สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก

MICRO CIM

T 061741

โดย

นายทัศน์ กู้ชิงชัย

นายเทวัญ พันธ์คำสิงห์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61741
วัน.เดือน.ปี 21 ก.ค. 2549

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์เชิงกล ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก

MICRO CIM

โดย

นายทัศน์ กู้ชิงชัย 44010184

นายเทวัญ พันธ์คำสิงห์ 44010187

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์เชิงกล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์เชิงกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก (MICRO CIM)

โดย

นายทัศน์ กู้ชิงชัย 44010184

นายเทวัญ พันธ์คำสิงห์ 44010187

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก

MICRO CIM

นายทัศน์ กู้ชิงชัย 44010184
นายเทวัญ พันธ์คำสิงห์ 44010187
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา
ปีการศึกษา 2547

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการทำงานของแขนกลด้วยการใช้ keypad เป็นส่วนควบคุม ซึ่งสามารถทำงานได้ 2 ลักษณะคือ แบบ automatic ซึ่งจะทำงานโดยการกำหนดค่าตำแหน่งเพื่อให้แขนกลหยิบจับชิ้นงาน แล้วแขนกลจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งอ้างอิงก่อน จากนั้นจึงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งปล่อยชิ้นงานและกลับสู่ตำแหน่งอ้างอิงอีกครั้ง แขนกลจะทำงานในลักษณะนี้ไปจนกว่าจะถูกสั่งให้หยุดหรือเปลี่ยนแปลงลักษณะการทำงานโดยผู้ใช้ ส่วนการทำงานแบบ manual นั้น ผู้ใช้สามารถสั่งให้แขนกลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ ตามที่ต้องการได้ โดยการควบคุมจาก keypad โดยตรง สำหรับภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมแขนกลคือภาษา assembly

Abstract

The concept of this project is about the working process of the robotic arm collaborating with the keypad controlled by the user. The process can be divided into 2 modes. The first one is the automatic mode. In this mode, the robotic arm moves from its home point to the first position to grab an object. After that, it returns to its home point again then moves to the second position to lay the object down. Finally, the arm will come back to its home position. The robotic arm will keep moving in this sequence until it is stopped or changed its moving pattern by the user. The other is manual mode. The user can control the robotic arm directly through the keypad. The language which is used in programming for controlling the robotic arm is assembly computer language.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น	2
	2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแขนกล	2
	2.1.1 คำจำกัดความของหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรม	2
	2.1.2 ชนิดของหุ่นยนต์	2
	2.1.3 หุ่นยนต์แบ่งตามลักษณะในการทำงานและระบบพิกัด	5
	2.1.4 มือของหุ่นยนต์	8
	2.1.5 ระบบการขับเคลื่อน	9
	2.1.6 หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์	11
	2.1.7 ระบบคอนโทรลมอเตอร์	16
	2.1.8 ตัวจับสัญญาณ	19
	2.1.9 ลักษณะเฉพาะและการใช้งานของหุ่นยนต์	24
	2.2 ทฤษฎีเรื่อง ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	26
	2.2.1 โครงสร้างหน่วยความจำของ MCS-51	27
	2.2.2 ความเร็วในการทำงานของ MCS-51	28
	2.2.3 การจัดขาของ MCS-51	28
	2.2.4 I/O พอร์ตและลักษณะการใช้งาน	31
บทที่ 3	ลักษณะของวงจรที่ใช้ในส่วนของการควบคุม	33
	3.1 วงจรเอนโคดเดอร์	33
	3.2 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	35
	3.3 ปุ่มกด(Keypad)	37
	3.4 วงจรขับมอเตอร์	39
	3.5 วงจรเปรียบเทียบ	40
	3.6 วงจรตัวเลือก	41
บทที่ 4	การเชื่อมต่อและโครงสร้างการทำงานของโครงงาน	44
	4.1 ส่วนของวงจร(Hardware)	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.2 ส่วนของโฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมต่างๆ	51
บทที่ 5 ผลการทดลอง	64
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ	66
ภาคผนวก ก.	
ภาคผนวก ข.	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 2.1	Polar configuration	3
รูปที่ 2.2	Cylindrical configuration	3
รูปที่ 2.3	Catesian configuration	4
รูปที่ 2.4	Articulated configuration	4
รูปที่ 2.5	หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่การทำงานเป็นแบบรูปทรงสี่เหลี่ยม	5
รูปที่ 2.6	หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่การทำงานเป็นแบบรูปทรงกระบอก	6
รูปที่ 2.7	หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่การทำงานเป็นแบบทรงกลม	7
รูปที่ 2.8	หุ่นยนต์ที่แขนเป็นข้อต่อ	7
รูปที่ 2.9	หุ่นยนต์สคารา	8
รูปที่ 2.10	หุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า	9
รูปที่ 2.11	หุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยระบบไฮดรอลิกส์	10
รูปที่ 2.12	หุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยระบบนิวแมติกส์	11
รูปที่ 2.13	แสดงถึงการเกิดแรงบิดในตัวดีซีมอเตอร์	12
รูปที่ 2.14	ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์ต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็ก	13
รูปที่ 2.15	คุณสมบัติระหว่างแรงบิดกับความเร็วของดีซีมอเตอร์อนุกรมภายใต้ภาวะโวลท์เตจคงที่	13
รูปที่ 2.16	ดีซีมอเตอร์แบบแยกปรับสนามแม่เหล็กได้	14
รูปที่ 2.17	คุณสมบัติระหว่างแรงบิดกับความเร็วของชันท์มอเตอร์ภายใต้ภาวะการกระตุ้นสนามแม่เหล็กคงที่และอาร์เมเจอร์โวลท์เตจคงที่	14
รูปที่ 2.18	ดีซีมอเตอร์แบบฟิลด์เป็นแบบแม่เหล็กถาวร	15
รูปที่ 2.19	ระบบการคอนโทรลดีซีมอเตอร์แบบพื้นฐาน	17
รูปที่ 2.20	บล็อกไดอะแกรมของระบบคอนโทรลความเร็วที่มีทาโคมิเตอร์เป็นตัวป้อนกลับ	18
รูปที่ 2.21	บล็อกไดอะแกรมของระบบดิจิตอลคอนโทรลของดีซีมอเตอร์	19
รูปที่ 2.22	แสดงระบบเอ็นโคดเดอร์แบบโรตารี่	20
รูปที่ 2.23	แสดงเอ็นโคดเดอร์ที่นับการเพิ่มค่าแบบเส้นตรง	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 2.24	แสดงตัวอย่างกลไกของเอ็นโคดเดอร์แบบ Optic increment	21
รูปที่ 2.25	แสดงตัวอย่างตัวจับสัญญาณแบบมีช่องปิดเปิดให้แสงผ่านได้ช่องเดียว และแบบมีหลายช่อง	21
รูปที่ 2.26	แสดงถึงผลของแสงที่เดินในแนวเดียวกันและแสงที่ตกกระทบ	22
รูปที่ 2.27	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นเส้นตรงกับความไม่ได้ศูนย์กลาง	23
รูปที่ 2.28(a)	แสดงตัวอย่างลูกคลื่นเอาท์พุตสี่เหลี่ยมของอุปกรณ์เอ็นโคดเดอร์ช่องเดียว	24
รูปที่ 2.28(b)	แสดงสัญญาณเอ็นโคดเดอร์ 2 ช่องที่มีมุมเฟสต่างกัน 90 องศา	24
รูปที่ 2.29	แสดงลักษณะการจัดขาของ IC 8052	26
รูปที่ 2.30	แสดงการจัด Address ของหน่วยความจำ	27
รูปที่ 2.31	แสดงลักษณะการจัดขาของ IC 8051	29
รูปที่ 2.32(a)	แสดงการต่อ XTAL กับ IC 8051	29
รูปที่ 2.32(b)	แสดงการต่อวงจรกำเนิดสัญญาณโดยตรง	29
รูปที่ 2.33	แสดงโครงสร้างภายในของพอร์ตขนาน	31
รูปที่ 3.1	แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของวงจรเอ็นโคดเดอร์	33
รูปที่ 3.2	แสดงการต่อวงจร Common collector	34
รูปที่ 3.3	ภาพแสดงลักษณะโดยทั่วไปของเอ็นโคดเดอร์ของแขนกล	34
รูปที่ 3.4	รูปแสดงลักษณะโครงสร้างของบอร์ด ET – BASE51V1.0	35
รูปที่ 3.5	รูปแสดงตำแหน่งขั้วต่อสำหรับทำการ Download โปรแกรมของบอร์ด	36
รูปที่ 3.6	แสดงลักษณะของโปรแกรม P89C51RD2 V3.0	36
รูปที่ 3.7	แสดงลักษณะโดยทั่วไปของ Keypad	37
รูปที่ 3.8	แสดงวงจรการทำงานของ Keypad	38
รูปที่ 3.9	แสดงตำแหน่งขาของ Keypad	38
รูปที่ 3.10	แสดงวงจรการทำงานของ Driver circuit	39
รูปที่ 3.11	แสดงลักษณะวงจรภายใน Ic เบอร์ LM339	40
รูปที่ 3.12	แสดงวงจรการทำงานของ Comparator circuit	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 3.13	แสดงลักษณะวงจรภายใน Ic เบอร์HD74LS151P	41
รูปที่ 3.14	แสดงวงจรการทำงานของวงจร Selector ที่ทำหน้าที่เลือกสัญญาณจาก Micro switch	41
รูปที่ 3.15	แสดงวงจรการทำงานของวงจร Selector ที่ทำหน้าที่เลือกสัญญาณเอาท์พุท จากแผงวงจร Comparator	42
รูปที่ 3.16	แสดงลักษณะวงจรภายในของ Ic เบอร์74HC154N	42
รูปที่ 3.17	แสดงวงจรการทำงานของ Demultiplexer circuit	43
รูปที่ 4.1	แสดงการติดต่อระหว่างกันของอุปกรณ์ต่างๆ ของโครงงาน	44
รูปที่ 4.2	แสดงการติดต่อระหว่างแผงวงจรKeypad กับ แผงวงจร Microcontroller MCS-51	45
รูปที่ 4.3	แสดงตำแหน่งของมอเตอร์ตัวที่ 1-6 ที่อยู่ในแขนกล	46
รูปที่ 4.4	แสดงทิศทางการหมุนของมอเตอร์ตัวที่ 1-6	46
รูปที่ 4.5	แสดงการติดต่อระหว่างแผงวงจร Microcontroller MCS-51 กับ แผงวงจร Selector & Demultiplexer	47
รูปที่ 4.6	แสดงการติดต่อระหว่างแผงวงจร Selector & Demultiplexer กับแผงวงจร Drive Motor	48
รูปที่ 4.7	แสดงการติดต่อระหว่างแผงวงจร Driver กับ แขนกล	48
รูปที่ 4.8	แสดงการติดต่อระหว่างแขนกล กับ แผงวงจร Comparator	49
รูปที่ 4.9	แสดงการติดต่อระหว่างแขนกล ติดต่อกับ แผงวงจร Selector & Demultiplexer	49
รูปที่ 4.10	แสดงการติดต่อระหว่างแผงวงจร Comparator กับ แผงวงจร Selector & Demultiplexer	50
รูปที่ 4.11	แสดง Flow chart ของโปรแกรมหลัก	51
รูปที่ 4.12	แสดง Flow chart ของโปรแกรมย่อย home(1)	52
รูปที่ 4.13	แสดง Flow chart ของโปรแกรมย่อย home(2)	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4.14	แสดง Flow chart ของโปรแกรมย่อย gripper	54
รูปที่ 4.15	แสดง Flow chart ของโปรแกรมย่อย open gripper	54
รูปที่ 4.16	แสดง Flow chart ของโปรแกรมย่อย memo begin	55
รูปที่ 4.17	แสดง Flow chart ของโปรแกรมย่อย memo end	56
รูปที่ 4.18	แสดง Flow chart ของโปรแกรมย่อย key press	57
รูปที่ 4.19	แสดง Flow chart ของโปรแกรมย่อย select P0	58
รูปที่ 4.20	แสดง Flow chart ของโปรแกรมย่อย driver motor	59
รูปที่ 4.21	แสดง Flow chart ของโปรแกรมย่อย auto (1)	60
รูปที่ 4.22	แสดง Flow chart ของโปรแกรมย่อย auto (2)	61
รูปที่ 4.23	แสดง Flow chart ของโปรแกรมย่อย auto (3)	62
รูปที่ 4.24	แสดง Flow chart ของโปรแกรมย่อย auto (4)	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงค่าเริ่มต้นใน Register แต่ละตัว	30
ตารางที่ 2.2	แสดงพอร์ต P3 และการทำงานในแต่ละบิต	32
ตารางที่ 3.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Pin กับ แผงวงจรของ Keypad	38
ตารางที่ 4.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Keypad กับลักษณะการทำงานของมอเตอร์	46
ตารางที่ 5.1	แสดงฟังก์ชันการทำงานของKeypad	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

โครงงานนี้แสดงการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ต่างๆ คือ แขนกล วงจรควบคุมการทำงาน โปรแกรมการทำงานโดยการใช้ภาษา assembly และส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ซึ่งคือ ปุ่มกด (Keypad) การทำงานทั้งหมดเริ่มจากการกำหนดค่าตำแหน่งที่ 1 เพื่อหยิบชิ้นงาน และตำแหน่งที่ 2 ที่ต้องการให้แขนกลวางชิ้นงาน โดยใช้ปุ่มกดเป็นตัวสั่งการ จากนั้นจึงสั่งให้แขนกลทำงานอัตโนมัติโดยเคลื่อนที่จาก ตำแหน่งอ้างอิงไปยังตำแหน่งที่ 1 จากนั้นจึงกลับไปยังตำแหน่งอ้างอิง แล้วเคลื่อนต่อไปยังตำแหน่งที่ 2 แล้วกลับมายังตำแหน่งอ้างอิงอีกครั้ง จึงสิ้นสุด 1 รอบการทำงานและแขนกลจะทำงานในลักษณะนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าผู้ใช้จะสั่งให้หยุด

วัตถุประสงค์

เพื่อควบคุมการทำงานของกระบวนการของแขนกล โดยทำงานร่วมกันเป็นขั้นตอนต่อเนื่องกันไปผ่านอุปกรณ์คือ ปุ่มกดและกล่องวงจรควบคุม เพื่อให้การทำงานเป็นแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก

ขอบเขตของโครงงาน

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์นี้ จะเริ่มจากการศึกษาลักษณะการทำงานทั่วไปของแขนกลที่ใช้ วงจรควบคุม อุปกรณ์ที่ใช้ติดต่อระหว่างผู้ใช้กับแขนกล และการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของแขนกลให้ทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแขนกล

2.1.1 คำจำกัดความของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

คำว่าหุ่นยนต์ (Robot) หมายถึง หุ่นยนต์ทางอุตสาหกรรม (Industrial Robot) ซึ่งก็คือเครื่องจักรกลชนิดหนึ่งซึ่งมีลักษณะพิเศษที่เรียกว่า เครื่องจักรอัตโนมัติ (Automation Machine) เป็นเครื่องจักรกลที่สามารถตั้งโปรแกรมได้หลายครั้งรวมทั้งสามารถปฏิบัติงานได้ในหลายๆหน้าที่ โดยหุ่นยนต์ถูกได้รับการออกแบบเพื่อให้ยิบ จับ เคลื่อนย้าย วัตถุ อุปกรณ์ เครื่องมือหรือเครื่องใช้พิเศษต่างๆ โดยอาศัยการควบคุมโปรแกรมเคลื่อนที่ของมันให้ทำงานได้หลายอย่างตามต้องการ

2.1.2 ชนิดของหุ่นยนต์

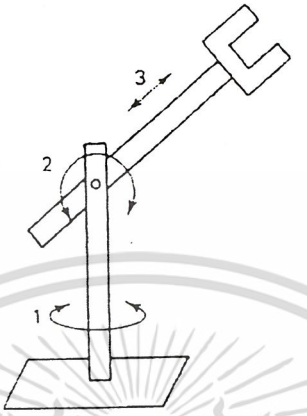
หุ่นยนต์แบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่และลักษณะของแขน แบ่งได้เป็น 4 ชนิด ได้แก่

1. Polar Configuration
2. Cylindrical Configuration
3. Cartesian Configuration
4. Articulated Configuration

1. Polar Configuration

หุ่นยนต์ที่มีลักษณะที่เป็นแบบ Polar นั้น ลักษณะการเคลื่อนที่ของแกนจะสามารถยกขึ้นลงได้ในแนวดิ่ง โดยยกทำมุมกับฐาน สามารถหมุนได้รอบ (ดังรูปที่ 2.1) พื้นที่การทำงานจะเป็นแบบทรงกลม ดังนั้นในบางครั้งจึงเรียกว่า “Spherical Coordinate”

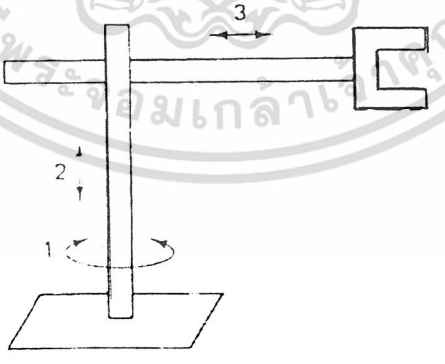
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1

2. Cylindrical Configuration

หุ่นยนต์ที่มีลักษณะแบบ Cylindrical (ดังรูปที่ 2.2) เคลื่อนที่ขึ้นข้างบนได้ตามแกนที่เป็นแกนตั้ง ที่เป็นแกนหลักและสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้โดยใช้แกนนอน แกนตั้ง สามารถที่จะหมุนได้ พื้นที่การทำงานเป็นแบบทรงกระบอก

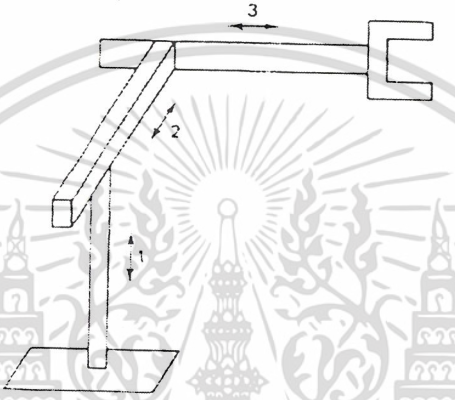


รูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Cartesian Configuration

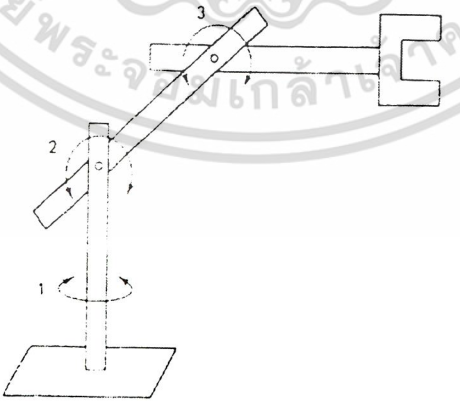
หุ่นยนต์ที่มีลักษณะแบบ Cartesian (ดังรูปที่ 2.3) ลักษณะการเคลื่อนที่จะมีแกน3 แกน เหมือนเป็นแกน X, Y, Zดังนั้นในบางครั้งจึงเรียกว่า หุ่นยนต์เรคติลิเนียร์ (Rectilinear) พื้นที่การทำงานสามารถที่จะทำงานได้ในส่วนที่เป็นด้านของมือเพียงด้านเดียวเท่านั้น เพราะไม่มีการหมุนของฐาน



รูปที่ 2.3

4. Articulated Configuration

หุ่นยนต์ที่มีลักษณะเป็น Articulated (ดังรูปที่ 2.4) หุ่นยนต์แบบนี้จะมีลักษณะใกล้เคียงกับแขนของมนุษย์ มีข้อหมุนต่างๆเหมือนกัน ดังนั้นพื้นที่การทำงานจึงสามารถที่จะทำงานได้ในทุกตำแหน่งในระยะความยาวของแขน



รูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

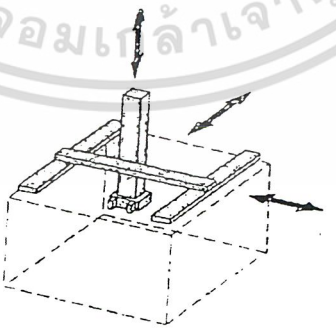
ข้อดีข้อเสียของแต่ละชนิดนี้แตกต่างกันออกไป เพราะว่าลักษณะทางกายภาพแตกต่างกัน แต่ถ้ามองในแง่ของการทำงานในแบบซ้ำๆ ที่เดิมตลอด ชนิด Cartesian จะสามารถทำงานได้ดีกว่า แต่ถ้ามองในแง่การเข้าถึงวัตถุชนิดแบบ Polar และ Articulated จะสามารถยกวัตถุได้ดีกว่าชนิดอื่นและชนิดที่เป็นแบบ Cylindrical จะมีข้อดีในแง่ที่สามารถยกวัตถุได้มากกว่างานทั่วไปแล้วใช้แบบ Polar และ Cylindrical เพราะสองชนิดนี้สามารถที่จะทำงานเป็นแบบ Load และ Unload โดยมีการเคลื่อนที่ของแขนไปด้านข้างได้ดีกว่าชนิดอื่นๆ

2.1.3 หุ่นยนต์แบ่งตามลักษณะในการทำงานและระบบพิกัดของหุ่นยนต์ (Work Envelopes and Coordinate systems)

การอธิบายพฤติกรรมในการทำงานของหุ่นยนต์โดยทั่วไปจะใช้คำว่า Work envelopes มาอธิบายในการทำงาน ซึ่งหมายความว่าพื้นที่ในส่วนที่แขนกลหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งนั่นเอง ในบางครั้งเราสามารถที่จะนำมาแบ่งประเภทของหุ่นยนต์ได้โดยทางเรขาคณิตซึ่งรูปทรงเรขาคณิตดังกล่าวจะมีความสอดคล้องกับ Work envelopes

1.หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบรูปทรงสี่เหลี่ยม (Rectilinear or Cartesian robot geometry)

หุ่นยนต์ประเภทนี้สามารถเคลื่อนที่ไปได้ 3 ทิศทางคือเลื่อนขึ้นและลง ซ้ายและขวา รวมทั้งเดินหน้าและถอยหลังหรือเราอาจจะเรียกว่าเคลื่อนที่ในแนวแกน X Y Z นั่นเอง ส่วนพื้นที่ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ประเภทนี้อย่างที่เราเห็นในรูปก็คือ จะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือเป็นรูปกล่องสำหรับการควบคุมหุ่นยนต์ประเภทนี้นี้ ค่อนข้างจะทำได้ง่ายกว่าการควบคุมหุ่นยนต์ประเภทอื่น ส่วนการนำไปใช้งานประเภทจับวาง (Pick and Place) และงานประเภทประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ

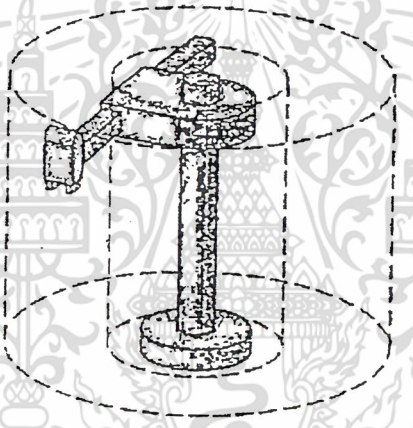


รูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบรูปทรงกระบอก (Cylindrical robot geometry)

หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่การทำงานแบบนี้จะมีช่วงหรือระยะของการเคลื่อนที่มากกว่าหุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนที่แบบรูปทรงสี่เหลี่ยม ทั้งนี้ก็เพราะว่าแขนของมันสามารถหมุนไปได้รอบฐาน ทั้งยังสามารถเคลื่อนที่แบบขึ้นลงไปหน้าหลังได้เช่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าลักษณะพื้นที่ในการทำงานของหุ่นยนต์ประเภทนี้จะเป็นแบบทรงกระบอกที่มีแกนอยู่ที่จุดศูนย์กลางแต่ไม่ได้หมายความว่ามันสามารถที่จะเคลื่อนที่ไปถึงได้ทั้งนี้เนื่องมาจากขีดจำกัดในเรื่องโครงสร้างนั่นเอง หุ่นยนต์ประเภทดังกล่าวนี้แสดงอยู่ในรูปที่ 2.6

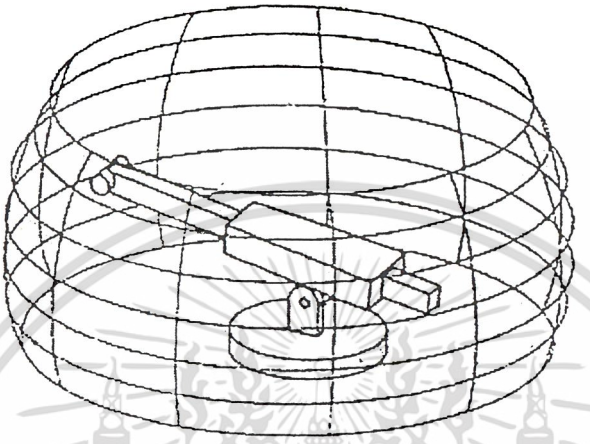


รูปที่ 2.6

3. หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบรูปทรงกลม (Spherical robot geometry)

สำหรับหุ่นยนต์แบบนี้ จะเป็นแบบที่มีความยืดหยุ่นสูงกว่าหุ่นยนต์ทั้งสองแบบที่ผ่านมา ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากช่วงระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของมันโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเคลื่อนที่แบบขึ้นลงนั้นสามารถปรับลดได้ในลักษณะที่เป็นเชิงมุม จึงทำให้พื้นที่ในการทำงานของหุ่นยนต์ประเภทนี้เป็นแบบทรงกลม แต่ก็ใช่ว่าจะเป็นทรงกลมเลยทีเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7

4. หุ่นยนต์ที่มีแขนเป็นข้อต่อ (Joint arm robot)

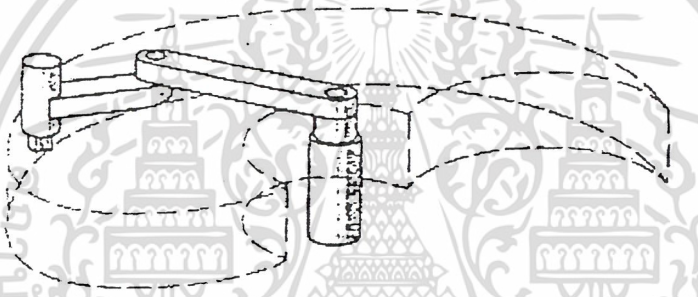
หุ่นยนต์ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จะเป็นแบบที่แขนต่อกันด้วยข้อต่อ ในรูปที่ 2.8 แขนของหุ่นจะประกอบไปด้วยข้อต่อหมุนทั้งหมด ซึ่งทำให้มีลักษณะคล้ายกับแขนของคนเรามากที่สุด ดังนั้นความสามารถในการเคลื่อนที่จึงเหนือกว่าหุ่นยนต์ประเภทอื่น

รูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หุ่นยนต์สคารา (SCARA Robot)

หุ่นยนต์ประเภทนี้ก็คือหุ่นยนต์ที่แขนกลเป็นข้อต่อเหมือนที่ผ่านมานั่นเอง แต่แขนกลจะมีการเคลื่อนที่ในแนวนอนซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของหุ่นยนต์ประเภทนี้ คำว่า SCARA ย่อมาจากคำว่า Selective Compliance Assembly Robotic Arm หรือในภาษาไทยก็คือ การประกอบแขนหุ่นยนต์ที่สามารถเลือกตำแหน่งในการทำงานได้ตามความต้องการ หุ่นยนต์ประเภทนี้ส่วนใหญ่จะมีแขนสองหรือสามท่อนซึ่งมีการหมุนอยู่ในแนวนอน โดยปลายแขนจะประกอบด้วยอุปกรณ์ยึดจับ ซึ่งสามารถเลื่อนตัวขึ้นลงได้ หุ่นยนต์ประเภทดังกล่าวถูกคิดค้นโดยประเทศญี่ปุ่นเมื่อปี ค.ศ. 1970



รูปที่ 2.9

2.1.4 มือของหุ่นยนต์ (Robot and Effecter)

มือจับของหุ่นยนต์คือตัวที่ทำหน้าที่ขั้นสุดท้ายของหุ่นยนต์ มือของหุ่นยนต์สามารถแบ่งตามลักษณะการทำงานได้ดังนี้

1. ทำงานเป็นตัวจับ (Gripper)
2. ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือ (Tools)

มือจับของหุ่นยนต์ชนิดนี้เป็นตัวจับมีหน้าที่โดยทั่วไปก็คือ การจับและการยกวัตถุ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ Single Gripper และ Double Gripper สำหรับ Single Gripper หมายถึง มือจับที่มีการเคลื่อนที่ของนิ้วเพียงข้างเดียวโดยที่อีกข้างหนึ่งอยู่กับที่ แต่ Double Gripper มีการเคลื่อนที่ของนิ้วทั้ง 2 ข้างเข้าหากัน

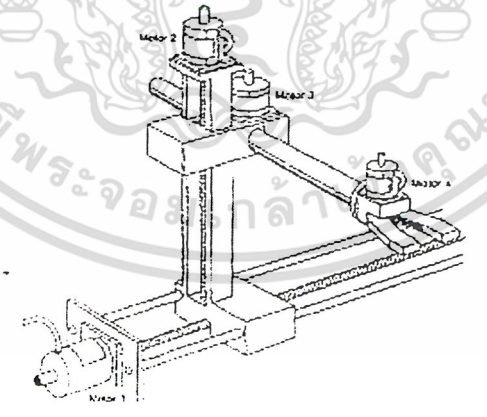
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ระบบการขับเคลื่อน (Drive System)

การควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์หรือเครื่องจักรกลอัตโนมัตินั้นเกี่ยวข้องโดยตรงกับการควบคุมการทำงานของระบบขับเคลื่อน ซึ่งระบบขับเคลื่อนโดยส่วนใหญ่แล้วจะขึ้นอยู่กับการออกแบบหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ขึ้นอยู่กับการทำงาน ตัวอย่างเช่น แขนของหุ่นยนต์อาจถูกออกแบบมา เพื่อให้เคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยยกวัตถุหนักๆ ดังนั้นหุ่นยนต์ประเภทดังกล่าวจะขับเคลื่อนด้วยระบบ Hydraulics ในขณะที่หุ่นยนต์บางชนิดถูกออกแบบมาให้ทำการเชื่อมในทิศทางที่ต่อเนื่องก็จะมีระบบการขับเคลื่อนเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น

1. ระบบขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า (Electric Drive System)

เหตุผลที่มีการนิยมใช้ระบบการขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้านั้น สาเหตุเนื่องมาจากการทำงานค่อนข้างเงียบและส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก และเมื่อไม่นานมานี้ได้มีการพัฒนามอเตอร์รูปแบบใหม่ๆ ออกมา ทำให้ความก้าวหน้าของหุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยระบบนี้มีสมรรถนะเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนั้นระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ายังมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับระบบอื่นๆ อย่างไรก็ตามมอเตอร์ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะใช้กับหุ่นยนต์ขนาดเล็กที่เรียกว่าหุ่นยนต์ฝึกหัด ซึ่งหุ่นยนต์ดังกล่าวนี้จะทำงานได้อย่างแม่นยำและมักจะใช้กับอุตสาหกรรมเบาหรือใช้ในห้องทดลอง



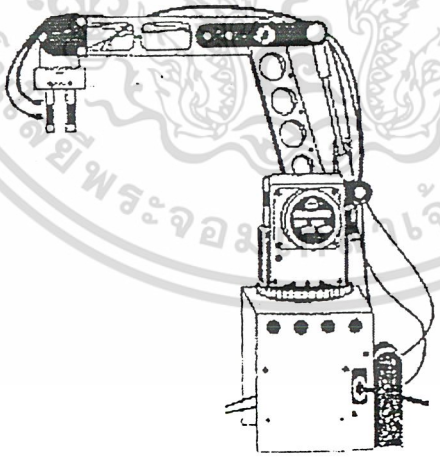
รูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับมอเตอร์ที่นำมาใช้กับหุ่นยนต์ไฟฟ้านั้น ส่วนมากจะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยทั้งนี้จะใช้ร่วมกับเซนเซอร์หรือทรานดิวเซอร์ต่างๆ เพื่อตรวจจับตำแหน่ง ความเร็วหรือความเร่ง แล้วส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ควบคุม ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้อาจเรียกว่า เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) นอกจากนั้นยังมีมอเตอร์อีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กับหุ่นยนต์ไฟฟ้าก็คือ สเต็ปเปอร์ มอเตอร์ (Stepper Motor) มอเตอร์แบบนี้ไม่จำเป็นต้องใช้เซนเซอร์ในการตรวจจับแต่จะใช้สัญญาณพัลส์สั่งจากอุปกรณ์โดยตรง ส่วนมอเตอร์กระแสสลับนั้นไม่ค่อยนิยมมาใช้กับหุ่นยนต์ไฟฟ้า เพราะว่าควบคุมตำแหน่งหรือความเร็วนั้นทำได้ค่อนข้างยากกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2. ระบบขับเคลื่อนด้วยไฮดรอลิกส์ (Hydraulics Drive System)

หุ่นยนต์ซึ่งใช้พลังงานไฮดรอลิกส์นั้นมักใช้ในการควบคุมหรือการทำงานที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมหนัก หุ่นยนต์เหล่านี้จะถูกออกแบบมาให้ใช้ประโยชน์จากการได้เปรียบทางกลซึ่งสามารถใช้พลังงานของของไหลหรือน้ำมันได้ นอกจากนั้นอุปกรณ์ทำงานก็มีทั้งแบบเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงและเชิงมุม จึงเป็นเหตุผลให้ถูกนำมาใช้ในหุ่นยนต์อุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากหุ่นยนต์ประเภทนี้จะต้องอาศัยพลังงานแรงดันของน้ำมันจึงจำเป็นต้องมีชุดต้นกำลังที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าอยู่ดี

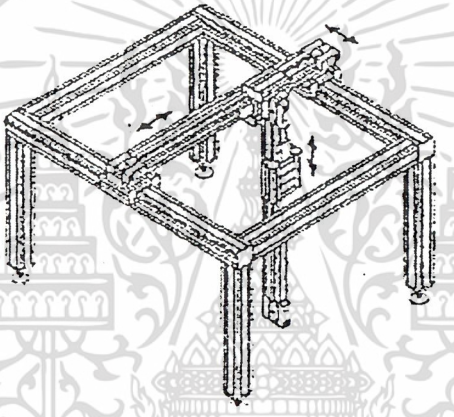


รูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ระบบขับเคลื่อนด้วยนิวแมติกส์ (Pneumatics Drive System)

หุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยระบบนี้ค่อนข้างจะได้รับความนิยมมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากระบบนิวแมติกส์มีค่าใช้จ่ายของระบบที่ต่ำกว่า ดังนั้นเราอาจพบว่าหุ่นยนต์ประเภทนี้ถูกนำไปใช้ในงานหลายประเภท แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากการขับเคลื่อนของของไหลในระบบนิวแมติกส์นั้นใช้ลมอัด แรงที่ได้จึงต่ำกว่าระบบการขับเคลื่อนด้วยไฮดรอลิกส์ ส่งผลให้ความแม่นยำและความถูกต้องน้อยกว่าและนอกจากนั้นการควบคุมส่วนใหญ่จะอาศัยการทำงานแบบจุดต่อจุด



รูปที่ 2.12

2.1.6 หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์

ดีซีมอเตอร์เป็นทรานดิวเซอร์แรงบิดที่มีการออกแบบให้มีคุณลักษณะพิเศษ คือ แรงบิดของเพลาของดีซีมอเตอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์มาเจอร์ แรงบิดของเพลาดีซีมอเตอร์จะได้จากผลระหว่างสนามแม่เหล็กและขดลวดตัวนำ หลักการนี้แสดงได้ในรูปที่ 2.13 ในที่นี้กระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำจะสร้างสนามที่ประกอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก(⎯) และขดลวดตัวนำเหล่านั้นอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางการหมุนเท่ากับ r

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเพลาและกระแสสามารถแสดงได้ดังสมการ

$$T = K\emptyset I$$

เมื่อ T = แรงบิดของเพลามีหน่วยเป็นนิวตัน-เมตร

Ø = เส้นแรงแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเวเบอร์

I = กระแสมีหน่วยเป็นแอมแปร์

K = ค่าคงที่

และ k คือตัวคงที่ ดังนั้นแรงบิดของเพลาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของเส้นแม่เหล็ก และกระแสเมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กก็จะทำให้เกิดโวลท์เตจตกคร่อมตัวมันเอง โวลท์เตจนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลาของมอเตอร์และต้านการไหลของกระแส ความสัมพันธ์ระหว่างโวลท์เตจย้อนกลับนี้และความเร็วของเพลาของมอเตอร์คือ

รูปที่ 2.13

เมื่อ E คือโวลท์เตจย้อนกลับ emf มีหน่วยเป็นโวลท์

Ø คือเส้นแรงแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเวเบอร์

w คือความเร็วของเพลาของมอเตอร์มีหน่วยเป็นเรเดียน/วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1การแยกประเภทของดีซีมอเตอร์

ดีซีมอเตอร์สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภท ขึ้นอยู่กับลักษณะการสร้างสนามแม่เหล็กของตัวมอเตอร์ และขึ้นอยู่กับพื้นฐานการออกแบบโครงสร้างของอาร์เมเจอร์ การแบ่งประเภทตามลักษณะการจ่ายสนามแม่เหล็กแยกได้เป็น 2 แบบคือ

