ปีการศึกษา 2533

เครื่องเจาะแผ่นวงจรพิมพ์

โดย

พรเทพ อนุสรนิติสาร

วุฒิชัย ตังคณากร

สตรอง วงศ์บางชวด

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. โกศล ชวนขยัน

0128785

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13 มิ.ย. 2554

เครื่องเจาะแผ่นวงจรพิมพ์

วุฒิชัย ตังคุณากร
สตรอง วงค์บางชวด
พรเทพ อนุสสรนิติสาร
อ.ที่ปรึกษา โกศล ชวนขยัน
ปีการศึกษา 2533

บทคัดย่อ

การเจาะรูบนแผ่นวงจรพิมพ์ เป็นขั้นตอนที่ยุ่งยากพอสมควร โดยเฉพาะเมื่อมีอุปกรณ์หลายชนิด ขนาดของรูที่ต้องเจาะก็จะแตกต่างกันไปหลายขนาด ยิ่งถ้าเป็นการผลิตจำนวนมากแล้ว การใช้แรงงานของมนุษย์นับว่าเป็นการทำงานที่ซ้ำซาก และมีโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดได้ง่าย การใช้เทคโนโลยีมาช่วยในการผลิต จะทำให้เกิดความสะดวกรวดเร็ว และมีความเที่ยงตรงกว่า เครื่องเจาะแผ่นวงจรพิมพ์นี้ จะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในการขับเคลื่อนแท่นเจาะ เพราะมีราคาถูกกว่า สเตปปิ้งมอเตอร์มาก ระยะเคลื่อนที่ของเครื่องเจาะชุดนี้ สามารถเจาะแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีขนาด 12" x 12" ได้ การทำงานของเครื่องเจาะจะมีไมโครโปรเซสเซอร์ เบอร์ Z 80 ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดรวมทั้งการตรวจสอบตำแหน่งที่ต้องการเจาะ เพื่อประมวลผลและปรับตำแหน่งให้ถูกต้องหรือให้อยู่ในช่วงค่าที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRINTED CIRCUIT BOARD DRILLING MACHINE

Pornthep Anussornnitisarn
Wutichai Tangkunagorn
Strong Wongbangchuad
Kosol Chuankhayan Advisor
1990

Abstract

This Printed Circuit Board Drilling Machine (PCBDm) make accurate job and make us comfort. When we have many devices in Printed Ciucuit Board (PCB),we have many sizes of holes to drill. When human works on repeated works, it is easy to make mistakes. So we bring this technology in production line. The PCBDm uses D.C.MOTOR to drive Drilling-base. Because it's more cheapper than Stepping Motor. This PCBDm can drill 12" x 12" PCB. We use microprocessor (Z80) to control PCBDm include checking error and correcting position.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	ทฤษฎีและหลักการ	2
	2.1 โครงสร้างทางเครื่องกล	2
	2.1.1 ชุดเคลื่อนที่ในแนวแกนระนาบ X-Y	2
	2.1.2 ชุดหัวเจาะ	3
	2.2 ระบบวงจรควบคุมเครื่องเจาะ	5
	2.2.1 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา	5
	2.2.2 ส่วนแสดงผล	5
	2.2.3 วงจรเปรียบเทียบ	6
	2.2.4 วงจรควบคุมมอเตอร์	7
	รูปแสดง COMPARATOR AND COUNTER CIRCUIT	8
	DISPLAY AND COUNTER CIRCUIT	9
	START/STOP AND DIRECTION MOTOR CIRCUIT	10
	MOTOR CONTROL CIRCUIT	11
	2.3 ระบบโปรแกรมควบคุมและวงจรเชื่อมต่อ	13
	2.3.1 วงจรเชื่อมต่อ	13
	การเชื่อมต่อ 8255 กับ Z80	14
	การควบคุมการทำงาน 8255 MODE 0	16
	หน้าที่ของพอร์ตต่างๆใน 8255	17
	2.3.2 โปรแกรมควบคุมวงจร	18
	การส่งและการเก็บข้อมูลเพื่อควบคุมวงจร	19
บทที่ 3	การคำนวณและการสร้าง	35
บทที่ 4	การทดลองและผลการทดลอง	36
บทที่ 5	บทวิจารณ์และสรุปผล	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. โปรแกรมการทำงานของ Z80

ข. ดาต้าชีท (DATA SHEET)

กิตติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

โลกมนุษย์ในปัจจุบัน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทและทวีความสำคัญมากขึ้นเรื่อยๆ มีความพยายามที่จะค้นคิดและผลักดัน นำเอาวิทยาการใหม่ๆ มาปรับปรุงการผลิต มีการประดิษฐ์ และพัฒนาเครื่องจักรกลมาทำงานแทนแรงงานมนุษย์ เพื่อความสะดวก รวดเร็ว และแก้ปัญหาสภาพการทำงานของมนุษย์ในบางเรื่อง เช่น การทำงานในสถานที่ที่อาจมีการรั่วไหลของสารกัมมันตภาพรังสี ในสถานที่ที่มีอุณหภูมิสูง หรืองานที่มีขั้นตอนการทำงานซ้ำซากจำเจ

ในโรงงานอุตสาหกรรมอิเลคทรอนิคส์ การสร้างแผ่นวงจรพิมพ์เป็นงานที่ต้องการความละเอียดสูง อีกทั้งการเจาะรูบนแผ่นวงจรพิมพ์ เป็นงานที่ต้องทำซ้ำซาก เครื่องเจาะแผ่นวงจรพิมพ์ที่ใช้โดยทั่วไป จะเป็นระบบที่ใช้สเตปปิ้ง มอเตอร์ (STEPPING MOTOR) ซึ่งมีราคาแพง และบำรุงรักษายาก โครงงานนี้มุ่งที่จะพัฒนานำเอา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.MOTOR) ซึ่งมีราคาถูกกว่า นำมาใช้งานแทนสเตปปิ้ง มอเตอร์ เนื่องจากเป็นงานที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง จึงต้องใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ แซด-80 (MICROPROCESSOR Z-80) เป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

เครื่องเจาะแผ่นวงจรพิมพ์ เป็นเครื่องจักรกลที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เจาะรูบนแผ่นวงจรพิมพ์ มีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำหน้าที่เป็นตัวขับเคลื่อน ปรับตำแหน่งที่ต้องการเจาะ บนแกนระนาบแนวนอน (ระนาบ X-Y) และมีชุดหัวเจาะ ซึ่งเคลื่อนที่ในแนวแกนตั้ง (แกน Z) การทำงานของเครื่องเจาะแผ่นวงจรพิมพ์นี้ จะมีไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมการทำงานทุกขั้นตอน

เราสามารถแบ่งโครงสร้างของ เครื่องเจาะ ออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. โครงสร้างทางเครื่องกลของเครื่องเจาะ
2. ระบบวงจรควบคุมเครื่องเจาะ
3. ระบบโปรแกรมควบคุม และวงจรเชื่อมต่อ

2.1 โครงสร้างทางเครื่องกล

ในการทำงานของเครื่องเจาะ เป็นการทำงานที่ต้องการความละเอียดและความแม่นยำสูง โดยทั่วไประบบการขับเคลื่อนจะใช้มอเตอร์ที่มีความละเอียดสูง แต่ในโครงงานนี้จะใช้มอเตอร์กระแสตรง ซึ่งมีราคาถูกกว่าแทน

เราสามารถแบ่งโครงสร้างทางเครื่องกลของเครื่องเจาะนี้ ออกเป็นส่วนใหญ่ๆได้ 2 ส่วน คือ

1. ชุดเคลื่อนที่ในแนวแกนระนาบ X-Y
2. ชุดหัวเจาะ

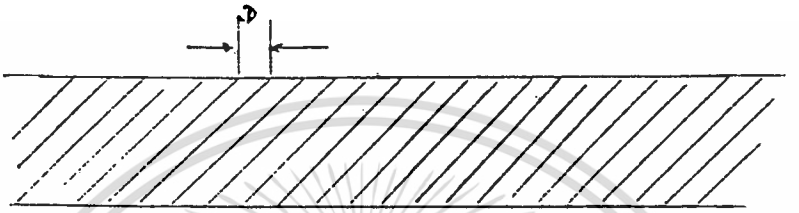
2.1.1 ชุดเคลื่อนที่ในแนวแกนระนาบ X-Y

การเคลื่อนที่ในแนวแกนระนาบนี้ ต้องการความละเอียดสูง แต่เนื่องจากมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้มีความเร็วรอบสูง จึงจำเป็นต้องมีการทดรอบของมอเตอร์ เพื่อให้ระบบหัวเจาะเคลื่อนที่ช้าลง ระบบที่นำมาช่วยการทำงานของมอเตอร์ให้มีความเที่ยงตรงสูงขึ้นนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. การเลื่อนตำแหน่งโดยใช้เกลียวตัวหนอน

ชุดเคลื่อนที่ในแนวแกน X และแกน Y จะวางอยู่บนชุดของเกลียวตัวหนอน ซึ่งชุดเคลื่อนที่ที่ใช้นี้ ได้ทำการดัดแปลงมาจาก ชุดเคลื่อนที่ของเครื่องพิมพ์ (PRINTER) เมื่อต้องการเลื่อนตำแหน่ง ก็บังคับให้เกลียวตัวหนอนหมุนไปในทิศทางที่ต้องการ ก็จะทำให้แท่นของชุดหัวเจาะซึ่งติดอยู่บนเกลียวตัวหนอนเคลื่อนที่ไป



รูปแสดงเกลียวตัวหนอนที่มีระยะห่างของเกลียวมีค่าเท่ากับ D

เราสามารถที่จะหาระยะทางที่แท่นหัวเจาะ เคลื่อนที่ไปได้จากการหมุนของเกลียวตัวหนอน จากสูตรข้างล่างนี้

ระยะทางที่เคลื่อนที่ไป = ระยะห่างของเกลียว x จำนวนรอบที่หมุนไป

ข. การใช้เฟืองทดเพื่อลดความเร็วรอบของมอเตอร์

ในการควบคุมตำแหน่งของแท่นหัวเจาะ ซึ่งขับโดยมอเตอร์กระแสตรงนี้จะต้องให้แท่นหัวเจาะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ไม่เร็วจนเกินไป มิฉะนั้นการกำหนดตำแหน่งโดยให้มอเตอร์หยุดในทันทีทันใดนั้นจะเป็นการยาก เพราะจะมีแรงเฉื่อยจากการเคลื่อนที่หลังจากการหยุดป้อนกระแสไฟให้กับมอเตอร์ ซึ่งจะเกิดการผิดพลาดได้ ดังนั้นการทดรอบการหมุนของมอเตอร์ จะช่วยลดความผิดพลาด และยังทำให้มอเตอร์ขนาดเล็กมีกำลังมากพอที่จะขับแท่นหัวเจาะที่มีน้ำหนักมากให้เคลื่อนที่ไปได้ อัตราทดของชุดเฟืองสามารถหาได้โดยคำนวณจากสูตร

อัตราทดของชุดเฟือง = N_2/N_1

สำหรับการทดรอบการหมุนของมอเตอร์นี้ ใช้ชุดเฟืองทดที่มีเฟืองหลายตัวประกอบกัน เพื่อให้อัตราทดมีค่าสูง ทำการทดให้ความเร็วรอบของมอเตอร์ลดลงมามากจากหลายร้อยรอบต่อนาที เหลือเพียง 15 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้เกลียวตัวหนอนประกอบกับชุดเฟืองทดในระบบของชุดเคลื่อนที่นี้ ทำให้มอเตอร์กระแสตรงที่มีขนาดเล็กสามารถขับชุดเคลื่อนที่ไปได้ ด้วยอัตราเร็วค่าต่ำๆ นอกจากนี้ เรายังสามารถเลือกค่าซัพพลายโวล์ทเตจ (SUPPLY VOLTAGE) ให้มอเตอร์หมุนที่ความเร็วพอเหมาะ ซึ่งค่าซัพพลายโวล์ทเตจที่เลือกใช้คือ 20 โวล์ท

2.1.2 ชุดหัวเจาะ

ชุดหัวเจาะทำหน้าที่เจาะแผ่นวงจรพิมพ์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

ก. สว่านไฟฟ้าขนาดเล็ก

สว่านไฟฟ้าที่ใช้ในโครงงาน เป็นสว่านไฟฟ้าชนิดแท่น มีขนาดเล็ก ใช้สำหรับเจาะแผ่นวงจรพิมพ์โดยเฉพาะ แต่ได้ทำการดัดแปลงบางส่วนเพื่อให้สามารถติดตั้งบนแท่นเคลื่อนที่ของโครงงานได้

สว่านไฟฟ้าดังกล่าวนี้ มีหัวจับดอกสว่านขนาด 2 หุน และมอเตอร์ที่หมุนหัวสว่านเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่มีความเร็วรอบประมาณ 10,000 รอบต่อนาที แต่ในการใช้งานเราจะแปลงไฟจาก 220 โวล์ท ให้เหลือ 110 โวล์ท เพื่อลดความเร็วและความรุนแรงของมอเตอร์ เป็นการถนอมอายุการใช้งานของมอเตอร์ด้วย

ข. ชุดเคลื่อนที่ในแนวแกน Z

เป็นชุดที่ทำหน้าที่ขับเคลื่อนหัวสว่านให้ขึ้นลงตามแนวแกนZ โดยได้ดัดแปลงและติดตั้งอยู่บนตัวสว่านไฟฟ้า มีมอเตอร์กระแสตรงเป็นตัวเปลี่ยนรูปพลังงาน ประกอบกับชุดเฟืองทด เพื่อทดรอบความเร็วมอเตอร์ให้มีค่าต่ำมากๆ และยังเพิ่มให้มอเตอร์มีแรงบิดสูงพอที่จะขับเคลื่อนหัวสว่านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ระบบวงจรควบคุมเครื่องเจาะ

สามารถแบ่งออกเป็นส่วน ๆ ดังนี้

2.2.1 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา (CLOCK)

