ปีการศึกษา 2531

เครื่องเจาะ PCB

โดย

นาย คุภพงศ์ เลิศสินธวานนท์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ โยธิน เปรมปราณีรัชต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

023201 -9 ส.ค. 2532

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2531

ภาควิชา ระบบควบคุม

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องเจาะ PCB

ผู้จัดทำ

นาย ศุภพงศ์ เลิศสินธวานนท์

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

023201

สารบัญ

บทที่ 1	คำนำ	1
บทที่ 2	สเตปปิ้งมอเตอร์และ Z-80 บอร์ต	3
	หลักการทำงานโดยทั่วไปของสเตปปิ้งมอเตอร์	5
	สเตปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร	6
	สเตปมอเตอร์แบบค่ารีลัคแต้นซ์แปรค่าได้มีสแต็คเดียว	8
	สเตปมอเตอร์แบบรีลัคแต้นซ์แปรค่าได้และมีหลายสแต็ค	12
	สเตปมอเตอร์แบบไฮบริด	17
	ลักษณะโครงสร้างของไฮบริดสเตปมอเตอร์	18
	ความรู้เกี่ยวกับ Z-80 บอร์ด	23
	รายละเอียดเกี่ยวกับ Z-80 บอร์ด	27
	การใช้ Z-80 ควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์	28
บทที่ 3	เครื่องเจาะ PCB	30
บทที่ 4	ผลการทำงานของเครื่อง	42
	ความเร็วของการเลื่อนหัวเจาะ	42
	ความเร็วในการเจาะรู 1 รู	43
	ลักษณะการเคลื่อนที่ของหัวเจาะ	44
	ค่าความผิดพลาดในการเจาะ	44
บทที่ 5	สรุปผลและวิจารณ์	46
หนังสืออ้างอิง		48
กิตติกรรมประกาศ		49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องเจาะ PCB

ผู้จัดทำ
ศุภพงศ์ เลิศสินธวานนท์
อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร. โยธิน เปรมปราณีรัชต์
ปีการศึกษา 2531

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการประยุกต์ใช้สเตปมอเตอร์แทนการใช้ดีซีมอเตอร์ เหมือนกับเครื่องเจาะที่มีอยู่ทั่วไป และใช้ Z-80 บอร์ดเป็นตัวควบคุมการทำงานของเครื่องเจาะ ซึ่งเครื่องเจาะ PCB นี้ สามารถใช้ได้กับแผ่น PCB ที่มีขนาดถึง 1'x 1' และสามารถเก็บข้อมูลของตำแหน่งของรูที่จะเจาะไว้ในหน่วยความจำ ทำให้สะดวกในการแก้ไขดัดแปลงโดยการเปลี่ยนค่าในหน่วยความจำนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC PCB DRILLING MACHINE

SUPAPONG LERTSINTAWANONE

ADVISOR

Dr.YOTHIN PRENPRANERACH

ACADAMIC YEAR 1988

ABSTRACT

THIS PROJECT IS THE APPLICATION OF STEP MOTOR IN AUTOMATIC DRILLING MACHINE AND USED Z-80 MICROPROCESSOR FOR CONTROL THE OPERATION OF THE MACHINE. THIS AUTOMATIC DRILLING MACHINE CAN USE WITH THE PRINTED CIRCUIT BOARD AT MAXIMUM SIZE 1'x 1'. BECAUSE THE POSITION OF THE HOLES WILL BE KEPT IN THE MEMORY SO WE CAN ALTER IT EASILY BY CHANGING DATA IN THE MEMORY.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันจะเห็นว่าในทางอุตสาหกรรมต่างๆ เทคโนโลยีได้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เพื่อให้การผลิตสินค้าทันต่อการขยายตัวของตลาด (MARKET) และความต้องการบริโภคสินค้าของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้น (DEMAND) จึงทำให้มีการค้นหาวิธีในการเพิ่มผลผลิตให้ทันต่อความต้องการด้วยวิธีต่าง ๆ มากมาย จนกระทั่งในปัจจุบันได้มีการนำเอาไมโครโปรเซสเซอร์ (MICROPROCESSER) มาช่วยในการผลิตสินค้า

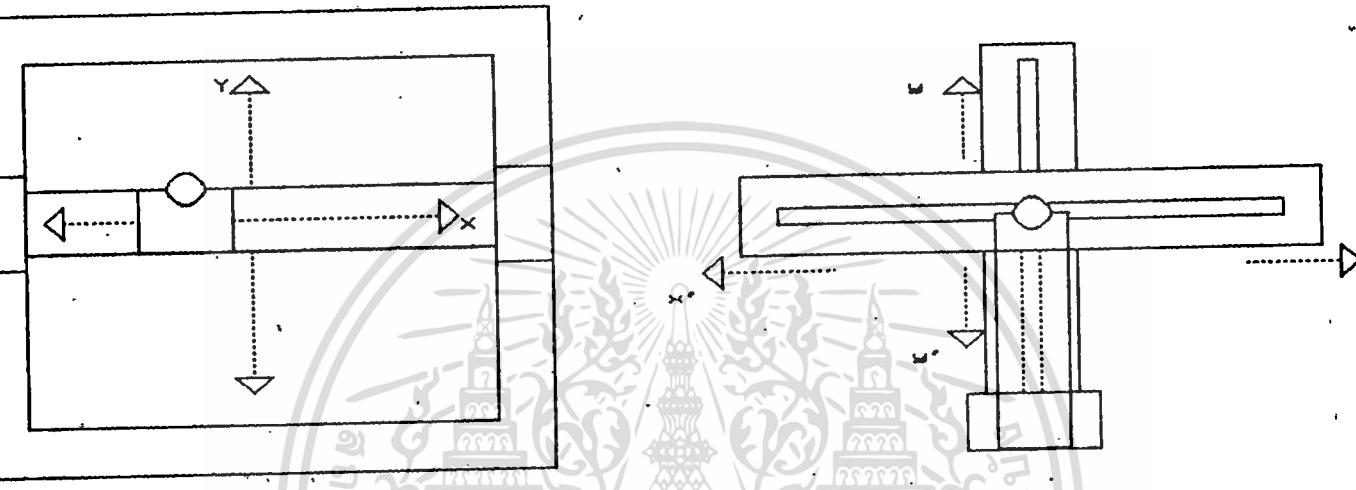
คงไม่มีใครปฏิเสธได้ว่า ไมโครโปรเซสเซอร์มีความสำคัญมากในอุปกรณ์แทบทุกชนิดเช่น เครื่องซักผ้า เตาอบไมโครเวฟ กล้องถ่ายภาพ และสินค้าอีกหลายอย่าง.

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะนำเอาไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ Z-80 มาช่วยในขบวนการผลิตแผ่นวงจร (PCB) โดยจะนำมาใช้ในการเจาะแผ่นวงจรแบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถผลิตแผ่นวงจรได้เร็วขึ้น และประหยัดค่าจ้างคนงานที่ใช้ในการเจาะรูแผ่นวงจร รวมทั้งโครงงานนี้จะพยายามใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่าย ใช้ไม่ยุ่งยาก และพยายามใช้วงจรประกอบภายนอกให้น้อยที่สุด เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนการผลิตให้น้อยที่สุด ดังนั้นในส่วนของโปรแกรมจึงยุ่งยากขึ้นเพื่อทดแทนวงจรที่ลดน้อยลง

โดยปกติเครื่องเจาะ PCB ที่ขายอยู่ตามท้องตลาดนั้นจะใช้ ดีซีมอเตอร์ในการขับเครื่องเจาะ PCB โดยใช้ตัวเอ็นโคดเดอร์ (ENCODER) เป็นตัวส่งสัญญาณป้อนกลับเพื่อบอกให้ไมโครโปรเซสเซอร์รู้ตำแหน่งของหัวเจาะ หรือเครื่องเจาะบางชนิดก็ใช้พ็อตเป็นตัวบอกตำแหน่งของหัวเจาะ ซึ่งเป็นการยุ่งยากมาก ในโครงงานนี้จึงแก้ปัญหาด้วยการใช้สเตปปิ้งมอเตอร์ ทั้งนี้การใช้ ไมโครโปรเซสเซอร์ ควบคุมการทำงานของ ดีซีมอเตอร์ จะต้องเพิ่มวงจร ดิจิตอลเปลี่ยนเป็นอนาลอก (D TO A CONVERTER) แต่การใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ ควบคุม สเตปปิ้งมอเตอร์ ไม่ต้องใช้วงจรดิจิ้ตอนเปลี่ยนเป็นอนาลอก ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบของการใช้ สเตปปิ้งมอเตอร์ในการขับแกนหัวเจาะ

ในโครงงานนี้ใช้การเคลื่อนที่ของหัวเจาะ แทน การเคลื่อนที่ของแผ่นวงจรดังเช่นเครื่องเจาะที่มีขายอยู่ในขณะนี้ ซึ่งมีข้อดีกว่าคือจะประหยัดเนื้อที่ในการวางเครื่องเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 เปรียบเทียบเครื่องเจาะที่มีขายตามท้องตลาดกับเครื่องที่สร้างขึ้นในโครงงานนี้

โดยอาจพิจารณาจากรูปข้างล่างนี้ จะเห็นว่าในการเจาะแผ่นวงจรขนาดเท่ากัน เครื่องในรูป a จะใช้พื้นที่ในการเจาะเท่ากับขอบของเครื่องเจาะ แต่ในรูป b จะใช้พื้นที่ในการเจาะเท่ากับ (ความกว้าง * ความยาว) * 2 ดังการออกแบบให้เลื่อนหัวเจาะจึงดีกว่าในแง่การประหยัดพื้นที่ในการวางเครื่องเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

สเตปปิ้งมอเตอร์ (STEPPING MOTOR)และ Z-80 บอร์ด

เราได้ออกแบบเครื่องเจาะ PCB โดยใช้ Z-80 ในการทำงานควบคุมเครื่องเจาะ PCB และทำให้สามารถเจาะแผ่นวงจรแบบอัตโนมัติ โดยเสื่อนหัวเจาะไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ตามข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำที่เราป้อนให้หน่วยความจำก่อน และการทำงานเป็นแบบจุดถึงจุด (POINT TO POINT)

เครื่องเจาะ PCB นี้จะใช้สเตปปิ้งมอเตอร์ 2 ตัวในการเสื่อนแกน X และ Y ใช้ลูกเบี้ยวในการกดหัวเจาะลงไปเจาะแผ่นบนวงจร การทำงานจะเป็นการทำงานแบบเปิดลุป (OPEN LOOP) ยกเว้นที่ขอบของเครื่องเจาะทั้ง 4 จะติดสวิทช์แตะ (CONTACK SWITCH) เพื่อทำให้เครื่องทราบถึงขอบเขตการเคลื่อนที่ของหัวเจาะ

เราสามารถแยกส่วนประกอบของเครื่องเจาะ PCB ออกเป็น 3 ส่วนได้ด้วยกัน คือ

1. ส่วนโปรแกรมแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ ด้วยกัน

1.1 ส่วนป้อนจุดที่ต้องการเจาะลงบนหน่วยความจำ

1.2 ส่วนการอ่านค่าจากหน่วยความจำ เพื่อนำมาอ้างถึงตำแหน่งของหัวเจาะที่ต้องการเจาะ

2. ส่วนควบคุมและส่วนขยาย (AMP.) เราจะใช้ Z-80 บอร์ดในการประมวลผลและการควบคุมการทำงานของเครื่อง ซึ่งเราสามารถควบคุมได้โดยตรงโดยไม่ต้องใช้ตัวแปลงสัญญาณดิจิตอล-อนาลอก (A-D CONVERTER) เนื่องจากเราใช้สเตปปิ้งมอเตอร์

3. ส่วนทางเครื่องกล (MECHANIC) จะมีโครงสร้างเป็นอลูมิเนียมทั้งหมดใช้สเตปปิ้งมอเตอร์ 2 ตัวในการเคลื่อนที่ของหัวเจาะ ดีซีมอเตอร์ 1 ตัวในการหมุนดอกสว่าน ดีซีมอเตอร์ 1 ตัวในการกดหัวเจาะลงโดยใช้ลูกเบี้ยว และใช้สปริงค์ในการดันหัวเจาะขึ้น

ในบทนี้จะอธิบายถึงรายละเอียดของส่วนแต่ละส่วนที่ใช้ในโครงงานนี้จะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

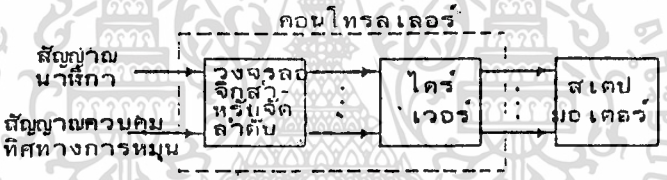
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) สเตปปิ้งมอเตอร์

2) Z-80 บอร์ด

สเตปปิ้งมอเตอร์ (STEPPING MOTOR) เป็นเครื่องจักรกล (MACHINE) ที่เปลี่ยนพัลซ์ใช้เป็นมุม (θ_s) หรือนั่นคือ มอเตอร์ที่มีอินพุท (INPUT) เป็นพัลซ์โดยที่มุมสเตป (θ_s)ต่อ 1 พัลซ์ จะมีค่าคงที่แน่แอน การป้อนพัลซ์ใช้กับขดลวดจะมีลักษณะเป็นวงรอบ (SEQUENCE) ดังนั้นต้องลำดับการป้อนไปให้เฟสแต่ละเฟสอย่างถูกต้อง สเตปจึงจะสามารถทำงานได้อย่างที่ต้องการ

การควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ (STEPPING MOTOR) แสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การควบคุมการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์

การควบคุมการทำงานจากแผนผังกล่อง (BLOCK DIAGRAM) ข้างบนเราเพียงแค่ป้อนสัญญาณนาฬิกา (CLOCK) และทิศทางการหมุนเป็นสัญญาณเตรรก (LOGIC) เท่านั้นเองดังนั้นการควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์จึงสามารถต่อกับ ไมโครโปรเซสเซอร์ (MICRO PROCESSER) หรือไมโครคอมพิวเตอร์ (MICRO COMPUTER) ได้โดยไม่ต้องใช้วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอล (DIGITAL) เป็นอนาลอก (D TO A CONVERTER) เลยซึ่งเป็นข้อดีของการใช้สเตปปิ้งมอเตอร์แทนการใช้ดีซีคอมพิวเตอร์

สเตปปิ้งมอเตอร์มักจะถูกนำไปใช้ในการควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ดิสค์ไดรฟ์, X-Y พลอตเตอร์ (X-Y PLOTTER), แขนหุ่นยนต์ (ROBERT ARM) เนื่องจากสเตปปิ้งมอเตอร์มีข้อดีอยู่หลายประการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

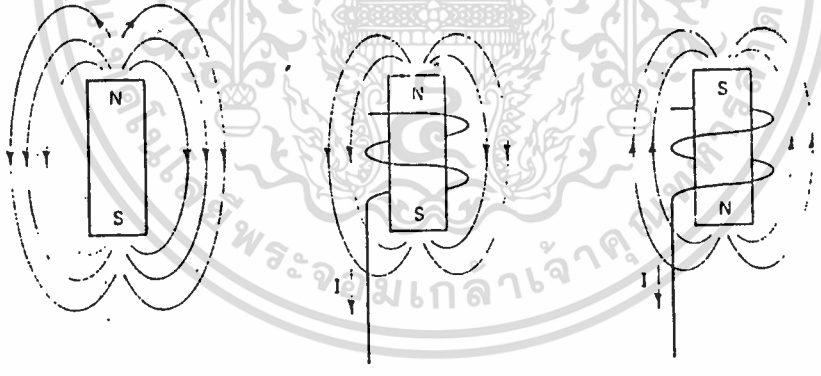
-สามารถควบคุมโดยไม่ต้องมีการป้อนกลับไม่ว่าจะเป็นการควบคุมตำแหน่ง หรือความเร็วก็ตาม

-ความผิดพลาดเกี่ยวกับตำแหน่งแทบไม่มีเลย เนื่องจากการเคลื่อนที่ของสเตปปิ้งมอเตอร์นั้นเคลื่อนที่เป็นสเตป (θ_s) ที่คงที่แน่นอน

-ไม่จำเป็นต้องใช้ตัวแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอก (D TO A CONVERTER) เมื่อใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ หรือ ไมโครคอมพิวเตอร์ ควบคุมการทำงาน

หลักการทำงานโดยทั่วไปของสเตปปิ้งมอเตอร์

สารแม่เหล็กโดยทั่วไปที่ใช้ทำโรเตอร์ของสเตปปิ้งมอเตอร์ จะมีคุณสมบัติอยู่อย่างหนึ่งคือเมื่อเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น มันจะพยายามปรับตัวให้เส้นแรงแม่เหล็กตัดผ่านมันมากที่สุดหรืออยู่ในลักษณะสมดุลย์ของแรงกระทำทางแม่เหล็ก ซึ่งอาจดูได้จากรูปที่ 2.2 จะแสดงถึงพื้นฐานของเส้นแรงแม่เหล็ก



(ก) (ข) (ค)

