สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การขับมอเตอร์กระแสตรงแบบ 4 ควอแดรนท์ ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

4-QUADRANT DC MOTOR DRIVE BASE ON MICROCONTROLLER

โดย

นายเจษฎา ศรีนวลเอียด

นายเจษฎา ทองบัวศิริไล

นายฉัตรชัย พรมมารี

นายเฉลิมพล พากเพียร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....36977
วัน, เดือน, ปี.....30 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2542

การขับมอเตอร์กระแสตรงแบบ 4 ควอแดรนท์ ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

4-QUADRANT DC MOTOR DRIVE BASE ON MICROCONTROLLER

โดย

นายเจษฎา ศรีนวลเอียด

นายเจษฎา ทองบัวศิริไล

นายฉัตรชัย พรมมารี

นายเฉลิมพล พากเพียร

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.วิริยะ พิเชฐจำเริญ

ดร.วิจิตร กิณเรศ

อ.สุรินทร์ คำฝอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การขับมอเตอร์กระแสตรงแบบ 4 ควอแดรนท์ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

ผู้จัดทำ

1.นายเจษฎา	ศรีนวลเอียด	รหัสนักศึกษา	39014097
2.นายเจษฎา	ทองบัวศิริไล	รหัสนักศึกษา	39014098
3.นายฉัตรชัย	พรมมารี	รหัส นักศึกษา	39014103
4.นายเฉลิมพล	พากเพียร	รหัส นักศึกษา	39014108

อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ดร.วิริยะ พิเชฐจำเริญ)

อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.วิจิตร กิณเรศ)

อาจารย์ที่ปรึกษา
(อ.สุรินทร์ คำฝอย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขับมอเตอร์กระแสตรงแบบ 4 ควอดแดรนต์ ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

นายเจษฎา ศรีนวลเอียด
นายเจษฎา ทองบัวศิริไล
นายฉัตรชัย พรมมารี
นายเฉลิมพล พากเพียร
รศ.ดร.วิริยะ พิเชฐจำเริญ อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร. วิจิตร กิณเรศ อาจารย์ที่ปรึกษา
อ. สุรินทร์ คำฝอย อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ เป็นการศึกษาถึงการสร้างระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยการควบคุมที่อาร์มาเจอร์ ให้สามารถขับเคลื่อนมอเตอร์ได้ใน 4 ควอดแดรนต์ ซึ่งการควบคุมจะประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิต เป็นตัวสร้างสัญญาณในการขับวงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งใช้ ไอจีบีที เป็นสวิทช์ มีการรับคำสั่งผ่านทางปุ่มคีย์บอร์ด การควบคุมมีการป้อนกลับค่าความเร็วรอบโดยใช้เอ็นโค้ดเดอร์เป็นอุปกรณ์ในการวัด เพื่อนำค่าที่ได้กลับมาใช้ในการประมวลผลสัญญาณควบคุมความเร็ว การเปลี่ยนทิศทาง และการเบรก มอเตอร์ที่ใช้มีขนาดพิกัดกำลัง 0.75 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบสูงสุด 2000 รอบต่อนาที และใช้สนามแม่เหล็กคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 QUADRANT DC MOTOR DRIVE BASE ON MICROCONTROLLER

Jessada Srinuaniad
Jessada Thongbuasirilai
Chadchai Prommaree
Chalermphol Parkpian
Assoc.Prof.Dr.Vriya Pichetjamroen Advisor
Dr. Vijit Kinnares Advisor
Surin Khomfoi Advisor
1999

ABSTRACT

In this project , the speed control system of separately excited fixed field DC motor is studied. The purpose is to control the motor in 4 Quadrant of speed-torque relation by using the 8 bit microcontroller. IGBTs are used as switches in full-bridge converter because of the number of their good characteristics. Speed data is fed back from the encoder to compute the control signal for driving the motor in the desired speed and direction. The rated power of motor which is used is 0.75 kW. and maximum speed is 2000 rpm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
Abstract	II
สารบัญ	III
สารบัญภาพ	V
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่2 ทฤษฎีการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	3
2.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	3
2.2 ข้อดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	4
2.3 ข้อเสียของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	4
2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก	4
2.5 หลักการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดบใช้วงจรชอปเปอร์	5
2.6 การตรวจวัดค่าความเร็วรอบของมอเตอร์	10
บทที่ 3 ความรู้พื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	12
3.1 คุณสมบัติพื้นฐานของ MCS-51	12
3.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	12
3.3 โครงสร้างหน่วยความจำ	13
3.4 วงจรนับ/จับเวลา (TIMER/COUNTER)	15
3.5 ชุดคำสั่งในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	16
3.6 โครงสร้างการอินเทอร์รัปต์ของ MCS-51	17
3.7 ฐานเวลาการทำงานของ CPU	17
3.8 รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ SFR	18
3.9 พอร์ตอินพุท/ เอ้าพุทข้อมูล	19
3.10 รายละเอียดของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงงาน	20
3.11 การใช้งาน แอลซีดีโมดูล (LCD Module)	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
บทที่ 4 โครงสร้างระบบควบคุม	23
4.1 รายละเอียดมอเตอร์ที่ใช้	23
4.2 วงจรกำลังที่ใช้งาน	23
4.3 วงจรเดดไทม์	23
4.4 วงจรขับสัญญาณของไอจีบีที	24
4.5 ส่วนตรวจวัดความเร็ว	25
4.6 โครงสร้างโครงงานรวม	27
4.7 การทำงานของโปรแกรม	27
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	36
5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง	36
5.2 การทดลองวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์	36
5.3 ผลการทดลอง	37
บทที่ 6 สรุปและวิจารผลการทดลอง	47
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
เอกสารอ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงระบบควบคุมโดยรวม	2
รูปที่ 2.1 วงจรชอปเปอร์พื้นฐาน	5
รูปที่ 2.2 การมอดูเลทสัญญาณเพื่อนำไปขับวงจรชอปเปอร์	5
รูปที่ 2.3 แกนความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและแรงบิด	6
รูปที่ 2.4 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฟูลบริดจ์	7
รูปที่ 2.5 สัญญาณพีดับบลิวเอ็มแบบไบโพลาร์	8
รูปที่ 2.6 สัญญาณที่มีการหน่วงงเวลาช่วงขึ้น	9
รูปที่ 2.7 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งผ่านสัญญาณขับสวิทช์	10
รูปที่ 2.8 รูปแสดงสัญญาณเอาท์พุทจากเอนโค้ดเดอร์แบบอินครีเมนทอล	10
รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	13
รูปที่ 3.2 แสดงการจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมสำหรับ MCS-51	14
รูปที่ 3.3 แสดงการจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับ MCS-51	15
รูปที่ 3.4 แสดงการจัดหน่วยความจำบนบอร์ด ANT-31PJ	21
รูปที่ 4.1 วงจรกำลังที่ใช้จริงในโครงงาน	23
รูปที่ 4.2 วงจรเดดไทม์ที่ใช้งานจริง	24
รูปที่ 4.3 แสดงวงจรขับไอจีบีทีที่ใช้ในโครงงาน	25
รูปที่ 4.4 แสดงส่วนของวงจรป้อนกลับความเร็ว	26
รูปที่ 4.5 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณพัลซ์จากไอซี 555	26
รูปที่ 4.6 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของระบบควบคุม	27
รูปที่ 4.7 แสดงโฟลว์ชาร์ตของส่วนโปรแกรมหลัก	28
รูปที่ 4.8 แสดงโฟลว์ชาร์ตของส่วนโปรแกรมบริการอินเทอร์รัปต์ INT1	31
รูปที่ 4.9 แสดงโฟลว์ชาร์ตของส่วนโปรแกรมบริการอินเทอร์รัปต์ TIMER1	32
รูปที่ 4.10 แสดงโฟลว์ชาร์ตของส่วนโปรแกรมย่อย FORWARD	33
รูปที่ 4.11 แสดงโฟลว์ชาร์ตของส่วนโปรแกรมย่อย REVERSE	34
รูปที่ 4.12 แสดงโฟลว์ชาร์ตของส่วนโปรแกรมย่อย BRAKE	35
รูปที่ 5.1 รูปคลื่นแรงดันและกระแสของมอเตอร์ขณะหมุนในทิศทาง Forward	42
รูปที่ 5.2 รูปคลื่นแรงดันและกระแสของมอเตอร์ขณะหมุนในทิศทาง Reverse	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 5.3 แสดงรูปคลื่นแรงดันและกระแสขณะ Brake 43

รูปที่ 5.4 แสดงรูปคลื่นกระแสมอเตอร์ขณะหมุนทิศ Forward และใส่โหลด 44

รูปที่ 5.5 แสดงรูปคลื่นกระแสมอเตอร์ขณะหมุนทิศ Reverse และใส่โหลด 44

รูปที่ 5.6 แสดงรูปคลื่นกระแสมอเตอร์ขณะหมุนทิศ Forward แล้วทำการเบรก 45

รูปที่ 5.7 แสดงรูปคลื่นกระแสมอเตอร์ขณะหมุนทิศ Reverse แล้วทำการเบรก 45

รูปที่ 5.8 แสดงรูปคลื่นกระแสมอเตอร์ขณะหมุนทิศ Forward แล้วทำการ 46
หมุน Reverse

รูปที่ 5.9 แสดงรูปคลื่นกระแสมอเตอร์ขณะหมุนทิศ Reverse แล้วทำการ 46
หมุน Forward

กราฟที่ 5.1 แสดงความเร็วขณะ no load และ take load เมื่อทำการทดสอบ 38
แบบ Open loop

กราฟที่ 5.2 แสดงความเร็วขณะ no load และ take load เมื่อทำการทดสอบ 39
แบบ Close loop

กราฟที่ 5.3 แสดงแรงดันคร่อมมอเตอร์ขณะ no load และ take load เมื่อทำ 40
การทดสอบ แบบ Close loop

กราฟที่ 5.4 แสดงกระแสอาร์มาเจอร์ขณะ no load และ take load เมื่อทำการ 41
ทดสอบ แบบ Close loop

กราฟที่ 5.5 แสดงดิวตี้ไซเคิ้ลขณะ no load และ take load เมื่อทำการทดสอบ 42
แบบ Close loop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 5.1 แสดงขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ในการทดลอง	36
ตารางที่ 5.2 แสดงผลการทดลองด้านความเร็วเมื่อทำการทดลองแบบ Open loop	37
ตารางที่ 5.3 แสดงผลการทดลองด้านความเร็วของมอเตอร์ขณะ No load และ Take load เมื่อทำการทดลองแบบ Close loop	38
ตารางที่ 5.4 แสดงผลการทดลองด้านแรงดันของมอเตอร์ขณะ No load และ Take load เมื่อทำการทดลองแบบ Close loop	39
ตารางที่ 5.5 แสดงผลการทดลองด้านกระแสอาร์มาเจอร์ของมอเตอร์ขณะ No load และ Take load เมื่อทำการทดลองแบบ Close loop	40
ตารางที่ 5.6 แสดงผลการทดลองด้านดิวตี้ไซเคิ้ลของแรงดันของมอเตอร์ขณะ No load และ Take load เมื่อทำการทดลองแบบ Close loop	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันวิทยาการทางด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลังและ ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีความเจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งได้เข้าไปมีส่วนในการพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมากมาย การขับเคลื่อนทางไฟฟ้านั้นถือได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถแยกตามชนิดของเครื่องจักรไฟฟ้าต้นกำลังได้ คือ ระบบที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ และระบบที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้นกำลัง

ถึงแม้ว่าการพัฒนาทางเทคโนโลยีและการใช้งานจะมีแนวโน้ม ไปในด้านของเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสสลับมากขึ้นอันเนื่องมาจาก ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์กำลัง และ ข้อได้เปรียบของมอเตอร์กระแสสลับที่ดีกว่า มอเตอร์กระแสตรง เช่น ราคา น้ำหนัก และการบำรุงรักษา แต่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงก็ยังคงเป็นที่ใช้กันอยู่ เนื่องจากข้อดีในงานเฉพาะบางอย่าง และการควบคุมที่ง่าย และ ไม่ซับซ้อน

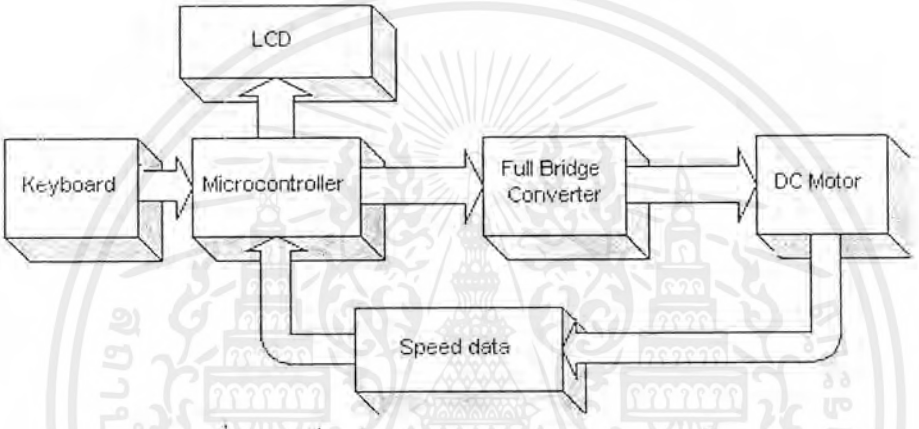
สำหรับในหัวข้อนี้ จะศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยให้สนามแม่เหล็กของส่วนที่อยู่นิ่งมีค่าคงที่ และควบคุมความเร็วของมอเตอร์ให้มีค่าคงที่ ให้มอเตอร์หมุนไปได้ทั้งเดินหน้า และ ย้อนกลับ รวมทั้งเบรคได้ทั้ง 2 ทิศทาง ตามการสั่งงานของผู้ควบคุม โดยใช้เทคโนโลยีด้าน ไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้ามาช่วย เนื่องจากจะมีความยืดหยุ่นในด้านการควบคุม และ สะดวกในการติดต่อกับผู้ใช้งาน ในด้านของส่วนควบคุม สัญญาณที่ได้จากการประมวลผลของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะเป็นข้อมูลของสัญญาณพีดับบลิวเอ็ม (Pulse Width Modulation) ซึ่งจะนำไปใช้ขับวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฟูลบริดจ์ (Full Bridge Converter) ความถี่ที่ใช้ในการสวิทช์ มากกว่า 1 kHz.

ระบบควบคุมโดยรวมสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ

1. ส่วนตรวจวัดความเร็ว ทำหน้าที่ตรวจวัดความเร็วของมอเตอร์ แล้วส่งค่าข้อมูลที่วัดได้ไปให้ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะประมวลผลข้อมูลความเร็วออกมา และนำไปใช้ในการสร้างสัญญาณควบคุม
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ สร้างสัญญาณควบคุมมอเตอร์ โดยรับสัญญาณจากเอ็นโค้ดเดอร์ เข้ามาเพื่อประมวลผลค่าความเร็ว และรับคำสั่งจากผู้ควบคุม พร้อมทั้งแสดงผลลัพธ์
3. วงจรดีซีคอนเวอร์เตอร์ จะขยายสัญญาณที่ได้จากส่วนประมวลผล เพื่อนำไปขับมอเตอร์โดยตรง โดยมีไอจีบีทีเป็นสวิทช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน เป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ โดยรับคำสั่งผ่านทางปุ่มกด (Keyboard) และแสดงผลออกทางจอแอลซีดี (Liquid Crystal Display)



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรม.เสดงระบบควบคุมโดยรวม

วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาการสร้างชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบดีซีชอปเปอร์โดยใช้ ไอจีบีที ขับเคลื่อนแบบ 4 ควอดแดรนต์ พิกัดกำลังไม่เกิน 0.75 kW.
2. เพื่อศึกษาระบบควบคุมแบบป้อนกลับ โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลสัญญาณต่างๆ
3. ศึกษาการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งสามารถทำให้ระบบต่างๆ มีความสะดวกในการใช้งาน รวมทั้งมีการพัฒนาความสามารถที่ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีการขับเคลื่อนมอเ ตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานทางไฟฟ้าไปเป็นพลังงานเชิงกล โดยมีหลักการทำงานคือ การจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ไหลในตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก โดยตัวนำจะขดกันเป็นวงซ้อนกันหลายวงเพื่อให้ได้แรงที่มากระทำกับตัวนำมากขึ้น โดยสนามแม่เหล็กนั้นกำเนิดจากแม่เหล็กไฟฟ้าหรือแท่งแม่เหล็กถาวรซึ่งมักติดกับส่วนที่คงที่ของมอเตอร์ที่เรียกว่าสเตเตอร์ (Stator)

ขดตัวนำที่ใช้อาจจะมีได้หลายขด โดยจะใช้คอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่านในการจัดทิศทางของกระแสที่ไหลผ่านแต่ละขดตัวนำ เพื่อให้เกิดแรงกระทำกับขดตัวนำในทิศทางที่ให้เกิดการหมุนได้อย่างต่อเนื่อง โดยที่ขดตัวนำเรียกว่าอาร์มาเจอร์ (Armature) เมื่อให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมมอเตอร์ จะมีกระแสไหลผ่านทางแปรงถ่าน คอมมิวเตเตอร์ และอาร์มาเจอร์ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กดูดและผลักกับสนามแม่เหล็กที่มาจากสเตเตอร์ ทำให้คอมมิวเตเตอร์และอาร์มาเจอร์หมุน

2.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีอยู่หลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับการออกแบบและการใช้งาน การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงส่วนมากจะแบ่งตามรูปแบบของการกำเนิดสนามแม่เหล็กของ สเตเตอร์ ได้แก่

1. ชนิดที่ใช้ตัวนำต่ออนุกรมกับอาร์มาเจอร์ (Series field motor)
2. ชนิดที่ใช้ตัวนำต่อขนานกับอาร์มาเจอร์ (Shunt field motor)
3. ชนิดที่ใช้ตัวนำต่ออนุกรมกับอาร์มาเวอร์ และอีกขดหนึ่งต่อขนานกับอาร์มาเจอร์ (Compound motor)
4. ชนิดที่ใช้ตัวนำต่อแยกแหล่งจ่ายกับอาร์มาเจอร์ (Separately excited field motor)
5. ชนิดที่ใช้แม่เหล็กถาวรเป็นแหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้ค่าของสนามแม่เหล็กคงที่ (Permanent magnets motor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ข้อดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีคุณสมบัติเหมาะสมในการควบคุมอัตราเร็วของการขับเคลื่อน โดยมีพิสัยของความเร็วกว้างซึ่งสามารถเพิ่มความเร็วให้สูงหรือให้ต่ำกว่าปกติได้ โดยใช้การควบคุมอย่างง่ายๆ คุณสมบัติที่สำคัญซึ่งเป็นข้อเด่นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ได้แก่

1. มีแรงบิดขณะสตาร์ทสูงมากซึ่งเหมาะสมกับงานยกของและ ขับเคลื่อน
2. วิธีการควบคุมง่ายกว่า เรียบร้อยกว่าและนุ่มนวลกว่ามอเตอร์กระแสสลับที่ทำงานคล้ายกัน

2.3 ข้อเสียของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1. ต้องจัดหาแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงไว้ใช้งาน
2. สำหรับขนาดพิกัดกำลังที่เท่ากันมอเตอร์กระแสตรงมีขนาดใหญ่และมีราคาสูงกว่ามอเตอร์กระแสสลับ
3. ในการสตาร์ทจะต้องมีวิธีพิเศษและยุ่งยากกว่ามอเตอร์กระแสสลับยกเว้นสำหรับมอเตอร์ขนาดเล็ก
4. ต้องการการบำรุงรักษามากกว่าทั้งนี้เนื่องจากคอมมิวเตเตอร์ (Commutator) มีการสึกหรอที่เกิดจากการอาร์ค ประกายไฟและการขัดสีกับแปรงถ่าน

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก (Separately Excited DC motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยกเป็นมอเตอร์ที่สามารถควบคุมได้ง่ายและสะดวก เนื่องจากวงจรอาร์มาเจอร์และสนามแม่เหล็กแยกออกจากกันเป็นอิสระ ทำให้ควบคุมลักษณะคุณสมบัติความเร็ว-แรงบิดให้ใกล้เคียงกับคุณลักษณะในอุดมคติได้ การควบคุมจะควบคุมได้ 2 ส่วน คือ ควบคุมแรงดันที่วงจรอาร์มาเจอร์หรือควบคุมแรงดันที่วงจรสนามแม่เหล็ก ซึ่งการควบคุมแรงดันจะเป็นการเพิ่มลดแรงดันโดยวิธีต่อตัวต้านทานอนุกรมหรือใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังก็ได้ โดยทั่วไปการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังจะใช้เป็นวงจรเรียงกระแสแบบควบคุมได้ (Phase control rectifier) หรือวงจรชอปเปอร์ (Chopper) การควบคุมวงจรอาร์มาเจอร์และวงจรสนามแม่เหล็กจะให้ผลการตอบสนองของแรงบิดที่แตกต่างกันไป

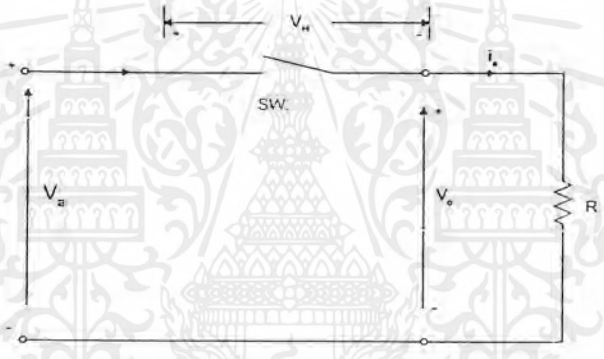
จากทฤษฎีแรงบิดของมอเตอร์จะขึ้นอยู่กับค่าของกระแสอาร์มาเจอร์ ดังนั้นการควบคุมวงจรอาร์มาเจอร์จะต้องคำนึงถึงว่าค่ากระแสจะต้องมีความต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมอเตอร์หมุนที่ความเร็วต่ำๆ การใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังจะมีผลต่อการบั่นทอนสัญญานเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการใช้วงจรชอปเปอร์ เพื่อให้มีความต่อเนื่องของสัญญาณกระแสจะต้องใช้ ความถี่ในการตัดสัญญาณสูง แต่ผลเสียคือ จะเกิดสัญญาณรบกวนมาก ถ้าใช้ที่ความถี่สูงเกินไป รวมทั้งกำลังงานสูญเสียในช่วงสับสวิทช์เข้าหรือออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานนี้ เลือกวิธีการขับเคลื่อนแบบ ดีซี ชอปเปอร์ ควบคุมมอเตอร์ 4 ควอดแดรนต์ คือให้มอเตอร์หมุนได้ทั้ง 2 ทิศทางและมีการเบรคเมื่อลดความเร็ว

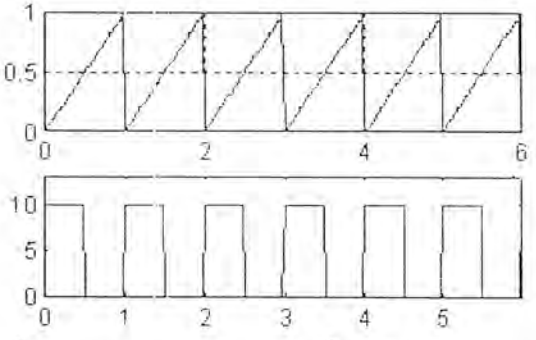
2.5 หลักการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้วงจรชอปเปอร์

วงจรชอปเปอร์ เป็นวงจรที่ใช้แปลงระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงคงที่ ให้มีแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุทเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยได้ หลักการของวงจรชอปเปอร์ จะเป็นการใช้สัญญาณความถี่สูงควบคุมการสับสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์ เปิด-ปิด ค่าแรงดันเอาท์พุทที่ได้จะเป็นค่าแรงดันเฉลี่ย หลักการทำงานพื้นฐานแสดงให้เห็นดังรูป โดยมีโหลดเป็นค่าความต้านทานอย่างเดียว



รูปที่ 2.1 วงจรชอปเปอร์พื้นฐาน

แรงดันเอาท์พุทเฉลี่ย V_0 จะมีค่าเท่ากับ Va x D ; เมื่อ D คือค่าดิวตี้ไซเคิล(Duty cycle) ของการสับสวิทช์เข้าวงจร ซึ่งจะเห็นว่าแรงดันเอาท์พุทเฉลี่ยสามารถควบคุมได้ในช่วง 0 ถึง V_i โดยควบคุมค่า D ให้อยู่ในช่วง 0 ถึง 1



รูปที่ 2.2 การมอดูเลทสัญญาณเพื่อนำไปขับวงจรชอปเปอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

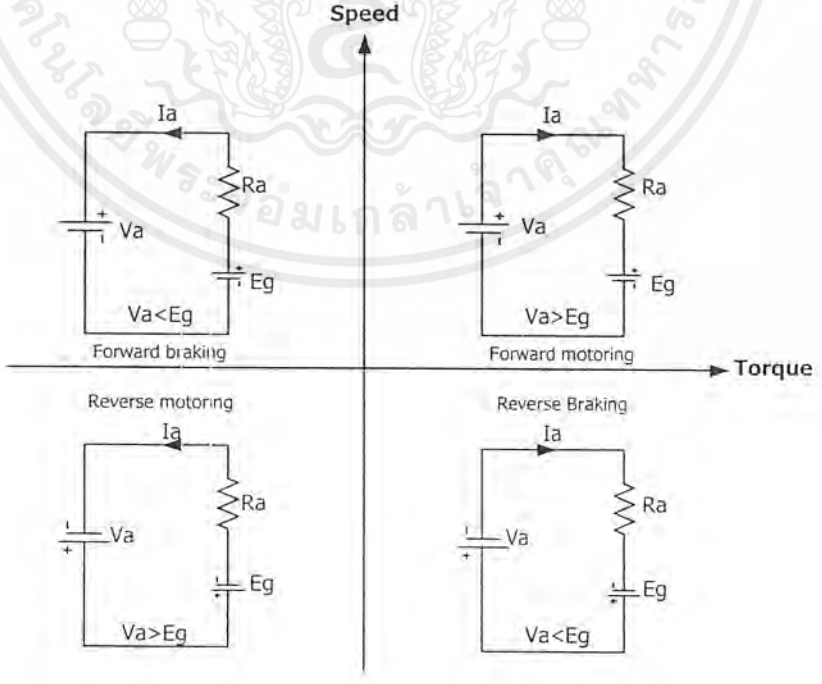
จากรูปสัญญาณฟันเลื่อย (Sawtooth) 1 หน่วยเทียบกับสัญญาณควบคุม (V control) ที่ 0.5 หน่วย จะได้สัญญาณรูป 4 เหลี่ยมที่มี ดิวตี้ไซเคิ้ล = 0.5

การใช้วงจรชอปเปอร์ ในการควบคุมวงจรอาร์มาเจอร์ อาจจะใช้อุปกรณ์สวิทช์ประเภท ทรานซิสเตอร์(Transistor), มอสเฟทกำลัง(Power MOSFET) หรือ ไอจีบีที (IGBT) เนื่องจากจะไม่ยุ่งยากในการจะให้หยุดนำกระแสเหมือนกับเอสซีอาร์ (SCR) และข้อดีอีกประการหนึ่งคือ สามารถเปิด-ปิดที่ความถี่สูงได้ วงจรชอปเปอร์ สามารถขับเคลื่อนมอเตอร์ได้หลายทิศทาง โดยเราจะกำหนดให้เป็น 4 ควอดแดรนต์ ของทิศทางแรงบิดและความเร็ว

ควอดแดรนต์ที่ 1 มอเตอร์จะหมุนเดินหน้า ทิศทางของแรงดันย้อนกลับและกระแสเป็นบวก

ควอดแดรนต์ที่ 2 มอเตอร์จะหมุนในทิศทางเดิมแต่จะเปลี่ยนการทำงานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า คืออยู่ในสภาวะเบรคที่เรียกว่า การเบรคแบบรีเจนเนอเรทีฟ (regenerative brake) ทิศทางของแรงดันย้อนกลับยังคงเป็นบวก แต่กระแสจะไหลกลับทิศ

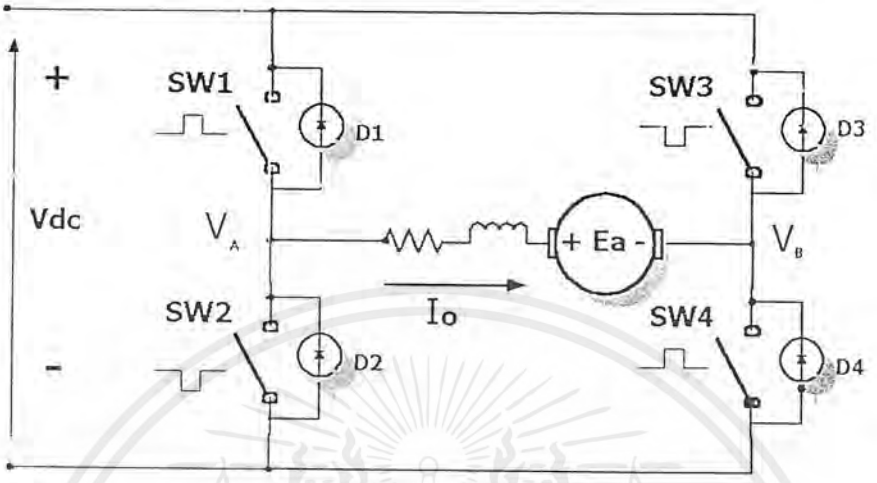
ใน ควอดแดรนต์ที่ 3 และ 4 เมื่อมอเตอร์กลับทิศทางหมุนโดยกลับขั้วแรงดันที่อาร์มาเจอร์ จะมีทิศทางของแรงดันและกระแสเปลี่ยนไปเช่นเดียวกัน



รูปที่ 2.3 แกนความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วและแรงบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวงจรพื้นฐานของการควบคุม 4 ควอดแดรนต์นั้นจะเป็นดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 2.4 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฟูลบริดจ์