จากรูป CHOPPER AND CLOCK CIRCUIT โฟโต้ ทรานซิสเตอร์ (Photo transistor) จะสร้างสัญญาณรูปคลื่นซายน์ (Sine wave) ออกมา เมื่อถูก ชอปเปอร์ (Copper) ตัดแสง สัญญาณดังกล่าวจะถูกขยายโดย วงจรดิฟเฟอร์เรนท์เชียล แอมป์ (Differrent Amp.) จนขลิบ เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (Squre wave) แต่ยังไม่สมบูรณ์มากนัก จึงนำสัญญาณนี้มาผ่าน วงจรเปรียบเทียบ (Comparater) ใช้ ไอซีเบอร์ LM311 โดยใช้ ซีเนอร์ ไดโอด (Zener Diode) เป็นแรงดันอ้างอิง (Refferent Voltage)

หลักของวงจรเปรียบมีอยู่ว่า ถ้าแรงดันอินพุทเท่ากับแรงดันอ้างอิง จะทำให้เอาท์พุทมีค่าเป็น "0" ถ้าแรงดันอินพุทมากกว่าแรงดันอ้างอิง จะทำให้เอาท์พุทมีค่าเป็น "1" นำสัญญาณที่ได้มาผ่านวงจร โมโนสเตเบิ้ล (Monostable) เบอร์ 74123 จะได้เอาท์พุทมาเป็นสัญญาณ ค๊อก (CLOCK) ที่สมบูรณ์ออกมา แล้วจึงนำไปใช้กับวงจรนับ (Counter) ต่อไป

2.2.2 ส่วนแสดงผล (DISPLAY)

จากรูป DISPLAY AND COUNTER CIRCUIT ประกอบด้วยวงจรนับ และส่วนแสดงผล

วงจรนับ จะใช้ ไอซี เบอร์ 74190 จำนวน 4 ตัว เมื่อมีสัญญาณนาฬิกา (CLOCK) เข้าที่ขา CLK ของ U1 และขา D/U ของ U1 ต้องเป็น "0" ด้วย จะได้ เอาพุท ออกมา 4 บิท คือ Q_A Q_B Q_C และ Q_D โดยจะเริ่มจาก 0000 (0 ในเลขฐานสิบ) ไปจนถึง 1001 (9 ในเลขฐานสิบ) และขา RCOจะเปลี่ยนระดับจาก "1" เป็น "0" ไปเข้าที่ขา CLK ของ U2 โดย จะเสมือนเป็นสัญญาณนาฬิกา (CLOCK) ให้กับ U2 และการทำงานจะส่งต่อไปยัง U3 และ U4 ตามลำดับ ซึ่งจะเป็นการนับขึ้น

ส่วนการนับลงนั้น จะต้องทำให้ขา D/U เป็น "1" แต่การทำงานของสัญญาณอื่นๆ จะเหมือนการนับขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล Q_A Q_B Q_C และ Q_D ของ 74190 ทุกตัวจะเข้า ขา 1,2,4 และ 8 ของ 74LS47 จะได้ เอาพุท ออกมา 7 บิท แล้วนำเข้า 7 เซ็กเมนต์ (7 SEGMENT) 4 หลัก โดยมิทศนิยม 2 หลัก และมีหน่วยเป็นนิ้ว เป็นการแสดงตำแหน่งของหัวเจาะที่เราต้องการ

2.2.3 <u>วงจรเปรียบเทียบ (COMPARATOR)</u>

การ เปรียบเทียบ ข้อมูล (COMPARATOR DATA) ระหว่างค่าจากวงจรนับ (COUNTER) ที่ออกจาก74193 ที่เป็นเลขฐาน 16 และ ค่าข้อมูล (DATA) จากหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ที่เราป้อนเข้าไป ซึ่งเป็นค่าที่เราต้องการให้หยุด ณ.ตำแหน่งนั้น ข้อมูล (DATA) ทั้งสอง จะถูกเปรียบเทียบ (COMPARE) กัน โดย 74LS85 ซึ่งเปรียบเทียบ (COMPARE) กันได้ทีละ 4 บิท เพราะฉนั้นเราจิงต้องใช้ 74LS85 ถึง 4 ตัว แต่ละตัวของ 74LS85 จะได้ เอาพุท ออกม่า 1 บิท ทุกตัว เราจิงต้องนำทั้ง 4 บิท มาเข้า แนน เกท (NAND GATE) คือ เมื่อวงจรนับนับไปจนถึงค่าที่เราตั้งไว้ ข้อมูลทั้งหมดเท่ากัน เอาพุท จาก 74LS85 จะเป็น "1" หมดเมื่อเข้า แนน เกท (NAND GATE) จะได้ เอาพุท ออกมาเป็น "0" ซึ่งคล้ายการเปลี่ยนสถานะจาก "HIGH" เป็น "LOW" ซึ่งเราจะนำสัญญาณนี้ไปใช้ในการสั่งให้ มอเตอร์ (MOTOR) หยุดหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 <u>วงจรควบคุมมอเตอร์</u> (MOTOR CONTROL CIRCUIT)

วงจรส่วนควบคุมมอเตอร์ เราสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ

- ส่วนเริ่มและหยุดมอเตอร์
- ส่วนกำหนดทิศทางการหมุนของมอเตอร์
- ส่วนเลื่อนมอเตอร์ด้วยมือ

จากรูป MOTOR CONTROL CIRCUIT เมื่อมีสัญญาณ START/STOP ที่มีค่าเป็น"1"จะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 ทำงาน เป็นการดึงกระแสเบสออกจากทรานซิสเตอร์ Q1ซึ่งเป็น PNP เบอร์ MJE2955T ทำงานได้

เมื่อมีสัญญาณ DIRECTION มีค่าเป็น"1" จะทำให้ ทรานซิสเตอร์ Q9 และ Q10ทำงานพร้อมทั้งทำให้ทรานซิสเตอร์ Q4 และ Q5 ทำงานได้ตามลำดับ ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน มอเตอร์ ได้ และมีแรงดันไฟฟ้าคร่อม มอเตอร์อยู่ค่าหนึ่ง มอเตอร์จะหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา

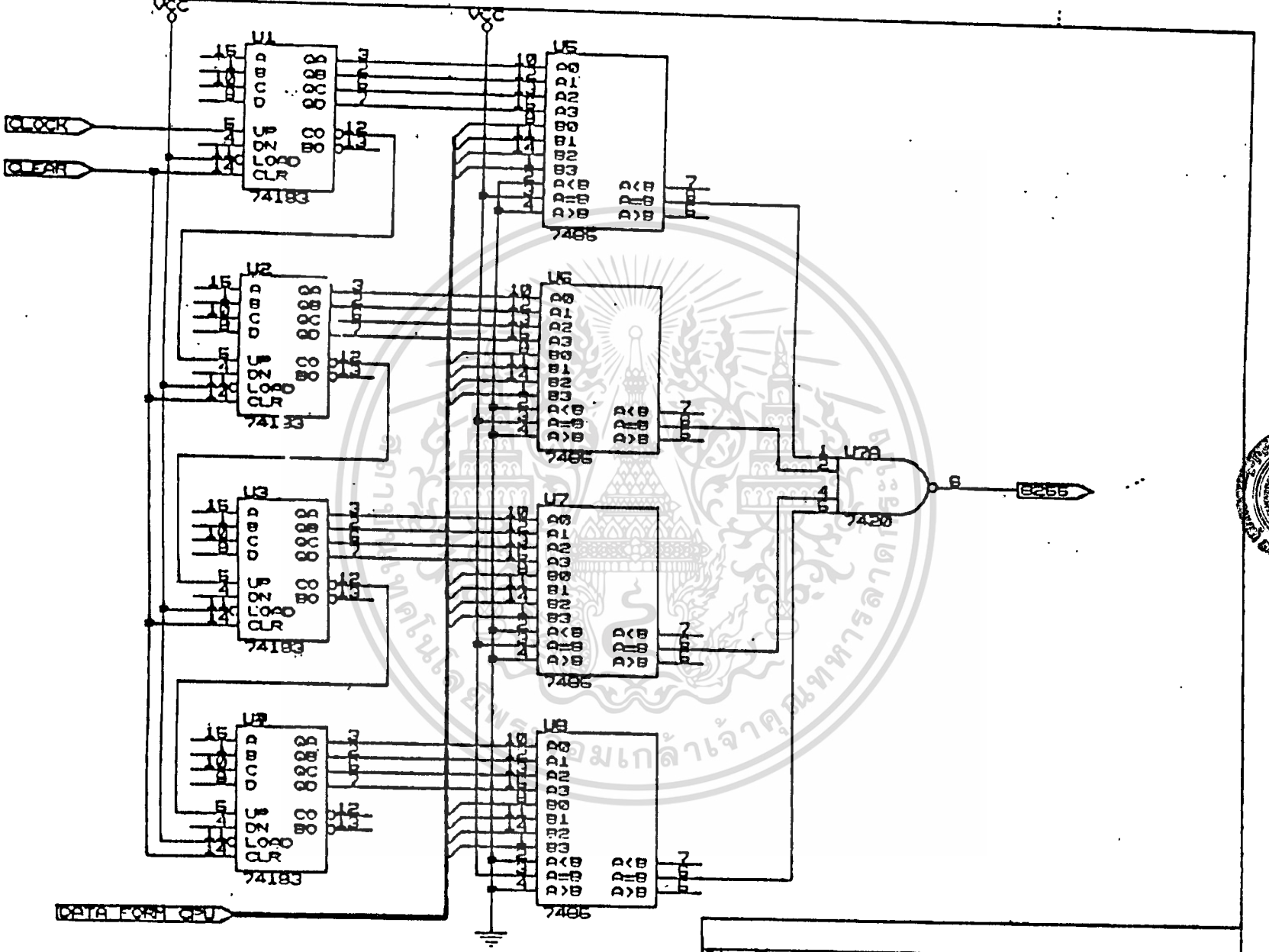
เมื่อสัญญาณ DIRECTION มีค่าเป็น"0" เมื่อผ่านอินเวอร์เตอร์ U1A และ U3A จะได้เอาท์พุทออกมาเป็น "1"จึงทำให้ ทรานซิสเตอร์ Q7 และQ10 ทำงาน พร้อมทั้งทำให้ ทรานซิสเตอร์ Q3 และ Q6 ทำงานได้ตามลำดับ ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมอเตอร์ ในทิศทางตรงกันข้ามกับกรณีแรก ซึ่งมอเตอร์จะหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา

ไดโอด D1 D2 D3 D4 และ D5 ใส่คร่อมทรานซิสเตอร์ Q1 Q3 Q4 Q5 และQ6ตามลำดับ ซึ่งจะคร่อมระหว่าง ขาC และ ขาE ของทรานซิสเตอร์ ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของพลังงานที่สะสมอยู่ในมอเตอร์ ในขณะที่มอเตอร์หยุดหมุนหรือกลับทิศทางการหมุน เพื่อป้องกันทรานซิสเตอร์ไม่ให้เสียหาย

ในส่วนของการเลื่อนมอเตอร์ด้วยมือ จะมี SW1 และ SW2 เป็นสวิทช์ เมื่อเรากด SW1 หลอดไฟ D1จะสว่างขึ้น ประกอบกับ U4A จะON ทำให้สัญญาณที่ขา PR เป็น "0" และสัญญาณที่ขา CL จะเป็น "0" ด้วย ขา Q ของ U1B มีค่าเป็น "1" ทำให้สัญญาณ DIRECTION ไปทำให้ มอเตอร์ หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา

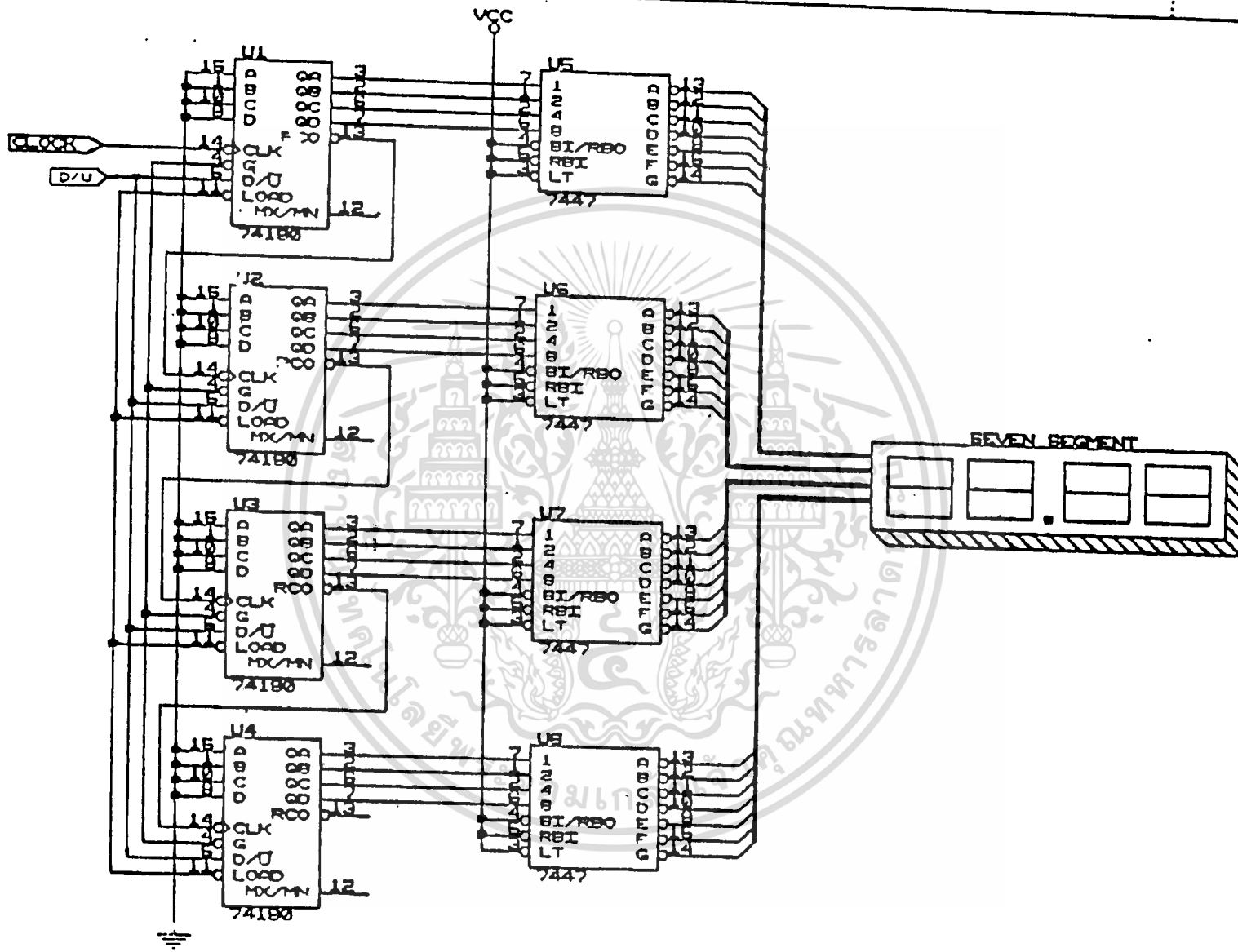
แต่เมื่อกด SW2 หลอดไฟ D2 จะสว่างขึ้น ทำให้สัญญาณที่ขา PR ของ U1B มีค่าเป็น "1" ส่วนสัญญาณที่ขา CL จะมีค่าเป็น "0" มีผลทำให้สัญญาณที่ขา Q ของ U1B เป็น "0" ทำให้ มอเตอร์ หมุน ในทิศตามเข็มนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