ในรูปที่ 2.2 (ก) สนามแม่เหล็กที่เกิดจากแม่เหล็กถาวร

2.2 (ข) สนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสไหลผ่านขดลวด

2.2 (ค) ขั้วแม่เหล็กกลับทิศทางเมื่อขดลวดถูกพันกลับทิศทางของกระแสไม่เปลี่ยนแปลง

ถ้าเรานำแท่งแม่เหล็กถาวรติดอยู่บนเพลา และ หมุนได้โดยอิสระเหมือนอาร์มาเจอร์ (AMATURE) มีขั้วแม่เหล็ก 2 ขั้ว ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงโลหะที่เป็นสเตเตอร์ (STATOR) ดังรูปที่ 2.3

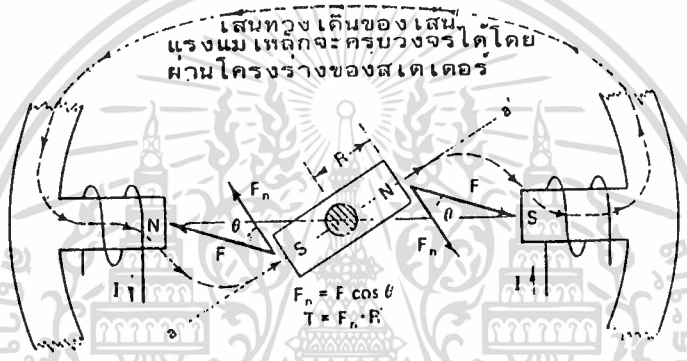
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งของอาร์มาเจอร์แม่เหล็ก A-A ซึ่งต่างไปจากตำแหน่งแกนขั้วของแม่เหล็กไฟฟ้าเล็กน้อยเป็นมุม θ

-แรงแม่เหล็กที่เกิดจากการดึงดูดขั้วแม่เหล็กที่ต่างกันทำให้เกิดส่วนของแรงปกติ

$F_N = F \cos \theta$ (แรงนี้ตั้งฉากกับแกน A-A)

-ทอร์ครวม $T = F_N * R$ (ทำให้อาร์มาเจอร์หมุนในทิศทาง CW จนกว่าแกนของอาร์มาเจอร์ A-A จะอยู่ในแนวเดียวกับแกนขั้วของสเตเตอร์)



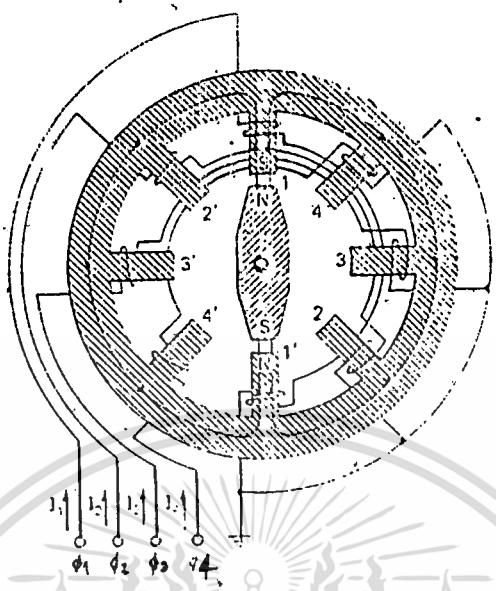
รูปที่ 2.3 แสดงถึงแรงดึงดูดทำให้เกิดทอร์คที่หมุนอาร์มาเจอร์ ให้ไปอยู่ในตำแหน่งสมดุลย์

หากมีคู่แม่เหล็กไฟฟ้าหลาย ๆ คู่ขั้วรอบ ๆ สเตเตอร์ และถ้าหากขั้วเหล่านั้นถูกกระตุ้นด้วยกระแสพัลซ์ในรูปแบบที่เรียงลำดับกันไป อาร์มาเจอร์ก็จะหมุนในรูปลักษณะของสเตปที่เป็นไปตามต้องการหมุนของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากการสวิทช์ที่เรียงลำดับของขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าของสเตเตอร์

<u>สเตปเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร</u>

โครงสร้างของสเตปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรแสดงได้ในรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของสเตปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรมี 4 เฟส และแต่ละเฟสพันด้วยขดลวดบน2 ขั้วของสเตเตอร์มุมสเตปเท่ากับ 45 องศา

ในรูปที่ 2.5 เป็นสเตปเตอร์แบบ 4 เฟส แต่ละเฟสเป็นขดลวดอยู่บน 2 ขั้วของสเตเตอร์ ดังนั้นในการออกแบบนี้สเตเตอร์จะต้องมี 8 ขั้ว

โรเตอร์ทำจากแม่เหล็กถาวรและอยู่ในแนวของขั้วสเตเตอร์ 1 และ 1' มันหยุดอยู่ที่ตำแหน่งนี้ได้ด้วยกระแส I_1 ที่ไหลอยู่ในเฟส 1

ขดลวดของเฟส $\emptyset_1$ $\emptyset_4$ $\emptyset_3$ และ$\emptyset_2$ (1-4-3-2 ตามลำดับ) จะได้รับพลังงานด้วยกระแสพัลซ์ที่สอดคล้องกัน I_1, I_4, I_3 และ I_2 (กระแสแต่ละเฟสในทิศทางที่แสดงในไดอะแกรม) แต่ละสเตป โรเตอร์จะหมุนไปตามทิศทางตามเข็มนาฬิกา 45 องศา (360/8).

เมื่อขั้วเหนือของโรเตอร์(แม่เหล็กถาวร) หมุนไปถึงขั้วของสเตเตอร์หมายเลข 2 ลำดับการขับขดลวดเฟสของสเตปมอเตอร์คือ 1-4-3-2 จะต้องกระทำเหมือนเดิม (เพื่อให้มอเตอร์หมุนไปตามเข็มนาฬิกาอีก 180 องศา) ยกเว้นเราต้องการให้หมุนกลับทิศทางใน 180 องศาที่เหลือด้วยการป้อนกระแสกลับทิศทางเพื่อให้เกิดการเหนี่ยวนำเป็นขั้วใต้ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้วสเตเตอร์ 1,4,3,2 ตามลำดับ (ทิศทางของกระแสแสดงในรูปที่ 2.4)

สเตปมอเตอร์แบบค่ารีลัคแต้นซ์แปรค่าได้ที่มีสแต็คเดียว

ตัวอย่างโครงสร้างของสเตปมอเตอร์แบบค่ารีลัคแต้นซ์แปรค่าได้ที่มีสแต็คเดียว หรือที่เรียกสั้นว่า VR สเตปมอเตอร์ที่มีสแต็คเดียวแสดงได้ในรูปที่ 2.5

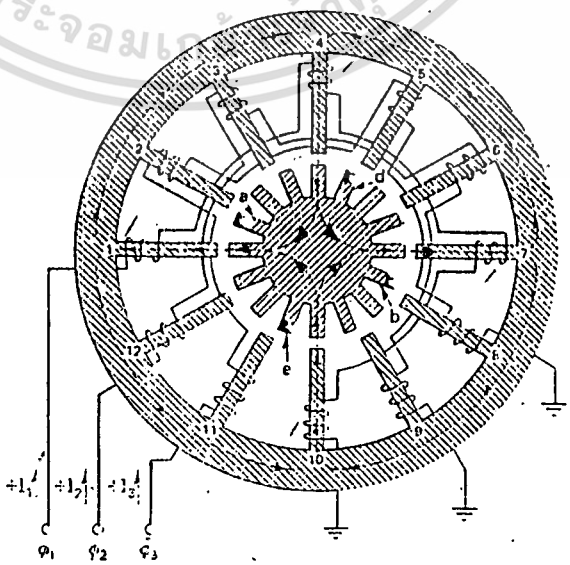
VR สเตปมอเตอร์ที่มีสแต็คเดียวจะมีโรเตอร์เดียวเมื่อเทียบกับ VR สเตปมอเตอร์แบบที่หลายสแต็คหมายถึงมีหลายโรเตอร์ทำจากสารแม่เหล็ก

สเตปมอเตอร์ในรูปที่ 2.6 มี 3 เฟสแต่ละเฟสใช้ขดลวดพันบน 4 ขั้วหรือซี่ฟันของสเตเตอร์

ตัวอย่าง เฟสที่ 1 พันอยู่ที่ 1,4;7,10 ของสเตเตอร์ ดังนั้นสเตเตอร์จะมี 12 ซี่ฟัน และในที่นี้กำหนดให้โรเตอร์มี 16 ซี่ฟัน

ขั้วของสเตเตอร์ที่อยู่ตรงกันข้ามจะพันด้วยขดลวดลักษณะที่ต่างกันเพื่อให้มีความสมดุลย์ระหว่างเส้นแรงแม่เหล็กเข้าและออกจากโรเตอร์

เฟส ① 1,4,7,10
เฟส ② 12,3,6,9
เฟส ③ 2,5,8,11



รูปที่ 2.5 VR สเตปมอเตอร์แบบมีสแต็คเดียวและมีรายละเอียดโครงสร้างดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N_R = 16 , N_s = 12 , X = 4 โพล/เฟส , θ_s =7.5 องศา , R_s = 48 สเตป/รอบ

สมมุติว่ากระแส I_1 ป้อนให้กับเฟสที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 2.5 และโรเตอร์ทั้ง 4 ซี่ฟันจะอยู่ในแนวซี่ฟันที่ 1.4.7.10 ของสเตเตอร์ เส้นแรงแม่เหล็กจะเข้าสู่โรเตอร์จากสเตเตอร์ซี่ฟันที่ 4 และ 10 และออกจากโรเตอร์ไปยังซี่ฟันของสเตเตอร์ที่ 1 และ 7 ซึ่งเป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กที่ครบวงจรโดยผ่านโครงร่างของสเตเตอร์ เราจะสังเกตได้ว่าปลายของซี่ฟันโรเตอร์ซึ่งอยู่ในแนวเดียวกับซี่ฟันที่ 4 ของสเตเตอร์จะเป็นเส้นทางผ่านเข้าไปยังโรเตอร์ของเส้นแรงแม่เหล็กอย่างต่อเนื่องผ่านช่องว่าง (GAP) ระหว่างซี่ฟันทั้งสองที่อยู่ในแนวเดียวกัน ส่วนซี่ฟันของสเตเตอร์และโรเตอร์ที่เหลืออีก 3 คู่ก็เกิดลักษณะของแม่เหล็กในทำนองเดียวกัน

ในสภาวะต่อไปเราจะให้โรเตอร์หมุนไปหนึ่งสเตปในทิศทาง CW เราจะต้องจ่ายพลังงานให้กับเฟส 3 ที่มีขดลวดพันอยู่ที่บนซี่ฟันที่ 2,5,8,11 ของสเตเตอร์ด้วยกระแส I_3 หลังจากหยุดกระแส I_1 แล้วในตอนนี้เส้นแรงแม่เหล็กจะหาทางเดินที่ต่างไปจากเดิมเพื่อทำให้วงจรแม่เหล็กครบวงจร (เหมือนกับกระแสไฟฟ้าจะหาเส้นทางไหลในส่วนที่มีความต้านทานต่ำที่สุด) ในทำนองนั้นเดียวกันเส้นแรงแม่เหล็กในวงจรแม่เหล็กก็จะหาทางเดินที่มีค่ารีลัคแตนซ์ต่ำที่สุด ช่องว่างอากาศระหว่างซี่ฟันจะทำให้เกิดค่ารีลัคแตนซ์ต่อเส้นแรงแม่เหล็ก ช่องว่างกว้างมากค่ารีลัคแตนซ์ก็จะมีค่ามาก) ด้วยเหตุผลดังกล่าวเส้นแรงแม่เหล็กจะออกจากขั้วที่ 2 และ 8 ของสเตเตอร์ซึ่งถูกนำให้เป็นขั้วเหนือและเส้นแรงแม่เหล็กนี้ก็จะกระโดดผ่านช่องว่างไปยังซี่ฟันของโรเตอร์ที่ใกล้ที่สุดซี่ฟัน a และ b ของโรเตอร์เป็นโรเตอร์ที่อยู่ใกล้ที่สุดและจะถูกเหนี่ยวนำให้เป็นขั้วใต้ เส้นแรงแม่เหล็กจะออกจากซี่ฟัน d และ e ของโรเตอร์ผ่านช่องว่างอากาศเข้าสู่ซี่ฟันที่ 5 และ 11 ของสเตเตอร์ ดังนั้นส่วนที่เหลือของวงจรแม่เหล็กจะสมบูรณ์โดยผ่านโครงร่างของสเตเตอร์ ในระหว่างเวลานั้นแรงแม่เหล็กหรือแรงดึงดูดจะเกิดขึ้นระหว่างซี่ฟันที่ 2 ของสเตเตอร์ (ถูกเหนี่ยวนำเป็นขั้วเหนือ) และซี่ฟัน a ของโรเตอร์(ถูกเหนี่ยวนำเป็นขั้วใต้) แรงดึงดูดจะเกิดขึ้นระหว่างคู่ขั้ว (11,c), (8,6), (5,d) ด้วยดังที่อธิบายในรูป 2.3 ผลที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้เกิดทอร์คกระทำต่อโรเตอร์หมุนไปจนกระทั่งซี่ฟัน a,d,b,e ของโรเตอร์อยู่ในแนวเดียวกับซี่ฟัน 2,5,8 และ 11 ของสเตเตอร์ตามลำดับขณะเวลาดังกล่าวช่องว่างระหว่างซี่ฟันตามลำดับจะมีค่าน้อยที่สุด ผลลัพธ์ของค่ารีลัคแตนซ์จะมีค่าต่ำที่สุดและเส้นแรงแม่เหล็กจะมีค่าสูงสุดผ่านวงจรแม่เหล็กที่ตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งที่โมดุลย์ของการขับเฟส 3 ในกระบวนการที่

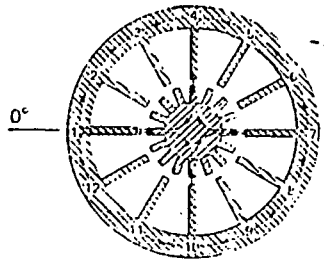
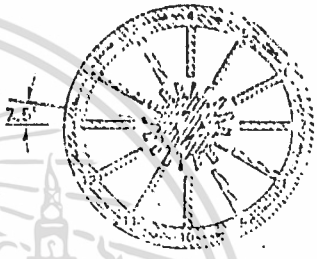
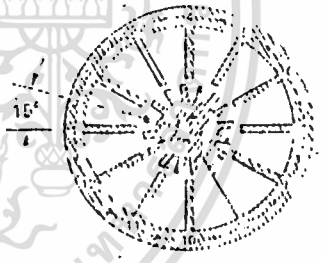
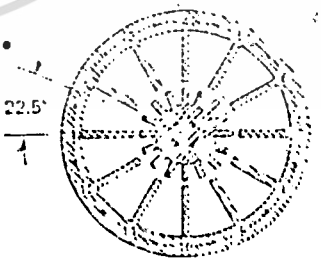
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

023201

กล่าวมาแล้วโรเตอร์จะเคลื่อนที่ในทิศทาง CW หนึ่งสเตปเป็นมุม 7.5 องศา

ลำดับการทำงานที่สมดุลย์แสดงได้ในรูปที่ 2.6 เมื่อตำแหน่งเริ่มต้นของซี่ฟันของโรเตอร์จะเป็นสีดำเพื่อให้เราทำความเข้าใจได้ชัดเจน ถึง การหมุนของโรเตอร์ในทิศทาง CW เมื่อเฟสถูกขับในลักษณะเรียงลำดับ 1-3-2-1 ซี่ฟันของโรเตอร์ที่เป็นสีดำจะเคลื่อนที่ไป 3 สเตปเป็นมุมได้เท่ากับ 22.5 องศา เราจะขับเฟสในลักษณะเรียงลำดับเดิมซ้ำใหม่อีก เมื่อต้องการให้โรเตอร์หมุนต่อเนื่องในทิศทาง CW แต่ถ้าเราต้องการให้โรเตอร์หมุนในทิศทาง CCW เราต้องกลับการเรียงลำดับเฟสเป็น 1-2-3-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเรียงลำดับเฟส	ตำแหน่งของโรเตอร์และเส้นแรงแม่เหล็ก
ตำแหน่งโรเตอร์เริ่มต้น : - เฟส ϕ_1 ได้รับพลังงาน - ซี่ฟันของโรเตอร์จะอยู่ในแนวซี่ฟัน ที่ 1, 4, 7, 10 ของสเตเตอร์	
สเตปที่ 1: เฟส ϕ_3 ได้รับพลังงาน - ซี่ฟันของโรเตอร์จะอยู่ในแนวซี่ฟัน ที่ 2, 5, 8, 11 ของสเตเตอร์ - โรเตอร์จะเคลื่อนที่ไปในทิศทาง CW เป็นมุม 7.5° ($\frac{1}{3}$ ช่วงห่างระหว่างซี่ฟันของโรเตอร์)	
สเตปที่ 2: เฟส ϕ_2 ได้รับพลังงาน - ซี่ฟันของโรเตอร์จะอยู่ในแนวซี่ฟัน ที่ 3, 6, 9, 12 ของสเตเตอร์ - โรเตอร์จะเคลื่อนที่ไปในทิศทาง CW รวมเป็นมุม 7.5°	
สเตปที่ 3: เฟส ϕ_1 ได้รับพลังงาน - ซี่ฟันของโรเตอร์จะอยู่ในแนวซี่ฟัน ที่ 1, 4, 7, 10 ของสเตเตอร์ - โรเตอร์จะเคลื่อนที่ไปในทิศทาง CW รวมเป็นมุม 22.5° (เคลื่อนไปได้ 1 ช่วงห่างระหว่างซี่ฟันของโรเตอร์)	

