

เครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติ
AUTOMATIC PCB DRILLING MACHINE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการปีการศึกษา 2538 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(033326



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2536

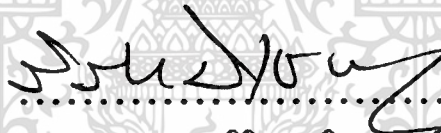
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง AUTOMATIC PCB DRILLING MACHINE

ผู้จัดทำ :

1. นายชนนวรรณ ท้าวหาญ
2. นายจักรกฤษณ์ ระลึกมุล
3. นายทวี เสรีบุษกร
4. นายพงษ์ศักดิ์ พัวพรพงษ์
5. นายสาโรจน์ คงเจริญจิตติกุล



(รศ.ดร. วิริยะ พิเชฐจาเวทย์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องเจาะแผ่นปริ้นซ์อัตโนมัติ

AUTOMATIC PCB DRILLING MACHINE

โดย นาย จักรกฤษณ์ รัชสิกุล รหัส 34190005
นาย ขนนวนรณ ห้าหาญ รหัส 34190007
นาย ทวี เสรีบุษกร รหัส 34190011
นาย พงษ์ศักดิ์ พัวพรพงษ์ รหัส 34190019
นาย สาโรจน์ คงเจริญจิตติกุล รหัส 34190034

อาจารย์ที่ปรึกษา ร.ศ.ศ.ร. วิริยะ พิเศษจำเริญ

บทคัดย่อ

เครื่อง AUTOMATIC PCB DRILLING MACHINE ที่จัดทำขึ้นนี้ เป็นการปรับปรุงจากเครื่องเก่า แต่เครื่องเก่า ระบบ MACHANIC และอิเล็กทรอนิกส์ ทำงานโดยมีค่าERRCRมาก ดังนั้นเครื่องที่จะจัดทำขึ้นจะเป็นเครื่องที่สร้างขึ้นใหม่หมดทั้ง MACHANIC และอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งลักษณะของMACHANIC จะใช้ลักษณะของการชั่งสลิกับรอกเพื่อเป็นตัวทำให้มอเตอร์เจาะเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ต้องการโดยขับเคลื่อนด้วย STEPPING MOTOR ส่วนระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการ CONTROL นั้นจะรับข้อมูลมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์มาเก็บไว้ในหน่วยความจำ และใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลที่หน่วยความจำเพื่อใช้ในการ CONTROL MOTOR ใน แกน X,Y และ Z ต่อไป ซึ่งลักษณะการ CONTROL จะใช้การ CONTROL แบบ MICRO STEP และในระหว่างการทำงานคือระหว่างการเจาะจะมีช่วงหยุดเพื่อทำการเปลี่ยนดอกสว่านตามขนาดของรูที่จะเจาะด้วย ส่วนข้อมูลที่ LOAD เข้าทางเครื่อง PC จะใช้โปรแกรม PROTEL เป็นหลัก ส่วนขั้นตอนในการทำแผ่นปริ้นซ์นั้น เราจะทำการเจาะรูบนแผ่นปริ้นซ์ก่อน แล้วจึงนำแผ่นฟิล์มมาทาบ เพื่อทำลายนริ้นซ์ต่อไป เพื่อให้ความแม่นยำสูงขึ้น

Abstract

This automatic pcb drilling machine is develop from old machine but mechanic and electronic system of old machine have very error . Therefore this project is new mechanic and electronic-system . Which the mechanic is sling form for move drive.

Electronic control will get data from personal computer keep in memory . This use microprocessor compile at memory . For use control stepping motor in x,y,and z axis control system use micro step form and during operated will stop machine for change

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้
Data to load in personal computer use protel program process to make prince , we will drill on prince before then to make prince circuit for increase accuracy

สารบัญ

	หน้า
บทนำ.....	0
ทฤษฎี STEPPING MOTOR.....	1
การควบคุม STEPPER MOTOR.....	14
วงจรขับ.....	16
การควบคุมความเร็วของ UNIVERSAL.....	20
การทำงานของเครื่อง.....	24
การส่งข้อมูลจากเครื่อง PC มายังเครื่องเจาะ.....	28
การจัดหน่วยความจำ.....	29
การ INTERFACE กับ DYNAMIC RAM.....	30
การเคลื่อนที่ของมอเตอร์ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ.....	34
การรับข้อมูลจากเครื่อง PC.....	35
PARALLEL PORT ของเครื่องเจาะ.....	38
ขั้นตอนการเปลี่ยนไฟล์ PCB.....	40
รายละเอียดของ NC DRILL SETUP.....	43
การ INTERFACE กับ LCD MODULE.....	45
ระบบ MACHANIC.....	47
รูปส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง.....	47
ผลการทดลอง.....	53
สรุปและวิจารณ์.....	54
บรรณานุกรม.....	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

ในการเจาะแผ่นปริ้นท์เพื่อใส่อุปกรณ์นั้น ถ้าวงจรเป็นวงจรเล็ก ๆ และจำนวนรูที่จะเจาะมีไม่มากนัก ผู้ที่ทำการเจาะจะใช้สว่านเจาะที่ละครูก็สามารถทำได้ไม่เกิดปัญหาแต่อย่างใด แต่ถ้าจำนวนรูที่จะทำการเจาะมีมากเป็นร้อยหรือเป็นพันรู ก็จะทำให้เกิดปัญหาขึ้น ผู้ที่ทำการเจาะจะรู้สึกเบื่อหน่าย ขาดความรวดเร็ว อีกทั้งยังขาดความแม่นยำในการทำงานอีกด้วย จึงได้มีการทำเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์แบบอัตโนมัติขึ้นมา เมื่อแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งเครื่องที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดนั้นจะมีราคาสูง แต่ประสิทธิภาพก็สูงตามไปด้วย ซึ่งเหมาะกับงานอุตสาหกรรมซึ่งต้องการความละเอียด แม่นยำและความรวดเร็วในการทำงานสูง

ดังนั้นในโครงการนี้จึงได้ทำการวิจัยและสร้างเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัตินี้ ให้มีต้นทุนในการทำไม่สูงนัก มีประสิทธิภาพสูงเมื่อเทียบกับต้นทุนในการทำ ซึ่งความรู้ที่ได้จากการทำโครงการนี้จะเป็นประโยชน์ต่อตัวผู้ทำเอง และผู้ที่สนใจ และยังเป็นประโยชน์ในการที่จะใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้นไปอีก

To make print circuit board, if it was a small circuit and by our selves Amount of hole to drill is a few , we can by an auger . If you do the same thing with a large or complicate circuit board. It will waste a lot of time . Thanks to inventor who produced automatic drilling machine to solve this problem but machines in the market usually have very high price which suitable to use with industrial work only.

We set this project to reserch and develope machine which will meet our requitement , low cost but high efficiency .We hope a knowledge from this project would guide interest people make efficiency of drilling machine higher and decrease cost of machine till everybody can buy it very easy.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(STEPPING MOTOR)

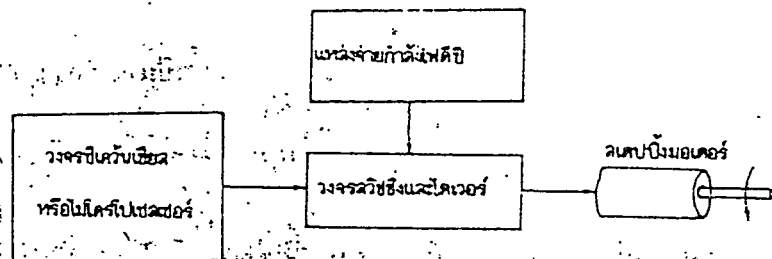
บทนำ

ในปัจจุบันนี้จะเห็นว่า สเตปป์มอเตอร์มีใช้อยู่ในหลายๆ งานเช่นในเครื่องพิมพ์, ใน X-Y Plotter ในแขนกล หรือ ในเครื่องถ่ายภาพเอกสาร เพราะสเตปป์มอเตอร์ มีข้อได้เปรียบมอเตอร์ไฟตรงแบบธรรมดา คือ สเตปป์มอเตอร์มี การควบคุม แบบ Open Loop ทำให้ง่ายต่อการควบคุม และ เรายังสามารถที่จะรู้ตำแหน่งขอมอเตอร์ ได้ตลอดเวลาอย่างแน่นอน และ แม่นยำ ดังนั้นงานที่ต้องการควบคุมตำแหน่งที่แน่นอนจึงมักเลือกใช้สเตปป์มอเตอร์

การควบคุม สเตปป์มอเตอร์ ส่วนใหญ่ใช้ 2 วิธี คือ วิธีแรก ใช้วงจรถัดจติตอลควบคุม ส่วนวิธีที่สอง ใช้คอมพิวเตอรฺ์หรือ ซิงเกิ้ลบอร์ดควบคุม ซึ่งจะต้องทำชุด อินเตอร์เฟสระหว่างคอมพิวเตอรฺ์กับสเตปป์มอเตอร์และจะต้องมีซอฟต์แวร์เพื่อควบคุม สเตปป์มอเตอร์ ให้ทำงาน ซึ่งในโครงการนี้จะเลือกวิธีที่สอง เพราะถึงแม้ว่า จะมีข้อยุ่งยากในการใช้งานมากกว่า แต่ก็มีข้อดีคือสามารถที่จะควบคุมตำแหน่งสเตปป์มอเตอร์ ได้แน่นอนถูกต้อง และมีความละเอียดดีมาก

สำหรับโครงการนี้ได้ประยุกต์ใช้งาน Stepping Motor ในการควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวแกน X, แกน Y และแกน Z โดยได้นำเอา Stepping Motor มาใช้ในการขับ Power Screw ให้ทำงานเป็นเครื่องสำหรับ เจาะแผ่นปรินท์ ซึ่งจะทำให้เราสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวแกน X , แกน Y , แกน Z และตัวเจาะ โครงสร้างและการทำงานของสเตปป์มอเตอร์

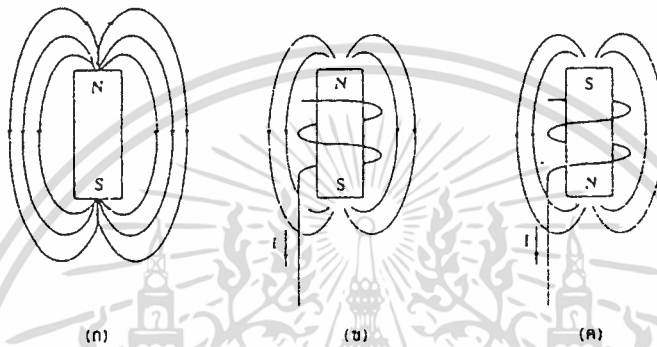
สเตปป์มอเตอร์ เป็นอุปกรณ์จ่ายพวกเชิงกลทางไฟฟ้า ที่มีอินพุทเป็นกลุ่มของไบนารีโวลต์เตจ และเอาต์พุทเป็นลักษณะของการเคลื่อนที่แบบเชิงมุม หรือหมุนไปเป็นสเตป (แต่ละสเตปอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 30 องศา ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของสเตปป์มอเตอร์) ตามสัญญาณพัลส์ที่ป้อนให้กับขดสเตเตอร์ซึ่งจะเกิดแรงผลักดันโรเตอร์หมุนไป แต่ลักษณะ ของ สเตปป์มอเตอร์ จะมีขดของสเตเตอร์อยู่หลายขด ซึ่งเรียกว่า "เฟส" ฉะนั้นเมื่อป้อน สัญญาณที่เป็นพัลส์ในลักษณะซีควเ้นของเลขไบนารีโดยผ่าน วงจรไดเรเวอร์ (Driver) จะทำให้หมุนได้อย่างต่อเนื่องดังบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการควบคุมสเตปป์มอเตอร์

หลักการทํางานของ Stepping Motor โดยทั่ว ๆ ไป

ในรูปที่ 2 แสดงหลักการพื้นฐานของเส้นแรงแม่เหล็ก



รูปที่ 2.1 แสดงถึงสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในลักษณะต่าง ๆ

- (ก) สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากแม่เหล็กถาวร
- (ข) สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากกระแส
- (ค) ขั้วแม่เหล็กกลับทิศทางเมื่อขดลวดถูกพันกลับทิศทางและ ทิศทางการไหลของกระแสไม่

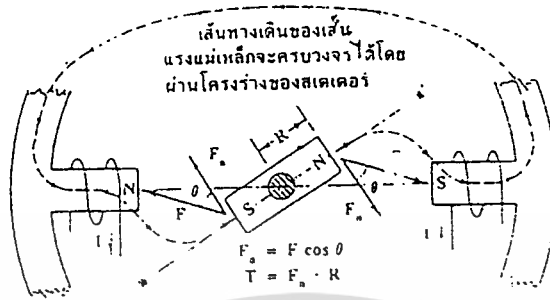
เปลี่ยนแปลง

ในรูปที่ 2.2 แ่งแม่เหล็กถาวรติดอยู่กับเพลาและหมุนได้อิสระเหมือนอาร์มาเจอร์ (Armature) มีขั้วแม่เหล็กไฟฟ้า 2 ขั้วซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างโลหะที่เป็นสเตเตอร์ ตำแหน่งแกนของอาร์มาเจอร์แม่เหล็กคือ $a-a$ ซึ่งต่างไปจากตำแหน่งแกนขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าเล็กน้อยเป็นมุม 0 แรงแม่เหล็กที่เกิดจากการดึงดูดของขั้วแม่เหล็กที่ต่างกันทำให้เกิดส่วนของแรงบิด (Torque) ขึ้น

-แรงแม่เหล็กที่เกิดจากการดึงดูดของขั้วแม่เหล็กที่ต่างกันทำให้เกิดส่วนของแรง $F_n = F \cdot \cos\theta$ (แรงนี้ตั้งฉากกับแกน $a-a$)

-แรงบิดรวม $T = F_n \cdot R$ (ทำให้อาร์มาเจอร์หมุนไปทิศทาง CW จนกว่าแกนของอาร์มาเจอร์ $a-a$ จะอยู่ในแนวเดียวกับแกนขั้วของสเตเตอร์)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงแรงดึงดูดที่ทำให้เกิดแรงบิดที่หมุนอาร์มาเจอร์ให้ไปอยู่ในตำแหน่งสมดุล

ถ้าหากมีขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าหลาย ๆ คู่ ขั้วรอบ ๆ สเตเตอร์ และถ้าหากขั้วเหล่านั้นถูกกระตุ้น ด้วยกระแสพัลส์ในรูปแบบที่เรียงลำดับกัน ไปอาร์มาเจอร์ก็จะหมุนในรูปลักษณะของสเตป ที่เป็นไปตามการหมุนของสนามแม่เหล็ก ที่เกิดจากการ สวิตซ์ที่เรียงลำดับของขอลวดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าของสเตเตอร์

การแบ่งชนิดของ Stepping Motor

Stepping motor แบ่งชนิดตามลักษณะโครงสร้างได้ 3 ชนิด คือ

- 1) Permanent Magnet stepping Motor
(PW Stepping Motor)
- 2) Variable Reluctance Stepping Motor
(VR Stepping Motor)
- 3) Hybrid stepping Motor

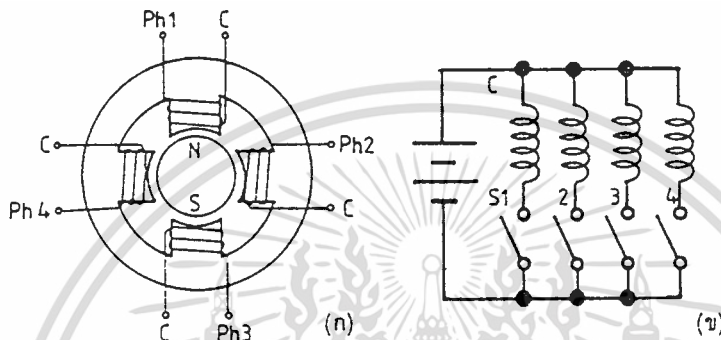
Permanent Magnet Stepping Motor (PM)

มอเตอร์ชนิดนี้มีโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร ซึ่งมีอำนาจแม่เหล็กตามแนวรัศมีดึงดูดกับ Stator Pole มอเตอร์ชนิดนี้จะมี Holding Torque เกิดขึ้นแม้ไม่ได้ถูก Energize ที่ขดลวดบนสเตเตอร์

สำหรับมอเตอร์ชนิดนี้จะมีข้อแตกต่างจาก VR มอเตอร์ก็คือโรเตอร์จะเป็นแม่เหล็กถาวรจึงทำให้การพันขดลวดที่สเตเตอร์ต้องแตกต่างกันไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3 (ก) จะเห็นว่าสเตเตอร์ในแต่ละขั้วจะมีขดลวดพันอยู่ ซึ่งถือว่าแต่ละขั้วคือหนึ่งเฟส ดังนั้นจากรูปจึงมีทั้งหมด 4 เฟส ด้วยกัน สำหรับต่อวงจรกระตุ้นเฟสมอเตอร์อย่างง่ายแสดงไว้ในรูปที่ 2 (ข) จะเห็นว่าปลายขดลวด (C) ของทุกเฟสจะต่อรวมกันถึงขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ ดังนั้นเมื่อเกิดการกระตุ้นที่เฟสใดแล้วขั้วสเตเตอร์ที่เฟสนั้นก็จะกลายเป็นขั้วเหนือ รูปที่ 3 จะเป็นการแสดงตำแหน่งของโรเตอร์ในแต่ละสเตป หลังจากถูกกระตุ้นที่เฟส 1-2-3-4 ตามลำดับ และจะหมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ทุก 90 องศาต่อสเตป ถ้าต้องการจะให้มุมมองคาต่อสเตปมีค่าลดลง หรือ มีความละเอียดในตำแหน่งมากขึ้นจะต้องเพิ่มจำนวนเฟสของสเตเตอร์ และจำนวนขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์ให้มากขึ้นทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียของ PM มอเตอร์คือ มีราคาแพง และความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กจะถูกจำกัดโดยเส้นแรงแม่เหล็กภายใน (magnetic remanence) ของแม่เหล็กถาวรทำให้ไม่สามารถผลิตแรงบิดได้มาก



รูปที่ 3 (ก) ภาพหน้าตัดของ PM stepping motor แบบ 4 เฟส

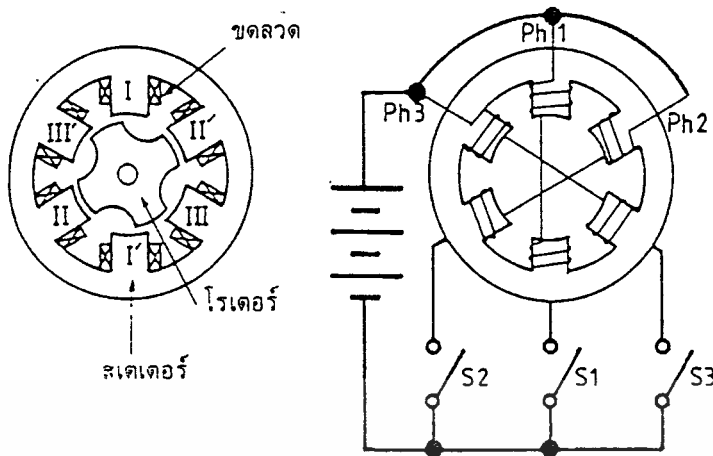
(ข) วงจรกระตุ้นเฟสพื้นฐาน สำหรับ PM motor 4 เฟส

Variable Reluctance Stepping Motor (VR)

มอเตอร์ชนิดนี้มีโรเตอร์เป็นซี่ฟัน และเป็น Soft Iron ตัวสเตเตอร์ถูกพันด้วยขดลวดตามปกติ การหมุนเกิดขึ้นได้โดยเราให้กระแสไฟฟ้าต่อขดลวดที่พันบนสเตเตอร์ ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กไปดึงดูดให้โรเตอร์หมุนได้ตามตำแหน่งของ Stator Pole ที่ต้องการ Rotor Inertia ของมอเตอร์ชนิดนี้มีค่าต่ำและมี Response ที่เร็วถ้าขดลวดไม่ได้ถูก Energize แล้ว Static Torque ของมอเตอร์ชนิดนี้จะมีค่าเป็นศูนย์