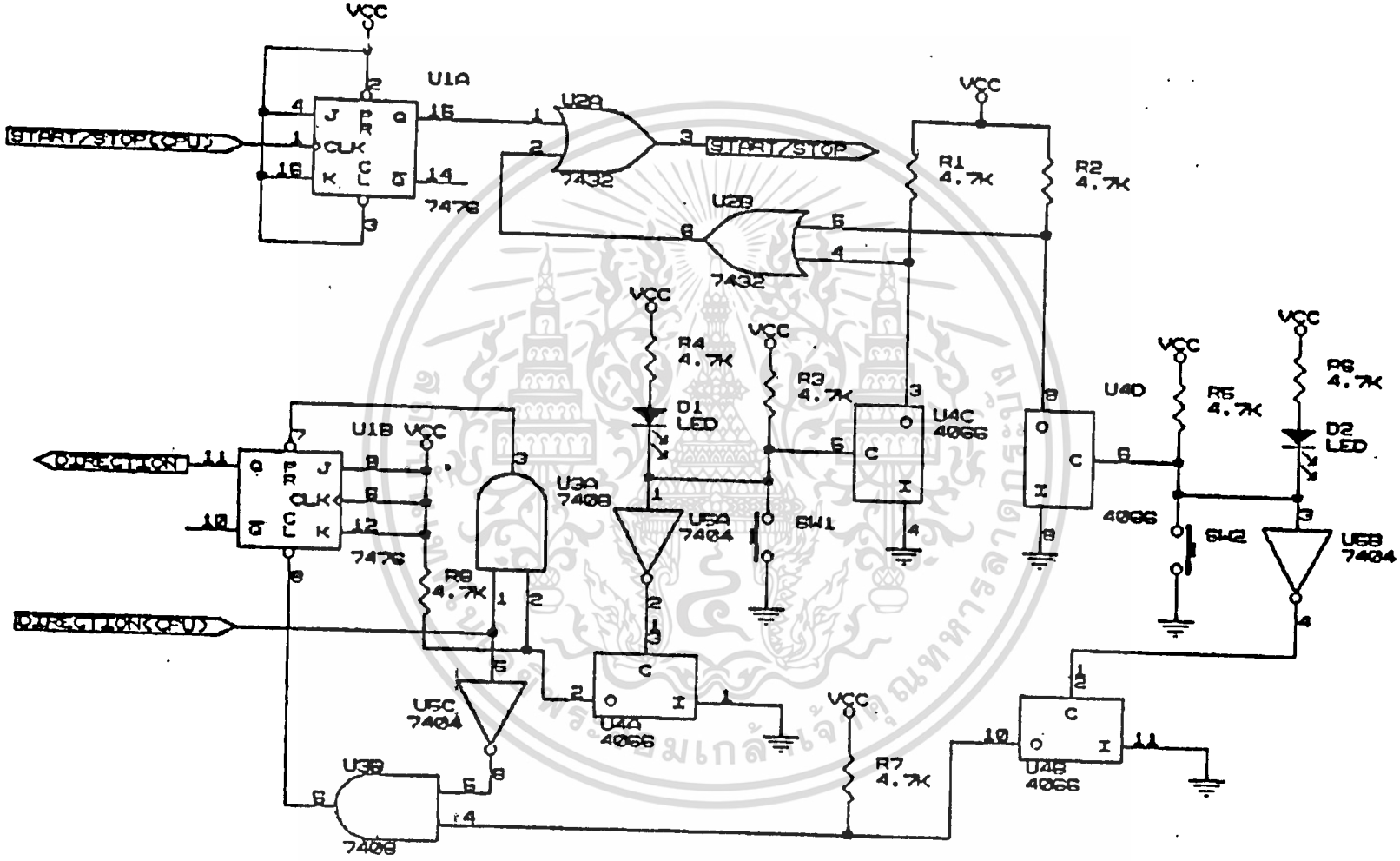


Size	Document Number	REV
A	COMPARATOR AND COUNTER CIRCUIT	

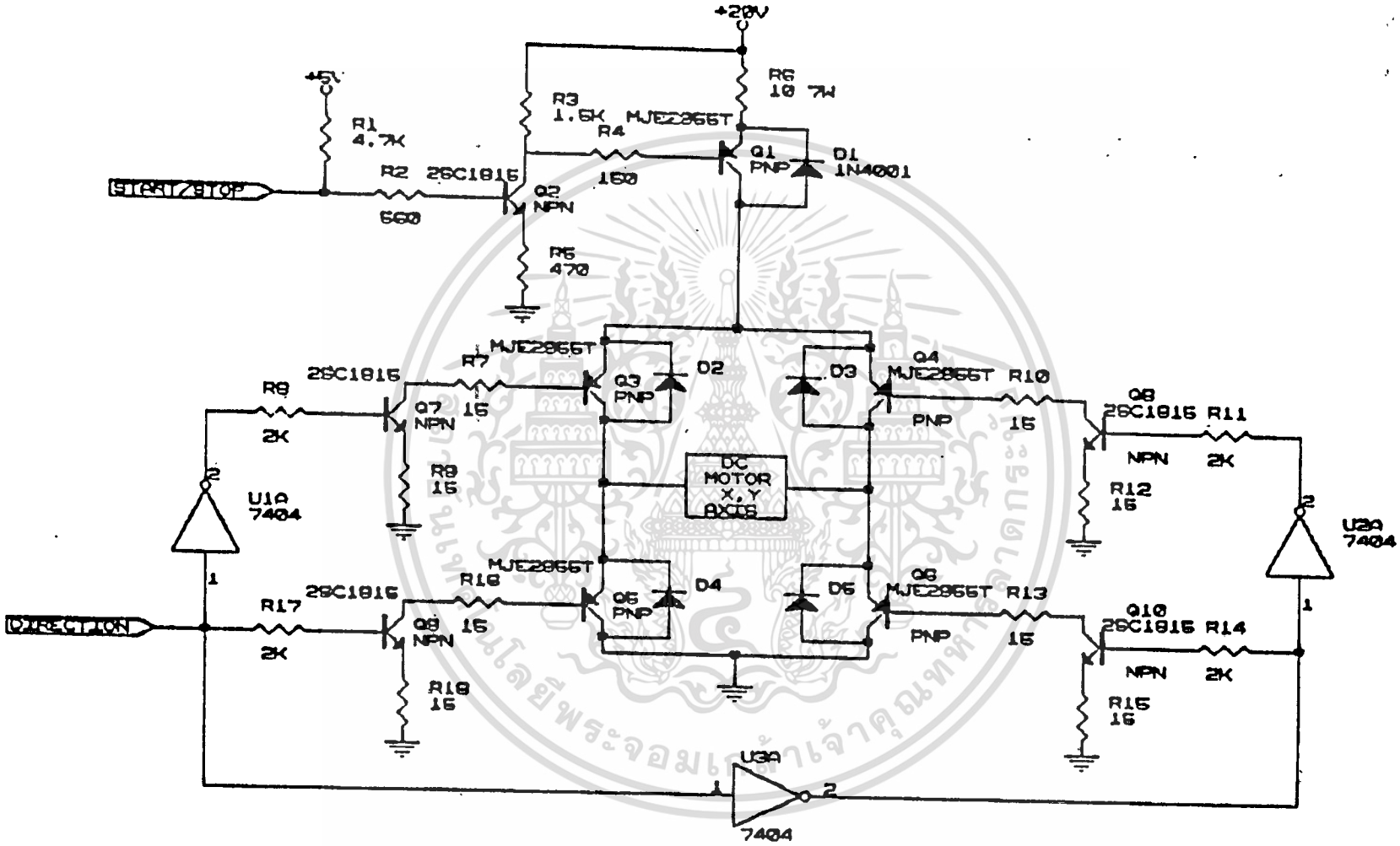
0287785



Size	Document Number	REV
A	DISPLAY AND COUNTER CIRCUIT	



START/STOP AND DIRECTION MOTOR CIRCUIT		
Size A	Document Number	REV



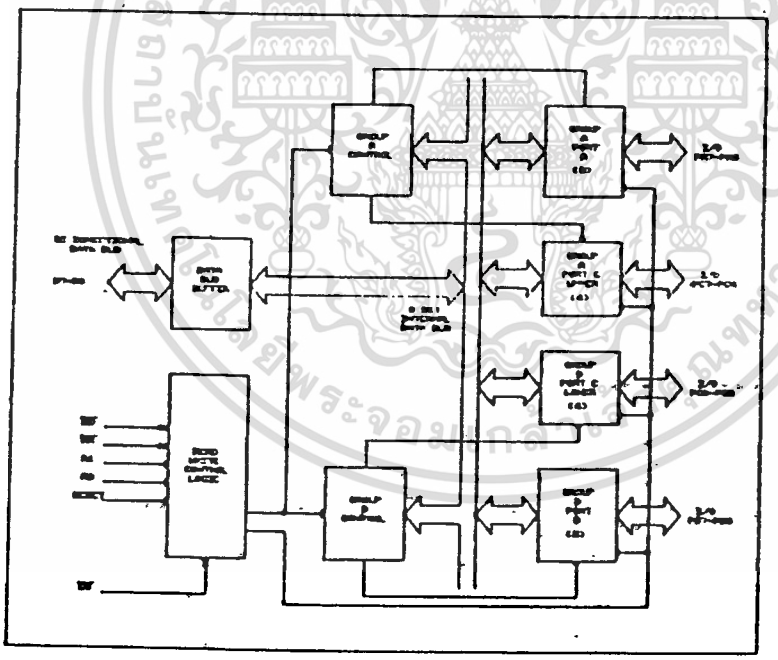
Size	Document Number	REV
A	MOTOR CONTROL CIRCUIT	

2.3 ระบบโปรแกรมควบคุม และวงจรเชื่อมต่อ

เราได้เลือกใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 ทำหน้าที่ลำดับคำสั่ง ควบคุม และตรวจรับสถานะการทำงานของวงจรควบคุม การติดต่อสื่อสารระหว่าง Z-80 กับวงจรควบคุมต้องผ่านอุปกรณ์สนับสนุน (CHIP SUPPORT) ที่ทำหน้าที่เป็นพอร์ตสื่อสารโดยใช้ 8255 ซึ่งเป็นพอร์ตสื่อสารแบบขนาน (PARALLEL PORT) ซึ่งจะทำหน้าที่นำคำสั่งจาก Z-80 ไปส่งให้กับวงจรควบคุมและรับข้อมูลจากวงจรควบคุมกลับไปยัง Z-80

2.3.1 วงจรเชื่อมต่อ หรือวงจรอินเตอร์เฟส

ใช้ชิพซัมพอร์ตเบอร์ 8255 ซึ่งเป็นไอซี 40 ขา สามารถต่อให้เป็นพอร์ตสำหรับไมโครโปรเซสเซอร์ได้ 3 พอร์ต โดยมีโครงสร้างแสดงด้วยบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูป



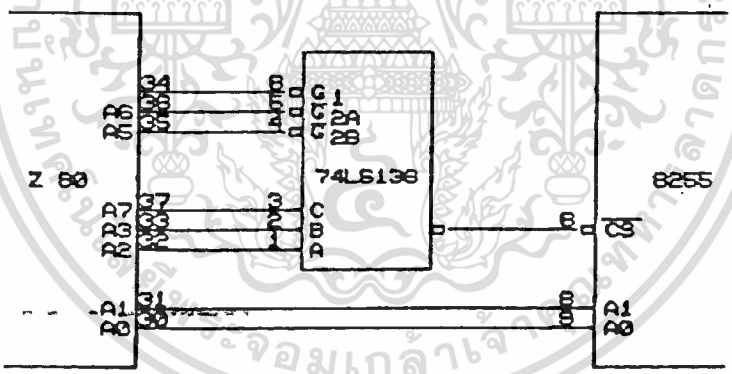
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเรียกชื่อพอร์ตของ 8255 จะเรียงเป็น พอร์ต A,B และ C โดยมีพอร์ต C แยกเป็น 2 ส่วน คือ PC_0-PC_3 เรียกว่าพอร์ต C ล่าง และพอร์ต C บน คือ PC_4-PC_7 ทุกพอร์ตใช้เป็นได้ทั้งอินพุทและเอาต์พุท

<u>การเชื่อมต่อ 8255 กับ Z-80</u>

สำหรับเครื่องเจาะนั้นเราใช้ 8255 2 ตัวในการเชื่อมต่อระหว่างวงจรควบคุมกับ Z-80 ส่วนหน้าที่ของ 8255 ในแต่ละตัวนั้นมีหน้าที่อย่างไรจะกล่าวในโปรแกรมการควบคุมวงจรอิเลคทรอนิคส์

ในขั้นต้นเราจะต้องกำหนดหมายเลขแอดเดรส (ADDRESS) ที่จะติดต่อกับ 8255 ให้กับ Z-80 สมมติว่าเป็น 10H,11H,12H,13H โดยเราจะต่อสายสัญญาณการเลือกแอดเดรสของพอร์ตได้ดังรูป



