

หุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

(Surveying Mobile Robotic Controlled by Microcomputer)



ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหน้.....
เลขทะเบียน 36801
วัน, เดือน, ปี ๒๙ ส.ค. 254๒

รับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2542

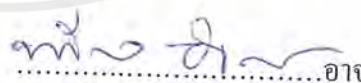
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม


คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง หุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

ผู้จัดทำ




.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ทวีพล ชื้อสัตย์)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ประภาส เร็กรินทร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

จัดทำโดย	นายวุฒิชัย	ปอตระกูล	39014498
	นายศุภฤกษ์	คปะนิยะกุล	39014531
	นายสมศักดิ์	เอื้อประชานนท์	39014542

อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ทวีพล	ชื่อสัตว์
	อาจารย์ประภาส	เริงริน

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอการออกแบบหุ่นยนต์ที่ใช้ในการสำรวจ ควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ โดยจะรับคำสั่งของเส้นทางในการเคลื่อนที่จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งพัฒนาบนระบบปฏิบัติการวินโดว 95 หรือ 98 จากนั้นจะส่งผ่านข้อมูลผ่านพอร์ทอนุกรม RS232C ไปยังไมโครโปรเซสเซอร์ที่ตัวหุ่นยนต์ ซึ่งมีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับระบบอินฟราเรดเพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดจากวัตถุที่ขวางเส้นทาง เมื่อหุ่นยนต์ตรวจพบสิ่งกีดขวาง มันจะส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการปรับเปลี่ยนเส้นทาง นอกจากนี้ยังสามารถติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆเพื่อเก็บข้อมูล เช่น ภาพ เสียง อุณหภูมิ ฯลฯ เพื่อให้หุ่นยนต์เข้าไปสำรวจและเก็บข้อมูลในสถานะที่คนไม่สามารถเข้าไปปฏิบัติงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mobile Survey Robotic Controlled by Microcomputer

<u>STAFF</u>	MR.WUTTHICHAJ	POTRAKOOL	39014498
	MR.SUPARERK	TAPANEEYAKUL	39014531
	MR.SOMSAK	UARPRACHANON	39014542

<u>ADVISOR</u>	MR.TAWEEPOL	SUESUT
	MR.PRAPART	RUENGRUEN

ABSTRACT

This thesis presents the design of Surveying Mobile Robotic Controlled by Microcomputer. The routine of robot is controlled by computer program which is developed for window 95,98 operating system through serial communication RS232C. The mobile robot is installed infrared sensors for detecting the obstruction and send data to computer in order to change the routine.

More over, we can install other equipments for collect data such as picture sound temperature etc. with the mobile robot in order to work in the area that human can not works.

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	2
2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ทอนุกรม	9
2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	15
2.4 อุปกรณ์ตรวจจับและเอนโคเดอร์ในระบบการควบคุมมอเตอร์	21
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	25
3.1 ขอบเขตของโครงการ	25
3.2 โครงสร้างของโครงการ	25
3.3 คอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์	27
โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์	27
รูปแบบของชุดคำสั่ง	31
3.4 ตัวหุ่นยนต์	35
ส่วนซอฟต์แวร์	35
ส่วนฮาร์ดแวร์	41
- โครงสร้างหุ่นยนต์	41
- วงจรควบคุมการเคลื่อนที่	46
- วงจรตรวจจับสิ่งกีดขวาง	48
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	51
4.1 การทดลองในส่วนตรวจจับสิ่งกีดขวาง	51
4.2 การทดลองหาระยะการเคลื่อนที่คลาดเคลื่อนของหุ่นยนต์	52
บทที่ 5 บทสรุปและแนวทางในการพัฒนาต่อ	55
5.1 ข้อจำกัดของโครงการ	55
5.2 แนวทางในการพัฒนาต่อ	55
5.3 บทสรุป	55
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างภายในชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051	3
รูปที่ 2.2 ไตอะแกรมขาของ 8051	4
รูปที่ 2.3 รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TMOD	6
รูปที่ 2.4 แหล่งที่มาของสัญญาณอินเทอร์รัปต์	8
รูปที่ 2.5 ไตอะแกรมเวลาของการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส	9
รูปที่ 2.6 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส	10
รูปที่ 2.7 การจัดขาสัญญาณของพอร์ทอนุกรมในแบบต่างๆและหน้าที่การทำงาน	14
รูปที่ 2.8 การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ทอนุกรม ในรูปแบบต่างๆ	14
รูปที่ 2.9 (ก) เส้นโค้งลักษณะสมบัติอัตราเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบขนาน อนุกรม และผสม (ข) เส้นโค้งลักษณะสมบัติแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบขนาน อนุกรม และผสม	16
รูปที่ 2.10 วงจรสมมูลของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขดลวดกระตุ้นแยก	18
รูปที่ 2.11 (ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบ ของมอเตอร์กระแสตรงแบบขดลวดกระตุ้นแยก โดยที่ V_T และ ϕ คงที่ (ข) ในกรณีที่เกิดผลของปฏิกิริยาอาร์เมเจอร์ (armature reaction)	19
รูปที่ 2.12 การมอดูเลตแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	21
รูปที่ 2.13 ลักษณะการวางรูปของแมกเนติกฟิสิกส์ของ โทคเคอร์	22
รูปที่ 2.14 โครงสร้างภายในของตัวแมกเนติกฟิสิกส์	22
รูปที่ 2.15 ตัวอย่างของแมกเนติกฟิสิกส์	22
รูปที่ 2.16 ตัวอย่างลูกคลื่น โวลต์ที่เตงเอาท์พุทของแมกเนติกฟิสิกส์เซ็นเซอร์	23
รูปที่ 2.17 ลูกคลื่นเอาท์พุทของตัวฟิสิกส์ความเร็วแบบแม่เหล็ก	23
รูปที่ 2.18 แมกเนติกฟิสิกส์ที่มีการแปลงความถี่เป็นดีซีโวลต์	24
รูปที่ 2.19 บล็อกไดอะแกรมแสดงการแปลงความถี่เป็นโวลต์เตจ	24
รูปที่ 3.1 BLOCK DIAGRAM แสดงโครงสร้างของโครงการ	26
รูปที่ 3.2 แสดงหน้าจอเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรม	27
รูปที่ 3.3 แสดงหน้าจอการทำงานหลังจากเลือกคำสั่ง เดินหน้าหรือถอยหลัง	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.4 แสดงหน้าจอการทำงานหลังจากเลือกคำสั่ง เลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวา	28
รูปที่ 3.5 หน้าจอแสดงผลหลังจากกดยืนยันคำสั่ง(ปุ่ม OK)	28
รูปที่ 3.6 แสดงผลการทำงานบนลิสต์สถานะการทำงาน	30
รูปที่ 3.7 แสดงสิ่งกีดขวางที่เกิดขึ้นขณะปฏิบัติงาน	30
รูปที่ 3.8 แสดงรูปการทำงานหลังกดปุ่มลบคำสั่งทั้งหมด(CLEAR MEMORY)	31
รูปที่ 3.9 FLOWCHART โปรแกรมการควบคุมหุ่นยนต์	33
รูปที่ 3.10 FLOWCHART โปรแกรมคอนโทรลเลอร์	36
รูปที่ 3.11 DRAWING ของหุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่	42
รูปที่ 3.12 ภาพถ่ายด้านหน้าของหุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่	43
รูปที่ 3.13 ภาพถ่ายด้านข้างของหุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่	43
รูปที่ 3.14 ภาพถ่ายด้านข้างของหุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่	44
รูปที่ 3.15 ภาพถ่ายด้านหลังของหุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่	44
รูปที่ 3.16 ภาพถ่ายชุดเฟืองทด	46
รูปที่ 3.17 ภาพถ่ายวงจรคอนโทรลเลอร์	47
รูปที่ 3.18 ภาพถ่ายวงจรคอนโทรลเลอร์	47
รูปที่ 3.19 แสดงวงจรตรวจจับ	48
รูปที่ 3.20 แสดงวงจรแปลงสัญญาณ	49
รูปที่ 3.21 ภาพถ่ายวงจรตรวจจับสิ่งกีดขวาง	49
รูปที่ 3.22 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	50

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็วในทุกๆด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านการสื่อสาร โทรคมนาคม เครื่องจักรกล ไมโครโพรเซสเซอร์ ฯลฯ ถ้าหากนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาประยุกต์เข้าด้วยกัน ก็จะทำให้เกิดสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวก และก่อให้เกิดประโยชน์มากมาย รวมถึงความหลากหลายในการเลือกใช้งานด้วย เช่น CNC (Computer Numerical Control) ซึ่งเกิดจากการพัฒนาเทคโนโลยีด้านเครื่องจักรกล และเทคโนโลยีไมโครโพรเซสเซอร์ แล้วนำมาประยุกต์เข้าด้วยกัน

หุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่นี้ จะถูกควบคุมผ่านทางคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่รับคำสั่งการเคลื่อนที่ทางเมตส์และคีย์บอร์ด ทำการประมวลผลคำสั่งที่ได้รับ แล้วส่งข้อมูลคำสั่งขนาด 2 ไบต์ผ่านพอร์ทอนุกรม RS-232 มาที่ไมโครโพรเซสเซอร์บนตัวหุ่นยนต์ โดยไมโครโพรเซสเซอร์นี้จะทำหน้าที่เพียงแค่ควบคุมการขับเคลื่อนที่ใช้บังคับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เท่านั้น ในการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ควบคุมหุ่นยนต์นี้จะช่วยทำให้ภาระในการประมวลผลของไมโครโพรเซสเซอร์มารวมที่คอมพิวเตอร์ และช่วยให้ง่ายต่อการเขียนโปรแกรม, แก้ไขโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ รวมทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์หลายๆตัวได้อีกด้วย สำหรับปัญญาประดิษฐ์ฉบับนี้จะนำเสนอเรื่องหุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งหวังว่าจะสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานจริงได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวที่มีข้อดีเมื่อเทียบกับไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิตตระกูลอื่น ดังนี้

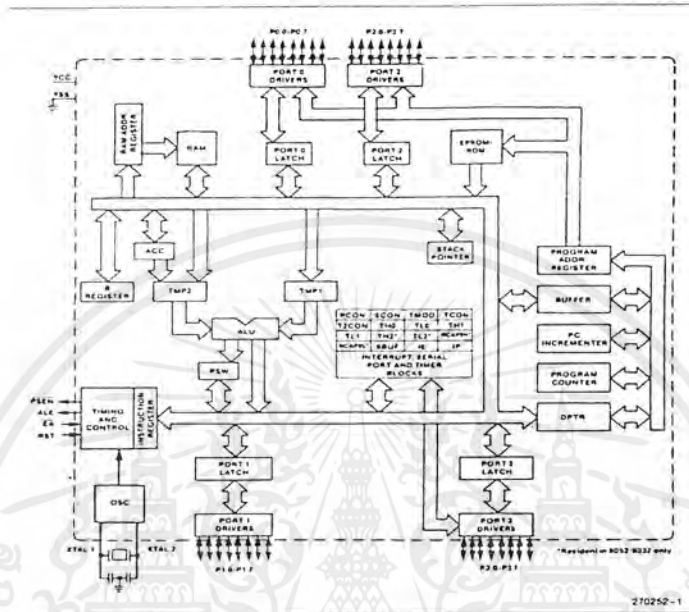
1. มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป(RAM)บรรจุไว้ภายใน 128 - 256 กิโลไบต์
2. มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายในจำนวน 4 กิโลไบต์
3. มีวงจรตั้งเวลาวางจรนับขนาด 16 บิต 2 ตัว อยู่ภายใน
4. มีวงจรรับส่งข้อมูลอนุกรมได้ 2 ทิศทาง
5. มีสัญญาณนาฬิกาภายในตัว
6. มีพอร์ตที่สามารถรับหรือส่งข้อมูลได้ 2 ทิศทางจำนวน 4 พอร์ต ๆ ละ 8 บิต

นอกจากนี้ MCS-51 ยังมีคุณสมบัติอื่น ๆ ที่น่าสนใจ คือ

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์เพียงชุดเดียว
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายในชิพ
- สามารถใช้หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิพได้อย่างละ 64 กิโลไบต์
- มีคำสั่งคูณและหารเลขขนาด 8 บิต ในตัวเอง
- จัดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ 2 ระดับ
- รับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ในตัว โดยสามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูลได้ตั้งแต่ 300 ถึง 375 กิโลบิตต่อวินาที
- สามารถประมวลผลแบบบูลีนเพื่อใช้ในงานควบคุมโดยเฉพาะ
- มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์เพื่อนับจำนวนสัญญาณนาฬิกาภายในชิพ หรือนับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสัญญาณภายนอกขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว เพื่อใช้สำหรับนับจำนวนพัลส์ วัดความกว้างของพัลส์หรือใช้วัดช่วงเวลา
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทั้งระดับไบต์และระดับบิตเพื่อให้การออกแบบโปรแกรมและการควบคุมระบบงานทำได้ง่ายขึ้น

2.1.1 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

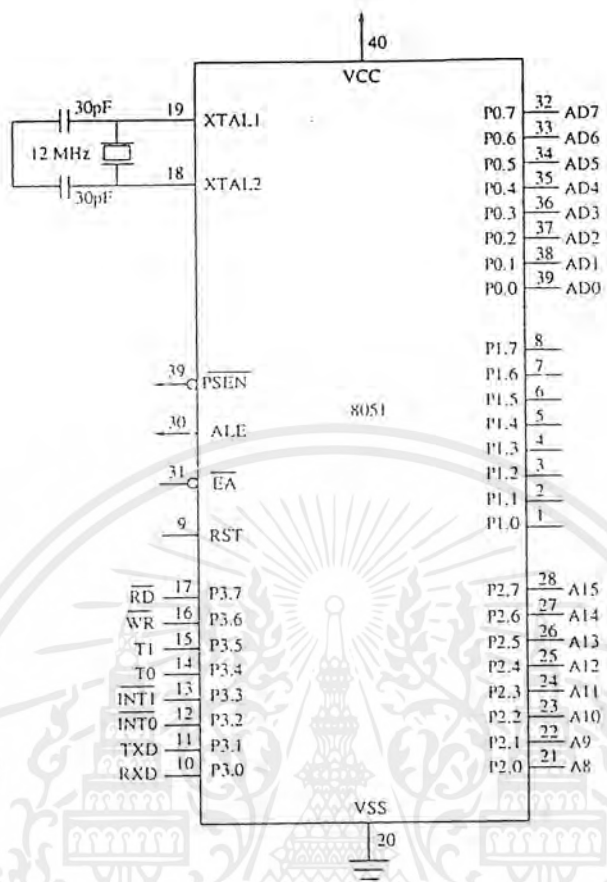
โครงสร้างภายในชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 ชิปเดี่ยวแสดงดังรูปที่ 2.1 ซึ่งอธิบายถึงส่วนย่อยๆ ภายใน 8051



รูปที่ 2.1 โครงสร้างภายในชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

สัญญาณภายในจะต่อออกสู่ภายนอกทางขาของ 8051 ที่มีอยู่ 40 ขาดังรูปที่ 2.2 ซึ่งมีการใช้งานต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ไดอะแกรมขาของ 8051

- VCC ขา 40 เป็นขาที่ต้องป้อนไฟเลี้ยง +5 โวลต์ เข้าไปเพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้
- VSS ขา 20 เป็นขาที่ต้องต่อกับกราวด์ของแหล่งจ่ายไฟ
- RST ขา 9 ขาริเชตนี้จะริเซตการทำงานของ 8051 ถ้าป้อนสัญญาณที่มีสภาวะลอจิก 1 ที่ขานี้จะเป็นการริเซตการทำงาน กลับไปเริ่มการทำงานจากคำสั่งที่อยู่ในหน่วยความจำตำแหน่ง 0000
- PSEN ขา 29 ใช้ส่งสัญญาณเพื่ออ่านคำสั่งจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิพ
- XTAL1 ขา 19 ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรรอสซิชเลเตอร์
- XTAL2 ขา 18 ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาต์พุตออกจากวงจรรอสซิชเลเตอร์

การริเซต

เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานจะต้องมีการริเซตก่อนเสมอ การริเซตในขณะที่เริ่มจ่ายพลังงานจะกระทำโดยอัตโนมัติ

การทำงานของวงจรีเซตมีดังนี้

เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานให้แก่ MCS-51 จะทำให้ขา RST มีสถานะเป็นหนึ่งในช่วงเวลาหนึ่งซึ่งขึ้นกับค่าตัวเก็บประจุ ความเร็วในการประจุ เพื่อให้แน่ใจว่ามีการรีเซตเกิดขึ้นจริง ๆ ในช่วงเริ่มต้นให้ขา VCC จะต้องให้ขาเรีเซตมีสถานะเป็น 1 นานพอที่จะให้วงจรรอสซิงเคลเตอร์เริ่มต้นทำงานร่วมกับช่วงเวลา 2 แมกซ์ซีไอเคล

ในช่วงเริ่มต้นให้ VCC แก่ MCS-51 (ช่วง power up) VCC ควรมีค่าตามที่กำหนดภายในเวลา 10 วินาที (rise time) โดยช่วงเวลาที่วงจรรอสซิงเคลเตอร์เริ่มต้นทำงานจะขึ้นอยู่กับความถี่ของคริสตอลที่ใช้

- PORT 0 เป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิตอยู่ที่ขา 39 ถึง 32 เริ่มจากบิต 0 ถึงบิต 7 ตามลำดับ พอร์ต 0 นี้ใช้ได้ทั้งการรับส่งตำแหน่งและข้อมูลกับหน่วยความจำหรือใช้รับส่งข้อมูลก็ได้ นอกจากนี้ยังใช้งานได้หลายอย่างดังนี้

1. ใช้สำหรับส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อด้วย โดย 8 บิตล่างถูกส่งออกไปทางพอร์ต 0 และ 8 บิตบนถูกส่งออกทางพอร์ต 2
2. ใช้รับส่งข้อมูลกับ Data Memory หรือใช้รับข้อมูลจาก Program Memory
3. ใช้รับส่งข้อมูลออกจากพอร์ตโดยตรง

- PORT 1 เป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิต อยู่ที่ขา 1 ถึง 8 เริ่มจากบิต 0 ถึง บิต 7 ตามลำดับใช้ทำหน้าที่เป็นตัวรับส่งข้อมูลเท่านั้น ไม่สามารถส่งตำแหน่งได้

- PORT 2 เป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิตอยู่ที่ขา 21 ถึง 28 เริ่มจากบิต 0 ถึง บิต 7 ตามลำดับใช้งานเพียง 2 ลักษณะคือ

1. ใช้ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อทำงานร่วมกับพอร์ต 0
2. ใช้เป็นพอร์ตรับส่งข้อมูลกับภายนอก

- PORT 3 เป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิตอยู่ที่ขา 10 ถึง 17 เริ่มจากบิต 0 ถึงบิต 7 ตามลำดับ นอกจากจะใช้งานเหมือนพอร์ตอื่น ๆ แล้วยังใช้งานอื่นโดยใช้คำสั่งควบคุม ดังนี้

- P3.0(RxD) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม
- P3.1(TxD) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
- P3.2(INT0) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก
- P3.3(INT1) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายใน
- P3.4(T0) ใช้เป็นขาจับสัญญาณให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 0
- P3.5(T1) ใช้เป็นขาจับสัญญาณให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 1

P3.6(WR) ใช้เป็นขาสัญญาควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับ
ข้อมูลภายนอก

P3.7(RD) ใช้เป็นขาสัญญาควบคุมการอ่านข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับ
ข้อมูลภายนอก

2.1.2 รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไปใน MCS-51

รีจิสเตอร์ A,B และรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ซึ่งอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล
ทั่วไปภายในชิพบริเวณ 128 ไบต์แรก รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ใน MCS-51 มีอยู่ด้วยกันทั้ง
หมด 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยรีจิสเตอร์จำนวน 8 ตัว (R0-R7) ซึ่งมีชื่อเรียกเหมือนกัน ดั่ง
นั้นรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ใน MCS-51จึงมีทั้งหมด 32 ตัว ในการทำงานขณะใด ๆ รีจิสเตอร์
ทั้ง 4 กลุ่ม (R0-R7) จะถูกเลือกใช้งานเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น การเลือกใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 กลุ่ม
ใดกลุ่มหนึ่งใน 4 กลุ่มกระทำโดยการเซตหรือเคลียร์บิต RS0,RS1 ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW

2.1.3 ไทม์เมอร์ / เคาน์เตอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล มีรีจิสเตอร์พิเศษที่สามารถเลือกใช้งานเป็นไทม์เมอร์
หรือเคาน์เตอร์อย่างใดอย่างหนึ่ง รีจิสเตอร์ประเภทนี้มีอยู่ด้วยกัน 2 ตัว แต่ละตัวขนาด 16 บิต เรียก
ไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 ตามลำดับ

-ไทม์เมอร์นั้นค่าในรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์ที่ถูกเลือกใช้งานจะถูกเพิ่มขึ้นทุกเมกซ์ซิน
ไซเคิล

-เคาน์เตอร์นั้นค่าในรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นเคาน์เตอร์ที่ถูกเลือกใช้งานจะถูกเพิ่มค่าทีละ 1 เมื่อมี
การเปลี่ยนสถานะ

ไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1

สามารถเลือกการทำงานให้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ได้โดยการกำหนดค่าบิต ใน
รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ ดังรูปที่ 2.3 (ไทม์เมอร์ 0 ใช้บิต 2 ส่วนไทม์เมอร์ 1 ใช้บิต 6) โดยหากบิตนี้มี
ค่าเป็น 0 หมายถึงเลือกใช้งานเป็นไทม์เมอร์ถ้าบิตนี้มีค่าเป็น 1 หมายถึงเลือกใช้งานเป็นเคาน์เตอร์

GATE1	C/T1	M1	M0	GATE0	C/T0	M1	M0
-------	------	----	----	-------	------	----	----

รูปที่ 2.3 รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TMOD

นอกจากจะเลือกการทำงานของรีจิสเตอร์ให้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ได้แล้วในแต่ละการทำงานยังมีการทำงานย่อยอยู่อีก 4 แบบ ตามความเหมาะสมของการใช้งาน

โหมด 0 จะใช้รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตเป็นตัวนับโดยมีการเพิ่มค่าครั้งละ 1 ทุกครั้งนับสัญญาณได้ครบ 32 ครั้ง โดยในโหมดนี้รีจิสเตอร์ที่ใช้ นับเพียง 13 บิต (8 บิตในรีจิสเตอร์ TLx รวมกับ 5 บิตใน THx)


โหมด 1 การทำงานเหมือนโหมด 0 เว้นแต่ค่าในรีจิสเตอร์ถูกใช้งานครบทั้ง 16 บิตนั่นเองคือไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ในโหมดนี้มีขนาด 16 บิต

โหมด 2 ในโหมดนี้จะกำหนดรีจิสเตอร์ใช้งานในการนับเพียง 8 บิต (จากรีจิสเตอร์ TLx) ที่มีการโหลดค่าด้วยค่าในรีจิสเตอร์ THx การใช้งานโหมดนี้มีไว้เพื่อสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีคาบเวลาคงที่

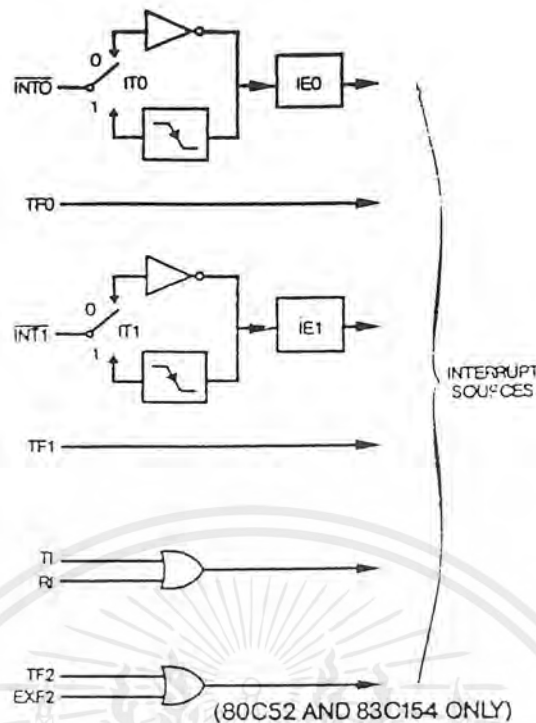
โหมด 3 ในโหมดนี้ไทม์เมอร์ 1 จะไม่มีการนับแต่ไทม์เมอร์จะบังคับให้รีจิสเตอร์ TLO ของไทม์เมอร์ 0 ถูกใช้เป็นไทม์เมอร์เพียงอย่างเดียว การทำงานโหมด 3 มีไว้เพื่อใช้งานที่ต้องการไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ขนาด 8 บิตเพิ่มขึ้น

2.1.4 การอินเตอร์รัปต์

คือการขัดจังหวะโปรแกรมชั่วคราวแล้วมาทำโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ (Interrupt Service Routine : ISR) ดังรูปที่ 2.4 อินเตอร์รัปต์ของ MCS-51 ได้มาจาก 8 แหล่ง แต่มีเพียง 6 เวกเตอร์ (TI และ RI ใช้ตำแหน่งเดียวกัน) ตำแหน่งของอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์แสดงดังตาราง

ลำดับ	ชื่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์	Vector Address	Priority
1	INT0	0003H	highest  lowest
2	TF0	000BH	
3	INT1	0013H	
4	TF1	001BH	
5	TI+RI	0023H	
6	TF2+EXF2	002BH	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แหล่งที่มาของสัญญาณอินเตอร์รัปต์

2.1.5 การรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) ของ MCS-51

พอร์ตสื่อสารอนุกรมของ MCS-51 มีโครงสร้างการทำงานที่เป็นแบบที่เรียกว่าฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) ในการรับและส่งข้อมูลอนุกรมได้ในเวลาเดียวกัน โดยทางด้านส่งใช้ขา TxD (พอร์ต 3.1) ทางด้านรับใช้ขา RxD (พอร์ต 3.0) SBUF ใช้เป็นบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลอนุกรม

พอร์ตสื่อสารอนุกรมของ MCS-51 สามารถโปรแกรมการทำงานได้หลายโหมดด้วยกัน โดยเลือกที่บิต SM1 และ SM0 ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ควบคุม (SCON) การทำงานทั้ง 4 โหมดของพอร์ตสื่อสารอนุกรมมีดังนี้

โหมด 0 พอร์ตสื่อสารอนุกรม 8 บิต โดยการส่งจะเลื่อนออกทีละบิต โดยส่งบิต D0 ออกไปก่อนทางขา RxD และไม่มีการส่งบิตเริ่มต้น แต่จะส่งสัญญาณนาฬิกาเลื่อนทางขา TxD

โหมด 1 พอร์ตสื่อสารอนุกรม 10 บิต ข้อมูล 8 บิต 1 บิตเริ่มต้น และ 1 บิตหยุด และสามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วในการส่งข้อมูลได้ โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON และอัตราโอเวอร์โพล์ของไทม์เมอร์ 1

โหมด 2 พอร์ตสื่อสารอนุกรม 11 บิต ข้อมูล 9 บิต 1 บิตเริ่มต้น และ 1 บิตหยุด

โหมด 3 พอร์ตสื่อสารอนุกรม 11 บิต UART โดยส่งข้อมูล 9 บิต 1 บิตเริ่มต้น และ 1 บิตหยุด อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลกำหนดที่ ไทม์เมอร์ 1, 2 และ SMOD

2.2.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

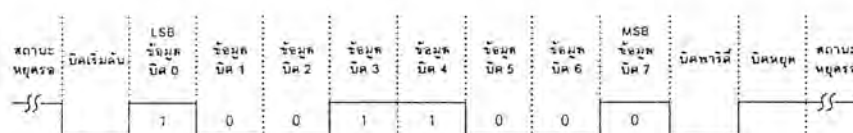
การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือการรับส่งข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกา ร่วมด้วย แต่จะใช้การกำหนดค่าอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกอัตราเร็วนี้ว่า อัตราบอดหรือบอดเรต(baud rate) มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bit per second : bps)

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. บิตเริ่มต้น (start bit) มีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรม มีขนาด 5,6,7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี (parity bit) มีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
4. บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด (stop bit) มีขนาด 1,1.5 หรือ 2 บิต

รูปที่ 2.6 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส เมื่อไม่มีการส่งข้อมูล ขา DATA จะมีสถานะลอจิก “1” เรียกสถานะนี้ว่า สถานะหยุดรอ (waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูล จะเริ่มจากการให้ขา DATA มีลอจิก “0” ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียก 1บิตนี้ว่าบิตเริ่มต้น (start bit) จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไปโดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดหรือบิต LSB ก่อนซึ่งข้อมูลที่ต้องการส่งอาจมีจำนวน 5,6,7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นตามด้วยบิตพาริตี (parity bit) ซึ่งใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือ บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด (stop bit) โดยเป็นการทำให้ขา DATA มีสถานะลอจิก “1” อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต,1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว

อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสหรืออัตราบอดหรือบอดเรตที่ใช้สำหรับพอร์ทอนุกรม RS-232 มีด้วยกันหลายค่า ได้แก่ 110,150,300,600,1200, 2400,4800,9600 และ19200 บิตต่อวินาที โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ เนื่องจากบอดเรต คือค่าของจำนวนบิตที่สามารถส่งได้ใน 1 วินาที สมมติว่าข้อมูลอนุกรมมีขนาด 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวข้อมูล 1 ไบต์จะมีความยาวเท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที



รูปที่ 2.6 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบพาริตีสามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่ (odd) , แบบคู่ (even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตีก็ได้ พาริตีคี่หรือพาริตีคู่แสดงถึงจำนวนลอจิก “1” ทั้งหมดภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์รวมพาริตีว่ามีจำนวนเลขคู่หรือเลขคี่ ยกตัวอย่าง ข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิต มีค่าเท่ากับ 99H หรือ 10011001B จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิก“1” จำนวน 4 ตัวซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตีเป็นคู่ ค่าของบิตพาริตีจะต้องมีลอจิกเป็น “0” แต่ถ้ากำหนดพาริตีเป็นคี่ ค่าของบิตพาริตีจะต้องเป็น “1” เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งบิตพาริตีเป็นคี่

บิตพาริตีถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter : เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูลอนุกรม ซึ่งจะกล่าวถึงในรายละเอียดภายหลัง) ซึ่งทางภาครับจะต้องกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพาริตีที่ตรงกันไว้ว่าจะตรวจสอบพาริตีคี่หรือพาริตีคู่ จากนั้นภาครับของ UART จะทำการตรวจสอบค่าพาริตีที่เกิดขึ้นว่าเป็นคู่หรือเป็นคี่ โดยการนับจำนวนลอจิก “1” ทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตีด้วย ถ้ากำหนดพาริตีไว้เป็นคู่แต่อ่านค่าในการนับตัวเลขออกมาเป็นคี่ ทางภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดออกมาให้ผู้ใช้งานทราบ กระบวนการดังกล่าวเป็นวิธีการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการรับส่งข้อมูลที่ง่ายที่สุด แต่มันสามารถตรวจได้เมื่อมีบิตข้อมูลที่ทำการรับส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำการส่งมีบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล สำหรับการตั้งพาริตีบิตเป็น NONE นั้นทั้งภาครับและภาคส่ง จะไม่มีการตรวจสอบพาริตี

คอมพิวเตอร์ในรุ่น AT เกือบทั้งหมดจะใช้ไอซี UART เบอร์ 16450 และ 16550 ส่วนคอมพิวเตอร์ในรุ่น XT ใช้ไอซี UART เบอร์ 8250 ไอซี UART เหล่านี้มีระดับแรงดันของลอจิกเป็นแบบทีทีแอล (+5V) แต่เพื่อให้มีแรงดันเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 และเพื่อให้การรับส่งข้อมูลสามารถทำได้ที่ระยะทางไกลมากขึ้น ระดับแรงดันทีทีแอลจะถูกแปลงเป็นระดับแรงดันที่สูงขึ้น โดยลอจิก “0” จะมีระดับแรงดัน -3V ถึง -12V และลอจิก “1” มีระดับแรงดัน +3V ถึง +12V

2.2.3 มาตรฐานพอร์ทอนุกรมแบบ RS-232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้ส่งผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association : EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็คเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของ

สายสัญญาณไว้ที่ 50 พุด มีระดับสัญญาณตั้งแต่ -3V ถึง -12V แสดงว่ามีข้อมูล (mark) และ +3V ถึง +12V แสดงว่าเป็นช่องว่าง (space)

มาตรฐาน RS-232 ถูกใช้ในการกำหนดรูปแบบการสื่อสารข้อมูลกันระหว่างอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment : DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating : DCE) อุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE ทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น

ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE อย่างหนึ่งที่เราเห็นได้ชัดคือ คอนเน็คเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็คเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็คเตอร์ที่อยู่ที่โมเด็มจะเป็นแบบ DCE

สำหรับการใช้งานในคอมพิวเตอร์ พอร์ทอนุกรม RS-232 ถูกใช้เพื่อเชื่อมต่อกับโมเด็ม, เมาส์ และเครื่องพิมพ์ที่สามารถติดต่อทางพอร์ทอนุกรมได้

2.2.4 คอนเน็คเตอร์สำหรับพอร์ท RS-232 และการเชื่อมต่อ

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้คอนเน็คเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้ หรือ DB-9 ตัวผู้ ซึ่งคอนเน็คเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งาน เพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็คเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่นๆที่เคยมีการใช้งานมาในอดีตไม่ค่อยมีความสำคัญมากนักจึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งขาค้างรูปที่ 2.7

- ขา Data Carrier Detect : DCD หรืออาจเรียกว่า Carrier Detect : CD ขานี้จะแอกติฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาร์จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก

- ขา Receive Data : RD หรือ RxD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์ โดยจะนำข้อมูลที่อ่านได้ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์

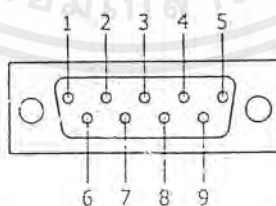
- ขา Transmitted : TD หรือ TxD ขานี้ใช้เพื่อส่งข้อมูลอนุกรมออกจากคอมพิวเตอร์ โดยการนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลออกไป

- ขา Data Terminal Ready : DTR เป็นขาเอาท์พุทที่ใช้สำหรับส่งสัญญาณออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าการติดต่อกับอุปกรณ์ปลายทาง โดยขา DTR นี้จะต้องเชื่อมต่อกับขา DDSR ของอุปกรณ์ปลายทาง และขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางจะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์และถ้าใช้การเชื่อมต่อแบบ 3 สาย ต้องเชื่อมต่อกับขา DTR และ DSR

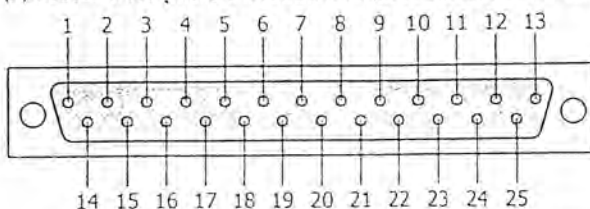
ของพอร์ตอนุกรมเข้าด้วยกัน และจะต้องต่อเชื่อมเข้ากับขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาร์

- ขา Signal Ground : GND เป็นขากราวด์ของสัญญาณ
- ขา Data Set Ready : DSR ขานี้จะใช้ควบคู่กับ DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับข้อมูลจากภายนอก
- ขา Request To Send : RTS เป็นขาเอาท์พุทสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้อุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลมาให้คอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ซึ่งในกรณีที่มีการเชื่อมต่อแบบ 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อกับขา RTS และ CTS เข้าด้วยกัน เพื่อให้การรับและส่งข้อมูลเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา
- ขา Clear To Send : CTS เป็นขาอินพุททำหน้าที่รับสัญญาณที่ส่งเข้ามา เมื่อมีการส่งสัญญาณเข้ามาที่ขา TXD จะถูกส่งออกไป ขานี้ใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่รับข้อมูลแล้วหรือยัง
- ขา Ring Indicator : RI ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มแล้วยังมีความต้องการตรวจสอบสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์

สำหรับการเชื่อมต่อสายระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกแสดงดังในรูปที่ 2.8 ลูกศรในรูปแสดงถึงทิศทางของข้อมูล การเชื่อมต่อในรูปที่ 2.8(ก) เป็นการเชื่อมต่อแบบ NULL MODEM หรือการเชื่อมต่อโดยตรงไม่ต้องผ่านโมเด็ม ส่วนการเชื่อมต่อในรูปที่ 2.8(ข) เป็นการเชื่อมต่อโดยใช้สายสัญญาณน้อยที่สุดเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกเส้นสำหรับรับข้อมูล และอีกเส้นเป็นกราวด์



(ก) คอนเน็กเตอร์อนุกรม 9 ขาหรือแบบ DB-9 (มองจากด้านหลังคอมพิวเตอร์)

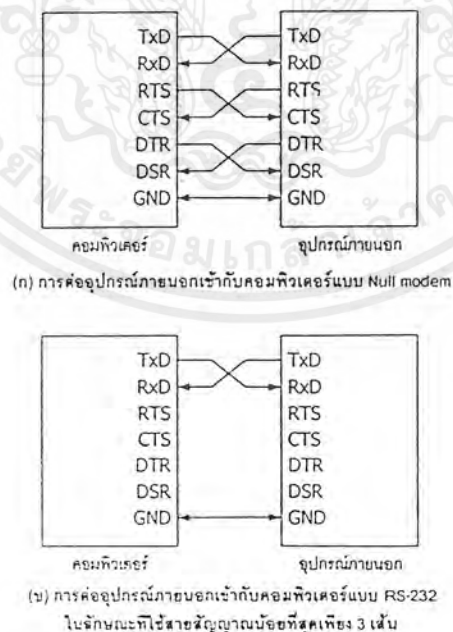


(ข) คอนเน็กเตอร์อนุกรม 25 ขาหรือแบบ DB-25 (มองจากด้านหลังคอมพิวเตอร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนเน็กเตอร์ DB-9	คอนเน็กเตอร์ DB-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detect : DCD	อินพุท
2	3	Received Data : RxD	อินพุท
3	2	Transmitted Data : TxD	เอาต์พุท
4	20	Data Terminal Ready : DTR	เอาต์พุท
5	7	Signal Ground : GND	-
6	6	Data Set Ready : DSR	อินพุท
7	4	Request To Send : RTS	เอาต์พุท
8	5	Clear To Send : CTS	อินพุท
9	22	Ring Indicator : RI	อินพุท

รูปที่ 2.7 การจัดขาสัญญาณของพอร์ตอนุกรมในแบบต่างๆ และหน้าที่การทำงาน



รูปที่ 2.8 การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมในรูปแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 UART

UART มาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง สำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว UART ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารอนุกรม

หน้าที่หลักของ UART คือแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากซีพียูให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส แล้วทำการส่งออกไป และแปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าซีพียู ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังซีพียูแล้ว ยังแจ้งรายละเอียดอื่นๆของข้อมูลให้คอมพิวเตอร์รับทราบอีกด้วย อาทิ อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลหรือบอดเรต, รูปแบบการส่งข้อมูล, ความผิดพลาดที่เกิดระหว่างการส่งข้อมูล เช่น ผิดพลาดจากพาริตี, เฟรมข้อมูล, โอเวอร์รัน เป็นต้น

ภายใน UART จะมีวงจรสร้างบอดเรตโปรแกรมได้ (programmable baudrate generator) โดยกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของ UART โดยตัวหารนี้จะมีขนาด 16 บิต ดังนั้นจะสามารถกำหนดตัวหารอยู่ในช่วง 1-65,535

2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีข้อดี คือ

1. มีประสิทธิภาพของความเร็วกว้างมาก ซึ่งสามารถเพิ่มความเร็วให้สูงหรือต่ำกว่าความเร็วพิกัดได้
2. มีแรงบิดขณะเริ่มหมุนสูงมาก ซึ่งเหมาะสมกับงานยกของ หนุด ลาก และขับเคลื่อน
3. มีวิธีการควบคุมความเร็วที่ง่ายและนุ่มนวลกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ทำงานคล้ายกัน

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีข้อเสียคือ

1. ต้องจัดหาแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงไว้ใช้งานเป็นพิเศษ
2. ในขนาดแรงม้าที่เท่ากันมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีขนาดใหญ่และมีราคาสูงกว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำ
3. ในการเริ่มหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงต้องมีวิธีพิเศษและยุ่งยากกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับยกเว้น มอเตอร์ขนาดเล็กมากๆเท่านั้นที่ไม่ต้องใช่วิธีเริ่มหมุนแบบพิเศษ
4. ต้องการการบำรุงรักษามากกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ทั้งนี้เนื่องมาจากคอมมิวเตเตอร์ (commutator) เป็นผลดี เพราะฉะนั้นจึงไม่สามารถสร้างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงให้มีขนาดแรงดันสูงกว่า 600 โวลต์ และมีขนาดหลายพันแรงม้าได้

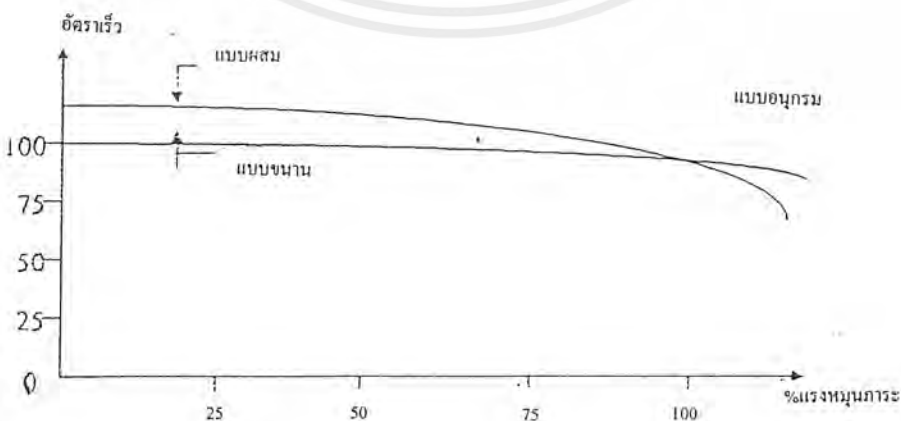
ถึงแม้ว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีข้อดีเพียงสองสามข้อ แต่ก็ยังเป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญมาก ทำให้ยังการใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอยู่กระทั่ทุกวันนี้

ในปัจจุบันมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีแบบขดลวดกระตุ้นแยก (seperately excited dc motor) แบบขนาน (shunt dc motor) แบบอนุกรม (series dc motor) แบบผสม (compound dc motor) และยังมีแบบแม่เหล็กถาวร (permanent magnet dc motor, PM motor) ซึ่งในปัจจุบันนี้มีการผลิตแม่เหล็กที่มีความเข้มสนามแม่เหล็กมากขึ้นและมีราคาถูกลงมาก เช่น อัลนิโค-ห้า (Alnico V) และแม่เหล็กเซรามิก (ceramic magnet) เป็นต้น ซึ่งนิยมนำไปประดิษฐ์เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กที่มีแรงม้าเป็นค่าเศษส่วน (fractional horse power) โดยนิยมนำไปใช้ในงานควบคุมต่างๆ เช่น นำไปใช้ในรถยนต์ เป็นเครื่องปิดน้ำฝน เครื่องยกกระถางหน้าต่าง เครื่องยกหรือเลื่อนที่นั่ง เป็นต้น

มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรมีลักษณะคล้ายกับสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน โดยมีอัตราเร็วเกือบคงที่แต่มีค่าลดลงบ้างเล็กน้อย ตามค่าของภาระหรือแรงหมุนของภาระ ดังนั้น โ้ก้งลักษณะสมบัติระหว่างอัตราเร็วกับแรงหมุนภาระที่แสดงไว้ในรูปที่ 6 ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานมีสูตรคำนวณหาอัตราเร็วดังนี้

$$\omega = \frac{E - I_a R_a}{K_\omega I_f} \dots\dots\dots(2.1)$$

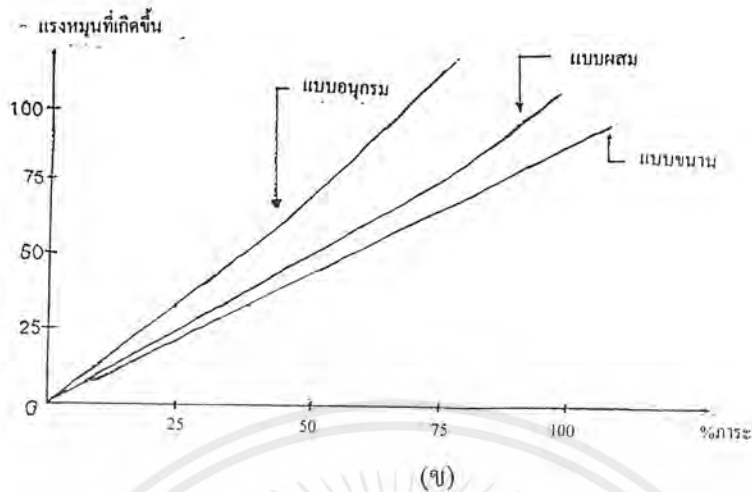
- เมื่อ ω เป็นค่าอัตราเร็ว (รอบต่อนาที)
- E เป็นค่าแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์ (โวลท์)
- I_a เป็นค่ากระแสในขดลวดอาร์มเจอร์ (แอมแปร์)
- R_a เป็นค่าความต้านทานที่ต่ออนุกรมกับอาร์มเจอร์ (โอห์ม)
- K_ω เป็นค่าคงที่สัดส่วนของอัตราเร็ว (โวลต์-นาที ต่อ แอมแปร์-รอบ)
- I_f เป็นค่ากระแสในขดลวดสนามแม่เหล็ก (แอมแปร์)



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.9 (ก) เส้นโค้งลักษณะสมบัติอัตราเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน อนุกรม และผสม

(ข) เส้นโค้งลักษณะสมบัติแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน อนุกรม และผสม

และสามารถคำนวณหาแรงบิดที่เกิดขึ้นได้จาก

$$\tau = K_a I_a$$

เมื่อ τ เป็นแรงบิดที่เกิดขึ้น (นิวตัน-เมตร)

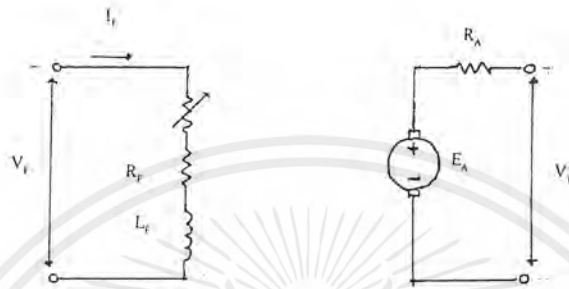
K_a เป็นค่าคงที่สัดส่วนของแรงหมุน (นิวตัน-เมตร ต่อ แอมแปร์)

มอเตอร์แบบผสมจะมีความเร็วสูงขึ้นหรือช้าลงเมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์แบบขนาน จะขึ้นอยู่กับ การต่อขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรม (series field) ให้สนามแม่เหล็กหักล้างหรือเสริมกับของขดลวดสนามแม่เหล็กขนาน (shunt field) ซึ่งมีชื่อว่ามอเตอร์ผสมแบบหักล้าง (differential compound motor) และมอเตอร์ผสมแบบสะสม (cumulative compound motor) ตามลำดับ แต่มอเตอร์ผสมแบบหักล้างไม่นิยมใช้กัน และเส้นโค้งลักษณะสมบัติที่แสดงในรูปที่ 2.9 เป็นของมอเตอร์ผสมแบบสะสม

2.3.1 มอเตอร์กระแสตรงแบบขดลวดกระตุ้นแยก (SEPARATELY EXCITED DC MOTORS)

จากสมการของเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรงขณะทำงานที่สภาวะคงที่

$$E_A = K\phi\omega \quad \text{และ} \quad \tau_{\text{ind}} = K\phi I_A$$



รูปที่ 2.10 วงจรสมมูลของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขดลวดกระตุ้นแยก

$$I_F = \frac{V_F}{R_F}$$

$$V_T = E_A + I_A R_A$$

จากรูปที่ 2.10 ได้สมการดังนี้

$$V_T = E_A + I_A R_A \quad \dots(2.2)$$

$$V_F = I_F R_F \quad \dots(2.3)$$

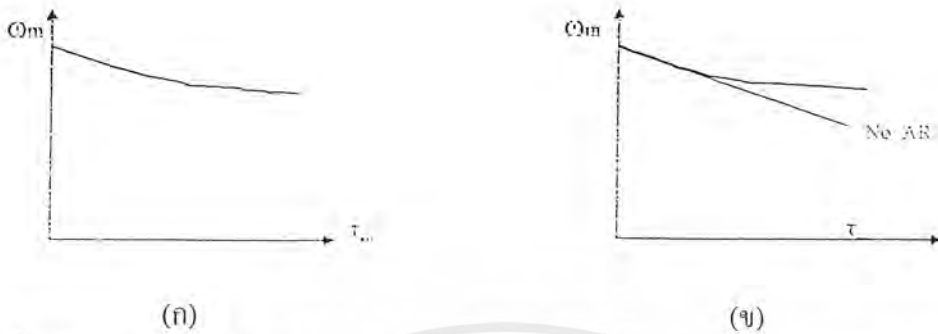
$$I_L = I_A \quad \dots(2.4)$$

จากสมการที่ 2.2 , 2.3 และ 2.4 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด (τ_{ind}) กับความเร็วรอบ (ω_m) ดังนี้

$$\omega_m = \frac{V_T}{K\phi} - \frac{I_A R_A}{(K\phi)} \quad \dots(2.5)$$

ซึ่ง τ_{ind} คือแรงบิดที่เกิดจากกระแสไหลในขดลวดอาร์เมเจอร์ ซึ่งอยู่ในสนามแม่เหล็กเรียกว่า แรงบิดที่เกิดจากการเหนี่ยวนำ (induced torque)

จากสมการที่ 2.5 เมื่อนำมาเขียนกราฟลักษณะความสัมพันธ์ของ τ_{ind} และ ω_m จะได้กราฟเส้นตรงที่มีความชันเป็นลบ (V_T คงที่) ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 (ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงแบบขดลวดกระตุ้นแยก โดยที่ V_T และ ϕ คงที่

(ข) ในกรณีที่ผลของปฏิกิริยาอาร์เมเจอร์ (armature reaction)

ปฏิกิริยาอาร์เมเจอร์ (armature reaction) ทำให้เกิดฟลักซ์หักล้างกับฟลักซ์ที่เกิดจากขดลวดสนามของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นผลให้ผลรวมของฟลักซ์ในช่องอากาศลดลง จะทำให้ความเร็วรอบสูงขึ้น

2.3.2 การควบคุมความเร็ว

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถควบคุมความเร็วได้โดยการควบคุมแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามอเตอร์ สามารถทำได้ 3 วิธีดังนี้

1. ปรับแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดสนามแม่เหล็ก

การควบคุมความเร็วสามารถทำได้โดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็กเมื่อปรับให้แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดสนามแม่เหล็กลดลง มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ในทางตรงข้ามถ้าปรับให้แรงดันและกระแสมีค่าเพิ่มขึ้น มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วรอบลดลง การควบคุมความเร็วด้วยวิธีนี้สามารถเพิ่มความเร็วให้สูงกว่าพิกัดได้ในอัตราส่วน 2:1 แต่แรงบิดที่ได้จะมีค่าแปรผกผันกับความเร็วรอบหรือแปรผันตรงกับกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดสนามแม่เหล็กนั่นเอง

2. ปรับแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดอาร์เมเจอร์

การควบคุมความเร็วรอบด้วยวิธีนี้ ทำให้อัตราส่วนของแรงบิดต่อความเร็วสามารถทำได้โดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์ เมื่อปรับให้แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดอาร์เมเจอร์ลดลง มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วรอบลดลง ในทางตรงข้ามถ้าปรับ

ให้แรงดันและกระแสมีค่าเพิ่มขึ้น มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วรอบเพิ่มขึ้น แต่วิธีนี้ทำให้เกิดกำลังสูญเสียที่ตัวต้านทานปรับค่าได้สูง ทำให้ระบบโดยรวมมีประสิทธิภาพต่ำ มีวิธีปรับปรุงแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดอาร์เมเจอร์อีกวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีแรก แต่มีความยุ่งยากในการจัดสร้าง คือใช้เครื่องสับไฟฟ้า (chopper)

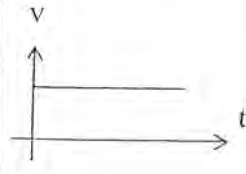


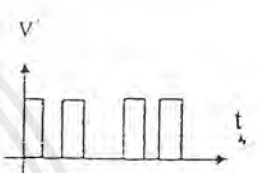
3. ปรับแรงดันและกระแสไฟฟ้า

ปรับแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดอาร์เมเจอร์และขดลวดสนามแม่เหล็กไปพร้อมๆกัน วิธีนี้สามารถปรับทั้งความเร็วรอบและแรงบิดไปพร้อมๆกันได้

2.3.3 เครื่องสับไฟฟ้า (Chopper)

วงจรสับไฟฟ้าเป็นวงจรที่เปลี่ยนกำลังไฟฟ้ากระแสตรงไปเป็นกำลังไฟฟ้ากระแสตรงที่สามารถปรับเปลี่ยนแรงดันขาออกได้ ซึ่งจะทำให้ได้ด้วยการบังคับให้มอสเฟตปิดๆเปิดๆการนำกระแสอย่างรวดเร็ว วิธีการนี้จะทำให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขาเข้าถูกสับ (chop) ให้ขาดออกเป็นห้วงๆ หรือเป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมจำนวนมากที่แรงดันขาออก ทำให้แรงดันขาออกมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าแรงดันขาเข้า เราสามารถปรับค่าเฉลี่ยแรงดันขาออกได้ด้วยการปรับอัตราส่วนของเวลาที่มอสเฟตเปิดให้นำกระแสต่อเวลาที่ปิดให้หยุดนำกระแส เรียกว่า “อัตราส่วนมาร์คสเปซ” (mark-space ratio) หรือ “ควบคุมอัตราส่วนเวลา” (time ratio control , TRC) ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธีดังนี้

1. ปรับค่าของช่วงเวลานำกระแสแต่รักษาคาบเวลาให้คงที่เรียกว่า “วิธีการควบคุมความกว้างของรูปสัญญาณ” (pulse width modulation)
2. รักษาช่วงเวลานำกระแสหรือหยุดนำกระแสอย่างใดอย่างหนึ่งให้คงที่ แต่ปรับค่าของคาบเวลา เรียกว่า “วิธีควบคุมความถี่” (frequency modulation)

ลักษณะ	การควบคุมด้วย ทรานซิสเตอร์	รูปคลื่นของแรงดันอินพุท	รูปคลื่นของแรงดันเอาต์พุท
ดีซี → ดีซี	การควบคุมความกว้างของพัลส์		
	ควบคุมให้ความกว้างของพัลส์คงที่ แต่เปลี่ยนคาบ		

รูปที่ 2.12 การมอดูเลตแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

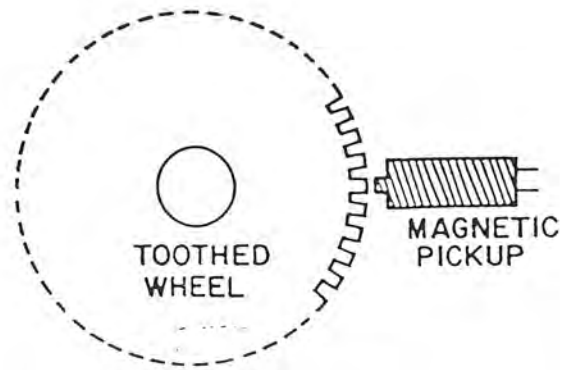
2.4 อุปกรณ์ตรวจจับและเอนโคเดอ์ในระบบการควบคุมมอเตอร์

อุปกรณ์ตรวจจับและเอนโคเดอ์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในระบบคอนโทรลที่มีการป้อนกลับ ในระบบคอนโทรลแบบเปิดลูป เอนโคเดอ์มักใช้สำหรับตรวจสอบคุณสมบัติการทำงานของระบบ ส่วนในระบบคอนโทรลแบบปิดลูปอุปกรณ์ตรวจจับและเอนโคเดอ์ใช้เป็นตัวป้อนสัญญาณกลับเพื่อการคอนโทรล นอกจากนี้ส่วนประกอบเหล่านี้ยังใช้สำหรับพิสูจน์ความเหมือนกันของกระบวนการที่ไม่รู้ค่าหรือกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งในส่วนนี้จะกล่าวถึงหลักการการทำงานและการนำไปใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับและเอนโคเดอ์ที่ใช้ในโปรเจกต์นี้ คือ เอนโคเดอ์แบบแมกเนติกฟิคัล

