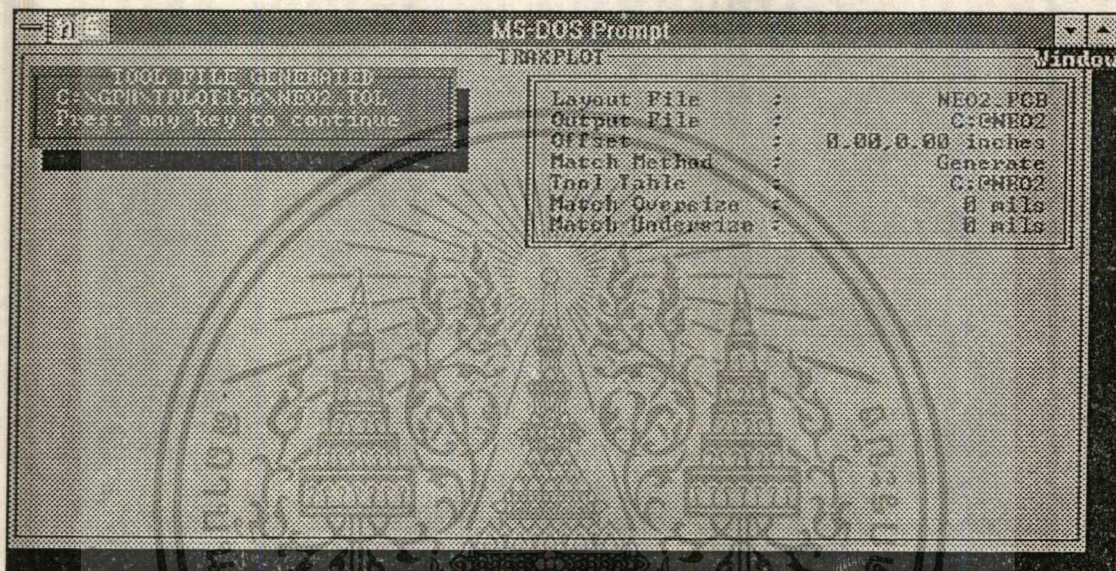


รูปที่ 5.8 เมนู Nc Drill เพื่อแปลงไฟล์ให้มีสกุลเป็น.TXT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนในกรณีที่เลือกวิธีการเจาะแบบผู้ใช้กำหนดเองจะให้เอาที่พูดเพิ่มขึ้นมาอีกหนึ่งไฟล์คือ ไฟล์นามสกุล .tol ซึ่งเป็นไฟล์ทูลเทเบิล (Tool Table) ดังแสดงในรูปที่ 5.8 และในกรณีที่เลือกวิธีการเจาะแบบแมทช์ (Match) นั้นจะเป็นไปตามรูปที่ 5.9 ในขณะที่โปรแกรมกำลังแปลงไฟล์อยู่นั้น ถ้าขนาดของดอกสว่าน และขนาดของรูที่จะทำการเจาะไม่เหมือนกัน ผู้ใช้สามารถเลือกรหัสดอกสว่าน (Drill Code) ที่มีค่าใกล้เคียงที่สุด



รูปที่ 5.9 การเข้าไฟล์ Tool Table (2)

ตัวอย่าง ตารางเครื่องมือ (Tool Table) ที่สร้างขึ้นใหม่

PROTEL TRAXPLOT VERSION 1.56

NCDRILL TOOL LOADING SPECIFICATION

PCB FILE\PROTEL\PCB\PCB001.PCB

DATE : 12/03/1991

TIME : 19:43:22

T01 60 mm

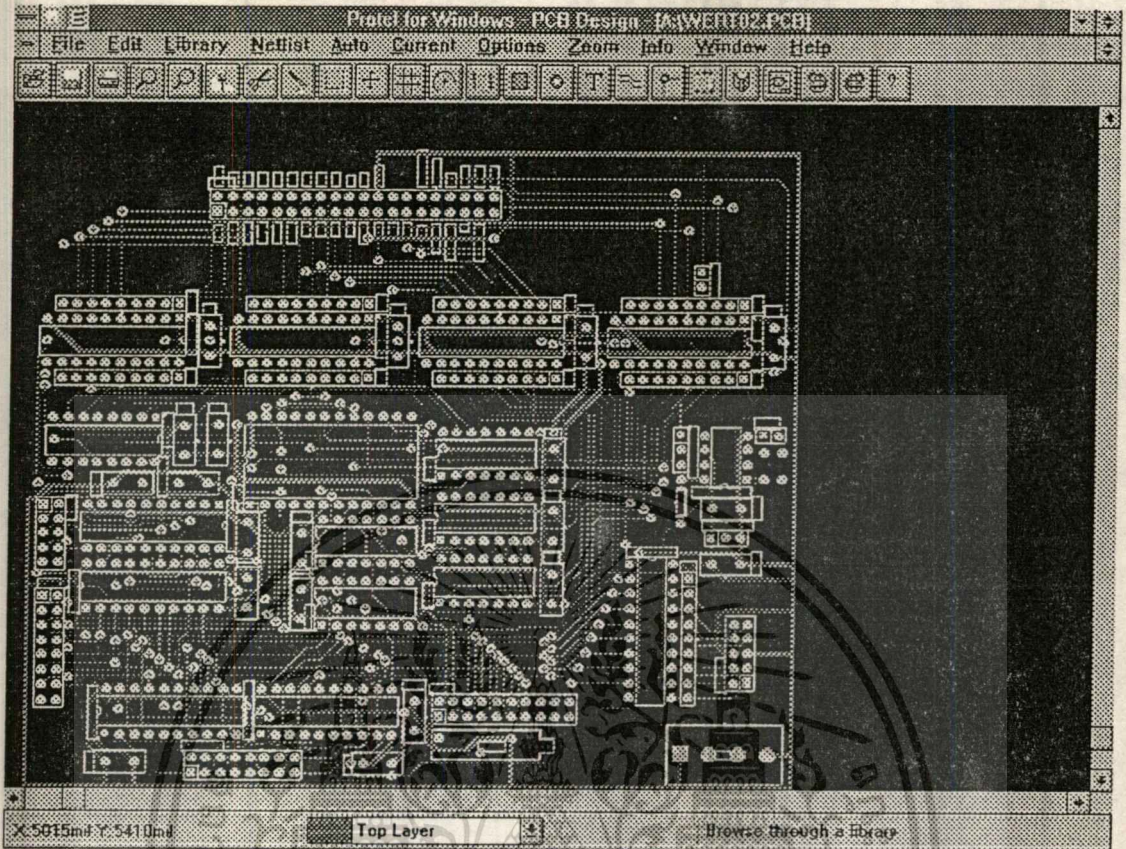
T02 28 mm

T03 35 mm

T04 30 mm

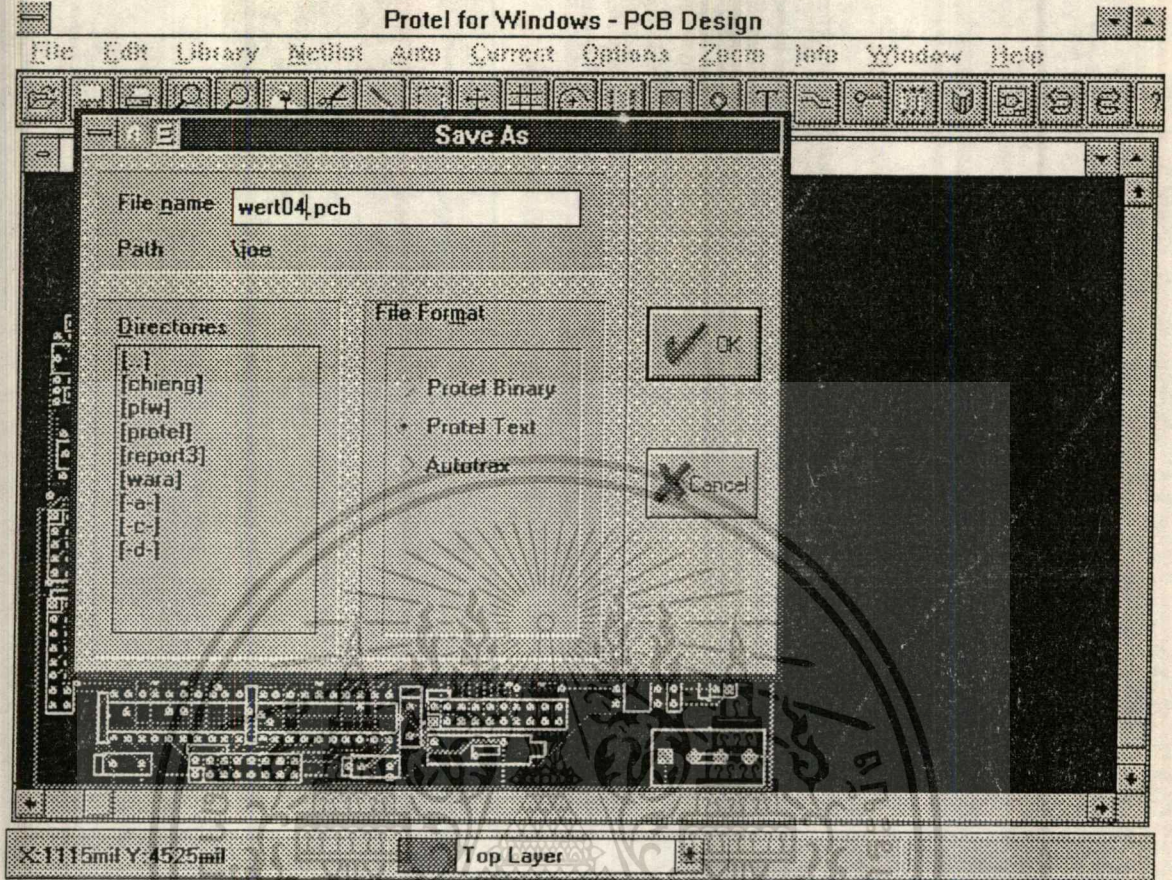
T05 40 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

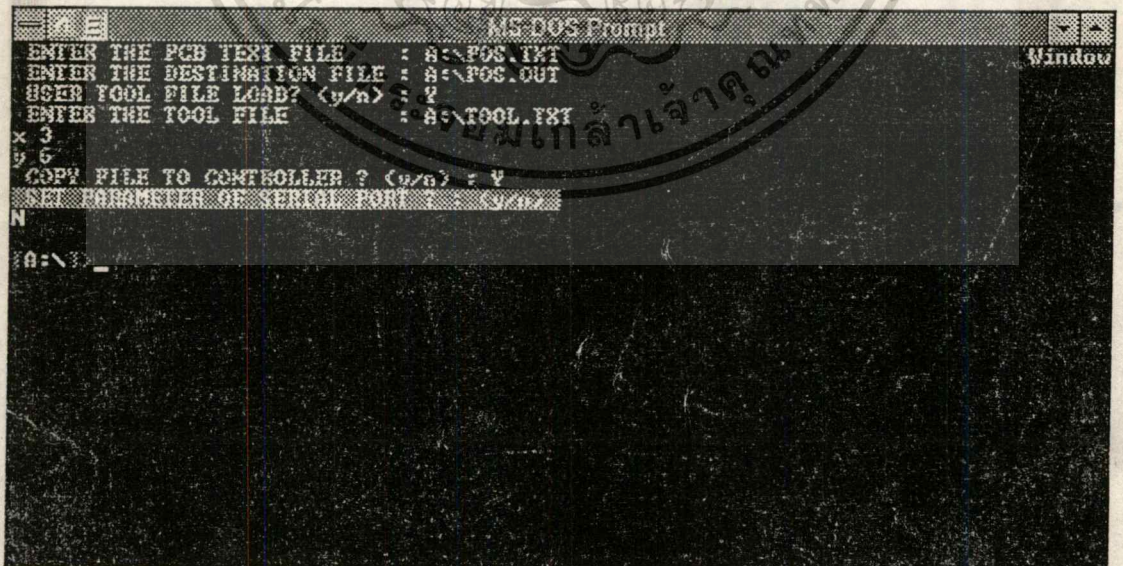


รูปที่ 5.10 โปรแกรมโปรเทลสำหรับวินโดวส์

ในการส่งข้อมูลต่างๆจากเครื่องคอมพิวเตอร์สู่เครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัตินั้นไม่สามารถใช้คำสั่งของโปรแกรมดอส (DOS) ได้ เนื่องจากโปรแกรมดอสไม่มีการส่งรหัสการสิ้นสุดข้อมูล (EOF , End of file ) เมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล ดังนั้นจึงต้องเขียนโปรแกรมเพื่อส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม (Serial Port) โดยใช้ภาษาปาสคาล (PASCAL Language) ซึ่งจะมีการส่งรหัสการสิ้นสุดข้อมูลเพื่อให้เครื่องเจาะรู้ว่าการส่งข้อมูลสิ้นสุดแล้ว โดยที่ในโปรแกรมนีจะทำหน้าที่ในการจัดเรียงข้อมูลตำแหน่งของการเจาะและทำการรวบรวมเอาไฟล์ที่เป็น "TOOL TABLE" ให้รวมกับไฟล์ที่เป็นตำแหน่งของการเจาะทำให้การโหลดไฟล์เพียงครั้งเดียวเนื่องจากไฟล์ได้รวมกันเป็นไฟล์เดียวแล้วใช้งานดังรูปที่ 5.12



รูป 5.11 การจัดเก็บข้อมูลในสกุล .TXT ในโปรเทลสำหรับวินโดว



รูปที่ 5.12 โปรแกรมที่ใช้จัดเรียงข้อมูลก่อนทำการส่งให้ชุดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

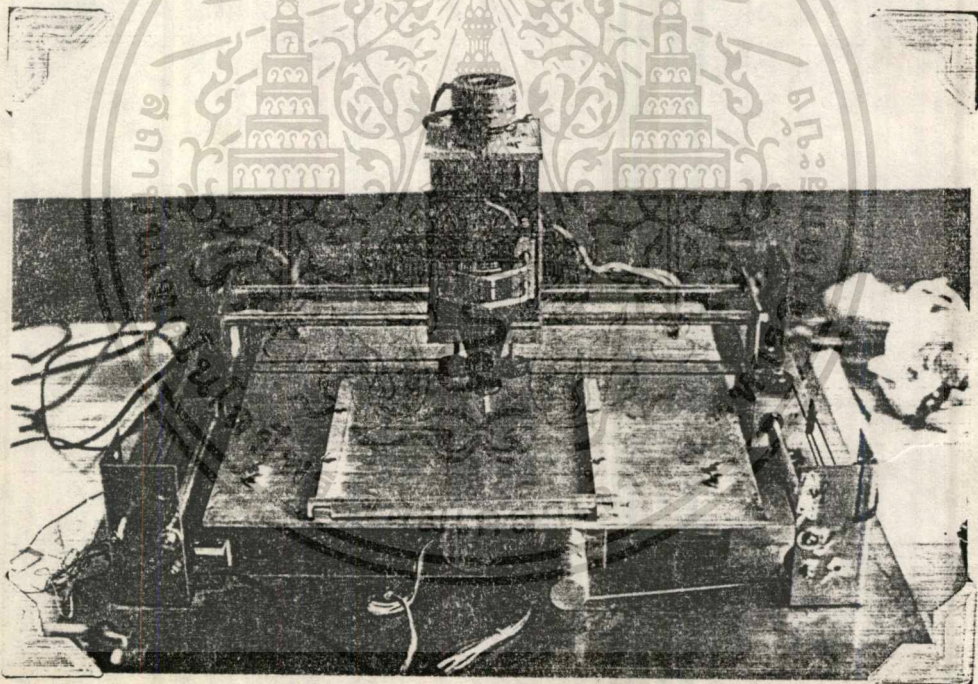
## บทที่ 6

### โครงสร้างทางกลของเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ

#### 6.1 ระบบการขับเคลื่อนของเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ

ระบบการขับเคลื่อนใช้มอเตอร์สเตปป์ 3 ตัว

- ขับเคลื่อนแกน X และแกน Y ใช้มอเตอร์ขนาดพิกัด 3.4 โวลท์ 2.9 แอมป์ต่อเฟส ความละเอียด 1.8 องศาต่อสเตป
- ขับเคลื่อนแกน Z ใช้มอเตอร์ขนาดพิกัด 3.9 โวลท์ 1.3 แอมป์ต่อเฟส

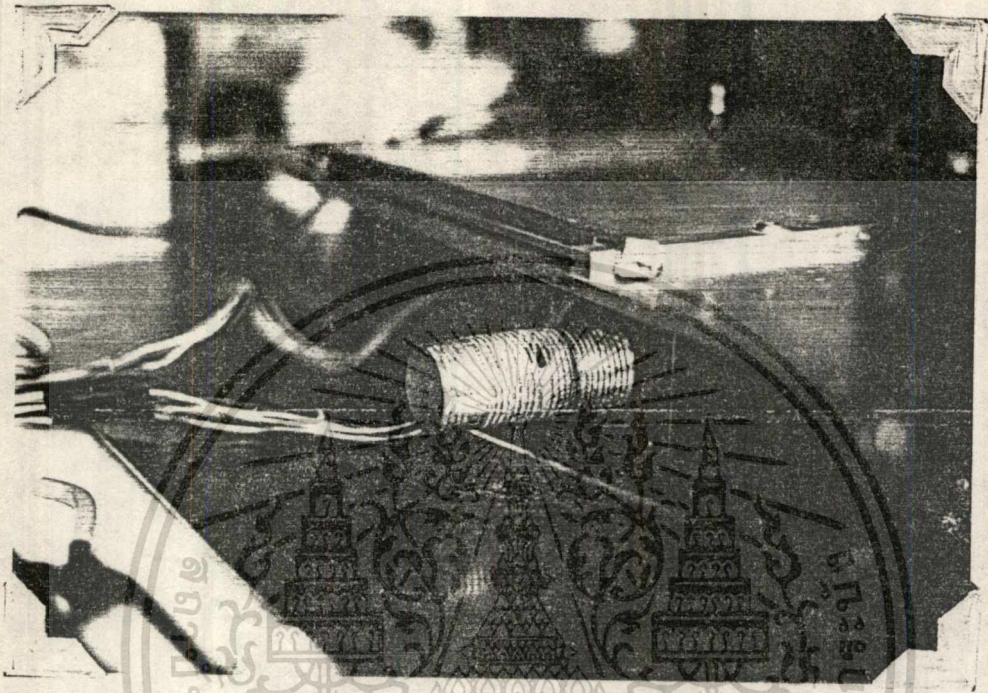


รูปที่ 6.1 ระบบขับเคลื่อนรวม 3 แกน

#### 6.2 ลักษณะการวางมอเตอร์สเตปป์

ซึ่งลักษณะการวางมอเตอร์สเตปป์จะพิเศษกว่าปกติคือมอเตอร์สเตปป์ที่ควบคุมแกน X และ Y จะอยู่ติดกัน แล้วใช้การถ่ายแรงโดยผ่านสลิงไปยังแกน X และ Y จะทำให้เป็นผลดีกับเอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการรักษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

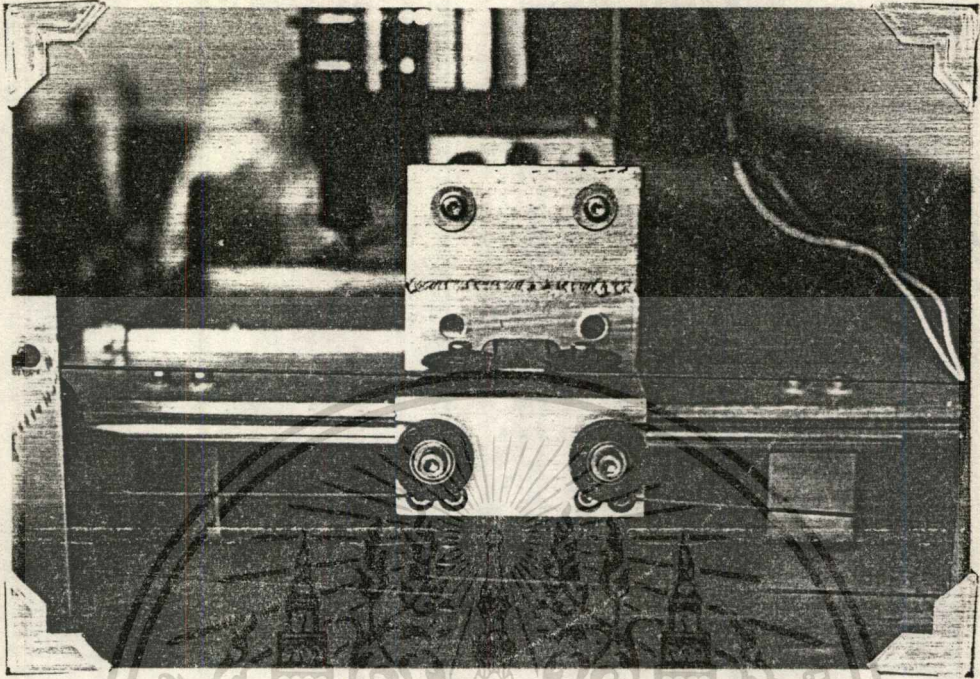
ระบบเครื่องจักรกล (Mechanic) ทำให้น้ำหนักบนแกน X และ Y น้อยกว่าแบบระบบอื่นๆ และผลที่ตามมาคือทำให้มอเตอร์สเตปป์ทำงานเบาขึ้นและกินกระแสน้อยลง



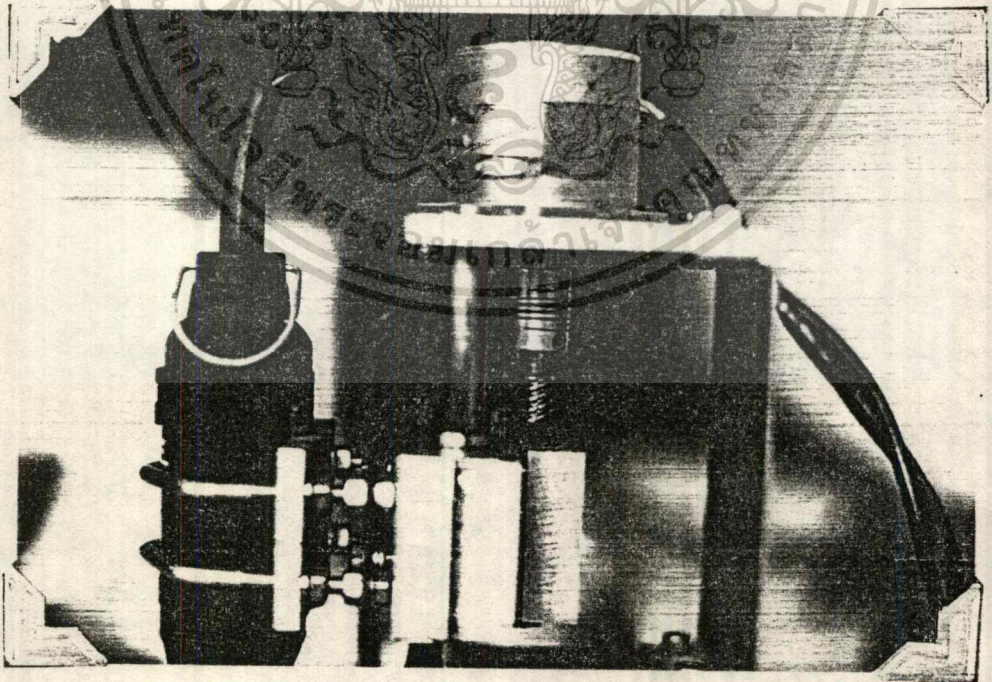
รูปที่ 6.2 มอเตอร์สเตปป์

### 6.3 การเคลื่อนที่ของแกน x,y

ซึ่งการเคลื่อนที่ของแกน x,y ทำได้โดยผ่านลูกปืนและเพลลาซึ่งเป็นตัวกลางทำให้การเคลื่อนที่เกิดขึ้นผลการส่งกำลังจากมอเตอร์สเตปป์วิธีนี้จะทำให้มีการคล่องตัวสูงในระบบขับเคลื่อน



รูปที่ 6.3 รอกส่งกำลัง



รูปที่ 6.4 ลูกปืนและเพลลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 6.4 การเคลื่อนที่ของแกน Z และ มอเตอร์ที่ใช้เจาะและการจับยึด

เนื่องจากสว่านที่ใช้ในการเจาะเดิมเป็นชนิด UNIVERSAL นั้นมีน้ำหนักมาก และไม่สามารถทำการเจาะที่ความเร็วสูง ๆ ได้ เนื่องจากเป็นมอเตอร์ที่นำมาจากจักรเย็บผ้า และเมื่อทำการจ่ายไฟให้หมุนที่ความเร็วเต็มก็จะเกิดการสั่นขึ้น ดังนั้นจึงได้ทำการเปลี่ยนทั้งตัวแท่นยึดจับ และตัวสว่านเพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพ และความเที่ยงตรงสูงขึ้น

ในส่วนของตัวสว่านใช้สว่านยี่ห้อ DREMEL ซึ่งมีน้ำหนักเบา และสามารถทำการเจาะที่ความเร็วสูง ๆ ได้ ( 10000 ถึง 50000 รอบต่อนาที ) ซึ่งมอเตอร์ที่ใช้เจาะเป็นมอเตอร์ที่มีความเร็วสูงจึงทำให้ปัญหาเรื่องการเจาะที่ความเร็วรอบไม่พอหมดไป

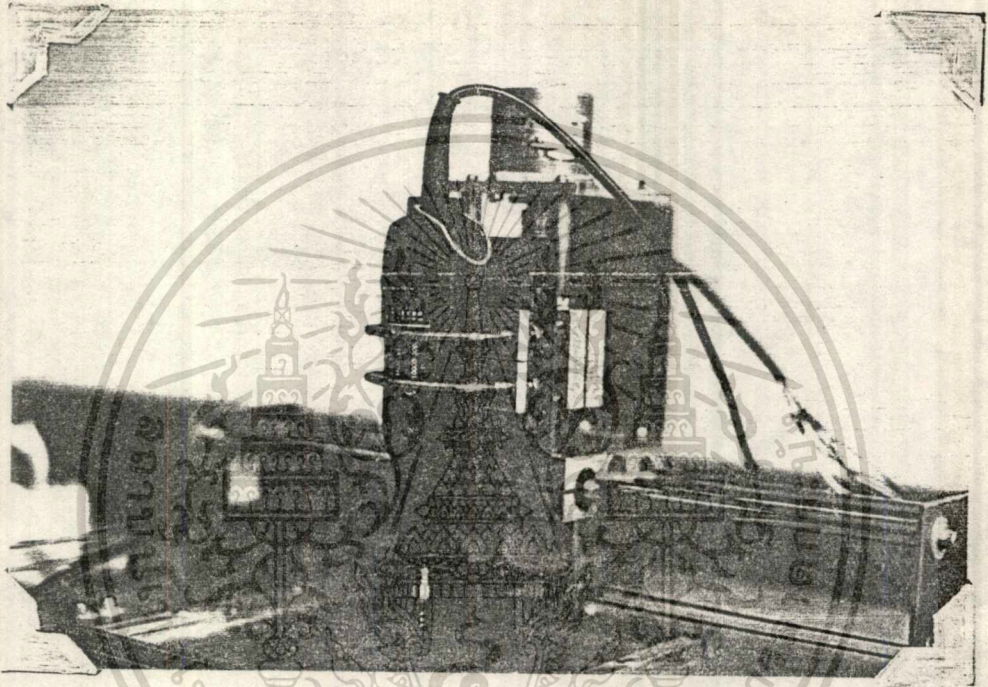
แต่เนื่องจากสว่านชนิดนี้ได้ถูกออกแบบมาให้เป็นส่วนมือ แต่ก็มิชุดสำเร็จที่ใช้ในการยึดจับสว่านวางจำหน่ายอยู่ด้วย แต่ปรากฏว่าชุดยึดจับสว่านที่จะสามารถใช้ได้กับเครื่องเจาะ ๆ นั้นไม่มีวางขายอยู่เลย ดังนั้นจึงต้องมีการทำที่ยึดจับสว่านขึ้นมาเองโดยที่ประกอบด้วยชิ้นส่วน 2 ส่วนดังนี้