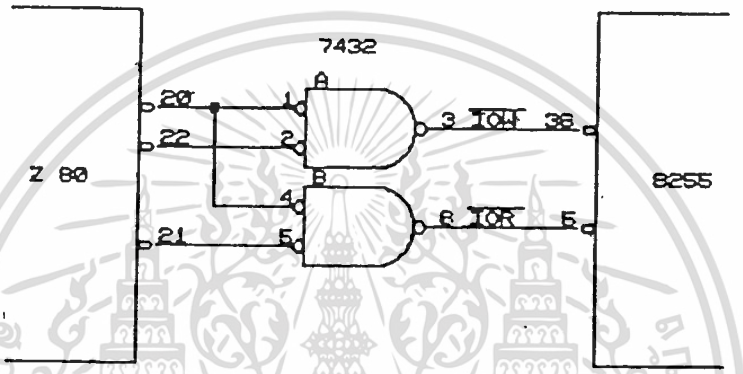
สังเกตว่าขณะที่ขา CS แอคทีฟ (ACTIVE) นั้นขา A_7-A_2 จะต้องมีข้อมูล 000100 และเมื่อรวมกับ A_1,A_0 จะเป็น 000100XX ถ้า A_1,A_0 เป็น 00 จะได้พอร์ต 10H เป็นต้น

สัญญาณที่จะควบคุม 8255 อีกชุดหนึ่ง คือ สัญญาณควบคุมการเขียนและการอ่านข้อมูล หากสัญญาณ WR แอคทีฟ เป็น "0" จะหมายถึง การเขียนพอร์ตหรือส่งข้อมูลให้พอร์ตเอาต์พุทนั่นเอง ถ้าสัญญาณ RD แอคทีฟเป็น "0" จะหมายถึง การอ่านพอร์ตหรือรับข้อมูลอินพุทนั่นเอง

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้เกิดความแตกต่างระหว่างการเขียน/อ่านพอร์ต อินพุท-เอาต์พุท กับการเขียน/การอ่านหน่วยความจำ จึงต้องใช้ขา IORQ ร่วมด้วย กล่าวคือถ้าสัญญาณ WR เกิดขึ้นพร้อมกับ IORQ จะหมายถึง IOW หรือสัญญาณเขียนพอร์ต และถ้าให้ IORQ แอคทีฟพร้อมกับ RD จะหมายถึง IOR หรือสัญญาณอ่านพอร์ต

วงจรการเชื่อมต่อของสัญญาณส่วนควบคุมแสดงได้ดังรูป



เมื่อเชื่อมต่อเข้าเป็นระบบ เราจะต้องต่อสายสัญญาณรีเซ็ต (RESET) ของ Z-80 มายังขารีเซ็ตของ 8255 แต่การรีเซตของ 8255 ใช้ลอจิก "1" ซึ่งตรงกันข้ามกับ Z-80 ดังนั้นจำเป็นต้องมีอินเวอร์เตอร์ (INVERTOR) กลับสัญญาณลอจิกก่อน การที่ต้องรีเซ็ต 8255 พร้อมกับ Z-80 ก็เนื่องจากว่า ขณะที่ Z-80 รีเซ็ตแล้ว เราจะเริ่มจากให้พอร์ตทุกพอร์ตของ 8255 เป็นอินพุท เพื่อว่ามิฉะนั้นอาจมีข้อมูลออกไปยังพอร์ตเอาต์พุทที่เรายังไม่พึงประสงค์ ซึ่งอาจจะทำที่ให้ระบบอินเตอร์เฟสภายนอกมีปัญหาได้ เพราะเราไม่รู้สถานะที่แน่นอนของ 8255 ก่อนการโปรแกรมโหมดการทำงาน

เมื่อเราต่อ 8255 เข้ากับ Z-80 ได้แล้วสิ่งที่ผู้ใช้ต้องทำคือ การโปรแกรมให้ 8255 ทำงานตามที่ต้องการ จากการที่ 8255 มีพอร์ตที่ Z-80 มองเห็น 4 พอร์ต แต่ละพอร์ตจะเห็นเสมือนเป็นรีจิสเตอร์ (REGISTER) ที่อ่าน/เขียนได้ รีจิสเตอร์แต่ละตัวจะถูกกำหนดตามแอดเดรสตามที่ได้ตั้งไว้ นอกจากนี้การใช้งาน 8255 จะต้องส่งรหัสควบคุม (CONTROL BYTE) เข้าไปยังพอร์ตข้อมูลควบคุม เพื่อควบคุมการทำงานของ 8255 โดยเมื่อสัญญาณ A_1, A_0 เป็น "1" และ สัญญาณ WR เป็น "0"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมการทำงานของ 8255 มีหลายโหมด (MODE) ในแต่ละโหมดจะแตกต่างกันออกไป เราสามารถโปรแกรมให้ 8255 ทำงานได้ 3 โหมด คือ โหมด 0 โหมด 1 และโหมด 2 สำหรับ 8255 ที่ใช้ในเครื่องเจาะนั้นถูกโปรแกรมให้ใช้โหมด 0 เป็นโหมดดำเนินการ

RD	WR	A1	A2	ความหมาย
1	0	0	0	เขียนพอร์ต A ซึ่งเป็นข้อมูล
0	1	0	0	อ่านพอร์ต A ซึ่งเป็นข้อมูล
1	0	0	1	เขียนพอร์ต B ซึ่งเป็นข้อมูล
0	1	0	1	อ่านพอร์ต B ซึ่งเป็นข้อมูล
1	0	1	0	เขียนพอร์ต C ซึ่งเป็นข้อมูล
0	1	1	0	อ่านพอร์ต C ซึ่งเป็นข้อมูล
1	0	1	1	เขียนข้อมูล ซึ่งเป็นรหัสควบคุม
0	1	1	1	อ่านเข้ามา ไม่มีความหมายใด

ตารางแสดงการรับส่งข้อมูลผ่าน 8255

<u>การควบคุมการทำงาน 8255 โหมด 0</u>

การกำหนดโหมดการทำงาน จะต้องส่งข้อมูลคำสั่งไปโปรแกรมการทำงานของ 8255 แต่ละบิตของข้อมูลที่ส่งไปจะมีความหมายในตัวเอง การโปรแกรม 8255 คือการให้ค่ารหัสบิตต่างๆ เข้าไปในรหัสควบคุมแล้วส่งไปยังริจิสเตอร์ของพอร์ตควบคุม ซึ่งความหมายของบิตต่างๆมีดังนี้

บิต D_7 เป็นบิตแสดงรหัสคำสั่งควบคุม ถ้าบิตนี้เป็น "1" จะหมายถึงรหัสควบคุมนี้จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเซตโหมดต่างๆของ 8255

บิต D_0, D_1 เป็นการเลือกโหมดของพอร์ต A ซึ่งมี 3 โหมด คือโหมด 0,1 และ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต D_4 ถ้ามีค่าเท่ากับ "0" หมายถึงการกำหนดพอร์ต A เป็นพอร์ตเอาต์พุท ถ้ามีค่าเท่ากับ "1" หมายถึงการกำหนดพอร์ต A เป็นพอร์ตอินพุท

บิต D_3 เป็นบิตที่บอกถึงการเซตโหมดของพอร์ต C บน ถ้าเป็น "0" จะทำให้พอร์ต C บนเป็นเอาต์พุท

บิต D_2 เป็นบิตที่บอกถึงการเซตโหมดของพอร์ต B ถ้าเป็น "0" หมายถึงการเลือกพอร์ต B เป็นโหมด 0 และถ้าเป็น "1" คือ การเลือกโหมด 1

บิต D_1 เป็นการกำหนดอินพุทเอาต์พุทของพอร์ต B ถ้าเป็น "0" แสดงว่าเป็นเอาต์พุทพอร์ต แต่ถ้าเป็น "1" คือ อินพุทพอร์ต

บิต D_0 เป็นการกำหนดอินพุทเอาต์พุทของพอร์ต C ล่าง ถ้าเป็น "0" แสดงว่าเป็นเอาต์พุทพอร์ต และถ้าเป็น "1" คือ อินพุทพอร์ต

การทำงานในโหมด 0 นั้นกำหนดให้พอร์ตทุกพอร์ต บนตัว 8255 เป็นพอร์ตอินพุท-เอาต์พุทแบบพื้นฐาน โดยสามารถกำหนดรูปแบบของพอร์ตได้ทั้งสิ้น 16 แบบ โดยจะเป็นไปตามรหัสควบคุม ที่ได้กล่าวมาแล้ว สำหรับรูปแบบของ 8255 ในเครื่องเจาะนั้นเรากำหนดดังนี้

8255 ตัวที่ 1 จะกำหนดให้ พอร์ต A,B และ C ทั้งบนและล่างเป็นพอร์ตเอาต์พุทและอินพุท ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลจาก Z-80 ให้กับวงจรควบคุม

8255 ตัวที่ 2 ทำหน้าที่รับส่งสัญญานข้อมูลที่ได้จากวงจรควบคุมให้กับ Z-80

<u>หน้าที่ของพอร์ตต่างๆใน 8255</u>

สำหรับหน้าที่ของพอร์ตต่างๆของ 8255 จะกล่าวเป็นตัวๆไปดังนี้

8255 ตัวที่ 1 ทำหน้าที่ควบคุมวงจรควบคุมอิเลคทรอนิคส์แกน X

- พอร์ต A เป็นพอร์ตเอาต์พุท สามารถส่งข้อมูล 8 บิต ทำหน้าที่ส่งข้อมูล 16 บิตที่เป็นบิตบน (D_8-D_{15})
- พอร์ต B เป็นพอร์ตเอาต์พุท สามารถส่งข้อมูล 8 บิต ทำหน้าที่ส่งข้อมูล 16 บิตที่เป็นบิตล่าง (D_0-D_7)
- พอร์ต C บน เป็นพอร์ตเอาต์พุท สามารถส่งข้อมูล 4 บิต ทำหน้าที่ส่งข้อมูลเพื่อควบคุมการเดินเครื่องหมุนมอเตอร์และควบคุมทิศทางของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พอร์ต C ล่าง เป็นพอร์ตเอาต์พุท สามารถส่งข้อมูล 4 บิต ทำหน้าที่ส่งข้อมูลเพื่อควบคุมการส่ง

  สัญญานการคงสถานะบัฟเฟอร์ (LATCH BUFFER)

  การลบข้อมูลในบัฟเฟอร์ (CLEAR BUFFER)

  การริเซตวงจรนับ (RESET COUNTER)

8255 ตัวที่ 2 ทำหน้าที่ควบคุมวงจรควบคุมอิเลคทรอนิคส์แกน Y

- พอร์ต A เป็นพอร์ตเอาต์พุท สามารถส่งข้อมูล 8 บิต ทำหน้าที่ส่งข้อมูล 16 บิตที่เป็นบิตบน (D_8-D_{15})
- พอร์ต B เป็นพอร์ตเอาต์พุท สามารถส่งข้อมูล 8 บิต ทำหน้าที่ส่งข้อมูล 16 บิตที่เป็นบิตล่าง (D_0-D_7)
- พอร์ต C บน เป็นพอร์ตเอาต์พุท สามารถส่งข้อมูล

2.3.2 <u>โปรแกรมควบคุมวงจร</u>

สำหรับโปรแกรมควบคุมวงจรอิเลคทรอนิคส์เป็นส่วนที่กำหนดการทำงานและตรวจสอบการทำงานของเครื่องเจาะ โดยมีหน้าที่ที่สำคัญดังต่อไปนี้

ก. กำหนดหน้าที่ของพอร์ตๆต่างใน 8255

ข. ทำหน้าที่เก็บและส่งข้อมูลเพื่อไปควบคุมวงจรอิเลคทรอนิคส์

ค. นำข้อมูลที่ได้จากวงจรควบคุมอิเลคทรอนิคส์มาวิเคราะห์

โปรแกรมที่ใช้ในโครงงานนี้ ใช้ภาษาแอสเซมบลิ มิขนาดใหญ่พอสมควร สามารถเปิดดูในภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

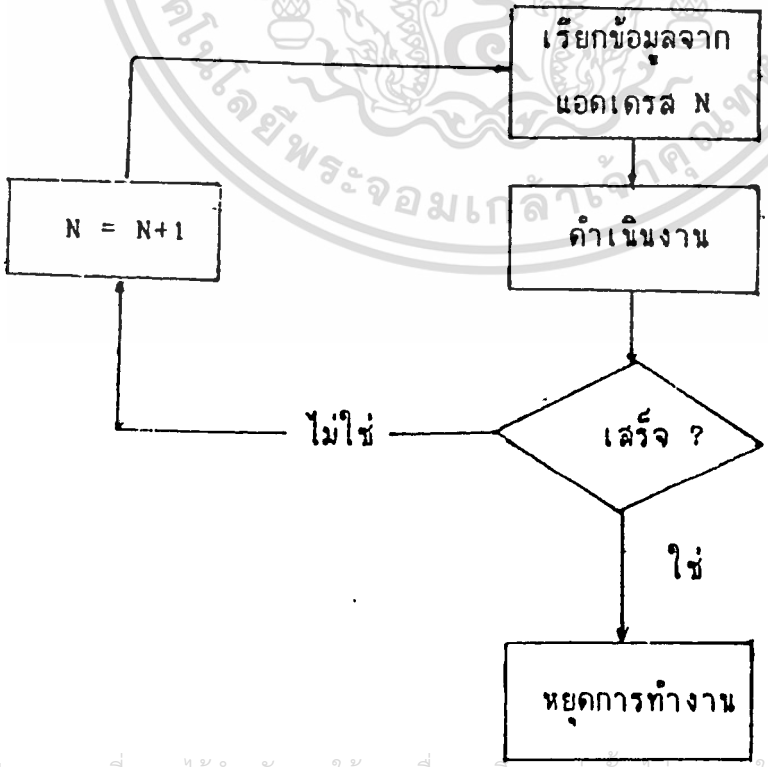
<u>การส่งและการเก็บข้อมูลเพื่อควบคุมวงจรอิเลคทรอนิคส์</u>

สำหรับการส่งและการเก็บข้อมูลเพื่อควบคุมวงจรอิเลคทรอนิคส์นั้น สามารถควบคุมโดยการเขียนโปรแกรมควบคุม เราสามารถอธิบายได้เป็น 2 ส่วนดังนี้