จากรูป Vdc จะเป็นแรงดันไฟตรงคงที่ สวิทช์ทั้ง 4 ตัวจะทำงานโดยสวิทช์ตัวบนและตัวล่างในด้านเดียวกันจะไม่ทำงานพร้อมกันอย่างเด็ดขาด แรงดันเอาท์พุทจะขึ้นอยู่กับการควบคุม สวิทช์ 4 ตัว เมื่อสวิทช์แต่ละตัวถูกสับเข้ามันอาจจะนำกระแสหรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับทิศทางกระแสของโหลดของวงจร โดยมีไดโอดต่ออยู่ช่วยให้เกิดความต่อเนื่องของกระแส

พิจารณาศักดาไฟฟ้าเอาท์พุทที่ v_A

เมื่อ SW1 ทำงาน และ SW2 ไม่ทำงาน ศักดาไฟฟ้า v_A = Vdc ในทางกลับกัน

เมื่อ SW1 ไม่ทำงาน และ SW2 ทำงาน ศักดาไฟฟ้า $v_A = 0$ จะได้ว่าแรงดันเฉลี่ย V_A จะมีค่าเท่ากับดิวตี้ไซเคิ้ล ของการสับสวิทช์ SW1 คูณกับ Vdc ในทำนองเดียวกัน V_B จะมีค่าเท่ากับดิวตี้ไซเคิ้ล ของการสับสวิทช์ SW3 คูณกับ Vdc

$$V_A = D_1 V_{dc} \qquad (2-1)$$

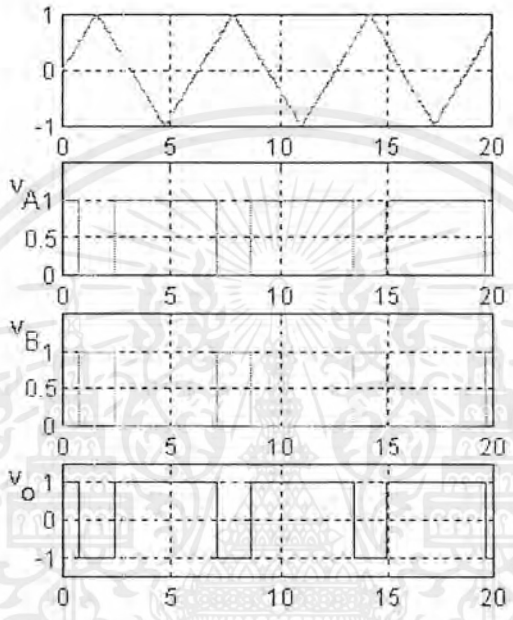
$$V_B = D_2 V_{dc} \qquad (2-2)$$

$$V_o = V_A - V_B \qquad (2-3)$$

เมื่อ D_1 และ D_2 คือ ดิวตี้ ไซเคิ้ลของการสับสวิทช์ SW1 และ SW3 ตามลำดับ ในโครงงานนี้จะ ใช้วิธีการควบคุมสวิทช์แบบพีดับบลิวเอ็มไบโพลาร์ (PWM bipolar voltage switching)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการพื้นฐานของการควบคุมแบบไบโพลาร์ นี้ คือการทำงานพร้อมกันเป็นคู่ของสวิทช์ คือ SW1 ทำงานพร้อมกันกับ SW4 และ SW2 ทำงานพร้อมกันกับ SW3 สวิทช์ทั้ง 2 ชุดนี้จะทำงานสลับกันตลอดเวลา ซึ่งจะทำให้ได้แรงดันเอาท์พุทเป็นลักษณะสัญญาณสลับ คือมีทั้งบวกและลบสามารถแสดงการมอดูเลทสัญญาณได้ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 2.5 สัญญาณพีดับบลิวเอ็มแบบไบโพลาร์

จากรูป ค่าแอมปลิจูดของสัญญาณสามเหลี่ยม 1 หน่วย V tri = 1 สัญญาณควบคุม Vcontrol = 0.5 จะได้สัญญาณ V_A เป็นดังกราฟที่ 2 และ V_B เป็นดังกราฟที่ 3 และ Vo เป็นกราฟที่ 4 นำสัญญาณที่ได้ในกราฟที่ 2 และ 3 ไปควบคุมคู่ของสวิทช์ 1,4 และ 2,3 ตามลำดับ จะได้แรงดันเอาท์พุทเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ m x Vcontrol เมื่อ m คืออัตราส่วนระหว่าง Vdc กับ แอมปลิจูดของสัญญาณสามเหลี่ยม ซึ่งจะได้ว่าการควบคุมแบบนี้สามารถที่จะให้ค่าแรงดันเอาท์พุทเฉลี่ยได้ในช่วง - Vdc ถึง + Vdc ขึ้นอยู่กับค่า Vcontrol

จาก

$$V_o = V_A - V_B \qquad (2-3)$$

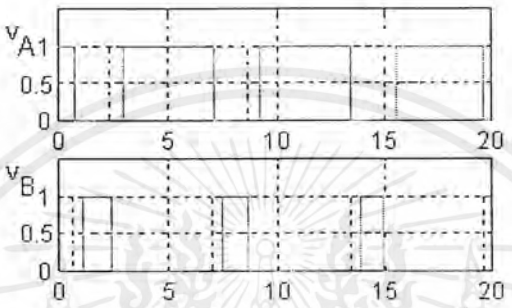
$$V_o = D_1 V_{dc} - D_2 V_{dc} \qquad (2-4)$$

$$V_o = (2D_1 - 1)V_{dc} \qquad (2-5)$$

เมื่อ D_1 และ D_2 คือ ดิวตี้ ไซเคิ้ลของการสับสวิทช์ S1 และ S3 ตามลำดับ ซึ่งจากในกราฟจะเห็นว่า $D_1 + D_2 = 1$

เอกสารนี้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางปฏิบัติแล้ว เนื่องจากความไม่เป็นอุดมคติของสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์ คือไม่สามารถที่จะเปิด-ปิด ได้ในทันทีที่ต้องการ ซึ่งสามารถดูค่าเวลาที่หน่วงไปของอุปกรณ์แต่ละตัวได้จากข้อมูลของผู้ผลิต ทำให้สัญญาณที่ควบคุมสวิทช์ทั้ง 4 ที่ใช้จำเป็นต้องมีการหน่วงเวลาช่วงขึ้นหรือมีช่วงเวลาที่ไม่มีสัญญาณต่อเนื่องเล็กน้อย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการลัดวงจร

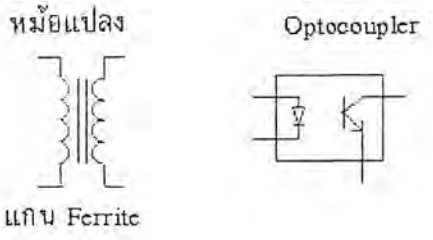


รูปที่ 2.6 สัญญาณที่มีการหน่วงเวลาช่วงขึ้น

จากรูปแสดงสัญญาณขับสวิทช์ซึ่งมีการหน่วงเวลาช่วงขาขึ้น ของสัญญาณเล็กน้อย เพื่อป้องกันการลัดวงจร สัญญาณที่ได้จากรูปจะนำไปขับสวิทช์ โดยผ่านส่วนของวงจรขับเพื่อที่จะแยกระดับแรงดันอ้างอิง (แยกกราวด์) ของแต่ละสัญญาณออกจากกัน เพื่อไม่ให้เกิดการลัดวงจรขึ้นในส่วนของต่างๆ ของวงจร

โดยทั่วไปนั้นวงจรขับสวิทช์ จะมีอยู่ 2 แบบ คือ การใช้หม้อแปลงความถี่สูง(Pulse Transformer) และ ออปโตคัปเปลอร์ (Opto coupler) ซึ่งทั้ง 2 แบบนี้จะเป็นการแยกส่วนแรงดันอ้างอิงของวงจรควบคุมออกจากส่วนของวงจรกำลังโดยไม่มีส่วนที่ต่อถึงกันทางไฟฟ้า โดย หม้อแปลงความถี่สูง นั้นจะส่งผ่านสัญญาณด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนออปโตคัปเปลอร์ จะส่งผ่านวงจรโดยใช้แสงซึ่งเป็นหลักการของ โฟโต้สวิทช์ แต่ข้อเสียของหม้อแปลงความถี่สูง คือ ช่วงย่านความถี่ที่ใช้จะถูกจำกัด และเนื่องจากจะต้องใช้เวลาในการลดฟลักซ์ในแกนให้เป็นศูนย์ก่อนที่จะมีสัญญาณใหม่เข้ามา ทำให้ที่ดิวตี้ไซเคิ้ลที่สูงการลดฟลักซ์ในแกนหม้อแปลงจะทำได้ไม่ดี จะเกิดการอิ่มตัวของแกน ทำให้เกิดความเสียหายได้ ทั้งนี้ในโครงงานนี้จะเลือกใช้เป็นออปโตคัปเปลอร์แทน เพราะจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าดิวตี้ไซเคิ้ลของสัญญาณตลอดเวลา จึงไม่เหมาะที่จะใช้หม้อแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

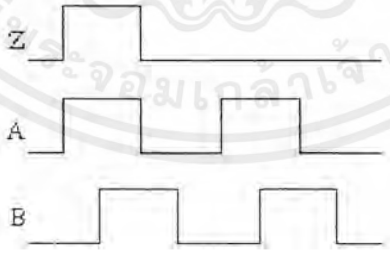


รูปที่ 2.7 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งผ่านสัญญาณขับสวิทช์

2.6 การตรวจวัดค่าความเร็วรอบของมอเตอร์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ มีหลายชนิด เช่น ทาโคมิเตอร์ ทาโคเจนเนอเรเตอร์ (Tachogenerator) และ เอ็นโค้ดเดอร์ (encoder) โดยทั่วไปแล้วเอ็นโค้ดเดอร์ที่นิยมใช้งานมี 2 ชนิด คือ ระบบใช้แสง(Optical encoder) และระบบแม่เหล็ก(Magnetic encoder) ในที่นี้จะใช้ระบบใช้แสงแบบอินครีเมนทอลเอ็นโค้ดเดอร์ (Incremental encoder) เนื่องจากมีโครงสร้างที่ง่าย และนำสัญญาณไปใช้ได้สะดวก

หลักการพื้นฐานของอินครีเมนทอลเอ็นโค้ดเดอร์คือการให้แสงส่องไปยังตัวรับ (photo sensor) โดยผ่านจานหมุนที่มีช่องเป็นซี่รอบๆ จาน เมื่อจานหมุน หมุนไปตามการหมุนของมอเตอร์ ก็จะไปตัดลำแสงที่จะส่งไปยังตัวรับทำให้เอาท์พุทของเซ็นเซอร์ มีค่าเปลี่ยนแปลงเป็นจังหวะพัลซ์ ความถี่ของสัญญาณพัลซ์ที่ออกมาก็คือความเร็วของจานหมุน โดยทั่วไปแล้วเมื่อจานหมุนหมุนอยู่จะให้เอาท์พุทพัลซ์ที่เหมือนกันออกมา 2 ชุด สัญญาณทั้งสองจะมีเฟสต่างกันอยู่ 90 องศา



รูปที่ 2.8 รูปแสดงสัญญาณเอาท์พุทจากเอ็นโค้ดเดอร์แบบอินครีเมนทอล

เอ็นโค้ดเดอร์นี้ในหลักการแล้วจะถูกออกแบบมาสำหรับวัดตำแหน่งแกน(มุมของแกน)ที่หมุนไปตามมอเตอร์แต่การที่จะตรวจสอบความเร็วรอบของมอเตอร์จากสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากเอ็นโค้ดเดอร์สามารถทำได้เช่นกัน โดย การใช้วงจรนับสัญญาณพัลซ์เอาท์พุท ในช่วงคาบเวลาหนึ่ง ซึ่งในโครงงานนี้จะใช้วงจรนับ (16 บิต) ที่มีอยู่ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วโดยจะรับพัลซ์เข้าไปในช่วงคาบเวลา 1 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอ็นโค้ดเดอร์ที่ใช้ในโครงงานจะให้สัญญาณออก 1250 พัลซ์ต่อรอบการหมุน ถ้านับสัญญาณพัลซ์ในเวลา 1 วินาทีได้ 25,000 พัลซ์ จะได้ว่ามอเตอร์หมุนด้วยความเร็ว 20 รอบต่อวินาที หรือเท่ากับ 1200 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ความรู้พื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ในโครงงานนี้จะใช้ตัวประมวลผลหลักเพื่อควบคุมส่วนต่างๆ ของระบบขับเคลื่อน คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS - 51

3.1 คุณสมบัติพื้นฐานของ MCS-51

คุณสมบัติที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ประกอบด้วย

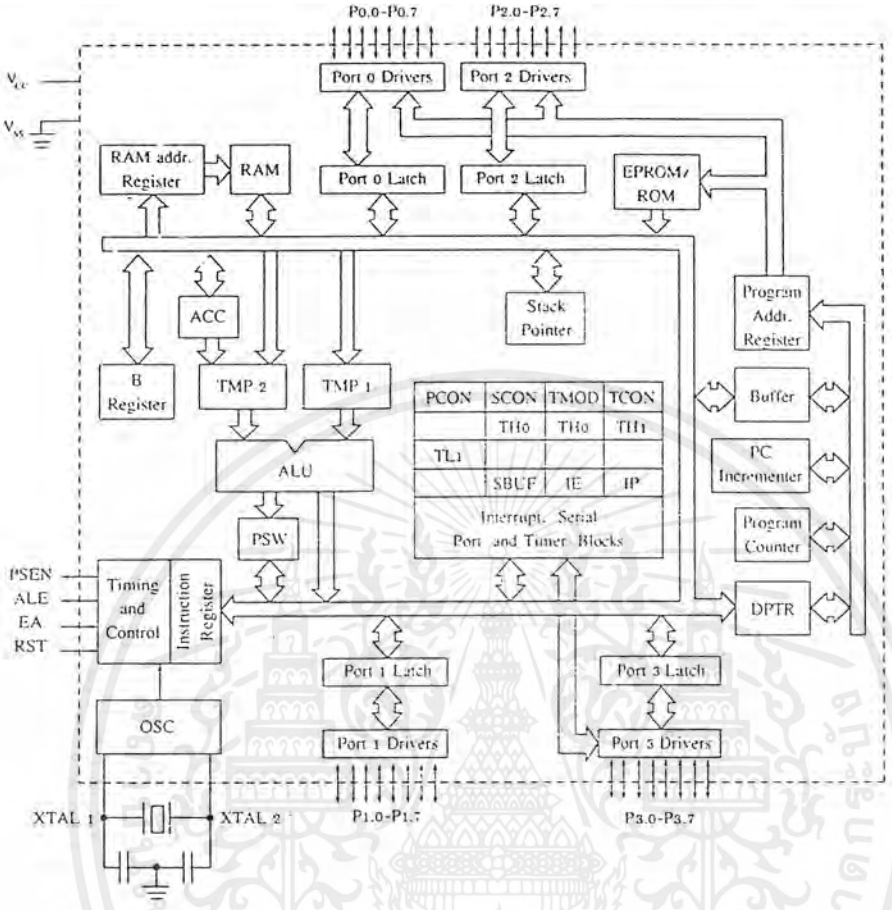
- หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
- สามารถประมวลผลข้อมูลได้ในระดับบิต
- สามารถอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมได้ 64 กิโลไบต์
- สามารถอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลได้ 64 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำข้อมูลภายใน (Internal RAM) จำนวน 128 ไบต์
- พอร์ทอินพุท/เอาท์พุทแบบขนาน 32 เส้น สามารถแยกทำงานได้อิสระ
- มีวงจรนับ/จับเวลา ขนาด 16 บิต จำนวน 2 วงจร
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ 2 ทิศทาง โดยรับส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน (Full Duplex)
- มีวงจรควบคุมการอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิด 6 แหล่ง
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน

โดยทั่วไปแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้จะเป็นไอซี LSI แบบ DIP 40 ขา

3.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

โครงสร้างภายในของ MCS-51 แสดงได้ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งจะเห็นว่าแต่ละบล็อกที่เป็นวงจรควบคุมรีจิสเตอร์ (Register) หรือหน่วยความจำภายใน จะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันผ่านทางเส้นสัญญาณที่เรียกว่าบัสข้อมูลภายใน รีจิสเตอร์และหน่วยความจำเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในระหว่างการประมวลผลคำสั่ง หน้าที่ของโปรแกรมที่ผู้ใช้สร้างขึ้นมาก็เป็นการควบคุมการรับหรือส่งข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์เหล่านี้ ซึ่งอาจจะมีการดำเนินการร่วมกับหน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก(ALU: Arithmatic and Logic Unit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

3.3 โครงสร้างหน่วยความจำ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แยกการจัดการหน่วยความจำออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำโปรแกรม และ หน่วยความจำข้อมูล ซึ่งทั้ง 2 ส่วนนี้มีหน้าที่แตกต่างไปจากกัน และใช้วิธีการอ้างตำแหน่ง สัญญาณการติดต่อแยกจากกัน

3.3.1 หน่วยความจำโปรแกรม

เป็นหน่วยความจำประเภทที่เมื่อตัดการจ่ายไฟฟ้าออก ข้อมูลจะไม่หายไป จึงใช้สำหรับบรรจุคำสั่ง โปรแกรม หรือข้อมูลที่คงที่ต่างๆ มี 2 แบบคือ หน่วยความจำภายในตัว MCS-51 ขนาดความจุจะขึ้นกับรุ่นที่ใช้ ซึ่งเหมาะสำหรับการผลิตจำนวนมาก หรือต้องการอุปกรณ์ที่กะทัดรัด อีกแบบหนึ่งเป็นการใช้ไอซีภายนอก ซึ่งจะเชื่อมต่อกับพอร์ต 0 และ 2 ในการอ้างอิงแอดเดรสและข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 แสดงการจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมสำหรับ MCS-51

3.3.2 หน่วยความจำข้อมูล

เป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราวในระหว่างการทำงานตามคำสั่ง RAM ภายในของ MCS-51 จะมีขนาด 256 ไบต์ โดย 128 ไบต์สูง 80H - FFH จะเป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR) 20 ตำแหน่ง ส่วนใน 128 ไบต์ล่างผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงได้โดยตรง

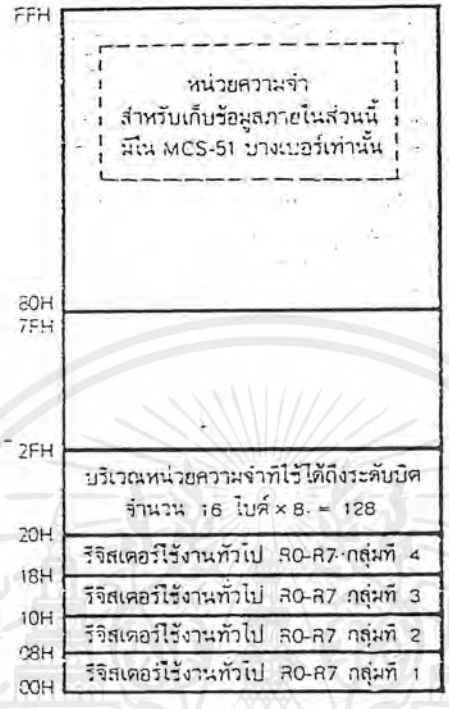
แอดเดรส 00H-1FH จำนวน 32 ไบต์ จะถูกใช้งานในฐานะรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป จะเลือกใช้งานได้ครั้งละ 1 กลุ่ม (แบงก์) จำนวน 8 ไบต์ ปกติแล้วจะมีการใช้งานในแบงก์ 0 เท่านั้น

แอดเดรส 20H-2FH จำนวน 16 ไบต์ บริเวณนี้สามารถอ้างอิงใช้งานได้ในระดับบิต คือ บิต 00 (LSB ของ 20H) ถึง 7FH (MSB ของ 2FH) = 128 บิต

แอดเดรส 30H-7FH จำนวน 80 ไบต์ สามารถใช้งานเป็นไบต์ข้อมูลได้อิสระ

การจัดพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลได้แสดงในรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงการจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับ MCS-51

3.4 วงจรนับ/จับเวลา (TIMER / COUNTER)

มีขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว T0 และ T1 ทั้ง 2 ตัวยังแบ่งได้เป็นรีจิสเตอร์ 8 บิต คือ TH0,TL0 และ TH1,TL1 ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้อย่างอิสระ โดยควบคุมให้นับสัญญาณนาฬิกาภายใน หรือ นับสัญญาณพัลซ์จากภายนอกก็ได้ การควบคุมจะใช้รีจิสเตอร์ 2 ตัว คือ TMOD และ TCON การทำงานของตัวนับจะเพิ่มค่าขึ้นจากที่กำหนดเริ่มต้นไปเรื่อยๆ จนถึงค่าสูงสุดของรีจิสเตอร์แล้วถ้านับสัญญาณเพิ่มอีกจะเกิด Overflow รีจิสเตอร์จะกลับไปเป็น 0 และ Timer flag แสดงการอินเทอร์รัปต์จะถูกเซต

ตัวนับ/จับเวลาสามารถโปรแกรมให้ทำงานได้ต่างกัน 4 โหมด โดยการตั้งค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ซึ่งการทำงานแต่ละโหมดจะเป็นดังนี้

โหมด 0 โดยรีจิสเตอร์ตัวนับจะถูกกำหนดให้มี 13 บิต ประกอบด้วย TH1 8 บิต และ TL1 อีก 5 บิต

โหมด 1 การทำงานจะเหมือนกับโหมด 0 แต่ตัวนับจะเป็น 16 บิต

โหมด 2 จะใช้รีจิสเตอร์ TL1 เป็นตัวนับเพียงตัวเดียวและเมื่อ TL1 นับจนเป็น "1" หมดทุกบิต ก็จะมีการโหลดค่าจากรีจิสเตอร์ TH1 เข้าไปใน TL1 โดยอัตโนมัติและทำการเซ็ต TF1 ค่าใน TH1 นี้สามารถตั้งค่าได้โดยซอฟท์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด 3 เป็นการเพิ่มตัวจับเวลาขึ้นอีก 1 ตัวแต่จะเป็นขนาด 8 บิตทั้งคู่ ซึ่งลักษณะการทำงานอื่นๆ จะเหมือนกับโหมด 0

3.5 ชุดคำสั่งในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

คำสั่งทั้งหมดสามารถแยกเป็นประเภทตามลักษณะการทำงานได้ดังนี้

กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์(Arithmatic Instructions) เป็นกลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์ทั้งหมดซึ่งประกอบด้วยการ บวก ลบ คูณ หาร รวมทั้งคำสั่งในการเพิ่มค่าข้อมูลในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิป

กลุ่มคำสั่งทางตรรกะ (Logical Instructions) ประกอบด้วยคำสั่งเช่น AND, OR, Complement รวมทั้งคำสั่งสำหรับเลื่อนบิตข้อมูลไปทางซ้ายหรือขวา โดยผ่านบิต Carry Flag หรือไม่ก็ได้ นอกจากนี้ยังมีคำสั่งพิเศษที่ใช้ในการสลับที่ข้อมูลด้วย

กลุ่มคำสั่งเคลื่อนย้ายข้อมูล (Data Transfer Instructions) เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับการเคลื่อนย้ายข้อมูลเพื่อใช้ในการนำข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลไปเก็บยังหน่วยความจำ หรือเพื่อย้ายข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์เพื่อประมวลผล เนื่องจากบางคำสั่งจำเป็นต้องทำที่รีจิสเตอร์เฉพาะเท่านั้น เช่นคำสั่งในการคูณหรือหารที่ต้องทำงานกับรีจิสเตอร์ A, B เท่านั้น คำสั่งนี้ยังแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ดังนี้

- กลุ่มคำสั่งสำหรับเคลื่อนย้ายข้อมูลในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป
- กลุ่มคำสั่งสำหรับเคลื่อนย้ายข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป
- กลุ่มคำสั่งสำหรับเคลื่อนย้ายข้อมูลสำหรับเก็บโปรแกรมทั้งภายในและภายนอกชิป

กลุ่มคำสั่งในการควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรม (Program Control Instructions) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรม ทั้งแบบมีและไม่มีเงื่อนไข

กลุ่มคำสั่งสำหรับการประมวลผลแบบบูลีน (Boolean Instructions) การประมวลผลแบบนี้มีไว้สำหรับงานทางด้านควบคุมโดยเฉพาะ จะเป็นการประมวลผลด้วยข้อมูลขนาด 1 บิต โดยมีหน่วยความจำขนาด 1 บิต สำหรับประมวลผลซึ่งสามารถที่จะอ้างตำแหน่งได้โดยตรง ซึ่งหน่วยความจำนี้จะอยู่ในบริเวณเดียวกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปและที่เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะบางตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.6 โครงสร้างการอินเทอร์รัปต์ของ MCS-51

ตามโครงสร้างด้านการอินเทอร์รัปต์ของ MCS-51 สามารถกำหนดให้มีการยอมหรือไม่ยอม ให้มีการอินเทอร์รัปต์ของแต่ละสัญญาณได้ โดยใช้วิธีการกำหนดค่าของบิตภายในรีจิสเตอร์ IE ซึ่งจะมีทั้งแบบที่ระบุถึงอินเทอร์รัปต์โดยรวมทั้งหมด และอินเทอร์รัปต์แต่ละประเภทได้ ในกรณีที่มีการเซ็ตบิตหมายถึงการยอมให้มีการอินเทอร์รัปต์

การกำหนดระดับความสำคัญให้กับสัญญาณอินเทอร์รัปต์แต่ละประเภทนั้น สามารถทำได้โดยการกำหนดข้อมูลให้กับบิตภายในรีจิสเตอร์ IP

สัญญาณที่เข้ามาทำการอินเทอร์รัปต์ CPU มี 5 ลักษณะ คือ

สัญญาณ	ความหมาย
INT0	สัญญาณจากภายนอกจากขา P3.2
INT1	สัญญาณจากภายนอกจากขา P3.3
TIMER 0	สัญญาณจากการโอเวอร์โฟลว์ของ T0
TIMER 1	สัญญาณจากการโอเวอร์โฟลว์ของ T1
SERIAL PORT	การอินเทอร์รัปต์จากการรับ/ส่งข้อมูลอนุกรม

ระดับความสำคัญและตำแหน่งแอดเดรสของ Interrupt Service Routine

ชื่อสัญญาณ	ความหมาย	แอดเดรสโปรแกรมย่อย (Hex)
IE0	อินเทอร์รัปต์ภายนอก 0	0003
TF0	Timer / Counter 0	000B
IE1	อินเทอร์รัปต์ภายนอก 1	0013
TF1	Timer / Counter 1	001B
TI หรือ RI	วงจรรับส่งข้อมูลอนุกรม	0023

3.7 ฐานเวลาการทำงานของ CPU

วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน มีหน้าที่สร้างสัญญาณนาฬิกา ซึ่งใช้เป็นฐานเวลาในการกำหนดจังหวะการทำงานของหน่วยงานทั้งหมด ช่วงเวลาพื้นฐานหน่วยย่อยของการทำงานที่เรียกว่า STATE จะใช้ 2 คาบเวลา โดย 6 state จะเป็น 1 Machine cycle ทั่วไปแล้วจะสามารถหาเวลาของ 1 machine cycle จากความถี่ของคริสตัลที่ใช้ต่อภายนอก = 12/ Crystal Frequency

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36977

3.8 รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ SFR

Stack pointer มีขนาด 8 บิต เมื่อ รีเซต จะมีค่าเป็น 07H จะทำงานโดยเพิ่มค่าแล้วเก็บข้อมูล

Data pointer มีขนาด 16 บิต ใช้อ้างอิงแอดเดรสหน่วยความจำภายนอก Indirect addressing

Program status word บอกถึงสภาวะการทำงานต่างๆ ของคำสั่ง รวมถึงการเลือกใช้งานแบงก์รีจิสเตอร์

Serial buffer 8 บิต สำหรับการสื่อสารอนุกรมมี 2 ชุด รับและส่ง โดย CPU จะเลือกใช้งานให้

พอร์ต 0.1,2,3 ขนาด 8 บิต ใช้เป็นอินพุท/เอาท์พุทข้อมูลระดับบิตได้

บิตต่างๆ ภายในรีจิสเตอร์ PSW

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
CY	PSW.7	CARRY FLAG
AC	PSW.6	AUXILIARY CARRY FLAG
F0	PSW.5	ZERO FLAG
RS1	PSW.4	บิต 1 สำหรับเลือกรีจิสเตอร์แบงก์
RS0	PSW.3	บิต 0 สำหรับเลือกรีจิสเตอร์แบงก์
OV	PSW.2	OVERFLOW FLAG
-	PSW.1	-
P	PSW.0	PARITY FLAG

สำหรับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของ MCS-51 สามารถเชื่อมต่อได้เช่นเดียวกับ หน่วยความจำโปรแกรม ต่างกันตรงที่การเชื่อมต่อขาสัญญาณควบคุม โดยชุดคำสั่งของการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมและข้อมูล แบบภายในและ ภายนอกจะแยกออกต่างกันอย่างชัดเจน

การจัดพื้นที่ของหน่วยความจำรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ

ชื่อ	สัญลักษณ์	แอดเดรส	การใช้งานระดับบิต
พอร์ต 0	P0	80H	ได้
STACK POINTER	SP	81H	ได้
DATA POINTER	DPL	82H	ได้
(DPTR)	DPH	83H	ได้
POWER CONTROL	PCON	87H	ไม่ได้
Timer / counter control	TCON	88H	ได้
Timer / counter mode	TMOD	89H	ไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Timer / counter 0 (LOW)	TL0	8AH	ไม่ได้
Timer / counter 1 (LOW)	TL1	8BH	ไม่ได้
Timer / counter 0 (HIGH)	TH0	8CH	ไม่ได้
Timer / counter 1 (HIGH)	TH1	8DH	ไม่ได้
พอร์ต 1	P1	90H	ได้
SERIAL CONTROL	SCON	98H	ไม่ได้
SERIAL DATA BUFFER	SBUF	99H	ไม่ได้
พอร์ต 2	P2	A0H	ได้
INTERRUPT ENABLE REGISTER	IE	A8H	ได้
พอร์ต 3	P3	B0H	ได้
INTERRUPT PRIORITY REGISTER	IP	B8H	ได้
PROGRAM STATUS WORD	PSW	D0H	ได้
ACCUMULATOR	ACC	E0H	ได้
B REGISTER	B	F0H	ได้