รูปที่ 2.6 แสดงลำดับการสวิทช์ 3 สเตปของ VR สเตปมอเตอร์แบบสแต็คเดียวและแสดงถึงตำแหน่งของโรเตอร์และทางของเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อโรเตอร์เคลื่อนที่ไปในแต่ละสเตป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง การหาพารามิเตอร์ของสเตปมอเตอร์

ขั้นแรกเรากำหนดความต้องการของมุมสเตป = 9 องศา

มุมสเตปจะเป็นตัวจำกัดอัตราการสเตป = 360/9 = 40 สเตป/รอบ

ในเงื่อนไขเหล่านี้เราอาจจะต้องใช้สเตปที่มี 4 หรือ 5 เฟส ที่มีสเตเตอร์ 2 โพลต่อเฟส

ถ้า N_P = 4

$R_s = R_s/N_P = 40/4 = 10$

$N_s = N_P * S = 4*2 = 8$

ถ้า $N_P = 5$

$N_R = 40/5 = 8$

$N_s = 5*2 = 10$

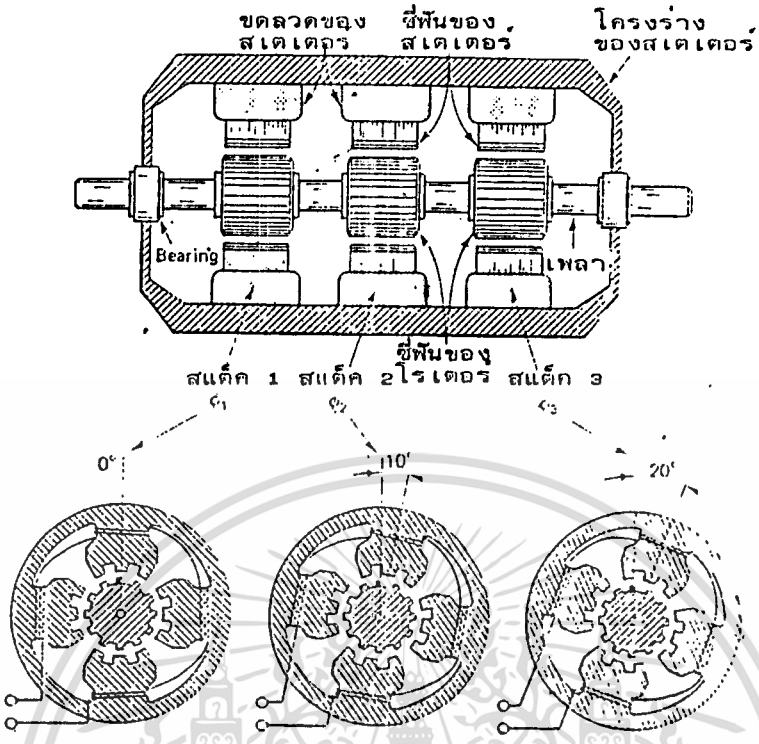
สเตปมอเตอร์แบบรีลัคแต้นซ์แปรค่าได้และมีหลายสแต็ค

สแต็คมอเตอร์แบบรีลัคแต้นซ์แปรค่าได้ (VR) และมีหลายสแต็คหรือมากกว่าหนึ่งสแต็คขึ้นไป สแต็คในที่นี้หมายถึงซึ่งประกอบด้วยโรเตอร์ที่เป็นซี่ฟันและโครงร่างของสเตเตอร์อยู่รอบนอก

สเตปมอเตอร์แบบ VR ที่มี 3 สแต็ค (หมายถึง 3 เฟส) มีโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 2.7

สเตปมอเตอร์ในรูปที่ 2.7 ได้ถูกออกแบบให้สเตเตอร์ของแต่ละสแต็คประกอบด้วย 4 โพลและแต่ละโพลจะมีซี่ฟัน 3 ซี่ซึ่งต่างจาก VR สเตปมอเตอร์แบบสแต็คเดียว (แต่ละโพลจะมีซี่ฟันเดียว) ข้อสังเกตในแต่ละสแต็คจำนวนซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์จะมีจำนวนเท่ากันซึ่งต่างกับ VR สเตเตอร์แบบสแต็คเดียวคือจำนวนซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์จะเท่ากันไม่ได้ ถ้าหากมีจำนวนซี่ฟันเท่ากันมันจะไม่ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างของสเตปมอเตอร์แบบ VR ที่มี 3 เฟส โรเตอร์และสเตเตอร์ของแต่ละเฟส (สแต็ค) จะมี 12 ซี่ฟันและมุมสเตป (θ_s) = 10 องศา แต่ละเฟสของสเตเตอร์ที่เรียงลำดับต่อเนื่องกันจะถูกจัดตำแหน่งให้ต่างกันเท่ากับ 1/3 ของช่องห่างระหว่างซี่ฟันของโรเตอร์ (10 องศา)

<u>การทำงานของ VR สเตปมอเตอร์ที่มี 3 สแต็ค</u>

ไดอะแกรมส่วนล่างของรูปที่ 2.7 แสดงถึงโครงสร้างของโรเตอร์และสเตเตอร์ของ VR สเตปมอเตอร์ที่มี 3 สแต็ค

แต่ละสแต็คจะมี $N_R = N_s$

แต่ละสแต็คจะมีตำแหน่งของสเตเตอร์แตกต่างจากตำแหน่งของสเตเตอร์ในสแต็คถัดไปเท่ากัน 10 องศา

ส่วนซี่ฟันของโรเตอร์ทั้ง 3 อันจะประกอบอยู่บนแกนเดียวกันและได้รับการปรับแต่งให้อยู่แนวเดียวกันอย่างสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามปกติเราจะหาค่ามุมสเตป (หรือ INDEX ANGLE) ได้จากสมการ

$$\theta_m = P_r/N_p = 360/N_rN_p$$

ในที่นี้เราจะหา θ_1 (INDEX ANGLE) ได้จากสมการเดียวกันคือ

$$\theta_1 = P_R/N_P = \theta_s$$

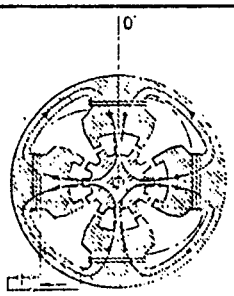
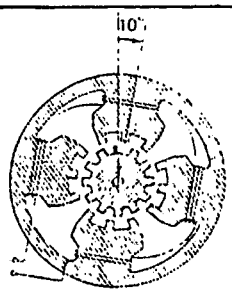
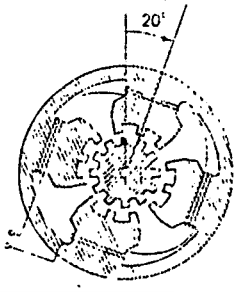
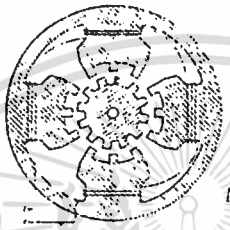
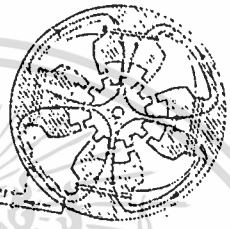
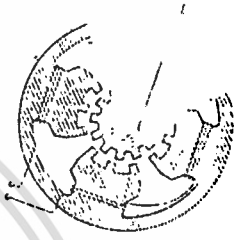
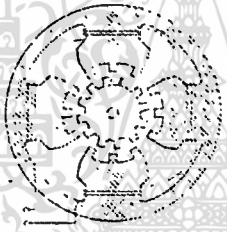
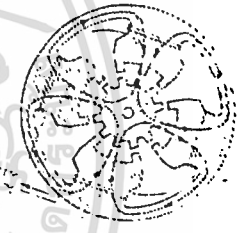
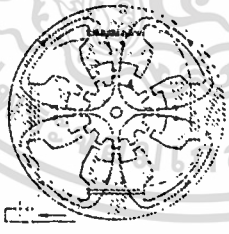
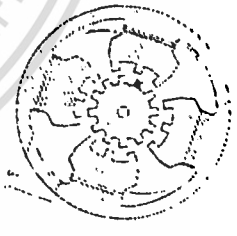
ในกรณี $N_R = N_S = 12$ ดังนั้นเราหา $P_r = 360/12 = 30$ องศา และค่า $\theta_1 = 30/3 = 10$ องศา

สเตปมอเตอร์แบบ 3 สแต็ค ถึงแม้ว่าโรเตอร์ทั้ง 3 อันจะติดอยู่บนเพลาอันเดียวกันสแต็คทั้ง 3 สแต็คจะมีวงจรแม่เหล็กที่แยกกันดังนี้

ถ้าเฟสที่ 1 ถูกขับด้วยกระแสเป็นเฟสเริ่มต้นให้ซี่ฟันของโรเตอร์-สเตเตอร์อยู่ในแนวเดียวกัน ส่วนซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ในสแต็คที่ 2 ในขณะนั้นจะมีตำแหน่งต่างกัน 10 องศา และซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ในสแต็คที่ 3 จะมีตำแหน่งต่างกัน 20 องศา ต่อจากนั้นเราหยุดจ่ายกระแส (กระแสขดลวดสเตเตอร์) ในสแต็คที่ 1 และป้อนกระแสให้กับสแต็คที่ 2 โรเตอร์จะหมุนไปอีก 10 องศา ซึ่งจะทำให้ซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ในสแต็คที่ 2 อยู่ในแนวเดียวกันในขณะนี้ซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ในสแต็คที่ 3 จะมีตำแหน่งต่างกัน 10 องศา ต่อจากนั้นเราหยุดจ่ายกระแสในสแต็คที่ 2 และป้อนกระแสให้กับสแต็คที่ 3 โรเตอร์จะหมุนไปอีก 10 องศา ซึ่งจะทำให้ซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ในสแต็คที่ 3 อยู่ในแนวเดียวกัน ส่วนซี่ฟันของโรเตอร์ในสแต็คที่ 1 จะมีตำแหน่งต่างกัน 10 องศา

ลำดับการสวิทช์กระแสให้แต่ละสแต็คแสดงได้ดังรูปที่ 2.8 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเพลาของสเตปมอเตอร์จะเคลื่อนที่ไปเท่ากับหนึ่งช่องของระยะห่างระหว่างซี่ฟันของโรเตอร์ (30 องศา) ภายใน 3 สเตป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	สแต็คที่ 1	สแต็คที่ 2	สแต็คที่ 3
ตำแหน่งเริ่มต้นของโรเตอร์ : - เฟส ϕ_1 ได้รับพลังงาน			
สเตปที่ 1 : - เฟส ϕ_2 ได้รับพลังงาน - โรเตอร์จะเคลื่อนที่ไป 10°			
สเตปที่ 2 : - เฟส ϕ_3 ได้รับพลังงาน - โรเตอร์จะเคลื่อนที่ไป 20°			
สเตปที่ 3 : - เฟส ϕ_3 ได้รับพลังงาน - โรเตอร์จะเคลื่อนที่ไป 30° หรือเท่ากับหนึ่งช่องของระยะห่างระหว่างซี่ฟันของโรเตอร์			

รูปที่ 2.8 แสดงลำดับการสเตปของ VRSM แบบ 3 เฟส, $N_r = N_s = 12$, $P_r = 30°$ และ $\theta_s = 10°$ ซี่ฟันของโรเตอร์สีดำจะเคลื่อนที่ไปในทิศทาง CW 10° ในแต่ละสเตปรวมทั้งหมด 30°, เมื่อสเตปไปครบ 3 สเตปสำหรับการหมุนในทิศทาง CW ลำดับการขับเฟส 1-2-3-1 และเมื่อต้องการให้หมุนในทิศทาง CCW ลำดับการขับเฟสก็ต้องกลับเป็น 1-3-2-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามปกติเพลาของมอเตอร์จะเคลื่อนที่ไปหนึ่งช่องของระยะห่างระหว่างซี่ฟันของโรเตอร์ (ROTOR TOOTH PITCH) ด้วยการสเตปไป N_p คือจำนวนสแต็กที่ใช้ (หรือเท่ากับจำนวนเฟส)

ลำดับการสวิทช์ที่แสดงในรูปที่ 2.8 เราสามารถนำมาเขียนเป็นตารางได้ดังรูปที่ 2.9 วงจรการสวิทช์ประกอบด้วย VRSM แบบ 3 เฟส (สัญลักษณ์ของสเตปมอเตอร์) การขับเฟสแสดงได้ด้วยสวิทช์แหล่งกำเนิดดีซี

สเตป	S_1	S_2	S_3
1	X		
2		X	
3			X
1	X		

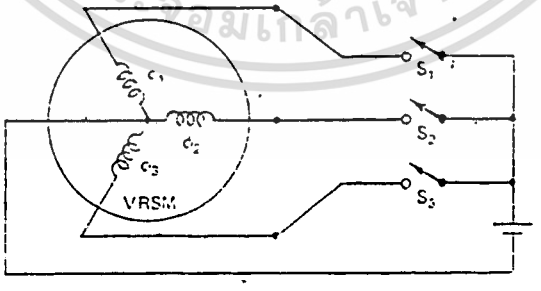
(ก)

สเตป	S_1	S_2	S_3
1	X	X	
2		X	X
3	X		X
1	X	X	

(ข)

สเตป	S_1	S_2	S_3
1	X	X	
2		X	
3		X	X
4			X
5	X		X
6	X		
1	X	X	

(ค)



(ง)

รูปที่ 2.9 แสดงถึง VRSM แบบ 3 เฟส (ก) ตารางแสดงลำดับการขับเฟสเดียวในทิศทาง CW (ข) ตารางแสดงลำดับการขับแบบ 2 เฟสในทิศทาง CW (ค) การขับแบบครึ่งสเตปในทิศทาง CW (ง) วงจรการสวิทช์เมื่อต้องการให้หมุนในทิศทาง CCW เราจะต้องกลับลำดับการขับคือให้อ่านตาราง (ก), (ข) และ (ค) จากข้างล่างขึ้นไปข้างบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง (ก) ถ้าเราขับเฟสที่ 1 และเฟสที่ 2 เรียงตามลำดับมอเตอร์จะหมุนไปหนึ่งสเตป

ตาราง (ข) ถ้าเราขับเฟสที่ 1 และเฟสที่ 2 พร้อมกันเพลาของมอเตอร์จะหมุนไป 3/2 สเตป ต่อจากนั้นเราขับเฟสที่ 2 และเฟสที่ 3 พร้อมกันอีกก็จะทำให้มอเตอร์หมุนไปครบเต็มหนึ่งสเตปดังนั้นการขับแบบ 2 เฟสเราเรียงลำดับการขับได้ดังนี้ 1-2, 2-3, 3-1, 1-2 กระทำซ้ำเติมไปเรื่อย ๆ

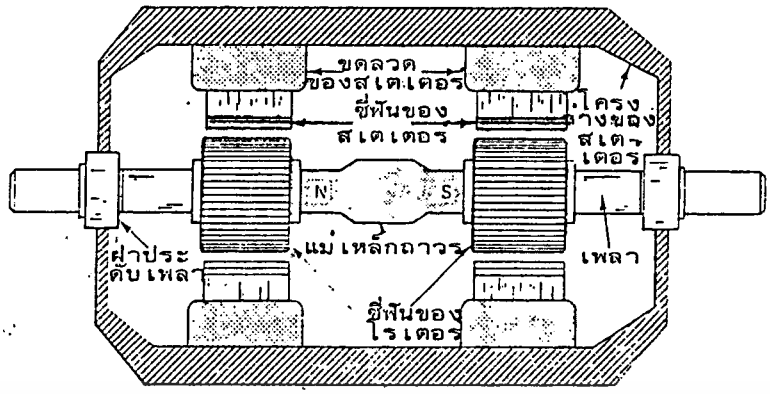
อย่างไรก็ตามการขับแบบ 2 เฟสหรือ 1 เฟสจะให้การหมุนเป็นมุมสเตปเท่ากัน ที่ต่างกันก็คือ การขับแบบ 2 เฟสจะให้การหมุนของโรเตอร์นำหน้าการขับแบบเฟสเดียวด้วยขนาด 1/2 สเตป นอกจากนั้นการขับแบบ 2 เฟสจะต้องการกระแสเป็น 2 เท่าของการขับแบบเฟสเดียว