- 2.1 เหล็กแผ่นที่ใช้ในการยึดขาถือสว่านเข้ากับตัวเครื่องเจาะ - ซึ่งจะมีลักษณะเป็นเหล็กแผ่นมีขนาด 100 \* 140 มิลลิเมตร ทำการเจาะรูยาวเป็นที่ยึดหน้าแปลนของเครื่องเจาะ และยึดขาถือสว่านทำให้สามารถเลื่อนความสูงของการติดตั้งได้
- 2.2 ขาถือสว่านเนื่องจากไม่มีเครื่องมือที่ใช้ในการถือโดยตรงวางจำหน่ายอยู่ดังนั้นจึงได้นำเอาที่ถือคานอากาศโทรทัศน์มาดัดแปลงใช้ในการยึดจับตัวมอเตอร์ โดยใช้ที่ถือคานทั้งหมด 2 ตัวด้วยกัน โดยที่ขาของที่ยึดนี้จะถือเข้ากับแผ่นเหล็กในข้อ 2.1 และแผ่นเหล็กในข้อ 2.1 ก็จะยึดตัวเองกับหน้าแปลนของเครื่องเจาะตามรูปที่ 6.5

ผลการทดสอบความแข็งแรง หลังจากทำการดัดแปลงแล้ว พบว่าโครงสร้างมีความแข็งแรงในการจับยึด คาดว่าจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาในการเจาะอย่างแน่นอน และน้ำหนักรวมของอุปกรณ์ทั้งหมดซึ่งได้แก่ ตัวสว่าน แท่นยึด เมื่อเทียบกับของเดิมแล้วปรากฏว่ามีน้ำหนักเบากว่าเดิม และหลังจากทำการทดลอง จ่ายไฟให้มอเตอร์โดยที่ให้หมุนที่ความเร็วสูงสุด ปรากฏว่ามอเตอร์หมุนได้เรียบไม่มีการสั่นของแท่นยึด และตัวมอเตอร์ แต่อย่างไรก็ตามรวมทั้งการสะบัดของมอเตอร์ในช่วงออกสตาร์ทก็มีย่น้อยมากเช่นกัน

## 6.5 ดอกสว่าน

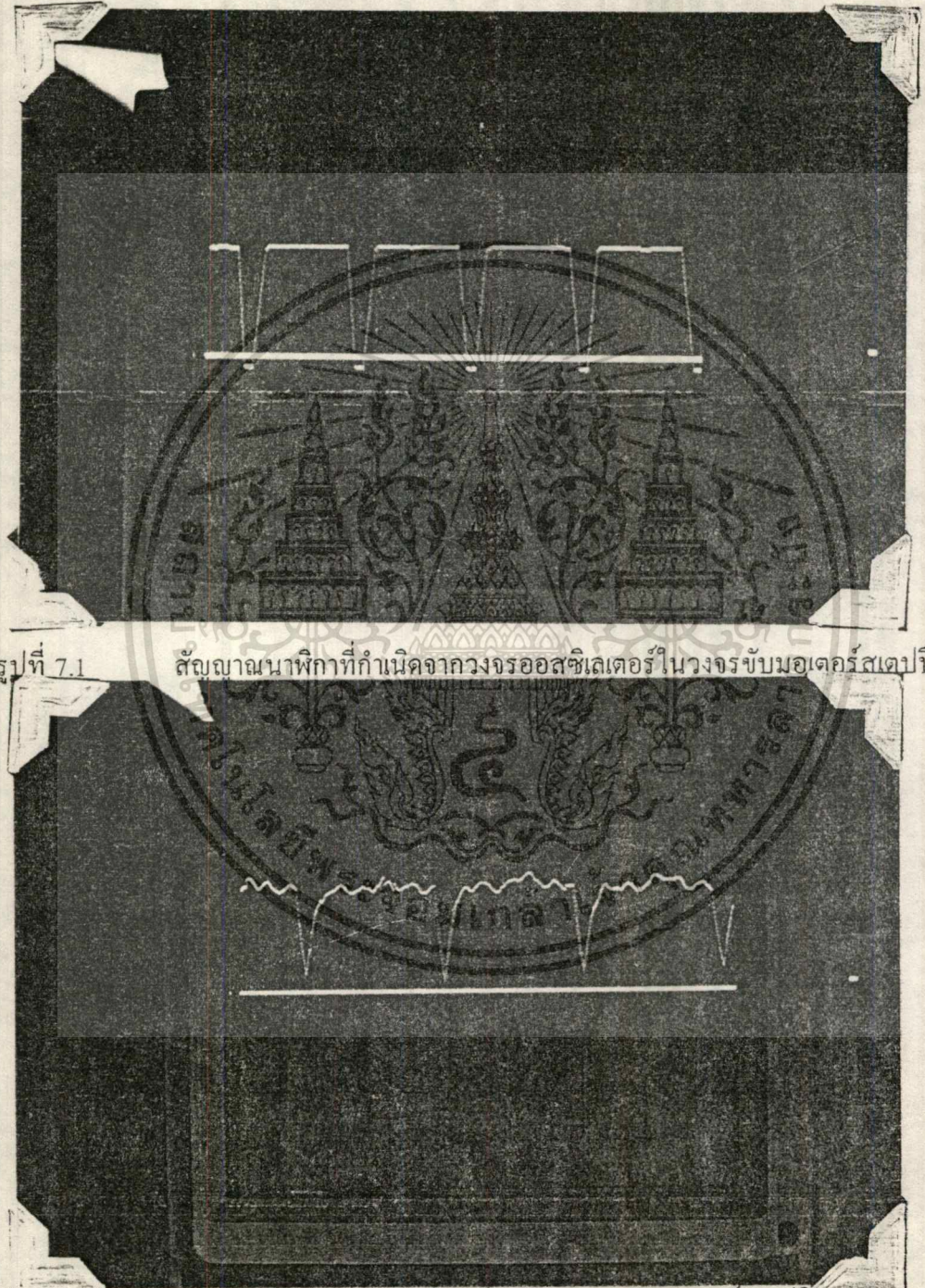
ซึ่งดอกสว่านที่ใช้สามารถเปลี่ยนขนาดได้ตั้งแต่ 0- 6 มิลลิเมตร เพราะได้ออกแบบและตัดแปลงมาจากหัวดอกสว่านทั่วไปที่มีในท้องตลาดจึงมีความสะดวกในการเปลี่ยนเหมือนการเปลี่ยนดอกสว่านทั่วไป



รูปที่ 6.5 การเคลื่อนที่ของแกน Z และการจับยึดของมอเตอร์เจาะ

## บทที่ 7

## ผลการทดลอง



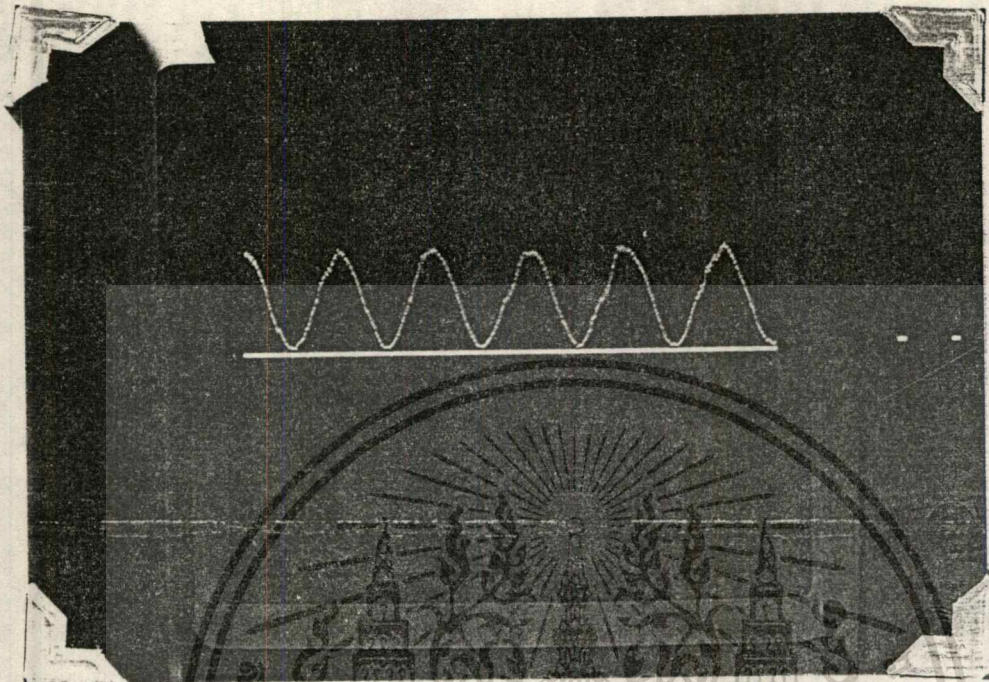
รูปที่ 7.1

สัญญาณนาฬิกาที่กำเนิดจากวงจรรอสซิติเตอร์ในวงจรขับมอเตอร์สเตปป์

รูปที่ 7.2

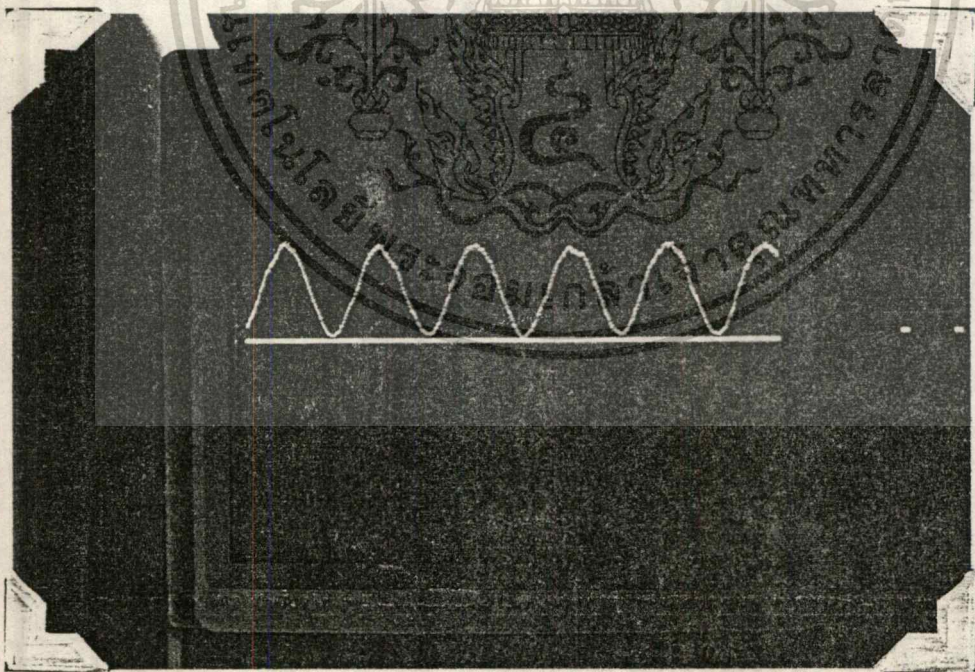
สัญญาณที่ได้จากการวัดที่เอาต์พุทของวงจรมอเตอร์สเตปป์แกน Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.3

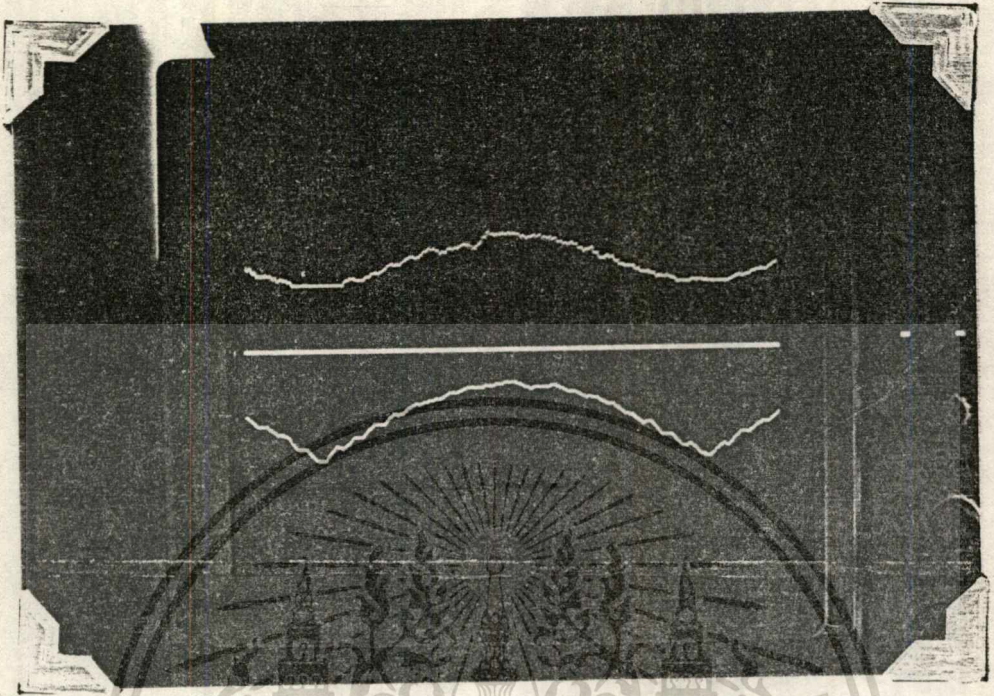
สัญญาณที่ได้จากการวัดที่เอาท์พุทของวงจรขับมอเตอร์สเตปป์แกน X และ Y



รูปที่ 7.4

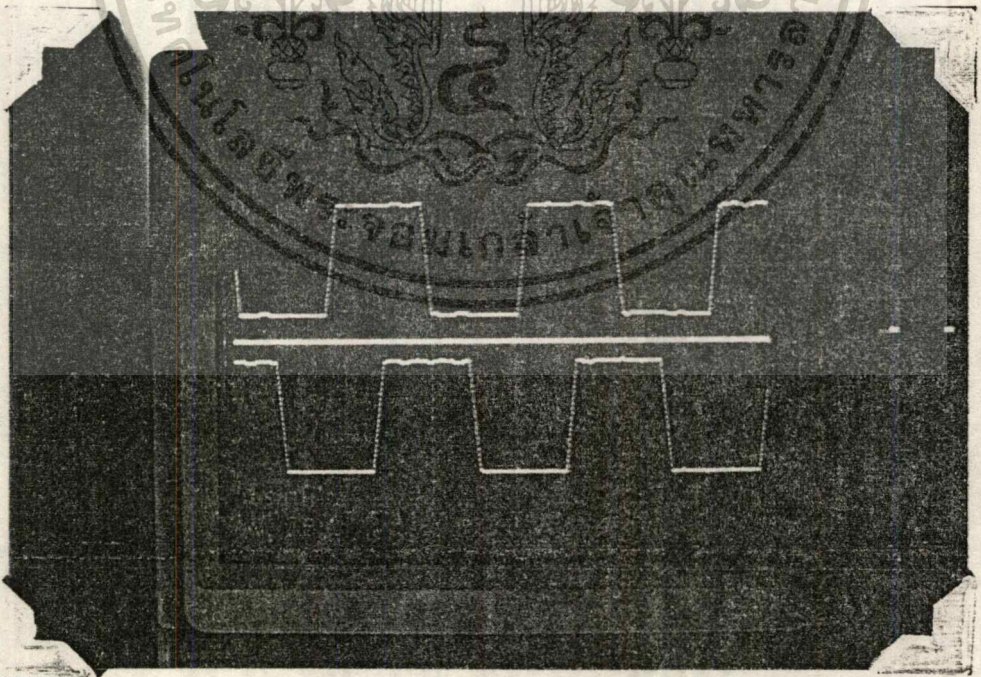
สัญญาณ DAC ที่กำเนิดจากวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.5

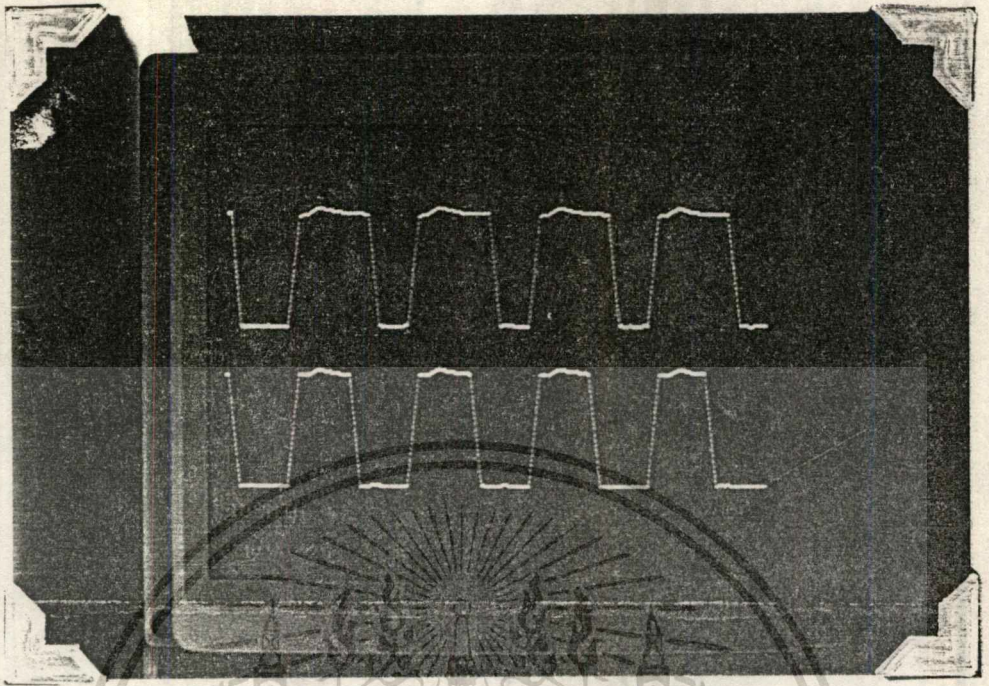
สัญญาณที่วัดได้จากเอาท์พุทของมอเตอร์สเตปปีงเปรียบเทียบกับสัญญาณที่  
กำเนิดจากวงจร ไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 7.6

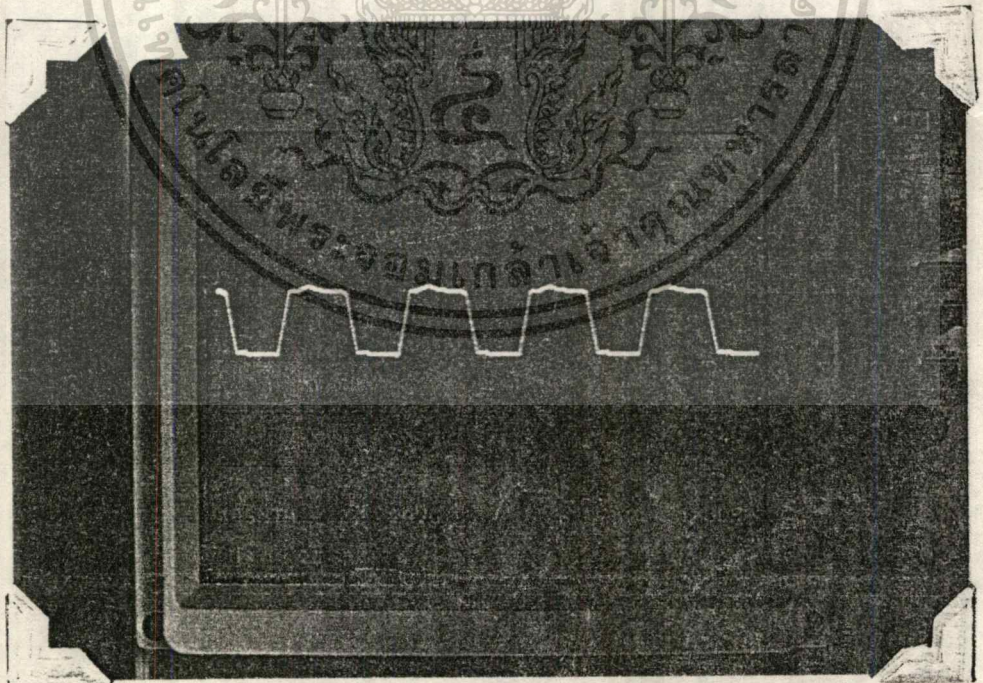
สัญญาณกระตุ้นเฟสที่ตัวมอเตอร์สเตปปีง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.7

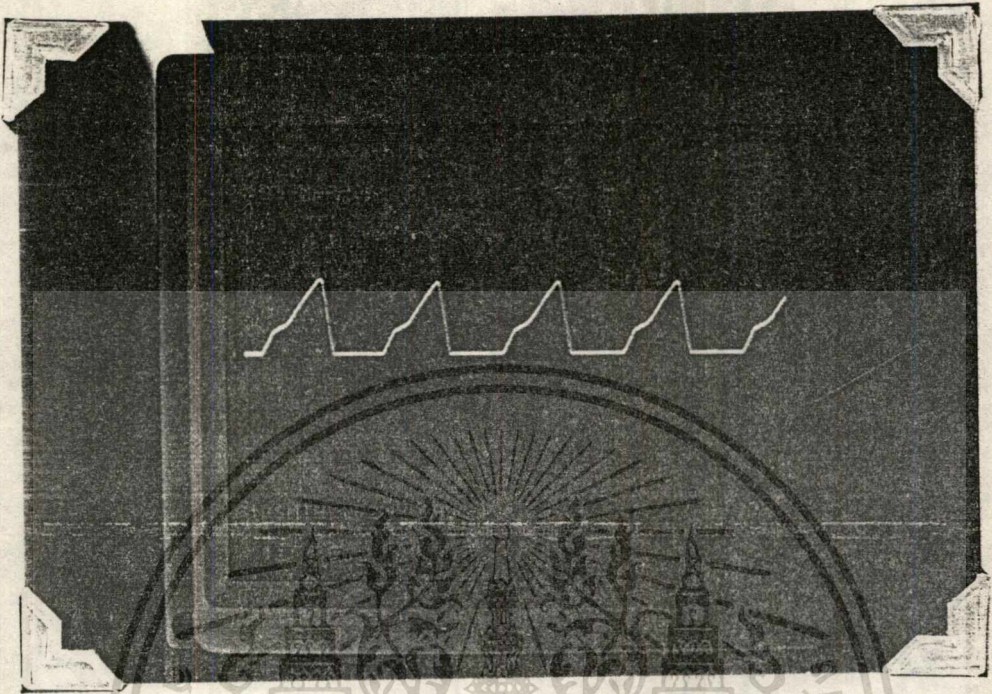
สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากการเปรียบเทียบโดยวงจรคอมพาราเตอร์ระหว่างสัญญาณเอาต์พุตที่มอดูเรอร์กับสัญญาณ DAC ที่กำเนิดมาจากวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เทียบกับทั้งสองตัว



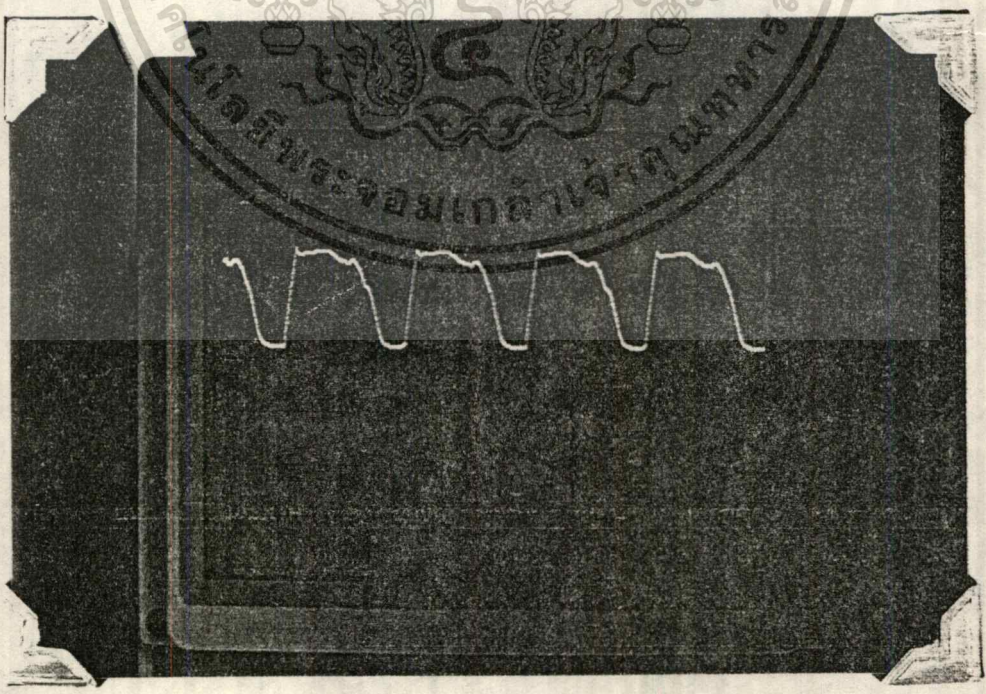
รูปที่ 7.8

สัญญาณเอาต์พุตที่ตัวแอนด์เกต (AND gate) ในวงจรจับเอาต์พุตของสเตปป์ิง

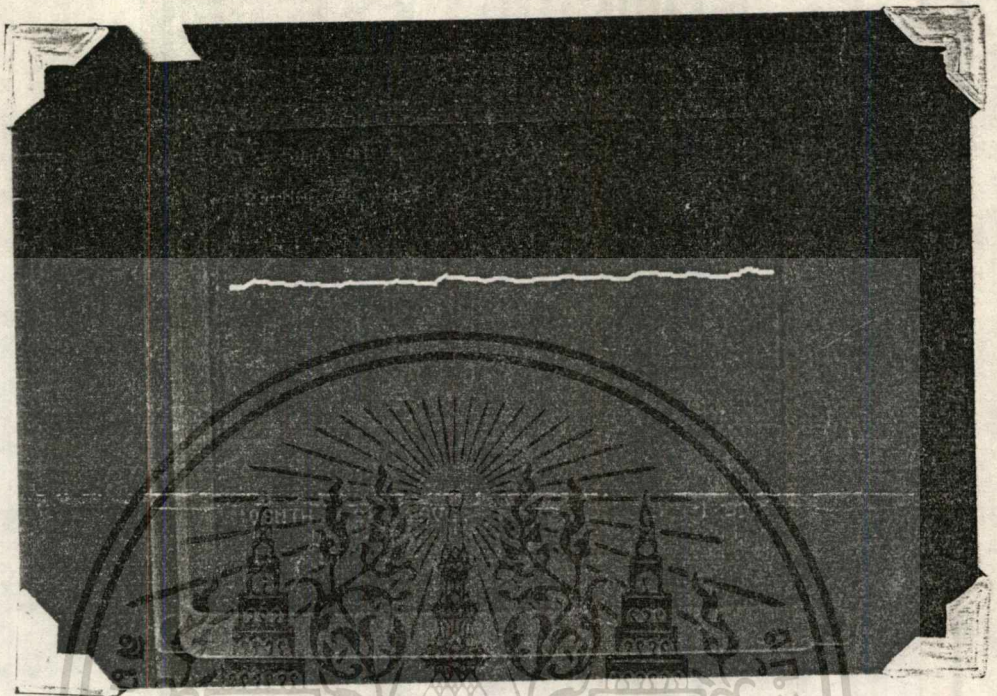
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.9 สัญญาณที่ขาเกตของมอสเฟสกำลัง (Power MOSFET) เปรียบเทียบกันสองตัว