1. การส่งข้อมูล คือ การเรียกข้อมูลที่เก็บเอาไว้ที่เป็นข้อมูลของตำแหน่งหัวเจาะมาเก็บไว้ในริจิสเตอร์ A ของ Z80 แล้วส่งที่ว่านี้ผ่านพอร์ตที่เชื่อมต่อกับ 8255 เพื่อส่งไปยังวงจรควบคุมอิเลคทรอนิคส์ โดยคำสั่งที่ใช้ส่งข้อมูลผ่านพอร์ตมีรูปแบบดังนี้

OUT (หมายเลขพอร์ต), ริจิสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูล

2. การเก็บข้อมูล คือ การนำเอาข้อมูลของตำแหน่งที่หัวเจาะต้องการเจาะทั้งหมดมาเก็บไว้ในโปรแกรม สำหรับโปรแกรมที่ใช้ในเครื่องเจาะที่ควบคุมด้วย Z80 นี้ ได้กำหนดหมายเลขพอร์ตของแอดเดรส (ADDRESS) เริ่มต้นของการเก็บข้อมูลที่แอดเดรสหมายเลข 3000H โดยมีรูปแบบของการเรียกใช้ข้อมูลที่เก็บนี้ดังแผนภาพข้างล่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การนำข้อมูลที่ได้จากวงจรควบคุมอิเลคทรอนิคส์มาวิเคราะห์

สำหรับการนำข้อมูลที่ได้จากวงจรควบคุมอิเลคทรอนิคส์นั้น เป็นการนำเอาข้อมูลมาวิเคราะห์หาความผิดพลาดอันเกิดจากการหมุนของมอเตอร์ ทำให้ตำแหน่งของหัวเจาะผิดพลาดไป โดยจะต้องคำนวณหาค่าที่ผิดพลาดไปแล้วทำการสั่งให้มอเตอร์หมุนใหม่ให้ได้ระยะที่ต้องการ

เราสามารถที่จะอธิบายได้เป็น 2 ส่วนที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

3.1 นำข้อมูลจากวงจรอิเลคทรอนิคส์ คือ การอ่านข้อมูลจากวงจรอิเลคทรอนิคส์ผ่าน 8255 ของ Z80 โดยการอ่านข้อมูลจาก 8255 นี้ สามารถกระทำได้โดยการใช้โปรแกรมซึ่งมีรูปแบบของคำสั่งดังนี้

IN ริจิสเตอร์ที่นำเอาข้อมูลมาเก็บ, (หมายเลขของพอร์ตอินพุท)

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล คือ การนำเอาข้อมูลซึ่งได้จากการวัดระยะทางที่มอเตอร์หมุนไป นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลของตำแหน่งหัวเจาะที่ต้องการ ถ้าไม่มีการคลาดเคลื่อน ก็จะทำการเรียกข้อมูลของตำแหน่งหัวเจาะใหม่มา ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่แล้ว ถ้ามีการคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นซึ่งหมายถึง ข้อมูลตำแหน่งหัวเจาะกับระยะทางที่มอเตอร์หมุนไปไม่ตรงกัน โดยนำเอาข้อมูลทั้งสองมาเปรียบเทียบหาค่าความแตกต่างหรือค่าความผิดพลาด แล้วทำการส่งค่าความผิดพลาดนี้ เพื่อไปหมุนมอเตอร์ให้ได้ระยะที่ต้องการ เมื่อส่งค่าความผิดพลาดนี้ไปแล้ว วงจรควบคุมก็จะส่งข้อมูลซึ่งได้จากการหมุนไปของมอเตอร์มาให้แก่ Z80 ซึ่ง Z80 ก็จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาโดยนำเอาข้อมูลที่ได้ใหม่มารวมกับข้อมูลที่ได้จากการหมุนของมอเตอร์แต่เดิมแล้วนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลตำแหน่งของหัวเจาะที่ต้องการ ถ้าไม่มีการคลาดเคลื่อนก็จะทำการเรียกข้อมูลตำแหน่งของหัวเจาะใหม่เข้ามา แต่ถ้ามีการคลาดเคลื่อนก็จะทำตามวิธีที่กล่าวมา จนกระทั่งไม่มีการผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CPU "Z80.TBL"
HOF "INTB"
;
ORG 2000H
;
CT1:    EQU 80H
CT2:    EQU 88H
CT3:    EQU 92H
PA1:    EQU 20H
PB1:    EQU 21H
PC1:    EQU 22H
CC1:    EQU 23H
PA2:    EQU 30H
PB2:    EQU 31H
PC2:    EQU 32H
CC2:    EQU 33H
INPX:   EQU 3500H
INPY:   EQU 3502H
DATA:   EQU 3000H
COUNT:  EQU 3504H
N:      EQU 02H
CFX:    EQU 65H
CBX:    EQU 69H
ENRET:  EQU 0F1H
CW:     EQU 3506H
ERR:    EQU 3508H
ERI:    EQU 350AH
CON1:   EQU 00H
CON2:   EQU 00H
DD:     EQU 350CH
DL:     EQU 350EH
CFY:    EQU 65H
CBY:    EQU 69H
ABS:    EQU 350EH
;
CALL RESET2
LD A,CT2
OUT (CC2),A
CALL RESET3
LD A,0E5H
OUT (PA2),A
CALL RESET4
LD A,0E5H
OUT (PB2),A
;
CALL RESET2
LD SP,0000H
LD (INPX),SP
LD (INPY),SP
LD (COUNT),SP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD DE,0001H
        ADD HL,DE
XTHIRD: LD A,0F2H       ;ENABLE OUTPUT PORT 245 AT BIT 0
        OUT (PC1),A     ;DISABLE INPUT PORT 245 AT BIT 1
        LD A,H
        OUT (PA1),A
        LD A,L
        OUT (PB1),A
        LD (ABS),HL
        LD A,(CW)
        OUT (PA2),A
        LD B,A
        LD C,PA2
        ADD A,01H
        OUT (PA2),A

XLOOP1: IN A,(PC2)
        BIT 4,A
        JR NZ,XLOOP1

        OUT (C),B

XFORTH: CALL DELAY
        LD A,0E5H       ;DISABLE X-COUNTER
        OUT (PA2),A
        LD A,CT3
        OUT (CC1),A
        LD A,0F1H       ;ENABLE INPUT PORT 245 AT BIT 1
        OUT (PC1),A     ;DISABLE OUTPUT PORT 245 AT BIT 0
        IN A,(PB1)
        LD H,A
        IN A,(PA1)
        LD L,A
        LD D,0
        LD (ERR),HL

XFIFTH: LD BC,(ABS)
        SBC HL,BC
        JR C,XWC2
        LD A,CBX
        LD (CW),A
        LD (ERI),HL
        LD D,0
        JR XCMP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
XWC2:   LD A,CFX
        LD (CW),A
        LD A,L
        CPL
        LD L,A
        LD A,H
        CPL
        LD H,A
        LD DE,0001H
        ADD HL,DE
        LD (ERI),HL
        LD D,01H
XCMP:   LD A,CON1
        CP L
        JR C,XSIXTH
        LD A,CON2
        CP H
        JR C,XSIXTH
        JR YAXIS

XSIXTH: LD A,06H
        OUT (PC2),A
        LD A,D
        LD (DD),A
        LD HL,(ERI)
        CALL RESET2
        LD A,CT1
        OUT (CC1),A
        LD A,0F2H       ;ENABLE OUTPUT PORT 245 AT BIT 0
        OUT (PC1),A
        LD A,H
        OUT (PA1),A
        LD A,L
        OUT (PB1),A
        LD A,(CW)
        OUT (PA2),A
        LD B,A
        LD C,PA2
        ADD A,01H
        OUT (PA2),A
LOOP2:  IN A,(PC2)
        BIT 4,A
        JR NZ,LOOP2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          OUT (C),B

XSEVENTH: CALL DELAY
          LD A,0E5H          ;DISABLE X-COUNTER
          OUT (PA2),A
          LD A,CT3
          OUT (CC1),A
          LD A,0F1H          ;ENABLE INPUT PORT 245 AT BIT 1
          OUT (PC1),A
          IN A,(PB1)
          LD H,A
          IN A,(PA1)
          LD L,A
          LD A,(DD)
          LD D,A
          BIT 0,D
          JR NZ,XBACK
          LD B,H
          LD C,L
          LD HL,(ERR)
          SBC HL,BC
          JR XSTORE
XBACK:    LD B,H
          LD C,L
          LD HL,(ERR)
          ADD HL,BC
XSTORE:   LD (ERR),HL
          JP XFIFTH



YAXIS:    LD A,0E5H          ;DISABLE X-COUNTER AND STOP
          OUT (PA2),A
          OUT (PB2),A        ;DISABLE Y-COUNTER AND STOP
          CALL RESET2
          LD A,CT1
          OUT (CC1),A
          LD A,01H       ;SELECT Y AXIS AT BIT 1
          OUT (PC2),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD HL,(COUNT)
        LD BC,N
        ADD HL,BC
        LD (COUNT),HL
        LD HL,DATA
        LD BC,(COUNT)
        ADD HL,BC
        LD (DL),HL

        LD HC,(INPY)
        LD IX,(DL)
        LD L,(IX+00H)
        LD H,(IX+01H)
        LD (INPY),HL
        SBC HL,BC
        JR C,YWC1
        LD A,CFY
        LD (CW),A
        JR YTHIRD
YWC1:   LD A,CBY
        LD (CW),A
        LD A,L
        CPL
        LD L,A
        LD A,H
        CPL
        LD H,A
        LD DE,0001H
        ADD HL,DE

YTHIRD: LD A,0F2H           ;ENABLE OUTPUT PORT 245 AT BIT 0
        OUT (PC1),A
        LD A,H
        OUT (PA1),A
        LD A,L
        OUT (PB1),A
        LD (ABS),HL
        LD A,(CW)
        OUT (PB2),A
        OUT (PA2),A
        LD B,A
        LD C,PA2
        ADD A,01H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          OUT (PB2),A
          ADD A,80H
          OUT (PA2),A

YLOOP1:   IN A,(PC2)
          BIT 4,A
          JR NZ,YLOOP1

          OUT (C),B

YFORTH:   CALL DELAY
          LD A,0E5H          ;DISABLE Y-COUNTER AT BIT 7 AND STOP
          OUT (PB2),A
          LD A,CT3
          OUT (CC1),A
          LD A,0F1H          ;ENABLE INPUT PORT 245 AT BIT 1
          OUT (PC1),A
          IN A,(PB1)
          LD H,A
          IN A,(PA1)
          LD L,A
          LD D,0
          LD (ERR),HL

YFIFTH:   LD BC,(ABS)
          SBC HL,BC
          JR C,YWC2
          LD A,CBY
          LD (CW),A
          LD (ERI),HL
          LD D,0
          JR YCMP
YWC2:     LD A,CFY
          LD (CW),A
          LD A,L
          CPL
          LD L,A
          LD A,H
          CPL
          LD H,A
          LD DE,0001H
          ADD HL,DE
          LD (ERI),HL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD D,01
YCMP:   LD A,CON1
        CP L
        JR C,YSIXTH
        LD A,CON2
        CP H
        JR C,YSIXTH
        JP STOP

YSIXTH: LD A,05H
        OUT (PC2),A
        LD A,D
        LD (DD),A
        LD HL,(ERI)
        CALL RESET2
        LD A,CT1
        OUT (CC1),A
        LD A,0F2H       ;ENABLE OUTPUT PORT 245 AT BIT 0
        OUT (PC1),A
        LD A,H
        OUT (PA1),A
        LD A,L
        OUT (PB1),A
        LD A,(CW)
        OUT (PB2),A
        OUT (PA2),A
        LD B,A
        LD C,PA2
        ADD A,01H
        OUT (PB2),A
        ADD A,80H
        OUT (PA2),A

YLOOP2: IN A,(PC2)
        BIT 4,A
        JR NZ,YLOOP2

        OUT (C),B

YSEVENTH: CALL DELAY
        LD A,0E5H       ;DISABLE Y-COUNTER AND STOP
        OUT (PB2),A
        LD A,CT3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          OUT (CC1),A
          LD A,0F1H          ;ENABLE INPUT PORT 245
          OUT (PC1),A
          IN A,(PB1)
          LD H,A
          IN A,(PA1)
          LD L,A
          LD A,(DD)
          LD D,A
          BIT 0,D
          JR NZ,YBACK
          LD B,H
          LD C,L
          LD HL,(ERR)
          SBC HL,BC
          JR YSTORE
YBACK:    LD B,H
          LD C,L
          LD HL,(ERR)
          ADD HL,BC
YSTORE:   LD (ERR),HL
          JP YFIFTH
STOP:     LD A,0E5H
          OUT (PB2),A
          OUT (PA2),A
          LD A,02H
          OUT (PC2),A

CHECK1:   IN A,(PC2)
          BIT 6,A
          JR Z,CHECK2
          LD A,0AH
          OUT (PC2),A
          LD A,0E9H
          OUT (PB2),A
          JR CHECK1

CHECK2:   LD A,0E5H
          OUT (PB2),A
          LD A,0AH
          OUT (PC2),A

          CALL DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
WAIT1:   IN A,(PC2)
         BIT 5,A
         JR NZ,WAIT1

         LD A,0E9H
         OUT (PB2),A

         CALL DELAY

         LD A,02H
         OUT (PC2),A

         LD A,0E5H
         OUT (PA2),A

         LD BC,N
         LD HL,(COUNT)
         ADD HL,BC
         LD (COUNT),HL

         JP REPEAT

STANDBY: LD A,0E5H
         OUT (PA2),A
         OUT (PB2),A
         LD A,02H
         OUT (PC2),A
         HALT


         ORG 2500H
RESET1:  LD A,80H
         OUT (23H),A
         LD A,0F8H
         OUT (22H),A
         LD D,0FFH
         LD A,00H
         OUT (22H),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        D1: DEC D
            JP NZ,D1
            LD A,0F8H
            OUT (22H),A
            RET

            ORG 2600H
   RESET2:  LD A,80H
            OUT (23H),A
            LD A,0F8H
            OUT (22H),A
            LD D,0FFH
            LD A,20H
            OUT (22H),A
        D2: DEC D
            JP NZ,D2
            LD A,0F8H
            OUT (22H),A
            RET