มอเตอร์ VR ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการทำงานของสเตปป์มอเตอร์ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจในการทำงานของสเตปป์มอเตอร์ชนิดอื่น ๆ ได้ง่ายยิ่งขึ้น รูปที่ 4 เป็นภาพหน้าตัดและยังแสดงถึงการพันขดลวดของ VR มอเตอร์แบบ 3 เฟสมีขั้วเหนือและใต้อยู่ตรงข้ามกัน 3 คู่โดยจะพันขดลวดแบบอนุกรมในแต่ละขั้ว ถ้ามีการกระตุ้นเฟสเกิดขึ้นขั้ว I',II',III' จะเป็นขั้วใต้ และขั้ว I,II,III จะเป็นขั้วเหนือทั้งโรเตอร์และสเตเตอร์จะทำจากเหล็กผสมซิลิคอน ซึ่งเป็นวัสดุที่มีค่าความซึมซับ (permeability) สูง สามารถให้เส้นแรงแม่เหล็กไหลผ่านได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 ภาพหน้าตัดและการพันขดลวดของ VR สเต็ปมิ่งมอเตอร์แบบ 3 เฟส

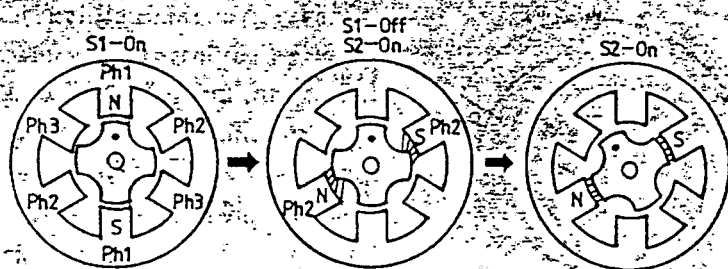
หลักการทำงาน

การทำงานจะเริ่มจากการกระตุ้นที่เฟส 1 ก่อน (S_1 "ON") ซึ่งจะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้นดังรูปที่ 5 ตั้งโรเตอร์จะพยายามวางตำแหน่งตัวเองให้อยู่ในทิศทางที่ทำให้เกิดค่าความต้านทานแม่เหล็กน้อยที่สุด ในแนวขั้ว I-I'

ในขณะเริ่มต้นที่จะกระตุ้นที่เฟส II (S_1 "OFF", S_2 "NO") ดังรูปที่ 5 เส้นแรงแม่เหล็กจะไม่อยู่ในแนวทางเดินที่สะดวก จึงทำให้ค่าความต้านทานแม่เหล็กมีค่าสูง ตัวโรเตอร์ก็จะพยายามปรับตัวเองเพื่อให้ค่าความต้านทานแม่เหล็กน้อยที่สุด ด้วยการหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งแรงบิดที่ใช้หมุนเกิดจากแรงบิดของเส้นแรงแม่เหล็ก แล้วจะไปหยุดที่ตำแหน่งความต้านทานแม่เหล็กน้อยที่สุด นั่นคือ จะหมุนไป 1 สเต็ป หรือ 30 องศา นั่นเอง ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนสเต็ปของการหมุนโรเตอร์ไป 1 รอบ (S) มุมที่เปลี่ยนไปใน 1 สเต็ป (θ_s) จำนวนเฟสของสเตเตอร์ (m) และจำนวนฟันของโรเตอร์ (N_r) แสดงได้ดังสมการที่ 1

$$S = 360/\theta_s = mN_r \dots (1)$$

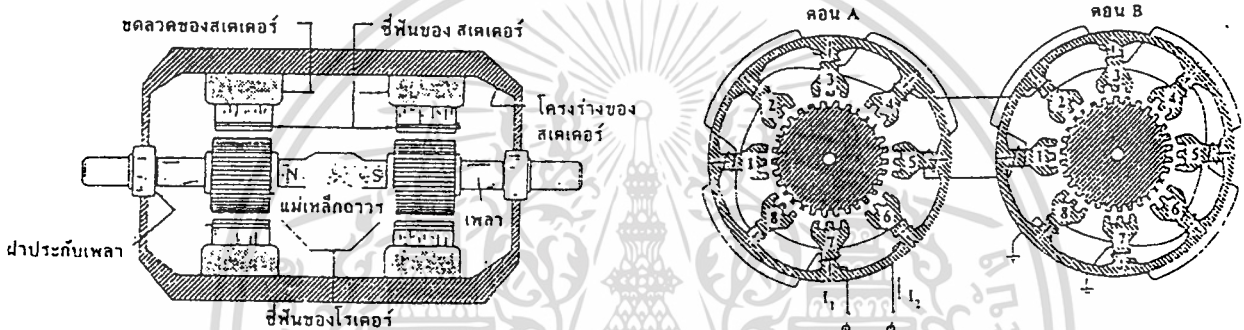
ตัวอย่างเช่น สเต็ปมิ่งมอเตอร์ตัวหนึ่งมี $m = 3$, $N_r = 4$ ก็จะได้ $S = 3 \times 4 = 12$ สเต็ป และมุมในการหมุน $\theta_s = 360/12 = 30$ องศา ซึ่งจากสมการ (1) ยังทำให้ทราบอีกว่าถ้าจะลดค่า θ_s อาจทำได้โดยการเพิ่มค่าของ m หรือและ N_r ให้สูงขึ้นและลดช่องว่างระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์ให้มีค่าน้อย ๆ เพื่อให้เกิดแรงบิดสูงสุด และยังมีผลต่อความเที่ยงตรงของตำแหน่งมากยิ่งขึ้นด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์เท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 5 แสดงขั้นตอนการหมุนเมื่อมีการกระตุ้นจากเฟส 1 ไปยังเฟส 2

Stepping Motor แบบไฮบริด

ไฮบริดสเตปมอเตอร์ (HSM) มีคุณลักษณะผสมของ PM และ VR Stepping Motor ในรูปที่ 6 แสดงถึงโครงสร้างของ HSM ประกอบด้วย 2 ตอนกับแกนแม่เหล็กอยู่ระหว่าง 2 ตอน แต่ละตอนประกอบซี่ฟันของโรเตอร์และโพลของสเตเตอร์ที่มีซี่ฟันเช่นกันและฟันด้วยขดลวด รายละเอียดโครงสร้างของสเตเตอร์ และโรเตอร์ของแต่ละตอนแสดงในไดอะแกรมในไดอะแกรมข้างล่างของรูปที่ 6



รูปที่ 6 โครงสร้างของ Hybrid Stepping Motor :

$N_r = 30$, $N_s = 24$ ซี่ฟันของสเตเตอร์ทั้ง 2 ตอนจะอยู่ในแนวเดียวกัน ส่วนซี่ฟันของโรเตอร์ทั้ง 2 ตัวจะมีตำแหน่งต่างกัน

$1/2P_r (=6 \text{ องศา})$ $Q_s = 3 \text{ องศา}$

ลักษณะโครงสร้างของ Hybrid Stepping Motor

- จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์และของสเตเตอร์ไม่เท่ากัน
- ตอน A และตอน B มีโครงสร้างเหมือนกัน
- ซี่ฟันของสเตเตอร์ทั้ง 2 ตอนจะอยู่ในแนวเดียวกันอย่างถูกต้อง
- ส่วนซี่ฟันของโรเตอร์ทั้ง 2 ตอนจะมีตำแหน่งที่แตกต่างกัน $1/2p$ (ในรูปที่ 7 กำหนดให้ $P_r = 360 \text{ องศา}/30 = 12 \text{ องศา}$ ดังนั้นตำแหน่งซี่ฟันของโรเตอร์ทั้ง 2 ตอนจะแตกต่างกัน 6 องศา)
- สเตเตอร์ของแต่ละตอนมี 8 โพลแบ่งออกเป็น 2 สเตเตอร์เฟส

-เฟสที่ 1 จะพันขดลวดบนสเตเตอร์โพลหมายเลข 1-3-5 และ 7 ของทั้งในตอน A และตอน B

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ พงษ์สัน อภิพงษ์ ภูมิเทิดไธม์สังเขปเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไปใช้
เหล็กในซี่

ความซับซ้อนจะเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการแบ่งส่วนของ ขดลวดเฟสในต่อน ทำให้ได้วงจรแม่เหล็กที่ซับซ้อน และเส้น

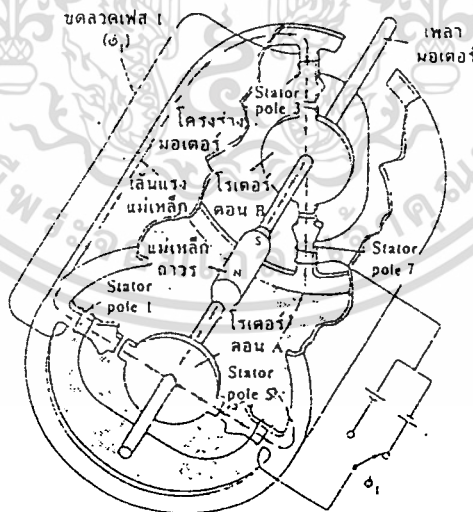
ทางเดินของเส้นทางแม่เหล็ก ที่แตกต่างกันเป็นวงกลมทิศทางการเดินทางของแม่เหล็กของสเตเตอร์โพล จะขึ้นอยู่กับ

กับทิศทางการไหลของกระแสเฟส ดังแสดงด้วยลูกศรในรูปที่ 6

การทำงานของ Hybrid Stepping Motor

ขณะที่เฟสที่ 1 (ϕ_1) ได้รับพลังงานด้วยการป้อนกระแส I_1 ในทิศทางดังแสดงด้วยลูกศร ซีพินของโรเตอร์ในต่อน A จะอยู่ในแนวเดียวกับซีพินของสเตเตอร์ของโพลที่ 1 และโพลที่ 3 ส่วนของต่อน B จะอยู่ในแนวเดียวกับซีพินของโพลที่ 3 และโพลที่ 7 ดังแสดงในรูปที่ 7 เพื่อให้เฟลาของมอเตอร์หมุนป้อนกระแส I_2 และป้อนกระแส I_2 ให้กับเฟสที่ 2 (ϕ_2) ในรูปที่ 7 ซีพินของโรเตอร์ที่เป็นลิต้าใช้สำหรับอ้างอิง ซีพินลิต้าจะอยู่ใกล้แนวซีพินของสเตเตอร์ที่เป็นลิต้าอยู่ห่างจากแนวของซีพินของสเตเตอร์เท่ากับ 1 สเตปพอด

เราจะต้องป้อนกระแส I_2 ในทิศทางที่ถูกต้องคือจะต้องทำให้โพลที่ 4 และโพลที่ 8 และโพลที่ 2 และโพลที่ 6 ถูกเหนี่ยวนำเป็นแม่เหล็กในทิศทางที่ถูกต้อง (เกิดวงจรแม่เหล็กที่สมบูรณ์) ด้วย I_2 ในกรณี ที่ I_2 จะต้องเป็นลบ



รูปที่ 7 วงจรแม่เหล็กของ HSM แสดงถึงเส้นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อเฟสที่ 1 ได้รับพลังงานและเส้นแรงแม่เหล็ก

เกิดขึ้นในต่อน A จะผ่านโพลที่ 1 และ โพลที่ 5 เข้าไปยังโรเตอร์ของต่อน B ผ่านไปยังโพลที่ 3 และโพลที่ 7 เข้าสู่ขั้วได้ (S) ของแม่เหล็กถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 8 แสดงถึงลำดับการสวิตช์ (ให้กระแสไหล) ให้มอเตอร์หมุนไปในทิศทาง CW 4 สเตป ซึ่งแสดงถึง ตำแหน่งของ rotor และทิศทางการเป็นแม่เหล็กของสเตเตอร์โพลในแต่ละตอนด้วยการกำเนิดทิศทางของการไหลของกระแสเฟส สำหรับการหมุนในทิศทางของ cw (ดังแสดงในรูป) เราจะต้องกำหนดลำดับของกระแสเฟสดังนี้ 1+,2-,1-,2+ และ 1+ ตามลำดับ ถ้าต้องการหมุนในทิศทาง CCW ลำดับเหล่านั้นก็กลับไปเป็น 1+,2+,1-,2- และ 1+

เฟลาของมอเตอร์หมุนไปได้หนึ่งช่องห่างระหว่างขั้วฟันภายใน 4 สเตป ดังนั้นมุมสเตป จะต้องเท่ากับ $1/4 P_T$ หรือมีค่าเท่ากับ $|P_n - P_s|$ ดังนั้น

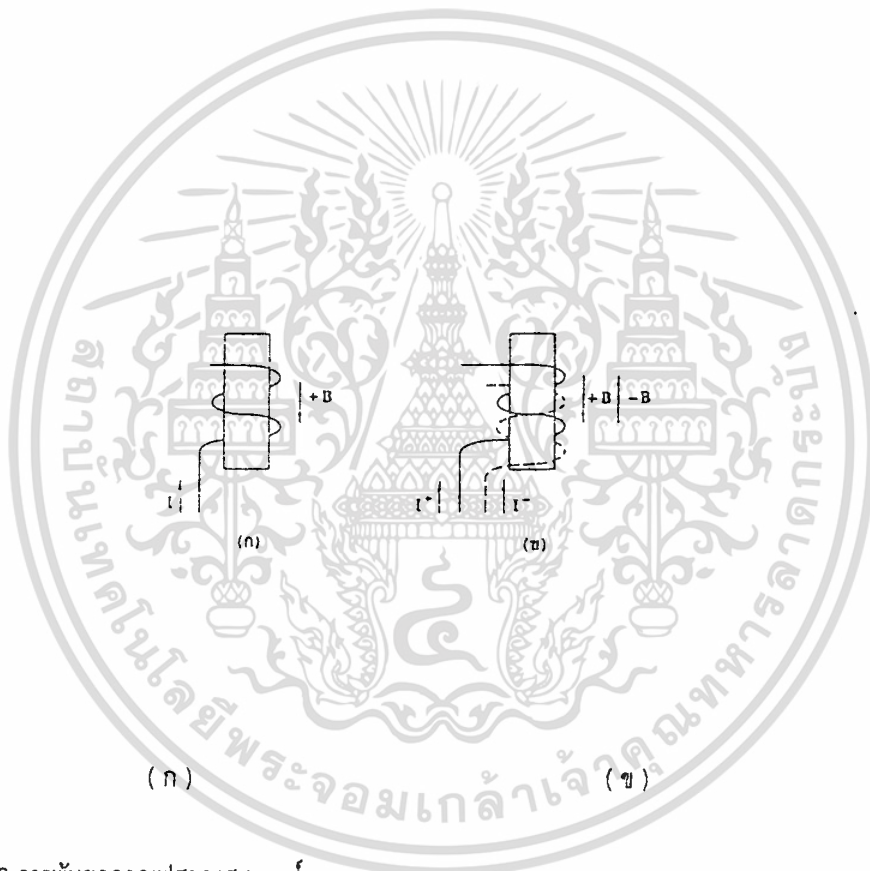
สเตป	θ_1 1	θ_2 1	เส้นแรง ออกจาก ตอน A	เส้นแรง เข้าสู่ ตอน B	ตอน A	ตอน B
1	+		1,5	3,7		
2		-	4,8	2,6		
3	-		3,7	1,5		
4		+	2,6	4,8		
1	+		1,5	3,7		

รูปที่ 8 ลำดับ 4 สเตปของ HSM แบบ 2 เฟส ในแต่ละสเตปแสดงถึงตำแหน่งของโรเตอร์และทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก $N_T = 30$, $N_S = 24$, $O_S = 3$ องศา ซึ่งฟันของโรเตอร์ที่เป็นสี่ตัวจะหมุนในทิศทางของ cw ไป 3 องศา ในแต่ละสเตปได้เป็น 12 องศา เมื่อครบตามจำนวนลำดับ (หนึ่งช่องห่างระหว่างขั้วฟันของโรเตอร์) สำหรับการหมุนในทิศทาง CW จะต้องจัดลำดับการนับเป็น 1+,2-,1-,2+,1+

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งหน่วยนี้ให้ตัวอย่างและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ดังนั้น $O_S = 90/30 = 3$ องศา $= (360/24) - (360/30) = 3$ องศา



Hybrid WStepping Motor (HSM) จะทำงานด้วยกระแสเฟสที่มีการไหลได้ 2 ทิศทาง ดังนั้นเราจำเป็นต้องใช้เพาเวอร์ซัพพลาย 2 ตัว (bipolar drive) การแก้ปัญหาเพื่อจะขับ Hybrid Stepping Motor ให้ทำงานด้วยเพาเวอร์ซัพพลายเพียงตัวเดียว (Unipolar drive) ขดลวดแบบ unifilar แสดงดังในรูปที่ 9 (ก) จะต้องกลับทิศทางของกระแสเพื่อกลับทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก B ขดลวดแบบ bifilar แสดงในรูปที่ 9 (ข) ถ้าเราต้องการกลับทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กเป็น -B สามารถทำได้โดยป้อนกระแสขนาดเดิมจากเพาเวอร์ซัพพลายตัวเดิมเข้าที่ขดลวดที่เป็นเส้นประในรูปที่ 9 (ข) ก็จะทำให้ทิศทางการเหนี่ยวนำแม่เหล็กและทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก (-B) กลับทิศทางได้



รูปที่ 9 การพันขดลวดเฟสของสเตเตอร์

(ก) แบบ unifilar (ข) แบบ bifilar

คุณสมบัติของสเตปปีงมอเตอร์

ในระบบควบคุมตำแหน่งที่ใช้สเตปปีงมอเตอร์นั้น มีข้อดีอยู่หลายประการคือ

- 1) เป็นลักษณะการควบคุมแบบไม่ต้องการการป้อนกลับไม่ว่าจะเป็นการควบคุมตำแหน่งหรือความเร็ว
- 2) ความผิดพลาดเกี่ยวกับตำแหน่งแทบไม่มีเลย เนื่องจากการเคลื่อนที่ของสเตปปีงมอเตอร์นั้นเคลื่อนที่เป็นสเตป ด้วยจำนวนองศาที่มีค่าแน่นอน

3) สเตปปีงมอเตอร์จะถูกนำมาใช้กับเครื่องมือ ที่ต้องการความละเอียดแม่นยำและใช้อยู่ในเครื่องมีประเภทดิจิทัล เช่น เครื่องวาดรูป เครื่องคอมพิวเตอร์นิว เมอริคอลคอนโทรล

- 4) ไม่จำเป็นต้องใช้วงจรแปลงดิจิทัลเป็นอนาลอกเมื่ออินเทอร์เฟสกับไมโครคอมพิวเตอร์

การทำงานของ stepping motor

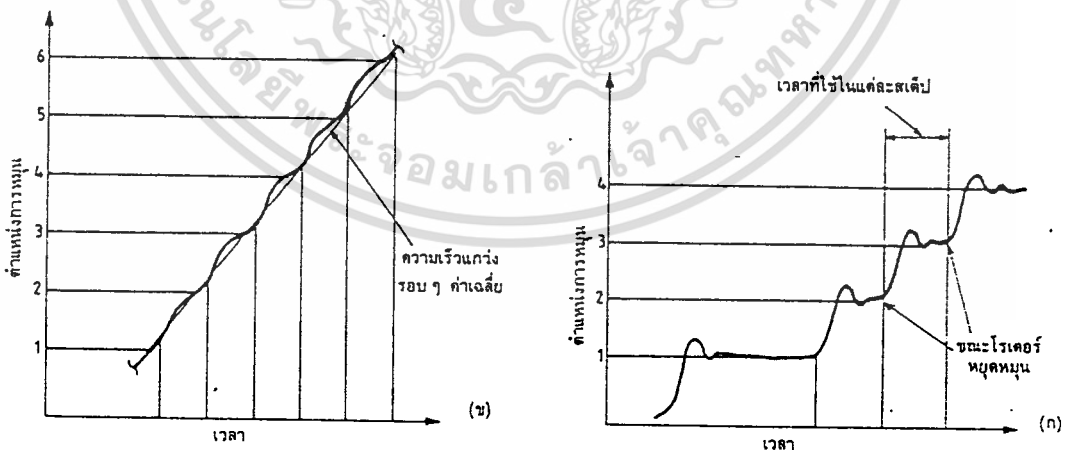
ถ้าจะแบ่งโหมดการทำงานของ stepping motor ตามอัตราความเร็วของสเต็ปแต่ละสเต็ปจะแบ่งออกได้เป็น 2 โหมดคือ

1. หมุนเป็นสเต็ป (discrete stepping mode)
2. หมุนแบบต่อเนื่อง (slewing mode)