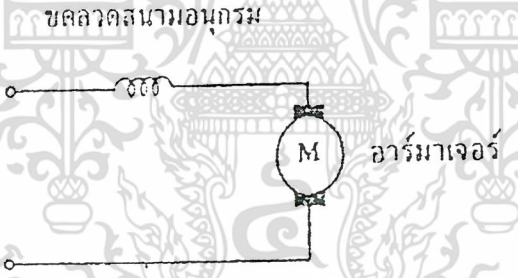
1. ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้
2. ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กมีค่าคงที่

1. ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้

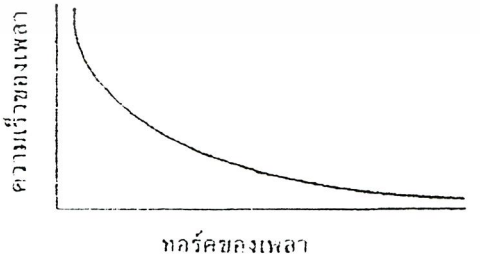
ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กยังแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ

1.1 แบบขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรมอยู่กับขดลวดอาร์เมเจอร์

มอเตอร์แบบนี้มีเส้นแรงแม่เหล็กเป็นสัดส่วนกับกระแสดังนั้น เส้นแรงของสนามแม่เหล็กจึงสามารถปรับค่าได้ และเราจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและแรงบิดเป็น nonlinear ดังรูป



รูปที่ 2.14



รูปที่ 2.15

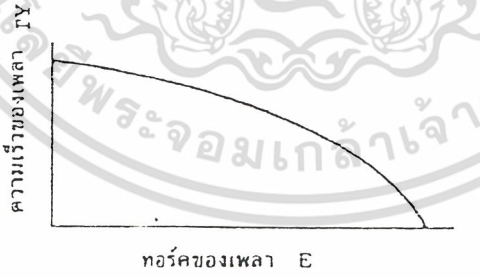
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ต่อดังกล่าวจะใช้ในงานภาวะเฉพาะเมื่อต้องการแรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ และแรงบิดต่ำที่ความเร็วสูง เช่น ระบบขับเคลื่อนของรถลาก

1.2 แบบขดลวดสนามแม่เหล็กแยกกระตุ้น

มอเตอร์แบบนี้มักนิยมเรียกกันว่ามอเตอร์ขนาน (shunt motor) มอเตอร์แบบนี้สามารถปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้อย่างอิสระต่อกระแสของอาร์เมเจอร์ ยังผลให้สามารถควบคุมพารามิเตอร์ของมอเตอร์ให้มีค่าคงที่ได้ตลอดช่วงพิสัยที่กว้าง มอเตอร์แบบนี้มักจะใช้งานในกรณีระบบบังคับการเคลื่อนที่ต้องการแรงบิดสูง ในรูป แสดงคุณสมบัติระหว่างแรงบิดกับความเร็วของ shunt motor ภายใต้ภาวการณ์กระตุ้นสนามแม่เหล็กคงที่ และอาร์เมเจอร์โวลท์เตจคงที่

รูปที่ 2.16



รูปที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

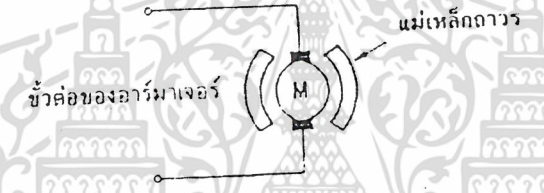
2. ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่

ระบบการกระตุ้น field ของมอเตอร์โดยทั่วไปในปัจจุบันมักใช้เป็นแบบแม่เหล็กถาวร ดังแสดงในรูป 2.17 ในระบบนี้เส้นแรงของ field มีค่าคงที่ ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์และแรงบิดจะมีค่าคงที่ ดังนั้นจะได้สมการ

$$T = K_t I$$

และสมการ

$$E = K_w w$$



รูปที่ 2.18

ระบบนี้จะให้ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์ แรงบิดและความเร็วอยู่ในลักษณะ linear สมการทางไฟฟ้าของดีซีมอเตอร์แบบนี้เขียนได้เป็น

$$V = K_E w + Ldi/dt + Ri$$

เมื่อ V คือโวลท์เตจที่ป้อนให้กับมอเตอร์

K_E คือค่าคงที่ของโวลท์เตจย้อนกลับ

L คือ inductance ของอาร์เมอเจอร์

R คือความต้านทานที่ขั้วของมอเตอร์

สมการไดนามิคของมอเตอร์คือ

$$T_G = Jdw/dt + Bw + T_F + T_L$$

เมื่อ T_G คือแรงบิดที่กำเนิดโดยมอเตอร์

J คือผลรวมของโมเม็นท์ของแรงเฉื่อยของมอเตอร์และโหลด

B คือสัมประสิทธิ์ของ viscos dampling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T_F คือแรงบิดเสียดทานภายใน

T_L คือแรงบิดโหลด

สมการต่างๆ ของมอเตอร์แบบแยกกระตุ้น field จะเหมือนกับการกระตุ้น field คงที่ อย่างไรก็ตาม ข้อดีของมอเตอร์แบบ field แม่เหล็กถาวรซึ่งเหนือกว่ามอเตอร์แบบมีโครงสร้างของ field ด้วยการพันของขดลวดคือ ไม่มีกำลังสูญเสียใน field มีประสิทธิภาพสูงกว่าและมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับมอเตอร์ที่มีขนาดของกำลังม้าเท่ากัน นอกจากนั้นความสัมพันธ์เชิงเส้นยังให้ค่าของกระแสอาร์เมเจอร์ที่สูงกว่าดีซีมอเตอร์แบบ field เป็นขดลวด การประยุกต์ใช้งานเหมาะกับระบบที่ต้องการแรงบิดของโหลดสูง

2.1.7 ระบบคอนโทรลมอเตอร์

ในปัจจุบันการคอนโทรลดีซีมอเตอร์จะพบได้ในงานอุตสาหกรรมส่วนมาก เนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทางไมโครอิเล็กทรอนิกส์และไมโครโปรเซสเซอร์ ดังนั้นการออกแบบระบบคอนโทรลดีซีมอเตอร์และการวิเคราะห์จึงเป็นเทคนิคใหม่ใหม่ที่สำคัญและน่าสนใจ

ระบบคอนโทรลแบบดั้งเดิม พลังจักรกลที่สำคัญในระบบมักได้แก่ พวกมอเตอร์ไฟฟ้าต่างๆ hydraulic actuator และ พวกเบรกและคลัช เป็นต้น แต่ด้วยความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีการสร้างแม่เหล็กถาวรให้มีคุณภาพสูง ทำให้ดีซีมอเตอร์กลายเป็นพลังจักรกลที่สำคัญในระบบคอนโทรลเกือบทุกชนิดในปัจจุบัน และในเวลาเดียวกันบวกกับความก้าวหน้าของไมโครโปรเซสเซอร์ได้สร้างการประยุกต์งานใหม่ๆ ขึ้นทำให้ดีซีมอเตอร์และ step motor ได้รับความนิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมปัจจุบันอย่างกว้างขวาง

ดีซีมอเตอร์เป็น analog actuator ที่ไม่มีตำแหน่งหยุดที่แน่นอนเหมือน step motor ดังนั้นในระบบดีซีมอเตอร์โดยทั่วไปมักเป็นระบบแบบลูปปิด ในระบบแบบลูปปิดตำแหน่งเอาท์พุตหรือความเร็วเอาท์พุตจะถูกป้อนกลับไปเปรียบเทียบกับอินพุตอ้างอิงเพื่อให้ได้คุณสมบัติการทำงานที่ต้องการ

1. พื้นฐานของระบบคอนโทรลดีซีมอเตอร์

ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบคอนโทรลดีซีมอเตอร์แสดงได้ในบล็อกไดอะแกรมของรูปที่ 2.19 ซึ่งประกอบด้วยบล็อกที่สำคัญ 4 บล็อก

1.1 ตัวคอนโทรลเลอร์

1.2 Driver circuit หรือ Power amplifier

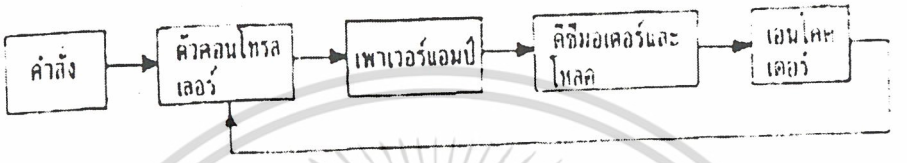
1.3 Feedback transducer หรือ Encoder

1.4 ดีซีมอเตอร์และโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตัวคอนโทรลเลอร์เป็นส่วนของระบบ ที่ทำให้เกิดสัญญาณคอนโทรลบังคับดีซีมอเตอร์และโหลด คอนโทรลเลอร์ที่ให้ตัวคอนโทรเลอร์เป็นสัญญาณอนาลอก เราเรียกว่า อนาลอกคอนโทรลเลอร์ ส่วนคอนโทรลเลอร์ที่ให้สัญญาณดิจิตอลเราเรียกว่าดิจิตอลคอนโทรลเลอร์



รูปที่2.19

วงจรไดรเวอร์เป็นส่วนของระบบที่อยู่ระหว่างตัวคอนโทรลเลอร์ดับดีซีมอเตอร์และโหลดวงจรไดรเวอร์ส่วนใหญ่ได้แก่ power amplifier ซึ่งอาจแบ่งย่อยออกเป็น linear power amplifier และ pulse width modulation amplifier

Feedback transducer หรือ Encoder เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้รับรู้หรือ detect สัญญาณเอาท์พุตที่ต้องการโดยไม่มีผลของการโหลดดิ้ง (loading) สัญญาณที่ดีเท็คได้นี้จะป้อนกลับไปเปรียบกับสัญญาณอ้างอิงทำให้ได้สัญญาณ error feedback transducer แบ่งได้เป็น 2 แบบคือ

- Analog transducer คือสิ่งประดิษฐ์ใช้เปลี่ยนพลังงานรูปหนึ่งให้เป็นสัญญาณอนาลอกได้แก่พวก ทาโคเจนเนอร์เรเตอร์ โพเทนชิโอมิเตอร์และซิงโคร เป็นต้น
- Digital transducer เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานรูปหนึ่งให้เป็นสัญญาณดิจิตอล ได้แก่พวกอินครีเมนท์ทอลเอ็นโคดเดอร์รีโซลเวอร์ แม็คเนติคพิกอัพเป็นต้น
-

ดีซีมอเตอร์และโหลดคือระบบที่ถูกคอนโทรลหรือส่วนที่ออกแรงทำงานซึ่งจะเป็นเครื่องจักร (ดีซีมอเตอร์) หรืออะไรก็ตามที่ให้ตัวแปร ดีซีมอเตอร์ในที่นี้เป็นแบบแม่เหล็กถาวรที่มีคุณสมบัติการทำงานสูง มีอาร์เมเจอร์อินดักแต้นซ์และแรงเฉื่อยของโรเตอร์ต่ำ

2. ลักษณะการคอนโทรลของระบบดีซีมอเตอร์

ระบบการคอนโทรลของระบบดีซีมอเตอร์ สามารถที่จะจำแนกลักษณะการคอนโทรลออกได้เป็น 2 แบบ คือ

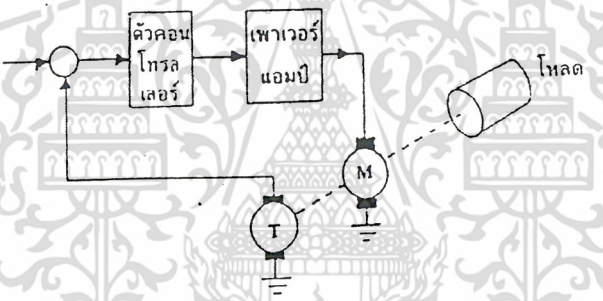
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
61741

2.1 ระบบอนาลอกคอนโทรล

2.2 ดิจิตอลคอนโทรล

2.1 ระบบอนาลอคคอนโทรล

ในคอนโทรลลูปของระบบอนาลอกคอนโทรลเอาท์พุตของระบบจะถูกวัดค่าหรือดีเท็คค่าได้เป็นสัดส่วนกับสัญญาณไฟฟ้าที่เป็นสัญญาณอนาลอก เช่นระบบที่มีการป้อนกลับด้วย ทาโคมิเตอร์ ดังนั้นระบบอนาลอกคอนโทลก็คือคอนโทรลลูปที่ฟีดแบ็คทรานส์ดิวเซอร์เป็นอนาลอกทรานส์ดิวเซอร์วัดค่าไดนามิควาริเอ-เบิล ออกเป็นสัญญาณอนาลอคป้อนกลับไปยังตัวอนาลอกคอนโทรลเลอร์เพื่อคอนโทรลให้ได้คุณสมบัติการทำงานให้เป็นไปตามที่ต้องการ

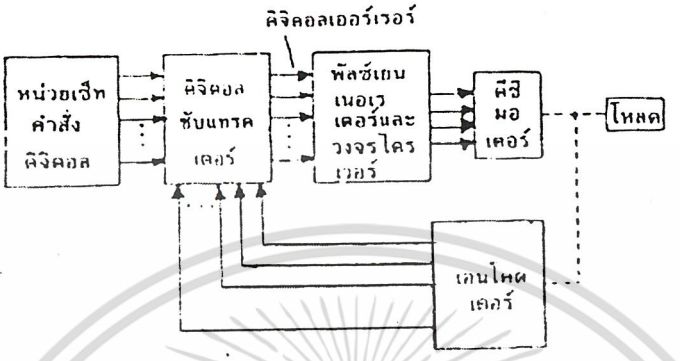


รูปที่ 2.20

2.2 ระบบดิจิตอลคอนโทรล

ระบบดิจิตอลคอนโทรลคือระบบที่คอนโทรลลูปมีฟีดแบ็คทรานส์ดิวเซอร์เป็นดิจิตอลทรานส์ดิวเซอร์ซึ่งสามารถวัดค่าไดนามิควาริเอเบิออกเป็นสัญญาณดิจิตอล หรือในรูปของสัญญาณเอ็นโคดดิงของไบนารีคือสัญญาณเอาท์พุตของดิจิตอทรานส์ดิวเซอร์ จะเป็นโค้ดไบนารีป้อนกลับไปยังตัวดิจิตอคอนโทรลเลอร์ เพื่อคอนโทรลให้ได้คุณสมบัติการทำงานเป็นไปตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21

2.1.8 ตัวจับสัญญาณ (Sensor) และ Encoder ในระบบการควบคุมมอเตอร์

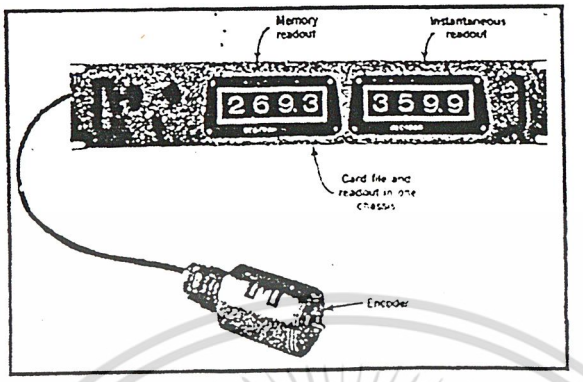
ตัวจับสัญญาณและเอ็นโคดเดอร์ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในระบบคอนโทรลที่มีการป้อนกลับในระบบคอนโทรลแบบบเปิดลูป เอ็นโคดเดอร์มักใช้สำหรับตรวจสอบคุณสมบัติการทำงานของระบบ ส่วนในระบบคอนโทรลแบบปิดลูป ตัวจับสัญญาณและเอ็นโคดเดอร์ใช้เป็นตัวป้อนสัญญาณกลับเพื่อการคอนโทรล นอกจากนั้นส่วนประกอบเหล่านี้ ยังใช้ในสำหรับพิสูจน์ความเหมือนกันของกระบวนการที่ไม่รู้ค่าหรือกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลง

ตัวจับสัญญาณและเอ็นโคดเดอร์ที่ใช้กันมากในระบบคอนโทรล เช่น Potentiometer, optical encoder, magnetic picks transducer จำพวกแม่เหล็กไฟฟ้า และ resolver

ตัวจับสัญญาณและ encoder ที่ใช้กับแขนกลนี้เป็นแบบ encoderที่นับการเพิ่มค่า (increment encoder)

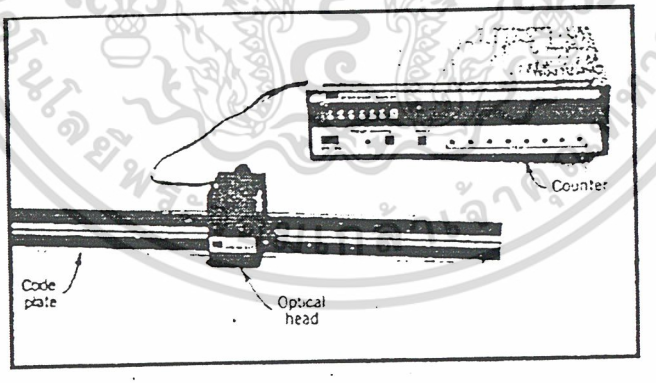
encoder ที่นับการเพิ่มค่าใช้ในระบบการบังคับตำแหน่งหรือความเร็วของมอเตอร์และสร้างสัญญาณป้อนกลับ โดยที่ตัว encoder จะสร้างสัญญาณลูกคลื่น (pulse) ที่แปรผันตรงกับการหมุนของเพลาซึ่งสามารถนำไปใช้กับการรับรู้ความเร็วของเพลามอเตอร์ในรูปของอัตราจำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



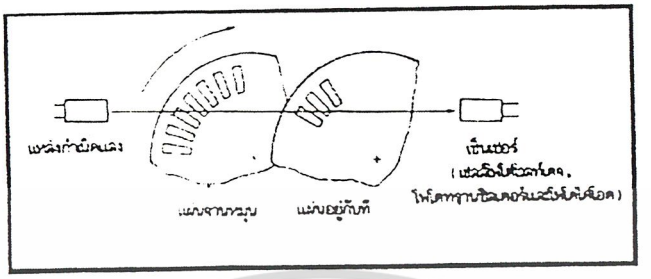
รูปที่ 2.22

สัญญาณลูกคลื่นได้ ในรูปที่ 2.22 และ รูปที่ 2.23 แสดงรูปลักษณะของเอ็นโคดเดอร์ที่นับการเพิ่มค่าแบบโรตารี่และแบบ linear เอ็นโคดเดอร์ที่นับการเพิ่มค่าประกอบด้วยส่วนที่สำคัญคือตัวกำเนิดแสงจานหมุน (rotary disk) จานอยู่กับที่ และตัวจับสัญญาณบนแผงจานทำเป็นช่องโดยรอบดังแสดงในรูปที่ 2.24 และแผ่นอยู่กับที่จะมีช่องสำหรับให้แสงผ่านตรงเข้าไปยังตัวจับสัญญาณ ถ้าเป็นเอ็นโคดเดอร์ที่ใช้วัดความเร็วต่ำไม่ต้องมีแผ่นอยู่กับที่ก็ได้ ส่วนตัวกำเนิดแสงอาจจะเป็นหลอดไฟหรือหลอด LED ก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.25

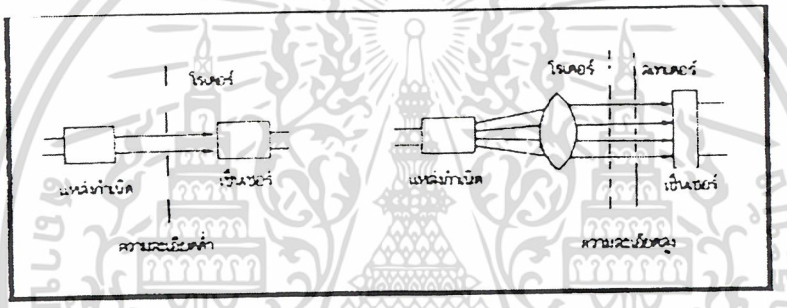


รูปที่ 2.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24



รูปที่ 2.25

ความละเอียดของเอ็นโคดเดอร์ที่นับการเพิ่มค่า

ความละเอียดของเอ็นโคดเดอร์คือจำนวนคาบเวลาของสัญญาณเอาท์พุตต่อการหมุนของเพลา 1 รอบ ซึ่งเป็นจำนวนสัญญาณลูกคลื่นต่อรอบหรือจำนวนรอบต่อ 360 องศามุมทางเชิงกล หรือรอบต่อองศา เอ็นโคดเดอร์ที่ใช้กันทั่วๆ มีค่าความละเอียดตั้งแต่ 15-10000 สัญญาณลูกคลื่นต่อรอบ

เนื่องจากแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดเป็นลำแสงเดียว ถ้าเราต้องการให้แสงที่ผ่านช่องไปยังตัวจับสัญญาณเป็นเส้นตรงพร้อมๆ กัน ก็ทำได้โดยใช้ lens หรือ parabolic reflector ดังแสดงในรูปที่ 1.26 จำนวนสัญญาณรูปคลื่นต่อ1 รอบของสัญญาณที่เอ็นโคดเดอร์สร้างออกมาจะเท่ากับจำนวนช่องว่างบนแผ่นจานหมุน และความกว้างของช่องว่างเท่ากับความกว้างของแถบทึบระหว่างช่องว่างจะเท่ากัน เพราะฉะนั้นเราสามารถคำนวณหาความกว้างของช่องว่าง (w) ได้ดังสมการ

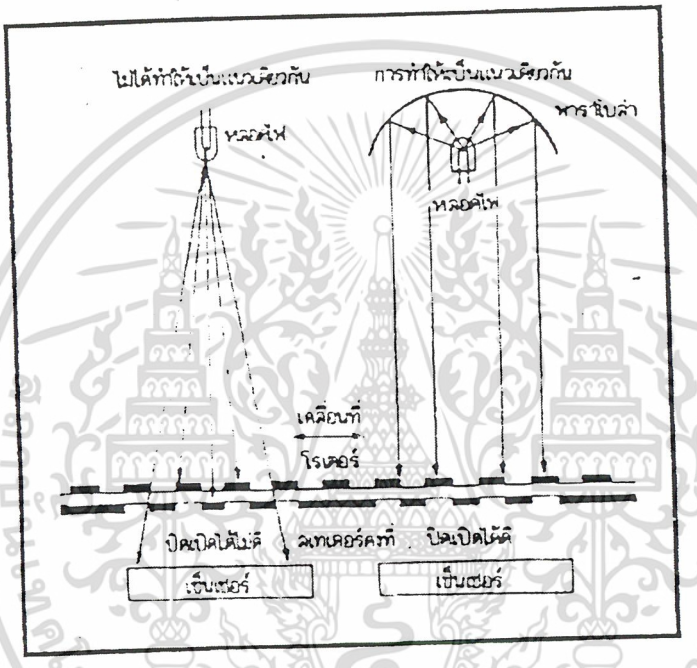
$$w = ¶Ø / 2N$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ w คือเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของ pattern

N คือจำนวนของความละเอียดเป็นสัญญาณลูกคลื่นต่อรอบ

Ø คือความกว้างของช่องว่าง

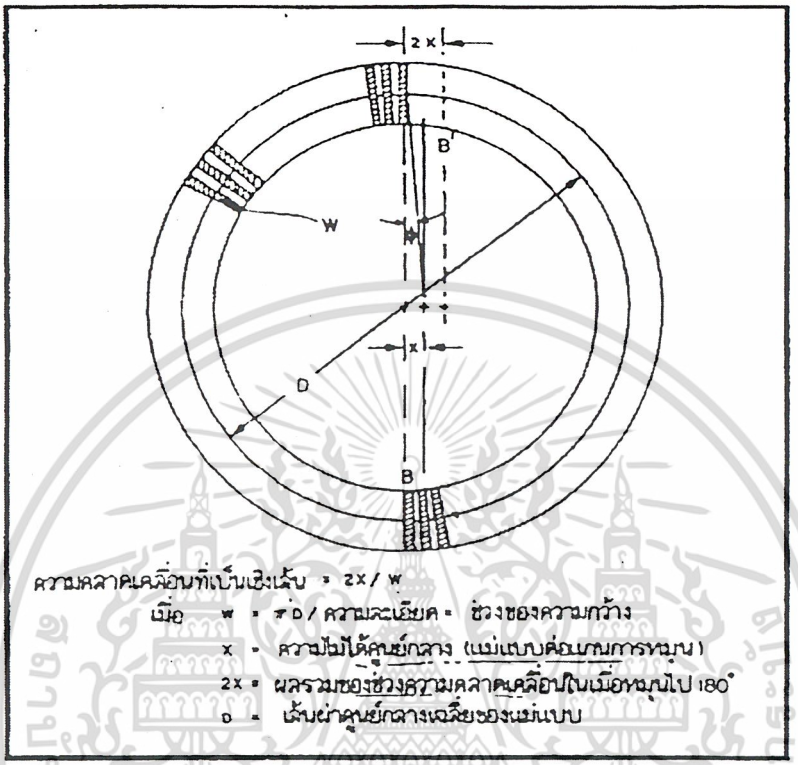


รูปที่ 2.26

ค่าของตัวแปรของสมการหาได้จากรูปที่ 2.27 ถ้าให้ D เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นหมุนของเอ็นโคดเดอร์ค่าประมาณใกล้เคียงมากของค่าความกว้างของช่องว่างแสดงได้ดังสมการ

$$w = 0.75 \P Ø / 2N$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



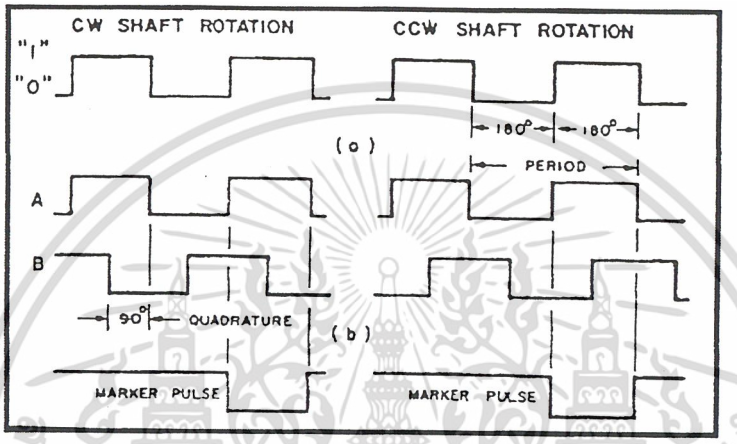
รูปที่ 2.27

เอาท์พุตของของเอ็นโคดเดอร์

โดยทั่วๆ ไปแล้วสัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากเอ็นโคดเดอร์โดยตรงจะมีระดับไม่เพียงพอในการควบคุมหรือสำหรับการประมวลสัญญาณ ดังนั้นจึงต้องมีวงจรขยายและแปลงรูปร่างลูกคลื่นสัญญาณต่อไว้ในเอ็นโคดเดอร์ด้วยเสมอ สัญญาณรูปคลื่นที่ได้จากตัวรับสัญญาณปกติจะเป็นรูปสัญญาณสามเหลี่ยมหรือรูปสัญญาณซายน์ขึ้นอยู่กับความละเอียดที่ต้องการ รูปสัญญาณเหล่านี้สามารถทำให้เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมได้โดยกาการต่อตัวคอมพาราเตอร์เข้ากับ linear amplifier ของเอ็นโคดเดอร์ก็จะได้เอาท์พุตเป็นลูกคลื่นสี่เหลี่ยมตามต้องการ รูปที่ 2.28 (a) แสดงถึงรูปคลื่นเอาท์พุตสี่เหลี่ยมของเอ็นโคดเดอร์ชนิด 1 ช่องไม่ว่าเพลาจะหมุนในทิศทางใดก็ได้ สัญญาณออกมาเหมือนกันจึงเหมาะที่ใช้กับงานที่ไม่กำหนดทิศทางท่านั้น ส่วนในรูปที่ 2.28 (b) แสดงสัญญาณ 2 ชุดที่ได้จากเอ็นโคดเดอร์ชนิด 2 ช่องนี้จะต่าง 90 องศาทางไฟฟ้า เราเรียกสัญญาณสองช่องนี้ว่าเป็นควอดราเจอร์ (Quadrature) ซึ่งเหมาะที่จะใช้ในการรับรู้ทิศทางการหมุนของเพลาหรือใช้ควบคุมระยะที่ซับซ้อนอื่นๆ จากสัญญาณในรูปที่ 2.28 (b) จะเห็นได้ว่าสัญญาณทั้ง 2 ช่องจะเริ่มจาก 0 ถึง 1และ 1 ถึง 0 ขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุนของเอ็นโคดเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเอ็นโคดเดอร์ที่นับการเพิ่มค่าบางชนิดจะมีสัญญาณลูกคลื่นแสดงถึงจำนวนรอบของการหมุน สำหรับใช้เป็นศูนย์ในการอ้างอิงสัญญาณลูกคลื่นที่ใช้แสดงจำนวนรอบนี้ จะเกิดขึ้น 1 สัญญาณลูกคลื่นต่อ 1 รอบ โดยทั่วไปแล้วใช้บอกถึงตำแหน่งเชิงกลหรือใช้เป็นสัญญาณเคลียร์จำนวนที่นับไว้ในหน่วยเก็บข้อมูล



รูปที่ 2.28 (a) และ รูปที่ 2.28 (b)

2.1.9 ลักษณะเฉพาะและการใช้งานของ Robot

- Cartesian มี 3 แกนหลัก ง่ายต่อการบังคับและการเคลื่อนที่ ส่วนประกอบจะมีโครงร่างซึ่งยึดติดกับแขนกล ดังนั้นแขนกลจึงเหมาะกับพื้นที่การทำงานที่เป็นสี่เหลี่ยม ซึ่งขอบเขตการทำงานน้อยกว่าที่มันจะเป็นจริงๆ ส่วนมากจะใช้งานในลักษณะการประกอบชิ้นส่วนฉีด mould
- Cylindrical เป็น Robot ที่มีแกนกลางซึ่งสามารถหมุนได้ บนแกนกลางจะมีแกนหลักซึ่งสามารถเคลื่อนที่ในแนวตั้งและแนวนอน มีขอบเขตการทำงานเป็นลักษณะทรงกระบอก มักใช้ในงานที่มีการระบุตำแหน่งแน่นอน เช่น มีการหยิบของจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง robot ขนาดเล็กสามารถใช้งานกับเครื่องจักร NC ด้วย
- Polar เป็น robot รุ่นแรก แต่ยังมีการใช้อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ไม่มีความซับซ้อนของ joint มีความคงทนสูง ขอบเขตการทำงานเป็นลักษณะส่วนหนึ่งของวงกลม ใช้เชื่อมจุดและใช้ยกของที่มีน้ำหนักมาก
- Joint-arm Horizontal Axes มีแกนกลางเรียกว่า Weist หมุนได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มี joint ต่อกับ shoulder และ elbow มีลักษณะคล้ายคนมากที่สุด โดยแกนทั้ง 3 มีอิสระต่อกัน จึงใช้งานหลายประเภท ขอบเขตการทำงานเป็นทรงกลม ใช้ในงานเชื่อมรอยต่อ เชื่อมจุด พ่นสเปรย์ ยกของหนัก ใช้ในงานที่เกี่ยวกับพวกของเหนียว

- Joint-arm Vertical Axes หมุนในแนวตั้งจึงทำให้มีการเคลื่อนที่ตามระนาบแนวนอน แต่จะใช้กับงานประกอบชิ้นส่วนในแนวตั้ง robot ประเภทนี้ใช้กับงานเบาๆ ไม่หักโหม ขอบเขตการกระทำมีลักษณะเป็นส่วนหนึ่งของทรงกระบอก แต่มี robot ชื่อ Lamberton ทำงานหนักได้ ใช้ในงานตีเหล็ก หรือในโรงงานหล่อเหล็ก

- Pendulum Arm ใช้ในงานประกอบชิ้นส่วน แต่ปัจจุบันยังติดตั้งใช้เป็นหุ่นยนต์เชื่อม gantry ซึ่งมันถูกเตรียมให้มีโครงสร้างความเฉื่อยต่ำ เหมาะกับการเคลื่อนไหวที่มีความเร่งและความเร็วสูง งานที่ได้เป็นทรงกลมแค่บางส่วน

- Multiple-joint Arm มักความซับซ้อนสูง และสามารถใช้กับหลายๆ application เช่น ชนิดที่ผลิตโดย "Komastu Ltd" เป็นแบบพิเศษสำหรับการพ่นสีสเปรย์, เชื่อมจุด, เชื่อมรอยต่อ นอกจากนี้ บางรุ่นยังถูกออกแบบให้ใช้ในโรงปฏิกรณ์นิวเคลียร์ สำหรับตรวจตราและซ่อมบำรุง ขอบเขตการทำงานเป็นทรงกลมเกือบสมบูรณ์ โดยที่ฐานแบนและใจกลางกลวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีเรื่อง ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89C51RD2

เป็นไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS-51 ของ Phillips Semiconductor โครงสร้างภายในจะคล้ายกับ MCS-51 มาตรฐาน แต่จะมีส่วนเพิ่มเติมขึ้นมาเช่น มีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลช และมีการบรรจุโปรแกรมบูตรอม (Boot ROM) เข้าไปภายในตัวมัน ทำให้สามารถเขียนหรือลบโปรแกรมได้โดยตรงโดยไม่ต้องถอดชิปออกจากวงจร ที่เรียกว่าการโปรแกรมแบบ ISP(In-System Programming)

ในปัจจุบันมีผู้ผลิตไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 นี้ออกมาหลายบริษัทและมีเบอร์ที่ใช้เรียกแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายในและเทคโนโลยีที่ใช้ในการสร้างชิป โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

803x : ไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในเช่น 8031 8032 เป็นต้น

805x : มีหน่วยความจำโปรแกรมประเภท ROM ภายใน

8xxx : ใช้เทคโนโลยีแบบ NMOS

8xCxx : ใช้เทคโนโลยีแบบ CMOS

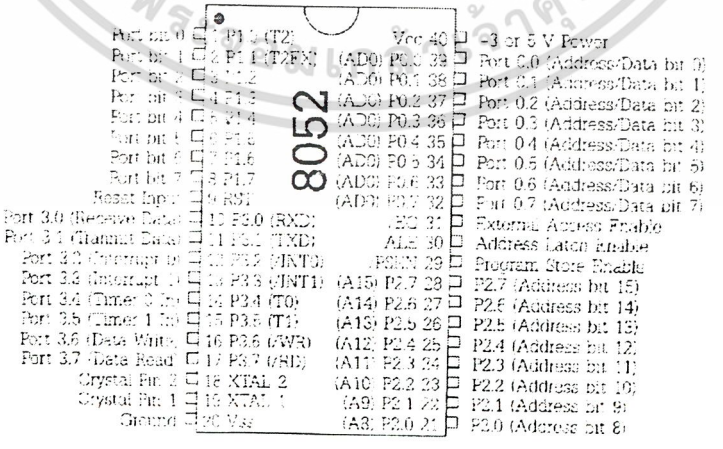
87xx : มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในแบบ EPROM

89xx : มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในเป็นแบบ flash EPROM

8xx1 : มีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน 4 กิโลไบต์และมี RAM ภายใน 128 กิโลไบต์

8xx2 : มีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน 8 กิโลไบต์และมี RAM ภายใน 256 กิโลไบต์

อย่างไรก็ตามแม้ว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 จะมีอยู่หลายเบอร์ หลายรุ่น แต่ลักษณะการจัดขาของตัวชิปไอซีอาจแตกต่างกันไปบ้าง บางเบอร์มี 20 ขา บางเบอร์มี 40 ขา โดยผู้สนใจสามารถศึกษาได้จากคู่มือโดยตรง สำหรับลักษณะการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8052 แสดงได้ดังรูป



รูปที่ 2.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

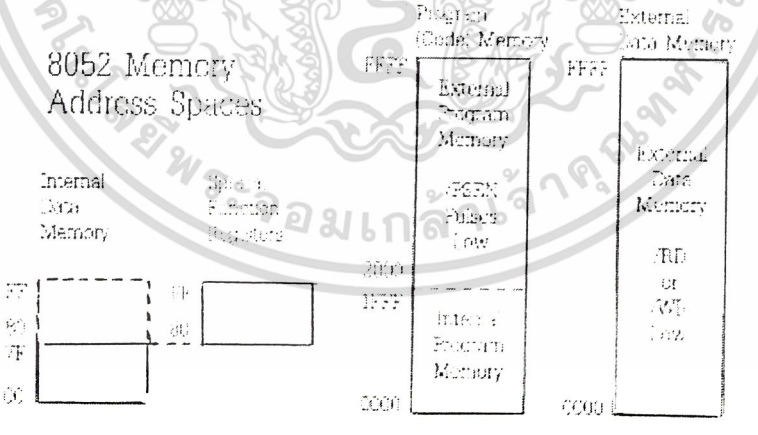
2.2.1 โครงสร้างหน่วยความจำของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ได้ออกแบบการจัดการความจำออกเป็น 2 ส่วนคือหน่วยความจำโปรแกรม (program memory)และหน่วยความจำข้อมูล(data memory)โดยทั้งสองส่วนนี้จะมีแอดเดรสแยกออกจากกัน สำหรับ MCS-51 บางเบอร์จะมีหน่วยความจำโปรแกรมอยู่ภายในชิปบางเบอร์ต้องต่อเพิ่มภายนอกชิป ถ้า MCS-51 ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก ไซเคิลการทำงานจะเป็นดังนี้

- ถ้าอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกขา PSEN จะเป็น Low
- ถ้าอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอกขา RD เป็น Low
- ถ้าเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำข้อมูลภายนอกขา WR เป็น Low

