

การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

Motion Control for Robots



นายวรวุฒิ

กนกพันธ์วิช

นายสมศักดิ์

นันทวงศ์

นายสันธาน

พวงเขย

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน **61439**

วัน,เดือน,ปี **17 ก.ค. 2549**

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

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Motion Control for Robots



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULLFILMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF THE INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์

การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

TITLE

Motion Control for Robots

ชื่อนักศึกษา

นายวรวุฒิ กนกพันธ์วิช รหัสนักศึกษา 45015859

นายสมศักดิ์ นันทวงศ์ รหัสนักศึกษา 45015868

นายสันธาน พ่วงเซย รหัสนักศึกษา 45015870

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.ปิติเขต ผู้รักษา

อาจารย์บุญชัยชนะ ภูระหงษ์

ภาควิชา

วิศวกรรมสารสนเทศ

ปีการศึกษา

2547

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

(รศ.ดร.ปิติเขต ผู้รักษา)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(อาจารย์บุญชัยชนะ ภูระหงษ์)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์		
TITLE	Motion Control for Robot		
ชื่อนักศึกษา	นายวรวุฒิ	กนกพันธ์วิช	รหัสนักศึกษา 45015859
	นายสมศักดิ์	นันทวงศ์	รหัสนักศึกษา 45015868
	นายสันธาน	พ่วงเซย	รหัสนักศึกษา 45015870
ระดับการศึกษา	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ปิติเขต	ผู้รักษา	
	อาจารย์บุญยัชชนะ ภูระหงษ์		
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ		
ปีการศึกษา	2547		

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการพัฒนาระบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ โดยลักษณะของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปยังจุดหมายที่เลือกไว้ทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่ได้ออกแบบไว้บนโปรแกรม Visual Basic โดยเคลื่อนที่ได้ถูกต้องในย่านค่าผิดพลาดในค่าที่เรายอมรับได้ ระบบการควบคุมการเคลื่อนที่นี้ออกแบบสำหรับควบคุมหุ่นยนต์เข้าไปในสถานที่ที่ผู้ควบคุมไม่สามารถมองเห็นสถานที่นั้นๆ ได้โดยตรงทำให้การควบคุมโดยผู้ควบคุมเป็นไปได้ยาก ในการแก้ปัญหานี้ใช้ระบบควบคุมการเคลื่อนที่แบบช่วยผู้ควบคุมในการบอกตำแหน่ง ทิศทาง ของหุ่นยนต์ได้ ทำให้การควบคุมเข้าถึงจุดหมายได้ง่าย

THESIS TITLE	Motion Control for Robot		
STUDENT	Mr.Vorawut	Kanokpanvanich	No. 45015859
	Mr.Somsak	Nantawong	No. 45015868
	Mr.Santhan	Poungchey	No. 45015870
ADVISER	Assoc.Prof.Dr.Pitikhate	Sooraksa	
	Mr.Boonchana	Poorahong	

COURSE Bachelor of Information Engineering

DEPARTMENT Information Engineering

YEAR 2004

Abstract

This project presents development of motion control for robots. Specifically, the robot can move to the destination assigned by the program using Visual Basic and the movement of the robot should have only small error that can be accepted. This control system is designed for control robot into the place that is difficult to see by the operator. The problem can solve by using motion control system to identify the position and direction of robot.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ซึ่งได้รับคำแนะนำ และชี้แนวทางในการศึกษากันคว้าข้อมูลรายละเอียด และขอบเขตต่างๆ จากอาจารย์บุญยชนะ ภูระหงษ์ และ รศ.ดร.ปิติเขต สุรักษา ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้จัดทำตลอดมา นอกจากนี้ยังมี คณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทความรู้ และให้คำแนะนำแก่ผู้จัดทำ คณะผู้จัดทำขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณพี่เต๋ย พี่แมว พี่เต่า เพื่อน ๆ ทุกคนที่ช่วยให้คำแนะนำในการทำงาน และเป็นกำลังใจให้กันตลอดมาในการทำปริญญานิพนธ์

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้จัดทำมาโดยตลอด



นายวรุฒิ
นายสมศักดิ์
นายสันธาน

กนกพันธ์วิช
นันทวงศ์
พวงเชย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ประโยชน์ของโครงการ	1
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 หลักการพื้นฐานของระบบควบคุม	3
2.2 ตัวควบคุมในระบบเชิงเส้นพฤติกรรมการควบคุมแบบ P (Proportional Controller)	5
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	19
2.4 การอินเทอร์รัปต์ (interrupt)	23
2.5 SERVO MOTOR	27
บทที่ 3 การออกแบบ	32
3.1 โครงสร้างโดยรวม	32
3.2 ส่วนของอินพุต	33
3.3 ส่วนของการควบคุม	34
3.4 ส่วนของเอาต์พุต	40
บทที่ 4 ผลการทดลอง	42
4.1 การทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง	42
4.2 ตารางบันทึกผลการทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง	43
4.3 การทดสอบการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 ตารางบันทึกผลการทดสอบการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ	45
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	47
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	47
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น	47
5.3 แนวทางการพัฒนาโครงการ	48
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของระบบ	4
รูปที่ 2.2 ระบบควบคุมแบบปิด	4
รูปที่ 2.3 การควบคุมแบบเปิด โดยใช้ตัวควบคุมแบบ P	5
รูปที่ 2.4 (ก.) กราฟความเร็ว Y	6
รูปที่ 2.4 (ข.) แรง M เมื่อตัวควบคุมเป็น P	7
รูปที่ 2.5 การควบคุมแบบ P	8
รูปที่ 2.6 สัญลักษณ์ของตัวควบคุมแบบ P	8
รูปที่ 2.7 (ก.) รูปกราฟของ Y	9
รูปที่ 2.7 (ข.) ปฏิกริยาตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของโหลดของระบบที่มีตัวควบคุมแบบ P 10	
รูปที่ 2.8 ผลตอบสนองของระบบ เมื่อตัวควบคุมเป็นแบบ P	11
รูปที่ 2.9 ระบบทางกลที่ประกอบด้วย m และ b	12
รูปที่ 2.10 การใช้ตัวควบคุมแบบ P	13
รูปที่ 2.11 กราฟแสดงพฤติกรรมระบบที่เป็น first order เมื่อตัวควบคุมเป็นแบบ P ก.) อินพุต ข.) เอาท์พุท และ ค.) เอาท์พุทเมื่อสิ่งรบกวนเข้ามาในระบบ	15
รูปที่ 2.12 การใช้ตัวควบคุมแบบ P ควบคุมระบบที่เป็น second order	16
รูปที่ 2.13 (ก.) กราฟของเอาท์พุท Y เมื่อ $t = 0$	17
รูปที่ 2.13 (ข.) กราฟของ F เมื่อ $t = 0$	18
รูปที่ 2.13 (ค.) กราฟของเอาท์พุท Y เมื่อ $t = 60$	18
รูปที่ 2.13 (ง.) กราฟของ F เมื่อ $t = 60$	19
รูปที่ 2.14 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	22
รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบของเซอร์โวมอเตอร์	28
รูปที่ 2.16 การหมุนของเซอร์โวมอเตอร์เมื่อมีสัญญาณพัลส์รูปแบบต่างๆ เข้ามา	29
รูปที่ 2.17 โครงสร้างภายในของเซอร์โวมอเตอร์	30
รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานโดยรวมของระบบ	32
รูปที่ 3.2 แสดงหน้าจอ User Interface ที่ใช้งาน	33
รูปที่ 3.3 วงจรควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เสริม	34
รูปที่ 3.4 วงจรควบคุมมอเตอร์จ่าย	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.5 วงจรควบคุมมอเตอร์ขั้ว	35
รูปที่ 3.6 วงจรรับ-ส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม	36
รูปที่ 3.7 Flow Chart การควบคุมการทำงานของ Interrupt	37
รูปที่ 3.8 Flow Chart การควบคุมการทำงานแบบ Manual	38
รูปที่ 3.9 Flow Chart การควบคุมการทำงานแบบ Auto	39
รูปที่ 3.10 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์	40
รูปที่ 4.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ	42
รูปที่ 4.2 User Interface ของการทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง	43
รูปที่ 4.3 แผนที่ในการทดสอบการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ	44
รูปที่ 4.4 User Interface ของการทดสอบการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง	43
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ	45



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของโครงการ

ในการส่งหุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าไปในสถานที่ที่เราต้องการเข้าไปสำรวจซึ่งเราไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นเราจำเป็นต้องทราบตำแหน่งที่แน่นอนของหุ่นยนต์ว่าเคลื่อนที่อยู่ตำแหน่งใดของพื้นที่ที่เข้าไปสำรวจนั้น ๆ ถึงแม้ว่าในปัจจุบันเราจะมีอุปกรณ์ที่ทันสมัยแต่ อุปกรณ์แต่ละอย่างนั้นจะมีประโยชน์ในลักษณะที่แตกต่างกันออกไป เช่น กล้องวิดีโอ ซึ่งจะมองเห็นได้แค่มุมเดียว คือ ใช้หลักการมองเห็นจากภาพที่ได้รับจากกล้องวิดีโอเท่านั้นแล้วเคลื่อนที่ตามภาพที่มองเห็น แต่ไม่สามารถทราบตำแหน่งที่แท้จริงได้