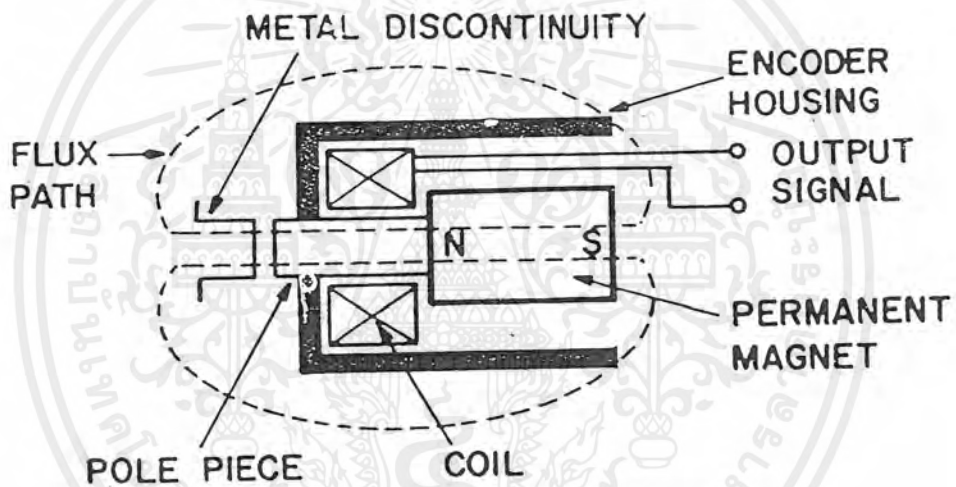
2.4.1 แมกเนติกฟิคัลเอนโคเดอ์

ตัวฟิคัลความเร็วเพลลาแบบแม่เหล็ก เหมาะที่จะนำไปใช้สำหรับรับรู้การเคลื่อนที่ในงานอุตสาหกรรมต่างๆ ไป ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ตัวฟิคัลทรานสดิวเซอร์ และแผ่นโลหะกลมมีขอบเป็นซี่ๆ ดังรูปที่ 2.13 ช่องว่างระหว่างตัวฟิคัลกับซี่ฟันต้องทำให้มีค่าน้อยที่สุดประมาณ 0.004 ถึง 0.005 นิ้ว

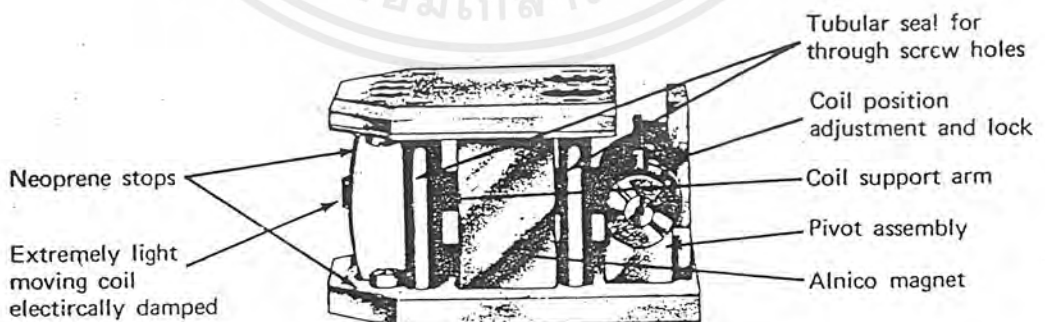
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ลักษณะการวางรูปของแมกเนติกพิกอัฟเอนโคเดเตอร์



รูปที่ 2.14 โครงสร้างภายในของตัวแมกเนติกพิกอัฟ

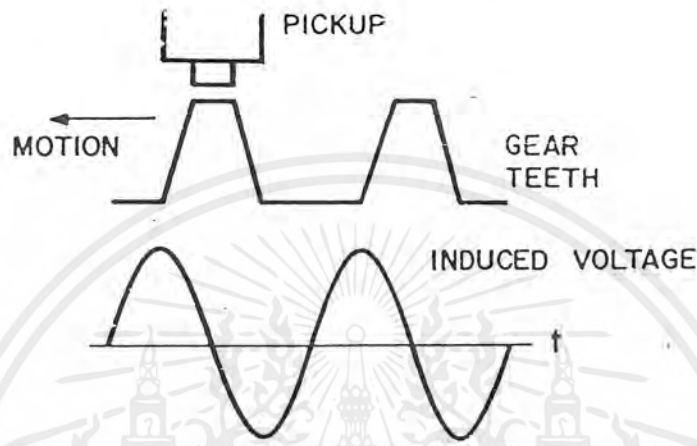


รูปที่ 2.15 ตัวอย่างของแมกเนติกพิกอัฟ

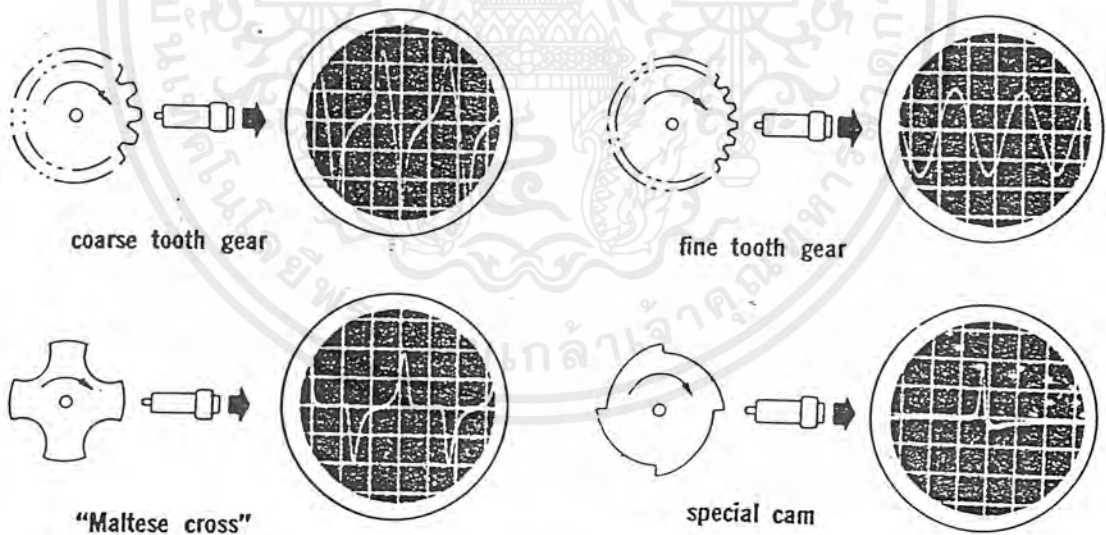
โครงสร้างภายในของแมกเนติกพิกอัฟแสดงได้ในรูปที่ 2.14 และรูปที่ 2.15 ส่วนประกอบที่สำคัญคือ แม่เหล็กถาวร ส่วนของโพลและขดลวดทั้งหมดนี้จะบรรจุในตัวโครงภายนอก แม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถาวรทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กไหลผ่านส่วนของโพลและรอบนอก (คูรูปประกอบ) เมื่อแผ่นโลหะกลมหมุน ซีพินจะตัดผ่านสนามแม่เหล็กอย่างไม่ต่อเนื่องเป็นช่วงๆ ทำให้มีการเหนี่ยวนำโวลต์เตจขึ้นมาในขดลวดในทิศทางหนึ่ง และเมื่อซีพินเคลื่อนผ่านไปจากส่วนโพล สนามแม่เหล็กก็จะขยาย ทำให้มีการเหนี่ยวนำโวลต์เตจเกิดขึ้นในทิศทางตรงข้ามในขดลวดดังแสดงในรูปที่ 2.16 และรูปที่ 2.17



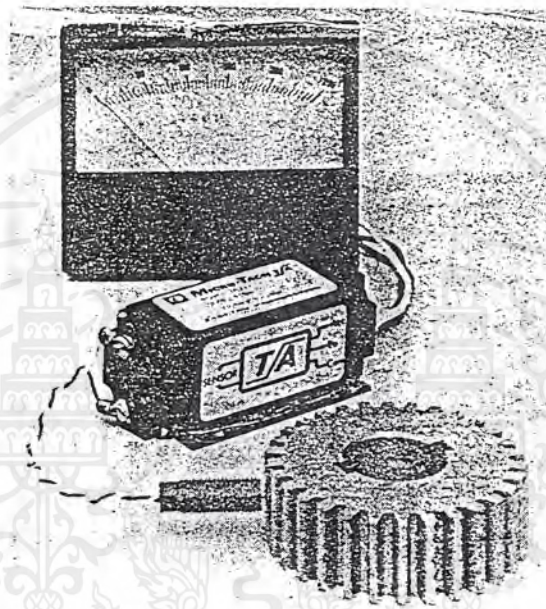
รูปที่ 2.16 ตัวอย่างลูกคลื่นโวลต์เตจเอาท์พุทของแมกเนติกพิกอัฟเซ็นเซอร์



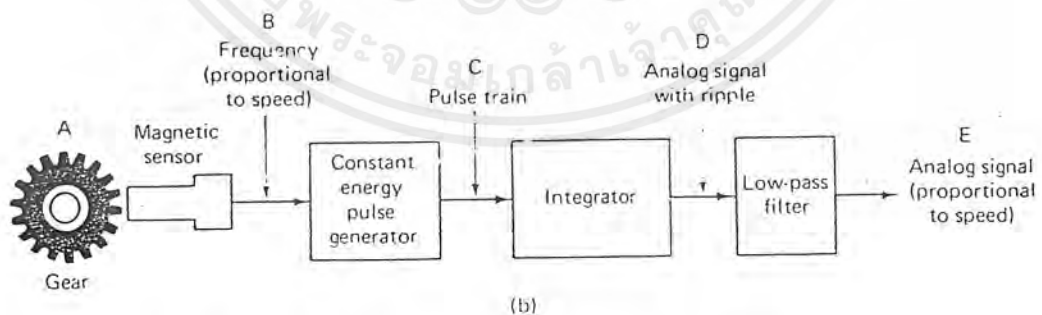
รูปที่ 2.17 ลูกคลื่นเอาท์พุทของตัวพิกอัฟความเร็วแบบแม่เหล็ก

- (ก) ฟันเกียร์อย่างหยาบ
- (ข) ฟันเกียร์อย่างละเอียด
- (ค) เฟลาหมุนเป็นไบพัต
- (ง) เฟลาหมุนเป็นวงล้อพิเศษ

การตัดผ่านสนามแม่เหล็กของซี่ฟัน 1 ซี่ จะเหนี่ยวนำโวลต์เตจขึ้นมา 1 ไซเคิล ถ้าซี่ฟันตัดผ่านส่วนโพล 100 ซี่ในเวลา 1 วินาที จะได้สัญญาณ โวลต์เตจ 100 Hz ถูกเหนี่ยวนำขึ้นมาที่ขั้วเอาต์พุตของเอนโคเดอร์และเอาต์พุตโวลต์เตจมีทั้งบวก ลบ และศูนย์ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งต่างๆของการหมุนของเพลลา จึงสามารถนำไปใช้ในการตีเท็คการเคลื่อนที่แบบสเตปได้ และคอนโทรลการเคลื่อนที่ในลักษณะอื่นใช้สำหรับการเซ็นซึ่งความเร็ว อย่างไรก็ตามเนื่องจากโวลต์เตจที่เหนี่ยวนำขึ้นมาไม่เป็นรูปไซน์เสมอไป โดยทั่วไปแล้วถูกคลื่นขึ้นอยู่กักรูปร่างซี่ฟัน และขึ้นอยู่กับนชนิดของงานที่นำไปใช้ซึ่งรูปร่างของถูกคลื่นอาจจะไม่สำคัญก็ได้



รูปที่ 2.18 แมกเนติกพิคอัพที่มีการแปลงความถี่เป็นดิจิโวลต์



รูปที่ 2.19 บล็อกไดอะแกรมแสดงการแปลงความถี่เป็น โวลต์เตจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

3.1 ขอบเขตของโครงการ

หุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอมพิวเตอร์นี้ ได้ออกแบบโปรแกรมควบคุมด้วยโปรแกรมเคลไพล์ และส่งชุดคำสั่งควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม มาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ตัวหุ่นยนต์ โดยคอนโทรลเลอร์จะนำชุดคำสั่งมาเก็บไว้ที่หน่วยความจำภายในของคอนโทรลเลอร์ และเมื่อเปิดสวิทซ์ให้เริ่มทำงาน หุ่นยนต์จึงจะเริ่มเคลื่อนที่ตามชุดคำสั่งที่ส่งมา เมื่อทำงานเสร็จ 1 คำสั่งก็จะส่งสัญญาณกลับมาให้ที่คอมพิวเตอร์ และเมื่อหุ่นยนต์พบสิ่งกีดขวางก็จะหยุดการเคลื่อนที่ และส่งสัญญาณการพบสิ่งกีดขวางกลับไปให้คอมพิวเตอร์ โดยผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรมเช่นกัน

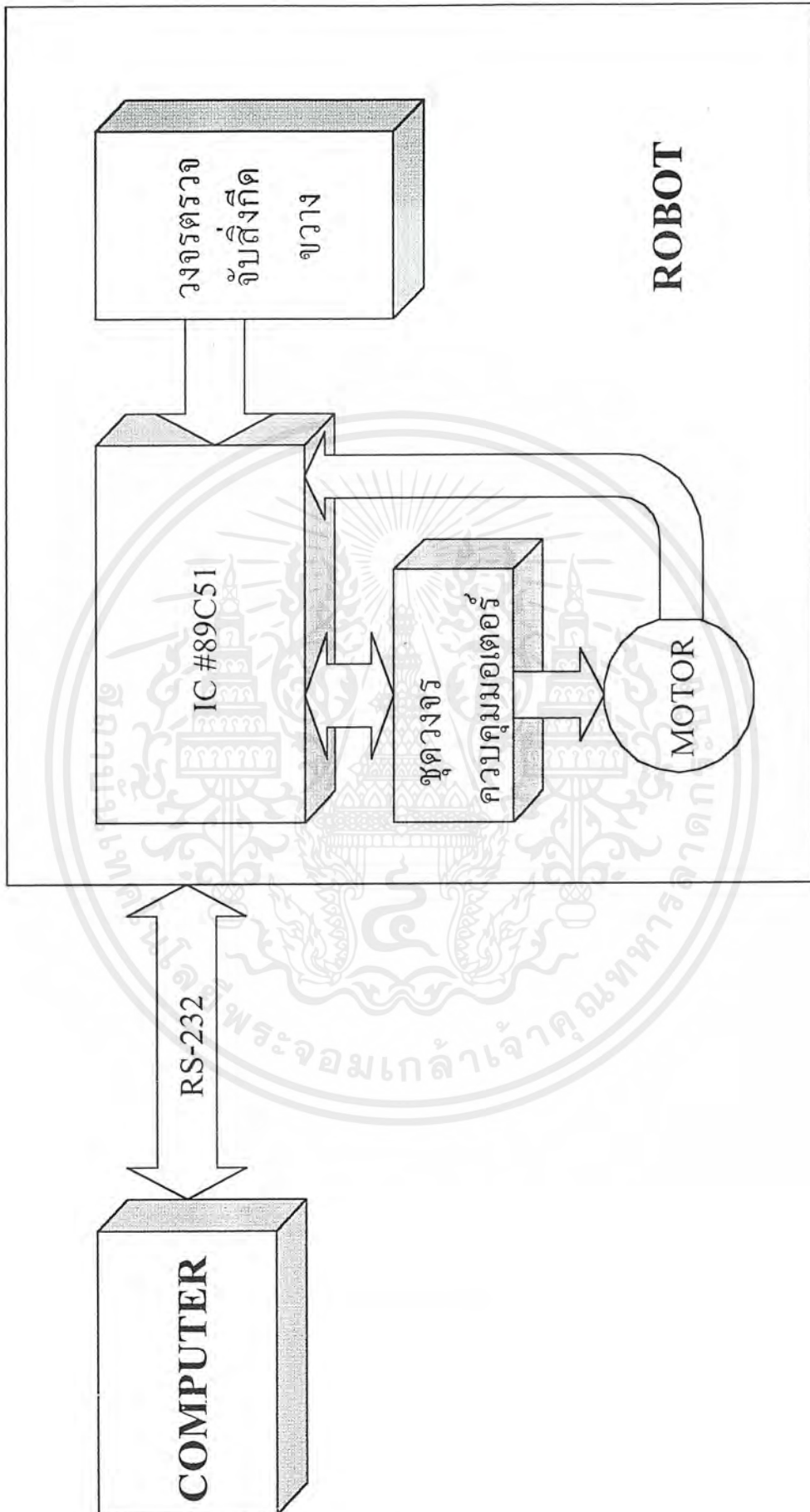
3.2 โครงสร้างของโครงการ

หุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอมพิวเตอร์นี้ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. ส่วนคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ ประกอบด้วย
 - โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ โดยออกแบบโปรแกรมด้วยโปรแกรมเคลไพล์ จะรับคำสั่งควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ แล้วทำการส่งข้อมูลสำหรับควบคุมไปให้กับคอนโทรลเลอร์ที่ตัวหุ่นยนต์
2. ส่วนตัวหุ่นยนต์ ประกอบด้วย
 - ส่วนซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย
 - โปรแกรมภายในคอนโทรลเลอร์ โดยออกแบบโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลี จะรับคำสั่งควบคุมการเคลื่อนที่จากคอมพิวเตอร์ และนำมาประมวลผล เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์
 - ส่วนฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย

โครงสร้างหุ่นยนต์ ซึ่งโครงสร้างจะประกอบจากอลูมิเนียม และเคลื่อนที่ด้วยล้อ โดยขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ 2 ตัว (1ตัวขับเคลื่อนซ้าย อีก1ตัวขับเคลื่อนขวา)

วงจรถามการเคลื่อนที่ ประกอบด้วย ไอซีคอนโทรลเลอร์MCS-51 ไอซีควบคุมมอเตอร์LMD18200 ไอซีสำหรับติดต่อพอร์ตอนุกรมMAX232



BLOCK DIAGRAM ของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีมติให้ตัดแบบลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรตรวจจับสิ่งกีดขวาง ประกอบด้วย อุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสง และจะใช้ไอซี LM339 เป็นตัวเปรียบเทียบโวลต์เตจที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับ

3.3 คอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ ประกอบด้วย

- โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

เป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นด้วยโปรแกรมเดลไฟล์ (Delphi) ที่มีพื้นฐานมาจากภาษาปาสคาล (Pascal) โดยโปรแกรมนี้อาจทำการรับคำสั่งทางเมาส์ โดยผู้ใช้สามารถคลิกเลือกคำสั่งการเคลื่อนที่ที่จะให้หุ่นยนต์ทำงาน ใส่ค่าระยะเวลาเคลื่อนที่ของแต่ละคำสั่ง ซึ่งคำสั่งที่ได้รับมาโปรแกรมจะทำการแยกแยะและนำไปประมวลผลแล้วจึงทำการแปลงคำสั่งนั้นให้เป็นข้อมูลขนาด 2 ไบต์ส่งออกทางคอมพิวเตอร์ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งต่อไปและนอกจากส่วนที่ใช้ในการส่งข้อมูลแล้วยังมีส่วนที่ใช้ในการรับข้อมูลที่ส่งจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยโดยจะทำการเปิดรับตลอดเวลาและจะข้อความปรากฏบนหน้าจอเมื่อมีการส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ว่ามีปัญหาอะไร เช่น มีสิ่งกีดขวางไม่สามารถตามคำสั่งได้ หรือไม่สามารถรับคำสั่งต่อไปได้เพราะข้อมูลเต็มแล้ว เป็นต้น และมีการแสดงสถานะการทำงานว่าขณะนี้ได้ทำงานตามรายการคำสั่งเสร็จสิ้นไปแล้วก็คำสั่งทางหน้าจอการทำงาน

ลักษณะการทำงานของโปรแกรมนี้นี้ ถูกสร้างขึ้นมาให้ผู้ใช้สามารถออกคำสั่งได้โดยง่าย โดยการคลิกเมาส์เลือกคำสั่งที่ต้องการแล้วและเพียงคีย์ระยะทางเท่านั้น ลักษณะของหน้าจอการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงหน้าจอเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 หน้าจอจะมีปุ่มคำสั่งให้เลือก 4 ปุ่มคือ เดินหน้า , ถอยหลัง , เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวา นอกจากนี้ยังมี ลิสต์แสดงรายการคำสั่งที่ส่งไปว่ามีคำสั่งอะไรบ้างที่ได้ส่งไปแล้ว และลิสต์บอกสถานะการทำงานว่าหุ่นยนต์ได้ปฏิบัติตามคำสั่งเสร็จสิ้นไปแล้วก็คำสั่ง พร้อมทั้งแสดงด้วยว่าคำสั่งที่กำลังจะสั่งเพิ่มเข้าไปใหม่เป็นคำสั่งที่เท่าไรด้วย

และเมื่อทำการกดเลือกรายการคำสั่งที่จะทำ หน้าจอก็จะมีลักษณะเปลี่ยนไปตาม ปุ่มคำสั่งที่ทำการสั่ง ดังรูปที่ 3.3 และ 3.4



รูปที่3.3 แสดงหน้าจอการทำงานหลังจากเลือกคำสั่ง เดินหน้าหรือถอยหลัง



รูปที่3.4 แสดงหน้าจอการทำงานหลังจากเลือกคำสั่ง เลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่ได้ทำการเลือกกดปุ่มเดินหน้าหรือปุ่มถอยหลังแล้วจะแสดงหน้าจอจะแสดงหน้าจอขึ้นมาดังรูปที่ 3.3 ซึ่งหน้าจอนี้จะแสดงข้อความขึ้นมาว่า “โปรดใส่ระยะทางการเคลื่อนที่(cm.)” และมีแถบช่องว่างสำหรับให้ใส่ค่าระยะทางซึ่งกำหนดหน่วยเป็นเซนติเมตร พร้อมทั้งมีปุ่มเพิ่มอีก 2 ปุ่มคือ โอเค(OK) และแคนเซล(CANCEL) โดยปุ่มโอเค(OK) คือปุ่มที่ใช้ยืนยันว่าจะทำการส่งคำสั่งนี้ และปุ่มแคนเซล(CANCEL)คือปุ่มที่ใช้ยกเลิกคำสั่งและกลับไปหน้าจอเดิม

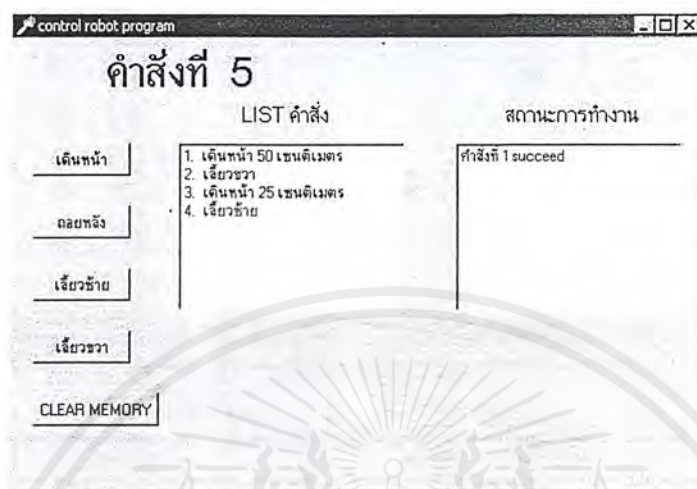
ส่วนรูปที่ 3.4 จะเป็นหน้าจอหลังจากเลือกกดปุ่มเลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวา เนื่องจากการเลี้ยวที่ตั้งไว้ในโปรแกรมเป็นการเลี้ยว 90 องศาจึงไม่ต้องรับค่าอีก แต่ก็จะมีปรากฏปุ่ม โอเค(OK) และ แคนเซล(CANCEL) ขึ้นมาเช่นกัน หลังจากที่ทำกรยืนยันคำสั่งแล้วโปรแกรมก็จะนำคำสั่งที่ได้รับไปประมวลผลให้ข้อมูลเป็นไบนารีขนาด 2 ไบต์และทำการส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมทั้งแสดงคำสั่งนั้นเข้าไปในลิสต์คำสั่ง ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 หน้าจอแสดงผลหลังจากกดยืนยันคำสั่ง(ปุ่ม OK) ซึ่งจากรูปเป็นการยืนยันคำสั่งเดินหน้าเป็นระยะทาง 50 เซนติเมตร

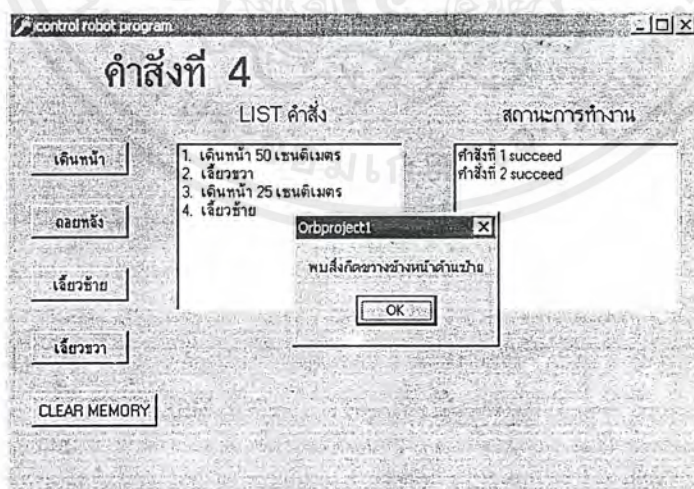
จากรูปที่ 3.5 จะเห็นว่ามีารแสดงรายการคำสั่งเข้ามาในลิสต์รายการแล้วแสดงว่าโปรแกรมได้ทำการส่งข้อมูลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์แล้ว และพร้อมที่จะรับคำสั่งถัดไป แต่เนื่องจากการส่งคำสั่งทางคอมพิวเตอร์ทำให้เราไม่สามารถมองเห็นได้ว่าหุ่นยนต์สามารถปฏิบัติตามคำสั่งที่เราสั่งไปได้หรือไม่ เพราะอาจจะมีสิ่งกีดขวางทำให้หุ่นเราไม่สามารถปฏิบัติตามคำสั่งได้ ดังนั้นโปรแกรมจึงต้องเพิ่มส่วนรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยโดยจะต้องพร้อมที่จะรับข้อมูลอยู่ตลอดเวลา และเมื่อมีการติดต่อจากไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาก็ทำการแสดงบนหน้าจอเพื่อบอกถึงสถานะปัญหาที่เกิดขึ้นให้ผู้ออก

คำสั่งเปลี่ยนแปลงคำสั่งที่ได้รับ และเพื่อไม่ให้เกิดความสับสนว่าขณะนี้หุ่นยนต์ได้ปฏิบัติไปถึงคำสั่งไหนแล้วจึงต้องมีการส่งผลการปฏิบัติงานกลับมายังคอมพิวเตอร์ทุกครั้งหลังจากปฏิบัติเสร็จสิ้น 1 คำสั่ง



รูปที่ 3.6 แสดงผลการทำงานบนลิสต์สถานะการทำงาน

จากรูปที่ 3.6 จะเห็นว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ส่งข้อมูลกลับมาเพื่อแสดงสถานะการทำงานว่าได้ปฏิบัติตามคำสั่งที่ 1 เสร็จสิ้นแล้ว และกำลังปฏิบัติตามคำสั่งที่ 2 อยู่ซึ่งในขณะนั้นหากมีสิ่งกีดขวางเกิดขึ้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้หุ่นยนต์หยุดทำงานพร้อมทั้งส่งข้อมูลมายังคอมพิวเตอร์เพื่อบอกให้ผู้ใช้ทราบถึงสิ่งกีดขวางที่เกิดขึ้นว่าอยู่ทางทิศไหน และรอรับคำสั่งต่อไป ซึ่งจะแสดงดังรูปที่ 3.7

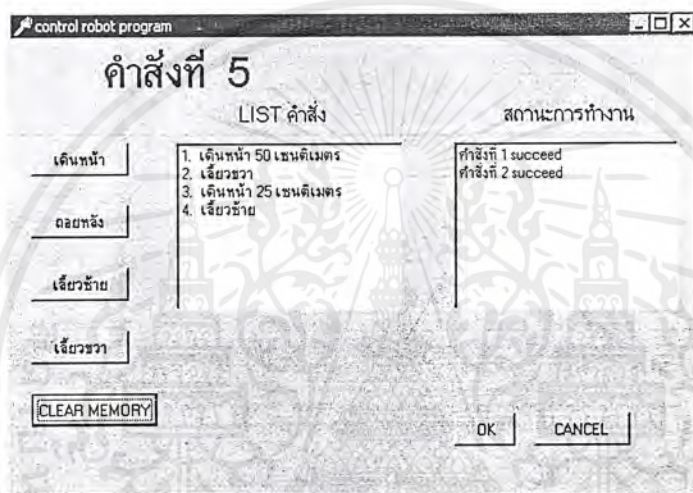


รูปที่ 3.7 แสดงสิ่งกีดขวางที่เกิดขึ้นขณะปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.7 เป็นการแสดงให้เห็นให้ผู้รู้ว่าพบสิ่งกีดขวางที่บริเวณข้างหน้าด้านซ้ายของตัวหุ่นยนต์ ในการปฏิบัติตามคำสั่งที่ 3 ซึ่งในกรณีนี้คำสั่งที่ 4 ซึ่งถูกส่งไปแล้วจะไม่ถูกนำไปปฏิบัติ จะข้ามไปทำคำสั่งที่ 5 เลย ซึ่งคำสั่งที่ 5 จะเป็นคำสั่งที่ผู้ใช้สั่งหลังจากทราบแล้วว่าไม่มีสิ่งกีดขวางเกิดขึ้นบริเวณดังกล่าว

นอกจากนี้ยังมีปุ่มพิเศษอีกปุ่มหนึ่งคือ ปุ่มที่ใช้ลบคำสั่งทั้งหมด(CLEAR MEMORY) อาจจะใช้ในกรณีที่หน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์เต็มหรือว่าต้องการล้างคำสั่งทั้งหมดเพื่อสั่งใหม่ โดยหลังจากกดปุ่มนี้แล้วก็จะมีปุ่มขึ้นมา 2 ปุ่มคือตกลง(OK) และยกเลิก(CANCEL) เพื่อย้ำอีกครั้งว่าต้องการลบคำสั่งทั้งหมดจริง ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงรูปการทำงานหลังกดปุ่มลบคำสั่งทั้งหมด(CLEAR MEMORY)