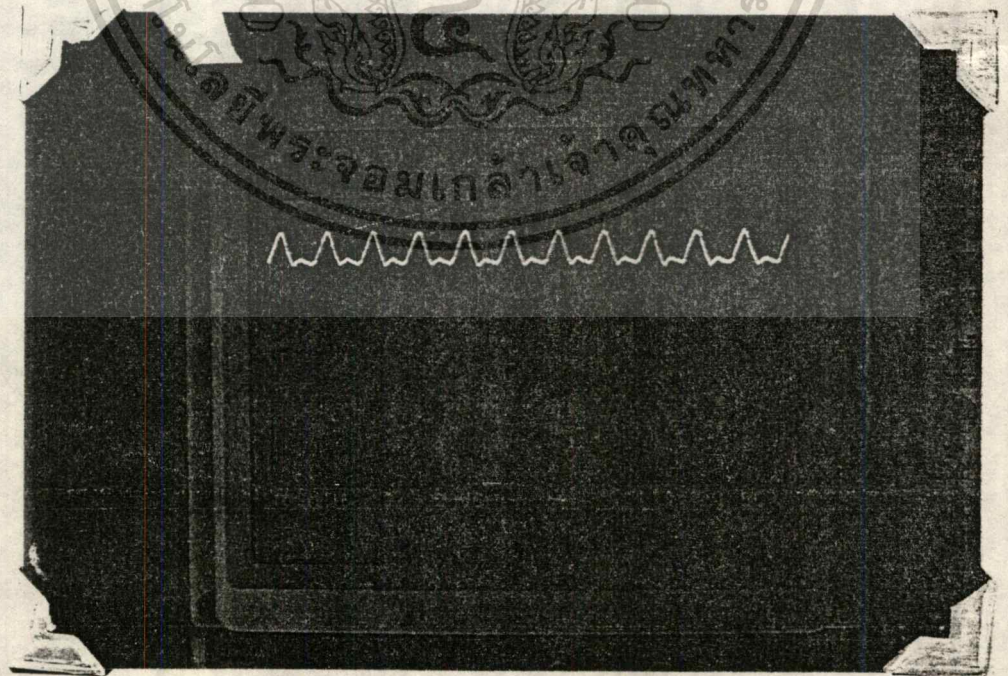


รูปที่ 7.10 สัญญาณที่ขาเดรน (Drain) ของมอสเฟสกำลัง  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.11

สัญญาณที่เอาที่พหุที่จุดต่อของฟรีวีลลิงไดโอด (Free-Wheeling Diode) กับตัว  
ต้านทาน 5 โอห์ม 50 วัตต์

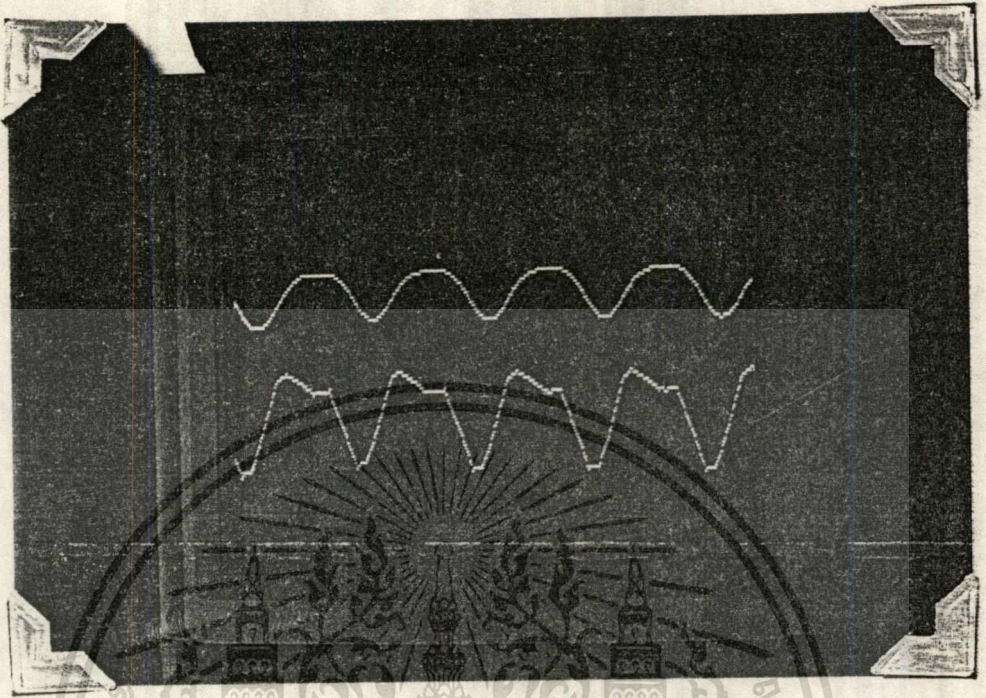


รูปที่ 7.12

สัญญาณเอาที่พหุของแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์สเตปป์

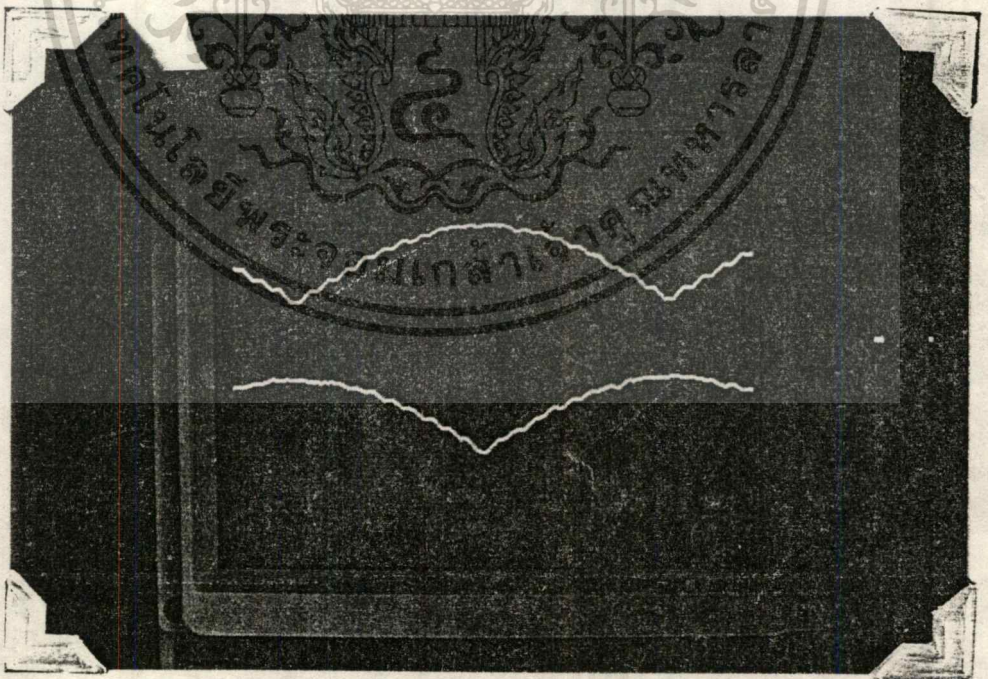
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ถือว่าผิดกฎหมาย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.13

สัญญาณที่เอาที่พูดของมอสเฟสกำลังเทียบกับสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองสัญญาณก่อนที่จะไปเปรียบเทียบกับวงจรคอมพิวเตอร์ในวงจรขับมอเตอร์สเตปป์



รูปที่ 7.14

สัญญาณที่ขา DAC01 เทียบกับสัญญาณที่ขา DAC02 มีลักษณะต่างกัน 90 องศาทางไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 8

## สรุปผลและวิจารณ์

1) จากการทดลองให้มอเตอร์เคลื่อนที่ ปรากฏว่าค่าความผิดพลาดของการเคลื่อนที่ อยู่ใน ช่วงที่ยอมรับได้ ในการทดลองได้ให้มอเตอร์เคลื่อนที่ไปเป็นรูปสี่เหลี่ยมกว้างและยาว 1 นิ้ว และ กลับมาที่จุดเริ่มต้น หลังจากเคลื่อนที่ครบรูปสี่เหลี่ยมแล้ว ปรากฏว่าค่าความผิดพลาดวัดโดยใช้ เวอร์เนีย ผิดพลาดไปจากจุดเดิมไม่เกิน 0.5 มิลลิเมตร ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการทดลองนี้คาดว่า น่าจะเกิดขึ้นเนื่องจากความเอียงของแท่นเจาะ และการสั่นของแท่นเจาะ ในขณะที่กำลังเคลื่อนที่ การสั่นนี้อาจจะทำให้แรงบิดที่ต้องการในการขับมอเตอร์ไม่คงที่ ซึ่งอาจจะทำให้มอเตอร์เกิดการ หลุดสเตรปได้

2). อนึ่งปัญหาซึ่งเกิดจากความร้อนของตัวต้านทาน ภายกระแส ( FREE WHEELING ) ได้ทำการแก้ไข โดยการติดตั้งรีเลย์ระบายความร้อนให้แก่ตัวความต้านทาน ซึ่งจากการทดลอง ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้ จะเป็นอันตรายต่อตัวความต้านทานเองก็ต่อเมื่อ เราทำการหมุนมอเตอร์อย่าง ต่อเนื่องที่ความเร็วเต็มพิกัดเป็นเวลานานประมาณ 15 นาที ขึ้นไป ซึ่งในการทำงานจริงของเครื่อง เจาะนั้น ไม่มีการทำงานที่จะทำให้มอเตอร์ในแกนใดแกนหนึ่งเคลื่อนที่เป็นเวลานานกว่า 15 นาที อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นปัญหาเรื่องความร้อนที่ตัวความต้านทานนี้จึงสามารถที่จะตัดออกไปได้

3) ความเร็วของการเคลื่อนที่แท่นเจาะอยู่ในขั้นที่น่าพอใจ ประมาณ 1.5 นิ้ว ต่อวินาที และ ความผิดพลาดในขณะที่เคลื่อนที่ ที่ความเร็วนี้ก็ถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้เช่นกันคือเคลื่อนที่ ระยะ ทาง 3 นิ้ว ผิดพลาดไม่เกิน 0.5 มิลลิเมตร การที่ความเร็วในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้นโดยไม่ทำให้ค่า ความผิดพลาดเพิ่มขึ้น ก็เนื่องมาจากการใช้หลักการหน่วงเวลาในการเร่ง และหยุดของมอเตอร์นั้น เอง

4). ปัญหาเรื่องการสั่นครางของมอเตอร์ เมื่อทำการจ่ายค่าสัญญาณกระตุ้นให้กับมอเตอร์ สันนิษฐานว่าอาจจะเป็นผลเนื่องมาจากการที่เมื่อ เฟสกระตุ้นถูกจ่ายให้กับตัวมอเตอร์ นั้นค่าการ ควบคุมกระแส จากไอซีดิจิตอลเป็นอนาลอกยังไม่ได้ถูกตั้งค่า ดังนั้นค่าที่ไอซีตัวนี้จ่ายออกมาจึง สามารถเป็นค่าอะไรก็ได้หลายๆค่า ซึ่งบางค่าอาจจะไปทำให้เกิดที่ต่อไว้ เพื่อทำการเปิดมอสเฟต เปิดขึ้นได้โดยไม่ได้ทำการตั้งให้เปิด เป็นผลให้มอเตอร์เกิดการสั่นขึ้นเนื่องจาก สัญญาณนาฬิกาที่ ต่อ AND อยู่ในการเปิดมอสเฟต โดยเราอาจจะทำการแก้ไขได้ โดยการเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณ นาฬิกาให้มีค่าสูงขึ้นไปอีก แต่ว่าการกระทำดังนี้ จะเป็นผลให้เกิดความร้อนเพิ่มมากขึ้นที่ตัว มอสเฟต ซึ่งอาจจะทำให้ตัวมอสเฟตเสียหายได้ อนึ่งความเสียหายที่เกิดขึ้นกับตัวมอสเฟตเมื่อทำ การจ่ายไฟ อาจจะได้ดังกรณีต่อไปนี้ก็คือ เมื่อเราเริ่มทำการจ่ายไฟให้ตัวมอสเฟตทุก ๆ ครั้ง ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำ ไปใช้

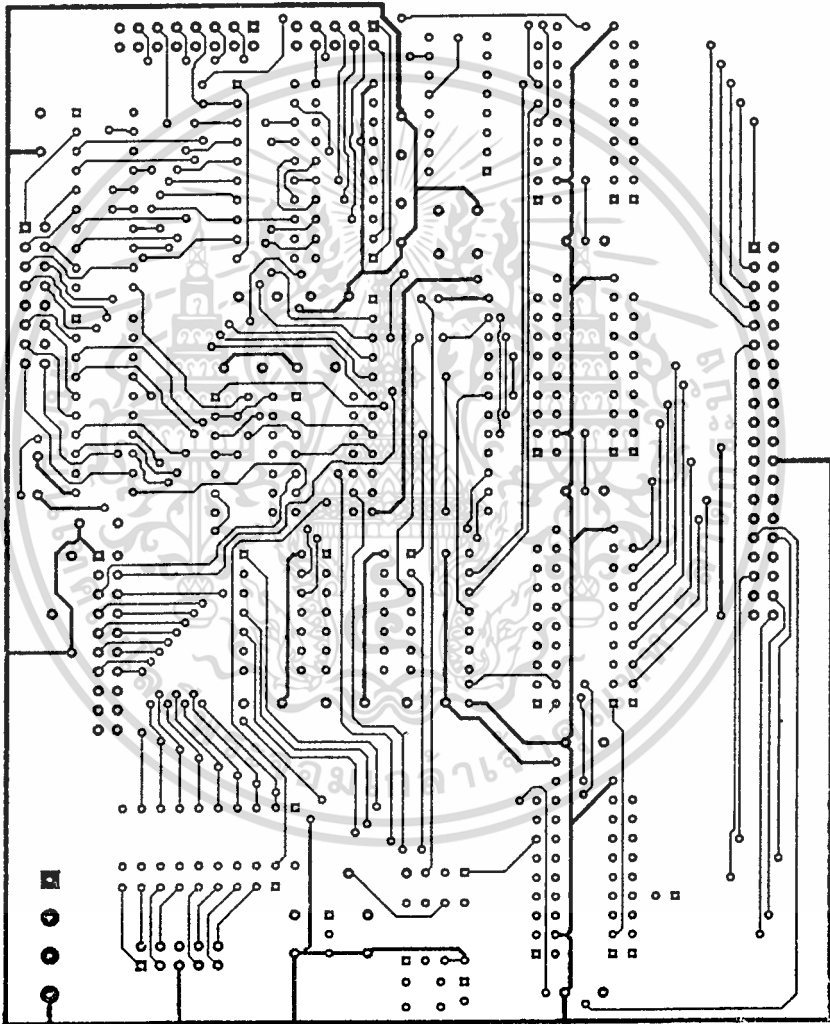
เราต้องทำการตั้งค่าเฟสกระตุ้นให้เป็น 0 เสมอ เพื่อป้องกันการเปิดเองของตัวมอสเฟตซึ่งอาจจะทำให้เกิดกระแสไหลอย่างต่อเนื่องในตัวมอสเฟตทำให้ตัวมอสเฟตเกิดการไหม้ขึ้นได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

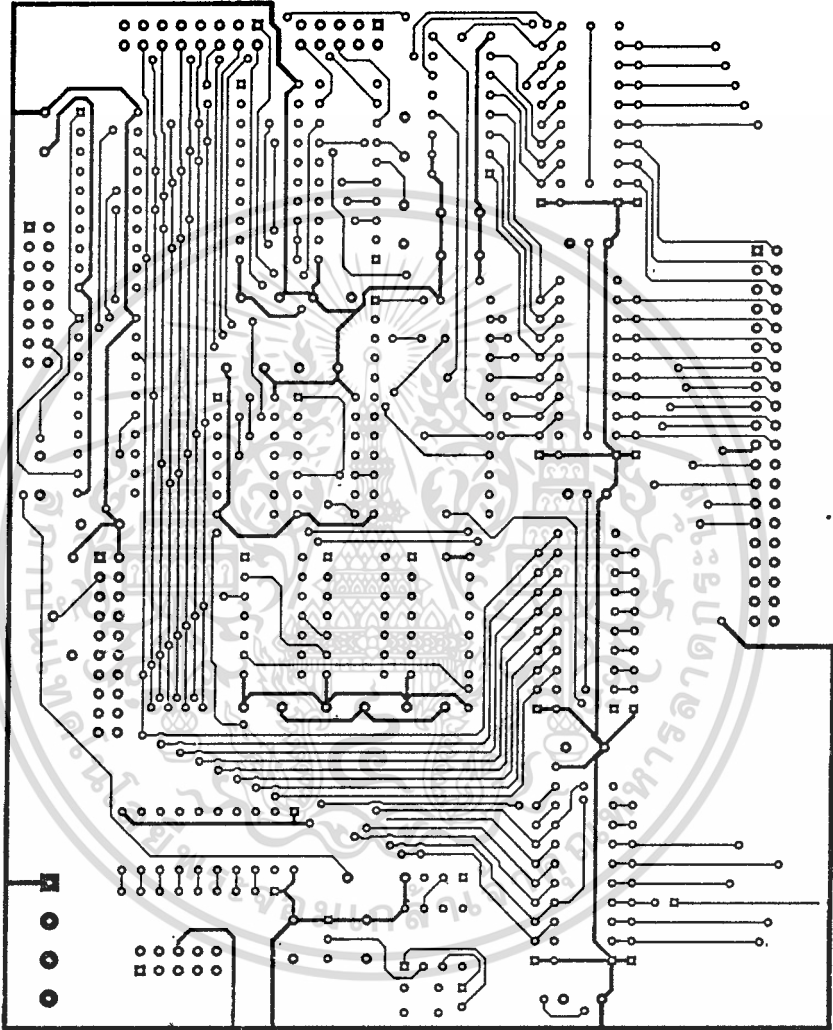
ภาคผนวก ก

แสดงลายวงจรที่ใช้ในการกัดแผ่นปริ๊นท์



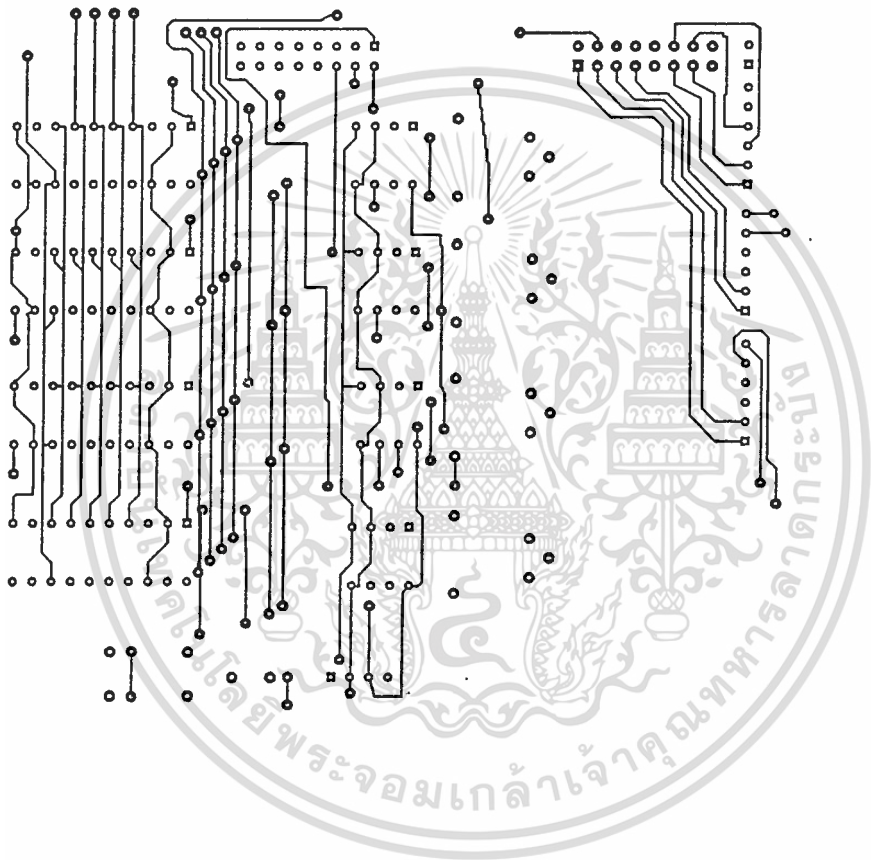
รูปที่ ก 1. แสดงลายแสดงลายปริ๊นท์ด้านบนของวงจรถอดรหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



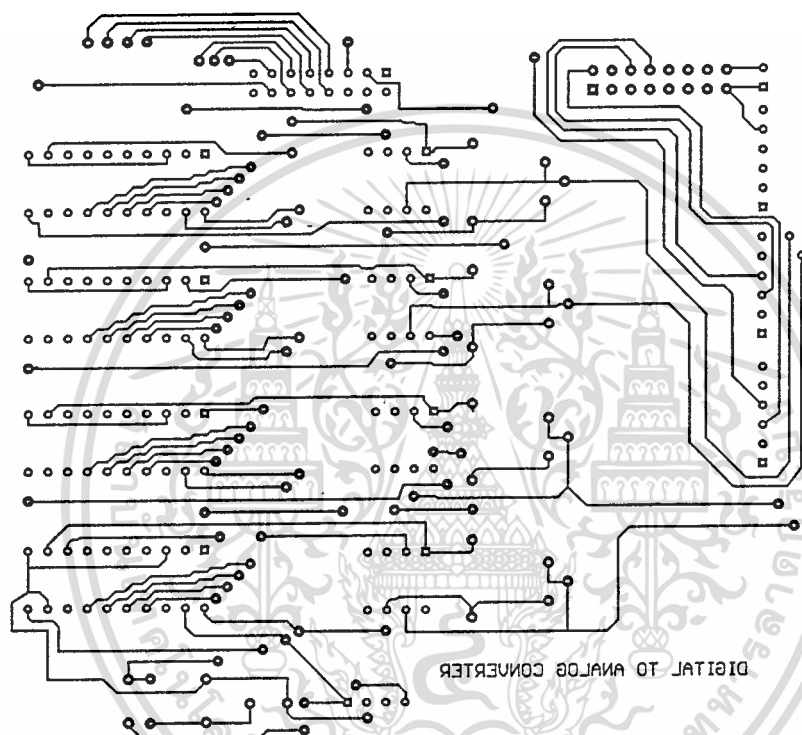
รูปที่ ก 1.2 แสดงลายแสดงลายปริ้นต์ค้ำล่างของวงจรถอดรหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



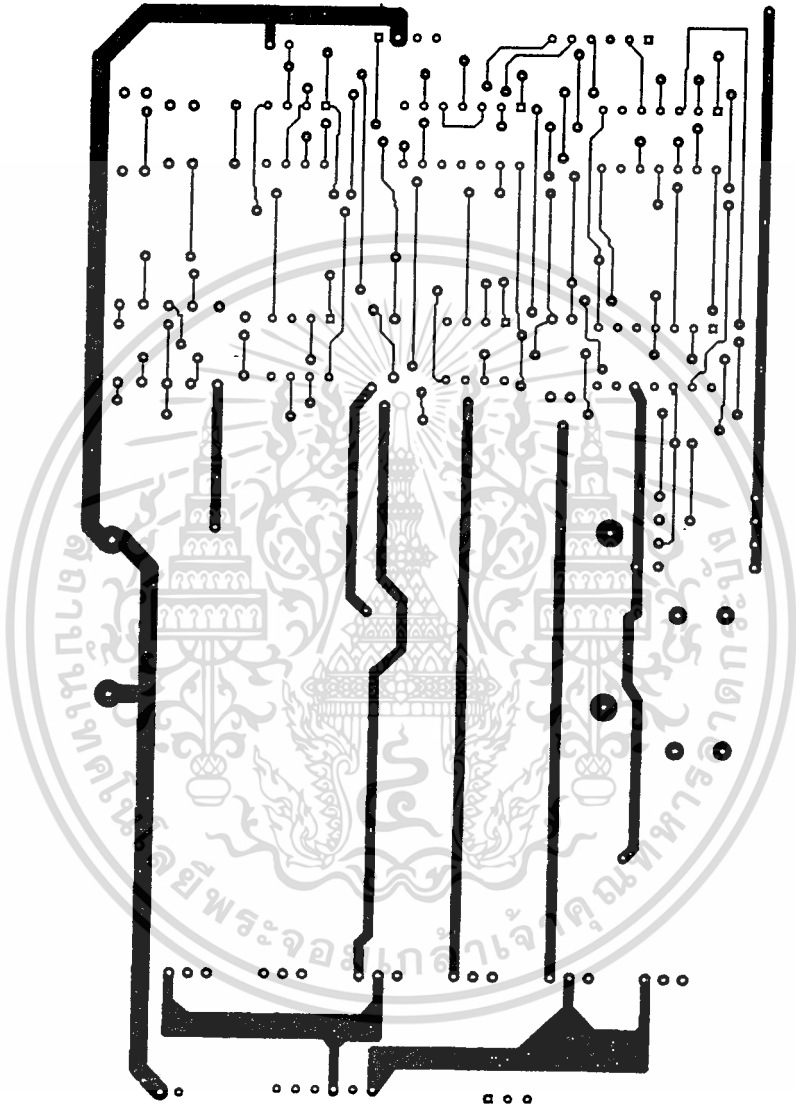
รูปที่ ก 2.1 แสดงลายแสดงลายปริ้นท์ด้านล่างของวงจรแปลงดิจิทัลเป็นอนาลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