หน่วยความจำโปรแกรม

ใน MCS-51 จะมีหน่วยความจำโปรแกรมได้สูงสุด 64k byte หลังจากตัวมันถูกรีเซตจะเริ่มต้นทำงานที่แอดเดรส 0000 ของหน่วยความจำโปรแกรม การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมนี้จะต้องใช้คำสั่งMOVC นอกจากนี้ในหน่วยความจำโปรแกรมยังแบ่งแอดเดรสบางส่วนสำหรับเก็บโปรแกรมตอบสนองอินเทอร์รัปต์ เช่นแอดเดรส 0003H เป็นตำแหน่งของโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัปต์จากภายนอก (INTO) เมื่อมีสัญญาณอินเทอร์รัปต์เข้ามาทางขานี้ โปรแกรมจะกระโดดไปทำงานยังตำแหน่งนี้ทันที



รูปที่ 2.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำข้อมูลภายนอก

หน่วยความจำข้อมูลภายนอกของ MCS-51 สามารถมีได้ 64k Byte เมื่อ MCS-51 ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำส่วนนี้จะต้องใช้คำสั่ง MOVX และใช้รีจิสเตอร์ DPRT. R0 R1 ในการอ้างตำแหน่งหน่วยความจำ ในการย้ายพอร์ตเพิ่มให้กับ MCS-51 จะต้องใช้ตำแหน่งในส่วนนี้เป็นตำแหน่งของพอร์ตด้วย

หน่วยความจำข้อมูลภายใน

หน่วยความจำข้อมูลภายในของ MCS-51 จะมีจำนวน 256 Byte หรือ 128 Byte แรกที่มีแอดเดรสอยู่ในช่วง 00H-7FH จะเป็นส่วนของ RAM ที่ใช้งานได้ทั่วไป รีจิสเตอร์แบงค์จำนวน 4 แบงค์ หน่วยความจำที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ ส่วนอีก 128ไบต์หลังเริ่มต้นตั้งแต่แอดเดรส 80H เป็นต้นไปจะเป็นส่วนของรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ หรือ SFR(Special Function Register) และรีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไปเช่น รีจิสเตอร์ ACC. B. PSW. DPTR เป็นต้น การอ่านหรือเขียนข้อมูลกับหน่วยความจำส่วนนี้จะใช้คำสั่ง MOV

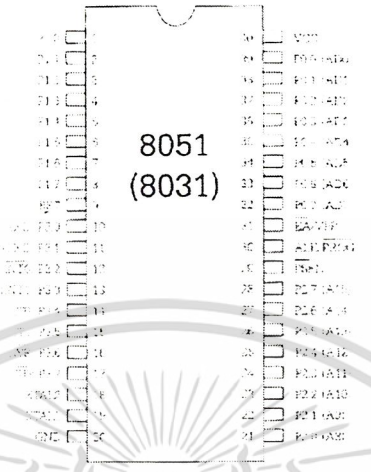
2.2.2 ความเร็วในการทำงานของ MCS-51

การให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานนั้นจะต้องโปรแกรมให้กับตัวมันก่อน การวัดความเร็วในการทำคำสั่งของโปรแกรมจะดูจากรอบสัญญาณนาฬิกาหรือที่เรียกว่าแมชชีนไซเคิล ซึ่งในตารางคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตัวจะมีข้อมูลบอกไว้ว่าการทำคำสั่งแต่ละคำสั่งจะใช้สัญญาณนาฬิกากี่แมชชีนไซเคิล สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ที่เป็นมาตรฐานนั้น 1 แมชชีนไซเคิลจะใช้สัญญาณนาฬิกา 12 ลูก ดังนั้นถ้า MCS-51 ทำงานที่สัญญาณนาฬิกา 12 MHz แล้ว การทำงาน 1 ไซเคิลจะมีค่าเท่ากับ 1 ไมโครวินาทีหรือมีความเร็วในการทำงาน 1MHz ถ้าหากต้องการให้ MCS-51 ตัวนั้นทำงานได้เร็วขึ้นจะต้องเพิ่มสัญญาณนาฬิกาให้กับมัน สำหรับ MCS-51 บางเบอร์จะมีความเร็วมากขึ้นกว่าปกติ 2 เท่า เช่นเบอร์ P89C51RD2 เนื่องจากหนึ่งแมชชีนไซเคิลของมันจะใช้สัญญาณนาฬิกาเพียง 6 ลูก

2.2.3 การจัดขาของ MCS-51

ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีลักษณะตัวถังอยู่หลายรูปแบบอย่างเช่น ถ้าเป็นเบอร์ 8051. 8031. 8751. 89C51 จะมีแบบ 40 ขาและเป็นตัวถังแบบ DIP(Dual In-line Package) โดยจะประกอบด้วยขาแอดเดรส ขาข้อมูล ขาอินเทอร์รัปต์ และขาควบคุมต่างๆ เช่น I/O. RD. WR เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31

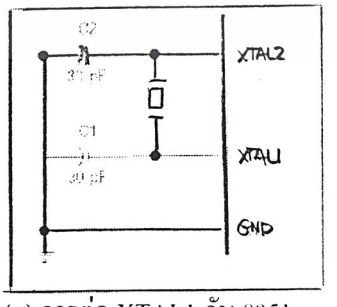
ในรูปที่ 2.31 เป็นแบบตัวถึง 40 ขา โดยเป็นขาของพอร์ตขนาน 4 พอร์ตคือ P0, P1, P2 และ P3 จำนวน 32 ขา ส่วนอีก 8 ขาเป็น V_{cc}, GND, XTAL1, XTAL2, RST, EA, PSEN และ ASI โดยแต่ละตัวมีหน้าที่ดังนี้

V_{cc} เป็นขาที่ 40 ใช้ต่อกับแหล่งกำเนิดแรงดัน +5V

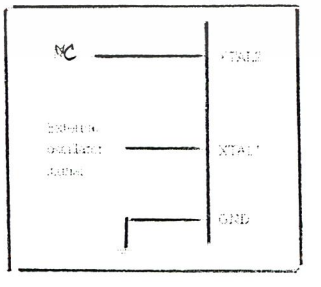
GND เป็นขาที่ 20 ใช้ต่อกับกราวด์

XTAL1 และ XTAL2

แม้ว่าตัว MCS-51 จะมีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิป แต่ก็ต้องต่อคริสตอลภายนอกเพื่อควบคุมสัญญาณนาฬิกา โดยต่อเข้าทางขา XTAL1 และ XTAL2 ดังรูป โดยมีตัวเก็บประจุ 30pF ต่ออยู่ด้วย แต่ถ้า MCS-51 ต้องการสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกก็สามารถทำได้โยต่อเข้าทางขา XTAL1 ดังรูป



(a) การต่อ XTAL1 กับ 8051



(b) การต่อวงจรกำเนิดสัญญาณโดยตรง

รูปที่ 2.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RST เป็นขารีเซท เมื่อต้องการรีเซท MCS-51 จะต้องทำให้ขานี้เปลี่ยนจากลอจิก 0 เป็นลอจิก 1 หลังจาก MCS-51ถูกรีเซท ค่าในรีจิสเตอร์ต่างๆ จะเป็นดังนี้

รีจิสเตอร์	ค่าเริ่มต้น
PC	0000
ACC	0000
B	0000
PSW	0000
SP	0007
DPTR	0000

ตารางที่2.1

เมื่อ PC มีค่าเป็น 0 จะทำให้ CPU เริ่มทำคำสั่งแรกที่อยู่ในหน่วยความจำ ROM ที่แอดเดรส 0000และจะทำชุดคำสั่งต่างๆ ไปตามโปรแกรม การรีเซท MCS-51 จะมีสองแบบคือ การรีเซทเมื่อเริ่มต้นจ่ายไฟให้กับวงจร เรียกว่า power-on-reset อีกวิธีหนึ่งเป็นการรีเซ?เมื่อมีการจ่ายไฟให้กับวงจรอยู่แล้ว แต่จะกดปุ่มรีเซทของวงจร การต่อวงจรรีเซททั้งสองประเภททำได้ดังรูปที่ 2.33 สำหรับ MCS-51 เบอร์ที่เป็นมาตรฐาน เช่น 8051 ตัวมันจะถูกรีเซทได้นั้นจะต้องให้ขา RST มีลอจิก 1 อย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล

EA (External Access) ตามที่ทราบมาแล้วว่า MCS-51บางรุ่นมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในชิปเช่น 8751, 89C51 เป็นต้น บางรุ่นต้องต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกชิป เช่น 8031, 8032 เป็นต้น ถ้าหากขา EA นี้ต่อกับลอจิก 1 หมายความว่าให้อ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำภายในชิป แต่ถ้าเป็น MCS-51 ที่มีหน่วยความจำ ROM อยู่ภายนอกขา EA นี้ต้องต่อลง GND ให้เป็นลอจิก 0 เสมอ เพื่อทำให้โปรแกรมที่อยู่ใน ROM ภายนอกชิป

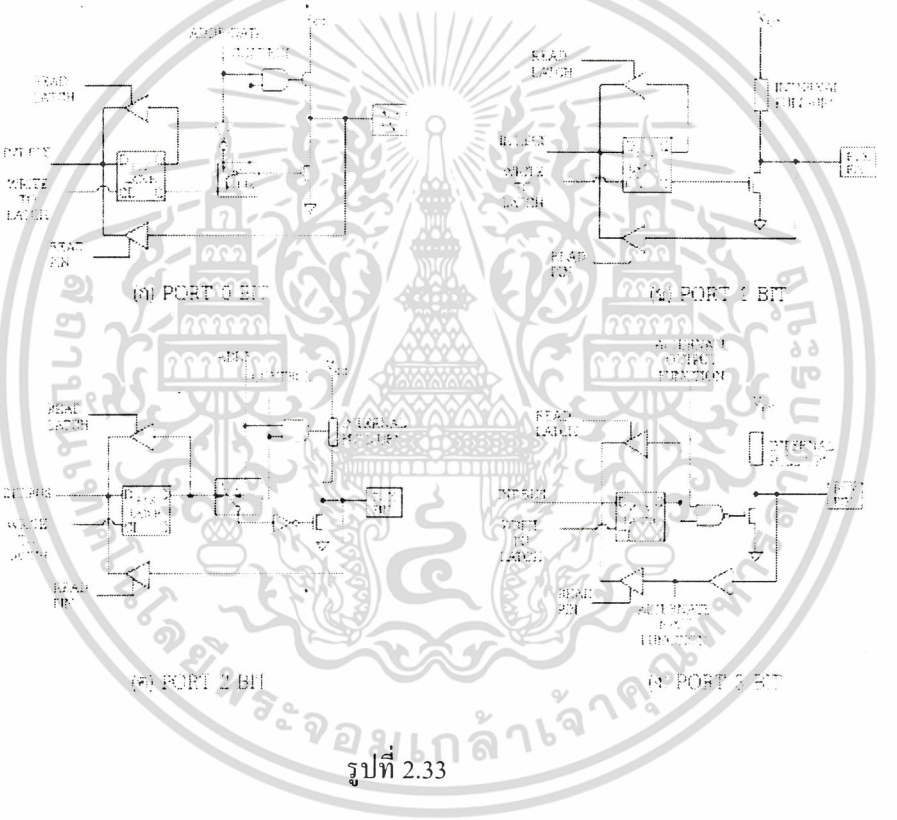
PSEN (Program Store Enable) ขานี้จะแอกทีฟเป็นลอจิก 0 เมื่อ MCS-51ต้องการอ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำ ROM ภายนอก โดยทั่วไปแล้วมักจะนำขานี้ต่อกับขา OE ของหน่วยความจำ ROM

ALE(Address Latch Enable) เป็นขาเอาท์พุตที่แอกทีฟลอจิก 1 โดย CPUจะส่งสัญญาณนี้ออกมาเอง เนื่องจากพอร์ต P0นี้สามารถทำงานได้สองหน้าที่คือเป็นขาแอดเดรส และขาข้อมูล ตัว MCS-51 จะใช้สัญญาณทางขา ALE นี้มัลติเพล็กซ์พอร์ต P0 ว่าขณะนั้นจะใช้งานเป็นแอดเดรสหรือใช้งานเป็นขาข้อมูล โดยทั่วไปแล้วในวงจรระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะต่อขานี้กับขา G ของชิป74LS373

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 I/O พอร์ตและลักษณะการใช้งาน

พอร์ตขนานของ MCS-51มี 4พอร์ตคือ พอร์ต 0 พอร์ต 1 พอร์ต 2 และพอร์ต 3 โดยทั้งหมดเป็นพอร์ตแบบ 8 บิต ซึ่งสามารถใช้เป็นพอร์ตอินพุตหรือเอาท์พุตได้ สำหรับพอร์ต 3 นั้นนอกจากจะใช้เป็นพอร์ตตามปกติแล้วยังใช้เป็นสัญญาณควบคุมต่างๆ อีกด้วย จากโครงสร้างภายในของ MCS-51 จะพบว่าแต่ละบิตของพอร์ต 1 2 3 จะมีตัวต้านทานที่มีค่าประมาณ 50k ต่อpull-up อยู่ ทำให้สภาวะปกติแต่ละบิตจะมีลอจิกเป็น 1 และจะทำให้พอร์ตเหล่านั้นสามารถขับอุปกรณ์ภายนอกได้ แต่สำหรับพอร์ต 0 จะไม่มีตัวต้านทานต่ออยู่ภายใน



รูปที่ 2.33

พอร์ต 0 นี้อยู่ที่ขา 32-39 นอกจากจะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาท์พุตแล้ว ยังถูกใช้เป็นขาแอดเดรสและขาข้อมูลด้วย โดยแต่ละบิตจะมีชื่อเป็น AD0-AD7 สำหรับการมัลติเพล็กซ์ระหว่างขาแอดเดรสกับขาข้อมูลจะต้องทำงานร่วมกับวงจรภายนอก และสัญญาณจากขา ALE จากโครงสร้างภายในของมันจะพบว่าแต่ละบิตของพอร์ตนี้จะเป็นวงจรแบบ open drain ถ้าชิปถูกสร้างแบบ MOS และเป็นแบบ open collector ถ้าชิปถูกสร้างแบบ TTL โดยจะไม่มีตัวต้านทานต่อ pull-up อยู่ภายใน โดยทั่วไปแล้วถ้าหากต้องการใช้พอร์ตนี้เป็นพอร์ตอินพุตเอาท์พุตจะต้องนำตัวต้านทานขนาด 10k มาต่อ pull-up ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต P1 P2 สำหรับพอร์ต 1 และพอร์ต 2 โครงสร้างภายในจะมีตัวต้านทานต่อ pull-up อยู่ ทำให้สามารถใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาท์พุตได้ทันที นอกจากนี้พอร์ต P2 ยังถูกใช้งานเป็นขาแอดเดรสไบต์สูงด้วย ถ้าต้องการใช้งานพอร์ตนี้เป็นพอร์ตเอาท์พุตสามารถทำได้โดยเขียนข้อมูลลงไปในP1 หรือ P2ได้ทันที แต่ถ้าหากต้องการใช้งาพอร์ตนี้เป็นพอร์ตอินพุตจะต้องส่งลอจิก 1 ออกไปในแต่ละบิตเสียก่อน

พอร์ต 3 นี้เป็นพอร์ตขนาดแบบ 8 บิตเช่นกัน สามารถใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาท์พุตเช่น P1 และ P2 ได้ นอกจากนี้พอร์ต P3 ในแต่ละบิตได้ออกแบบไว้ให้ใช้งานเป็นพอร์ตควบคุมอีกด้วย โดยหน้าที่ของแต่ละบิตแสดงได้ดังตารางที่ 2.2

ชื่อฟังก์ชัน	บิต	ขา	ลักษณะการใช้งาน
P3.0	RxD	10	ใช้เป็นขารับข้อมูลแบบอนุกรม
P3.1	TxD	11	ใช้เป็นขาส่งข้อมูลแบบอนุกรม
P3.2	INT0	12	ใช้เป็นขารับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกหมายเลข0
P3.3	INT1	13	ใช้เป็นขารับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกหมายเลข1
P3.4	T0	14	ใช้รับสัญญาณจากภายนอกของตัวนับหมายเลข 0
P3.5	T1	15	ใช้รับสัญญาณจากภายนอกของตัวนับหมายเลข 0
P3.6	WR	16	เป็นสัญญาณที่ใช้เขียนข้อมูลลงหน่วยความจำภายนอก
P3.7	RD	17	เป็นสัญญาณที่ใช้อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก

ตารางที่ 2.2

จากที่ศึกษาเรื่องพอร์ตขนานของ MCS-51 มาทั้งหมดจะพบว่ามีพอร์ตขนานให้เลือกใช้ถึง 4 พอร์ต แม้ว่าพอร์ต P1 P2 P3 จะมีตัวต้านทานต่อ pull-up อยู่ภายใน แต่เนื่องจากตัวต้านทานตัวนี้มีค่ามาก (ประมาณ 50k) ทำให้แต่ละบิตับกระแสภายนอกได้ไม่มากนัก ในการใช้งานทั่วไปแล้วถ้าต้องการนำพอร์ตเหล่านี้ขับกระแสให้กับวงจรภายนอก มักจะต้องต่อไอซีที่เป็นบัฟเฟอร์เพิ่มเข้าไป หรือนำตัวต้านทานขนาด 1k ต่อขนานอยู่ภายนอก เพื่อให้สามารถขับกระแสได้มากขึ้น ถ้าหากต้องการใช้พอร์ตขนานเพียงพอร์ตเดียว ควรจะเลือกใช้พอร์ต P1 มากที่สุด เนื่องจากพอร์ตตัวนี้จะไม่ถูกใช้ในหน้าที่อื่นๆ อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ลักษณะของวงจรที่ใช้ในส่วนของการควบคุม

3.1 วงจรเอนโคดเดอร์ (Encoder Circuit)

เป็นส่วนทำหน้าที่ในการตรวจสอบสัญญาณที่ออกมาจากเอโคดเดอร์ ของมอเตอร์แต่ละตัว เพื่อนำไปเป็นอินพุท ในการตรวจสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแขนกล

รูปที่ 3.1

วงจรเอนโคดเดอร์ ที่ใช้ร่วมกันกับมอเตอร์ของแขนกลนี้ เป็น เอนโคดเดอร์แบบแสง (optical encoder) ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 3.1 ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน คือ

3.1.1 แหล่งกำเนิดแสง (Source) แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้คือหลอดอินฟราเรด

3.1.2 ตัวตรวจจับแสง (Phototransistor)

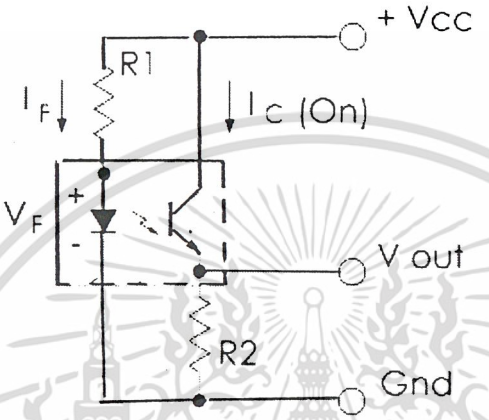
3.1.3 จานหมุน สำหรับมอเตอร์ 5 ตัวแรก ใช้จานหมุนชนิด 6 ช่อง และมือจับใช้ชนิด 3 ช่อง

3.1.4 วงจรตรวจจับสัญญาณ (Phototransistor circuit) ใช้วงจร common collector ซึ่งมีหลักการทำงานดังต่อไปนี้

วงจรตรวจจับสัญญาณมักจะนำไปใช้ในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ โดยทั่วไปแบ่ง mode การทำงานออกเป็น 2 ชนิดคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Switch mode จะให้เอาท์พุตเป็นค่า on หรือ off ออกมาเมื่อมีการตรวจจับสัญญาณ
2. Active mode จะให้ค่าเอาท์พุตที่ตอบสนองขึ้นอยู่กับแสงหรือระดับการส่องสว่าง โดยที่ I_c จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มแสง



รูปที่ 3.2

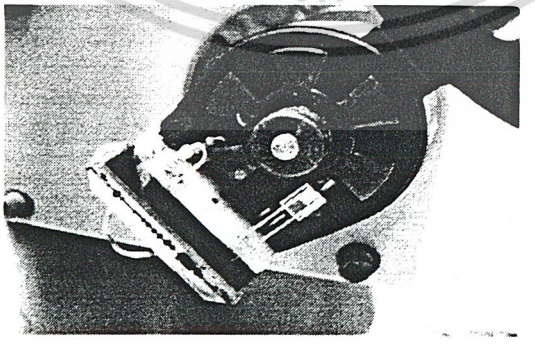
$$R_1 = (V_{CC} - V_F) / I_F$$

$$R_2 = (V_{CC} - V_{CE(sat)}) / I_{C(on)}$$

ดังนั้น

$$R_1 = 220\ \Omega$$

$$R_2 = 500\ k\Omega$$



รูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 Microcontroller(MCS51)

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการประมวลผลสัญญาณอินพุท ที่มาจากแผงวงจร Keypad และแผงวงจร Selector & Demultiplexer เพื่อนำสัญญาณไปควบคุมการทำงานของแขนกล

ลักษณะโดยทั่วไปของบอร์ด

ET-BASE51 V1.0 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 ขนาดเล็ก โดยตัวบอร์ดได้รับการพัฒนาขึ้นในลักษณะของโมดูลขนาดเล็ก เหมาะสำหรับการนำไปใช้ทดลองหรือพัฒนาต้นแบบ โดยให้ผู้ใช้ไปขยายอินพุตและเอาท์พุตเพิ่มเติมเอง โดยจุดประสงค์ของการออกแบบบอร์ดรุ่นนี้จะมุ่งเน้นให้มีขนาดเล็กกะทัดรัด โดยได้จัดวงจรพื้นฐานสำหรับ CPU ไว้ให้ใช้งาน 2 ส่วน คือวงจรสำหรับทำหน้าที่ Download ข้อมูลให้กับ CPU ภายในบอร์ด และวงจรพื้นฐานสำหรับการทำงานของ CPU คือวงจรรีเซ็ตและออสซิลเลเตอร์ ส่วนแหล่งจ่ายไฟนั้นต้องต่อจากภายนอก โดยใช้กับแหล่งจ่ายขนาด +5V

โดยพอร์ตอินพุตเอาท์พุตต่างๆ ของบอร์ดนั้น จะมีทั้งหมดจำนวน 32 เส้นสัญญาณ โดยจะจัดเตรียมเป็น Connector แบบ IDE ขนาด10 Pin ไว้ให้ใช้งาน4 ชุด คือ Port-P0 Port-P1 Port-P2 Port-P3 ตามลำดับ

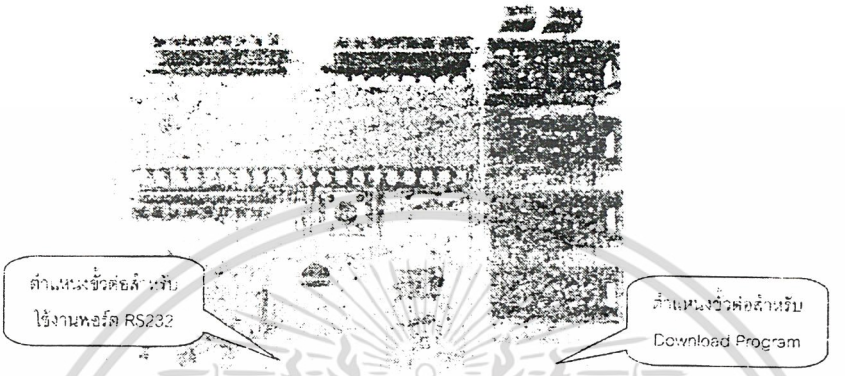
สำหรับบอร์ด ET-Base51 V1.0 นั้นได้รับการออกแบบให้มีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งในส่วนของการพัฒนาโปรแกรมนั้น ตัวบอร์ดเลือกใช้ CPU ของ Philips เบอร์ P8951RD2 ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษของ CPU ตัวนี้คือสามารถทำการ Download ข้อมูลหรือโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาและการแปลเป็นไฟล์แบบ Intel HEX เรียบร้อยแล้วให้กับหน่วยความจำของ CPU ผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS

รูปที่ 3.4

โดยสัญญาณของ Port อินพุตและเอาท์พุตของ CPU ทั้งหมดจะถูกเชื่อมโดยตรงจากขาของ CPU มายังขั้วต่อ IDE แบบ10 Pin โดยตรงทุกเส้น ยกเว้น P3.0 และ P3.1 จะผ่าน jumper สำหรับเลือกว่าจะ

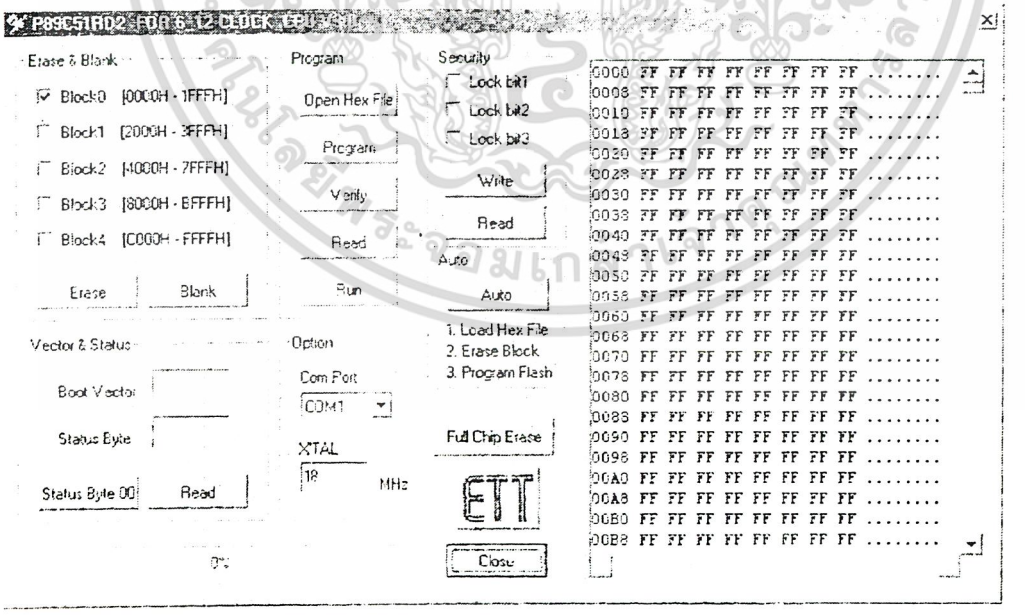
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้สัญญาณ P3.0 และ P3.1 ทำหน้าที่เป็นอินพุตเอาท์พุตพอร์ตหรือจะใช้ทำหน้าที่เป็นขาสัญญาณในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม RS232 ได้โดยตรง โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือสำหรับโปรแกรมข้อมูล



รูปที่ 3.5

โดยในการ download ข้อมูลให้กับบอร์ดนั้น ในอันดับแรกผู้ใช้จะต้องทำการแปลโปรแกรมที่เขียนขึ้นให้อยู่ในรูปแบบของ Intel HEX File ก่อน ซึ่งขั้นตอนนี้ ผู้จัดทำได้ใช้ภาษา assembly เป็นภาษาหลักในการเขียนโปรแกรม จากนั้นจึง download โปรแกรมเข้าสู่บอร์ด ซึ่งหน้าตาของโปรแกรมมีดังภาพ



รูปที่ 3.6

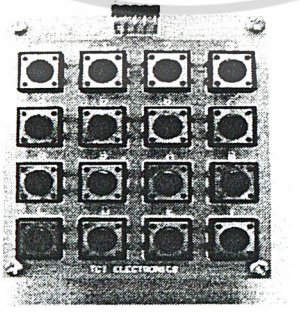
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยคำสั่งของโปรแกรมจะมีอยู่ด้วยกัน 7 กลุ่มคือ

1. Erase & Blank ใช้สำหรับกำหนดช่วงตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำ สำหรับทำการลบ หรือตรวจสอบว่าข้อมูลถูกลบหมดแล้วหรือยัง
2. Program ใช้สำหรับสั่งโปรแกรมข้อมูลให้กับ CPU โดยจะมีคำสั่งย่อยที่เกี่ยวข้องอยู่ 5 คำสั่งคือ
   - open hex file ใช้สำหรับเปิดไฟล์ intel hex มายัง buffer สำหรับนำไป download ให้ PCU
   - program ใช้สำหรับนำข้อมูลใน buffer ไปทำการ download ให้กับ CPU
   - verify ใช้สำหรับตรวจสอบข้อมูลใน buffer และหน่วยความจำของ CPU ว่าตรงกันหรือไม่
   - read ใช้สำหรับอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำของ CPU มายัง buffer
   - run สั่ง reset ให้ CPU เริ่มต้นทำงานตามโปรแกรมที่ download ให้เรียบร้อยแล้ว
3. Security ใช้สำหรับตรวจสอบและกำหนดระดับการป้องกันการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำของ CPU
4. Auto ใช้สำหรับการ download แบบอัตโนมัติ
5. Full chips erase ใช้สำหรับสั่งลบข้อมูลทั้งหมด
6. Vector & Status ใช้ตรวจสอบค่า Vector & Status และกำหนดค่า status byte เป็น 00
7. Option เป็นการกำหนดหมายเลขพอร์ตสื่อสาร และความเร็วของ XTAL ที่จะใช้ในการdownload โปรแกรม

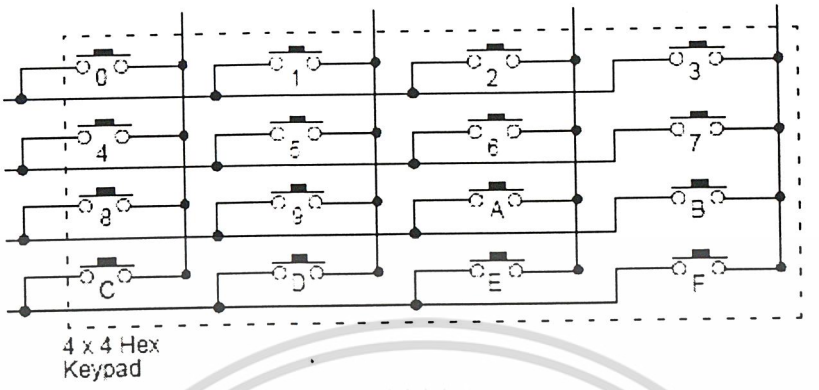
3.3 ปุ่มกด (Keypad)

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ติดต่อระหว่างผู้ใช้กับแผงวงจรควบคุม โดยในที่นี้เราเลือกใช้ปุ่มกด แบบ Matrix 4x4 10 pin



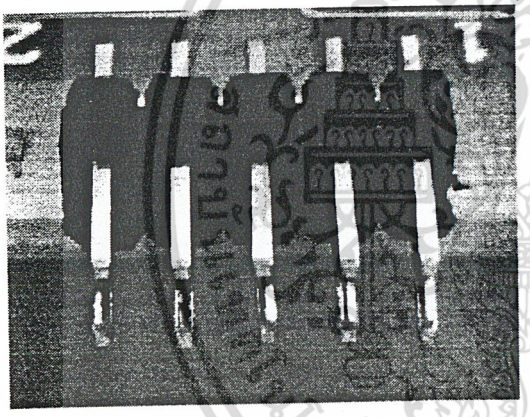
รูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8

Pin : 1 2 3 4 5



Pin : 6 7 8 9 10

รูปที่ 3.9

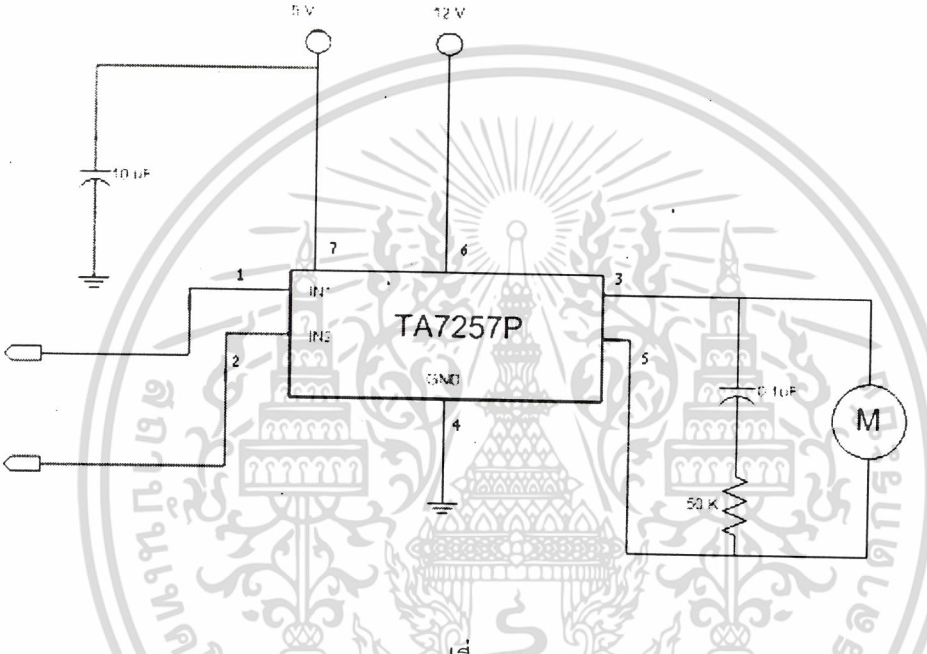
Pin	Input
1	-
2	ROW2
3	ROW4
4	COLUMN3
5	COLUMN1
6	-
7	ROW1
8	ROW3
9	COLUMN4
10	COLUMN2

ตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรขับมอเตอร์ (Drive Motor Circuit)

เป็นส่วนทำหน้าที่ในการรับสัญญาณจากแผงวงจร Selector & Demultiplexer เพื่อนำสัญญาณเอาท์พุทของวงจรนี้ไปควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกล โดยในที่นี้ เลือกใช้ IC เบอร์ TA7257P ซึ่งมีการต่อวงจรดังรูป

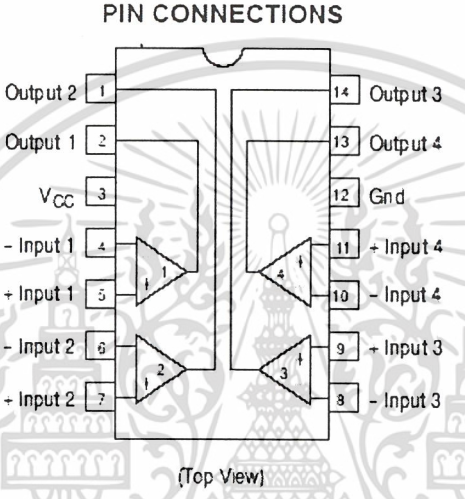


รูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

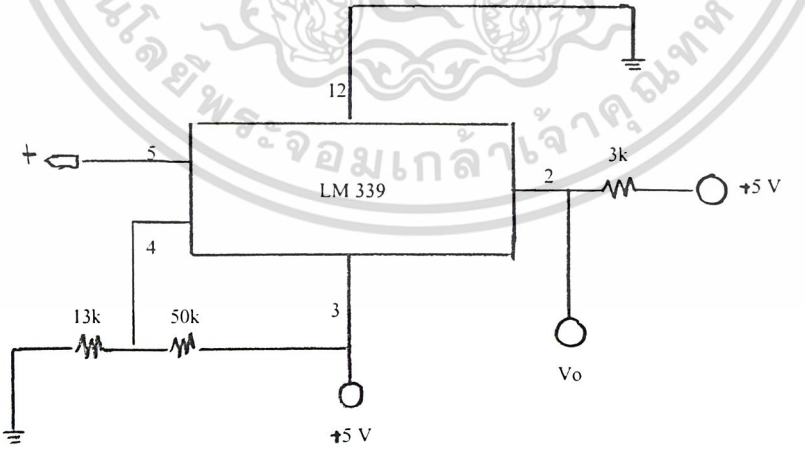
3.5 วงจรเปรียบเทียบ (Comparator Circuit)

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการปรับแต่งค่าสัญญาณเอาท์พุท ที่ออกมาจากส่วนของวงจรเอนโคดเดอร์ เพื่อให้ได้สัญญาณเอาท์พุท ที่เหมาะสมแก่การนำไปใช้กับ แผงวงจร Microcontroller MCS-51 โดยในที่นี้เลือกใช้ IC เบอร์ LM339



รูปที่ 3.11

ซึ่งมีการต่อวงจรดังรูป



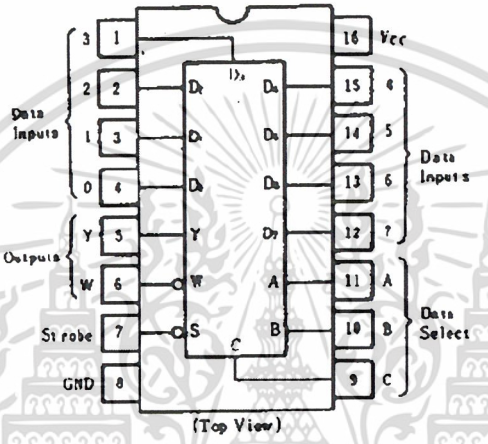
รูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วงจรตัวเลือก (Selector & Demultiplexer Circuit)

แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

3.6.1 ส่วนที่เลือกสัญญาณเพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปเป็นสัญญาณอินพุทแก่แผงวงจร Microcontroller MCS-51 เพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปเป็นเงื่อนไขในการควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกล โดยในที่นี้เราเลือกใช้ IC เบอร์HD74LS151P