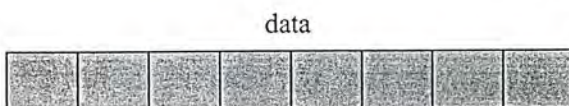
- รูปแบบของชุดคำสั่ง

ชุดคำสั่งที่ส่งจากคอมพิวเตอร์

- คำสั่งควบคุมการเคลื่อนที่มีขนาด 2 ไบต์



ไบต์สูง



ไบต์ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต brake	จะต้องเป็น "1" เสมอ
M2	เป็นบิตควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ 2
M1	เป็นบิตควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ 1
Data	บิตกำหนดรอบการหมุนของมอเตอร์

M2	M1	ความหมาย
0	0	ถอยหลัง
0	1	เดี่ยวซ้าย
1	0	เดี่ยวขวา
1	1	เดินหน้า

- คำสั่งพิเศษมีขนาด 1 ไบต์

brake clear reset

not use

0							
---	--	--	--	--	--	--	--

บิต brake จะต้องเป็น "0" เสมอ

clear

สั่งให้ทำการเคลียร์หน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

ข้อมูลที่ส่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์

not use

MF

SC

sensor 0-3

--	--	--	--	--	--	--	--

บิต MF

บิตแจ้งสถานะของพื้นที่เก็บหน่วยความจำ เมื่อเป็น "1" แสดงว่าหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์เต็มแล้ว

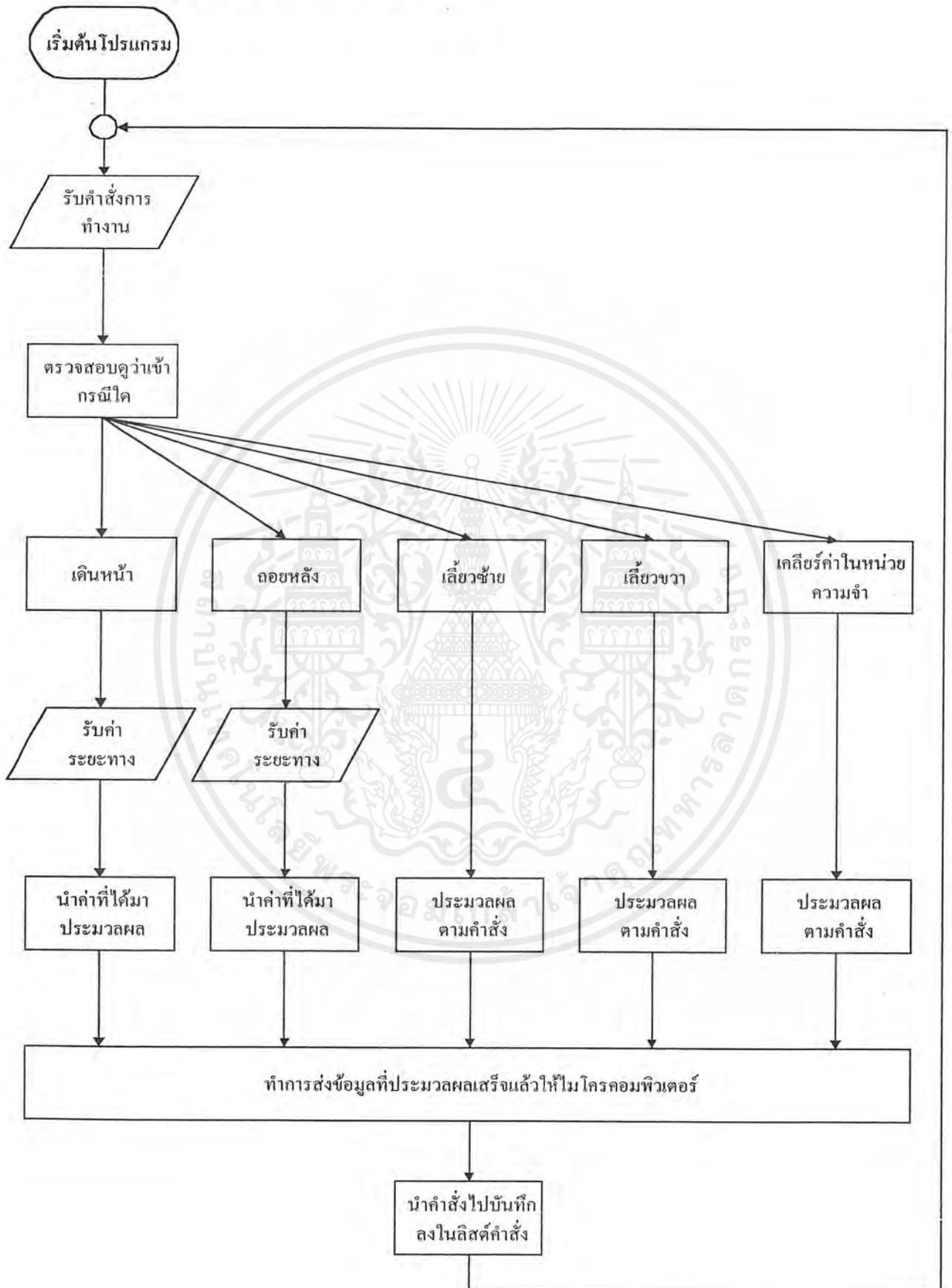
SC

บิตแจ้งสถานะการปฏิบัติคำสั่ง จะเป็น "1" ทุกครั้งที่กระทำคำสั่งเสร็จสิ้นไป 1 คำสั่ง

sensor 0-3

เป็นบิตแสดงสถานะของสิ่งกีดขวาง เมื่อบิตใดเป็น "1" แสดงว่ามีสิ่งกีดขวางอยู่ทางนั้น

FLOWCHART โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

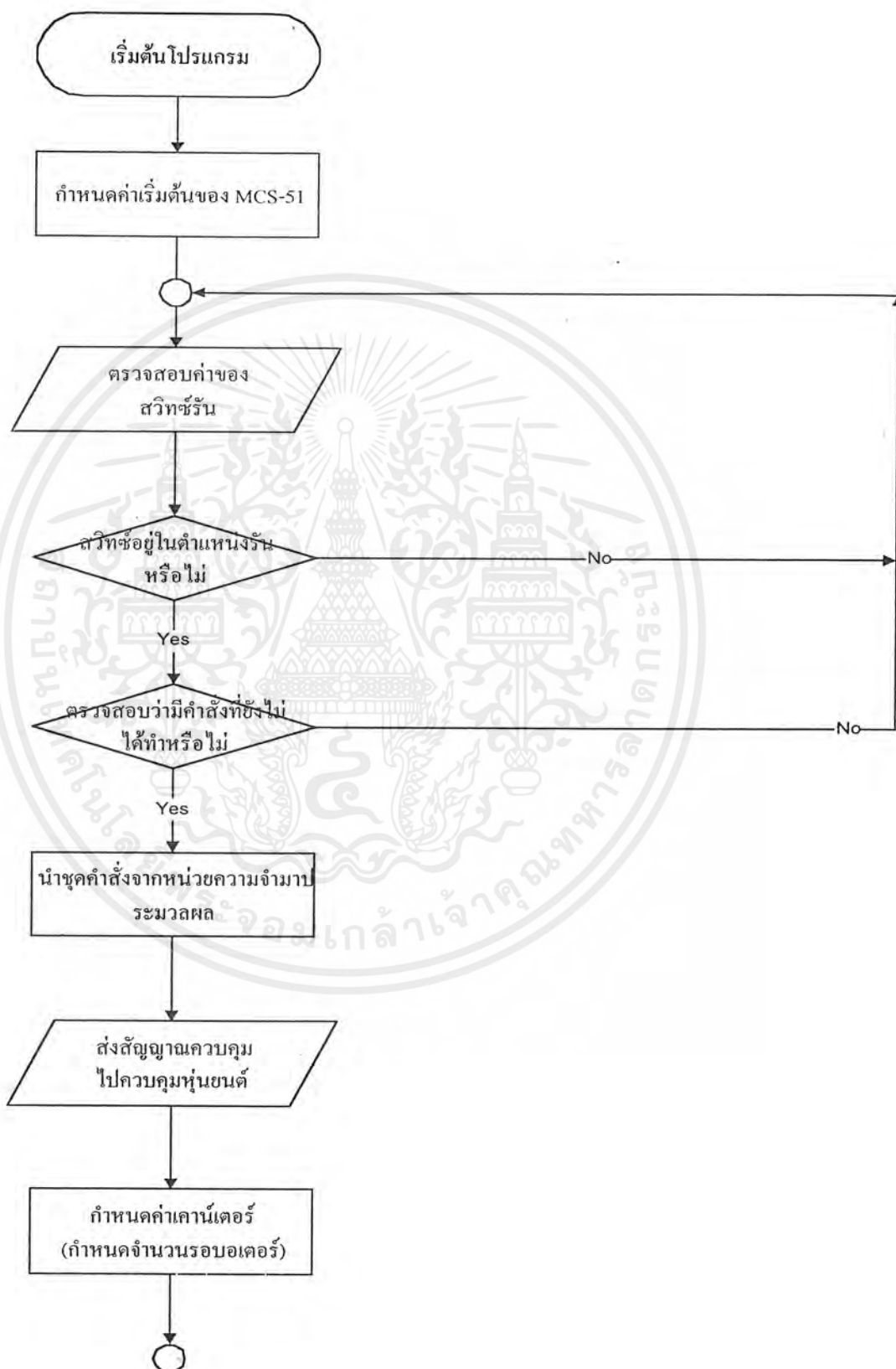
3.4 ตัวหุ่นยนต์ ประกอบด้วย

- ส่วนซอฟต์แวร์

โปรแกรมภายในคอนโทรลเลอร์ ออกแบบโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลี เริ่มต้นโปรแกรม โดยกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับคอนโทรลเลอร์ โดยกำหนดให้การรับส่งข้อมูลระหว่างคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์เป็นโหมด 1 ด้วยความเร็ว 9600 บิต/วินาที ไทม์เมอร์ทำงานโหมด 2 เคานเตอร์ทำงานโหมด 1 สามารถเรียกโปรแกรมอินเตอร์รัปต์โดยพอร์ทอนุกรม โดยการอินเตอร์รัปต์ของพอร์ทอนุกรม มีความสำคัญสูงสุด

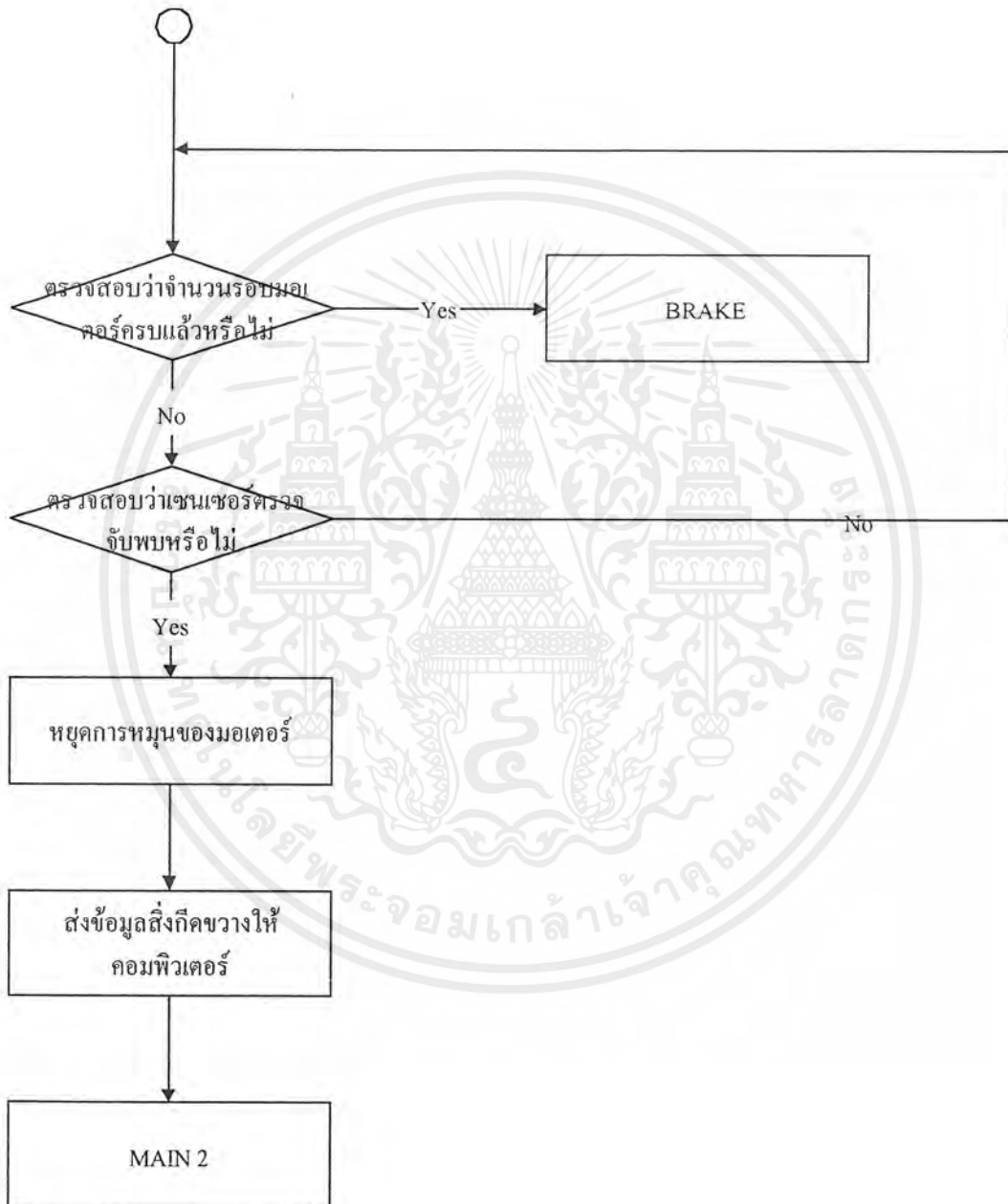
เคลียร์ค่าหน่วยความจำสำหรับเก็บคำสั่งการเคลื่อนที่ โดยคำสั่งการเคลื่อนที่จะส่งจากคอมพิวเตอร์ จะส่งเข้ามาได้ตลอดโดยอินเตอร์รัปต์จากพอร์ทอนุกรม เมื่อข้อมูลมาครบ 1 ไบต์ก็จะนำไปเก็บที่หน่วยความจำ หุ่นยนต์จะเริ่มทำงานเมื่อเปิดสวิทช์รัน คำสั่งการเคลื่อนที่จะถูกนำมาคำนวณเพื่อควบคุมทิศทางการหมุนและจำนวนรอบการหมุนของมอเตอร์ เมื่อมอเตอร์หมุนครบตามจำนวนรอบก็จะหยุด แล้วนำคำสั่งต่อไปมาประมวลผลแต่ถ้าอุปกรณ์ตรวจจับที่ตรวจสอบสิ่งกีดขวาง ตรวจพบว่าไม่มีสิ่งกีดขวางก็จะทำการหยุดการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และส่งข้อมูลไปให้คอมพิวเตอร์ว่าพบสิ่งกีดขวาง หุ่นยนต์จะหยุดอยู่กับที่จนกว่าจนกว่าคอมพิวเตอร์จะสั่งว่าจะทำอย่างไรต่อไป

FLOWCHART โปรแกรมภายในคอนโทรลเลอร์



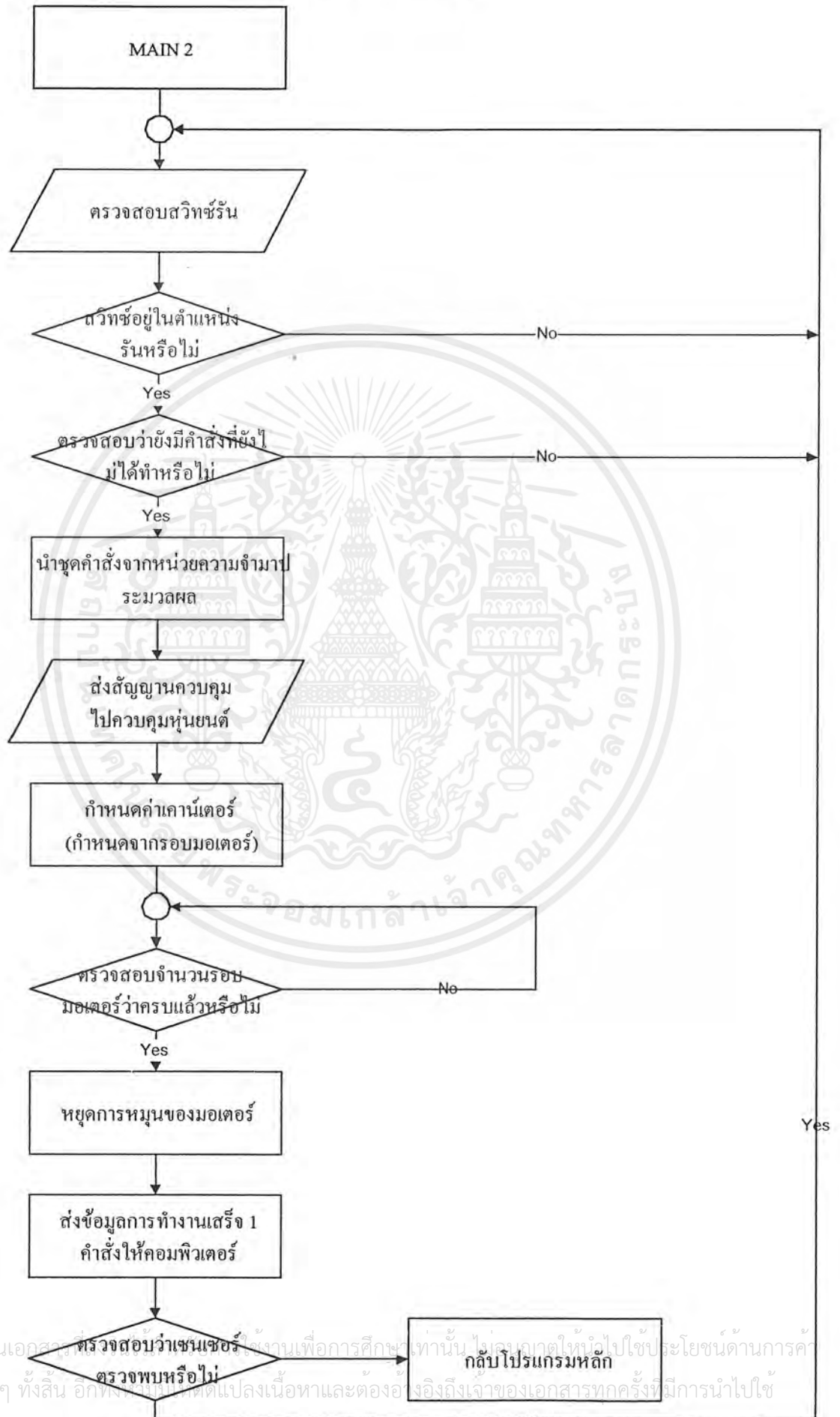
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.10 FLOWCHART โปรแกรมคอนโทรลเลอร์
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLOWCHART โปรแกรมภายในคอนโทรลเลอร์



5

FLOWCHART โปรแกรมภายในคอนโทรลเลอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

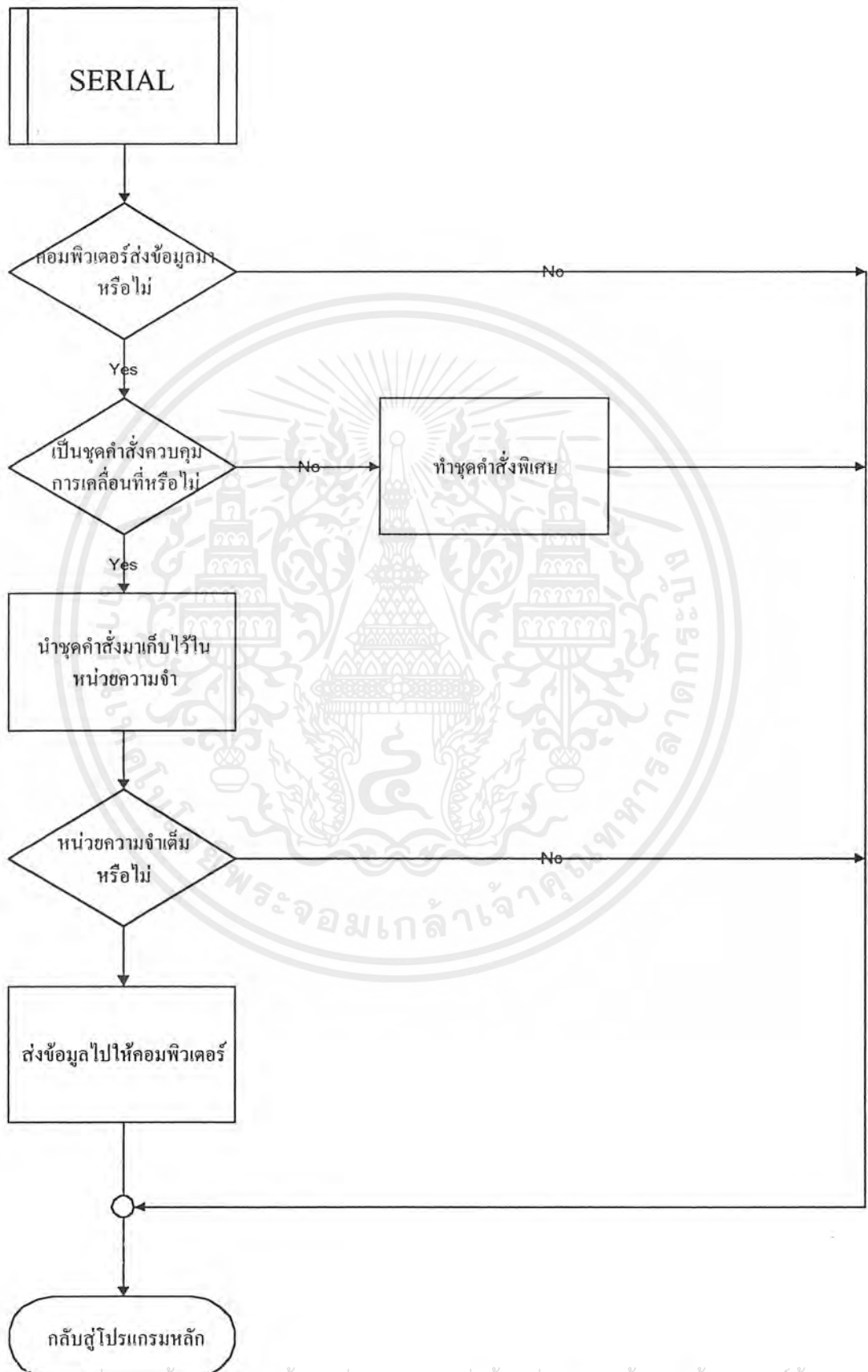
FLOWCHART โปรแกรมภายในคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.10(ต่อ) FLOWCHART โปรแกรมคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLOWCHART โปรแกรมภายในคอมพิวเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีลิขสิทธิ์และเนื้อหาและต้องขอ อนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ที่มีการนำไปใช้

- ส่วนฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย

โครงสร้างหุ่นยนต์

- การออกแบบตัวหุ่นยนต์

เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นถึงลักษณะภายนอกโดยรวมของตัวหุ่นยนต์ว่าจะมีขนาดเท่าใด เหมาะสมหรือไม่ จำเป็นต้องมีการเขียนแบบออกมาก่อน โดยจะเป็นการเขียนแบบให้แสดงออกมาในลักษณะ 3 มิติ แบบไอโซเมตริกซึ่งจะมีการอธิบายลักษณะของภาพออกมาเป็นภาพฉาย ที่อป ฟร็อนท์ ไซด์ ตามแบบมาตรฐาน ในส่วนนี้ได้มีการใช้โปรแกรม Autocad Release14,3 dimension มาเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการทำ drawing เพราะในตัวโปรแกรมนี้มีการแสดงแบบ 3 มิติ ไอโซเมตริก และเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่หาได้ง่ายและสะดวกในการใช้

ขนาดของตัวหุ่นยนต์จะมีความกว้างประมาณ 40 ซม. ยาวประมาณ 45 ซม. สูงประมาณ 21 ซม. เพื่อความเหมาะสมในการใช้งาน เพราะถ้าหากว่าตัวหุ่นยนต์มีขนาดใหญ่มากเกินไปจะทำให้ไม่สะดวกในการเคลื่อนที่ และในบางสถานะอาจมีพื้นที่จำกัดทำให้การเคลื่อนที่มีน้อย และถ้าหากว่ามีขนาดเล็กไปนั้นอาจจะไม่สะดวกในการติดตั้งอุปกรณ์วัด และจะมีขนาดไม่พอเหมาะกับขนาดของมอเตอร์ที่ได้เตรียมมา

- วัสดุที่ใช้ในการสร้างและการประกอบ

โครงสร้างประกอบขึ้นมาจากท่อนอลูมิเนียมสี่เหลี่ยม ทำการยึดด้วยการเชื่อมในแนวฉากเพื่อให้มีการกระจายแรงที่แต่ละชิ้นจะได้รับมีขนาดเท่ากัน เพื่อความแข็งแรงของโครงสร้าง ล้อทำจากแผ่นยางเรียบ ลักษณะล้อจะเป็นล้อสายพาน เพื่อความมั่นคงและความสามารถในการเคลื่อนที่ไปในสถานะที่เป็นพื้นผิวขรุขระ ซึ่งล้อสายพานจะสามารถเคลื่อนที่ได้ดีกว่าล้อแบบล้อเดี่ยว แนวคิดนี้้นำมาจากล้อรถจำพวกล้อแคตเตอร์พิลล่าที่ใช้กับงานที่เป็นงานหนัก

- มอเตอร์

ขนาดของมอเตอร์ที่ใช้คือ 24 โวลท์ที่ 3230 รอบ/วินาที

ทอร์ก(แรงบิดของมอเตอร์) คำนวณได้จากสูตร

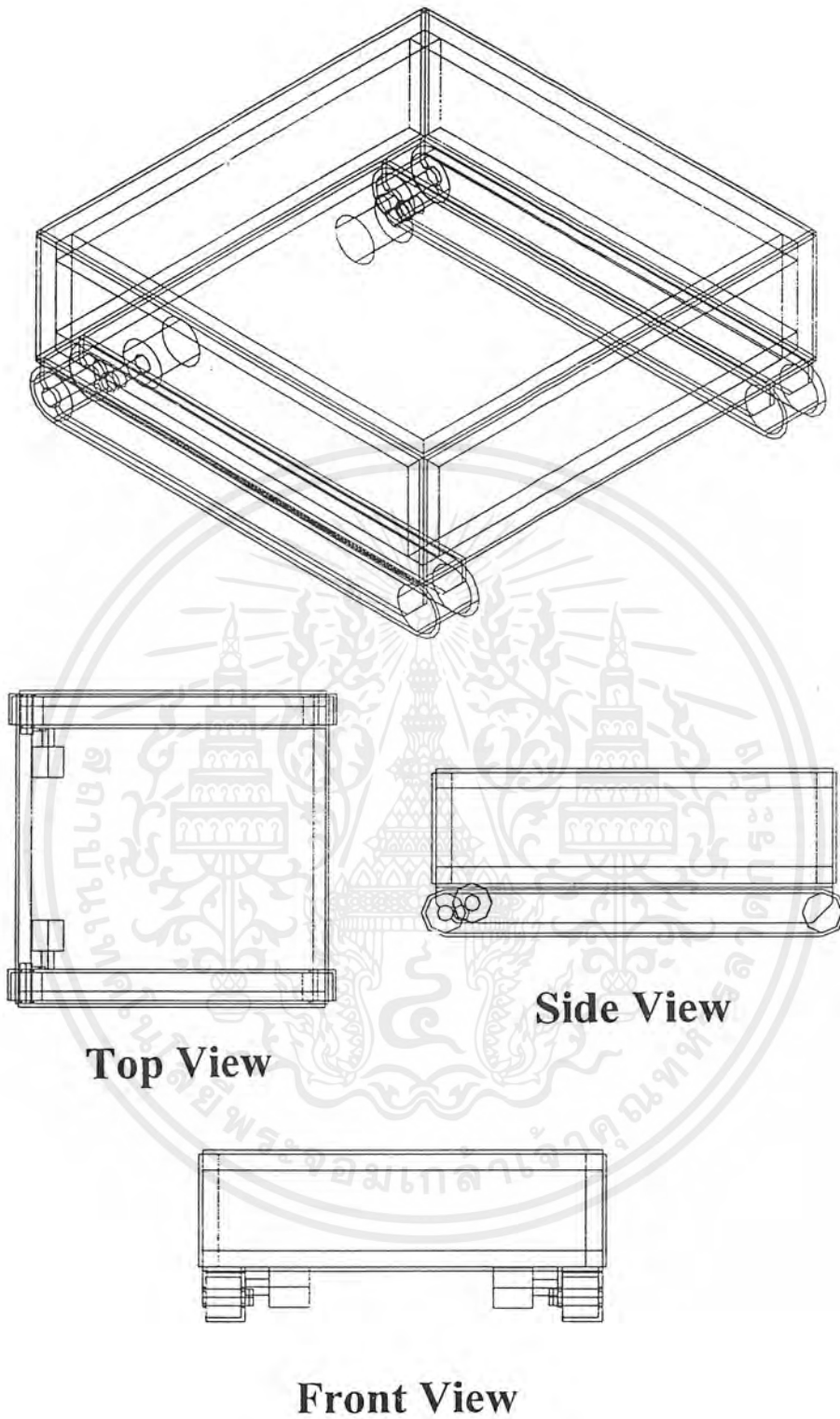
$$T = W / \theta$$

เมื่อ $T = \text{แรงบิด} = F \times r$

$W = \text{งานทางกลศาสตร์}$

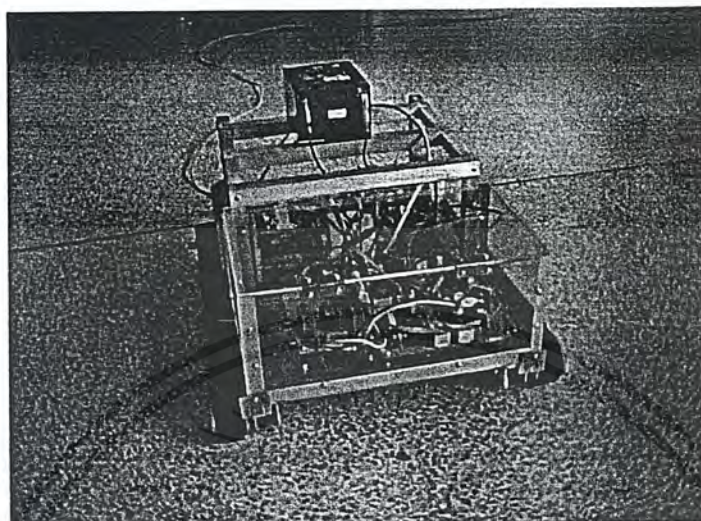
$\theta = \text{ความเร็ว เรเดียนต่อวินาที} = \omega t$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