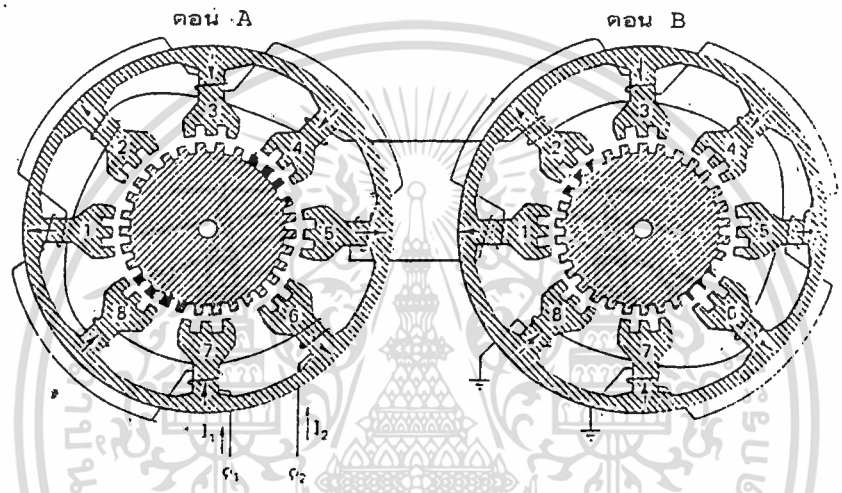
ตาราง (ค) แสดงการขับแบบ 2 เฟสสลับกับการขับแบบ 1 เฟสซึ่งจะทำให้โรเตอร์หมุนไป 1/2 สเตปเท่านั้น การขับแบบนี้จะทำให้จำนวนสเตปต่อรอบเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าจากเดิม

<u>สเตปมอเตอร์แบบไฮบริด</u>

ไฮบริดสเตปมอเตอร์ (HSM) มีคุณลักษณะผสมของ PM,VR สเตปมอเตอร์ ในรูปที่ 2.10 แสดงถึงโครงสร้างของ HSM ประกอบด้วย 2 ตอนกับแกนแม่เหล็กอยู่ระหว่าง 2 ตอน แต่ละตอนประกอบด้วนซี่ฟันของโรเตอร์และโพลของสเตเตอร์ที่มีซี่ฟันเช่นกันและพันด้วยขดลวด รายละเอียดโครงสร้างของสเตเตอร์และโรเตอร์ของแต่ละตอนแสดงในไดอะแกรมข้างล่างของรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 2.10 โครงสร้างของไฮสเตปมอเตอร์ N_R = 30, N_S = 24 ซี่ฟันของสเตเตอร์ทั้ง 2 ตอนจะอยู่ในแนวเดียวกับส่วนซี่ฟันของโรเตอร์ทั้ง 2 ตัวจะมีตำแหน่งต่างกัน 1/2 P_R (=6 องศา), θ_S = 3 องศา

<u>ลักษณะโครงสร้างของไฮบริดสเตปมอเตอร์</u>

- จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์และของสเตเตอร์ไม่เท่ากัน
- ตอน A และตอน B มีโครงสร้างเหมือนกัน
- ซี่ฟันของสเตเตอร์ทั้ง 2 ตอนจะอยู่ในแนวเดียวกันอย่างถูกต้อง
- ส่วนซี่ฟันของโรเตอร์ทั้ง 2 ตอนจะมีตำแหน่งที่แตกต่างกัน 1/2 P_R (ในรูปที่ 2.10 กำหนดให้ P_R = 360/30 = 12 องศา ดังนั้นตำแหน่งซี่ฟันของโรเตอร์ทั้ง 2 ตอนจะแตกต่างกัน 6 องศา)
- สเตเตอร์ของแต่ละตอนมี 8 โพลแบ่งของเป็น 2 สเตเตอร์เฟส
- เฟสที่ 1 จะพันขดลวดบนสเตเตอร์โพลหมายเลข 1,3,5,7 ของทั้งในตอน A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และตอน B

- เฟสที่ 2 จะพันขดลวดบนสเตเตอร์โพลหมายเลข 2,4,6,8 ของทั้งในตอน A และตอน B

- แกนแม่เหล็กถาวรจะเหนี่ยวนำโรเตอร์ในตอน A ให้เป็นแม่เหล็กขั้วเหนือและโรเตอร์ในตอน B ให้เป็นแม่เหล็กขั้วใต้ ความซับซ้อนจะเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการแบ่งส่วนของขดลวดเฟสใน 2 ตอนทำให้ได้วงจรแม่เหล็กที่ซับซ้อนและได้เส้นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กที่แตกต่างกันเป็นวงกลม ทิศทางเดินของสนามแม่เหล็กของสเตเตอร์โพลจะขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสเฟสดังแสดงด้วยลูกศรในรูปที่ 2.10

<u>การทำงานของไฮบริดสเตปมอเตอร์</u>

ขณะที่เฟสที่ 1 ($Ø_1$) ได้รับพลังงานโดยการป้อนกระแส I_1 ในทิศทางดังแสดงด้วยลูกศร

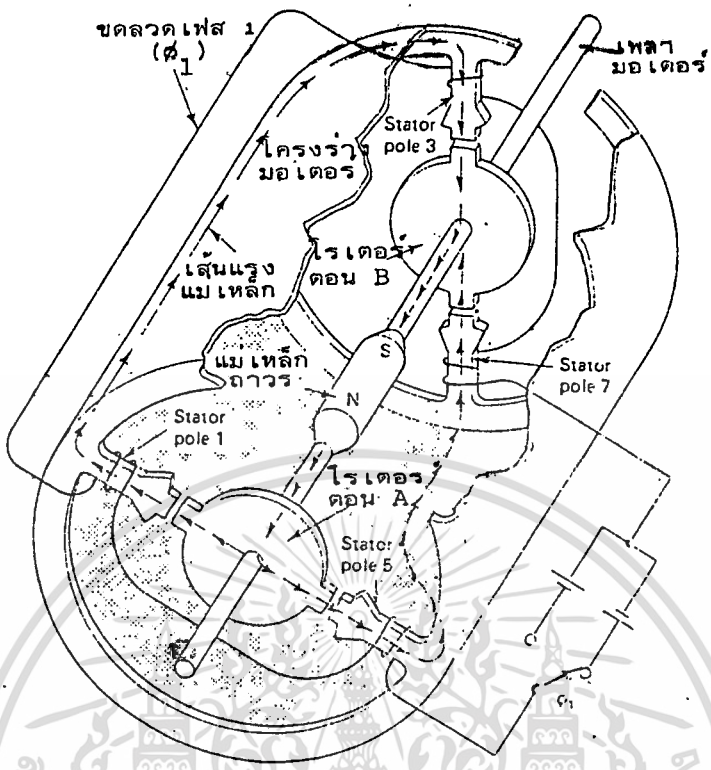
ซี่ฟันของโรเตอร์ในตอน A จะอยู่ในแนวเดียวกับซี่ฟันของสเตเตอร์ของโพลที่ 1 และโพลที่ 5 ส่วนของตอน B จะอยู่ในแนวเดียวกันซี่ฟันของโพลที่ 3 และโพลที่ 7 ดังแสดงในรูปที่ 2.11

เพื่อให้เพลาของมอเตอร์หมุนไปหนึ่งสเตปในทิศทาง CW เราจะต้องหยุดป้อนกระแส I_1 และป้อนกระแส I_2 ให้กับเฟสที่ 2 ($Ø_2$)

ในรูปที่ 2.10 ซี่ฟันของโรเตอร์ที่เป็นสีดำใช้สำหรับอ้างอิง ซี่ฟันสีดำจะอยู่ใกล้แนวซี่ฟันของสเตเตอร์ของโพลที่ 4 และโพลที่ 8 ในตอน A และโพลที่ 6 ในตอน B มากที่สุด (ซี่ฟันของโรเตอร์ที่เป็นสีดำอยู่ห่างจากแนวซี่ฟันของสเตเตอร์เท่ากับ 1 สเตปพอดี)

เราจะต้องป้อนกระแส I_2 ในทิศทางที่ถูกต้องคือจะต้องทำให้โพลที่ 4 และโพลที่ 8 และโพลที่ 6 ถูกเหนี่ยวนำเป็นแม่เหล็กในทิศทางที่ถูกต้อง (เกิดวงจรแม่เหล็กที่สมบูรณ์) ด้วย I_2 ในกรณีนี้ I_2 จะต้องเป็นลบ

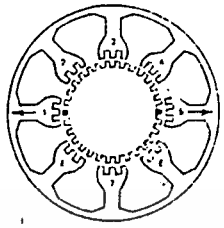
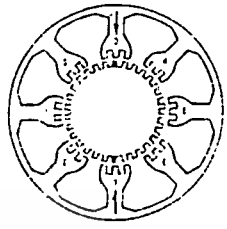
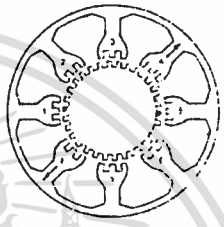
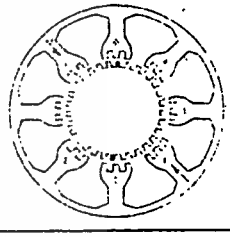
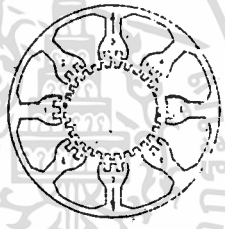
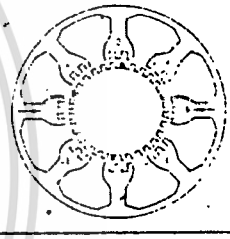
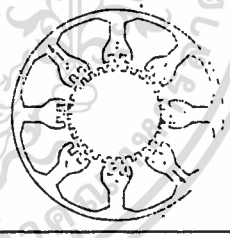
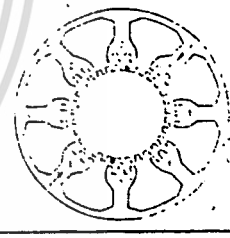
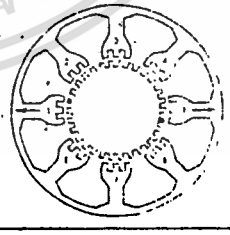
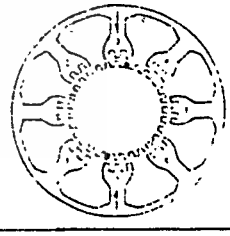
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 วงจรแม่เหล็กของ HSM แสดงถึงเส้นทางเดินทางของเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อเฟสที่ 1 ได้รับพลังงานและเส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้นในตอน A จะผ่านโพลที่ 1 และโพลที่ 5 เข้าไปยังโรเตอร์ของตอน B ผ่านโพลที่3 เข้าไปยังโรเตอร์ของตอน B ผ่านโพลที่ 3 และโพลที่ 7 เข้าสู่ขั้วใต้ (S) ของแม่เหล็กถาวร

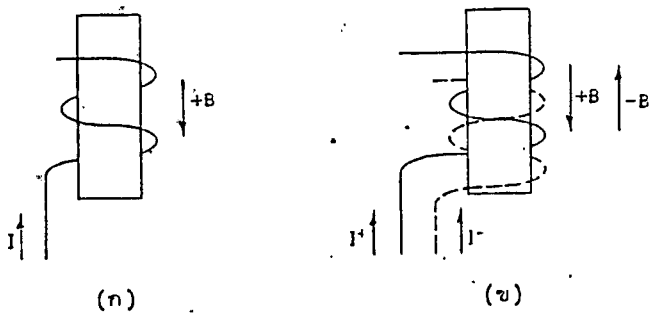
ในรูปที่ 2.12 แสดงถึงลำดับการสวิทช์ (ให้กระแสไหล) ให้มอเตอร์หมุนไปในทิศทาง CW 4 สเตป ซึ่งแสดงถึง ตำแหน่งของโรเตอร์และทิศทางการเป็นแม่เหล็กของสเตเตอร์โพลในแต่ละตอนด้วยการกำหนดทิศทางการไหลของกระแสเฟส สำหรับการหมุนในทิศทาง CW (ดังแสดงในรูป) เราจะต้องกำหนดลำดับของกระแสเฟสดังนี้ $1^+, 2^-, 1^-, 2^+$ และ 1^+ ตามลำดับ ถ้าเราต้องการหมุนในทิศทาง CCW ลำดับเหล่านี้ก็กลับไปเป็น $1^+, 2^+, 1^-, 2^-$, และ $\bar{1}^+$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเตป	ϕ_1 I_1	ϕ_2 I_2	เส้นแรงออกจากตอน A	เส้นแรงเข้าสู่ตอน B	ตอน A	ตอน B
1	+		1,5	3,7		
2		-	4,8	2,6		
3	-		3,7	1,5		
4		+	2,6	4,8		
1	+		1,5	3,7		

รูปที่ 2.12 ลำดับ 4 สเตปของ HSM แบบ 2 เฟส ในแต่ละสเตปแสดงถึงตำแหน่งของโรเตอร์และทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก N_r = 30, N_s = 24, θ_s = 3° ซี่ฟันของโรเตอร์ที่เป็นสีดำจะหมุนในทิศทาง CW ไป 3° ในแต่ละสเตปได้เป็น 12° เมื่อครบตามจำนวนลำดับ (หนึ่งช่องระหว่างซี่ฟันของโรเตอร์) สำหรับการหมุนในทิศทาง CW จะต้องจัดลำดับการขับเป็น 1^+, 2^-, 1^-, 2^+, 1^+

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 การพันขดลวดเฟสของสเตเตอร์(ก) แบบ UNIFILAR (ข) แบบ BI FILAR

ถ้าหาก HSM ในรูปที่ 2.10 มีขดลวดเฟสของสเตเตอร์เป็นแบบ BIFILAR ขดลวดเฟส $\emptyset_1$ เดิมจะถูกแบ่งตัวออกเป็นสองขดลวดเฟส $\emptyset_1^+$ และเฟส $\emptyset_1^-$

ในตอนนี้ก็จะทำให้เราได้ขดลวดเฟสถึง 4 เฟสและแต่ละเฟสสามารถขับได้ด้วยกระแสที่ไหลในทิศทางเดียว ส่วนเครื่องหมาย + และ- ใช้สำหรับแสดงถึงทิศทางการเกิดสนามแม่เหล็กของสเตเตอร์โพล

<u>ความรู้เกี่ยวกับ Z-80 บอร์ด</u>

Z-80 บอร์ดก็คือซิงเกิลบอร์ดที่มี Z-80 เป็นหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) และมีการจัดระบบของบอร์ดอย่างง่าย ๆ มีอุปกรณ์ที่จำเป็นเท่านั้นที่มีอยู่บนบอร์ด ถ้าต้องการใช้บอร์ดนี้ในการควบคุมระบบต่าง ๆ ก็ต้องต่อวงจรขยายออกมาอีกที ซึ่ง Z-80 บอร์ดนี้สามารถในการใช้ควบคุมระบบต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวางและค่อนข้างสะดวก เนื่องจากมีอุปกรณ์สนับสนุนมากมายและใช้ง่ายศึกษาเข้าใจง่ายเนื่องจาก Z-80 นี้ เป็นที่รู้จักแพร่หลายกันดีและมีหนังสืออ่านมากในประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

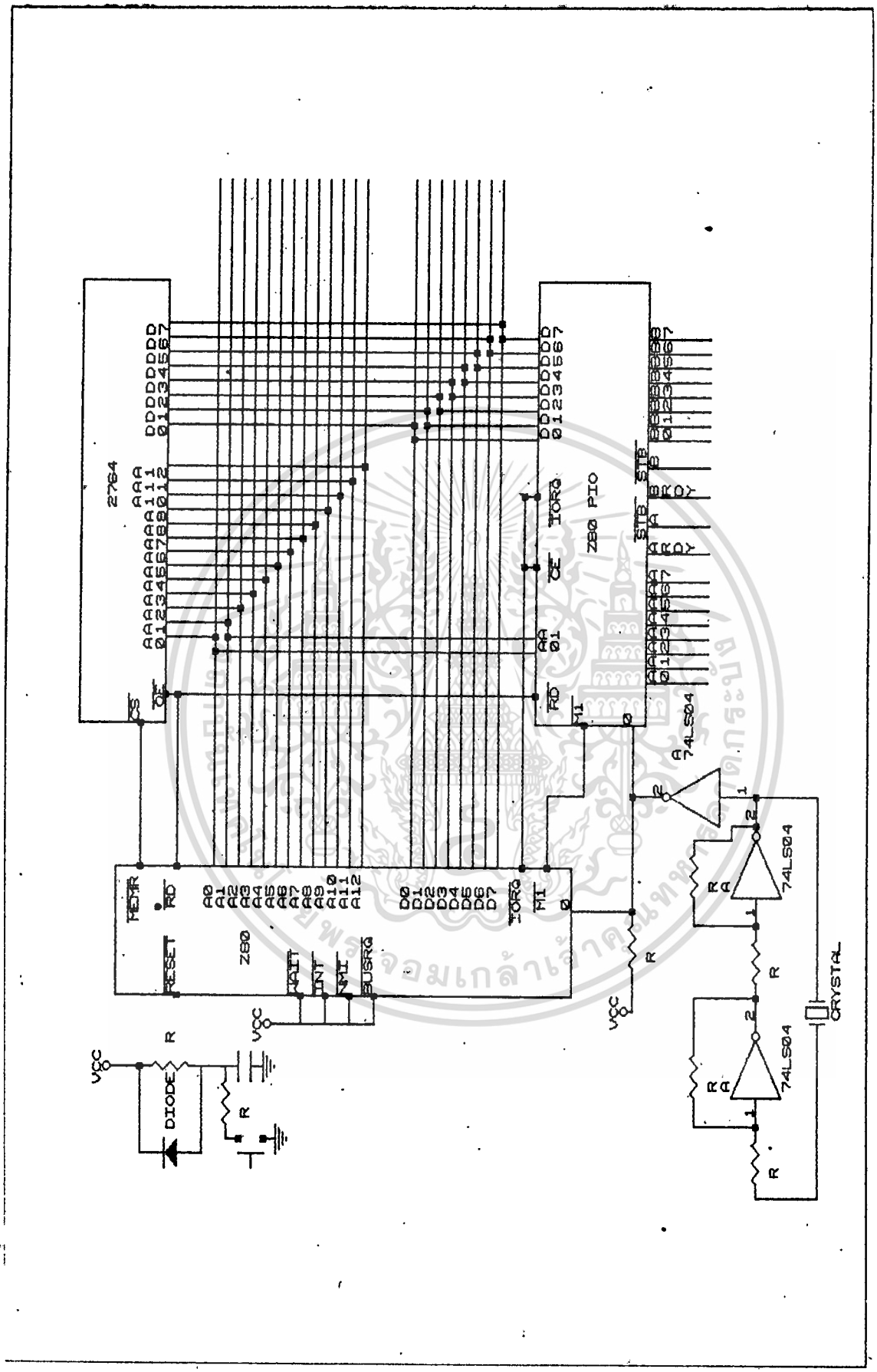
สำหรับโปรแกรมที่ใช้กับ Z-80 บอร์ดนี้จะใช้ภาษาแอสแซมบลี(ASSEMBLY) ดังนั้น สำหรับงานควบคุมและการประยุกต์ใช้งานอื่น ๆ จึงมีความสามารถและมีความอ่อนตัวมาก