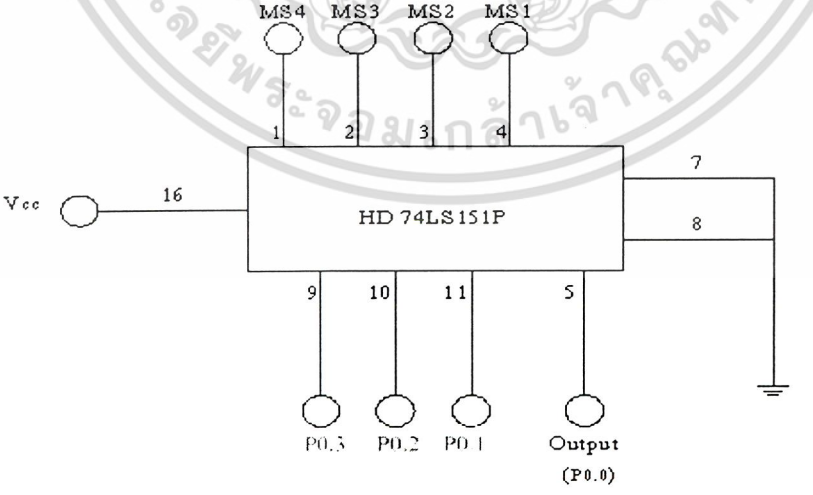


รูปที่ 3.13

โดยที่เราจะแยกวงจรออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ส่วนของวงจรที่ทำหน้าที่ในการเลือกสัญญาณจาก MS (Micro Switch)

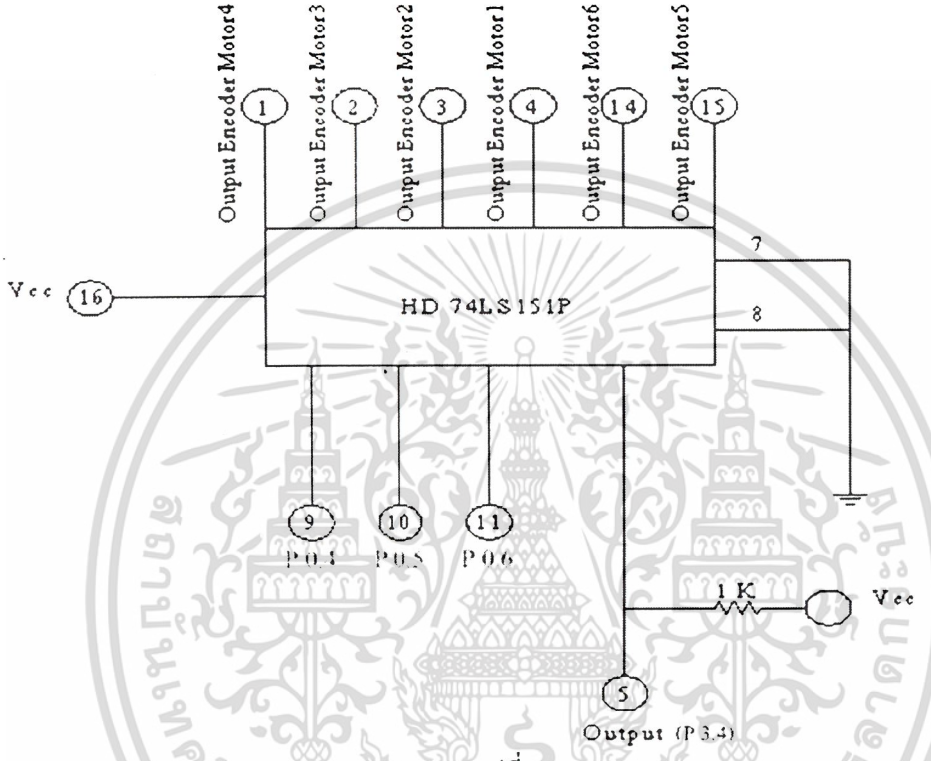
ซึ่งมีการต่อวงจรดังรูป



รูปที่ 3.14

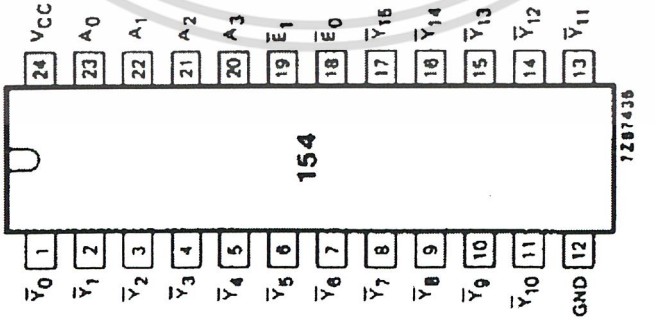
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนของวงจรที่ทำหน้าที่ในการเลือกสัญญาณเอาท์พุท จากแผงวงจร Comparator ซึ่งมีการต่อวงจรดังรูป



รูปที่ 3.15

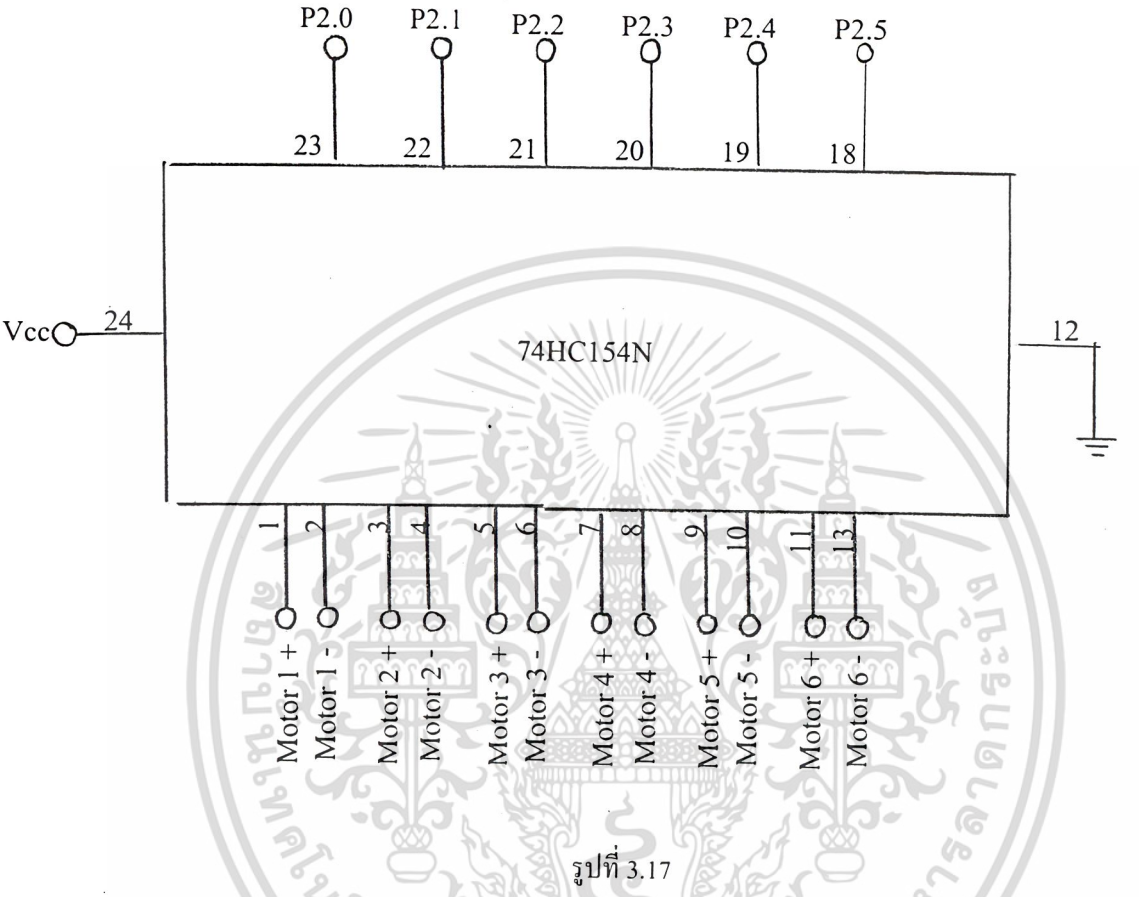
3.6.2 ส่วนที่เลือกสัญญาณเพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปเป็นสัญญาณอินพุทแก่วงจรขับมอเตอร์เพื่อนำไปควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์แต่ละตัวของแขนกล โดยในที่นี้เลือกใช้ IC เบอร์ 74HC154N



รูปที่ 3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งมีการต่อวงจรดังรูป



รูปที่ 3.17

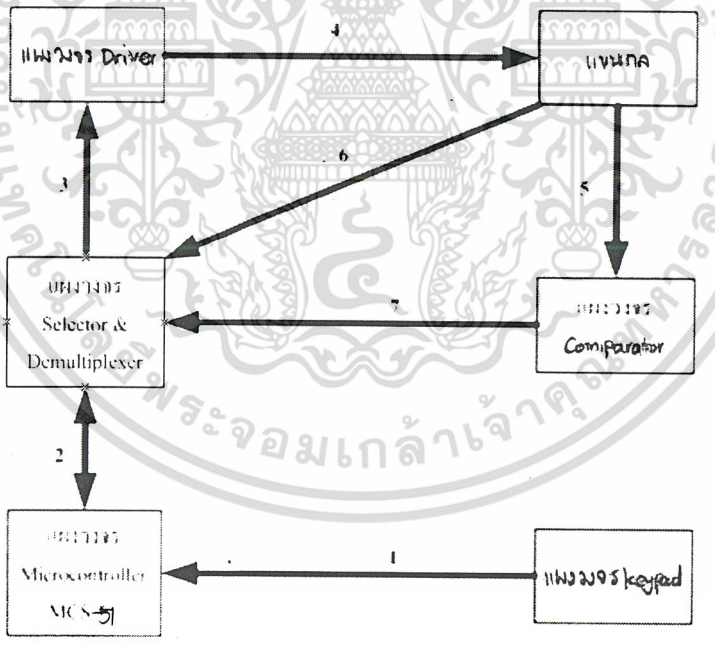
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การเชื่อมต่อและโครงสร้างการทำงานของโครงงาน

ในการทำงานของโครงการนี้ประกอบด้วยส่วนของ

1. Hardware ได้แก่ แขนกล (Robotic arm), วงจรควบคุม (Control circuit), ปุ่มกด (Keypad)
2. Software ได้แก่ โปรแกรมที่ใช้ติดต่อระหว่าง ผู้ใช้ กับ วงจรควบคุม ที่เขียนมาโดยภาษา Assembly

4.1 ในส่วนของ Hardware จะมีลักษณะของการเชื่อมต่อซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูป

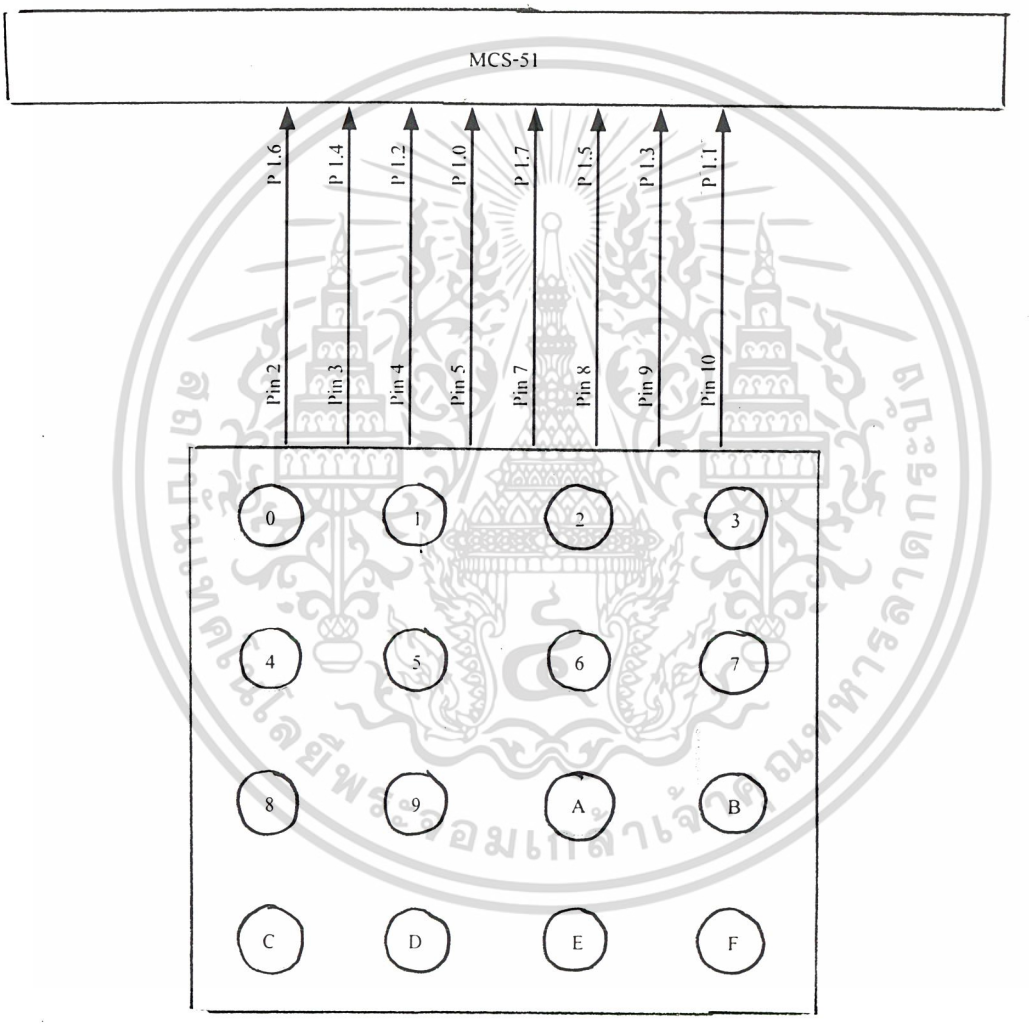


รูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป สามารถแยกขั้นตอนการทำงานได้เป็น 6 ขั้นตอนย่อย ได้แก่

1. แผงวงจรKeypad ติดต่อกับ แผงวงจร Microcontroller MCS-51 ซึ่งมีลักษณะของการเชื่อมต่อดังรูป

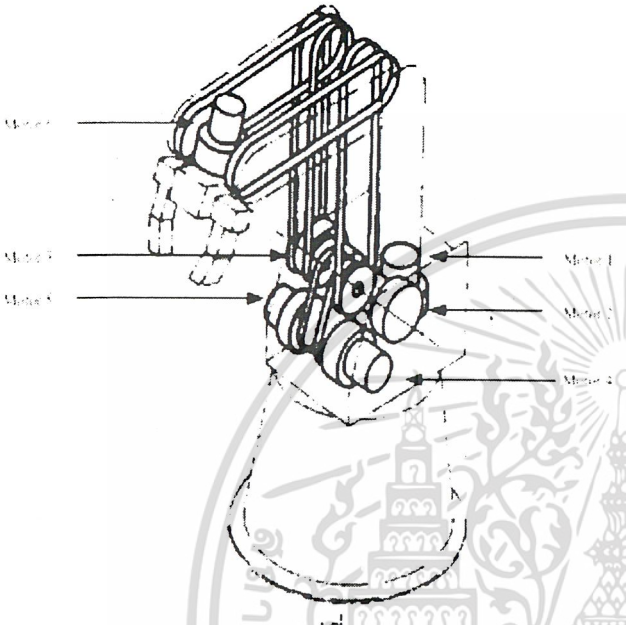


รูปที่ 4.2

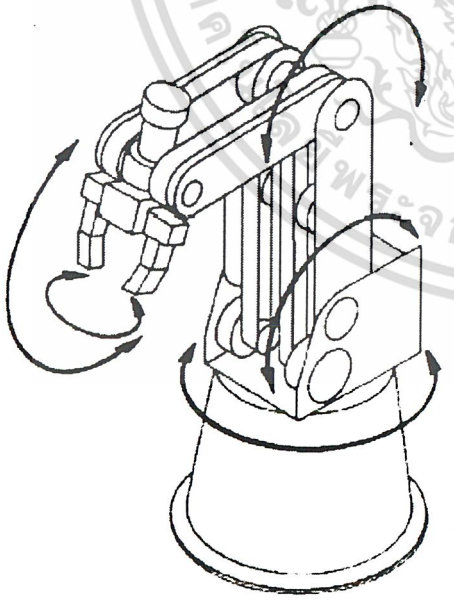
จากรูป แผงวงจร Keypad จะส่งสัญญาณอินพุตเข้าสู่ แผงวงจร Microcontroller MCS-51 เพื่อนำไปสู่การประมวลผลเลือกมอเตอร์ที่จะควบคุมตามที่ได้เขียนโปรแกรมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกดปุ่มที่ Keypad จะมีผลต่อการทำงานของมอเตอร์ที่แขนกล ดังนี้



รูปที่ 4.3



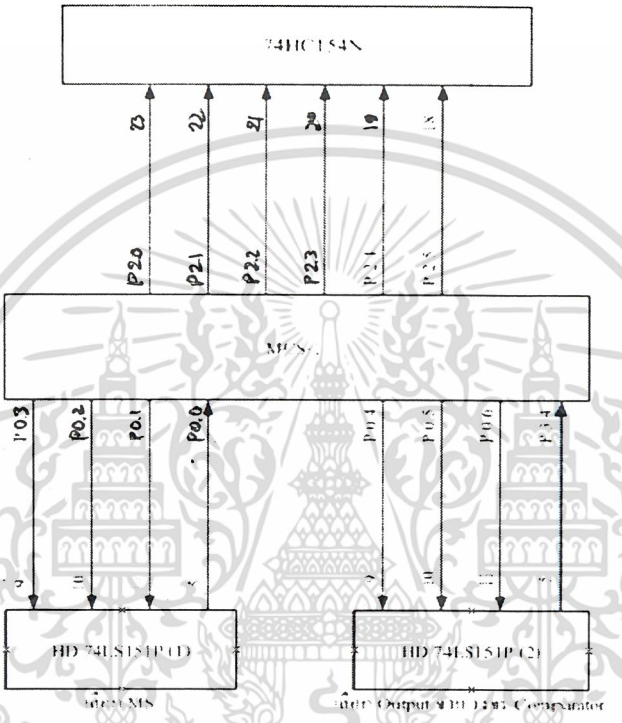
รูปที่ 4.4

Keypad	Motor	ลักษณะการทำงาน
0	1	หมุนไปทางซ้าย
1	1	หมุนไปทางขวา
2	2	หมุนขึ้น
3	2	หมุนลง
4	3	หมุนลง
5	3	หมุนขึ้น
6	4	หมุนลง
7	4	หมุนขึ้น
8	5	หมุนขึ้น
9	5	หมุนลง
A	6	Gripper เปิด
B	6	Gripper ปิด
C	All	Home Position
D	-	Save Position 1
E	-	Save Position 2
F	Any	Auto

ตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แผงวงจร Microcontroller MCS-51 ติดต่อกับ แผงวงจร Selector & Demultiplexer ซึ่งมีลักษณะการเชื่อมต่อดังรูป

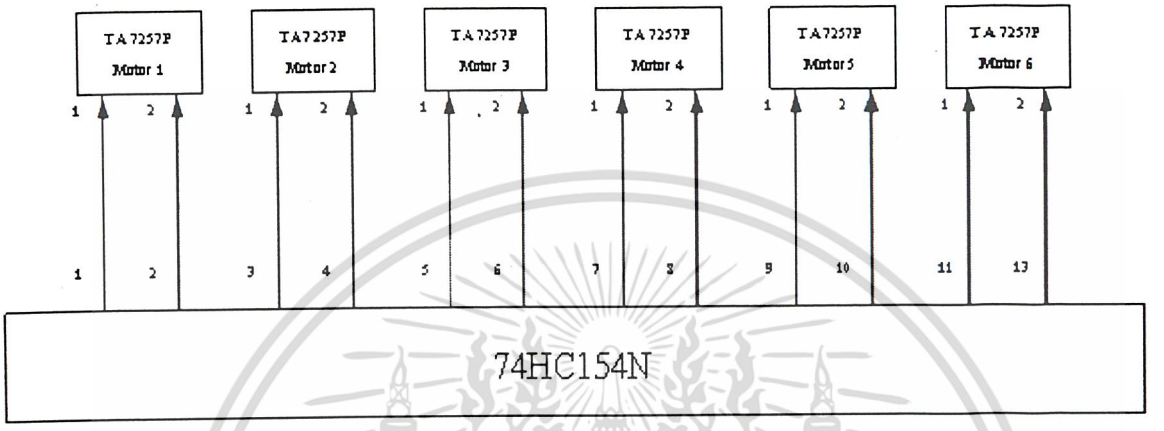


รูปที่ 4.5

จากรูป แผงวงจร Microcontroller MCS-51 จะทำการส่งสัญญาณเลือกเข้าสู่แผงวงจร Selector & Demultiplexer เพื่อทำการเลือกสัญญาณMS. สัญญาณ Output จากวงจร Comparator และ มอเตอร์ที่จะควบคุมตามสัญญาณอินพุทที่ได้รับมาจาก แผงวงจร Keypad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

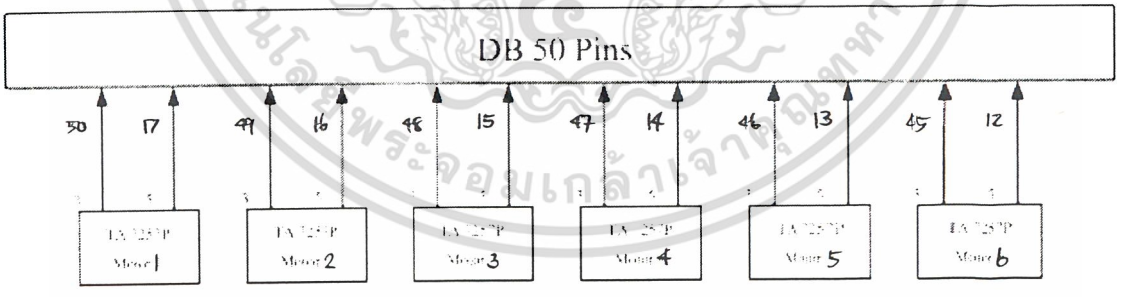
3. แผงวงจร Selector & Demultiplexer ติดต่อกับแผงวงจร Drive Motor ซึ่งมีลักษณะการเชื่อมต่อดังรูป



รูปที่ 4.6

จากรูปแผงวงจร Selector & Demultiplexer ส่งสัญญาณเข้าสู่วงจร Drive Motor ในแผงวงจร Drive Motor ตามสัญญาณที่ได้รับมาจากแผงวงจร Microcontroller MCS-51

4. แผงวงจร Driver ติดต่อกับ แขนกล ซึ่งมีลักษณะการเชื่อมต่อดังรูป

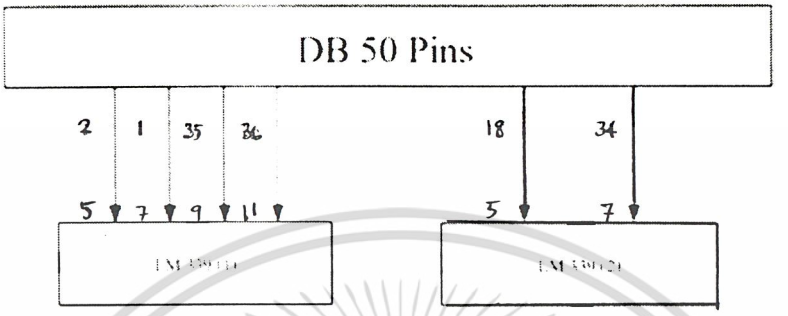


รูปที่ 4.7

จากรูป วงจร Drive motor ในแผงวงจร Drive Motor จะทำการส่งค่าสัญญาณ Output ไปยังมอเตอร์แต่ละตัวที่ติดต่อกับวงจร Drive Motor นั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

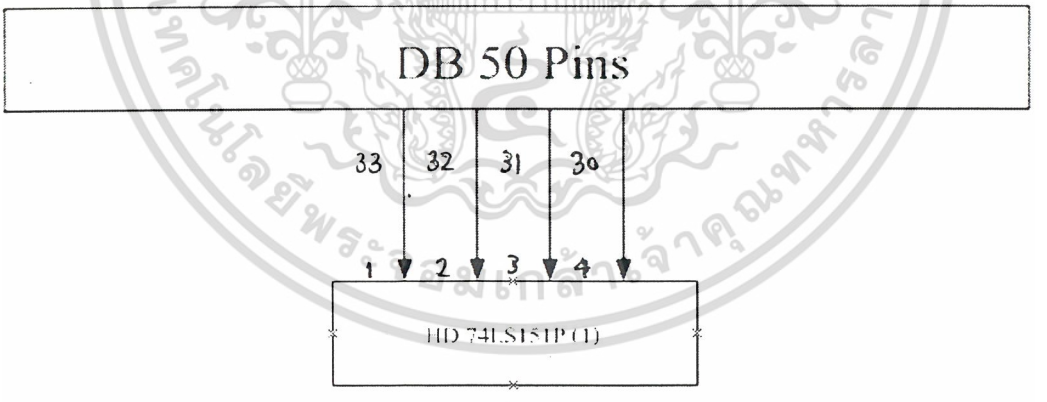
5. แขนกล ติดต่อกับ แผงวงจร Comparator ซึ่งมีลักษณะการเชื่อมต่อดังรูป



รูปที่ 4.8

จากรูป วงจร Encoder ของมอเตอร์แต่ละตัวจะส่งสัญญาณ Output ไปยังแผงวงจร Comparator เพื่อนำสัญญาณนั้นไปปรับแต่งให้เหมาะสมแก่การนำไปใช้กับ Microcontroller MCS-51

6. แขนกล ติดต่อกับ แผงวงจร Selector & Demultiplexer ซึ่งมีลักษณะการเชื่อมต่อดังรูป

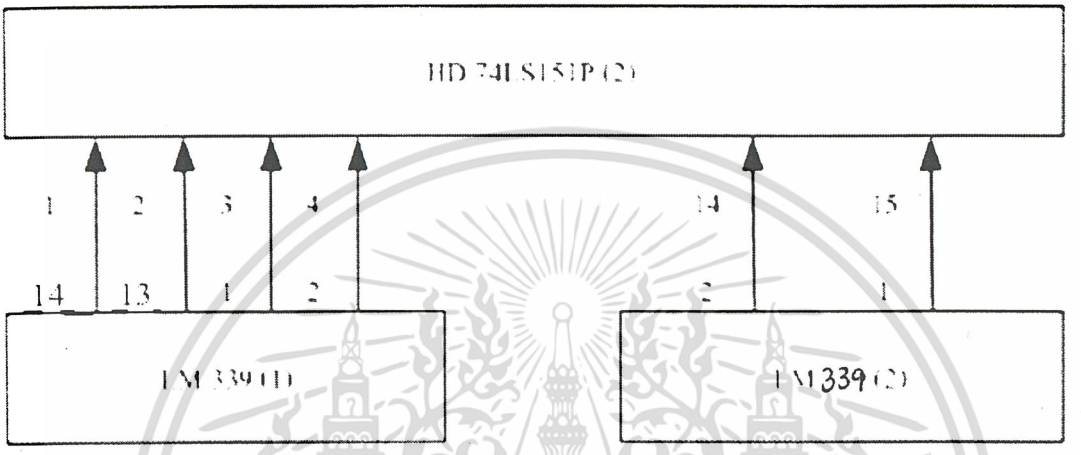


รูปที่ 4.9

จากรูป แขนกลจะส่งสัญญาณจาก MS (Micro Switch) เข้าสู่แผงวงจร Seletor & Demultiplexer เพื่อนำค่าสัญญาณไปใช้ในการประมาลผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. แผงวงจร Comparator ติดต่อกับ แผงวงจร Selector & Demultiplexer

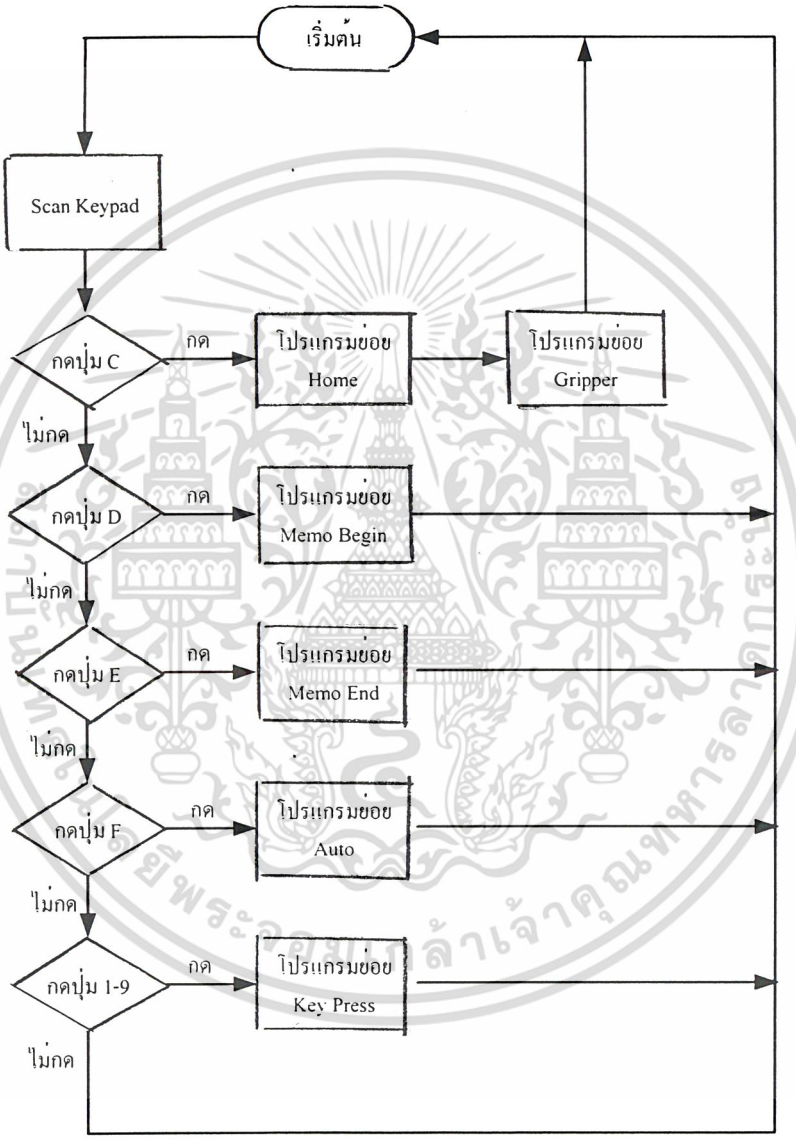


รูปที่ 4.10

จากรูป แผงวงจร Comparator จะส่งสัญญาณ Output ไปยังแผงวงจร Selector & Demultiplexer เพื่อนำสัญญาณนั้นไปประมวลผลต่อไปตามแต่ความต้องการของการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

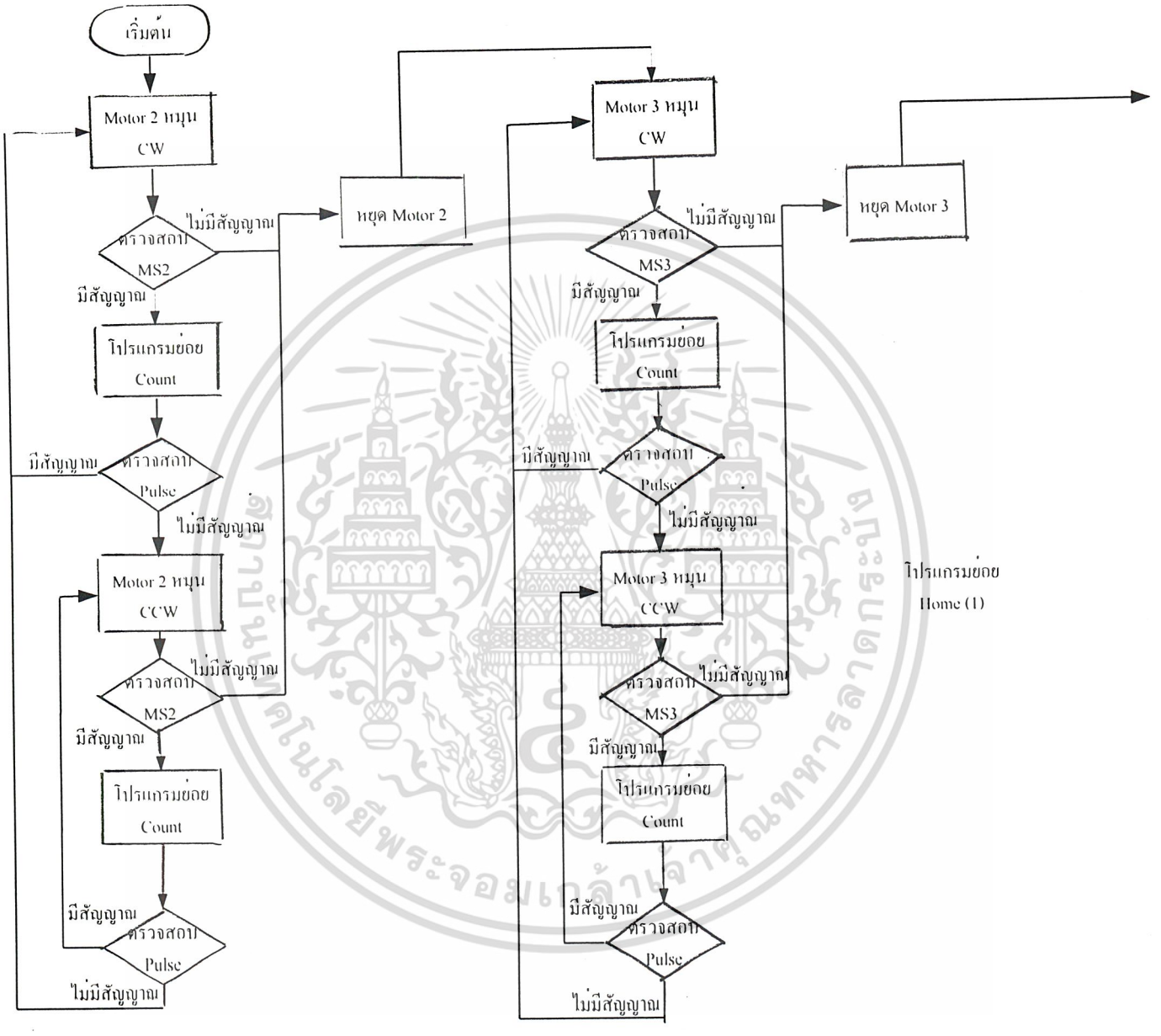
4.2 ในส่วนของโปรแกรมสามารถแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมตามโฟล์วชาร์ตดังต่อไปนี้



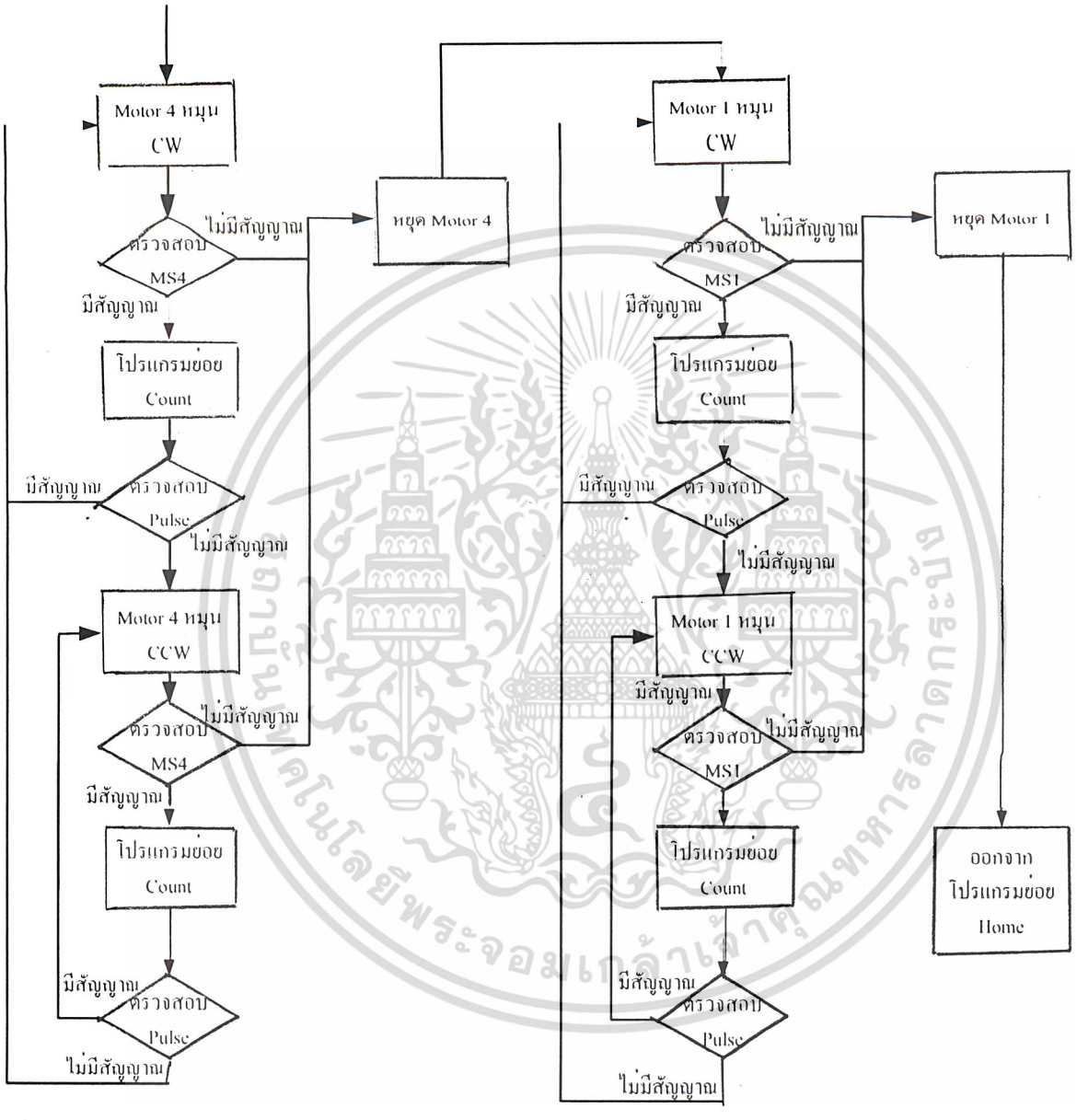
โปรแกรม Main

รูปที่ 4.11

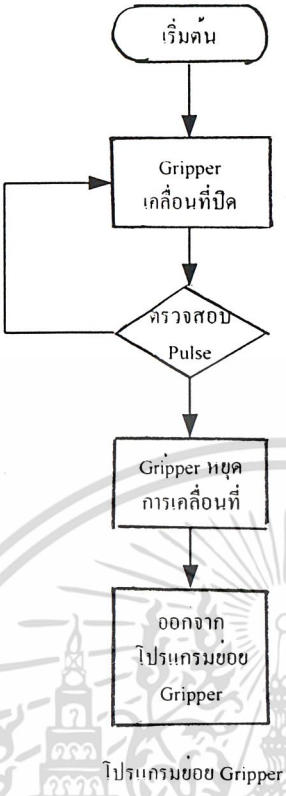
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