โดยถ้าการหมุนเป็นแบบสเต็ปและมีเวลาหยุดนิ่งก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นสเต็ปถัดไปก็จะเรียกการทำงานในโหมดนี้ว่าการหมุนเป็นสเต็ป ดังแสดงในรูปที่ 10 (ก) สำหรับตัวอย่างของเครื่องใช้ที่ทำงานในโหมดนี้คือ เครื่องเจาะบัตรการทำงานคร่าว ๆ ก็คือ สเต็ปปิ้งมอเตอร์จะเป็นตัวส่งแถบกระดาษเข้าไปยังเครื่องปรุกระดาษ เพื่อบันทึกข้อมูลลงในแถบกระดาษซึ่งการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะหมุนไปแล้วหยุดชั่วขณะ เพื่อปรุกระดาษให้เรียบร้อยก่อนแล้วจึงค่อยหมุนต่อไปยังตำแหน่งเจาะใหม่

ถ้าเพิ่มอัตราเร็วของในแต่ละสเต็ปให้เร็วขึ้น และเป็นไปอย่างต่อเนื่องไม่มีการหยุดนิ่งจะเรียกกำหนดการทำงานนี้ว่า การหมุนแบบต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 10 (ข) ซึ่งจะสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของมอเตอร์ (n) กับอัตราเร็วของสเต็ป (f) และจำนวนสเต็ปทั้งหมด (s) ได้ดังสมการ

$$n = 60 f/s \dots (2)$$



รูปที่ 10 กราฟแสดงสเต็ปปิ้งของการหมุนในโหมดการทำงานแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสาร (ก) หมุนเป็นสเต็ป วิชาการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้ง (ข) หมุนต่อเนื่อง มิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

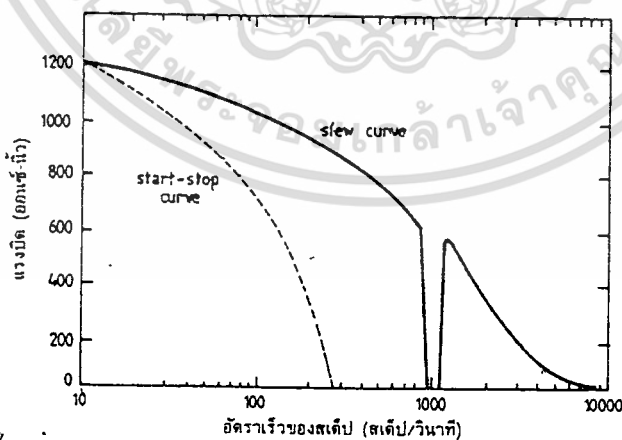
กราฟคุณลักษณะของสเตปป์มอเตอร์

กราฟคุณลักษณะของสเตปป์มอเตอร์จะเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของสเตปป์กับแรงบิดที่แสดงในรูปที่ 12 สำหรับกราฟเส้นประเรียกว่า start-stop curve หรือ single-step load curve เป็นกราฟที่อยู่ในโหมดการหมุนเป็นสเตปป์และเป็นการที่แสดงถึงย่านของแรงบิดที่มอเตอร์สามารถเริ่มและหยุดหมุนได้ โดยปราศจากความผิดพลาดแม้ที่อัตราเร็วของสเตปป์ต่าง ๆ กันและการพิกัดเส้นคือ slew curve ซึ่งทำงานอยู่ในโหมดการหมุนอย่างต่อเนื่อง จะเป็นกราฟที่แสดงถึงค่าแรงบิดสูงสุดที่สเตปป์มอเตอร์สามารถจะกระทำได้ที่อัตราเร็วของสเตปป์ต่าง ๆ กัน ถ้ามีการใช้งานสเตปป์มอเตอร์เหนือกราฟนี้ก็อาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้งานอยู่ภายใต้กราฟนี้แม้จะควบคุมแบบระบบเปิดก็มั่นใจได้ว่าทั้งตำแหน่งและความเร็วมีความเที่ยงตรงแน่นอน โดยตำแหน่งของมอเตอร์สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{มุมที่เปลี่ยนไป} = \text{มุมใน 1 สเตป} \times \text{จำนวนพัลส์ที่ป้อนให้} \dots (3)$$

ส่วนความเร็วสามารถคำนวณหาได้จากสมการ (2)

สำหรับช่วงที่เส้นกราฟขาดหายไปของ slew curve นั้นเป็นย่านเรโซแนนซ์ (resonant region) ซึ่งเป็นจุดอ่อนสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการพิจารณาใช้งานเพราะช่วงที่ไม่เสถียรและควบคุมไม่ได้



รูปที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของสเตปป์กับแรงบิดของการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 2 โหมดของสเตปป์มอเตอร์ านเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการกระตุ้นเฟส

การที่จะทำให้สเตปป์มอเตอร์หมุนได้อย่างต่อเนื่องเหมือนกับการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นจำเป็นต้องมีการจ่ายพัลส์เป็นลำดับอย่างต่อเนื่องวิธีการที่จะกระตุ้นเฟสมีด้วยกันหลายวิธี แต่จะอธิบายเพียง 3 วิธีเท่านั้น เริ่มจากแบบแรกคือ การกระตุ้นแบบเฟสเดียว (single-phase excitation) เป็นการกระตุ้นเฟสเพียงเฟสเดียวเท่านั้นที่จังหวะสัญญาณนาฬิกาหนึ่ง ๆ แบบที่สองคือการกระตุ้นเฟสแบบเฟสคู่ (two-phase excitation) ก็จะมีการจ่ายเฟสสองเฟสพร้อมกันในจังหวะสัญญาณนาฬิกาหนึ่ง ๆ สำหรับแบบสุดท้ายเป็นการกระตุ้นแบบกึ่งสเตป (half-step excitation) จะเป็นการรวมเอา 2 แบบแรกเข้าด้วยกัน โดยจะกระตุ้นเฟสแบบที่ 1 และแบบที่ 2 สลับกันไป การกระตุ้นเฟสของทั้ง 3 แบบดูได้จากตารางในรูปที่ 12

ในการกระตุ้นเฟสแบบเฟสคู่จะมีทิศทางของเส้นและแม่เหล็กไม่เป็นเส้นตรงเหมือนกับการกระตุ้นเฟสแบบเดี่ยว ดังแสดงในรูปที่ 13 (ก) แต่ถึงกระนั้นค่ามุมที่เปลี่ยนไปใน 1 สเตปก็ยังคงมีค่าเท่าเดิมเหมือนกับแบบกระตุ้นแบบเฟสเดียว สำหรับการกระตุ้นแบบกึ่งสเตป ค่ามุมที่เปลี่ยนไปใน 1 สเตปจะมีค่าลดลงครึ่งหนึ่ง การกระตุ้นแบบเฟสคู่จะเกิดแรงบิดได้มากกว่าการกระตุ้นแบบเฟสเดียว ขณะเดียวกันยังสามารถเข้าตำแหน่งแต่ละสเตปได้เร็วกว่าด้วยดังแสดงในรูปที่ 13 (ข)

ข้อดีอย่างหนึ่งสำหรับการกระตุ้นเฟสแบบกึ่งสเตปคือ สามารถลดผลกระทบเนื่องจากรานโรตอร์เนนซ์ได้ แต่ที่ความถี่ต่ำ ๆ จะมีค่าแรงบิดลดลง ดังแสดงในรูปที่ 13 (ค) และสำหรับทิศทางหมุนของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับทิศทางของลำดับเฟสที่ถูกกระตุ้นด้วย

จังหวะสัญญาณนาฬิกา	R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เฟส 1	■			■			■			■	
เฟส 2		■			■			■			■
เฟส 3			■			■			■		

(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณี รูปที่ 12 ตารางแสดงการกระตุ้นเฟส
(ก) แบบเฟสเดียว(single-phase)

จังหวะสัญญาณ นาฬิกา	R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เฟส 1	■	■			■	■			■	■	
เฟส 2			■	■			■	■			■
เฟส 3				■	■			■	■		■

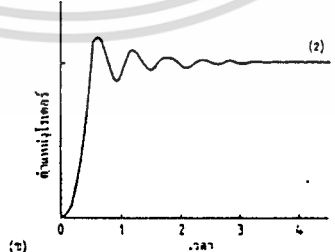
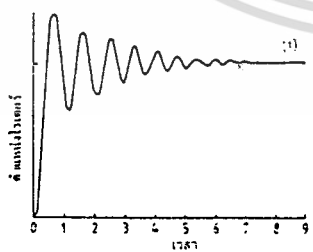
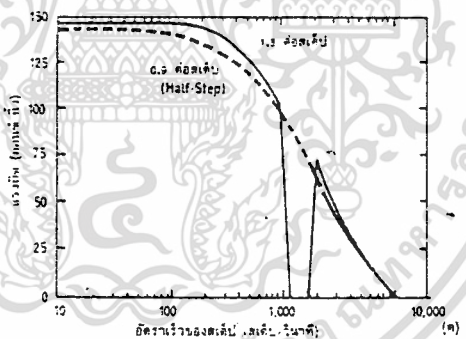
(ข)

จังหวะสัญญาณ นาฬิกา	R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เฟส 1	■	■				■	■				
เฟส 2		■	■	■				■	■	■	
เฟส 3				■	■	■				■	■

(ค)

(ข) แบบเฟสคู่ (two-phase)

(ค) แบบกึ่งสเตป (half-phase)



รูปที่ 13 (ก) แสดงเส้นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กในการกระตุ้นแบบเฟสคู่

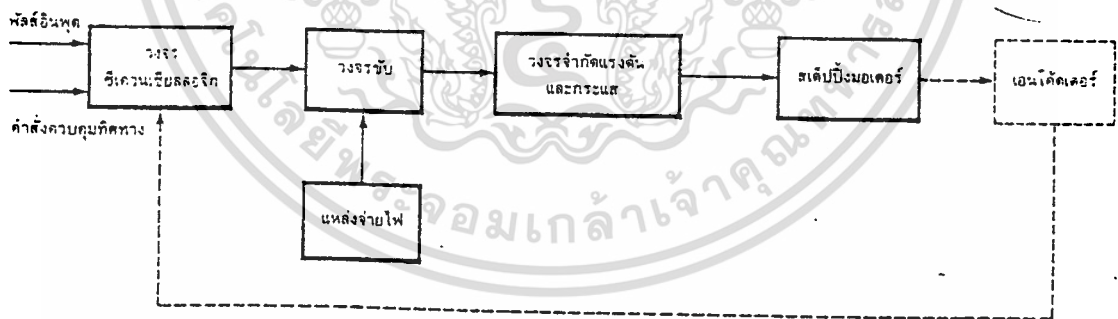
(ข) แสดงการเข้าตำแหน่งของโรเตอร์ที่สเตปหนึ่ง ๆ ของแบบ

(1) กระตุ้นแบบเฟสเดียว (2) กระตุ้นแบบเฟสคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการโรงงานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ลือหนิงหนานมีที่ติดต่อขอแก้ไขเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
และ แบบเฟสคู่

การควบคุมสแตปิ้งมอเตอร์

บล็อกไดอะแกรมสำหรับการควบคุมสแตปิ้งมอเตอร์แสดงดังรูปที่ 14 เป็นวงจรซีเคาน์เซอร์เชิงลอจิกจะรับพัลส์อินพุตและคำสั่งควบคุมทิศทางแล้วจึงผลิตพัลส์ที่ใช้ในการกระตุ้นเฟสของมอเตอร์ออกไป แต่จะมีระดับของสัญญาณต่ำจึงต้องนำสัญญาณนี้ไปผ่านวงจรขับเพื่อให้ระดับของสัญญาณสูงขึ้นและจะมีวงจรถักกระแสและแรงดันทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ให้กับวงจรขับและมอเตอร์จากบล็อกไดอะแกรมจะเห็นได้ว่าไม่จำเป็นต้องต่อวงจรเอ็นโค้ดเดอร์ป้อนสัญญาณกลับเพื่อควบคุมตำแหน่งและความเร็ว แต่ในบางครั้งเช่นในกรณีที่ความล้มพันธ์ของการเคลื่อนที่ระหว่างแกนหมุนของมอเตอร์กับตำแหน่งของโหลดไม่ตรงกัน อันเกิดจากความผิดพลาดของเฟืองเกียร์หรือในกรณีที่โหลดบางอย่างทำให้เกิดการผิดพลาดของสแตปขึ้น ก็จำเป็นที่จะต้องมีการใช้สัญญาณป้อนกลับเพื่อควบคุมตำแหน่งและความเร็วให้ถูกต้อง



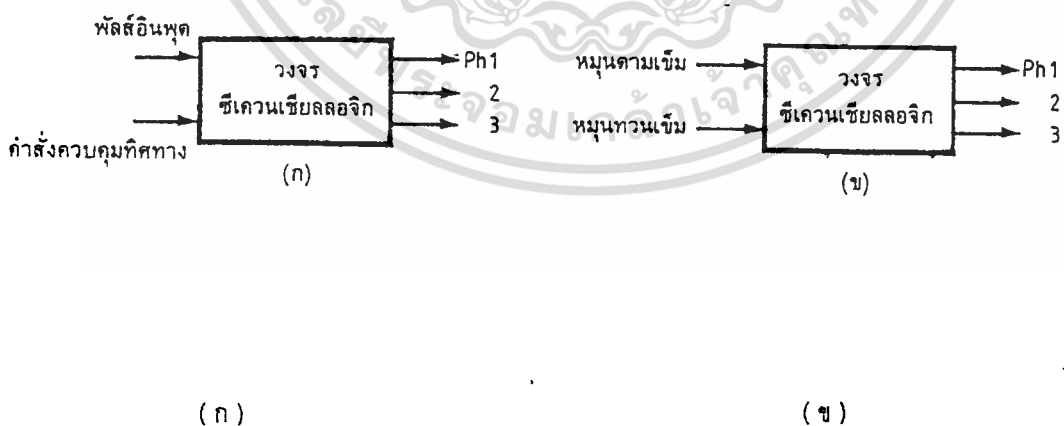
รูปที่ 14 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมสแตปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรซีเควนเซียลลอจิก

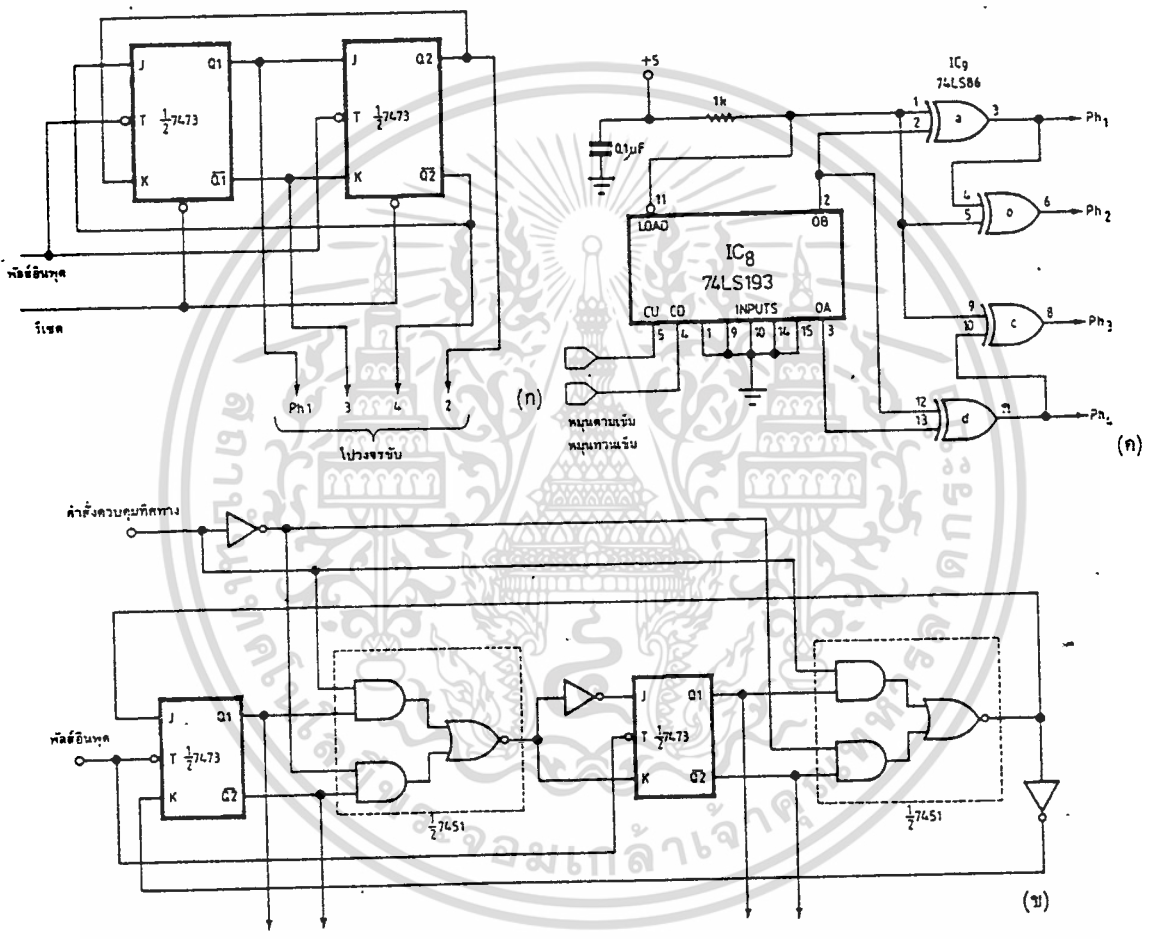
การออกแบบวงจรซีเควนเซียลลอจิกนั้น ความแตกต่างของวงจรขึ้นอยู่กับว่าผู้ออกแบบจะเลือกใช้ไอซีประเภทใดมาใช้ในวงจร วิธีการกระตุ้นเฟสจำนวนเฟสของสเตปป์มอเตอร์ และยังรวมถึงจุดประสงค์ในการใช้สเตปป์มอเตอร์ว่าต้องการใช้งานเฉพาะทิศทางเดียวหรือสองทิศทาง ซึ่งในการใช้งานแบบสองทิศทางก็ยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบดังรูปที่ 15 จะเห็นว่าแบบแรกนั้นรับพัลส์อินพุตเข้าทางหนึ่งและรับคำสั่งอีกทางหนึ่งสำหรับแบบที่สองนั้นก็มียอนพุตอยู่ 2 ทางเช่นกัน แต่จะรับพัลส์อินพุตทั้งสองทางไม่พร้อมกันขึ้นอยู่กับว่าต้องการใช้งานทางทิศทางไหน

ตัวอย่างสำหรับวงจรซีเควนเซียลลอจิกแสดงดังในรูปที่ 16 ทั้ง 3 วงจรจะใช้สำหรับสเตปป์มอเตอร์ที่มี 4 เฟสและมีวิธีการกระตุ้นเฟสเป็นแบบเฟสคู่ สำหรับรูปที่ 16 (ก) ประกอบด้วย J-K ฟลิปฟลอป 2 ตัว มีการใช้งานเฉพาะทิศทางเดียวเท่านั้น ส่วนในรูปที่ 16 (ข) มีการใช้ลอจิกเกตเพิ่มเข้ามาด้วย ซึ่งก็เปรียบได้กับบล็อกในรูปที่ 16 (ก) ส่วนในรูปที่ 16 (ค) จะใช้ไอซีนับขึ้น/ลงแบบเลขฐานสองและลอจิกเกตเพื่อแยกอินพุตในการควบคุมทิศทาง ซึ่งก็สามารถเปรียบได้กับบล็อกในรูปที่ 15 (ข)



รูปที่ 16 แบบของซีเควนเซียลลอจิกสองทิศทางทั้ง 2 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 16 ตัวอย่างวงจรเชิงวินเซียมลลจิก ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

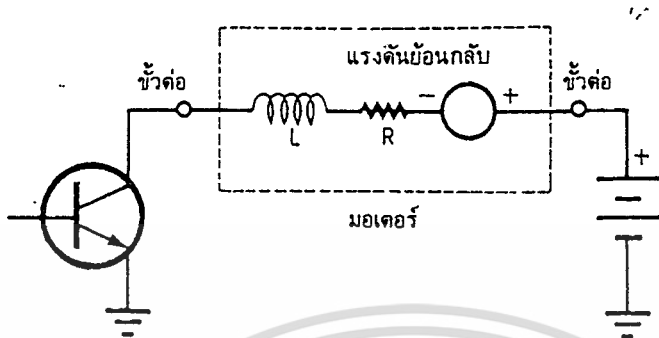
วงจรรีบ

เมื่อเขียนวงจรสมมูลของขดลวดในสเต็ปมอเตอร์ก็จะได้เป็นตัวเหนี่ยวนำต่ออนุกรมกับความต้านทาน และในขณะที่มอเตอร์กำลังหมุนจะผลิตแรงดันย้อนกลับขึ้นบนขดลวดวงจรสมมูลจริง ๆ จะเป็นดังรูปที่ 17

