การควบคุมการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

STEPPING MOTOR DRIVE

โดย นาย จักรายุธ รมณียกุล รหัส 35-102003
นาย ชาญณรงค์ เรืองจิรภัทร รหัส 35-102004
นาย วิบูลย์ ศิริสมบูรณ์เวช รหัส 35-102025

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. อนันต์ ชัยเลิศวณิชกุล

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ จะศึกษาถึง โครงสร้าง และ หลักการทำงานของ Stepping motor ตลอดจนการควบคุมการหมุนของ Stepping motor โดยใช้ Microprocesser Z80เป็นตัวควบคุม ผ่าน Port 8255 เลือกใช้ POrt A ใน Bitที่7 ถึง Bitที่5 ต่อเข้ากับวงจร Sequencial เพื่อนำไปควบคุมวงจร Drive อีกต่อหนึ่ง จากนั้นไปขับ Stepping motor ให้หมุนในลักษณะต่างต่างกัน

ABSTRACT

This project will studys stucture and fundamental of Stepping motor ,follow to controlling to spinning of Stepping motor ,videlicet we use Microprocesser Z80 with port 8255 select bit5 to bit7 connect Sequencial circuit bypass drive circuit from use to drive Stepping motor has spinning etc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ STEPPING MOTOR DRIVE

โดย นายจักราวุธ รมณียกุล
นายชาญณรงค์ เรืองจิรภัทร
นายวิบูลย์ ศิริสมบูรณ์เวช

ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. อนันต์ ชัยเลิศวณิชกุล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร อุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(.....)

..... กรรมการ
(.....)

..... กรรมการ
(.....)

..... กรรมการ
(.....)

..... กรรมการ
(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น รวมทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญ

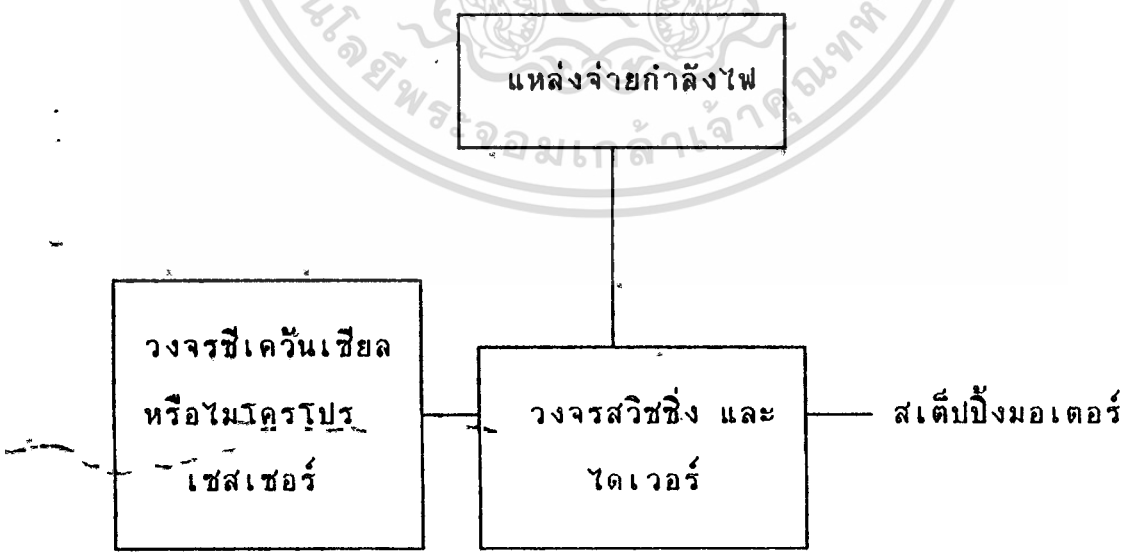
บทนำ.....ก
บทที่1.....1
ทฤษฎีและหลักการ.....1
โครงสร้างและหลักการทำงานของ STEPPING MOTOR.....4
การควบคุมการทำงานของ STEPPING MOTOR.....7
วงจร DRIVE.....17
วงจรใช้งาน.....46
บทที่2.....50
E.T. BOARD.....50
ไมโครโปรเซสเซอร์.....52
SOFTWARE & 8255.....61

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (stepping motor) เป็นอุปกรณ์พวกเชิงกลทางไฟฟ้าที่มีอินพุท(input)เป็นหน่วยของไบนารี่ โวลต์เตจ (binary voltage) และเอาต์พุท (output) มีลักษณะของการเคลื่อนที่แบบเชิงมุม หรือหมุนไปเป็นสเต็ป(แต่ละสเต็ปอยู่ในช่วง 0 ถึง 30 องศา ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์)ตามสัญญาณพลัสที่ป้อนให้กับขดสเตเตอร์ซึ่งจะเกิดแรงดันผลักต่อโรเตอร์หมุนไป แต่ลักษณะของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ จะมีขดของสเตเตอร์อยู่หลายขด ซึ่งเรียกว่า"เฟส" ฉะนั้นเมื่อป้อนสัญญาณ เป็นพัลซ์ ในลักษณะซีเควันของเลขไบนารี่ โดยผ่านวงจรไดเวอร์(driver) จะทำให้โรเตอร์หมุนได้อย่างต่อเนื่อง ตามบล็อคไดอะแกรมตามรูปที่ 1



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณประโยชน์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ในระบบควบคุมตำแหน่งที่ใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ มีข้อดี หลายประการ คือ

-เป็นลักษณะการควบคุมแบบไม่ต้องการการป้อนกลับ ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมความเร็วหรือตำแหน่ง

-ความผิดพลาดเกี่ยวกับตำแหน่งแทบไม่มี และ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์นั้นเคลื่อนที่เป็น สเต็ปด้วยจำนวนองศาที่แน่นอน

-สเต็ปปิ้งมอเตอร์ จะถูกนำมาใช้กับเครื่องมือที่ต้องการความละเอียดแม่นยำและใช้อยู่ในเครื่องมือประเภท ดิจิตอล เช่น เครื่องวาดรูปเครื่องคอมพิวเตอร์นิวเมอริคอลคอนโทรล (Computer Numerical Control) หรือ CNC

-ไม่จำเป็นต้องใช้วงจรแปลง ดิจิตอลเป็นอนาล็อค เมื่ออินเตอร์เฟสกับไมโครคอมพิวเตอร์

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.1.1 เพื่อศึกษาการทำงานสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping motor)

1.1.2เพื่อทดสอบการควบคุม สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping motor)แบบไมโครโปรเซสเซอร์

1.1.3 ออกแบบชุดควบคุม และภาคชุดขับของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping motor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ขอบเขตของโครงการ

1.2.1ทดลองสร้าง ระบบควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์(Stepping motor) แบบใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุม

1.2.2 ระบบควบคุมสามารถปฏิบัติงานทั้งแบบการควบคุมแบบไมโครโปรเซสเซอร์

1.2.3 สามารถควบคุมความเร็วของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ควบคุมตำแหน่ง(position) และควบคุมองศาในการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ได้

1.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1.3.1ศึกษารายละเอียดส่วนประกอบ ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ตลอดจนการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

1.3.2 ศึกษาในส่วนของรายละเอียดของวิธีในการควบคุมแบบใช้ไมโครโปรเซสเซอร์

1.3.3ออกแบบในส่วนการควบคุม แบบใช้ไมโครโปรเซสเซอร์

1.3.4 นำผลการออกแบบ มาทดลองสร้างทั้งในส่วน ฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์

1.3.5ทดสอบการทำงานของส่วน ฮาร์ดแวร์ ส่วนซอฟท์แวร์นั้นทดสอบเป็นส่วน ๆ โดยทดสอบพร้อมกับการสร้าง

1.3.6 นำส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์มาทดสอบร่วมกันและแก้ไข

1.3.7 สรุปผลการทดลอง และ ปัญหาในการทำงานพร้อมทั้งข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 รู้จักประยุกต์และนำความรู้มาใช้และเป็นแนวทางที่จะพัฒนาความรู้ไปใช้ในการควบคุมเครื่องจักรอย่างอื่นในงานอุตสาหกรรม

1.4.2 รู้จักควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์(Stepping motor) แบบการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมซึ่งจะเป็นแนวทางในการพัฒนาไปควบคุมเครื่องจักรแบบต่าง ๆ ที่ใช้งานเกี่ยวกับสเต็ปปิ้งมอเตอร์(Stepping motor)

1.4.3 สามารถนำมาเป็นพื้นฐาน ในการศึกษาและทดลองในการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์(Stepping motor)

1.4.4 สามารถนำโครงการนี้ไปพัฒนาให้ดีขึ้นและนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

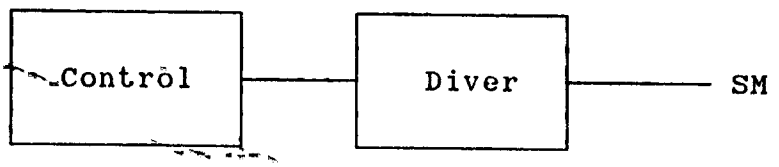
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

ทฤษฎีและหลักการ

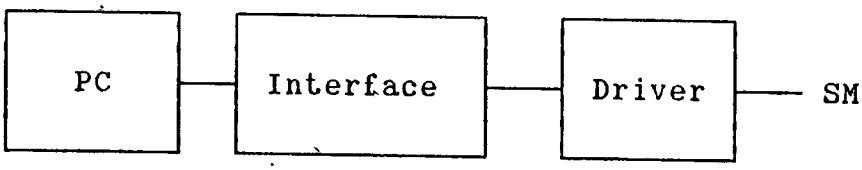
การควบคุม Stepping motor สามารถที่จะควบคุมได้ทั้งแบบ Manual sequency หรือควบคุมได้โดยคำสั่งที่ผ่านมาจาก PC ทั้งนี้เพราะว่า Stepping motor ที่สามารถ ควบคุมตำแหน่งของงาน (position control) ได้ค่อนข้างแน่นอน และง่าย ควบคุมการทำงานแบบ Open Loop Control คือ เป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้มากในงานควบคุมอุตสาหกรรมขนาดย่อม โดยเฉพาะในเครื่องจักรที่ต้องควบคุมตำแหน่งงาน

ลักษณะของโครงสร้างสำหรับชุดควบคุมและชุดขับ Stepping motor สำหรับโครงงานนี้เขียนเป็น Block Diagdram ได้ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้

ในกรณีควบคุมการทำงานโดย PLC (Logic Sequence) หรือ Manual

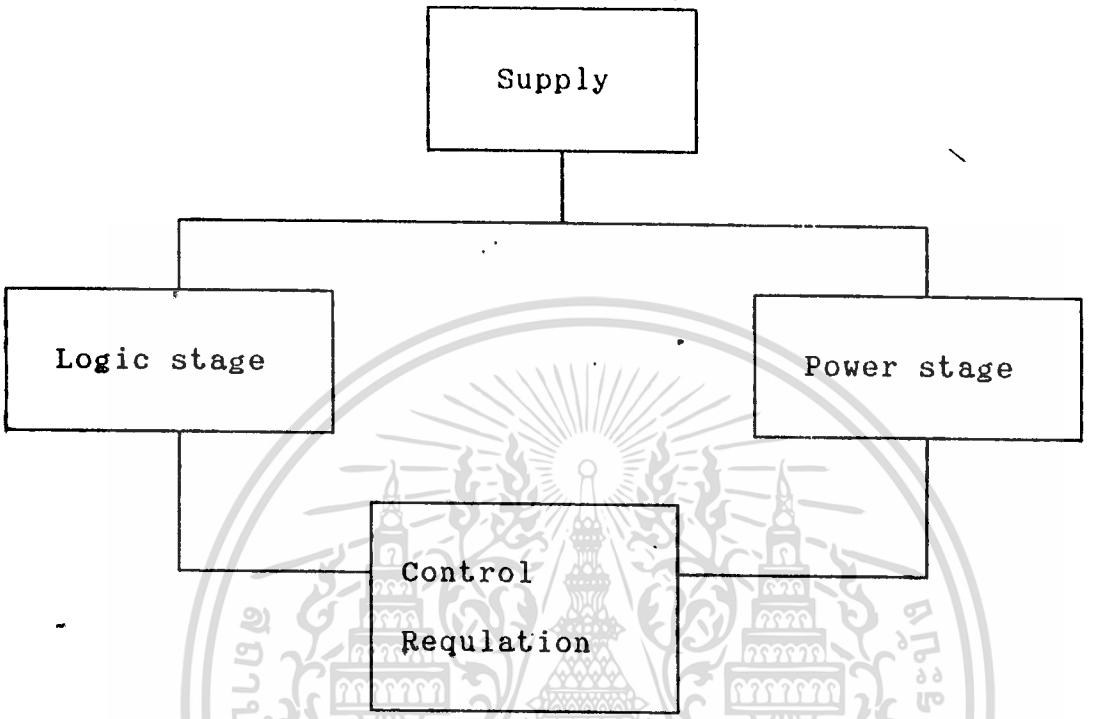


ในกรณี ควบคุมการทำงานด้วยไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์

รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของชุดควบคุมและชุดขับ

ซึ่งจะเห็นว่า Controller ที่จะออกแบบ และสร้างขึ้นนี้จะต้องสามารถควบคุม Manual และ PC ได้ อย่างไรก็ตาม ภายในชุด Controller และ Diver ที่สามารถเขียนเป็น Block Diagram ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมของส่วนควบคุมและชุดขับ

จากการควบคุมทั้งสองกรณี สามารถแบ่งเป็นส่วนใหญ่ ๆ ได้ 2 ส่วน

1. ส่วนของ Hardware (กรณีควบคุมแบบ Manual และ PC)
2. ส่วนของ Solfware (กรณีควบคุมแบบ PC)

2.1 ส่วนของ Hardware

2.1.1 คอมพิวเตอร์ (Computer) เป็นอุปกรณ์นี้ใช้ในการถอดรหัส คำนวณ และสั่งงานคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถที่จะทำงานต่าง ๆ ได้มากมาย ซึ่งการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้นั้นมีข้อดีต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 สเต็ปปิ้งมอเตอร์(Stepping motor)

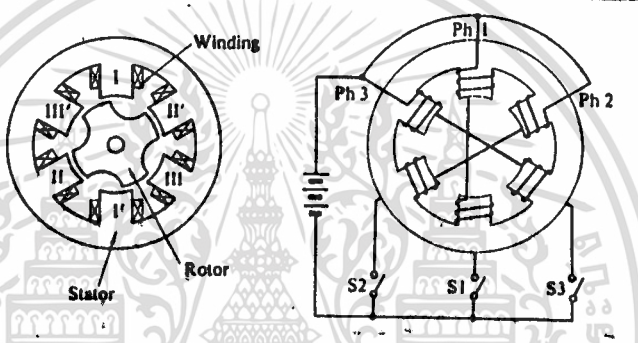
ในปัจจุบันนี้จะเห็นว่าสเต็ปปิ้งมอเตอร์มีใช้อยู่หลาย ๆ งาน เช่นในเครื่องพิมพ์พล็อตเตอร์ x-y,ในแขนกล หรือในเครื่องถ่ายเอกสาร เพราะในสเต็ปปิ้งมอเตอร์ มีข้อได้เปรียบมอเตอร์ไฟตรง (dc. motor) แบบธรรมดา คือสเต็ปปิ้งมอเตอร์มีการควบคุมแบบลูปเปิด(open Loop)ทำให้งานต่อ การควบคุม และเรายังสามารถที่จะรู้ตำแหน่งที่แน่นอนจึงมักเลือกใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์

การควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ส่วนใหญ่ใช้ คอมพิวเตอร์ หรือชิงเกิ้ลบอร์ดควบคุม โดยจะทำชุดต่อเชื่อม(interface)ระหว่างคอมพิวเตอร์กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ และจะต้องมีซอฟแวร์เพื่อควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ และจะต้องมีซอฟแวร์เพื่อควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ได้แน่นอนถูกต้องและมีความละเอียดสูงมาก

<u>โครงสร้างและหลักการทำงานของ Stepping motor</u>

ภายในสเต็ปปิ้งมอเตอร์ประกอบด้วย สเตเตอร์ (stator),โรเตอร์ (rotor)และขดลวด (coil) ประกอบเข้าด้วยกันดังรูปที่ 2.3

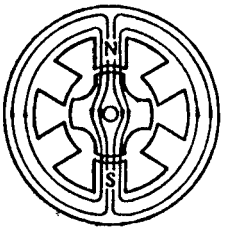
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

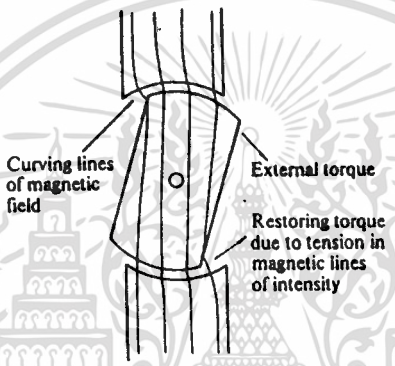


รูปที่ 2.3 โครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เนื่องจากสเต็ปปิ้งมอเตอร์โรเตอร์เป็น เหล็กอ่อน ซึ่งมีคุณสมบัติที่พยายามปรับตัวเองในแนวที่เส้นแรงแม่เหล็กผ่านมากที่สุด ดังใน รูปที่ 2.4 เมื่อเกิดเส้นแรง แม่เหล็กขึ้นที่ตัวสเตเตอร์ ผ่านโรเตอร์ผ่านโรเตอร์ ตัวโรเตอร์ก็จะพยายามปรับตัวเองให้เส้นแรงแม่เหล็กผ่านมากที่สุด โดยการหมุนตัวเอง ทำให้เคลื่อนที่ไปเกิดมุมของการหมุน เมื่อเส้นแรงแม่เหล็กที่ตัดผ่านตัวมันถึงจุดมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





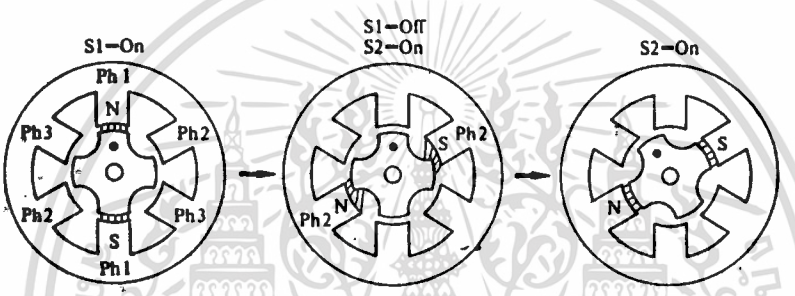
รูปที่ 2.4 เส้นแรงแม่เหล็กที่ทำให้เกิดแรงบิด

การทำให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนนั้นทำได้ โดยอาศัยหลักการนี้ แต่ต้องให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้น โดยรับช่องต่อกันไปเรื่อยๆ ดังรูปที่ 2.5 ก ข และ ค ซึ่งแสดงถึงการหมุนของมอเตอร์โดยมีทิศทาง ขึ้นอยู่กับการขับกระแสเข้าขดลวด ว่าจะให้ไปทางไหนและเมื่อต้องการให้มอเตอร์หยุดก็ โดยที่ขับโรเตอร์ มอเตอร์ก็จะหยุด ณ ตำแหน่งสุดท้ายที่มีทิศทาง ขึ้นอยู่กับการขับกระแสเข้าขดลวดว่าจะให้ไปทางไหน และ เมื่อต้องการให้มอเตอร์หยุดก็โดยการขับโรเตอร์ มอเตอร์ก็จะหยุด ณ ตำแหน่งสุดท้ายที่มีการขับที่สเตเตอร์ ดังนั้นเราจึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถ รู้ตำแหน่งของมอเตอร์ได้ โดยการนับจำนวนพัลซ์ ที่ป้อนให้มอเตอร์ โดยใช้สูตร