ในการที่จะให้หน่วยประมวลผลกลาง เบอร์ Z-80 ทำงานได้นั้นจะต้องมีส่วนประกอบอย่างน้อยที่สุดคือ หน่วยความจำ (ROM) พอร์ต อินพุต-เอาท์พุตแบบขนาน (PIO) ต่อกันดังอาจแสดงในรูปที่ 2.14 ซึ่งเป็นระบบที่ง่ายที่สุด แต่จะเห็นว่าระบบแบบนี้จะไม่มีส่วนของแรม (RAM) อยู่เลย จึงมีข้อจำกัดในการเขียนโปรแกรม การใช้งานจึงเป็นแบบเฉพาะอย่าง จะใช้งานได้แค่ที่แปรข้อมูลแล้วส่งออก อินพุต-เอาท์พุตเลย

ถ้าต้องการให้ระบบของไมโครคอมพิวเตอร์สามารถทำงานได้คล่องตัวมากขึ้น จะต้องเพิ่มหน่วยความจำชนิดแรมเพิ่มเข้าไปในระบบ เพื่อเพิ่มความสามารถทำให้เก็บข้อมูลแบบสเตคในการเขียนโปรแกรมเพื่อสามารถโปรแกรมย่อย หรือใช้คำสั่งพุช (PUSH) และพ๊อพ (POP) ได้อีกด้วย สำหรับวงจรที่ได้ขยายนั้นได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.15 โดยเราจะแบ่งออกเป็นส่วน ๆ ได้ดังนี้คือ หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยกำเนิดสัญญานนาฬิกา(CLOCK)จากทีทีแอล (TTL) หน่วยความจำชนิดรอม (ROM) หน่วยความจำชนิดแรม (RAM) พอร์ตอินพุต-เอาท์พุตทั้งแบบอนุกรมและขนาน

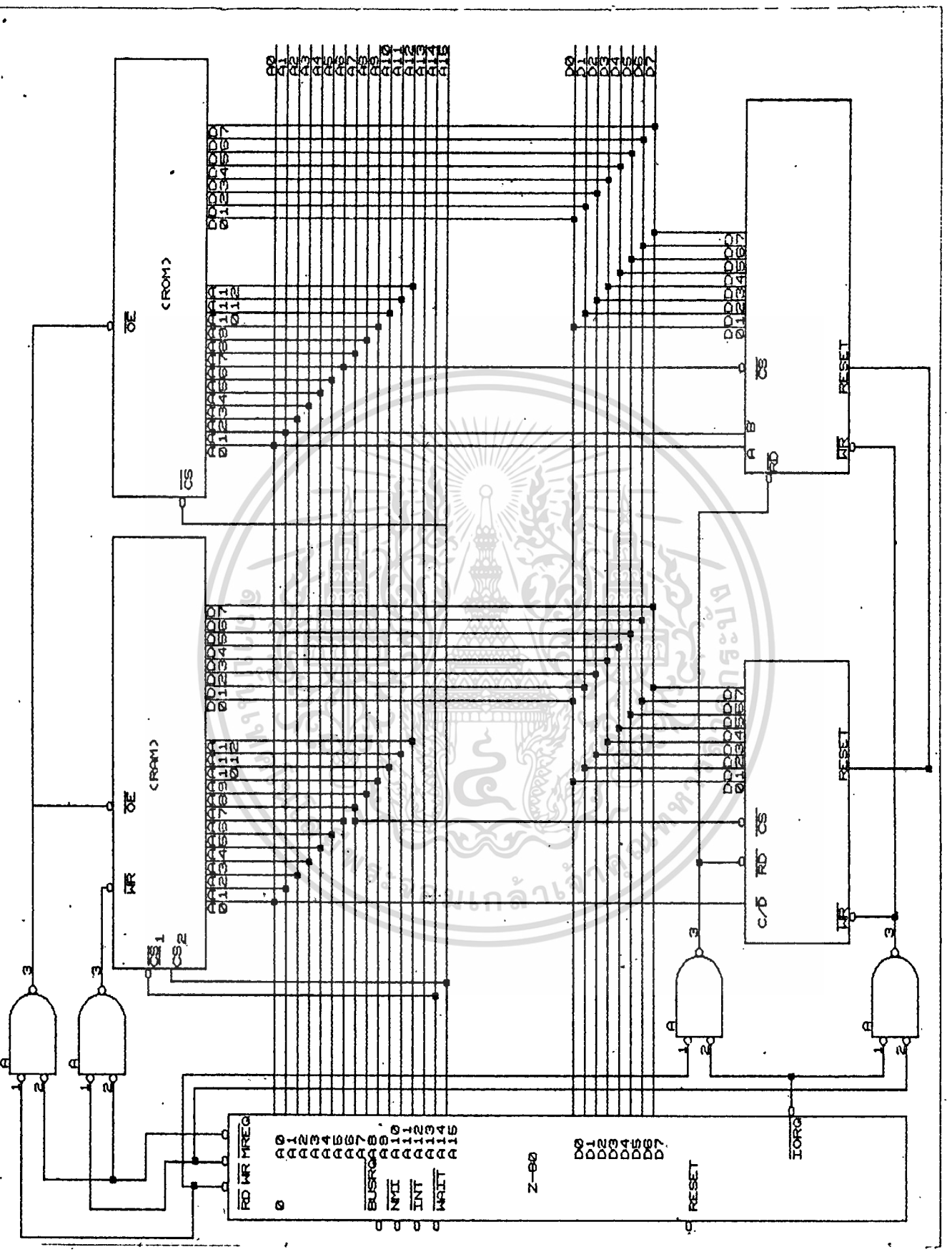
นอกจากนั้นแล้วจะต้องมีส่วนถอดระหัสเลือกตำแหน่งของหน่วยความจำและของพอร์ท I/O ไม่จำเป็นต้องใช้บัสแอดเดรสทั้ง 16 บิต (สำหรับหน่วยความจำ) และบิต (สำหรับพอร์ต I/O) ถ้าระบบนั้นไม่ต้องการขยายหรือเผื่อไว้สำหรับเพิ่มขีดความสามารถของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 แสดงการต่อการใช้ Z-80 บอร์ด ขั้นพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 การขยายการใช้งานของ Z-80 เพื่อให้ใช้งานได้จริง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>รายละเอียดเกี่ยวกับ Z-80 บอร์ด</u>

บน Z-80 บอร์ดที่ใช้ในโปรเจคชิ้นนี้จะมีอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. หน่วยประมวลผลกลาง (CENTRAL PROCESSING UNIT) เบอร์ Z-80 A ใช้ตัวกำเนิดสัญญานนาฬิกา 3.579 เมกะเฮิร์ด (MHz)

2. หน่วยความจำประเภทแรมใช้หน่วยความทจำแบบสแตติกแรม (STATIC RAM) เบอร์ 6264 ขนาด 8 กิโลไบต์ (K BYTES) อ้างแอดเดรสตั้งแต่ 4000-5FFF H

3. หน่วยความจำประเภทรอมสามารถใช้ได้ทั้ง 2732 และ 2764 โดยมีแอดเดรสดังนี้

- กรณีใช้ 2732 เป็นมอนิเตอร์ (MONITOR) มีขนาด 4 กิโลไบต์อ้างแอดเดรส 0000-0FFFH

- กรณีใช้ 2764 เป็นมอนิเตอร์มีขนาด 8 กิโลไบต์อ้างแอดเดรส 0000-1FFFH

4. ส่วนขยายหน่วยความจำ (MEMORY EXPANSION) สามารถใช้ได้ทั้งรอมและแรม

กรณีที่เป็นรอมใช้ได้ทั้ง 2732 และ 2764

- กรณีใช้ 2732 มีขนาด 4 กิโลไบต์ อ้างแอดเดรส 2000-2FFFH

- กรณีใช้ 2764 มีขนาด 8 กิโลไบต์ อ้างแอดเดรส 2000-3FFFH

กรณีที่เป็นแรมจะใช้ 6264 ซึ่งมีขนาด 8 กิดลไบต์ อ้างแอดเดรส 2000-3FFFH

5. อินพุต-เอาท์พุต (INPUT & OUTPUT)

8255 :อินพุต/เอาท์พุต แอดเดรส 00 - 03

Z-80 PIO :อินพุต/เอาท์พุต แอดเดรส 40 - 43

Z-80 CTC :อินพุต/เอาท์พุต แอดเดรส 80 - 83

6. ส่วนแสดงผลใช้ได้โอดเปล่งแสง 7 ส่วน ขนาด 0.5 นิ้ว จำนวน 6 หลัก

7. คีย์บอร์ด (KEYS BOARD) มีทั้งหมด 24 คีย์

8. ลำโพง (SPEAKER) ใช้ลำโพงขนาด 1 นิ้ว

9. ต่อกับเทป (AUIDO TAPE INTERFACE) 83 บิต/วินาที

10. สัญญาณนาฬิกา (SYSTEM CLOCK RATE) 3.579 เมกกะเฮิร์ด

11. ระบบไฟเลี้ยง 5 โวลต์ กระแสประมาณ 350 มิลลิแอมป์

12. คอนเนคเตอร์ (CONNECTOR)

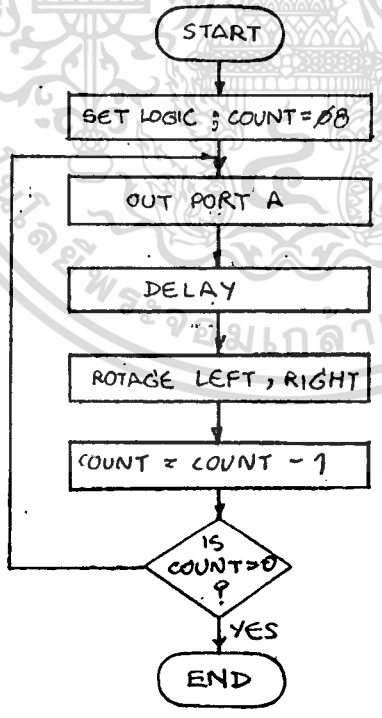
- 40 พิน มาจาก CPU โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 10 พิน มาจากตัวแปรหน่วยความจำ (MEMORY DECODER และ CTC)
- 28 พิน มาจาก อินพุต-เอาท์พุต
- สล้อต 50 พิน 40 พิน มาจาก CPU โดยตรง 5 พินมาจากตัวแปลงรหัสหน่วยความจำ และอีก 5 พินมาจากหหน่วยแปลงรหัส อินพุต-เอาท์พุต

<u>การใช้ Z-80 บอร์ดควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์</u> (สเตปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้เป็นชนิด 4 เฟส)

ในการควบคุมสเตปมอเตอร์ให้หมุนด้วย ไมโครโปรเซสเซอร์จะทำได้โดยการทำงานดังบล๊อกข้างล่าง ซึ่งต่างจากการใช้วงจรตรรก (LOGIC SEQUENCE) คือการป้อนคำสั่งให้มอเตอร์หมุนซ้ายขวาจะทำได้โดยคำสั่งหมุนซ้าย (ROTAGE LEFT) หมุนขวา (ROTAGE RIGHT) ของข้อมูลที่นำมาควบคุมมอเตอร์ส่วนโปรแกรมควบคุมสเตปมอเตอร์อย่างง่ายๆ อาจอธิบายได้ด้วยโฟว์ชาร์ท (FLOW CHART) ดังนี้



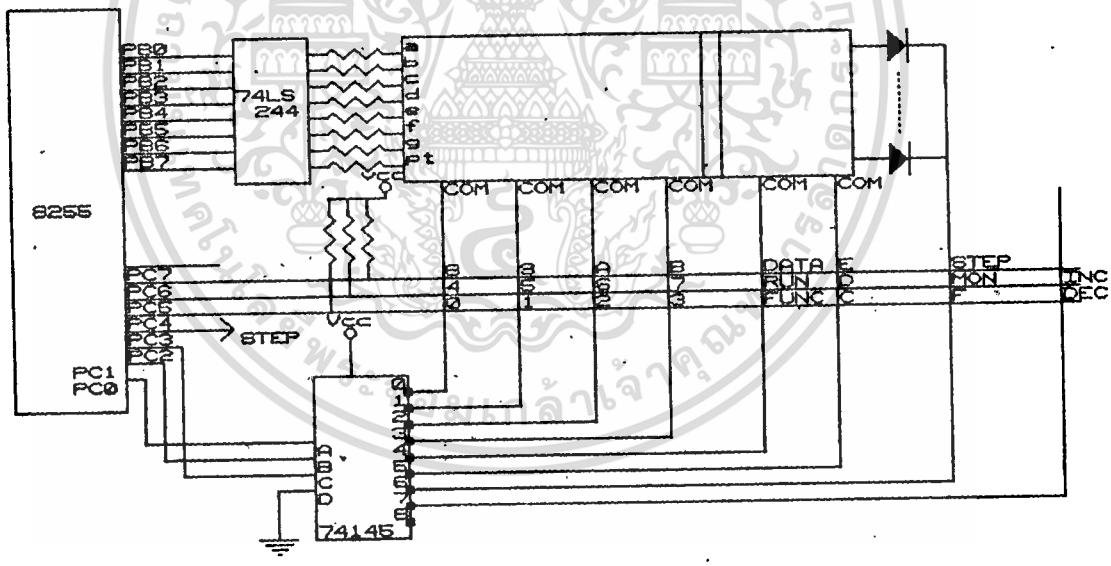
รูปที่ 2.16 แสดงวิธีการควบคุมการทำงานของสเตปมอเตอร์ โดยใช้ Z-80 บอร์ด

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของ [illegible] ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโฟว์ชาร์ทที่เห็นจะพบว่าการควบคุมของสเตปปิ้งมอเตอร์ สามารถใช้โปรแกรมแทนวงจรซีเควนเชี่ยนได้โดยไม่มีความแตกต่างกันเลย

เครื่อง Z-80 บอร์ดนี้ใช้หน่วยประมวลผลกลางเบอร์ Z-80 ใช้8255 เป็นหน่วยอินพุต-เอาท์พุตซึ่งสามารถแสดงการต่อได้ดังรูปที่ 3.3 จะเห็นว่าการต่อคีย์บอร์ดและไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน (LED 7 SEGMENT) จะมีการต่อร่วมกันดังนั้นถ้าต้องการใช้ทั้งคู่พร้อมกันต้องพยายามเขียนโปรแกรมให้สอดคล้องกันด้วย

ส่วนวงจรของ Z-80 บอร์ดสำหรับการต่อหน่วยอินพุต-เอาต์พุตโดยใช้ 8255 แสดงได้ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 การต่อคีย์บอร์ด และ ไดโอด 7 ส่วน โดยใช้ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
เครื่องเจาะ PCB

หลักการทำงานของเครื่องเจาะ PCB

เครื่องเจาะ PCB ที่สร้างขึ้นมานี้ เราสามารถใช้ในการเจาะ แผ่นวงจร (PCB) ได้ โดยเราจะสอนให้หน่วยควบคุมรู้ตำแหน่งของรูบนแผ่นวงจร แล้วจะเก็บค่าตำแหน่งต่าง ๆ ไว้ในหน่วยความจำเป็นตำแหน่งของ X และ Y เทียบกับจุดกำเนิด (ORIGIN) ในระบบแกนคาทีเซี่ยน ส่วนในขั้นต่อไปจะเป็นการทำงานแบบอัตโนมัติ คือเครื่องจะดึงค่าในหน่วยความจำ (MEMORY) ที่ได้เก็บตำแหน่งของรูต่าง ๆ บนแผ่นวงจรจากขั้นตอนแรก ออกมากำหนดตำแหน่งของรูบนแผ่นวงจรที่ต้องการเจาะได้ ซึ่งจากหลักการข้างบนเราจะเห็นว่ามีการทำงานอยู่ 2 ขั้นตอนคือ