3.9 พอร์ตอินพุท/เอาท์พุทข้อมูล

มีจำนวน 4 พอร์ตขนาน พอร์ตละ 8 บิต สามารถใช้งานในลักษณะสัญญาณเดี่ยวหรือกลุ่มของสัญญาณได้ นอกจากนี้บางพอร์ตยังสามารถนำไปใช้งานอื่น ได้แก่

พอร์ต 0 ใช้เป็นมัลติเพล็กซ์ระหว่าง บัสแอดเดรสไบต์ต่ำ และบัสข้อมูลสำหรับหน่วยความจำภายนอก

พอร์ต 2 ใช้เป็นบัสแอดเดรสไบต์สูงร่วมกับพอร์ต 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต 3 สามารถนำไปเป็นขาสัญญาณควบคุมต่างๆ ได้ดังนี้

I/O ปกติ	Alternate function	หน้าที่
P3.0	RxD	ขารับข้อมูลของพอร์ตอนุกรม
P3.1	TxD	ขาส่งข้อมูลของพอร์ตอนุกรม
P3.2	INT0\	ขาอินพุทสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอก
P3.3	INT1\	ขาอินพุทสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอก
P3.4	T0	สัญญาณพัลซ์ภายนอกสำหรับ Timer 0
P3.5	T1	สัญญาณพัลซ์ภายนอกสำหรับ Timer 1
P3.6	WR\	สัญญาณเพื่อเขียนข้อมูลไปหน่วยความจำภายนอก
P3.7	RD\	สัญญาณเพื่ออ่านข้อมูลหน่วยความจำภายนอก

3.10 รายละเอียดของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงงาน

ในโครงงานนี้ได้ใช้ชุดควบคุมสำเร็จรูปของบริษัท ศิลารีเสิร์ช จำกัด รุ่น ANT-31PJ V2.0

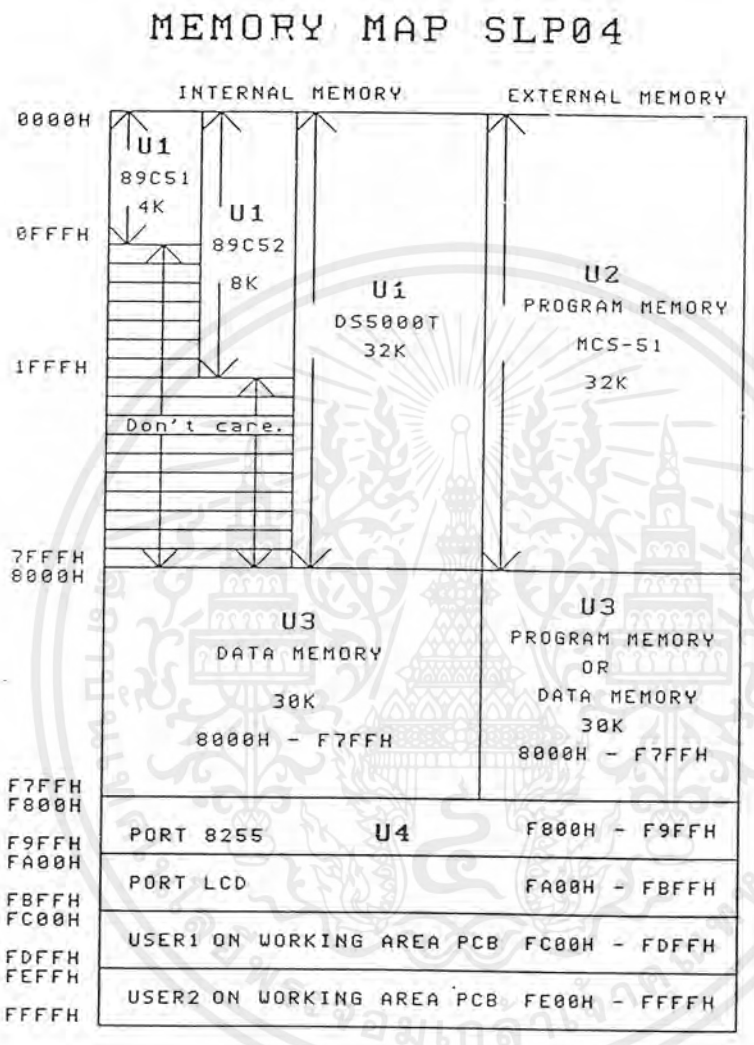
3.10.1 คุณสมบัติที่สำคัญของบอร์ดควบคุม ANT-31PJ

- CPU 80C31 ความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ใช้ 11.0592 MHz
- 0 / 32k EPROM Socket และ 8k RAM
- มีพอร์ตอินพุท/เอาท์พุท 24 BIT โดยใช้ไอซีเบอร์ 8255
- มี LCD PORT (Dot matrix)
- มีพอร์ตอนุกรม SERIAL PORT RS232 และ RS485

บอร์ดควบคุมนี้จะใช้ 80C31 ซึ่งจะไม่มี หน่วยความจำโปรแกรมภายใน มีการเชื่อมต่อ EPROM ซ็อกเก็ต และ RAM ภายนอก ผ่านทางพอร์ต 0 และ พอร์ต 2 มีการเชื่อมต่อแอลซีดีพอร์ต สำหรับแอลซีดีโมดูล แบบดอตแมทริกส์ (Dot matrix) โดยใช้เทคนิคเมมโมรี่แมป (Memory mapped I/O) รวมทั้งมีการขยายพอร์ตเพิ่มเติมโดยใช้ไอซี 8255 เพิ่มอีก 3 พอร์ต คือ A,B,C โดยใช้เทคนิคเมมโมรี่แมป เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.2 การจัดตำแหน่งหน่วยความจำบนบอร์ด



รูปที่ 3.4 แสดงการจัดตำแหน่งหน่วยความจำบนบอร์ด ANT-31PJ

จากรูปจะเห็นได้ว่า ตำแหน่งของพอร์ต 8255 จะอยู่ในส่วนของหน่วยความจำข้อมูลดังต่อไปนี้

พอร์ต	ตำแหน่ง
พอร์ต A	F800H
พอร์ต B	F801H
พอร์ต C	F802H
พอร์ตควบคุม	F803H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอร์ด ANT-31PJ จะมีแอลซีดีพอร์ต ซึ่งสามารถต่อเข้ากับ แอลซีดีโมดูลแบบดอตแมทริกส์ได้ทันที โดยจะมีตำแหน่งต่างๆ ดังนี้

ตำแหน่ง	ลักษณะของพอร์ตที่ติดต่อ
FA00H	สำหรับเขียนคำสั่ง (RS=0, R/W=0)
FA01H	สำหรับอ่านค่า BUSY (RS=0, R/W=1)
FA02H	สำหรับเขียนข้อมูล (RS=1, R/W=0)
FA03H	สำหรับอ่านข้อมูล (RS=1, R/W=1)

3.11 การใช้งาน แอลซีดีโมดูล (LCD Module)

คุณสมบัติพื้นฐานของชุดควบคุมจอแสดงผลมีดังนี้

1. มีหลายรุ่นตามการใช้งาน โดยมีจำนวนตัวอักษรและบรรทัดแตกต่างกันไป
2. ตัวอักษรแสดงด้วยจุดขนาด 5x8
3. สามารถต่อเข้ากับระบบไมโครโปรเซสเซอร์ได้ 2 ลักษณะ คือเมมโมรีแมป และแบบผ่าน 8255 พอร์ต
4. ในการใช้งาน ระบบไมโครโปรเซสเซอร์เพียงแค่ส่งข้อมูลให้เท่านั้น ข้อความก็จะปรากฏบนจอแสดงและจะคงค้างไว้ตลอด ทำให้ไม่เสียเวลาหลักของระบบไมโครโปรเซสเซอร์
5. สามารถแสดงผลเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษและตัวเลขได้ 160 ตัว และสัญลักษณ์พิเศษอีก 32 ตัว รวมทั้งสามารถกำหนดอักษรที่ออกแบบเองได้อีก 8 ตัว
6. กินกระแสน้อย และมีน้ำหนักเบา และใช้ไฟเลี้ยง 5 โวลต์เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
โครงสร้างระบบควบคุม

4.1 รายละเอียดมอเตอร์ที่ใช้

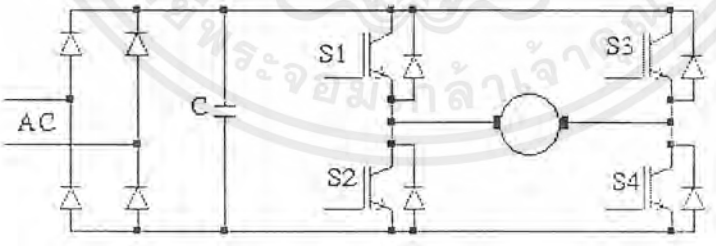
มอเตอร์ที่ใช้ในโครงงานมีรายละเอียด (name plate) ดังนี้

- พิกัดกำลัง 0.75 กิโลวัตต์
- พิกัดแรงดัน 220 โวลต์ดีซี
- พิกัดกระแส 5.2 แอมป์
- พิกัดความเร็ว 2000 รอบต่อนาที

ในโครงงานนี้จะทำการต่อกระตุ้นสนามแม่เหล็กแบบแยกแหล่งจ่ายกับอาร์มาเจอร์โดยให้สนามแม่เหล็กคงที่

4.2 วงจรกำลังที่ใช้งาน

ใช้วงจรดีซีฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งมี ไอจีบีทีเป็นสวิทช์ เลือกใช้ ไอจีบีทีเบอร์ MGY30N60D ซึ่งมีฟรีวีลลิ่งไดโอด (Free wheeling diode) อยู่ภายในแล้ว จะใช้แรงดันอินพุทเป็นไฟฟ้ากระแสสลับผ่านบริดจ์ไดโอด และต่อตัวเก็บประจุ เพื่อกรองแรงดันไฟตรง

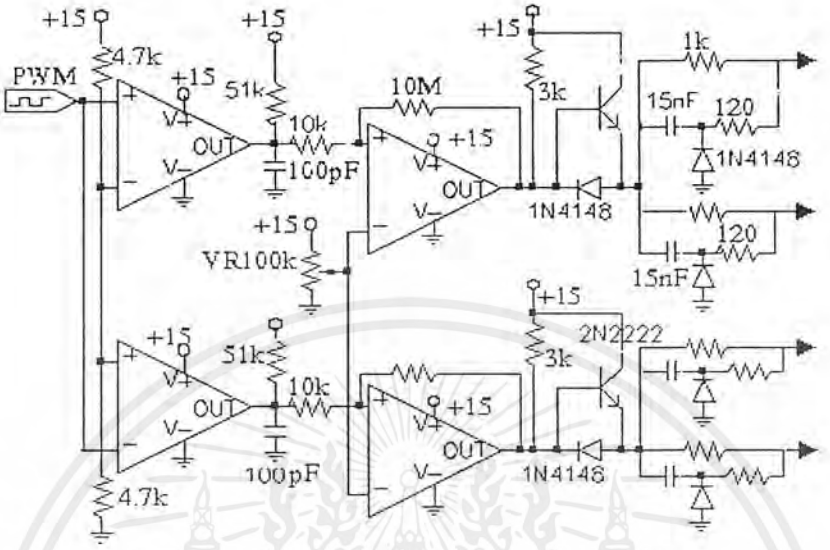


รูปที่ 4.1 วงจรกำลังที่ใช้จริงในโครงงาน

4.3 วงจรเดดไทม์

จากทฤษฎีในบทที่ 2 สัญญาณพีดับบลิวเอ็มจะใช้ขับสวิทช์ในวงจรกำลัง เนื่องจากสวิทช์จะไม่สามารถเปิด-ปิดได้อย่างทันที จึงต้องมีการทำให้สัญญาณขาดช่วงเล็กน้อยเพื่อป้องกันการลัดวงจรกัน แม้ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าคลาดเคลื่อน แต่ก็อยู่ในช่วงที่พอจะยอมรับได้ ตัวอย่างเช่น สัญญาณที่ใช้ขับ ไอจีบีที S1 และ S2 ของรูปที่ 4.1 จะเป็นดังลักษณะรูปที่ 2.6 คือจะมีการหน่วงเวลาช่วงขึ้นของสัญญาณทั้ง 2 ไปเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 วงจรเดดไทม์ที่ใช้งานจริง

วงจรในรูปที่ 4.2 จะรับสัญญาณพัลซ์พีดับบลิวเอ็มเข้า 1 สัญญาณ และให้เอาท์พุทเป็น 2 คู่ ชุดสัญญาณ ที่มีการกลับเฟส และหน่วงเวลาช่วงขึ้นแล้ว (Inverter and Rising Edge Delay Circuit) โดยสามารถปรับค่าช่วงเวลาที่หน่วงขาขึ้นไปได้ที่ตัวต้านทานปรับค่าได้ สัญญาณที่ได้ทั้ง 4 ชุดนี้ จะนำไปขับไอจีบีที ผ่านวงจรขับสัญญาณต่อไป

สัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เข้ามานี้เนื่องจากมีขนาด 5 โวลต์จึงจำเป็นต้องผ่านวงจรบัฟเฟอร์ เพื่อขยายแรงดันให้สูงขึ้นเป็น 15 โวลต์แล้วจึงเชื่อมต่อเข้ากับวงจรเดดไทม์

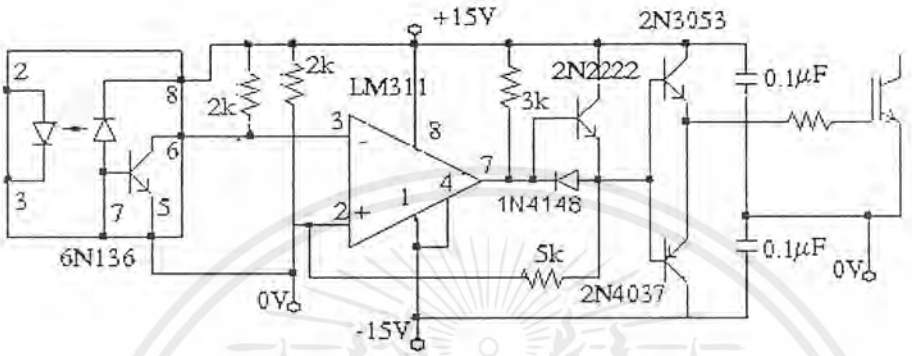
4.4 วงจรขับสัญญาณของไอจีบีที

สัญญาณควบคุมที่ขับสวิทช์ไอจีบีที จำเป็นต้องผ่านการแยกระดับแรงดันอ้างอิงของแต่ละสัญญาณออกจากกัน เนื่องจากถ้าระดับแรงดันอ้างอิงของสัญญาณขับสวิทช์ที่อยู่ด้านเดียวกันเป็นค่าเดียวกันก็จะเป็นการลัดวงจรผ่านสวิทช์ ทำให้ไอจีบีทีพังได้ รวมทั้งต้องแยกสัญญาณอ้างอิงของส่วนของวงจรควบคุมและวงจรกำลังเพื่อป้องกันการรบกวนกันของวงจรทั้งสองส่วน

วงจรขับไอจีบีทีที่ใช้ในโครงงานนี้จะใช้หลักการของออปโตคัปเปลอร์ เป็นตัวแยกสัญญาณ วงจรที่ใช้งานจริงแสดงได้ดังรูปที่ 4.3 โดยจะใช้วงจรที่เหมือนกันนี้ 4 วงจรสำหรับขับสวิทช์ ไอจีบีที 4 ตัว ซึ่งแต่ละวงจรจะต้องมีการแยกแหล่งจ่ายกัน โดยจะใช้แหล่งจ่ายเป็นแบบสวิทชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching power supply) แบบ ฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์(Flyback converter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเอาท์พุทจะมีการแยกจากกันกับอินพุทและเอาท์พุทด้วยกันเอง โดยใช้หม้อแปลงแกนเฟอร์ไรต์แบบหลายขดทุติยภูมิ



รูปที่ 4.3 แสดงวงจรขับไอจีบีทีที่ใช้ในโครงงาน

4.5 ส่วนการตรวจวัดความเร็ว

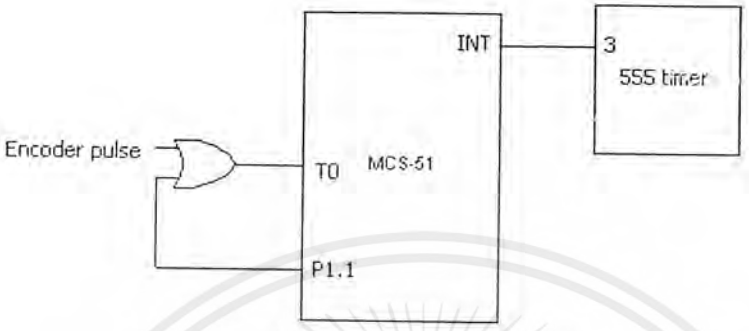
เอ็นโค้ดเดอร์แบบอินครีเมนทอล 1250 PPR. จะต่อเข้ากับเพลาของมอเตอร์โดยตรง ซึ่งจะให้สัญญาณพัลซ์ขนาด 5 โวลต์ ออกมา พัลซ์จากเอ็นโค้ดเดอร์นี้จะนำมาผ่านเข้ากับอินพุทของ OR gate ร่วมกับสัญญาณจากพอร์ต P1.1 ซึ่งควบคุมโดยซอฟท์แวร์ สัญญาณเอาท์พุทจาก OR gate นี้จะต่อเข้าโดยตรงกับพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ (ขา T0) ซึ่งจะเป็นอินพุทของวงจรนับ 16 บิต ซึ่งจะทำงานทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนสถานะจาก High เป็น Low สัญญาณจากพอร์ต P1.1 นี้ถ้ามีการเซ็ต จะหมายถึงสั่งให้วงจรนับหยุดนับสัญญาณ(สัญญาณเข้าวงจรนับจะเป็น High ตลอดจึงไม่มีการนับเกิดขึ้น) ถ้ามีการรีเซ็ต จะทำให้สัญญาณพัลซ์จากเอ็นโค้ดเดอร์ถูกส่งผ่านเข้าวงจรนับโดยตรง ซึ่งจะเป็นการสั่งให้วงจรนับนับสัญญาณได้

ฐานเวลาการรับสัญญาณและนับพัลซ์จะสร้างโดยไอซีเบอร์ 555 timer โดยต่อเข้ากับขาอินเทอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ (จะมีการอินเทอร์รัปต์เมื่อสัญญาณเปลี่ยนจาก High เป็น Low) เพื่อให้อ่านค่าที่นับได้จากวงจรนับภายใน

การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในส่วนนี้จะเริ่มจากการรีเซ็ตพอร์ต P1.1 เพื่อให้มีการนับพัลซ์จากเอ็นโค้ดเดอร์ ซึ่งจะนับไปจนกระทั่ง พัลซ์จากไอซี 555 ครบคาบการทำงานทำให้เกิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากไอซี 555 เข้ามา จากนั้นโปรแกรมการอินเทอร์รัปต์จะเซ็ตพอร์ต P1.1 เพื่อให้วงจรนับหยุดนับ และอ่านค่าจากวงจรนับเข้าไปไว้ในหน่วยความจำ แล้วจึงให้มีการล้างข้อมูลในวงจรนับ และสั่งให้รีเซ็ตพอร์ต P1.1 เพื่อให้การนับเริ่มต้นใหม่ต่อไปอีกครั้ง

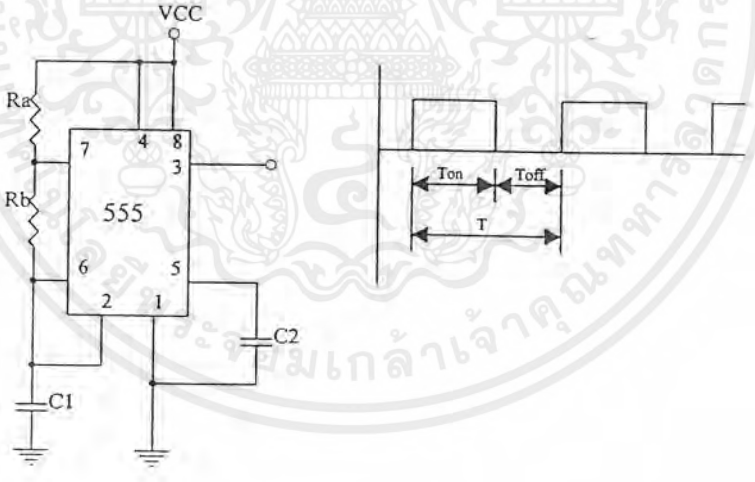
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ได้จากวงจรนับจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าในตารางซึ่งจะทำการคำนวณไว้ก่อนที่ความเร็วที่ต้องการต่างๆ



รูปที่ 4.4 แสดงส่วนของวงจรป้อนกลับความเร็ว

ฐานเวลาที่ใช้ในการอินเทอร์รัปต์จากไอซีเบอร์ 555 จะใช้คาบเวลา 1 วินาทีโดยสามารถกำหนดได้จากค่า R และ C ในวงจรดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณพัลซ์จากไอซี 555

จากรูปค่า Ra, Rb และ C จะเป็นตัวกำหนดขนาดพัลซ์ตามสมการ

$$t_{on} = 0.693(R_a + R_b)C \qquad (4-1)$$

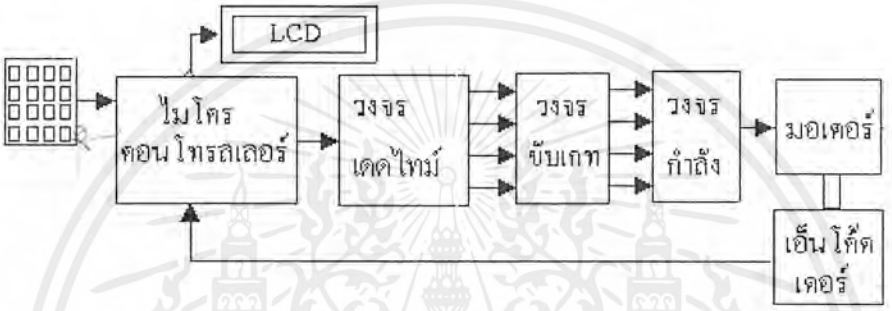
$$t_{off} = 0.693 R_a C \qquad (4-2)$$

$$T = 0.693(R_a + 2R_b)C \qquad (4-3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 โครงสร้างโครงงานรวม

โครงสร้างระบบในโครงงานจะทำการต่อวงจรในรูปที่ 4.2 , รูปที่ 4.3 จำนวน 4 วงจร และวงจรกำลังในรูปที่ 4.1 เข้าด้วยกันตามลำดับ โดยมีสัญญาณอินพุทของวงจรเดดไทม์เพียง 1 สัญญาณซึ่งจะเป็นพัลซ์ที่ได้มาจากไมโครคอนโทรเลอร์ ค่าความเร็วป้อนกลับของมอเตอร์จากสัญญาณของเอ็นโค้ดเดอร์ แล้วส่งเข้าทางพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.6 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของระบบควบคุม

4.7 การทำงานของโปรแกรม

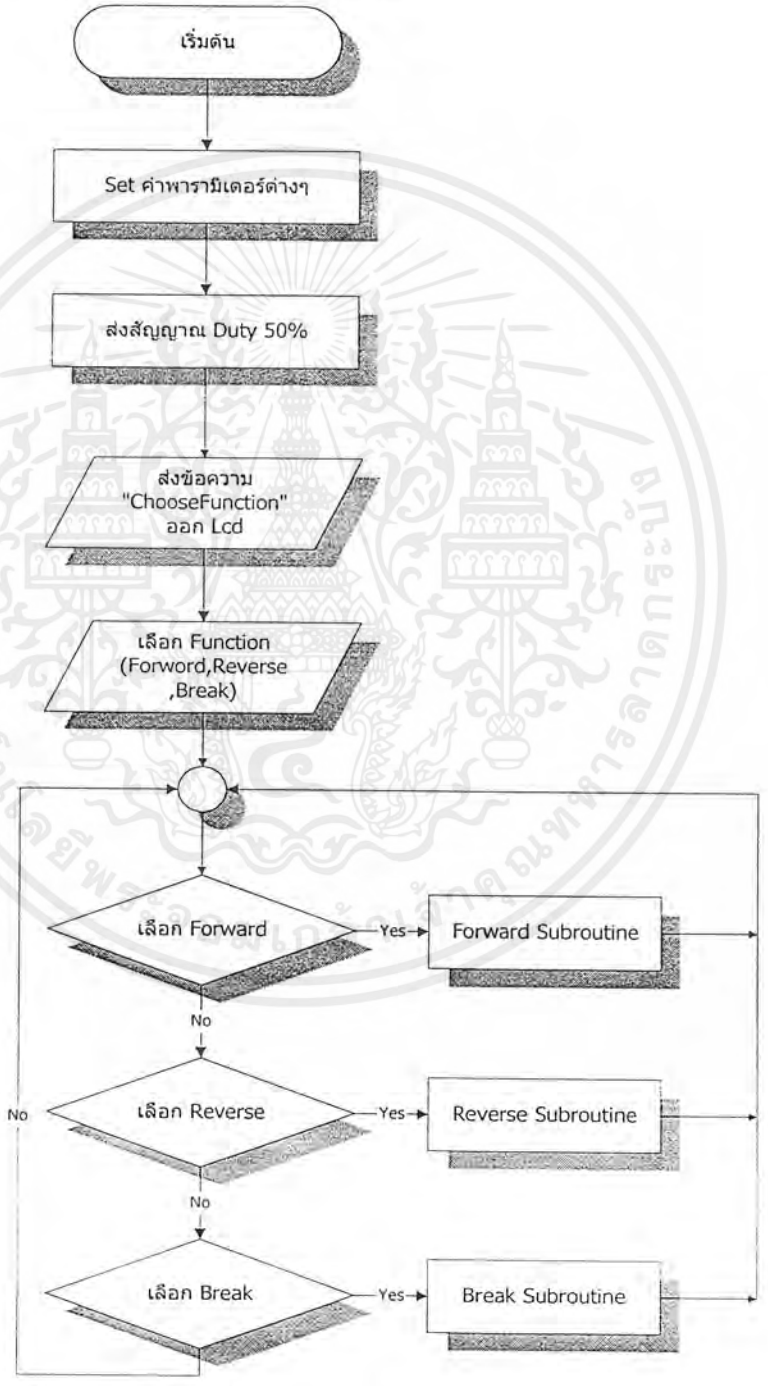
ในหัวข้อนี้จะเป็นการกล่าวถึงโครงสร้างการทำงานของโปรแกรมในการควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยที่ผู้ใช้สามารถติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยการติดต่อผ่านทางคีย์บอร์ดชนิด 4*4 ซึ่งสามารถเลือกทิศทางการทำงานเป็นแบบ FORWARD REVERSE BRAKE รวมทั้งความเร็วที่ต้องการ ได้ และในการสแกนคีย์จะใช้ไอซีสแกนช่วยในการตรวจสอบการกดคีย์ และข้อมูลที่ได้จากการกดคีย์ว่าเป็นปุ่มใดนั้นจะถูกส่งมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางพอร์ต C ล่างเพื่อที่จะให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวณผลว่าผู้ใช้กดปุ่มให้ทำงานอะไร (FORWARD REVERSE BRAKE) เมื่อมีการประมวณผลได้แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็จะทำงานตามที่สั่ง และส่งสัญญาณที่มีค่าดิวตี้ไซเคิลต่างๆซึ่งสัมพันธ์กับความเร็วที่ตั้งไว้ออกทางพอร์ต P1.3 และ ในขณะเดียวกันก็มีการตรวจนับสัญญาณพัลส์ที่มาจากเอ็นโค้ดเดอร์(encoder) ของมอเตอร์ ทุกๆ 1 วินาที โดยใช้วงจรนับ TR0 เป็นตัวนับสัญญาณจากเอ็นโค้ดเดอร์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความเร็วที่ต้องการว่าเท่ากันหรือไม่ ถ้าไม่เท่ากันก็ทำการเปลี่ยนค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดิวตี้ไซเคิล ของสัญญาณให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงจนกว่าความเร็วจะเท่ากับค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งสามารถอธิบายส่วนต่างๆได้ดังนี้

4.7.1 ส่วนโปรแกรมหลัก (main program)

ในส่วนของโปรแกรมนี้จะเป็นส่วนเริ่มต้นของการทำงานอื่นๆ และการเรียกใช้โปรแกรมย่อย ซึ่งสามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตแสดงการทำงานได้ดังนี้



รูปที่ 4.7 แสดงโฟลว์ชาร์ตของส่วนโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของการเซตค่าพารามิเตอร์ของระบบ

ส่วนที่เซตค่าต่างๆเริ่มต้นจะประกอบด้วย

- ทำการตั้งให้ TIMER1 ทำงานเป็นวงจรนับเวลา ในโหมด 8 Bit Auto- Reload (โหมด 2) ใช้ในการจับเวลา เพื่อสร้างสัญญาณ ให้ได้ค่าสัญญาณที่มีค่าดิวตี้ไซเคิลต่างๆเพื่อส่งออกมายังพอร์ต P1.3
- ทำการตั้งให้ TIMER 0 ทำงานเป็นวงจรนับพัลซ์ และเซต TR0 ให้เริ่มทำงานได้
- ทำการตั้งให้ 8255 ให้ พอร์ต A,B เป็นเอาท์พุท เพื่อแสดงค่าสัญญาณที่นับได้จาก TIMER 0 ออกมายัง LED พอร์ต C ล่างเป็นอินพุท เพื่อรับค่าข้อมูลที่กดจากไอซีสแกนคีย์ พอร์ต C บนเป็นอินพุตโดยใช้บิตเดียวในการตรวจสอบการกดคีย์จากขาสัญญาณของไอซีสแกนคีย์
- ทำการตั้งให้ INT 1 รับสัญญาณอินเทอร์รัปต์แบบเปลี่ยนจาก 1 ไปเป็น 0
- กำหนดให้ LCD ทำงานแสดงผลแบบ 1 บรรทัด และ ทำการลบหน้าจอ