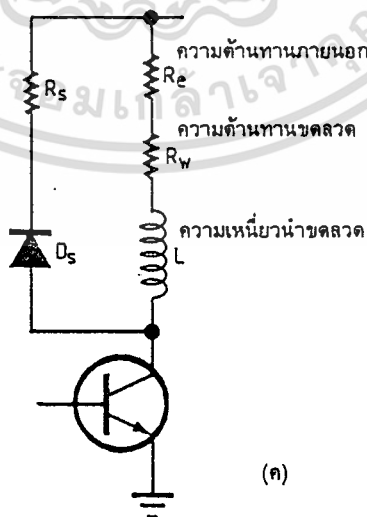
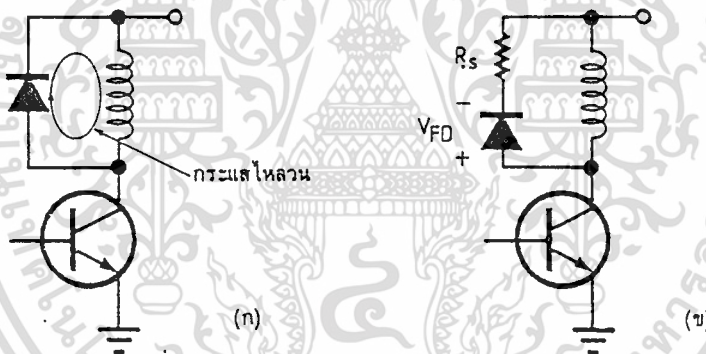
แรงดันย้อนกลับนี้จะเป็นอันตรายต่อทรานซิสเตอร์มาก ในขณะที่ทรานซิสเตอร์กลับมาอยู่ในสภาวะ "OFF" จึงต้องมีวงจรซัพเพรสเซอร์ (suppressor) เข้าไปเพื่อป้องกันทรานซิสเตอร์ไม่ให้เกิดความเสียหาย วงจรซัพเพรสเซอร์ง่ายที่สุดคือ ต่อไดโอดคร่อมไม่กลับขดลวดเลยดังรูปที่ 18 (ก) กระแสย้อนกลับก็จะไหลวนลูปผ่านไดโอด ในขณะที่ทรานซิสเตอร์ "OFF" ทำให้เกิดแรงบิดเบรก (braking torque) ขึ้นดังนั้นจึงต้องเพิ่มความต้านทาน (R_e)

อนุกรมเข้ากับไดโอดด้วยดังรูปที่ 18 (ข) เพื่อให้เวลาในการแกว่งของกระแสไหลวนลดลงเร็วขึ้น แต่ก็มีผลในการเพิ่มขึ้นของแรงดันที่ขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ด้วยเช่นกัน ปัญหาอีกอย่างหนึ่งคือหลังจากที่ทรานซิสเตอร์ถูกกระตุ้นเฟสให้อยู่ในสภาวะ "ON" จะต้องใช้เวลาระยะหนึ่งก่อนที่จะเข้าสู่สภาวะที่ขับด้วยกระแสเต็มพิกัด ซึ่งผลอันนี้เกิดจากค่าคงที่เวลาอันเนื่องมาจากคุณสมบัติของตัวเหนี่ยวนำ โดยจะมีผลทำให้แรงบิดลดลงและการตอบสนองช้าลงด้วย วิธีแก้ปัญหอย่างหนึ่งก็คือ การต่อความต้านทาน (R_e) อนุกรมเข้ากับขดลวดดังรูปที่ 18 (ค) เพื่อลดค่าคงที่เวลาให้น้อยลง แต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้เกิดการสูญเสียกำลังขึ้นในตัวต้านทานด้วยเช่นกัน ดังนั้นเพื่อลดปัญหาการสูญเสียนี้จึงมีผู้นิยมหันมาใช้วงจรพัลส์วิดท์มอดูเลชัน (pulse width modulation PWM) หรือวงจรชอปเปอร์ (chopper) แทน วงจรพื้นฐานของ PWM แสดงในรูปที่ 19 จะใช้อุปแอมป์เป็นตัวเบรียบเทียบแรงดันของสัญญาณอ้างอิง (V_r) กับแรงดันตกคร่อม R_f ที่เกิดจากกระแสไหลผ่าน ullaไหลผ่าน ถ้าแรงดันตกคร่อม R_f มีค่ามากกว่าแรงดันไฟตรงอ้างอิงแล้ว Q_2 ก็จะนำกระแสและป้อนไบแอสไปยังขาเบสของ Q_1 ให้ทำงานในโหมด ON/OFF กล่าวคือ ในสภาวะ "ON" จะมีกระแสไหลผ่านโหลดส่วนในสภาวะ "OFF" ก็จะทำให้เกิดกระแสลูปผ่านฟรีวีลลิ่งไดโอด (free-wheeling diode) ซึ่งทิศทางของกระแสดูได้จากรูป

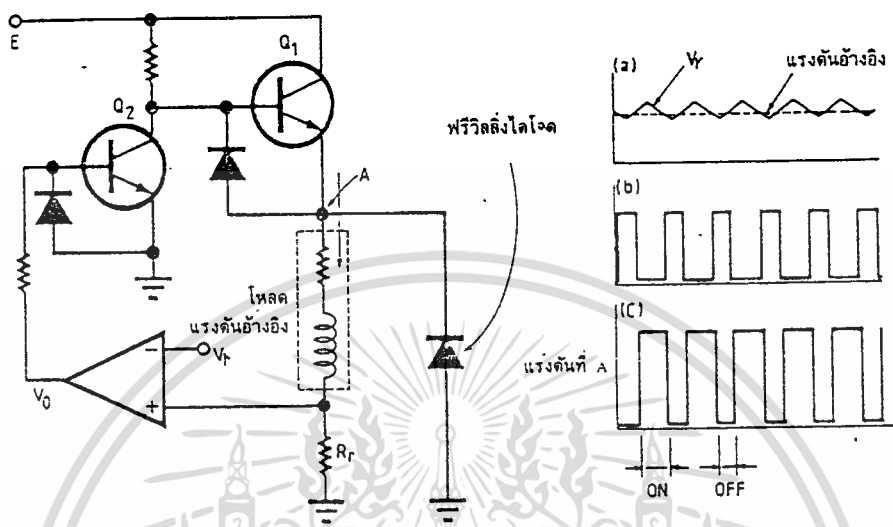
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



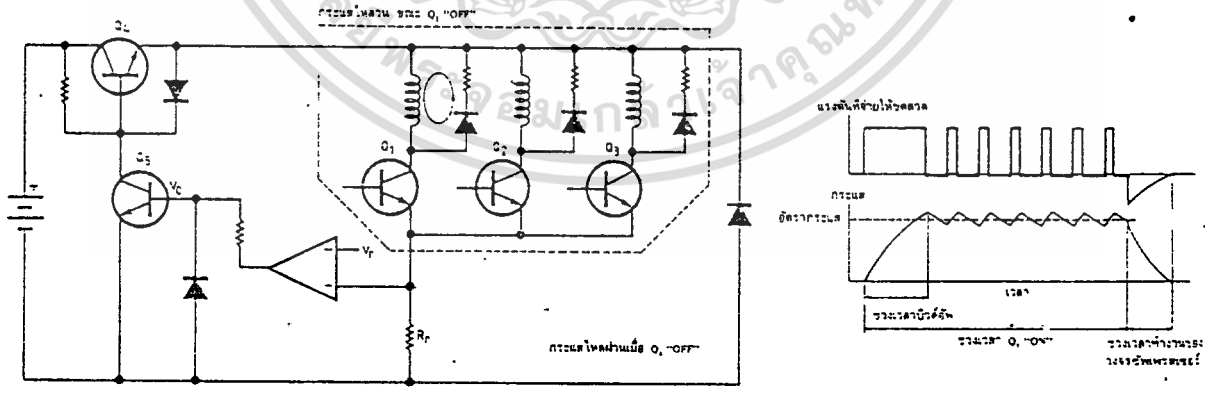
รูปที่ 17 วงจรสมมูลของขดลวดขดและเตปึงมอเตอร์หมุน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 18 การป้องกันทรานซิสเตอร์ในวงจรขับเคลื่อน ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิใช้ (ก) การใช้ไดโอดฟิวเซอร์ (ข) ไดโอด-ซิสเตอร์ ฟิวเซอร์ ครั้งที่มีการนำไปใช้
(ค) การต่อความต้านทาน R_e ในวงจรขดลวดของมอเตอร์เพื่อลดค่าคงที่เวลา



รูปที่ 19 วงจรพื้นฐานของวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลชัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารของรูปที่ 20 วงจรพัลส์วิดท์มอดูเลเตอร์สำหรับสเตอริโอ 3 เฟส และลักษณะสัญญาณ ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากลักษณะอันนี้ทำให้เกิดเป็นสัญญาณสามเหลี่ยมผสมอยู่ในสัญญาณอ้างอิง (V_r) มีค่าตั้งแต่ 2-20 กิโลเฮิร์ตซ์ และเพื่อที่จะให้เกิดแรงดันรีปเปิลในกระแสไหลตกต่ำ ๆ ก็จะต้องพยายามปรับแรงดันให้ตกคร่อม R_L มีค่าเท่ากับ แรงดันไฟตรงอ้างอิง ซึ่งถ้ากระแสไหลตกต่ำกว่าค่าที่ต้องการ ช่วงเวลา "ON" ของ Q_1 จะยาวกว่าช่วง "OFF" ทำให้กระแสที่จากแหล่งจ่ายมีค่าสูงขึ้นซึ่งแรงดันเฉลี่ยที่จ่ายให้กับมอเตอร์ (E_L) จะเป็นไปตามสมการ

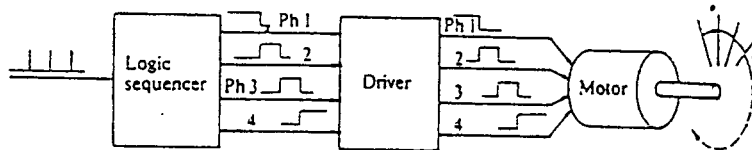
$$E_L = E_x (t_{ON}/(t_{ON}+t_{OFF}))... (4)$$

วงจร PWM ที่ใช้งานจริงจะเป็นดังรูปที่ 21 หลังจาก Q_1 เริ่มสภาวะ "ON" (หลังจากการกระตุ้นเฟส) กระแสไหลตกก็จะเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม R_L แต่ก็ยังคงต่ำกว่าแรงดันอ้างอิง (V) ทำให้ Q_4 อยู่ในสภาวะ "ON" จึงเกิดแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟให้กับ PH_1 และกระแสไหลตกก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเข้าสู่สภาวะ กระแสเต็มพิกัด เนื่องจากผลของการทำงานในโหมด ON/OFF ของ Q_4 หลังจากนั้นเมื่อ Q_1 อยู่ในสภาวะ "OFF" (ไม่มีการกระตุ้นเฟส) ก็จะทำให้เกิดการลดลง ของกระแสอย่างรวดเร็วด้วยวงจรไดโอดรีจิสเตอร์ชัพเพรสเซอร์ รายละเอียดของรูปคลื่นสัญญาณดูได้จากในรูปที่ 20

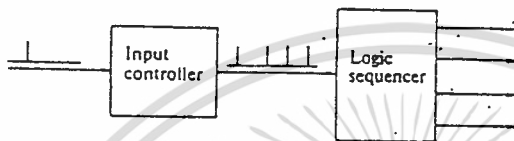
ระบบขับกระแส

ระบบการขับกระแสของ stepping motor สามารถแสดงในรูปบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 22 ซึ่งจากรูปจะเห็นว่า บล็อกไดอะแกรมแบ่งออกเป็น 2 ส่วนในรูป (a) คือส่วนของวงจรจัดลำดับการกระตุ้น (sequencial control) ซึ่งเมื่อพัลส์ถูกป้อนเข้ามาในวงจรจัดลำดับกระตุ้นก็จะใช้สถานที่ทางด้านออก (Output) ที่มีมีการเปลี่ยนแปลงในการควบคุมในการขับมอเตอร์ (Motor Drive) เพื่อที่จะทำให้ Stepping Motor หมุนไปตามมุมสเตปในทิศทางที่ต้องการ ซึ่งทิศทางที่หมุนไปถูกควบคุมมาจากสถานะทางด้านเข้า (Input) ให้เป็น H และ L เพื่อกำหนดให้หมุนทวน เข็มและตามเข็มนาฬิกานั่นเอง ในรูป a) นั้นแสดงถึงระบบทั้งหมด แต่เมื่อการเพิ่มแบบสเตป 2 สเตปหรือมากกว่านั้น สถานะต่าง ๆ ด้าน Input ต้องมีพัลส์ (pulse) ที่เหมาะสมเพื่อควบคุมวงจรจัดลำดับกระตุ้น แสดงได้ ในรูป (b) ซึ่งจะเรียกว่า "วงจรควบคุมด้านเข้า (Input Controller)" ข้อได้เปรียบในวงจรนี้คือสามารถใช้ Microprocessor ใช้ในการสร้างพัลส์ ในการควบคุมความเร็วของ Stepping Motor ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้ Stepping Motor มีประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) From logic sequencer to motor



(b) Input controller

รูปที่ 22 บล็อกไดอะแกรมแสดงระบบการขับ Stepping Motor

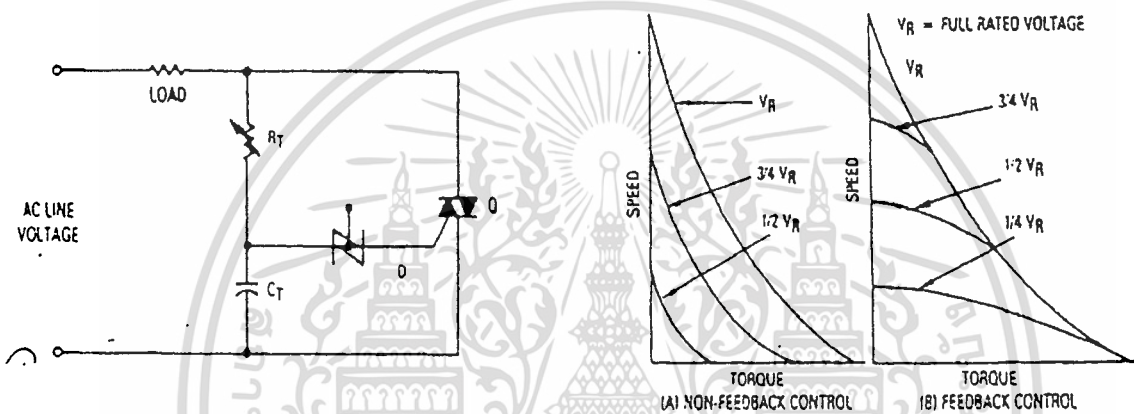
ปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรขับเคลื่อน

ในขดลวดของ Stepping Motor ประกอบด้วยความต้านทานและความเหนี่ยวนำ เมื่อ Stepping Motor หมุน จะมี Counter E.M.F. ถูกผลิตขึ้นในขดลวดทำให้การออกแบบวงจรขับเคลื่อน ต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่จำเป็นคือ กรณีที่แย่มากที่สุดของ Stepping Motor, ทรานซิสเตอร์ และแหล่งจ่ายแรงดัน มอเตอร์ จะแปรไปตามความคงทนในการผลิต และเงื่อนไขในการทำงาน เพราะฉะนั้น Stepping Motor ต้องถูกออกแบบให้ส่งกำลังออกมากที่สุด ที่ขนาดเล็กที่สุด และกรณีอุณหภูมิสามารถจะสูงได้ประมาณ 100 องศาเซลเซียส เพราะฉะนั้นขดความต้านทานจะเพิ่มได้ระหว่าง 20-25 % เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมความเร็วของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

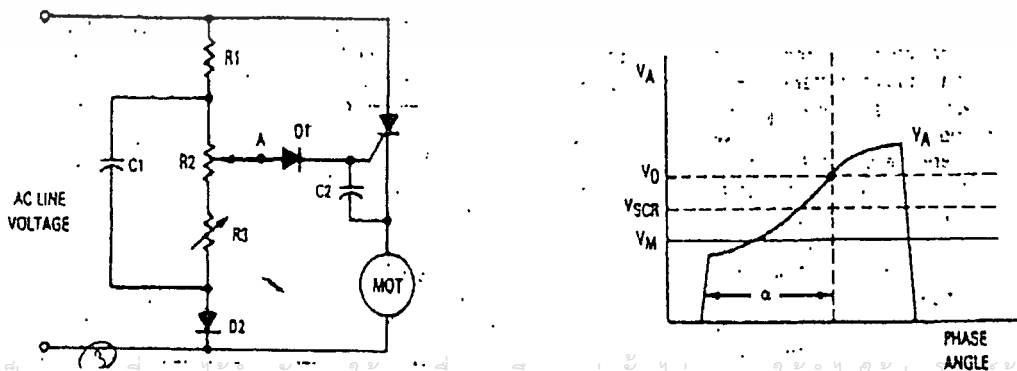
การควบคุมยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ สามารถใช้ได้ทั้งการควบคุมแบบ HALF WAVE หรือ FULL WAVE การควบคุมแบบ MANUAL ซึ่งไม่มีการป้อนกลับ จะแสดงในรูป 1 เป็นการควบคุมแบบง่าย ๆ และค่าใช้จ่ายไม่สูง แต่แรงบิดจะน้อยมากที่ความเร็วต่ำเปรียบเทียบกับกราฟความเร็ว-แรงบิด ระหว่าง NON FEEDBACK กับ FEEDBACK CONTROL ดังแสดงในรูป 2



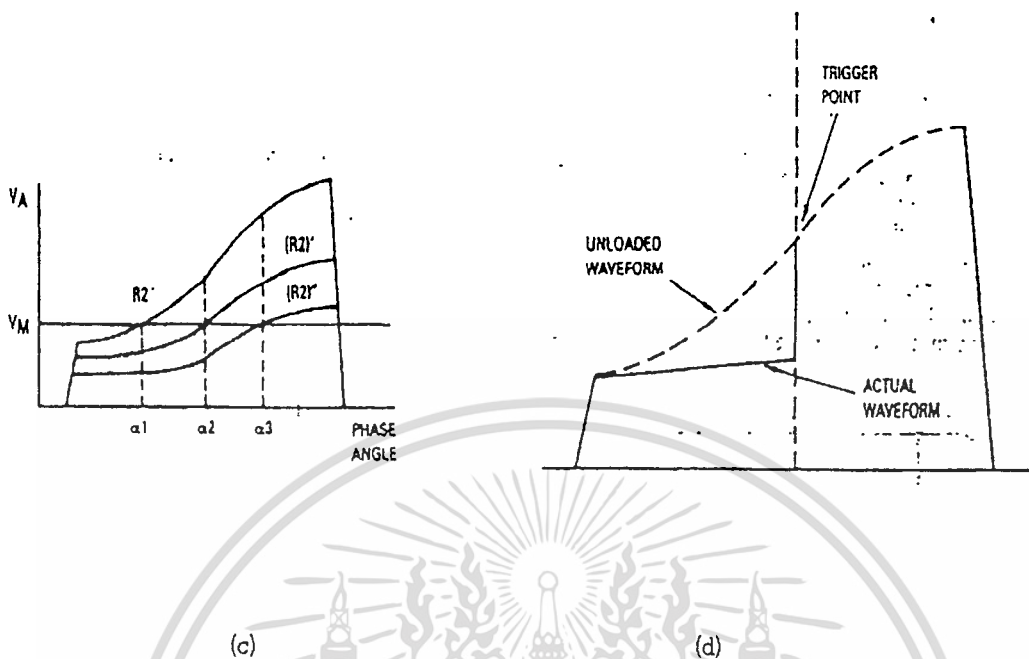
รูปที่ 1 simplest circuit for phase control

รูปที่ 2 comparison of feedback control with non-feedback control

มอเตอร์ชนิดนี้จะมีคุณลักษณะบางอย่างที่ไม่เหมือนมอเตอร์ชนิดอื่น ซึ่งจะควบคุมความเร็วได้ง่ายมากและมีประสิทธิภาพด้วยวงจร FEEDBACK ดังแสดงในรูป 3 วงจร PHASE-CONTROLLED HALF WAVE ซึ่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้มอเตอร์จะเป็นครึ่งลูกคลื่นทางด้านลบ SCR จะบล็อกกระแสให้ไหลในทิศทางลบ ทำให้มอเตอร์ขับ โดยพัลส์กระแสตรงซึ่งขนาดขึ้นอยู่กับ PHASE CONTROL ของ SCR