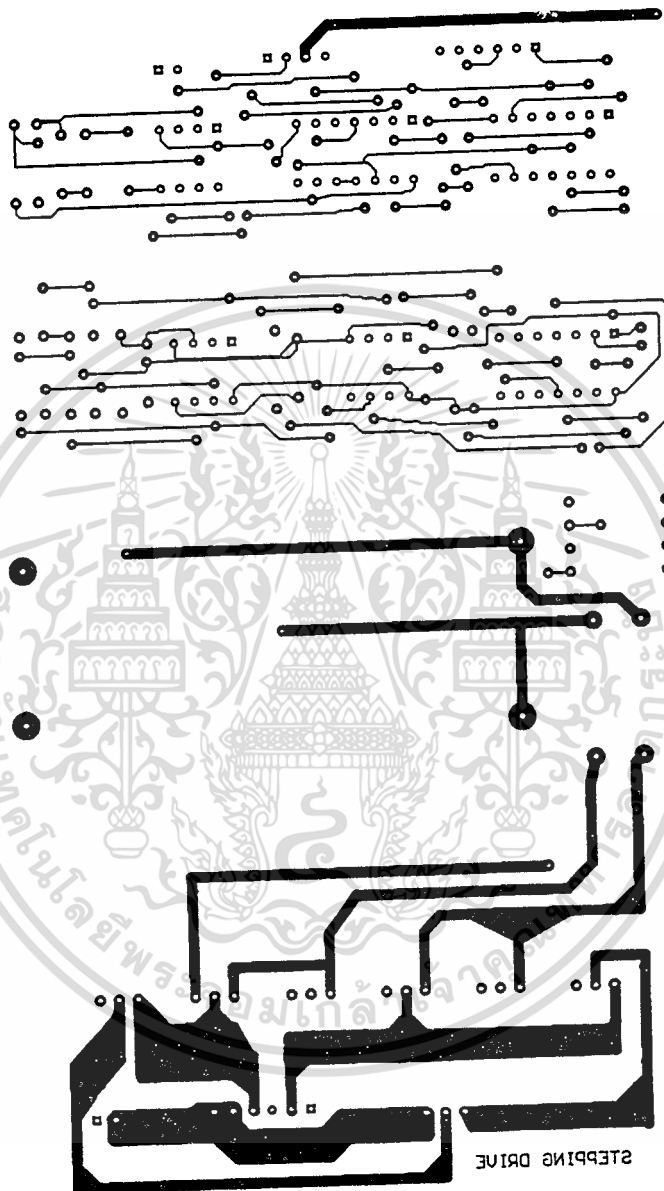
รูปที่ ก 2.2 แสดงลายแสดงลายปริ้นท์ด้านบนของวงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



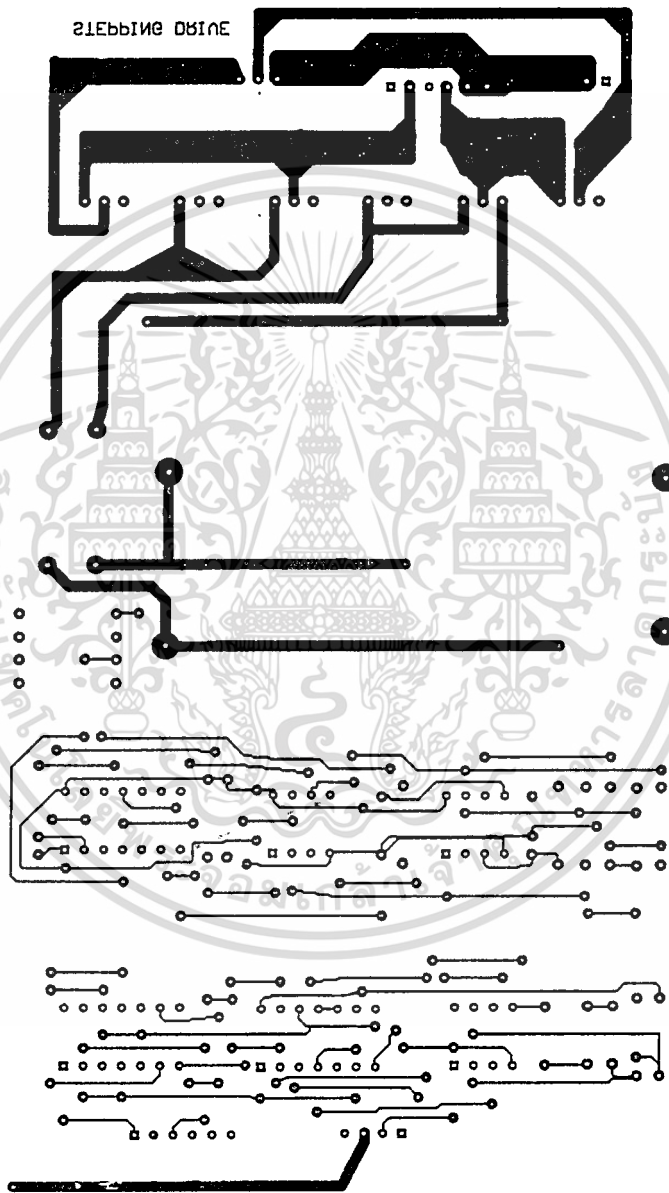
รูปที่ ก 3.1 แสดงลายแสดงลายปริ้นท์ด้านบนของวงจรขับเคลื่อนแกน  $x, y$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



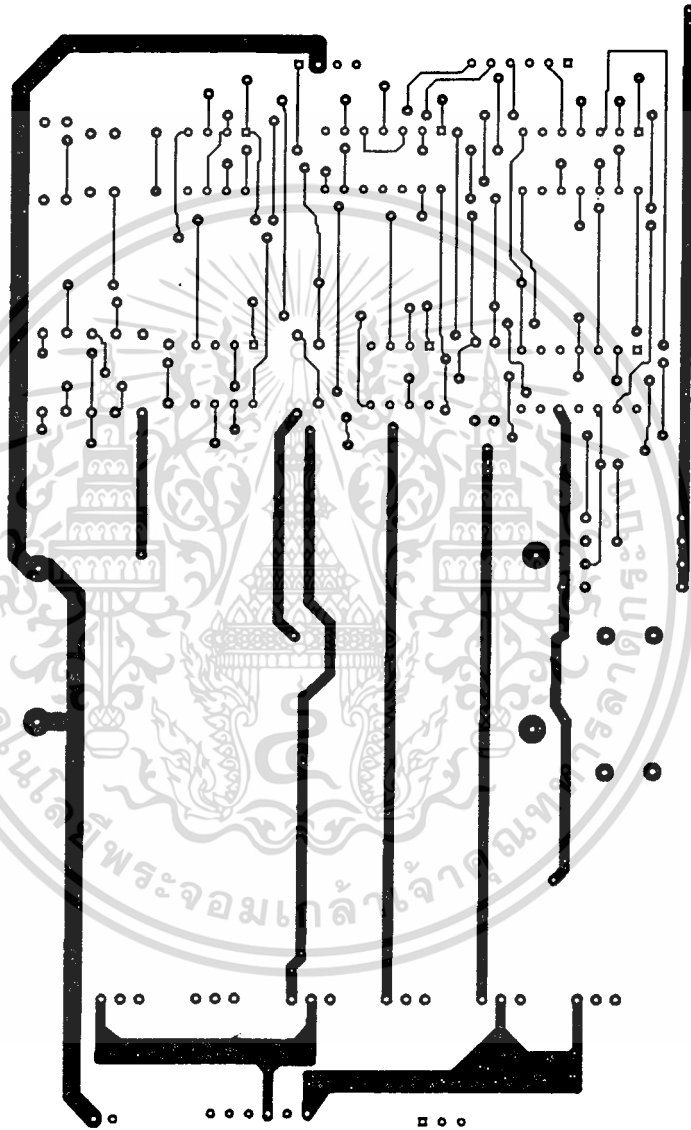
รูปที่ ก 3.2 แสดงลายแสดงลายปริ้นต์ด้านล่างของวงจรขับเคลื่อนแกน  $x, y$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก 4.1 แสดงลายแสดงลายปริ้นต์ด้านล่างของวงจรขับเคลื่อนแกน z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก 4.2 แสดงลายแสดงลายปรินต์ด้านบนของวงจรถับกระแสแกน  $z$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

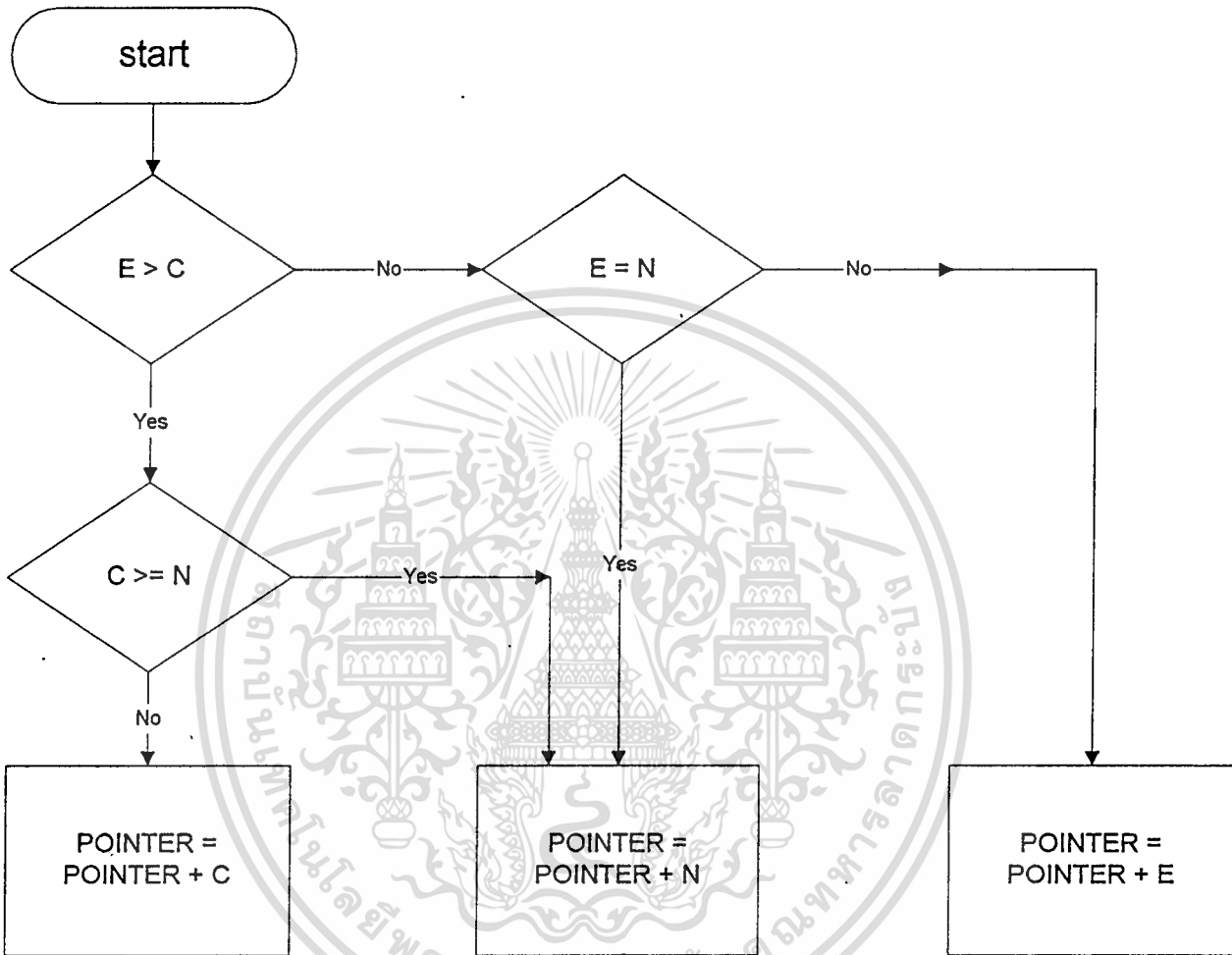
## ภาคผนวก ข

### แผนผังแสดงการทำงานของโปรแกรมต่างๆ

ในส่วนนี้จะประกอบไปด้วยส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมส่วนต่างๆ ของเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์ทั้งหมด ซึ่งจะแบ่งส่วนโปรแกรมทั้งหมดได้เป็นดังนี้

- ◆ โปรแกรมการรับข้อมูลแบบอนุกรมจากเครื่องคอมพิวเตอร์
- ◆ โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์สเตปป์ิง
- ◆ โปรแกรมการอ่านค่าและจัดการคีย์บอร์ด
- ◆ โปรแกรมตั้งค่าตัวแปรต่าง ๆ ในโปรแกรม

ซึ่งในแต่ละ โปรแกรมมีโปรแกรมย่อยๆ อีกมากมาย ซึ่งจะได้แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้



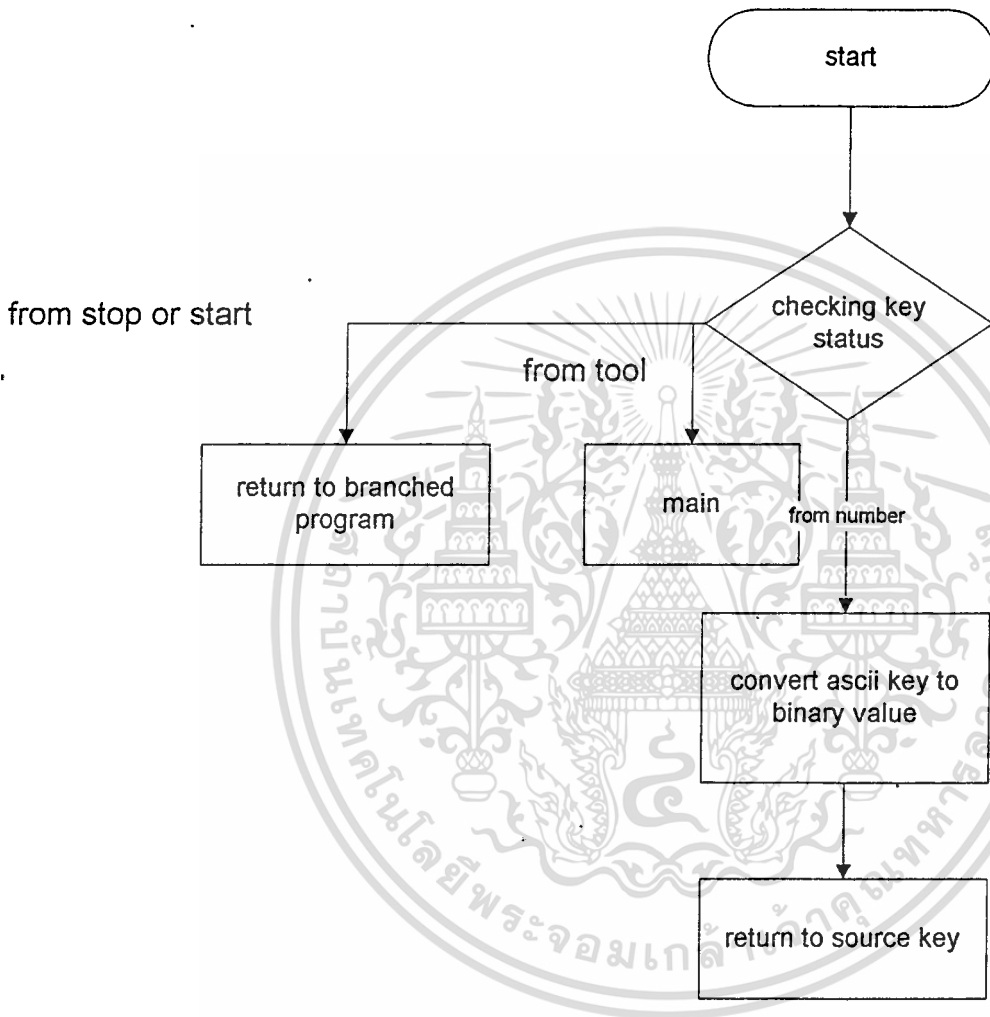
E is a decreasing step

N is a maximum pointer pointing

C is a increase step

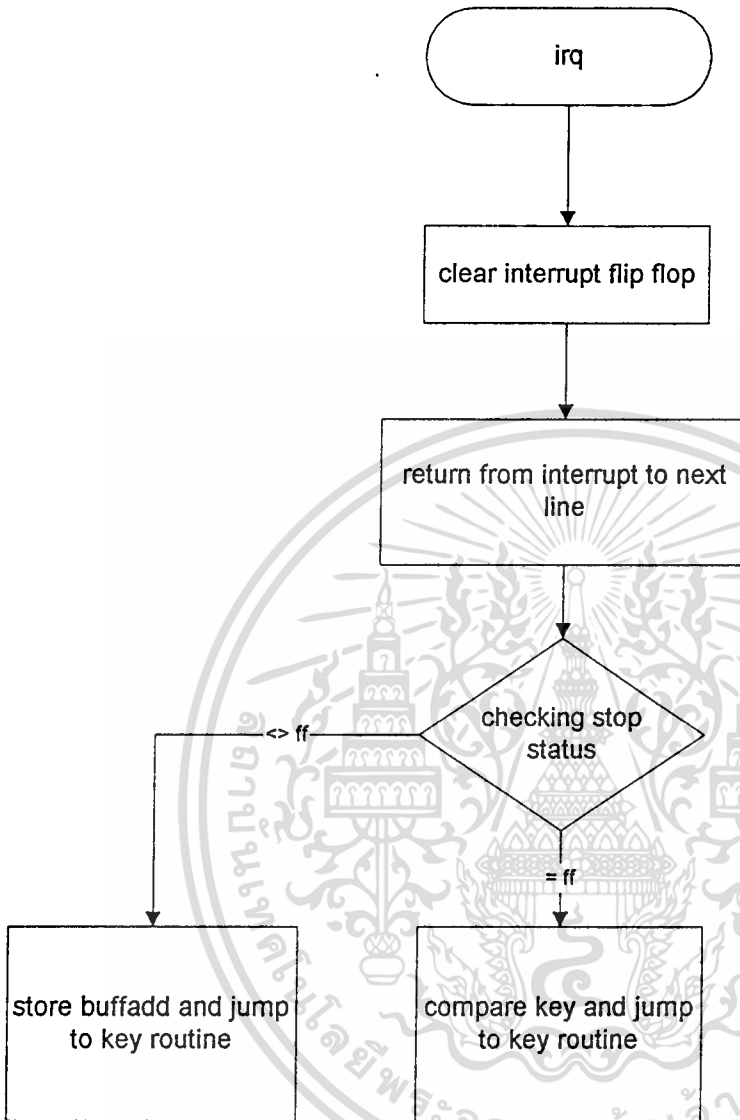
รูปที่ ข.1 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน delayxy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

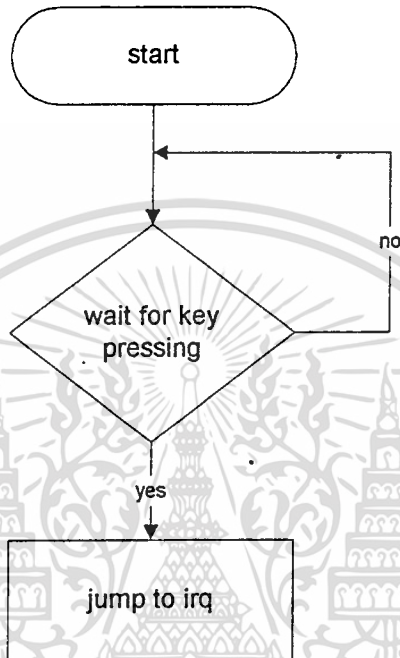


รูปที่ ข.2 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน enter

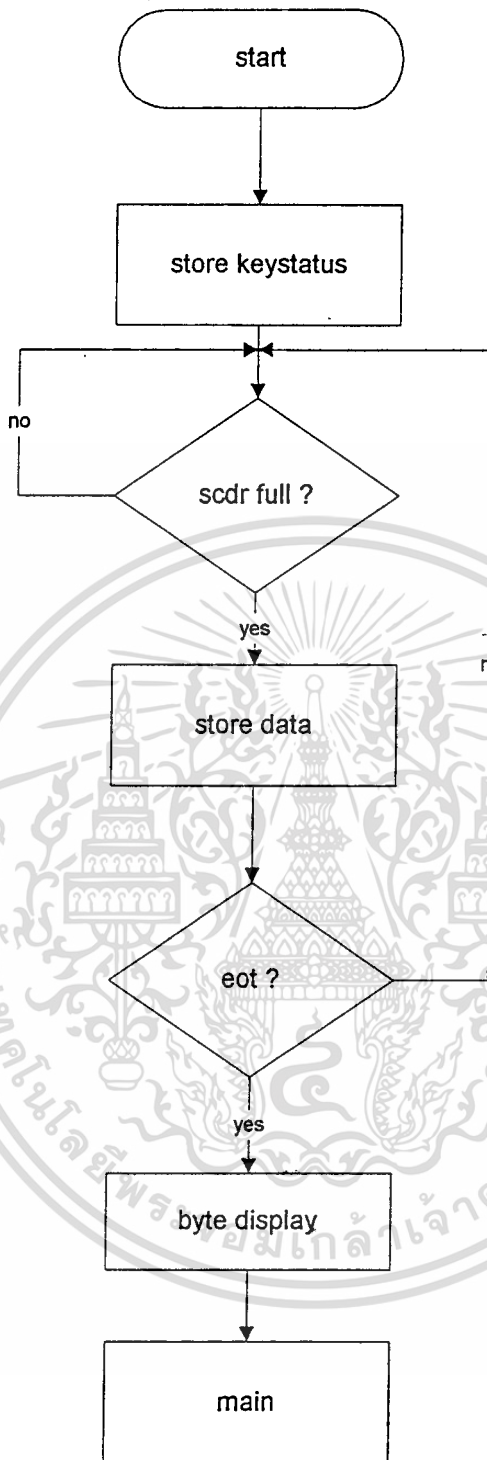
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.3 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน irq

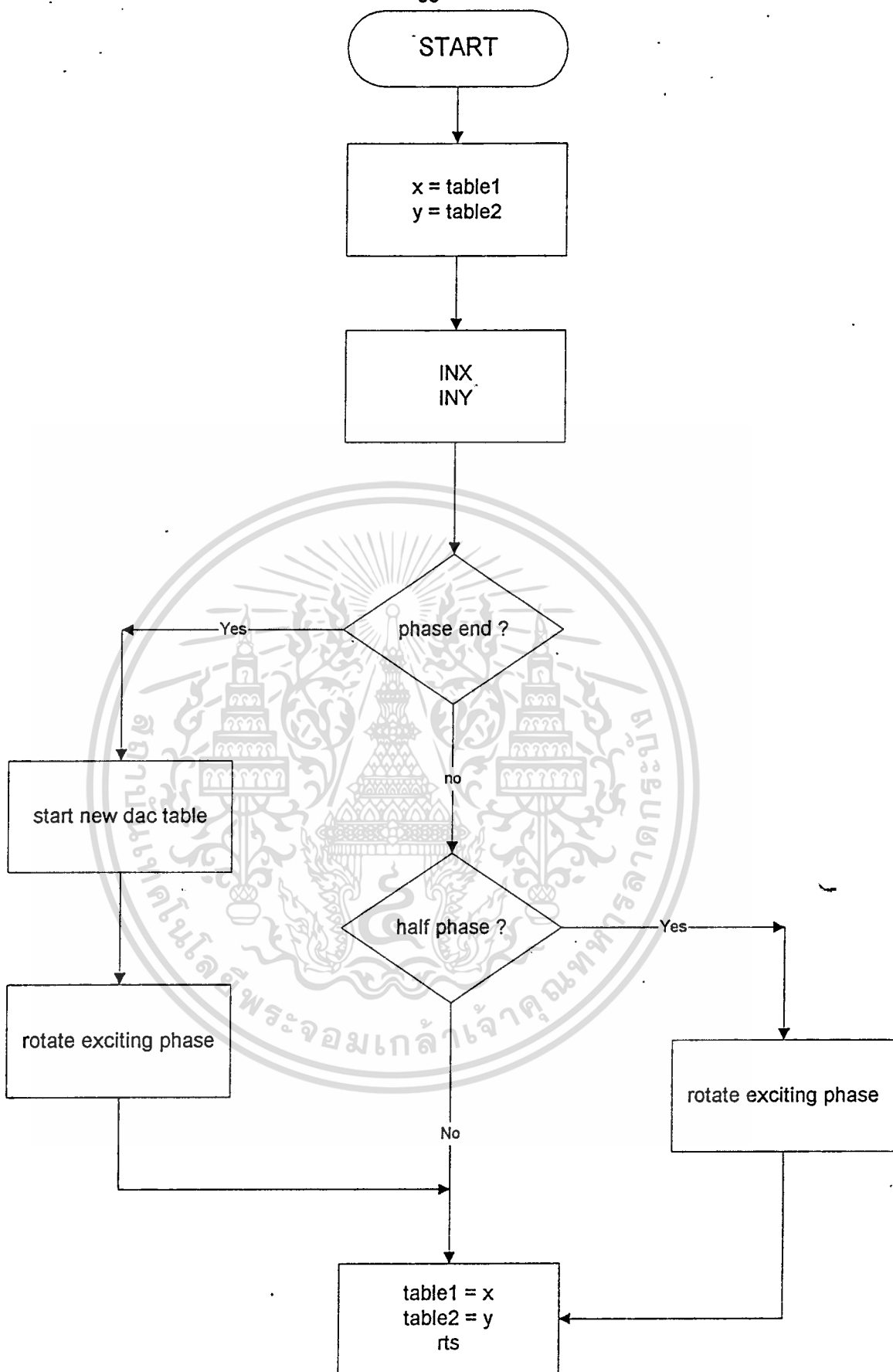


รูปที่ ข.4 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน main



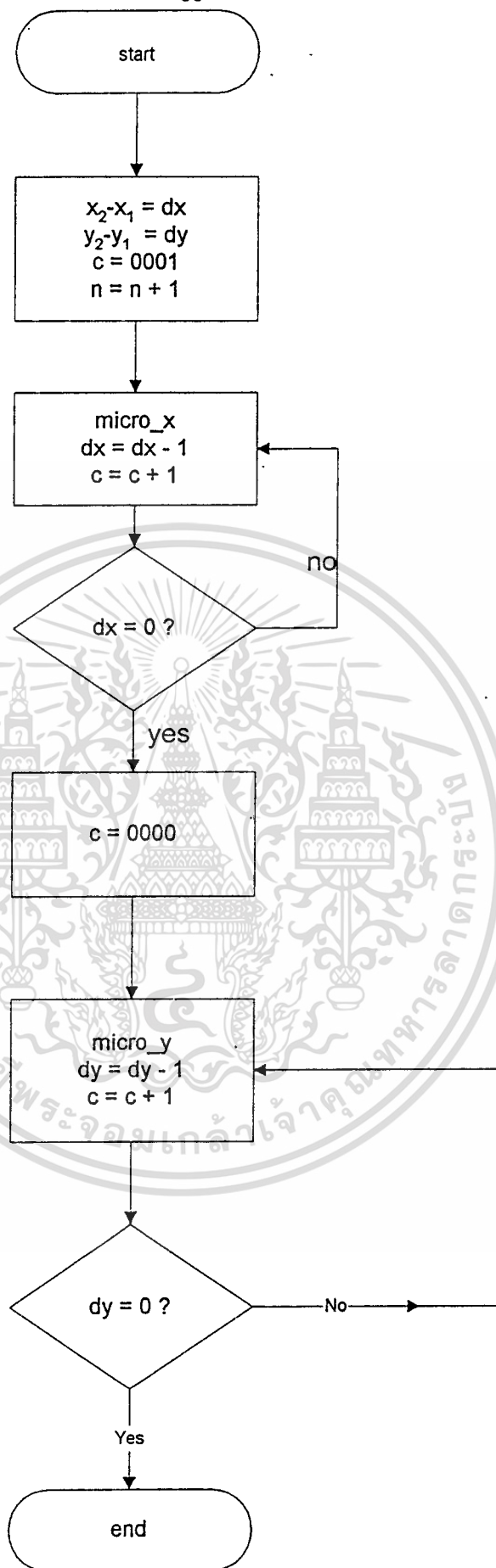
รูปที่ ข.5 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน load