เริ่มต้น
Motor 2 หมุน CW
ตรวจสอบ MS2
ไม่มีสัญญาณ
มีสัญญาณ
โปรแกรมย่อย Count
ตรวจสอบ Pulse
มีสัญญาณ
ไม่มีสัญญาณ
Motor 2 หมุน CCW
ตรวจสอบ MS2
ไม่มีสัญญาณ
มีสัญญาณ
โปรแกรมย่อย Count
ตรวจสอบ Pulse
มีสัญญาณ
ไม่มีสัญญาณ
หยุด Motor 2
Motor 3 หมุน CW
ตรวจสอบ MS3
ไม่มีสัญญาณ
มีสัญญาณ
โปรแกรมย่อย Count
ตรวจสอบ Pulse
มีสัญญาณ
ไม่มีสัญญาณ
Motor 3 หมุน CCW
ตรวจสอบ MS3
ไม่มีสัญญาณ
มีสัญญาณ
โปรแกรมย่อย Count
ตรวจสอบ Pulse
มีสัญญาณ
ไม่มีสัญญาณ
หยุด Motor 3
โปรแกรมย่อย Home (1)

รูปที่ 4.12

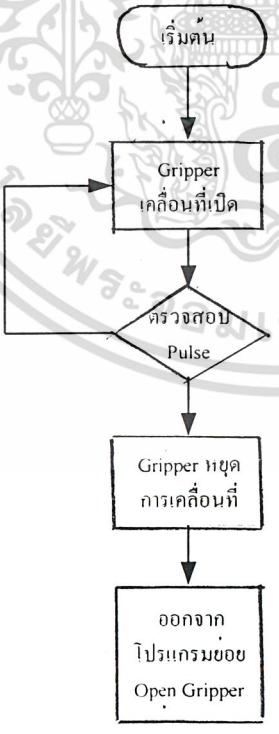

Motor 4 หมุน CW
ตรวจสอบ MS4
ไม่มีสัญญาณ
มีสัญญาณ
หยุด Motor 4
โปรแกรมย่อย Count
ตรวจสอบ Pulse
มีสัญญาณ
ไม่มีสัญญาณ
Motor 4 หมุน CCW
ตรวจสอบ MS4
ไม่มีสัญญาณ
มีสัญญาณ
โปรแกรมย่อย Count
ตรวจสอบ Pulse
มีสัญญาณ
ไม่มีสัญญาณ
Motor 1 หมุน CW
ตรวจสอบ MS1
ไม่มีสัญญาณ
มีสัญญาณ
หยุด Motor 1
โปรแกรมย่อย Count
ตรวจสอบ Pulse
มีสัญญาณ
ไม่มีสัญญาณ
Motor 1 หมุน CCW
ตรวจสอบ MS1
มีสัญญาณ
ไม่มีสัญญาณ
โปรแกรมย่อย Count
ตรวจสอบ Pulse
มีสัญญาณ
ไม่มีสัญญาณ
ออกจาก โปรแกรมย่อย Home
โปรแกรมย่อย Home (2)

รูปที่ 4.13



โปรแกรมย่อย Gripper

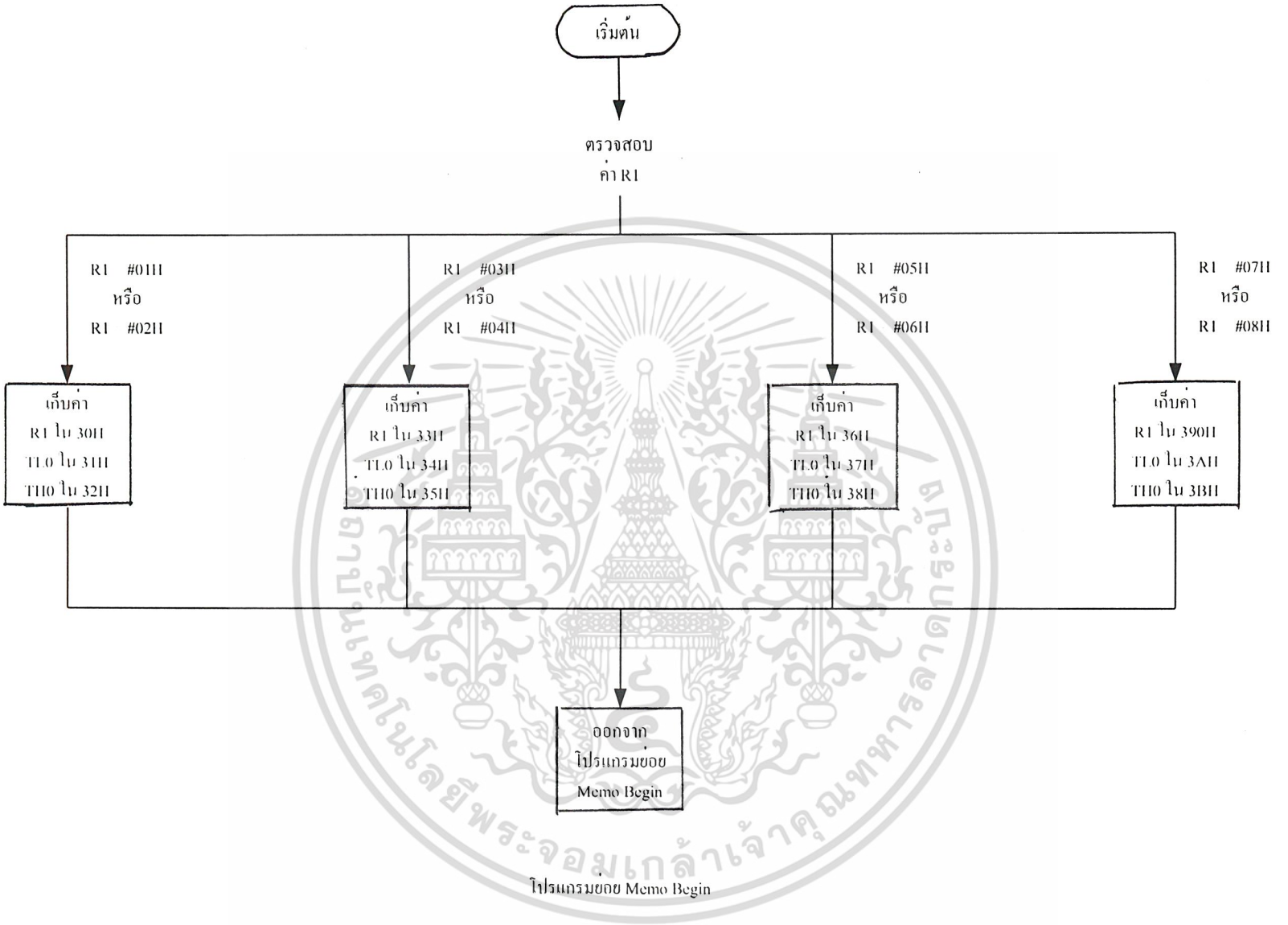
รูปที่ 4.14



โปรแกรมย่อย Open Gripper

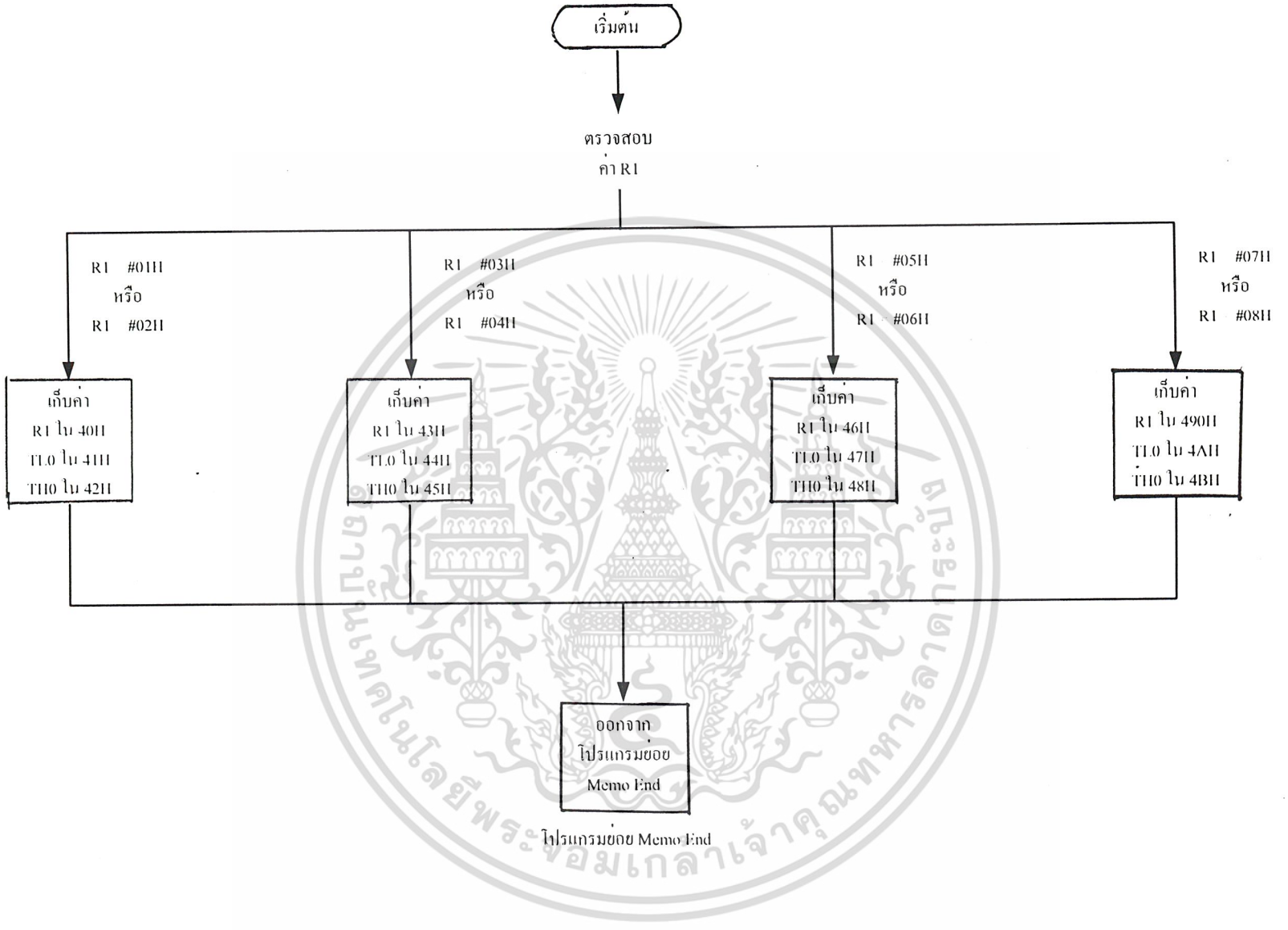
รูปที่ 4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

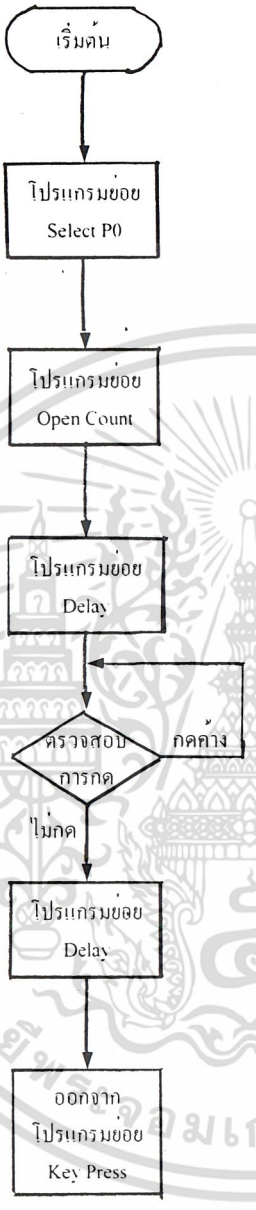


โปรแกรมย่อย Memo Begin

รูปที่ 4.16


เริ่มต้น
ตรวจสอบ
ค่า R1
R1 #01H
หรือ
R1 #02H
R1 #03H
หรือ
R1 #04H
R1 #05H
หรือ
R1 #06H
R1 #07H
หรือ
R1 #08H
เก็บค่า
R1 ใน 40H
TL0 ใน 41H
TH0 ใน 42H
เก็บค่า
R1 ใน 43H
TL0 ใน 44H
TH0 ใน 45H
เก็บค่า
R1 ใน 46H
TL0 ใน 47H
TH0 ใน 48H
เก็บค่า
R1 ใน 490H
TL0 ใน 4AH
TH0 ใน 4BH
ออกจาก
โปรแกรมย่อย
Memo End
โปรแกรมย่อย Memo End

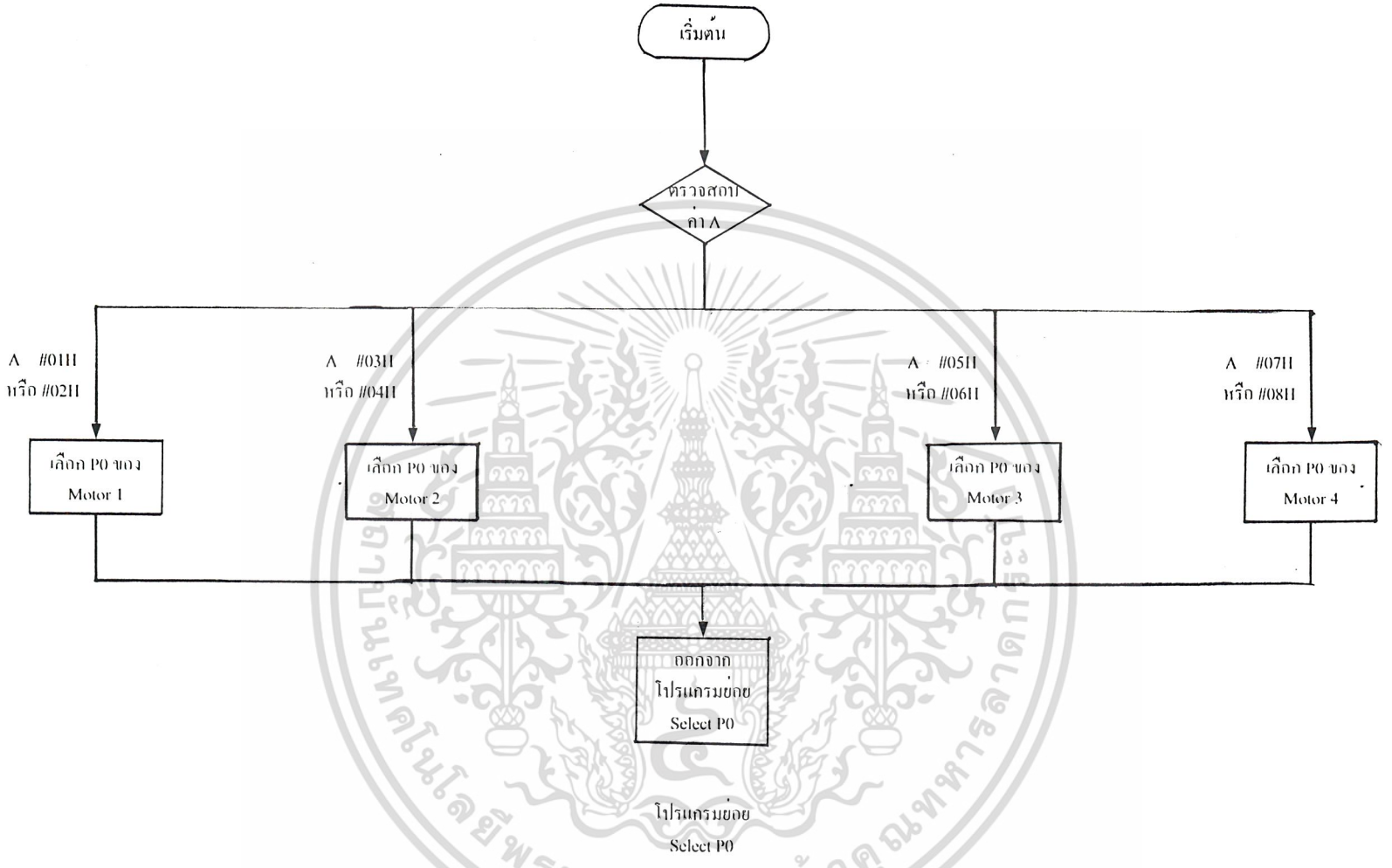
รูปที่ 4.17



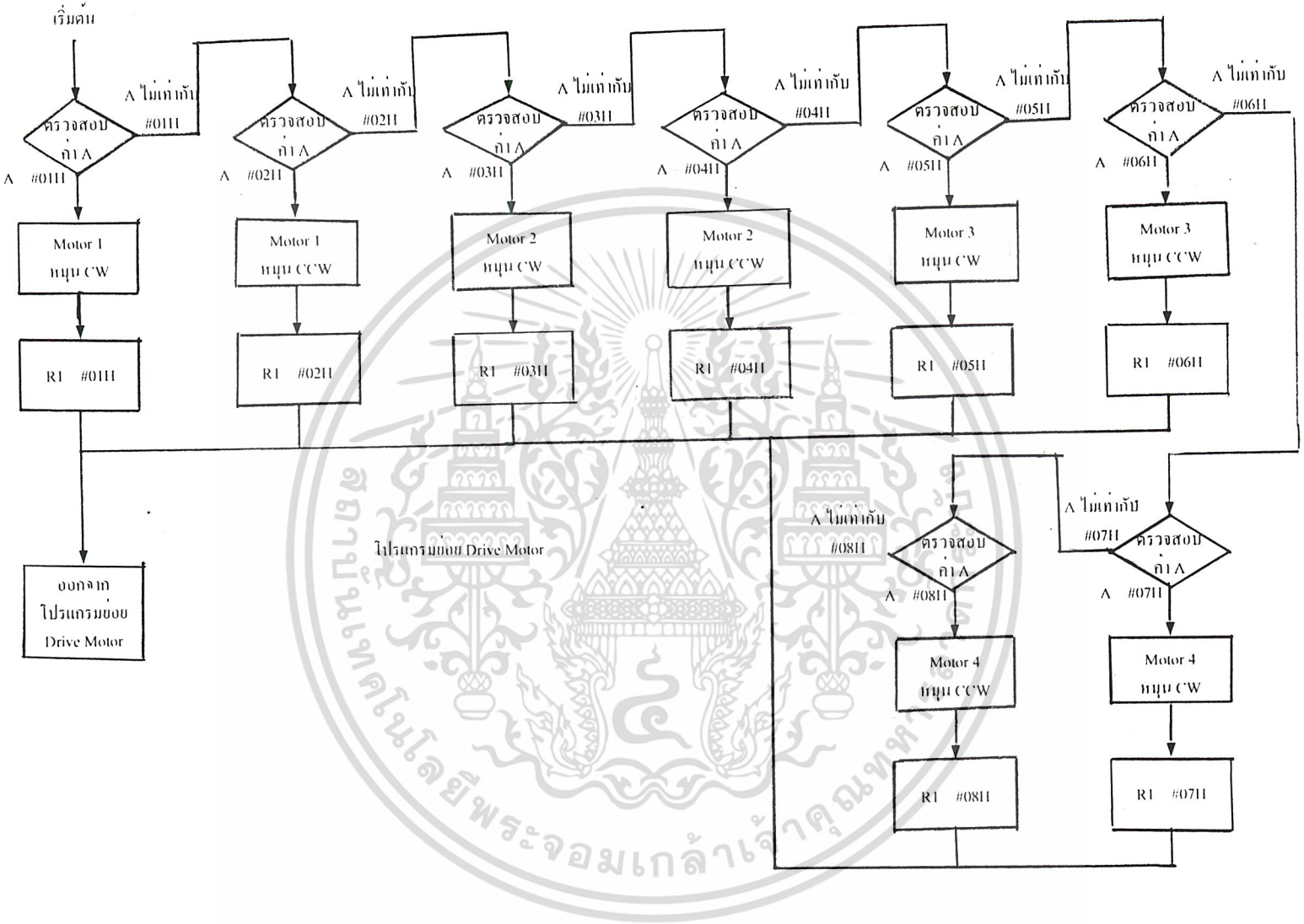
โปรแกรมย่อย
Key Press

รูปที่ 4.18

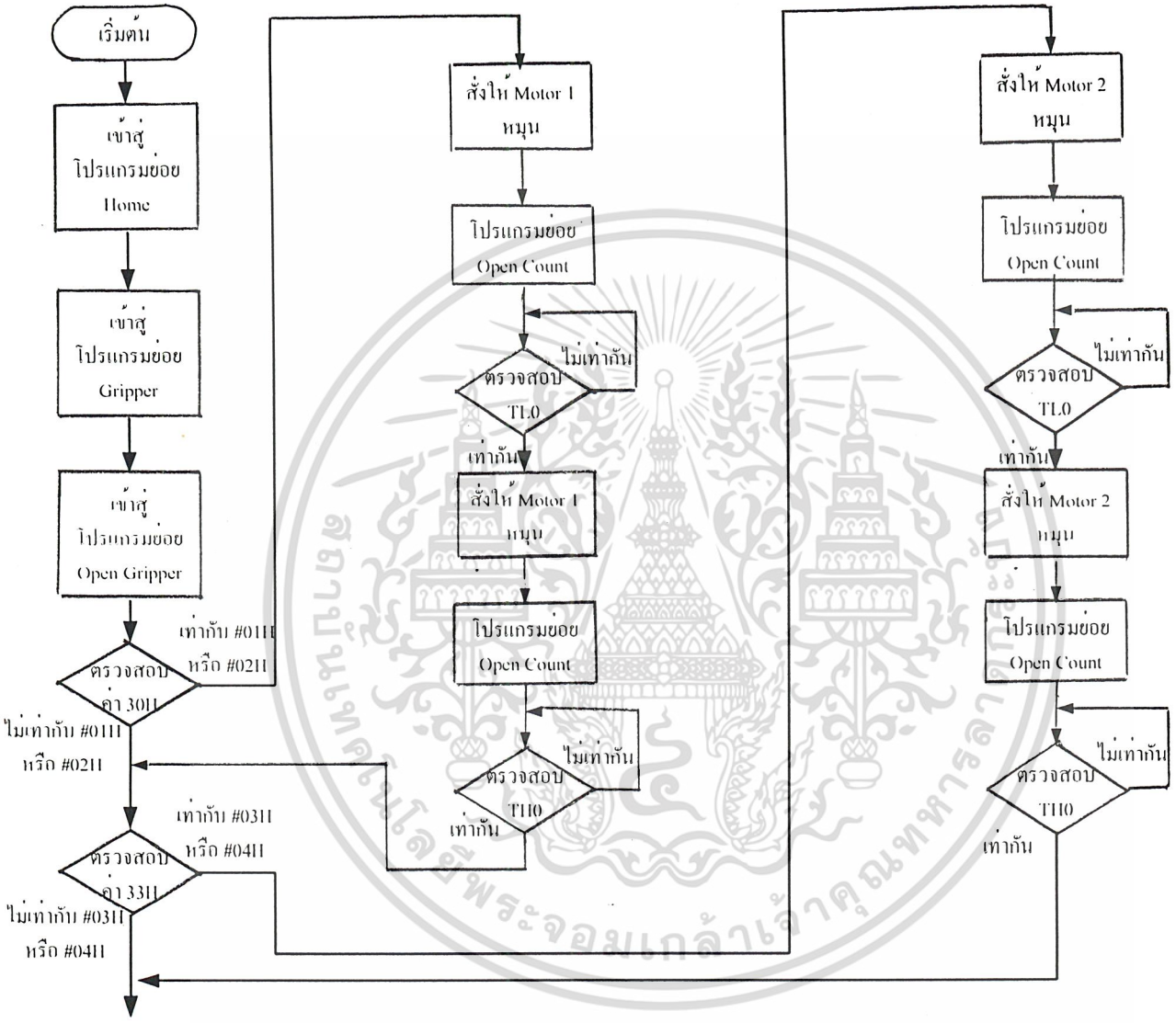
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


เริ่มต้น
ตรวจสถานะ
ค่า A
A #01H
หรือ #02H
A #03H
หรือ #04H
A #05H
หรือ #06H
A #07H
หรือ #08H
เลือก P0 ของ
Motor 1
เลือก P0 ของ
Motor 2
เลือก P0 ของ
Motor 3
เลือก P0 ของ
Motor 4
ออกจาก
โปรแกรมย่อย
Select P0
โปรแกรมย่อย
Select P0

รูปที่ 4.19

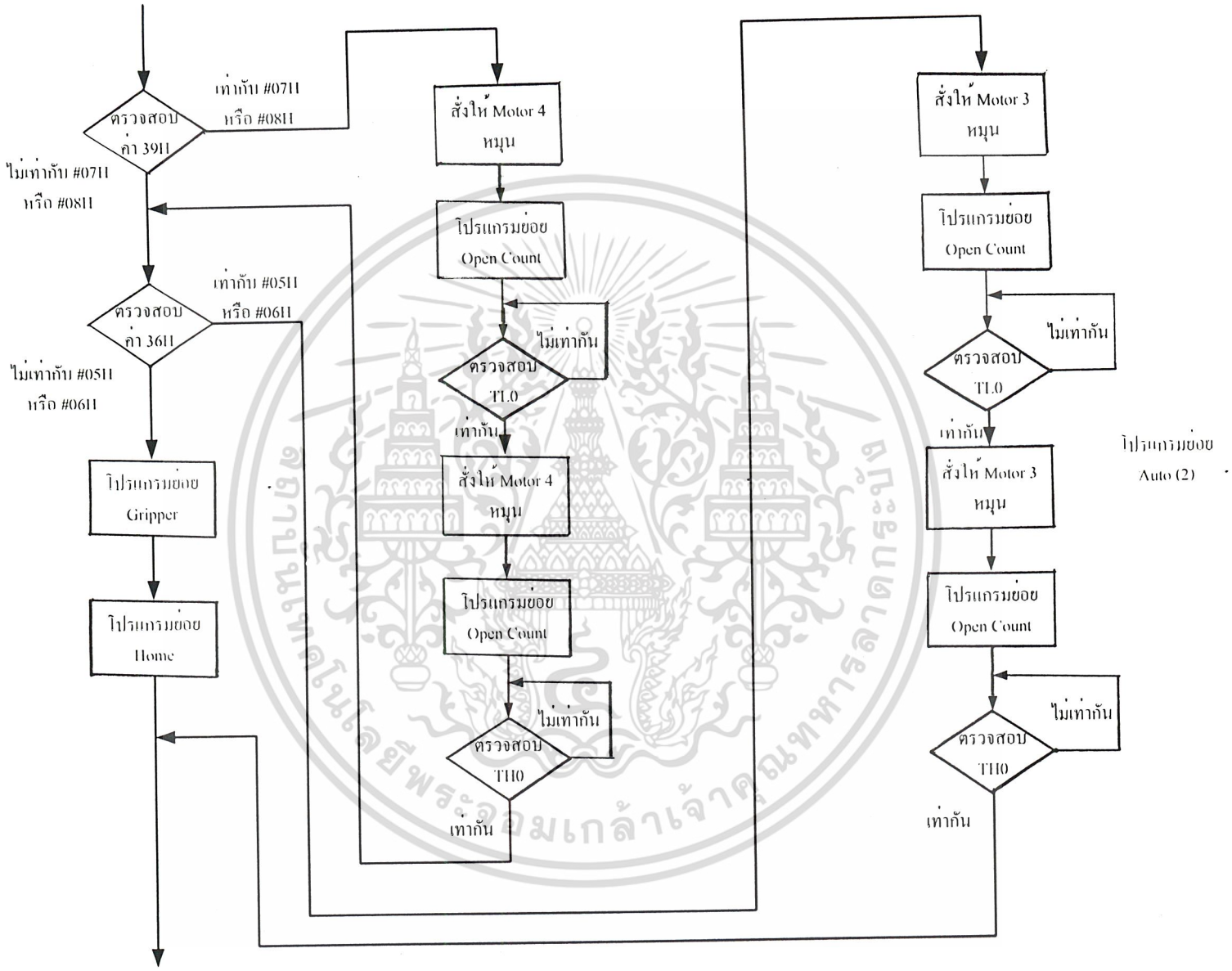

เริ่มต้น
ตรวจสอบค่า A
A ไม่เท่ากับ #011I
A #011I
Motor 1 หมุน CW
R1 #011I
A ไม่เท่ากับ #021I
A #021I
Motor 1 หมุน CCW
R1 #021I
A ไม่เท่ากับ #031I
A #031I
Motor 2 หมุน CW
R1 #031I
A ไม่เท่ากับ #041I
A #041I
Motor 2 หมุน CCW
R1 #041I
A ไม่เท่ากับ #051I
A #051I
Motor 3 หมุน CW
R1 #051I
A ไม่เท่ากับ #061I
A #061I
Motor 3 หมุน CCW
R1 #061I
ออกจากโปรแกรมย่อย Drive Motor
โปรแกรมย่อย Drive Motor
A ไม่เท่ากับ #081I
A #081I
Motor 4 หมุน CCW
R1 #081I
A ไม่เท่ากับ #071I
A #071I
Motor 4 หมุน CW
R1 #071I

รูปที่ 4.20

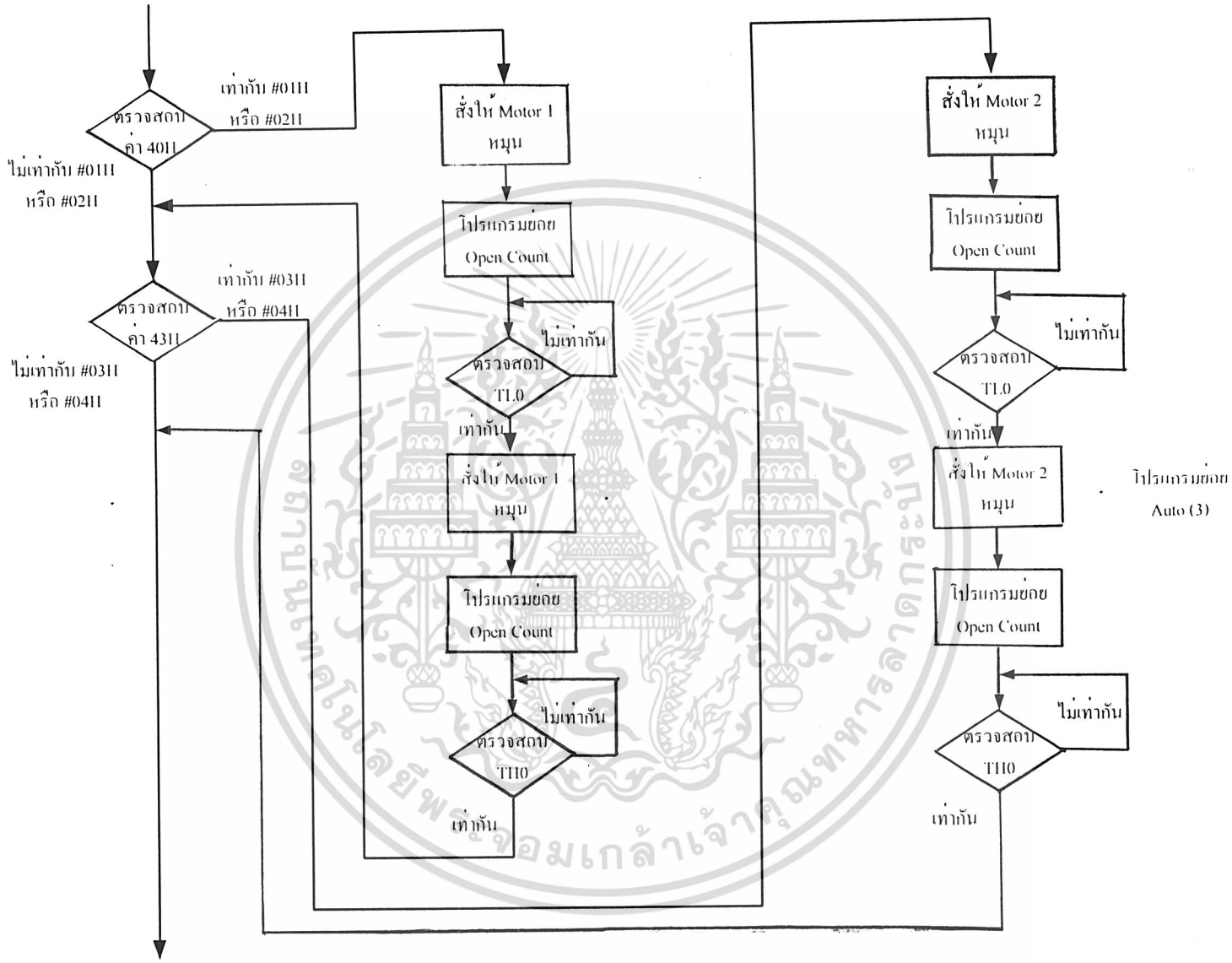


โปรแกรมย่อย Auto (1)

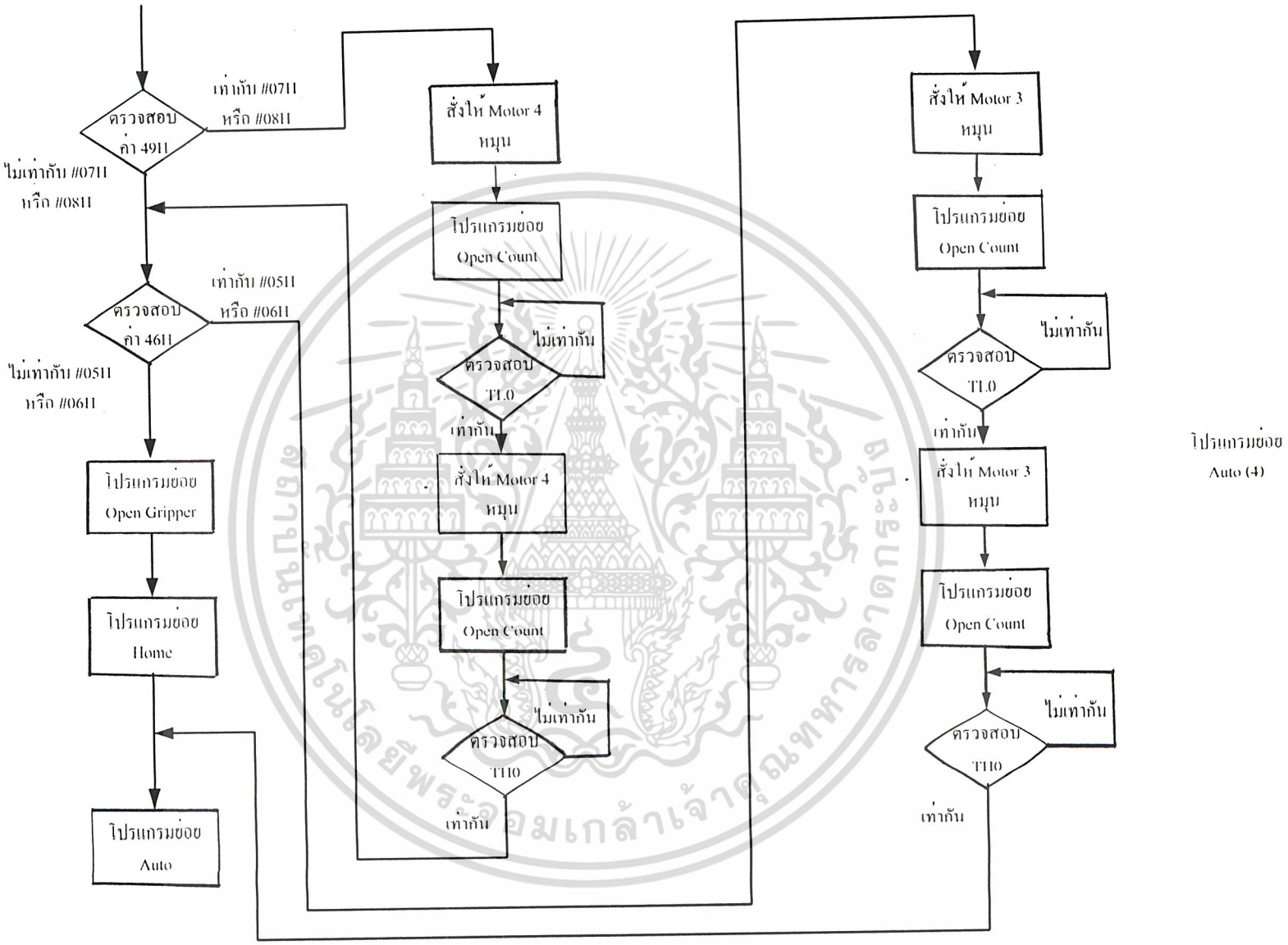
รูปที่ 4.21


ตรวจสอบ
ค่า 39H
เท่ากับ #07H
หรือ #08H
ไม่เท่ากับ #07H
หรือ #08H
สั่งให้ Motor 4
หมุน
โปรแกรมย่อย
Open Count
ไม่เท่ากัน
ตรวจสอบ
TL0
เท่ากัน
สั่งให้ Motor 4
หมุน
โปรแกรมย่อย
Open Count
ไม่เท่ากัน
ตรวจสอบ
TH0
เท่ากัน
ตรวจสอบ
ค่า 36H
เท่ากับ #05H
หรือ #06H
ไม่เท่ากับ #05H
หรือ #06H
โปรแกรมย่อย
Gripper
โปรแกรมย่อย
Home
สั่งให้ Motor 3
หมุน
โปรแกรมย่อย
Open Count
ไม่เท่ากัน
ตรวจสอบ
TL0
เท่ากัน
สั่งให้ Motor 3
หมุน
โปรแกรมย่อย
Open Count
ไม่เท่ากัน
ตรวจสอบ
TH0
เท่ากัน
โปรแกรมย่อย
Auto (2)