4.7.2 ส่วนโปรแกรมการบริการอินเทอร์รัปต์

ในส่วนโปรแกรมบริการอินเทอร์รัปต์นี้ ได้มีการเปิดรับอินเทอร์รัปต์ 2 อย่างคือ INT1 , TIMER1 ซึ่งโปรแกรมในแต่ละส่วนมีโฟลว์ชาร์ตดังแสดงในรูปที่ 4.8 และ รูปที่ 4.9 ตามลำดับ

4.7.2.1 โปรแกรมบริการอินเทอร์รัปต์ ส่วน INT1

อินเทอร์รัปต์ในส่วนนี้จะเป็นอินเทอร์รัปต์ภายนอกเบอร์1 (INT 1) ซึ่งจะต่อกับสัญญาณที่ได้จากไอซี 555 ซึ่งใช้เป็นฐานเวลาในการทำให้เกิดการอินเทอร์รัปต์ทุกๆ 1 วินาที และโปรแกรมในส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการเปรียบเทียบจำนวนพัลส์ที่ได้จากการนับของ TIMER 0 กับค่าของที่ตั้งไว้จากการกดความเร็ว (BUF_COUNTH ,BUF_COUNTL) โดยจะมีการตรวจสอบสถานะการทำงานว่า เป็น FORWARD หรือ REVERSE โดยมีการตรวจสอบสถานะว่ามีการทำงาน FORWARD หรือ REVERSE อยู่ ซึ่งสามารถแบ่งพิจารณาได้ดังนี้

-ทำงานอยู่ในสถานะ FORWARD

เมื่อมีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้นในโปรแกรมการอินเตอร์รัปต์จะนำค่าข้อมูลที่ได้จากการนับของ TIMER 0 มาเปรียบเทียบกับ ข้อมูลใน BUF_COUNTH ,BUF_COUNTL ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บค่าพัลส์ของความเร็ว ของความเร็วที่ต้องการ ที่ได้จากการโหลดจากในการตารางของโปรแกรมที่เขียนไว้ ถ้าข้อมูลใน TIMER 0 ที่นับได้มากกว่าข้อมูลใน BUF_COUNTH,BUF_COUNTL (ความเร็วของมอเตอร์สูงกว่าค่าความเร็วที่ตั้งเอาไว้) จึงต้องลดค่าดิวตี้ไซเคิล ของสัญญาณลง โดย การเพิ่มค่าของ FIRSTHALF และลดค่าของ SECONDHALF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางกลับกันถ้าข้อมูลที่ TIMER 0 นับได้น้อยกว่าค่าข้อมูลใน BUF_COUNTH,BUF_COUNTL โปรแกรมก็จะทำการเพิ่มค่าดิวตี้ไซเคิ้ลของสัญญาณขึ้น โดยการลดค่าของ FIRSTHALF และ เพิ่มค่าของ SECONDHALF ลง ซึ่งในการสร้างสัญญาณจะกล่าวในส่วนของ โปรแกรมการอินเทอร์รัปต์ของ TIMER 1

-ทำงานอยู่ในสถานะ REVERSE

ก็เช่นเดียวกันกับการพิจารณาในกรณีของสถานะ FORWARD ต่างกันตรงที่ถ้าข้อมูลใน TIMER 0 มากกว่าใน BUF_COUNTH, BUF_COUNTL (ความเร็วของมอเตอร์สูงกว่าค่าความเร็วที่ตั้งไว้) โปรแกรมก็จะเพิ่มดิวตี้ไซเคิ้ลของสัญญาณขึ้น โดยการ ลดค่าของ FIRSTHALF และเพิ่มค่าของ SECONDHALF และในกรณีทีความเร็วของมอเตอร์ต่ำกว่าค่าของความเร็วที่ตั้งเองไว้ (พัลส์ที่ TIMER 0 นับได้จะต่ำกว่าค่า ใน BUF_COUNTH, BUF_COUNTL) โปรแกรมก็จะทำการลดค่าดิวตี้ไซเคิ้ลของสัญญาณลง

และในกรณีที่ค่าข้อมูลที่ TIMER 0 นับได้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าข้อมูลใน BUF_COUNTH BUF_COUNTL มีค่าเท่ากันโปรแกรมก็จะทำให้สัญญาณมีการคงค่าดิวตี้ไซเคิ้ลไว้ค่าเดิม จนกว่าค่าข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบกันมีค่าไม่เท่ากันก็จะมีการเพิ่มลดค่าดิวตี้ไซเคิ้ลตามการทำงานในสถานะข้างต้น

4.7.2.2 โปรแกรมบริการอินเทอร์รัปต์ในส่วนของ TIMER 1

ในส่วนของ TIMER 1 จะทำหน้าที่ในการจับเวลาเพื่อสร้างสัญญาณให้มีดิวตี้ไซเคิ้ล ค่าต่างๆ โดยมีข้อมูลในหน่วยความจำ FIRSTHALF และ SECONDHALF โหลดให้ TIMER1 เพื่อใช้ในการ จับเวลาซึ่งในสถานะเริ่มต้น จะเซตค่าข้อมูลใน FIRSTHALF และ SECONDHALF เท่ากับ 6AH เพื่อให้ TIMER1 เริ่มนับจากค่า 6AH ไปจนถึงค่า FFH (TIMER 1 เกิดการอินเทอร์รัปต์) โปรแกรมก็จะมาทำงานในส่วนของการบริการอินเทอร์รัปต์ในตำแหน่งของ อินเทอร์รัปต์เวคเตอร์ของ TIMER 1 ซึ่งโปรแกรมในส่วนนี้จะทำการตรวจสอบสัญญาณ(สัญญาณบิต P1.3) ก่อนหน้าที่จะเข้ามาทำงานในส่วนของโปรแกรมบริการอินเทอร์รัปต์ TIMER 1 ว่ามีสถานะ เซต (HIGH)หรือรีเซต (LOW) สามารถแยกเป็นกรณีได้ดังนี้

-สถานะก่อนหน้านี้เซต (HIGH)

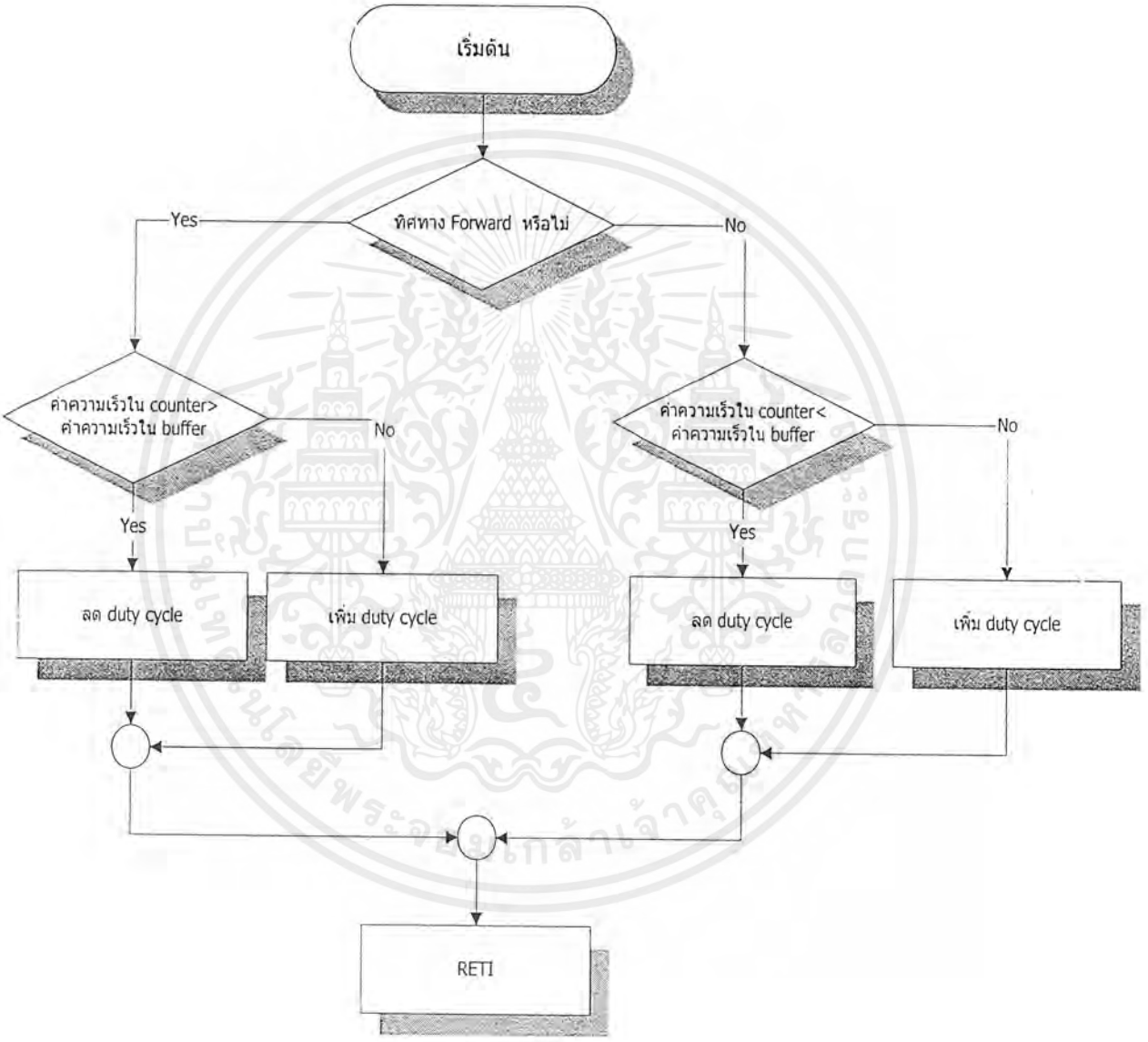
โปรแกรมก็จะทำการเคลียร์ค่าสัญญาณที่ส่งออกบิต P1.3 ให้มีสถานะเป็น LOW และโหลดค่าข้อมูลใน

SECONDHALF ให้กับ TIMER 1 เริ่มนับต่อไปจนกว่าจะมีการอินเทอร์รัปต์ของ TIMER 1 (TIMER 1 นับได้เป็น FFH) ครั้งต่อไปและกลับมาทำโปรแกรมบริการอินเทอร์รัปต์ของ TIMER 1 เป็นอย่างนี้ไปเรื่อยๆ

-สถานะก่อนหน้านี้รีเซต (LOW)

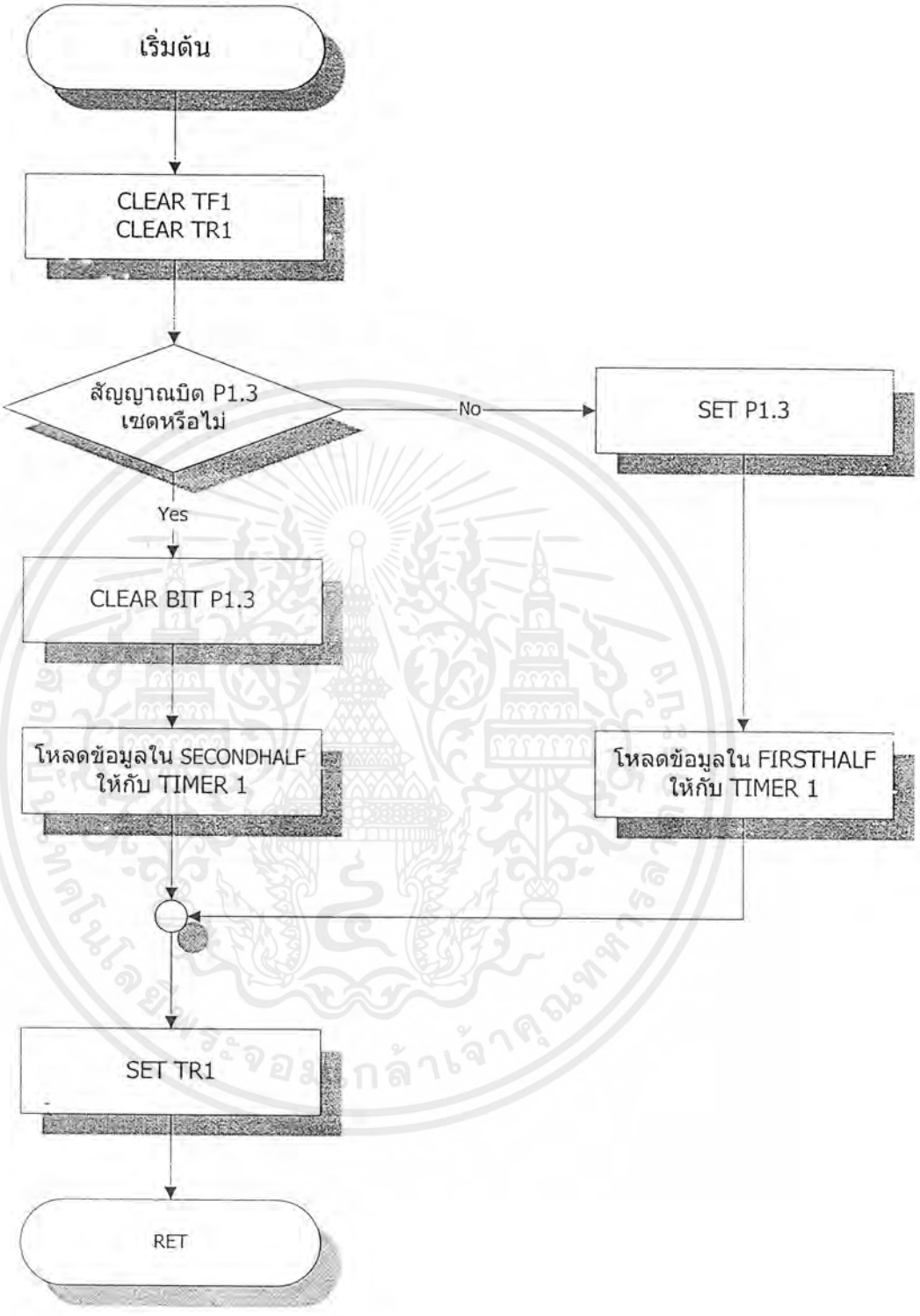
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมก็จะทำการเซตค่าสัญญาณที่ส่งออกบิต P1.3 ให้มีสถานะเป็น HIGH และโหลดค่าข้อมูลใน FIRSTHALF ให้กับ TIMER 1 เริ่มนับต่อไปจนกว่าจะมีการอินเทอร์รัปต์ ของ TIMER 1 ครั้งต่อไปและ กลับมาทำโปรแกรมบริการอินเทอร์รัปต์ของ TIMER 1 ต่อไป



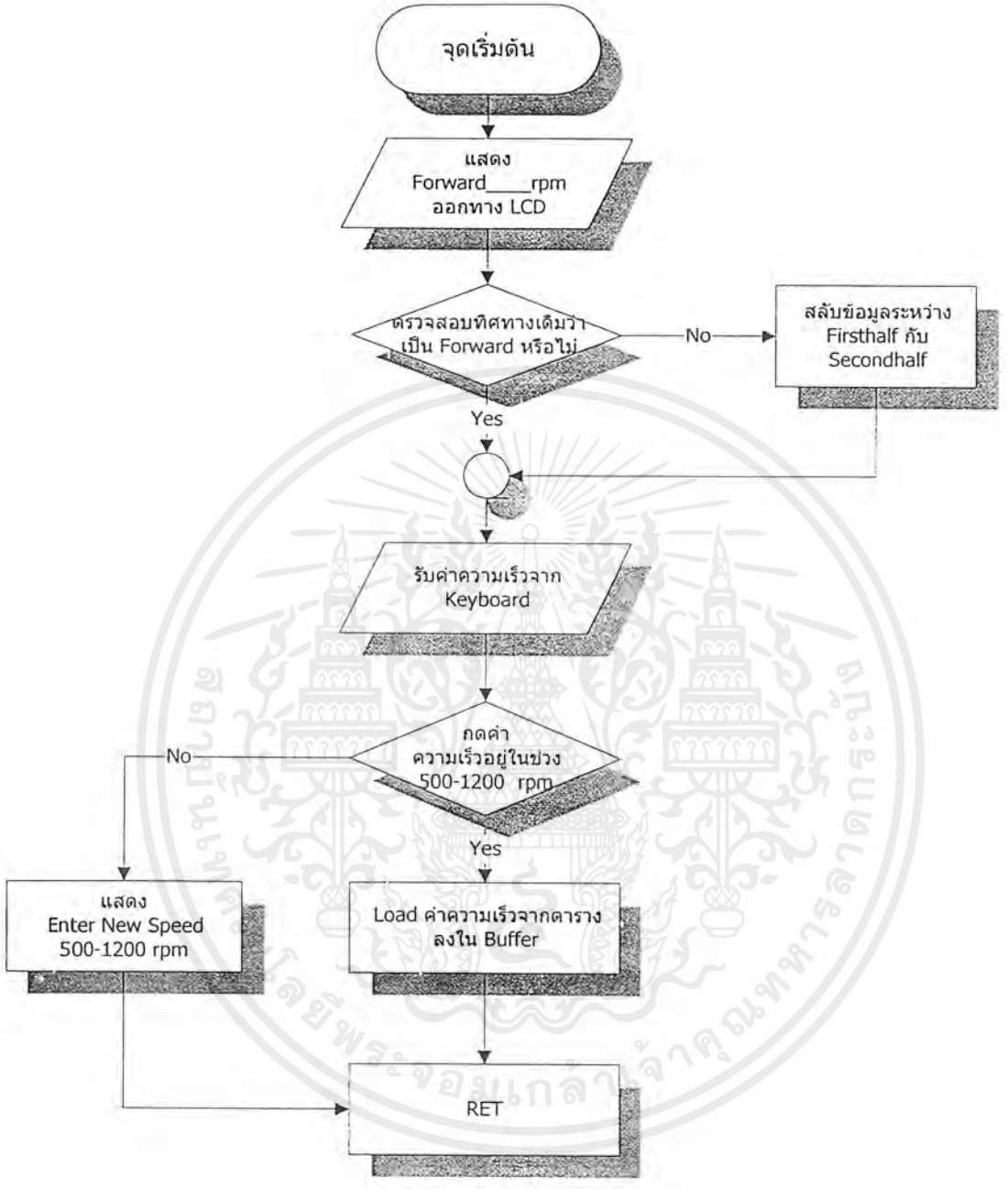
รูปที่ 4.8 แสดงโฟลว์ชาร์ตของส่วนโปรแกรมบริการอินเทอรัปต์ INT1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



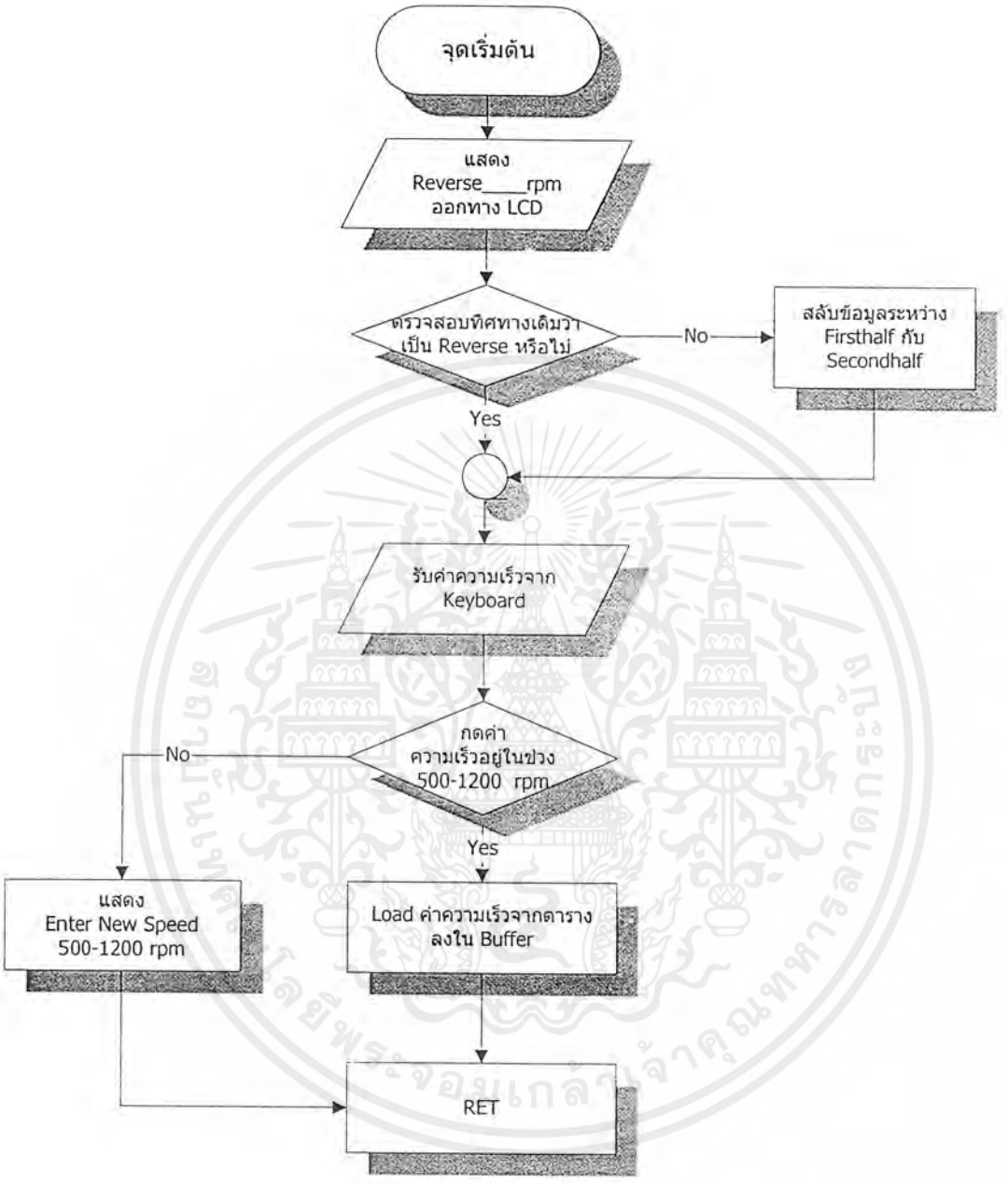
รูปที่ 4.9 แสดงโฟลว์ชาร์ตของส่วนโปรแกรมบริการอินเทอรัปต์ TIMER1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



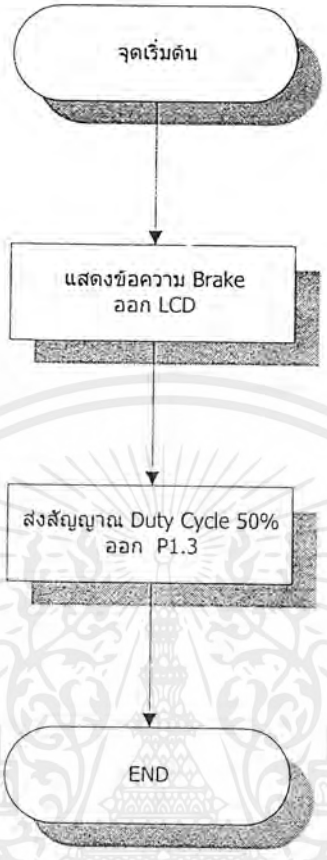
รูปที่ 4.10 แสดงโฟลว์ชาร์ตของส่วนโปรแกรมย่อย FORWARD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงโฟลว์ชาร์ตของส่วนโปรแกรมย่อย REVERSE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงโฟลว์ชาร์ตของส่วนโปรแกรมย่อย BRAKE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทดลองและผลการทดลอง

จากโครงสร้างระบบควบคุมที่ได้กล่าวมาแล้ว ในบทนี้จะนำตัวควบคุมและตัวขับเคลื่อนมอเตอร์มาทำการทดลองควบคุมมอเตอร์กระแสตรงขนาด 0.75 kW.

5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

- DC motor separately excited

ขนาดของมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้ในการทดลองจะมีพิกัดตามตารางที่ 5.1

แรงดันพิกัด	220	Volt
กำลังไฟฟ้าพิกัด	750	Watt
กระแสพิกัด	5.2	A.
ความเร็วรอบ	2000	Rpm.

ตารางที่ 5.1 แสดงขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ในการทดลอง

- ENCODER แบบ INCREMENTAL ขนาด 1,250 ppr.
- โหลดทางกล ประกอบด้วยเชือกและลูกตุ้มน้ำหนัก
- DC VOLTMETER
- DC AMPMETER
- TACHOMETER
- DIGITAL STORAGE OSCILLOSCOPE
- VARIAC

5.2 การทดลองวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์

5.2.1 การทดลองแบบ OPEN LOOP (เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของความเร็วมอเตอร์ขณะเพิ่มโหลด)

1.ป้อนกระแสให้แก่ขดลวดฟิลด์ขนาด 0.3 แอมป์และป้อนแรงดันให้ขดลวดอาร์มาเจอร์ ใช้ Tachometer วัดความเร็ว ปรับขนาดแรงดันจนได้ความเร็วที่ค่าต่างๆ

2.ทำการใส่โหลดให้แก่มอเตอร์แล้ววัดความเร็วของมอเตอร์ บันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 การทดลองแบบ CLOSE LOOP (เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของความเร็วมอเตอร์ขณะเพิ่มโหลด)

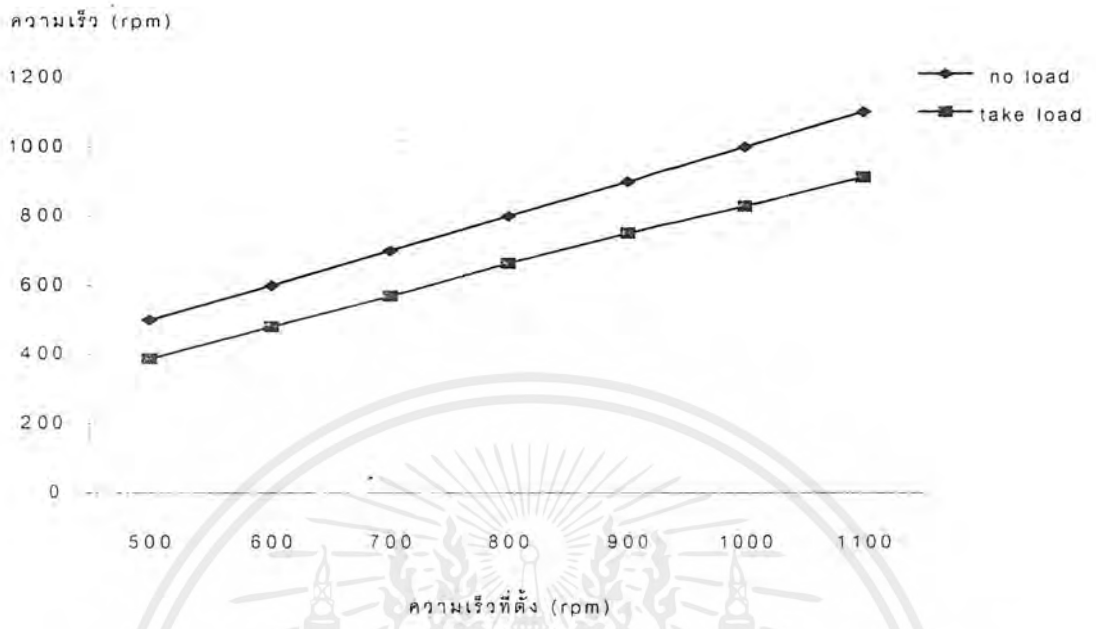
1. ป้อนกระแสให้แก่ขดลวดฟิลด์ขนาดเท่ากับทำการทดลองแบบ OPEN LOOP และป้อนแรงดันให้แรงดันให้ได้ไฟกระแสตรงมีขนาดเท่ากับ 220 โวลท์
2. เริ่มต้นโปรแกรม
3. ทำการเลือกทิศทางและความเร็ว
4. วัดความเร็วของมอเตอร์ขณะ no load แล้วทำการบันทึกผล
5. ทำการใส่โหลดให้แก่มอเตอร์และวัดความเร็วของมอเตอร์ บันทึกผลการทดลอง
6. ทำเหมือนข้อ 3, 4, 5 โดยเปลี่ยนความเร็วที่ค่าต่างๆ

5.3 ผลการทดลอง

ความเร็วขณะ no load (rpm)	ความเร็วขณะใส่โหลด (rpm)
500	387
600	480
700	568
800	663
900	750
1000	828
1100	912

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการทดลองด้านความเร็ว เมื่อทำการทดลองแบบ OPEN LOOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

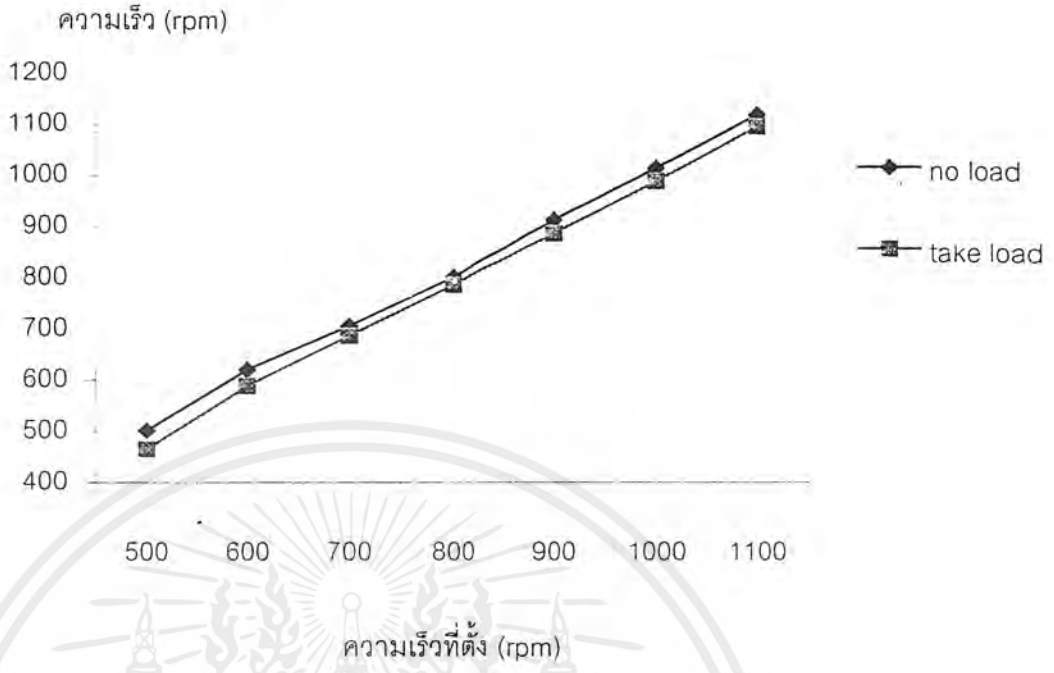


กราฟที่ 5.1 แสดงความเร็วขณะ no load และ take load เมื่อทำการทดลองแบบ OPEN LOOP โดยกระแสฟิลด์มีขนาด 0.3 แอมป์ โหลดขนาด 0.3924 Nm.