ด้วยความสำคัญของสิ่งที่กล่าวมา ปริญญาโทฉบับนี้จึงได้ทำการศึกษาถึงการนำเอาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Circuit) , ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และอุปกรณ์ชนิดต่างๆ มาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ในการนำไปใช้งานต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.ศึกษาระบบควบคุมที่นำมาใช้ในการควบคุมมอเตอร์
- 2.ศึกษาทฤษฎีในการรับ-ส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม (Serial Port)
- 3.ศึกษาการใช้งานโปรแกรม Visual Basic เพื่อใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ทางด้าน Hardware
- 4.สามารถพัฒนาโปรแกรมในการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับหุ่นยนต์ได้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.สามารถควบคุมหุ่นยนต์ไปในทิศทางที่ต้องการได้อย่างถูกต้องซึ่งมีค่าผิดพลาดที่เราสามารถยอมรับได้ โดยการควบคุมจะเป็นการควบคุมแบบไร้สาย
- 2.แสดงระยะทางที่เคลื่อนที่ไปและแสดงผลที่หน้าจอ
- 3.ควบคุมตำแหน่งของกล้องได้อย่างแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ของโครงการ

เราสามารถนำโครงการนี้ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ แล้วนำไปวิเคราะห์หาตำแหน่งที่ถูกต้องที่หุ่นยนต์อยู่ในขณะนั้น เพื่อนำไปใช้ในการช่วยเหลือการ ค้นหาผู้ประสบภัย ในสถานที่ที่คนไม่สามารถเข้าไปช่วยเหลือได้ หรือในสถานที่ที่เสี่ยงอันตราย

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.ศึกษาการใช้งานของอุปกรณ์ชนิดต่างๆ อันได้แก่ ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า ไอซีเบอร์ L298 เป็นต้น
- 2.ออกแบบตัวหุ่นยนต์ โดยยึดหลักความคล่องตัว ทนทาน สามารถเคลื่อนที่เข้าไปในที่ที่ยากต่อการเข้าถึงและเสี่ยงอันตรายของมนุษย์
- 3.ออกแบบวงจรที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์
- 4.วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น ในขั้นตอนนี้จะนำวงจรที่ออกแบบมาทดสอบว่าสามารถใช้งานได้อย่างที่ต้องการหรือไม่
- 5.แก้ไขวงจรที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์
- 6.เขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ เพื่อใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์ให้ไปในทิศทางและสถานที่ที่ผู้ควบคุมต้องการ
- 7.สร้างตัวหุ่นยนต์ โดยสร้างตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นที่ 2 และปรับปรุงให้ออกมาในรูปแบบที่เหมาะสม
- 8.ทดสอบและหาข้อบกพร่อง โดยนำวงจรที่ออกแบบไว้มาประกอบเข้ากับตัวหุ่นยนต์แล้ว นำหุ่นยนต์มาทดสอบและหากมีข้อบกพร่องก็หาสาเหตุว่าเกิดจากอะไร
- 9.แก้ไขข้อบกพร่อง เพื่อให้ได้ตัวหุ่นยนต์ที่สมบูรณ์และมีความพร้อมในการนำไปใช้งานได้ทุกขณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

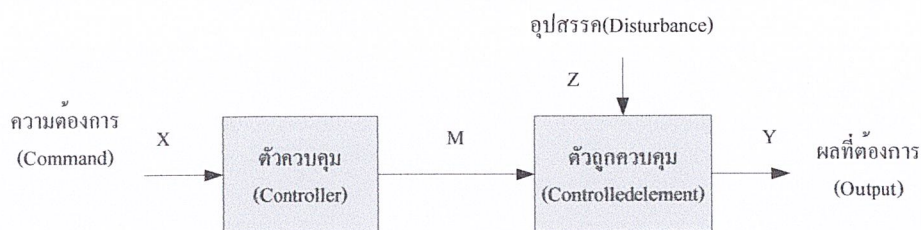
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 หลักการพื้นฐานของระบบควบคุม

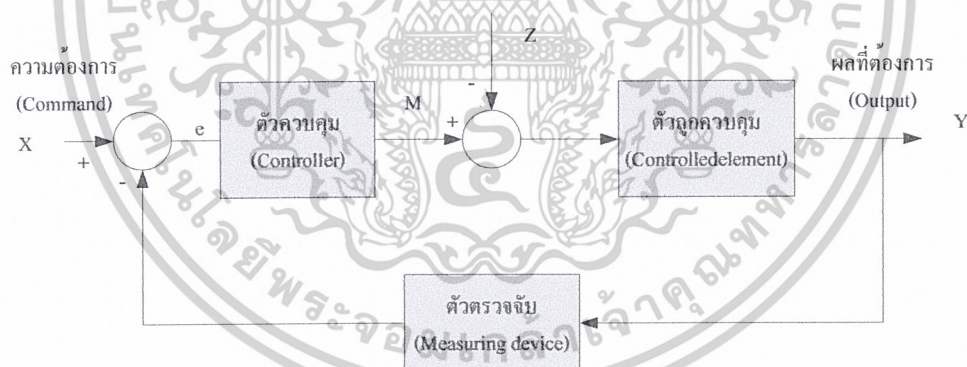
การที่สิ่งต่างๆมากกว่าหนึ่งสิ่งมาอยู่รวมกันและทำงานร่วมกันอย่างมีกฎเกณฑ์หรือมีรูปแบบ โดยมีจุดมุ่งหมายของทั้งหมดรวมกันเรามักเรียกสิ่งต่างๆที่มาอยู่รวมกันหรือทำงานรวมกันนั้นว่า “ระบบ” เช่นร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยอวัยวะต่างๆที่ทำงานในหน้าที่ต่างๆกัน แต่เสริมกัน โดยมีจุดมุ่งหมายให้ร่างกายของคนหนึ่งคนสามารถทำหน้าที่ของความเป็นคนได้อย่างสมบูรณ์ อย่างนี้เราก็กล่าวได้ว่าร่างกายมนุษย์มีความเป็นระบบ รถยนต์ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ เช่น เครื่องยนต์ ตัวถัง พวงมาลัย ล้อ ประกอบกันขึ้นเป็นรถยนต์ที่พร้อมจะถูกขับเคลื่อนเมื่อน้ำมันเชื้อเพลิงและรับคำสั่งให้วิ่งหรือหยุดจากคนขับ เช่นนี้เราก็กล่าวได้ว่า รถยนต์เป็นระบบ ในกรณีของโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งประกอบด้วย เครื่องจักรต่างๆที่ใช้ในกระบวนการผลิตและศูนย์ควบคุมศูนย์กลางที่เป็นคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็นศูนย์กลางในการควบคุมให้เครื่องจักรทั้งหลายในโรงงานทำงานตามคำสั่งเพื่อให้ได้ตามจุดมุ่งหมายสุดท้ายคือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ อย่างนี้ก็ถือเป็นระบบ เพราะเครื่องจักรแต่ละเครื่องจะถูกกำหนดให้มีการทำงานอย่างมีกฎเกณฑ์ตามที่ศูนย์ควบคุมกลางหรือคอมพิวเตอร์ต้องการ หรือแม้แต่การทำงานที่ประกอบด้วยองค์ประกอบอย่างง่ายๆเช่น เด็กขี่จักรยาน อย่างนี้ก็ถือเป็นระบบเพราะทั้งเด็กและจักรยานต่างก็ทำงานร่วมกัน ไปสู่จุดหมายเดียวกันแต่ไม่ว่าจะเป็นระบบอย่างง่ายหรือระบบที่มีความสลับซับซ้อนต่างก็ประกอบไปด้วยองค์ประกอบพื้นฐาน 2 อย่างคือ องค์ประกอบที่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุม และองค์ประกอบที่ทำหน้าที่เป็นตัวถูกควบคุม ในร่างกายมนุษย์ สมอคือตัวควบคุมส่วนอื่นๆของ ร่างกายคือตัวถูกควบคุม ในโรงงานอุตสาหกรรม เครื่องจักรคือตัวถูกควบคุม คอมพิวเตอร์ในส่วนควบคุมกลางคือตัวควบคุมและในกรณีของเด็กขี่จักรยาน เด็กคือตัวควบคุม ส่วนจักรยานคือตัวถูกควบคุม เนื่องจากเราสามารถสรุปองค์ประกอบในระบบได้เป็น 2 ส่วนหลักดังกล่าวข้างต้น เราจึงนำเอาองค์ประกอบทั้ง 2 มาเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรม แสดงความสัมพันธ์ของการทำงานร่วมกันภายในระบบได้แสดงในรูป 2.1 โดย X แทนความต้องการร่วมกันของระบบ และ Y คือผลผลิตที่ได้ของระบบ ส่วน Z คือ อุปสรรคที่ทำให้ระบบถูกรบกวนขณะทำงานอันเป็นผลให้ระบบอาจไม่บรรลุเป้าหมายของการทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของระบบ

การทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบตามรูป 2.1 นี้ เป็นตัวอย่างของระบบความต้องการอย่างง่าย ที่ไม่มีการตรวจสอบว่าผลที่ได้ Y จะตรงกับความต้องการ X หรือไม่ เราจึงเรียกการควบคุมในลักษณะนี้ว่า การควบคุมแบบเปิด (open loop control) เมื่อไม่มีตัวตรวจจับความเร็ว Y ก็ไม่แน่ว่า Y จะเท่ากับ X ตามที่ต้องการหรือไม่เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ในระบบควบคุมเกือบทั้งหมดจึงมักจะต้องมีตัวตรวจจับผลที่ได้ Y เพื่อนำมาเทียบดูว่าเป็นไปตามความต้องการ X หรือยัง ถ้ายังไม่ได้ก็จะทำการปรับเปลี่ยนต่อไป