มุมที่เปลี่ยนไป= ค่ามุมต่อสเต็ป * จำนวนพัลซ์ที่ป้อนให้

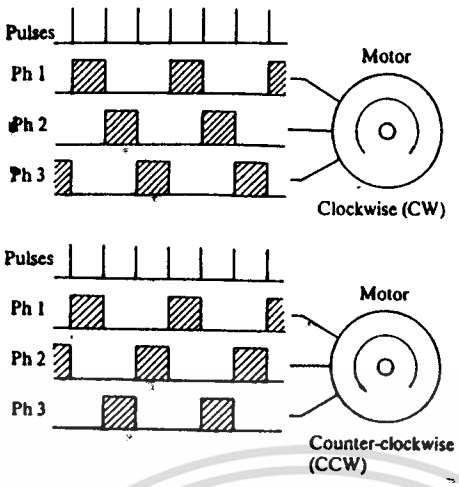


รูปที่ 2.5 แสดงการเคลื่อนที่ทีละสเต็ป เมื่อกระตุ้นเฟส 1 เฟส 2

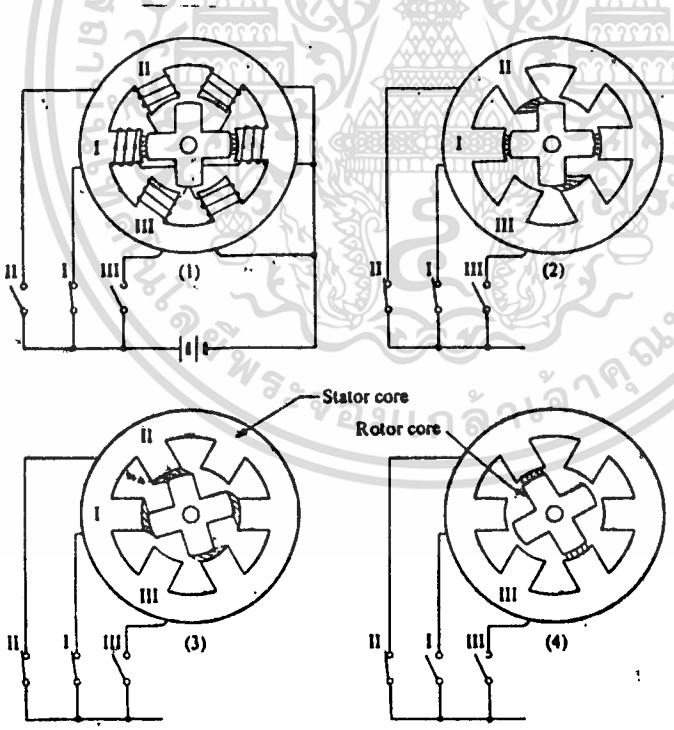
2.1.3 การกระตุ้นเฟสสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ดังที่รู้แล้วว่าในการให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนได้นั้น จะต้องกระตุ้นเฟสของขดลวดสเตเตอร์ให้เรียงกันไปเรื่อยๆ ทางใดทางหนึ่ง ถ้าต้องการให้กลับ ก็กระตุ้นเฟสในทิศทางกลับกัน ดังรูปที่ 2.6 และ การทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงการกกระตุ้น แบบเดินหน้าและถอยหลัง

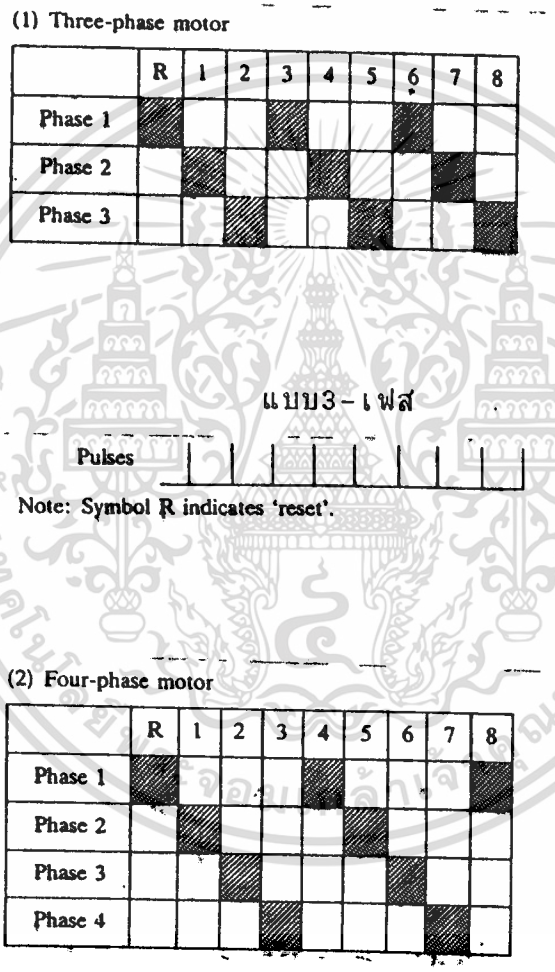


รูปที่ 2.7 แสดงการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระตุ้นของสเตเตอร์ [illegible] แบบ

ก) การกระตุ้นเฟสเดียว แบบ single phase excitation ดัง- รูปที่ 2.8



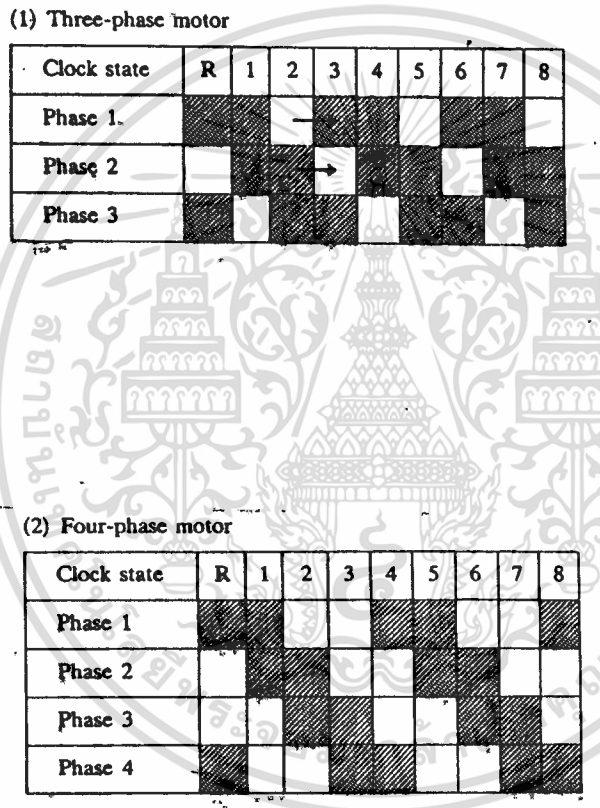
รูปที่ 2.8 การกระตุ้นเฟสแบบเฟสเดียวของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ 3 เฟสและ4-เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033249

การกระตุ้นแบบนี้ ซึ่งจะมีแรงบิดน้อยกว่าการ กระตุ้นแบบ 2 เฟส และการเข้าตำแหน่งจะช้ากว่าแบบ 2 เฟส

ข) การกระตุ้นสองเฟสเรียกว่า แบบ two phase excitation ดัง รูปที่ 2.9



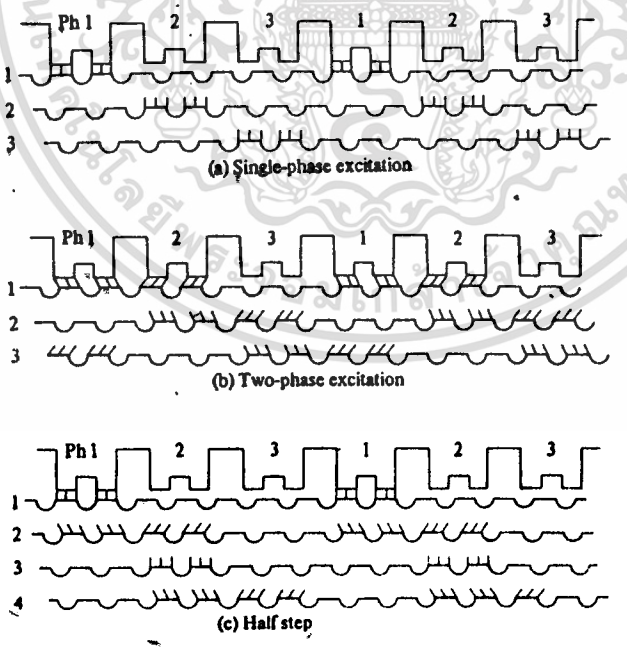
รูปที่ 2.9 การกระตุ้นแบบสองเฟสของสเต็ปมอเตอร์ 3- เฟส และ 4-เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระตุ้นแบบสองเฟสนี้ มอเตอร์จะมีแรงบิดดีกว่าการกระตุ้นแบบเฟสเดียวและสามารถเข้าตำแหน่งได้เร็วกว่า แบบ 1-เฟส

ค). การกระตุ้นโดยใช้แบบ 1 และ 2 เฟส สลับกลับกัน เรียกว่าแบบ one-two phase excitation หรือแบบ hafe step operation ดังรูปที่ 2.10

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



รูปที่ 2.10 การกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ปของมอเตอร์แบบ 3-เฟส และ 4-เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการต่อแบบนี้ จะให้แรงบิดดีกว่า 1- เฟส และ 2- เฟส แต่การเข้าตำแหน่ง จะช้ากว่าแบบ 1-เฟส และ2-เฟส

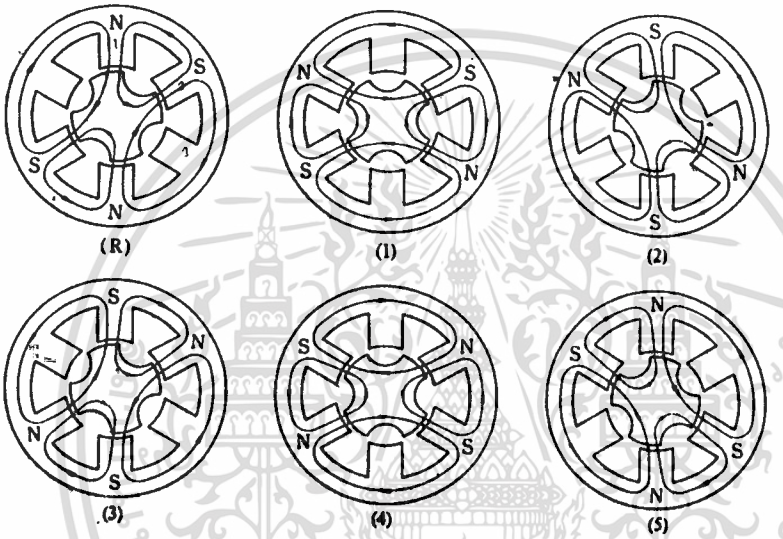
ในการขับแบบกระตุ้น 2 เฟส เส้นแรงแม่เหล็ก จะไม่ผ่านแกนเหล็กเป็นเส้นตรงเลยทีเดียว . เหมือนกระตุ้นแบบเฟสเดียวเหมือนกระตุ้นแบบเฟสเดียว แต่จะวกกลับมาทางด้านข้าง ดังรูปที่ 2.11 และเส้นแรงแม่เหล็กส่วนหนึ่งมาจากแกนตรงกันข้ามดังรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.11 เส้นแรงแม่เหล็กเมื่อขับแบบ 2 เฟส

การขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบกระตุ้น 2 เฟสนี้ จะมีลักษณะเดียวกันกับ การขับแบบกระตุ้นเฟสเดียวแต่ละครั้งนั้นจะต้องกระตุ้นทีเดียวพร้อมกันทั้ง 2 เฟส จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างกันก็ตรงที่การขับแบบ 2 เฟส จะต่างกันก็ตรงที่การขับแบบ 2 เฟส เข้าตำแหน่งแต่ละสเต็ปได้เร็วกว่าแบบ เฟสเดียว และแรงบิด มากกว่าแบบเฟสเดียวด้วย



รูปที่ 2.12 ลักษณะเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อขับแบบ 2เฟส

2.1.4 การเกิดการออสซิสเลตของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ความเร็วของการหมุนสเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นแบบลิเนียร์กับความถี่ที่ป้อนให้ สเต็ปปิ้งมอเตอร์แต่เราป้อนความถี่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงความถี่ค่าหนึ่ง สเต็ปปิ้งมอเตอร์ก็จะหยุดหมุน เนื่องจากการที่โรเตอร์หมุนตามฟลักซ์แม่เหล็กไม่ทัน เราเรียกว่ามอเตอร์เกิด การออสซิลเลต ที่ความถี่ประ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาณ 500 Hz. ในการขับกระตุ้น 1 หรือ 2 เฟส และจะมีความถี่ประมาณ 1 KHz. เมื่อขับแบบครึ่งสเต็ป

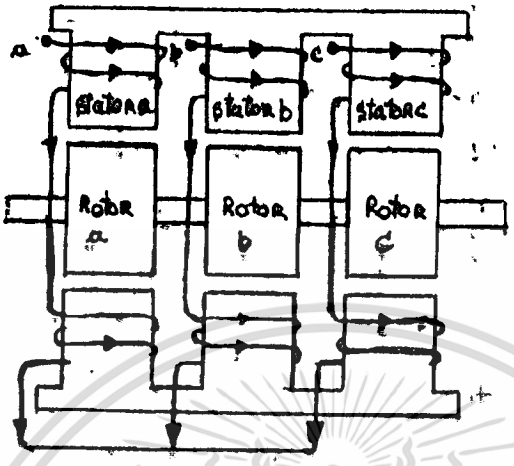
แต่เมื่อลดความถี่ให้ต่ำ ลงมอเตอร์จะไม่หมุนทันที และเมื่อความถี่ประมาณความถี่หนึ่ง มอเตอร์จึงเริ่มหมุนอีกครั้ง นั้นคือ มอเตอร์มี อีสเทอรีซิสชิ้ง มอเตอร์จะเริ่มหมุนที่ความถี่ประมาณ 200Hz.ในการขับแบบ 1 หรือ 2 เฟส และมีความถี่ประมาณ 1 KHz.เมื่อขับแบบครึ่งสเต็ป

ปัจจุบัน สเต็ปปิ้งมอเตอร์ได้ถูกนำมาใช้ได้อย่างกว้างขวางทำให้มีผู้ผลิตออกหลายชนิดด้วยกัน แต่จะกล่าวถึงคุณสมบัติการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางเพียง 2 ชนิด

1) วาริเอเบิ้ลรีลัคแตนซ์สเต็ปปิ้งมอเตอร์(variiablen reluxtance stapping motor)

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้โรเตอร์จะทำด้วยเหล็กอ่อน ประกอบด้วยสเตเตอร์หรือโรเตอร์ 3 ตอน (stack) โดยสเตเตอร์จะติดอยู่กับโครงของตัวมอเตอร์ และ โรเตอร์จะติดอยู่กับแกนในรูปที่ 2.13

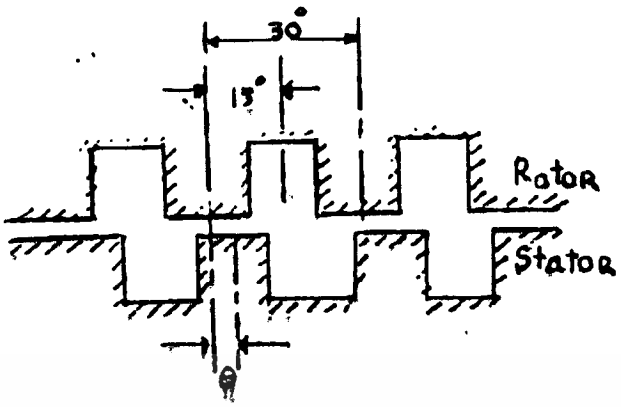
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ภาคตัดตามแนวแกนของสเตปปิ้งมอเตอร์แบบ 3 ตอน

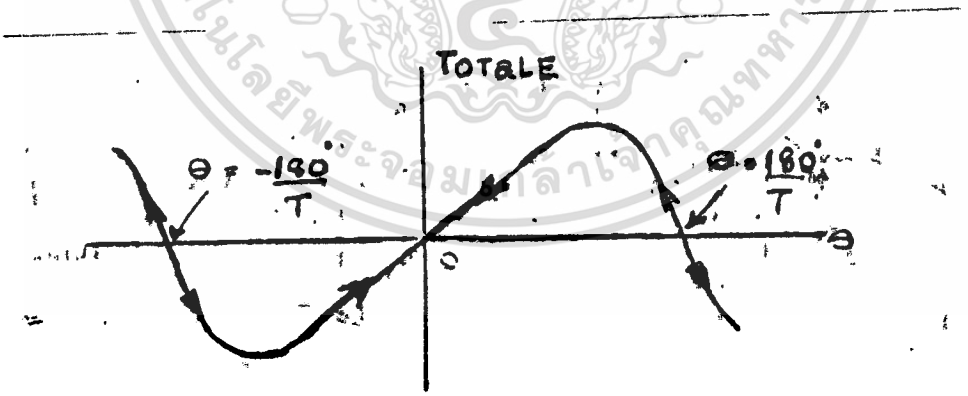
ส่วนลักษณะทางด้านตัดขวางจะเห็นว่าโครงสร้างทั้งของสเตเตอร์ และโรเตอร์จะมีซี่ฟันและขนาดเท่ากันดังแสดงในรูปที่ 2.13 เพื่อจะสามารถยึดเหนี่ยวกันได้ในแนวเส้นตรงซึ่งเกิดค่ารีลัคแตนซ์น้อยที่สุดขณะที่สเตเตอร์ถูกกระตุ้นแต่ละครั้งโรเตอร์จะเคลื่อนที่ไปเป็นมุม 360 องศา/ t (t=จำนวนซี่ฟันของสเตเตอร์) แต่ในการปฏิบัติจะเกิดสเตติคทอร์ค (static torque) ขึ้นบนโรเตอร์ซึ่งค่าสเตติคทอร์คนี้จะขึ้นอยู่ค่าของมุมที่แบบไปจาก สมมาตรของสเตเตอร์-โรเตอร์เป็นมุม 1 ดังแสดงในรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 แสดงการเหนี่ยวนำของซี่ฟันสเตเตอร์กับโรเตอร์

ค่ามุม นี้จะเกิดอยู่ระหว่าง = 0 ถึง 360/2t ลักษณะของเส้นกราฟสเตติคทอร์คต่อมุม 1 ตอนของสเตเตอร์ แสดงดังในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ลักษณะของเส้นกราฟสเตติคทอร์ที่มุม สำหรับ 1 ตอนของสเตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งที่ = 0 องศา คือ ตำแหน่งที่มีเสถียรภาพและตำแหน่งที่ ค่าใดๆจะเป็นที่ไม่เสถียรภาพซึ่งจะมีแรงดึงเนื่องจากสนามแม่เหล็กเข้าหากันจนทำให้ริลัคแตนซ์ระหว่างสเตเตอร์กับโรเตอร์อยู่ในแนวสมมาตรกันพอดี

ถ้าในสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีสเตเตอร์ 3 ตอน แล้วจะมีมุมสเต็ป = n หรือใน n ตอน จะมีสเต็ป = 360/ nt และn= จำนวนตอนของสเตเตอร์กับโรเตอร์

2) สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบถาวรโรเตอร์จะทำจากแม่เหล็กคุณสมบัติการทำงานจะคล้ายของถาวรริเอเบิ้ล รีลัคแตนซ์ แต่จะเกิดแรงยึดแม้ว่าจะไม่มีการกระตุ้น

2.1.5 วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์(Stepping motor)Driver Circuit

สำหรับวงจรสเต็ปปิ้งมอเตอร์ในภาคนี้มีสิ่งต่างๆ ที่จะต้องทำการศึกษาและการออกแบบ มีดังนี้