1. การนำค่าโคออดิเนตต์(CO-ORDINATE)ของรูบนแผ่น PCB เก็บเข้าเครื่องหรือ หน่วยความจำ (MEMORY) การทำงานในขั้นตอนนี้เป็นการทำงานแบบใช้คนควบคุมการทำงาน (MANUAL)

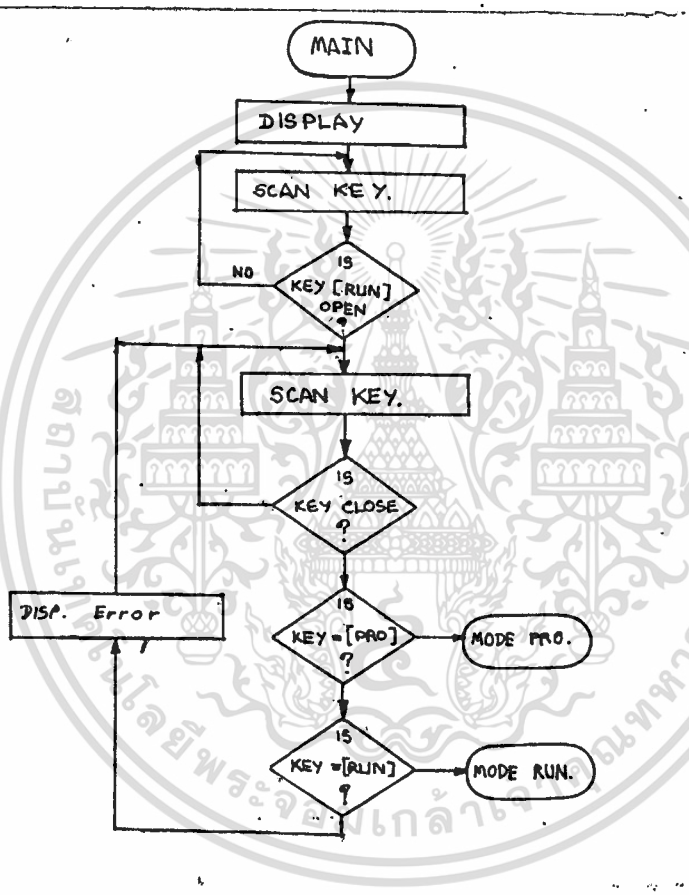
2. การนำค่าโคออดิเนตต์(CO-ORDINATE)ในหน่วยความคจำ (MEMORY) มาควบคุมตำแหน่งของเครื่องเจาะให้เครื่อนที่ไปตามตำแหน่งที่ได้จากขั้นตอน 1 ในการเจาะแผ่นวงจรจริง ๆ

การทำงานทั้ง 2 ขั้นตอนนั้นเราจะใช้โปรแกรม (PROGRAM) ในการเลือกการทำงานว่าอยู่ในขั้นตอนใด (ให้การทำงานในขั้นตอนแรกเรียกว่า MODE PROGRAM การทำงานในขั้นตอน 2 เรียกว่า MODE เจาะ) ซึ่งแผนผังการทำงาน (FLOWCHART) ข้างที่ใช้ในการเลือกกรทำงานได้แสดงไว้ในรูปที่ 1

ในการทำงานในโหมดที่ 1 ซึ่งเป็นการทำให้หน่วยควบคุมรู้ตำแหน่งรูบนแผ่นวงจรว่าอยู่ที่ใด โดยอาจจะทำให้การกำหนดตำแหน่งโดยตรงเข้าหน่วยความจำ(MEMORY) เลยก็ได้ แต่ในความเป็นจริงตำแหน่งรูบนแผ่นวงจร จะเป็นตัวเลขทางอนาลอก (ANALOG) ที่ค่อนข้างเล็ก (ระยะห่างแต่ละ STEP น้อย) ซึ่งทำให้การกำหนดตำแหน่งเข้าหน่วยความจำ (MEMORY) โดยตรงจะยากต่อผู้ใช้ ดังนั้นเราจะใช้วิธีการเลื่อนหัวเจาะไปที่ตำแหน่ง

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูบนแผ่น PCB เมื่อได้ตำแหน่งที่ต้องการเราก็จะนำค่าที่ได้เก็บเข้าหน่วยความจำจนกว่าจะเลื่อนหัวเจาะไปที่รูต่าง ๆ บนแผ่น PCB จนหมด



รูป 3.1 FLOW CHART เลือกโหมด (MODE)

ซึ่งในการเลื่อนตำแหน่งหัวเจาะและนำตำแหน่งรูเก็บเข้าหน่วยความจำ และการกระทำต่างๆที่จะเป็นการติดต่อระหว่างเครื่องกับผู้ใช้ เราจะใช้คีย์บอร์ด (KEYBOARD) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการตั้งคีย์บอร์ด (MODIFIED KEY BOARD) ดังรูปที่ 3.2 และมีหลักการทำงานของโปรแกรม (PROGRAM) ดังผังการทำงาน (FLOW CHART) ดังรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C (PROG)	D (RUN)	E (END)	F (RET)	MON	REG
8	9 ↑	A	B (STEP)	DATA	SST
4 ←	5	6 →	7	RUN	INC
0	1 ↓	2	3	FUNC	DEC

รูปที่ 3.2 การ MODIFY KEY BOARD บน Z-80 BOARD

การทำงานในโหมดที่ 2 จะเป็นการเลื่อนหัวเจาะไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ซึ่งกำหนดจากค่าใน หน่วยความจำ ซึ่งได้ ป้อนเข้าไปในการทำงานในโหมดที่ 1 เมื่อได้ตำแหน่งที่ต้องการหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) จะสั่งให้ดอกสว่านหมุนพร้อมกับเลื่อนหัวเจาะลงมาเจาะแผ่น PCB และทำไปเรื่อย ๆ จนถึงรูสุดท้ายจึงเข้าสู่การทำงานของเมนโปรแกรม (MAIN PROGRAM) ซึ่งมีหลักการทำงานดังรูปที่ 3.4

จาก ผังการทำงาน (FLOW CHART) ทั้ง 3 คือรูปที่ 3.1, 3.3 และ 3.4 จะเห็นว่ามีโปรแกรมย่อยที่ย่อยที่ใช้บ่อยอยู่คือ

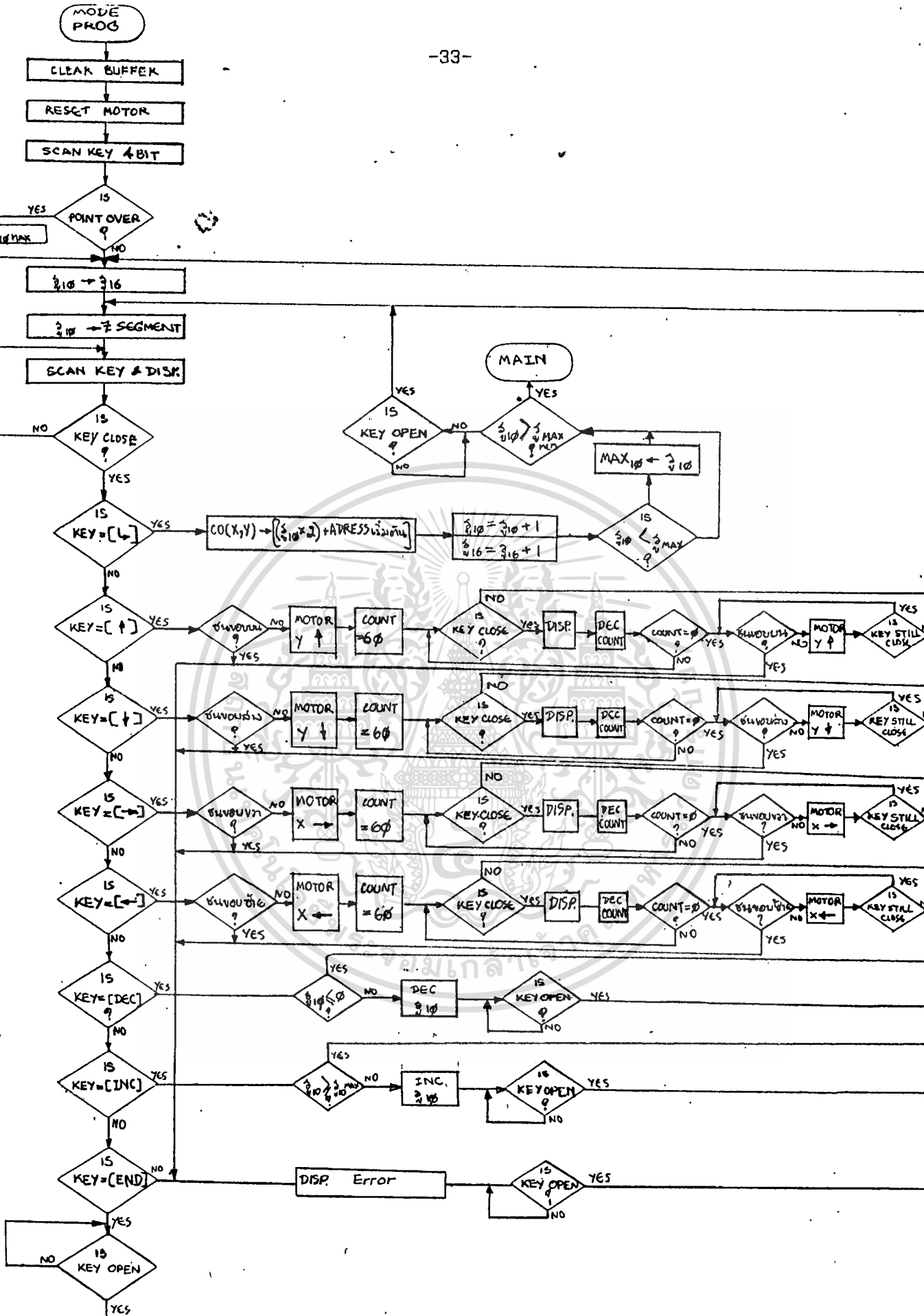
-SCAN KEY & SCAN DISPLY

-MOVE MOTOR (ขึ้น,ลง,ซ้าย,ขวา)

-เลื่อนหัวเจาะและหมุนดอกสว่าน

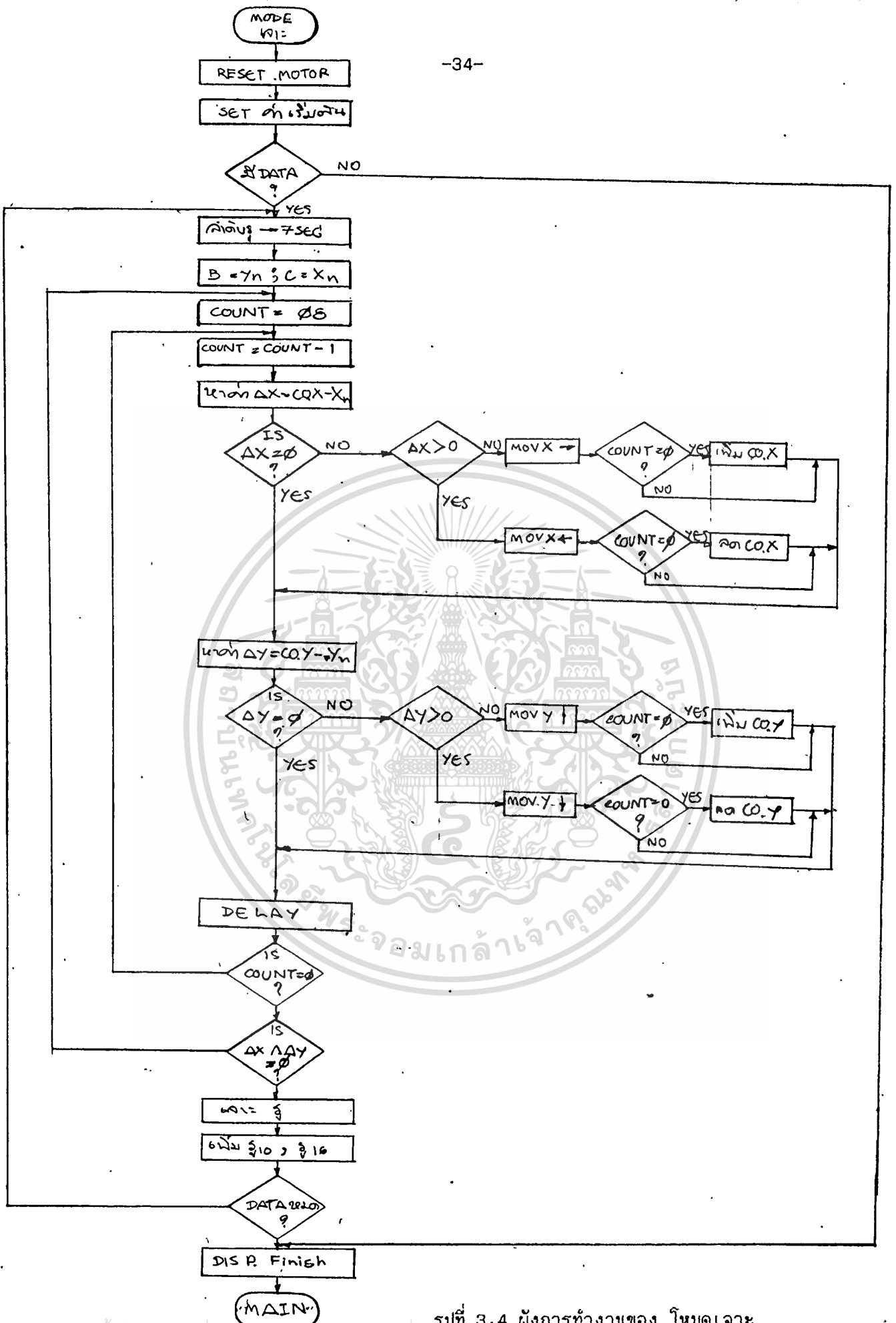
-รีเซ็ต (RESET) หัวเจาะไปตำแหน่ง (0,0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ผังการทำงานของ โหมดโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ผังการทำงานของ โหมดเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

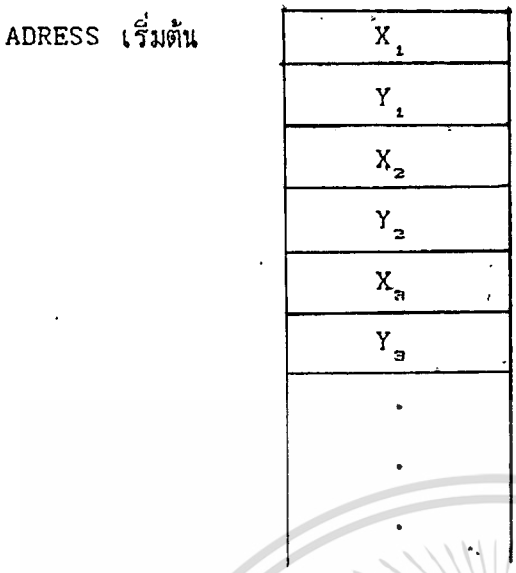
ก่อนที่จะเขียนโปรแกรม เราต้องทำการจัดระบบการทำงานของ Z-80 บอรด์ (Z-80 BOARD) ขั้นแรกเราจะตั้งหน่วยความจำ (SET MEMORY) ที่เก็บค่าต่าง ๆ สำหรับการทำงานดังนี้

รูปที่ 3.5 ตารางแสดงการใช้เนื้อที่ในหน่วยความจำ สำหรับเก็บค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในระหว่างการทำงานของโปรแกรม

ส่วนหน่วยความจำที่ใช้ในการเก็บตำแหน่งของจุดที่จะทำการเจาะ จะเก็บอยู่ในลักษณะ เก็บค่า X 8 บิด เก็บค่า Y 8 บิด โดยตำแหน่ง X และ Y จะอยู่ในลักษณะเทียบกับจุด (Ø,Ø) คือ X อยู่ห่างจาก Ø เท่าใด Y อยู่ห่างจาก Ø เท่าใด ซึ่งการอ้าง X และ Y ในรูปแบบนี้มีข้อดีคือ สามารถแก้ไขตามตำแหน่งต่าง ๆ ได้ตามอิสระ เนื่องจากตำแหน่งของรูในแต่ละรูเป็นอิสระ ไม่ขึ้นต่อกัน โดยลักษณะการเก็บตำแหน่ง X และ Y จะเป็นดังตารางในรูปที่ 3.6

เราจะเก็บตำแหน่ง(X,Y)ใน MEMORY โดยอ้างกับจุด (Ø,Ø) ที่ตั้งไว้ ในการเริ่มกระบวนการต่าง ๆ เราจะให้หัวเจาะเลื่อนไปตำแหน่งนี้ก่อน จากนั้นก็ให้เครื่องทำงานตามปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ตารางแสดงการเก็บ CO(X,Y) ซึ่งความสามารถในการเจาะจะขึ้นอยู่กับ MEMORY ส่วนนี้