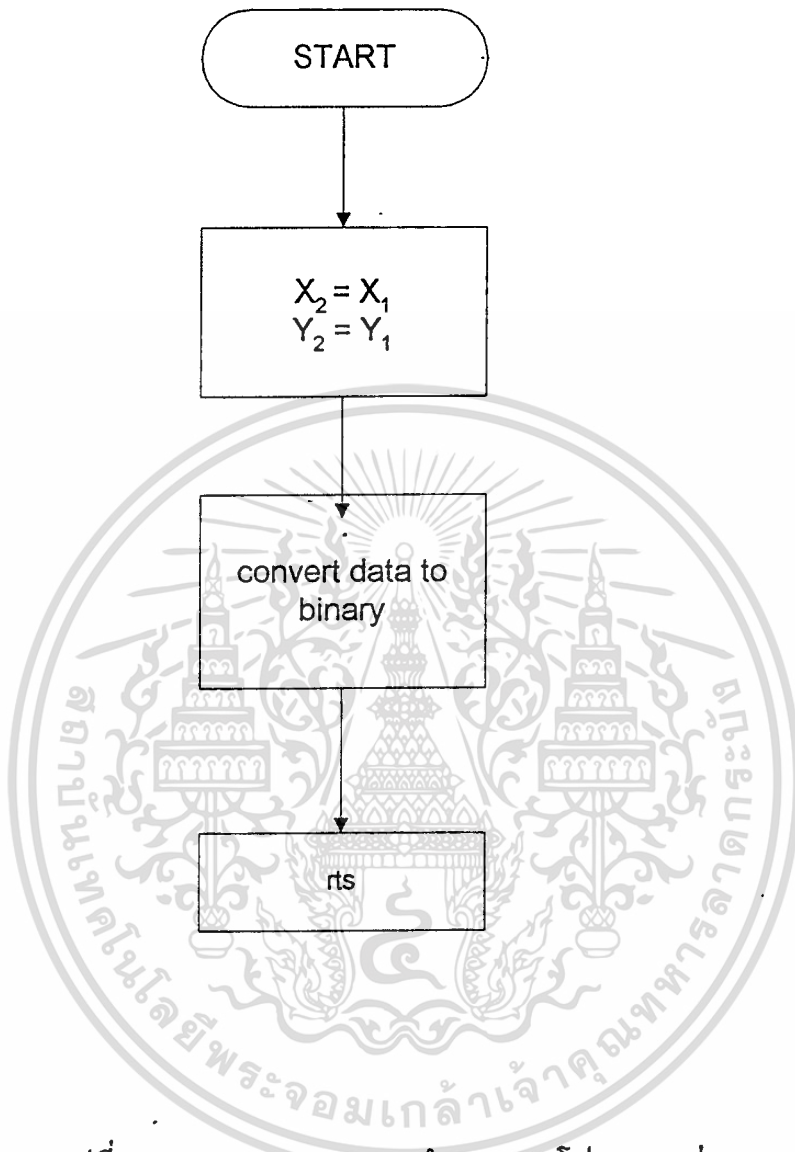
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



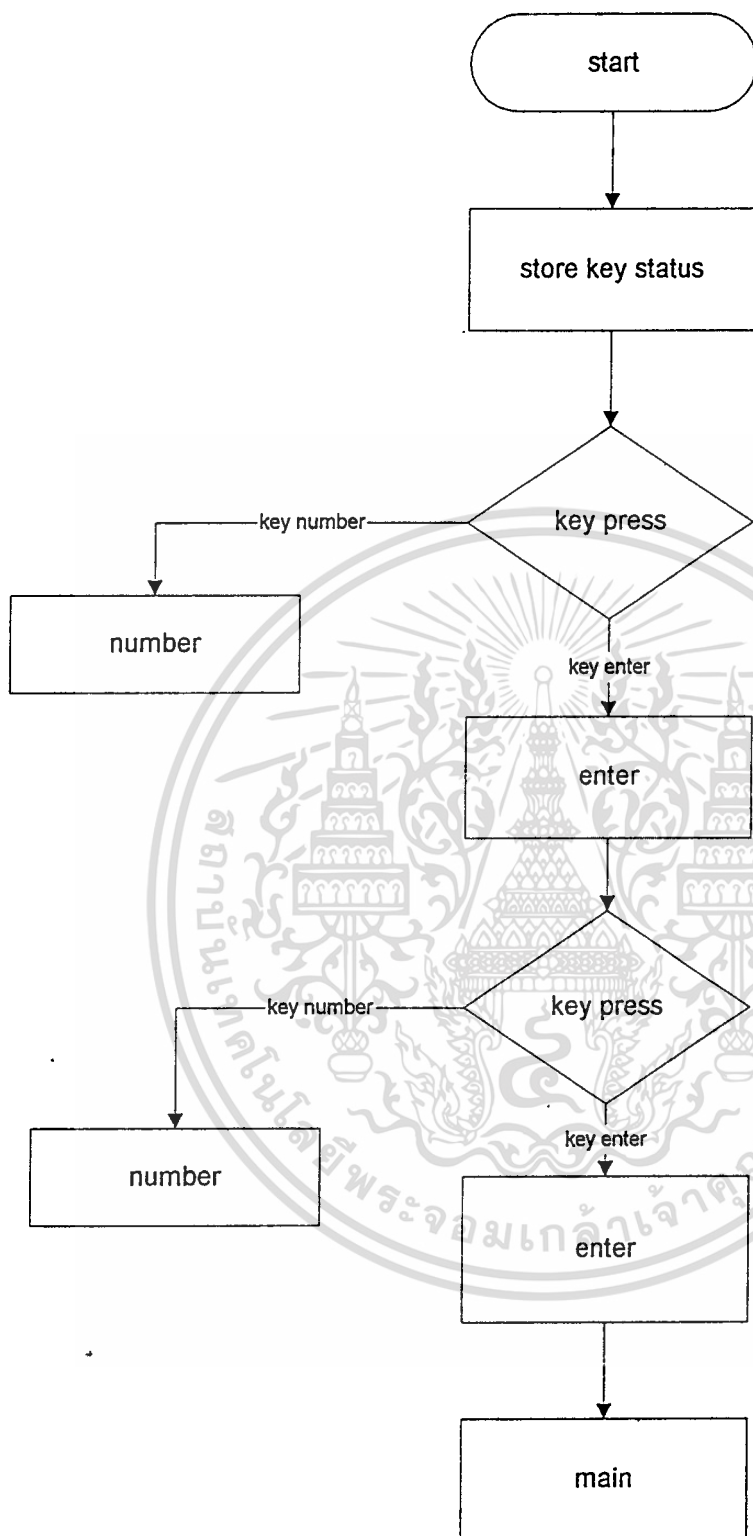
เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ ข.6 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน microx, microy

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



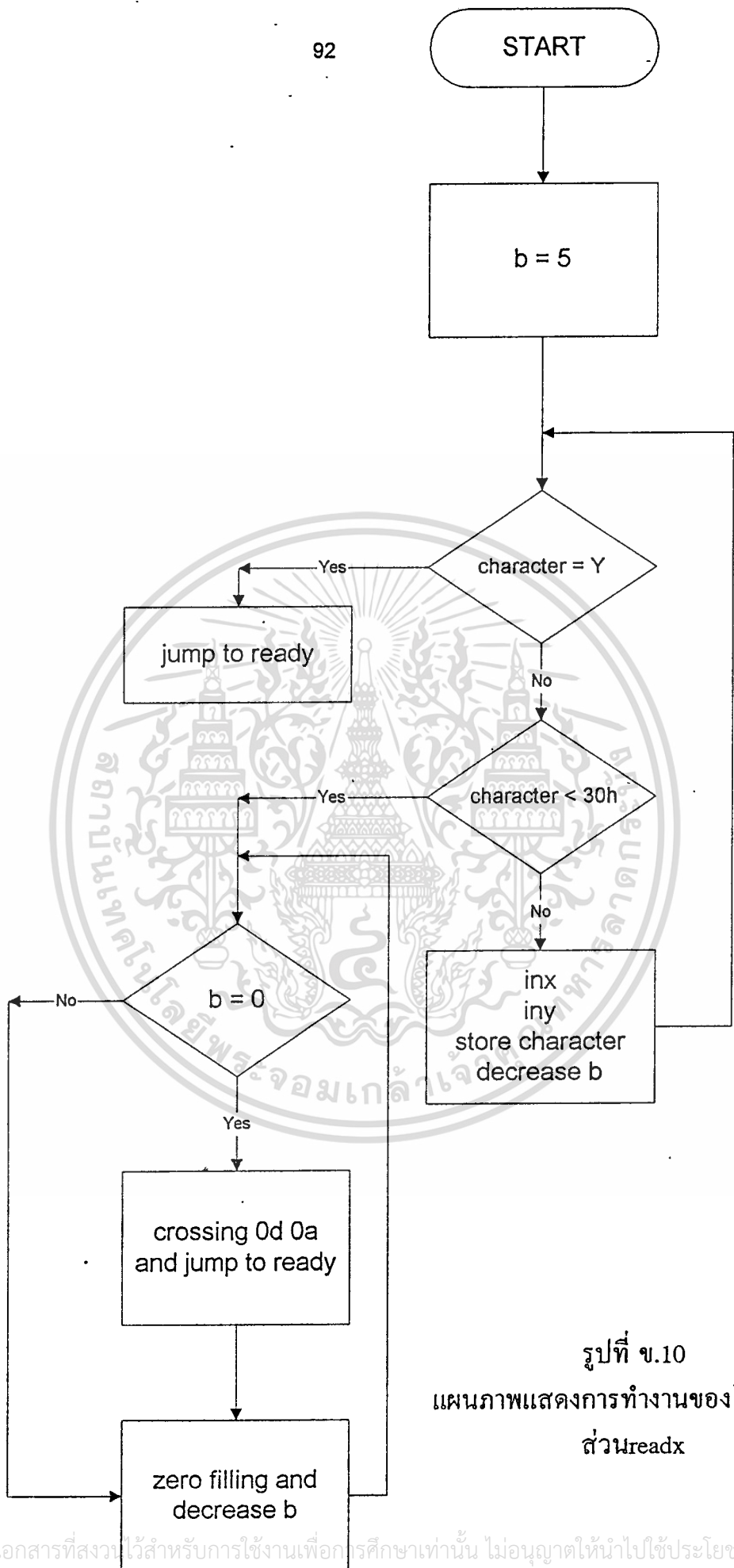


รูปที่ ข.8 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน newxy

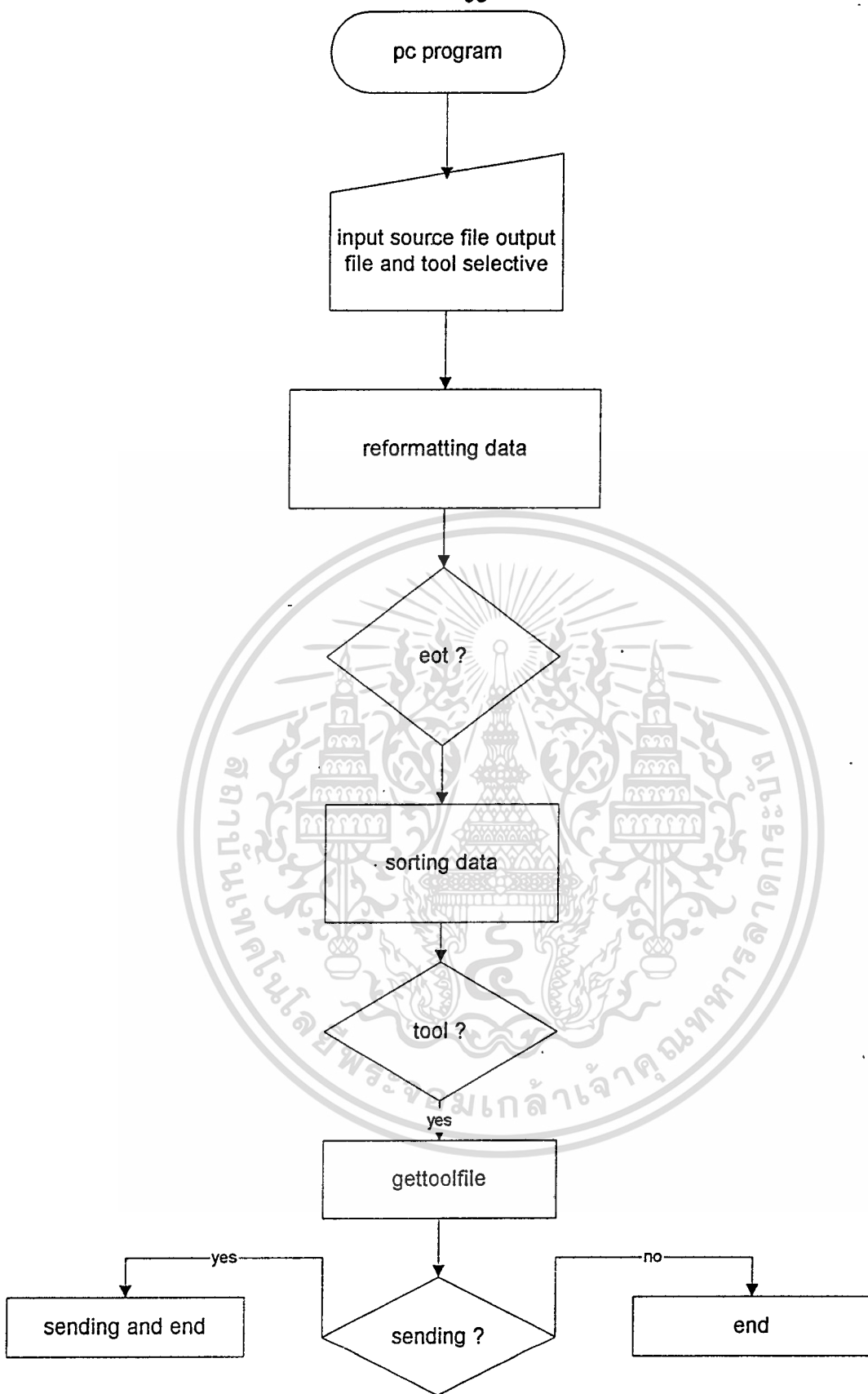


รูปที่ ข.9 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน offset

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.10  
แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรม  
ส่วนreadx

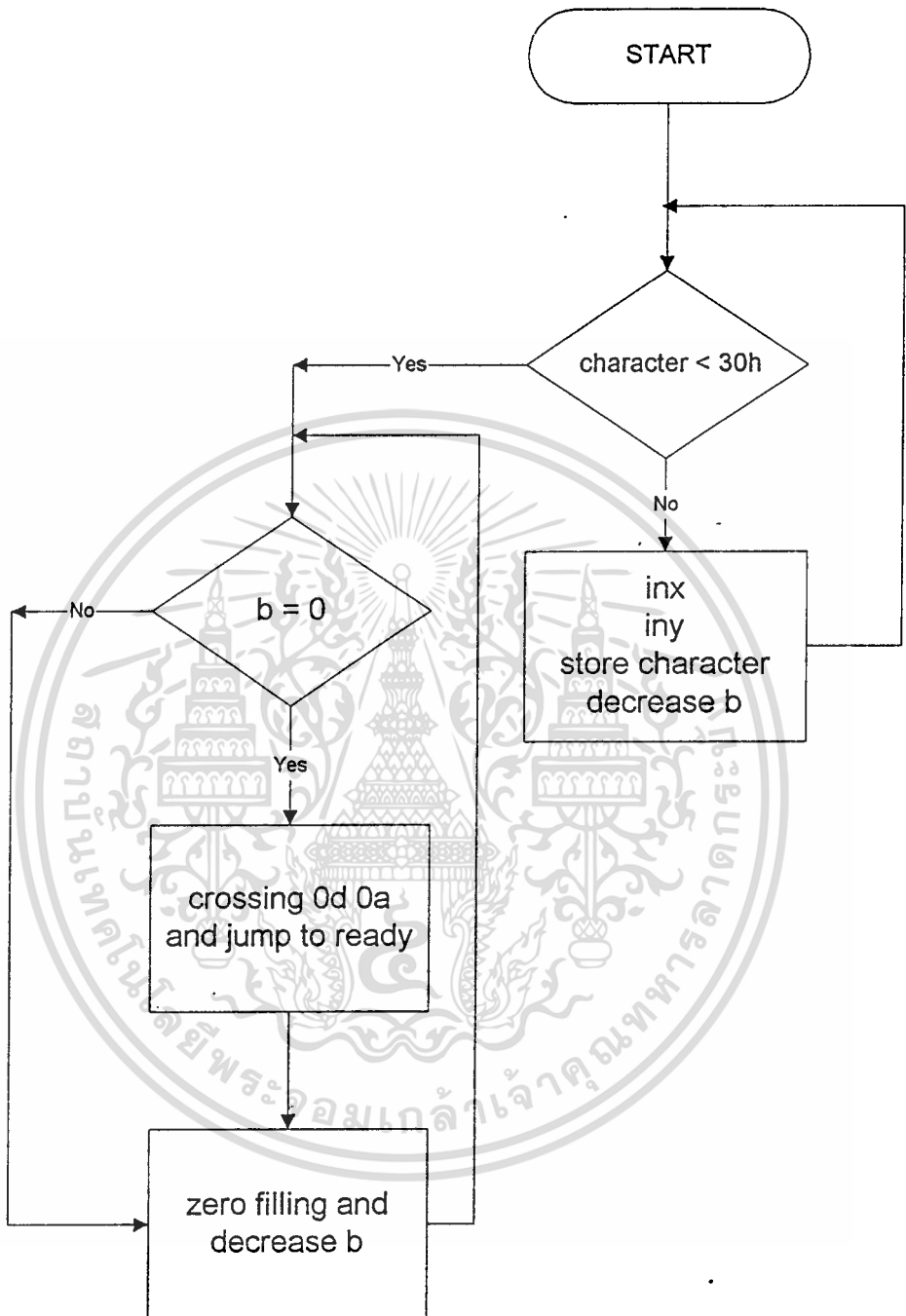


รูปที่ ข.11

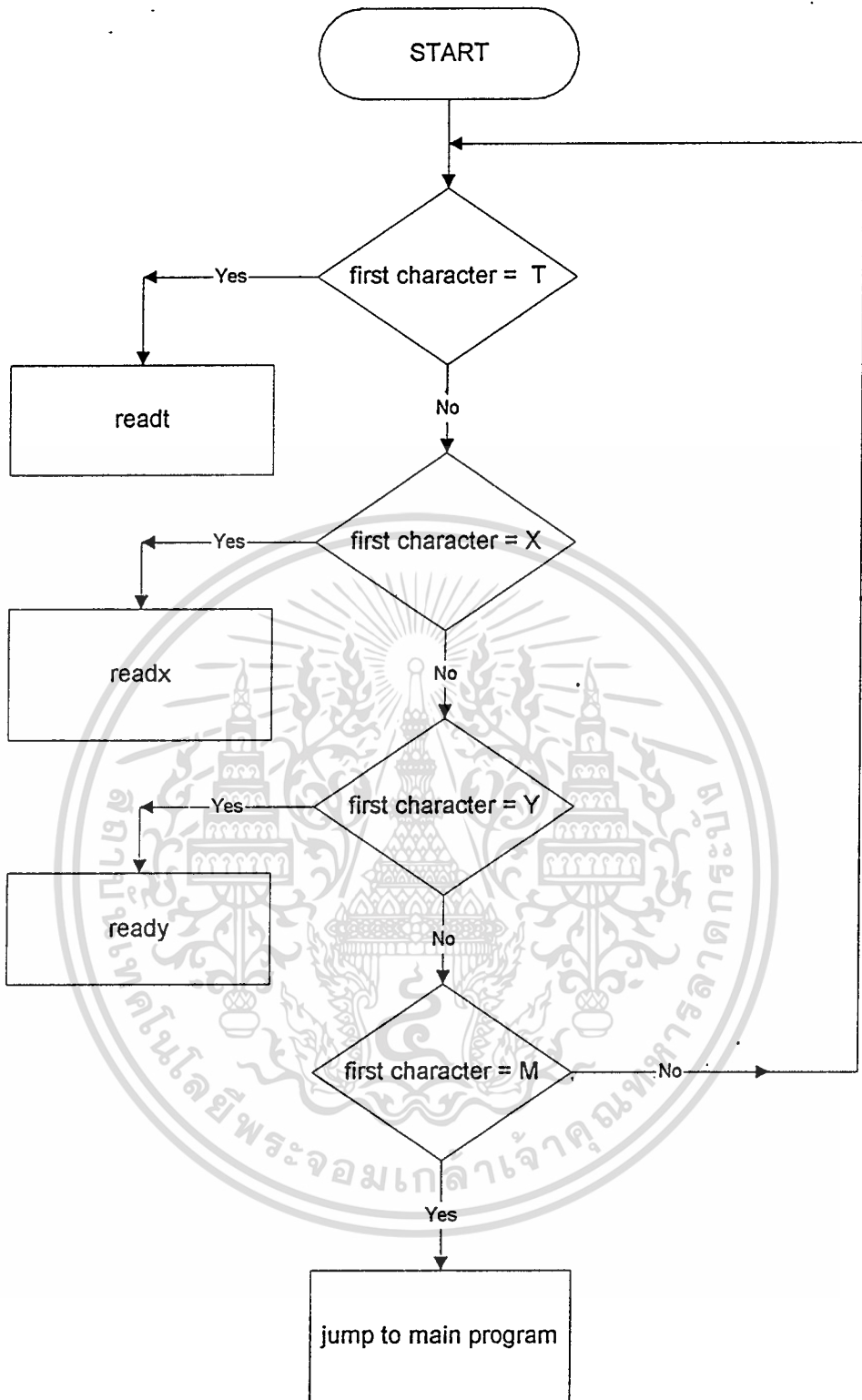
แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมจัดเรียงตำแหน่งการเจาะ

ในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

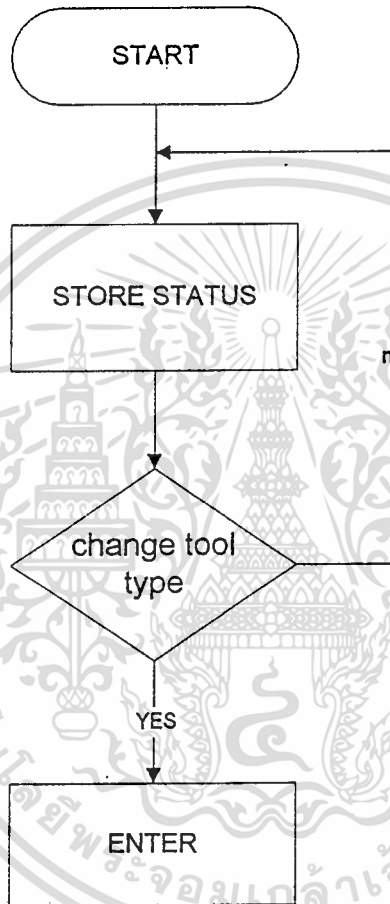


รูปที่ ข.12 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน ready



รูปที่ ข.13 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน search

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.14 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมส่วน tool

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

### แสดงรายละเอียดของอุปกรณ์ต่างๆ ในวงจรต่างๆ

เราได้แบ่งวงจรออกเป็น 4 ส่วน ซึ่งในแต่ละส่วนเราได้มีการใช้อุปกรณ์ต่างๆ มากมาย เราจึงนำรายละเอียดบางส่วนที่สำคัญมาแสดงไว้ในภาคผนวกนี้

- ◆ วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงรายละเอียดของหน่วยประมวลผล MC68HC11
- ◆ วงจรถอดรหัสสัญญาณ แสดงรายละเอียดของ 74LS245 74C293 74LS273 74LS154
- ◆ วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก แสดงรายละเอียดของ ตัวแปลงสัญญาณ DAC0832
- ◆ วงจรขับมอเตอร์สเตปป์ แสดงรายละเอียดของมอเตอร์กำลัง MTP12N10

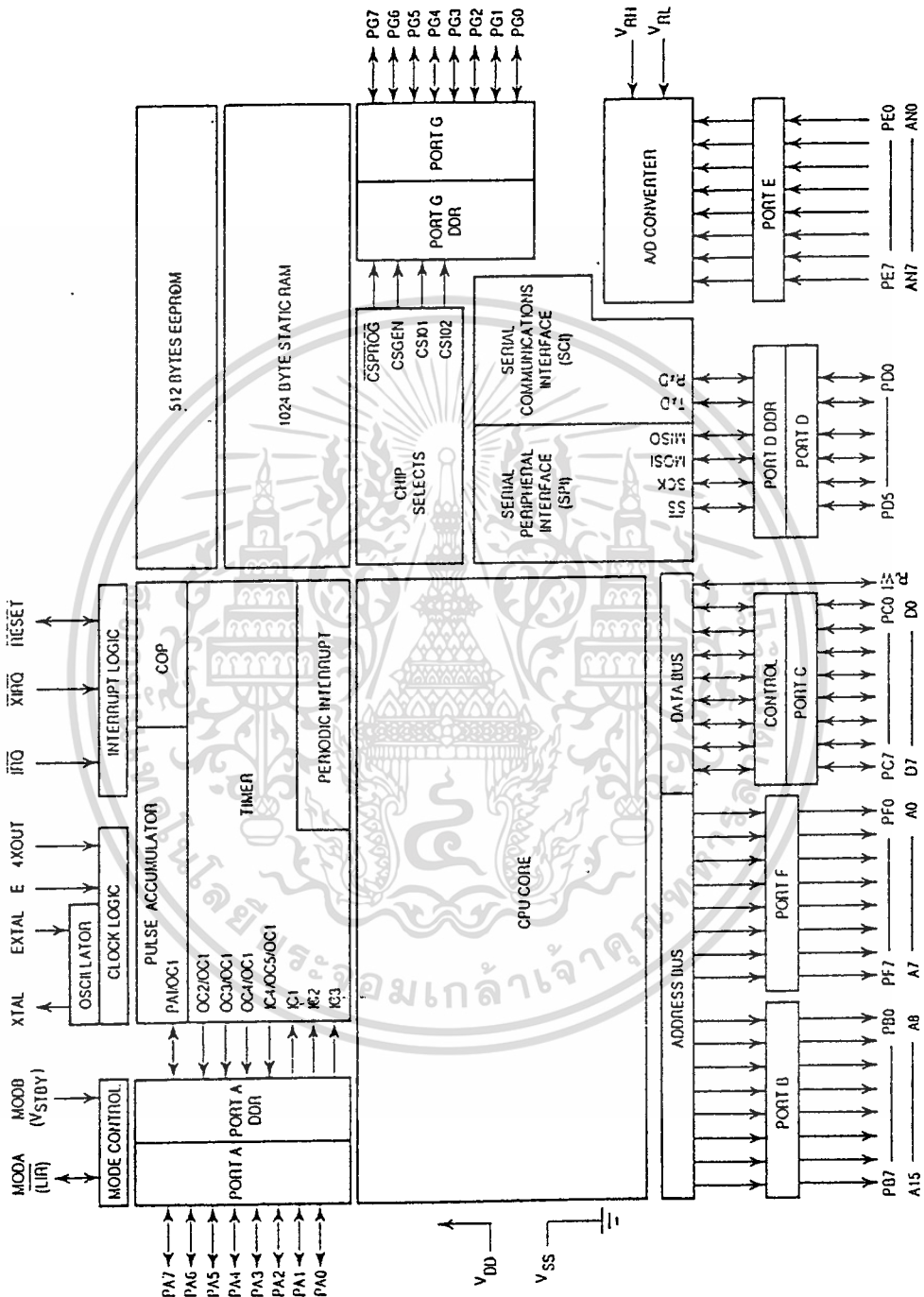


Figure 1-1. Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## SECTION 13

### ELECTRICAL SPECIFICATIONS

This section contains the electrical specifications and associated timing information for the MC68HC11F1 MCU.