ก) ปัญหาเกี่ยวกับวงจรไดรเวอร์

ขดลวดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นอินดัคทีฟ และมีค่าเปรียบเสมือนผลรวมของอินดัคแตนซ์ อนุกรมกับ ความต้านทาน ดังนั้นการออกแบบ วงจรไดรเวอร์ เราต้องคำนึงถึงสภาวะในกรณีวิกฤตของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ เพาว์เวอร์ทรานซิสเตอร์และซัพพลายโวลเตจ พารามิเตอร์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะแปรไป ตามข้อผ่านผันให้ของผู้ผลิต และสภาวะการทำงาน เนื่องจากสเต็ปปิ้งมอเตอร์ได้รับการออกแบบให้ส่งเพาเวอร์ได้สูงที่สุดจากขนาดที่เล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุด ดังนั้นอุณหภูมิของโครงร่างสเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถมีค่าสูงได้ถึง 100 องศาเซ็นติเกรด ซึ่งความต้านทานของขดลวดจะมีค่าเพิ่มได้ 20 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์

ข) ซัพเพรสเซอร์(suppressor)

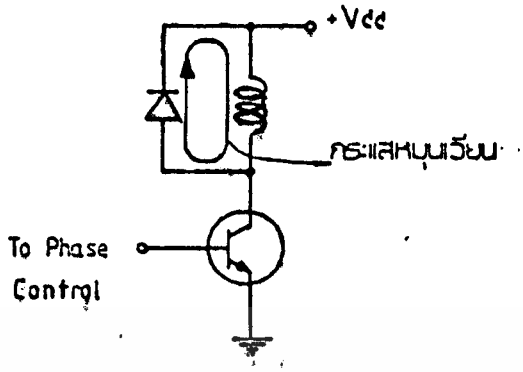
เมื่อทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแส จะทำให้เกิดโวลเตจค่าสูงจำนวนหนึ่ง เนื่องจาก อัตราการเปลี่ยนของกระแสในอินดัคแตนซ์ มีค่า L(di/dt)และโวลเตจนี้อาจจะเป็นอันตรายแก่ทรานซิสเตอร์ได้ วิธีการลดค่าโวลเตจที่มียอดแหลม และการป้องกันไม่ให้ทรานซิสเตอร์เสียหายกระทำได้หลายวิธี ดังต่อไปนี้

ไดโอดเพรสเซอร์

ถ้าเราใส่ไดโอดขนานกับขดลวดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ในทิศทางที่แสดงตามรูปที่ 2.16 กระแสหมุนเวียน(Circulating Current) จะเริ่มไหลหลังจากทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแส และกระแสนี้จะลดลงตามเวลาในรูปแบบนี้ กระแสที่ไหลในช่วงการหยุดนำกระแสของทรานซิสเตอร์ จะเปลี่ยนแปลงไม่มาก และศักย์ดาของคอลเลคเตอร์จะเท่ากับศักย์ดาของแหล่งจ่าย (E) บวกกับศักย์ดาตกคร่อมไดโอด

วิธีการนี้เป็นวิธีที่ง่าย แต่มีข้อเสียที่ว่ากระแสหมุนเวียนจะคงทนอยู่ได้เป็นเวลายาวนาน และกระแสนี้จะทำให้เกิดแรงบิดห้ามล้อ (Breaking Torque)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 แสดงวงจรไดโอดชีพเพรสเซอร์

ไดโอดและรีซีสเตอร์ชีพเพรสเซอร์

วิธีการนี้เราต่อความต้านทานอนุกรมกับไดโอดดังแสดง ในรูปที่ 2.17 เพื่อให้กระแสหมุนเวียนลดลงได้อย่างรวดเร็ว โวลท์เตจ V_{cc} ที่ป้อนเข้าคอลเลคเตอร์ในช่วงหยุดนำกระแสของรูปวงจรนี้จะเท่ากับ

$$V_{cc} = E + IR_{-} + V_{df}$$

เมื่อ E = ศักย์ดาของแหล่งจ่ายไฟ

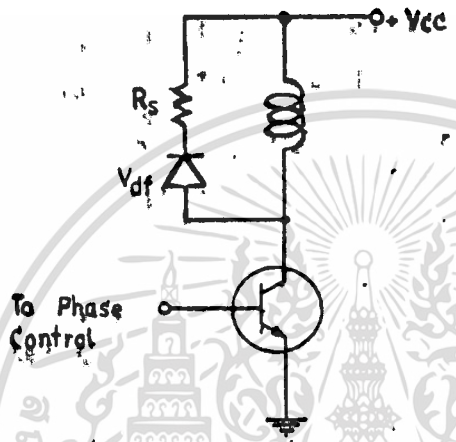
I = กระแสไหลก่อนที่ทรานซิสเตอร์จะหยุดนำกระแส

R_{-} = ความต้านทานของตัวชีพเพรสเซอร์รีซิสเตอร์

V_{df} = ศักย์ดาตกคร่อมไดโอดเมื่อไดโอดนำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้านทาน R_s มีค่าสูงขึ้นจะทำให้กระแสลดลงได้เร็วขึ้นหลังจากการทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแส แต่ศักย์ดาของคอลเลคเตอร์จะมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นค่าโวลท์เตจสูง สุดของทรานซิสเตอร์จำเป็นต้องมีค่าสูงขึ้น เพื่อให้กระแสหมุนเวียนลดลงได้อย่างรวดเร็ว



รูปที่ 2.17 แสดงวงจรไดโอดและรีซิสเตอร์ซัพเพรสเซอร์

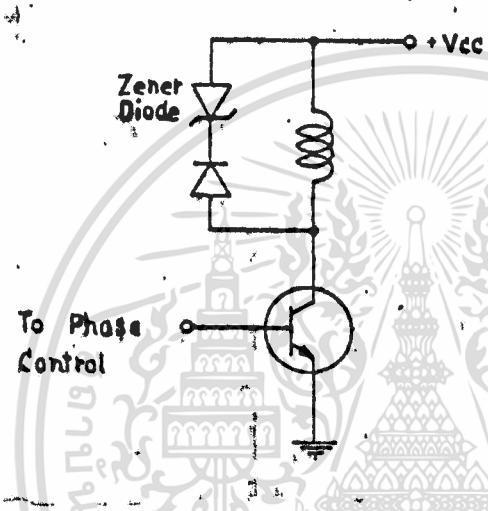
ซีเนอร์ไดโอดซัพเพรสเซอร์

เรามักจะใช้ซีเนอร์ไดโอด ต่ออนุกรม กับ ไดโอดธรรมดา ดังแสดงในรูปที่ 2.18 เมื่อเปรียบเทียบกับ วงจรซัพเพรสเซอร์สองกรณีที่แล้ว กระแสหมุนเวียนในวงจรนี้จะลดลงได้เร็วกว่า หลังจากที่ทรานซีสเตอร์หยุดนำกระแส นอกจากนี้ วงจรยังมีข้อได้เปรียบ คือ ศักย์ดาของซีเนอร์ ซึ่งเป็นอิสระต่อกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนเด็นเซอร์ซัพเพรสเซอร์

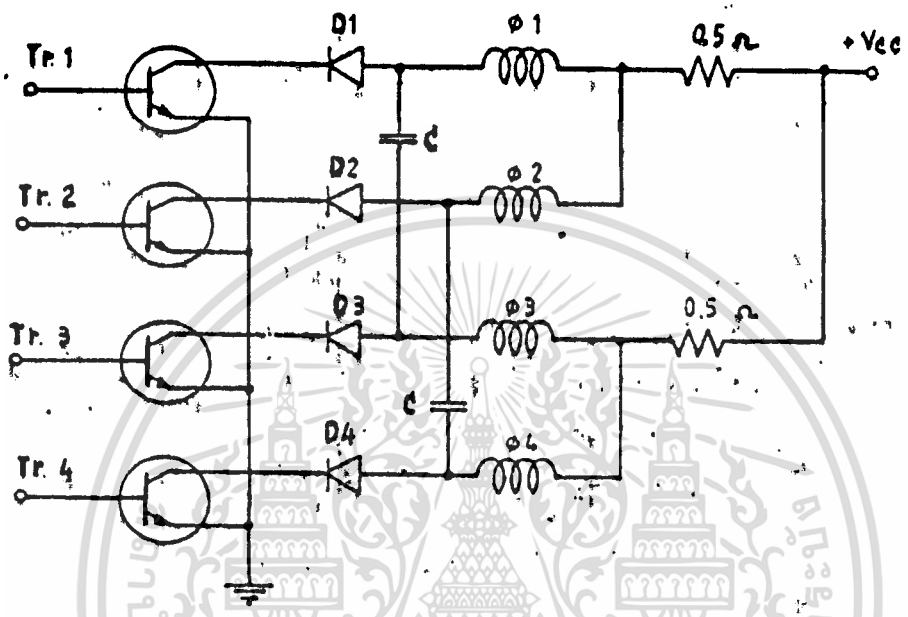
วงจรในรูปแบบนี้มักจะนิยมใช้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบไบฟิลาร์เวานด์ (Biverlar Wound)



รูปที่ 2.18 แสดงวงจรซีเนอร์ไดโอดซัพเพรสเซอร์

ดังแสดงในรูปที่ 2.19 ซึ่งเป็นวงจรไดรเวอร์สำหรับ 4 เฟสเราจะใส่คอนเด็นเซอร์ไว้ระหว่างเฟส 1 กับเฟส 3 และระหว่างเฟส 2 กับเฟส 4 คอนเด็นเซอร์ทั้งสองตัวใช้ประโยชน์ได้ 2 ลักษณะคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แสดงวงจรไดรเวอร์แบบคอนเด็นเซอร์ชัพเพรสเซอร์

การที่วงจรนี้ใส่คาปาซิเตอร์ ที่ต่อระหว่าง เฟส1 กับ เฟส3 และ เฟส2 กับเฟส4 เพราะการส่งพัลซ์ที่เฟสของมอเตอร์ ที่เฟส1 และ เฟส3 จะทำให้เกิดผลต่าง ของศักดาไฟฟ้าระหว่างเฟส1 กับเฟส3 มีผลทำให้กระแสไหลวนในขดลวดเฟส ดังนั้นคาปาซิเตอร์ที่ต่อระหว่าง เฟส3 และเฟส4 ก็เช่นเดียวกัน

1) เมื่อทราบชิสเตอร์หยุดนำกระแส คอนเด็นเซอร์จะต่อกับทรานชิสเตอร์โดยผ่านทางไดโอด และจะดูดกลืนกระแสที่ค่อย ๆ ลดลงจากขดลวดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์เพื่อป้องกันทรานซิสเตอร์ ไม่ให้รับอันตราย

2) ใช้คอนเด็นเซอร์เป็นตัวแด้มเปอร์ไฟฟ้า (Electrical Damper) คือช่วยลดความร้อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการออสซิเลทของโรเตอร์ คอนเด็นเซอร์ซัพเพรสเซอร์ เหมาะสำหรับวงจรไดรเวอร์ ที่มีสเต็ปปิ้งเรท (Stepping Rate) ถูกจำกัดอยู่ในย่านแคบ ๆ เพราะขดลวดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ที่พันอยู่ติดกันจะทำให้เป็นค่าคาปาซิเตอร์เมื่อมีสัญญาพัลซ์เข้ามาที่เฟสของขดลวด จะมีผลทำให้เกิดการสะสมของแรงดันค่าหนึ่ง เมื่อมีพัลซ์มาเข้าเฟสเดิม อีกก็จะทำให้แรงดันเพิ่มขึ้นเนื่องจาก ค่าคาปาซิเตอร์ของขดลวดทำให้เกิดแรงดัน Over shoot เกิดขึ้นทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหายได้ สำหรับโครงงานส่วนมาก จะใช้การซัพเพรสเซอร์แบบคอนเด็นเซอร์ซัพเพรสเซอร์โดยอธิบายการทำงานในหัวข้อข้างบนนี้ที่ผ่านมา

ค. วงจรการควบคุมงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เป็นวงจรที่ใช้ขับ สเต็ปปิ้งมอเตอร์เพื่อให้สามารถเคลื่อนที่คือ หมุนตามหรือทวนเข็มนาฬิกาได้ ซึ่งลักษณะการเคลื่อนที่จะเป็นสเต็ป ๆ โดยการป้อนสัญญาพัลซ์ที่เหมาะสมแรงดันไฟที่ป้อนให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ทำงานนั้นจะมีลักษณะพัลซ์และมีกระแสไฟฟ้าที่ไหลมาก การที่จะใช้รีเลย์เป็นตัวจ่ายสัญญาณดังกล่าวให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ไม่ดีเท่าที่ควร เพราะจะเกิดประกายไฟที่หน้าคอนแทคและเกิดเสียงดัง ซึ่งจะดังติดต่อกันตลอดเพราะสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้ในงานนี้มีมุมในแต่ละสเต็ปเท่ากัน 2 องศา ซึ่งละเอียดมากรวมทั้งการเปิดและปิดวงจรของตัวรีเลย์ไม่สามารถที่จะทำงานได้ทัน เพื่อแก้ปัญหานี้จึงใช้ทรานซิสเตอร์มาทำหน้าที่เป็นสวิทช์แทน ลักษณะของวงจรภาคขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ จะกล่าวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 การรักษาระดับแรงดันให้คงที่ (Voltage Regulators)

จุดมุ่งหมายของการรักษาระดับแรงดันให้คงที่ ก็คือ การรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ แม้ว่ากระแสของโหลดเอาต์พุต ระดับแรงดันอินพุต หรือ ทั้งสองอย่าง มีการเปลี่ยนแปลงไปก็ตาม ปัญหาเบื้องต้นของการรักษาระดับซึ่งก่อให้เกิดความยุ่งยากกับอุปกรณ์เครื่องใช้ภายในบ้าน ซึ่งมีอยู่หลายสาเหตุ ปัญหาแรกได้แก่ การเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลงๆ ได้ถึง 20เปอร์เซนต์ หรือในแบตเตอร์รี่รถยนต์ ระดับแรงดันสามารถเปลี่ยนแปลงได้ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโดยปกติจะเปลี่ยนแปลง 20-25 เปอร์เซนต์ การเปลี่ยนแปลงแรงดันของแบตเตอรี่อย่างมากมายนี้จะก่อให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ เช่น เครื่องเสียงที่ติดตั้งอยู่ภายในรถยนต์

ส่วนสาเหตุประการที่สองของการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันเอาต์พุต ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของกระแสโหลดรากแท้ของปัญหาได้แก่ ไม่มีแหล่งจ่ายไฟทุกชนิดจะมีค่าความต้านทานภายใน บางครั้งเรียกว่าความต้านทานของแหล่งจ่ายไฟ (Source resistance : Rs)ปัญหาในเรื่องค่าความต้านทานภายในนี้แสดงให้เห็นในรูปที่ n โดย Rs จะต่ออนุกรมอยู่กับแหล่งจ่ายไฟ V1

เมื่อไม่มีกระแสเอาต์พุตไหล ระดับแรงดันเอาต์พุต VO จะมีค่าเท่ากับ V1 แต่เมื่อเกิดการไหลของกระแสเอาต์พุต ก็จะเกิดแรงดัน (เท่ากับ 1 x r$) ตกคร่อมความต้านทานภายในของ แหล่งจ่ายไฟ ภายใต้สภาวะเช่นนี้ ค่าความต่างศักย์ที่เป็นจริงของ เอาต์พุต (VO)

$$VO = v-(l_o*R_{-},$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถสรุปได้ว่าการจะรักษาให้ระดับแรงดันเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงไปน้อยที่สุดก็โดย

ก) พยายามรักษาค่า I_o ให้คงที่ (ซึ่งเป็นไปได้ไม่เสมอไป)

ข) ลดค่าความต้านทาน R_s ให้น้อยที่สุด ซึ่งเป็นวิธีการที่แพงมากและส่วนใหญ่จะเป็นไปไม่ได้)

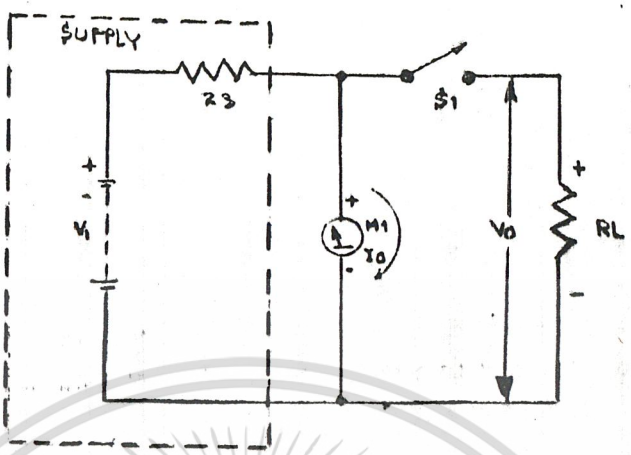
ค) จัดหาวงจรรักษาระดับแรงดันซึ่งเป็นวิธีการที่สมเหตุสมผลมากที่สุด

ค่าเปอร์เซ็นต์ของการรักษาระดับแรงดัน (Percentage of regulation : %REG เป็นวิธีการวัดค่าการรักษาระดับแรงดันและหาได้จากสมการดังนี้

$$\% \text{ REG} = (100)(V_o - V_{lmax})/V_o$$

เมื่อ V_o เป็นระดับแรงดันเอาต์พุตเมื่อไม่มีโหลด และ V_{lmax} เป็นระดับแรงดันเอาต์พุต เมื่อแหล่งจ่ายไฟจ่ายกระแสออกไปสูงที่สุดเต็มขีดจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 ค่าความต้านทานภายใน (RS) ขนาดต่ำ ๆ เพื่อให้แน่ใจว่า การออกแบบการ รักษาระดับแรงดันทำได้ดีภายใต้เงื่อนไขซึ่งค่าของ RlL เปลี่ยนแปลงไปมาก

1) วงจรรักษาระดับแรงดันที่ใช้ไอซี

มีเพียงไม่กี่คนที่ยังคงออกแบบ วงจรรักษาระดับแรงดัน แบบใช้อุปกรณ์แยกชิ้น(discrete) เนื่องจากปัจจุบันนี้มีวงจรรักษาระดับแรงดันที่ทำมาจากวงจรรวม หรือวงจรไฮบริด (hybrid regulator) ที่มีความเชื่อถือได้สูง จำหน่ายมากมาย อุปกรณ์เหล่านั้นบางตัวก็เป็นแบบง่าย ๆ ในขณะที่บางชนิดก็มีความสลับซับซ้อนมาก อุปกรณ์เหล่านี้มีขายในย่านกระแสจาก 100 มิลลิแอมป์ถึง 35 แอมป์ และระดับแรงดันไฟตรงจาก 2 โวลต์ถึง 24 โวลต์

อุปกรณ์บางตัวจะมีขั้วต่อเพียง 3 ขั้ว (อินพุต เอาต์พุตและขาร่วม) และมันจะทำงานให้ระดับแรงดันค่ามาตราฐานออกมาคงที่ ในขณะที่บางตัวจะมีขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมากกว่านี้ และสามารถปรับค่าแรงดันได้ การบรรจุอุปกรณ์ลงในตัวถังจะเริ่มจากตัวถังของทรานซิสเตอร์แบบ 3 ขา (ประกอบด้วยตัวถังแบบ TO-5, TO-3 และ แบบ TO-220) จนกระทั่งถึงตัวถังแบบ ดีนตะขาบ (DIP)และตัวถังโลหะตัวถังแบบไอซี จนกระทั่งถึง ตัวถังแบบพิเศษที่ทำมาโดยเฉพาะ

โดยทั่วไป ไอซีรักษาระดับแบบ 3 ขา จะทำงานระดับแรงดันอินพุตจาก (v+3 โวลต์จนถึง 35 หรือ 40 โวลต์) สำหรับวงจรรักษาระดับแรงดันขนาด +5โวลต์ จะต้องการระดับแรงดันทางด้านอินพุตเท่ากับ 7 ถึง 8 โวลต์ ซึ่งก็เป็นเหตุผลที่ทำไมบัสของไมโครคอมพิวเตอร์แบบ s-100 ใช้ระดับแรงดัน 8 โวลต์ (ยังไม่ได้รักษาระดับแรงดัน)ที่บัสแหล่งจ่ายไฟหลัก เนื่องจากหม้อแปลงจุดไส้หลอดขนาด 6.3 โวลต์ อาร์เอ็มเอสจะสามารถจ่ายระดับแรงดันที่ถูกต้องถ้าใช้วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์เต็มคลื่นและใช้วงจรกรองกระแสขนาด 10000 ไมโครฟาร์ดต่อแอมแปร์