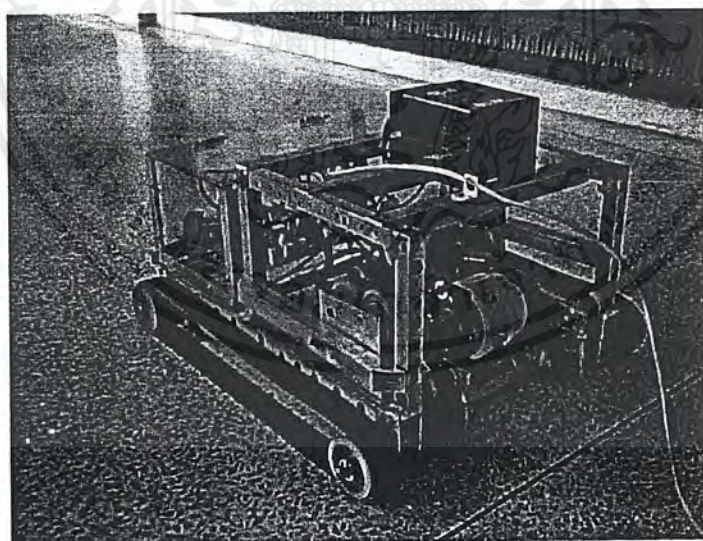


รูปที่ 3.11 DRAWING ของหุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

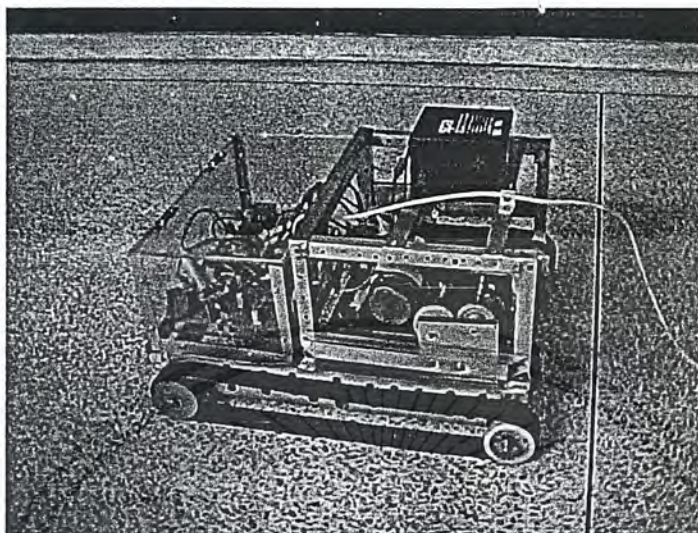


รูปที่ 3.12 ภาพถ่ายด้านหน้าของหุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่

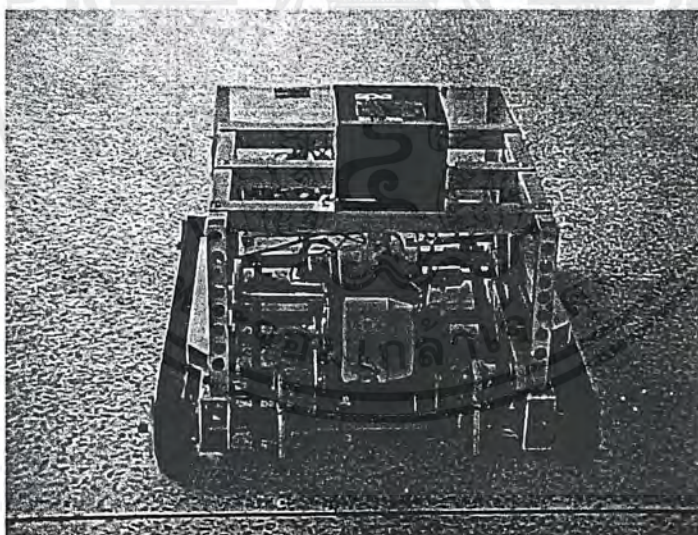


รูปที่ 3.13 ภาพถ่ายด้านข้างของหุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ภาพถ่ายด้านข้างของหุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่



รูปที่ 3.15 ภาพถ่ายด้านหลังของหุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชุดเฟืองทด

จากสูตรของการคำนวณแรงบิดที่ได้ น้ำหนักของตัวหุ่นยนต์รวมกับน้ำหนักโดยประมาณของอุปกรณ์เสริมประมาณไว้ที่ 10 กก. ถือเป็นน้ำหนักที่ตกลงพื้นผิว ซึ่งแรงที่เกิดขึ้นที่ตัวมอเตอร์คือแรงที่ใช้พยายามในการเคลื่อนที่ จะนำแรงนี้มาคำนวณเป็นแรงบิด จะใช้ในการคำนวณ θ ที่เปลี่ยนแปลงจากสูตร

$$T = F \times r$$

และ $T = W / \theta$

เทียบสมการแล้ว ค่า W ที่ได้จากมอเตอร์ตัวเดียวกัน จะต้องมามีค่าเท่ากันเพราะเป็นค่าพลังงานทางกลศาสตร์ จะได้ว่า

$$T_1 \theta_1 = T_2 \theta_2$$

เมื่อเราทราบค่า T_1 และ θ_1 แล้ว

จากสูตร $T = F \times r$

เมื่อ $F =$ แรงที่กระทำต่อแกนของมอเตอร์

$r =$ รัศมีที่ตรงขอบเฟืองของมอเตอร์

จะทำให้เราทราบค่า T_2 เมื่อแทนค่าลงไปจะได้ว่า

$$T_1 / T_2 = \theta_2 / \theta_1$$

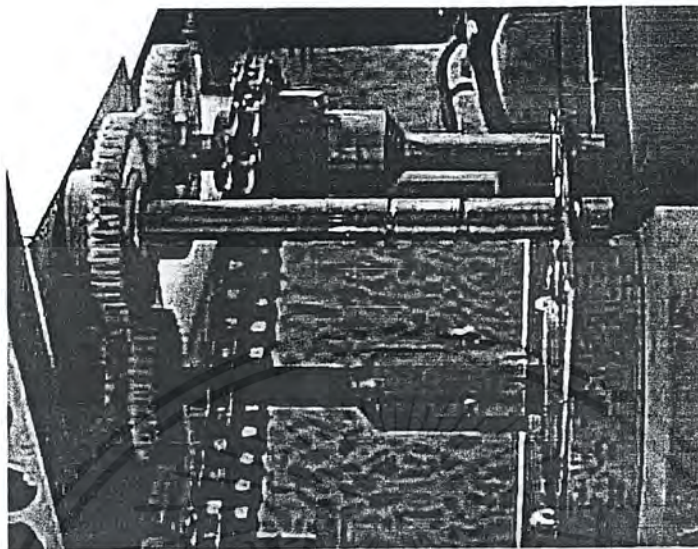
แต่ $\theta = \omega t$

เมื่อ ω มีค่าคงที่จะได้ว่า

$$T_1 \theta_1 / T_2 = \theta_2$$

ให้ค่า $T_1 / T_2 =$ ค่าคงที่ m

เพราะฉะนั้นจำนวนฟันเฟืองของเฟืองทดที่ตัวสุดท้าย จะต้องมามีจำนวนฟันเฟืองเป็น m เท่า ของฟันเฟืองของมอเตอร์ จากการที่มีการทดเฟืองเข้าไปนี้ จะทำให้มอเตอร์มีแรงบิดที่สูงขึ้น แต่ความเร็วรอบจะลดลง ซึ่งเป็นผลดีเพราะจะทำให้มีแรงเฉื่อยที่เกิดจากการเคลื่อนที่น้อยลง



รูปที่ 3.16 ภาพถ่ายชุดเฟืองทด

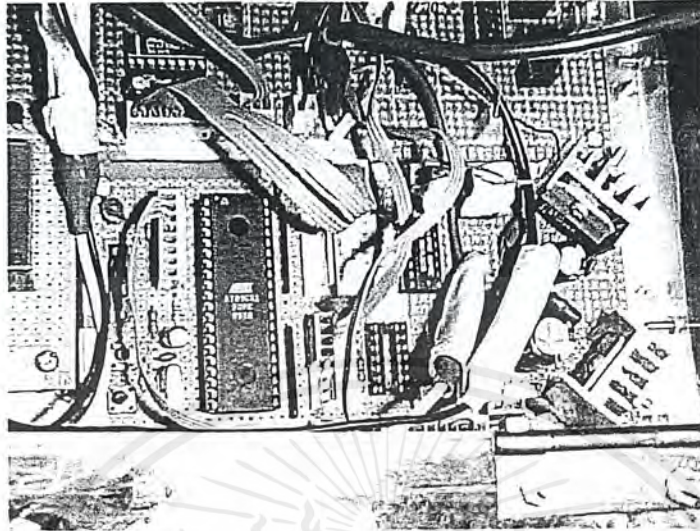
วงจรควบคุมการเคลื่อนที่

- วงจรคอนโทรลเลอร์ ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ 89C51 โดยใช้งานบิต 1.7 เป็นสวิตช์เริ่มทำงาน ส่วนบิตที่เหลือของพอร์ท 1 รับสัญญาณจากวงจรอุปกรณ์ตรวจจับ ส่วนพอร์ท 2 เป็นพอร์ทสำหรับส่งสัญญาณไปควบคุมวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์

- วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ การควบคุมทิศทางของมอเตอร์ แสดงดังตาราง

PWM	Dir	Brake	Active Output Drivers
H	H	L	Source 1, Sink 2
H	L	L	Sink 1, Source 2
L	X	L	Source 1, Source 2
H	H	H	Source 1, Source 2
H	L	H	Sink 1, Sink 2
L	X	H	NONE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 ภาพถ่ายวงจรคอนโทรลเลอร์
(ไอซีคอนโทรลเลอร์และไอซีควบคุมมอเตอร์)

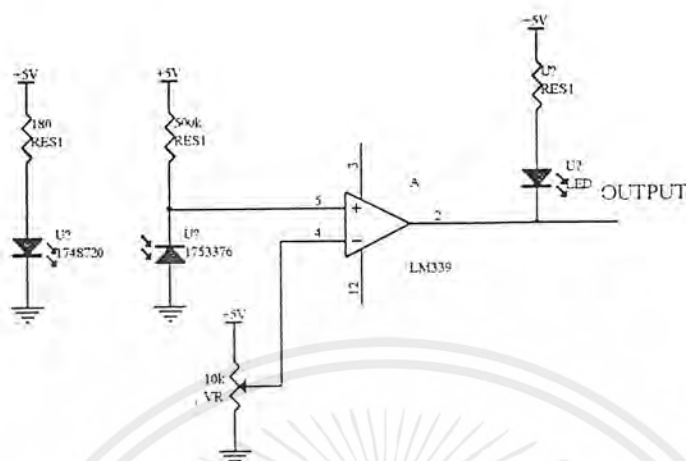


รูปที่ 3.18 ภาพถ่ายวงจรคอนโทรลเลอร์
(ไอซีติดต่อพอร์ทอนุกรมและอุปกรณ์ตรวจจับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรตรวจจับสิ่งกีดขวาง

- ลักษณะของวงจรตรวจจับ



รูปที่ 3.19 แสดงวงจรตรวจจับ

- รูปแบบการติดตั้ง

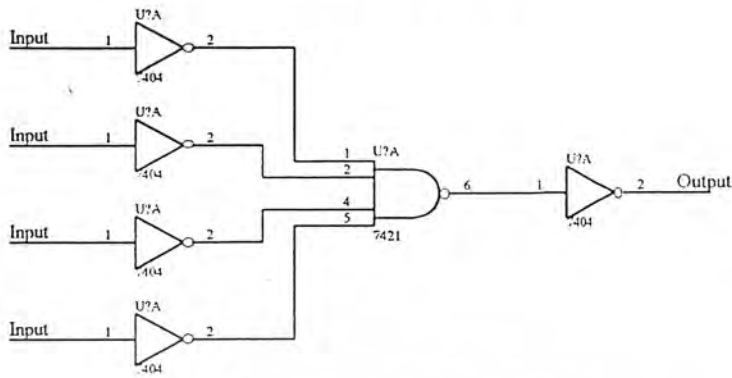
จะมีการติดตั้งทั้งหมด 4 จุด โดยติดตั้งด้านหน้าและด้านหลังของตัวหุ่นยนต์ ที่มุมซ้ายและมุมขวาของทั้งสองด้าน เพื่อเป็นการป้องกันการกระแทกที่จะเกิดขึ้นกับตัวหุ่นยนต์

- หลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับ

ตัวรับ-ส่งแบบอินฟราเรดนี้จะมีลักษณะเป็นขั้วเดียวกัน โดยใช้หลักการของโฟโต้ไดโอด ที่ตัวหนึ่งจะทำหน้าที่ปล่อยรังสีอินฟราเรดออกมา เมื่อมีการกระทบกับผิวของวัตถุ ก็จะมีการสะท้อนรังสีอินฟราเรดที่ถูกส่งออกมา กลับไปยังตัวรับ และจะทำการเปลี่ยนจากความเข้มแสงเป็นแรงดันทางไฟฟ้า

ในการนำไปใช้งานได้มีการต่อวงจรดังรูปที่ 3.19 โดยที่จะใช้ LM339 ซึ่งเป็นออปแอมป์มาขยายสัญญาณเอาท์พุทที่ออกมา โดยขาอีกข้างของออปแอมป์ต่ออยู่กับตัวต้านทานปรับค่าได้ เพื่อเป็นการปรับระยะห่างในการที่จะรับ-ส่งรังสีอินฟราเรด ค่าที่ได้จะถูกส่งต่อไปยังวงจรแปลงสัญญาณ จากสถานะ “1” ให้เป็นสถานะ “0”

- วงจรแปลงสัญญาณและส่งข้อมูลไปยังส่วนประมวลผล

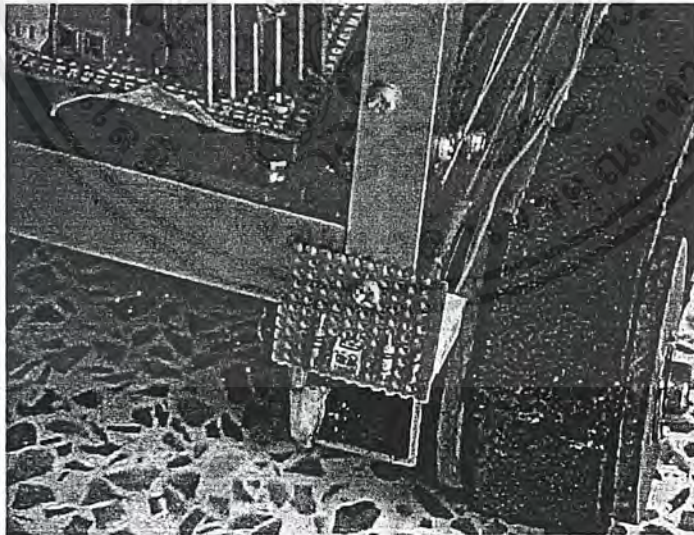


รูปที่ 3.20 แสดงวงจรแปลงสัญญาณ

ในส่วนของวงจรแปลงสัญญาณและส่งผ่านข้อมูลไปยังส่วนประมวลผลนั้น จะใช้หนอทเกตเป็นตัวแปลงสัญญาณจาก “1” ให้เป็น “0” เมื่อตัวตรวจจับตรวจพบและถูกกระตุ้น โดยที่เอาท์พุทที่ออกมาจากหนอทเกตจะถูกนำมารวมกันที่แอนด์เกตและส่งต่อไปยังส่วนประมวลผล

- ประโยชน์ของการมีตัวตรวจจับ

เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดจากการกระแทกที่จะเกิดขึ้นกับตัวหุ่นยนต์ และยังสามารถทำให้เราทราบถึงลักษณะของสถานที่ที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ผ่านว่ามีสิ่งกีดขวางอยู่ที่จุดใดบ้าง เพื่อสร้างเป็นแผนที่ได้



รูปที่ 3.21 ภาพถ่ายวงจรตรวจจับสิ่งกีดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองในส่วนตรวจจับสิ่งกีดขวาง

- จากการปรับค่าความต้านทานปรับค่าจนได้ค่าโวลต์เดจอ้างอิง(V_{REF} , V ที่ขา5) เท่ากับ 0.150 แล้วจึงวัดค่าต่างๆตามระยะสิ่งกีดขวางที่เปลี่ยนไป ได้ผลดังนี้

ระยะสิ่งกีดขวาง	V_{in} (V ที่ขา 4)	V_{out} (V ที่ขา 2)
ไม่มี	0.155	4.33
9	0.152	3.80
8	0.151	3.55
7	0.1505	2.704
6	0.150	1.85
5	0.149	0.833
4	0.148	0.185
3	0.145	0.185
2	0.137	0.185
1	0.116	0.185

- จากการปรับค่าความต้านทานปรับค่าจนได้ค่าโวลต์เดจอ้างอิง(V_{REF} , V ที่ขา5) เท่ากับ 0.145 แล้วจึงวัดค่าต่างๆตามระยะสิ่งกีดขวางที่เปลี่ยนไป ได้ผลดังนี้

ระยะสิ่งกีดขวาง	V_{in} (V ที่ขา 4)	V_{out} (V ที่ขา 2)
ไม่มี	0.155	4.49
8	0.151	4.31
7	0.150	4.29
6	0.149	4.27
5	0.148	4.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4	0.147	3.91
3	0.144	0.47
2	0.135	0.184
1	0.112	0.184

จากผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่าค่าโวลต์เตจที่วัดออกมาจะมีค่าลดลงเมื่อระยะทางระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับและสิ่งกีดขวางลดลง จึงทำให้ไฟจากแอลอีดีสว่างขึ้นเรื่อยๆและที่น่าสังเกตอีกอย่างคือ ค่าโวลต์เตจที่ขา 4 จากทั้ง 2 การทดลองมีค่าใกล้เคียงกันมากที่ระยะทางเท่ากัน ซึ่งตามทฤษฎีแล้วควรมีค่าเท่ากันที่ระยะทางเท่ากันแต่อาจเป็นเพราะความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการทดลองที่ไม่ได้มาตรฐานเพียงพอ เนื่องจากใช้มือและสายตาในการวัดระยะ ฯลฯ แต่ก็พอจะสรุปได้ว่าสามารถจะนำค่าโวลต์เตจที่ได้เหล่านี้มาใช้ในการกำหนดค่าโวลต์เตจอ้างอิงสำหรับตรวจจับตามระยะที่ต้องการ เช่น ถ้าต้องการให้อุปกรณ์ตรวจจับตรวจจับที่ 5 เซนติเมตรก็ตั้งค่าโวลต์เตจอ้างอิงไว้ที่ประมาณ 0.148-0.149 โวลต์ โดยการปรับค่าความต้านทานปรับค่าได้ และจากผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่าเซนเซอร์ตัวนี้มีขอบเขตการทำงานได้ไกลกว่า 9 ซม.เล็กน้อย เนื่องจากค่าโวลต์เตจที่ขา 4 ไม่สามารถมีค่าเกิน 0.155 โวลต์ ได้ทำให้ไม่สามารถปรับค่าโวลต์เตจอ้างอิงให้สูงกว่านี้เพื่อเพิ่มระยะทางในการตรวจจับได้ และการตั้งการตรวจจับไว้ไกลๆจะให้ความผิดพลาดในการตรวจจับเพิ่มขึ้นด้วย

4.2 การทดลองหาระยะการเคลื่อนที่คลาดเคลื่อนของหุ่นยนต์

- กำหนดค่าที่อัตราส่วนจำนวนครั้งที่เอน โคดเดอร์ส่งสัญญาณต่อระยะทาง 1 เซนติเมตร หาได้จากการนำค่าจำนวนครั้งที่เอน โคดเดอร์ส่งสัญญาณมาต่อ 1 รอบ หารด้วยเส้นรอบวงของล้อ(รวมขอบยางล้อด้วย) ซึ่งค่าที่ได้คือ

เอน โคดเดอร์ส่งสัญญาณ 296 ครั้งต่อการหมุน 1 รอบ

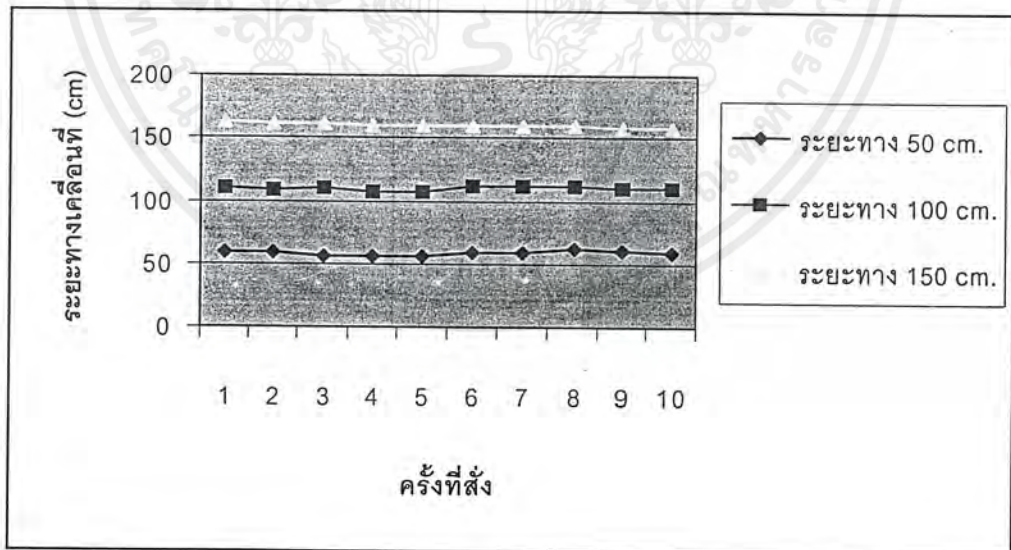
ค่ารัศมีของล้อคือ 3 ซม. ได้เส้นรอบวงคือ 6π ซม.

∴ ค่าอัตราส่วนที่ได้มีค่าเท่ากับ $296/6\pi$ ประมาณเท่ากับ 15.7 ครั้งต่อเซนติเมตร

นำค่าที่ได้นี้มาใช้ในการคำนวณเพื่อกำหนดจำนวนรอบของเอน โคดเดอร์ที่ต้องใช้ในการส่งเหตุการณ์ของมอเตอร์จากคำสั่งที่ได้รับเป็นระยะเซนติเมตร เช่น ถ้าสั่งให้เดินหน้า 100 ซม. โปรแกรมก็จะทำการคำนวณได้ว่าต้องกำหนดให้ค่าที่ได้รับจากเอน โคดเดอร์เป็น 1570 จึงจะส่งหยุดมอเตอร์ เป็นต้น

- ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จากการสั่งคำสั่งเดินหน้าเป็นระยะทางซ้ำๆกัน
หลายๆครั้ง

ครั้งที่	ระยะทางที่สั่ง(เซนติเมตร)		
	50	100	150
1	58.7	109.5	162.2
2	58.5	109.2	161.9
3	55.8	109.4	161.7
4	56	107	159.8
5	56.2	106.7	159.2
6	58.4	112.2	159.4
7	58.5	111.7	159.8
8	61.3	112	159.2
9	60.8	109.5	157.6
10	58.8	109.4	157.4
เฉลี่ย	58.3	109.66	159.82

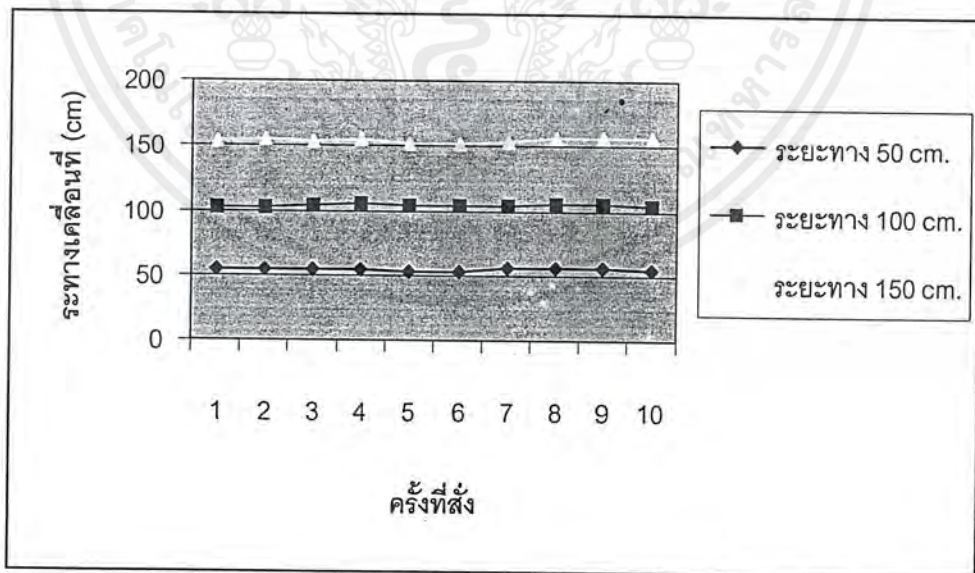


จากการทดลองใช้คำสั่งเดินหน้าบนพื้นกระเบื้องยางเกิดความคลาดเคลื่อนของการทำงานมี
ระยะทางเฉลี่ยประมาณ 9.26 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผลการทดลองการทำงานของหุ่นยนต์จากการตั้งคำสั่งถอยหลังเป็นระยะทางซ้ำๆกัน
หลายๆครั้ง

ครั้งที่	ระยะทางที่สั่ง(เซนติเมตร)		
	50	100	150
1	53.8	102.5	153.8
2	54.2	102.4	154.5
3	54.2	104.4	154.2
4	54.5	105	154.3
5	52.3	104.6	152
6	52.5	104.5	152.2
7	56.1	104.4	154.2
8	56.2	106.2	156.5
9	56.2	106	156.4
10	54	104.3	156.2
เฉลี่ย	54.42	104.43	154.43



จากการทดลองใช้คำสั่งถอยหลังบนพื้นกระเบื้องยางเกิดความคลาดเคลื่อนของการทำงาน
มีระยะทางเฉลี่ยประมาณ 4.43 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและแนวทางในการพัฒนาต่อ

5.1 ข้อจำกัดของโครงการ

จากโครงการที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์นั้น จะเห็นว่าในการออกแบบตัวหุ่นยนต์นั้น มีข้อจำกัดทั้งขนาด น้ำหนัก และการจัดวางอุปกรณ์ ทำให้ตัวหุ่นยนต์ที่ออกแบบไว้ในครั้งแรก ต้องทำการแก้ไขในหลายจุด รวมทั้งขนาดของมอเตอร์ และภาระของการทำงานของมอเตอร์ ก็ไม่สามารถคำนวณเป็นค่าที่แท้จริงออกมาได้ จึงต้องจัดทำอยู่ในข้อจำกัดดังกล่าว