รูปที่ 2.2 ระบบควบคุมแบบปิด

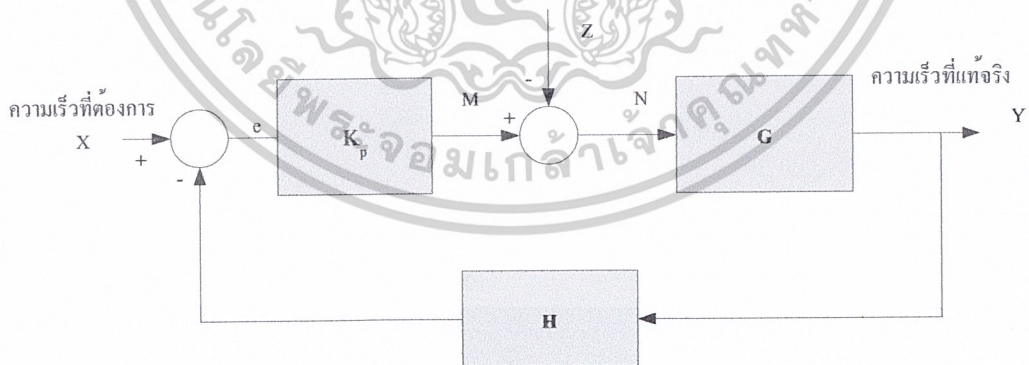
รูป 2.2 แสดงระบบควบคุมที่มีตัวตรวจจับผลที่ต้องการ Y เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับความต้องการ X ว่าเท่ากันแล้วหรือไม่ด้วยการเอาค่าทั้งสองมาลบกัน ถ้ายังไม่เท่ากัน ผลต่างของทั้งสองค่าจะไม่เป็นศูนย์ ตัวควบคุมก็จะมีหน้าที่เพิ่มการกระตุ้นให้ตัวถูกควบคุมทำงานเพิ่มขึ้นหรือลดลงจนผลที่ต้องการ Y มีค่าเท่ากับความต้องการ X เราเรียกการควบคุมนี้ว่า การควบคุมแบบปิด (Closed loop control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมที่นิยมใช้ในกระบวนการ ได้แก่ การควบคุมแบบป้อนกลับซึ่งเป็นการควบคุมด้วยมือ(Manual)หรือแบบอัตโนมัติ(Automatic)ก็ได้ ตัวอย่างเช่นการควบคุมอุณหภูมิของน้ำในอ่างอาบน้ำผู้ควบคุมอาจใช้มือข้างหนึ่งจุ่มลงในอ่างน้ำเพื่อวัดอุณหภูมิน้ำ และใช้มืออีกข้างหนึ่งปรับน้ำร้อนที่ไหลเข้าให้มากหรือน้อยเพื่อให้น้ำในอ่างมีอุณหภูมิตามที่ต้องการ การควบคุมแบบนี้จะเรียกว่าการควบคุมแบบป้อนกลับแบบ Manual ถ้าผู้ควบคุมใช้เทอร์โมมิเตอร์ในการวัดอุณหภูมิแล้ว เขาก็จะสามารถวัดอุณหภูมิของน้ำในอ่างได้เที่ยงตรงมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าถ้าทำการวัดได้อย่างเที่ยงตรงแล้วก็จะสามารถทำให้ควบคุมได้ดีขึ้นสำหรับในกรณีของการควบคุมแบบป้อนกลับแบบอัตโนมัติ(Automatic)จะต้องใช้อุปกรณ์ที่ประกอบไปด้วยเครื่องส่งสัญญาณเพื่อไปทำการเปรียบเทียบกับค่าของอุณหภูมิของน้ำที่ต้องการ ตัวควบคุมก็จะสร้างสัญญาณควบคุมเพื่อไปทำการควบคุมการเปิด-ปิดของวาล์วควบคุม ที่ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณของน้ำร้อนที่ไหลเข้าอ่างให้มากขึ้นหรือน้อยลงเพื่อให้น้ำในอ่างมีอุณหภูมิตามที่ต้องการ

2.2 ตัวควบคุมในระบบเชิงเส้นพฤติกรรมการควบคุมแบบ P (Proportional Controller)

จากแนวคิดเรื่องการควบคุม ตามรูปที่ 2.2 เราจึงสามารถนำมาเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมควบคุม ซึ่งมีรูปแบบในการควบคุม ซึ่งมีรูปแบบในการควบคุมความเร็วเป็นแบบ P ที่มีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรง K_p เท่าของความแตกต่างระหว่างความเร็วที่ต้องการกับความเร็วที่แท้จริง

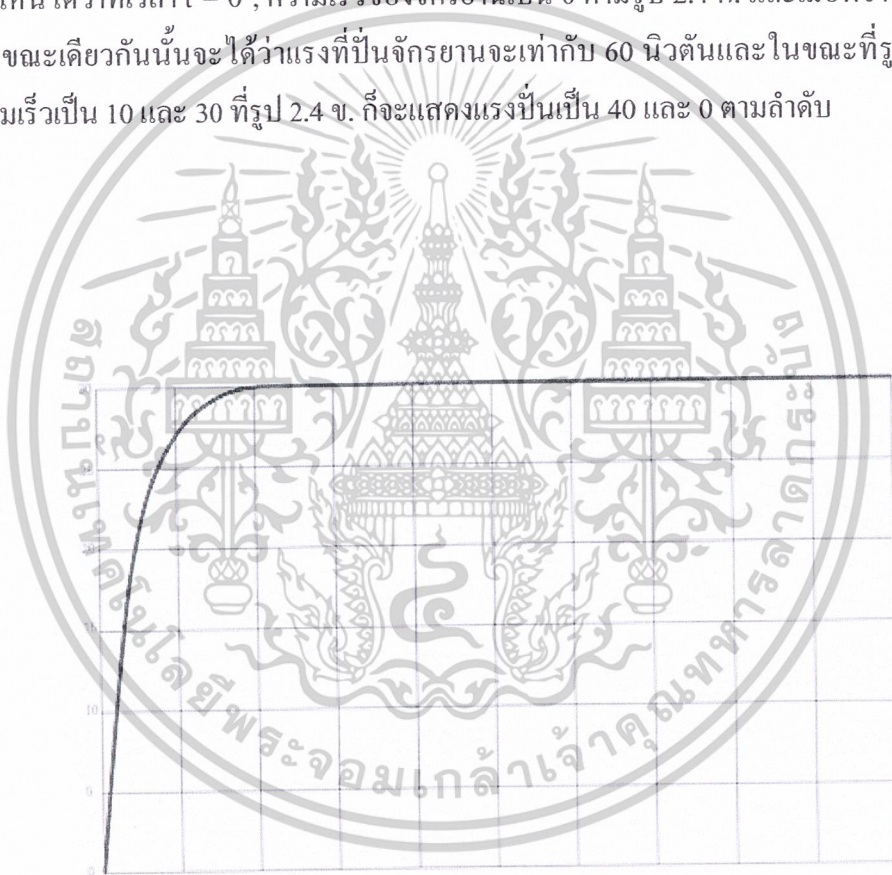


รูปที่ 2.3 การควบคุมแบบปิด โดยใช้ตัวควบคุมแบบ P

จากรูปที่ 2.3 ถ้ามีพฤติกรรมการควบคุมแบบสัดส่วนหรือแบบ P จะพบว่าแรง M จะมีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ K_p ของผลต่าง X ที่ต้องการกับ Y เช่น ถ้าไม่คิดแรงเสียดทาน Z คือ $Z = 0$ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

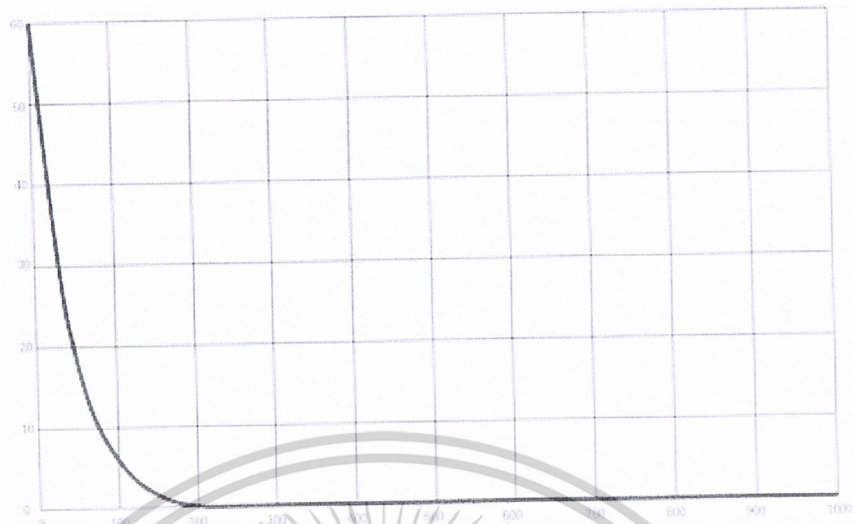
และให้ K_p เท่ากับ 2 โดยที่ความเร็วที่ต้องการ X เท่ากับ 30 กม./ชม. เมื่อเริ่มจะออกแรงเท่ากับ $(30-0)*2 = 60$ นิวตัน ต่อมาเมื่อเพิ่มขึ้นเป็น 10 กม./ชม. จะเท่ากับ $(30-10)*2 = 40$ นิวตัน และเมื่อความเร็วเท่ากับ 30 กม./ชม. จะต้องออกแรงเท่ากับ $(30-30)*2 = 0$ นิวตันหรือไม่ต้องออกแรงเลย