ความเร็วที่ตั้ง (rpm)	ความเร็วขณะ no load (rpm)	ความเร็วขณะใส่โหลด (rpm)
500	501	465
600	620	588
700	705	686
800	801	786
900	912	886
1000	1013	988
1100	1117	1094

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการทดลองด้านความเร็วของมอเตอร์ขณะ no load และ take load เมื่อทำการทดลองแบบ CLOSE LOOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

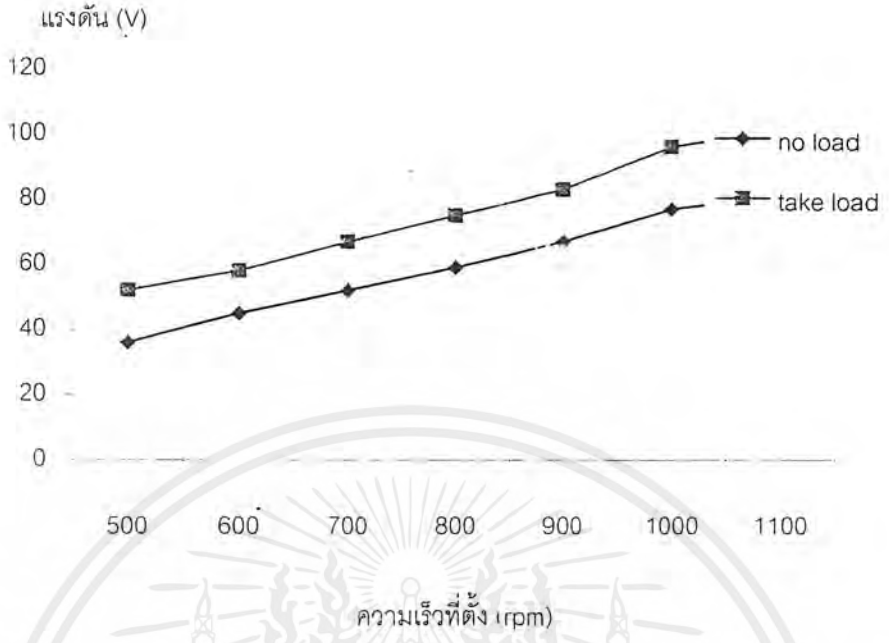


กราฟที่ 5.2 แสดงความเร็วของมอเตอร์ขณะ no load และ take load เมื่อทำการทดลองแบบ CLOSE LOOP โดยกระแสฟิลด์มีขนาด 0.3 แอมป์ โหลดขนาด 0.3924 Nm.

ความเร็วที่ตั้ง (rpm)	แรงดันคร่อมมอเตอร์ ขณะ no load (V)	แรงดันคร่อมมอเตอร์ ขณะ take load (V)
500	52	36
600	58	45
700	67	52
800	75	59
900	83	67
1000	96	77
1100	101	81

ตารางที่ 5.4 แสดงผลการทดลองด้านแรงดันคร่อมของมอเตอร์ขณะ no load และ take load เมื่อทำการทดลองแบบ CLOSE LOOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

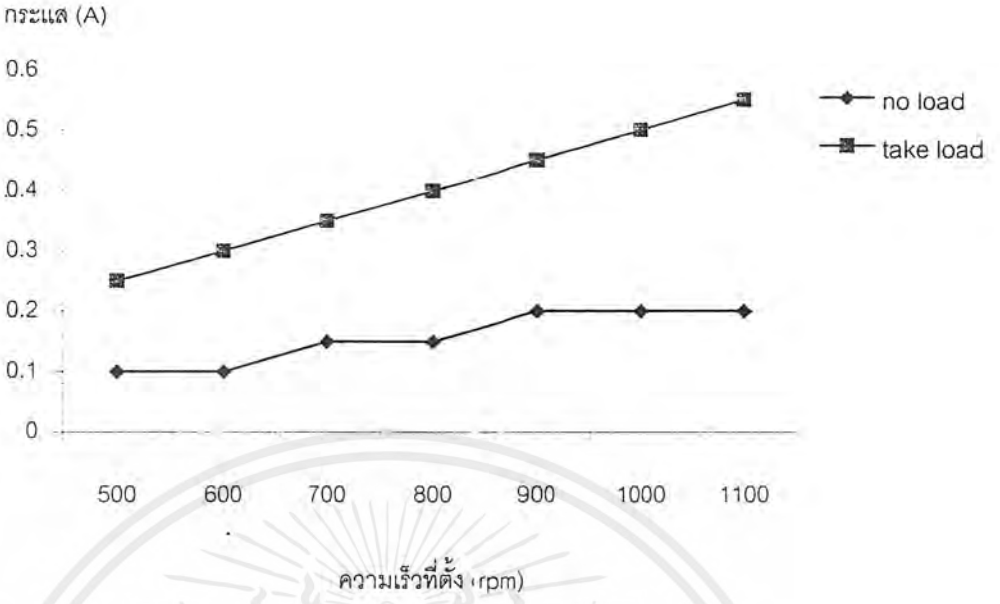


กราฟที่ 5.3 แสดงแรงดันคร่อมมอเตอร์ขณะ no load และ take load เมื่อทำการทดลองแบบ CLOSE LOOP โดยกระแสฟิลด์มีขนาด 0.3 แอมป์ โหลดขนาด 0.3924 Nm.

ความเร็วที่ตั้ง (rpm)	กระแสขณะ no load (A)	กระแสขณะtake load (A)
500	0.1	0.25
600	0.1	0.3
700	0.15	0.35
800	0.15	0.4
900	0.2	0.45
1000	0.2	0.5
1100	0.2	0.55

ตารางที่ 5.5 แสดงผลการทดลองด้านกระแสอาร์มาเจอร์ขณะ no load และ take load เมื่อทำการทดลองแบบ CLOSE LOOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

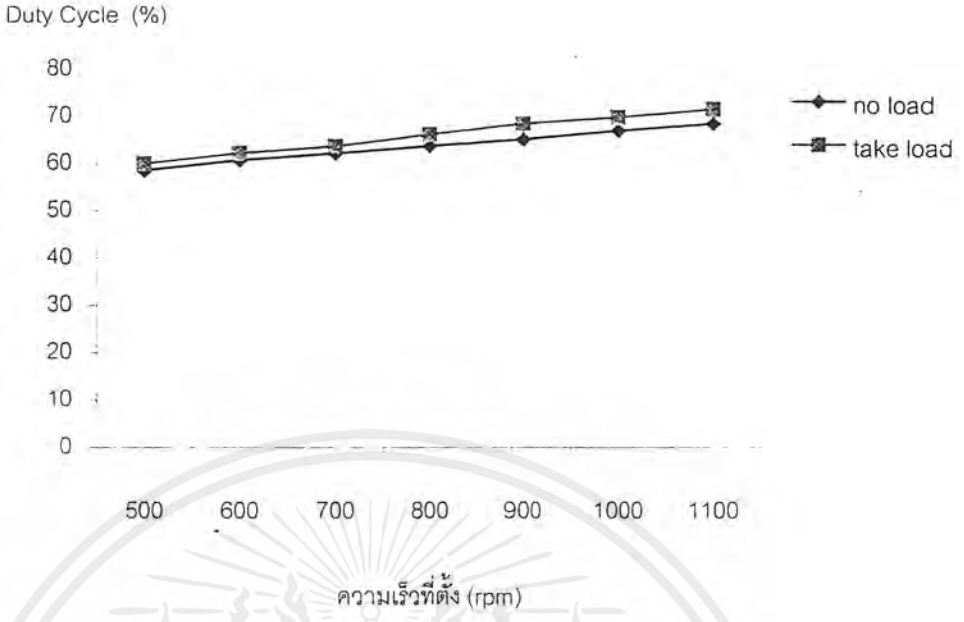


กราฟที่ 5.4 แสดงกระแสอาร์มาเจอร์ขณะ no load และ take load เมื่อทำการทดลองแบบ CLOSE LOOP โดยกระแสฟิลด์มีขนาด 0.3 แอมป์ โหลดขนาด 0.3924 Nm.

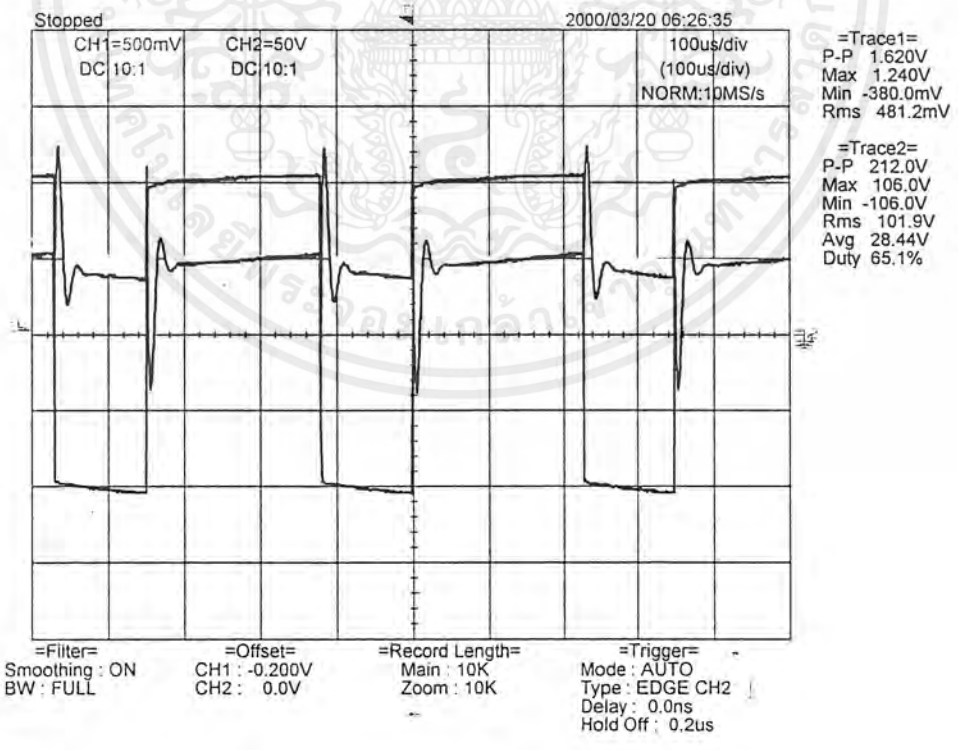
ความเร็วที่ตั้ง (rpm)	duty cycle ขณะ no load (%)	duty cycle ขณะ take load (%)
500	58.6	60.0
600	60.8	62.3
700	62.3	63.8
800	63.8	66.3
900	65.1	68.4
1000	66.9	69.7
1100	68.4	71.4

ตารางที่ 5.6 แสดงผลการทดลองด้าน Duty Cycle ขณะ no load และ take load เมื่อทำการทดลอง แบบ CLOSE LOOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

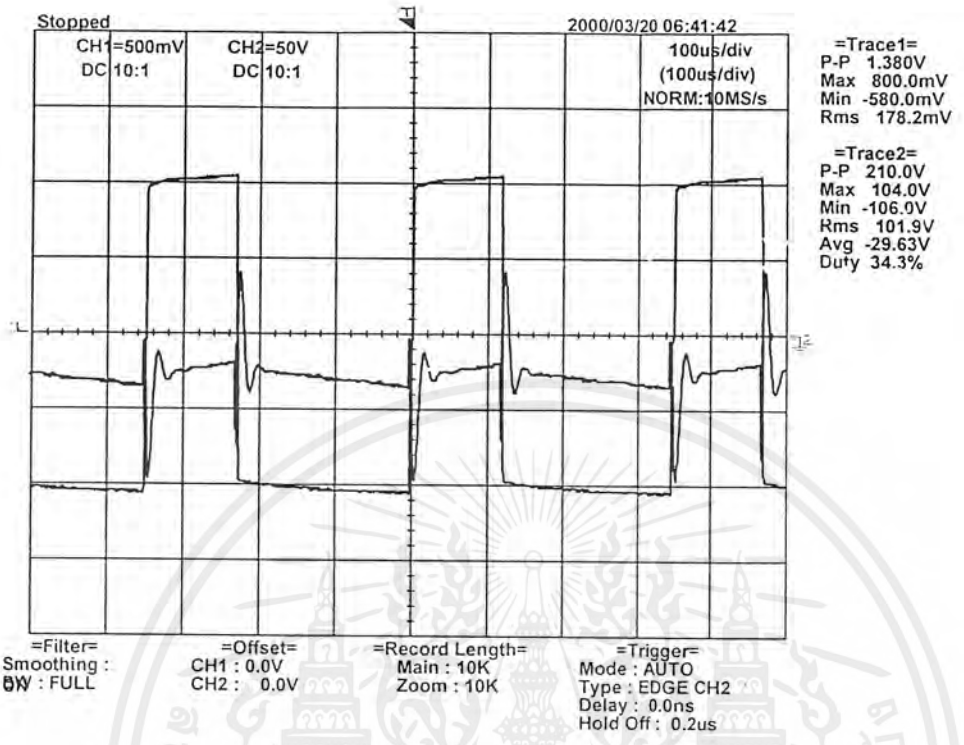


กราฟที่ 5.5 แสดง Duty Cycle ขณะ no load และ take load เมื่อทำการทดลองแบบ CLOSE LOOP โดยกระแสฟิลด์มีขนาด 0.3 แอมป์ โหลดขนาด 0.3924 Nm.

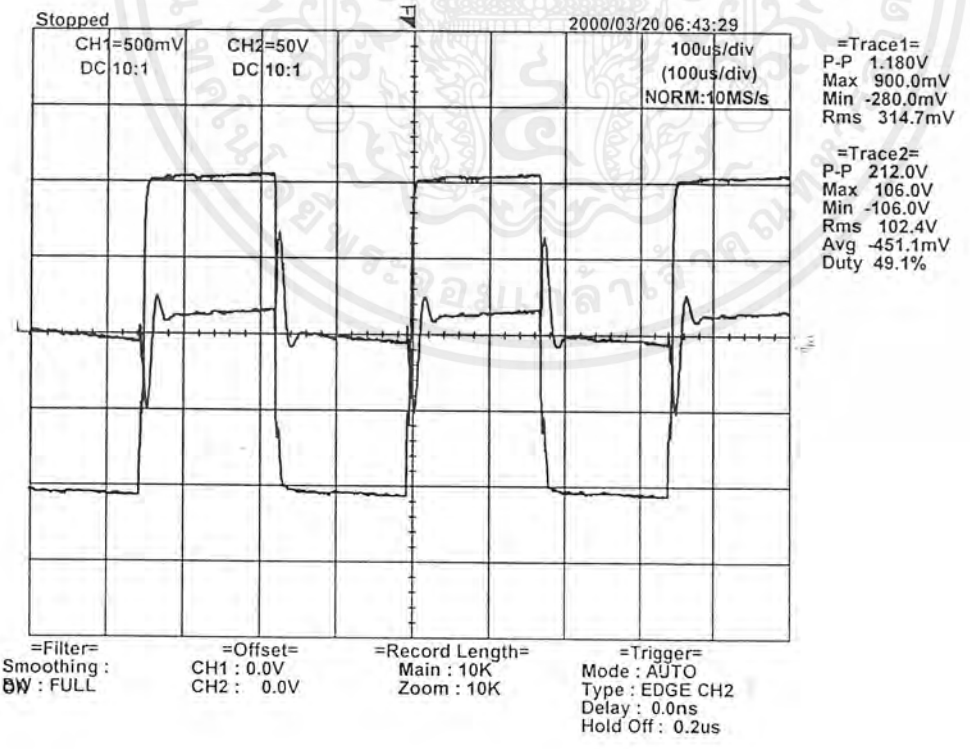


รูปที่ 5.1 รูปคลื่นแรงดันและกระแสของมอเตอร์ขณะหมุนในทิศทาง Forward

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

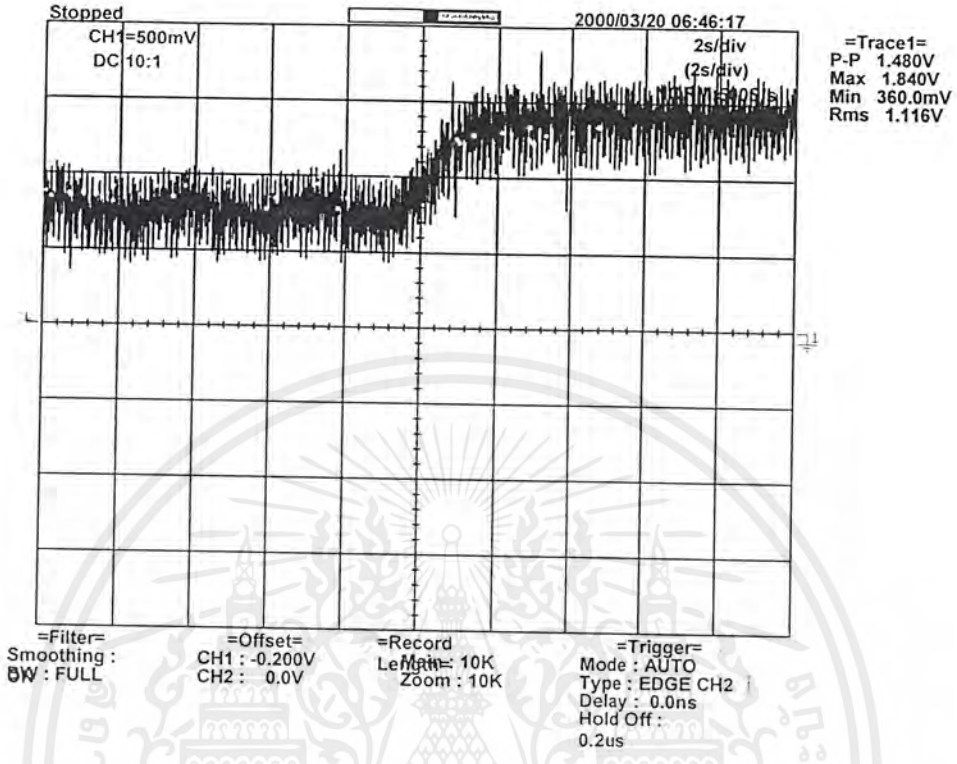


รูปที่ 5.2 รูปคลื่นแรงดันและกระแสของมอเตอร์ขณะหมุนในทิศทาง Reverse

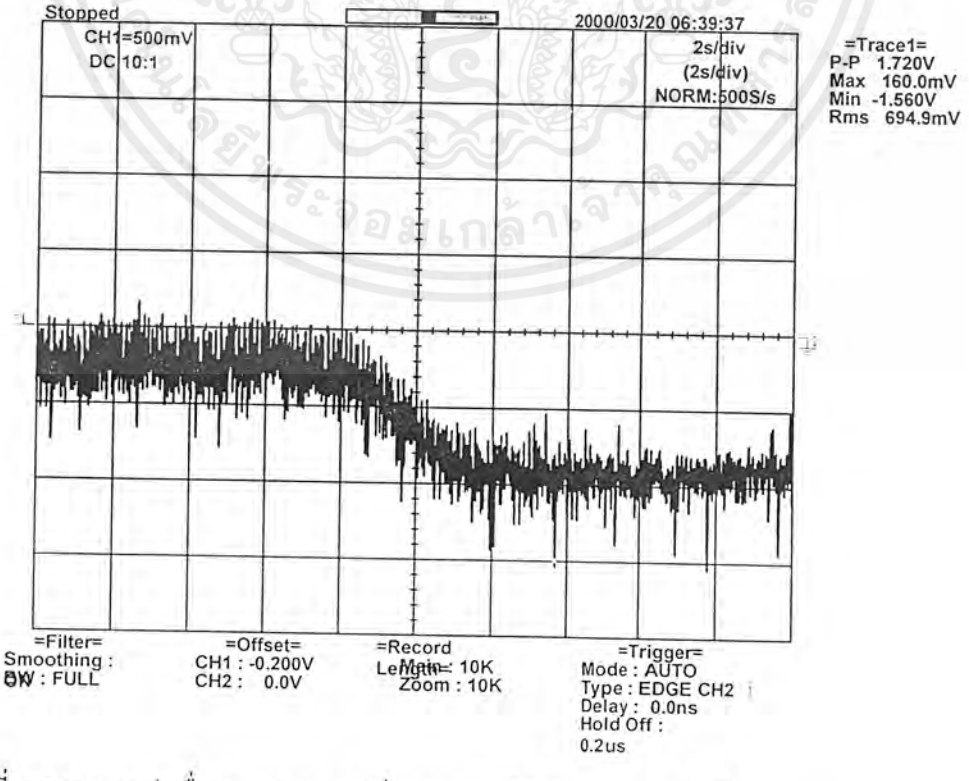


รูปที่ 5.3 แสดงรูปคลื่นกระแสมอเตอร์แรงดันขณะหมุน Brake

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

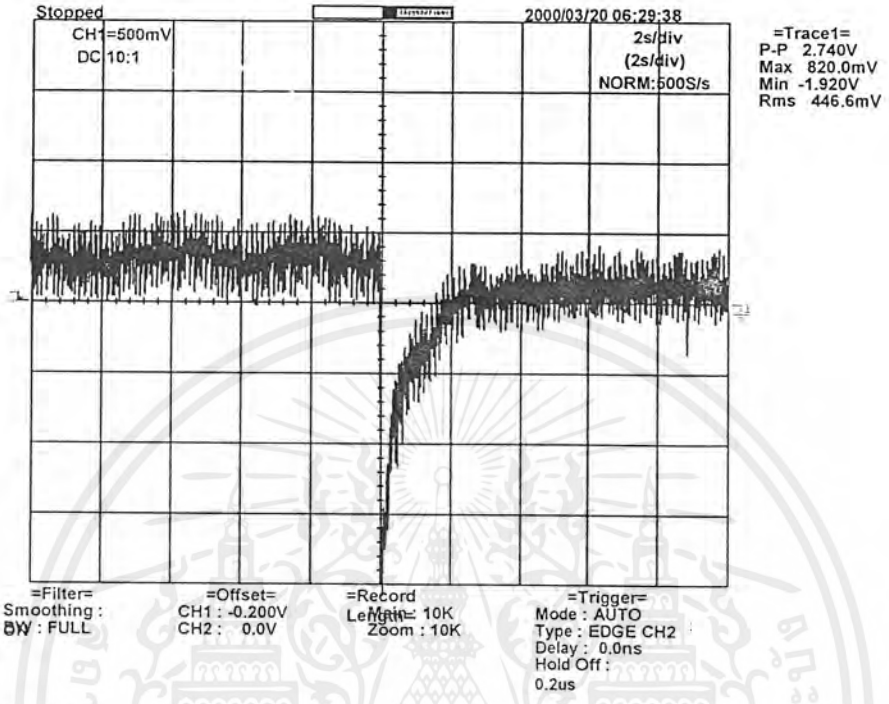


รูปที่ 5.4 แสดงรูปคลื่นกระแสมอเตอร์ขณะหมุนทิศ Forward และใส่โหลด

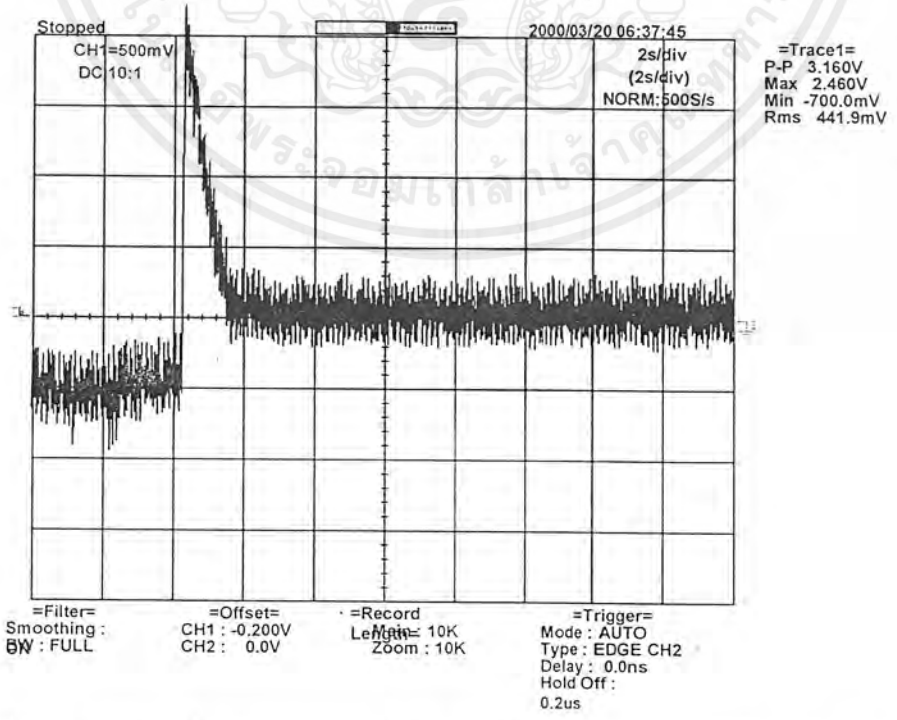


รูปที่ 5.5 แสดงรูปคลื่นกระแสมอเตอร์ขณะหมุนทิศ Reverse และใส่โหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