5.2 แนวทางในการพัฒนาต่อ

จากการที่ได้ศึกษาลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่ควบคุมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์นี้ เราสามารถนำมาพัฒนาในส่วนการติดต่อสื่อสาร โดยการใช้มาตรฐานการสื่อสารอนุกรม RS485 ซึ่งจะสามารถสื่อสารได้เป็นระยะทางที่ไกลขึ้น และยังสามารถควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์หลายๆ ตัวพร้อมกันได้ หรืออาจจะใช้การสื่อสารแบบไร้สาย ซึ่งจะทำให้การเคลื่อนที่ที่เป็นไปได้ได้อย่างสะดวกขึ้นด้วย และยังสามารถติดตั้งอุปกรณ์เสริมเพิ่มเติมขึ้นอีก เช่น อุปกรณ์เก็บภาพ เสียง หรืออุณหภูมิ ฯลฯ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสำรวจให้ดียิ่งขึ้น

5.3 บทสรุป

ในปัจจุบันหุ่นยนต์ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในงานอุตสาหกรรม ดังนั้นการที่เราสามารถพัฒนาหุ่นยนต์ขึ้นมาใช้ในโรงงาน หรือในสถานะที่คนไม่สามารถเข้าไปปฏิบัติงานได้ โดยให้หุ่นยนต์ทำงานแทน นอกจากจะเป็นประโยชน์แล้ว ยังลดความเสี่ยงต่ออันตรายที่จะเกิดกับคนได้ รวมทั้งค่าใช้จ่ายต่างๆ ในระยะยาว ยังจะน้อยกว่าที่จะให้คนเข้าไปทำงานอีกด้วย

ภาคผนวก

โปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์
โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์
DATA SHEET



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROGRAM CONTROLLER

```
NUM_BUF      EQU    21h
MEM_START    EQU    30H
MEM_END      EQU    80H
MEM_BLANK    EQU    00H
CLEAR_VALUE  EQU    40H
SUCCESS_SEND EQU    10H
MEMfull_SEND EQU    20H

ORG          0000H
AJMP        START

ORG          0023H
AJMP        SERIAL ; SERIAL PORT

ORG          0030H
START: MOV    PCON,#00H ; SMOD = 0
MOV        SCON,#01010000B ; SERIAL (MODE1) REN = 1
MOV        TMOD,#00100101B ; TIMER1(MODE2) CT0(MODE1)
MOV        TH1,#0FDH ; 9.6 K BAUD
MOV        IE,#10010000B ; INTERRUPT -->SERIAL
MOV        IP,#00010000B ; SERAIL PORT HIGH PRIORITY
MOV        R0,#30h ,
MOV        R1,#30h
MOV        R4,#00H
MOV        NUM_BUF,#00h
SETB       TR1
SETB       P3.2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MAIN: JNB      P1.7,$           ;Check on/off Robot
      MOV      A,NUM_BUF
      CJNE     A,#02h,$+3      ;Check complete command
      JC       MAIN
      AJMP     TO_DO_COMMAND

TO_DO_COMMAND:
      MOV      A,@R1
      MOV      R3,A
      DEC      NUM_BUF
      INC      R1
      MOV      A,@R1
      MOV      R2,A
      DEC      NUM_BUF
      INC      R1

COMMAND:
      MOV      A,R3
      ANL      A,#11100000B
      MOV      P2,A

DATA: MOV      A,R3
      ANL      A,#00011111B
      MOV      R3,A
      MOV      A,#0FFH
      CLR      C
      SUBB     A,R2
      ADD      A,#01H
      MOV      TL0,A
      MOV      A,#0FFH
      SUBB     A,R3
      ADDC     A,#00H
      MOV      TH0,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        CLR          TF0
        SETB         TR0                ; START COUNTER
        CLR          P2.7
        SETB         P2.4                ; SET PWM
WAIT_B: JB          TF0,BRAKE
        mov         a,p1
        anl         a,#0fh
        xrl         a,#0fh
        jz          wait_b
        jnz         sensor
        AJMP        WAIT_B
SENSOR: CLR         TR0
        SETB         P2.7
        MOV         A,PI
        ANL         A,#00001111B
        MOV         SBUF,A
WAIT_S1:
        JNB         TI,WAIT_S1
        CLR         TI
        MOV         R0,#30h
        MOV         R1,#30h
        MOV         NUM_BUF,#00h
        AJMP        MAIN2
BRAKE:
        CLR         TF0
        CLR         TR0
        SETB         P2.7
        MOV         SBUF,#SUCCESS_SEND
        AJMP        MAIN

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SERIAL: PUSH      ACC
          PUSH     PSW
          JB       RI,RECEIVE
          JB       TI,OUT

RECEIVE:
          CLR      RI
          MOV      A,SBUF
          CJNE     R4,#00H,L_Byte
H_Byte: JB       ACC.7,KEEP
          JB       ACC.6,CLEAR1
          AJMP     OUT
KEEP:    MOV      @R0,A
          INC      R0
          INC      NUM_BUF
          INC      R4
          CJNE     R0,#MEM_END,OUT
MEMfull: MOV     SBUF,#MEMfull_SEND
WAIT_S: JNB      TI,WAIT_S
          CLR      TI
          AJMP     OUT
L_Byte: MOV      @R0,A
          INC      R0
          INC      NUM_BUF
          MOV      R4,#00H
          AJMP     OUT
CLEAR1: MOV      R1,#MEM_START
DELETE1: MOV     @R1,#MEM_BLANK
          INC      R1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        CJNE        R1,#MEM_END,DELETE1
        MOV         R0,#MEM_START
        MOV         R1,#MEM_START
        MOV         NUM_BUF,#00h
        AJMP        OUT
OUT:    POP         PSW
        POP         ACC
        CLR         TI
        RETI

;*****
;
;*****
MAIN2:
        JNB        P1.7,$           ;Check on/off Robot
        MOV         A,NUM_BUF
        CJNE        A,#02h,$+3      ;Check complete command
        JC          MAIN2
        MOV         A,@R1
        MOV         R3,A
        DEC         NUM_BUF
        INC         R1
        MOV         A,@R1
        MOV         R2,A
        DEC         NUM_BUF
        INC         R1
COMMAND1:
        MOV         A,R3
        ANL         A,#11100000B
        MOV         P2,A
DATA1: MOV         A,R3

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ANL      A,#00011111B
MOV      R3,A
MOV      A,#0FFH
CLR      C
SUBB     A,R2
ADD      A,#01H
MOV      TL0,A
MOV      A,#0FFH
SUBB     A,R3
ADDC     A,#00H
MOV      TH0,A
CLR      TF0
SETB     TR0 ; START COUNTER
CLR      P2.7
SETB     P2.4 ; SET PWM
WAIT_B1:
JNB      TF0,WAIT_B1
CLR      TF0
CLR      TR0
SETB     P2.7
MOV      SBUF,#SUCCESS_SEND
mov      a,p1
anl      a,#0fh
xrl      a,#0fh
jnz      main2
AJMP     MAIN
END

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program robotic control

unit robot;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
StdCtrls, OleCtrls, MSCommLib_TLB, ComCtrls, Comms;

type

TForm1 = class(TForm)

Label1: TLabel;

Label2: TLabel;

Button2: TButton;

Button3: TButton;

Button4: TButton;

Button5: TButton;

Label3: TLabel;

edit1: TEdit;

forward: TButton;

Button7: TButton;

back: TButton;

left: TButton;

right: TButton;

Listbox1: TListBox;

ComPort1: TComPort;

Listbox2: TListBox;

Label4: TLabel;

Label5: TLabel;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Button1: TButton;
Button8: TButton;
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Button3Click(Sender: TObject);
procedure Button4Click(Sender: TObject);
procedure Button5Click(Sender: TObject);
procedure Button7Click(Sender: TObject);
procedure forwardClick(Sender: TObject);
procedure backClick(Sender: TObject);
procedure leftClick(Sender: TObject);
procedure rightClick(Sender: TObject);
procedure FormActivate(Sender: TObject);
procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
procedure ComPort1RxChar(Sender: TObject; InQue: Integer);
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure Button8Click(Sender: TObject);

private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

var
  Form1: TForm1;
  x:currency;
  cnt,cnt2:integer;
  z:integer;

implementation

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

function newz(p:integer):integer;
var i:integer;
begin
  i:=8;
  repeat
    p:=p div 2;
    i:=i-1;
  until i=0;
  newz:=p;
end;

function bin1(p:integer;n:string):integer;
var i:integer;y:array[1..8] of integer;
    y2:integer;
begin
  for i:=1 to 5 do
  begin
    y[i]:=p mod 2;
    p:=p div 2;
  end;
  y[8]:=strtoint(n[1]);
  y[7]:=strtoint(n[2]);
  y[6]:=strtoint(n[3]);
  y2:=y[1];p:=1;
  for i := 2 to 8 do
  begin
    p:=p*2;
    y2:=y2+(y[i]*p);
  end;
  bin1:=y2;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

end;

function bin2(z:integer):integer;
var i:integer;y:array[1..8] of integer;
    y2,p:integer;
begin
for i:=1 to 8 do
begin
y[i]:=z mod 2;
z:=z div 2;
end;
y2:=y[1];p:=1;
for i := 2 to 8 do
begin
p:=p*2;
y2:=y2+(y[i]*p);
end;
bin2:=y2;
end;
{$R *.DFM}

procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
edit1.clear;
label3.visible:=true;
edit1.visible:=true;
forward.Visible:=true;
button7.Visible:=true;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
edit1.clear;
```

```
label3.visible:=true;
```

```
edit1.visible:=true;
```

```
back.Visible:=true;
```

```
button7.Visible:=true;
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
left.Visible:=true;
```

```
button7.Visible:=true;
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button5Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
right.Visible:=true;
```

```
button7.Visible:=true;
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button7Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
label3.visible:=false;
```

```
edit1.visible:=false;
```

```
forward.Visible:=false;
```

```
back.Visible:=false;
```

```
left.visible:=false;
```

```
right.Visible:=false;
```

```
button7.Visible:=false;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

button8.Visible:=false;
end;

procedure TForm1.forwardClick(Sender: TObject);
var
  y1,d:string;
  c:integer;
  b2,b1:string[8];
begin
  x:=strtocurr(edit1.text);
  x:=round(x*15.7);
  y1:=currtostr(x);
  c:=strtoint(y1);
  b2:=chr(bin2(c));
  z:=newz(c);
  d:='111';
  b1:=chr(bin1(z,d));
  comport1.WriteString(b1,true);
  comport1.WriteString(b2,true);
  label3.visible:=false;
  edit1.visible:=false;
  forward.Visible:=false;
  back.Visible:=false;
  left.visible:=false;
  right.Visible:=false;
  button7.Visible:=false;
  listbox1.items.add(label2.caption+'. เดินหน้า '+edit1.text+' เซนต์เมตร');
  cnt:=strtoint(label2.caption)+1;
  label2.Caption:=inttostr(cnt);
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

procedure TForm1.backClick(Sender: TObject);
var
  y1,d:string;
  c:integer;
  b2,b1:string[8];
begin
  x:=strtocurr(edit1.text);
  x:=round(x*15.7);
  y1:=currtostr(x);
  c:=strtoint(y1);
  b2:=chr(bin2(c));
  z:=newz(c);
  d:='100';
  b1:=chr(bin1(z,d));
  comport1.WriteString(b1,true);
  comport1.WriteString(b2,true);
  label3.visible:=false;
  edit1.visible:=false;
  forward.Visible:=false;
  back.Visible:=false;
  left.visible:=false;
  right.Visible:=false;
  button7.Visible:=false;
  listbox1.items.add(label2.caption+'. ถอยหลัง '+edit1.text+' เซนติเมตร');
  cnt:=strtoint(label2.caption)+1;
  label2.Caption:=inttostr(cnt);
end;

procedure TForm1.leftClick(Sender: TObject);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

var b1,b2:string[8];
begin
b1:=chr(160); {10100000}
b2:=chr(240); {11110000}
comport1.WriteString(b1,true);
comport1.WriteString(b2,true);
label3.visible:=false;
edit1.visible:=false;
forward.Visible:=false;
back.Visible:=false;
left.visible:=false;
right.Visible:=false;
button7.Visible:=false;
listbox1.items.add(label2.caption+' เลี้ยวซ้าย ');
cnt:=strtoint(label2.caption)+1;
label2.Caption:=inttostr(cnt);
end;

procedure TForm1.rightClick(Sender: TObject);
var b1,b2:string[8];
begin
b1:=chr(192); {11000000}
b2:=chr(240); {11110000}
comport1.WriteString(b1,true);
comport1.WriteString(b2,true);
label3.visible:=false;
edit1.visible:=false;
forward.Visible:=false;
back.Visible:=false;
left.visible:=false;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

right.Visible:=false;
button7.Visible:=false;
listbox1.items.add(label2.caption+' เลี้ยวขวา ');
cnt:=strtoint(label2.caption)+1;
label2.Caption:=inttostr(cnt);
end;

procedure TForm1.FormActivate(Sender: TObject);
begin
comport1.open;
end;

procedure TForm1.FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
begin
comport1.close;
end;

procedure TForm1.ComPort1RxChar(Sender: TObject; InQue: Integer);
var j:integer;str:string;
begin
if comport1.connected then
begin
while inque>0 do
begin
comport1.read(j,1,True);
str:= concat(str,inttostr(j));
inque:=inque-1;
end;

if str='14' then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
    showMessage('พบสิ่งกีดขวางข้างหน้าด้านซ้าย');
    cnt2:=cnt-1;
end
else if str='13' then
    begin
        showMessage('พบสิ่งกีดขวางข้างหลังด้านซ้าย');
        cnt2:=cnt-1;
    end
else if str='11' then
    begin
        showMessage('พบสิ่งกีดขวางข้างหน้าด้านขวา');
        cnt2:=cnt-1;
    end
else if str='7' then
    begin
        showMessage('พบสิ่งกีดขวางข้างหลังด้านขวา');
        cnt2:=cnt-1;
    end
else if str='10' then
    begin
        showMessage('พบสิ่งกีดขวางข้างข้างหน้า');
        cnt2:=cnt-1;
    end
end
else if str='5' then
    begin
        showMessage('พบสิ่งกีดขวางข้างหลัง');
        cnt2:=cnt-1;
    end
end
else if str='16' then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
  cnt2:=cnt2+1;
  listBox2.items.add('คำสั่งที่ '+ inttostr(cnt2) +' succeed');
end
else if str='32' then
begin
  showmessage('MEMORY FULL');
  cnt2:=cnt-1;
end
else
begin
  showmessage('พบสิ่งกีดขวางไม่สามารถระบุได้');
  cnt2:=cnt-1;
end;
end;
end;

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  button8.visible:=true;
  button7.visible:=true;
end;

procedure TForm1.Button8Click(Sender: TObject);
var b1:string;
begin
  b1:=chr(64); {01000000}
  comport1.WriteString(b1,true);
  listBox1.clear;
  listBox2.clear;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
button8.visible:=false;
button7.visible:=false;
cnt:=1;
cnt2:=0;
label2.Caption:=inttostr(cnt);
end;

end.
```

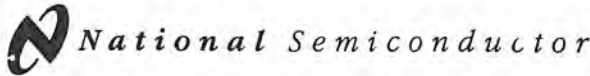


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA SHEET



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



LMD18200 3A, 55V H-Bridge

General Description

The LMD18200 is a 3A H-Bridge designed for motion control applications. The device is built using a multi-technology process which combines bipolar and CMOS control circuitry with DMOS power devices on the same monolithic structure. Ideal for driving DC and stepper motors; the LMD18200 accommodates peak output currents up to 6A. An innovative circuit which facilitates low-loss sensing of the output current has been implemented.

Features

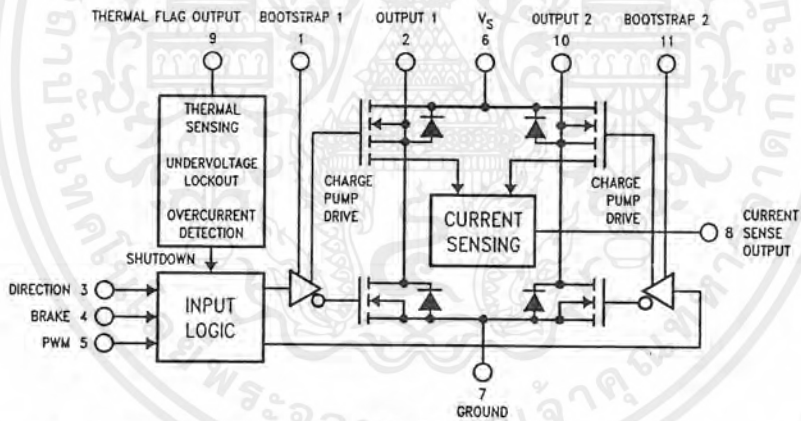
- Delivers up to 3A continuous output
- Operates at supply voltages up to 55V
- Low $R_{DS(ON)}$ typically 0.3 Ω per switch

- TTL and CMOS compatible inputs
- No "shoot-through" current
- Thermal warning flag output at 145°C
- Thermal shutdown (outputs off) at 170°C
- Internal clamp diodes
- Shorted load protection
- Internal charge pump with external bootstrap capability

Applications

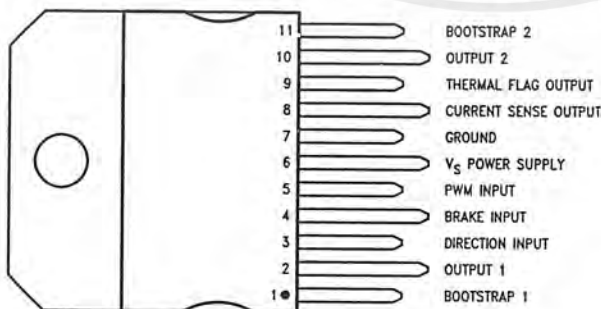
- DC and stepper motor drives
- Position and velocity servomechanisms
- Factory automation robots
- Numerically controlled machinery
- Computer printers and plotters

Functional Diagram



TL/H/10568-1

Connection Diagram and Ordering Information



Order Number LMD18200T
See NS Package TA11B

Top View

TL/H/10568-2

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Total Supply Voltage (V_S , Pin 6)	60V
Voltage at Pins 3, 4, 5, 8 and 9	12V
Voltage at Bootstrap Pins (Pins 1 and 11)	$V_{OUT} + 16V$
Peak Output Current (200 ms)	6A
Continuous Output Current (Note 2)	3A
Power Dissipation (Note 3)	25W

Power Dissipation ($T_A = 25^\circ\text{C}$, Free Air)	3W
Junction Temperature, $T_{J(\text{max})}$	150°C
ESD Susceptibility (Note 4)	1500V
Storage Temperature, T_{STG}	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)	300°C

Operating Ratings (Note 1)

Junction Temperature, T_J	-40°C to +125°C
V_S Supply Voltage	+12V to +55V

Electrical Characteristics

The following specifications apply for $V_S = 42V$, unless otherwise specified. Boldface limits apply over the entire operating temperature range, $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$, all other limits are for $T_A = T_J = 25^\circ\text{C}$. (Note 5)

Symbol	Parameter	Conditions	Typ	Limit	Units
$R_{DS(\text{ON})}$	Switch ON Resistance	Output Current = 3A (Note 6)	0.33	0.4/0.6	Ω (max)
$R_{DS(\text{ON})}$	Switch ON Resistance	Output Current = 6A (Note 6)	0.33	0.4/0.6	Ω (max)
V_{CLAMP}	Clamp Diode Forward Drop	Clamp Current = 3A (Note 6)	1.2	1.5	V (max)
V_{IL}	Logic Low Input Voltage	Pins 3, 4, 5		-0.1 0.8	V (min) V (max)
I_{IL}	Logic Low Input Current	$V_{IN} = -0.1V$, Pins = 3, 4, 5		-10	μA (max)
V_{IH}	Logic High Input Voltage	Pins 3, 4, 5		2 12	V (min) V (max)
I_{IH}	Logic High Input Current	$V_{IN} = 12V$, Pins = 3, 4, 5		10	μA (max)
	Current Sense Output	$I_{OUT} = 1A$ (Note 8)	377	325/300 425/450	μA (min) μA (max)
	Current Sense Linearity	$1A \leq I_{OUT} \leq 3A$ (Note 7)	± 6	± 9	%
	Undervoltage Lockout	Outputs turn OFF		9 11	V (min) V (max)
T_{JW}	Warning Flag Temperature	Pin 9 $\leq 0.8V$, $I_L = 2\text{mA}$	145		$^\circ\text{C}$
$V_F(\text{ON})$	Flag Output Saturation Voltage	$T_J = T_{JW}$, $I_L = 2\text{mA}$	0.15		V
$I_F(\text{OFF})$	Flag Output Leakage	$V_F = 12V$	0.2	10	μA (max)
T_{JSD}	Shutdown Temperature	Outputs Turn OFF	170		$^\circ\text{C}$
I_S	Quiescent Supply Current	All Logic Inputs Low	13	25	mA (max)
t_{Don}	Output Turn-On Delay Time	Sourcing Outputs, $I_{OUT} = 3A$ Sinking Outputs, $I_{OUT} = 3A$	300 300		ns ns
t_{on}	Output Turn-On Switching Time	Bootstrap Capacitor = 10 nF Sourcing Outputs, $I_{OUT} = 3A$ Sinking Outputs, $I_{OUT} = 3A$	100 80		ns ns
t_{Doff}	Output Turn-Off Delay Times	Sourcing Outputs, $I_{OUT} = 3A$ Sinking Outputs, $I_{OUT} = 3A$	200 200		ns ns
t_{off}	Output Turn-Off Switching Times	Bootstrap Capacitor = 10 nF Sourcing Outputs, $I_{OUT} = 3A$ Sinking Outputs, $I_{OUT} = 3A$	75 70		ns ns
t_{pw}	Minimum Input Pulse Width	Pins 3, 4 and 5	1		μs
t_{cpr}	Charge Pump Rise Time	No Bootstrap Capacitor	20		μs

Electrical Characteristics Notes

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions.

Note 2: See Application Information for details regarding current limiting.

Note 3: The maximum power dissipation must be derated at elevated temperatures and is a function of $T_{J(max)}$, θ_{JA} , and T_A . The maximum allowable power dissipation at any temperature is $P_{D(max)} = (T_{J(max)} - T_A)/\theta_{JA}$, or the number given in the Absolute Ratings, whichever is lower. The typical thermal resistance from junction to case (θ_{JC}) is 1.0°C/W and from junction to ambient (θ_{JA}) is 30°C/W. For guaranteed operation $T_{J(max)} = 125^\circ\text{C}$.

Note 4: Human-body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor. Except Bootstrap pins (pins 1 and 11) which are protected to 1000V of ESD.

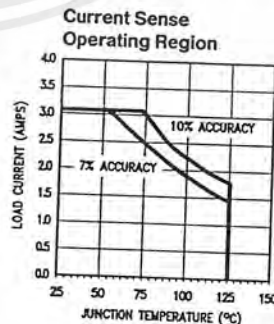
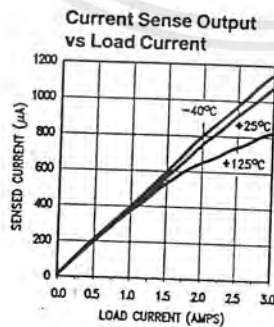
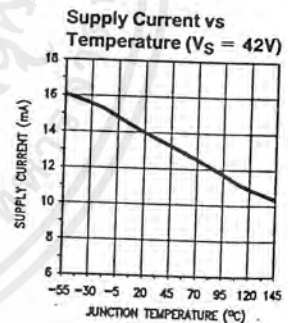
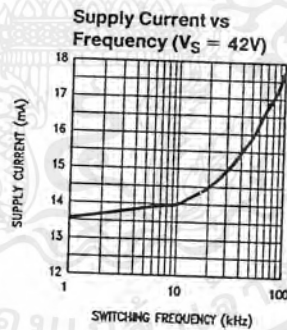
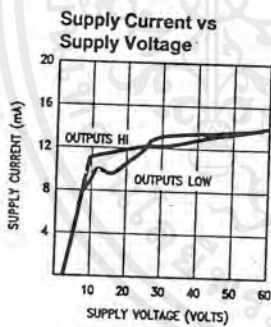
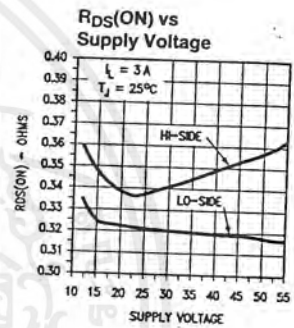
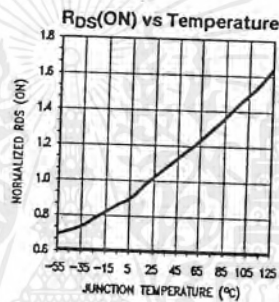
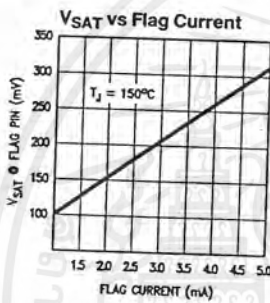
Note 5: All limits are 100% production tested at 25°C. Temperature extreme limits are guaranteed via correlation using accepted SOC (Statistical Quality Control) methods. All limits are used to calculate AOQL (Average Outgoing Quality Level).

Note 6: Output currents are pulsed ($t_W < 2$ ms, Duty Cycle $< 5\%$).

Note 7: Regulation is calculated relative to the current sense output value with a 1A load.

Note 8: Selections for tighter tolerance are available. Contact factory.

Typical Performance Characteristics



TL/H/10568-3

Pinout Description (See Connection Diagram)

Pin 1, BOOTSTRAP 1 Input: Bootstrap capacitor pin for half H-bridge number 1. The recommended capacitor (10 nF) is connected between pins 1 and 2.

Pin 2, OUTPUT 1: Half H-bridge number 1 output.

Pin 3, DIRECTION Input: See Table I. This input controls the direction of current flow between OUTPUT 1 and OUTPUT 2 (pins 2 and 10) and, therefore, the direction of rotation of a motor load.

Pin 4, BRAKE Input: See Table I. This input is used to brake a motor by effectively shorting its terminals. When braking is desired, this input is taken to a logic high level and it is also necessary to apply logic high to PWM input, pin 5. The drivers that short the motor are determined by the logic level at the DIRECTION input (Pin 3): with Pin 3 logic high, both current sourcing output transistors are ON; with Pin 3 logic low, both current sinking output transistors are ON. All output transistors can be turned OFF by applying a logic high to Pin 4 and a logic low to PWM input Pin 5; in this case only a small bias current (approximately -1.5 mA) exists at each output pin.

Pin 5, PWM Input: See Table I. How this input (and DIRECTION input, Pin 3) is used is determined by the format of the PWM Signal.

Pin 6, V_S Power Supply

Pin 7, GROUND Connection: This pin is the ground return, and is internally connected to the mounting tab.

Pin 8, CURRENT SENSE Output: This pin provides the sourcing current sensing output signal, which is typically 377 μ A/A.

Pin 9, THERMAL FLAG Output: This pin provides the thermal warning flag output signal. Pin 9 becomes active-low at 145°C (junction temperature). However the chip will not shut itself down until 170°C is reached at the junction.

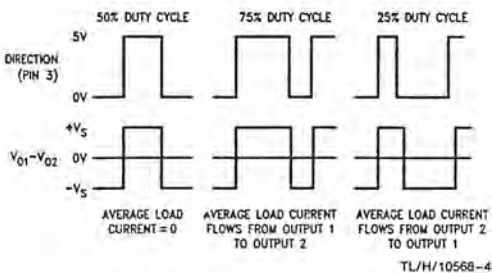
Pin 10, OUTPUT 2: Half H-bridge number 2 output.

Pin 11, BOOTSTRAP 2 Input: Bootstrap capacitor pin for Half H-bridge number 2. The recommended capacitor (10 nF) is connected between pins 10 and 11.

TABLE I. Logic Truth Table

PWM	Dir	Brake	Active Output Drivers
H	H	L	Source 1, Sink 2
H	L	L	Sink 1, Source 2
L	X	L	Source 1, Source 2
H	H	H	Source 1, Source 2
H	L	H	Sink 1, Sink 2
L	X	H	NONE

Locked Anti-Phase PWM Control



Application Information

TYPES OF PWM SIGNALS

The LMD18200 readily interfaces with different forms of PWM signals. Use of the part with two of the more popular forms of PWM is described in the following paragraphs.

Simple, locked anti-phase PWM consists of a single, variable duty-cycle signal in which is encoded both direction and amplitude information. A 50% duty-cycle PWM signal represents zero drive, since the net value of voltage (integrated over one period) delivered to the load is zero. For the LMD18200, the PWM signal drives the direction input (pin 3) and the PWM input (pin 5) is tied to logic high.

Sign/magnitude PWM consists of separate direction (sign) and amplitude (magnitude) signals. The (absolute) magnitude signal is duty-cycle modulated, and the absence of a pulse signal (a continuous logic low level) represents zero drive. Current delivered to the load is proportional to pulse width. For the LMD18200, the DIRECTION input (pin 3) is driven by the sign signal and the PWM input (pin 5) is driven by the magnitude signal.

USING THE CURRENT SENSE OUTPUT

The CURRENT SENSE output (pin 8) has a sensitivity of 377 μ A per ampere of output current. For optimal accuracy and linearity of this signal, the value of voltage generating resistor between pin 8 and ground should be chosen to limit the maximum voltage developed at pin 8 to 5V, or less. The maximum voltage compliance is 12V.