            ORG 2700H
   RESET3:  LD A,80H
            OUT (23H),A
            LD A,0F8H
            OUT (22H),A
            LD D,0FFH
            LD A,40H
            OUT (22H),A
        D3: DEC D
            JP NZ,D3
            LD A,0F8H
            OUT (22H),A
            RET

            ORG 2800H
  RESET4:   LD A,80H
            OUT (23H),A
            LD A,0F8H
            OUT (22H),A
            LD D,0FFH
            LD A,60H
            OUT (22H),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    D4: DEC D
        JP NZ,D4
        LD A,0F8H
        OUT (22H),A
        RET

        ORG 2900H
DELAY:  LD DE,022BH
   YY:  LD C,0FFH
   XX:  DEC C
        JP NZ,XX
        DEC DE
        LD A,D
        OR E
        JP NZ,YY
        RET

        ORG 3000H
        DFB 00H
        DFB 00H
        DFB 00H
        DFB 00H
        DFB 00H
        DFB 00H
        DFB 0AH
        DFB 00H
        DFB 00H
        DFB 00H
        DFB 14H
        DFB 00H
        DFB 00H
        DFB 00H
        DFB 1EH
        DFB 00H
        DFB 00H
        DFB 00H
        DFB 28H
        DFB 00H
        DFB 00H
        DFB 00H
        DFB 32H
        DFB 00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DFB 00H
DFB 00H
DFB 3EH
DFB 00H
DFB 00H
DFB 00H
DFB 46H
DFB 00H
DFB 00H
DFB 00H
DFB 6EH
DFB 00H
DFB 00H
DFB 00H
DFB 78H
DFB 00H
DFB 00H
DFB 00H
DFB 82H
DFB 00H
DFB 00H
DFB 00H
DFB 8CH
DFB 00H
DFB 00H
DFB 00H
DFB 96H
DFB 00H
DFB 00H
DFB 00H
DFB 0A0H
DFB 00H
DFB 00H
DFB 00H
DFB 0AAH
DFB 00H
DFB 00H
DFB 00H
DFB 0B4H
DFB 00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DFB 1EH
DFB 00H
DFB 0B4H
DFB 00H
DFB 1EH
DFB 00H
DFB 0AAH
DFB 00H
DFB 1EH
DFB 00H
DFB 0A0H
DFB 00H
DFB 1EH
DFB 00H
DFB 96H
DFB 00H
DFB 1EH
DFB 00H
DFB 8CH
DFB 00H
DFB 1EH
DFB 00H
DFB 82H
DFB 00H
DFB 1EH
DFB 00H
DFB 78H
DFB 00H
DFB 1EH
DFB 00H
DFB 6EH
DFB 00H
DFB 1EH
DFB 00H
DFB 46H
DFB 00H
DFB 1EH
DFB 00H
DFB 3EH
DFB 00H
DFB 1EH
DFB 00H
DFB 32H
DFB 00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DFB 1EH
DFB 00H
DFB 28H
DFB 00H
DFB 1EH
DFB 00H
DFB 1EH
DFB 00H
DFB 1EH
DFB 00H
DFB 14H
DFB 00H
DFB 1EH
DFB 00H
DFB 0AH
DFB 00H
DFB 1EH
DFB 00H
DFB 00H
DFB 00H
DFB 0FFH
DFB 0FFH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

ข้อมูลตำแหน่งที่ป้อนเข้าไปในระบบ จะนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลตำแหน่งที่อ่านได้จากวงจรนับเลขฐานสอง ซึ่งอินพุทของวงจรนับนี้เป็นสัญญาณพัลซ์ที่สร้างจากวงจรเอ็นโคดเดอร์ ในวงจรเอ็นโคดเดอร์ประกอบด้วย ตัวเอ็นโคดที่มีลักษณะเป็นแผ่นกลมมีช่องให้แสงลอดผ่านได้อยู่รอบๆ ตัวเอ็นโคดจะติดอยู่กับแกนของเกลียวตัวหนอน เมื่อแกนนี้หมุนไป ตัวเอ็นโคดจะหมุนตามไปด้วย ทำให้ช่องแสงเคลื่อนที่ตัดผ่าน โฟโตดีเทคเตอร์ (PHOTO DETECTOR) ให้สัญญาณออกมาที่เอาท์พุทของโฟโตดีเทคเตอร์

จำนวนช่องแสงของตัวเอ็นโคด สามารถหาได้จากการคำนวณ กล่าวคือ จากการวัดระยะระหว่างฟันเกลียวของเกลียวตัวหนอนได้ค่าประมาณ 0.139 นิ้ว และจากลักษณะของเกลียวตัวหนอนเป็นเกลียวหกปาก ดังนั้นถ้าแกนเกลียวนี้หมุนไปได้ครบ 1 รอบ จะได้ระยะทางเท่ากับ

$$0.139 \times 6 = 0.834 \text{ นิ้ว}$$

และถ้ากำหนดให้ สัญญาณพัลซ์ 1 ลูก มีค่าเท่ากับระยะ 0.005 นิ้ว ดังนั้นการหมุนครบรอบจะทำให้เกิดสัญญาณพัลซ์ขึ้น

$$0.834 / 0.005 = 166.8 \text{ ลูก}$$

เราจะสามารถกำหนดจำนวนช่องแสงบนตัวเอ็นโคด ได้เป็น 167 ช่อง

สัญญาณพัลซ์จากเอาท์พุทของโฟโตดีเทคเตอร์ จะถูกส่งตามสายสัญญาณยาวพอสมควรซึ่งจะต้องทำการขยายสัญญาณที่จุดรับ โดยใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันโวล์ทเตจ (VOLTAGE COMPARATOR) LM 311 เอาท์พุทที่ได้นี้มีลักษณะเป็นแถวของพัลซ์ ซึ่งพัลซ์แต่ละลูกมีค่า 0.005 นิ้ว แต่ในการประมวลผลในระบบ ค่าที่ใช้จะอยู่ในหน่วย 0.010 นิ้ว ดังนั้นแถวของพัลซ์นี้ จะต้องผ่านวงจรหารสอง คือใช้ JK ฟลิปฟลอปทำเป็นทอกเกิล

นอกจากนี้เอาท์พุทที่ได้จากวงจรทอกเกิลจำเป็นต้องผ่านวงจรโมโนสเตเบิล เพื่อให้สัญญาณพัลซ์มีค่าที่สภาวะปกติเป็น "1" เพราะวงจรนับเลขฐานสิบ ต้องมีอินพุทอยู่ที่ "1" ในเวลาที่ต้องการดิสเอเบิล (DISABLE) ตัววงจรโมโนสเตเบิลที่ใช้นี้เป็นไอซีเบอร์ 74123 (Retriggable Monostable Multivibrator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองในโครงงานนี้อาจแบ่งได้เป็น 3 ส่วน ใหญ่ ๆ คือ

-การทดลองทางด้านเครื่องกล (MECHANIC)

-การทดลองทางด้านวงจรควบคุม (CONTROL CIRCUIT)

-การทดลองทางด้านโปรแกรม (SOFTWARE)

4.1 การทดลองทางด้านเครื่องกล

เมื่อทำการเขียนแบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ต่อไปเป็นการทำเครื่องต้นแบบทางเครื่องกล จะต้องให้เหล็กทุกส่วนได้ฉากกันและในการกลึงแกนเหล็กจะต้องให้ได้ศูนย์มิฉะนั้นการเคลื่อนที่ของหัวเจาะจะไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้แกนเกลียวตัวหนอนอาจจะโค้งบิดงอ เสียหายได้

สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการสร้างเครื่องต้นแบบนี้ ได้แก่ การกลึงแกนต่อแกนของเกลียวตัวหนอนต้องทำให้ได้ศูนย์พอดี การเข้าฉากต้องทำให้ได้ฉากทุกส่วน การวางล้อเลื่อนเพื่อรับน้ำหนักต้องวางให้ได้ระดับ เพราะน้ำหนักจะได้เฉลี่ยไปบนล้อเลื่อนทุกๆ ตัวเท่าๆกัน

4.2 การทดลองทางด้านวงจรควบคุม

ในวงจรส่วนเอนโคดเดอร์ (ENCODER) จะมีปัญหาที่ตัวโฟโตดิเทคเตอร์ (PHOTO DETECTOR) เพราะได้สัญญาณออกมาไม่เป็นรูปชายน์ที่สมบูรณ์ และมีแรงดันไฟฟ้าต่ำมาก จึงไม่สามารถนำมาสร้างเป็นคล็อกให้กับวงจรนับได้ จึงต้องเปลี่ยนตัวโฟโตดิเทคเตอร์เป็นแบบที่มีช่องแสงแคบๆ เป็นผลให้สัญญาณที่ได้ดีขึ้น

ส่วนวงจรนับเลขฐานสิบ (DECADE COUNTER) เดิมทีใช้ไอซีเบอร์ 74192 ที่ต้องการสัญญาณที่ขาคล็อกอินพุท (COUNTER UP/COUNTER DOWN) เป็น "1" เสียก่อนจึงจะทำการดิสเอเบิลได้และเราก็ไม่ทราบว่าสัญญาณพัลซ์ที่เป็นอินพุทขณะนั้นอยู่ในสถานะใด ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนเป็นไอซีเบอร์ 74190 ซึ่งไม่สนใจสถานะอินพุทที่ขาคล็อก

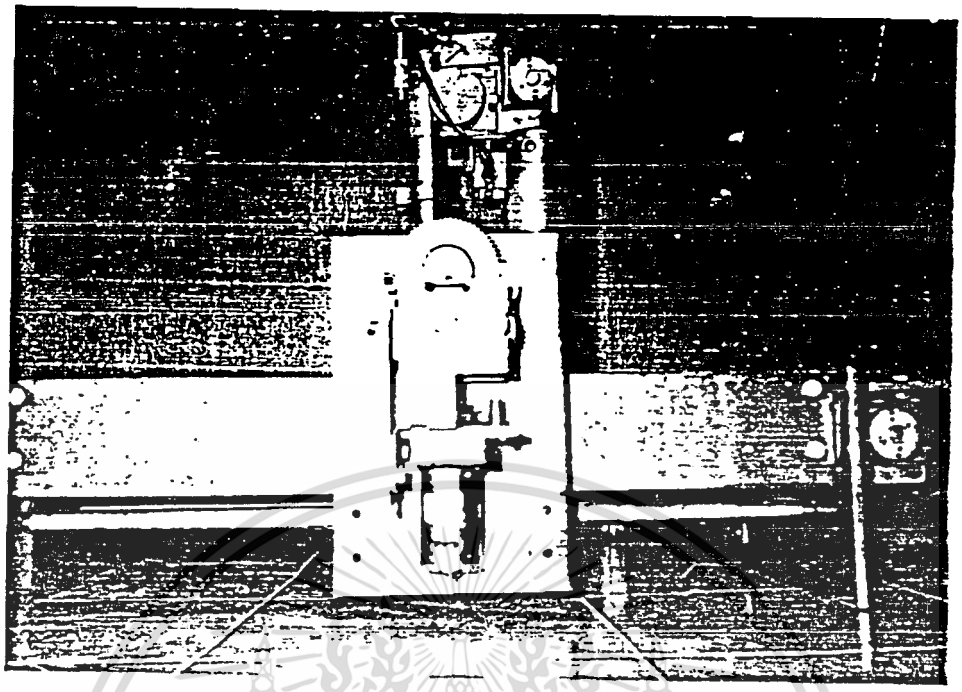
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนวงจรควบคุมมอเตอร์ ตัวทรานซิสเตอร์ เบอร์ MJE2955T ที่ใช้ขับมอเตอร์มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมระหว่างขาคอลเลคเตอร์ และขาอิมิตเตอร์มากถึง 8 โวลท์ ทำให้ทรานซิสเตอร์ร้อนมากจึงต้องเปลี่ยนค่าความต้านทานที่ทำหน้าที่ป้อนกระแสไบแอสเพื่อให้กระแสคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์เพิ่มขึ้น แรงดันตกคร่อมในทรานซิสเตอร์จึงลดลง มีผลทำให้โวลท์ตกคร่อมมอเตอร์มากขึ้น

4.3 <u>การทดลองทางโปรแกรม</u>

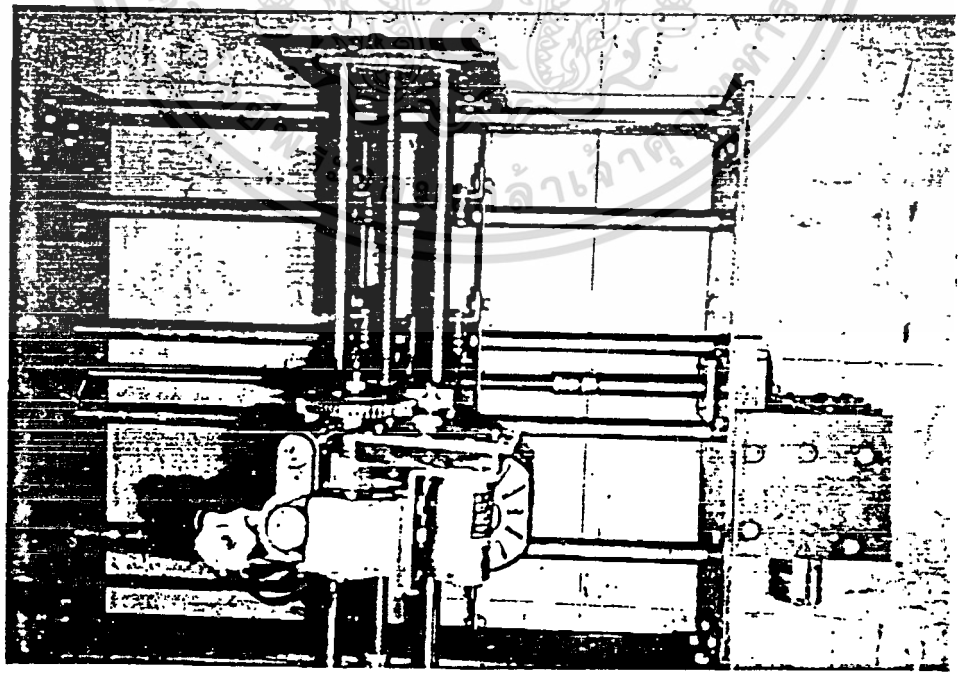
เริ่มเขียนโปรแกรมสั่งการเริ่ม และหยุดหมุนของมอเตอร์ พร้อมกับโปรแกรมกำหนดทิศการหมุนควบคู่กันไป แต่เกิดความผิดพลาดขึ้นจากการเคลื่อน เนื่องจากแรงเฉื่อยทำให้ได้ไม่ตรงตามตำแหน่งคือมักจะเลยไป จึงต้องมีการเขียนโปรแกรมที่ทำให้มอเตอร์หมุนกลับ โดยใช้ระดับแรงดันที่ขับมอเตอร์ลดลงมาอีกระดับหนึ่ง มีรีเลย์ (Relay) เป็นตัวเปลี่ยนระดับแรงดัน เพื่อให้มอเตอร์หมุนกลับด้วยแรงบิดที่น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดง ด้านข้าง