จากการทดลองการทำงานของระบบโดยใช้โปรแกรม MATLAB โดยให้ K_p ซึ่งแทนพฤติกรรมในสมองของเด็กมีค่าเท่ากับ 2 ระบบ G ซึ่งแทนมวลของจักรยานและมวลของเด็กรวมกันมีค่าเท่ากับ 70 กก. ความเร็วที่ต้องการ X เท่ากับ 30 กม./ชม. โดยไม่คิดว่ามีแรงเสียดทานและของที่ต้องบรรทุก จะได้รูปร่างของกราฟแสดงความเร็ว Y และแรง M ดังรูป 2.4 ซึ่งได้ค่าของ Y และ M จากรูปจะเห็นได้ว่าที่เวลา $t = 0$, ความเร็วของจักรยานเป็น 0 ตามรูป 2.4 ก. และเมื่อพิจารณารูปที่ 2.4 ข. ในขณะเดียวกันนั้นจะได้ว่าแรงที่ปั่นจักรยานจะเท่ากับ 60 นิวตันและในขณะทีรูป 2.4 ก. แสดงความเร็วเป็น 10 และ 30 ที่รูป 2.4 ข. ก็จะแสดงแรงปั่นเป็น 40 และ 0 ตามลำดับ



ก.) รูปกราฟของ Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

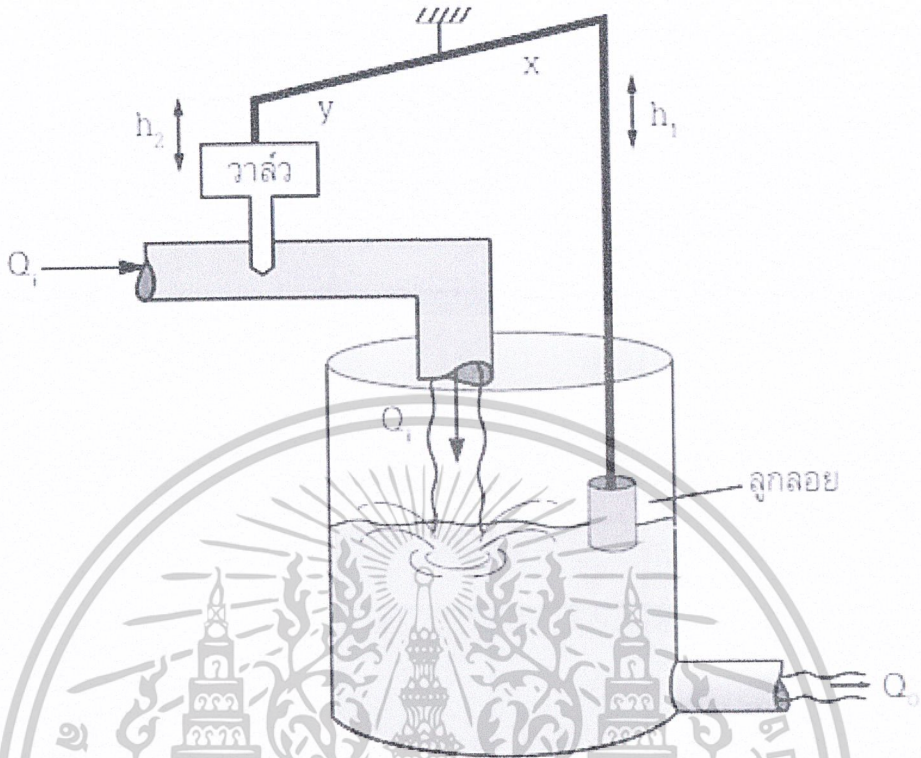


ข.) รูปกราฟของ M

รูปที่ 2.4 กราฟความเร็ว Y และแรง M เมื่อตัวควบคุมเป็น P

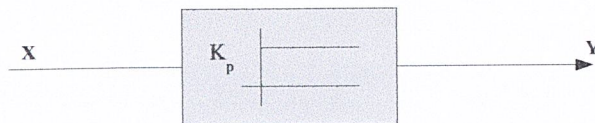
ตัวอย่างของตัวควบคุมแบบ P เช่น กรณีของลูกลอยควบคุมระดับน้ำดังแสดงในรูปที่ 2.5 จากรูป Q_i คืออัตราการไหลของน้ำที่ไหลเข้าถัง ส่วน Q_o คืออัตราการไหลของน้ำออกจากถัง ถ้า Q_i น้อยกว่า Q_o ระดับน้ำก็จะลดลงเรื่อยๆ ระดับน้ำของลูกลอยก็จะต่ำลง ทำให้น้ำล้นยกสูงขึ้น และเปิดให้น้ำไหลเข้ามามากขึ้น Q_i ก็จะมากขึ้น ในทางกลับกัน ถ้า Q_i มากกว่า Q_o ระดับน้ำก็จะยกสูงขึ้นเรื่อยๆ ระดับของลูกลอยก็จะสูงขึ้น วาล์วก็จะถูกกดลง และเปิดให้น้ำไหลเข้าน้อยลง Q_i ก็จะลดลง อัตราส่วนของ Y ต่อ X คือสัดส่วน K_p หรือ เกน ของการควบคุมถ้าระยะ Y ยาวกว่าระยะ X ก็หมายความว่า ไม่ว่า h_1 จะเคลื่อนขึ้นลง ได้ระยะเท่าใด ก็จะได้ระยะการเคลื่อนที่ h_2 ที่มากกว่าเสมอ อย่างนี้เรียกว่า เกนของตัวควบคุมเรียกว่า 1 และยิ่ง Y มากกว่า X มากเท่าใด เกนของการควบคุมก็ยิ่งมากขึ้นตาม ในทางกลับกัน ถ้า Y น้อยกว่า X ไม่ว่า h_1 จะได้ระยะเท่าใด ก็จะทำให้ระยะ h_2 ที่น้อยกว่าเสมอกรณีนี้เรียกว่า เกนของตัวควบคุมมีค่าน้อยกว่า 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การควบคุมแบบ P

การควบคุมแบบ P จึงเป็นการควบคุมอย่างง่าย ๆ ซึ่งมีข้อดีคือ ตัวควบคุมจะให้เอาต์พุตที่จะส่งไปควบคุมตัวที่ถูกควบคุมแบบทันทีทันใด เมื่อมีค่าของอินพุตเข้ามา ซึ่งหมายความว่า ระบบจะทำงานตามอินพุตได้เร็วมากขึ้น และขนาดของเอาต์พุตของตัวควบคุมจะมีค่าเป็นสัดส่วนกับอินพุตของตัวควบคุมในทางปฏิบัติจึงมักเขียนสัญลักษณ์แทนตัวควบคุมประเภทนี้ดังแสดงในรูป 2.6 อย่างไรก็ตามการนำเอาตัวควบคุมแบบ P ไปควบคุมระบบต่าง ๆ จะมีข้อเสียบางประการ ดังจะแสดงให้เห็นดังนี้



รูปที่ 2.6 สัญลักษณ์ของตัวควบคุมแบบ P

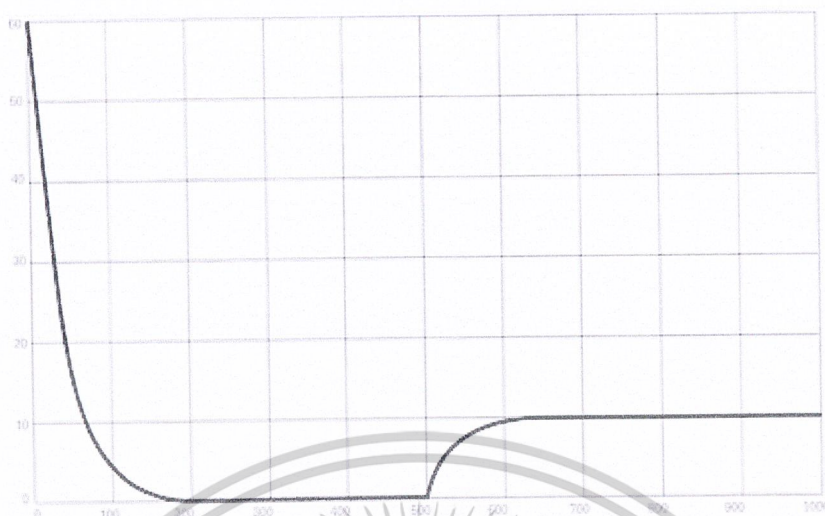
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 2.3 ถ้าเราเริ่มคิดว่ามีแรงเสียดทานของการหมุน ซึ่งจะทำให้เกิดแรงเสียดทานเพิ่ม คิดเป็นแรงเสียดทานรวม Z เท่ากับ 10 นิวตัน แล้วทดลองจำลองการทำงานของระบบอีกครั้งหนึ่ง ด้วยโปรแกรม MATLAB โดยให้ $Z = 10$ ที่เวลา $t = 500$ จะได้ผลการทดลองดังรูป 2.7 โดยรูป 2.7 ก. คือความเร็ว Y และรูป 2.7 ข. คือแรง M ที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง จากรูปจะเห็นได้ว่าทันทีที่มี Z เพิ่มเข้ามาในระบบ จะเป็นผลให้ความเร็วของ Y มีค่าน้อยกว่าความเร็วที่ต้องการ X ทันที ซึ่งเราเรียกความแตกต่างนี้ว่า “ค่าผิดพลาด (error)” เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า เมื่อมี Z เข้ามาในระบบก็จะทำให้ $M - Z$ หรือ N ในรูป 2.3 มีค่าน้อยกว่าศูนย์ ซึ่งหมายความว่ามีความเร่งที่ติดลบ ส่งผลให้มีความเร็วลดลงเรื่อย ๆ เมื่อรู้การลดความเร็วลงผ่านค่า e ที่เกิดจากการเปรียบเทียบ X และ Y ระบบก็จะสั่งการให้เพิ่มแรงให้มากขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งแรง M เพิ่มขึ้นเท่ากับแรง Z ที่มาด้านการเคลื่อนที่ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อ M เริ่มมากขึ้นในขณะที่ Z เท่าเดิมจะทำให้ N เริ่มเป็นลบน้อยลง กราฟในรูป 2.7 ก. จึงลดลงด้วยอัตราที่น้อยลง และ เมื่อแรงดัน M เท่ากับแรงต้าน Z ซึ่งในที่นี้คือ 10 นิวตัน ก็จะทำให้ $M - Z = 0$ นั่นคือไม่มีแรงสุทธิ N มากระทำอีกต่อไป ระบบก็จะหยุดเปลี่ยนแปลงความเร็ว ความเร็วที่ลดลงมาถึงจุดไหน ก็จะคงอยู่ที่ความเร็วระดับนั้นต่อไป ทำให้ e ซึ่งเท่ากับ $X - Y$ หยุดการเปลี่ยนแปลง และทำให้ทั้งระบบหยุดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะเห็นว่า ณ จุดนั้น $Y \neq X$ หรือเกิดค่าผิดพลาดขึ้น ซึ่งการมีค่าผิดพลาดนี้ถือได้ว่าเป็นข้อเสียสำคัญของการควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบ P