สำหรับไอซีที่ใช้รักษาระดับแรงดันแบบตัวถัง 3 ขา ส่วนใหญ่แล้ว ตัวเลขที่บอกชนิดจะบอกเราถึงบางสิ่งบางอย่างที่เกี่ยวกับคุณสมบัติของมันยกตัวอย่าง เช่น อัตราการทนกระแสโดยประมาณและให้ระดับแรงดันบวกหรือลบ

ตัวเลขที่พิมพ์อยู่บนตัวถังแต่ละตัวนั้น จะบอกเราถึงขั้วของแรงดันที่ไอซีนั้นจะให้มีอยู่ 2 กลุ่มหลัก ๆ คือ แบบไฟบวกและแบบไฟลบ โดยจะกำหนดเป็นตัวเลขอยู่ 4 แบบ คือ

แบบให้แรงดันบวก :78xx และ LM34oNXX

แบบให้แรงดันบวก :79XX และ LM320NXX

สำหรับทั้ง 4 กรณี ค่า XX จะระบุถึงระดับแรงดันเอาต์พุต ยกตัวอย่างเช่น เบอร์ 7805 และ LM340N05จะเป็น ไอซีรักษาระดับแรงดัน 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โวลต์ ในขณะที่เบอร์ 7812และ LM340N12 จะเป็นไอซีรักษาระดับแรงดันขนาด 12 โวลต์

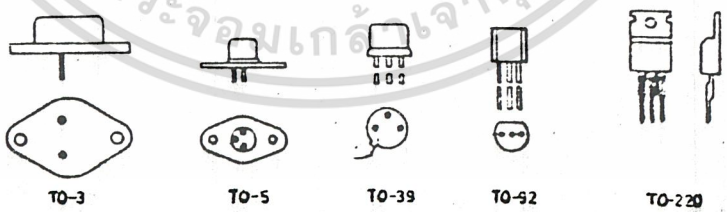
ส่วนตัวอักษร N นั้น จะระบุถึงแบบของตัวถังที่บรรจุอยู่ และจะบอกโดยอ้อมถึงอัตราการทนกระแสโดยประมาณ โดยชื่อตัวถังที่ตั้งขึ้นมาได้แก่

H จะหมายถึง ตัวถังแบบ TO-5 จะจ่ายกระแสได้ประมาณ 100 MA

K จะหมายถึง ตัวถังแบบ TO-5 จะจ่ายกระแสได้ประมาณ 1 A*

T จะหมายถึง ตัวถังแบบ TO-220 จะจ่ายกระแสได้ประมาณ 750 MA

หมายเหตุ * หมายถึง ใช้งานในสภาพแวดล้อมที่เป็นอากาศ ซึ่งจะจ่ายกระแสได้สูงกว่านี้ โดยใช้แผ่นระบายความร้อนที่เหมาะสม หรือใช้พัดลมช่วยเป่า ตัวถังแบบ TO-3 สามารถมีอัตราทนกำลังได้ 3.5 และ 10 แอมป์ แต่ส่วนใหญ่แล้วจะทนได้สูงสุด 1 แอมป์



รูปที่ 21.1ไอซีรักษาระดับแรงดันแบบ 3 ขา หลายชนิดบรรจุอยู่ ในตัวถังทรานซิสเตอร์ และไอซีทั่วไปตัวถังแบบที่เห็นกันอยู่บ่อย ๆ แสดงให้เห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

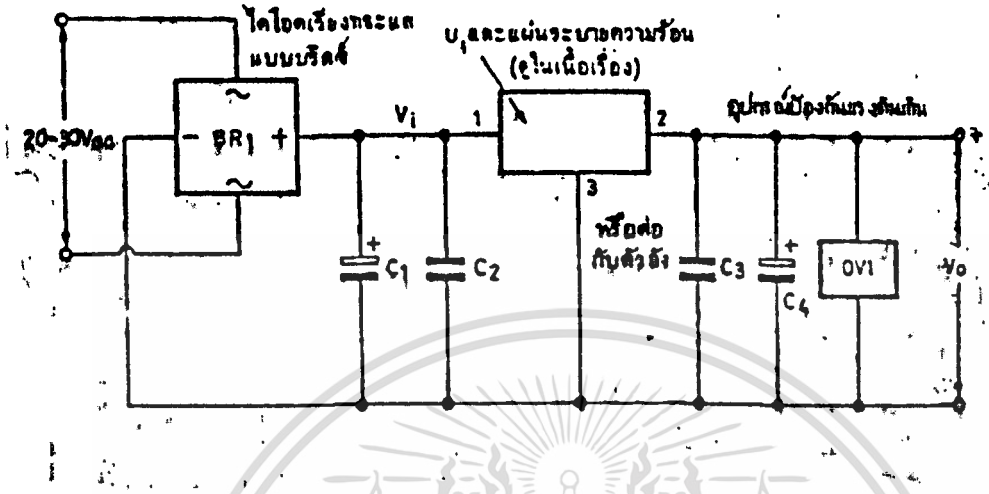
ซึ่งกำหนดด้วยตัว เลขบอกชนิดของตัวถังตัวถังแบบ TO-3 นี้ตัวถังมันจะเป็นส่วนหนึ่งของวงจร ไฟฟ้าด้วย ส่วนตัวถังแบบTO-220 จะมีรูเจาะ สำหรับติดตั้งอยู่ตรงกลางตัวถัง และขากลางจะต่อเป็นส่วนหนึ่งของวงจรไฟฟ้ากับตัวถัง

ในรูป 2.21 แสดงให้เห็นถึงรูปร่างของตัวถังประเภทต่างๆที่นิยมใช้บรรจุวงจรไอซีรักษาระดับแบบ 3 ขา เป็นส่วนใหญ่ จงสังเกตว่าทุกตัวเป็นถังทรานซิสเตอร์แบบมาตราฐาน แต่ก็มีบางแบบที่ใช้ตัวถังต่างจากนี้ไปซึ่งก็ใช้ในอุปกรณ์ชนิดพิเศษและขึ้นกับบริษัทผู้ผลิตด้วย

วงจรมาตราฐานทั่วไปที่นิยมใช้ไอซีรักษาระดับแรงต้นแบบ 3 ขา นั้นแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.22 อุปกรณ์บางตัวในวงจรก็เป็นแบบเพิ่มเติมเป็นพิเศษ (optonal) แต่บางตัวก็พบว่าใช้อยู่เสมอ ๆ ทุกวงจรในรูปที่ 2.22 นี้ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงหม้อแปลงไฟฟ้าและแหล่งจ่ายไฟฟ้าและแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับซึ่งก็ใช้เหมือน ๆ กันไม่ว่าจะเป็นวงจรรักษาระดับแรงดัน หรือไม่มีการรักษาระดับแรงดัน ก็ตาม

ไดโอดเรียงกระแสแบบบริดจ์ BR1 และตัวเก็บประจุ C1 นั้นเหมือนกันหมดสำหรับแหล่งจ่ายไฟใด ๆ การเลือกใช้อุปกรณ์เหล่านี้ได้กล่าวมาแล้วมีกฎแบบง่าย ๆ ในการเลือกค่าตัวเก็บประจุ C1 คือมีค่าไม่ต่ำกว่า 1000 ไมโครฟารัดต่อแอมแปร์ ของกระแสโหลดค่าสูงสุดเช่น สำหรับแหล่งจ่ายไฟขนาด 3 แอมแปร์ จะใช้ตัวเก็บประจุในการกรองกระแสขนาด 3000 ไมโครฟารัด (หรือมากกว่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 เป็นวงจรรักษาระดับแรงดันโดยใช้ไอซีแบบ 3 ขา ตัวเก็บประจุ C1 และ Ca จะใช้เพื่อทรานเซี้ยนต์ ที่เป็นสัญญาณรบกวนตัวไอซีวงจรป้องกันแรงดันเกิน (ov_1) จะเป็นตัวป้องกันแรงดันที่เอาต์พุตเกินกว่าแรงดันที่กำหนด

ตัวเก็บบรรจุ Ca และ Ca ใช้สำหรับปรับค่าความต้านทานต่อสัญญาณรบกวนให้ดีขึ้นและมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 ไมโครฟารัด และ 0.47 ไมโครฟารัด ค่าที่แท้จริงขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ ยกเว้นว่าเมื่อออกแบบให้จ่ายกระแสโหลดได้สูงขึ้นก็แท้จริงขึ้น เราสามารถใช้ค่าความจุ 0.1 ไมโครฟารัด สำหรับแหล่งจ่ายไฟขนาด 1 แอมแปร์และค่าความจุ 0.33 ไมโครฟารัด หรือ0.47 ไมโครฟารัด สำหรับกระแสขนาด 3 และ 6 แอมแปรตามลำดับ ซึ่งค่าต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้ช่วยเป็นแนวทาง ซึ่งก็เหมาะกับงานส่วนใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งของ C_2 และ C_3 นั้น เป็นสิ่งสำคัญมาก ตัวเก็บประจุเหล่านี้ใช้สำหรับกดสัญญาณรบกวนต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยพัลส์ความถี่สูง ๆ ดังนั้นตัวเก็บประจุ C_2 และ C_3 จะต้องติดตั้งให้ใกล้กับตัวถังของ ไอซีรักษาระดับแรงดันเท่าที่จะทำได้ บางวงจรจะแนะนำให้ติดตั้งC_2 และ C_3 เข้ากับตัวถังของ U1 เลยทีเดียว ถ้าตัวเก็บประจุเหล่านี้ถูกติดตั้งห่างจาก U1 มากเกินไปจะทำให้การทำงานของตัวเก็บประจุมีประสิทธิภาพลดลง

สำหรับตัวเก็บประจุ C1 เป็นตัวที่เพิ่มเติมเข้ามา แต่ก็แนะนำให้มีโดยเฉพาะในวงจรที่มีการเปลี่ยนแปลง ของกระแสโหลดอย่างมากในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เช่น ในวงจรดิจิตอลซึ่งในกรณีเช่นนี้เป็นหน้าที่ของ ตัวเก็บประจุ Ca หน้าที่ของ Ca ก็คือ ปรับค่าก็คือตอบสนองทางด้าน ทรานเซี้ยนต์ (transient respomse) ของวงจรรักษาระดับแรงดันตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่วงจร รักษาระดับแรงดันกำลังปรับตัวเอง เพื่อรับกับความต้องการกระแสที่สูงขึ้น

อุปกรณ์ที่ระบุว่า ov นั้น เป็นวงจรป้องกันแรงดันนี้ บางครั้งเรียกว่า วงจรภายนอกที่รับกระแสจาก วงจร เอสซีอาร์ โครวบาร์ (scr crowbar) หน้าที่ของ ovนั้นก็เพื่อป้องกันวงจรภายนอกที่รับกระแสจากวงจรรักษาระดับแรงดันนี้ ไม่ให้เกิดความเสียหายเมื่อวงจรรักษาระดับแรงดัน U1เกิดการเสียหายขึ้น

โดยปกติระดับแรงดันอินพุต V1 จะสูงกว่าระดับแรงดันเอาต์พุต VO อย่างน้อย 2-3 โวลต์ และมักจะมีค่าสูงในหลายวงจร ถ้าหาก Uo (ซึ่งส่วนใหญ่มักจะเป็นเช่นนี้) ก็จะทำให้อุปกรณ์ที่ต่ออยู่ได้รับความเสียหายได้ ยกตัวอย่างเช่น ในวงจรทีทีแอล ถ้าหาก U1 เกิดเสียจะทำให้ปรากฏแรงดัน +8 โวลต์ ขึ้นที่เอาต์พุตแรงดัน 5 โวลต์ ซึ่งก็จะทำให้ไอซีทีทีแอลเสียหายขึ้นมาทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นระบายความร้อนสำหรับ U1 นั้น บางครั้งจะมีเพิ่มเติมขึ้นมาโดยผู้ผลิตบางรายแต่จริง ๆ แล้วขอแนะนำให้ติดแผ่นระบายความร้อนให้กับวงจรรักษาระดับแรงดันทุกชนิด เนื่องจาก วงจรรักษาระดับแรงดันเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่จะกระจาย พลังงานออกมา ดังนั้น ความเชื่อถือได้จะแปรผกผันโดยตรงกับค่าอุณหภูมิ สำหรับวงจรที่จ่ายกระแสขนาด 1 แอมแปร์หรือที่น้อยกว่าตัวถังที่เป็นโลหะของตัวมันเองก็อาจจะเพียงพอถ้าหากนอกเหนือจากนี้ก็ให้ติดตั้ง u1 เข้ากับแผ่นระบายความร้อนแบบเป็นครีม

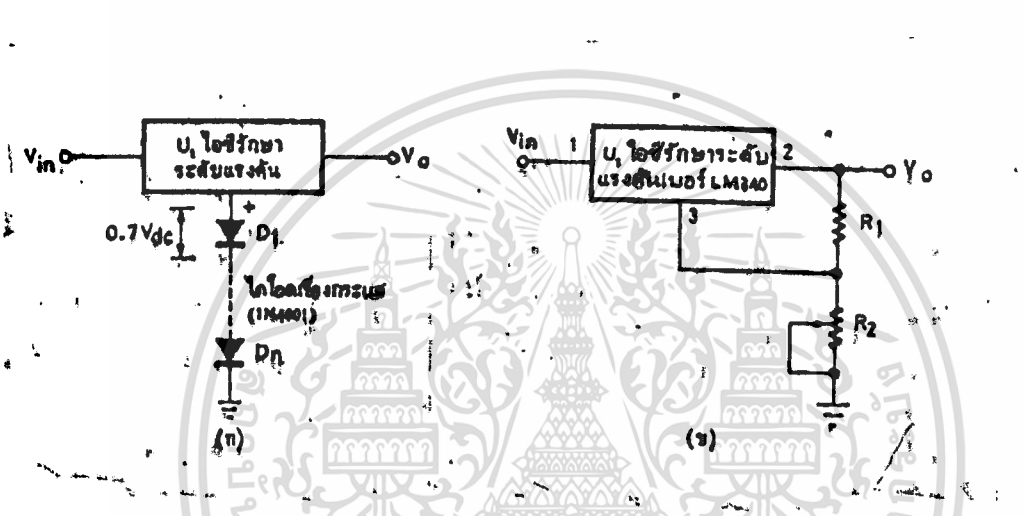
3) เมื่อต้องการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันเอาต์พุต

ไอซีรักษาระดับแรงดันแบบ 3 ขานั้น จะทำมาสำหรับระดับแรงดันคงที่ขนาด 2, 5. 10. 12. 15. 18 และ24โวลต์ ถ้าเราต้องการระดับแรงดันที่อยู่ระหว่างระดับมาตราฐานแล้ว จะต้องใช้วิธิการบางอย่างเข้ามาช่วย ในรูปที่ 2.23 ได้แสดงให้เห็นถึงวิธีการเปลี่ยนระดับแรงดัน VO โดยใช้ไอซีรักษาระดับแรงดันแบบค่าคงที่ ซึ่งมีอยู่ 2 วิธีด้วยกัน

ในรูปที่ 2.23 (ก) แสดงให้เห็นถึงการใช้ไดโอดเรียงกระแส (เช่นเบอร์ 1N4001-1N4007 หรือเทียบเท่า) ต่อเข้าที่ขารวมของไอซีรักษาระดับแรงดัน เพื่อที่จะเพิ่มค่าแรงดัน เพื่อที่จะเพิ่มค่าแรงดันเอาต์พุต (V) ค่าของ V จะเปลี่ยนแปลงไปประมาณ 0.7 โวลต์ สำหรับไดโอดแต่ละตัวที่จะมาต่ออนุกรมกัน ถึงแม้ว่าวิธีนี้จะใช้ได้ แต่ก็ไม่แนะนำให้ทำเพราะว่า ระดับแรงดัน 0.7 โวลต์ที่ตกคร่อมรอยต่อพีเอ็นของไดโอดนั้นจะมีค่าขึ้นกับอุณหภูมิ โดยส่วนใหญ่แล้วจะนิยมใช้วิธีในรูปที่ 12.25 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรในรูปที่ 2. 23 (ข) นั้นจะให้ขั้วต่อของขาร่วมของไอซี รักษาระดับแรงดันมีค่าความต่างศักดิ์สูงขึ้นเป็นสัดส่วนกับ ระดับแรงดันเอาต์พุตที่ต้องการแทนที่จะต่อลงกราวด์



รูปที่ 2.23 สำหรับขนาดแรงดันที่ไม่มาตราฐาน สามารถทำได้จากวงจรรักษาระดับแรงดัน

รูป(ก) ใช้ไดโอดหนึ่งตัวหรือมากกว่าในการเพิ่มแรงดัน vo อีก 0.7 โวลต์สำหรับไดโอดแต่ละตัวที่ต่ออนุกรมเข้าไปสำหรับตัวต้านทานที่ต่อในรูป(ข) ใช้สำหรับปรับระดับแรงดันออฟเซ็ตวิ่งสามารถเปลี่ยนค่าแรงดัน vo ได้

แต่วิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดในการปรับค่าแรงดัน ได้แก่ การใช้วงจรรักษาระดับแรงดันที่ออกแบบมาเฉพาะงาน ไอซี รักษาระดับแรงดันที่ปรับค่าได้ที่มีจำหน่ายได้แก่ เบอร์ LM 317 (1.5 แอมแปร์) เบอร์ LM 338 (5 แอมแปร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และอุปกรณ์ของบริษัทแลมด้าอิเล็กทรอนิกส์ (Lambda Electronics) เบอร์ LASXXU