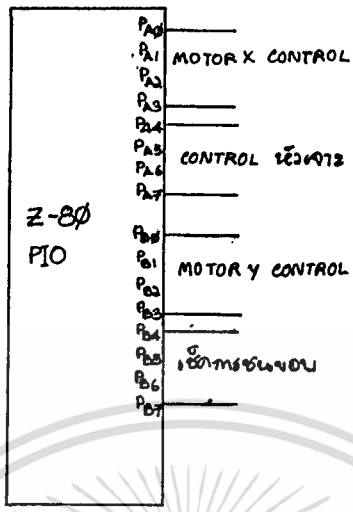
ในการเขียน ซอร์ฟแวร์ (SOFT WARE) ของการกดคีย์ (KEY) ต่าง ๆ ต้องรู้ว่าคีย์ที่ถูกกดเป็นคีย์ ใดมี รหัส (CODE) เป็นเท่าไร และถ้าเราต้องการให้แสดงค่าคีย์ที่กดออกแสดงผลทางไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน (LED 7 SEGMENT) จะต้องแปลงระหัสของค่ารหัสคีย์ (KEY CODE) ให้เป็นรหัส 7 ส่วน (7 SEGMENT CODE) ซึ่งสามารถเขียนเป็นตารางได้ดังนี้ (จะเขียนเฉพาะค่า รหัส 0-F เท่านั้น)

ค่า KEY	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
SCANKEY CODE	60	61	62	63	50	51	52	53	30	31	32	33	65	55	35	66
7 SEGMENT	3F	06	5B	4F	66	6D	7D	07	7F	6F	77	7C	39	5E	79	71

รูปที่ 3.7 ตารางเปรียบเทียบค่า CODE ของการ SCANKEY กับ 7 SEGMENT

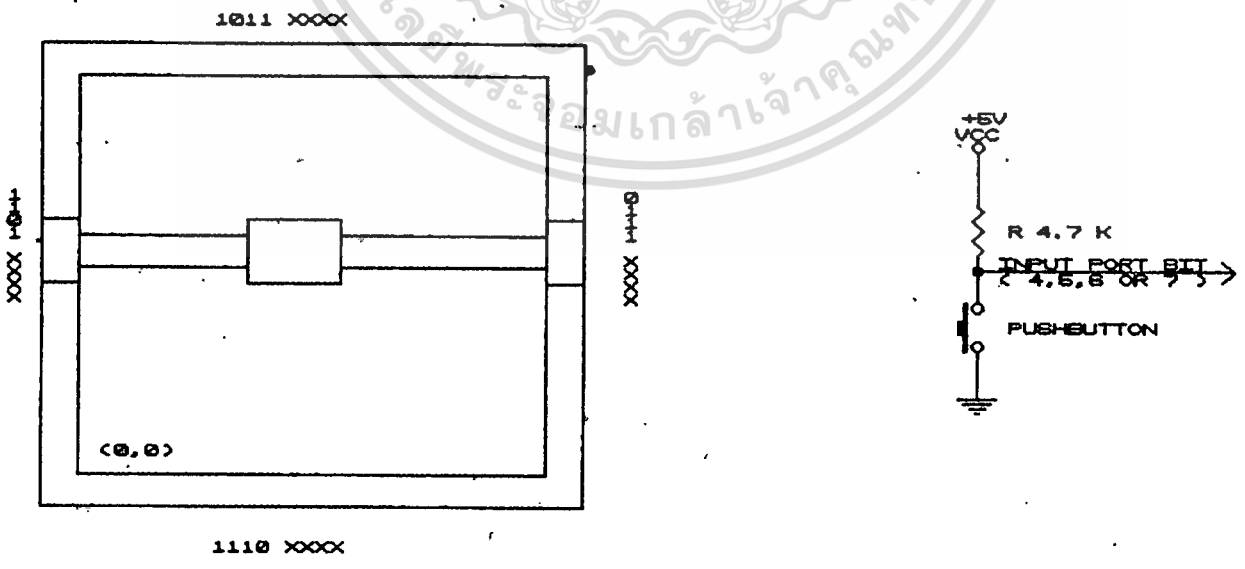
ส่วนพอร์ท (PORT) ของ 8255 บน Z80 บอร์ด นั้นใช้เต็มหมดทุกพอร์ทแล้วจึงต่อ Z80 PIO เข้าบน Z80 บอร์ดเพื่อนำ พอร์ทมาใช้ในการควบคุมการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์ (STEPPING MOTOR) ทางแกน X และ Y รวมทั้งควบคุมหัวเจาะโดยกำหนด PORT ต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงการใช้ PORT ของ Z-80 PIO ในการควบคุมเครื่องเจาะ PCB

การที่เราให้ PB4-PB7 เช็คการชนและเราตั้งพอร์ท B บนไว้ดังนี้แล้ว เราจึงให้ค่าการเช็คขอบโดยใช้สวิทช์แตะ (CONTACK SWITCH) ติดที่ขอบต่าง ๆ โดย แปรระหัส (DECODE) ค่าการถูกกดดังรูปที่ 3.9 ซึ่งเราจะใช้การพูลอัพสวิทช์แตะ (PULL UP CONTACK SWITCH) ทั้ง 4 ถ้า SWITCH ตัวใดถูกกดจะมีค่าความจริง (LOGIC) เป็น 0



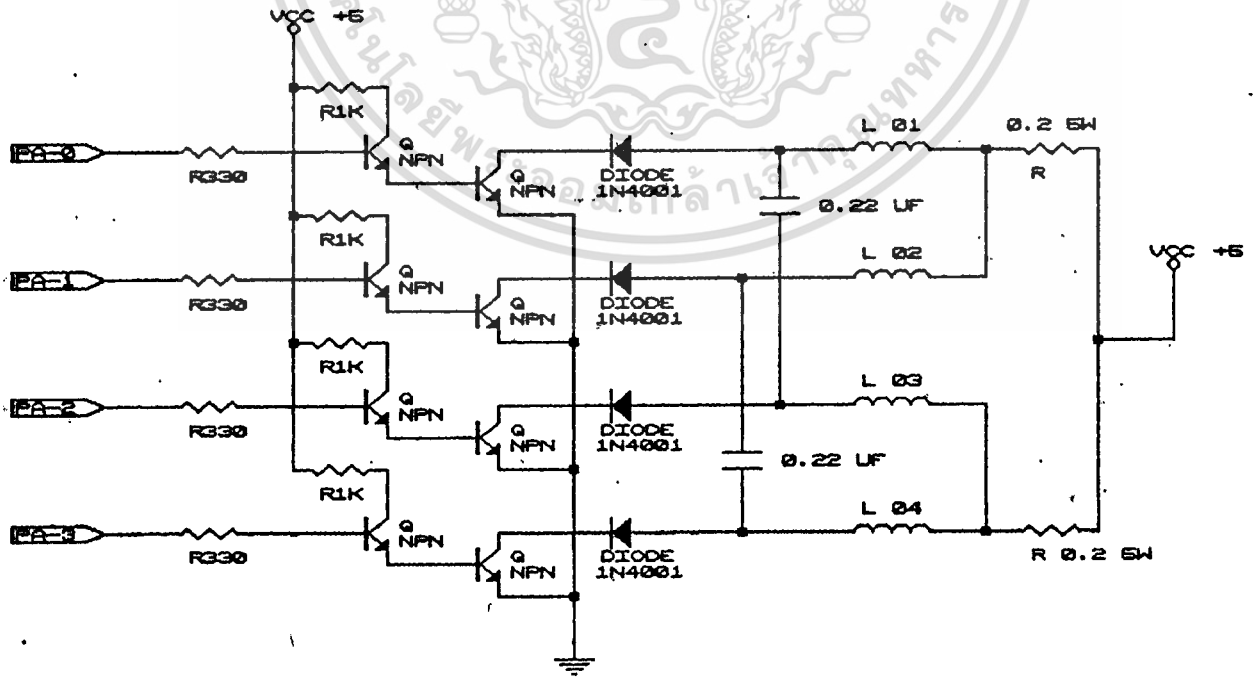
รูปที่ 3.9 แสดงการ DECODE CONTACK SWITCH เช็คการชนขอบของหัวเจาะ และการ PULL UP CONTACK SWITCH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมดที่กล่าวมานั้นจะเป็นการทำงานรวม ๆ ซึ่งนอกจากนี้แล้วยังมีการทำงานย่อย ๆ อีกเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ของโปรแกรมในการทำงานเช่น โปรแกรมป้องกันการทำงานที่อาจทำให้เกิดความผิดพลาดของผู้ใช้ ซึ่งจะซ่อนอยู่ในโปรแกรมต่าง ๆ โดยจะเตือนเมื่อเกิดการทำงานผิดพลาดขึ้น

สำหรับ PROGRAM ที่ใช้ในการรับคำสั่งของ Z-80 บอร์ดเพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องเจาะเราจะต้องเขียนโปรแกรมสแกนคีย์บอร์ด (PROGRAM SCANKEY BOARD) และ โปรแกรมสแกนดิสเพลย์ (SCAN DISPLAY) ขึ้นมาและจะต้องให้โปรแกรมทั้งสองทำทำงานควบคู่กันไป

ส่วนการทำงานของเครื่อง จะใช้สเตปมอเตอร์ 2 ตัวในการขับหัวเจาะระนาบ X,Y ในระบบคาทีเซี่ยน และใช้มอเตอร์ตัวเล็ก ๆ 2 ตัวในการหมุนดอกสว่านและเลื่อนสว่านขึ้นลง ในการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ (MICROPROCESSER) ควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์(STEPPING MOTOR) จะต้องมีวงจรขับ (DRIVE CIRCUIT) ซึ่งจะใช้วงจรดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 วงจรขับ STEPPING MOTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วนั้นเป็นการกล่าวทางด้านซอร์ฟแวร์ เกือบทั้งหมดซึ่งยังต้องกำหนดรายละเอียดย่อยๆอีก คือ

- ความกว้างและยาวมากที่สุดของแผ่น PCB ที่สามารถเจาะได้มีขนาด 1 ฟุต * 1 ฟุต
- ความละเอียดในการเจาะ มีขนาด 0.05 นิ้ว และแผ่น PCB มีขนาดกว้าง-ยาว มากสุด 1ฟุต * 1ฟุต ดังนั้นจำนวนสเตปในแต่ละแกนจะมีจำนวนเท่ากับ

จำนวนสเตปในแต่ละแกน = 12(นิ้ว) / 0.05(นิ้ว) สเตป

= 240 สเตป

ดังนั้นค่าจำนวนสเตปในแต่ละแกนมีค่าน้อยกว่า 258 (2^8) จึงสามารถเก็บค่าได้ใน 1 บิท (BIT) สำหรับ 1 แกน

สำหรับโปรแกรมย่อยที่ใช้ในโปรแกรมหลักทั้ง 3 โปรแกรมคือ

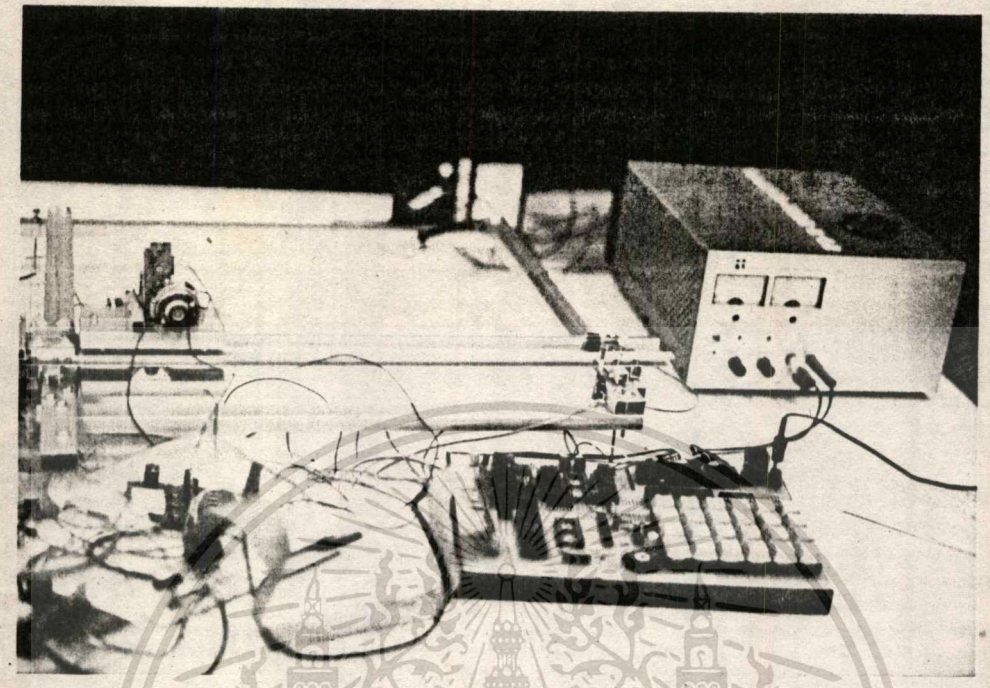
- โปรแกรมหลัก (MAIN PROGRAM)
- โหมดโปรแกรม (MODE PROGRAM)
- โหมดเจาะ (MODE DRILLING)

จะยังไม่ขออธิบายในที่นี้เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่สามารถหาอ่านได้โดยง่าย

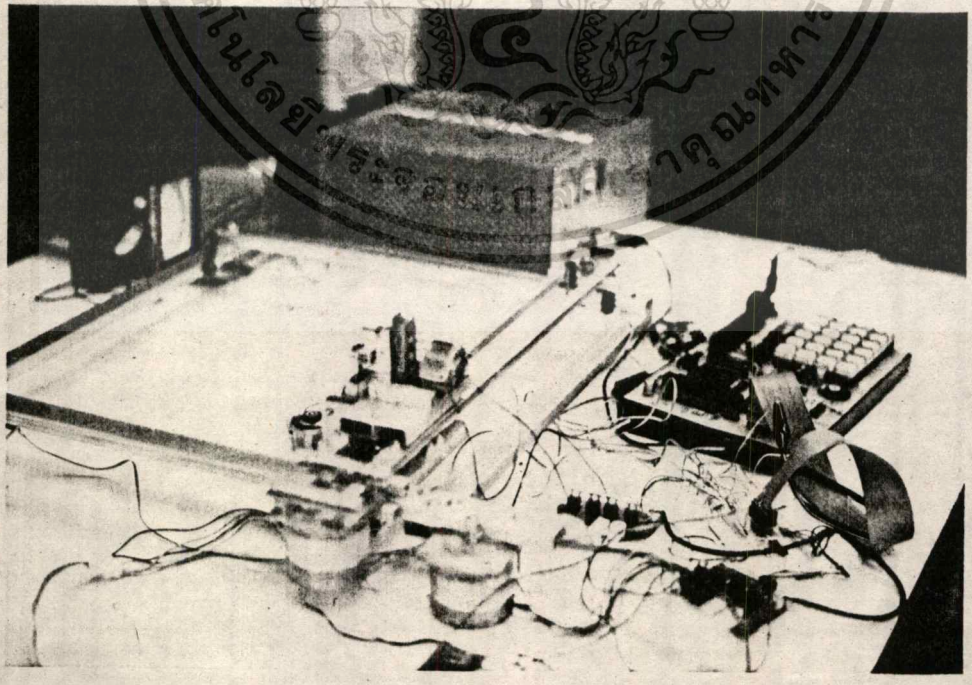
ส่วนทางกล(MECHANIC)

ในส่วนทางกลจะขออธิบายโดยใช้รูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