รูปที่ 3 (a) speed-control scheme for universal motor (b) waveform for one positive half-cycle of circuit



รูปที่ 3 (c) voltage waveform at point 'A' for three setting of potentiometer R2

(d) point 'A' voltage with excessive resistance R1

ทฤษฎีการทำงานของวงจร CONTROL คือไม่ยากต่อการเข้าใจทั้งหมด สมมติว่ามอเตอร์หมุนด้วยแรงดันที่จุด A ในวงจรแรงดันจะต้องมากกว่าแรงดันตกคร่อม ไดโอด D1, แรงดันคร่อมขา เกท และคาโอดของ SCR และจะต้องมากกว่า EMF ที่กำหนดโดย MMF ตกค้างในมอเตอร์ ซึ่งก็จะทำให้กระแสไหลไปทริก SCR เพียงพอ

รูปคลื่นที่จุด A (VA) สำหรับ 1 ลูกคลื่นครึ่งไซเคิลบวก แสดงในรูป 3 (b) พร้อมกับระดับแรงดันของขา เกทของ SCR (VSCR), แรงดันตกคร่อมไดโอด (VD) และแรงดันของมอเตอร์ (VM) PHASE ANGLE (α) ซึ่ง SCR ทริก แสดงโดยเส้นประในแนวตั้ง เมื่อความเร็วมอเตอร์เพิ่มขึ้น GENERATED VOLTAGE ของมอเตอร์ก็เพิ่มขึ้น เมื่อเลื่อนจุดทริกไปข้างหน้าและไปทางขวาของกราฟ SCR จะทริกช้าลงในครึ่งลูกคลื่น และกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์จะน้อยลงทำให้มอเตอร์หมุนช้าลง

เช่นเดียวกัน ถ้าความเร็วของมอเตอร์ลดลง จุดทริกจะเคลื่อนไปทางซ้าย และลงมาข้างล่างของกราฟ ทำให้ TRIAC ทริกเร็วขึ้นในครึ่งลูกคลื่น ทำให้กำลังไฟฟ้าจ่ายให้มอเตอร์มากขึ้นความเร็วก็จะเพิ่มขึ้น

ความต้านทาน R1, R2 และ R3 ร่วมกับไดโอด D2 และคาปาซิเตอร์ C1 รูปแบบของส่วน RAMP-GENERATOR ของวงจร คาปาซิเตอร์ C1 จะอัดประจุโดย VOLTAGE DIVIDER R1, R2 และ R3 ระหว่างครึ่งลูกคลื่นด้านบวกไดโอด D2 จะป้องกันกระแสทางต้านลบไหลระหว่างครึ่งไซเคิลลบ ดังนั้น C1 จะคายประจุผ่าน เฉพาะ R2 และ R3 ระหว่างครึ่งไซเคิลลบ ควบคุมโดยการปรับ R3 ซึ่ง C1 จะคายประจุระหว่างครึ่งไซเคิลลบ เพราะความต้านทาน R1 มีค่าสูงกว่า AC IMPEDANCE ของคาปาซิเตอร์ C1 มาก รูปคลื่นแรงดัน C1 จะใกล้เคียงรูปคลื่น COSINE ด้วย DC COMPONENT-POTENTIOMETER R2 คือเป็นตัวปรับทั้งแรงดัน DC และแรงดัน AC เป็นการแบ่งกราฟออกเป็น ส่วน ๆ ดังแสดงในรูป 3 (c)

อัตราขยายของระบบ เป็นอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเอาต์พุตของ SCR กับการเปลี่ยนแปลงของการกำเนิด EMF คือที่ความเร็วต่ำจะมีค่าสูงกว่าที่ความเร็วสูง อัตราขยายสูงที่ค่า EMF ตกค้างของมอเตอร์ต่ำมาก ๆ จะทำให้เกิดการข้ามไซเกิล จะเป็นโหมดการทำงานที่ความเร็วของมอเตอร์คือควบคุมโดยการข้ามไซเกิลทั้งหมด หรือกลุ่มของไซเกิล และทริกก่อนหนึ่งหรือสองลูกคลื่นในคาบทดแทนค่าสูญเสียของความเร็ว เมื่อมอเตอร์ขับโหลดจะตัดเงื่อนไขข้างต้นทั้งไป อย่างไรก็ตามความเสี่ยงที่ไม่พึงปรารถนาและการล้นของมอเตอร์จำเป็นจะต้องกำจัดทิ้งซึ่งทำได้สองทาง

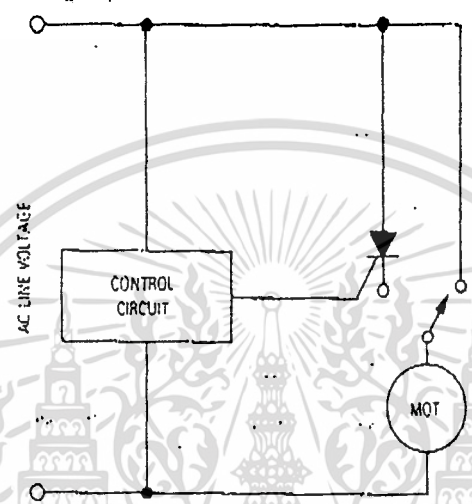
วิธีที่หนึ่ง คือออกแบบให้มอเตอร์คงที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในกรณีนี้ระดับของอิมพีแดนซ์ของ VOLTAGE DIVIDER R1, R2 และ R3 จะต่ำ C1 จะอัดประจุเร็วมาก ความชันของ RAMP จะเพิ่มขึ้น และอัตราขยายของระบบจะต่ำ วิธีที่สองจะรวมประโยชน์ทุกอย่างของวงจรไว้การท้อทุ้มการออกแบบจะดีขึ้นค่า EMF ตกค้างจะมาก โดยทั่วไปจะใช้โลหะลามิเนต ซึ่งเป็น MAGNETIC STEEL เกรดต่ำ ในความเป็นจริงแล้วจะมีการทำ COLD-ROLLED STEEL ใช้ในการทำลามิเนตของโรเตอร์ เป็นมอเตอร์เหมาะสำหรับชนิดของการควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

ปัญหาอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นก็คือเรื่องความร้อน ด้วยชุดควบคุมความเร็วที่ความเร็วต่ำหรือปานกลาง ที่อุณหภูมิแวดล้อมสูง ความชันจะเพิ่มขึ้นไม่สามารถควบคุมได้จนถึงค่าสูงสุด ปรากฏการณ์นี้เป็นสาเหตุมาจากค่าอิมพีแดนซ์ใน VOLTAGE DIVIDER มากเกินไป สำหรับการทริก SCR ถ้ากระแสของ VOLTAGE DIVIDER ที่ไหลไปในเกทของ SCR ต่ำด้วยจะไม่สามารถทำให้ SCR ON ได้ ทำให้เกิดรูปคลื่นที่จุด A ดังแสดงในรูป 3(d) ส่วนที่เสมอกันของรูปคลื่นในส่วนก่อนครึ่งลูกคลื่น เกิดจากกระแส VOLTAGE DIVIDER ของเกท SCR ก่อนจะถูกทริก หลังจากทริกแล้ว ไดโอด D1 จะไบอัสย้อนกลับจะเป็นแรงดันขณะจ่ายโหลดไม่นานก็จะกระโดดข้ามไปเป็นแรงดันขณะไม่มีโหลด ที่อุณหภูมิมีสภาวะแวดล้อมเพิ่มขึ้น SCR จะมีความไวมากกว่า ด้วยเหตุนี้เกทจึงต้องการกระแสต่ำในการทริก และจะทริกก่อนครึ่งไซเกิล การที่เกิดการทริกก่อนมีสาเหตุมาจาก กระแสใน SCR เพิ่มขึ้น ด้วยเหตุที่ความร้อนที่จุดต่อจะเพิ่มขึ้น ความไวของ SCR จะเพิ่มขึ้นและมีความเร็วสูงสุด

การแก้ปัญหา ในทางปฏิบัติจะใช้ SCR ที่มีความไวดีที่สุด และ VOLTAGE DIVIDER ของวงจรเพียงพอที่อิมพีแดนซ์ต่ำ จากกฎหัวแม่มือกระแสจะผ่านไปยังวงจรแบ่งแรงดันระหว่างครึ่งไซเกิลบวกประมาณสามช่วงเวลาระแสจำเป็นจะต้องทริก SCR ที่มีความไวต่ำ (กระแสเกทสูง)

การรวมโลหะที่ใช้ในลามิเนตของมอเตอร์ พิจารณาให้ออกแบบมอเตอร์ใช้ในการควบคุมความเร็วครึ่งลูกคลื่น แรงดัน rms สูงสุดสามารถทำได้จากมอเตอร์ภายใต้เงื่อนไขครึ่งลูกคลื่นคือ 85 V. มอเตอร์จะออกแบบให้ใช้กับแรงดันที่ความเร็วสูงสุด อย่างไรก็ตาม V.L ต้องการสภาวะของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ใช้เป็นประโยชน์กับระบบควบคุมจะต้องสามารถลัดวงจร โดยไม่มีอันตราย นักออกแบบจำนวนมีการหาข้อดีที่จะใช้ระบบมอเตอร์ 115 V. และสวิตช์ใช้แรงดันเต็มลูกคลื่นของมอเตอร์สำหรับการทำงานที่ความเร็วสูง รูป 6.10 แสดงการ

ปัญหาที่เกิดขึ้นถ้ามอเตอร์ทำงานที่ความเร็วเต็มที่ได้ด้วยการปิดสวิตช์ และสวิตช์จะเปิดระหว่างครึ่งไซเคิลลบ กระแสจะไหลในสนามอินдукทีฟของมอเตอร์ และจะเบรคดาวน์ SCR ในทิศทางลบ และทำลายการควบคุมจากรวงจรที่แสดง พลังงานที่เก็บไว้ในสนามของมอเตอร์จะทำให้เกิดการอาร์คของสวิตช์ก่อน SCR จะต่อวงจร



รูป 4 switching scheme for full-wave operation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของเครื่อง

1. ทำการ LOAD DATA จาก PC มายังเครื่องเจาะ
2. ทำการเลือก TOOL TABLE และในกรณีที่เลือก TOOL TABLE เป็น USER ก็จะต้อง LOAD TOOL TABLE นั้นจาก PC มายังเครื่องเจาะด้วย
3. กดคีย์ START เครื่องเจาะจะเริ่มทำงาน โดยให้ผู้ใช้ใส่ดอกสว่าน ตามเบอร์ที่กำหนดจากนั้นแกน X,Y ของเครื่องเจาะจะทำการเคลื่อนที่ไปยังจุด (D,O) ซึ่งเป็นจุดอ้างอิงแล้วจึงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ตามที่ผู้ใช้กำหนดไว้ในไฟล์ข้อมูลที่ได้โหลดลงมายังเครื่องเจาะแล้ว เมื่อทำการเจาะจนเสร็จสิ้นดอกสว่านดอกแรกแล้วก็จะมีความแข็งแรงให้ทราบพร้อมทั้งบอกขนาดดอกสว่านที่จะใช้ในการเจาะต่อไปให้ทราบ เมื่อผู้ใช้ใส่ดอกสว่านเสร็จแล้ว แกน X,Y ของเครื่องเจาะก็จะเคลื่อนที่ไปยังจุด (O,O) เพื่อเซตตำแหน่งอ้างอิงก่อนแล้วจึงจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่กำหนดไว้ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ทำเช่นนี้ไปจนกระทั่งเสร็จสิ้นข้อมูล ถ้าต้องการเจาะแผ่นต่อไปโดยสลับข้อมูลชุดเดิมก็ไม่จำเป็นต้อง LOAD ข้อมูลลงมาอีกสามารถกดคีย์ START ได้เลย และในขณะที่เครื่องกำลังทำงานอยู่นั้น ถ้าเครื่องมีการทำงานที่ผิดปกติหรือมีการทำงานผิดพลาดสามารถหยุดการทำงานของเครื่องได้โดยการกดคีย์ STOP เครื่องจะหยุดทำงานและพร้อมที่จะเริ่มต้นทำงานใหม่ โดยที่ข้อมูลที่โหลดมายังเครื่องเจาะจะไม่สูญหายไปไหน

การ SENSOR ตำแหน่ง

- การ SENSOR ตำแหน่งจะใช้ OPTO เป็นตัว SENSOR ซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 5 จุด คือ แกน X หัวท้าย 2 จุด แกน Y หัวท้าย 2 จุด และแกน Z อีก 1 จุด
- OPTO แกน X ตัวที่ 1 และ OPTO แกน Y ตัวที่ 1 จะใช้ในการตรวจสอบตำแหน่งเริ่มต้นซึ่งจะใช้เป็นจุดอ้างอิงตำแหน่ง (O,O) ทุกครั้งที่มีการตอบรับว่าเปลี่ยนดอกสว่านเรียบร้อยแล้ว ก็จะทำการเคลื่อนที่ไปยังจุดอ้างอิง (O,O) นี้ก่อน แล้วจึงจะทำการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่กำหนดไว้
- OPTO แกน X ตัวที่ 2 และ OPTO แกน Y ตัวที่ 2 จะใช้ในการตรวจสอบเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเคลื่อนที่ทางแกน X และ Y เคลื่อนที่ออกไปนอกพื้นที่การใช้งาน เพื่อป้องกันมิให้เกิดความเสียหายขึ้นกับระบบ MOCHANIC ในระหว่างที่เครื่องกำลังทำงาน OPTO แกน Z จะใช้ตรวจสอบการเคลื่อนที่ในแนวแกน Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TOOL TABLE ของไฟล์ STANDARD.TOL

TO1 30

TO2 35

TO3 40

TO4 45

TO5 55

TO6 60

TO7 80

TO8 120

TOOL TABLE ของไฟล์ DRILL.TOL

TO1 24 0.6mm

TO2 35 0.9mm

TO3 39 1.0mm

TO4 43 1.1mm

TO5 47 1.2mm

TO6 59 1.5mm

TO7 79 2.0mm

TO8 98 2.5mm

TO9 118 3.0mm

T10 138 3.5mm

ตัวอย่างไฟล์ PCB 001.TOL ซึ่งเป็นไฟล์ TOOL TABLE ที่สร้างขึ้นใหม่ ที่ได้จากการ set up NC DRILL ในโหมด method แบบ generate

SETUP NC DRILL ในโหมด METHOD แบบ GENERATE

PROTEL TRAXPLOT VERSION 1.56

NCDRILL TOOL LOADING SPECIFICATION

PCB FILE : /PROTEL/PCB/PCBOO1.PCB

DATE : 12/03/1991

TIME : 19:43:22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TO1 60
 TO2 28
 TO3 35
 TO4 30
 TO5 40
 TO6 27
 TO7 50
 TO8 47

ตัวอย่างไฟล์ 1.TXT แสดงให้เห็นถึงลักษณะของข้อมูลที่จะส่งมายังเครื่องเจาะซึ่งมีรายละเอียดดังนี้
 M48 เริ่มต้นข้อมูล
 TO1FOOSOO จำนวนดอกสว่านที่ใช้
 %
 TO1 ขนาดดอกสว่านที่จะใช้ที่กำหนดไว้ใน TOOL TABLE
 X0015Y0015 ตำแหน่งที่จะทำการเจาะมีหน่วยเป็น MIL
 XOO175Y03725
 Y04125 มีเฉพาะค่า Y ค่า X จะเป็นค่าของพิกัดก่อนหน้า
 X0015Y0745
 Y09825Y07425
 YO4125
 Y03725
 Y00175
 TO2
 X006Y008
 X0075Y00725
 X009Y008
 X0105Y00725
 X00425Y01925

X00525 มีเฉพาะค่า X ค่า Y จะเป็นค่าของพิกัดก่อนหน้า
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 X00625 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 X014

X015

X016

X01575Y008

X01725Y00725

X018Y00175

M30

สิ้นสุดข้อมูล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งข้อมูลจากเครื่อง PC มายังเครื่อง AUTOMATIC PCB DRILLING MACHINS

เนื่องจากการส่งข้อมูลที่เป็นพิกัด X,Y หรือข้อมูลที่เป็น TOOL TABLE จากเครื่อง PC มายังเครื่อง AUTOMATIC PCB DRILING MACHINE นั้น จะส่งผ่านมาทาง PARALLEL PORT ซึ่งจะมีความเร็วในการส่งข้อมูลมากกว่าการส่งผ่านทาง SERIAL PORT การส่งข้อมูลผ่านทาง PORT ทั้ง 2 โดยใช้คำสั่ง COPY ของ DOS นั้น อุปกรณ์ในการรับข้อมูลจะไม่สามารถทราบได้ว่าสิ้นสุดการส่งข้อมูลเมื่อไหร่ เนื่องจาก DOS ไม่ได้ส่งรหัส EOF (END OF FILE) มาให้ด้วย ดังนั้นจึงได้ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลผ่านทาง PARALLEL PORT LPT1 ขึ้นมาโดยใช้ภาษา C ซึ่งจะส่งรหัส EOF ไปให้อุปกรณ์ในการรับข้อมูลทราบว่าสิ้นสุดข้อมูลในการส่งแล้วหลังจากที่ทำการส่งไฟล์ข้อมูลไปให้เรียบร้อยแล้ว ลักษณะการใช้งานเป็นดังนี้ DRILL ตามด้วยชื่อไฟล์ข้อมูลที่จะทำการส่ง เช่น

```
C:/PROTEL/PLOT>DRILL TEST1.TT
```

```
Transfer data to Automatic PCB drilling machine
```