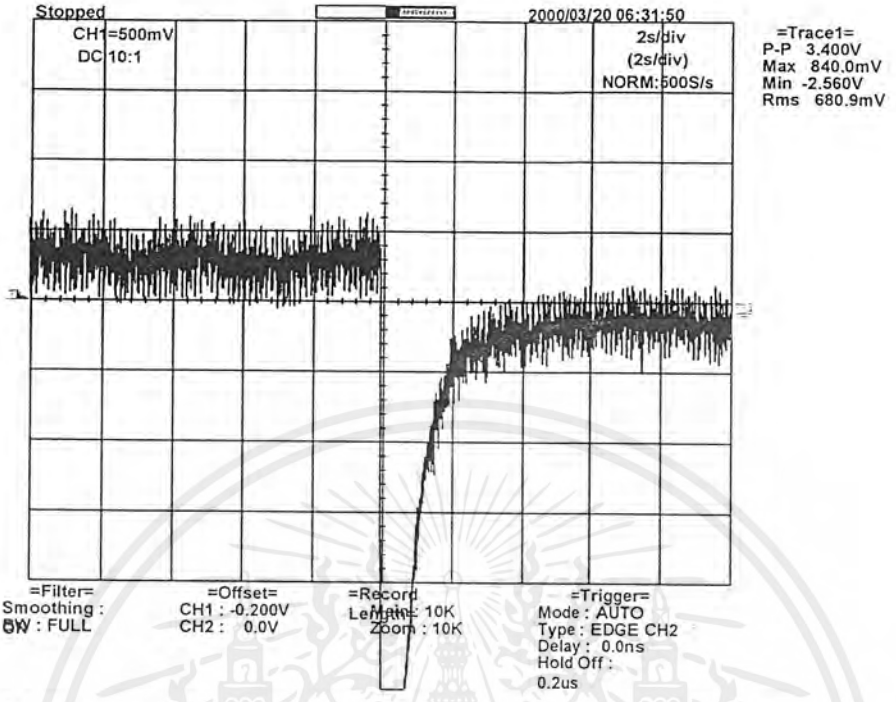


รูปที่ 5.6 แสดงรูปคลื่นกระแสมอเตอร์ขณะหมุนทิศ Forward แล้วทำการ Brake

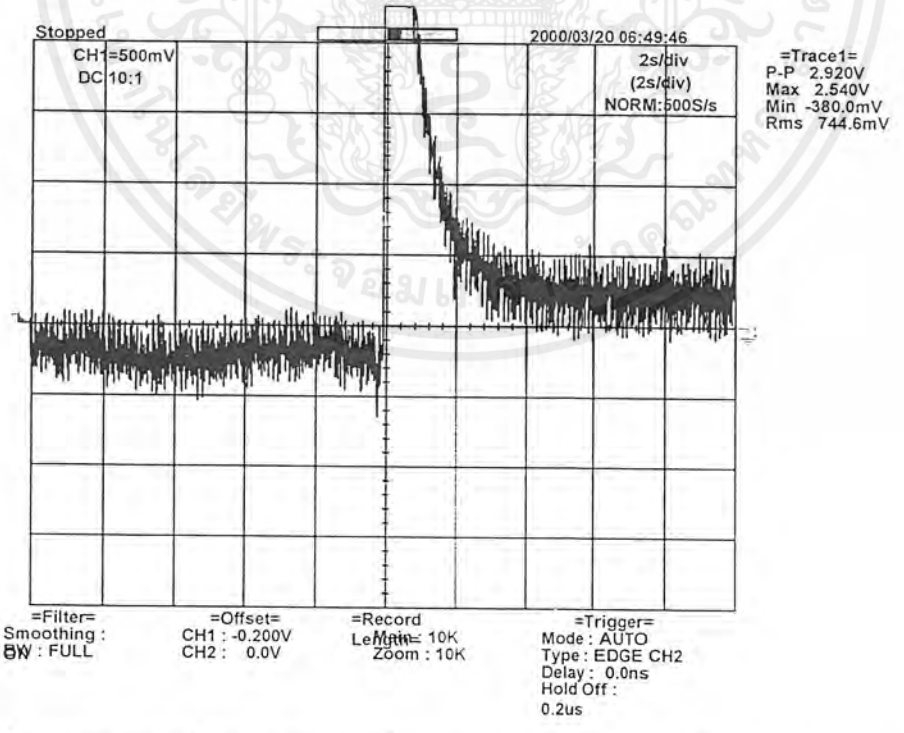


รูปที่ 5.7 แสดงรูปคลื่นกระแสมอเตอร์ขณะหมุนทิศ Reverse แล้วทำการ Brake

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

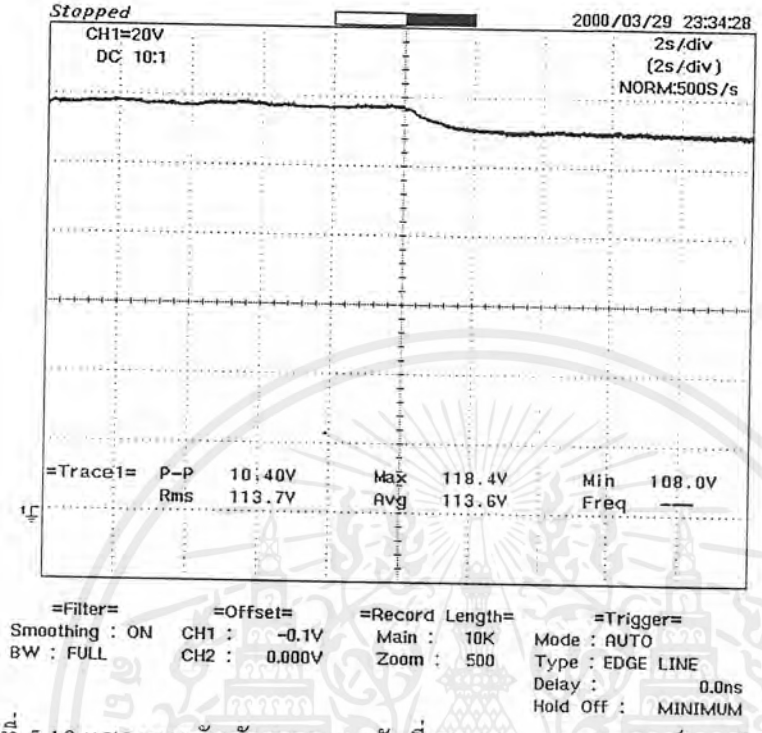


รูปที่ 5.8 แสดงรูปคลื่นกระแสมอเตอร์ขณะหมุนทิศ Forward แล้วทำการ Reverse

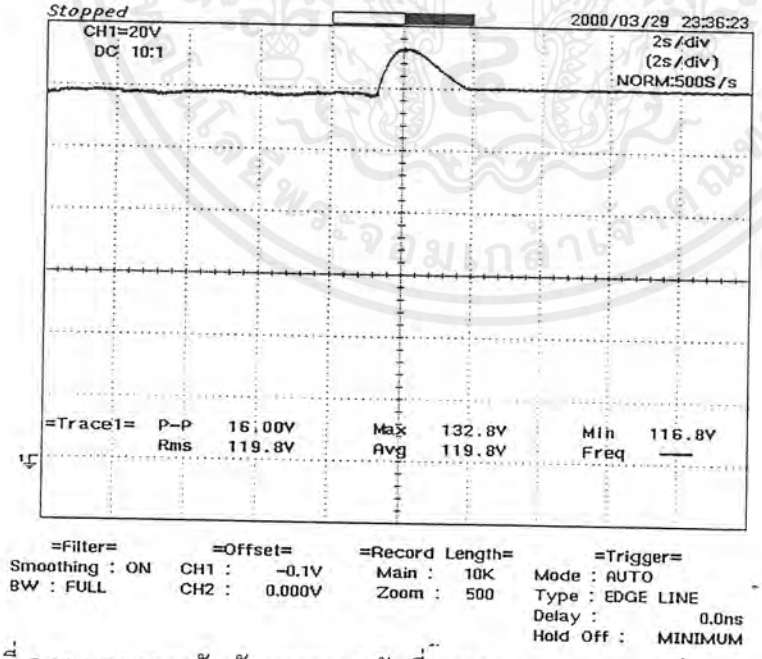


รูปที่ 5.9 แสดงรูปคลื่นกระแสมอเตอร์ขณะหมุนทิศ Reverse แล้วทำการ Forward

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 แสดงการจับสัญญาณแรงดันที่ DC Link ขณะมอเตอร์หมุนในทิศ Forward จากไม่มีโหลด และมีการเพิ่มโหลด



รูปที่ 5.11 แสดงการจับสัญญาณแรงดันที่ DC Link ขณะมอเตอร์หมุนในทิศ Forward และมีคำสั่ง ให้ Brake

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

6.1 สรุปผลการทดลอง

พิจารณาการทำงานของมอเตอร์แบบไม่ป้อนกลับความเร็ว เมื่อมอเตอร์รับภาระมากขึ้น ความเร็วของมอเตอร์ตกลง แรงดันที่คร่อมขดลวดอาร์มาเจอร์จะลดลง

พิจารณาการทำงานของมอเตอร์แบบลูปปิด การใช้คำสั่งทิศทางและความเร็ว (speed command) ที่ค่าความเร็วค่าๆหนึ่ง จะทำให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วที่ค่านั้น เมื่อทำการเพิ่มภาระให้มอเตอร์ ความเร็วของมอเตอร์จะลดลง ทำให้ความถี่จากเอ็นโค้ดเดอร์ที่ป้อนกลับลดลง ผลต่างจากการเปรียบเทียบความเร็วทำให้มีการเพิ่มดิวตี้ไซเคิ้ลมากขึ้น ส่งผลให้แรงดันที่คร่อมขดอาร์มาเจอร์สูงขึ้น มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วเพิ่มขึ้นจนถึงความเร็วก่อนต่อภาระแก่มอเตอร์

ในขณะมอเตอร์หมุนและมีคำสั่งให้เบรก จากรูปคลื่นกระแสพบว่ากระแสเข้ามอเตอร์จะมีการกลับทิศทางทันที ทำให้มอเตอร์ลดความเร็วลงอย่างรวดเร็ว จากการจับสัญญาณแรงดันที่ DC Link แรงดันจะสูงขึ้นเล็กน้อย อธิบายได้ว่ามีกระแสไหลกลับเพื่อคืนพลังงานโดยไปทำการชาร์จประจุที่ตัวเก็บประจุ (Capacitor filter) ซึ่งขณะนั้นมอเตอร์จะมีการทำงานอยู่ในควอดแดรนต์ที่ 2

6.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองค่าดิวตี้ไซเคิ้ลของสัญญาณขับสามารถเพิ่มได้สูงสุดเพียง 73 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากข้อจำกัดของการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้ไม่สามารถทดสอบมอเตอร์ที่ความเร็วสูงๆได้และต่อภาระให้แก่มอเตอร์ได้ไม่มากและเมื่อต่อภาระให้กับมอเตอร์มาก จะมีสัญญาณรบกวนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้ส่วนป้อนกลับทำงานผิดพลาด อีกทั้งความถี่ที่ใช้ในการสวิทช์ซึ่งสร้างจากไมโครคอนโทรลเลอร์ยังไม่สามารถที่จะสร้างให้สูงมากๆได้ ทำให้การกระเพื่อมของกระแสอาร์มาเจอร์ยังมีอยู่สูง

ในการทดสอบ พบว่ามอเตอร์ไม่สามารถหมุนด้วยความเร็วที่คงที่ได้ จากการตรวจสอบพบว่าเนื่องมาจากการนับสัญญาณพัลซ์จากเอ็นโค้ดเดอร์ได้ไม่คงที่ ซึ่งสันนิษฐานว่าน่าจะมาจากการที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องทำงานในหลายๆ หน้าที่ จึงทำให้ช่วงเวลาในการนับไม่สม่ำเสมอ อีกทั้งน่าจะมีสาเหตุมาจากการตอบสนองต่อแรงดันที่ป้อนเข้ามอเตอร์ช้า

การควบคุมความเร็วโดยวิธีนี้พบว่า กระแสมอเตอร์ขณะสตาร์ท หรือขณะมีการเปลี่ยนแปลงโหลดจะไม่สูง ซึ่งถือว่าเป็นข้อดีของระบบนี้ แต่ก็มีข้อเสียคือ การตอบสนองต่อคำสั่งที่ความเร็วต่างๆ จะช้ากว่า ระบบควบคุมป้อนกลับโดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

จากระบบของโครงงานจะเห็นว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องทำงานในหลายๆ หน้าที่ ทำให้การประมวลผลช้า ซึ่งมีผลต่อการทำงานในส่วนอื่น ๆ อีกทั้งความถี่ที่สัญญาณที่สามารถสร้างขึ้นได้ยังไม่สูงมาก ในการพัฒนาจึงควรจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการประมวลผลสูงกว่านี้ เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ 16 บิต และมีความถี่สัญญาณนาฬิกาที่สูง

ในการลดเวลาการตอบสนองให้ได้ผลลัพธ์ตามคำสั่งที่เร็วขึ้น จึงน่าจะใช้ทฤษฎีระบบควบคุมทั่วไปมาใช้ คือมีการนำค่าความแตกต่าง ของคำสั่งและผลลัพธ์มาประมวลผลแทนการเพิ่มหรือลดสัญญาณควบคุมทีละขั้น แต่จะต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของกระแสมอเตอร์ที่สูง และระบบควบคุมแบบนี้จะต้องมีการคำนวณที่ซับซ้อนมาก ประสิทธิภาพการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ขนาด 8 บิต อาจจะลดลงมาก ซึ่งอาจส่งผลให้การตอบสนองของคำสั่งไม่เร็วกว่าที่ควรจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ส่วนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PORT_A  EQU  0F800H
PORT_B  EQU  0F801H
PORT_C  EQU  0F802H
PORT_CON EQU  0F803H

XLCDWRC EQU  0FA00H
XLCDRDC EQU  0FA01H
XLCDWRD EQU  0FA02H
XLCDRDD EQU  0FA03H

FIRSTHALF EQU 030H
SECONDHALF EQU 031H
BUF_COUNTH EQU 03AH
BUF_COUNTL EQU 03BH



B_F1   EQU 033H
B_F2   EQU 034H
B_F3   EQU 035H
B_F4   EQU 036H
;ADDRESS 032H SET FOR CHECK
    ; DIRECTION
;ADDRESS 033H-036H KEPT VALUE PRESS
    ; SPEED
;******INTERNAL RAM*******
        DS 8
STACK:  DS 24
LCDBUF:  DS 18
    ORG 0000H
    LCALL MAIN
    ORG 001BH
SUB_T1: CLR TF1
    CLR TR1
    JMP SUB
    ORG 0013H   ;ENTERRUPT VECTOR IE1
    LJMP SENS_SPEED
    ORG 0200H
MAIN:   MOV R1,#200
    LCALL DELAY
    SETB P1.1
    MOV TMOD,#025H  ;SET TR1 TIMER
                    ;TR0 COUNTER
    SETB TR0     ; SET COUNTER TR0
                 ; WORK
    SETB IT1     ; SET INT1 MODE
                 ; TRIGGER EGGS
    MOV IE,#088H ; SET INTERRUPT
                 ; ENABLE
    MOV IP,#0FFH ; SET INTERRUPT
                 ; PRIORITY
    LCALL B_DUTY
    LCALL XLCDSET
    MOV DPTR,#DISPLAY
    LCALL LODBUF
    LCALL XLCDOUT
    LCALL SETPORT
SCANKEY: CLR A
    MOV DPTR,#PORT_C
SCANKEY1:MOVX  A,@DPTR
    MOV B,A
    ANL A,#010H
    MOV R1,#010H
    LCALL DELAY
    CJNE A,#010H,SCANKEY
    MOV A,B
    ANL A,#0FH
    CJNE A,#0AH,RE_WARD
    SETB P1.1
    LCALL FORWORD
    JMP SCANKEY
RE_WARD: CJNE A,#0BH,B_REAK
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SETB P1.1
        LCALL REWARD
        JMP SCANKEY
B_REAK: CJNE A,#0CH,SCANKEY
        SETB P1.1
        LCALL BREAK
        JMP SCANKEY

SUB:    PUSH ACC
        JB P1.3 ,SECOND
        MOV A,FIRSTHALF
        JMP SETTIMER
SECOND: MOV A,SECONDHALF
SETTIMER: MOV TH1,A
        CPL P1.3
        SETB TR1
        POP ACC
        RETI
DISPLAY: DB ' CHOOSE FUNCTION '
DISPLAY1: DB ' FORWARD    RPM '
DISPLAY2: DB '     BREAK     '
DISPLAY3: DB 'REVERSE     RPM '
DISPLAY4: DB ' ENTER NEW SPEED '
DISPLAY5: DB '   500-1200 RPM  '
ASCII_KEY:  DB 030H  ; NUM=0
        DB 031H  ; NUM=1
        DB 032H  ; NUM=2
        DB 033H  ; NUM=3
        DB 034H  ; NUM=4
        DB 035H  ; NUM=5
        DB 036H  ; NUM=6
        DB 037H  ; NUM=7
        DB 038H  ; NUM=8
        DB 039H  ; NUM=9

F_QUEN:    DB  045H,000H     ;1000-1099
        DB  045H,014H
        DB  045H,028H
        DB  045H,03CH
        DB  045H,040H
        DB  045H,054H
        DB  045H,068H
        DB  045H,07CH
        DB  045H,080H
        DB  045H,094H
        DB  045H,0A8H
        DB  045H,0BCH
        DB  045H,0C0H
        DB  045H,0D4H
        DB  045H,0E8H
        DB  045H,0FCH
        DB  046H,000H
        DB  046H,014H
        DB  046H,028H
        DB  046H,03CH
        DB  046H,040H
        DB  046H,054H
        DB  046H,068H
        DB  046H,07CH
        DB  046H,080H
        DB  046H,094H
        DB  046H,0A8H
        DB  046H,0BCH
        DB  046H,0C0H
        DB  046H,0D4H
        DB  046H,0E8H
        DB  046H,0FCH
        DB  047H,000H
        DB  047H,014H
        DB  047H,028H
        DB  047H,03CH
        DB  047H,040H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DB 047H,054H
DB 047H,068H
DB 047H,07CH
DB 047H,080H          ;1040
DB 047H,094H
DB 047H,0A8H
DB 047H,0BCH
DB 047H,0C0H
DB 047H,0D4H
DB 047H,0E8H
DB 047H,0FCH
DB 048H,000H
DB 048H,014H
DB 048H,028H
DB 048H,03CH
DB 048H,040H
DB 048H,054H
DB 048H,068H
DB 048H,07CH
DB 048H,080H
DB 048H,094H
DB 048H,0A8H
DB 048H,0BCH
DB 048H,0C0H          ;1060
DB 048H,0D4H
DB 048H,0E8H
DB 048H,0FCH
DB 049H,000H
DB 049H,014H
DB 049H,028H
DB 049H,03CH
DB 049H,040H
DB 049H,054H
DB 049H,068H
DB 049H,07CH
DB 049H,080H
DB 049H,094H
DB 049H,0A8H
DB 049H,0BCH
DB 049H,0C0H
DB 049H,0D4H
DB 049H,0E8H
DB 049H,0FCH
DB 04AH,000H          ;1080
DB 04AH,014H
DB 04AH,028H
DB 04AH,03CH
DB 04AH,040H
DB 04AH,054H
DB 04AH,068H
DB 04AH,07CH
DB 04AH,080H
DB 04AH,094H
DB 04AH,0A8H
DB 04AH,0BCH
DB 04AH,0C0H
DB 04AH,0D4H
DB 04AH,0E8H
DB 04AH,0FCH
DB 04BH,000H
DB 04BH,014H
DB 04BH,028H
DB 04BH,03CH

F_QUEN1:  DB 04BH,050H  ;1100-1199
          DB 04DH,0A0H
          DB 04EH,000H
          DB 059H,0C3H
          DB 059H,0D8H
          DB 059H,0ECH
          DB 05AH,001H
          DB 05AH,016H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DB 05AH,02BH
DB 05AH,040H
DB 05AH,055H          ;1110
DB 05AH,069H
DB 05AH.07EH
DB 05AH,093H
DB 05AH,0A8H
DB 05AH,0BDH
DB 05AH,0D2H
DB 05AH,0E6H
DB 05AH,0FBH
DB 05BH,010H
DB 05BH,025H
DB 05BH,03AH
DB 05BH,04FH
DB 05BH,063H
DB 05BH,078H
DB 05BH,08DH
DB 05BH,0A2H
DB 05BH,0B7H
DB 05BH,0CCH
DB 05BH,0E0H
DB 05BH,0F5H          ;1130
DB 05CH,00AH
DB 05CH,01FH
DB 05CH,034H
DB 05CH,049H
DB 05CH,05DH
DB 05CH,072H
DB 05CH,087H
DB 05CH,09CH
DB 05CH,0B1H
DB 05CH,0C6H          ;1140
DB 05CH,0DAH
DB 05CH,0EFH
DB 05DH,004H
DB 05DH,019H
DB 05DH,02EH
DB 05DH,043H
DB 05DH,057H
DB 05DH,06CH
DB 05DH,081H
DB 05DH,096H          ;1150
DB 05DH,0ABH
DB 05DH,0C0H
DB 05DH,0D4H
DB 05DH,0E9H
DB 05DH,0FEH
DB 05EH,013H
DB 05EH,028H
DB 05EH,03DH
DB 05EH,051H
DB 05EH,066H          ;1160
DB 05EH,07BH
DB 05EH,090H
DB 05EH,0A5H
DB 05EH,0BAH
DB 05EH,0CEH
DB 05EH,0E3H
DB 05EH,0F8H
DB 05FH,00DH
DB 05FH,022H
DB 05FH,037H          ;1170
DB 05FH,04BH
DB 05FH,060H
DB 05FH,075H
DB 05FH,08AH
DB 05FH,09FH
DB 05FH,0B4H
DB 05FH,0C8H
DB 05FH,0DDH
DB 05FH,0F2H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DB 060H,007H            ;1180
        DB 060H,01CH
        DB 060H,031H
        DB 060H,045H
        DB 060H,05AH
        DB 060H,06FH
        DB 060H,084H
        DB 060H,099H
        DB 060H,0AEH
        DB 060H,0C2H
        DB 060H,0D7H            ;1190
        DB 060H,0ECH
        DB 061H,001H
        DB 061H,016H
        DB 061H,02BH
        DB 061H,03FH
        DB 061H,054H
        DB 061H,069H
        DB 061H,07EH
        DB 061H,093H

F_QUEN2: DB 053H,000H   ;1200-1299
        DB 051H,000H
        DB 052H,000H
        DB 053H,000H
        DB 061H,0FBH
        DB 062H,010H
        DB 062H,025H
        DB 062H,039H
        DB 062H,04EH
        DB 062H,063H
        DB 062H,078H            ;1210
        DB 062H,08DH
        DB 062H,0A2H
        DB 062H,0B6H
        DB 062H,0CBH
        DB 062H,0E0H
        DB 062H,0F5H
        DB 063H,00AH
        DB 063H,01FH
        DB 063H,033H
        DB 063H,048H            ;1220
        DB 063H,05DH
        DB 063H,072H
        DB 063H,087H
        DB 063H,09CH
        DB 063H,0B0H
        DB 063H,0C5H
        DB 063H,0DAH
        DB 063H,0EFH
        DB 064H,004H
        DB 064H,019H            ;1230
        DB 064H,02DH
        DB 064H,042H
        DB 064H,057H
        DB 064H,06CH
        DB 064H,081H
        DB 064H,096H
        DB 064H,0AAH
        DB 064H,0BFH
        DB 064H,0D4H
        DB 064H,0E9H            ;1240
        DB 064H,0FEH
        DB 065H,013H
        DB 065H,027H
        DB 065H,03CH
        DB 065H,051H
        DB 065H,066H
        DB 065H,07BH
        DB 065H,090H
        DB 065H,0A4H
        DB 065H,0B9H            ;1250
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DB 065H,0CEH
        DB 065H,0E3H
        DB 065H,0F8H
        DB 066H,00DH
        DB 066H,021H
        DB 066H,036H
        DB 066H,04BH
        DB 066H,060H
        DB 066H,075H
        DB 066H,08AH        ;1260
        DB 066H,09EH
        DB 066H,0B3H
        DB 066H,0C8H
        DB 066H,0DDH
        DB 066H,0F2H
        DB 067H,007H
        DB 067H,01BH
        DB 067H,030H
        DB 067H,045H
        DB 067H,05AH        ;1270
        DB 067H,06FH
        DB 067H,084H
        DB 067H,098H
        DB 067H,0ADH
        DB 067H,0C2H
        DB 067H,0D7H
        DB 067H,0ECH
        DB 068H,001H
        DB 068H,015H
        DB 068H,02AH        ;1280
        DB 068H,03FH
        DB 068H,054H
        DB 068H,069H
        DB 068H,07EH
        DB 068H,092H
        DB 068H,0A7H
        DB 068H,0BCH
        DB 068H,0D1H
        DB 068H,0E6H
        DB 068H,0FBH        ;1290
        DB 069H,00FH
        DB 069H,024H
        DB 069H,039H
        DB 069H,04EH
        DB 069H,063H
        DB 069H,078H
        DB 069H,08CH
        DB 069H,0A1H
        DB 069H,0B6H

F_QUEN3:  DB 055H,080H      ;1300-1399
        DB 055H,000H
        DB 058H,000H
        DB 045H,000H
        DB 06AH,01EH
        DB 06AH,033H
        DB 06AH,048H
        DB 06AH,05DH
        DB 06AH,072H
        DB 06AH,086H
        DB 06AH,09BH        ;1310
        DB 06AH,0B0H
        DB 06AH,0C5H
        DB 06AH,0DAH
        DB 06AH,0EFH
        DB 06BH,003H
        DB 06BH,018H
        DB 06BH,02DH
        DB 06BH,042H
        DB 06BH,057H
        DB 06BH,06CH        ;1320
        DB 06BH,080H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DB 06BH,095H
DB 06BH,0AAH
DB 06BH,0BFH
DB 06BH,0D4H
DB 06BH,0E9H
DB 06BH,0FDH
DB 06CH,012H
DB 06CH,027H
DB 06CH,03CH          ;1330
DB 06CH,051H
DB 06CH,066H
DB 06CH,07AH
DB 06CH,08FH
DB 06CH,0A4H
DB 06CH,0B9H
DB 06CH,0CEH
DB 06CH,0E3H
DB 06CH,0F7H
DB 06DH,00CH          ;1340
DB 06DH,021H
DB 06DH,036H
DB 06DH,04BH
DB 06DH,060H
DB 06DH,074H
DB 06DH,089H
DB 06DH,09EH
DB 06DH,0B3H
DB 06DH,0C8H
DB 06DH,0DDH          ;1350
DB 06DH,0F1H
DB 06EH,006H
DB 06EH,01BH
DB 06EH,030H
DB 06EH,045H
DB 06EH,05AH
DB 06EH,06EH
DB 06EH,083H
DB 06EH,098H
DB 06EH,0ADH          ;1360
DB 06EH,0C2H
DB 06EH,0D7H
DB 06EH,0EBH
DB 06FH,000H
DB 06FH,015H
DB 06FH,02AH
DB 06FH,03FH
DB 06FH,054H
DB 06FH,068H
DB 06FH,07BH          ;1370
DB 06FH,092H
DB 06FH,0A7H
DB 06FH,0BCH
DB 06FH,0D1H
DB 06FH,0E5H
DB 06FH,0FAH
DB 070H,00FH
DB 070H,024H
DB 070H,039H
DB 070H,04EH          ;1380
DB 070H,062H
DB 070H,077H
DB 070H,08CH
DB 070H,0A1H
DB 070H,0B6H
DB 070H,0CBH
DB 070H,0DFH
DB 070H,0F4H
DB 071H,009H
DB 071H,01EH          ;1390
DB 071H,033H
DB 071H,048H
DB 071H,05CH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DB 071H,071H
        DB 071H,086H
        DB 071H,09BH
        DB 071H,0B0H
        DB 071H,0C5H
        DB 071H,0D9H

F_QUEN4:  DB 05BH,000H    ;1400-1499
        DB 05H,000H
        DB 05BH,050H
        DB 05AH,000H
        DB 072H,042H
        DB 072H,056H
        DB 072H,06BH
        DB 072H,080H
        DB 072H,095H
        DB 072H,0AAH
        DB 072H,0BFH      ;1410
        DB 072H,0D3H
        DB 072H,0E8H
        DB 072H,0FDH
        DB 073H,012H
        DB 073H,027H
        DB 073H,03CH
        DB 073H,050H
        DB 073H,065H
        DB 073H,07AH
        DB 073H,08FH      ;1420
        DB 073H,0A4H
        DB 073H,0B9H
        DB 073H,0CDH
        DB 073H,0E2H
        DB 073H,0F7H
        DB 074H,00CH
        DB 074H,021H
        DB 074H,036H
        DB 074H,04AH
        DB 074H,05FH      ;1430
        DB 074H,074H
        DB 074H,089H
        DB 074H,09EH
        DB 074H,0B3H
        DB 074H,0C7H
        DB 074H,0DCH
        DB 074H,0F1H
        DB 075H,006H
        DB 075H,01BH
        DB 075H,030H      ;1440
        DB 075H,044H
        DB 075H,059H
        DB 075H,06EH
        DB 075H,083H
        DB 075H,098H
        DB 075H,0ADH
        DB 075H,0C1H
        DB 075H,0D6H
        DB 075H,0EBH
        DB 076H,000H      ;1450
        DB 076H,015H
        DB 076H,02AH
        DB 076H,03EH
        DB 076H,053H
        DB 076H,068H
        DB 076H,07DH
        DB 076H,092H
        DB 076H,0A7H
        DB 076H,0BBH
        DB 076H,0D0H      ;1460
        DB 076H,0E5H
        DB 076H,0FAH
        DB 077H,00FH
        DB 077H,024H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DB 077H,038H
        DB 077H,04DH
        DB 077H,062H
        DB 077H,077H
        DB 077H,08CH
        DB 077H,0A1H        ;1470
        DB 077H,0B5H
        DB 077H,0CAH
        DB 077H,0DFH
        DB 077H,0F4H
        DB 078H,009H
        DB 078H,01EH
        DB 078H,032H
        DB 078H,047H
        DB 078H,05CH
        DB 078H,071H        ;1480
        DB 078H,086H
        DB 078H,09BH
        DB 078H,0AFH
        DB 078H,0C4H
        DB 078H,0D9H
        DB 078H,0EEH
        DB 079H,003H
        DB 079H,018H
        DB 079H,02CH
        DB 079H,041H        ;1490
        DB 079H,056H
        DB 079H,06BH
        DB 079H,080H
        DB 079H,095H
        DB 079H,0A9H
        DB 079H,0BEH
        DB 079H,0D3H
        DB 079H,0E8H
        DB 079H,0FDH

F_QUEN5: DB 021H,0A8H       ;500-599
        DB 021H,0BDH
        DB 021H,0D2H
        DB 021H,0E7H
        DB 021H,0FCH
        DB 021H,011H
        DB 021H,026H
        DB 021H,03BH
        DB 021H,050H
        DB 021H,065H
        DB 021H,07AH        ;510
        DB 021H,08FH
        DB 021H,0A4H
        DB 021H,0B9H
        DB 021H,0CEH
        DB 021H,0E3H
        DB 021H,0F8H
        DB 022H,00DH
        DB 022H,022H
        DB 022H,037H
        DB 022H,04CH        ;520
        DB 022H,061H
        DB 022H,076H
        DB 022H,08BH
        DB 022H,0A0H
        DB 022H,0B5H
        DB 022H,0CAH
        DB 022H,0DFH
        DB 022H,0FCH
        DB 023H,009H
        DB 023H,01EH        ;530
        DB 023H,033H
        DB 023H,048H
        DB 023H,05DH
        DB 023H,072H
        DB 023H,087H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DB 023H,09CH
        DB 023H,0B1H
        DB 023H,0C6H
        DB 023H,0DBH
        DB 023H,0F0H        ;540
        DB 024H,005H
        DB 024H,01AH
        DB 024H,02FH
        DB 024H,044H
        DB 024H,059H
        DB 024H,06EH
        DB 024H,083H
        DB 024H,098H
        DB 024H,0ADH
        DB 024H,0C2H        ;550
        DB 024H,0D7H
        DB 024H,0ECH
        DB 025H,001H
        DB 025H,016H
        DB 025H,02BH
        DB 025H,040H
        DB 025H,055H
        DB 025H,06AH
        DB 025H,07FH
        DB 025H,094H        ;560
        DB 025H,0A9H
        DB 025H,0BEH
        DB 025H,0D3H
        DB 025H,0E8H
        DB 025H,0FDH
        DB 026H,012H
        DB 026H,027H
        DB 026H,03CH
        DB 026H,051H
        DB 026H,066H        ;570
        DB 026H,07BH
        DB 026H,090H
        DB 026H,0A5H
        DB 026H,0BAH
        DB 026H,0CFH
        DB 026H,0E4H
        DB 026H,0F9H
        DB 027H,00EH
        DB 027H,023H
        DB 027H,038H        ;580
        DB 027H,04DH
        DB 027H,062H
        DB 027H,077H
        DB 027H,08CH
        DB 027H,0A1H
        DB 027H,0B6H
        DB 027H,0CBH
        DB 027H,0E0H
        DB 027H,0F5H
        DB 028H,00AH        ;590
        DB 028H,01FH
        DB 028H,034H
        DB 028H,049H
        DB 028H,05EH
        DB 028H,073H
        DB 028H,088H
        DB 028H,09DH
        DB 028H,0B2H
        DB 028H,0C7H