#### 13.1 MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	$V_{DD}$	- 0.3 to - 7.0	V
Input Voltage	$V_{in}$	- 0.3 to - 7.0	V
Operating Temperature Range	$T_A$	$T_L$ to $T_H$ - 40 to 85	C
Storage Temperature Range	$T_{std}$	- 55 to 150	C
Current Drain per Pin * Excluding $V_{DD}$ , $V_{SS}$ , $V_{RH}$ , and $V_{RL}$	$I_D$	25	mA

\*One pin at a time, observing maximum power dissipation limits.

This device contains protective circuitry against damage due to high static voltages or electrical fields; however, it is advised that normal precautions be taken to avoid application of any voltages higher than maximum-rated voltages to this high-impedance circuit. Reliability of operation is enhanced if unused inputs are tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either GND or  $V_{DD}$ ).

#### 13.2 THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Value	Unit
Thermal Resistance Plastic 68-Pin Quad Pack (PLCC)	$\theta_{JA}$	50	C/W

#### 13.3 POWER CONSIDERATIONS

The average chip-junction temperature,  $T_J$ , in °C can be obtained from:

$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA}) \quad (1)$$

where:

$T_A$  = Ambient Temperature, °C

$\theta_{JA}$  = Package Thermal Resistance, Junction-to-Ambient, °C/W

$P_D$  =  $P_{INT} - P_{IO}$

$P_{INT}$  =  $I_{DD} \times V_{DD}$ , Watts — Chip Internal Power

$P_{IO}$  = Power Dissipation on Input and Output Pins — User Determined

For most applications  $P_{IO} < P_{INT}$  and can be neglected.

The following is an approximate relationship between  $P_D$  and  $T_J$  (if  $P_{IO}$  is neglected):

$$P_D = K \div (T_J + 273^\circ\text{C}) \quad (2)$$

Solving equations (1) and (2) for K gives:

$$K = P_D \cdot (T_A + 273^\circ\text{C}) + \theta_{JA} \cdot P_D^2 \quad (3)$$

where K is a constant pertaining to the particular part. K can be determined from equation (3) by measuring  $P_D$  (at equilibrium) for a known  $T_A$ . Using this value of K, the values of  $P_D$  and  $T_J$  can be obtained by solving equations (1) and (2) iteratively for any value of  $T_A$ .

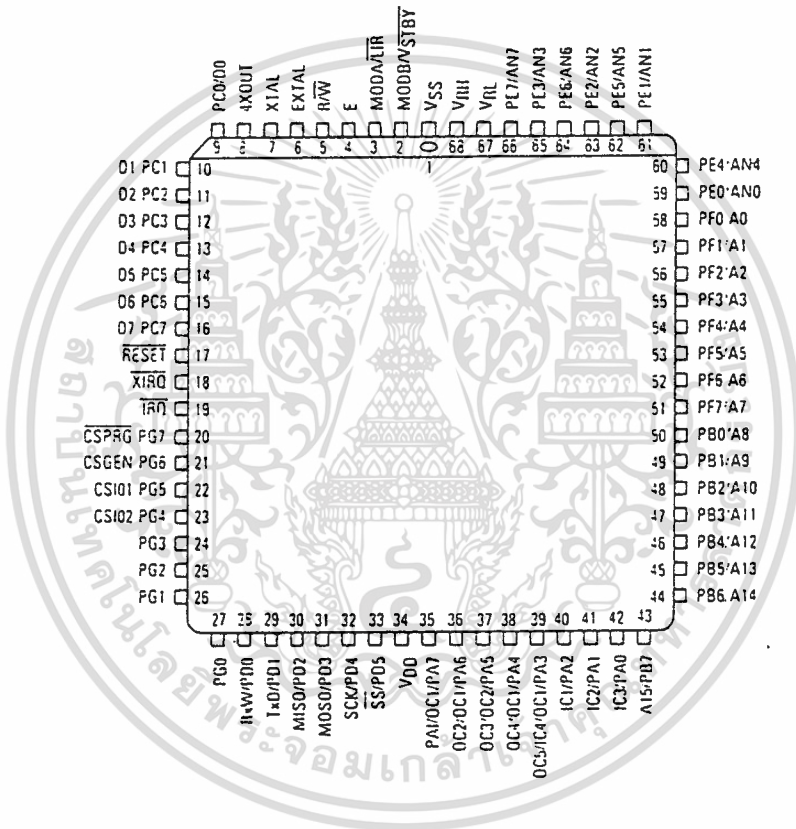
### 13.4 DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $V_{DD} = 5.0 \text{ Vdc} - 10^\circ\text{C}$ ; $V_{SS} = 0 \text{ Vdc}$ , $T_A = T_L$ to $T_H$ , unless otherwise noted)

Characteristics	Symbol	Min	Max	Unit
Output Voltage $I_{Load} = \pm 10.0 \mu\text{A}$ (see Note 1) All Outputs Except $\overline{\text{RESET}}$ and MODA	$V_{OL}$ $V_{OH}$	— $V_{DD} - 0.1$	0.1 —	V
Output High Voltage $I_{Load} = -0.8 \text{ mA}$ , $V_{DD} = 4.5 \text{ V}$ (see Note 1) All Outputs Except $\overline{\text{RESET}}$ , XTAL, and MODA	$V_{OH}$	$V_{DD} \cdot 0.8$	—	V
Output Low Voltage $I_{Load} = 1.6 \text{ mA}$ All Outputs Except XTAL	$V_{OL}$	—	0.4	V
Input High Voltage All Inputs Except $\overline{\text{RESET}}$ $\overline{\text{RESET}}$	$V_{IH}$	$0.7 \cdot V_{DD}$ $0.8 \cdot V_{DD}$	$V_{DD}$ $V_{DD}$	V
Input Low Voltage All Inputs	$V_{IL}$	$V_{SS}$	$0.2 \cdot V_{DD}$	V
I/O Ports, Three-State Leakage $V_{in} = V_{IH}$ or $V_{IL}$ PA7-PA0, PC7-PC0, PD5-PD0, PG7-PG0 MODA LIR, $\overline{\text{RESET}}$	$I_{OZ}$	—	$\pm 10$	$\mu\text{A}$
Input Current (see Note 2) $V_{in} = V_{DD}$ or $V_{SS}$ $V_{in} = V_{DD}$ or $V_{SS}$	$I_{in}$	— —	$\pm 1$ $\pm 10$	$\mu\text{A}$
RAM Standby Voltage Powerdown	$V_{SB}$	4.0	$V_{DD}$	V
RAM Standby Current Powerdown	$I_{SB}$	—	20	$\mu\text{A}$
Total Supply Current (see Note 3) RUN: Single-Chip Mode Expanded-Nonmultiplexed Mode WAIT: (All Peripheral Functions Shut Down) Single-Chip Mode Expanded-Nonmultiplexed Mode STOP: (No Clocks) Single-Chip Mode	$I_{DD}$  $W_{DD}$  $S_{DD}$	— — — —	15 27 6 10	mA mA mA mA
Input Capacitance PE7-PE0, $\overline{\text{IRQ}}$ , $\overline{\text{XIRQ}}$ , EXTAL PA7-PA0, PC7-PC0, PD5-PD0, PG7-PG0, MODA LIR, $\overline{\text{RESET}}$	$C_{in}$	— —	8 12	pF
Power Dissipation Single-Chip Mode Expanded-Nonmultiplexed Mode	$P_D$	— —	85 150	mW

NOTES:

- $V_{OH}$  specification for  $\overline{\text{RESET}}$  and MODA is not applicable because they are open-drain pins.  $V_{OH}$  specification not applicable to ports C, D, and G in wired-OR mode.
- See A/D specifications for leakage current; for port E.
- All ports configured as inputs,  
 $V_{IL} = 0.2 \text{ V}$ ,  
 $V_{IH} = V_{DD} - 0.2 \text{ V}$ ,  
 No dc loads,  
 EXTAL is driven with a square wave, and  
 $t_{cyc} = 476.5 \text{ ns}$ .

## 14.2 PIN ASSIGNMENTS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# SN54/74LS245

**DESCRIPTION** — The SN54LS/74LS245 is an Octal Bus Transmitter/Receiver designed for 8-line asynchronous 2-way data communication between data buses. Direction Input (DIR) controls transmission of Data from bus A to bus B or bus B to bus A depending upon its logic level. The Enable input ( $\bar{E}$ ) can be used to isolate the buses.

## OCTAL BUS TRANSCEIVER

LOW POWER SCHOTTKY

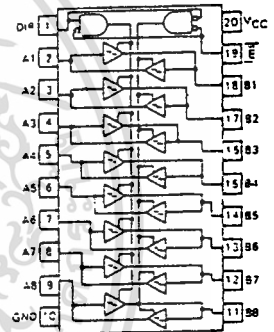
- HYSTERESIS INPUTS TO IMPROVE NOISE IMMUNITY
- 2-WAY ASYNCHRONOUS DATA BUS COMMUNICATION
- INPUT DIODES LIMIT HIGH-SPEED TERMINATION EFFECTS

TRUTH TABLE

INPUTS		OUTPUT
$\bar{E}$	DIR	
L	L	Bus B Data to Bus A
L	H	Bus A Data to Bus B
H	X	Isolation

H = HIGH Voltage Level  
L = LOW Voltage Level  
X = Immaterial

LOGIC AND CONNECTION DIAGRAM  
DIP (TOP VIEW)



J Suffix — Case 732-03 (Ceramic)  
N Suffix — Case 738-03 (Plastic)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54/74LS245

GUARANTEED OPERATING RANGES

SYMBOL	PARAMETER				MIN	TYP	MAX	UNIT
V <sub>CC</sub>	Supply Voltage	54	74		4.5	5.0	5.5	V
					4.75	5.0	5.25	
T <sub>A</sub>	Operating Ambient Temperature Range	54	74		-55	25	125	°C
					0	25	70	
I <sub>OH</sub>	Output Current — High	54,74					-3.0	mA
		54	74				-12 -15	
I <sub>OL</sub>	Output Current — Low	54	74				12 24	mA

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

SYMBOL	PARAMETER	LIMITS			UNITS	TEST CONDITIONS	
		MIN	TYP	MAX			
V <sub>IH</sub>	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs	
V <sub>IL</sub>	Input LOW Voltage	54		0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs	
		74		0.8			
V <sub>T+</sub> - V <sub>T-</sub>	Hysteresis	0.2	0.4		V	V <sub>CC</sub> = MIN	
V <sub>IK</sub>	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>IN</sub> = -18 mA	
V <sub>OH</sub>	Output HIGH Voltage	54,74	2.4	3.4	V	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>OH</sub> = -3.0 mA	
		54,74	2.0		V	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>OH</sub> = MAX	
V <sub>OL</sub>	Output LOW Voltage	54,74	0.25	0.4	V	I <sub>OL</sub> = 12 mA	
		74	0.35	0.5	V	I <sub>OL</sub> = 24 mA V <sub>CC</sub> = V <sub>CC</sub> MIN, V <sub>IN</sub> = V <sub>IL</sub> or V <sub>IH</sub> per Truth Table	
I <sub>OZH</sub>	Output Off Current HIGH			20	μA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>OUT</sub> = 2.7 V	
I <sub>OZL</sub>	Output Off Current LOW			-200	μA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>OUT</sub> = 0.4 V	
I <sub>IH</sub>	Input HIGH Current	A or B, DR or $\bar{E}$			20	μA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 2.7 V
		DR or $\bar{E}$			0.1	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 7.0 V
		A or B			0.1	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 5.5 V
I <sub>IL</sub>	Input LOW Current			-0.2	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 0.4 V	
I <sub>OS</sub>	Output Short Circuit Current	-40		-225	mA	V <sub>CC</sub> = MAX	
I <sub>CC</sub>	Power Supply Current Total, Output HIGH			70	mA	V <sub>CC</sub> = MAX	
	Total, Output LOW			90			
	Total at HIGH Z			95			

AC CHARACTERISTICS: T<sub>A</sub> = 25°C, V<sub>CC</sub> = 5.0V

SYMBOL	PARAMETER	LIMITS			UNITS	TEST CONDITIONS
		MIN	TYP	MAX		
t <sub>PLH</sub>	Propagation Delay, Data to Output		8.0	12	ns	C <sub>L</sub> = 45 pF R <sub>L</sub> = 667 Ω
t <sub>PHL</sub>			8.0	12		
t <sub>PZH</sub>	Output Enable Time to HIGH Level		25	40	ns	
t <sub>PZL</sub>	Output Enable Time to LOW Level		27	40		
t <sub>PLZ</sub>	Output Disable Time from LOW Level		15	25	ns	C <sub>L</sub> = 5.0 pF R <sub>L</sub> = 667 Ω
t <sub>PHZ</sub>	Output Disable Time from HIGH Level		15	25		

FAST AND LS TTL DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## MM54C922/MM74C922 16-Key Encoder MM54C923/MM74C923 20-Key Encoder

### general description

These CMOS key encoders provide all the necessary logic to fully encode an array of SPST switches. The keyboard scan can be implemented by either an external clock or external capacitor. These encoders also have on-chip pull-up devices which permit switches with up to 50 k $\Omega$  on resistance to be used. No diodes in the switch array are needed to eliminate ghost switches. The internal debounce circuit needs only a single external capacitor and can be defeated by omitting the capacitor. A Data Available output goes to a high level when a valid keyboard entry has been made. The Data Available output returns to a low level when the entered key is released, even if another key is depressed. The Data Available will return high to indicate acceptance of the new key after a normal debounce period; this two key roll over is provided between any two switches.

An internal register remembers the last key pressed even after the key is released. The TRI-STATE<sup>®</sup> outputs

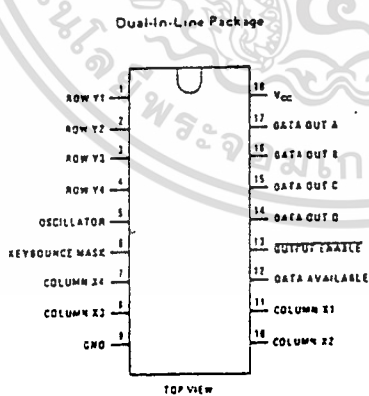
provide for easy expansion and bus operation and are LPTTL compatible.

### features

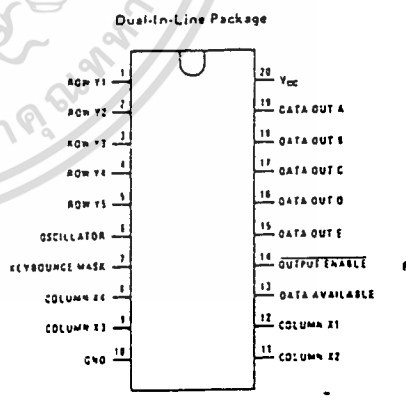
- 50 k $\Omega$  maximum switch on resistance
- On or off chip clock
- On chip row pull-up devices
- 2 key roll-over
- Keybounce elimination with single capacitor
- Last key register at outputs
- TRI-STATE outputs LPTTL compatible
- Wide supply range
- Low power consumption

3V to 15V

### connection diagrams



Order Number MM54C922N  
or MM74C922N  
See Package 20



Order Number MM54C923N  
or MM74C923N  
See Package 20A

### absolute maximum ratings

Voltage at Any Pin	$V_{CC} - 0.3V$ to $V_{CC} + 0.3V$	Package Dissipation	500 mW
Operating Temperature Range	55°C in -125°C	Operating $V_{CC}$ Range	3V to 15V
MM54C922, MM54C923	40°C to +85°C	$V_{CC}$	18V
MM74C922, MM74C923	65°C in -150°C	Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C
Storage Temperature Range			

### dc electrical characteristics

Min/max limits apply across temperature range unless otherwise noted

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
<b>CMOS TO CMOS</b>						
$V_{T+}$	Positive-Going Threshold Voltage at Osc and KBM Inputs	$V_{CC} = 5V, I_{IN} \geq 0.7mA$	3	3.6	4.3	V
		$V_{CC} = 10V, I_{IN} \geq 1.4mA$	6	6.6	8.8	V
		$V_{CC} = 15V, I_{IN} \geq 2.1mA$	9	10	12.9	V
$V_{T-}$	Negative-Going Threshold Voltage at Osc and KBM Inputs	$V_{CC} = 5V, I_{IN} \geq 0.7mA$	0.7	1.4	2	V
		$V_{CC} = 10V, I_{IN} \geq 1.4mA$	1.4	3.2	4	V
		$V_{CC} = 15V, I_{IN} \geq 2.1mA$	2.1	5	6	V
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage, Except Osc and KBM Inputs	$V_{CC} = 5V$	3.5	4.5		V
		$V_{CC} = 10V$	8	9		V
		$V_{CC} = 15V$	12.5	13.5		V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage, Except Osc and KBM Inputs	$V_{CC} = 5V$		0.5	1.5	V
		$V_{CC} = 10V$		1	2	V
		$V_{CC} = 15V$		1.5	2.5	V
$I_{p}$	Row Pull-Up Current at Y1, Y2, Y3, Y4 and Y5 Inputs	$V_{CC} = 5V, V_{IN} = 0.1V_{CC}$		-2	5	$\mu A$
		$V_{CC} = 10V$		-10	20	$\mu A$
		$V_{CC} = 15V$		-22	45	$\mu A$
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$V_{CC} = 5V, I_O = 10\mu A$		4.5		V
		$V_{CC} = 10V, I_O = 10\mu A$		9		V
		$V_{CC} = 15V, I_O = 10\mu A$		13.5		V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	$V_{CC} = 5V, I_O = 10\mu A$			0.5	V
		$V_{CC} = 10V, I_O = 10\mu A$			1	V
		$V_{CC} = 15V, I_O = 10\mu A$			1.5	V
$R_{on}$	Column "ON" Resistance at X1, X2, X3 and X4 Outputs	$V_{CC} = 5V, V_O = 0.5V$		300	1400	$\Omega$
		$V_{CC} = 10V, V_O = 1V$		300	700	$\Omega$
		$V_{CC} = 15V, V_O = 1.5V$		200	500	$\Omega$
$I_{CC}$	Supply Current	$V_{CC} = 5V, \text{Osc at } 0V$		0.55	1.1	mA
		$V_{CC} = 10V$		1.1	1.9	mA
		$V_{CC} = 15V$		1.7	2.6	mA
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current at Output Enable	$V_{CC} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.005	1.0	$\mu A$
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current at Output Enable	$V_{CC} = 15V, V_{IN} = 0V$	1.0	0.005		$\mu A$
<b>CMOS/LPTTL INTERFACE</b>						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage, Except Osc and KBM inputs	54C, $V_{CC} = 4.5V$ 74C, $V_{CC} = 4.75V$	$V_{CC} - 1.5$ $V_{CC} - 1.5$			V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage, Except Osc and KBM Inputs	54C, $V_{CC} = 4.5V$ 74C, $V_{CC} = 4.75V$			0.8 0.9	V
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	54C, $V_{CC} = 4.5V,$ $I_O = -360\mu A$ 74C, $V_{CC} = 4.75V,$ $I_O = -360\mu A$	2.4 2.4			V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	54C, $V_{CC} = 4.5V,$ $I_O = -360\mu A$ 74C, $V_{CC} = 4.75V$ $I_O = -360\mu A$			0.4 0.4	V

dc electrical characteristics (con't)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>OUTPUT DRIVE (See 54C/74C Family Characteristics Data Sheet)</b>					
ISOURCE Output Source Current (P-Channel)	VCC = 5V, VOUT = 0V, TA = 25°C	-1.75	-3.3		mA
ISOURCE Output Source Current (P-Channel)	VCC = 10V, VOUT = 0V, TA = 25°C	-8	-15		mA
ISINK Output Sink Current (N-Channel)	VCC = 5V, VOUT = VCC, TA = 25°C	1.75	3.6		mA
ISINK Output Sink Current (N-Channel)	VCC = 10V, VOUT = VCC, TA = 25°C	8	16		mA

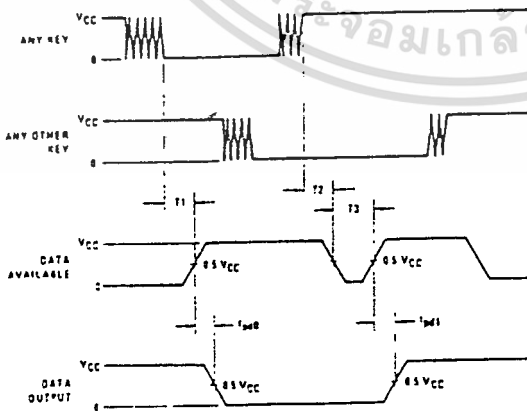
ac electrical characteristics TA = 25°C

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
t <sub>pd0</sub> , t <sub>pd1</sub> Propagation Delay Time to Logical "0" or Logical "1" from D.A.	CL = 50 pF, (Figure 1) VCC = 5V VCC = 10V VCC = 15V		60 35 25	150 80 60	ns ns ns
t <sub>QH</sub> , t <sub>1H</sub> Propagation Delay Time from Logical "0" or Logical "1" into High Impedance State	RL = 10k, CL = 5 pF, (Figure 2) VCC = 5V, RL = 10k VCC = 10V, CL = 10 pF VCC = 15V		80 65 50	200 150 110	ns ns ns
t <sub>H0</sub> , t <sub>H1</sub> Propagation Delay Time from High Impedance State to a Logical "0" or Logical "1"	RL = 10k, CL = 50 pF, (Figure 2) VCC = 5V, RL = 10k VCC = 10V, CL = 50 pF VCC = 15V		100 55 40	250 125 90	ns ns ns
CIN Input Capacitance	Any Input, (Note 2)		5	7.5	pF
COU <sub>T</sub> TRI-STATE Output Capacitance	Any Output, (Note 2)		10		pF

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. Except for "Operating Temperature Range" they are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The table of "Electrical Characteristics" provides conditions for actual device operation.

Note 2: Capacitance is guaranteed by periodic testing.

switching time waveforms



T1 ≈ T2 ≈ RC, T3 ≈ 0.7 RC where R = 10k and C is external capacitor at KBM input.