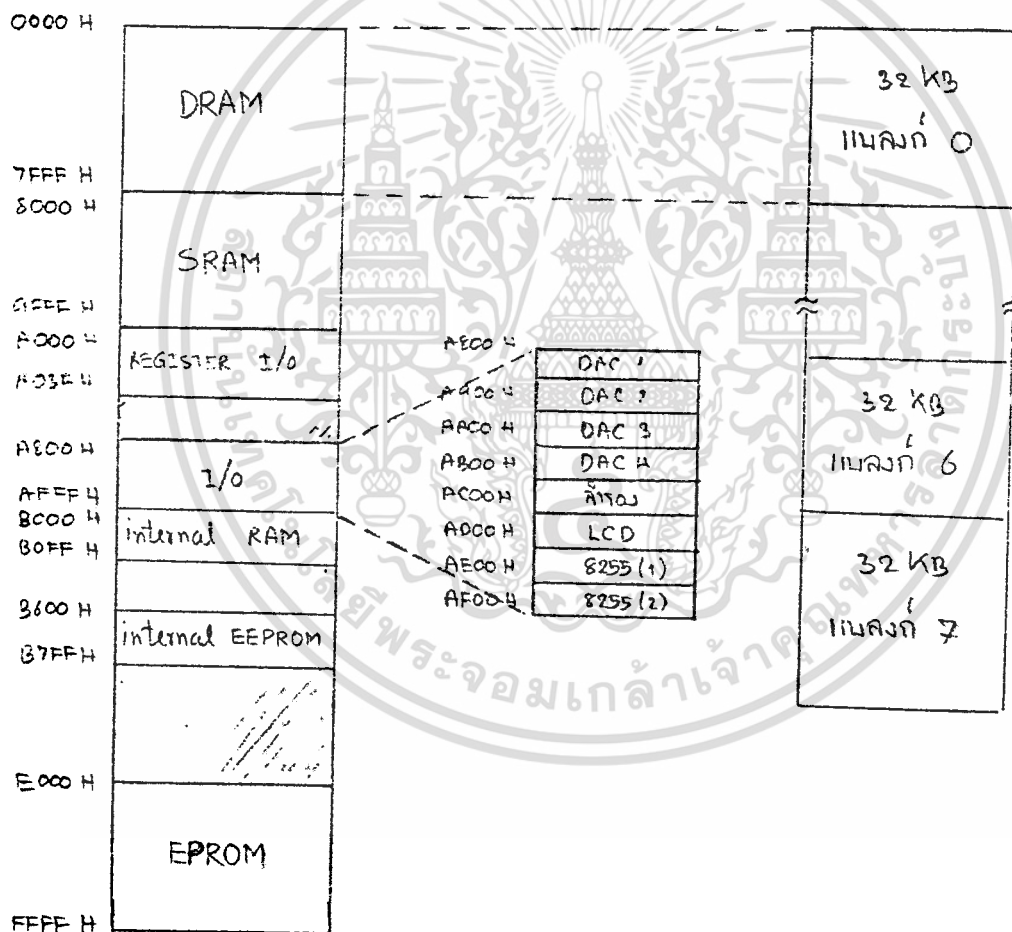
```
1 file (s) Complete 226 butes
```

```
C:/PROTEL/PLOT>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดหน่วยความจำ

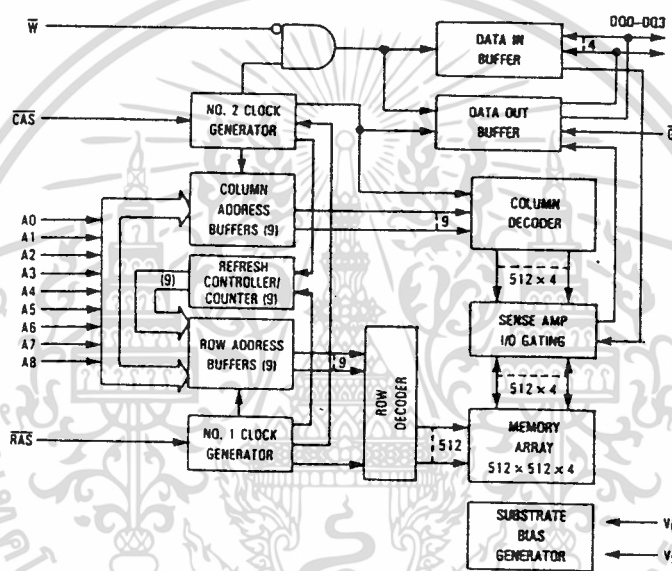
หน่วยความจำที่ใช้ภายในระบบประกอบไปด้วย EPROM ใช้สำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง AUTOMATIC PCB DRILLING MACHINE มีขนาด 8k byte SRAM ใช้เก็บข้อมูลชั่วคราวของระบบ มีขนาด 8k byte DRAM ใช้เก็บข้อมูลของตำแหน่งที่จะทำการเจาะแผ่น PCB มีขนาด 256k byte โดยจะถูกแบ่งออกเป็นแบงก์ ๆ ละ 32k byte ตำแหน่งของหน่วยความจำต่าง ๆ ดังแสดงในรูปข้างล่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ interface กับ Dynamic RAM

Dynamic RAM (DRAM) ที่ใช้เป็นแบบโมดูล SIM ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับที่ใช้ในเครื่อง computer ในที่นี้ใช้ขนาด 256KB จำนวน 1 แผง ซึ่งจะมี DRAM เบอร์ M514256B จำนวน 2 ตัว แต่ละตัวจะมีขนาด $256 \text{ k} \times 4$ และต้องการสัญญาณ Address จำนวน 1 เส้น โดยที่ row address และ column address จะ multiplex กันอยู่ โครงสร้างภายใน แสดงในรูปข้างล่าง

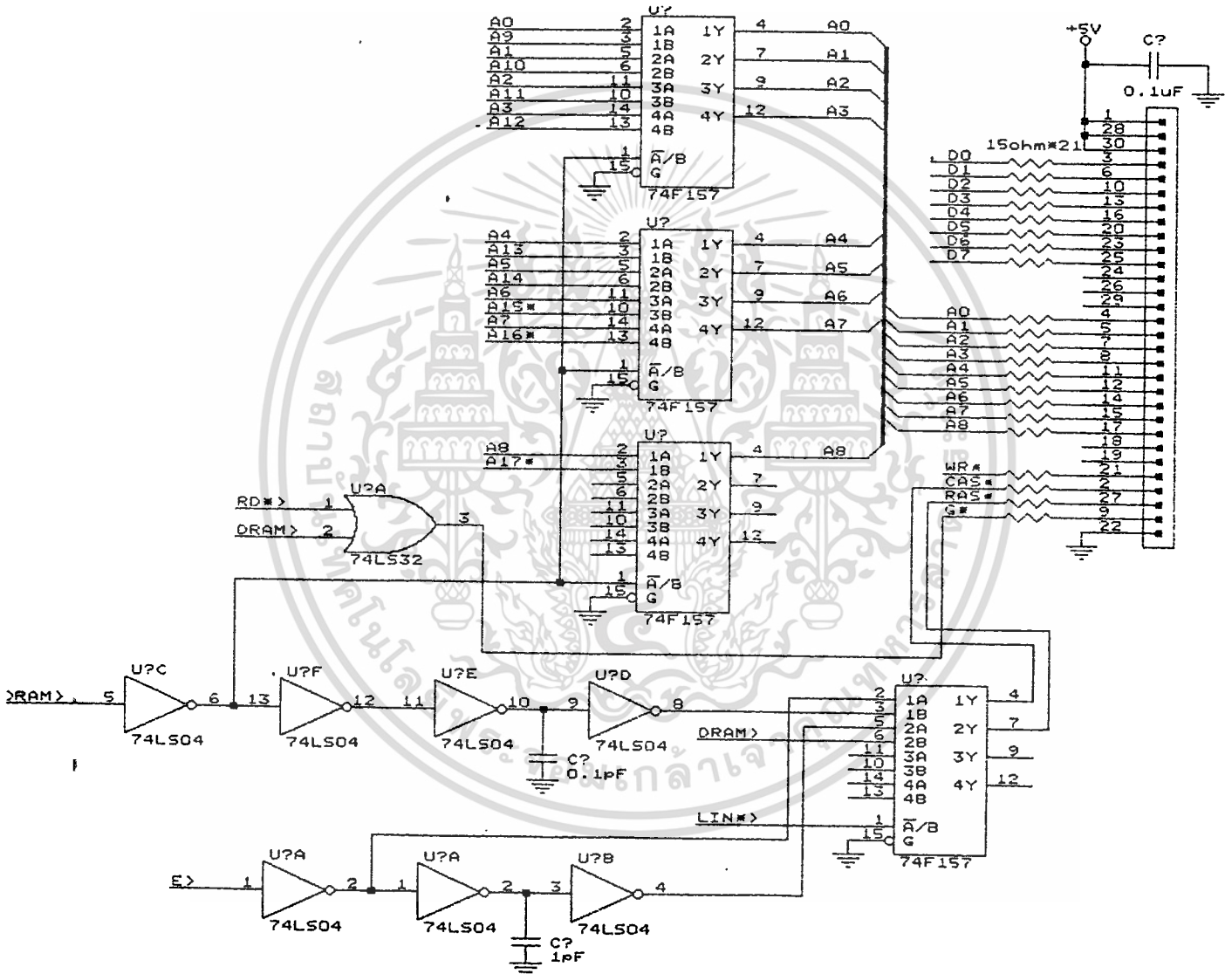


block diagram

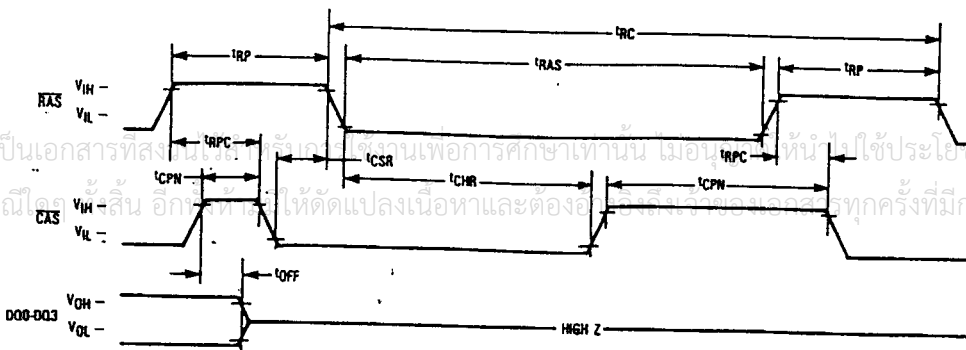
ในการเชื่อมต่อ DRAM เข้ากับระบบนั้น จำเป็นจะต้องมีกระบวนการในการผลิตเฟลทซ์แอดเดรสโดยที่ row address จะประกอบไปด้วย address A0-A8 และ column address จะประกอบไปด้วย address A9-A17 โดยที่ A15*, A16*, A17* (จากวงจร) มาจาก output port และ 8255 ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดแวลต์ของหน่วยความจำซึ่งจะมีทั้งหมด 8 แวลต์ ๆ ละ 32k รวมกันเป็น 256k พอดีโดยใช้ไดโอดเบอร์ 74F157 เป็นตัวผลิตเฟลทซ์แอดเดรสโดยมีสัญญาณ DRAM< เป็นตัวควบคุมการผลิตเฟลทซ์ซึ่งสัญญาณนี้มาจาก chip select ซึ่งจะ active (ลอจิก "0") เมื่อมีการอ้างแอดเดรสที่อยู่ในช่วง 0000H-7FFFH ในการเขียนหรืออ่านข้อมูลนั้น จะต้องส่ง row address แล้วส่งสัญญาณ RAS ทำการสโตรบเพื่อทำการแลตซ์แอดเดรสภายในชิปก่อนแล้วตามด้วย column address จากนั้นก็สโตรบด้วยสัญญาณ CAS แล้วจึงทำการเขียนหรืออ่านข้อมูลได้ โดยกำหนดที่สัญญาณ WR และ G เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REFRESH แบบ CAS before RAS refresh ใน cycle ถัดไป

วงจรที่ใช้ในการ INTERFACE กับ DYNAMIC RAM

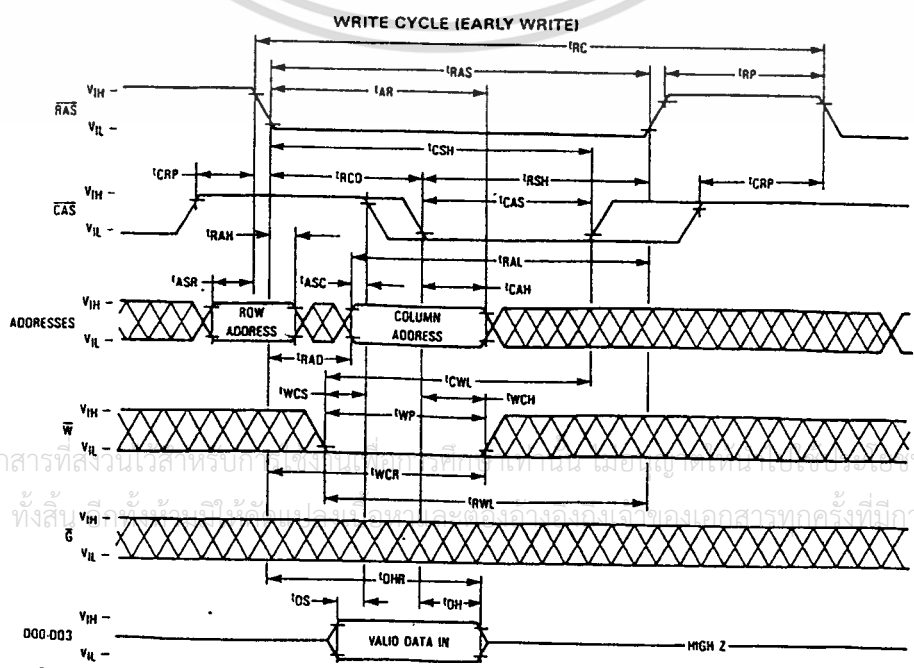
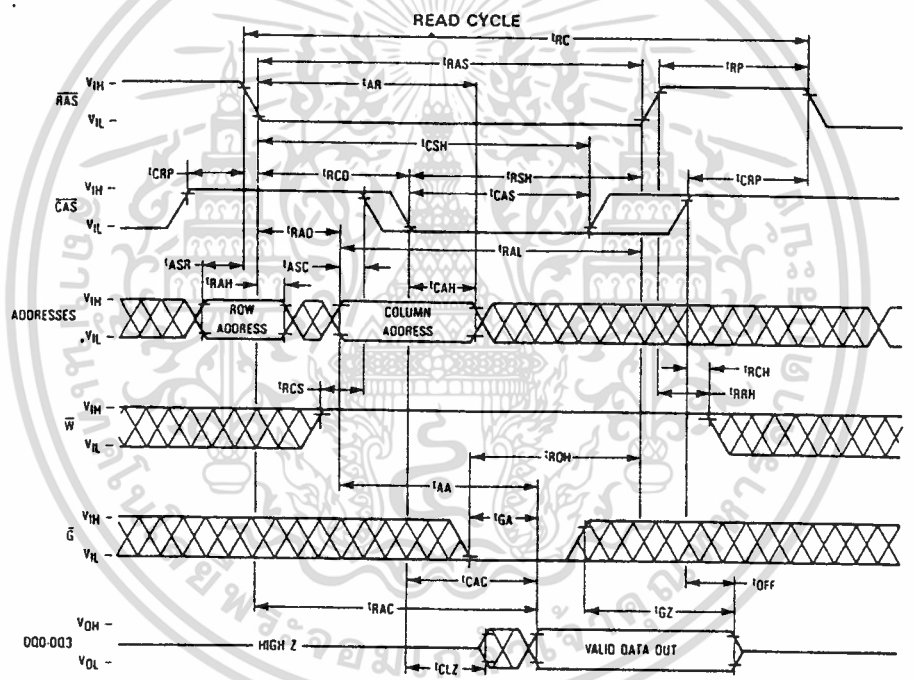


CAS BEFORE RAS REFRESH CYCLE
(W, \bar{C} , and A0-A8 are Don't Care)

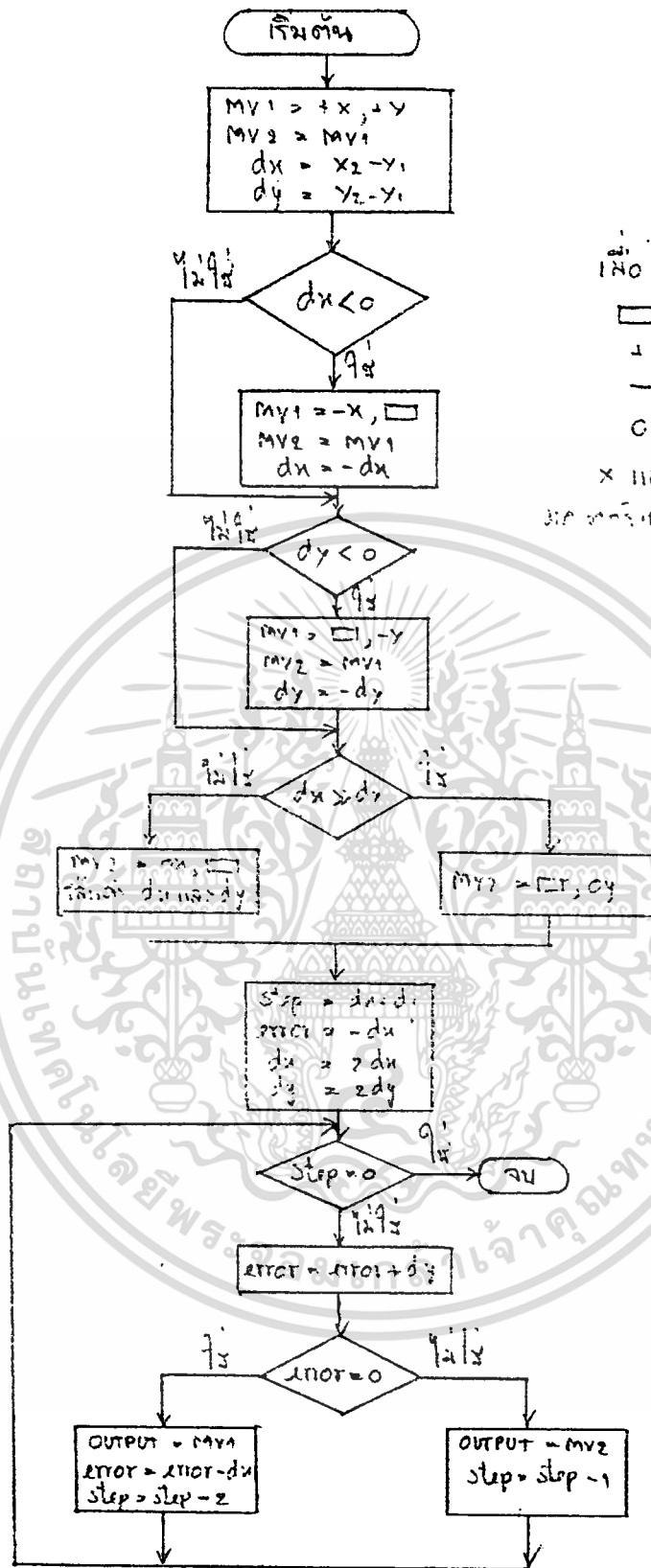


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยไว้ด้วย และต้องขออภัยล่วงหน้าทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ refresh DRAM เบอร์นั้นจะต้องใช้เวลาในการ REFRESH ROW ADDRESS จำนวน 512 ตำแหน่ง ภายในเวลาไม่เกิน PMS (ใน 1 ROW จะต้องใช้เวลาไม่เกิน 15.6 us) ซึ่งกระบวนการในการ refresh นั้นสามารถทำได้สามวิธีคือ RAS-ONLY REFRESH, CAS BEFOR RAS REFRESH และ HIDDEN REFRESH แต่ที่ใช้ในโครงงานนี้ได้ใช้การ REFRESH แบบ CAS before RAS refresh เนื่องจากภายใน DRAM นี้มีวงจร refresh controller อยู่และการ refresh ด้วยวิธีนี้สามารถทำได้ง่ายกว่าแบบอื่น ๆ เมื่อทำการต่อ DARM เข้ากับ CPU 68 HC 11 การ refresh วิธีนี้ทำได้โดยการให้สัญญาณ CAS ตกลงเป็น "0" ก่อนที่ RAS จะตกลงเป็น "0" ด้วย คาบเวลา t_{CSR} refresh controller ซึ่งอยู่ภายใน DRAM จะทำงาน ซึ่งมันจะส่ง address ไป refresh หน่วยความจำ และหลังจากการที่เสร็จกระบวนการ refresh แล้วตัวนับ address ภายในจะเพิ่มค่าขึ้นเองโดยอัตโนมัติ เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับ กระบวนการ refresh แบบ CAS before RAS refresh ใน cycle ถัดไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น จะถือว่าผิดกฎหมายและจะมีความผิดตามกฎหมายว่าด้วยการนำออกไปใช้



เมื่อ

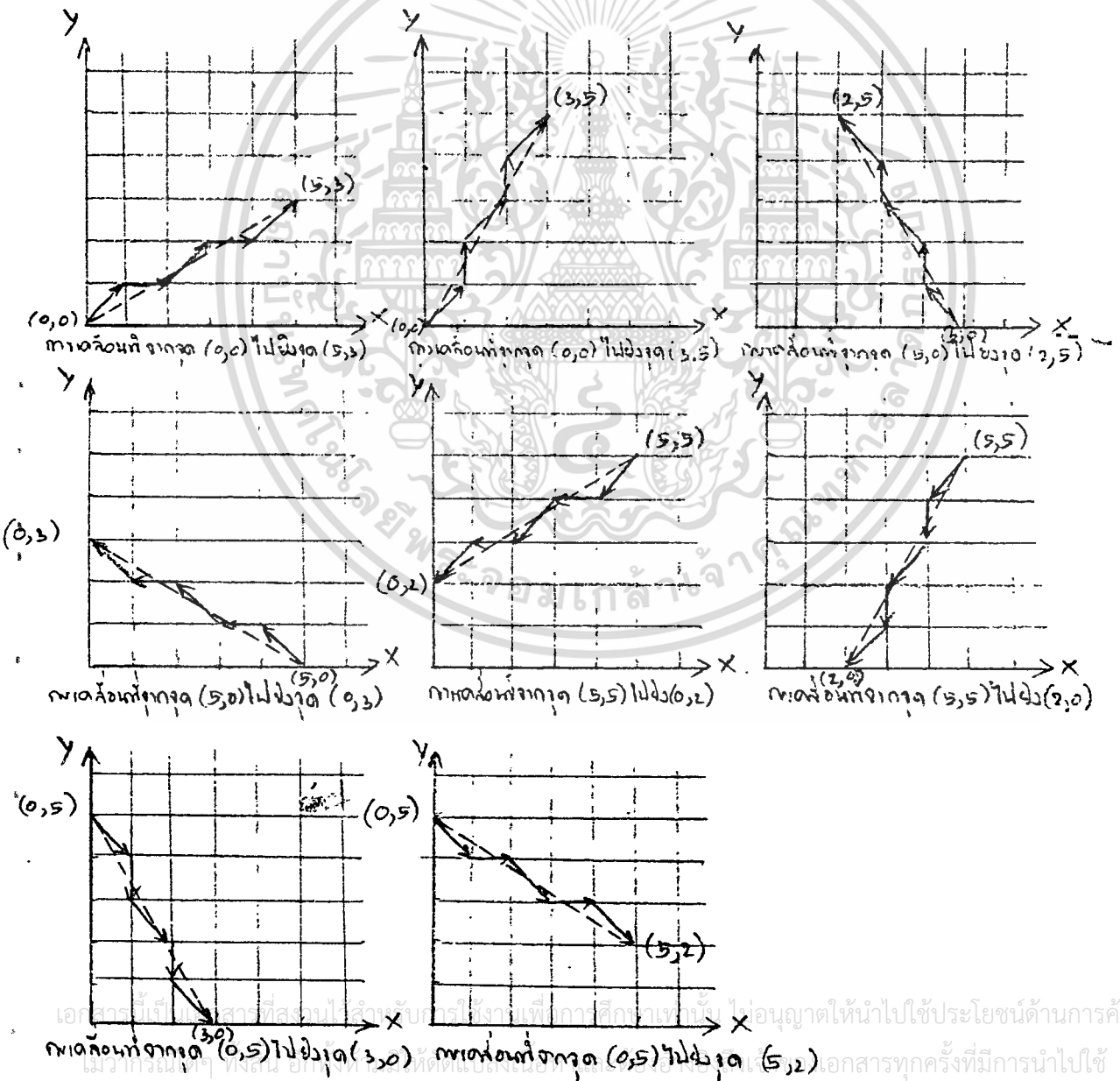
- = ค่าเดิมก่อนหน้า
- 1 = โดนนหน้า
- = โดนนหลัง
- 0 = หยุด

x และ y ใน MV1 หรือ MV2 หากเป็น
หรือค่าอื่น ๆ x และ y จะรับใน MV2 ตามเงื่อนไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของซอฟต์แวร์ที่ใช้โดยคณะกรรมการตัดสินที่ขอจดทะเบียนชื่อ X และ Y งานการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนที่ของมอเตอร์ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ

dx	dy	MN	MV1		dx, dy	MV2
+	+	0°-90°	+X, +Y	Y	0°-45°	+X, 0Y
				N	45°-90°	0X, +Y
-	+	90°-180°	-X, +Y	N	90°-135°	0X, +Y
				Y	135°-180°	-X, 0Y
-	-	180°-270°	-X, -Y	Y	180°-225°	-X, 0Y
				N	225°-270°	0X, -Y
+	-	270°-360°	+X, -Y	N	270°-315°	0X, -Y
				Y	315°-360°	+X, 0Y



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่สามารถเผยแพร่ทางอื่นได้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรับข้อมูลจากเครื่อง PC

การรับข้อมูลผ่านทาง PRINTER PORT ข้อมูลที่ส่งมาจากเครื่อง PC จะส่งมาทีละ 8 BIT จึงทำให้มีความเร็วในการส่งข้อมูล สำหรับรายละเอียดของสัญญาณ และตำแหน่งของขาสัญญาณที่ connector สำหรับเครื่อง printer นั้น ดังแสดงในตารางข้างล่าง ซึ่งเป็นข้อมูลของ printer รุ่น LX-800

Signal Pin	Return Pin	Signal	Direction	Description
1	19	STROBE	IN	STROBE pulse to read data in. Pulse width must be more than 0.5 μ s at the receiving terminal.
2	20	DATA 1	IN	These signals represent information of the 1st to 8th bits of parallel data, respectively. Each signal is at HIGH level when data is logical 1 and LOW when it is logical 0.
3	21	DATA 2	IN	
4	22	DATA 3	IN	
5	23	DATA 4	IN	
6	24	DATA 5	IN	
7	25	DATA 6	IN	
8	26	DATA 7	IN	
9	27	DATA 8	IN	
10	28	ACKNLG	OUT	Approximately, 12 μ s pulse. LOW indicates that data has been received and that the printer is ready to accept more data.
11	29	BUSY	OUT	A HIGH signal indicates that the printer cannot receive data. The signal goes HIGH in the following cases: 1) During data entry (ea. char. time) 2) During printing 3) When off line 4) During printer-error state.
12	30	PE	OUT	A HIGH signal indicates that the printer is out of paper.
13	—	—	—	Pulled up to +5 V through 3.3 K Ω resistance.
14	—	AUTO FEED XT	IN	When this signal is LOW, the paper is automatically fed 1 line after printing. (The signal level can be fixed to this by setting DIP switch 2-4 to ON.)
15	—	NC	—	Unused.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Signal Pin	Return Pin	Signal	Direction	Description
16	—	0V	—	Logic ground level.
17	—	CHASSIS GND	—	Printer's chassis ground, which is isolated from the logic ground.
18	—	NC	—	Unused.
19 - 30	—	GND	—	Twisted-pair return signal ground level.
31	—	INIT	IN	When this level becomes LOW, the printer controller is reset to its power-up state and the print buffer is cleared. This level is usually HIGH; its pulse width must be more than 50 μ s at the receiving terminal.
32	—	ERROR	OUT	This level becomes LOW when the printer is in: 1) Paper-end state 2) Off line state 3) Error state.
33	—	GND	—	Same as for Pins 19 - 30.
34	—	NC	—	Unused.
35	—	—	—	Pulled up to +5 V through 3.3 K Ω resistance.
36	—	SLCT IN	IN	The DC1/DC3 code is valid only when this signal is HIGH. (Internal fixing can be carried out with DIP switch pin 2-1. The level of this signal is factory-set to LOW.)

แต่สำหรับเครื่องเจาะแผ่นปริ้นท์อัตโนมัติไม่ได้ใช้สัญญาณครบทุกเส้นตามเครื่อง printer แต่จะใช้เฉพาะสัญญาณที่จำเป็นเท่านั้น ซึ่งได้แก่