F_QUEN6:  DB 02AH,000H      ;600-699
        DB 02AH,00FH
        DB 02AH,02DH
        DB 02AH,03CH
        DB 02AH,04BH
        DB 02AH,05AH
        DB 02AH,069H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DB 02AH,078H
DB 02AH,087H
DB 02AH,096H
DB 02AH,0A5H          ;610
DB 02AH,0B4H
DB 02AH,0C3H
DB 02AH,0D2H
DB 02AH,0E1H
DB 02AH,0F0H
DB 02AH,0FFH
DB 02BH,00EH
DB 02BH,01DH
DB 02BH,02CH
DB 02BH,03BH          ;620
DB 02BH,04AH
DB 02BH,059H
DB 02BH,068H
DB 02BH,077H
DB 02BH,086H
DB 02BH,095H
DB 02BH,0A4H
DB 02BH,0B3H
DB 02BH,0C2H
DB 02BH,0D1H          ;630
DB 02BH,0E0H
DB 02BH,0EFH
DB 02BH,0FEH
DB 02CH,00DH
DB 02CH,01CH
DB 02CH,02BH
DB 02CH,03AH
DB 02CH,049H
DB 02CH,058H
DB 02CH,067H          ;640
DB 02CH,076H
DB 02CH,085H
DB 02CH,094H
DB 02CH,0A3H
DB 02CH,0B2H
DB 02CH,0C1H
DB 02CH,0D0H
DB 02CH,0DFH
DB 02CH,0EEH
DB 02CH,0FDH          ;650
DB 02DH,00CH
DB 02DH,01BH
DB 02DH,02AH
DB 02DH,039H
DB 02DH,048H
DB 02DH,057H
DB 02DH,066H
DB 02DH,075H
DB 02DH,084H
DB 02DH,093H          ;660
DB 02DH,0A2H
DB 02DH,0B1H
DB 02DH,0C0H
DB 02DH,0CFH
DB 02DH,0DEH
DB 02DH,0EDH
DB 02DH,0FCH
DB 02EH,00BH
DB 02EH,01AH
DB 02EH,029H          ;670
DB 02EH,038H
DB 02EH,047H
DB 02EH,056H
DB 02EH,065H
DB 02EH,074H
DB 02EH,083H
DB 02EH,092H
DB 02EH,0A1H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DB 02EH,0B0H
        DB 02EH,0BFH            ;680
        DB 02EH,0CEH
        DB 02EH,0DDH
        DB 02EH,0ECH
        DB 02EH,0FBH
        DB 02FH,00AH
        DB 02FH,019H
        DB 02FH,028H
        DB 02FH,037H
        DB 02FH,046H
        DB 02FH,055H            ;690
        DB 02FH,064H
        DB 02FH,073H
        DB 02FH,082H
        DB 02FH,091H
        DB 02FH,0A0H
        DB 02FH,0AFH
        DB 02FH,0BEH
        DB 02FH,0CDH
        DB 02FH,0DCH

F_QUEN7: DB 030H,000H           ;700-799
        DB 030H,011H
        DB 030H,022H
        DB 030H,033H
        DB 030H,044H
        DB 030H,055H
        DB 030H,066H
        DB 030H,077H
        DB 030H,088H
        DB 030H,099H
        DB 030H,0AAH            ;710
        DB 030H,0BBH
        DB 030H,0CCH
        DB 030H,0DDH
        DB 030H,0EEH
        DB 030H,0FFH
        DB 031H,010H
        DB 031H,021H
        DB 031H,032H
        DB 031H,043H
        DB 031H,054H            ;720
        DB 031H,065H
        DB 031H,076H
        DB 031H,087H
        DB 031H,098H
        DB 031H,0A9H
        DB 031H,0BAH
        DB 031H,0CBH
        DB 031H,0DCH
        DB 031H,0EDH
        DB 031H,0FEH            ;730
        DB 032H,00FH
        DB 032H,020H
        DB 032H,031H
        DB 032H,042H
        DB 032H,053H
        DB 032H,064H
        DB 032H,075H
        DB 032H,086H
        DB 032H,097H
        DB 032H,0A8H            ;740
        DB 032H,0B9H
        DB 032H,0CAH
        DB 032H,0DBH
        DB 032H,0ECH
        DB 032H,0FDH
        DB 033H,00EH
        DB 033H,01FH
        DB 033H,030H
        DB 033H,041H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DB 033H,052H            ;750
DB 033H,063H
DB 033H,074H
DB 033H,085H
DB 033H,096H
DB 033H,0A7H
DB 033H,0B8H
DB 033H,0C9H
DB 033H,0DAH
DB 033H,0EBH
DB 033H,0FCH            ;760
DB 034H,00DH
DB 034H,01EH
DB 034H,02FH
DB 034H,040H
DB 034H,051H
DB 034H,062H
DB 034H,073H
DB 034H,084H
DB 034H,095H
DB 034H,0A6H            ;770
DB 034H,0B7H
DB 034H,0C8H
DB 034H,0D9H
DB 034H,0EAH
DB 034H,0FBH
DB 035H,00CH
DB 035H,01DH
DB 035H,02EH
DB 035H,03FH
DB 035H,050H            ;780
DB 035H,061H
DB 035H,072H
DB 035H,083H
DB 035H,094H
DB 035H,0A5H
DB 035H,0B6H
DB 035H,0C7H
DB 035H,0D8H
DB 035H,0E9H
DB 035H,0FAH            ;790
DB 036H,00BH
DB 036H,01CH
DB 036H,02DH
DB 036H,03EH
DB 036H,04FH
DB 036H,060H
DB 036H,071H
DB 036H,082H
DB 036H,093H

F_QUEN8:  DB 037H,000H  ;800-899
DB 037H,011H
DB 037H,022H
DB 037H,033H
DB 037H,044H
DB 037H,055H
DB 037H,066H
DB 037H,077H
DB 037H,088H
DB 037H,099H
DB 037H,0AAH            ;810
DB 037H,0BBH
DB 037H,0CCH
DB 037H,0DDH
DB 037H,0EEH
DB 037H,0FFH
DB 038H,010H
DB 038H,021H
DB 038H,032H
DB 038H,043H
DB 038H,054H            ;820
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DB 038H,065H
DB 038H,076H
DB 038H,087H
DB 038H,098H
DB 038H,0A9H
DB 038H,0BAH
DB 038H,0CBH
DB 038H,0DCH
DB 038H,0EDH
DB 038H,0FEH        ;830
DB 039H,00FH
DB 039H,020H
DB 039H,031H
DB 039H,042H
DB 039H,053H
DB 039H,064H
DB 039H,075H
DB 039H,086H
DB 039H,097H
DB 039H,0A8H        ;840
DB 039H,0B9H
DB 039H,0CAH
DB 039H,0DBH
DB 039H,0ECH
DB 039H,0FDH
DB 03AH,00EH
DB 03AH,01FH
DB 03AH,030H
DB 03AH,041H
DB 03AH,052H        ;850
DB 03AH,063H
DB 03AH,074H
DB 03AH,085H
DB 03AH,096H
DB 03AH,0A7H
DB 03AH,0B8H
DB 03AH,0C9H
DB 03AH,0DAH
DB 03AH,0EBH
DB 03AH,0FCH        ;860
DB 03BH,00DH
DB 03BH,01EH
DB 03BH,02FH
DB 03BH,040H
DB 03BH,051H
DB 03BH,062H
DB 03BH,073H
DB 03BH,084H
DB 03BH,095H
DB 03BH,0A6H        ;870
DB 03BH,0B7H
DB 03BH,0C8H
DB 03BH,0D9H
DB 03BH,0EAH
DB 03BH,0FBH
DB 03CH,00CH
DB 03CH,01DH
DB 03CH,02EH
DB 03CH,03FH
DB 03CH,050H        ;880
DB 03CH,061H
DB 03CH,072H
DB 03CH,083H
DB 03CH,094H
DB 03CH,0A5H
DB 03CH,0B6H
DB 03CH,0C7H
DB 03CH,0D8H
DB 03CH,0E9H
DB 03CH,0FAH        ;890
DB 03DH,00BH
DB 03DH,01CH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DB 03DH,02DH
        DB 03DH,03EH
        DB 03DH,04FH
        DB 03DH,060H
        DB 03DH,071H
        DB 03DH,082H
        DB 03DH,093H

F_QUEN9:  DB 03EH,000H      ;900-999
        DB 03EH,011H
        DB 03EH,022H
        DB 03EH,033H
        DB 03EH,044H
        DB 03EH,055H
        DB 03EH,066H
        DB 03EH,077H
        DB 03EH,088H
        DB 03EH,099H
        DB 03EH,0AAH        ;910
        DB 03EH,0BBH
        DB 03EH,0CCH
        DB 03EH,0DDH
        DB 03EH,0EEH
        DB 03EH,0FFH
        DB 03FH,010H
        DB 03FH,021H
        DB 03FH,032H
        DB 03FH,043H
        DB 03FH,054H        ;920
        DB 03FH,065H
        DB 03FH,076H
        DB 03FH,087H
        DB 03FH,098H
        DB 03FH,0A9H
        DB 03FH,0BAH
        DB 03FH,0CBH
        DB 03FH,0DCH
        DB 03FH,0EDH
        DB 03FH,0FEH
        DB 040H,00FH
        DB 040H,020H
        DB 040H,031H
        DB 040H.042H
        DB 040H,053H
        DB 040H,064H
        DB 040H,075H
        DB 040H,086H
        DB 040H,097H
        DB 040H,0A8H        ;940
        DB 040H,0B9H
        DB 040H,0CAH
        DB 040H,0DBH
        DB 040H,0ECH
        DB 040H,0FDH
        DB 041H,00EH
        DB 041H,01FH
        DB 041H,030H
        DB 041H,041H
        DB 041H,052H        ;950
        DB 041H,063H
        DB 041H,074H
        DB 041H,085H
        DB 041H,096H
        DB 041H,0A7H
        DB 041H,0B8H
        DB 041H,0C9H
        DB 041H,0DAH
        DB 041H,0EBH
        DB 041H,0FCH        ;960
        DB 042H,00DH
        DB 042H,01EH
        DB 042H,02FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    DB 042H,040H
    DB 042H,051H
    DB 042H,062H
    DB 042H,073H
    DB 042H,084H
    DB 042H,095H
    DB 042H,0A6H          ;970
    DB 042H,0B7H
    DB 042H,0C8H
    DB 042H,0D9H
    DB 042H,0EAH
    DB 042H,0FBH
    DB 043H,00CH
    DB 043H,01BH
    DB 043H,02EH
    DB 043H,03FH
    DB 043H,050H          ;980
    DB 043H,061H
    DB 043H,072H
    DB 043H,083H
    DB 043H,094H
    DB 043H,0A5H
    DB 043H,0B6H
    DB 043H,0C7H
    DB 043H,0D8H
    DB 043H,0E9H
    DB 043H,0FAH          ;990
    DB 044H,00BH
    DB 044H,01CH
    DB 044H,02DH
    DB 044H,03EH
    DB 044H,04FH
    DB 044H,060H
    DB 044H,071H
    DB 044H,082H
    DB 044H,093H

;**********SET PORT**********
SETPORT:  MOV DPTR,#PORT_CON
      MOV A,#089H  ;PORT C INPUT PORT
                   ;A,B OUTPUT
      MOVX @DPTR,A
      RET
;**********DELAY***********
DELAY: MOV R3,#0FFH
      DJNZ R3,$
      DJNZ R1,DELAY
      RET
;*********FORWORD LOOP********
FORWORD: CLR IE.2
      MOV R0,#032H
      MOV A,@R0
      CJNE A,#0,CH_SPEED    ;IF A=1 NOT
                            ;CHANGE DATA
      MOV A,FIRSTHALF  ;BETWEEN
                       ;FIRSTHALF AND
      MOV B,SECONDHALF
                       ;SECONDHALF
      MOV SECONDHALF,A
      MOV FIRSTHALF,B
CH_SPEED:MOV DPTR,#DISPLAY1
      LCALL LODBUF
      LCALL XLCDOUT
      ;LCALL B_DUTY
      MOV R1,#200
      LCALL DELAY
      LCALL PRESS_SPEED
RE_JUM:  MOV A,B_F1
      CJNE A,#01B,JUM
      MOV R1,#200
      LCALL DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV A,B_F2
        CJNE A,#00H,FRE_1
        MOV R1,#200
        LCALL DELAY
        ACALL C_FREQ
        MOV DPTR,#F_QUEN
        ACALL L_FREQ
        AJMP R_RET
FRE_1:  MOV R1,#200
        LCALL DELAY
        CJNE A,#01H,FRE_2
        ACALL C_FREQ
        MOV DPTR,#F_QUEN1
        ACALL L_FREQ
        AJMP R_RET
FRE_2:  MOV R1,#200
        LCALL DELAY
        CJNE A,#02H,FRE_3
        ACALL C_FREQ
        MOV DPTR,#F_QUEN2
        ACALL L_FREQ
        AJMP R_RET
FRE_3:  MOV R1,#200
        LCALL DELAY
        CJNE A,#03H,FRE_4
        ACALL C_FREQ
        MOV DPTR,#F_QUEN3
        ACALL L_FREQ
        AJMP R_RET
FRE_4:  MOV R1,#200
        LCALL DELAY
        CJNE A,#04H,ERROR
        ACALL C_FREQ
        MOV DPTR,#F_QUEN4
        ACALL L_FREQ
        AJMP R_RET
JUM:    AJMP KEY_2
FRE_5:  MOV R1,#200
        LCALL DELAY
        CJNE A,#05H,FRE_6
        ACALL C_FREQ
        MOV DPTR,#F_QUEN5
        ACALL L_FREQ
        AJMP R_RET
FRE_6:  MOV R1,#200
        LCALL DELAY
        CJNE A,#06H,FRE_7
        ACALL C_FREQ
        MOV DPTR,#F_QUEN6
        ACALL L_FREQ
        AJMP R_RET
FRE_7:  MOV R1,#200
        LCALL DELAY
        CJNE A,#07H,FRE_8
        ACALL C_FREQ
        MOV DPTR,#F_QUEN7
        ACALL L_FREQ
        SJMP R_RET
FRE_8:  MOV R1,#200
        LCALL DELAY
        CJNE A,#08H,FRE_9
        ACALL C_FREQ
        MOV DPTR,#F_QUEN8
        ACALL L_FREQ
        SJMP R_RET
FRE_9:  CJNE A,#09H,ERROR
        ACALL C_FREQ
        MOV DPTR,#F_QUEN9
        ACALL L_FREQ
        SJMP R_RET
KEY_2:  MOV R1,#200
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LCALL DELAY
        MOV A,B_F1
        CJNE A,#010B,L_B2
ERROR:  MOV DPTR,#DISPLAY4
        LCALL LODBUF
        LCALL XLCDOUT
        MOV R2,#5
D_LAY:  MOV R1,#200
        LCALL DELAY
        DJNZ R2,D_LAY
        MOV DPTR,#DISPLAY5
        LCALL LODBUF
        LCALL XLCDOUT
        LJMP SCANKEY

L_B2:   MOV A,B_F2
        LJMP FRE_5
R_RET:  MOV TH0,#0
        MOV TL0,#0
        CLR P1.1        ;BASE TIMER AND
                        ;ENCODER WORK
        SETB IE.2
        RET

;******SUB CHECHK FREQ_CY*******
C_FREQ: MOV A,B_F3
        MOV B,#10
        MUL AB
        ADD A,B_F4
        MOV B,#2
        MUL AB
        MOV B,A
        RET

;******SUB LOAD FREQ_CY TO BUF***
L_FREQ: MOV R2,#2
        MOV R1,#03AH
        MOV A,B
S_JUMP: MOVC A,@A+DPTR
        MOV @R1,A
        MOV A,B
        INC DPTR
        INC R1
        DJNZ R2,S_JUMP
        RET

;*********************
JUM_I:  MOV TH1,B
        SETB P1.3
        SETB TR1
        RET

;**********LOOP PRESS SPEED *******
PRESS_SPEED: MOV R2,#04
        MOV R0,#032H
        MOV @R0,#1      ; SET 1 FOR CHECK
                        ;OF FORWARD
BUSY:   MOV DPTR,#XLCDRDC
        MOVX A,@DPTR
        JB ACC.7,BUSY
        MOV A,#0C1H
        LCALL XLCDWI
DATA_EA: MOV DPTR,#XLCDRDC
        MOVX A,@DPTR
        JB ACC.7,DATA_EA
        MOV R1,#200
        LCALL DELAY
        CLR A
        MOV DPTR,#PORT_C
        MOVX A,@DPTR
        MOV B,A
        ANL A,#010H   ; CHECK BIT 4 DATA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ; ANABLE SET
        MOV R1,#200
        LCALL DELAY
        CJNE A,#010H,DATA_EA ;CHECK
                                ;PRESS KEY
        MOV A,B
        ANL A,#00001111B
        MOV B,A
        CJNE R2,#04H,WA
        MOV B_F1,B
        JMP WA_I
WA:     CJNE R2,#03H,WA1
        MOV B_F2,B
        JMP WA_I
WA1:    CJNE R2,#02H,WA2
        MOV B_F3,B
        JMP WA_I
WA2:    MOV B_F4,B
WA_I:   MOV R1,#100
        LCALL DELAY
        MOV DPTR,#ASCII_KEY
        MOVC A,@A+DPTR
        LCALL XLCDWD
        MOV R1,#200
        LCALL DELAY
        DJNZ R2,DATA_EA
        MOV R1,#100
        LCALL DELAY
        RET

      ;**********BREAK LOOP*********
BREAK: MOV DPTR,#DISPLAY2
     LCALL LODBUF
     LCALL XLCDOUT
B_DUTY:CLR IE.2
     MOV A,#106
     MOV FIRSTHALF,A
     MOV A,#106
     MOV SECONDHALF,A
     MOV B,#50
     LCALL JUM_I
     MOV R0,#200
     LCALL DELAY
     RET

    ;**********REWARD LOOP********
REWARD:  ;ACALL B_DUTY
     CLR IE.2
     MOV R0,#032H
     MOV A,@R0
     CJNE A,#1,CH_SPEED1    ;IF A=0 NOT
                            ;CHANGE DATA
     MOV A,FIRSTHALF   ;BETWEEN
                            ;FIRSTHALF AND
     MOV B,SECONDHALF
                            ;SECONDHALF
     MOV SECONDHALF,A
     MOV FIRSTHALF,B
CH_SPEED1:MOV DPTR,#DISPLAY3
     LCALL LODBUF
     LCALL XLCDOUT
     MOV R0,#032H
     MOV @R0,#0
     MOV R2,#4
     LCALL BUSY
     LCALL RE_JUM
     RET

   ;*******LCDSET SUB***********
XLCDSET: MOV A,#00111000B
     LCALL XLCDWI
     MOV A,#00001111B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LCALL XLCDWI
        MOV A,#01B
        LCALL XLCDWI
        RET

    ;*********LODBUF**********
LODBUF:  MOV R2,#16
        MOV R0,#LCDBUF
LODBUF1: CLR A
        MOVC A,@A+DPTR
        MOV @R0,A
        INC DPTR
        INC R0
        DJNZ R2,LODBUF1
        RET
    ;*********LOOP SENSOR SPEED ******
SENS_SPEED: SETB P1.1   ;SET BIT FOR
                        ;STOP COUNTER
        MOV R0,#032H
        MOV A,@R0
        CJNE A,#1,RE_WORD   ;IF @R0=1
                            ;FORWORD
        MOV A,TH0
        MOV DPTR,#PORT_A
        MOVX @DPTR,A
        MOV DPTR,#PORT_B
        MOV A,TL0
        MOVX @DPTR,A
        MOV A,TH0
        CJNE A,BUF_COUNTH,C_LOBYTE
        MOV A,TL0
        CJNE A,BUF_COUNTL,C1_LOBYTE
        MOV R2,#4
        DJNZ R2,$
        SJMP RE_IN
    C_LOBYTE:  MOV R2,#2
        MOV R2,#2
        MOV R2,#2
    C1_LOBYTE:  JC DEC_DUTY   ;CHECK
                              ;A < OR >
        MOV A,SECONDHALF
        CJNE A,#017H,C_CHK
        MOV R2,#2
        MOV R2,#2
        AJMP RE_IN
    C_CHK:    INC FIRSTHALF   ;C=0 MEAN
                              ;A> BUF_COUNTH
        DEC SECONDHALF
        SJMP RE_IN

    DEC_DUTY:  MOV A,FIRSTHALF
        CJNE A,#017H,C_CHK1
        MOV R2,#2
        MOV R2,#2
        AJMP RE_IN
    C_CHK1:    DEC FIRSTHALF   ;C=1 MEAN
                               ;A< BUF_COUNTH
        INC SECONDHALF
        MOV R2,#2
        MOV R2,#2
    RE_IN: MOV TH0,#0
        MOV TL0,#0
        CLR P1.1
        RETI

    RE_WORD:   MOV A,TH0
        CJNE A,BUF_COUNTH,C2_LOBYTE1
        MOV A,TL0
        CJNE A,BUF_COUNTL,C_LOBYTE1
        MOV R2,#4
        DJNZ R2,$
    C2_LOBYTE1: MOV R2,#2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV R2,#2
        MOV R2,#2
C_LOBYTE1:  JC DEC_DUTY1
        MOV A,FIRSTHALF
        CJNE A,#017H,C_CHK2
        MOV R2,#2
        MOV R2,#2
        AJMP RE_IN
C_CHK2:    DEC FIRSTHALF
        INC SECONDHALF
        SJMP RE_IN
DEC_DUTY1:  MOV A,SECONDHALF
        CJNE A,#017H,C_CHK3
        MOV R2,#2
        MOV R2,#2
        AJMP RE_IN
C_CHK3:    INC FIRSTHALF
        DEC SECONDHALF
       SJMP RE_IN
  ;*********XLCDWI SUB******
XLCDWI:  PUSH DPH
      PUSH DPL
      MOV  DPTR,#XLCDWRC
      MOVX  @DPTR,A
      MOV   DPTR,#XLCDRDC
XLCDWI1: MOVX A,@DPTR
      JB   ACC.7,XLCDWI1
      POP  DPL
      POP  DPH
      RET
   ;*******XLCDWD SUB*******
XLCDWD:  PUSH DPH
      PUSH DPL
      MOV DPTR,#XLCDWRD
      MOVX @DPTR,A
      MOV DPTR,#XLCDRDC
XLCDWD1: MOVX A,@DPTR
      JB ACC.7,XLCDWD1
      POP DPL
      POP DPH
      RET
;******LCDOUT SUB******
XLCDOUT: MOV R0,#LCDBUF
      MOV A,#80H
      LCALL LCDOUT
      MOV A,#0C0H
      LCALL LCDOUT
LCDOUT:  LCALL XLCDWI
      MOV R2,#8
LCDOUT1: MOV A,@R0
      LCALL XLCDWD
      INC R0
      DJNZ R2,LCDOUT1
      RET
      END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

รายละเอียดของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_J = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS					
Collector–to–Emitter Breakdown Voltage (V_{GE} = 0 Vdc, I_C = 250 µAdc)	BV_{CES}	600	—	—	Vdc
Temperature Coefficient (Positive)		—	870	—	mV/°C
Zero Gate Voltage Collector Current (V_{CE} = 600 Vdc, V_{GE} = 0 Vdc)	I_{CES}	—	—	100	µAdc
(V_{CE} = 600 Vdc, V_{GE} = 0 Vdc, T_J = 125°C)		—	—	2500	
Gate–Body Leakage Current (V_{GE} = ± 20 Vdc, V_{CE} = 0 Vdc)	I_{GES}	—	—	250	nAdc
ON CHARACTERISTICS (1)					
Collector–to–Emitter On–State Voltage (V_{GE} = 15 Vdc, I_C = 15 Adc)	$V_{CE(on)}$	—	2.20	2.90	Vdc
(V_{GE} = 15 Vdc, I_C = 15 Adc, T_J = 125°C)		—	2.10	—	
(V_{GE} = 15 Vdc, I_C = 30 Adc)		—	2.60	3.45	
Gate Threshold Voltage (V_{CE} = V_{GE}, I_C = 1 mAdc)	$V_{GE(th)}$	4.0	6.0	8.0	Vdc
Threshold Temperature Coefficient (Negative)		—	10	—	mV/°C
Forward Transconductance (V_{CE} = 10 Vdc, I_C = 30 Adc)	g_{fe}	—	15	—	Mhos
DYNAMIC CHARACTERISTICS					
Input Capacitance (V_{CE} = 25 Vdc, V_{GE} = 0 Vdc, f = 1.0 MHz)	C_{ies}	—	4280	—	pF
Output Capacitance	C_{oes}	—	225	—	
Transfer Capacitance	C_{res}	—	19	—	
SWITCHING CHARACTERISTICS (1)					
Turn–On Delay Time (V_{CC} = 360 Vdc, I_C = 30 Adc, V_{GE} = 15 Vdc, L = 300 µH, R_G = 20 Ω, T_J = 25°C) Energy losses include "tail"	$t_{d(on)}$	—	76	—	ns
Rise Time	t_r	—	80	—	
Turn–Off Delay Time	$t_{d(off)}$	—	348	—	
Fall Time	t_f	—	188	—	
Turn–Off Switching Loss	E_{off}	—	0.98	1.28	mJ
Turn–On Switching Loss	E_{on}	—	2.00	—	
Total Switching Loss	E_{ts}	—	2.98	—	
Turn–On Delay Time (V_{CC} = 360 Vdc, I_C = 30 Adc, V_{GE} = 15 Vdc, L = 300 µH, R_G = 20 Ω, T_J = 125°C) Energy losses include "tail"	$t_{d(on)}$	—	73	—	ns
Rise Time	t_r	—	95	—	
Turn–Off Delay Time	$t_{d(off)}$	—	394	—	
Fall Time	t_f	—	418	—	
Turn–Off Switching Loss	E_{off}	—	1.90	—	mJ
Turn–On Switching Loss	E_{on}	—	3.10	—	
Total Switching Loss	E_{ts}	—	5.00	—	
Gate Charge (V_{CC} = 360 Vdc, I_C = 30 Adc, V_{GE} = 15 Vdc)	Q_T	—	150	—	nC
	Q_1	—	30	—	
	Q_2	—	45	—	
DIODE CHARACTERISTICS					
Diode Forward Voltage Drop (I_{EC} = 15 Adc)	V_{FEC}	—	1.30	1.80	Vdc
(I_{EC} = 15 Adc, T_J = 125°C)		—	1.10	—	
(I_{EC} = 30 Adc)		—	1.45	2.05	

(1) Pulse Test: Pulse Width ≤ 300 µs, Duty Cycle ≤ 2%.