ไอซีเบอร์ LM 338 เป็นไอซีรักษาระดับแรงดันที่สามารถจ่ายกระแสได้ 5 แอมแปร์ ในตัวถังแบบ TO-3 ซึ่งจะต้องติดตั้งแผ่นระบายความร้อนช่วยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานะ เมื่อระดับแรงดันอินพุต (VX สูงกว่าแรงดันเอาต์พุตมาก ซึ่งในสถานะนั้น จะเกิดขึ้นในแหล่งจ่ายระบายความร้อนช่วยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานะ จะเกิดขึ้นในแหล่งจ่ายไฟแบบปรับค่าได้เมื่อ V มีค่าต่ำที่สุดในวงจรรูปที่ 2.24 ใช้ไอซีเบอร์ LM 338

$$Pd = (28-1.2v)*(5A)$$

$$= 134 \text{ วัตต์}$$

ปัญหาจะลดน้อยลงที่ค่าสูงสุดของ Vo โดยจะได้

$$Pd = (Vi-Vo)*(Iload)$$

$$= (28-25\ v)*(5A)$$

$$= 15 \text{ วัตต์}$$

ระดับแรงดันเอาต์พุทของไอซีเบอร์ LM 338 จะถูกกำหนดโดยวงจรแบ่งระดับแรงดัน (R1 และ R2) ซึ่งอาจจะเป็นโปเทนชิโอมิเตอร์ หรือใช้ตัวต้านทานค่าคงที่และโปเทนชิโอมิเตอร์ร่วมถ้าต้องการระดับแรงดันเอาต์พุทที่คงที่แล้ว R1 และ R2 ควรใช้มีค่าคงที่ทั้งสองตัวระดับเอาต์พุทจะถูกกำหนดโดย

$$Vo = (1.25v)*(R2/R1+1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนมากแล้วค่าของ R1 จะอยู่ระหว่าง 120 โอห์ม ถึง 250 โอหม์และ R2 จะใช้ปรับให้ได้ระดับแรงดันที่ต้องการ สมการข้างต้นสามารถเขียนใหม่ให้อยู่ในรูปที่เหมาะสมขึ้นดังนี้

$$R2 = (Vo/1.25-1)*R1$$

$$= (13.8/1.25-1)*120$$

$$= 1205 \text{ โอห์ม}$$

ตัวอย่าง

จงออกแบบวงจรรักษาระดับที่ใช้ไอซีเบอร์ LM 338 เพื่อให้ได้ระดับแรงดันเอาต์พุทขนาด 13.8 โวลต์ โดยกำหนดให้ค่า R1= 120 โอห์ม

$$R2 = (Vo/1.25-1)*R4$$

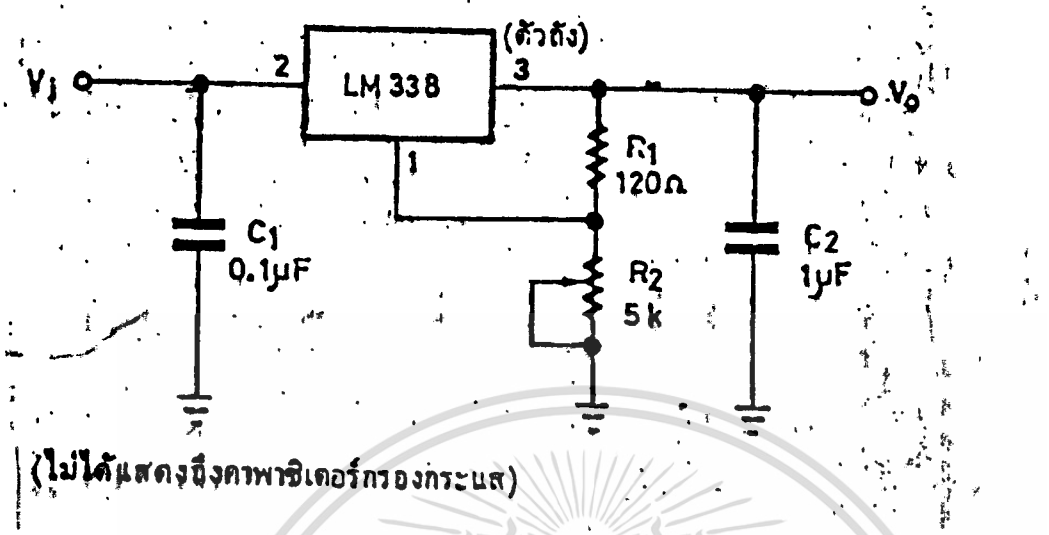
$$= (13.8/1.25-1)*120$$

$$= (11.04-1)*120$$

$$= 1205 \text{ โอห์ม}$$

แน่นอนว่าเราไม่สามารถหาตัวต้านทานค่าคงที่ขนาด 1205 โอห์มได้ แต่เราสามารถต่อ R2 โดยใช้ตัวต้านทานค่าคงที่ต่ออนุกรมกับโปเทนชิโอมิเตอร์ยกตัวอย่างเช่น ใช้ตัวต้านทานค่าคงที่ขนาด 1000 โอห์มและโปเทนชิโอมิเตอร์ขนาด 500 โอห์ม เพื่อปรับให้ได้ค่าแรงดันเอาต์พุทที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 วงจรรักษาระดับแรงดันที่ใช้ไอซีเบอร์ LM 338 จะต้องติดตั้งบนแผ่นระ บายความร้อนเมื่อระดับแรงดันตก ภายในตัวมีค่ามากถ้าหาก V1 มีค่า 28 v และ Vo มีค่า1.2 vจะทำให้เกิดการกระจายกำลังงานประมาณ 134 วัตต์ ที่กระแสโหลด 5 A ภายใต้สภาวะเดียวกันถ้าหาก Vo มีค่า 25 v การกระ จายกำลังงานจะมีเพียง 15 วัตต์เท่านั้น

จะต้องจำไว้ให้ดีว่าไอซีเบอร์ LM 338 วงจรรักษาระดับแรงดันที่จ่ายกระแสได้ 5 A ดังนั้น จึงควรติดแผ่นระบายความร้อนแบบมีครีบ และใช้จารบีซิลิโคนทารอยต่อระหว่างผิวหน้าเพื่อให้การถ่ายเทความร้อนดีขึ้น สำหรับตัวถังแบบ To-3 นี้ ตัวถังจะเป็นเอาท์พุทขาหนึ่ง ดังนั้นจึงต้องแยกตัวถังไม่ให้แตะกับกราวด์ หรือ ใช้แผ่นไมก้าเป็นฉนวนรองตัวถังของไอซีเบอร์ LM 338

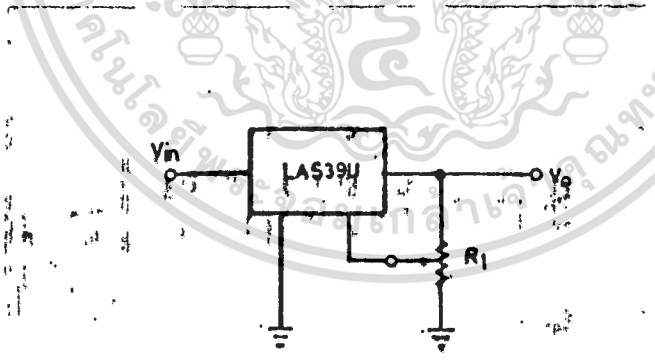
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.25 ได้แสดงให้เห็นถึงวงจรรักษาระดับแรงดันที่ปรับค่าได้แบบอื่นๆโดยใช้ไอซีเบอร์ LAS-39 ของแลมด้าอิเล็คทรอนิคส์ ซึ่งอุปกรณ์นี้จะคล้ายคลึงกับไอซีเบอร์ LM 338 แต่สามารถจ่ายกระแสได้ถึง 8 A ค่าของโปเทนชิโอมิเตอร์ที่ใช้ปรับค่าแรงดันเท่ากับ

$$R1 = Vo/10\ A$$

4) วงจรรักษาระดับแรงดันที่จ่ายกระแสได้สูงถึง (Higher Current Regulators)

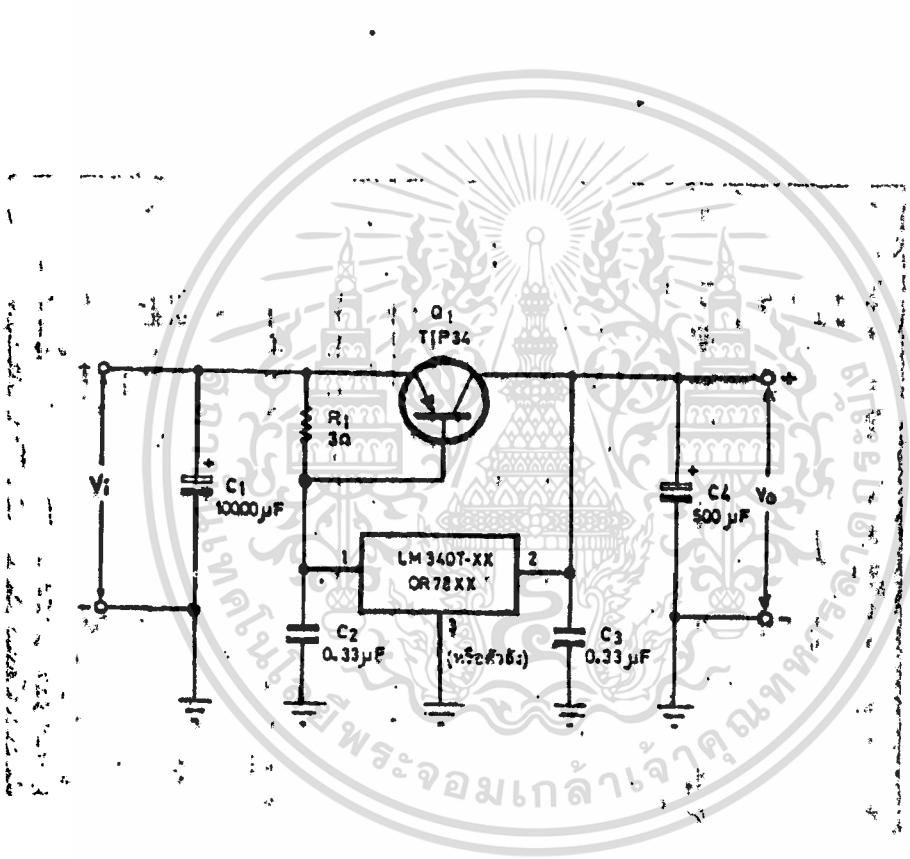
วงจรรักษาระดับแรงดันที่จ่ายกระแสได้สูงขึ้นนี้ บางครั้งอาจจะเป็นที่ต้องการในโครงงานด้านดิจิตอล เครื่องส่งวิทยุสมัครเล่นและวงจรขยายเสียง เราจะกำหนดว่ากระแสส่งสูงสุดหมายถึงกระแสนั้นสูงกว่า 5-8 A วิธีหนึ่งที่ง่ายที่สุดในการบรรลุถึงความต้องการนี้ ก็โดยการใช้ทรานซิสเตอร์ตัวหนึ่งหรือหลายตัวต่อเข้าด้วยกัน



รูปที่ 25 วงจรรักษาระดับแรงดันแบบปรับค่าได้เบอร์ LAS-39U เป็นการปรับปรุงวงจรที่ ใช้เบอร์ LM 338 ในรูปที่ 2.24 โดยเบอร์ LAS39U ต้องการเพียงอุปกรณ์ ประกอบภายนอกตัวเดียวเท่านั้น คือโปเทนชิโอมิเตอร์แบบปรับค่าได้ สำหรับ ปรับค่าแรงดันเอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.26 และรูปที่ 2.27 จะแสดงให้เห็นถึงวิธีเหล่านี้ข้อได้เปรียบของวงจรเหล่านี้ได้แก่ การออกแบบนั้นทำได้ง่ายมาก และ เรา สามารถใช้ทรานซิสเตอร์กำลังที่มีค่าอัตราขยาย(เบต้า)ต่ำลงได้ เนื่องจากไอซีรักษาระดับแรงดันสามารถจ่ายกระแสได้สูงขึ้น



รูปที่ 2.26 วงจรนี้ สามารถจ่ายกระแสได้สูงถึง 6-7 A โดย การใช้วงจรรักษาระดับแรงดันในการขับทรานซิสเตอร์ที่ต่ออนุกรมกับวงจรแบบ PNP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวงจรทั้งสองแบบ แรงดันเอาท์พุทจะมีค่าประมาณ ต่ำกว่าอัตราดันเอาท์พุทของไอซีรักษาระดับแรงดันแบบ 3 ขาประมาณ 0.6 vถึง 0.7 v เช่น โดยการใช้ไอซีรักษาระดับแรงดันเบอร์ LM 340T-12 จะสามารถให้แรงดันเอาท์พุทประมาณ 11.4 v

ในรูป 2.26 นั้น ใช้ทรานซิสเตอร์แบบ PNP เบอร์ TIP-34 สำหรับต่ออนุกรมกับไอซีวงจรนี้สามารถจ่ายกระแสได้ 5-6 A

ในบางกรณี การจ่ายกระแสที่สูงขึ้นนั้น สามารถทำได้โดยวงจรในรูปที่ 27 วงจรนี้ยังคงสามารถปรับค่าแรงดันเอาท์พุทได้อย่างเที่ยงตรงเช่นกัน โดยหัวใจของวงจรได้แก่ ไอซีรักษาระดับแรงดันแบบปรับค่าได้เบอร์ LM 317 (U1) ซึ่งไอซีตัวนี้ จะสามารถตั้งค่าแรงดันอ้างอิงให้กับขา เบสของทรานซิสเตอร์ที่ต่ออนุกรมอยู่กับ วงจร และ ยังสามารถจ่ายกระแสเบส ให้กับทรานซิสเตอร์ได้ถึง 1.5 A ถ้าต้องการกระแสเบสมากกว่านี้แล้วให้ใช้เบอร์ LM 338 (ซึ่งสามารถจ่ายกระแสได้ถึง 5 A แทนเบอร์ LM 317

ระดับแรงดันเอาท์พุท Vo จะน้อยกว่าระดับแรงดันที่จ่ายออกมาจากุ U1 = 0.7 v โดยระดับแรงดันที่จ่ายออกมาจาก U1 จะสามารถตั้งได้เช่นเดียวกับของไอซี LM 338 ที่กล่าวมาแล้ว แต่ในกรณีนี้ R2 จะถูกแทนด้วยความต้านทาน 2

ตัว คือ R2a,R2b สมการจะเขียนออกมาได้เป็น

$$Vo = 1.25(R2a+R2b)/R1+1-0.7\ v$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจสังเกตุพบว่าสมการนี้ได้ดัดแปลงมาจากสมการที่ใช้กับไอซีเบอร์ LM 338 โดยปกติแล้วโปเทนชิโอมิเตอร์ R2b จะมีค่าประมาณจาก 10-50 % ของความต้านทาน R2a+R2b ค่าความเที่ยงตรงของอัตราส่วนระหว่าง R2a กับ R 2b ขึ้นอยู่กับ องศาของการควบคุม (ความละเอียด)และช่วง(จากค่าสูงสุดจนถึงค่าต่ำสุดของค่า Vo) ที่ต้องการ

กระแสค่าสูงๆนี้ จะถูกรับโดยทรานซิสเตอร์ที่ต่ออนุกรมหนึ่งตัวหรือมากกว่า มีอัตราค่าสูงสุดที่ต้องคำนึงถึงในตอนแรกอยู่ 2 ตัว เมื่อจะเลือกใช้ทรานซิสเตอร์ คือ การกระจายกำลังงานของคอลเลคเตอร์และค่ากระแสคอลเลคเตอร์ นอกจากนี้แล้ว เรายังต้องคำนึงถึงว่าทรานซิสเตอร์ แต่ละตัวจะต้องมีค่าอัตราทนแรงดัน Vcc ที่สูงเพียงพอจะได้รับกับแรงดันอินพุทที่ตกคร่อมตัวมันอยู่

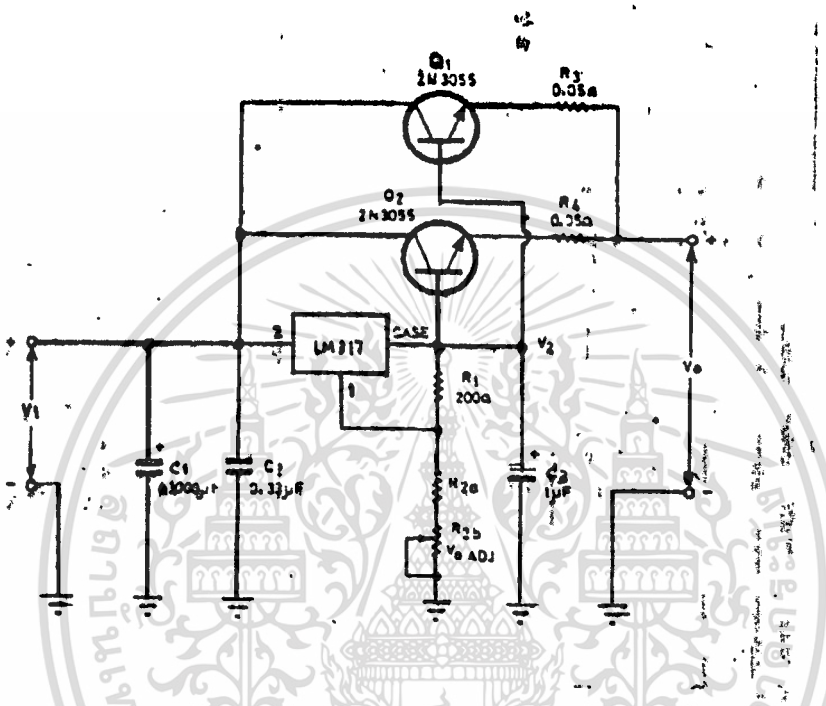
ค่าการกระจายกำลังงานคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ที่มาต่ออนุกรมนี้จะเท่ากับผลคูณของกระแส คอลเลคเตอร์สูงสุด กับ แรงดันตกคร่อมระหว่างขา C-E ซึ่งในกรณีนี้เท่ากับผลต่างของVi-Vo สำหรับวงจรรักษาระดับแรงดันปรับค่าได้นี้ อัตราการกระจายกำลังงานที่แท้จริงซึ่งทรานซิสเตอร์ได้รับเท่ากับ

$$Pd(max) = Ic(max) * [(Ic(max)-Vo(min)]$$

เมื่อใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวต่อขนานกัน เพื่อเพิ่มความสามารถในการจ่ายกระแสของวงจรรักษาระดับแรงดัน เราต้องใช้ตัวทรานซิสเตอร์ต่ออนุกรมกับขาอิมิตเตอร์ (R3 และ R4) ของทรานซิสเตอร์แต่ละตัว เนื่องจากว่าค่าอัตราขยายกระแสของทรานซิสเตอร์แต่ละตัวมีค่าแตกต่างกันมาก แต่การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงของโหลดไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงนัก ภายใต้สถานการณ์นั้นอาจจะปรากฏ ค่ากระแสที่ได้รับโดยทรานซิสเตอร์ตัวหนึ่งมีค่าเกินอัตรา Ic สูงสุดของมัน



รูปที่ 2.27 เป็นการเพิ่มค่าความสามารถในการจ่ายกระแสเอาท์พุทโดยวงจรนี้จะปรับ ปรุงจากวงจรที่อยู่ในรูปที่ 2.26 โดยการต่อทรานซิเตอร์อนุกรม กับวงจรขนานกันหลายตัวเพื่อจ่ายกระแสได้เพิ่มขึ้น วงจรนี้สามารถปรับค่า แรงดันได้

สำหรับกรณีนี้จะต้องมีการเลือกค่าอัตราขยาย ของทรานซิสเตอร์ที่จะนำมาใช้อย่างคร่าวๆก่อนโดย การใช้วงจรในรูปที่ 2.27 ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 # 2N 3055 จะสามารถจ่ายกระแสออกไปสูงสุด 15-20 A

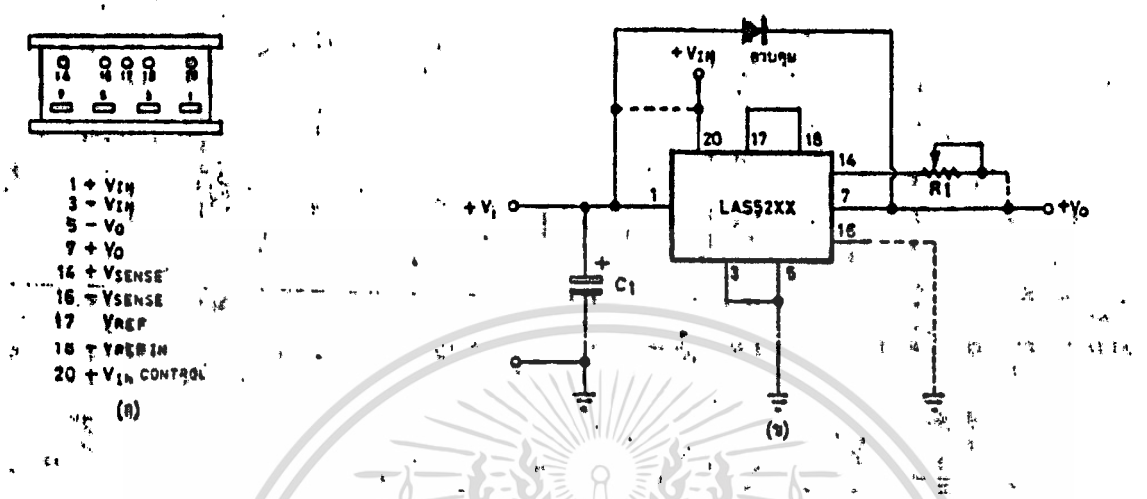
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางเลือกอื่นในการออกแบบ วงจรรักษาระดับแบบจ่ายกระแสได้สูง ได้แก่ การใช้วงจร Hybridge Unit ที่ผลิตโดย Lamda Electronics Lt.D ซึ่งมีชื่อเสียงในการผลิตแหล่งจ่ายแบบตั้งโต๊ะ ในรูปที่ 2.28 ได้แสดงให้เห็นถึงวงจรรักษาระดับแรงดัน แบบ Hybrid ที่จ่ายกระแสได้ 20 A # LAS-52XXตัวอักษรXX จะแสดงถึงระดับแรงดันเอาต์พุต