รูปที่ 4.22


ตรวจสอบ
ค่า 40H
เท่ากับ #01H
หรือ #02H
ไม่เท่ากับ #01H
หรือ #02H
สั่งให้ Motor 1
หมุน
โปรแกรมย่อย
Open Count
ตรวจสอบ
TL0
ไม่เท่ากัน
เท่ากัน
ตรวจสอบ
ค่า 43H
เท่ากับ #03H
หรือ #04H
ไม่เท่ากับ #03H
หรือ #04H
สั่งให้ Motor 1
หมุน
โปรแกรมย่อย
Open Count
ตรวจสอบ
TH0
ไม่เท่ากัน
เท่ากัน
สั่งให้ Motor 2
หมุน
โปรแกรมย่อย
Open Count
ตรวจสอบ
TL0
ไม่เท่ากัน
เท่ากัน
สั่งให้ Motor 2
หมุน
โปรแกรมย่อย
Open Count
ตรวจสอบ
TH0
ไม่เท่ากัน
เท่ากัน
โปรแกรมย่อย
Auto (3)

รูปที่ 4.23


ตรวจสอบ
ค่า 49H
เท่ากับ #07H
หรือ #08H
ไม่เท่ากับ #07H
หรือ #08H
สั่งให้ Motor 4
หมุน
โปรแกรมย่อย
Open Count
ตรวจสอบ
TL0
ไม่เท่ากัน
เท่ากัน
สั่งให้ Motor 4
หมุน
โปรแกรมย่อย
Open Count
ตรวจสอบ
TH0
ไม่เท่ากัน
เท่ากัน
สั่งให้ Motor 3
หมุน
โปรแกรมย่อย
Open Count
ตรวจสอบ
TL0
ไม่เท่ากัน
เท่ากัน
สั่งให้ Motor 3
หมุน
โปรแกรมย่อย
Open Count
ตรวจสอบ
TH0
ไม่เท่ากัน
เท่ากัน
ตรวจสอบ
ค่า 46H
เท่ากับ #05H
หรือ #06H
ไม่เท่ากับ #05H
หรือ #06H
โปรแกรมย่อย
Open Gripper
โปรแกรมย่อย
Home
โปรแกรมย่อย
Auto
โปรแกรมย่อย
Auto (4)

รูปที่ 4.24

บทที่ 5

ผลการทดลอง

จากวัตถุประสงค์ของโครงงานนี้คือ เพื่อควบคุมการทำงานของกระบวนการของแขนกล โดยทำงานร่วมกันเป็นขั้นตอนต่อเนื่องกันไป ผ่านอุปกรณ์คือ ปุ่มกดและกล่องวงจรควบคุม เพื่อให้การทำงานเป็นแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก ทางผู้จัดทำจึงได้ทำการออกแบบวงจร และ เขียนโปรแกรม โดยที่ในส่วนของวงจรจะมีแผงวงจร Microcontroller MCS-51 เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อและประผลสัญญาณที่มาจากแผงวงจรอื่นๆ ซึ่งสัญญาณที่นำมาใช้ในการประมวลผลเพื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ของแขนกล ได้แก่

1. สัญญาณที่มาจาก Keypad
2. สัญญาณจากวงจรเอนโคดเดอร์ของมอเตอร์แต่ละตัว
3. สัญญาณจากไมโครสวิตช์

เมื่อนำสัญญาณที่ได้มาประมวลผลโดยแผงวงจร Microcontroller MCS-51 ด้วยโปรแกรมที่เขียนขึ้นจึงสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปุ่มกดบน Keypad และลักษณะการทำงานของแขนกลได้ดังนี้

Keypad	Motor	ลักษณะการทำงาน
0	1	หมุนไปทางซ้าย
1	1	หมุนไปทางขวา
2	2	หมุนขึ้น
3	2	หมุนลง
4	3	หมุนลง
5	3	หมุนขึ้น
6	4	หมุนลง
7	4	หมุนขึ้น

Keypad	Motor	ลักษณะการทำงาน
8	5	หมุนขึ้น
9	5	หมุนลง
A	6	Gripper เปิด
B	6	Gripper ปิด
C	All	Home Position
D	-	Save Position 1
E	-	Save Position 2
F	Any	Auto

ตารางที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจากวัตถุประสงค์ข้างต้นผู้จัดทำจึงได้ออกแบบฟังก์ชันการทำงานออกเป็น 2 แบบ คือ

1. แบบ Manual Control คือ ผู้ใช้จะสั่งให้แขนกลเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการ โดยผ่านทางการกดปุ่มบน Keypad ค้างไว้ เมื่อใดที่ปล่อยปุ่มกด เขนกลจะหยุดการเคลื่อนที่ในทิศทางนั้นทันที ซึ่งสัญญาณที่นำมาใช้ในการประมวลผลเพื่อสั่งการในฟังก์ชันนี้มีแค่สัญญาณที่มาจาก Keypad เท่านั้น

2. แบบ Auto Control คือ เป็นฟังก์ชันการทำงานที่มีจุดประสงค์ให้แขนกลทำงานอย่างต่อเนื่องในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยที่มีจุดอ้างอิง (Home position) เป็นตัวที่ทำให้ทราบตำแหน่งที่แขนกลเคลื่อนที่ไป โดยที่มีขั้นตอนการทำงานดังนี้คือ

2.1 ทำการบันทึกค่าตำแหน่งที่หนึ่งที่ต้องการไปโดยทำการเคลื่อนที่ด้วยแบบ Manual เมื่อถึงจุดที่ต้องการแล้วให้ทำการกดปุ่ม D (ต้องกดปุ่ม D ทุกตำแหน่งสุดท้ายที่มอเตอร์แต่ละตัวเคลื่อนที่ไปเพื่อบันทึกค่า)

2.2 ทำการเคลื่อนที่แขนกลกลับสู่ตำแหน่งอ้างอิง โดยกดปุ่ม C

2.3 ทำการบันทึกค่าตำแหน่งที่สองที่ต้องการไปโดยทำการเคลื่อนที่ด้วยแบบ Manual เมื่อถึงจุดที่ต้องการแล้วให้ทำการกดปุ่ม E (ต้องกดปุ่ม E ทุกตำแหน่งสุดท้ายที่มอเตอร์แต่ละตัวเคลื่อนที่ไปเพื่อบันทึกค่า)

2.4 เมื่อทำการบันทึกค่าตำแหน่งที่หนึ่งและสองเรียบร้อยแล้ว หากต้องการให้แขนกลทำงานอย่างต่อเนื่อง ให้กดปุ่ม F

2.5 หากต้องการให้แขนกลหยุดทำงาน ให้กดปุ่ม RESET ที่แผงวงจรของ Microcontroller MCS-51 แขนกลจะหยุดการทำงาน แล้วจึงกดปุ่ม C เพื่อให้แขนกลกลับสู่ตำแหน่งอ้างอิง เพื่อรอคำสั่งการทำงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและข้อเสนอแนะ

โครงงานนี้เป็นการทำงานของแขนกลที่มีการทำงานร่วมกับ keypad ซึ่งแบ่งลักษณะการทำงานออกเป็น 2 แบบ คือแบบอัตโนมัติ ที่มีการทำงานคือ แขนกลจะเคลื่อนที่จากตำแหน่งอ้างอิงไปยังตำแหน่งที่หยิบจับชิ้นงาน จากนั้นจะกลับสู่ตำแหน่งอ้างอิง แขนกลจะเคลื่อนที่ต่อไปยังตำแหน่งปล่อยชิ้นงาน จากนั้นจะเคลื่อนที่กลับไปยังตำแหน่งอ้างอิงอีกครั้ง ซึ่งแขนกลจะทำงานอย่างเป็นระบบเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าผู้ใช้จะสั่งหยุดหรือเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเคลื่อนที่ของแขนกล ส่วนอีกรูปแบบหนึ่งคือแบบควบคุมด้วยปุ่มกด ซึ่งมีลักษณะการทำงานคือ การใช้ keypad ควบคุมแขนกลให้เคลื่อนที่ได้โดยตรง ซึ่งภาษาที่ใช้ในการติดต่อคือภาษา assembly

ปัญหาที่เกิดขึ้น

- กลไกของแขนกลเสื่อมสภาพไปตามกาลเวลา ทำให้เวลาที่แขนกลเคลื่อนที่ สัญญาณ pulse ที่ได้จากเอ็นโคดเดอร์มีค่าไม่เที่ยงตรง ซึ่งส่งผลให้ MSC51 ประมวลผลผิดพลาด และทำให้แขนกลเคลื่อนที่ไปไม่ตรงตามจุดที่กำหนดไว้ในโปรแกรม
- โปรแกรมที่ใช้ในการติดต่อในบางจุดยังไม่สมบูรณ์ ทำให้แม้ว่าแขนกลจะทำงานได้อย่างถูกต้อง แต่ในบางครั้งก็จะทำงานข้ามขั้นตอน ไม่เป็นไปตามลำดับที่กำหนดไว้ในโปรแกรม