ก.)รูปกราฟของ Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข.) รูปกราฟของ M

รูปที่ 2.7 ปฏิกริยาตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของโหนด ของระบบที่มีตัวควบคุมแบบ P

จากรูป 2.3 ถ้าสมมุติให้ G เป็นระบบใด ๆ ที่อาจมีลักษณะทางกายภาพแตกต่างกันไป เราจะสามารถเขียนฟังก์ชันแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอาต์พุตและอินพุตได้ดังนี้

จากรูป

$$\begin{aligned}
 Y &= G(M-Z) \\
 &= GK_p e - GZ \\
 &= GK_p (X - HY) - GZ \\
 Y + GK_p HY &= GK_p X - GZ \\
 Y &= \frac{GK_p}{1 + GK_p H} X - \frac{G}{1 + GK_p H} Z
 \end{aligned} \tag{2-1}$$

ถ้าสมมุติไม่คิดอุปสรรคของระบบ $Z = 0$ และถือเสมือนว่า H เป็นการวัดเอาต์พุตแบบตรงไปตรงมา ซึ่งทำให้ $H = 1$ (ทั้งนี้เพื่อง่ายในการพิจารณา) ก็จะได้ว่า

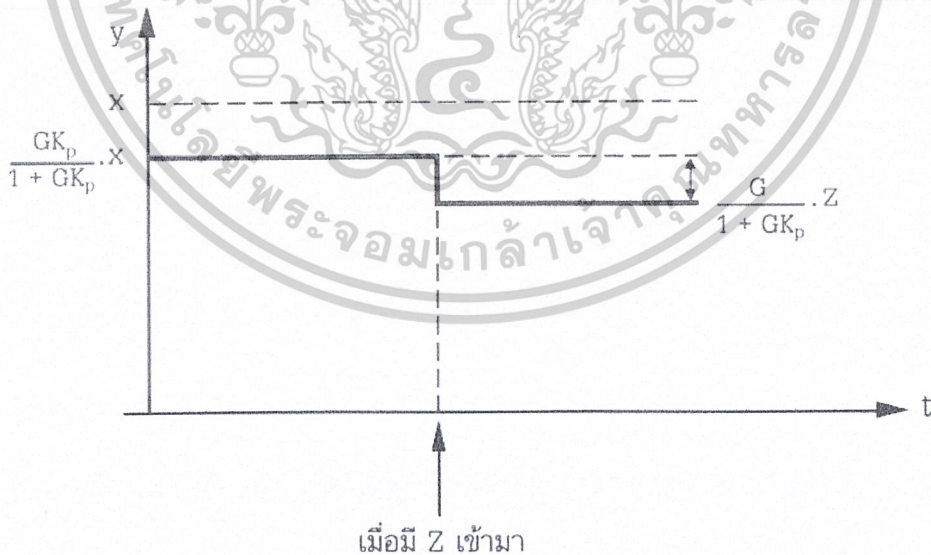
$$Y = \frac{GK_p}{1 + GK_p} X \tag{2-2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งหมายถึงว่า Y ไม่มีวันเท่ากับ X หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ จะมีค่าผิดพลาด e เกิดขึ้นเสมอเมื่อใช้ตัวควบคุมแบบ P ยกเว้นกรณีเดียว คือกรณีที่ G มีคุณสมบัติทางกายภาพเป็นอินทิเกรเตอร์ นอกจากนี้หากนำ Z เข้ามาคิด หรือในทางกายภาพก็คือมีอุปสรรคของระบบเข้ามาค่าผิดพลาด e ก็จะมีมากขึ้น ตามสมการ

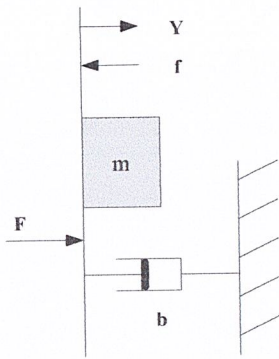
$$Y = \frac{GK_p}{1+GK_p} \cdot X - \frac{G}{1+GK_p} \cdot Z \quad 2-3$$

รูปที่ 2.8 แสดงให้เห็นระดับของ Y ทั้งกรณียังไม่มี Z และเมื่อมี Z เข้ามาอย่างไรก็ตาม ลักษณะของ Y ในความเป็นจริงนั้น อาจไม่เป็นเส้นตรงดังรูป ทั้งนี้ขึ้นกับคุณลักษณะของระบบ G การที่ Y จะเป็นเส้นตรงดังรูป 2.8 ได้จะเกิดขึ้นในกรณีที่ G เป็นค่าคงที่เท่านั้น แต่ในโลกของความเป็นจริง G จะมีลักษณะที่ซับซ้อนพอสมควร และจะไม่เป็นค่าคงที่ อย่างไรก็ตามเส้นตรงในรูป 2.8 นี้ก็ถือได้ว่าเป็นแนวโน้มที่เป็นไปได้ของ Y เพื่อให้มองภาพได้ชัดเจน จะขอยกตัวอย่างระบบทางกลอย่างง่ายดังนี้

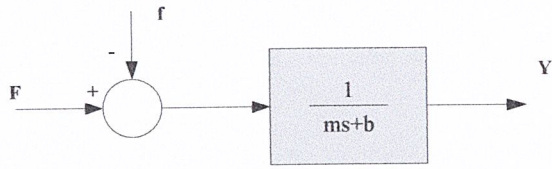


รูปที่ 2.8 ผลตอบสนองของระบบ เมื่อตัวควบคุมเป็นแบบ P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.9 ระบบทางกลที่ประกอบด้วย m และ b

สมมุติว่ามีระบบทางกลที่ประกอบด้วยแดมเปอร์ b มวล m ดังแสดงในรูป 2.9 ก. จากสมการพื้นฐานทางกลในเรื่องของการเคลื่อนที่ เราสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned} F - f &= ma + bv \\ &= m \frac{dY}{dt} + bv \end{aligned}$$

2-4

แทน d/dt ด้วย s เพื่อแปลงให้อยู่ในรูปสมการพีชคณิต จะได้

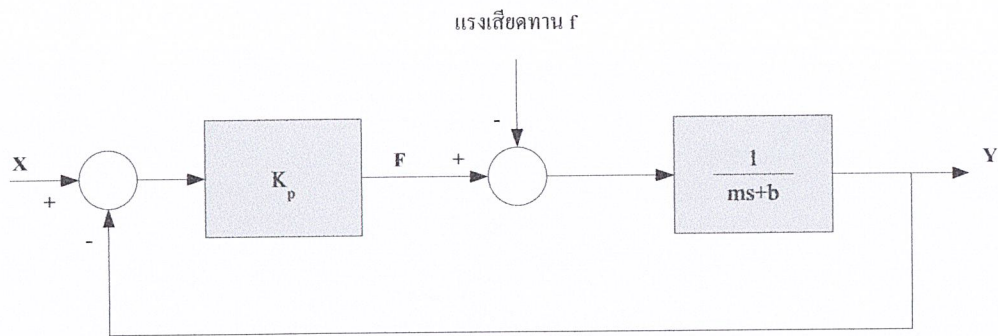
$$\begin{aligned} F - f &= msY + bV \\ &= Y(ms + b) \end{aligned}$$

$$Y = \frac{1}{ms + b} \cdot (F - f)$$

2-5

ซึ่งสามารถนำมาเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรม ได้ดังรูป 2.9 ข. ถ้าเรานำเอาระบบนี้ไปแทนระบบ G ในรูป 2.3 เราก็จะได้บล็อกไดอะแกรมดังแสดงในรูป 2.10 และสามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างเอาต์พุต Y กับ อินพุต X ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การใช้ตัวควบคุมแบบ P

จากรูป

$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{1}{ms+b} \cdot (F - f) \\
 &= \frac{1}{ms+b} [K_p(X - Y) - f] \\
 (ms + b)Y + K_p Y &= K_p X - f \\
 (ms + b + K_p)Y &= K_p X - f \\
 Y &= \frac{K_p}{ms + (b + K_p)} X - \frac{1}{ms + (b + K_p)} f
 \end{aligned} \tag{2-6}$$