ตัวถังที่ใช้บรรจุวงจรรักษาระดับนี้แสดงให้เห็นในรูปที่ 2.28 (ก) ซึ่งได้รับการออกแบบด้วยอีพอกซี่แบบพิเศษ โดยมีแผ่นระบายความร้อนอยู่ด้านบนและล่าง ซึ่งแผ่นระบายความร้อนหลักคือแผ่นล่าง ต้องใช้ติดตั้งกับผิวหน้าของแผ่นระบายความร้อนภายนอกอีกที วงจรใช้งานจริงสำหรับไอซี # LAS-52XX แสดงไว้ในรูปที่ 2.29 (ข) ตัวเก็บประจุ C_1 จะใช้หลักการกรองกระแสที่เอาต์พุต ของวงจรเรียงกระแส ค่าความจุของตัวเก็บประจุนี้จะเท่ากับ 2000 μF/A ดังนั้นสำหรับแหล่งจ่าย 20 A จะใช้ C_1 = 40,000 μF

จากรูป มีขา V+ อยู่ 2 ขา สำหรับ Ic ตัวนี้ โดยที่ขา 1 จะเป็นขาหลัก(กระแสสูง) และใช้สัญลักษณ์ว่า $+V_1$ ขานี้จะต่อกับ ทรานซิสเตอร์ที่ใช้ต่ออนุกรมภายใน ขาที่ 20 ซึ่งใช้อักษรว่า $+V_{in}$ (ขาควบคุม) จะใช้ในการจ่ายกำลังงานให้กับวงจรควบคุมอัตราขยายภายใน แรงดันที่จ่ายให้ขา 20 อย่างน้อยสุดคือ +7.5 vdc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 Ic # LAS-52XX เป็นวงจร รักษาระดับแรงดันแบบ Hybrid ซึ่งสามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 20 A โดยใช้ตัวอักษร XX อาจจะเป็น 5 หรือ 24 ซึ่ง แสดงระดับแรงดันที่ เอาต์พุต

สำหรับ Ic # LAS-5205 นั้น แรงดันอินพุตอาจอยู่ในช่วง 7-8 V ดังนั้นในบางครั้งแรงดันอินพุตอาจต่ำกว่า 7.5 V ดังนั้น หากใช้แรงดัน V_{in} สำหรับแหล่งจ่าย +5 V โดยใช้หม้อแปลงไฟ AC ขนาด 6.3 V อาจเกิดปัญหาได้ดังนั้นจึงควรหาแหล่งจ่ายไฟที่ป้อนให้ V_{in} ใหม่เพื่อให้ได้ไฟ 7.5 V เป็นอย่างต่ำ

สำหรับขา 14 และ 16 เป็นขาที่ใช้ตรวจจับ และใช้สำหรับส่งสัญญานให้ วงจรขยายสัญญานอ้างอิงภายใน สำหรับ V_o ถ้าสายที่ใช้ต่อออกจากเอาต์พุตของวงจรรักษาระดับแรงดันไปยังโหลดนั้นสั้น และใช้สายขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหญ่แล้ว ขา 14 สามารถต่อเข้ากับขา 7 โดยผ่าน R_1 และขา 16 สามารถต่อลงกราวด์ หรือต่อเข้ากับขา 3 และขา 5 ในหลายกรณีเราจะต่อขาตรวจนี้เข้ากับ $+V_o$ และ $-V_o$ ที่โหลดเลยการต่อเช่นนี้จะทำให้วงจรรักษาระดับแรงดันนั้นสามารถวัดค่า V_o ที่ต้องการจริงๆ และใช้ลดผลข้างเคียงอันอาจจะเกิดจาก แรงดันที่เกิดขึ้นในสายตัวนำอีกด้วย

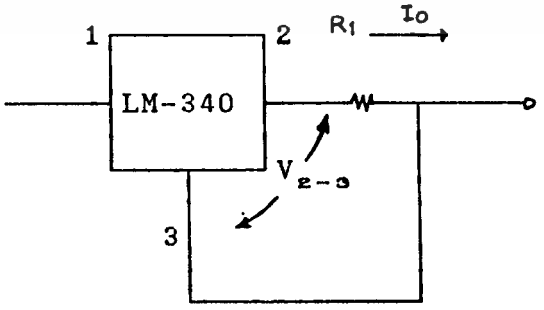
โปเทนชิโอมิเตอร์ R_1 นั้น ใช้สำหรับกำหนดค่า V_o ที่ถูกต้องจริงๆ ให้ใกล้เคียงกับค่าที่ระบุเอาไว้โดย XX ที่เบอร์ของอุปกรณ์ ค่าความต้านของ R_1 กำหนดโดย

$$R_1 = 0.25\ V_o * (1000/V)\ \text{โอห์ม}$$

สำหรับอุปกรณเบอร์ LAS-5205 แรงดันเอาต์พุต 5 V นั้นเราต้องการค่าความต้านทานเท่ากับ

$$R_1 = (0.25*5)*(1000/V)$$

$$= 120\ \text{โอห์ม}$$



รูปที่ 2.29 เป็นวงจรรักษาระดับแรงดันชิ่งต่อในลักษณะจ่ายกระแสคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) วงจรจ่ายกระแสคงที่ (CURRENT REQULATORS)

ในรูปที่ 2.29 ได้แสดงให้เห็นถึง IC รักษาระดับแรงดัน แบบ 3 ขา ที่ต่อเป็นแหล่งจ่ายกระแส และกระแสเอาต์พุทจะหาได้จาก

$$IO = (V2-3)/(Ri+I\alpha)$$

เมื่อ Io เป็น ค่ากระแสเอาต์พุท

V2-3 เป็น ค่าแรงดันเอาต์พุท

Ri เป็น ค่าความต้านทาน

Iα เป็น ค่ากระแสในสภาวะสงบของ IC (ซึ่งอยู่ระหว่าง 1-5 mA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

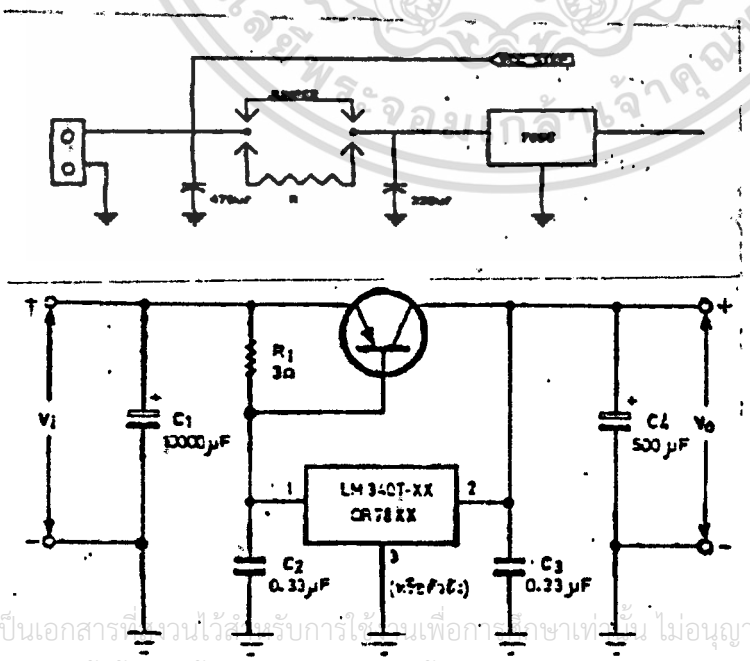
วงจรใช้งาน

วงจร supply

ในการทำงานเราจะทำการจ่ายแรงดัน 2 ระดับ คือ จ่ายแรงดัน 5 v และ 12 v โดยที่

- แรงดัน 5 v จะใช้สำหรับจ่ายให้กับวงจร sequencial ที่ใช้กระแสไม่มากนัก จึงสามารถใช้ ic จ่ายไฟ (7805) ต่อจ่ายแรงดันคงที่ให้กับวงจรส่วนนี้

- แรงดัน 12 v จะนำไปจ่ายให้กับมอเตอร์ ซึ่งในวงจรส่วนนี้จะใช้ ic 7812 จ่ายแรงดัน 12 vให้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.30 Supply

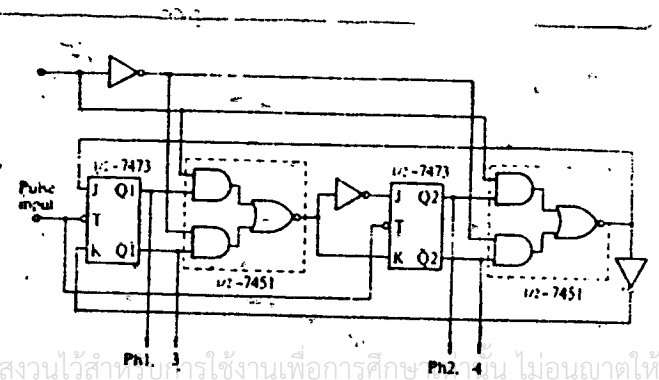
แต่ปัญหาที่ว่า ic 7812 สามารถจ่ายกระแสได้เพียง 1 แอมแปร์ จะเห็นว่ากระแสไม่พอสำหรับการหมุนของมอเตอร์ ดังนั้นเราจะใช้ TR เบอร์ MJ 2955 ต่อกับ IC 7812 เพื่อจ่ายกระแสได้ถึง 4 A

วงจร SEQUENCIAL

จะเห็นว่าการออกแบบวงจร Sequence จะต้องคำนึงถึงว่าวงจร Drive เป็นแบบใด เพื่อนำมาใช้ออกแบบ แต่เราจะใช้ชุด Sequencial กับวงจร Drive แบบ Full Step (เพราะแบบ Full Step มีแรงบิดมากกว่าวงจร Half Wave) โดยจะให้เอาต์พุทดังตาราง

(2) Four-phase motor

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.31 SEQUENCIAL

หมายเหตุ

จากผลการทำงาน จะเห็นได้ว่า ถ้าต้องการให้ Stepping motor หมุนเร็วมากๆ จะทำไม่ได้ เนื่องจาก JK F/F ทำงานช้า

เพราะฉะนั้นวงจรนี้จะถูกจำกัดไว้ที่ความเร็วของ JK F/F

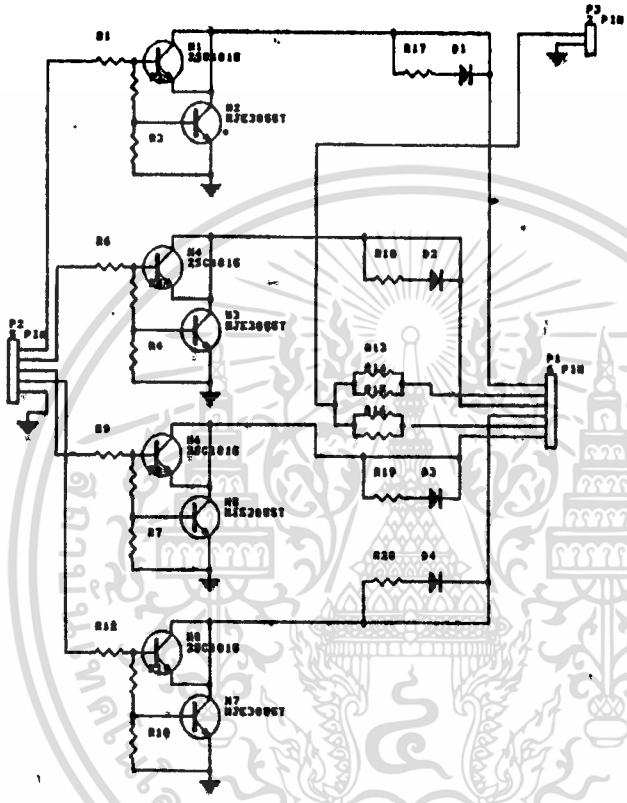
วงจร DRIVE สำหรับ STEPPING MOTOR

วงจรนี้เป็นวงจรสำหรับกระตุ้นการทำงานของ Stepping motor ตามที่วงจร Sequencial ส่งสัญญาณเข้ามา วงจรนี้เป็นลักษณะของ Switching ที่จะให้ Output เป็นลักษณะ Pulse เหมือน Output ของวงจร Sequencial แต่จะมีระดับความต่างศักย์ต่ำกว่า แต่มีกระแสได้สูงกว่า

จากวงจร การที่ต่อทรานซิสเตอร์แบบ Darlingtion เพื่อจะให้สามารถจ่ายกระแสได้ปริมาณสูงๆ เนื่องจากมอเตอร์นั้นแต่ละเฟสต้องการกระแสอย่างน้อย 1.5 แอมป์

Drive และ resistor ที่ต่อคร่อมขดลวด Stepping motor นั้น เพื่อที่จะลดกระแสย้อนกลับที่เกิดจากการที่ Inductor คายประจุ ซึ่งขดลวดของ Stepping Motor นี้จะทำตัวเป็น Inductor และจะสามารถคายประจุออกมาทำลาย Transistors ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 DRIVE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

รายละเอียดของบอร์ดควบคุม (ET-BOARD)

JACK DC

คือ Jack ที่เสียบ Adapter สำหรับจ่ายไฟเลี้ยง โดยมีขนาด 9VDC 800 mA ขั้วเสียบจะมีลักษณะวงในเป็น- และวงนอกเป็น+

JACK IN,OUT

คือ JACK สำหรับการส่งข้อมูล ซึ่งใช้ต่อกับเครื่องเล่นเทปได้ ต่อกับเครื่อง Apple และ เครื่อง IBM/PC หรือแบบเทียบเท่า ในกรณีที่ต่อกับ PC จะต้องใช้สายพิเศษ

7-SEGMENT DISPLAY

คือ ส่วนแสดงข้อมูลและสถานะต่างๆ ในการใช้งานทั้งนี้ยังรวมถึง LED อีก8ตัวทางด้านขวาด้วยเรียกว่า FLAG LEDสำหรับแสดงข้อมูลระดับ BIT

KEY BOARD

คือส่วนสำหรับการใส่ข้อมูลและกำหนดการทำงานต่างๆ จะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ คีย์ตัวเลข 0-F จำนวน 16 คีย์ และคีย์คำสั่ง 8 คีย์ คีย์ตัวเลขนี้ ยังรวมถึงคีย์ฟังชั่นด้วย ซึ่งมี 2 ระดับ รวมทั้งหมดเป็น 32 ฟังก์ชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BREAK SWITCH

คือ Switch สำหรับการ Break โปรแกรมของผู้ใช้ในขณะที่ โปรแกรมของผู้ใช้กำลังทำงานอยู่ เมื่อกด Switch นี้จะทำให้โปรแกรมถูก Break ทันที ซึ่งจะสามารถตรวจดูการทำงานได้อย่างสะดวก อีกนัยหนึ่ง Switch นั้นคือ INT นั้นเอง ทำให้ผู้ใช้ทำการทดสอบ INTTERRUPT ได้อย่างสะดวก

LED แสดงสถานะ

คือ LED 3ตัวสำหรับแสดงผลทั่วไป สีแดงแสดง POWER สีเหลืองแสดงการกด Break Switch สีเขียวแสดงสถานะ HALT ของ CPU

SOCKET ว่าง

มี 2 ส่วนคือ 28 PIN และ 40 PIN ส่วน 28 PIN สำหรับการขยายหน่วยความจำซึ่งจะใช้ได้กับเบอร์ 6264,2764,2732,2716,6116 โดยการเลือกจาก DIP Switch ส่วน 40 PIN สำหรับการขยาย PORT ด้วยเบอร์ 8255

40 PIN CONNECTOR

คือส่วนขยายการใช้งานของบอร์ด Z80 CONNECTOR สำหรับการขยายทั่วไปและรวมถึงการเพิ่ม CARD OPTION ซึ่งเพิ่มความสามารถของ ET-BOARD ในงานต่างๆ , 8255 CONNECTOR สำหรับการขยาย PORT ซึ่งเหมาะสมกับงานควบคุมตามจุดประสงค์เฉพาะอย่างของผู้ใช้

DIP SWITCH

สำหรับการเลือกเบอร์ชิพที่ SOCKET ว่างขนาด 28 PIN โดยถ้าเลือกเบอร์ไหนก็ให้ on เบอร์นั้น ตั้งแต่ 6-7 สำหรับเลือกขนาดของ JACK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ แจกจ่าย ทำซ้ำ หรือดัดแปลง ก่อนได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้มีลิขสิทธิ์

OUT โดยถ้า 6 ON,7 OFF หมายถึงสัญญานที่แรงขึ้นเรียกว่า HI GAIN MODE ส่วนเบอร์ 8 สำหรับ ON BATTERY สำหรับการกรองข้อมูล

เมื่อเริ่มใช้งานให้ผู้ใช้เสียบ ADAPTER เข้ากับบอร์ดจากนั้นจะมีเสียงร้องและมีอักษรแสดงบน DISPLAY โดยวิ่งจากขวามาซ้าย และจะมีเครื่องหมายขีดแสดงบน DISPLAY ที่อักษรซ้ายสุด หมายความว่า เครื่องพร้อมที่จะใช้งานแล้ว

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไมโครโปรเซสเซอร์

จากอดีตที่ผ่านมา ระบบคอมพิวเตอร์ได้รับการพัฒนาเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก และยังมีแนวโน้ม ที่จะพัฒนาต่อไปอีก ปัจจุบันอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ ก็มีขนาดเล็กลง ทำงานรวดเร็ว และมีความน่าเชื่อถือมาก ดังนั้นจึงทำให้คอมพิวเตอร์ได้เข้ามา มีส่วนเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันในสังคมมนุษย์ไปอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ จะเห็นได้จาก การนำเอาคอมพิวเตอร์เข้าไปใช้ ในระบบควบคุมภายในโรงงาน อุตสาหกรรม เป็นต้น และมีแนวโน้มที่จะนำมาประยุกต์มากขึ้นเรื่อยๆ

การใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมความเร็วมอเตอร์ ก็เป็นวิธีหนึ่งที่จะนำเอาระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาประยุกต์ใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีผลดีคือให้ความแม่นยำสูง มีการสนองต่อปฏิกริยาที่เกิดขึ้นค่อนข้างเร็ว และยังให้ความสะดวกสบายในการทำงาน เพราะวิธีการควบคุมด้วยซอฟแวร์นั้นเมื่อต้องการแก้ไขคำสั่ง ก็สามารถกระทำได้โดยง่ายโดยการเปลี่ยนแปลงทางด้าน ซอฟแวร์เท่านั้น ไม่ต้องเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการทำงานทางด้าน ฮาร์ดแวร์ ที่มีความยุ่งยากในทางปฏิบัติ

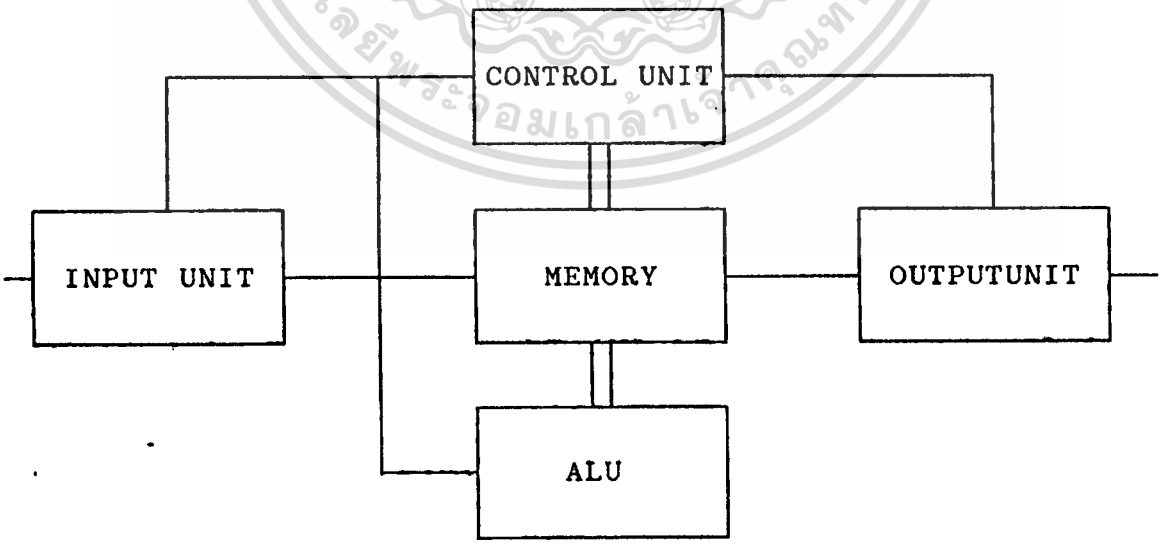
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นฐานทั่วไปของไมโครคอมพิวเตอร์