ข้อเสนอแนะ

- ควรมีการพัฒนาต่อโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวสั่งการแทน keypad
- ควรมีการพัฒนาต่อให้อุปกรณ์ต่างๆ คือ เครื่อง CNC หรือระบบนิวแมติกส์ คอมพิวเตอร์ แขนกล ทำงานร่วมกันได้อย่างเป็นระบบ
- ควรมีการแยก ground ระหว่างแผงวงจร Microcontroller MCS-51 กับแผงวงจรวงจรอื่นๆ
- ควรมีการพัฒนาโปรแกรมให้มีความสมบูรณ์และเสถียรมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source Code สำหรับการควบคุมแขนกล

```
                ORG     0000H

MAIN:           MOV     A,#00H
                MOV     P2,A
                SETB    P2.4
                SETB    P2.5
                LCALL   SCAN_KEY
                CJNE    A,#0FFH,CHECK_HOME
                LJMP    MAIN

CHECK_HOME:     CJNE    A,#0DH,CHECK_BEGIN
                LCALL   HOME
                LCALL   GRIPPER
                LJMP    MAIN

CHECK_BEGIN:    CJNE    A,#0EH,CHECK_END
                LCALL   MEMO_BEGIN
                LJMP    MAIN

CHECK_END:      CJNE    A,#0FH,CHECK_AUTO
                LCALL   MEMO_END
                LJMP    MAIN

CHECK_AUTO:     CJNE    A,#10H,KEY_PRESS
CLOSE_LOOP      NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    LCALL   HOME
                    LCALL   GRIPPER
                    LCALL   OPEN_GRIPPER
                    LCALL   AUTO_BEGIN
                    LCALL   GRIPPER
                    LCALL   HOME
                    LCALL   AUTO_END
                    LCALL   OPEN_GRIPPER
                    LCALL   HOME
                    SJMP    CLOSE_LOOP

KEY_PRESS:          LCALL   SELECT_P0
                    LCALL   OPEN_COUNT
                    LCALL   DRIVE_M
                    LCALL   DELAY
                    LCALL   KEY_OFF
                    LCALL   DELAY
                    LJMP    MAIN

;-------------------------------------------------------------------------------

SCAN_KEY:           MOV     A,#0FFH
                    MOV     P1,#0FFH

KEY_ROW1:           CLR     P1.7
KEY_0:              JB      P1.0,KEY_1
                    MOV     A,#01H
                    SJMP    EXIT_KEY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
KEY_1:      JB      P1.1,KEY_2
            MOV     A,#02H
            SJMP    EXIT_KEY
KEY_2:      JB      P1.2,KEY_3
            MOV     A,#03H
            SJMP    EXIT_KEY
KEY_3:      JB      P1.3,KEY_ROW2
            MOV     A,#04H
            SJMP    EXIT_KEY

KEY_ROW2:   SETB    P1.7
            CLR     P1.6
KEY_4:      JB      P1.0,KEY_5
            MOV     A,#05H
            SJMP    EXIT_KEY
KEY_5:      JB      P1.1,KEY_6
            MOV     A,#06H
            SJMP    EXIT_KEY
KEY_6:      JB      P1.2,KEY_7
            MOV     A,#07H
            SJMP    EXIT_KEY
KEY_7:      JB      P1.3,KEY_ROW3
            MOV     A,#08H
            SJMP    EXIT_KEY

KEY_ROW3:   SETB    P1.6
            CLR     P1.5
KEY_8:      JB      P1.0,KEY_9
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV     A,#09H
                    SJMP    EXIT_KEY
KEY_9:              JB      P1.1,KEY_A
                    MOV     A,#0AH
                    SJMP    EXIT_KEY
KEY_A:              JB      P1.2,KEY_B
                    MOV     A,#0BH
                    SJMP    EXIT_KEY
KEY_B:              JB      P1.3,KEY_ROW4
                    MOV     A,#0CH
                    SJMP    EXIT_KEY

KEY_ROW4:           SETB    P1.5
                    CLR     P1.4
KEY_C:              JB      P1.0,KEY_D
                    MOV     A,#0DH
                    SJMP    EXIT_KEY
KEY_D:              JB      P1.1,KEY_E
                    MOV     A,#0EH
                    SJMP    EXIT_KEY
KEY_E:              JB      P1.2,KEY_F
                    MOV     A,#0FH
                    SJMP    EXIT_KEY
KEY_F:              JB      P1.3,KEY_ROW5
                    MOV     A,#10H

KEY_ROW5            SJMP    EXIT_KEY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
EXIT_KEY:       RET

;-------------------------------------------------------------------------------------------------------

DE_MEMO:        MOV     A,#00H
                MOV     30H,A
                MOV     31H,A
                MOV     32H,A
                MOV     33H,A
                MOV     34H,A
                MOV     35H,A
                MOV     36H,A
                MOV     37H,A
                MOV     38H,A
                MOV     39H,A
                MOV     3AH,A
                MOV     3BH,A

                RET

;-------------------------------------------------------------------------------------------------------

HOME:           NOP
                SETB    P0.0

MOTOR_2_CW:     SETB    P0.1
                CLR     P0.2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     P0.3

                CLR     P2.0
                SETB    P2.1
                CLR     P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5
                JNB     P0.0,STOP_MOTOR_2

                SETB    P0.4
                CLR     P0.5
                CLR     P0.6

                LCALL   COUNT
                MOV     A,#00H
                MOV     A,TL0
                CJNE    A,#00H,MOTOR_2_CW

MOTOR_2_CCW:    SETB    P0.1
                CLR     P0.2
                CLR     P0.3

                SETB    P2.0
                SETB    P2.1
                CLR     P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     P2.5
                JNB     P0.0,STOP_MOTOR_2

                SETB    P0.4
                CLR     P0.5
                CLR     P0.6

                LCALL   COUNT
                MOV     A,#00H
                MOV     A,TL0
                CJNE    A,#00H,MOTOR_2_CCW
                LJMP    MOTOR_2_CW

STOP_MOTOR_2:   SETB    P2.4
                SETB    P2.5

MOTOR_3_CW:     CLR     P0.1
                SETB    P0.2
                CLR     P0.3

                SETB    P2.0
                CLR     P2.1
                SETB    P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5
                JNB     P0.0,STOP_MOTOR_3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     P0.4
                SETB    P0.5
                CLR     P0.6

                .
                LCALL   COUNT
                MOV     A,#00H
                MOV     A,TL0
                CJNE    A,#00H,MOTOR_3_CW

MOTOR_3_CCW:    CLR     P0.1
                SETB    P0.2
                CLR     P0.3

                CLR     P2.0
                CLR     P2.1
                SETB    P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5
                JNB     P0.0,STOP_MOTOR_3

                CLR     P0.4
                SETB    P0.5
                CLR     P0.6

                .
                LCALL   COUNT
                MOV     A,#00H
                MOV     A,TL0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    CJNE    A,#00H,MOTOR_3_CCW
                    LJMP    MOTOR_3_CW

STOP_MOTOR_3:       SETB    P2.4
                    SETB    P2.5

MOTOR_4_CW:         SETB    P0.1
                    SETB    P0.2
                    CLR     P0.3

                    CLR     P2.0
                    SETB    P2.1
                    SETB    P2.2
                    CLR     P2.3
                    CLR     P2.4
                    CLR     P2.5
                    JNB     P0.0,STOP_MOTOR_4

                    SETB    P0.4
                    SETB    P0.5
                    CLR     P0.6

                    LCALL   COUNT
                    MOV     A,#00H
                    MOV     A,TL0
                    CJNE    A,#00H,MOTOR_4_CW

MOTOR_4_CCW:        SETB    P0.1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SETB    P0.2
                CLR     P0.3

                SETB    P2.0
                SETB    P2.1
                SETB    P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5
                JNB     P0.0,STOP_MOTOR_4
                .
                SETB    P0.4
                SETB    P0.5
                CLR     P0.6

                LCALL   COUNT
                MOV     A,#00H
                MOV     A,TL0
                CJNE    A,#00H,MOTOR_4_CCW
                LJMP    MOTOR_4_CW
                .
STOP_MOTOR_4:   SETB    P2.4
                SETB    P2.5

MOTOR_1_CW:     CLR     P0.1
                CLR     P0.2
                CLR     P0.3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SETB    P2.0
                CLR     P2.1
                CLR     P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5
                JNB     P0.0,STOP_MOTOR_1

                CLR     P0.4
                CLR     P0.5
                CLR     P0.6

                LCALL   COUNT
                MOV     A,#00H
                MOV     A,TL0
                CJNE    A,#00H,MOTOR_1_CW

MOTOR_1_CCW:    CLR     P0.1
                CLR     P0.2
                CLR     P0.3

                CLR     P2.0
                CLR     P2.1
                CLR     P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5
                JNB     P0.0,STOP_MOTOR_1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     P0.4
                CLR     P0.5
                CLR     P0.6

                LCALL   COUNT
                MOV     A,#00H
                MOV     A,TL0
                CJNE    A,#00H,MOTOR_1_CCW
                LJMP    MOTOR_1_CW
STOP_MOTOR_1:   SETB    P2.4
                SETB    P2.5

                RET
;-------------------------------------------------------------------------------

GRIPPER:        SETB    P2.0
                SETB    P2.1
                CLR     P2.2
                SETB    P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                SETB    P0.4
                CLR     P0.5
                SETB    P0.6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    LCALL   COUNT
                    MOV     A,#00H
                    MOV     A,TL0
                    CJNE    A,#00H,GRIPPER

STOP_GRIPPER:       SETB    P2.4
                    SETB    P2.5

                    RET
;-------------------------------------------------------------------------------

OPEN_GRIPPER:       CLR     P2.0
                    SETB    P2.1
                    CLR     P2.2
                    SETB    P2.3
                    CLR     P2.4
                    CLR     P2.5

                    SETB    P0.4
                    CLR     P0.5
                    SETB    P0.6

                    LCALL   COUNT
                    MOV     A,#00H
                    MOV     A,TL0
                    CJNE    A,#00H,OPEN_GRIPPER
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
STOP_O_GRIPPER:     SETB    P2.4
                    SETB    P2.5

                    RET

;-------------------------------------------------------------------------------------------------

COUNT:              MOV     TMOD,#00000101B
                    MOV     TH0,#00H
                    MOV     TL0,#00H
                    SETB    EA
                    SETB    ET0
                    SETB    TR0

                    MOV     R2,#60
TWO:                MOV     R3,#100
THREE:              NOP
                    NOP
                    DJNZ    R3,THREE
                    DJNZ    R2,TWO

                    CLR     TR0
                    CLR     ET0

                    RET

;-------------------------------------------------------------------------------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SELECT_P0:      NOP

MS_1_1:         CJNE    A,#01H,MS_1_2
                CLR     P0.4
                CLR     P0.5
                CLR     P0.6
                SJMP    END_MS

MS_1_2:         CJNE    A,#02H,MS_2_1
                CLR     P0.4
                CLR     P0.5
                CLR     P0.6
                SJMP    END_MS

MS_2_1:         CJNE    A,#03H,MS_2_2
                SETB    P0.4
                CLR     P0.5
                CLR     P0.6
                SJMP    END_MS

MS_2_2:         CJNE    A,#04H,MS_3_1
                SETB    P0.4
                CLR     P0.5
                CLR     P0.6
                SJMP    END_MS

MS_3_1:         CJNE    A,#05H,MS_3_2
                CLR     P0.4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SETB    P0.5
                CLR     P0.6
                SJMP    END_MS

MS_3_2:         CJNE    A,#06H,MS_4_1
                CLR     P0.4
                SETB    P0.5
                CLR     P0.6
                SJMP    END_MS

MS_4_1:         CJNE    A,#07H,MS_4_2
                SETB    P0.4
                SETB    P0.5
                CLR     P0.6
                SJMP    END_MS

MS_4_2:         CJNE    A,#08H,END_MS
                SETB    P0.4
                SETB    P0.5
                CLR     P0.6
                SJMP    END_MS

END_MS:         RET

;-------------------------------------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
OPEN_COUNT:     MOV     TMOD,#00000101B
                MOV     TH0,#00H
                MOV     TL0,#00H
                SETB    EA
                SETB    ET0
                SETB    TR0

                RET
;---------------------------------------------------------------------------

DRIVE_M:        NOP

MOTOR1_CW:      CJNE    A,#01H,MOTOR1_CCW
                CLR     P2.0
                CLR     P2.1
                CLR     P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                MOV     R1,#01H

                LJMP    EXIT_DRIVE

MOTOR1_CCW:     CJNE    A,#02H,MOTOR2_CW
                SETB    P2.0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     P2.1
                CLR     P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                MOV     R1,#02H

                LJMP    EXIT_DRIVE

MOTOR2_CW:      CJNE    A,#03H,MOTOR2_CCW
                CLR     P2.0
                SETB    P2.1
                CLR     P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                MOV     R1,#03H

                LJMP    EXIT_DRIVE

MOTOR2_CCW:     CJNE    A,#04H,MOTOR3_CW
                SETB    P2.0
                SETB    P2.1
                CLR     P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     P2.5

                MOV     R1,#04H

                LJMP    EXIT_DRIVE

MOTOR3_CW:      CJNE    A,#05H,MOTOR3_CCW
                CLR     P2.0
                CLR     P2.1
                SETB    P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                MOV     R1,#05H

                LJMP    EXIT_DRIVE

MOTOR3_CCW:     CJNE    A,#06H,MOTOR4_CW
                SETB    P2.0
                CLR     P2.1
                SETB    P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                MOV     R1,#06H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LJMP        EXIT_DRIVE

MOTOR4_CW:      CJNE        A,#07H,MOTOR4_CCW
                CLR         P2.0
                SETB        P2.1
                SETB        P2.2
                CLR         P2.3
                CLR         P2.4
                CLR         P2.5

                MOV         R1,#07H

                LJMP        EXIT_DRIVE

MOTOR4_CCW:     CJNE        A,#08H,MOTOR45_CW
                SETB        P2.0
                SETB        P2.1
                SETB        P2.2
                CLR         P2.3
                CLR         P2.4
                CLR         P2.5

                MOV         R1,#08H

                LJMP        EXIT_DRIVE

MOTOR45_CW:     CJNE        A,#09H,MOTOR45_CCW
                CLR         P2.0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     P2.1
                CLR     P2.2
                SETB    P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5
                LJMP    EXIT_DRIVE

MOTOR45_CCW:    CJNE    A,#0AH,MOTOR6_CW
                SETB    P2.0
                CLR     P2.1
                CLR     P2.2
                SETB    P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5
                LJMP    EXIT_DRIVE

MOTOR6_CW:      CJNE    A,#0BH,MOTOR6_CCW
                CLR     P2.0
                SETB    P2.1
                CLR     P2.2
                SETB    P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5
                LJMP    EXIT_DRIVE

MOTOR6_CCW:     CJNE    A,#0CH,EXIT_DRIVE
                SETB    P2.0
                SETB    P2.1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     P2.2
                SETB    P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5
                LJMP    EXIT_DRIVE

EXIT_DRIVE:     RET

;---------------------------------------------------------------------------------------------

KEY_OFF:        MOV     P1,#11110000B
                JNB     P1.4,KEY_OFF
                JNB     P1.5,KEY_OFF
                JNB     P1.6,KEY_OFF
                JNB     P1.7,KEY_OFF
                RET

;---------------------------------------------------------------------------------------------

DELAY:          MOV     R0,#0FFH
                DJNZ    R0,$
                RET

;---------------------------------------------------------------------------------------------

MEMO_BEGIN:     CLR     TR0
                CLR     ET0
                MOV     A,#00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV         A,R1

DO_M1_CW:           CJNE        A,#01H,DO_M1_CCW
                    LCALL       MEMO_M1
                    SJMP        END_DO_M

DO_M1_CCW:          CJNE        A,#02H,DO_M2_CW
                    LCALL       MEMO_M1
                    SJMP        END_DO_M

DO_M2_CW:           CJNE        A,#03H,DO_M2_CCW
                    LCALL       MEMO_M2
                    SJMP        END_DO_M

DO_M2_CCW:          CJNE        A,#04H,DO_M3_CW
                    LCALL       MEMO_M2
                    SJMP        END_DO_M

DO_M3_CW:           CJNE        A,#05H,DO_M3_CCW
                    LCALL       MEMO_M3
                    SJMP        END_DO_M

DO_M3_CCW:          CJNE        A,#06H,DO_M4_CW
                    LCALL       MEMO_M3
                    SJMP        END_DO_M

DO_M4_CW:           CJNE        A,#07H,DO_M4_CCW
                    LCALL       MEMO_M4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SJMP        END_DO_M

DO_M4_CCW:      CJNE        A,#08H,END_DO_M
                LCALL       MEMO_M4
                SJMP        END_DO_M

END_DO_M        RET

;-------------------------------------------------------------------------------

MEMO_M1:        MOV         30H,R1
                MOV         31H,TL0
                MOV         32H,TH0
                SJMP        END_MEMO

MEMO_M2:        MOV         33H,R1
                MOV         34H,TL0
                MOV         35H,TH0
                SJMP        END_MEMO

MEMO_M3:        MOV         36H,R1
                MOV         37H,TL0
                MOV         38H,TH0
                SJMP        END_MEMO

MEMO_M4:        MOV         39H,R1
                MOV         3AH,TL0
                MOV         3BH,TH0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SJMP        END_MEMO

END_MEMO:       RET

;-------------------------------------------------------------------------------

MEMO_END:       CLR         TR0
                CLR         ET0
                MOV         A,#00H
                MOV         A,R1

END_DO_M1_CW:   CJNE        A,#01H,END_DO_M1_CCW
                LCALL       MEMO_END_M1
                SJMP        END_END_DO_M

END_DO_M1_CCW:  CJNE        A,#02H,END_DO_M2_CW
                LCALL       MEMO_END_M1
                SJMP        END_END_DO_M

END_DO_M2_CW:   CJNE        A,#03H,END_DO_M2_CCW
                LCALL       MEMO_END_M2
                SJMP        END_END_DO_M

END_DO_M2_CCW:  CJNE        A,#04H,END_DO_M3_CW
                LCALL       MEMO_END_M2
                SJMP        END_END_DO_M

END_DO_M3_CW:   CJNE        A,#05H.END_DO_M3_CCW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    LCALL.      MEMO_END_M3
                    SJMP        END_END_DO_M

END_DO_M3_CCW:      CJNE        A,#06H,END_DO_M4_CW
                    LCALL       MEMO_END_M3
                    SJMP        END_END_DO_M

END_DO_M4_CW:       CJNE        A,#07H,END_DO_M4_CCW
                    LCALL       MEMO_END_M4
                    SJMP        END_END_DO_M

END_DO_M4_CCW:      CJNE        A,#08H,END_END_DO_M
                    LCALL       MEMO_END_M4
                    SJMP        END_END_DO_M

END_END_DO_M        RET

;-------------------------------------------------------------------------------------------------

MEMO_END_M1:        MOV         40H,R1
                    MOV         41H,TL0
                    MOV         42H,TH0
                    SJMP        END_MEMO_END

MEMO_END_M2:        MOV         43H,R1
                    MOV         44H,TL0
                    MOV         45H,TH0
                    SJMP        END_MEMO_END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MEMO_END_M3:    MOV     46H,R1
                MOV     47H,TL0
                MOV     48H,TH0
                SJMP    END_MEMO_END

MEMO_END_M4:    MOV     49H,R1
                MOV     4AH,TL0
                MOV     4BH,TH0
                SJMP    END_MEMO_END

END_MEMO_END:   RET

;-------------------------------------------------------------------------------

AUTO_BEGIN:     MOV     A,#00H

RECALL_M1_CW:   MOV     A,#01H
                CJNE    A,30H,RECALL_M1_CCW
                LCALL   RE_M1_CW
                SJMP    RECALL_M2_CW

RECALL_M1_CCW:  MOV     A,#02H
                CJNE    A,30H,RECALL_M2_CW
                LCALL   RE_M1_CCW
                SJMP    RECALL_M2_CW

RECALL_M2_CW:   MOV     A,#03H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE    A,33H,RECALL_M2_CCW
                LCALL   RE_M2_CW
                SJMP    RECALL_M3_CW

RECALL_M2_CCW:  MOV     A,#04H
                CJNE    A,33H,RECALL_M3_CW
                LCALL   RE_M2_CCW
                SJMP    RECALL_M3_CW

RECALL_M3_CW:   MOV     A,#05H
                CJNE    A,36H,RECALL_M3_CCW
                LCALL   RE_M3_CW
                SJMP    RECALL_M4_CW

RECALL_M3_CCW:  MOV     A,#06H
                CJNE    A,36H,RECALL_M4_CW
                LCALL   RE_M3_CCW
                SJMP    RECALL_M4_CW

RECALL_M4_CW:   MOV     A,#07H
                CJNE    A,39H,RECALL_M4_CCW
                LCALL   RE_M4_CW
                SJMP    END_RECALL_M

RECALL_M4_CCW:  MOV     A,#08H
                CJNE    A,39H,END_RECALL_M
                LCALL   RE_M4_CCW
                SJMP    END_RECALL_M
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
END_RECALL_M:       RET

;-------------------------------------------------------------------------------------------------------

RE_M1_CW:           CLR     P2.0
                    CLR     P2.1
                    CLR     P2.2
                    CLR     P2.3
                    CLR     P2.4
                    CLR     P2.5

                    CLR     P0.4
                    CLR     P0.5
                    CLR     P0.6

M1_CW_L:            LCALL   OPEN_COUNT

PE_M1_CW_L:         MOV     A,TL0
                    CJNE    A,31H,PE_M1_CW_L
                    CLR     ET0
                    CLR     TR0
                    SJMP    HI_RE_M1_CW

HI_RE_M1_CW:        CLR     P2.0
                    CLR     P2.1
                    CLR     P2.2
                    CLR     P2.3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                CLR     P0.4
                CLR     P0.5
                CLR     P0.6

M1_CW_H:        LCALL   OPEN_COUNT

PE_M1_CW_H:     MOV     A,TH0
                CJNE    A,32H,PE_M1_CW_H
                CLR     ET0
                CLR     TR0
                SJMP    END_RE_M1_CW

END_RE_M1_CW:   RET

;-------------------------------------------------------------------------------

RE_M1_CCW:      SETB    P2.0
                CLR     P2.1
                CLR     P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                CLR     P0.4
                CLR     P0.5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    CLR         P0.6

M1_CCW_L:           LCALL       OPEN_COUNT

PE_M1_CCW_L:        MOV         A,TL0
                    CJNE        A,31H,PE_M1_CCW_L
                    CLR         ET0
                    CLR         TR0
                    SJMP        HI_RE_M1_CCW

HI_RE_M1_CCW:       SETB        P2.0
                    CLR         P2.1
                    CLR         P2.2
                    CLR         P2.3
                    CLR         P2.4
                    CLR         P2.5

                    CLR         P0.4
                    CLR         P0.5
                    CLR         P0.6

M1_CCW_H:           LCALL       OPEN_COUNT

PE_M1_CCW_H:        MOV         A,TH0
                    CJNE        A,32H,PE_M1_CCW_H
                    CLR         ET0
                    CLR         TR0
                    SJMP        END_RE_M1_CCW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
END_RE_M1_CCW:      RET

;-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

RE_M2_CW:           CLR     P2.0
                    SETB    P2.1
                    CLR     P2.2
                    CLR     P2.3
                    CLR     P2.4
                    CLR     P2.5

                    SETB    P0.4
                    CLR     P0.5
                    CLR     P0.6

M2_CW_L:            LCALL   OPEN_COUNT

PE_M2_CW_L:         MOV     A,TL0
                    CJNE    A,34H,PE_M2_CW_L
                    CLR     ET0
                    CLR     TR0
                    SJMP    HI_RE_M2_CW

HI_RE_M2_CW:        CLR     P2.0
                    SETB    P2.1
                    CLR     P2.2
                    CLR     P2.3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                SETB    P0.4
                CLR     P0.5
                CLR     P0.6

M2_CW_H:        LCALL   OPEN_COUNT

PE_M2_CW_H:     MOV     A,TH0
                CJNE    A,35H,PE_M2_CW_H
                CLR     ET0
                CLR     TR0
                SJMP    END_RE_M2_CW

END_RE_M2_CW:   RET

;-------------------------------------------------------------------------------

RE_M2_CCW:      SETB    P2.0
                SETB    P2.1
                CLR     P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                SETB    P0.4
                CLR     P0.5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    CLR     P0.6

M2_CCW_L:           LCALL   OPEN_COUNT

PE_M2_CCW_L:        MOV     A,TL0
                    CJNE    A,34H,PE_M2_CCW_L
                    CLR     ET0
                    CLR     TR0
                    SJMP    HI_RE_M2_CCW

HI_RE_M2_CCW:       SETB    P2.0
                    SETB    P2.1
                    CLR     P2.2
                    CLR     P2.3
                    CLR     P2.4
                    CLR     P2.5

                    SETB    P0.4
                    CLR     P0.5
                    CLR     P0.6

M2_CCW_H:           LCALL   OPEN_COUNT

PE_M2_CCW_H:        MOV     A,TH0
                    CJNE    A,35H,PE_M2_CCW_H
                    CLR     ET0
                    CLR     TR0
                    SJMP    END_RE_M2_CCW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
END_RE_M2_CCW:    RET

;-------------------------------------------------------------------------------------------------

RE_M3_CW:         CLR     P2.0
                  CLR     P2.1
                  SETB    P2.2
                  CLR     P2.3
                  CLR     P2.4
                  CLR     P2.5

                  CLR     P0.4
                  SETB    P0.5
                  CLR     P0.6

M3_CW_L:          LCALL   OPEN_COUNT

PE_M3_CW_L:       MOV     A,TL0
                  CJNE    A.37H.PE_M3_CW_L
                  CLR     ET0
                  CLR     TR0
                  SJMP    HI_RE_M3_CW

HI_RE_M3_CW:      CLR     P2.0
                  CLR     P2.1
                  SETB    P2.2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                CLR     P0.4
                SETB    P0.5
                CLR     P0.6

M3_CW_H:        LCALL   OPEN_COUNT

PE_M3_CW_H:     MOV     A,TH0
                CJNE    A,38H,PE_M3_CW_H
                CLR     ET0
                CLR     TR0
                SJMP    END_RE_M3_CW

END_RE_M3_CW:   RET

;-------------------------------------------------------------------------------------------

RE_M3_CCW:      SETB    P2.0
                CLR     P2.1
                SETB    P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                CLR     P0.4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    SETB    P0.5
                    CLR     P0.6

M3_CCW_L:           LCALL   OPEN_COUNT

PE_M3_CCW_L:        MOV     A,TL0
                    CJNE    A,37H,PE_M3_CCW_L
                    CLR     ET0
                    CLR     TR0
                    SJMP    HI_RE_M3_CCW

HI_RE_M3_CCW:       SETB    P2.0
                    CLR     P2.1
                    SETB    P2.2
                    CLR     P2.3
                    CLR     P2.4
                    CLR     P2.5

                    CLR     P0.4
                    SETB    P0.5
                    CLR     P0.6

M3_CCW_H:           LCALL   OPEN_COUNT

PE_M3_CCW_H:        MOV     A,TH0
                    CJNE    A,38H,PE_M3_CCW_H
                    CLR     ET0
                    CLR     TR0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    SJMP        END_RE_M3_CCW

END_RE_M3_CCW:      RET

;-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

RE_M4_CW:           CLR         P2.0
                    SETB        P2.1
                    SETB        P2.2
                    CLR         P2.3
                    CLR         P2.4
                    CLR         P2.5

                    SETB        P0.4
                    SETB        P0.5
                    CLR         P0.6

M4_CW_L:            LCALL       OPEN_COUNT

PE_M4_CW_L:         MOV         A,TL0
                    CJNE        A,3AH,PE_M4_CW_L
                    CLR         ET0
                    CLR         TR0
                    SJMP        HI_RE_M4_CW

HI_RE_M4_CW:        CLR         P2.0
                    SETB        P2.1
                    SETB        P2.2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                SETB    P0.4
                SETB    P0.5
                CLR     P0.6

M4_CW_H:        LCALL   OPEN_COUNT

PE_M4_CW_H:     MOV     A,TH0
                CJNE    A,3BH,PE_M4_CW_H
                CLR     ET0
                CLR     TR0
                SJMP    END_RE_M4_CW

END_RE_M4_CW:   RET

;-------------------------------------------------------------------------------

RE_M4_CCW:      SETB    P2.0
                SETB    P2.1
                SETB    P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                SETB    P0.4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SETB    P0.5
                CLR     P0.6

M4_CCW_L:       LCALL   OPEN_COUNT

PE_M4_CCW_L:    MOV     A,TL0
                CJNE    A,3AH,PE_M4_CCW_L
                CLR     ET0
                CLR     TR0
                SJMP    HI_RE_M4_CCW

HI_RE_M4_CCW:   SETB    P2.0
                SETB    P2.1
                SETB    P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                SETB    P0.4
                SETB    P0.5
                CLR     P0.6

M4_CCW_H:       LCALL   OPEN_COUNT

PE_M4_CCW_H:    MOV     A,TH0
                CJNE    A,3BH,PE_M4_CCW_H
                CLR     ET0
                CLR     TR0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    SJMP        END_RE_M4_CCW

END_RE_M4_CCW:      RET

;-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

AUTO_END:           MOV         A,#00H

RECALLE_M1_CW:      MOV         A,#01H
                    CJNE        A,40H,RECALLE_M1_CCW
                    LCALL       RE_E_M1_CW
                    SJMP        RECALLE_M2_CW

RECALLE_M1_CCW:     MOV         A,#02H
                    CJNE        A,40H,RECALLE_M2_CW
                    LCALL       RE_E_M1_CCW
                    SJMP        RECALLE_M2_CW

RECALLE_M2_CW:      MOV         A,#03H
                    CJNE        A,43H,RECALLE_M2_CCW
                    LCALL       RE_E_M2_CW
                    SJMP        RECALLE_M3_CW

RECALLE_M2_CCW:     MOV         A,#04H
                    CJNE        A,43H,RECALLE_M3_CW
                    LCALL       RE_E_M2_CCW
                    SJMP        RECALLE_M3_CW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
RECALLE_M3_CW:      MOV     A,#05H
                    CJNE    A,46H,RECALLE_M3_CCW
                    LCALL   RE_E_M3_CW
                    SJMP    RECALLE_M4_CW

RECALLE_M3_CCW:     MOV     A,#06H
                    CJNE    A,46H,RECALLE_M4_CW
                    LCALL   RE_E_M3_CCW
                    SJMP    RECALLE_M4_CW

RECALLE_M4_CW:      MOV     A,#07H
                    CJNE    A,49H,RECALLE_M4_CCW
                    LCALL   RE_E_M4_CW
                    SJMP    END_RECALLE_M

RECALLE_M4_CCW:     MOV     A,#08H
                    CJNE    A,49H,END_RECALLE_M
                    LCALL   RE_E_M4_CCW
                    SJMP    END_RECALLE_M

END_RECALLE_M:      RET

;-------------------------------------------------------------------------------------------------------

RE_E_M1_CW:         CLR     P2.0
                    CLR     P2.1
                    CLR     P2.2
                    CLR     P2.3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                CLR     P0.4
                CLR     P0.5
                CLR     P0.6

END_M1_CW_L:    LCALL   OPEN_COUNT

PE_E_M1_CW_L:   MOV     A,TL0
                CJNE    A,41H,PE_E_M1_CW_L
                CLR     ET0
                CLR     TR0
                SJMP    HI_RE_E_M1_CW

HI_RE_E_M1_CW:  CLR     P2.0
                CLR     P2.1
                CLR     P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                CLR     P0.4
                CLR     P0.5
                CLR     P0.6

END_M1_CW_H:    LCALL   OPEN_COUNT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PE_E_M1_CW_H:   MOV     A,TH0
                CJNE    A,42H,PE_E_M1_CW_H
                CLR     ET0
                CLR     TR0
                SJMP    END_RE_E_M1_CW

END_RE_E_M1_CW: RET

;---------------------------------------------------------------------------

RE_E_M1_CCW:    SETB    P2.0
                CLR     P2.1
                CLR     P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                CLR     P0.4
                CLR     P0.5
                CLR     P0.6

END_M1_CCW_L:   LCALL   OPEN_COUNT

PE_E_M1_CCW_L:  MOV     A,TL0
                CJNE    A,41H,PE_E_M1_CCW_L
                CLR     ET0
                CLR     TR0
                SJMP    HI_RE_E_M1_CCW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
HI_RE_E_M1_CCW:     SETB    P2.0
                    CLR     P2.1
                    CLR     P2.2
                    CLR     P2.3
                    CLR     P2.4
                    CLR     P2.5

                    CLR     P0.4
                    CLR     P0.5
                    CLR     P0.6

END_M1_CCW_H:       LCALL   OPEN_COUNT

PE_E_M1_CCW_H:      MOV     A,TH0
                    CJNE    A,42H,PE_E_M1_CCW_H
                    CLR     ET0
                    CLR     TR0
                    SJMP    E_RE_E_M1_CCW

E_RE_E_M1_CCW:      RET

;-------------------------------------------------------------------------------------------------------

RE_E_M2_CW:         CLR     P2.0
                    SETB    P2.1
                    CLR     P2.2
                    CLR     P2.3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                SETB    P0.4
                CLR     P0.5
                CLR     P0.6

END_M2_CW_L:    LCALL   OPEN_COUNT

PE_E_M2_CW_L:   MOV     A,TL0
                CJNE    A,44H,PE_E_M2_CW_L
                CLR     ET0
                CLR     TR0
                SJMP    HI_RE_E_M2_CW

HI_RE_E_M2_CW:  CLR     P2.0
                SETB    P2.1
                CLR     P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                SETB    P0.4
                CLR     P0.5
                CLR     P0.6

END_M2_CW_H:    LCALL   OPEN_COUNT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PE_E_M2_CW_H:   MOV     A,TH0
                CJNE    A,45H,PE_E_M2_CW_H
                CLR     ET0
                CLR     TR0
                SJMP    E_RE_E_M2_CW

E_RE_E_M2_CW:   RET

;---------------------------------------------------------------------------------

RE_E_M2_CCW:    SETB    P2.0
                SETB    P2.1
                CLR     P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                SETB    P0.4
                CLR     P0.5
                CLR     P0.6

END_M2_CCW_L:   LCALL   OPEN_COUNT

PE_E_M2_CCW_L:  MOV     A,TL0
                CJNE    A,44H,PE_E_M2_CCW_L
                CLR     ET0
                CLR     TR0