(continued)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS — continued (T_J = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
DIODE CHARACTERISTICS — continued						
Reverse Recovery Time	(I_F = 30 Adc, V_R = 360 Vdc, dI_F/dt = 200 A/μs)	t_{rr}	—	153	—	ns
		t_a	—	82	—	
Reverse Recovery Stored Charge		t_b	—	71	—	
		Q_{RR}	—	2.3	—	μC
Reverse Recovery Time	(I_F = 30 Adc, V_R = 360 Vdc, dI_F/dt = 200 A/μs, T_J = 125°C)	t_{rr}	—	208	—	ns
		t_a	—	117	—	
Reverse Recovery Stored Charge		t_b	—	91	—	
		Q_{RR}	—	3.8	—	μC
INTERNAL PACKAGE INDUCTANCE						
Internal Emitter Inductance (Measured from the emitter lead 0.25" from package to emitter bond pad)		L_E	—	13	—	nH

TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS

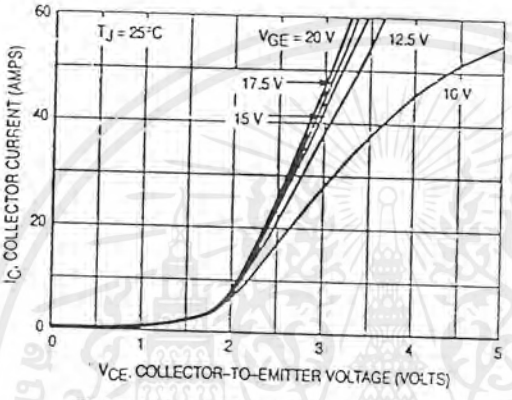


Figure 1. Output Characteristics, T_J = 25°C

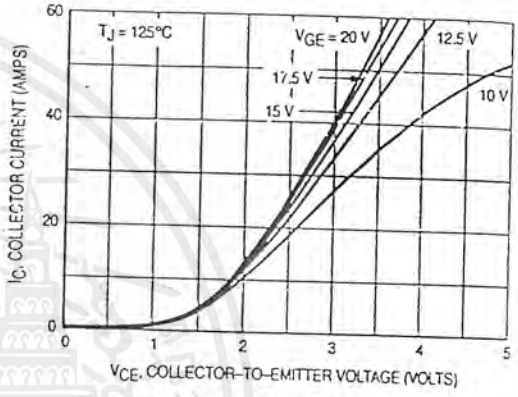


Figure 2. Output Characteristics, T_J = 125°C

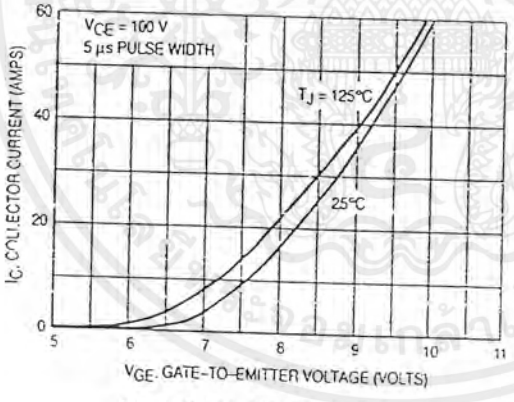


Figure 3. Transfer Characteristics

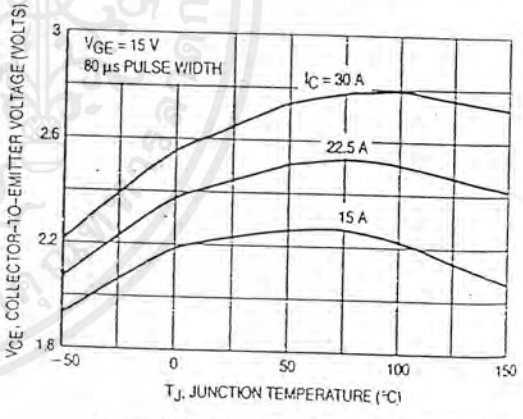


Figure 4. Collector–to–Emitter Saturation Voltage versus Junction Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

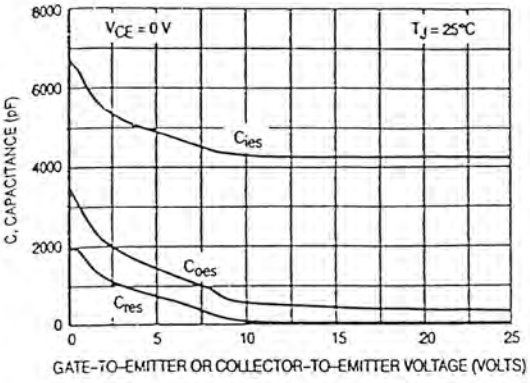


Figure 5. Capacitance Variation

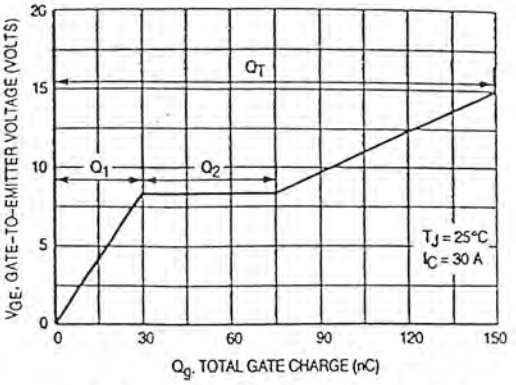


Figure 6. Gate–to–Emitter Voltage versus Total Charge

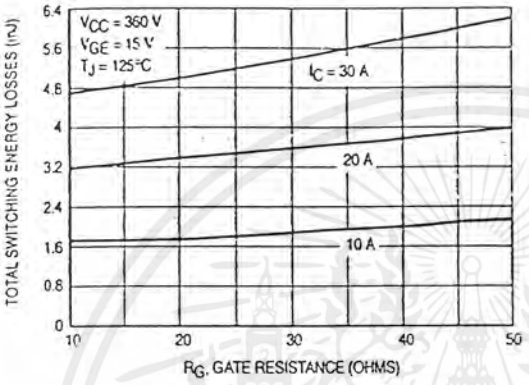


Figure 7. Total Switching Losses versus Gate Resistance

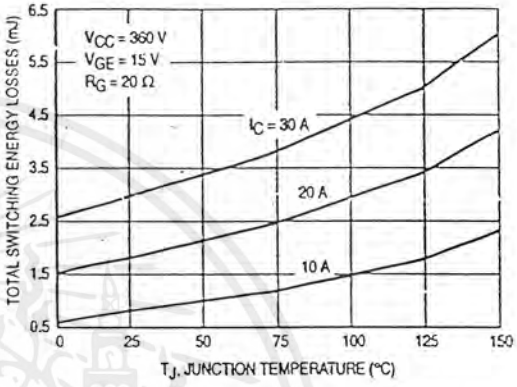


Figure 8. Total Switching Losses versus Junction Temperature

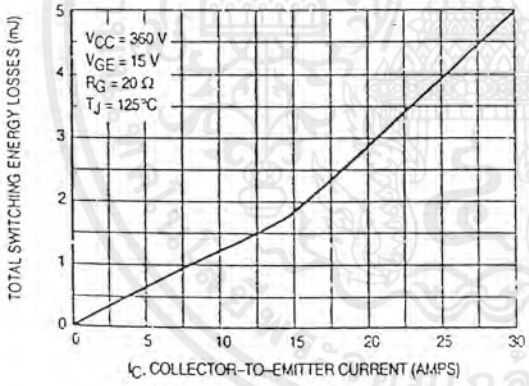


Figure 9. Total Switching Losses versus Collector–to–Emitter Current

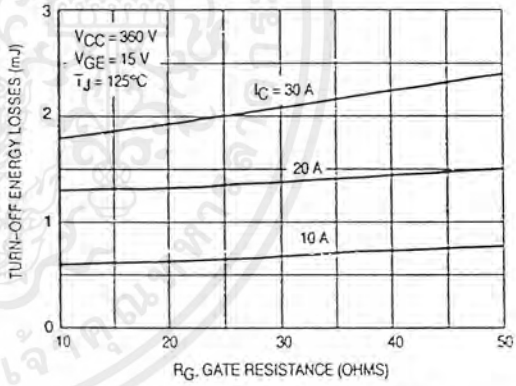


Figure 10. Turn–Off Losses versus Gate Resistance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

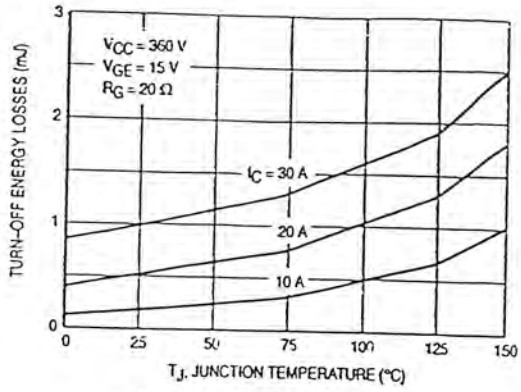


Figure 11. Turn–Off Losses versus Junction Temperature

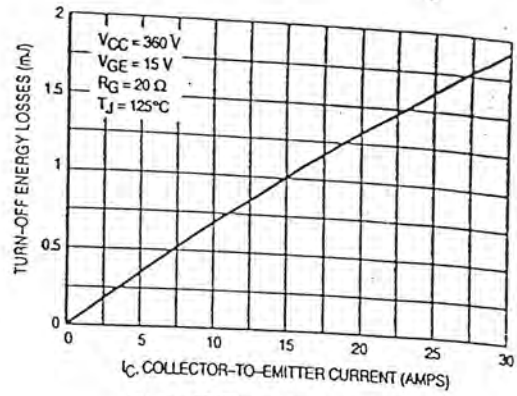


Figure 12. Turn–Off Losses versus Collector–to–Emitter Current

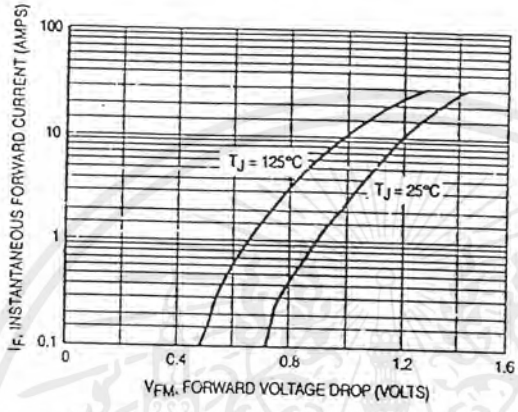


Figure 13. Typical Diode Forward Drop versus Instantaneous Forward Current

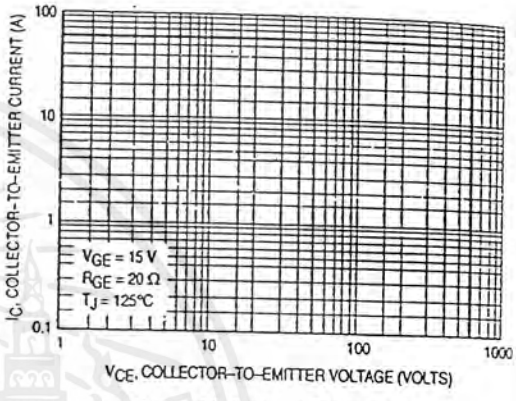


Figure 14. Reverse Biased Safe Operating Area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DMC161C

• Display Format(16character ×1line) • Display Fonts(5×8dots) • Driving Method(1/16D)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

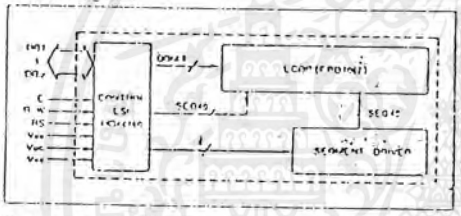
Item	Symbol	Test Condition	Standard Value min.	typ.	max.	Unit
Power Supply Voltage for Logic	$V_{DD}-V_{SS}$		0		7	V
Power Supply Voltage for LCD Drive	$V_{DD}-V_{EE}$	-	0	-	13.5	V
Input Voltage	V_I		V_{SS}	-	V_{DD}	V
Operating Temperature	T_{OP}	-	0	-	+50	°C
Storage Temperature	T_{STG}	-	−20	-	+70	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

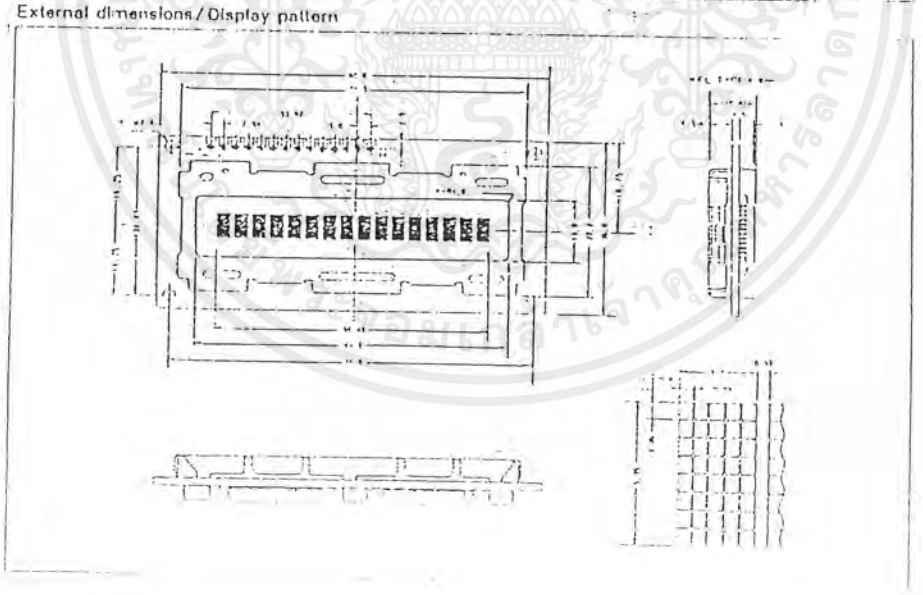
Item	Symbol	Test Condition	Standard Value min.	typ.	max.	Unit
Input "High" Voltage	V_{IH}		2.2		V_{CC}	V
Input "Low" Voltage	V_{IL}		-0.3		0.6	V
Output "High" Voltage	V_{OH}	$-I_{OH}=0.205mA$	2.4			V
Output "Low" Voltage	V_{OL}	$I_{OL}=1.2mA$			0.4	V
Power Supply Current	I_{DD}	$V_{DD}=5.0V$		0.5	2.0	mA

* $V_{CC}=5.0V\pm5\%$, $T_a=25°C$

Block diagram



External dimensions / Display pattern



รายละเอียดของ LCD
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

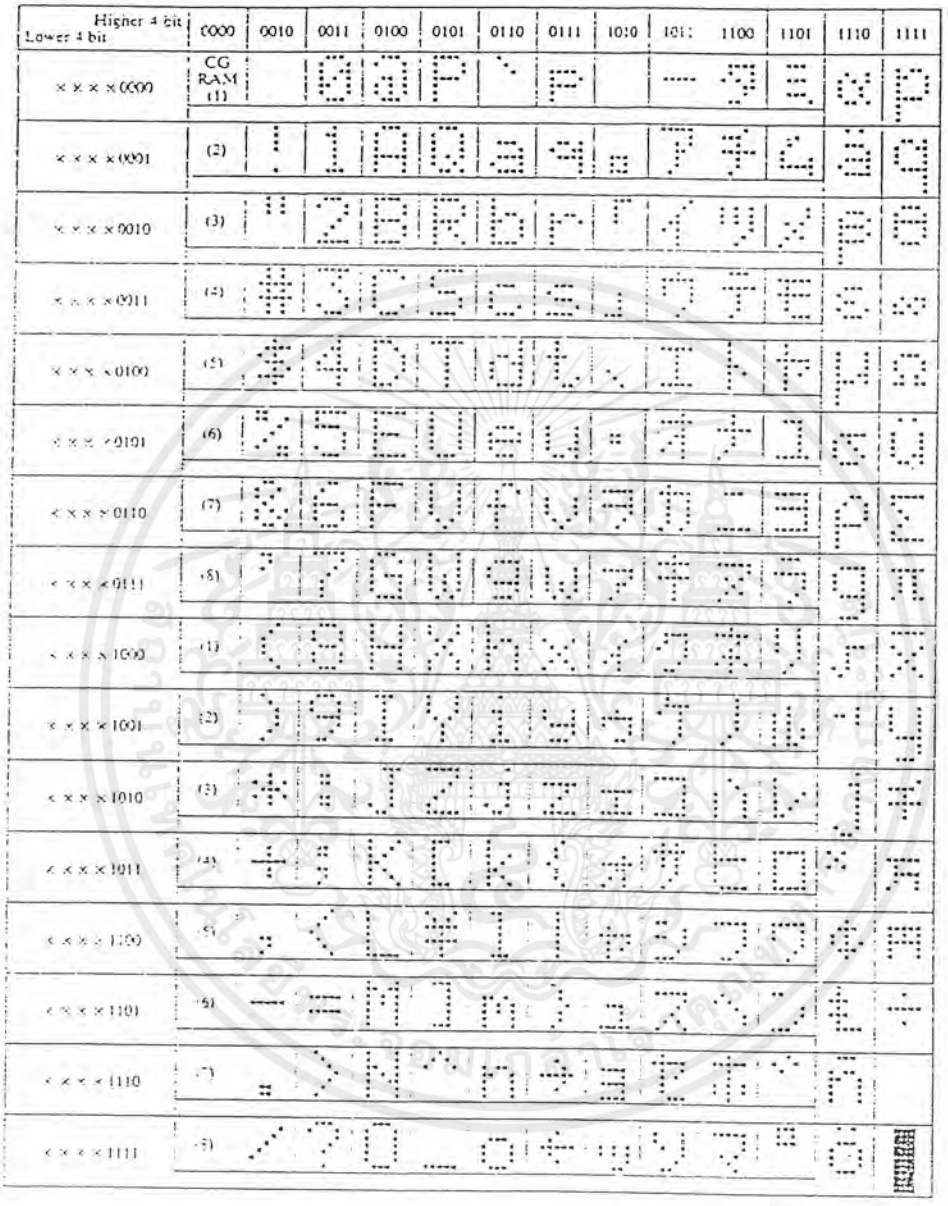
การกำสั่ง HD44780

Instructions

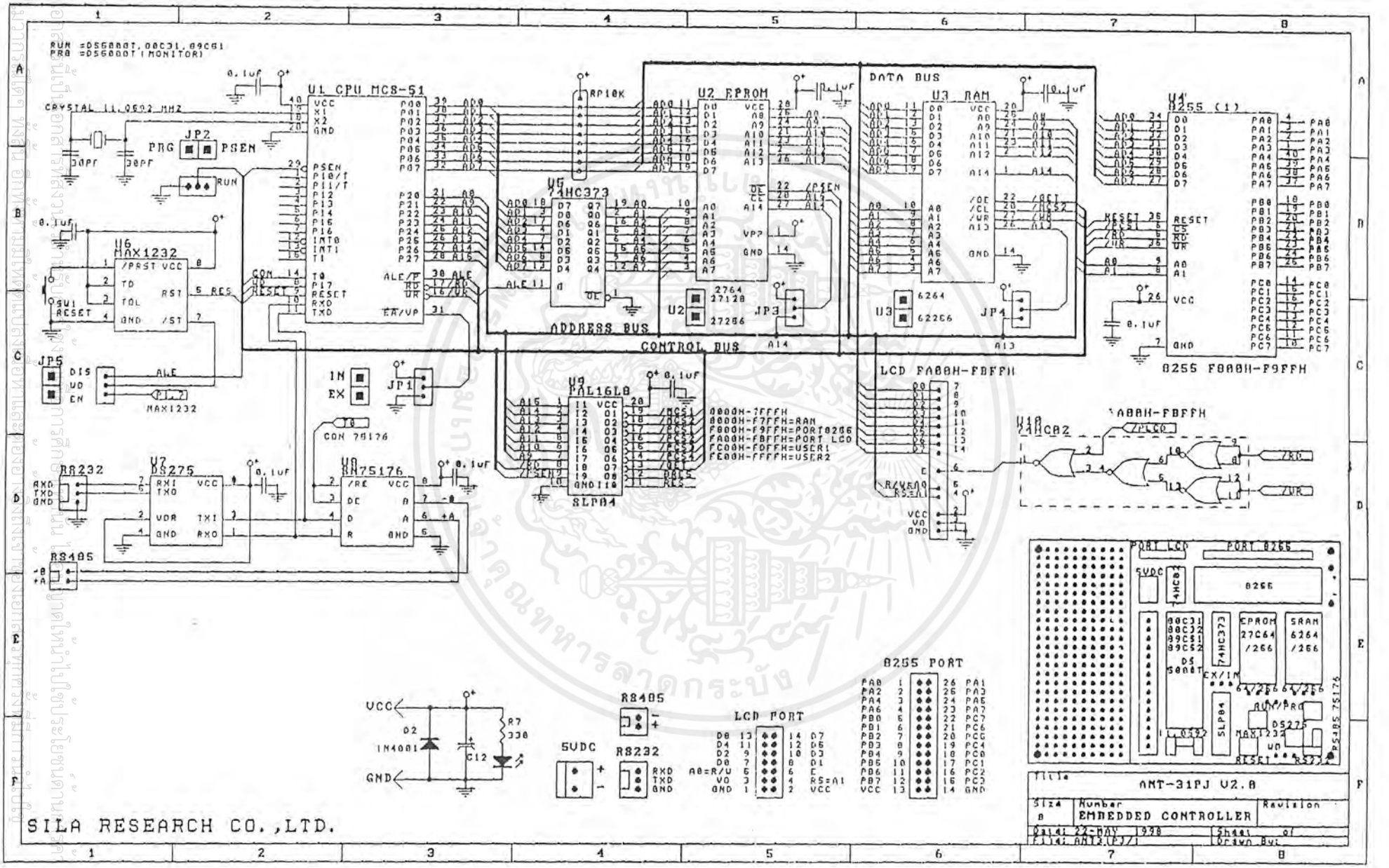
Instruction	Code										Description	Execution Time (max) (when fcp or fosc is 250 kHz)
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0		
Clear Display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Clears entire display and sets DD RAM address 0 in address counter.	1.64 ms
Return Home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	Sets DD RAM address 0 in address counter. Also returns display being shifted to original position. DD RAM contents remain unchanged.	1.64 ms
Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	Sets cursor move direction and specifies shift of display. These operations are performed during data write and read.	40 µs
Display On/Off Control	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Sets ON/OFF of entire display (D), cursor ON/OFF (C), and blink of cursor position character (B).	40 µs
Cursor or Display Shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	Moves cursor and shifts display without changing DD RAM contents.	40 µs
Function Set	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	Sets interface data length (DL), number of display lines (N) and character font (F).	40 µs
Set CG RAM Address	0	0	0	1	ACG						Sets CG RAM address. CG RAM data is sent and received after this setting.	40 µs
Set DD RAM Address	0	0	1	ADD							Sets DD RAM address. DD RAM data is sent and received after this setting.	40 µs
Read Busy Flag & Address	0	1	BF	AC							Reads busy flag (BF) indicating internal operation is being performed and reads address counter contents.	0 µs
Write Data to CG or DD RAM	1	0	Write Data								Writes data into DD RAM or CG RAM.	40 µs
Read Data from CG or DD RAM	1	1	Read Data								Reads data from DD RAM or CG RAM.	40 µs
	I/D = 1: Increment I/D = 0: Decrement S = 1: Accompanies display shift S/C = 1: Display shift S/C = 0: Cursor move R/L = 1: Shift to the right R/L = 0: Shift to the left DL = 1: 8 bits, DL = 0: 4 bits N = 1: 2 lines, N = 0: 1 line F = 1: 5 × 10 dots, F = 0: 5 × 7 dots BF = 1: Internally operating BF = 0: Can accept instruction										DD RAM: Display data RAM CG RAM: Character generator RAM ACG: CG RAM address ADD: DD RAM Address: Corresponds to cursor address AC: Address counter used for both DD and CG RAM address	Execution time changes when frequency changes Example: When fcp or fosc is 270 kHz: 40 µs × 250 / 270 = 37 µs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Character Codes and Character Pattern



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


RUN =DS5000T, 80C31, 89C51
PRG =DS5000T(MONITOR)
U1 CPU MCS-51
CRYSTAL 11.0592 MHZ
JP2
PRG
PSEN
RUN
U6 MAX1232
U2 EPROM
U3 RAM
DATA BUS
ADDRESS BUS
CONTROL BUS
U5 74HC373
U4 8255 (1)
8255 F800H-F9FFH
JP5
DIS
VO
EN
ALE
MAX1232
IN
EX
JP1
CON 78L06
U9 PAL16L8
SLP84
0000H-7FFFH
8000H-F7FFH=RAM
F800H-F9FFH=PORT8255
FA00H-FBFFH=PORT LCD
FC00H-FDFFH=USER1
FE00H-FFFFH=USER2
LCD FA00H-FBFFH
U10 74HC32
RS232
U7 DS275
U8 SN75176
RS485
5VDC
R7
330
D2
IN4001
C12
GND
LCD PORT
8255 PORT
PORT LCD
PORT 8255
8255
EPROM 27C64 /256
SRAM 6264 /256
MAX1232
SLP84
SILA RESEARCH CO.,LTD.
Title
AMT-31PJ V2.8
Size B
Number
EMBEDDED CONTROLLER
Revision
Date: 22-MAY-98
Sheet of
File: AMT3(PJ).DDB
Drawn By:

absolute maximum ratings

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

dc electrical characteristics Min/max limits apply across temperature range unless otherwise noted

PARAMETER		CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CMOS TO CMOS						
V_{T+}	Positive-Going Threshold Voltage at Osc and KBM Inputs	V_{CC} = 5V, $I_{IN} \geq$ 0.7 mA	3	3.6	4.3	V
		V_{CC} = 10V, $I_{IN} \geq$ 1.4 mA	6	6.8	8.6	V
		V_{CC} = 15V, $I_{IN} \geq$ 2.1 mA	9	10	12.9	V
V_{T-}	Negative-Going Threshold Voltage at Osc and KBM Inputs	V_{CC} = 5V, $I_{IN} \geq$ 0.7 mA	0.7	1.4	2	V
		V_{CC} = 10V, $I_{IN} \geq$ 1.4 mA	1.4	3.2	4	V
		V_{CC} = 15V, $I_{IN} \geq$ 2.1 mA	2.1	5	6	V
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage, Except Osc and KBM Inputs	V_{CC} = 5V	3.5	4.5		V
		V_{CC} = 10V	8	9		V
		V_{CC} = 15V	12.5	13.5		V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Inout Voltage, Except Osc and KBM Inputs	V_{CC} = 5V		0.5	1.5	V
		V_{CC} = 10V		1	2	V
		V_{CC} = 15V		1.5	2.5	V
I_{rp}	Row Pull-Up Current at Y1, Y2, Y3, Y4 and Y5 Inputs	V_{CC} = 5V, V_{IN} = 0.1 V_{CC}		−2	−5	μA
		V_{CC} = 10V		−10	−20	μA
		V_{CC} = 15V		−22	−45	μA
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	V_{CC} = 5V, I_O = −10μA	4.5			V
		V_{CC} = 10V, I_O = −10μA	9			V
		V_{CC} = 15V, I_O = −10μA	13.5			V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	V_{CC} = 5V, I_O = 10μA			0.5	V
		V_{CC} = 10V, I_O = 10μA			1	V
		V_{CC} = 15V, I_O = 10μA			1.5	V
R_{on}	Column "ON" Resistance at X1, X2, X3 and X4 Outputs	V_{CC} = 5V, V_O = 0.5V		500	1400	Ω
		V_{CC} = 10V, V_O = 1V		300	700	Ω
		V_{CC} = 15V, V_O = 1.5V		200	500	Ω
I_{CC}	Supply Current	V_{CC} = 5V, Osc at 0V		0.55	1.1	mA
		V_{CC} = 10V		1.1	1.9	mA
		V_{CC} = 15V		1.7	2.6	mA
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current at $\overline{\text{Output Enable}}$	V_{CC} = 15V, V_{IN} = 15V		0.005	1.0	μA
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current at $\overline{\text{Output Enable}}$	V_{CC} = 15V, V_{IN} = 0V	−1.0	−0.005		μA
CMOS/LPTTL INTERFACE						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage, Except Osc and KBM Inputs	54C, V_{CC} = 4.5V	V_{CC} −1.5			V
		74C, V_{CC} = 4.75V	V_{CC}−1.5			V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage, Except Osc and KBM Inputs	54C, V_{CC} = 4.5V			0.8	V
		74C, V_{CC} = 4.75V			0.8	V
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	54C, V_{CC} = 4.5V, I_O = −360μA	2.4			V
		74C, V_{CC} = 4.75V, I_O = −360μA	2.4			V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	54C, V_{CC} = 4.5V, I_O = −360μA			0.4	V
		74C, V_{CC} = 4.75V, I_O = −360μA			0.4	V

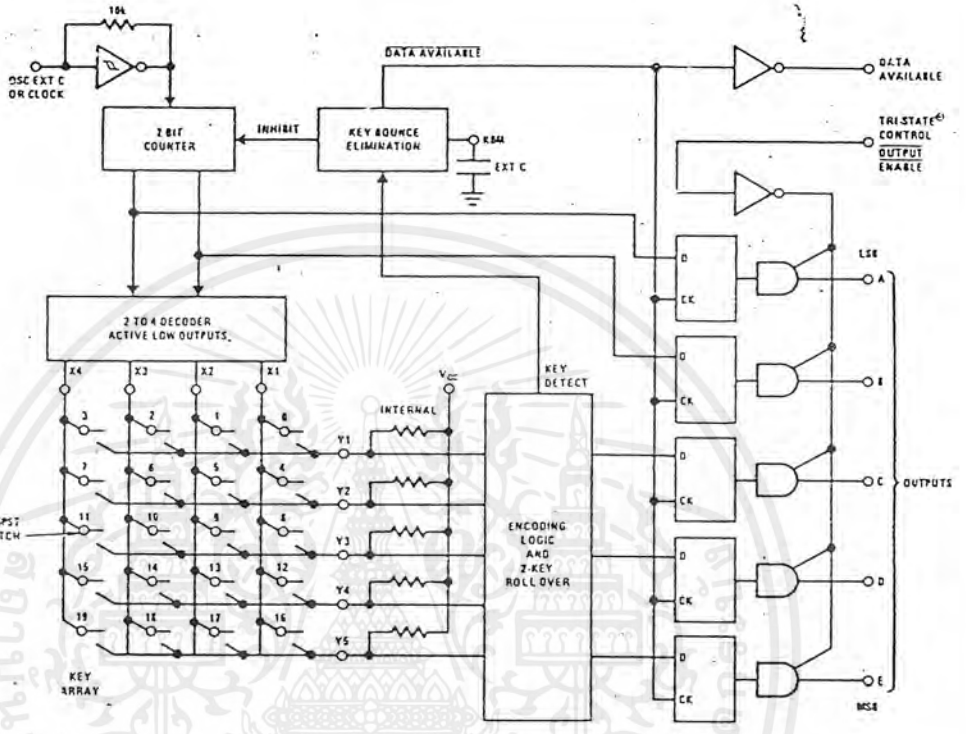
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	UNITS
	mA
	mA
	mA
	mA

	UNITS
	ns
	ns
	ns
	ns
	ns
	ns
	ns
	ns
	pF
	pF

For "Operating Characteristics"

block diagram



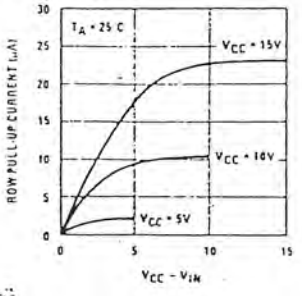
truth table

SWITCH POSITION	0 Y1,X1	1 Y1,X2	2 Y1,X3	3 Y1,X4	4 Y2,X1	5 Y2,X2	6 Y2,X3	7 Y2,X4	8 Y3,X1	9 Y3,X2	10 Y3,X3	11 Y3,X4	12 Y4,X1	13 Y4,X2	14 Y4,X3	15 Y4,X4	16 Y5*,X1	17 Y5*,X2	18 Y5*,X3	19 Y6*,X4
DATA OUT A	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
DATA OUT B	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
DATA OUT C	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
DATA OUT D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
DATA OUT E*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

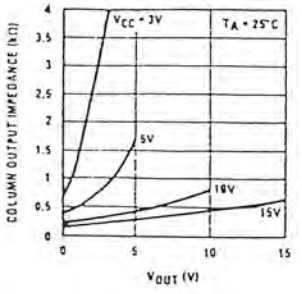
*Omit for MM54C922/MM74C922

typical performance characteristics

Typical I_{rp} vs V_{IN} at Any Y Input



Typical R_{on} vs V_{OUT} at Any X Output



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้ได้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายๆท่าน

ซึ่งประกอบด้วย

คณะอาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ดร. วิริยะ พิเชษฐจำเริญ

ดร. วิจิตร กิณเรศ

อ. สุรินทร์ คำฝอย

ที่ให้คำปรึกษาโครงงานทั้งทางด้านความรู้และคำชี้แนะ

ขอขอบคุณรุ่นพี่ภาคคอมพิวเตอร์(พี่นัท) ที่ให้ความช่วยเหลือชี้แนะทางด้านไมโครคอนโทรเลอร์ และขอขอบคุณเพื่อนๆปี 4 พี่ๆห้อง 3W รวมทั้งเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. A.E Fitzgerald, C. Kingsley, S.D. Umans, "Electric Machinery", McGrawhill Book Company, 1992.
2. J. Bignell, R. Donovan, "Digital Electronics", Delmar Publishers Inc., 1994.
3. M.H. Rashid. "Power Electronic :Circuits Device and Application", Prentice-Hall Internatinal Inc, 1998.
4. N. Mohan, T.M. Undeland, W.P. Robbins, "Power electronics : converter, applications, and design", John Wiley & Sons, 1995.
5. ธีรวัฒน์ ประกอบผล, "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์", สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2541.
6. พิชิต ลำยอง, "เครื่องจักรกลไฟฟ้า 1", ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
7. สุนทร วิทูสุรพจน์, "การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051", บ.มจ.ซีเอ็ดยูเคชั่น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้