FIGURE 1

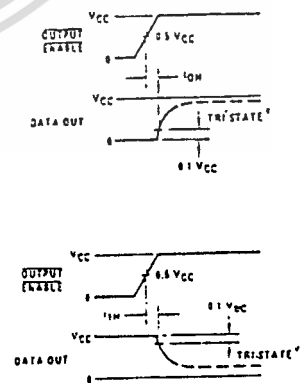
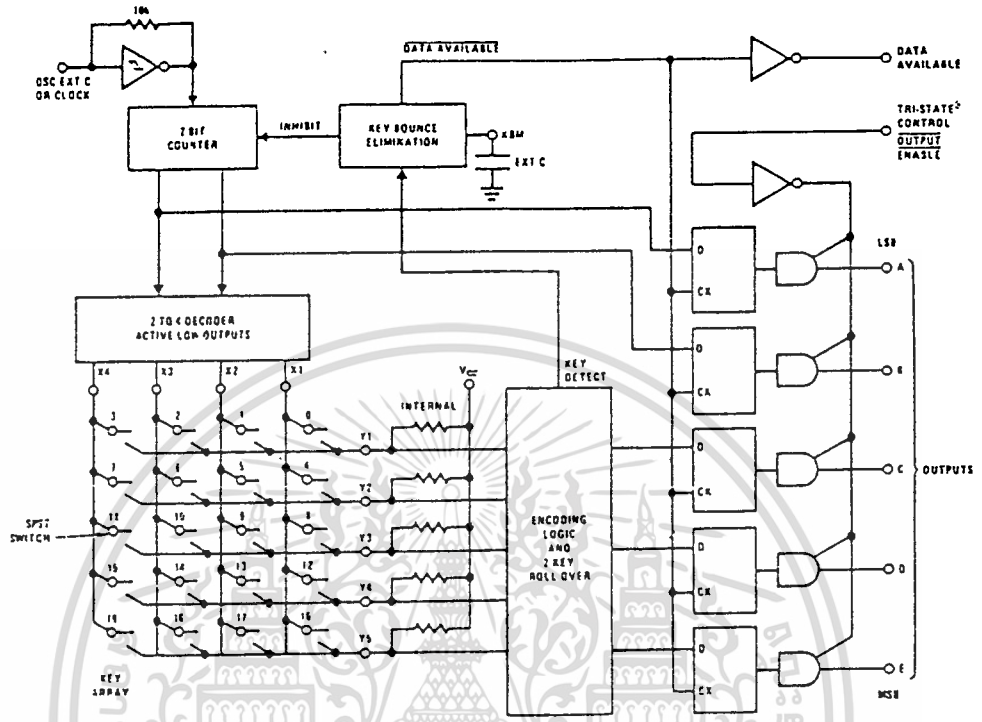


FIGURE 2

block diagram

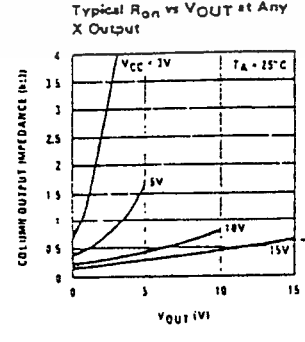
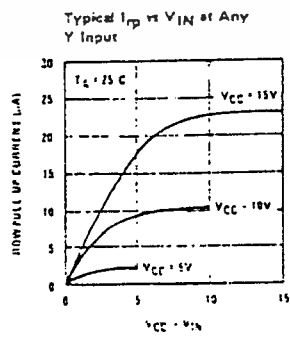


truth table

SWITCH POSITION	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Y1 X1	Y1 X2	Y1 X3	Y1 X4	Y2 X1	Y2 X2	Y2 X3	Y2 X4	Y3 X1	Y3 X2	Y3 X3	Y3 X4	Y4 X1	Y4 X2	Y4 X3	Y4 X4	Y5 X1	Y5 X2	Y5 X3	Y6 X4
D	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
A	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
B	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
U F <sup>a</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

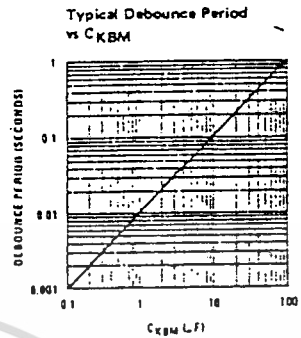
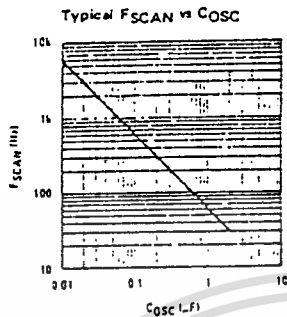
<sup>a</sup>Omit for MM54C922/MM74C922

typical performance characteristics



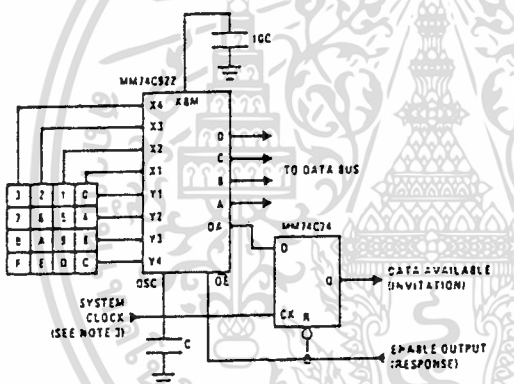
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## typical performance characteristics (con't)

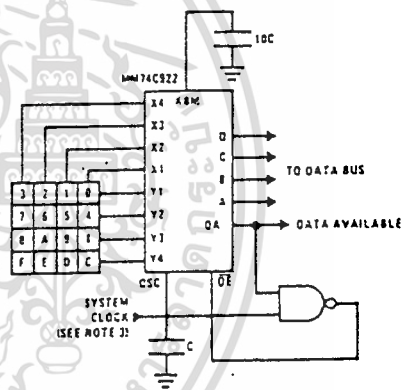


## typical applications

Synchronous Handshake (MM74C92Z)

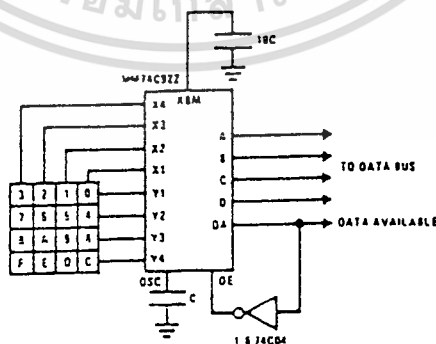


Synchronous Data Entry Onto Bus (MM74C92Z)



Outputs are enabled when valid entry is made and go into TRI-STATE when key is released.

Asynchronous Data Entry Onto Bus (MM74C92Z)



Outputs are in TRI STATE until key is pressed, then data is placed on bus. When key is released, outputs return to TRI-STATE.

Keyboard Suppliers  
 Mini Key Series KL  
 Digitran Company  
 Pasadena, California  
 Computronics Engineering  
 7235 Hollywood Blvd  
 Hollywood, California 90046

Note 3: The keyboard may be synchronously scanned by omitting the capacitor at osc, and driving osc, directly if the system clock rate is lower than 10 kHz.



# SN54/74LS273

**DESCRIPTION** — The SN54LS/74LS273 is a high-speed 8-Bit Register. The register consists of eight D-Type Flip-Flops with a Common Clock and an asynchronous active LOW Master Reset. This device is supplied in a 20-pin package featuring 0.3 inch lead spacing.

- 8-BIT HIGH SPEED REGISTER
- PARALLEL REGISTER
- COMMON CLOCK AND MASTER RESET
- INPUT CLAMP DIODES LIMIT HIGH-SPEED TERMINATION EFFECTS

OCTAL D FLIP-FLOP WITH CLEAR

LOW POWER SCHOTTKY

### PIN NAMES

CP Clock (Active HIGH Going Edge) Input  
 D<sub>0</sub>-D<sub>7</sub> Data Inputs  
 MR Master Reset (Active LOW) Input  
 Q<sub>0</sub>-Q<sub>7</sub> Register Outputs (Note b)

### LOADING (Note a)

	HIGH	LOW
CP	0.5 U.L.	0.25 U.L.
D <sub>0</sub> -D <sub>7</sub>	0.5 U.L.	0.25 U.L.
MR	0.5 U.L.	0.25 U.L.
Q <sub>0</sub> -Q <sub>7</sub>	10 U.L.	5(2.5) U.L.

### NOTES:

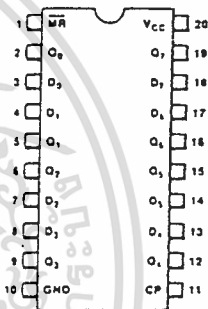
- a 1 TTL Unit Load (U.L.) = 40 μA HIGH/1.8 mA LOW.  
 b The Output LOW drive factor is 2.5 U.L. for Military (54) and 5 U.L. for Commercial (74) Temperature Ranges.

### TRUTH TABLE

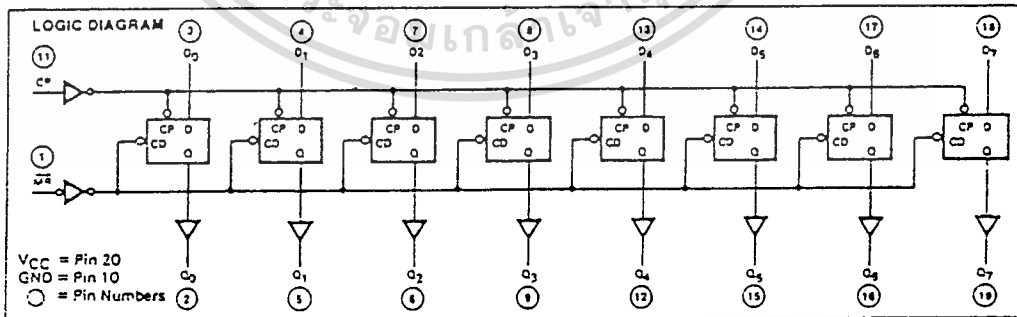
MR	CP	D <sub>x</sub>	Q <sub>x</sub>
L	X	X	L
H	↓	H	H
H	↓	L	L

H = High Logic Level  
 L = Low Logic Level  
 X = Immaterial

### CONNECTION DIAGRAM DIP (TOP VIEW)



J Suffix — Case 732-03 (Ceramic)  
 N Suffix — Case 738-03 (Plastic)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54/74LS273

**FUNCTIONAL DESCRIPTION** — The SN54LS/74LS273 is an 8-Bit Parallel Register with a common Clock and common Master Reset.

When the  $\overline{MR}$  input is LOW, the Q outputs are LOW, independent of the other inputs. Information meeting the setup and hold time requirements of the D inputs is transferred to the Q outputs on the LOW-to-HIGH transition of the clock input.

**GUARANTEED OPERATING RANGES**

SYMBOL	PARAMETER		MIN	TYP	MAX	UNIT
V <sub>CC</sub>	Supply Voltage	54 74	4.5 4.75	5.0 5.0	5.5 5.25	V
T <sub>A</sub>	Operating Ambient Temperature Range	54 74	-55 0	25 25	125 70	°C
I <sub>OH</sub>	Output Current — High	54,74			-0.4	mA
I <sub>OL</sub>	Output Current — Low	54 74			4.0 8.0	mA

**DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE** (unless otherwise specified)

SYMBOL	PARAMETER	LIMITS			UNITS	TEST CONDITIONS
		MIN	TYP	MAX		
V <sub>IH</sub>	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs
V <sub>IL</sub>	Input LOW Voltage	54		0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs
		74		0.8		
V <sub>IK</sub>	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>IN</sub> = -18 mA
V <sub>OH</sub>	Output HIGH Voltage	54	2.5	3.5	V	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>OH</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = V <sub>IH</sub> or V <sub>IL</sub> per Truth Table
		74	2.7	3.5	V	
V <sub>OL</sub>	Output LOW Voltage	54,74	0.25	0.4	V	I <sub>OL</sub> = 4.0 mA V <sub>CC</sub> = V <sub>CC</sub> MIN, V <sub>IN</sub> = V <sub>IL</sub> or V <sub>IH</sub> per Truth Table
		74	0.35	0.5	V	
I <sub>IH</sub>	Input HIGH Current			20	µA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 2.7 V
I <sub>IL</sub>	Input LOW Current			0.1	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 7.0 V
I <sub>OS</sub>	Short Circuit Current	-20		-100	mA	V <sub>CC</sub> = MAX
I <sub>CC</sub>	Power Supply Current			27	mA	V <sub>CC</sub> = MAX

5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54/74LS273

AC CHARACTERISTICS:  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5.0\text{ V}$

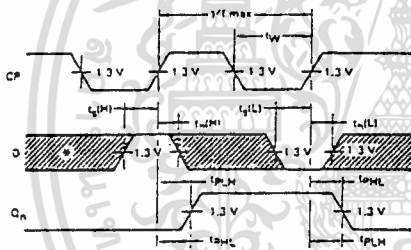
SYMBOL	PARAMETER	LIMITS			UNITS	TEST CONDITIONS
		MIN	TYP	MAX		
$f_{MAX}$	Maximum Input Clock Frequency	30	40		MHz	Fig. 1
$t_{PHL}$	Propagation Delay, MR to Q Output		18	27	ns	Fig. 2
$t_{PLH}$	Propagation Delay, Clock to Output		17	27	ns	Fig. 1
$t_{PHL}$	Propagation Delay, Clock to Output		18	27	ns	Fig. 1

AC SETUP REQUIREMENTS:  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5.0\text{ V}$

SYMBOL	PARAMETER	LIMITS			UNITS	TEST CONDITIONS
		MIN	TYP	MAX		
$t_w$	Pulse Width, Clock or Clear	20			ns	Fig. 1
$t_s$	Data Setup Time	20			ns	Fig. 1
$t_h$	Hold Time	5.0			ns	Fig. 1
$t_{rec}$	Recovery Time	25			ns	Fig. 2

AC WAVEFORMS

CLOCK TO OUTPUT DELAYS, CLOCK PULSE WIDTH, FREQUENCY, SETUP AND HOLD TIMES DATA TO CLOCK



\* The shaded areas indicate when the input is permitted to change for predictable output performance.

Fig. 1

MASTER RESET TO OUTPUT DELAY, MASTER RESET PULSE WIDTH, AND MASTER RESET RECOVERY TIME

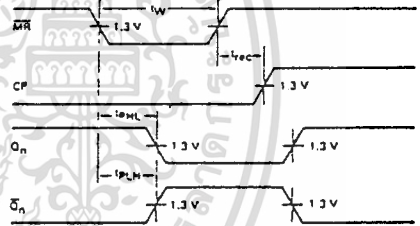


Fig. 2

DEFINITION OF TERMS:

SETUP TIME ( $t_s$ ) — is defined as the minimum time required for the correct logic level to be present at the logic input prior to the clock transition from LOW-to-HIGH in order to be recognized and transferred to the outputs.

HOLD TIME ( $t_h$ ) — is defined as the minimum time following the clock transition from LOW-to-HIGH that the logic level must be maintained at the input in order to ensure continued recognition. A negative HOLD TIME indicates that the correct logic level may be released prior to the clock transition from LOW-to-HIGH and still be recognized.

RECOVERY TIME ( $t_{rec}$ ) — is defined as the minimum time required between the end of the reset pulse and the clock transition from LOW-to-HIGH in order to recognize and transfer HIGH data to the Q outputs.

FAST AND LS TTL DATA





## DAC0830/DAC0831/DAC0832 8-Bit $\mu$ P Compatible, Double-Buffered D to A Converters

### General Description

The DAC0830 is an advanced CMOS/Si-Cr 8-bit multiplying DAC designed to interface directly with the 8080, 8048, 8085, Z80\*, and other popular microprocessors. A deposited silicon-chromium R-2R resistor ladder network divides the reference current and provides the circuit with excellent temperature tracking characteristics (0.05% of Full Scale Range maximum linearity error over temperature). The circuit uses CMOS current switches and control logic to achieve low power consumption and low output leakage current errors. Special circuitry provides TTL logic input voltage level compatibility.

Double buffering allows these DACs to output a voltage corresponding to one digital word while holding the next digital word. This permits the simultaneous updating of any number of DACs.

The DAC0830 series are the 8-bit members of a family of microprocessor-compatible DACs (MICRO-DAC™). For applications demanding higher resolution, the DAC1000 series (10-bit) and the DAC1208 and DAC1230 (12-bit) are available alternatives.

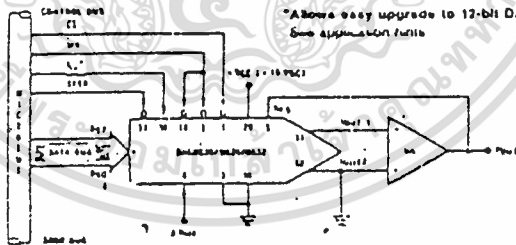
### Features

- Double-buffered, single-buffered or flow-through digital data inputs
- Easy interchange and pin-compatible with 12-bit DAC1230 series
- Direct interface to all popular microprocessors
- Linearity specified with zero and full scale adjust only—NOT BEST STRAIGHT LINE FIT.
- Works with  $\pm 10V$  reference-full 4-quadrant multiplication
- Can be used in the voltage switching mode
- Logic inputs which meet TTL voltage level specs (1.4V logic threshold)
- Operates "STAND ALONE" (without  $\mu$ P) if desired
- Available in 20-pin small-outline or molded chip carrier package

### Key Specifications:

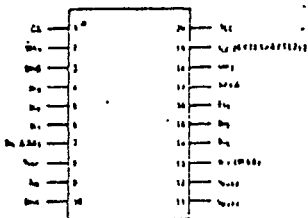
■ Current settling time	1 $\mu$ s
■ Resolution	8 bits
■ Linearity (guaranteed over temp.)	8, 9, or 10 bits
■ Gain Tempco	0.0002% FS/°C
■ Low power dissipation	20 mW
■ Single power supply	5 to 15 V <sub>CC</sub>

### Typical Application



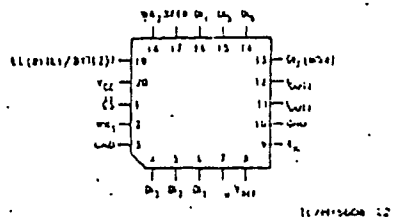
### Connection Diagrams (Top Views)

Dual-In-Line and Small-Outline Packages



|| This is necessary for the 12-bit DAC1230 series to permit interchanging from an 8-bit to a 12-bit DAC with the IC board changes and no software changes. See application section

Molded Chip Carrier Package



11/77/5408-21

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

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

Supply Voltage ( $V_{CC}$ )	17 V <sub>DC</sub>
Voltage at Any Digital Input	$V_{CC}$ to GND
Voltage at $V_{REF}$ Input	$\pm 25V$
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at $T_A = 25^\circ C$ (Note 3)	500 mW
DC Voltage Applied to $I_{OUT1}$ or $I_{OUT2}$ (Note 4)	-100 mV to $V_{CC}$
ESD Susceptibility (Note 14)	800V

Lead Temperature (soldering, 10 sec.)	260°C
Dual-In-Line Package (plastic)	300°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	
Surface Mount Package	215°C
Vapor Phase (60 sec.)	220°C
Infrared (15 sec.)	

### Operating Conditions

Temperature Range	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
Part numbers with 'LCN' suffix	0°C to +70°C
Part numbers with 'LCWM' suffix	0°C to +70°C
Part numbers with 'LCV' suffix	0°C to +70°C
Part numbers with 'LCJ' suffix	-40°C to +85°C
Part numbers with 'LJ' suffix	-55°C to +125°C
Voltage at Any Digital Input	$V_{CC}$ to GND

Electrical Characteristics  $V_{REF} = 10,000 V_{CC}$  unless otherwise noted. Boldface limits apply over temperature,  $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ . For all other limits  $T_A = 25^\circ C$ .

Parameter	Conditions	See Note	$V_{CC} = 4.75 V_{CC}$ $V_{CC} = 15.75 V_{CC}$		$V_{CC} = 5 V_{CC} \pm 5\%$ $V_{CC} = 12 V_{CC} \pm 5\%$ to $16 V_{CC} \pm 5\%$		Unit
			Typ (Note 12)	Tested Limit (Note 6)	Design Limit (Note 6)		
<b>CONVERTER CHARACTERISTICS</b>							
Resolution			8	8	8		bits
Linearity Error Max	Zero and full scale adjusted $-10V \leq V_{REF} \leq +10V$	4, 8					% FSR
DAC0830LJ & LCJ				0.05	0.08		% FSR
DAC0832LJ & LCJ				0.1	0.2		% FSR
DAC0830LCN, LCWM & LCV				0.05	0.08		% FSR
DAC0831LCN				0.1	0.1		% FSR
DAC0832LCN, LCWM & LCV				0.2	0.2		% FSR
Differential Nonlinearity Max	Zero and full scale adjusted $-10V \leq V_{REF} \leq +10V$	4, 8					% FSR
DAC0830LJ & LCJ				0.1	0.1		% FSR
DAC0832LJ & LCJ				0.1	0.4		% FSR
DAC0830LCN, LCWM & LCV				0.1	0.1		% FSR
DAC0831LCN				0.2	0.2		% FSR
DAC0832LCN, LCWM & LCV				0.1	0.4		% FSR
Monotonicity	$-10V \leq V_{REF} \leq +10V$ LJ & LCJ LCN, LCWM & LCV	4		6 9	8 8		bits bits
Gain Error Max	Using internal $R_{FB}$ $-10V \leq V_{REF} \leq +10V$	7	$\pm 0.2$	$\pm 1$	$\pm 1$		% FS
Gain Error Tempco Max	Using internal $R_{FB}$		0.0002		0.0006		FS/°C
Power Supply Rejection	All digital inputs latched high $V_{CC} = 14.5V$ to $15.5V$ $11.5V$ to $12.5V$ $4.5V$ to $5.5V$		0.0002 0.0006 0.013	0.0025 0.015			% FSR/V
Reference Input	Max		15	20	20		mV
	Min		15	10	10		mV
Output Feedthrough Error	$V_{REF} = 20 V_{p-p}$ , $f = 100 kHz$ All data inputs latched low		3				mV <sub>p-p</sub>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

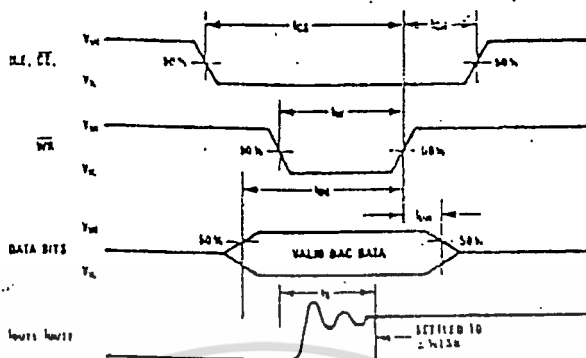
**Electrical Characteristics**  $V_{REF} = 10.000\text{ VDC}$  unless otherwise noted. **Boldface limits apply over temperature,  $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ . For all other limits  $T_A = 25^\circ\text{C}$ .** (Continued)

Symbol	Parameter	Conditions	See Note	$V_{CC} = 15.75\text{ VDC}$			$V_{CC} = 12\text{ VDC} \pm 5\%$ $I_D 15\text{ VDC} \pm 5\%$		$V_{CC} = 4.75\text{ VDC}$		$V_{CC} = 5\text{ VDC} \pm 5\%$		Unit
				Typ (Note 12)	Tested Limit (Note 5)	Design Limit (Note 6)	Typ (Note 12)	Tested Limit (Note 5)	Design Limit (Note 6)	Typ (Note 12)	Tested Limit (Note 5)	Design Limit (Note 6)	
$t_s$	Current Setting Time	$V_{IL} = 0V, V_{IH} = 5V$		1.0				1.0					$\mu$
$t_{w}$	Write and XFER Pulse Width Min	$V_{IL} = 0V, V_{IH} = 5V$	11 9	100	250 320	<b>320</b>		375	600 900	<b>900</b>			
$t_{DS}$	Data Setup Time Min	$V_{IL} = 0V, V_{IH} = 5V$	9	100	250 320	<b>320</b>		375	600 900	<b>900</b>			
$t_{DH}$	Data Hold Time Min	$V_{IL} = 0V, V_{IH} = 5V$	9		30 30				50 50				$n$
$t_{CS}$	Control Setup Time Min	$V_{IL} = 0V, V_{IH} = 5V$	9	110	250 320	<b>320</b>		600	900 1100	<b>1100</b>			
$t_{CH}$	Control Hold Time Min	$V_{IL} = 0V, V_{IH} = 5V$	9	0	0 0	<b>10</b>		0	0 0				

- Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and  $\square$  electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.
- Note 2: All voltages are measured with respect to GND, unless otherwise specified.
- Note 3: The maximum power dissipation must be derated at elevated temperatures and is dictated by  $T_{JMAX}$ ,  $\theta_{JA}$ , and the ambient temperature,  $T_A$ . The maximum allowable power dissipation at any temperature is  $P_D = (T_{JMAX} - T_A)/\theta_{JA}$  of the number given in the Absolute Maximum Ratings, whichever is lower. For the device,  $T_{JMAX} = 125^\circ\text{C}$  (plastic) or  $150^\circ\text{C}$  (ceramic), and the typical junction-to-ambient thermal resistance of the J package when board mounted is  $80^\circ\text{C/W}$ . For the H package, this number increases to  $100^\circ\text{C/W}$  and for the V package this number is  $120^\circ\text{C/W}$ .
- Note 4: For current switching applications, both  $I_{OUT1}$  and  $I_{OUT2}$  must go to ground or the "Virtual Ground" of an operational amplifier. The linearity error is degraded by approximately  $V_{OS} / V_{REF}$ . For example, if  $V_{REF} = 10V$  then a  $1\text{ mV}$  offset,  $V_{OS}$ , on  $I_{OUT1}$  or  $I_{OUT2}$  will introduce an additional 0.01% linearity error.
- Note 5: Tested limits are guaranteed to National's AOQL (Average Outgoing Quality Level).
- Note 6: Guaranteed, but not 100% production tested. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.
- Note 7: Guaranteed at  $V_{REF} = \pm 10\text{ VDC}$  and  $V_{REF} = \pm 1\text{ VDC}$ .
- Note 8: The unit "FSR" stands for "Full Scale Range", "Linearity Error" and "Power Supply Rejection" specs are based on this unit to eliminate dependence on particular  $V_{REF}$  value and to indicate the true performance of the part. The "Linearity Error" specification of the DAC0830 is "0.05% of FSR (MAX)". This guarantees that after performing a zero and full scale adjustment (see Sections 2.5 and 2.8), the plot of the 256 analog voltage outputs will each be within 0.05%  $\cdot V_{REF}$  of a straight line which passes through zero and full scale.
- Note 9: Boldface tested limits apply to the L and LC units only.
- Note 10: A 100nA leakage current with  $R_{in} = 20k$  and  $V_{REF} = 10V$  corresponds to a zero error of  $(100 \times 10^{-9} \times 20 \times 10^3) \times 100/10$  which is 0.02% of FSR.
- Note 11: The errors with pulse input occur within the valid data interval for the specified  $t_{w}$ ,  $t_{DS}$ ,  $t_{CH}$ , and  $t_s$  to apply.
- Note 12: Typicals are at  $25^\circ\text{C}$  and represent most likely parametric norm.
- Note 13: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k $\Omega$  resistor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Timing Waveform



TL793606-2

### Definition of Package Pinouts

Control Signals (All control signals level actuated)

- CS:** Chip Select (active low). The CS in combination with ILE will enable  $WR_1$ .
- ILE:** Input Latch Enable (active high). The ILE in combination with CS enables  $WR_1$ .
- $WR_1$ :** Write 1. The active low  $WR_1$  is used to load the digital input data bits (DI) into the input latch. The data in the input latch is latched when  $WR_1$  is high. To update the input latch—CS and  $WR_1$  must be low while ILE is high.
- $WR_2$ :** Write 2 (active low). This signal, in combination with XFER, causes the 8-bit data which is available in the input latch to transfer to the DAC register.
- XFER:** Transfer control signal (active low). The XFER will enable  $WR_2$ .

#### Other Pin Functions

- DI<sub>0</sub>-DI<sub>7</sub>:** Digital Inputs. DI<sub>0</sub> is the least significant bit (LSB) and DI<sub>7</sub> is the most significant bit (MSB).
- IOUT<sub>1</sub>:** DAC Current Output 1. IOUT<sub>1</sub> is a maximum for a digital code of all 1's in the DAC register, and is zero for all 0's in DAC register.
- IOUT<sub>2</sub>:** DAC Current Output 2. IOUT<sub>2</sub> is a constant minus IOUT<sub>1</sub>, or IOUT<sub>1</sub> + IOUT<sub>2</sub> = constant (I full scale for a fixed reference voltage).
- R<sub>FB</sub>:** Feedback Resistor. The feedback resistor is provided on the IC chip for use as the shunt

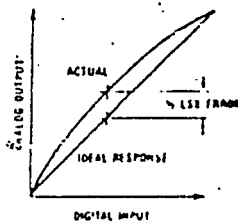
- VREF:** Reference Voltage Input. This input connects an external precision voltage source to the internal R-2R ladder. VREF can be selected over the range of +10 to -10V. This is also the analog voltage input for a 4-quadrant multiplying DAC application.
- VCC:** Digital Supply Voltage. This is the power supply pin for the part. VCC can be from +5 to +15VDC. Operation is optimum for +15VDC.
- GND:** The pin 10 voltage must be at the same ground potential as IOUT<sub>1</sub> and IOUT<sub>2</sub> for current switching applications. Any difference of potential (V<sub>OS</sub>, pin 10) will result in a linearity change of

$$\frac{V_{OS} \text{ pin } 10}{3V_{REF}}$$

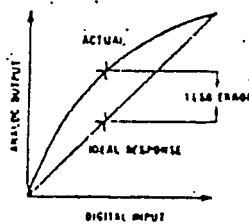
For example, if VREF = 10V and pin 10 is 9mV off from IOUT<sub>1</sub> and IOUT<sub>2</sub> the linearity change will be 0.03%.

Pin 3 can be offset ±100mV with no linearity change, but the logic input threshold will shift.