ส่วนประกอบต่างๆ ของไมโครคอมพิวเตอร์จะเชื่อมต่อกันด้วยบัส ส่วนประกอบเหล่านี้ จะมีลักษณะเป็น IC แบบ LSI ในรูปที่ 2.30 นี้ จะแสดงถึงโครงสร้าง พื้นฐานของไมโครคอมพิวเตอร์ทั่วไป และเราสามารถอธิบายถึงส่วนประกอบของไมโครคอมพิวเตอร์ที่สำคัญ แยกออกเป็นสามส่วน คือ

1. ไมโครโปรเซสเซอร์

ส่วนไมโครโปรเซสเซอร์นี้ ถือว่าเป็นหัวใจและสมองของระบบคอมพิวเตอร์ จะทำหน้าที่ตามคำสั่งที่เขียนขึ้นโดยมี CPU (CENTRAL PROCESSOR UNIT) เป็นตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ทำหน้าที่ต่างกัน ให้ทำงานสอดคล้องกัน CPU นี้ จะทำหน้าที่จัดลำดับการทำงาน



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของไมโครโปรเซสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น รวมทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนหรือหลัง ตามลำดับความสำคัญของโปรแกรม ซึ่งขณะทำงานโปรแกรมเหล่านี้จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำ ซึ่งมีสายข้อมูล และสายตำแหน่งที่ต่อเข้ากับ สายข้อมูล และสายตำแหน่งในรูปที่ 2.31 แสดงโครงสร้างของไมโครโปรเซสเซอร์

ภายในไมโครโปรเซสเซอร์จะมีส่วนประกอบสำคัญอยู่ 3 ส่วนคือ

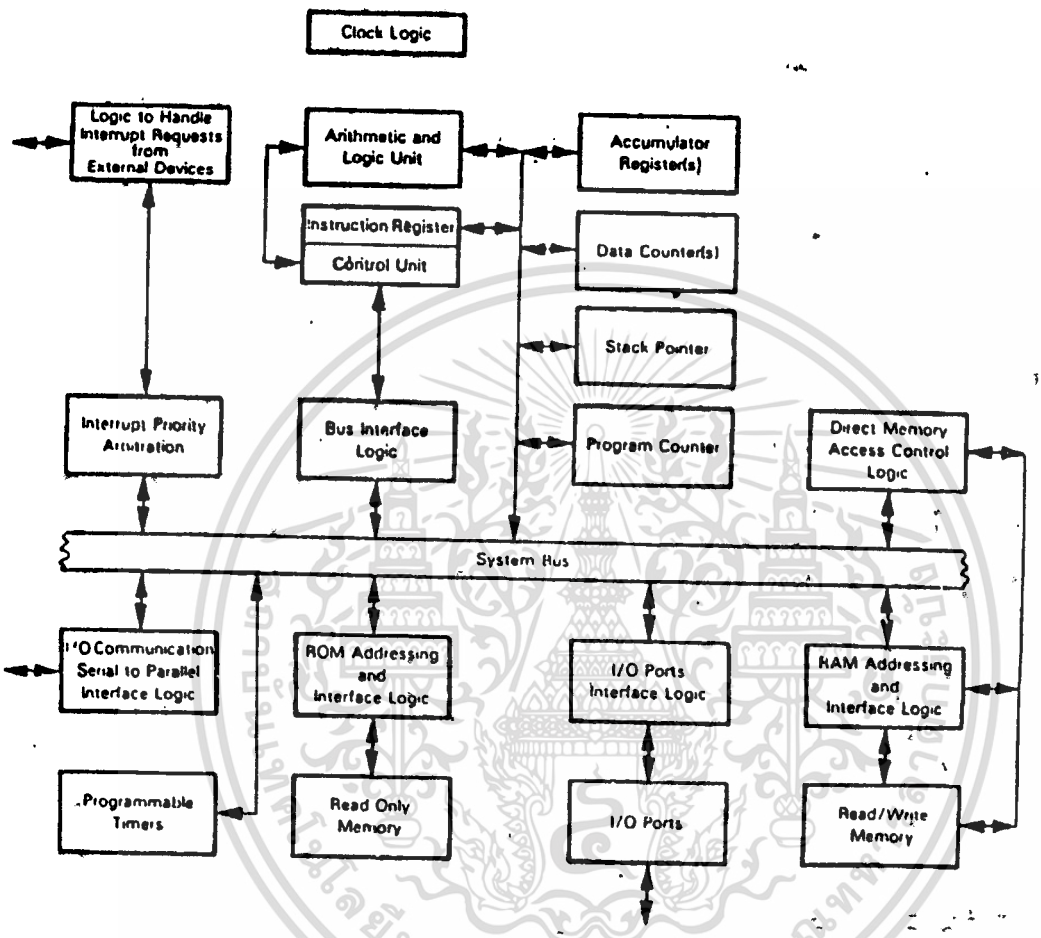
1.1 หน่วยคำนวณ (ALU :ARITHERMATIC AND LOGICAL UNIT)

เป็นหน่วยที่มีหน้าที่คำนวนผลทางคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์เช่นการบวก ,ลบ,AND หรือOR กันในแต่ละบิตของข้อมูล ซึ่งผลลัพธ์ของการคำนวนทุกครั้งจะถูกเก็บเอาไว้ในหน่วยความจำชั่วคราวหรือรีจิสเตอร์(REGISTOR) เรียกว่า แอคคิวมูเลเตอร์ (ACCUMULATOR:A REGISTTOR) และจะแสดงสภาวะของผลลัพธ์ที่คำนวนได้ที่ แฟลกรีจิสเตอร์ (FLAG :F REGISTOR)

1.2 รีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูล (DATA REGISTOR)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราวหลังจากทำการคำนวนหรือเป็นที่รอพักข้อมูล ระหว่างการย้ายตำแหน่งภายในของ CPU เองหรือหน่วยความจำอื่นๆ CPU เบอร์ Z-80 นั้นจะมีรีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูลหลักๆคือ AF,BC,DE และ HL จะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต (BIT)สามารถใช้แยกกันทีละ 8 บิตได้ รีจิสเตอร์หลัก ทั้งหมดนี้ จะมีบัสข้อมูล (DATA BUS) 8 สายต่อถึงกันหมด และยังต่อกับบัสข้อมูลขนาด8บิตภายนอกอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.2 โครงสร้างภายในของไมโครโปรเซสเซอร์ Z80

1.3 รีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูล(DATA REGISTOR)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราวหลังทำการคำนวน หรือเป็นที่รอพักข้อมูลระหว่างการย้ายตำแหน่งภายในของ CPU อ้างถึงตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของอุปกรณ์เหล่านี้ ได้รีจิสเตอร์ตำแหน่งข้อมูลใน Z-80 คือ โปรแกรมเคาท์เตอร์ (PC : PROGRAM COUNTER) และแสตกพอยท์เตอร์ (SP: STACK POINTER)

1.4 หน่วยควบคุม (CONTROL UNIT)

ถือว่าเป็นหัวใจของขบวนการทั้งหมด โดยจะส่งสัญญาณควบคุมให้จังหวะแก่หน่วยอื่นๆ ให้ทำงานไม่ซ้ำซ้อนกัน หน่วยควบคุมจะรับคำสั่งมาจากหน่วยความจำและแปรคำสั่งนั้น แล้วส่งสัญญาณเท่าที่จำเป็นไปควบคุมหน่วยอื่นๆ ให้เป็นไปตามคำสั่ง หน่วยควบคุมจะะรู้ว่าคำสั่งต่อไปอยู่ที่ไหน ในหน่วยความจำ โดยมีตัวบอกตำแหน่งคือโปรแกรมเคาท์เตอร์

1.5 สัญญาณนาฬิกา (CLOCK)

เป็นฐานเวลาที่ป้อนให้กับขาคล็อคของ CPU แล้ว CPU จะใช้ฐานเวลานี้เป็นตัวควบคุมจังหวะการทำงาน ความถี่ของสัญญาณนาฬิกานี้จะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งในปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้ใช้แบบชิงเกิลบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.หน่วยความจำ (MEMORYUNIT)

หน่วยความจำเป็นหน่วยที่เก็บคำสั่งและข้อมูลต่างๆ ทั้งหมด ขนาดของหน่วยความจำจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่หน่วยความจำจะสามารถเก็บข้อมูลได้ หน่วยความจำจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

2.1 รอม (ROM : READ ONLY MEMORY)

การใช้งานในคอมพิวเตอร์นั้น ข้อมูลบางอย่างเรานำไปเก็บไว้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น หลังจากนั้นก็อ่านออกมาใช้งานเพียงอย่างเดียว หน่วยความจำที่เหมาะกับงานนั้นก็ควรจะเป็นแบบเขียนได้และไม่สูญหายไป แม้ว่าจะไม่มีไฟเลี้ยงก็ตามซึ่งก็คือรอมนั่นเองมีอยู่3แบบคือ

- รอม(ROM)เป็นหน่วยความจำที่โปรแกรมมาจากโรงงานผู้ผลิตเลย
- พรอม(PROM) เป็นหน่วยความจำที่ผู้ใช้งานมาโปรแกรมเองตอนจะใช้งานตามต้องการ
- อีพรอม(EPROM) เป็นหน่วยความจำที่ผู้ใช้งานมาโปรแกรมเองแต่สามารถลบออกได้ด้วยวิธีการอันเหมาะสม เช่น การฉายแสงอุลตราไวโอเลต

2.2 แรม (RAM : READ ACCESS MEMORY)

เป็นหน่วยความจำที่สามารถอ่านและเขียนข้อมูลลงไปได้มีข้อดีคือใช้แรมในการพัฒนาโปรแกรมเพราะสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ง่าย เมื่อพัฒนาโปรแกรมเสร็จแล้วจึงจัดเก็บ ข้อมูลลงไปในรอมอีกทีเพื่อเป็นการเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างถาวรต่อไป ข้อเสียคือขณะที่ใช้งานอยู่ถ้าเกิดไฟดับจะทำให้ข้อมูลต่าง ๆ ถูกลบไปด้วยแต่จะมีแรมอีกแบบหนึ่งคือ แรมแพค (RAM PACK) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลไว้ได้เมื่อเกิดไฟดับ เพราะแรมชนิดนี้จะมีแบตเตอรี่คอยจ่ายไฟเลี้ยงไว้จนกว่าแบตเตอรี่จะหมดไป

3. อุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท(INPUT-OUTPUT PORT)

เป็นอุปกรณ์ภายนอกที่ทำหน้าที่ติดต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์อินพุทก็คือแหล่งที่ส่งข้อมูลให้กับไมโครโปรเซสเซอร์ อุปกรณ์เอาท์พุทก็คือแหล่งที่รับข้อมูลมาจากไมโครโปรเซสเซอร์โดย CPU จะส่งสัญญาณเลือกอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งพร้อมกับข้อมูลที่จะส่งหรือรับ สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในโปรเจ็คนี้คือ Z-80 และ 8255 ซึ่งจะเชื่อมต่อกับ CPU และเชื่อมต่อกันเองด้วยบัสต่าง ๆ ดังนี้คือ

3.1 แอดเดรสบัส(ADDRESS BUS)

เป็นบัสทางเดียวใช้ส่งผ่านค่าแอดเดรสจาก CPU ออกไปจากหน่วยความจำ เพื่อระบุตำแหน่งที่ต้องการรับหรือส่งข้อมูลหรือใช้ระบุตำแหน่งของพอร์ท อินพุท-เอาท์พุท ที่ CPU ต้องการจะติดต่อด้วย

3.2 บัสควบคุม (CONTROL BUS)

เป็นบัสทางเดียวที่ใช้ในการส่งผ่านสัญญาณควบคุมให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 บัสข้อมูล (DATA BUS)

เป็นบัส 2 ทิศทางที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่าง CPU กับอุปกรณ์อื่น ๆ ใน ระบบ จำนวนเส้นของบัสข้อมูลจะขึ้นอยู่กับชนิดของ CPU ในกรณีของ Z-80 นั้น CPU จะส่งผ่านข้อมูลทีละ 8 บิท ดังนั้น จะมีจำนวนเส้นของบัสข้อมูลอยู่ 8 เส้น

โปรแกรมคอมพิวหรือคอมพิวเตอร์ซอฟแวร์(COMPUTER SOFTWARE)

การเขียนโปรแกรม ให้คอมพิวเตอร์ทำงานก็คือ การจัดคำสั่งแต่ละคำสั่งให้เป็นไปตามลำดับการทำงานที่ต้องการ ไมโครโปรเซสเซอร์จะรับรู้คำสั่งต่าง ๆ ในรูปรหัสเลขฐานสองเท่านั้น ซึ่งถ้าเราจะเขียนโปรแกรมในรูปเลขฐานสองก็จะทำให้เกิดความยุ่งยากและอาจผิดผลาดได้ง่าย จึงได้มีการกำหนดภาษาขึ้นใหม่เพื่อนำมาใช้สะดวกมากขึ้นคือ ภาษาแอสแซมบลี้(Assembly Language) ซึ่งสะดวกต่อการอ่านและเข้าใจมากขึ้นเพราะจะเปลี่ยนรหัสจากเลขฐานสองเป็นสัญลักษณ์ภาษาอังกฤษว่า นีโมนิค (Nemonic) แต่โปรเจ็คนี้ใช้ชิงเกิลบอร์ดในการทำงานจะต้องแปลงภาษาแอสแซมบลี้เป็นอ๊อฟโค้ด (Opcod) ก่อนจึงค่อยป้อนโปรแกรมให้เครื่องรับรู้ได้ เช่น ในคำสั่งภาษาแอสแซมบลี้เขียนว่า

LD A,FFH

ซึ่งจะแทนระหัสตัวเลขฐานสองคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0011 1110 1111 1111

และเขียนเป็นอ๊อฟโค้ดได้ว่า

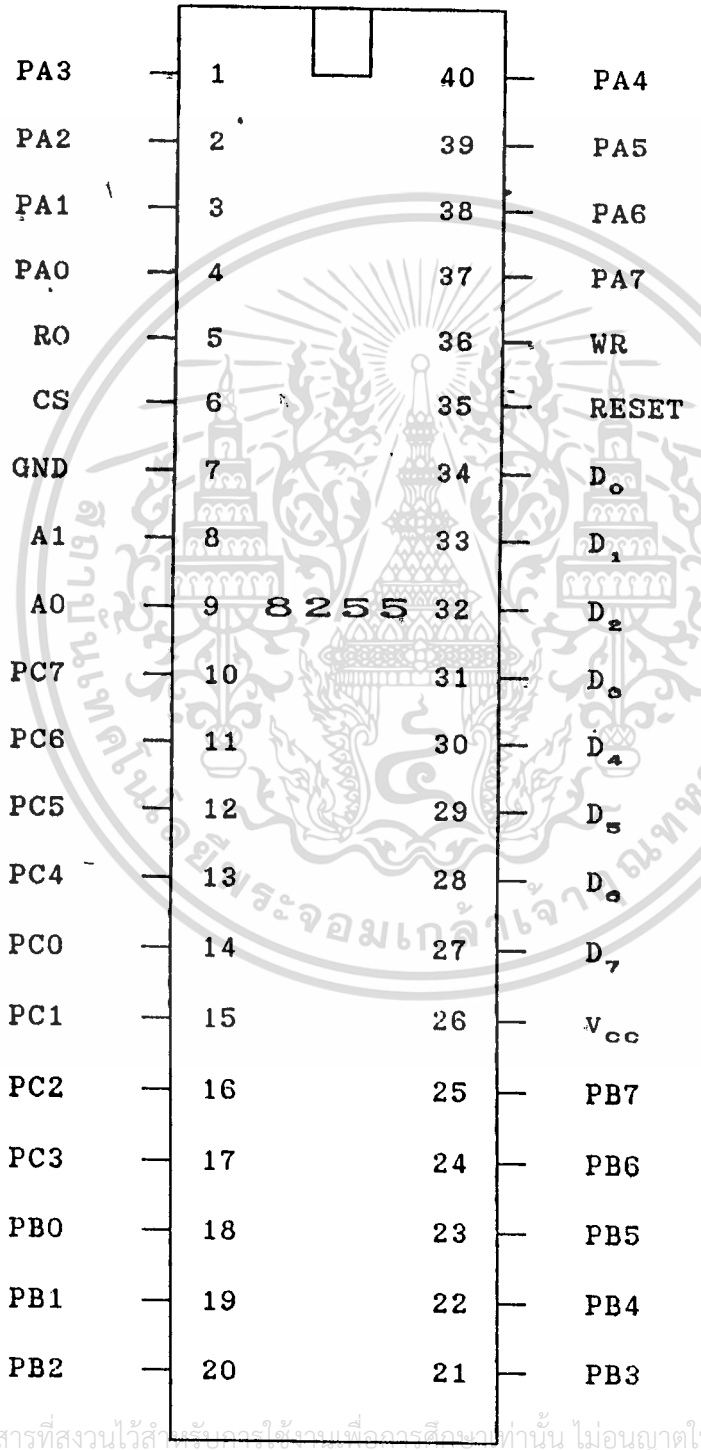
3E FF

ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมให้กับ Single Board จึงต้องเขียน 3E FF เท่านั้นเครื่องจึงจะทำตามคำสั่ง ไมโครโปรเซสเซอร์ แต่ละตัวจะต้องมีภาษาแอสแซมบลี้เป็นรหัสอ๊อฟโค้ด โดยเรียกตัวแปลภาษานี้ว่า ภาษาแอสแซมเบลอร์ (Assembler Program)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