ถ้า f เป็นศูนย์จะได้

$$Y = \frac{K_p}{ms + (b + K_p)} X \tag{2-7}$$

ถ้า x มีการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใด จาก 0 เป็น A เราจะเรียกฟังก์ชันนี้ว่า unit step ถ้าสมมติว่าการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นในเวลา $t = 0$ ดังแสดงในรูป 2.11 ก. เราจะสามารถเขียนฟังก์ชันของ X เมื่อมองในโดเมนของเวลาได้เป็น

$$x = A \cdot u(t) \tag{2-8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการนี้เมื่อผ่านการแปลงลาปลาซ จะได้เท่ากับ $(1/s)A$ ดังนั้นจึงเขียนสมการ 2-7 ได้ดังนี้

$$Y = \frac{K_p}{s[ms + (b + K_p)]} \cdot A \quad 2-9$$

จะได้คำตอบในฟังก์ชันของเวลาดังนี้

$$Y = (K_p/m) \frac{(1 - e^{-at})}{a} \cdot A \quad 2-10$$

$$\text{เมื่อ } a = \frac{b + K_p}{m}$$

ที่ $t \rightarrow \infty$ หรือเมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ พจน์ e^{-at} จะเป็นศูนย์ทำให้

$$Y = \frac{K_p/m}{(b + K_p)/m} \cdot A \quad 2-11$$

$$Y = \frac{K_p}{b + K_p} \cdot A$$

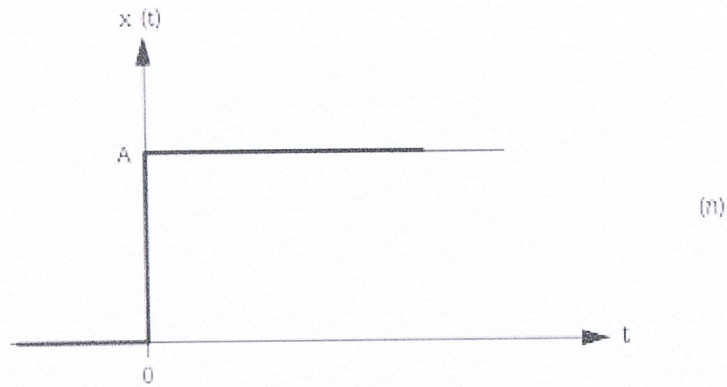
ซึ่งหมายความว่า Y น้อยกว่า A เสมอเราจะสามารถเขียนกราฟแสดงพฤติกรรมของระบบที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอินพุต X จาก 0 เป็น A อย่างทันทีทันใดดังรูป 2.11 ข. ส่วน f นั้นถ้า นำเข้ามาพิจารณา ก็จะสามารถทำได้ในทำนองเดียวกัน แต่เนื่องจาก f เป็นอุปสรรคของระบบการเข้ามาของ f จึงทำให้เอาที่พู่ทของระบบแตกต่างไปจากอินพุตมากขึ้นดังรูป 2.11 ค.

ในการวิเคราะห์หาค่าผิดพลาด e ของระบบโดยวิธีแปลงกลับมาอยู่ในโดเมนของเวลาก่อนแล้วจึงแทน $t \rightarrow \infty$ นั้น อาจทำให้ไม่สะดวก จึงใช้สิ่งที่ทฤษฎีลาปลาซเรียกว่า final theorem ตามสมการ 2-10 ดังนี้

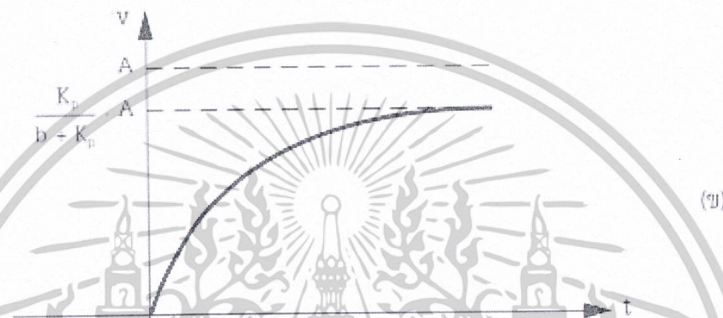
$$\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sF(s) \quad 2-12$$

สมการนี้อ่านความหมายได้ว่า หากเราต้องการหาค่าของฟังก์ชันในโดเมนเวลาที่ $t \rightarrow \infty$ ก็ สามารถทำได้โดย นำ s มาคูณกับ $F(s)$ ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่อยู่ในโดเมน s ของฟังก์ชัน $f(t)$ นั้น แล้วกำหนดให้ $s \rightarrow 0$ ก็จะได้ค่าของ $f(t)$ ที่เวลา $t \rightarrow \infty$

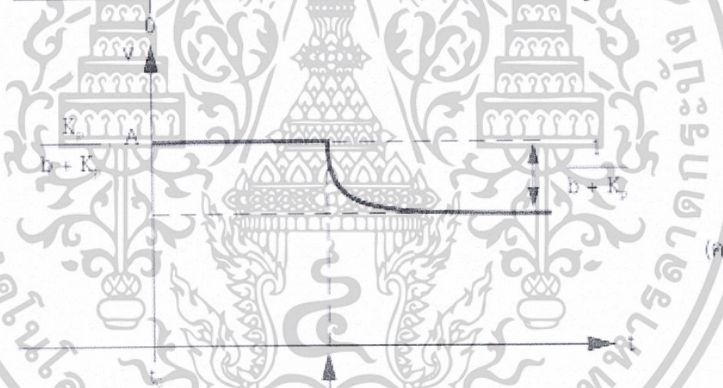
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)

มี t เข้ามาในระบบ

รูปที่ 2.11 กราฟแสดงพฤติกรรมระบบที่เป็น first order เมื่อตัวควบคุมเป็นแบบ P

ก.) อินพุต ข.) เอาท์พุท และ ค.) เอาท์พุทเมื่อสิ่งรบกวนเข้ามาในระบบ

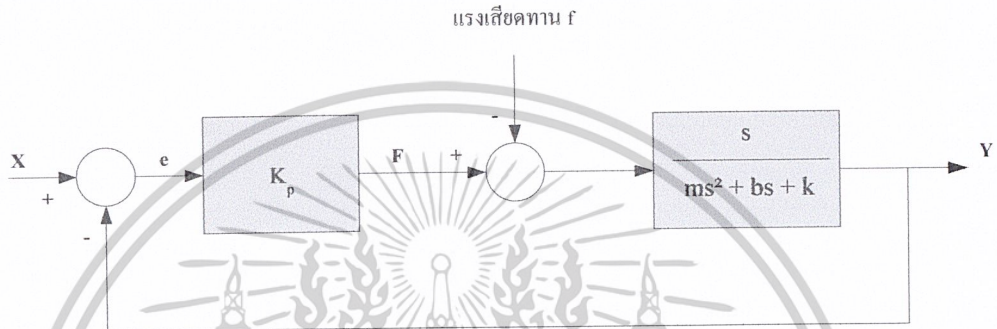
จากสมการ 2-9 ถ้าเราต้องการหาค่าความเร็ว Y ที่อยู่ในโดเมนเวลา ที่เวลาเข้าใกล้อนันต์ หรือเวลาผ่านไปนาน ๆ ก็จะสามารถทำได้โดยนำ s มาคูณกับสมการ 2-7 แล้วกำหนดให้ $s \rightarrow 0$ จากสมการ 2-9 จะได้

$$\begin{aligned} \lim_{t \rightarrow \infty} Y(t) &= \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot \frac{K_p}{s[ms + (b + K_p)]} \cdot A \\ &= \frac{K_p}{b + K_p} \cdot A \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งก็คือ ค่าผิดพลาด e ของระบบ ตามสมการ 2-11

ในระบบที่พิจารณาผ่านไป ตามรูป 2.10 นี้ยังถือว่าเป็นระบบอย่างง่ายที่เราอาจจะใช้สามัญสำนึกเองได้ว่ารูปร่างหน้าตาของกราฟความเร็ว Y จะออกมาเป็นอย่างไร แต่ถ้าระบบซับซ้อนมากขึ้น การที่จะอาศัยสามัญสำนึกคาดเดาพฤติกรรมทางระบบก็จะทำได้ยากขึ้น ขอยกตัวอย่างอีกหนึ่งตัวอย่างหนึ่งที่มีความซับซ้อนมากขึ้น



รูปที่ 2.12 การใช้ตัวควบคุมแบบ P ควบคุมระบบที่เป็น second order

จากรูป

$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{s}{ms^2 + bs + k} \cdot (F - f) \\
 &= \frac{s}{ms^2 + bs + k} [K_p(X - Y) - f] \\
 (ms^2 + bs + k + sK_p)Y &= sK_p X - sf \\
 Y &= \frac{sK_p}{[ms^2 + s(b + K_p) + k]} \cdot X - \frac{s}{ms^2 + s(b + K_p) + k} \cdot f
 \end{aligned} \quad 2-13$$