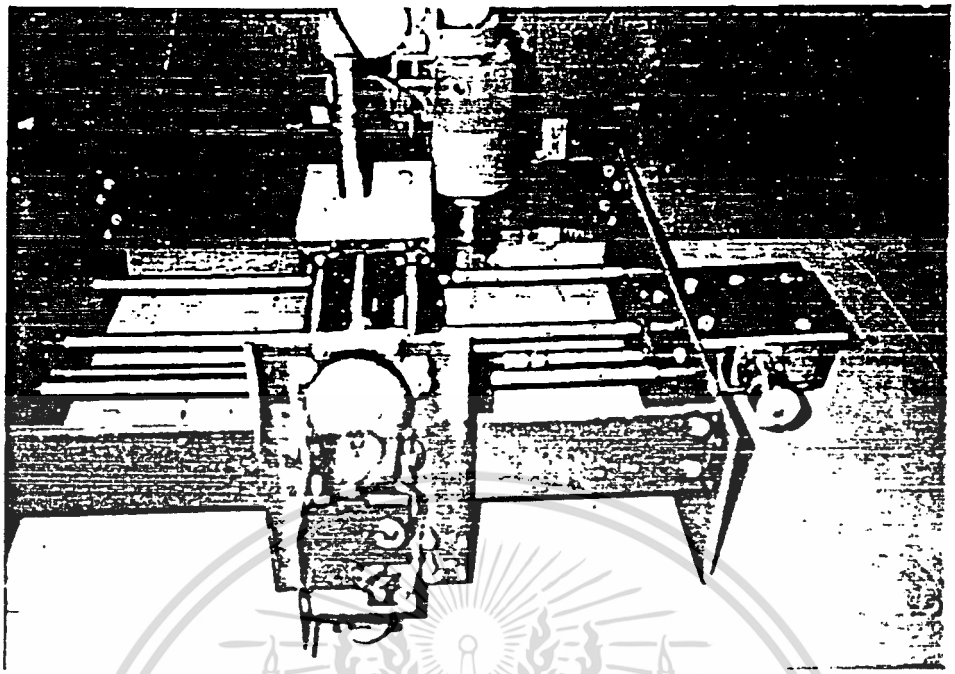
รูปที่ 1



รูปแสดง ด้านบน

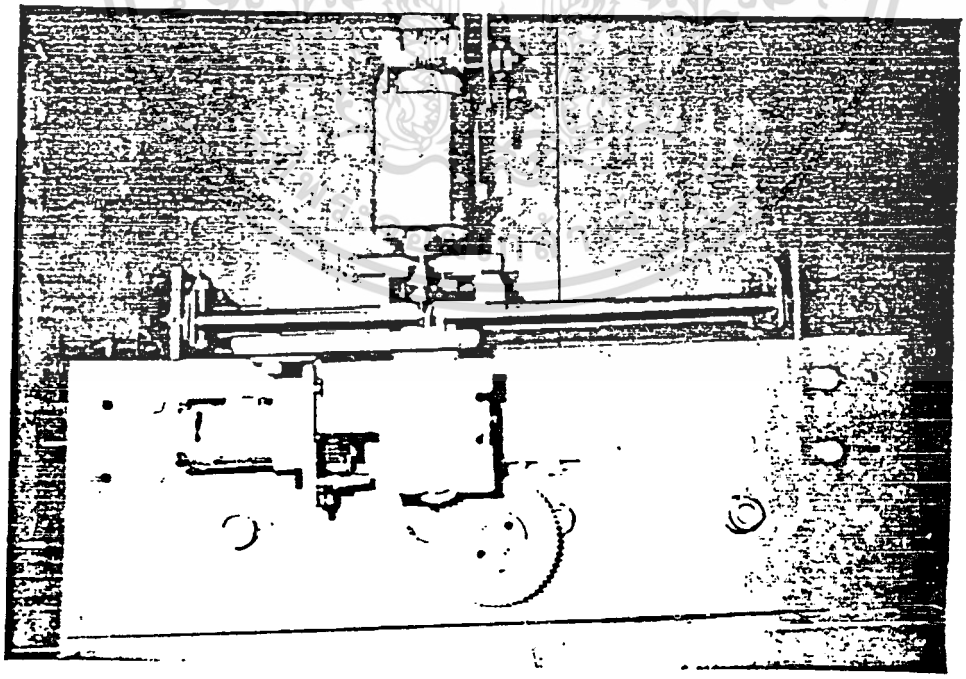
รูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดง เครื่องเจาะแผ่นวงจรพิมพ์

รูปที่ 3



รูปแสดง ด้านข้าง

รูปที่ 4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุปผล

บทวิจารณ์

- เครื่องเจาะแผ่นวงจรพิมพ์นี้ ยังมีปัญหาทางด้านเครื่องกล (Mechanic) อยู่เล็กน้อย ได้แก่ การกลิงแกนต่อกับเกลียวตัวหนอนยังไม่ได้ศูนย์พอดี ทำให้การหมุนของแกนไม่สม่ำเสมอ ส่งผลถึงมอเตอร์อาจทำให้ตำแหน่งที่ต้องการคลาดเคลื่อนไป

- เพื่อที่ต้องการให้ได้ตำแหน่งที่แน่นอน จึงป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ไม่สูงนักทำให้การทำงานของเครื่องช้า

- ในการป้อนข้อมูลของตำแหน่งที่ต้องการเจาะ ต้องป้อนเป็นเลขฐานสิบหก ซึ่งยากต่อการคำนวณและการเข้าใจ

สรุปผล

ในปัจจุบันนี้เป็นยุคที่คอมพิวเตอร์ เข้ามามีบทบาทมากในการทำงาน และสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลายด้าน ทำให้ได้ผลผลิตที่รวดเร็ว และ มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

โครงงานนี้เป็นโครงงานขั้นเริ่มต้นในการนำไมโครโปรเซสเซอร์มาใช้งานร่วมกับเครื่องจักรกล เพื่อใช้ในการหาระยะ และ ตำแหน่งที่แน่นอนโดยไม่ต้องใช้ สเตปปิ้ง มอเตอร์(STEPPING MOTOR) ซึ่งมีราคาแพง แต่เรานำมาใช้ ดีซี มอเตอร์ แทน (DC MOTOR) ซึ่งมีราคาถูกกว่ามาก ประสิทธิภาพของเครื่องนี้ สามารถคำนวนหาตำแหน่งที่เราต้องการได้อย่างแม่นยำพอประมาณ โดยการป้อนตำแหน่งที่ต้องการจะเจาะลงไปเป็นคู่ลำดับ ทำให้เสียเวลามาก

ในอนาคตโครงการนี้จะให้รุ่นน้องๆ พัฒนาต่อไปให้ใช้งานได้กับ สภาวะความเป็นจริง โดยจะใช้การ อินเตอร์เฟส กับ สมาร์ท เวร์ค (SMART WORK) ออร์แคด พีซีบี (ORCAD PCB) พี แคด (PCAD) หรือ แคด (CAD) ต่างๆได้ และสามารถเจาะแผ่นปริ้นช์ได้ทีละหลายๆแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

ก. เอกสารอ้างอิงที่เป็นหนังสือภาษาไทย

1. ผศ.โยธิน เปรมปราณีรัชต์, "วิเคราะห์และออกแบบ ระบบการควบคุมมอเตอร์", คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 324 หน้า, 2526

ข. เอกสารอ้างอิงที่เป็นหนังสือภาษาอังกฤษ

1. James W. Coffron, "Z80 APPLICATION", Sybex, 295 p., 1983
2. Rodnay Zaks, "Programming The Z80", Sybex, 624 p., 1980
3. Aaron D.Deutschman, Walter J.Michels, Charles E.wilson, "Machine Design Theory and Practice", Macmillman Publishing Co., Inc. NEWYORK, 932 p., 1975
4. Cecil Jensen, "Engineering Drawing And Design", McGRAW-HILL BOOK COMPANY, 788 p., 1985
5. David E.Johnson, John L.Hilburn, Johnny R.Johnson, "Basic Electric Circuit Analysis", Prentice-Hall, Inc. NEW JERSEY, 629 p., 1984
6. Ned Mohan, Tore M.Undeland, William P.Robbins, "Power electronics", John Wiley & Sons, 667 p., 1989

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

หนังสือรายงานฉบับนี้
สำเร็จด้วยความตั้งใจจริงของผู้ร่วมงาน
และความอนุเคราะห์จาก

อาจารย์ โกศล ชวนขยัน
อาจารย์ ดำริ จันทร์แสงสุข
ชุมนุมอิเลคทรอนิคส์
โรงปฏิบัติงานภาคเครื่องกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

Voltage Regulators

LM123/LM223/LM323 3 Amp, 5 Volt Positive Regulator

General Description

The LM123 is a three-terminal positive regulator with a preset 5V output and a load driving capability of 3 amps. New circuit design and processing techniques are used to provide the high output current without sacrificing the regulation characteristics of lower current devices.

The 3 amp regulator is virtually blowout proof. Current limiting, power limiting, and thermal shutdown provide the same high level of reliability obtained with these techniques in the LM109 1 amp regulator.

No external components are required for operation of the LM123. If the device is more than 4 inches from the filter capacitor, however, a 1μF solid tantalum capacitor should be used on the input. A 0.1μF or larger capacitor may be used on the output to reduce load transient spikes created by fast switching digital logic, or to swamp out stray load capacitance.

An overall worst case specification for the combined effects of input voltage, load currents, ambient temperature, and power dissipation ensure that the LM123 will perform satisfactorily as a system element.

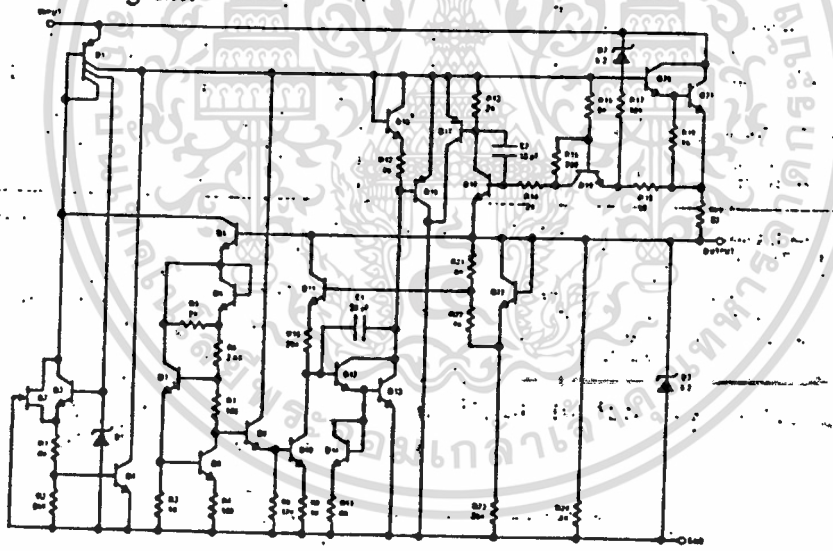
For applications requiring other voltages, see LM150 series data sheet.

Operation is guaranteed over the junction temperature range −55°C to +150°C. An electrically identical LM223 operates from −25°C to +150°C and the LM323 is specified from 0°C to +125°C junction temperature. A hermetic TO-3 package is used for high reliability and low thermal resistance.

Features

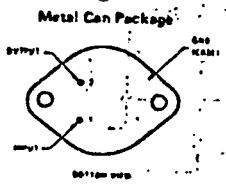
- 3 amp output current
- Internal current and thermal limiting
- 0.01Ω typical output impedance
- 7.5 minimum input voltage
- 30W power dissipation
- 100% electrical burn-in

Schematic Diagram



Connection Diagram

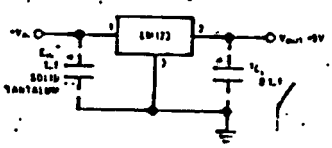
Metal Can Package



Order Number LM123K STEEL, LM223K STEEL or LM323K STEEL
See Package K02A

Typical Applications

Basic 3 Amp Regulator



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

Input Voltage	20V
Power Dissipation	Internally Limited
Operating Junction Temperature Range	
LM123	−55°C to +150°C
LM223	−25°C to +150°C
LM323	0°C to +125°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	300°C

Preconditioning

Burn-In in Thermal Limit	100% All Devices

Electrical Characteristics (Note 1)

PARAMETER	CONDITIONS	LM123/LM223			LM323			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Output Voltage	$T_j = 25°C$ $V_{IN} = 7.5V$, $I_{OUT} = 0$	4.7	5	5.3	4.8	5	5.2	V
Output Voltage	$7.5V \le V_{IN} \le 15V$ $0 \le I_{OUT} \le 3A$, $P \le 30W$	4.6		5.4	4.75		5.25	V
Line Regulation (Note 3)	$T_j = 25°C$ $7.5V \le V_{IN} \le 15V$		5	25		5	25	mV
Load Regulation (Note 3)	$T_j = 25°C$, $V_{IN} = 7.5V$, $0 \le I_{OUT} \le 3A$		25	100		25	100	mV
Quiescent Current	$7.5V \le V_{IN} \le 15V$, $0 \le I_{OUT} \le 3A$		12	20		12	20	mA
Output Noise Voltage	$T_j = 25°C$ $10 Hz \le f \le 100 kHz$		40			40		μVrms
Short Circuit Current Limit	$T_j = 25°C$ $V_{IN} = 15V$		3	4.5		3	4.5	A
	$V_{IN} = 7.5V$		4	6		4	6	A
Long Term Stability				35			35	mV
Thermal Resistance Junction to Case (Note 2)			2			2		°C/W

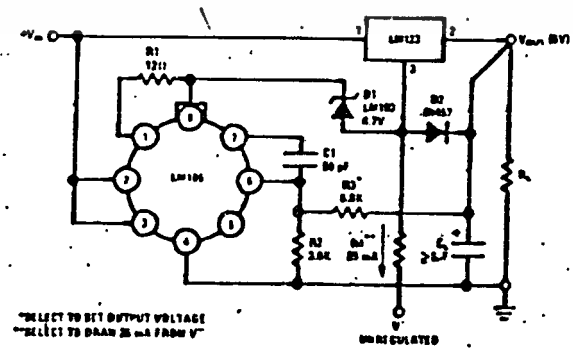
Note 1: Unless otherwise noted, specifications apply for $-55°C \le T_j \le +150°C$ for the LM123, $-25°C \le T_j \le +150°C$ for the LM223, and $0°C \le T_j \le +125°C$ for the LM323. Although power dissipation is internally limited, specifications apply only for $P \le 30W$.