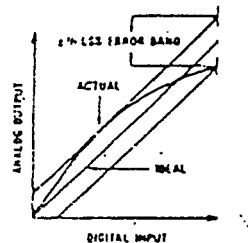
## Linearity Error



a) End point test after zero and fs adj.



b) Best straight line



c) Shifting fs adj. to pass best straight line test

## Definition of Terms

**Resolution:** Resolution is directly related to the number of switches or bits within the DAC. For example, the DAC0830 has  $2^8$  or 256 steps and therefore has 8-bit resolution.

**Linearity Error:** Linearity Error is the maximum deviation from a straight line passing through the endpoints of the DAC transfer characteristic. It is measured after adjusting for zero and full-scale. Linearity error is a parameter intrinsic to the device and cannot be externally adjusted.

National's linearly "end point test" (a) and the "best straight line" test (b,c) used by other suppliers are illustrated above. The "end point test" greatly simplifies the adjustment procedure by eliminating the need for multiple iterations of checking the linearity and then adjusting full scale until the linearity is met. The "end point test" guarantees that linearity is met after a single full scale adjust. (One adjustment vs. multiple iterations of the adjustment.) The "end point test" uses a standard zero and F.S. adjustment procedure and is a much more stringent test for DAC linearity.

**Power Supply Sensitivity:** Power supply sensitivity is a measure of the effect of power supply changes on the DAC full-scale output.

**Settling Time:** Settling time is the time required from a code transition until the DAC output reaches within  $\pm 1/2$ LSB of the final output value. Full-scale settling time requires a zero to full-scale or full-scale to zero output change.

**Full-Scale Error:** Full scale error is a measure of the output error between an ideal DAC and the actual device output. Ideally, for the DAC0830 series, full-scale is  $V_{REF} - 1$ LSB. For  $V_{REF} = 10$ V and unipolar operation,  $V_{FULL-SCALE} = 10.0000$ V - 39mV = 9.961V. Full-scale error is adjustable to  $\pm 1\%$ .

**Differential Nonlinearity:** The difference between any two consecutive codes in the transfer curve from the theoretical 1 LSB is differential nonlinearity.

**Monotonic:** If the output of a DAC increases for increasing digital input code, then the DAC is monotonic. An 8-bit DAC which is monotonic to 8 bits simply means that increasing digital input codes will produce an increasing analog output.

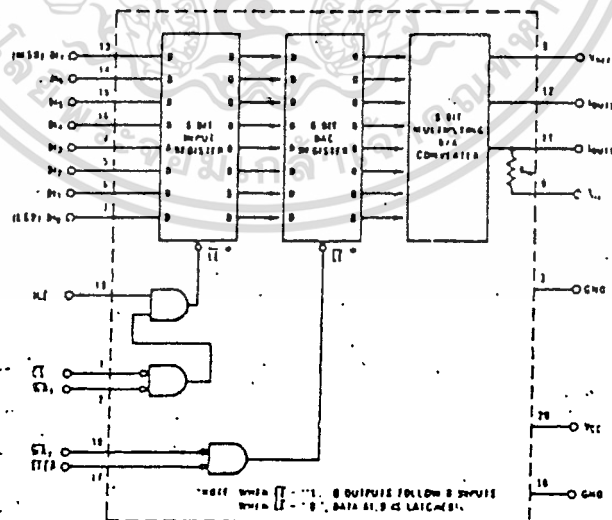
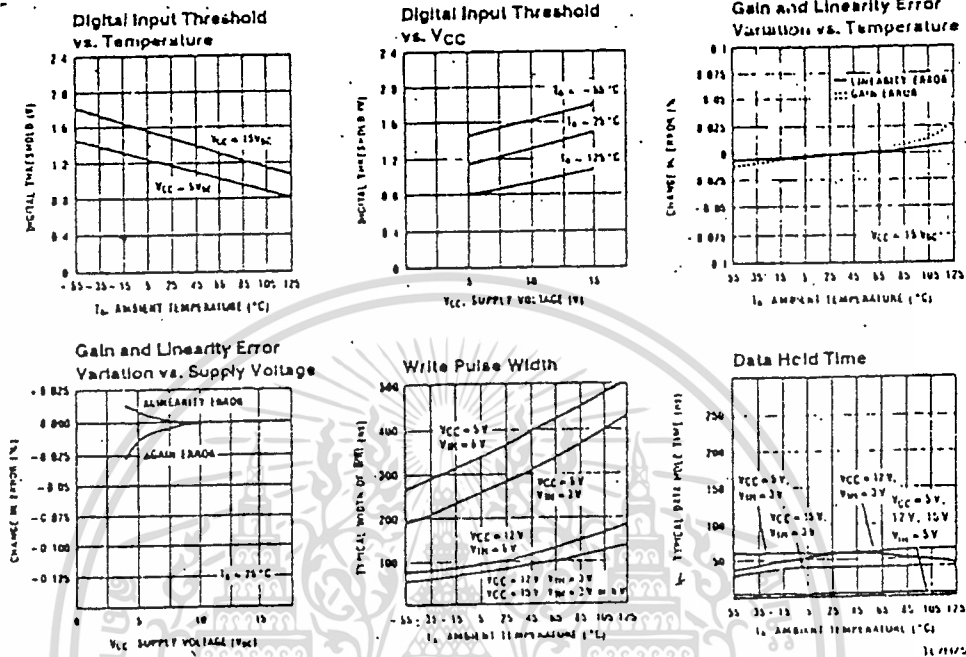


FIGURE 1. DAC0830 Functional Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Typical Performance Characteristics



## DAC0830 Series Application Hints

These DAC's are the industry's first microprocessor compatible, double-buffered 8-bit multiplying D to A converters. Double-buffering allows the utmost application flexibility from a digital control point of view. This 20-pin device is also pin for pin compatible (with one exception) with the DAC1230, a 12-bit MICRO-DAC. In the event that a system's analog output resolution and accuracy must be upgraded, substituting the DAC1230 can be easily accomplished. By tying address bit  $A_0$  to the ILE pin, a two-byte  $\mu P$  write instruction (double precision) which automatically increments the address for the second byte, write (starting with  $A_0 = "1"$ ) can be used. This allows either an 8-bit or the 12-bit part to be used with no hardware or software changes. For the simplest 8-bit application, this pin should be tied to  $V_{CC}$  (also see other uses in section 1.1).

Analog signal control versatility is provided by a precision R-2R ladder network which allows full 4-quadrant multiplication of a wide range bipolar reference voltage by an applied digital word.

### 1.0 DIGITAL CONSIDERATIONS

A most unique characteristic of these DAC's is that the 8-bit digital input byte is double-buffered. This means that the data must transfer through two independently controlled 8-bit latching registers before being applied to the R-2R ladder network to change the analog output. The addition of a second register allows two useful control features. First, any DAC in a system can simultaneously hold the current DAC data in one register (DAC register) and the next data word in the second register (input register) to allow fast updating of the DAC output on demand. Second, and probably more important, double-buffering allows any number of DAC's in a

system to be updated to their new analog output levels simultaneously via a common strobe signal.

The timing requirements and logic level convention of the register control signals have been designed to minimize or eliminate external interfacing logic when applied to most popular microprocessors and development systems. It is easy to think of these converters as 8-bit "write-only" memory locations that provide an analog output quantity. An input to these DAC's must TTL voltage level signals and can also be driven directly with high voltage CMOS logic in non-microprocessor based systems. To prevent damage to the chip from static discharge, all unused digital inputs should be tied to  $V_{CC}$  or ground. If any of the digital inputs are inadvertently left floating, the DAC interprets the pin as a logic "1".

### 1.1 Double-Buffered Operation

Updating the analog output of these DAC's in a double-buffered manner is basically a two step or double write operation. In a microprocessor system two unique system addresses must be decoded, one for the input latch controlled by the CS pin and a second for the DAC latch which is controlled by the XFER line. If more than one DAC is being driven, Figure 2, the CS line of each DAC would typically be decoded individually, but all of the converters could share a common XFER address to allow simultaneous updating of any number of DAC's. The timing for the operation is shown, Figure 3.

It is important to note that the analog outputs that will change after a simultaneous transfer are those from the DAC's whose input register had been modified prior to the XFER command.

Designer's Data Sheet  
**Power Field Effect Transistor**  
N-Channel Enhancement-Mode  
Silicon Gate TMOS

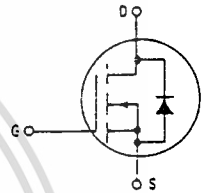
These Logic Level TMOS Power FETs are designed for high speed power switching applications such as switching regulators, converters, solenoid and relay drivers.

- Low Drive Requirement to Interface Power Loads to Logic Level ICs or Microprocessors —  $V_{GS(th)} = 2$  Volts max
- Silicon Gate for Fast Switching Speeds — Switching Times Specified at 100°C
- Designer's Data —  $I_{DSS}$ ,  $V_{DS(on)}$ ,  $V_{GS(th)}$  and SOA Specified at Elevated Temperature
- Rugged — SOA is Power Dissipation Limited
- Source-to-Drain Diode Characterized for Use With Inductive Loads



**MTP12N08L**  
**MTP12N10L**

TMOS POWER FETs  
LOGIC LEVEL  
12 AMPERES  
 $r_{DS(on)} = 0.18$  OHM  
80 and 100 VOLTS



MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	MTP12N08L	MTP12N10L	Unit
Drain-Source Voltage	$V_{DSS}$	80	100	Vdc
Drain-Gate Voltage ( $R_{GS} = 1$ M $\Omega$ )	$V_{DGR}$	80	100	Vdc
Gate-Source Voltage — Continuous	$V_{GS}$	= 15		Vdc
— Non-repetitive ( $t_D \leq 50$ $\mu$ s)	$V_{GSM}$	= 20		Vpk
Drain Current — Continuous	$I_D$	12		Adc
— Pulsed	$I_{DM}$	30		A
Total Power Dissipation (in $T_C = 25^\circ$ C Derate above 25°C)	PD	75		Watts
		0.6		W/°C
Operating and Storage Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-65 to 150		°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Thermal Resistance	Symbol	Value	Unit
Junction to Case	$R_{\theta JC}$	1.67	°C/W
Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	62.5	°C/W
Maximum Lead Temperature for Soldering Purposes, 1/8" from case for 5 seconds	$T_L$	275	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_C = 25^\circ$ C unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
Drain-Source Breakdown Voltage ( $V_{GS} = 0, I_D = 250$ $\mu$ A)	$V_{(BR)DSS}$	80	—	Vdc
	MTP12N08L	100	—	
Zero Gate Voltage Drain Current ( $V_{DS} = \text{Rated } V_{DSS}, V_{GS} = 0$ ) ( $V_{GS} = \text{Rated } V_{DSS}, V_{GS} = 0, T_J = 125^\circ$ C)	$I_{DSS}$	—	1	$\mu$ Adc
		—	50	

(continued)

Designer's Data for "Worst Case" Conditions — The Designer's Data Sheet permits the design of most circuits entirely from the information presented. SOA Limit curves — representing boundaries on device characteristics — are given to facilitate "worst case" design.



CASE 221A-04  
TO-220AB

MTP12N08L,10L

ELECTRICAL CHARACTERISTICS — continued ( $T_C = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
<b>OFF CHARACTERISTICS (continued)</b>				
Gate-Body Leakage Current, Forward ( $V_{GSF} = 15\text{ Vdc}$ , $V_{DS} = 0$ )	$I_{GSSF}$	—	100	nA dc
Gate Body Leakage Current, Reverse ( $V_{GSR} = 15\text{ Vdc}$ , $V_{DS} = 0$ )	$I_{GSSR}$	—	100	nA dc

**ON CHARACTERISTICS**

Gate Threshold Voltage ( $V_{DS} = V_{GS}$ , $I_D = 1\text{ mA}$ ) ( $T_J = 100^\circ\text{C}$ )	$V_{GS(th)}$	1 0.75	2 1.5	Vdc
Static Drain-Source On-Resistance ( $V_{GS} = 5\text{ Vdc}$ , $I_D = 6\text{ Adc}$ )	$r_{DS(on)}$	—	0.18	Ohm
Drain-Source On-Voltage ( $V_{GS} = 5\text{ V}$ ) ( $I_D = 12\text{ Adc}$ ) ( $I_D = 6\text{ Adc}$ , $T_J = 100^\circ\text{C}$ )	$V_{DS(on)}$	—	2.4 1.6	Vdc
Forward Transconductance ( $V_{DS} = 10\text{ V}$ , $I_D = 6\text{ A}$ )	$g_{FS}$	5	—	mhos

**DYNAMIC CHARACTERISTICS**

Input Capacitance	$V_{DS} = 25\text{ V}$ , $V_{GS} = 0$ , $f = 1\text{ MHz}$	$C_{iss}$	—	800	pF
	$V_{GS} = 15\text{ V}$ , $V_{DS} = 0$ , $f = 1\text{ MHz}$		—	2600	
Reverse Transfer Capacitance	$V_{DS} = 25\text{ V}$ , $V_{GS} = 0$ , $f = 1\text{ MHz}$	$C_{rss}$	—	350	pF
	$V_{GS} = 15\text{ V}$ , $V_{DS} = 0$ , $f = 1\text{ MHz}$		—	1600	
Output Capacitance	$V_{DS} = 25\text{ V}$ , $V_{GS} = 0$ , $f = 1\text{ MHz}$	$C_{oss}$	—	100	pF

**SWITCHING CHARACTERISTICS ( $T_J = 100^\circ\text{C}$ )**

Turn-On Delay Time	$V_{DD} = 25\text{ V}$ , $I_D = 6\text{ A}$ , $V_{GS} = 5\text{ V}$ , $R_{gen} = 50\text{ ohms}$	$t_{d(on)}$	—	50	ns
Rise Time		$t_r$	—	150	
Turn-Off Delay Time		$t_{d(off)}$	—	130	
Fall Time		$t_f$	—	150	
Total Gate Charge	$(V_{DS} = 0.8\text{ Rated } V_{OSS},$ $I_D = 12\text{ A}, V_{GS} = 5\text{ Vdc})$ See Figures 11 and 12.	$Q_g$	15 (typ)	25	nC
Gate-Source Charge		$Q_{gs}$	3.7 (typ)	—	
Gate-Drain Charge		$Q_{gd}$	11.3 (typ)	—	

**SOURCE DRAIN DIODE CHARACTERISTICS**

Forward On-Voltage	$(I_S = \text{Rated } I_D, V_{GS} = 0)$	$V_{SD}$	1 (typ)	1.25	Vdc
Forward Turn-On Time		$t_{on}$	Limited by stray inductance		
Reverse Recovery Time		$t_{rr}$	325 (typ)	—	ns

**INTERNAL PACKAGE INDUCTANCE**

Internal Drain Inductance (Measured from the contact screw on tab to center of die) (Measured from the drain lead 0.25" from package to center of die)	$L_d$	3.5 (typ)	—	nH
		4.5 (typ)	—	
Internal Source Inductance (Measured from the source lead 0.25" from package to source bond pad.)	$L_s$	7.5 (typ)	—	

\*Pulse Test: Pulse Width  $\leq 300\ \mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2\%$ .

MTP12N08L,10L

TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS

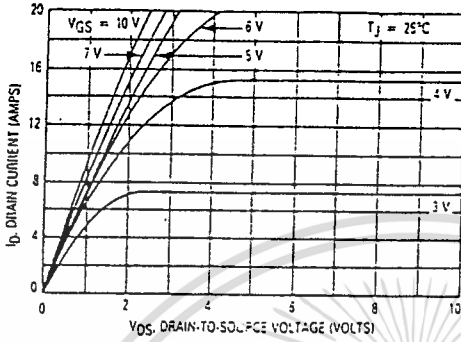


Figure 1. On-Region Characteristics

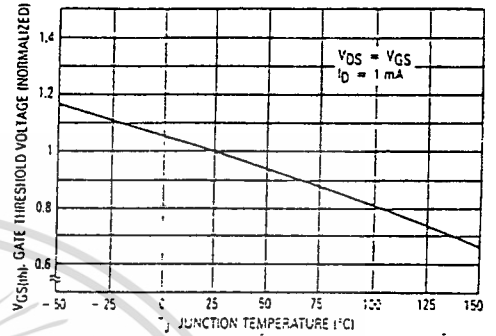


Figure 2. Gate-Threshold Voltage Variation With Temperature

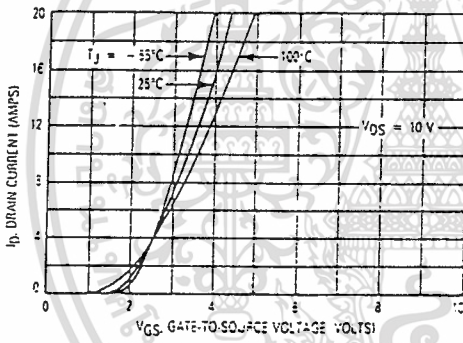


Figure 3. Transfer Characteristics

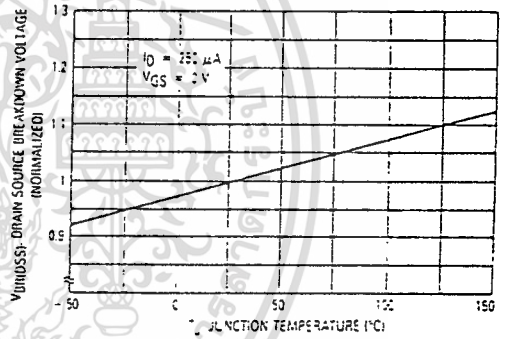


Figure 4. Breakdown Voltage Variation With Temperature

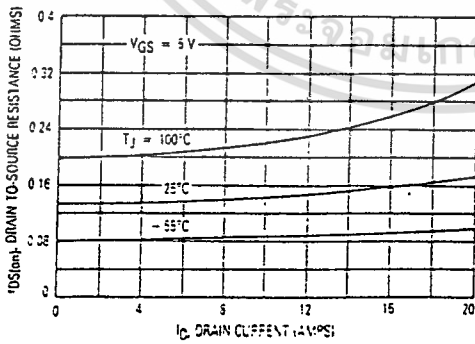


Figure 5. On-Resistance Variation With Drain Current

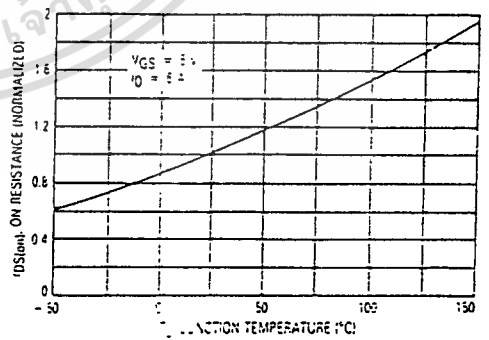


Figure 5. On-Resistance Variation With Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MTP12N08L,10L

SAFE OPERATING AREA INFORMATION

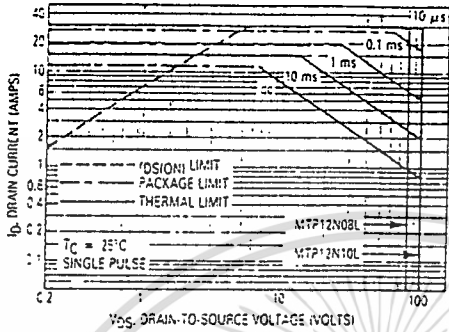


Figure 7. Maximum Rated Forward Biased Safe Operating Area

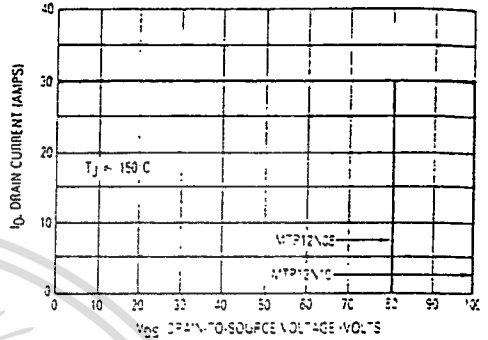


Figure 8. Maximum Rated Switching Safe Operating Area

FORWARD BIASED SAFE OPERATING AREA

The FBSOA curves define the maximum drain-to-source voltage and drain current that a device can safely handle when it is forward biased, or when it is on, or being turned on. Because these curves include the limitations of simultaneous high voltage and high current, up to the rating of the device, they are especially useful to designers of linear systems. The curves are based on a case temperature of 25°C and a maximum junction temperature of 150°C. Limitations for repetitive pulses at various case temperatures can be determined by using the thermal response curves. Motorola Application Note, AN569, "Transient Thermal Resistance-General Data and its Use" provides detailed instructions.

SWITCHING SAFE OPERATING AREA

The switching safe operating area (SOA) of Figure 8 is the boundary that the load line may traverse without incurring damage to the MOSFET. The fundamental limits are the peak current,  $I_{DM}$  and the breakdown voltage,  $V_{BRIDSS}$ . The switching SOA shown in Figure 8 is applicable for both turn-on and turn-off of the devices for switching times less than one microsecond.

The power averaged over a complete switching cycle must be less than:

$$\frac{T_J(max) - T_C}{R_{\theta JC}}$$

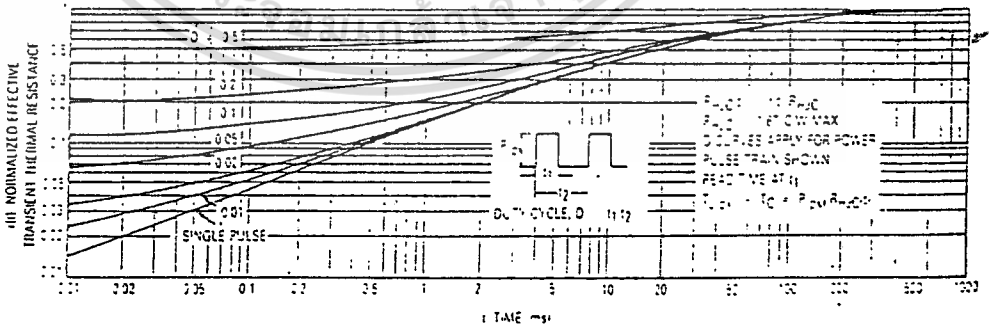


Figure 9. Thermal Response

MTP12N08L,10L

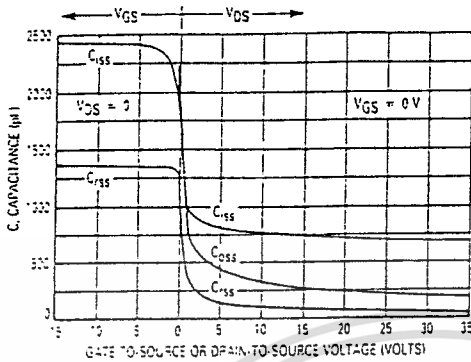


Figure 10. Capacitance Variation With Voltage

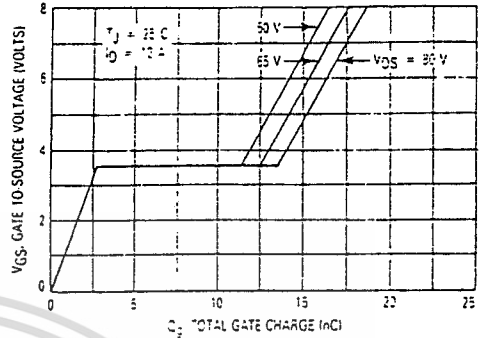


Figure 11. Gate Charge versus Gate-to-Source Voltage

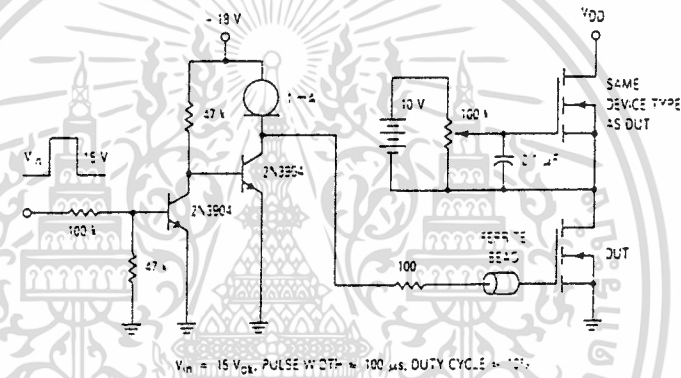
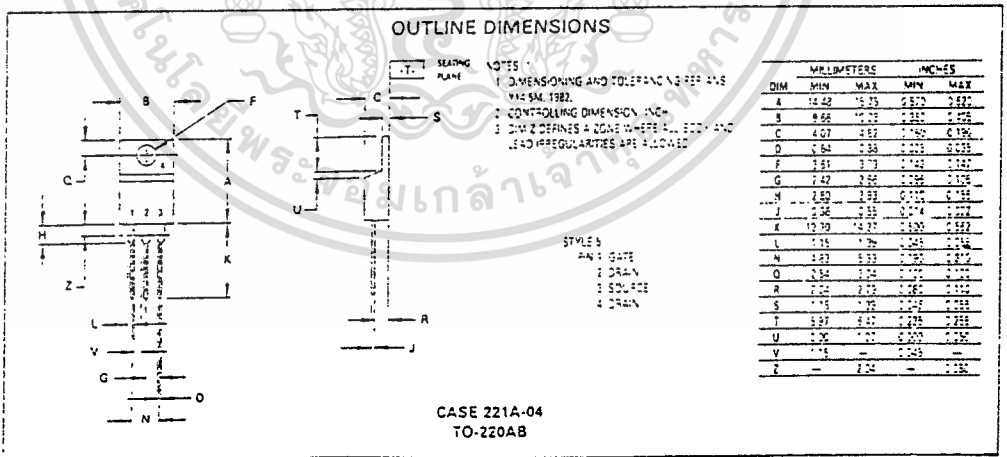


Figure 12. Gate Charge Test Circuit



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ติดติดกรรมประจำปี

รายงานฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน เราขอขอบคุณ  
มากๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

พีชนนวรรธ ห้าวหาญ (พีชน) เป็นผู้ให้คำปรึกษาแก่โครงการมาโดยตลอดเป็นระยะเวลา  
1 ปี ตั้งแต่เริ่มต้นทำ จนโครงการสำเร็จด้วยดี

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.วิริยะ พิเชฐจำเริญ

อ.สมภพ ผ่องไม้ (พีเด็ยว) ที่ปรึกษายามมีปัญหาและยามขาดแคลนทุนทรัพย์

และสุดท้าย.....

ขอขอบคุณกับการเกิดขึ้นของงาน “ลาดกระบังนิทรรศน์ 39” ทำให้เรา  
ได้มีโอกาสในการแสดงผลงานชิ้นนี้เพื่อพิสูจน์ความสามารถของเราชาววิศวะลาดกระบังต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] ชนนวรรณ ห้าวหาญ,จักรกฤษณ์ ระลึกมูล,ทวี เสรีบุษกร,พงษ์ศักดิ์ พัวพรพงษ์ ,สาโรจน์ คงเจริญจิตติกุล “ปริญญานิพนธ์เรื่อง เครื่องเจาะแผ่นปรินท์อัตโนมัติ (Automatic PCB Drilling Machine)” สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สจล. ปีการศึกษา 2538
- [2] Takashi Desjo “Stepping Motor and their Microprocessor Control”,Clarendon Press,OXFORD,1986