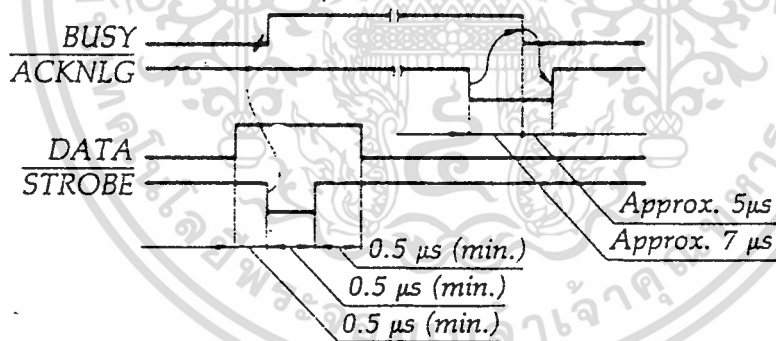
DATA₁-DATA₂ เป็นสัญญาณของข้อมูลขนาด 8 BIT สัญญาณจะเป็น HIGH เมื่อข้อมูล เป็นลอจิก "1" และเป็น LOW เมื่อข้อมูลเป็นลอจิก "0" สัญญาณทั้ง 8 เส้น นี้จะต่อเข้ากับ PORT A ของ 8255 STROBE (STB) เป็นสัญญาณสโตรบ เพื่อบอกให้รู้ว่าข้อมูลออกมาแล้ว ให้ไปทำการอ่านข้อมูลนั้น เมื่อสัญญาณนี้ตกลงเป็นลอจิก "0" ในวงจรจะทำการต่อขา STB เข้ากับ 74LS74 ก่อนที่จะไปเข้า PB7 ของ 8255 เนื่องจากว่าสัญญาณสโตรบนี้ อาจมีความแคบมาก (ต่ำสุด 0.5 us ตามสเปคของเครื่อง printer) ถ้า CPU อ่านสัญญาณนี้ไม่ทันข้อมูลที่อ่านเข้ามาได้ก็จะเกิดความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ซึ่งไม่ใช่ข้อมูลของสัญญาณสโตรบสัญญาณนั้น แต่จะเป็นข้อมูลของสัญญาณสโตรบที่ถูกตัดไป ดังนั้นไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งจึงจำเป็นต้อง latch สัญญาณสโตรบนี้ไว้ก่อนเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BUSY เป็นสัญญาณบอกให้รู้ว่า ยังไม่พร้อมที่จะรับข้อมูล เมื่อสัญญาณนี้เป็นลอจิก "1" ซึ่งจะต่อเข้ากับ PC1 ของ 8255

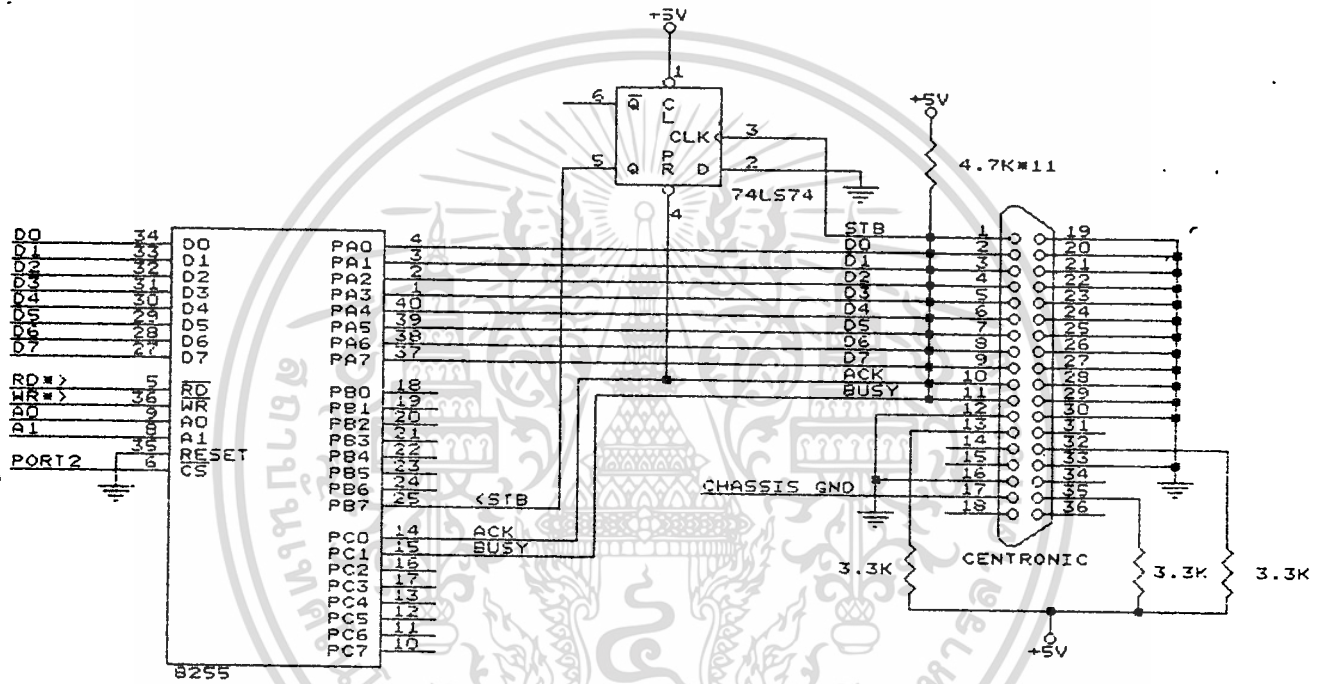
ACKNLG (ACK) เป็นสัญญาณ ACKNOWLEDGE สัญญาณนี้จะถูกส่งออกไปเมื่อ BUSY ตกลงเป็น "0" เป็นการบอกให้รู้ว่ารับข้อมูลมาได้เรียบร้อยแล้วและพร้อมที่จะรับข้อมูลตัวถัดไป เมื่อสัญญาณนี้เป็นลอจิก "0" โดยจะต่อเข้ากับ PC0 ของ 8255

ส่วนสัญญาณอื่น ๆ จะไม่ถูกนำมาใช้ ถ้าเป็นสัญญาณ input จะถูกปล่อยลอยไว้ แต่ถ้าเป็นสัญญาณ output จะถูกต่อในลักษณะ nonactive รูปข้างล่างแสดงให้เห็น timing สำหรับการติดต่อแบบ parallel



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PARALLEL PORT ของเครื่องปริ้นซ์อัตโนมัติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ แกน X และแกน Y

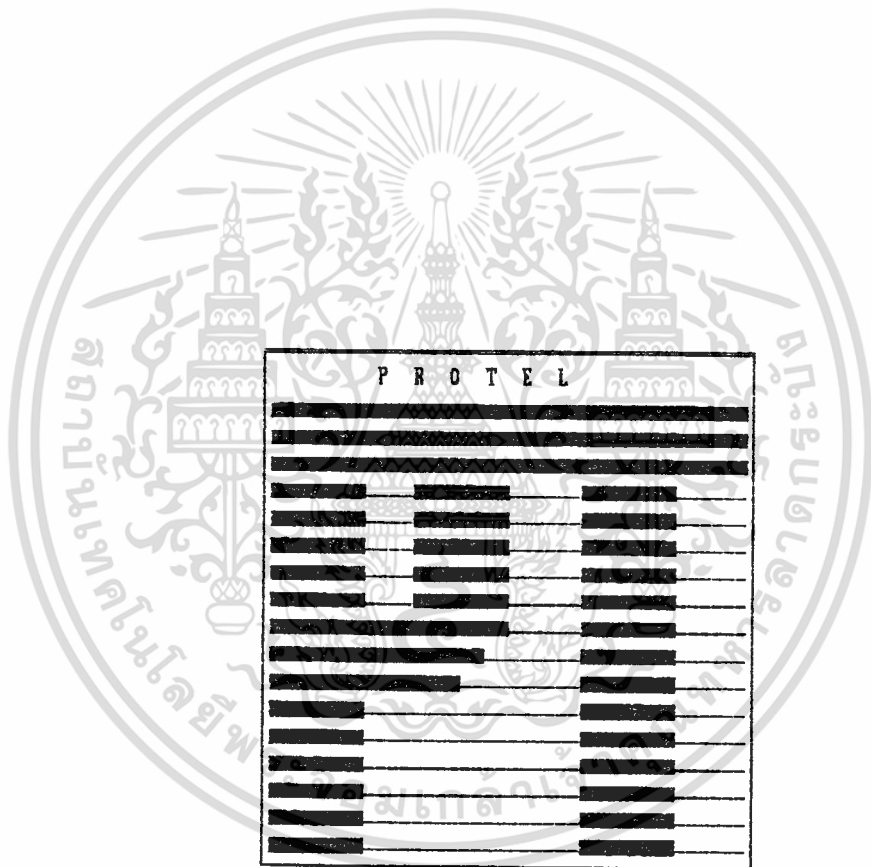
การเคลื่อนที่ของมอเตอร์ทั้ง 2 แกนนี้ไปยังตำแหน่งที่ต้องการจะเจาะแผ่นปรีนซ์นั้น จะมีความสัมพันธ์กัน เส้นทางในการเคลื่อนที่จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง ไม่ว่าตำแหน่งของจุดเริ่มต้น และจุดปลายจะทำมุมกันกี่องศาก็ตาม โดยการใช้อัลกอริทึมของ BRESENHOM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการเปลี่ยนไฟล์.PCB ให้เป็นไฟล์ที่จะนำมาใช้กับเครื่อง AUTOMATIC PCB DRILLING MACHINE นี้ มีรายละเอียดดังนี้

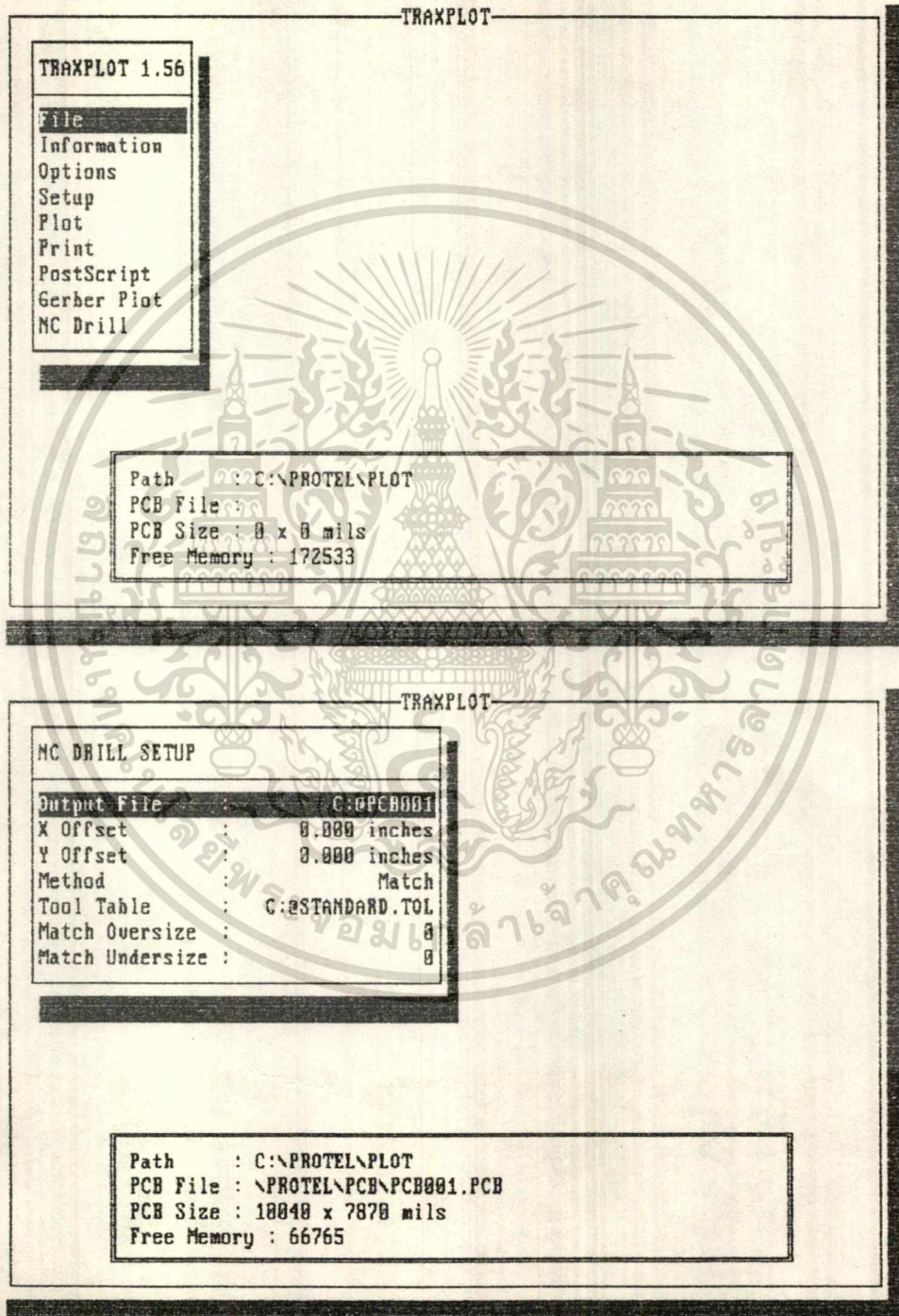
เริ่มด้วยการ RUN โปรแกรม TRAXPLOT ก่อน เมื่อทำการ RUN แล้วจะมีข้อความดังแสดงในรูปที่1 จากนั้นให้กดคีย์ใดๆจะเข้าสู่เมนูหลัก ดังแสดงในรูปที่2



TRAXPLOT - PCB PLOT PROGRAM
Version 1.56
Copyright (c) 1988,1989,1990 Protel Technology Pty Ltd

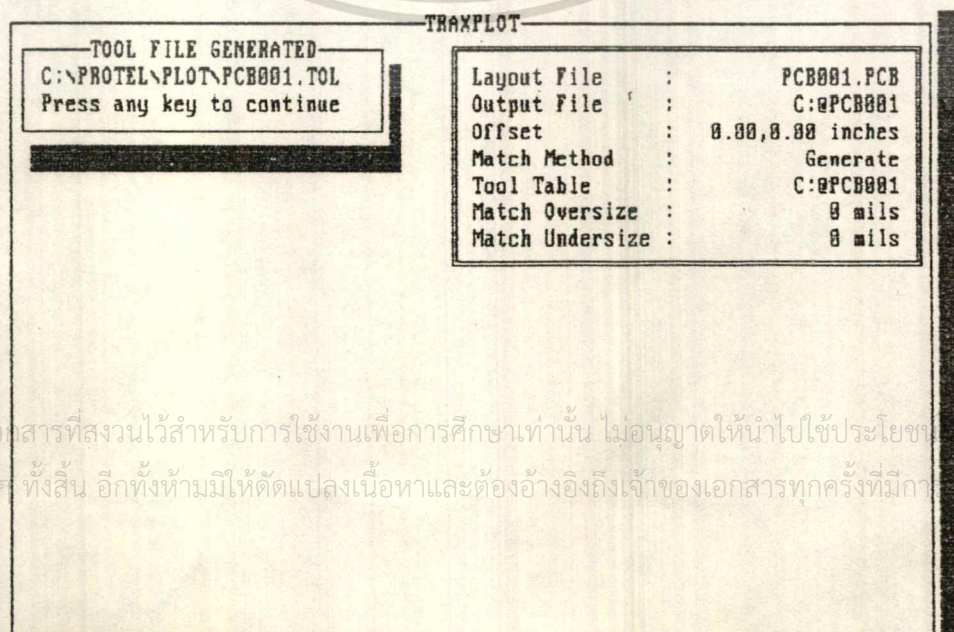
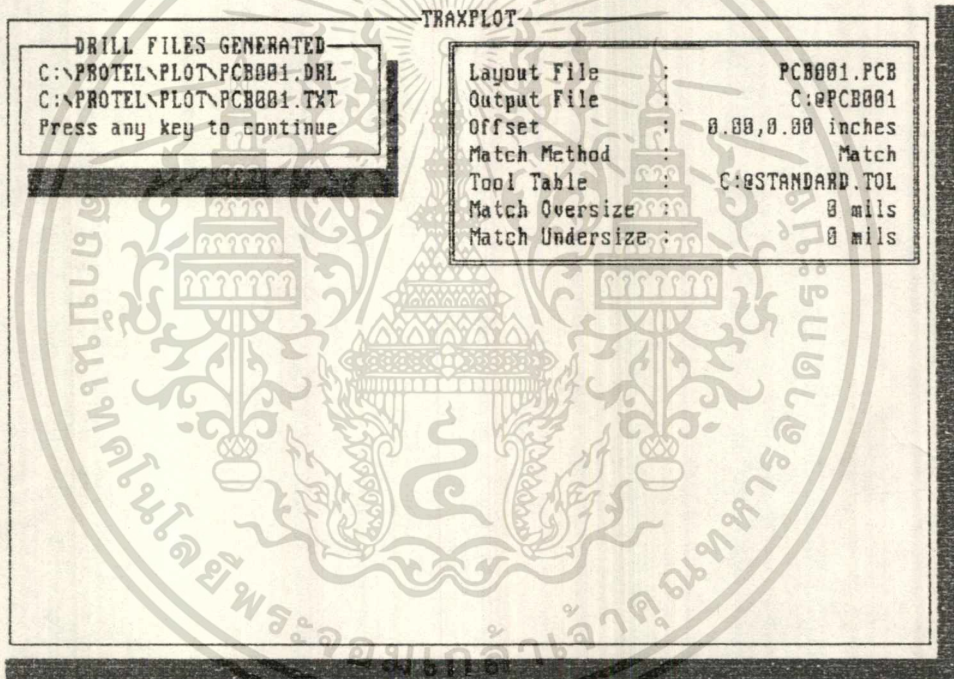
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการโหลดไฟล์.PCB ที่ต้องการเข้ามาโดยเลือกที่เมนู FILE แล้วเลือก LOAD หลังจากโหลดไฟล์เข้ามาเรียบร้อยแล้วให้กลับเข้าสู่เมนูหลักกดโดยการกด ESC จากนั้นทำการ SET ค่าต่างๆโดยการเลือกที่เมนู SETUP แล้วเลือก NC DRILL ดังแสดงในรูปที่3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการ SETUP NC DRILL เรียบร้อยแล้วให้กลับเข้าสู่เมนูหลัก จากนั้นให้เลือกเมนู NC DRILL เพื่อทำการแปลงไฟล์ .PCB ให้เป็นไฟล์ที่จะนำมาใช้กับเครื่องเจาะ ซึ่งไฟล์ OUTPUT ที่ได้จะมี 2 ไฟล์ คือ .DRL และ .TXT แต่ไฟล์ที่จะส่งเข้าเครื่องเจาะจะเป็นไฟล์ .TXT ซึ่งมีลักษณะเป็น TEXT FILE ส่วนในกรณีที่เลือก DRILL METHOD แบบ GENERATE จะให้ OUTPUT ไฟล์เพิ่มขึ้นมาอีก 1 ไฟล์คือ ไฟล์ .TOL ซึ่งเป็นไฟล์ TOOL TABLE ดังแสดงในรูปที่ 4 และ 5 ในกรณีที่เลือก DRILL METHOD แบบ MATCH นั้น ในขณะที่โปรแกรมกำลังแปลงไฟล์อยู่นั้น ถ้าขนาดของดอกสว่านและขนาดของรูที่จะทำการเจาะไม่ MATCH กัน ผู้ใช้สามารถเลือก DRILL CODE ที่มีค่าใกล้เคียงที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของ NC DRILL SETUP มีดังนี้

- OUTPUT FILE : แสดงไดเรกทอรี และชื่อของไฟล์ OUTPUT
- X OFFSET : SET ตำแหน่ง OFFSET ทางแกน X
- Y OFFSET : SET ตำแหน่ง OFFSET ทางแกน Y
ตำแหน่งของรูที่จะทำการเจาะ จะมีค่าเท่ากับตำแหน่งของรูที่กำหนดไว้ ในขณะที่
ออกแบบลายปริ้นช์บวกกับค่า OFFSET
- METHOD : มีให้เลือก 2 ลักษณะ คือ GENERATE และ MATCH
ในกรณี que เลือก GENERATE ขนาดของดอกสว่าน จะเท่ากับขนาดของรูที่
กำหนดไว้ในขั้นตอนการออกแบบลายปริ้นช์ และจะให้ OUTPUT ไฟล์เป็น
TOOLTABLE เพิ่มขึ้นอีก 1 ไฟล์
ในกรณี que เลือก MATCH ขนาดของดอกสว่านจะถูกเลือกให้ MATCH กับ
ขนาดของรูที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการออกแบบลายปริ้นช์ และขึ้นอยู่กับการ
SET ค่า MATCH OVERSIZE และ MATCH UNDERSIZE ด้วย ขนาด
ต่างๆของดอกสว่าน จะถูกกำหนดไว้ในไฟล์ที่เป็น TOOL TABLE
- TOOL TABLE : ใช้ในกรณี que เลือก DRILL METHOD แบบ MATCH เป็นการกำหนดไฟล์
ที่เป็น TOOL TABLE ที่ต้องการใช้ ซึ่งไฟล์มาตรฐานจะมีอยู่ 2 ไฟล์คือ
STANDARD.TOL และ DRILL.TOL แต่ผู้ใช้สามารถเลือกไฟล์ TOOL
TABLE ที่สร้างขึ้นใหม่ได้ MATCH OVERSIZE ค่าแตกต่างที่ยอมรับ
ได้ ระหว่างขนาดของดอกสว่าน และขนาดของรูที่กำหนด เมื่อ ขนาดของรูที่
กำหนดมีค่ามากกว่าค่าของดอกสว่าน โดยที่ MATCH OVERSIZE มีค่า
เป็นบวก
- MATCH UNDERSIZE : ค่าแตกต่างที่ยอมรับได้ ระหว่างขนาดของดอกสว่าน และขนาดของรูที่
กำหนด เมื่อขนาดของรูที่กำหนดมีค่าน้อยกว่าค่าของดอกสว่าน โดยที่
MATCH UNDERSIZE มีค่าเป็นลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOAD รับข้อมูลจากเครื่อง PC ผ่านทาง PARALLEL PORT มายังเครื่องเจาะ ซึ่งจะทําหน้าที่ 2 อย่าง คือ โหลดข้อมูลและโหลด TOOL TABLE ในที่นี้การโหลดข้อมูลก็คือ ข้อมูลที่เป็นตำแหน่ง X,Y ซึ่งจะต้องเป็น TEXT FILE ซึ่งก็คือไฟล์ที่เป็น .TXT ส่วนการโหลด TOOL TABLE จะใช้ในการนี้ที่ผู้ใช้สร้าง TOOL TABLE ขึ้นมาใหม่ ซึ่งก็คือไฟล์ที่เป็น .TOL TOOL TABLE ของไฟล์ STANDARD.TOL ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องโหลดลงมาอีก เพราะภายในเครื่องเจาะมีข้อมูลของ TOOL TABLE ทั้ง 2 นี้ เก็บไว้แล้ว การเลือกว่าจะโหลดข้อมูลหรือโหลด TOOL TABLE ทําได้โดยการกดคีย์ LOAD ที่จอ LCD จะแสดงหน้าที่การทำงานให้ทราบ ถ้าต้องการทําหน้าที่นั้นก็ให้กดคีย์ ENTER

TOOL เลือก TOOL TABLE ที่ต้องการใช้ซึ่งจะมีให้เลือกอยู่ 3 TOOL TABLE คือ STANDARD, DRILL และ USER USER จะใช้ในการนี้ที่ผู้ใช้สร้าง TOOL TABLE ขึ้นมาใหม่ และจะต้องทําการโหลด TOOL TABLE ที่สร้างขึ้นมาใหม่นี้มายังเครื่องเจาะด้วย

ENTER ยืนยันคำสั่ง ใช้ร่วมกับคีย์ LOAD ที่ได้กล่าวมาแล้ว และใช้เมื่อทําการตอบรับว่าเปลี่ยนดอกสว่านเรียบร้อยแล้ว

START เริ่มทําการเจาะ

STOP หยุดการทำงานของเครื่องในขณะที่ทําการเจาะ และใช้ยกเลิกการรอรับข้อมูลจากเครื่อง คอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ INTERFACE กับ LCD MODULE

LCD MODULE ที่ใช้มีขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด ซึ่งมี CONTROLLER ในตัว ทำให้มีความสะดวกในการใช้งาน ขาต่างๆของ LCD MODULE ที่นำมาต่อใช้งานมีดังนี้

1 RS (REGISTER SELECTION) เป็นขาเลือก REGISTER ภายในซึ่งมีด้วยกัน 2 ตัว คือ INSTRUCTION REGISTER และ DATA REGISTER ถ้า RS เป็น 1 จะเป็นการเลือก DATA และถ้า RS เป็น 0 จะเป็นการเลือก INSTRUCTION โดยที่ขา RS ของ LCD MODULE จะต่อเข้ากับ

สัญญาณ A0

2 R/W (READ/WRITE) เป็นตัวเลือกว่าจะอ่านหรือเขียนข้อมูล ถ้าขานี้เป็น 1 จะเป็นการอ่านข้อมูล และถ้าขานี้เป็น 0 จะเป็นการเขียนข้อมูล ซึ่งขานี้จะต่อเข้ากับสัญญาณ WR

3 E (ENABLE SIGNAL) เป็นขากำหนดสภาพการรับ เขียน อ่าน ข้อมูล ซึ่งขานี้จะต่อเข้ากับสัญญาณ CHIP SELECT และ E-CLOCK โดยการต่อผ่านทาง GATE