                SJMP    HI_RE_E_M2_CCW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
HI_RE_E_M2_CCW:     SETB    P2.0
                    SETB    P2.1
                    CLR     P2.2
                    CLR     P2.3
                    CLR     P2.4
                    CLR     P2.5

                    SETB    P0.4
                    CLR     P0.5
                    CLR     P0.6

END_M2_CCW_H:       LCALL   OPEN_COUNT

PE_E_M2_CCW_H:      MOV     A,TH0
                    CJNE    A,45H,PE_E_M2_CCW_H
                    CLR     ET0
                    CLR     TR0
                    SJMP    E_RE_E_M2_CCW

E_RE_E_M2_CCW:      RET

;-------------------------------------------------------------------------------------------------------

RE_E_M3_CW:         CLR     P2.0
                    CLR     P2.1
                    SETB    P2.2
                    CLR     P2.3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                CLR     P0.4
                SETB    P0.5
                CLR     P0.6

END_M3_CW_L:    LCALL   OPEN_COUNT

PE_E_M3_CW_L:   MOV     A,TL0
                CJNE    A,47H,PE_E_M3_CW_L
                CLR     ET0
                CLR     TR0
                SJMP    HI_RE_E_M3_CW

HI_RE_E_M3_CW:  CLR     P2.0
                CLR     P2.1
                SETB    P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                CLR     P0.4
                SETB    P0.5
                CLR     P0.6

END_M3_CW_H:    LCALL   OPEN_COUNT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PE_E_M3_CW_H:   MOV     A,TH0
                CJNE    A,48H,PE_E_M3_CW_H
                CLR     ET0
                CLR     TR0
                SJMP    E_RE_E_M3_CW

E_RE_E_M3_CW:   RET

;-------------------------------------------------------------------------------

RE_E_M3_CCW:    SETB    P2.0
                CLR     P2.1
                SETB    P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                CLR     P0.4
                SETB    P0.5
                CLR     P0.6

END_M3_CCW_L:   LCALL   OPEN_COUNT

PE_E_M3_CCW_L:  MOV     A,TL0
                CJNE    A,47H,PE_E_M3_CCW_L
                CLR     ET0
                CLR     TR0
                SJMP    HI_RE_E_M3_CCW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
HI_RE_E_M3_CCW:     SETB    P2.0
                    CLR     P2.1
                    SETB    P2.2
                    CLR     P2.3
                    CLR     P2.4
                    CLR     P2.5

                    CLR     P0.4
                    SETB    P0.5
                    CLR     P0.6

END_M3_CCW_H:       LCALL   OPEN_COUNT

PE_E_M3_CCW_H:      MOV     A,TH0
                    CJNE    A,48H,PE_E_M3_CCW_H
                    CLR     ET0
                    CLR     TR0
                    SJMP    E_RE_E_M3_CCW

E_RE_E_M3_CCW:      RET
;-------------------------------------------------------------------------------------------------------

RE_E_M4_CW:         CLR     P2.0
                    SETB    P2.1
                    SETB    P2.2
                    CLR     P2.3
                    CLR     P2.4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    CLR         P2.5

                    SETB        P0.4
                    SETB        P0.5
                    CLR         P0.6

END_M4_CW_L:        LCALL       OPEN_COUNT

PE_E_M4_CW_L:       MOV         A,TL0
                    CJNE        A,4AH,PE_E_M4_CW_L
                    CLR         ET0
                    CLR         TR0
                    SJMP        HI_RE_E_M4_CW

HI_RE_E_M4_CW:      CLR         P2.0
                    SETB        P2.1
                    SETB        P2.2
                    CLR         P2.3
                    CLR         P2.4
                    CLR         P2.5

                    SETB        P0.4
                    SETB        P0.5
                    CLR         P0.6

END_M4_CW_H:        LCALL       OPEN_COUNT

PE_E_M4_CW_H:       MOV         A,TH0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE    A,4BH,PE_E_M4_CW_H
                CLR     ET0
                CLR     TR0
                SJMP    E_RE_E_M4_CW

E_RE_E_M4_CW:   RET

;-------------------------------------------------------------------------------

RE_E_M4_CCW:    SETB    P2.0
                SETB    P2.1
                SETB    P2.2
                CLR     P2.3
                CLR     P2.4
                CLR     P2.5

                SETB    P0.4
                SETB    P0.5
                CLR     P0.6

END_M4_CCW_L:   LCALL   OPEN_COUNT

PE_E_M4_CCW_L:  MOV     A,TL0
                CJNE    A,4AH,PE_E_M4_CCW_L
                CLR     ET0
                CLR     TR0
                SJMP    HI_RE_E_M4_CCW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
HI_RE_E_M4_CCW:     SETB    P2.0
                    SETB    P2.1
                    SETB    P2.2
                    CLR     P2.3
                    CLR     P2.4
                    CLR     P2.5

                    SETB    P0.4
                    SETB    P0.5
                    CLR     P0.6

END_M4_CCW_H:       LCALL   OPEN_COUNT

PE_E_M4_CCW_H:      MOV     A,TH0
                    CJNE    A,4BH,PE_E_M4_CCW_H
                    CLR     ET0
                    CLR     TR0
                    SJMP    E_RE_E_M4_CCW

E_RE_E_M4_CCW:      RET
;-------------------------------------------------------------------------------

                    END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCORBOT-ER III

User's Manual

6th Edition

Catalog No. 100038 Rev.A

ESHED ROBOTEC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHAPTER 2

Components and Specifications

The **SCORBOT-ER III** system consists of the mechanical arm and the electronic controller.

The Robot Arm

The **SCORBOT–ER III** is a vertically articulated robot. It has a base joint which rotates the arm in a horizontal plane, three joints which rotate the robot's links in a vertical plane, and a wrist roll joint which rotates the gripper (see Figures 2-1 and 2-2).

The body of the robot is the main frame, which contains five of the six motors.

The links (upper arm and forearm) and the joints enable the desired movements of the gripper.

The gripper is the end effector of the robot arm. For the gripper to reach the desired position, some or all of the axes must move.

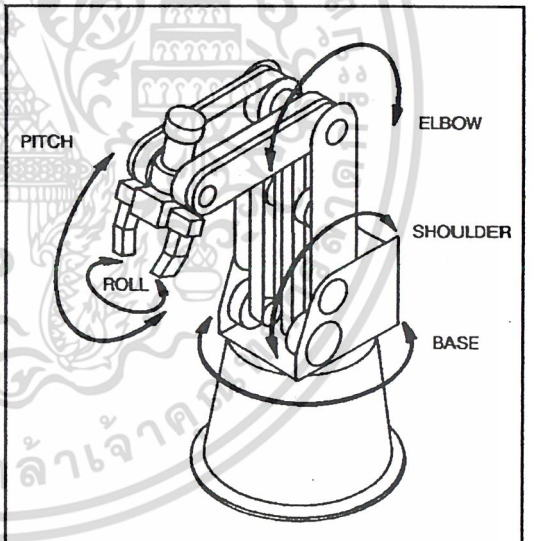


Figure 2-1: Robot Joints

The gripper fingers open and close in parallel. Various kinds of pads and end effectors, such as an air brush or a vacuum gripper, can be attached to the gripper by means of the ∅ 4 mm (0.16") holes in the gripper fingers (see Figure 2-3).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

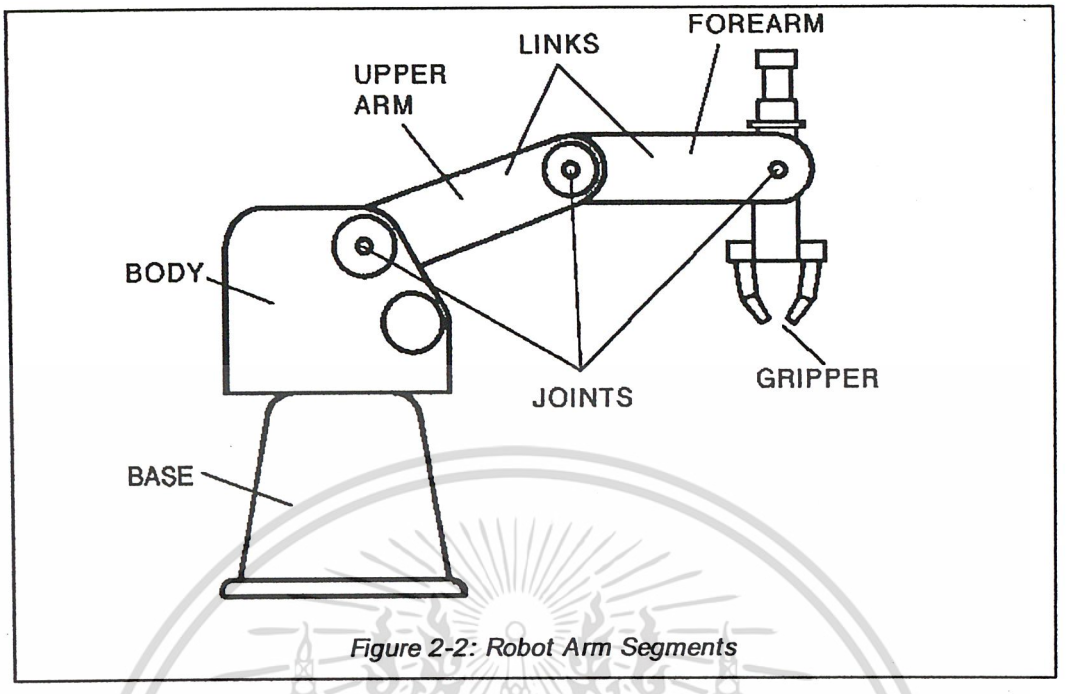


Figure 2-2: Robot Arm Segments

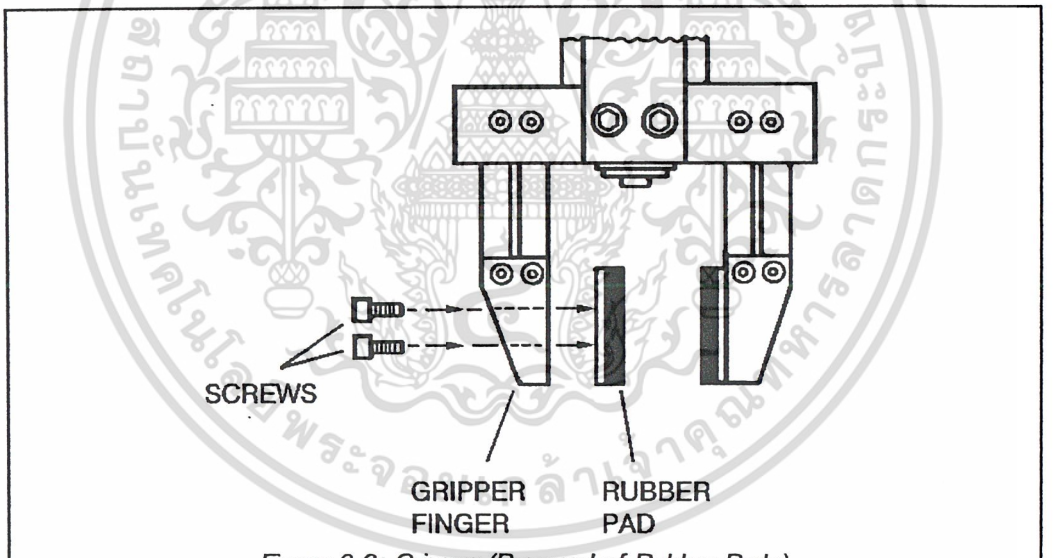


Figure 2-3: Gripper (Removal of Rubber Pads)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The following table gives the technical specifications of the **SCORBOT-ER III** robot arm.

Table 2-1: SCORBOT-ER III Robot Arm Specifications

Item	Specification
Mechanical Structure	Vertically articulated 5 axes plus gripper Control of 8 axes simultaneously
Working Envelope:	
Axis 1: Base Rotation	310°
Axis 2: Shoulder Rotation	+ 130° / –35°
Axis 3: Elbow Rotation	± 130°
Axis 4: Wrist Pitch	± 130°
Axis 5: Wrist Roll	Unlimited
Maximum Working Radius	610 mm (24.4")
Gripper Opening	75 mm (3") without rubber pads 65 mm (2.56") with rubber pads
Maximum Work Load	1 kg (2.2 lb.)
Transmission	Gears, timing belts and lead screw
Actuators	6 DC servo motors with closed-loop control
Feedback	Optical encoders on all axes
Hard Home	Fixed reference position on all axes
Repeatability	± 0.5 mm (± 0.02")
Maximum Speed	330 mm/sec. (13"/sec.)
Weight	
Robot Arm	11 kg (24 lb.)
Controller	5 kg (11 lb.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Motors

The five axes and the gripper are operated by DC servo motors. The direction of motor revolution is determined by the polarity of the operating voltage: positive DC voltage turns the motor in one direction, while negative DC voltage turns it in the opposite direction. Each motor has closed-loop control; that is, an encoder circuit provides the controller with feedback on the extent and direction of the movement of the motor.

Encoders

An optical encoder mounted on each motor continuously monitors the positions, direction and velocity along the path of movement. The encoder produces an electric pulse according to the rotation of the motor shaft on which it is mounted. The number and rate of the pulses are measured by the controller which then compares the actual position with the desired position, and makes any necessary adjustments. See Appendix E for more details.

Microswitches

Five microswitches are fitted onto the mechanical arm. When the robot assumes the position in which the microswitch on each joint is depressed (by the cam), this predetermined position is known as hard home. This is the point of reference for robot operation. Whenever the system is turned on, the robot should be reset to this hard home position. Refer to the Home Menu in the section, "**SCORBASE** Level 2," in Chapter 4.

Transmissions

Several kinds of transmission are used to operate the links of the mechanical arm. Toothed gears move the robot base and shoulder. Toothed gears and timing belts move the robot elbow. Timing belts

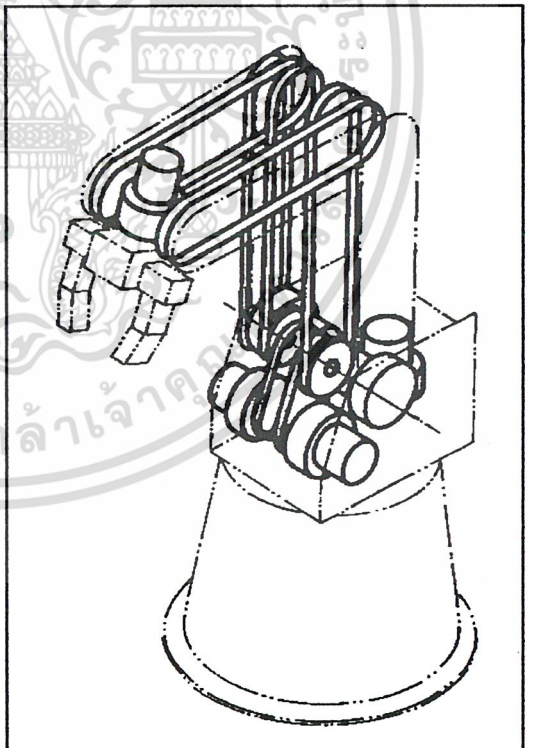


Figure 2-4:. Robot Arm Transmissions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

and a toothed gear differential unit at the end of the arm move the wrist. A lead screw coupled directly to a DC servo motor causes the gripper to open and close.

Robot Cable

The main cable of the robot contains 50 leads divided into six groups (one for each motor). Each group contains eight leads:

- 2 leads supply voltage to the motor.
- 2 leads receive pulses from the optical encoder (channel 0 and channel 1).
- 1 lead carries the signal from the microswitch.
- 1 lead supplies voltage to the encoder (V_{LED}).
- 1 lead provides the ground for the microswitch.
- 1 lead provides the ground for the encoder.

All commands, both operational and control, are transmitted through this cable, which is the sole connection between the robot arm and the controller. The cable runs from the robot base to the D50 connector marked ROBOT on the rear panel of the controller. See Appendix D for more details.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table D-1: Wiring to Motors, Encoders and Microswitches

Robot Arm Signals			D50 Connector		Molex 12 Pin Connector		Encoder Printed Circuit (PC500)
Motor #	Encoder	Microswitch #	Colors	Pin #	Colors	Pin #	Pad #
1 –			white	50			
+			grey/green	17			
2 –			white	49			
+			white/green	16			
3 –			white	48			
+			orange/brown	15			
4 –			white	47			
+			orange/green	14			
5 –			white	46			
+			orange/grey	13			
Grp –			white	45	grey	8	
+			orange/blue	12	yellow	7	
	1 GND		white	33			1
	P_1		white/grey	5			3
	1 V_{LED}		yellow	11			2
	P_0		brown	2			4
	2 GND		white	32			1
	P_1		white/orange	21			3
	2 V_{LED}		yellow	27			2
	P_0		grey	1			4
	3 GND		white	31			1
	P_1		brown/blue	4			3
	3 V_{LED}		yellow	10			2
	P_0		green	36			4
	4 GND		white	30			1
	P_1		green/brown	20			3
	4 V_{LED}		yellow	26			2
	P_0		orange	35			4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Robot Arm Signals			D50 Connector		Molex 12 Pin Connector		Encoder Printed Circuit (PC500)
Motor #	Encoder	Microswitch #	Colors	Pin #	Colors	Pin #	Pad #
	5 GND		white	29			1
	P_1		green/blue	3			3
	5 V_{LED}		yellow	9			2
	P_0		blue	18			4
	Grp GND		white	28	black	12	1
	P_1		grey/blue	19	green	11	3
	Grp V_{LED}		white	25	yellow	10	2
	P_0		white/blue	34	brown	9	4
		1 GND	white	33			
		MS	brown	23			
		2 GND	white	32			
		MS	grey	7			
		3 GND	white	31	white	1	
		MS	orange	24	white	2	
		4 GND	white	30	blue	3	
		MS	green	8	blue	4	
		5 GND	white	29	orange	5	
		MS	blue	6	orange	6	
not connected grp GND			white	28			
		MS	brown/grey	22			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Single Axis Wiring

In addition to the six motors on the robot arm, the controller can control two other motors, which can be used for operating mechanical equipment and accessories such as conveyors and rotary tables.

The additional motors are connected to the D9 female connectors, marked MOTOR 6 and MOTOR 7 on the controller's front panel.

For additional information about **SCORBOT-ER III** motors, see Appendix F, "The Motor Kit."

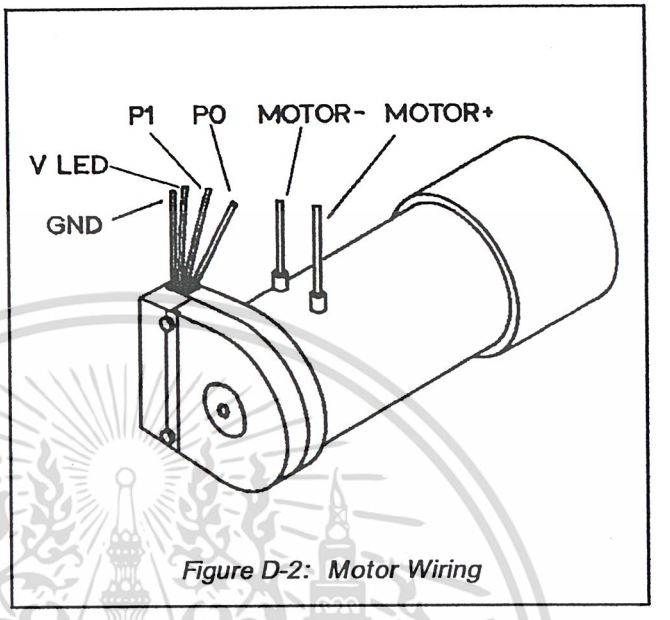


Figure D-2: Motor Wiring

Figure D-2 shows the leads to the motor and encoder. Table D-2 details the wiring in the D9 connector which connects a motor and the controller.

Table D-2: Single Axis Wiring with D9 Connector

Function	Lead Color in External Cable	D9 Connector Pin #	Encoder Circuit (PC500) Pad #
Power Motor (+)	red	1	
Power Motor (–)	green	9	
Phototransistor 0	brown	8	4
Phototransistor 1	white	6	3
V_{LED}	yellow	3	2
Ground Logic (GND)	black	5	1
Microswitch	orange	4	

Note: GND and V_{LED} are always connected to pads 1 and 2, respectively, on the encoder printed circuit (PC500). GND is also connected to the shield on the D9 connector. The phototransistors, P_0 and P_1, are always connected to pads 4 and 3, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPENDIX **E**

The Optical Encoders

The **SCORBOT-ER III** uses two kinds of optical encoders. The encoders on motors 1 through 5 differ from those on motors 6 through 8.

Figure E-1 shows the two kinds of encoder disks.

- The encoder disk with six slots (at left) is used on the robot arm motors.
- The encoder disk with three slots (at right) is used on the gripper and accessories such as the conveyor, rotary table or linear slide base.

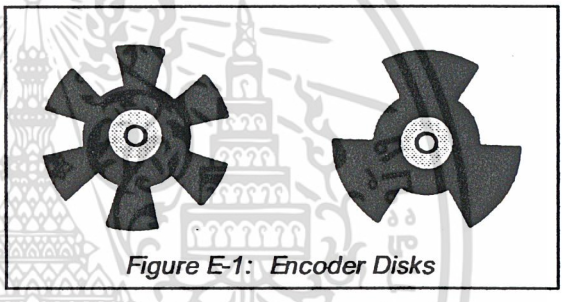


Figure E-1: Encoder Disks

Figure E-2 shows the encoder circuitry. It comprises a printed circuit board (PC500), two LEDs, and two phototransistors (P_0 and P_1).

The circuitry of the two kinds of encoders differs in two ways:

1. Difference in the height of the electronic components above the printed circuit board surface.
   - In the encoder with a six-slot disk the components are 8.2 mm ± 0.1 mm above the board.
   - In the encoder with a three-slot disk the height is 6.7 mm ± 0.1 mm.

   It is extremely important to maintain the exact height of the components. Figure E-3 shows how to measure

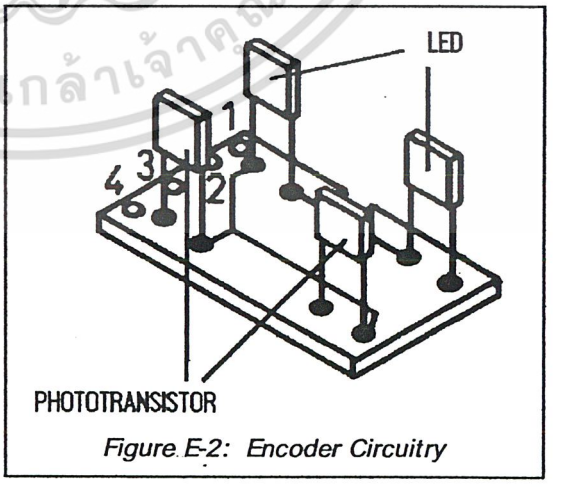


Figure E-2: Encoder Circuitry

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

the distance between the board and the LED or phototransistor.

2. Difference in the colors of the printed circuit boards.
   - In the encoder with a six-slot disk, there is no solder mask covering the board. The board is a beige color.
   - In the encoder with a three-slot disk, the mask is green and the number 3 is printed on the board.

Figure E-4 shows how the circuitry fits into the encoder housing.

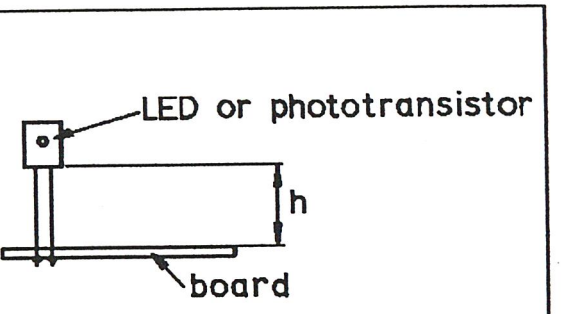


Figure E-3: Height of Electronic Components

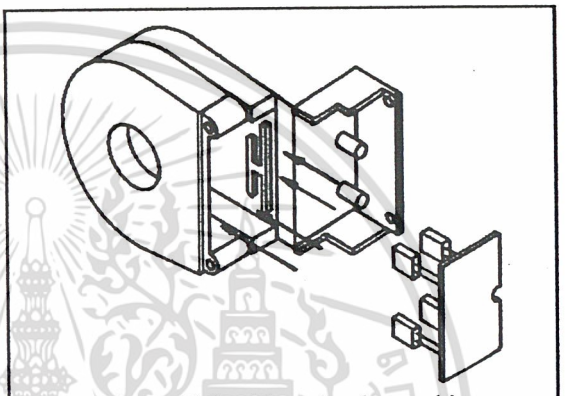


Figure E-4: Encoder Assembly

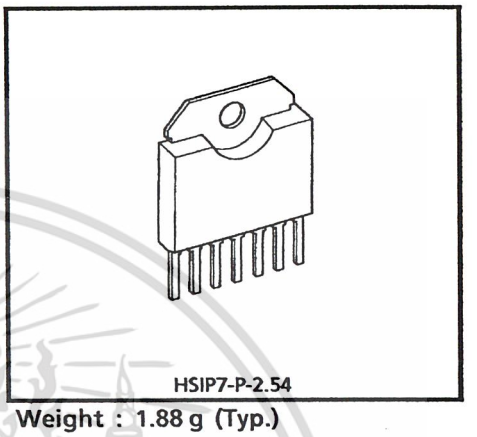
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TOSHIBA BIPOLAR LINEAR INTEGRATED CIRCUIT SILICON MONOLITHIC

TA7257P

BRIDGE DRIVER

The TA7257P is a Full Bridge Driver for blashed DC Motor Rotation control.
Forward Rotation, Reverse Rotation, Stop and Braking operations are available.
It's designed for Loading and Reel Motor driver for VTR and Tape Deck, and any other consumer and industrial applications.
TA7257P have Operation Supply Voltage terminal and Motor Driving Supply Voltage terminal independently therefore Servo control operation is applicable.



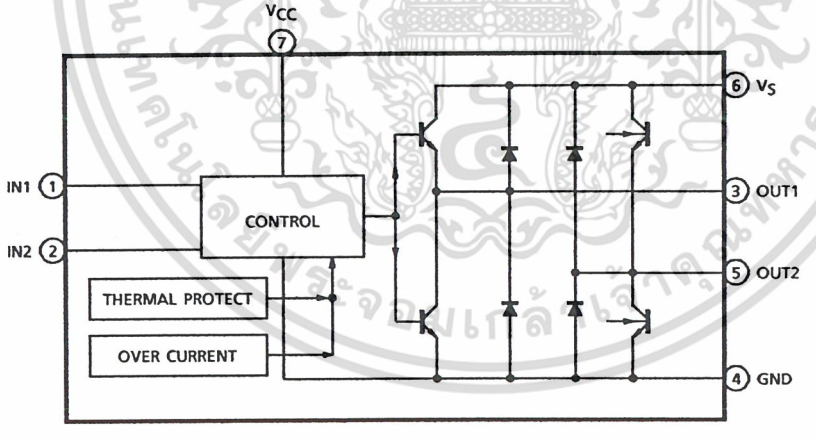
HSIP7-P-2.54

Weight : 1.88 g (Typ.)

FEATURES

- Output Current Up to 1.5 A (AVE.), and 4.5 A (PEAK).
- 4 Function Modes (CW, CCW, STOP and Brake) are Controlled by 2 Logic Signals Fed Into 2 Input Terminals.
- Build in Over Current Protector and Thermal Shut Down Circuit.
- Operating Voltage Range : $V_{CC\,(opr.)}$ = 6~18 V, $V_{S\,(opr.)}$ = 0~18 V

BLOCK DIAGRAM



980910EBA1

- TOSHIBA is continually working to improve the quality and the reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to observe standards of safety, and to avoid situations in which a malfunction or failure of a TOSHIBA product could cause loss of human life, bodily injury or damage to property. In developing your designs, please ensure that TOSHIBA products are used within specified operating ranges as set forth in the most recent products specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook.
- The products described in this document are subject to the foreign exchange and foreign trade laws.
- The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA CORPORATION for any infringements of intellectual property or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any intellectual property or other rights of TOSHIBA CORPORATION or others.
- The information contained herein is subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN FUNCTION

PIN No.	SYMBOL	FUNCTIONAL DESCRIPTION
1	IN1	Input terminal
2	IN2	Input terminal
3	OUT1	Output terminal
4	GND	GND terminal
5	OUT2	Output terminal
6	V_S	Supply voltage terminal for Motor drive
7	V_{CC}	Supply voltage terminal for Logic

FUNCTION

IN1	IN2	OUT1	OUT2	MODE
1	1	L	L	Brake
0	1	L	H	CW / CCW
1	0	H	L	CCW / CW
0	0			Stop

MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)

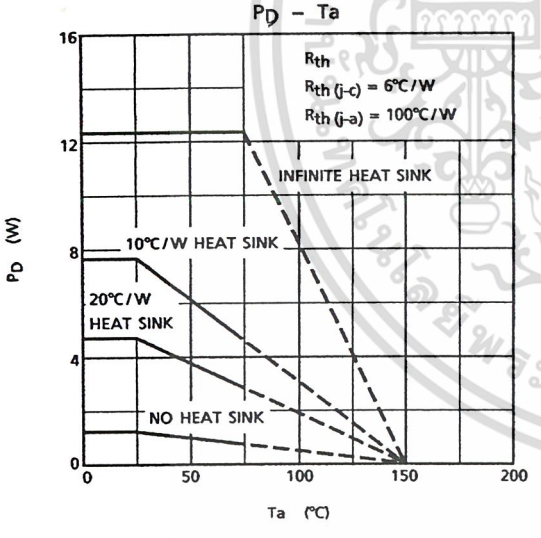
CHARACTERISTIC		SYMBOL	RATING	UNIT
Peak Supply Voltage	Peak	V_{CC} (MAX.)	25	V
	Operate	V_{CC} (opr.)	18	
Output Current	PEAK	I_O (PEAK)	4.5	A
	AVE.	I_O (AVE.)	1.5	
Power Dissipation		P_D	12.5 (Note)	W
Operating Temperature		T_{opr}	−30~75	°C
Storage Temperature		T_{stg}	−55~150	°C

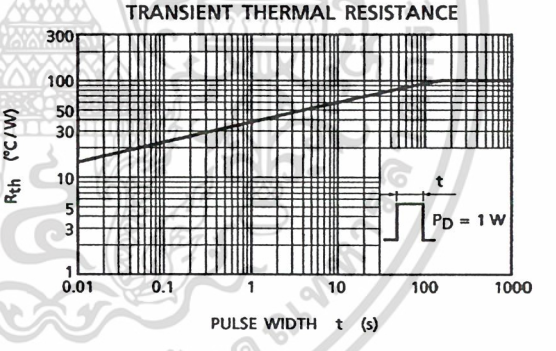
(Note) Tc = 75°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25°C)

CHARACTERISTIC		SYMBOL	TEST CIR-CUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Supply Current		I_{CC1}	—	V_{CC} = 18 V Output OFF stop mode	—	6.5	13	mA
		I_{CC2}		V_{CC} = 18 V Output OFF CW / CCW mode	—	10	20	
Saturation Voltage	Upper	$V_{S1}U$	—	V_{CC} = 18 V, I_O = 0.1 A	—	0.7	1.0	V
	Lower	$V_{S1}L$			—	0.6	0.9	
	Upper	$V_{S2}U$		V_{CC} = 18 V, I_O = 1.1 A	—	1.0	1.4	
	Lower	$V_{S2}L$			—	0.9	1.3	
Output Transistor Leakage Current	Upper	I_L U	—	V_S = 18 V	—	—	100	μA
	Lower	I_L L			—	—	100	
Input Voltage 1, 2		$V_{IN (H)}$	—	T_j = 25°C, pin ① and pin ②	3.0	—	—	V
		$V_{IN (L)}$			—	—	0.8	
Diode Forward Voltage		V_F U	—	I_F = 1.0 A	—	2.0	—	V
		V_F L			—	1.25	—	
Limiting Current		I_{SC}	—	—	—	3.5	—	A
Input Current		I_{IN}	—	—	—	1	10	μA





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION NOTE

(1) Input circuit

Input circuit is shown in Fig.1. It's a "Low active" type voltage comparator that's one input connect to Input terminal (pin ①, or ②) and the other to built-in temperature compensated voltage reference (V_{TH} = 1.4 V Typ.)
If a voltage above $V_{IN\,(H)}$ fed into the Input Terminal that means "Logic 1" and less than $V_{IN\,(L)}$ or connect to GND means "Logic 0".

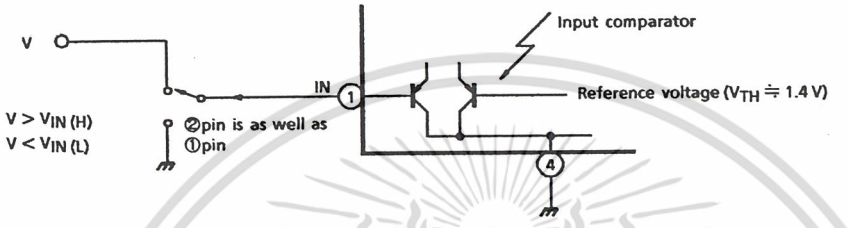


Fig.1

(2) Basic application circuit

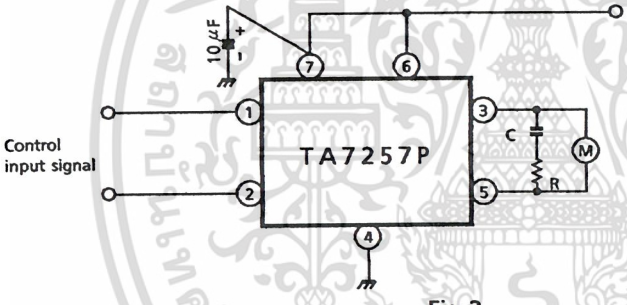


Fig.2

(Note 1) Fig.2 shows the basic application circuit.
Optimum values of the C, R depend on the inherent constant of a motor and parasitic C, R values around the circuit.
Normally, recommended to use 0.1 μF and 33 Ω.

(Note 2) Utmost care is necessary in the design of the output line, V_S, V_{CC} and GND line since IC may be destroyed due to short-circuit between outputs, air contamination fault, or fault by improper grounding.

(Note 3) Be careful when switching the input because rush current may occur.
When switching, stop mode should be entered or current limitation resister R should be inserted.

(Note 4) The IC functions cannot be guaranteed when turning power on of off.
Before using the IC for application, check that there are no problems.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) Additional diode

i) If the braking operation is so loose, connect a additional diode between each output to GND, (See Fig.3)

ii) If the back electromotive pulse generated in output coil is so strong.
Internally connected back electromotive suppression diode may be damaged by this pulse.
In such a case connect a additional diode between each output to V_{CC}. (See Fig.4)

iii) In case of mounted on radiators, do not use silicon rubber.

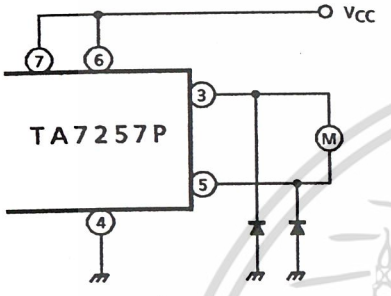


Fig.3

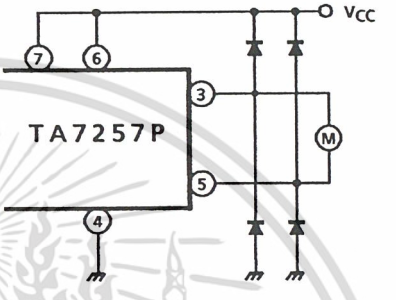
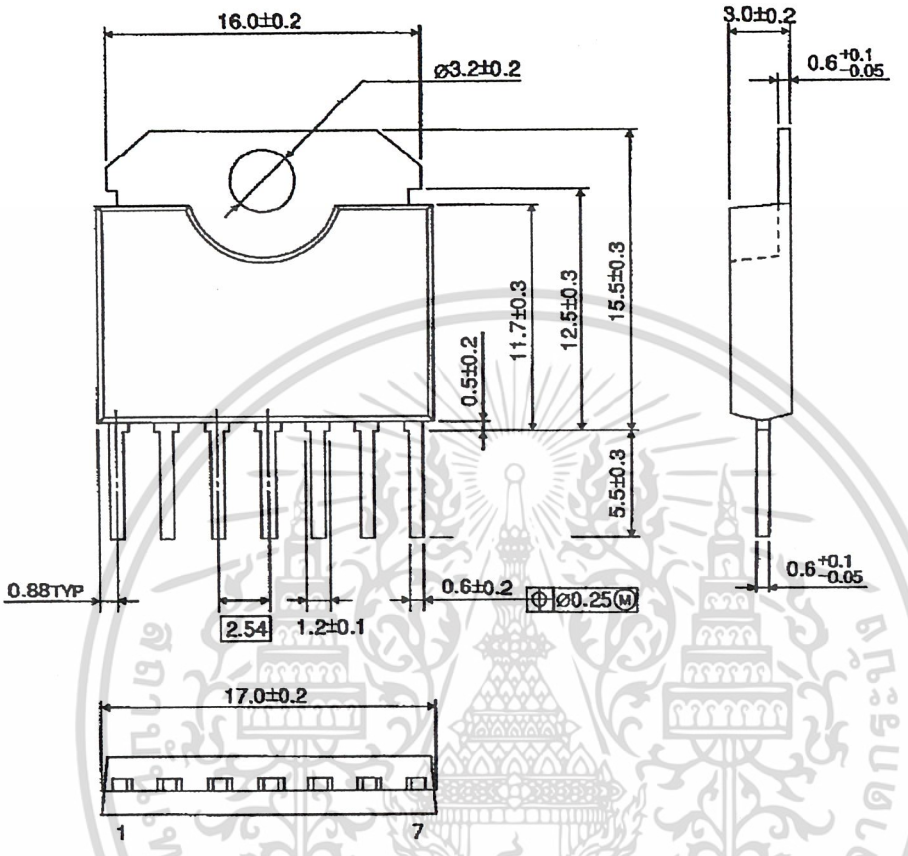


Fig.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUTLINE DRAWING
HSIP7-P-2.54

Unit : mm



Weight : 1.88 g (Typ.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM339, LM239, LM2901, LM2901V, NCV2901, MC3302

Quad Single Supply Comparators

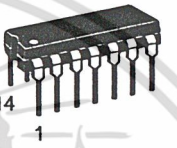
ON Semiconductor™

http://onsemi.com

These comparators are designed for use in level detection, low–level sensing and memory applications in consumer, automotive, and industrial electronic applications.

- Single or Split Supply Operation
- Low Input Bias Current: 25 nA (Typ)
- Low Input Offset Current: ±5.0 nA (Typ)
- Low Input Offset Voltage
- Input Common Mode Voltage Range to Gnd
- Low Output Saturation Voltage: 130 mV (Typ) @ 4.0 mA
- TTL and CMOS Compatible
- ESD Clamps on the Inputs Increase Reliability without Affecting Device Operation

SO–14
D SUFFIX
CASE 751A



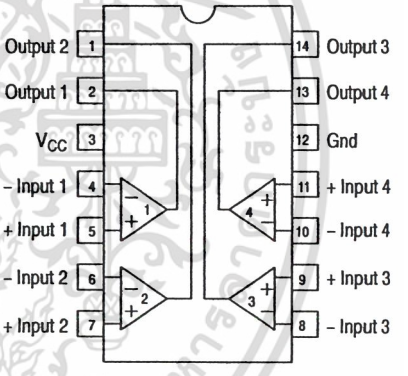
PDIP–14
N, P SUFFIX
CASE 646

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage LM239/LM339/LM2901, V MC3302	V_{CC}	 +36 or ±18 +30 or ±15	Vdc
Input Differential Voltage Range LM239/LM339/LM2901, V MC3302	V_{IDR}	 36 30	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	V_{ICMR}	–0.3 to V_{CC}	Vdc
Output Short Circuit to Ground (Note 1.)	I_{SC}	Continuous	
Power Dissipation @ T_A = 25°C Plastic Package Derate above 25°C	P_D	 1.0 8.0	 W mW/°C
Junction Temperature	T_J	150	°C
Operating Ambient Temperature Range LM239 MC3302 LM2901 LM2901V, NCV2901 LM339	T_A	 –25 to +85 –40 to +85 –40 to +105 –40 to +125 0 to +70	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	–65 to +150	°C

1. The maximum output current may be as high as 20 mA, independent of the magnitude of V_{CC}. Output short circuits to V_{CC} can cause excessive heating and eventual destruction.

PIN CONNECTIONS



(Top View)

ORDERING INFORMATION

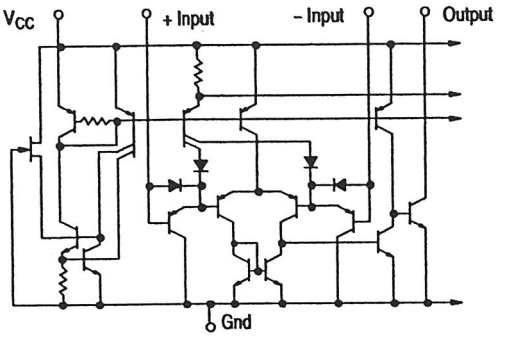
See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 6 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 6 of this data sheet.

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



NOTE: Diagram shown is for 1 comparator.

Figure 1. Circuit Schematic

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = +5.0 Vdc, T_A = +25°C, unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	LM239/339			LM2901/2901V			MC3302			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage (Note 3.)	V_{IO}	–	±2.0	±5.0	–	±2.0	±7.0	–	±3.0	±20	mVdc
Input Bias Current (Notes 3., 4.) (Output in Analog Range)	I_{IB}	–	25	250	–	25	250	–	25	500	nA
Input Offset Current (Note 3.)	I_{IO}	–	±5.0	±50	–	±5.0	±50	–	±3.0	±100	nA
Input Common Mode Voltage Range	V_{ICMR}	0	–	V_{CC} –1.5	0	–	V_{CC} –1.5	0	–	V_{CC} –1.5	V
Supply Current R_L = ∞ (For All Comparators) R_L = ∞, V_{CC} = 30 Vdc	I_{CC}	 – –	 0.8 1.0	 2.0 2.5	 – –	 0.8 1.0	 2.0 2.5	 – –	 0.8 1.0	 2.0 2.5	mA
Voltage Gain R_L ≥ 15 kΩ, V_{CC} = 15 Vdc	A_{VOL}	50	200	–	25	100	–	25	100	–	V/mV
Large Signal Response Time V_I = TTL Logic Swing, V_{ref} = 1.4 Vdc, V_{RL} = 5.0 Vdc, R_L = 5.1 kΩ	–	–	300	–	–	300	–	–	300	–	ns
Response Time (Note 5.) V_{RL} = 5.0 Vdc, R_L = 5.1 kΩ	–	–	1.3	–	–	1.3	–	–	1.3	–	µs
Output Sink Current $V_I(-)$ ≥ +1.0 Vdc, $V_I(+)$ = 0, V_O ≤ 1.5 Vdc	I_{Sink}	6.0	16	–	6.0	16	–	6.0	16	–	mA
Saturation Voltage $V_I(-)$ ≥ +1.0 Vdc, $V_I(+)$ = 0, I_{sink} ≤ 4.0 mA	V_{sat}	–	130	400	–	130	400	–	130	500	mV
Output Leakage Current $V_I(+)$ ≥ +1.0 Vdc, $V_I(-)$ = 0, V_O = +5.0 Vdc	I_{OL}	–	0.1	–	–	0.1	–	–	0.1	–	nA

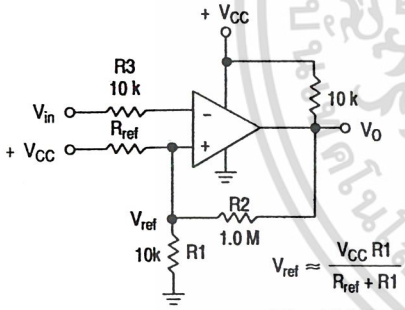
2. (LM239) T_{low} = –25°C, T_{high} = +85°
   (LM339) T_{low} = 0°C, T_{high} = +70°C
   (MC3302) T_{low} = –40°C, T_{high} = +85°C
   (LM2901) T_{low} = –40°C, T_{high} = +105°
   (LM2901V) T_{low} = –40°C, T_{high} = +125°C
   (NCV2901) T_{low} = –40°C, T_{high} = +125°C. Guaranteed by design. NCV prefix is for automotive and other applications requiring site and change control.
3. At the output switch point, V_O ≃ 1.4 Vdc, R_S ≤ 100 Ω 5.0 Vdc ≤ V_{CC} ≤ 30 Vdc, with the inputs over the full common mode range (0 Vdc to V_{CC} –1.5 Vdc).
4. The bias current flows out of the inputs due to the PNP input stage. This current is virtually constant, independent of the output state.
5. The response time specified is for a 100 mV input step with 5.0 mV overdrive. For larger signals, 300 ns is typical.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PERFORMANCE CHARACTERISTICS (V_{CC} = +5.0 Vdc, T_A = T_{low} to T_{high} [Note 6.])

Characteristic	Symbol	LM239/339			LM2901/2901V			MC3302			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage (Note 7.)	V_{IO}	–	–	±9.0	–	–	±15	–	–	±40	mVdc
Input Bias Current (Notes 7., 8.) (Output in Analog Range)	I_{IB}	–	–	400	–	–	500	–	–	1000	nA
Input Offset Current (Note 7.)	I_{IO}	–	–	±150	–	–	±200	–	–	±300	nA
Input Common Mode Voltage Range	V_{ICMR}	0	–	V_{CC} –2.0	0	–	V_{CC} –2.0	0	–	V_{CC} –2.0	V
Saturation Voltage $V_I(-) \geq +1.0$ Vdc, $V_I(+) = 0$, $I_{sink} \leq 4.0$ mA	V_{sat}	–	–	700	–	–	700	–	–	700	mV
Output Leakage Current $V_I(+) \geq +1.0$ Vdc, $V_I(-) = 0$, $V_O = 30$ Vdc	I_{OL}	–	–	1.0	–	–	1.0	–	–	1.0	μA
Differential Input Voltage All $V_I \geq 0$ Vdc	V_{ID}	–	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	Vdc

6. (LM239) T_{low} = –25°C, T_{high} = +85°
   (LM339) T_{low} = 0°C, T_{high} = +70°C
   (MC3302) T_{low} = –40°C, T_{high} = +85°C
   (LM2901) T_{low} = –40°C, T_{high} = +105°
   (LM2901V) T_{low} = –40°C, T_{high} = +125°C
   (NCV2901) T_{low} = –40°C, T_{high} = +125°C. Guaranteed by design. NCV prefix is for automotive and other applications requiring site and change control.
7. At the output switch point, $V_O \simeq$ 1.4 Vdc, $R_S \leq 100\ \Omega$ 5.0 Vdc ≤ V_{CC} ≤ 30 Vdc, with the inputs over the full common mode range (0 Vdc to V_{CC} –1.5 Vdc).
8. The bias current flows out of the inputs due to the PNP input stage. This current is virtually constant, independent of the output state.
9. The response time specified is for a 100 mV input step with 5.0 mV overdrive. For larger signals, 300 ns is typical.



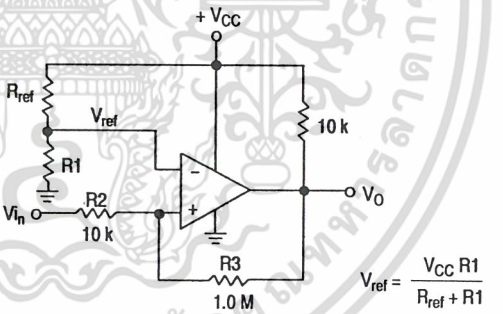
$$V_{ref} \simeq \frac{V_{CC}\,R1}{R_{ref} + R1}$$

$$R3 \simeq R1\,//\,R_{ref}\,//\,R2$$

$$V_H = \frac{R1\,//\,R_{ref}}{R1//\,R_{ref} + R2}\,[V_{O(max)} - V_{O(min)}]$$

$$R2 \gg Rref\,//\,R1$$

Figure 2. Inverting Comparator with Hystersis



$$V_{ref} = \frac{V_{CC}\,R1}{R_{ref} + R1}$$

$$R2 \approx R1\,//\,R_{ref}$$

Amount of Hysteresis V_H

$$V_H = \frac{R2}{R2 + R3}\,[(V_{O(max)} - V_{O(min)}]$$

Figure 3. Noninverting Comparator with Hysteresis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics
(V_{CC} = 15 Vdc, T_A = +25°C (each comparator) unless otherwise noted.)

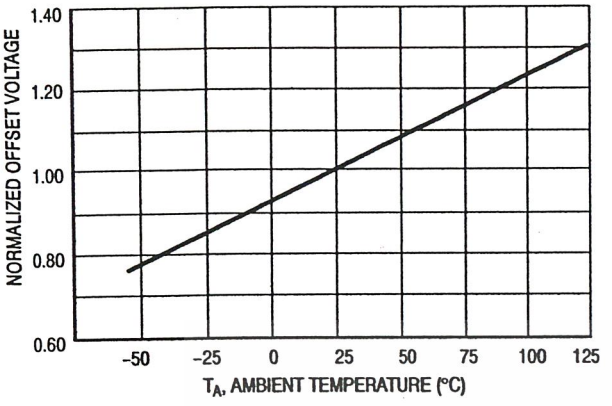


Figure 4. Normalized Input Offset Voltage

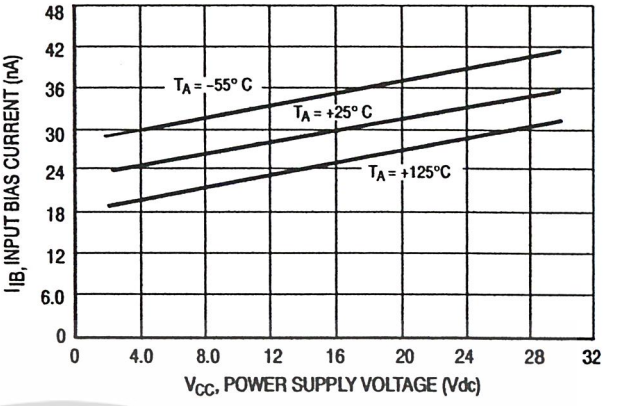


Figure 5. Input Bias Current

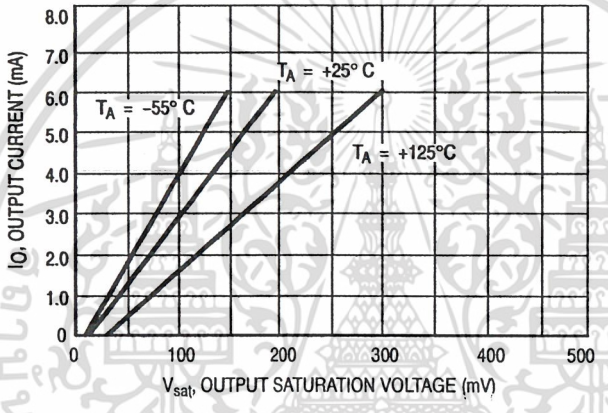
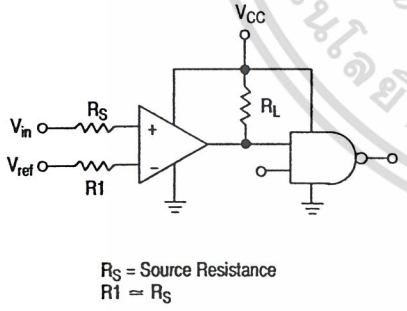


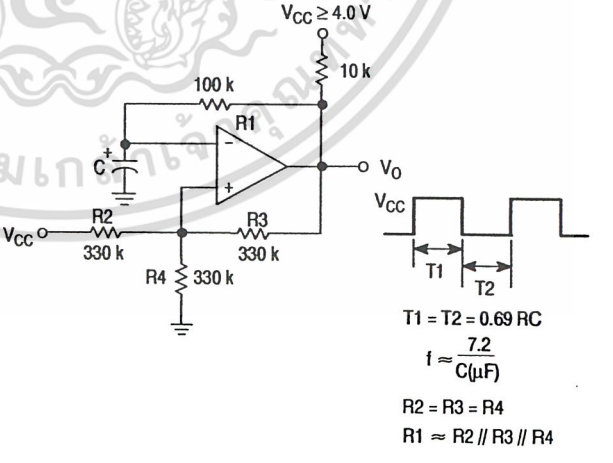
Figure 6. Output Sink Current versus Output Saturation Voltage



R_S = Source Resistance
$R1 \simeq R_S$

Logic	Device	V_{CC} (V)	R_L kΩ
CMOS	1/4 MC14001	+15	100
TTL	1/4 MC7400	+5.0	10

Figure 7. Driving Logic



T1 = T2 = 0.69 RC

$$f \approx \frac{7.2}{C(\mu F)}$$

R2 = R3 = R4
R1 ≈ R2 // R3 // R4

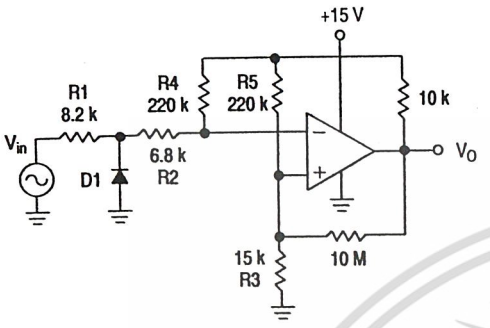
Figure 8. Squarewave Oscillator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATIONS INFORMATION

These quad comparators feature high gain, wide bandwidth characteristics. This gives the device oscillation tendencies if the outputs are capacitively coupled to the inputs via stray capacitance. This oscillation manifests itself during output transitions (V_{OL} to V_{OH}). To alleviate this situation input resistors < 10 kΩ should be used. The addition of positive feedback (< 10 mV) is also recommended. It is good design practice to ground all unused input pins.

Differential input voltages may be larger than supply voltages without damaging the comparator's inputs. Voltages more negative than –300 mV should not be used.



D1 prevents input from going negative by more than 0.6 V.

$$R1 + R2 = R3$$

$$R3 \leq \frac{R5}{10} \text{ for small error in zero crossing}$$

Figure 9. Zero Crossing Detector (Single Supply)

$V_{in(min)} \approx 0.4$ V peak for 1% phase distortion ($\Delta\Theta$).

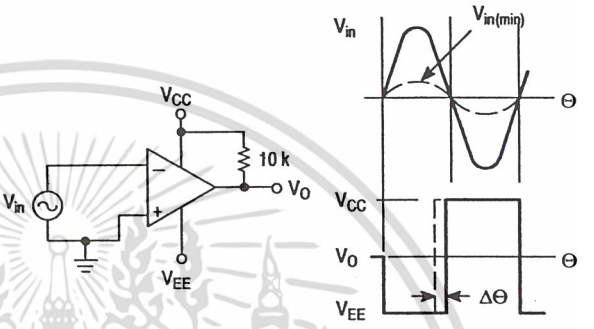


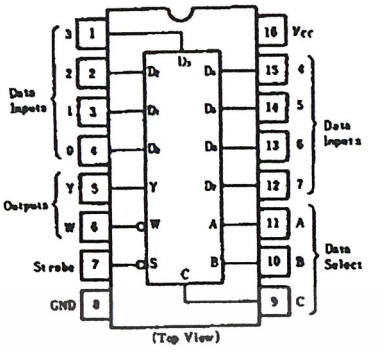
Figure 10. Zero Crossing Detector (Split Supplies)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

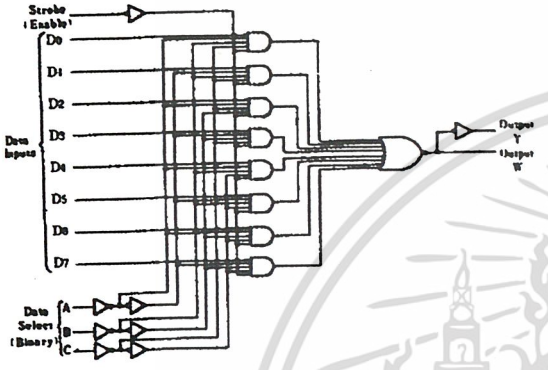
HD74LS151 ●1-of-8 Data Selectors/Multiplexers (with strobe)

This data selector/multiplexer contains full-on chip binary decoding to select the desired data source. The HD74LS151 selects one-of-eight data sources and has a strobe input which must be at a low logic level to enable this device. A high level at the strobe forces the W output high, and the Y output low.

■PIN ARRANGEMENT



■BLOCK DIAGRAM



■FUNCTION TABLE

Inputs				Outputs	
SELECT			STROBE		
C	B	A	S	Y	W
×	×	×	H	L	H
L	L	L	L	D_0	$\overline{D_0}$
L	L	H	L	D_1	$\overline{D_1}$
L	H	L	L	D_2	$\overline{D_2}$
L	H	H	L	D_3	$\overline{D_3}$
H	L	L	L	D_4	$\overline{D_4}$
H	L	H	L	D_5	$\overline{D_5}$
H	H	L	L	D_6	$\overline{D_6}$
H	H	H	L	D_7	$\overline{D_7}$

H; high level, L; low level, X; irrelevant

■ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta=−20~+75°C)

Item	Symbol	Test Conditions		min	typ*	max	Unit
Input voltage	V_{IH}			2.0	—	—	V
	V_{IL}			—	—	0.8	V
Output voltage	V_{OH}	V_{CC}=4.75V, V_{IH}=2V, V_{IL}=0.8V, I_{OH}=−400μA		2.7	—	—	V
	V_{OL}	V_{CC}=4.75V, V_{IH}=2V, V_{IL}=0.8V	I_{OL}=4mA	—	—	0.4	V
			I_{OL}=8mA	—	—	0.5	
Input current	I_I	V_{CC}=5.25V, V_I=7V		—	—	0.1	mA
	I_{IH}	V_{CC}=5.25V, V_I=2.7V		—	—	20	μA
	I_{IL}	V_{CC}=5.25V, V_I=0.4V		—	—	−0.4	mA
Short-circuit output current	I_{OS}	V_{CC}=5.25V		−20	—	−100	mA
Supply current **	I_{CC}	V_{CC}=5.25V		—	6.0	10.0	mA
Input clamp voltage	V_{IK}	V_{CC}=4.75V, I_{IN}=−18mA		—	—	−1.5	V

* V_{CC}=5V, Ta=25°C

** I_{CC} is measured with all outputs open and all inputs at 4.5V.

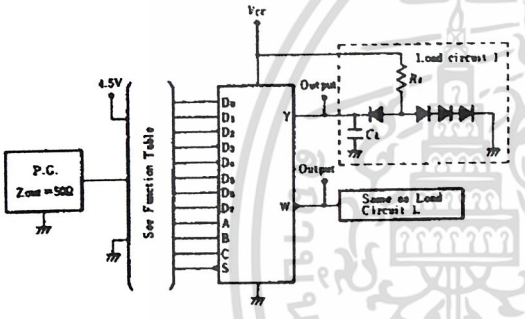
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■SWITCHING CHARACTERISTICS (V_{CC}=5V, Ta=25℃)

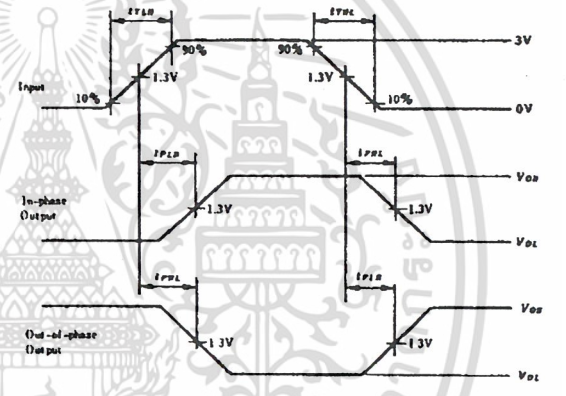
Item	Symbol	Inputs	Outputs	Test Conditions	min	typ	max	Unit
Propagation delay time	t_{PLH}	A, B, C (4 Level)	Y	C_L=15pF, R_L=2kΩ	–	27	43	ns
	t_{PHL}				–	18	30	
	t_{PLH}	A, B, C (3 Level)	W		–	14	23	
	t_{PHL}				–	20	32	
	t_{PLH}	Strobe	Y		–	26	42	
	t_{PHL}				–	20	32	
	t_{PLH}	Strobe	W		–	15	24	
	t_{PHL}				–	18	30	
	t_{PLH}	D	Y		–	20	32	
	t_{PHL}				–	16	26	
	t_{PLH}	D	W		–	13	21	
	t_{PHL}				–	12	20	

■TESTING METHOD

1) Test Circuit



Waveform



Notes) 1. Input pulse; t_{TLH}≦15ns, t_{THL}≦6ns, PRR=1MHz, duty cycle=50%
2. C_L includes probe and jig capacitance.
3. All diodes are 1S2074 Ⓗ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4-to-16 line decoder/demultiplexer | 74HC/HCT154

FEATURES

- 16-line demultiplexing capability
- Decodes 4 binary-coded inputs into one of 16 mutually exclusive outputs
- 2-input enable gate for strobing or expansion
- Output capability: standard
- I_{CC} category: MSI

GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT154 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LSTTL). They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7A.

The 74HC/HCT154 decoders accept four active HIGH binary address inputs and provide 16 mutually exclusive active LOW outputs.
The 2-input enable gate can be used to strobe the decoder to eliminate the normal decoding "glitches" on the outputs, or it can be used for the expansion of the decoder.

The enable gate has two AND'ed inputs which must be LOW to enable the outputs.

The "154" can be used as a 1-to-16 demultiplexer by using one of the enable inputs as the multiplexed data input.

When the other enable is LOW, the addressed output will follow the state of the applied data.

QUICK REFERENCE DATA

GND = 0 V; T_{amb} = 25 °C; $t_r = t_f$ = 6 ns

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYPICAL		UNIT
			HC	HCT	
t_{PHL}/t_{PLH}	propagation delay A_n, $\overline{E}_n$ to $\overline{Y}_n$	C_L = 15 pF; V_{CC} = 5 V	11	13	ns
C_I	input capacitance		3.5	3.5	pF
C_{PD}	power dissipation capacitance per package	notes 1 and 2	60	60	pF

Notes

1. C_{PD} is used to determine the dynamic power dissipation (P_D in μW):
   $P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \Sigma (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ where:
   f_i = input frequency in MHz
   f_o = output frequency in MHz
   $\Sigma (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ = sum of outputs
   C_L = output load capacitance in pF
   V_{CC} = supply voltage in V
2. For HC the condition is V_I = GND to V_{CC}
   For HCT the condition is V_I = GND to V_{CC} – 1.5 V

ORDERING INFORMATION

See *"74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information"*.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN DESCRIPTION

PIN NO.	SYMBOL	NAME AND FUNCTION
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17	$\overline{Y}_0$ to $\overline{Y}_{15}$	outputs (active LOW)
18, 19	$\overline{E}_0$, $\overline{E}_1$	enable inputs (active LOW)
12	GND	ground (0 V)
23, 22, 21, 20	A_0 to A_3	address inputs
24	V_{CC}	positive supply voltage

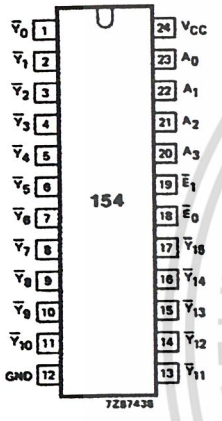


Fig.1 Pin configuration.

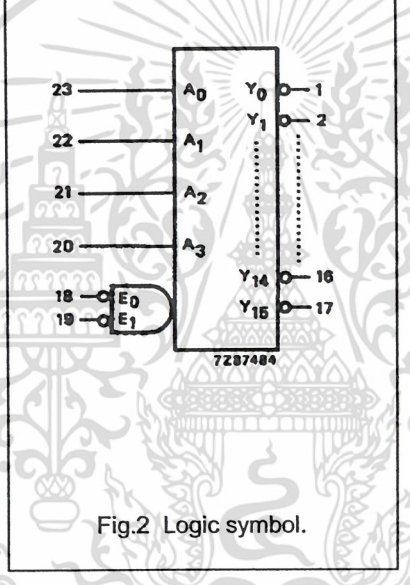


Fig.2 Logic symbol.

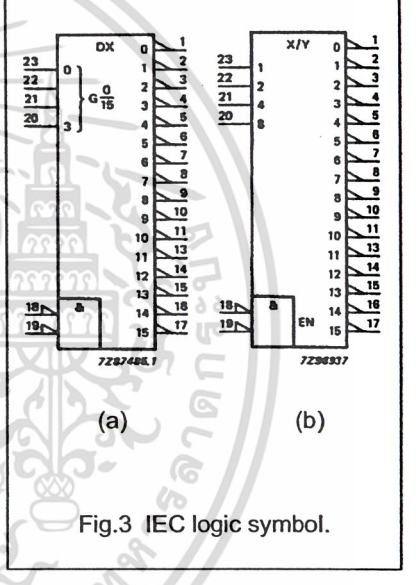


Fig.3 IEC logic symbol.

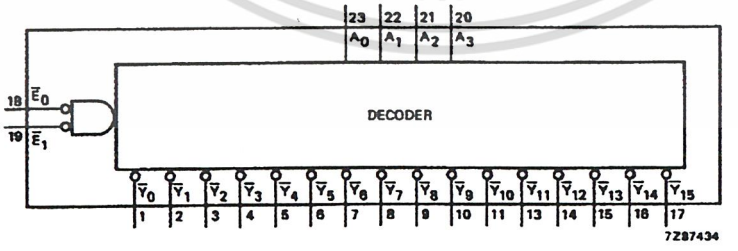


Fig.4 Functional diagram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FUNCTION TABLE

INPUTS						OUTPUTS															
$\overline{E}_0$	$\overline{E}_1$	A_0	A_1	A_2	A_3	$\overline{Y}_0$	$\overline{Y}_1$	$\overline{Y}_2$	$\overline{Y}_3$	$\overline{Y}_4$	$\overline{Y}_5$	$\overline{Y}_6$	$\overline{Y}_7$	$\overline{Y}_8$	$\overline{Y}_9$	$\overline{Y}_{10}$	$\overline{Y}_{11}$	$\overline{Y}_{12}$	$\overline{Y}_{13}$	$\overline{Y}_{14}$	$\overline{Y}_{15}$
H	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	L	L	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	H	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

Note

1. H = HIGH voltage level
   L = LOW voltage level
   X = don't care

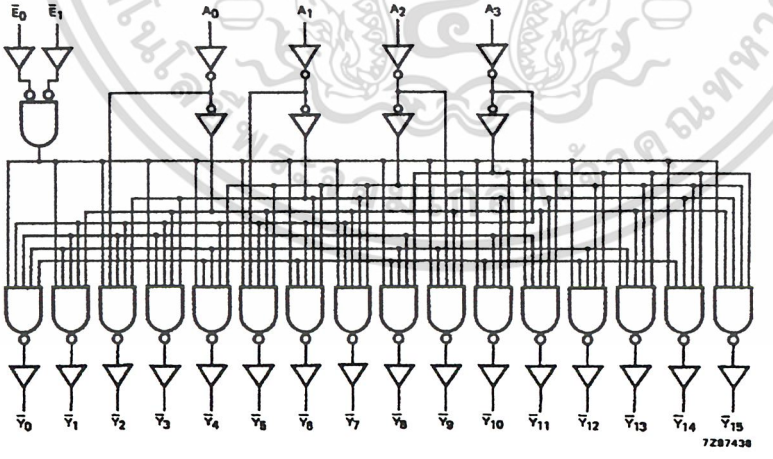


Fig.5 Logic diagram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงโครงงานสามารถดำเนินการได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทั้งนี้เนื่องมาจากการได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจากอาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และคอยให้คำชี้แนะ เสนอแนวทางอันเป็นประโยชน์ในการจัดทำโครงงาน และทั้งนี้ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทั้งหลายให้แด่ผู้จัดทำ ซึ่งผู้จัดทำขอ กราบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ผู้จัดทำขอขอบคุณพี่สโตร์และเพื่อนๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้ยืมอุปกรณ์ ให้กำลังใจและให้ข้อเสนอแนะดีๆ แก่ผู้จัดทำ และที่สำคัญขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ที่ให้การอบรมสั่งสอน และให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ในการจัดทำปริญญานิพนธ์และโครงงานชิ้นนี้ ขึ้นมาได้อย่างสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. David G.Alciatore, Michael B. Histand, "**Introduction to Mechatronics and Measurement systems**", Department of Mechanical Engineering Colorado State University : 2003

2. OPTEK Technology, "**Application Circuits for the Phototransistor Switch**", Internet

3. โยธิน เปรมปราณีรัชต์, **"ระบบเซอร์โวและอิเล็กทรอนิกส์คอนโทรลมอเตอร์"**, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเหล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : 2533

4. รศ. ธีรวัฒน์ ประกอบผล, **"ภาษาแอสเซมบลีสำหรับ MCS-51"**, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : 2547

5. ผศ.ดร. วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์, "**เอกสารประกอบการสอนวิชา Sensors and Transducers in Manufacturing systems**", คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเหล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้