ถ้า f เป็นศูนย์จะได้

$$Y = \frac{sK_p}{[ms^2 + s(b + K_p) + k]} \cdot X \quad 2-14$$

แทน

$$X = \frac{1}{s} \cdot A \quad \text{จะได้}$$

$$Y = \frac{K_p}{[ms^2 + s(b + K_p) + k]} \cdot A \quad 2-15$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการนี้ถ้าจัดให้อยู่ในรูปของ

$$Y = \frac{K_p}{(s+a)(s+c)} \cdot A \quad 2-16$$

แล้วแปลงให้อยู่ในรูปฟังก์ชันของเวลา จะได้

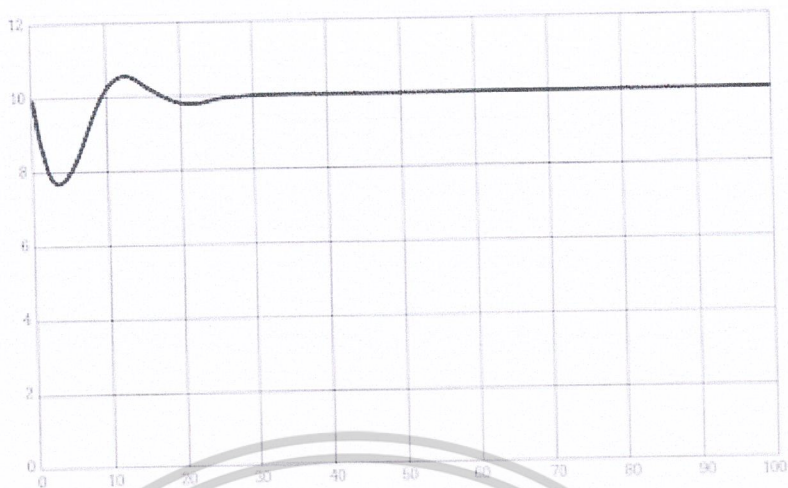
$$Y = \frac{e^{-at} - e^{-ct}}{c-a} \cdot K_p A \quad 2-17$$

ถ้าทดลองแทนค่า $K_p = 10$, $m = 70$, $b = 10$ และ $k = 10$

โดยให้ X เปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 ที่เวลา $t = 0$ แล้วใช้โปรแกรม MATLAB รันโปรแกรมจะได้กราฟดังแสดงในรูป 2.13 ก. และ ข หลังจากนั้นก็ทดลองรันใหม่โดยให้ f เปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 ที่เวลา $t = 60$ ก็จะได้รูปกราฟความเร็วตามรูป 2.13 ค. และ ง. จะเห็นได้ว่าลักษณะรูปร่างของกราฟความเร็ว Y ที่ได้ขู้งายเกินกว่าที่เราจะอธิบายได้



ก) กราฟของเอาต์พุต Y

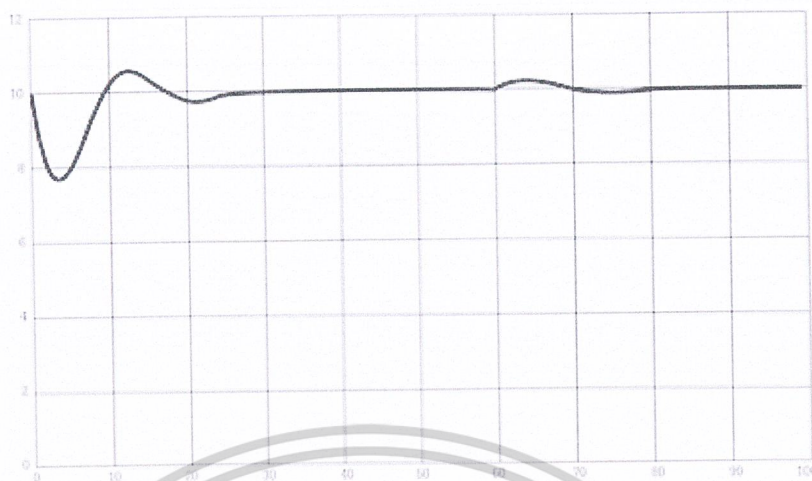


ข) กราฟของ F



ค) กราฟของเอาต์พุต Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ง) กราฟของ F

รูปที่ 2.13 พฤติกรรมของระบบที่เป็น second order เมื่อตัวควบคุมเป็นแบบ P

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้หลายครั้ง สามารถรับข้อมูลในรูปแบบสัญญาณดิจิทัลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิทัลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์หรืออาจจะเรียกได้ว่าไมโครโพรเซสเซอร์ชิปเดี่ยว (Single-Chip Microprocessor) เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุม คือ แทนที่ในการใช้งานจะต้องต่อวงจรภายนอกต่าง ๆ เพิ่มเติม เช่นเดียวกับไมโครโพรเซสเซอร์ ก็จะทำกรรวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ, ส่วนอินพุต/เอาต์พุต บางส่วนเข้าไปในตัวไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปด้วยเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้งานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา วงจรการสื่อสารอนุกรม เป็นต้น ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถจะทำงานได้เสมือนกับเป็นคอมพิวเตอร์เล็ก ๆ เครื่องหนึ่ง กล่าวโดยสรุปคือ

$$\text{Microcontroller} = \text{Microprocessor} + \text{Memory} + \text{I/O}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวาง โดยมักจะเป็นการนำไปประยุกต์ใช้ในระบบร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ (Embedded Systems) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์, เครื่องปรับอากาศ, เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้งานควบคุมหลายประการ เช่น

- ไอซี และระบบที่ได้มีขนาดเล็ก
- ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิพไมโครโพรเซสเซอร์
- วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร
- มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะซึ่งใช้งานได้ง่าย
- ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายยี่ห้อ หลายตระกูล และหลายเบอร์ด้วยกัน ซึ่งแต่ละเบอร์ก็จะมีโครงสร้างภายในและความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกัน ทำให้เลือกใช้งานได้อย่างเหมาะสม

2.3.1 คุณสมบัติที่สำคัญของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นกับโครงสร้างภายในของมัน บางเบอร์จะมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM บางเบอร์มี RAM ภายใน 128 ไบต์ บางเบอร์มี 256 ไบต์ เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดสามารถศึกษาได้จากคู่มือได้โดยตรง และลักษณะของขาต่าง ๆ จะเหมือนกัน

คุณสมบัติที่สำคัญของ MCS-51 มีดังนี้

- มีหน่วยความจำ ROM 4 Kbytes, 8 Kbytes, 20 Kbytes
- มีหน่วยความจำ RAM 128 byte
- มีพอร์ต I/O ขนาด 8 บิต 4 พอร์ต
- มี Timer 16 บิต 2 ตัว
- สามารถอินเทอร์รัปต์ได้ 5 แหล่ง
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรรนาฬิกาบนชิพ
- มีพอร์ตอนุกรมที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex ด้วยความเร็วสูง
- อ่างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อ่างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64K
- สามารถประมวลผลทีละบิตได้
- สามารถอ่างหน่วยความจำแบบบิตได้ 210 ตำแหน่ง
- หนึ่งวัฏจักรคำสั่งกินเวลาประมาณ 1 ไมโครวินาที ขณะทำงานด้วย Clock 11.0592 MHz

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะมีชุดคำสั่ง (Instruction Set) อยู่จำนวนหนึ่ง สำหรับสั่งงานให้ทำงานต่าง ๆ และเนื่องจาก MCS-51 จะประมวลผลแบบ 8 บิต รหัสภาษาเครื่องจะมีขนาด 8 บิตด้วย ซึ่งชุดคำสั่งจะมีได้จำนวนสูงสุด $2^8 = 256$ ชุดคำสั่ง คำสั่งแต่ละคำสั่งอาจมีขนาด 1, 2 หรือ 3 ไบต์

MCS-51 มีโหมดการอ่างแอดเดรส (Addressing Modes) เพื่อติดต่อกับหน่วยความจำซึ่งอาจจะเป็นการอ่านข้อมูลออกมาหรือเขียนข้อมูลเข้าไปได้ทั้งหมด 8 โหมดคือ Register, Direct, Indirect, Immediate, Relative, Absolute และ Index ใน MCS-51 จะแบ่งชุดของคำสั่งออกได้ 5 ประเภท ได้แก่

1. Arithmetic Instructions เป็นกลุ่มคำสั่งที่ทำงานด้านคณิตศาสตร์ เช่น ADD, SUBB, INC, DIV เป็นต้น
2. Logical Instructions มีลักษณะการทำงานคล้ายกับ Boolean Operation ซึ่งสามารถกระทำแบบไบต์ต่อไบต์ หรือ บิตต่อบิตได้ เช่น ANL, ORL เป็นต้น
3. Data Transfer Instructions เป็นกลุ่มคำสั่งที่ใช้ในการเคลื่อนย้าย คัดลอกข้อมูลซึ่งสามารถติดต่อกับหน่วยความจำได้หลายแบบ เช่น MOV, XCH, XCHD เป็นต้น
4. Boolean Instructions เช่น ANL, ORL, CLR, SETB เป็นต้น
5. Program Branching เป็นกลุ่มคำสั่งสำหรับสั่งให้โปรแกรมกระโดดไปทำงานในตำแหน่งที่ต้องการ แบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้ 2 กลุ่มคือ กระโดดแบบไม่มีเงื่อนไข เช่น AJMP, LJMP, SJMP กับ กระโดดแบบมีเงื่อนไข เช่น JZ, JNZ, CJNE, DJNZ เป็นต้น

2.3.2 ลักษณะการจัดขาภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ลักษณะการจัดขาภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 การจัดขาตามลักษณะภายนอกของชิพ MCS-51 จะมีการแบ่งกลุ่มการจัดขาออกเป็น 4 กลุ่มด้วยกัน คือ