Note 2: Without a heat sink, the thermal resistance of the TO-3 package is about 35°C/W. With a heat sink, the effective thermal resistance can only approach the specified values of 2°C/W, depending on the efficiency of the heat sink.

Note 3: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Pulse testing is required with a pulse width ≤ 1 ms and a duty cycle ≤ 5%.

Typical Applications (cont'd.)

Adjustable Output 5V 10V 0.1% Regulation

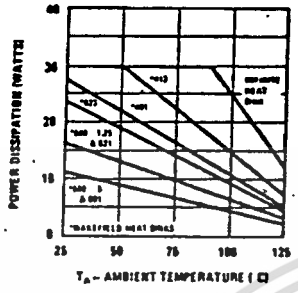


*SELECT TO SET OUTPUT VOLTAGE
**SELECT TO DRAW 25 mA FROM V*

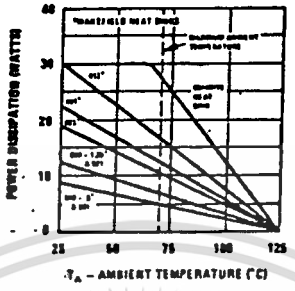
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

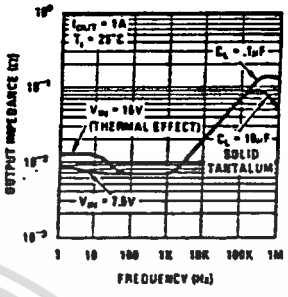
Maximum Average Power Dissipation For LM123; LM223



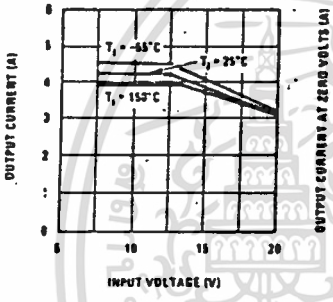
Maximum Average Power Dissipation For LM323



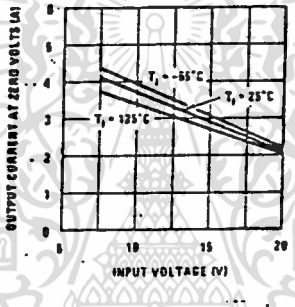
Output Impedance



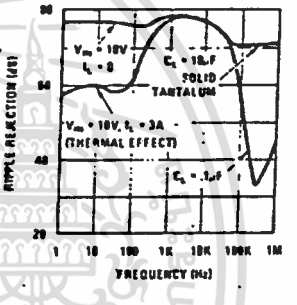
Peak Available Output Current



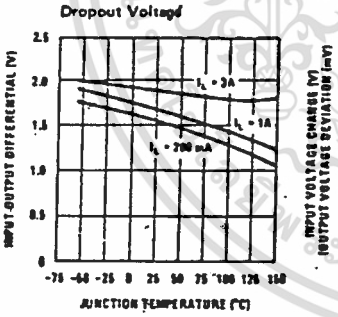
Short Circuit Current



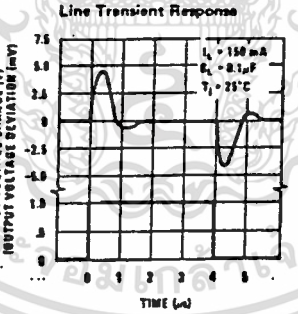
Ripple Rejection



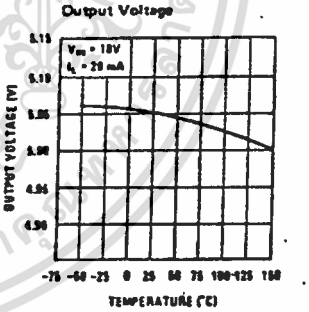
Dropout Voltage



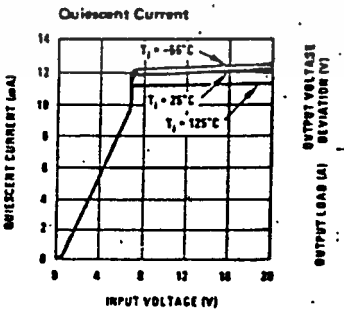
Line Transient Response



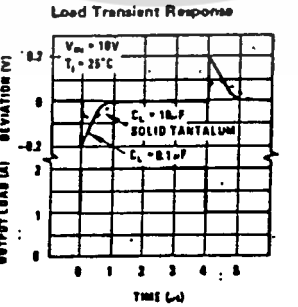
Output Voltage



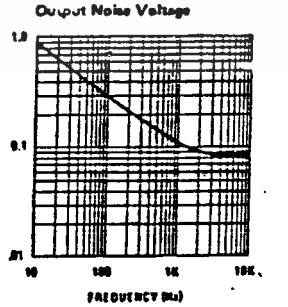
Quiescent Current



Load Transient Response



Output Noise Voltage



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

Voltage Regulators

LM138/LM238/LM338
5 Amp Adjustable Power Regulators

General Description

The LM138/LM238/LM338 are adjustable 3-terminal positive voltage regulators capable of supplying in excess of 5A over a 1.2V to 32V output range. They are exceptionally easy to use and require only 2 resistors to set the output voltage. Careful circuit design has resulted in outstanding load and line regulation — comparable to many commercial power supplies. The LM138 family is supplied in a standard 3-lead transistor package.

A unique feature of the LM138 family is time-dependent current limiting. The current limit circuitry allows peak currents of up to 12A to be drawn from the regulator for short periods of time. This allows the LM138 to be used with heavy transient loads and speeds start-up under full-load conditions. Under sustained loading conditions, the current limit decreases to a safe value protecting the regulator. Also included on the chip are thermal overload protection and safe area protection for the power transistor. Overload protection remains functional even if the adjustment pin is accidentally disconnected.

Normally, no capacitors are needed unless the device is situated far from the input filter capacitors in which case an input bypass is needed. An optional output capacitor can be added to improve transient response. The adjustment terminal can be bypassed to achieve very high ripple-rejections ratios which are difficult to achieve with standard 3 terminal regulators.

Besides replacing fixed regulators or discrete designs, the LM138 is useful in a wide variety of other applications. Since the regulator is "floating" and sees only the input-to-output differential voltage, supplies of several hundred volts can be regulated as long as the maximum input to output differential is not exceeded.

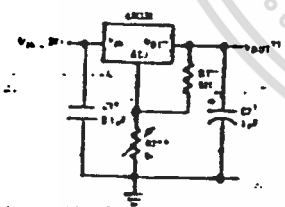
The LM138/LM238/LM338 are packaged in standard steel TO-3 transistor packages. The LM138 is rated for operation from −55°C to +150°C, the LM238 from −25°C to +150°C and the LM338 from 0°C to +125°C.

Features

- Guaranteed 7A peak output current
- Guaranteed 5A output current
- Adjustable output down to 1.2V
- Line regulation typically 0.005%/V
- Load regulation typically 0.1%
- Guaranteed thermal regulation
- Current limit constant with temperature
- 100% electrical burn-in in thermal limit
- Standard 3-lead transistor package

Typical Applications

1.2V–25V Adjustable Regulator



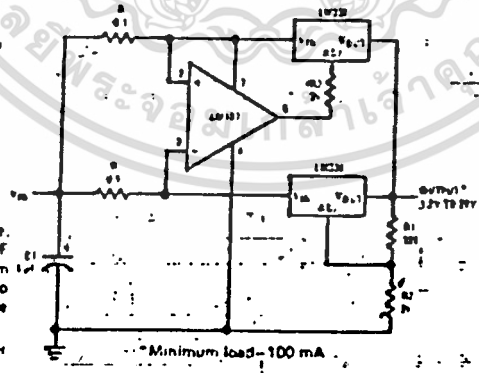
*Optional—improves transient response. Output capacitors in the range of 1 μF to 1000 μF of aluminum or tantalum electrolytic are commonly used to provide improved output impedance and rejection of transients.

**Needed if device is far from filter capacitors.

†$V_{OUT} = 1.25V\left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$

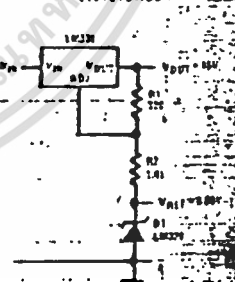
††R1 = 240Ω for LM138 and LM238. R1, R2 as an assembly can be ordered from Bourns MIL part no. 3105A-AT2-502 COMM part no. 3105A-AT1-502

10A Regulator



*Minimum load—100 mA

Regulator and Voltage Reference



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

Power Dissipation	Internally limited
Input–Output Voltage Differential	35V
Operating Junction Temperature Range	
LM138	−55°C to +150°C
LM238	−25°C to +150°C
LM338	0°C to +125°C
Storage Temperature	−65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

Preconditioning

Burn-In in Thermal Limit — All Devices 100%

Electrical Characteristics (Note 1)

PARAMETER	CONDITIONS	LM138/LM238			LM338			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Line Regulation	T_A = 25°C, 3V ≤ V_{IN} − V_{OUT} ≤ 35V, (Note 2)		0.005	0.01		0.005	0.03	%/V
Load Regulation	T_A = 25°C, 10 mA ≤ I_{OUT} ≤ 5A							
	V_{OUT} ≤ 5V, (Note 2)		5	15		5	25	mV
	V_{OUT} ≥ 5V, (Note 2)		0.1	0.3		0.1	0.5	%
Thermal Regulation	Pulse = 20 ms		0.002	0.01		0.002	0.02	%/W
Adjustment Pin Current			45	100		45	100	μA
Adjustment Pin Current Change	10 mA ≤ I_L ≤ 5A 3V ≤ (V_{IN} − V_{OUT}) ≤ 35V		0.2	5		0.2	5	μA
Reference Voltage	3 ≤ (V_{IN} − V_{OUT}) ≤ 35V, (Note 3) 10 mA ≤ I_{OUT} ≤ 5A, P ≤ 50W	1.19	1.24	1.29	1.19	1.24	1.29	V
Line Regulation	3V ≤ V_{IN} − V_{OUT} ≤ 35V, (Note 2)		0.02	0.04		0.02	0.06	%/V
Load Regulation	10 mA ≤ I_{OUT} ≤ 5A, (Note 2)							
	V_{OUT} ≤ 5V		20	30		20	50	mV
	V_{OUT} ≥ 5V		0.3	0.5		0.3	1.0	%
Temperature Stability	T_{MIN} ≤ T_J ≤ T_{MAX}		1			1		%
Minimum Load Current	V_{IN} − V_{OUT} = 35V		3.5	5		3.5	10	mA
Current Limit	V_{IN} − V_{OUT} ≤ 10V							
	DC	5.0	8		5.0	8		A
	0.5 ms Peak	7	12		7	12		A
	V_{IN} − V_{OUT} = 30V		1			1		A
RMS Output Noise, % of V_{OUT}	T_A = 25°C, 10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz		0.003			0.003		%
Ripple Rejection Ratio	V_{OUT} = 10V, f = 120 Hz		60			60		dB
	C_{ADJ} = 10 μF	60	75		60	75		dB
Long Term Stability	T_A = 125°C		0.3	1		0.3	1	%
Thermal Resistance, Junction to Case	K Package			1.0			1.0	°C/W

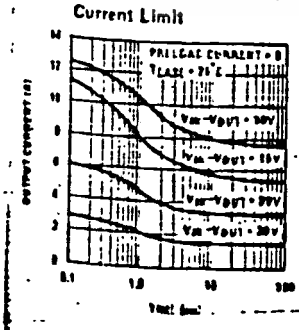
Note 1: Unless otherwise specified, these specifications apply −55°C ≤ T_J ≤ +150°C for the LM138, −25°C ≤ T_J ≤ +150°C for the LM238 and 0°C ≤ T_J ≤ +125°C for the LM338. V_{IN} − V_{OUT} = 5V and I_{OUT} = 2.5A. Although power dissipation is internally limited, these specifications are applicable for power dissipations up to 50W.

Note 2: Regulation is measured at constant junction temperature. Changes in output voltage due to heating effects are taken into account separately by thermal regulation.

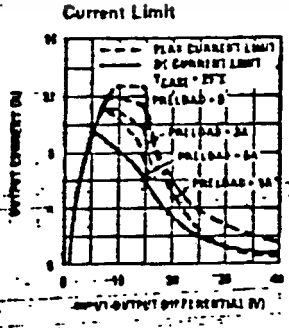
Note 3: Selected devices with tightened tolerance reference voltage available.

Typical Performance Characteristics

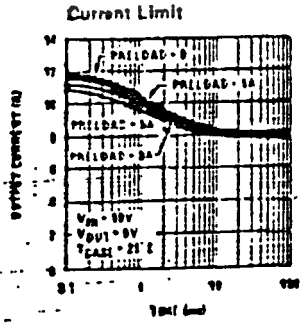
Current Limit



Current Limit



Current Limit



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้