It should be noted that the recirculating currents (free wheeling currents) are ignored by the current sense circuitry. Therefore, only the currents in the upper sourcing outputs are sensed.

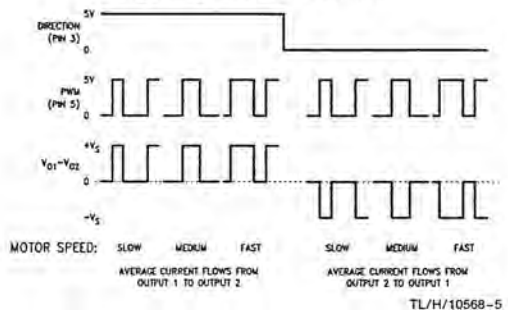
USING THE THERMAL WARNING FLAG

The THERMAL FLAG output (pin 9) is an open collector transistor. This permits a wired OR connection of thermal warning flag outputs from multiple LMD18200's, and allows the user to set the logic high level of the output signal swing to match system requirements. This output typically drives the interrupt input of a system controller. The interrupt service routine would then be designed to take appropriate steps, such as reducing load currents or initiating an orderly system shutdown. The maximum voltage compliance on the flag pin is 12V.

SUPPLY BYPASSING

During switching transitions the levels of fast current changes experienced may cause troublesome voltage transients across system stray inductance.

Sign/Magnitude PWM Control



Application Information (Continued)

It is normally necessary to bypass the supply rail with a high quality capacitor(s) connected as close as possible to the V_S Power Supply (Pin 6) and GROUND (Pin 7). A $1\ \mu\text{F}$ high-frequency ceramic capacitor is recommended. Care should be taken to limit the transients on the supply pin below the Absolute Maximum Rating of the device. When operating the chip at supply voltages above 40V a voltage suppressor (transorb) such as P6KE62A is recommended from supply to ground. Typically the ceramic capacitor can be eliminated in the presence of the voltage suppressor. Note that when driving high load currents a greater amount of supply bypass capacitance (in general at least $100\ \mu\text{F}$ per Amp of load current) is required to absorb the recirculating currents of the inductive loads.

CURRENT LIMITING

Current limiting protection circuitry has been incorporated into the design of the LMD18200. With any power device it is important to consider the effects of the substantial surge currents through the device that may occur as a result of shorted loads. The protection circuitry monitors this increase in current (the threshold is set to approximately 10 Amps) and shuts off the power device as quickly as possible in the event of an overload condition. In a typical motor driving application the most common overload faults are caused by shorted motor windings and locked rotors. Under these conditions the inductance of the motor (as well as any series inductance in the V_{CC} supply line) serves to reduce the magnitude of a current surge to a safe level for the LMD18200. Once the device is shut down, the control circuitry will periodically try to turn the power device back on. This feature allows the immediate return to normal operation in the event that the fault condition has been removed. While the fault remains however, the device will cycle in and out of thermal shutdown. This can create voltage transients on the V_{CC} supply line and therefore proper supply bypassing techniques are required.

The most severe condition for any power device is a direct, hard-wired ("screwdriver") long term short from an output to ground. This condition can generate a surge of current through the power device on the order of 15 Amps and require the die and package to dissipate up to 500 Watts of power for the short time required for the protection circuitry to shut off the power device. This energy can be destructive, particularly at higher operating voltages ($>30\text{V}$) so

some precautions are in order. Proper heat sink design is essential and it is normally necessary to heat sink the V_{CC} supply pin (pin 6) with 1 square inch of copper on the PCB.

INTERNAL CHARGE PUMP AND USE OF BOOTSTRAP CAPACITORS

To turn on the high-side (sourcing) DMOS power devices, the gate of each device must be driven approximately 8V more positive than the supply voltage. To achieve this an internal charge pump is used to provide the gate drive voltage. As shown in Figure 1, an internal capacitor is alternately switched to ground and charged to about 14V, then switched to V supply thereby providing a gate drive voltage greater than V supply. This switching action is controlled by a continuously running internal 300 kHz oscillator. The rise time of this drive voltage is typically $20\ \mu\text{s}$ which is suitable for operating frequencies up to 1 kHz.

For higher switching frequencies, the LMD18200 provides for the use of external bootstrap capacitors. The bootstrap principle is in essence a second charge pump whereby a large value capacitor is used which has enough energy to quickly charge the parasitic gate input capacitance of the power device resulting in much faster rise times. The switching action is accomplished by the power switches themselves (Figure 2). External 10 nF capacitors, connected from the outputs to the bootstrap pins of each high-side switch provide typically less than 100 ns rise times allowing switching frequencies up to 500 kHz.

INTERNAL PROTECTION DIODES

A major consideration when switching current through inductive loads is protection of the switching power devices from the large voltage transients that occur. Each of the four switches in the LMD18200 have a built-in protection diode to clamp transient voltages exceeding the positive supply or ground to a safe diode voltage drop across the switch.

The reverse recovery characteristics of these diodes, once the transient has subsided, is important. These diodes must come out of conduction quickly and the power switches must be able to conduct the additional reverse recovery current of the diodes. The reverse recovery time of the diodes protecting the sourcing power devices is typically only 70 ns with a reverse recovery current of 1A when tested with a full 6A of forward current through the diode. For the sinking devices the recovery time is typically 100 ns with 4A of reverse current under the same conditions.

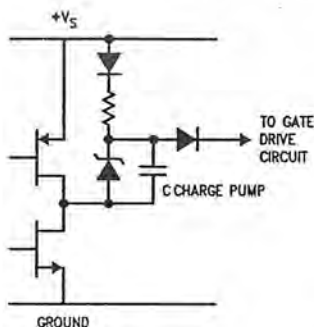


FIGURE 1. Internal Charge Pump Circuitry

TL/H/10568-6

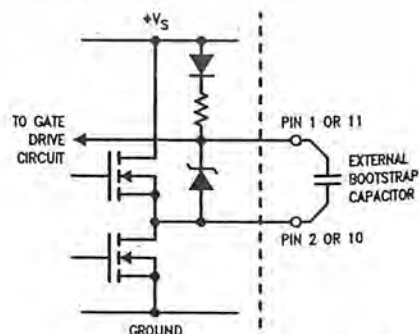
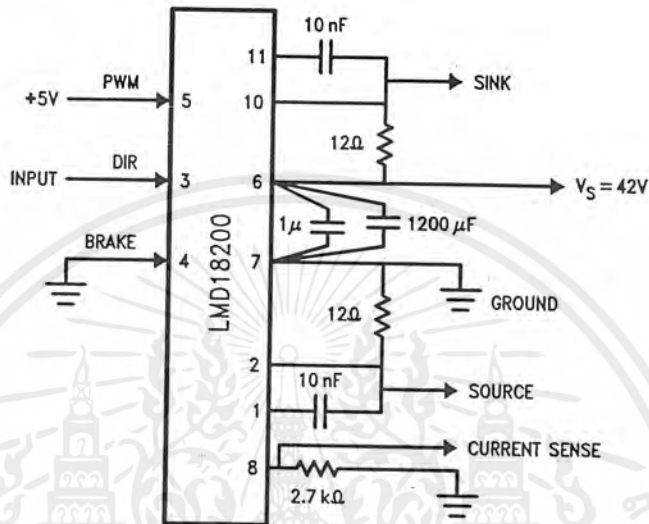


FIGURE 2. Bootstrap Circuitry

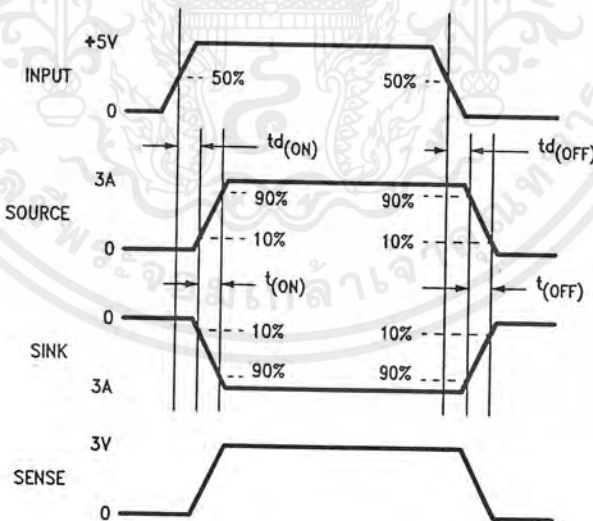
TL/H/10568-7

Test Circuit



TL/H/10568-8

Switching Time Definitions



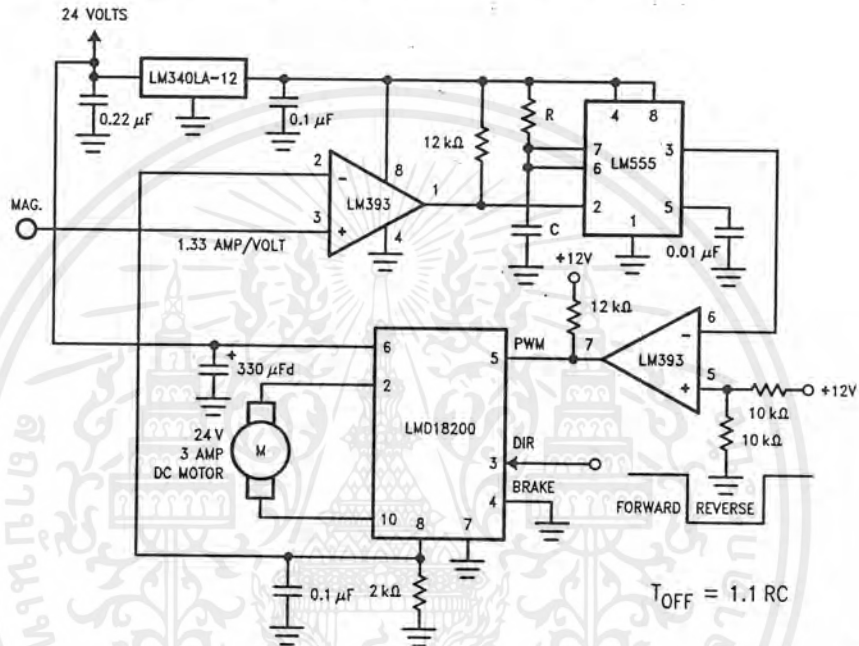
TL/H/10568-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications

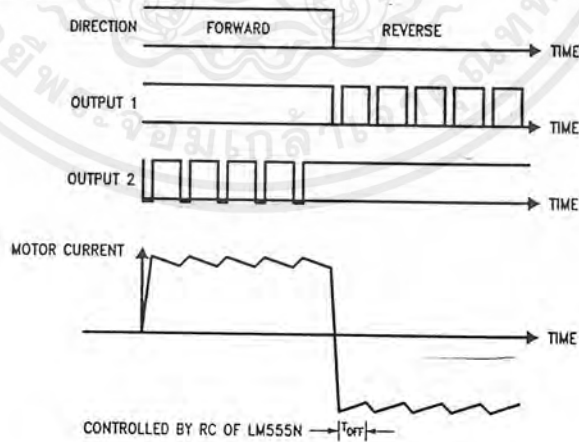
Fixed Off-Time Control: This circuit controls the current through the motor by applying an average voltage equal to zero to the motor terminals for a fixed period of time, whenever the current through the motor exceeds the commanded current. This action causes the motor current to vary

slightly about an externally controlled average level. The duration of the Off-period is adjusted by the resistor & capacitor combination of the LM555. In this circuit the Sign Magnitude mode of operation is implemented (see Types PWM Signals).



TL/H/10568-

Switching Waveforms



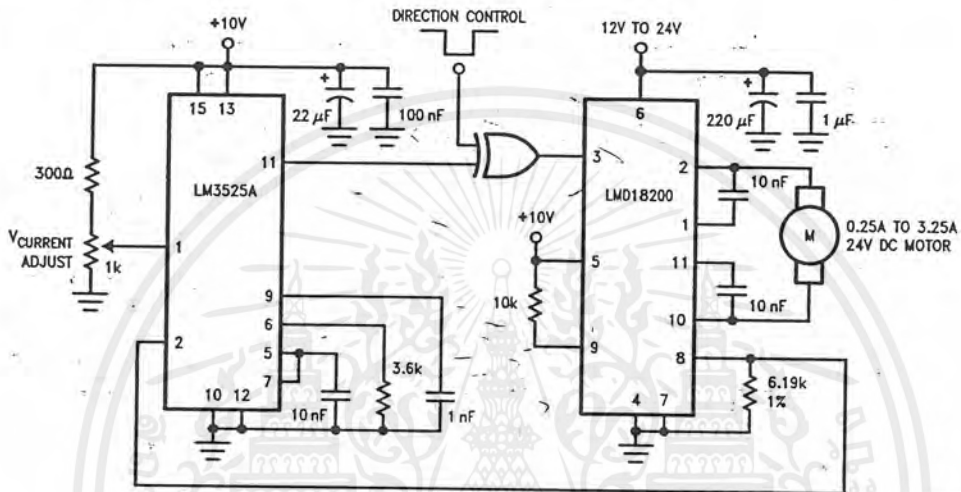
TL/H/10568-11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

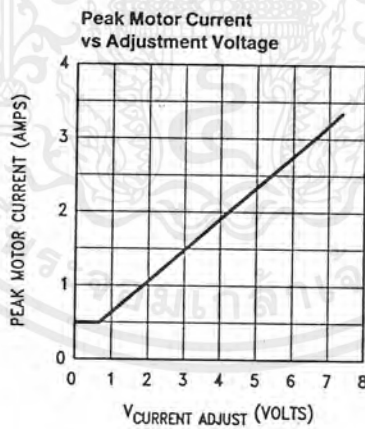
Typical Applications (Continued)

TORQUE REGULATION

Locked Anti-Phase Control of a brushed DC motor. Current sense output of the LMD18200 provides load sensing. The LM3525A is a general purpose PWM controller.



TL/H/10568-12

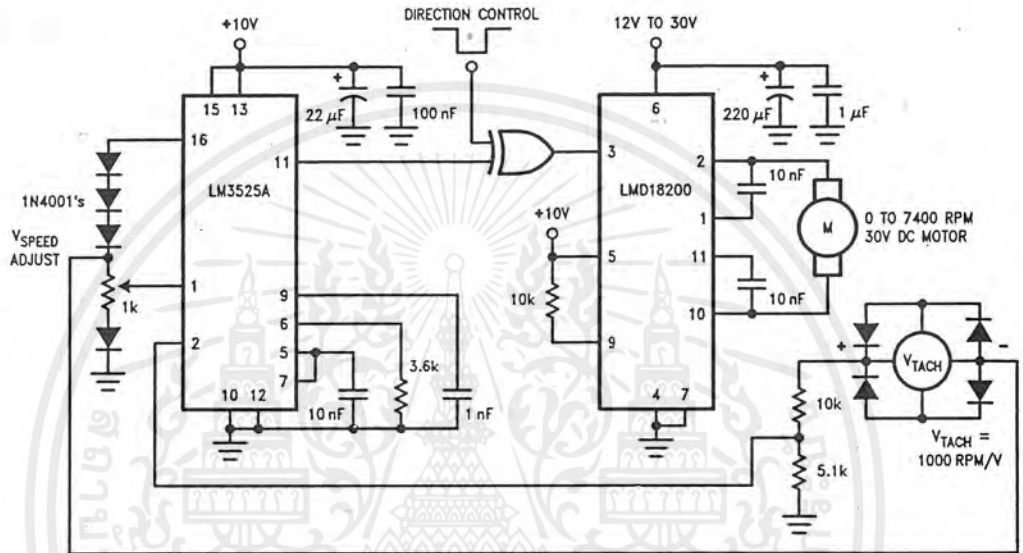


TL/H/10568-13

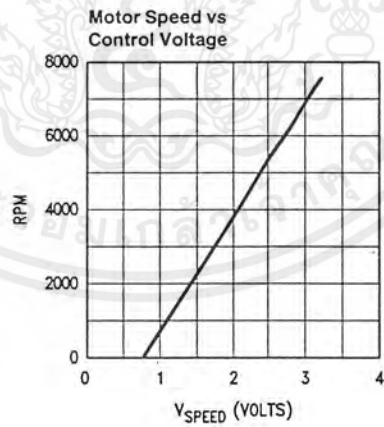
Typical Applications (Continued)

VELOCITY REGULATION

Utilizes tachometer output from the motor to sense motor speed for a locked anti-phase control loop.



TL/H/10568-14



TL/H/10568-15

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVER/RECEIVER

SLLS047G – FEBRUARY 1989 – REVISED AUGUST 1998

Operates With Single 5-V Power Supply
BiCMOS™ Process Technology

Two Drivers and Two Receivers

5-V Input Levels

Supply Current . . . 8 mA Typical

Meets or Exceeds TIA/EIA-232-F and ITU
Recommendation V.28

Designed to be Interchangeable With
Device MAX232

Applications

TIA/EIA-232-F

Battery-Powered Systems

Terminals

Modems

Computers

ESD Protection Exceeds 2000 V Per
JEDEC-STD-883, Method 3015

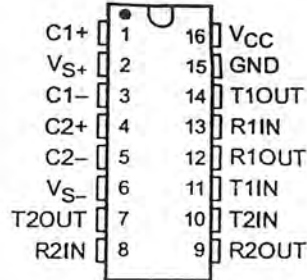
Package Options Include Plastic
Small-Outline (D, DW) Packages and
Standard Plastic (N) DIPs

Function

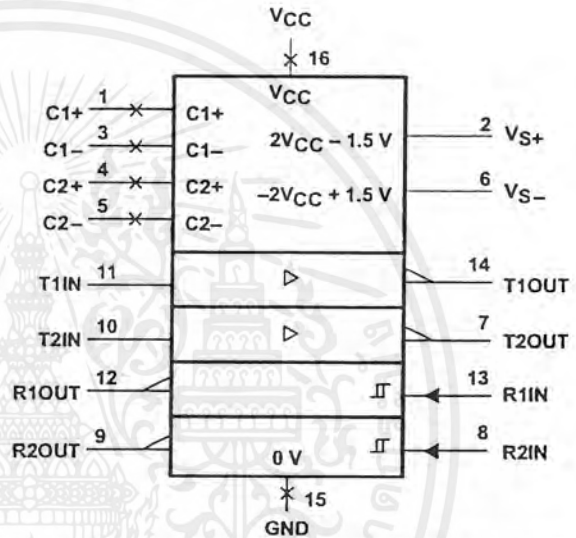
The MAX232 device is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply ±32-voltage levels from a single 5-V supply. The driver/receiver converts EIA-232 inputs to 5-V CMOS levels. These receivers have a typical input impedance of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V. The driver/receiver can accept ±30-V inputs. Each driver/receiver converts TTL/CMOS input levels into EIA-232 levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

The MAX232 is characterized for operation from -40°C to 85°C. The MAX232I is characterized for operation from -40°C to 85°C.

D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



Logic Symbol†



† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

AVAILABLE OPTIONS

TA	PACKAGED DEVICES		
	SMALL OUTLINE (D)	SMALL OUTLINE (DW)	PLASTIC DIP (N)
0°C to 70°C	MAX232D‡	MAX232DW‡	MAX232N
-40°C to 85°C	MAX232ID‡	MAX232IDW‡	MAX232IN

‡ This device is available taped and reeled by adding an R to the part number (i.e., MAX232DR).

Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

BiCMOS are trademarks of Texas Instruments Incorporated.

Information is current as of publication date. Specifications per the terms of Texas Instruments standard processing does not necessarily include this information.

Copyright © 1998, Texas Instruments Incorporated

TEXAS INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX232I 2 DRIVER/RECEIVER

RY 1989 – REVISED AUGUST 1998

Absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage range, V_{CC} (see Note 1)	.....	-0.3 V to 6 V
Input supply voltage range, V_{S+}$	.....	V_{CC} - 0.3$ V to 15 V
Output supply voltage range, V_{S-}	.....	-0.3 V to -15 V
Voltage range, V_I : Driver	.....	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Receiver	± 30 V
Voltage range, V_O : T1OUT, T2OUT	.....	$V_{S-} - 0.3$ V to $V_{S+} + 0.3$ V
R1OUT, R2OUT	.....	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Pulse duration: T1OUT, T2OUT	.....	Unlimited
Thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): D package	.....	113°C/W
DW package	.....	105°C/W
N package	.....	78°C/W
Operating temperature range, T_{stg}	.....	-65°C to 150°C
Temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	.....	260°C

Values listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not recommended. Absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability. All values are with respect to network ground terminal. Junction thermal impedance is calculated in accordance with JEDEC 51, except for through-hole packages, which use a trace length.

Recommended operating conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}		4.5	5	5.5	V
Input voltage, V_{IH} (T1IN, T2IN)		2			V
Input voltage, V_{IL} (T1IN, T2IN)				0.8	V
Output voltage, R1IN, R2IN				± 30	V
Operating temperature, T_A	MAX232	0		70	°C
	MAX232I	-40		85	



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVER/RECEIVER

SLLS047G – FEBRUARY 1989 – REVISED AUGUST 1998

Characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS		MIN	TYP†	MAX	UNIT
High-level output voltage	T1OUT, T2OUT	$R_L = 3\text{ k}\Omega$ to GND	5	7		V
	R1OUT, R2OUT	$I_{OH} = -1\text{ mA}$	3.5			
Low-level output voltage‡	T1OUT, T2OUT	$R_L = 3\text{ k}\Omega$ to GND		-7	-5	V
	R1OUT, R2OUT	$I_{OL} = 3.2\text{ mA}$			0.4	
Receiver positive-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	$V_{CC} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		1.7	2.4	V
Receiver negative-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	$V_{CC} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	0.8	1.2		V
Input hysteresis voltage	R1IN, R2IN	$V_{CC} = 5\text{ V}$	0.2	0.5	1	V
Receiver input resistance	R1IN, R2IN	$V_{CC} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	3	5	7	k Ω
Output resistance	T1OUT, T2OUT	$V_{S+} = V_{S-} = 0$, $V_O = \pm 2\text{ V}$	300			Ω
Full-circuit output current	T1OUT, T2OUT	$V_{CC} = 5.5\text{ V}$, $V_O = 0$		± 10		mA
Full-circuit input current	T1IN, T2IN	$V_I = 0$			200	μA
Supply current		$V_{CC} = 5.5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, All outputs open,		8	10	mA

† Values are at $V_{CC} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$.

‡ Logic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage

and one output should be shorted at a time.

Characteristics, $V_{CC} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Receiver propagation delay time, low- to high-level output	See Figure 1		500		ns
Receiver propagation delay time, high- to low-level output	See Figure 1		500		ns
Receiver slew rate	$R_L = 3\text{ k}\Omega$ to $7\text{ k}\Omega$, See Figure 2			30	V/ μs
Receiver transition region slew rate	See Figure 3		3		V/ μs



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

MAX2321
IA-232 DRIVER/RECEIVER

FEBRUARY 1989 – REVISED AUGUST 1998

APPLICATION INFORMATION

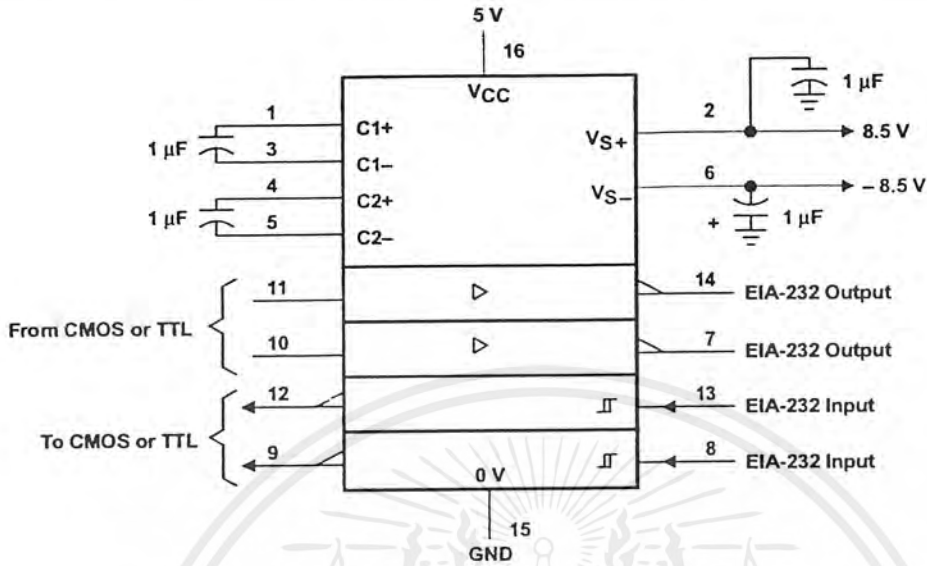
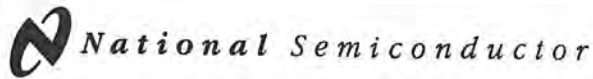


Figure 4. Typical Operating Circuit



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



LM139/LM239/LM339/LM2901/LM3302 Low Power Low Offset Voltage Quad Comparators

General Description

The LM139 series consists of four independent precision voltage comparators with an offset voltage specification as low as 2 mV max for all four comparators. These were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage. These comparators also have a unique characteristic in that the input common-mode voltage range includes ground, even though operated from a single power supply voltage.

Application areas include limit comparators, simple analog to digital converters; pulse, squarewave and time delay generators; wide range VCO; MOS clock timers; multivibrators and high voltage digital logic gates. The LM139 series was designed to directly interface with TTL and CMOS. When operated from both plus and minus power supplies, they will directly interface with MOS logic— where the low power drain of the LM339 is a distinct advantage over standard comparators.