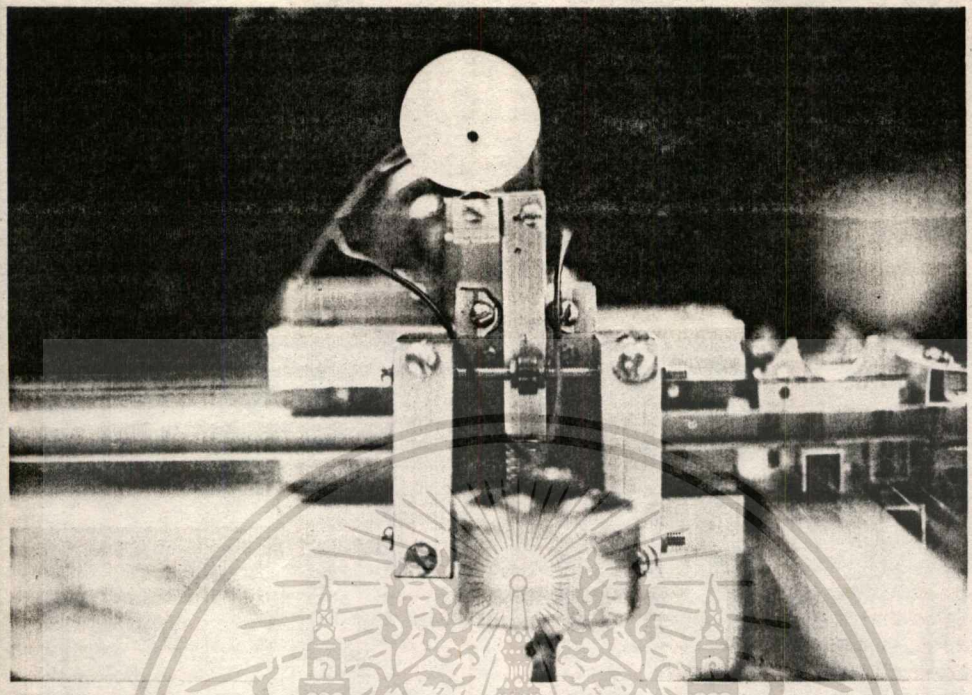


รูปที่ 3.11 แสดงรายละเอียดของเครื่องเจาะ

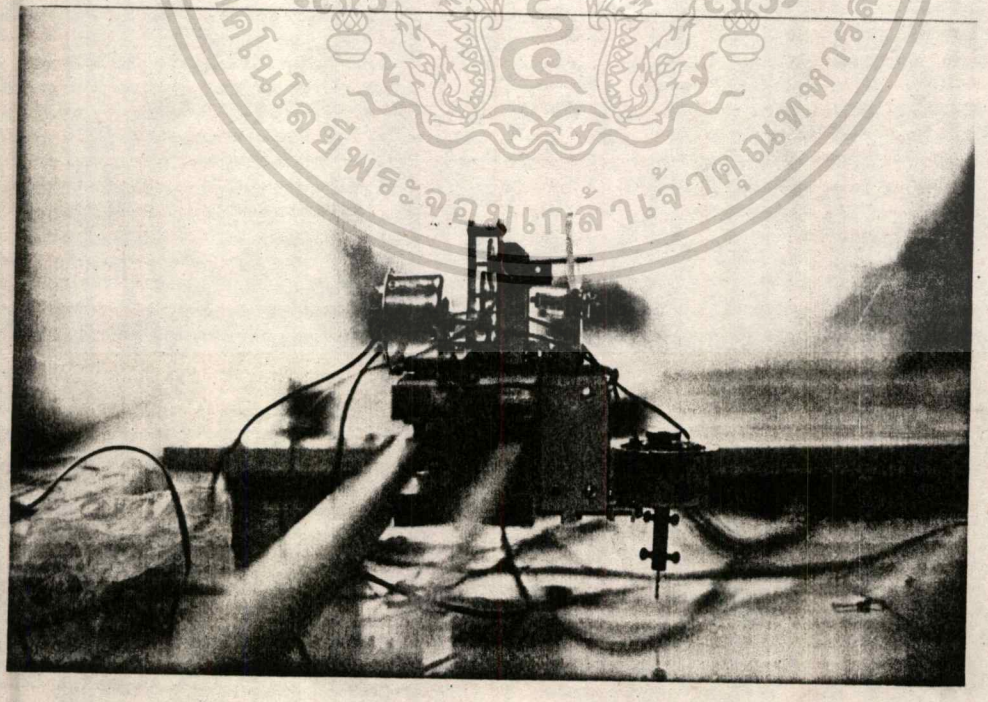


รูปที่ 3.12 แสดงรายละเอียดของเครื่องเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3,13 แสดงหัวเจาะด้านหน้า



รูปที่ 3,14 แสดงหัวเจาะด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทำงานของเครื่อง

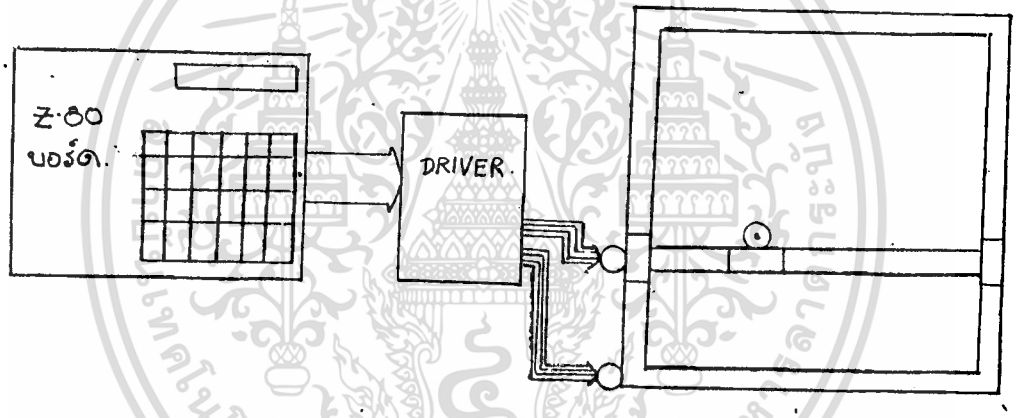
ในบทนี้จะเป็นการทดลองหาความสามารถของเครื่องเจาะเมื่อได้นำอุปกรณ์ต่าง ๆ ต่อเข้าด้วยกัน ซึ่งจะมีด้วยกัน 3 ส่วนคือ

1 ส่วนสร้างสัญญาณควบคุม

2 ส่วนวงจรขับ (DRIVE CIRCUIT)

3 ส่วนตัวเครื่อง (MECHANIC)

การต่อส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วนเข้าด้วยกันจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ลักษณะการต่อส่วนประกอบต่าง ๆ เข้าด้วยกันเพื่อให้เครื่องเจาะสามารถทำงานได้

ความเร็วของการเลื่อนหัวเจาะ

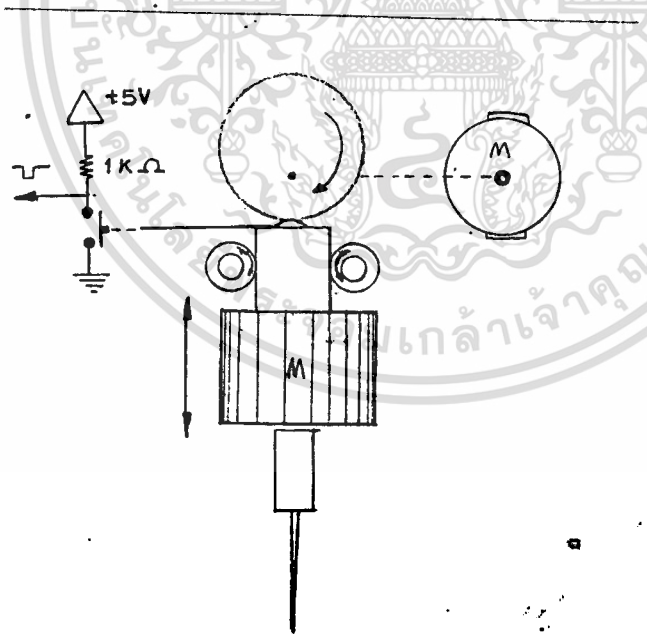
ในการหาค่าความเร็วในการเลื่อนหัวเจาะทางแกน X และ Y เราจะป้อนความถี่จาก Z-80 บอร์ด เข้าไปควบคุมหัวเจาะจริง ๆ จากนั้นทำการลดค่าหน่วงเวลาในโปรแกรมจนได้ค่าที่ดีที่สุด คือ เป็นค่าความถี่ที่ทำให้หัวเจาะสามารถวิ่งได้เร็วที่สุดโดยที่ไม่ออสซิเลต (OSSILATE) ซึ่งค่าความถี่ที่หาได้นี้วัดจากออสซิโลสโคป (OSSILOSCOPE) เรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดความถี่ได้ 358 เฮิร์ด เครื่องเจาะจึงสามารถทำงานได้โดยไม่เกิดการออสซิเลต แต่ความถี่ที่ป้อนให้สเตปมอเตอร์ทั้งสองคือ 333 เฮิร์ด เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับเครื่อง เนื่องจากเครื่องทำงานแบบเปิดลูป

การหาความเร็วในการเจาะรู 1 รู

ในการหาความเร็วในการเจาะรู 1 รู เราจะหาโดยวิธีอ้อม คือเราจะวัดจากสวิทช์แตะที่ใช้ในการวัดการหมุน 1 รอบที่ติดอยู่กับหัวเจาะดังรูปที่ 4.2 ซึ่งถ้าเกิดสวิทช์แตะถูกกดจะมีสภาวะ Ø ถ้าสวิทช์ไม่ถูกกดจะมีสภาวะเป็น 1 ดังนั้นเมื่อเคลื่อนขึ้นลงได้ 1 รอบ เราจะได้สัญญาณออกมาเป็น 1 และ Ø เมื่อเราให้หัวเจาะหมุนขึ้นลงโดยเราป้อนไฟให้หมุนลูกเบี้ยวตลอดเวลา จะได้สัญญาณออกมาเป็นพัลซ์ ซึ่งมีคาบเวลาเท่ากับเวลาที่ลูกเบี้ยวหมุนครบ 1 รอบ และเวลาที่ลูกเบี้ยวหมุนครบ 1 รอบก็คือเวลาที่ใช้ในการเจาะรู 1 รูนั่นเอง



รูปที่ 4.2 การใช้ลูกเบี้ยวกดหัวเจาะ และการติดสวิทช์

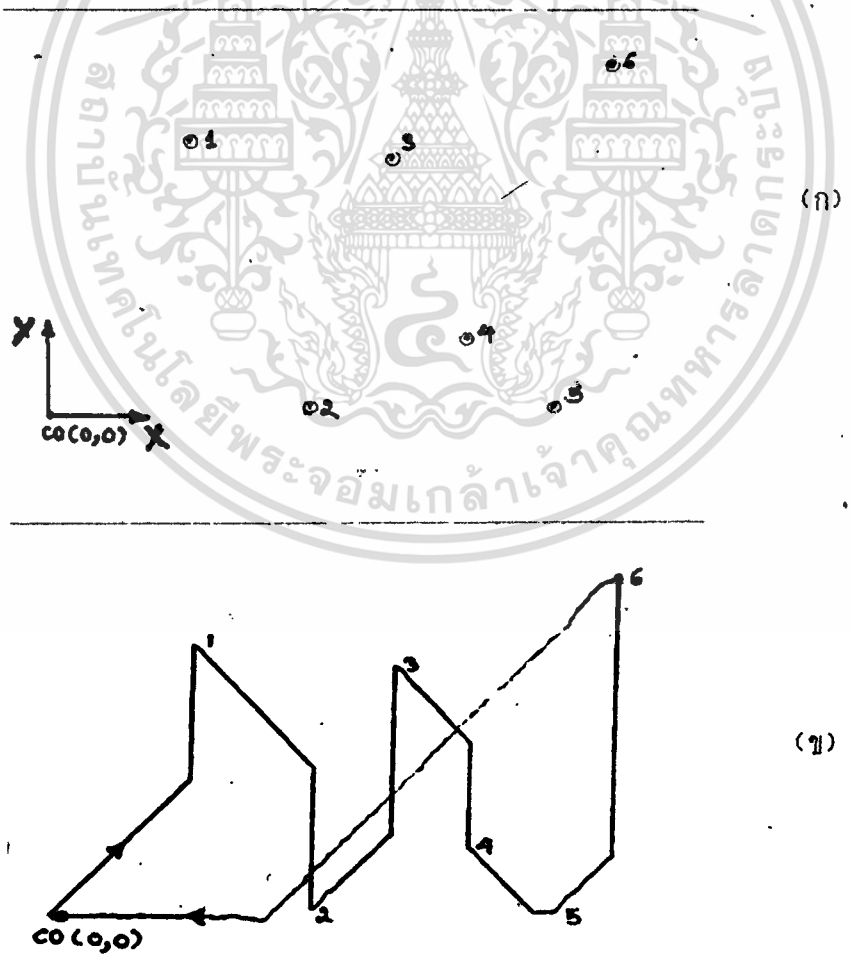
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการเคลื่อนที่ของหัวเจาะ

ในโปรแกรมของเครื่องเจาะที่เขียนขึ้นมานั้น การเคลื่อนที่ของหัวเจาะในการทำงานแบบอัตโนมัติ จะเคลื่อนที่ในแนว 45° เพื่อปรับแนวของหัวเจาะทางแกนใดแกนหนึ่งให้เท่ากับตำแหน่งที่ต้องการเจาะก่อนจากนั้นหัวเจาะจะเคลื่อนที่ในแกนเดียวจนถึงจุดที่ต้องการ เครื่องก็จะทำการเจาะที่ตำแหน่งนั้น

ค่าความผิดพลาดในการเจาะ

ในขั้นตอนนี้เราได้ทำการกำหนดจุดขึ้นมา 6 จุดดังรูปที่ 4.3 (ก) แล้วทำการป้อนตำแหน่งจุดต่าง ๆ ทั้ง 6 จุดลงไปในเครื่องโดยใช้โหมดโปรแกรม จากนั้นเรานำปากกาเมจิกไปติดที่หัวเจาะ แล้วเดินเครื่องในโหมดเจาะจะได้ผลดังรูปที่ 4.3 (ข)



รูปที่ 4.3 (ก) จุดที่กำหนด (ข) เส้นการเดินทางของหัวเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าค่าความผิดพลาดของหัวเจาะมีค่าน้อยมากซึ่งเราสามารถยอมรับได้ โดยปกติจะไม่เกิน 1 สเตปของสเตปปิ้งมอเตอร์

ค่าผิดพลาด < (2 π r) * θs/360

เมื่อ r = รัศมีของแกนหมุนของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและวิจารณ์

การควบคุมหัวเจาะโดยให้เคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งที่ต้องการในการเจาะแผ่นวงจรแบบอัตโนมัตินั้น Z-80 จะทำการประมวลผลโดยการหาผลต่างของ ตำแหน่งที่ต้องการไปกับตำแหน่งของหัวเจาะจริง เมื่อได้ค่าแตกต่างแล้ว หัวเจาะจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งนั้นแบบ จุดถึงจุด โดยใช้สเตปมอเตอร์เป็นตัวขับ ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นว่าการใช้สเตปมอเตอร์ มีความเที่ยงตรงอยู่มาก ถึงแม้การควบคุมจะเป็นแบบเปิดลูปก็ตาม ค่าความผิดพลาดของตำแหน่งที่ต้องการนั้นน้อยมาก รวมทั้งค่าความผิดพลาดจะไม่เกิดการสะสมอีกด้วย ดังนั้นการใช้สเตปมอเตอร์จึงเป็นการแก้ไขปัญหาของการใช้ดีซีมอเตอร์

ในการกดหัวเจาะเพื่อเจาะแผ่นวงจรนั้นเราใช้ดีซีมอเตอร์ติดกับลูกเบี้ยว ดังที่ได้เอ่ยถึงแล้วมีข้อได้เปรียบการใช้ขดลวดโซลินอยด์ เพราะโซลินอยด์ได้รับไฟ หัวเจาะจะถูกกดโดยทันทีทันใดแบบสเตป ซึ่งเป็นเหตุให้ดอกสว่านหัก การใช้ลูกเบี้ยวกดหัวเจาะจึงเรียบกว่าการใช้โซลินอยด์ และแก้ปัญหาดอกสว่านหักได้ แต่ถ้าใช้สกรูเป็นตัวกดหัวเจาะก็จะใช้เวลาในการเจาะมาก การใช้ลูกเบี้ยวจึงเป็นการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

ลักษณะของปัญหาที่พบโดยมากจะเป็นปัญหาทางด้านกลดังนี้

- การทำฉากของเครื่องเจาะ
- การทำให้ข้อเสื่อนต่าง ๆ ไม่ให้ฝืด และต้องไม่โยก เราได้แก้ปัญหานี้โดยการติดลูกปืนให้ดันแกนกลางในการเลื่อนไว้ทุกด้าน
- การยันศูนย์ของดอกสว่านซึ่งในขณะนี้ดอกสว่านยังคงเหวี่ยงอยู่ เนื่องจากตัวจับดอกสว่านใช้น๊อต 2 ตัวเป็นตัวจับดอกสว่าน
- หัวเจาะไม่มั่นคง
- ส่วนมากจะหาอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบไว้ไม่ได้ จึงจำเป็นต้องแก้ไขแบบที่เขียนและหาวิธีที่จะทำให้แบบที่แก้ไขไม่มีผลกระทบกับแบบเดิม และเครื่องยังสามารถทำงานได้เหมือนเดิม

สำหรับปัญหาทางด้านโปรแกรมมีอย่างเดียวคือ การดึงเอาค่าหน่วงเวลาของการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สั่งสเตปมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ทั้งแกน X และ Y มาใช้ร่วมกันเพื่อให้สเตปมอเตอร์เคลื่อนที่พร้อมกัน 2 แกนเร็วเท่ากับสเตปมอเตอร์เคลื่อนที่ในแกนเดียว ซึ่งเป็นความเร็วสูงสุดที่สเตปมอเตอร์สามารถเคลื่อนที่ได้โดยไม่ออสซิเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

[1] T.Kenjo ,Steppings Motors and Their Microprocessor Control Oxford : Clarendon 1984

[2] Carl T. Helmers , Robotics Age In The Beginning . Libraly of Congress Catalogging in Publication Data 1983

[3] Fu,Gonzalez,and Lee,Robotics .. Control , Sensing , Vision , and Intelligence, McGraw-Hill,Inc,1987

[4] ศจ. วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, รศ. ชาญ ถนัดงาน, การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม1 ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2529

[5] ยืน ภู่รวรรณม, วัฒนา เชียงกูล, ไมโครโปรเซสเซอร์ ไมโครคอมพิวเตอร์ ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2528

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเครื่องเจาะ PCB นี้ไม่อาจสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ถ้าขาดการให้คำปรึกษาและคำแนะนำของ อาจารย์ รศ.ดร. โยธิน เปรมปราณีรัชต์ รวมทั้งยังให้ความสนับสนุนทางด้านอุปกรณ์ เครื่องใช้ต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการสร้างเครื่องเจาะนี้ นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณรุ่นพี่ และ เพื่อน ๆ ที่ให้ข้อคิดเห็น การสนับสนุน และกำลังใจจนโครงงานนี้สำเร็จด้วยดี

ศุภพงศ์ เลิศสินธวานนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้