4 DB0-DB7 (DATA) เป็นขาข้อมูลซึ่งจะต่อเข้ากับสัญญาณ D0-D7



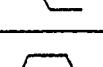
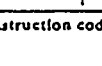
5 VDD ไฟเลี้ยงวงจรต่อเข้ากับ +5V

6 VSS ต่อลง GND

7 Vo เป็นขาปรับ VOLTAGE ใช้ควบคุมความสว่างของ LCD

ความสัมพันธ์ของสัญญาณต่างๆ ดังแสดงในรูปข้างล่าง

The relation between the operation and the combination of RS, R/W

RS	RW	E	OPERATION
0	0		Write instruction code
0	1		Read busy flag and address counter
1	0		Write data
1	1		Read data

When performing data and instruction code by 4 bit, transfer RS, R/W every time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Instruction	Code										Operation	Execution time (when fosc is 750 kHz) Note 1	Execution time (when fosc is 160 kHz) Note 2	
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0				
Clear display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Clears all display and returns the cursor to the home position (Address 0).	82 μ s ~ 1.64 ms	120 μ s ~ 4.9 ms	
Return home	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Returns the cursor to the home position (Address 0). Also returns the display being shifted to the original position. DD RAM contents remain unchanged.	40 μ s ~ 1.6 ms	120 μ s ~ 4.8 ms	
Entry mode set	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	Sets the cursor move direction and specifies or not to shift the display. These operations are performed during data write and read.	40 μ s	120 μ s	
Display ON/OFF control	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Sets ON/OFF of all display (D), cursor ON/OFF (C), and blink of cursor position character (B).	40 μ s	120 μ s	
Cursor and display shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L			Moves the cursor and shifts the display without changing DD RAM contents.	40 μ s	120 μ s	
Function set	0	0	0	0	1	DL	N	F			Sets interface data length (DL) number of display lines (L) and character font (F).	40 μ s	120 μ s	
Set CG RAM address	0	0	0	1	ACG							Sets the CG RAM address. CG RAM data is sent and received after this setting.	40 μ s	120 μ s
Set DD RAM address	0	0	1	ADD							Sets the DD RAM address. DD RAM data is sent and received after this setting.	40 μ s	120 μ s	
Read busy flag & address	0	1	BF	AC							Reads Busy flag (BF) indicating internal operation is being performed and reads address counter contents.	1 μ s	1 μ s	
Write data to CG or DD RAM	1	0	Write Data								Writes data into DD RAM or CG RAM.	40 μ s	120 μ s	
Read data to CG or DD RAM	1	1	Read Data								Reads data from DD RAM or CG RAM.	40 μ s	120 μ s	
	I/D = 1: Increment (+1) I/D = 0: Decrement (-1) S = 1: Accompanies display shift. S/C = 1: Display shift S/C = 0: Cursor move R/L = 1: Shift to the right. R/L = 0: Shift to the left. DL = 1: 8 bits DL = 0: 4 bits N = 1: 2 lines N = 0: 1 line F = 1: 5 x 10 dots F = 0: 5 x 7 dots BF = 1: Internally operating BF = 0: Can accept instruction										DD RAM: Display data RAM CG RAM: Character generator RAM ACG: CG RAM address ADD: DD RAM address Corresponds to cursor address. AC: Address counter used for both of DD and CG RAM address.	Execution time changes when frequency changes. (Example) When fosc is 270 kHz: $40 \mu\text{s} \times \frac{250}{270} = 37 \mu\text{s}$		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ MACHANIC

ระบบ MACHANIC ของเครื่อง AUTOMATIC PCB DRILLING MACHINE ที่สร้างขึ้นเป็นลักษณะที่ใช้สลิงเป็นตัวดึงในแนว แกน X และแกน Y ซึ่งสลิงที่ใช้เป็นสลิงแบบอ่อน ดึงบนรอก ส่วนรอกเป็นรอกที่ทำด้วย PVC สลึงจะเป็นตัวดึงแทนเจาะให้เคลื่อนที่ไปในแนวแกน X และ Y โดยใช้ STEPPING MOTOR เป็นตัวขับ ส่วนแกน Z จะใช้ลักษณะของเกลิยวเดือยหมู ในการเคลื่อนที่ขึ้นลงเพื่อเจาะรู โดยใช้ STEPPING MOTOR เป็นตัวขับเช่นกัน ส่วนมอเตอร์ส่วนจะใช้เป็น UNIVERSAL MOTOR

รูปส่วนต่าง ๆ ของเครื่องที่สร้างขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

จากการสร้างเครื่องเจาะแผ่นปรีซอัดโนมิตีโดยทำทางด้าน MACHANIC และอิเล็กทรอนิกส์ขึ้นใหม่หมด โดยทางด้านMACHANIC จะใช้การขับเคลื่อนด้วย STEPPING MOTORเมื่อตั้งสลิบบนรอกเพื่อทำให้แท่นเจาะเคลื่อนที่ไปเจาะยังตำแหน่งที่ต้องการประกอบกับการ CONTROL ด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งการ CONTROL STEPPING MOTOR เราจะใช้การ CONTROL แบบ MICRO STEP ซึ่งทำให้การเจาะแผ่นปรีซมีความแม่นยำขึ้นและมีค่า ERROR น้อยลง ซึ่งเมื่อเทียบกับเครื่องเจาะตัวเก่าแล้ว เครื่องที่สร้างขึ้นใหม่นี้มีความแม่นยำกว่ามาก

วิจารณ์

ในส่วนของทางด้าน MACHANIC ซึ่งเครื่องนี้เป็นเครื่องแรกทีจัดสร้างขึ้น ดังนั้น ในส่วนของรูปทรง และ DIMENSION อาจจะยังไม่สวยงามนัก แต่ทางผู้สร้างก็พยายามที่จะให้มีค่า ERROR เนื่องจาก MACHANIC น้อยที่สุด

แนวทางในการพัฒนาต่อทางด้าน MACHANIC ก็สามารถพัฒนารูปทรง และ DIMENSION ให้มีความสวยงามขึ้น และค่าใช้จ่ายในการสร้างต่ำ

ส่วนทางด้านอิเล็กทรอนิกส์นั้น เนื่องจากโครงงานนี้ได้ใช้โปรแกรมในการออกแบบลายบรีซเป็น โปรแกรม PROTEL ก็สามารถที่จะพัฒนาให้รับข้อมูลของ FILE อื่น ๆ ได้ง่ายโดยการเขียนโปรแกรม เปลี่ยนลักษณะของข้อมูลของโปรแกรม สำเร็จรูปต่าง ๆ เช่น ORCAD,PCAD เป็นต้น ให้ตรงกับ FORMAT ของ PROTEL ก็สามารถนำมาใช้กับเครื่องนี้ได้ หรืออาจจะพัฒนาให้เครื่องสามารถเปลี่ยนดอกสว่านได้โดยอัตโนมัติก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองเพื่อปรับความแม่นยำโดยกำหนดค่าลงไปที่ SOFT WARE

การทดลองนี้ ทำการทดลองให้มอเตอร์เคลื่อนที่ที่ละแกน โดยเริ่มจากการทดสอบทางด้านแกน X ก่อน โดยกำหนดข้อมูลในตำแหน่งที่จะเจาะ 2 จุดด้วยกันที่ตำแหน่ง 0,0 กับ 7000,0 โดยใช้เข็มเพื่อทดสอบความแม่นยำทางด้านแกน X โดยให้เคลื่อนที่ระหว่างจุด 0,0 ถึง 7000,0 เป็นจำนวน 5 รอบ ไป กลับ ผลปรากฏว่าเข็มจะจิ้มที่รูเดิมทุกครั้ง

การหาค่าคงที่เพื่อใส่ใน SOFT WARE

ทดลองแบบเดิมโดยใช้ไม้บรรทัดวัดระยะทาง ถ้าค่าที่วัดได้น้อยกว่าหรือมากกว่าค่าที่ต้องการก็ทำการปรับค่าคงที่ใน SOFT WARE จนกระทั่งได้ค่าที่ต้องการ จึงนำค่าคงที่นั้นมากำหนดลงไป SOFT WARE ส่วนทางด้านแกน Y ก็ทำการทดลองในลักษณะเดียวกัน

ผลการทดลอง

จากการทดลองใช้เข็มเจาะลงบนกระดาษแล้วเอาแผ่นฟิล์มมาทาบ ปรากฏว่ามีค่าผิดพลาดอยู่ในย่านที่ยอมรับได้และจากการทดลองเจาะโดยใช้ดอกสว่านเจาะลงบนแผ่นปรี้นซ์จริง ปรากฏว่าค่าผิดพลาดอยู่ในย่านที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

วัฒนา พลพละ . "กราฟฟיקพลีตเตอร์",เซมิคอนดักเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์. 127 : 25-36, พฤษภาคม, 2536

Takashi Desjo "Stepping motor and Their Microprocessor Control", clarendon Press, oxford, 1986

P.P Acarnley . "Stepping motors : a guide to modern theory and practice", Peter Peregrinus LH., 1982

"thyristor device data", Motorola INC., 1991

"Motorola memory data", Motorola INC., 1991

"Motion Control Application MonMal", SGS

"MCG8HC11A8 technical data", Motorola INC., 1991

"EPSON LX-800 User' guide ", SEIKO EPSON Corparation, Nagano, Japan, 1989

"DOT MATRIX LCD MODULE", ETT CO.,LTD.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้