Advantages

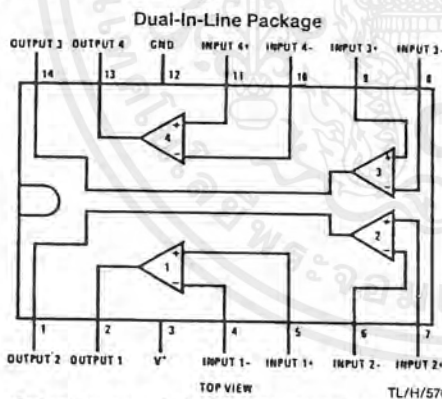
- High precision comparators
- Reduced V_{OS} drift over temperature

- Eliminates need for dual supplies
- Allows sensing near GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

Features

- Wide supply voltage range
LM139 series, $2 V_{DC}$ to $36 V_{DC}$ or $\pm 1 V_{DC}$ to $\pm 18 V_{DC}$
LM139A series, LM2901 $2 V_{DC}$ to $28 V_{DC}$
LM3302 or $\pm 1 V_{DC}$ to $\pm 14 V_{DC}$
- Very low supply current drain (0.8 mA) — independent of supply voltage
- Low input biasing current 25 nA
- Low input offset current ± 5 nA
and offset voltage ± 3 mV
- Input common-mode voltage range includes GND
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Low output saturation voltage 250 mV at 4 mA
- Output voltage compatible with TTL, DTL, ECL, MOS and CMOS logic systems

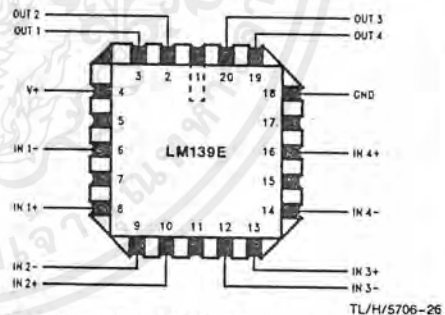
Connection Diagrams



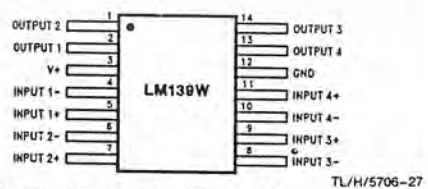
Order Number LM139J, LM139J/883*, LM139AJ,
LM139AJ/883**, LM239J, LM239AJ, LM339J,
See NS Package Number J14A
Order Number LM339AM, LM339M or LM2901M
See NS Package Number M14A
Order Number LM339N, LM339AN,
LM2901N or LM3302N
See NS Package Number N14A

*Available per JM38510/11201

**Available per SMD # 5962-8873901



Order Number LM139AE/883 or LM139E/883
See NS Package Number E20A



Order Number LM139AW/883 or LM139W/883*
See NS Package Number W14B

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications. (Note 10)

	LM139/LM239/LM339 LM139A/LM239A/LM339A LM2901	LM3302	LM139/LM239/LM339 LM139A/LM239A/LM339A LM2901
Supply Voltage, V_+	36 V _{DC} or ± 18 V _{DC}	28 V _{DC} or ± 14 V _{DC}	Operating Temperature Range LM339/LM239A LM239/LM239A LM2901 LM139/LM139A
Differential Input Voltage (Note 8)	36 V _{DC}	28 V _{DC}	0°C to +70°C -25°C to +85°C -40°C to +85°C -55°C to +125°C
Input Voltage	-0.3 V _{DC} to +36 V _{DC}	-0.3 V _{DC} to +28 V _{DC}	260°C
Input Current ($V_{IN} < -0.3$ V _{DC}) (Note 3)	50 mA	50 mA	215°C 220°C
Power Dissipation (Note 1)	1050 mW	1050 mW	600V
Molded DIP	1190 mW	1050 mW	
Cavity DIP	760 mW	1050 mW	
Small Outline Package	Continuous	Continuous	
Output Short-Circuit to GND, (Note 2)	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C	ESD rating (1.5 kV in series with 100 pF)
Storage Temperature Range	260°C	260°C	
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)			

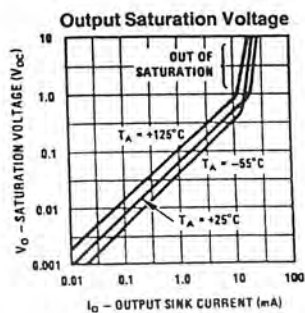
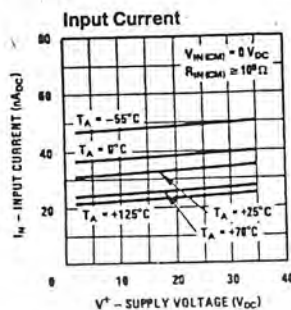
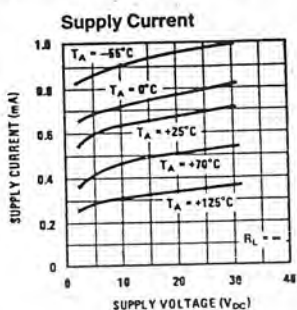
Electrical Characteristics ($V_+ = 5$ V_{DC}, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise stated)

Parameter	Conditions	LM139A		LM239A, LM339A		LM139		LM239, LM339		LM2901		LM3302		Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage (Note 9)		1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	5.0	2.0	5.0	2.0	7.0	3	20	mV _{DC}
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ with Output in Linear Range, (Note 5), $V_{CM} = 0$ V	25	100	25	250	25	100	25	250	25	250	25	500	nA _{DC}
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0$ V	3.0	25	5.0	50	3.0	25	5.0	50	5	50	3	100	nA _{DC}
Input Common-Mode Voltage Range	$V_+ = 30$ V _{DC} (LM3302), $V_+ = 28$ V _{DC} (Note 6)	0	$V_+ - 1.5$	0	$V_+ - 1.5$	0	$V_+ - 1.5$	0	$V_+ - 1.5$	0	$V_+ - 1.5$	0	$V_+ - 1.5$	V _{DC}
Supply Current	$R_L = \infty$ on all Comparators, $R_L = \infty$, $V_+ = 36$ V, (LM3302, $V_+ = 28$ V _{DC})	0.8	2.0	0.8	2.0	0.8	2.0	0.8	2.0	0.8	2.0	0.8	2.0	mA _{DC}
Voltage Gain	$R_L \geq 15$ k Ω , $V_+ = 15$ V _{DC} , $V_O = -1$ V _{DC} to 11 V _{DC}	50	200	50	200	50	200	50	200	25	100	2	30	V/mV
Large Signal Response Time	$V_{IN} =$ TTL Logic Swing, $V_{REF} = 1.4$ V _{DC} , $V_{RL} = 5$ V _{DC} , $R_L = 5.1$ k Ω , $V_{RL} = 5$ V _{DC} , $R_L = 5.1$ k Ω , (Note 7)	300		300		300		300		300		300		ns
Response Time		1.3		1.3		1.3		1.3		1.3		1.3		μ s
Output Sink Current	$V_{IN(-)} = 1$ V _{DC} , $V_{IN(+)} = 0$, $V_O \leq 1.5$ V _{DC}	6.0	16	6.0	16	6.0	16	6.0	16	6.0	16	6.0	16	mA _{DC}

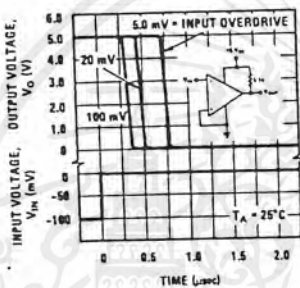
LM139/LM239/LM339/LM2901/LM3302



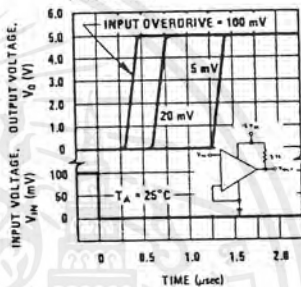
Typical Performance Characteristics LM139/LM239/LM339, LM139A/LM239A/LM339A, LM3302



Response Time for Various Input Overdrives—Negative Transition

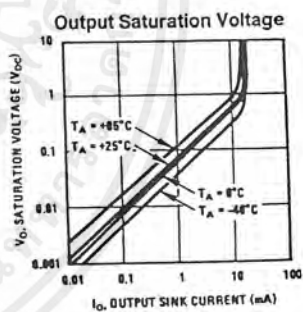
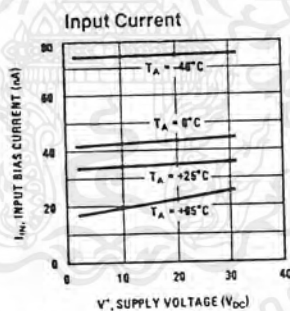
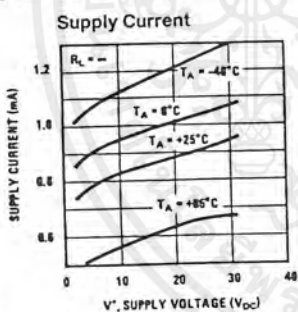


Response Time for Various Input Overdrives—Positive Transition

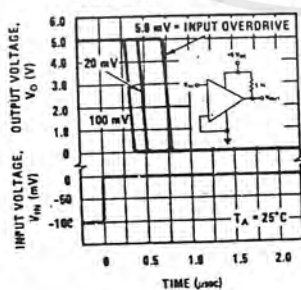


TL/H/5706-6

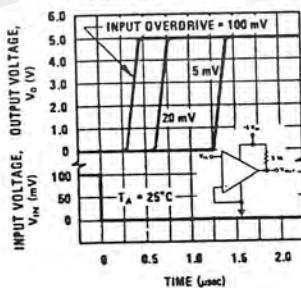
Typical Performance Characteristics LM2901



Response Time for Various Input Overdrives—Negative Transition



Response Time for Various Input Overdrives—Positive Transition



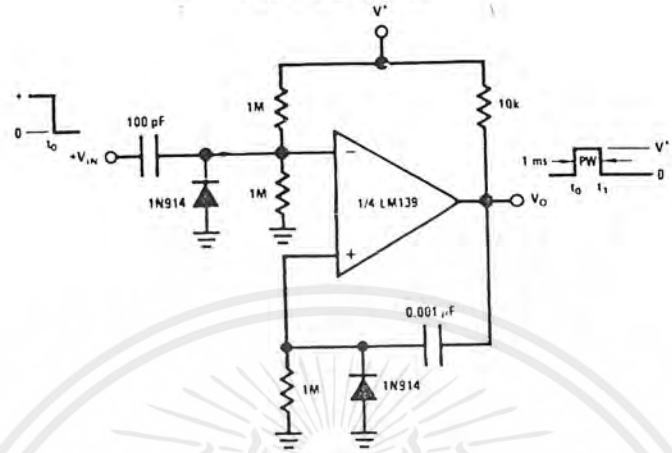
TL/H/5706-7

must not be less than $V_{OC} + 1.0V$ and over the full input common-mode range (0 VDC to V_{OC})
 Note 9: At output switch point, $V_{OC} = 1.4V_{DC}$, $R_{DS(on)} = 0.1\Omega$ with V_{+} from 5 VDC to 30 VDC and over the full input common-mode range (0 VDC to V_{OC})
 Note 10: Refer to RETS139AX for LM139A military specifications and to RETS139BAX for LM139B military specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

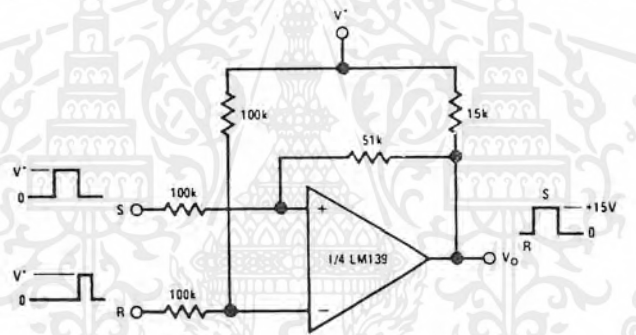
Typical Applications ($V^+ = 15 V_{DC}$) (Continued)

One-Shot Multivibrator



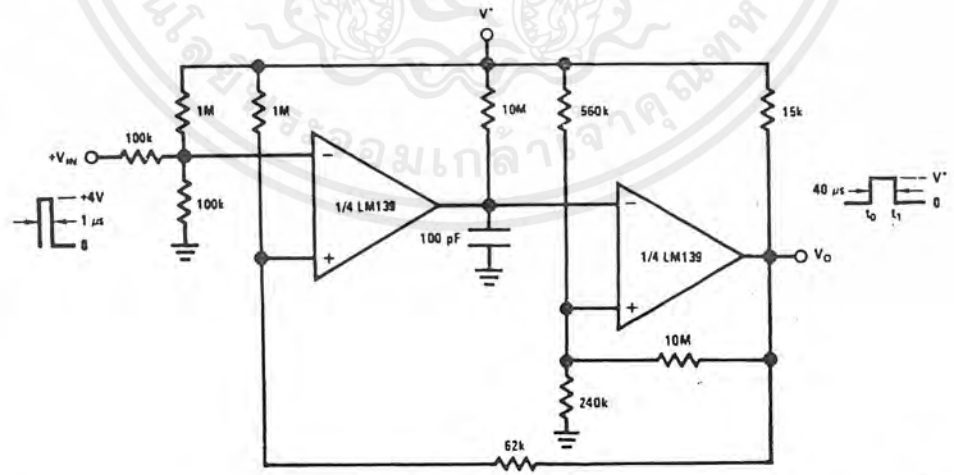
TL/H/5706-10

Bi-Stable Multivibrator



TL/H/5706-11

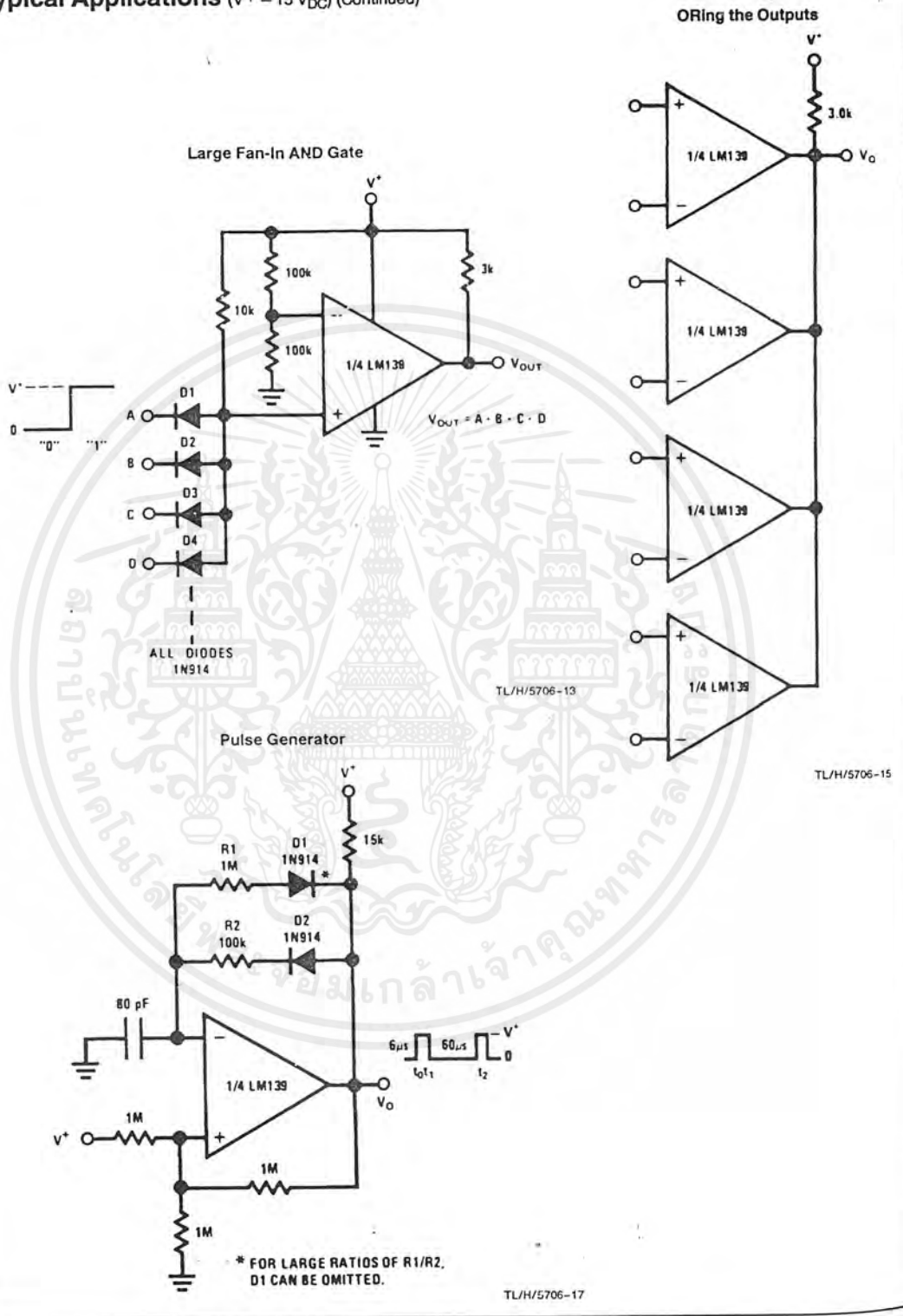
One-Shot Multivibrator with Input Lock Out



TL/H/5706-12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

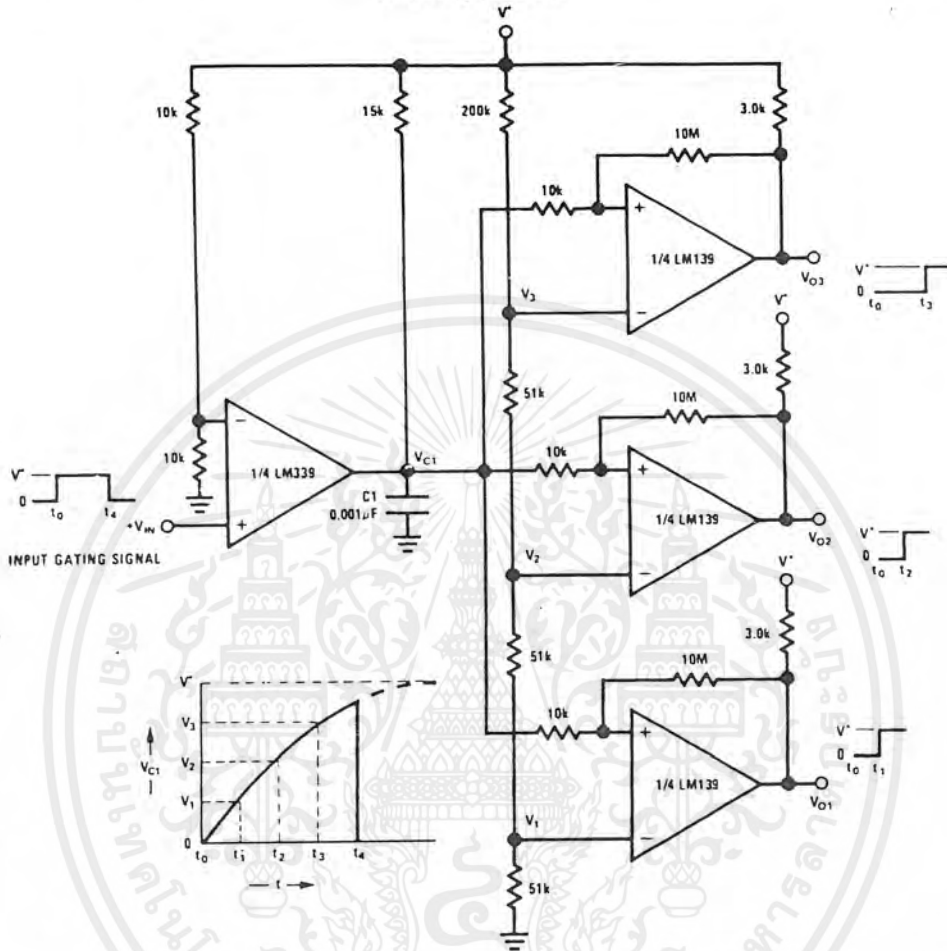
Typical Applications ($V^+ = 15 V_{DC}$) (Continued)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

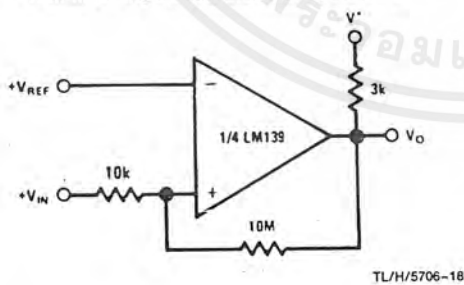
Typical Applications ($V^+ = 15 V_{DC}$) (Continued)

Time Delay Generator



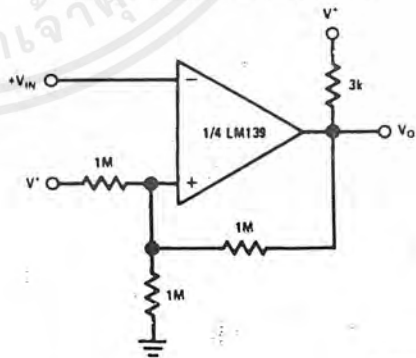
TL/H/5706-14

Non-Inverting Comparator with Hysteresis



TL/H/5706-18

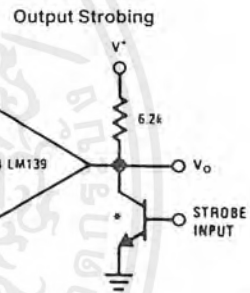
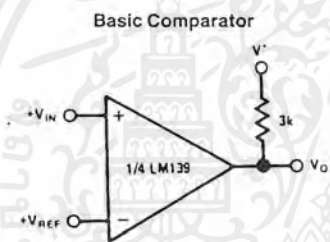
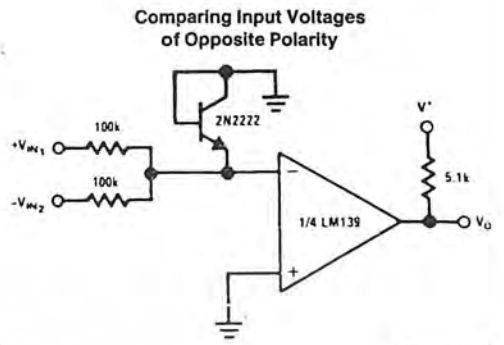
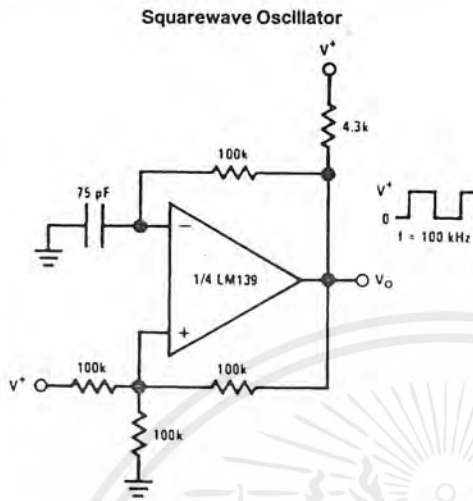
Inverting Comparator with Hysteresis



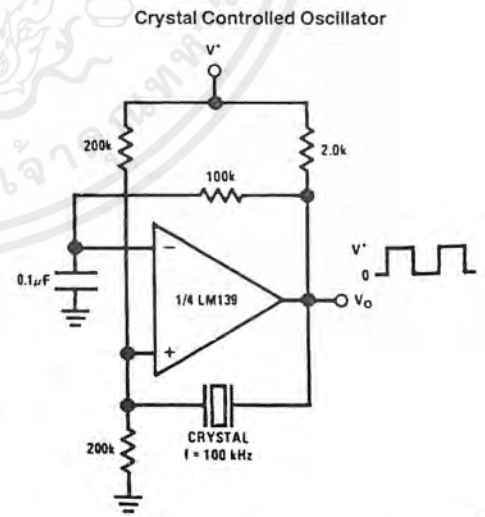
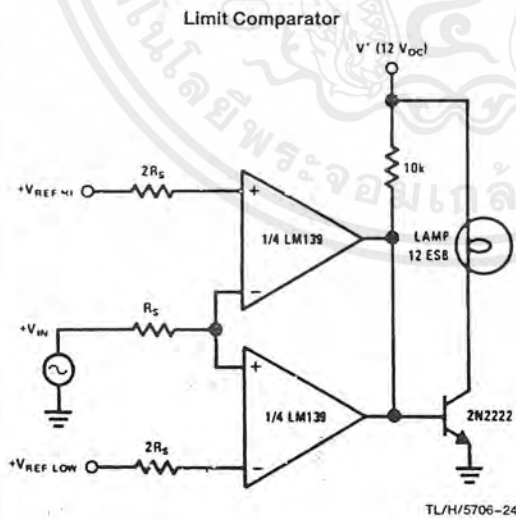
TL/H/5706-19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications ($V^+ = 15\text{ V}_{DC}$) (Continued)



*Or open-collector logic gate without pull-up resistor

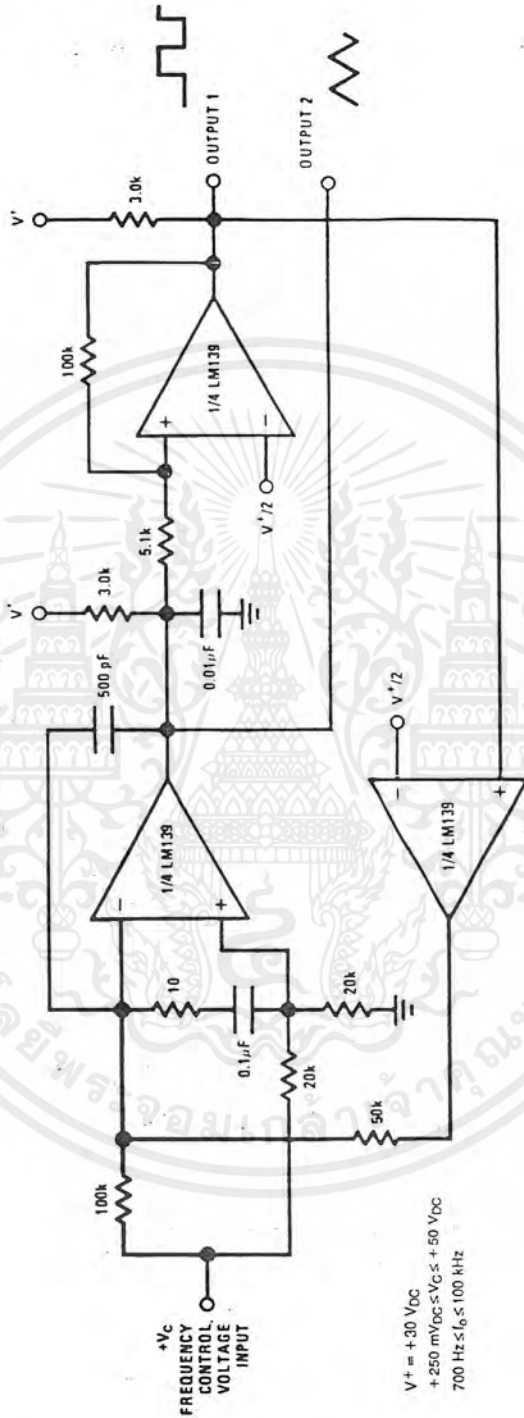


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications ($V^+ = 15\text{ V}_{DC}$) (Continued)

LM139/LM239/LM339/LM2901/LM3302

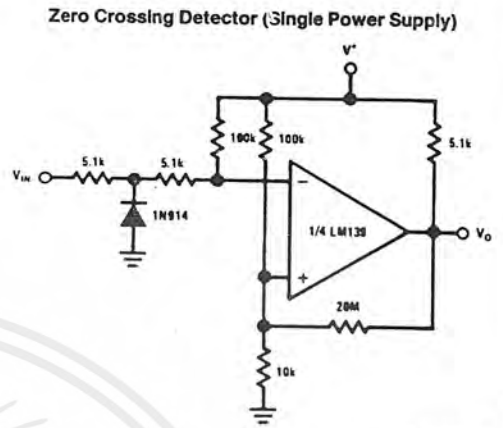
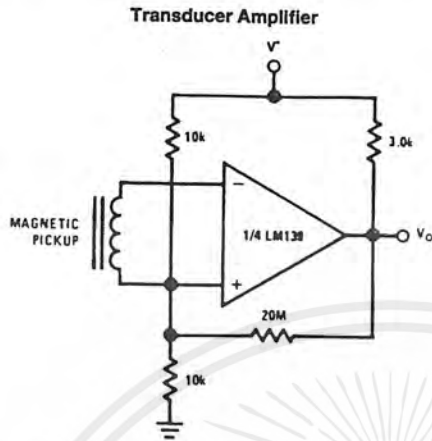
Two-Decade High-Frequency VCO



$V^+ = +30\text{ V}_{DC}$
 $+250\text{ mV}_{DC} \leq V_c \leq +50\text{ V}_{DC}$
 $700\text{ Hz} \leq f_o \leq 100\text{ kHz}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

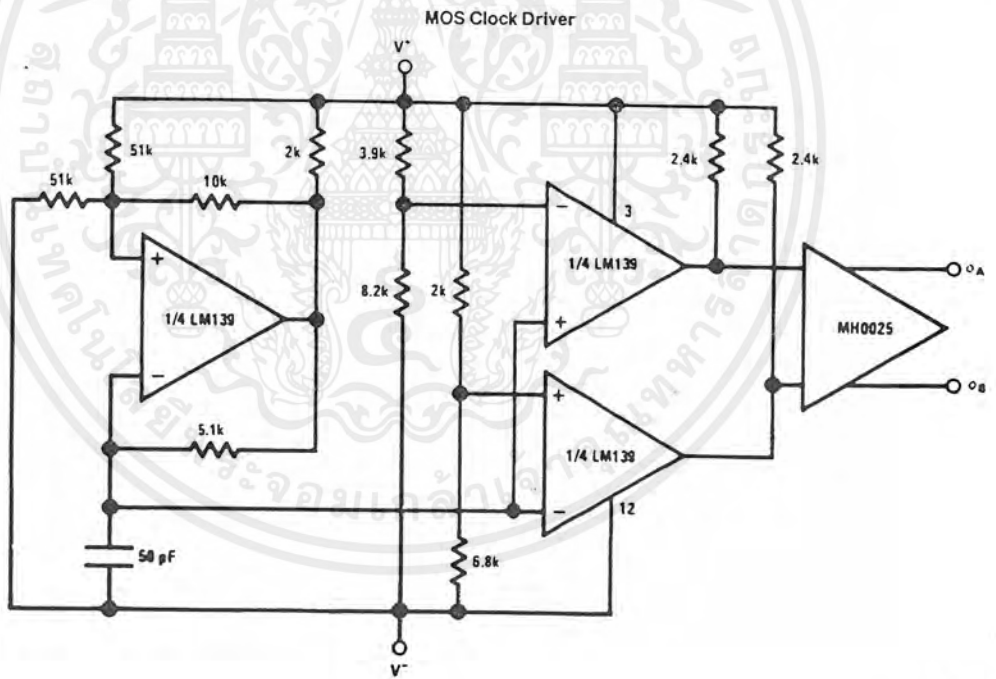
Typical Applications ($V^+ = 5 V_{DC}$) (Continued)



TL/H/5706-28

TL/H/5706-30

Split-Supply Applications ($V^+ = +15 V_{DC}$ and $V^- = -15 V_{DC}$)



TL/H/5706-31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่สามารถสำเร็จลงไปได้ ถ้าไม่ได้รับความช่วยเหลือจากอาจารย์ ทวีพล ชื้อสัจย์ อาจารย์ประภาส เรืองริน และอาจารย์ท่านอื่นๆ ที่คอยให้คำปรึกษาและคอยช่วยแก้ไข ปัญหาต่างๆ ด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณ พ่อและแม่ ที่คอยเป็นกำลังใจ และให้ทุนทรัพย์ในการทำโครงการนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนๆทุกคน ที่คอยร่วมทุกข์ร่วมสุขด้วยกันตลอดมา และจบการศึกษาพร้อมๆกัน

ขอขอบคุณ พี่ๆที่น่ารักที่สโตร์ภาคๆ ที่คอยให้ความสะดวกในการยืมเครื่องมือและอุปกรณ์ ต่างๆ ในการทำโครงการนี้

สุดท้ายขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการศึกษา จนสำเร็จการศึกษาด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กฤษฎา ใจเย็น , ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไล , “เรียนรู้การเชื่อมต่อPC กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ต
อนุกรม” , อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ , 119 หน้า , 2542
- รศ.สมยศ จุณณะปิยะ , “การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51” , คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ ๙๓๑. ,303 หน้า ,2541



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้