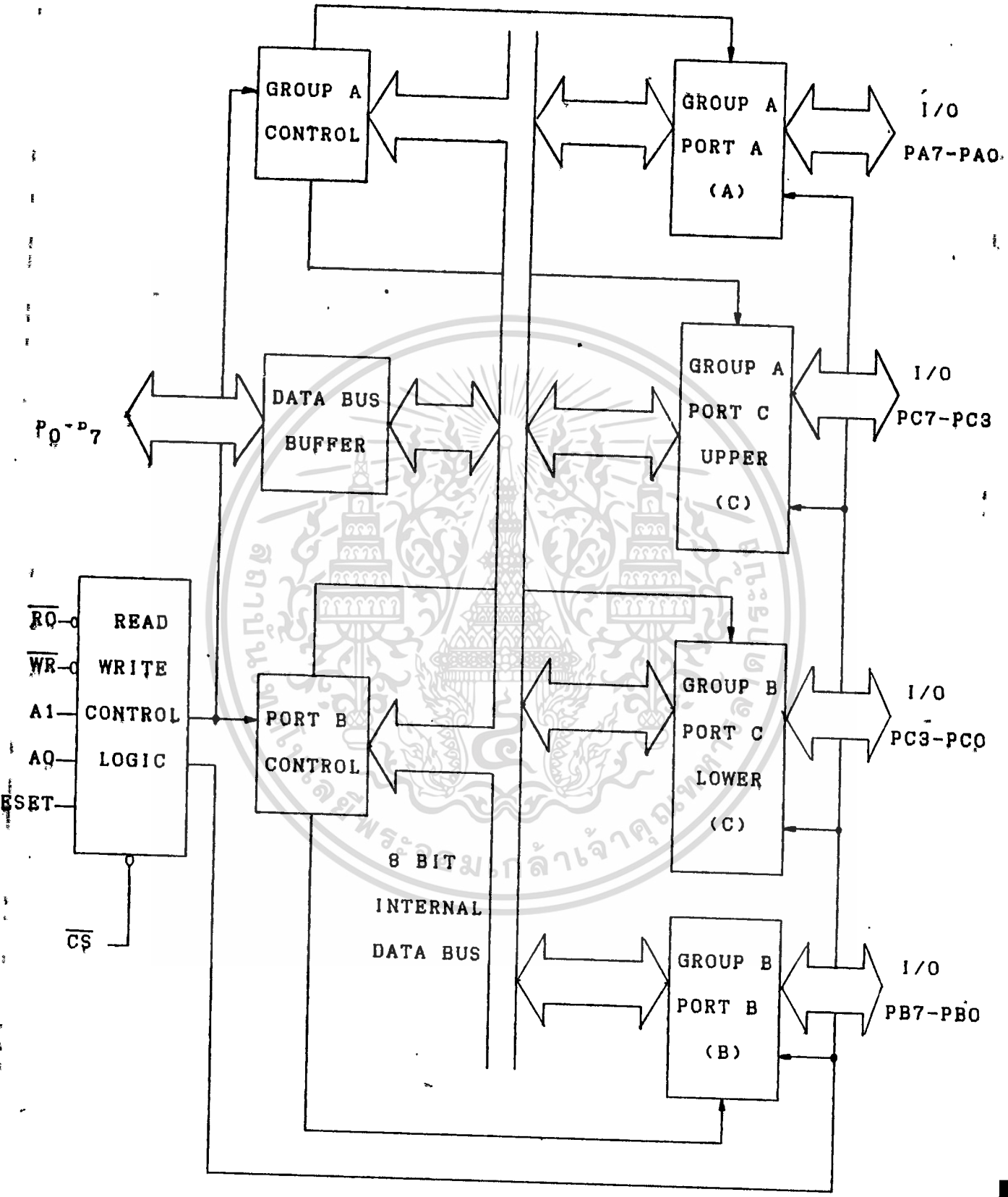
8255

เป็น IC PORT ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ ซึ่งถูกสร้างขึ้นมาใช้กับ 8080 แต่ก็สามารถนำมาใช้กับ Z-80 ได้อย่างง่ายดาย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 8255



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 แสดงบล็อคไดอะแกรมและการวางตำแหน่งของ 8255

จะเห็นว่า IC มีอยู่ 3 PORT ที่ใช้งานคือ PORT A,PORT B ซึ่งมีขนาด 8 Bit และ PORT C โดยที่ PORT C นั้นยังสามารถแบ่งได้เป็น PORT C บน และ PORT C ล่าง ดราวนี้การต่อใช้งานก็จะมีขาที่เป็นอินพุตให้กับตัว IC ก็มี

D0-D7 ต่อเข้ากับ Data Bus ของ CPU เพื่อใช้สำหรับส่งข้อมูลระหว่าง PORT กับ CPU

A0-A7 ขา Address ซึ่งเป็นตัวสำคัญในการกำหนด PORT ว่าเรียก PORT อะไรเป็น PORT A,B หรือ C จากที่กล่าวมาแล้วสถานะที่เราคิดจะมีเพียง ON กับ OFF ดังนั้น IC ตัวนี้ จึงมีเบอร์ PORT ในตัวมัน 4 PORT เพราะที่สาย Address มี2เส้น จึงเป็น PORT ได้ 2^2เส้น และเราได้กล่าว มาแล้ว 3 PORT ดังนั้นจึงเหลืออีก 1 PORT ซึ่ง PORT นี้ จะเป็นตัวที่สำคัญที่สุด ในการทำงานของ IC นี้ ซึ่งก่อนที่จะเลือก IC เบอร์นี้มีหน้าที่ของ IC ให้กับ PORT นี้เสียก่อนเรียก PORT นี้ว่า CONTROL PORT ซึ่งจะมีการเรียงลำดับดังนี้

A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

--------ไม่สนใจ----------	0	0	PORT A
--------ไม่สนใจ----------	0	1	PORT B
--------ไม่สนใจ----------	1	0	PORT C
--------ไม่สนใจ----------	1	1	PORT Crt

ดังนั้นเวลาเราเลือก PORT ซึ่งใน 1 คำสั่งนั้นจะต้องเรียกเบอร์ PORT เป็น 8 Bit คือเลข HEX 2 หลัก แต่ IC จะให้PORTไหนทำงาน จะมีความสำคัญแค่หลักหลังคือ A1 กับ A0 ว่ามีค่าเป็นอะไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CS เป็นขาเลือก IC PORT ให้ทำงานนี้จะต่อเข้ากับ IC ที่ Decodeเบอร์ PORT ไว้โดยการเรียกเบอร์ PORT นี้ จะรวมเข้ากับ address 2 เส้นที่ต่อกับ PORT ด้วยคือ a0 กับ a1 เพราะเวลาเรียกเบอร์ PORT จะต้องใช้คำสั่งซึ่งเป็น 8 บิท ตาม CPU ดังนั้น 1 คำสั่งจึงรวมสาย Address ตัวอย่างบน ET-BOARD 8255 ที่ว่างขา CS จะต่อเข้ากับ IC #74LS138 ขาที่ 14 คือจุดที่ DECODE เบอร์ PORT ตั้งแต่เบอร์20H ไว้นั้นเอง (PORT A)

RD ใช้ขบวนการ อินพุต เมื่อ CS และ RD Active เป็น 0

WR ใช้ขบวนการ เอาต์พุต เมื่อ CS และ WD Active เป็น 0

RESET เป็น "1" ใช้ Clear สถานะต่างๆ ของ 8255

<u>PORT ที่ใช้สำหรับ CONTROL</u>

การใช้ 8255 จะต้องส่งรหัสควบคุมเข้าไปยัง PORT ข้อมูลควบคุม (PORT สุดท้ายใน 4 PORT คือที่ A1 กับ A0 เป็น 1 เช่น PORT 23H บน ET-Board ที่ 8255 ว่าง) เพื่อควบคุมการทำงานของ 8255 ว่าให้ทำงานใน MODE ไหน และแต่ละ PORT เป็น Input หรือ Output PORT

ความหมายของ Bit ต่างๆ ของรหัสควบคุม (Control Byte) หรือ รหัสสั่งงาน 8255 ในตอนเริ่มแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหมายของแต่ละ Bit

D7 แสดงถึงรหัสควบคุมให้เริ่มการทำงาน("1" ทำงาน) 8255 รับรู้สิ่งต่อไปBit ต่างๆ ที่กำหนดให้เพราะฉะนั้นเวลาจะสั่งงานให้กับ 8255 เราจะให้ Bit นี้เป็น "1" เสมอ

D6 และ D5 เป็นการเลือก MODE การทำงาน ของ PORT A ซึ่งมี 3 MODE ใน 8255 ซึ่งจะกล่าวต่อไป

D4 กำหนด PORT เป็น อินพุต หรือ เอาต์พุต โดย

" 0 " - เอาต์พุต PORT

" 1 " - อินพุต PORT

D3 กำหนดให้ PORT C upper เป็น อินพุต หรือ เอาต์พุทโดย

" 0 " - เอาต์พุต PORT

" 1 " - อินพุต PORT

D2 เป็นการเลือก MODE ให้กับ PORT B

" 0 " - MODE 0

" 1 " - MODE 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D1 กำหนดให้ PORT B เป็น อินพุต หรือ เอาต์พุต โดย

" 0 " - เอาต์พุต PORT

" 1 " - อินพุต PORT

D0 กำหนดให้ PORT C Lower เป็น อินพุต หรือ เอาต์พุตโดย

" 0 " - เอาต์พุต PORT

" 1 " - อินพุต PORT

การทำงานของ PORT A มีอยู่ 3 MODE คือ

1. MODE 0 กำหนดให้ PORT บน ET-Board ทุกPORT เป็น Output และ Input แบบพื้นฐาน

2. MODE 1 การทำงานของ 8255 ใน MODE นี้ทำให้ Input -Output PORT มีการตรวจสอบสัญญาน โดยใช้ Input-Output ของ PORT Aและ B เป็นหลัก และใช้ PORT C Upper เป็นสัญญาน Hand Shake ของ PORT A ส่วน PORT C ล่างเป็น สัญญาน Hand Shake ของ PORT C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อโปรแกรม 8255 เป็น MODE 1 PORT C จะมีความหมายดังนี้

ขา	กรณี Input	กรณี Output
PC_0	$INTR_B$	$INTR_B$
PC_1	IBF_B	OBF_B
PC_2	STB_B	ACK_B
PC_3	$INTR_A$	$INTR_A$
PC_4	STB_A	I/O
PC_5	IBF_A	I/O
PC_6	I/O	ACK_A
PC_7	I/O	OBF_A

จะเห็นว่าในกรณี I/O PC6 และ PC7 สามารถที่จะโปรแกรมให้เป็น Input หรือ Output อิสระได้โดยถ้ากำหนด Bit มีค่าให้เป็น "1" ก็จะเป็น อินพุต ส่วน "0" จะเป็นเอาต์พุต ส่วนกรณี เอาต์พุต ก็เช่นกัน เพียงแต่ Bit ที่ใช้ได้ไปอยู่ที่ PC4 และ PC5 และยังสามารถ ส่งสัญญานไป Interupt เพื่อ Set Enable Mode 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PORT	กำหนดให้เป็น	สัญญาน INT	ทำการที่ SET/RESET
A	Input	INTE A	PC4
A	Output	INTE A	PC6
B	Input	INTE B	PC2
B	Output	INTE B	PC2

การ SET/RESET นี้ให้ทำการ SET ไปที่ Control Word ในลักษณะเดียวกับ การ SET/RESET Bit ที่ PORT C ที่ได้กล่าวมาแล้ว

ใน Mode ของการ SET/RESET Bit INTR จะถูก RESET โดยอัตโนมัติ เมื่ออยู่ในระหว่างการเลือก MODE หรือ RESET

3.MODE 2 จะใช้ได้เฉพาะกับ PORT A เท่านั้น ซึ่งจะทำหน้าที่เป็น PORT แบบ 2 ทิศทาง คือสามารถ เป็นได้ทั้ง Input หรือ Output โดยโครงสร้างของ PORT A ทั้ง Input และ Output จะมีHand Shake ทั้งคู่ ส่วน PORT C ทำหน้าที่สำหรับตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PORT C	ความหมาย
PC_0	I/O
PC_1	I/O
PC_2	I/O
PC_3	INTRA
PC_4	STBA
PC_5	IBFA
PC_6	ACKA
PC_7	OBFA

ลักษณะการ Hand Shake ทาง Input และ Output มีหลักการเดียวกับ MODE 1 และเป็นการสั่ง Enable INTE 1 เมื่อเป็น Output ให้ Set/Reset ที่ PC6 และ ถ้าเป็น Input Enable 2 ให้ Set/Reset ที่ PC4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROGRAM

การควบคุมการหมุนของจานรับดาวเทียม

Program ที่ใช้เป็น Program สำหรับควบคุมการรับดาวเทียม 3 ตำแหน่ง โดยการกด key ครั้งเดียวให้หมุนไปตำแหน่งที่ต้องการ

เราจะเริ่ม Run Program ที่ Address 2000H เครื่องจะทำการควบคุมการกด Key โดยเราจะกำหนด Key ดังนี้

กด KEY 4 หมุนไปดาวเทียมดวงที่ 1

กด KEY 5 หมุนไปดาวเทียมดวงที่ 2

กด KEY 6 หมุนไปดาวเทียมดวงที่ 3

หมายเหตุ

ในการกด KEY ใดๆห้ามกดซ้ำอีกต้องกด KEY อื่นก่อน แล้วจึงกลับมากด KEY เก่าได้ ตัวอย่าง เช่น

เมื่อกด KEY 4 แล้ว ห้ามกดซ้ำต้องกด KEY 5 หรือ KEY 6 ก่อนแล้วจึงกลับมากด KEY 4 ได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2500 A.D. Z80 Macro Assembler  -  Version 4.02a
-----------------------------------------------

                Input  Filename : b:program.asm
                Outputt Filename : b:program.obj

                ****************************
                *     CHAKRAYUT   R.       *
                *     CHANNARONG  R.       *
                *     WIBULL      S.       *
                ****************************

1   2000                        ORG 2000H
2                               ;
3         3FFD                  SYSFAG: EQU 3FFDH
4         0010                  SYSCAL: EQU 10H
5         0002                  SCAN:   EQU 02H
6         0023                  PCC:    EQU 23H
7         0020                  PA:     EQU 20H
8         0003                  CLEAR:  EQU 03H
9                               ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
10  2000  16 04              LD   D,4
11  2002  D5                 PUSH DE          ;save address
12  2003  3E 80              LD   A,80H
13  2005  D3 23              OUT  (PCC),A     ;install 8255
14                           ;
15  2007  3E 03              LD   A,CLEAR
16  2009  D7                 RST  SYSCAL      ;clear display
17  200A  21 FD 3F     KEY:  LD   HL,SYSFAG
18  200D  CB 86              RES  0,(HL)      ;auto key
19  200F  3E 02              LD   A,SCAN
20  2011  D7                 RST  SYSCAL      ;scan key
21                           ;
22  2012  FE 04              CP   4
23  2014  20 29              JR   NZ,LOOP1
24  2016  D1                 POP  DE          ;load address
25  2017  7A                 LD   A,D
26                           ;
27  2018  FE 04              CP   4           ;key 4
28  201A  20 03              JR   NZ,PR1
29  201C  C3 0A 20           JP   KEY
30                           ;
31  201F  FE 05         PR1: CP   5
32  2021  20 0C              JR   NZ,ST1
33  2023  01 E8 03           LD   BC,03E8H    ;counter
34  2026  CD 8B 20           CALL TURNL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
35  2029  16 04          LD    D,4
36  202B  D5             PUSH  DE          ;save address
37  202C  C3 0A 20       JP    KEY
38                       ;
39  202F  FE 06          ST1:  CP    6
40  2031  20 D7          JR    NZ,KEY
41  2033  01 D0 07       LD    BC,07D0H
42  2036  CD 8B 20       CALL  TURNL
43  2039  16 04          LD    D,4
44  203B  D5             PUSH  DE
45  203C  C3 0A 20       JP    KEY
46                       ;
47  203F  FE 05          LOOP1: CP   5         ;key  5
48  2041  20 22          JR    NZ,LOOP2
49  2043  D1             POP   DE
50  2044  7A             LD    A,D
51                       ;
52  2045  FE 04          CP    4
53  2047  20 0C          JR    NZ,ST2
54  2049  01 E8 03       LD    BC,03E8H
55  204C  CD 9F 20       CALL  TURNR
56  204F  16 05          LD    D,5
57  2051  D5             PUSH  DE
58  2052  C3 0A 20       JP    KEY
59                       ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
60  2055  FE 06        ST2:   CP   6
61  2057  20 B1               JR   NZ,KEY
62  2059  01 E8 03           LD   BC,03E8H
63  205C  CD 8B 20           CALL TURNL
64  205F  16 05              LD   D,5
65  2061  D5                 PUSH DE
66  2062  C3 0A 20           JP   KEY
67                      ;
68  2065  FE 06        LOOP2: CP   6          ;key 6
69  2067  20 A1               JR   NZ,KEY
70  2069  D1                 POP  DE
71  206A  7A                 LD   A,D
72                      ;
73  206B  FE 04              CP   4
74  206D  20 0C              JR   NZ,ST3
75  206F  01 D0 07           LD   BC,07D0H
76  2072  CD 9F 20           CALL TURNR
77  2075  16 06              LD   D,6
78  2077  D5                 PUSH DE
79  2078  C3 0A 20           JP   KEY
80                      ;
81  207B  FE 05        ST3:   CP   5
82  207D  20 8B              JR   NZ,KEY
83  207F  01 E8 03           LD   BC,03E8H
84  2082  CD 9F 20           CALL TURNR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 85  2085   16 06              LD    D,6
 86  2087   D5                 PUSH  DE
 87  2088   C3 0A 20           JP    KEY
 88                            ;
 89  208B   3E 60       TURNL: LD    A,60H      ; 0110 0000
 90  208D   D3 20              OUT   (PA),A
 91  208F   CD B3 20           CALL  DELAY
 92  2092   3E 40              LD    A,40H      ; 0100 0000
 93  2094   D3 20              OUT   (PA),A
 94  2096   CD B3 20           CALL  DELAY
 95  2099   0B                 DEC   BC         ;BC=BC-1
 96  209A   78                 LD    A,B
 97  209B   B1                 OR    C
 98  209C   20 ED              JR    NZ,TURNL   ;BC=0
 99  209E   C9                 RET              ;return
100                            ;
101  209F   3E 20       TURNR: LD    A,20H      ; 0010 0000
102  20A1   D3 20              OUT   (PA),A
103  20A3   CD B3 20           CALL  DELAY
104  20A6   3E 00              LD    A,00H      ; 0000 0000

105  20A8   D3 20              OUT   (PA),A
106  20AA   CD B3 20           CALL  DELAY
107  20AD   0B
108  20AE   78                 LD    A,B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
109   20AF   B1                    OR    C
110   20B0   20 ED                 JR    NZ,TURNR
111   20B2   C9                    RET
112                        ;
113   20B3   F5             DELAY: PUSH  AF          ;save AF
114   20B4   E5                    PUSH  HL          ;save HL
115   20B5   21 00 01              LD    HL,100H
116   20B8   2B             DEL1:  DEC   HL          ;HL=HL-1
117   20B9   7C                    LD    A,H
118   20BA   B5                    OR    L
119   20BB   20 FB                 JR    NZ,DEL1     ;HL=0
120   20BD   E1                    POP   HL          ;load HL
121   20BE   F1                    POP   AF          ;load AF
122   20BF   C9                    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์และพัฒนา

เนื่องจากโปรเจคนี้สามารถพัฒนาต่อไปได้อีกจะเห็นว่าโปรเจคนี้เป็นการควบคุม Stepping Motor เพียงตัวเดียวโดยการควบคุม Port A ใน Bit ที่ 6 และ Bit ที่ 7 ส่วน Port อื่นๆ เราให้เป็น 0 หมด

เพราะฉะนั้น เราสามารถเพิ่ม Stepping motor ได้อีก โดยใช้ Port ที่เหลือ และเพิ่มวงจร Sequencial กับ วงจร Drive

ในส่วนของ Soft ware เราสามารถเพิ่ม key สำหรับควบคุม Stepping motor ตัวอื่นๆ ได้อีกเช่นกัน

ในการประยุกต์ ซึ่งจากโปรเจคนี้เป็นการควบคุมการหมุนของของดาวเทียมทางแกน Y แกนเดียว ดังนั้นเราสามารถเพิ่ม Stepping Motor อีกตัวหนึ่งสำหรับควบคุมทางแกน X โดยใช้หลักการข้างต้น

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

STEPPPING MOTOR AND MICROPROCESSER CONTROL

ของ TAKASHI KENJO

การใช้งาน Z80 ของ อ.นรินทร์ เนาวประทีป

ไมโครโปรเซสเซอร์ ของ วิบูลย์ ชื่นแขก

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณ ดร. อนันต์ ชัยเลิศวณิชกุล ซึ่งให้การช่วยเหลือในด้านต่างๆตลอดเวลาการทำงาน และขอขอบคุณ อ. อุทัย ตลอดรวมถึง คณาจารย์ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม ได้ช่วยแนะแก้ปัญหาที่เกิดในขณะทำปริญญานิพนธ์นี้

สุดท้ายขอขอบคุณเพื่อนๆ และ รุ่นพี่ ที่คอยช่วยแก้ปัญหาและให้กำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบคุณทุกๆท่านมา ณ. ที่นี้

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้