- กลุ่มขาแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง และสัญญาณนาฬิกา
- กลุ่มขาสำหรับการอ่างแอดเดรสและรับส่งข้อมูล
- กลุ่มขาที่ใช้ในการควบคุม
- กลุ่มขาพอร์ตใช้งานแบบขนานและอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(8052) T2	P1.0	1	40	Vcc
only T2EX	P1.1	2	39	P0.0 AD0
	P1.2	3	38	P0.1 AD1
	P1.3	4	37	P0.2 AD2
	P1.4	5	36	P0.3 AD3
	P1.5	6	35	P0.4 AD4
	P1.6	7	34	P0.5 AD5
	P1.7	8	33	P0.6 AD6
	RST	9	32	P0.7 AD7
RXD	P3.0	10	31	EA' Vpp
TXD	P3.1	11	30	ALE PROG'
INT0'	P3.2	12	29	PSEN'
INT1'	P3.3	13	28	P2.7 A15
T0	P3.4	14	27	P2.6 A14
T1	P3.5	15	26	P2.5 A13
WR'	P3.6	16	25	P2.4 A12
RD'	P3.7	17	24	P2.3 A11
XTAL2	18	23	P2.2 A10	
XTAL1	19	22	P2.1 A9	
Vss	20	21	P2.0 A8	

รูปที่ 2.14 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.3.3 ขาที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์

1. ขา Vcc เป็นขารับแรงดันไฟกระแสตรง +5 VDC
2. ขา GND เป็นขากราวด์
3. พอร์ต 0 (P0.0-P0.7) เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งาน
4. พอร์ต 1 (P1.0-P1.7) เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป
5. พอร์ต 2 (P2.0-P2.7) เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป
6. พอร์ต 3 (P3.0-P3.7) เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป
7. ขารีเซต (RST) ใช้สำหรับการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการรีเซตจะต้องคง สภาวะ high อย่างน้อยนาน 2 Machine cycle ในขณะที่ออสซิลเลเตอร์กำลังทำงานอยู่
8. ขา ALE/PROG เป็นขาสัญญาณเพื่อทำหน้าที่ควบคุมการแล็ช (Latch) ค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (Address Latch Enable)
9. ขา PSEN (Program Store Enable) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณสโตปเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลคำสั่ง จากหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสโตปจำนวน 2 ครั้งในแต่ละ Machine cycle แต่ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำ ข้อมูลภายนอกจะไม่มีคำสั่ง สัญญาณสโตปแต่อย่างใด
10. ขา EA / Vcc (External Access Enable / Vcc) เป็นขาสำหรับการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมจากภายในหรือภายนอก โดยมีสถานะเป็น 0 และ 1 และขานี้ยังทำหน้าที่รับแรงดันไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ โปรแกรม (Vcc) ขนาด 12 โวลต์ เพื่อใช้ในระหว่างการ โปรแกรมหน่วยความจำ โปรแกรม (EPROM)

11.ขา XTAL1 และขา XTAL2 เป็นขาใช้งานของวงจรอินเวอร์ตออสซิลเลเตอร์แอมพลิไฟเออร์ (Inverting Oscillator Amplifier) สำหรับใช้ต่อร่วมกับคริสตอลภายนอก

2.4 การอินเทอร์รัปต์ (interrupt)

การอินเทอร์รัปต์ (interrupt) เป็นชื่อเรียกกระบวนการที่เข้ามาขัดจังหวะการทำงานโดยปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถตอบสนองการอินเทอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นได้จาก 5 แหล่งกำเนิดสำหรับ AT89C51 ประกอบด้วยการรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ภายนอกผ่านทางขา INT0 และ INT1 สัญญาณอินเทอร์รัปต์จากไทเมอร์/คาน์เตอร์ T0 และ T1 และสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx สามารถตอบสนองการอินเทอร์รัปต์ได้จาก 6 แหล่งกำเนิด โดยเพิ่มการรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากไทเมอร์/คาน์เตอร์ 2 อีกแหล่งกำเนิด

2.4.1 การจัดการอินเทอร์รัปต์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เมื่อมีการอินเทอร์รัปต์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เกิดขึ้น และมีการอินทิเนลการตอบสนองการอินเทอร์รัปต์ไว้ กระบวนการหลังจากนั้นซีพียูจะทำการกระโดดไปยังแอดเดรสในหน่วยความจำที่กำหนดไว้เรียกตำแหน่งแอดเดรสนี้ว่า แอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์ (interrupt vector address) ดังนั้นจะต้องมีการเขียน โปรแกรมย่อยการบริการอินเทอร์รัปต์ไว้ที่แอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์นี้ โดยค่าของแอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์จะแตกต่างกันไปในการอินเทอร์รัปต์แบบต่างๆ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

การอินเทอร์รัปต์ภายนอกที่ขา INT0 มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์อยู่ที่ 0003H

การอินเทอร์รัปต์จากไทเมอร์ 0 มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์อยู่ที่ 000BH

การอินเทอร์รัปต์ภายนอกที่ขา INT1 มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์อยู่ที่ 0013H

การอินเทอร์รัปต์จากไทเมอร์ 1 มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์อยู่ที่ 001BH

การอินเทอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรม มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์อยู่ที่ 0023H

การอินเทอร์รัปต์จากไทเมอร์ 2 มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์อยู่ที่ 002BH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การเขียนโปรแกรมย่อยอินเตอร์รัปต์

มีหลักการโดยทั่วไปดังนี้

1. ต้องเริ่มต้นด้วยแอดเดรสอินเตอร์รัปต์แวกเตอร์เสมอเพื่อให้การตรวจสอบการทำงานทำได้ง่ายและแยกส่วนของโปรแกรมย่อยนี้ออกจากโปรแกรมหลักหรือโปรแกรมย่อยอื่นๆอย่างชัดเจน ด้วยคำสั่ง `ORG xxxxH` (ค่าแอดเดรสอินเตอร์รัปต์แวกเตอร์)

2. เมื่อเข้าสู่โปรแกรมย่อย ควรเก็บค่าของรีจิสเตอร์หรือแฟล็กที่ใช้แสดงสถานะต่างๆซึ่งต้องมีการใช้งานในโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์นี้ไว้ในสแต็กเสียก่อน เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นต่อการทำงานของทั้งโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์นี้และโปรแกรมหลัก ด้วยคำสั่ง `PUSH`

3. เมื่อเขียนโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์เรียบร้อยแล้ว ให้ทำการคืนค่าของรีจิสเตอร์ที่นำมาใช้ในโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ด้วยคำสั่ง `POP` ยกเว้นรีจิสเตอร์ที่ต้องการนำผลการกระทำในโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์นี้ไปใช้งาน ซึ่งในทางปฏิบัติจริง ไม่พบมากนักและไม่แนะนำให้เขียนโปรแกรมในลักษณะนี้

4. ปิดท้ายโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์ด้วยคำสั่ง `RETI` เสมอ

2.4.3 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการอินเตอร์รัปต์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

1. รีจิสเตอร์ IE (Interrupt Enable) ใช้ในการกำหนดว่าจะยอมให้อินเตอร์รัปต์จากแหล่งใดได้บ้าง โดยรายละเอียดแต่ละบิตเป็นดังนี้

บิต 7	บิต 0
EA	EX0
X	ET0
ET2	EX1
ES	ET1

EA ถ้าเป็นลอจิก “1” หมายความว่าให้อินเตอร์รัปต์ได้

ET2 ถ้าเป็นลอจิก “1” จะอินาเบิ้ล Timer 2 (ใช้กับเบอร์ที่มี Timer 2)

ES ถ้าเป็นลอจิก “1” จะอินาเบิ้ลอินเตอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรม

ET1 ถ้าเป็นลอจิก “1” จะอินาเบิ้ล Timer 1

EX1 ถ้าเป็นลอจิก “1” จะอินาเบิ้ลสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกที่เข้ามาทางขา INT1

ET0 ถ้าเป็นลอจิก “1” จะอินาเบิ้ล Timer 0

EX0 ถ้าเป็นลอจิก “1” จะอินาเบิ้ลสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกที่เข้ามาทางขา INTO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.รีจิสเตอร์ IP (Interrupt Priority) ใช้กำหนดลำดับของการอินเทอร์รัปต์ กรณีที่เกิดการอินเทอร์รัปต์จากหลายแหล่งพร้อมๆกัน

3.รีจิสเตอร์ TCON (Timer Control) รีจิสเตอร์ตัวนี้นอกจากจะใช้ควบคุมไทมเมอร์แล้ว ยังใช้ในการอินเทอร์รัปต์อีกด้วย โดยมีรายละเอียดดังนี้

บิต 7						บิต 0	
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

TF1 เป็นบิตโอเวอร์โฟลว์ของไทมเมอร์ 1 จะเป็นลอจิก “1” เมื่อไทมเมอร์เกิดโอเวอร์โฟลว์ และบิตนี้สามารถอินเทอร์รัปต์ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ เมื่อทำโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัปต์จบบิต TF1 นี้จะกลับมาเป็นลอจิก “0”

TR1 ใช้ปิดเปิดไทมเมอร์ 1

TF0 เหมือนกับ TF1 แต่ใช้กับไทมเมอร์ 0

TR0 ใช้ปิดเปิดไทมเมอร์ 0

IE1 เป็นบิตแสดงการอินเทอร์รัปต์ทางฮาร์ดแวร์ที่เข้ามาทางขา INT1

IT1 ใช้ในการกำหนดรูปแบบสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกที่เข้ามาทางขา INT1 ว่ามีลักษณะใด ถ้าเป็น “1” หมายความว่า จะเกิดการอินเทอร์รัปต์เมื่อมีสัญญาณขอบขาตลงเข้ามา ถ้าเป็นลอจิก “0” หมายความว่า จะเกิดการอินเทอร์รัปต์เมื่อมีระดับลอจิก “0”

IE0 ใช้งานเหมือน IE1 แต่จะใช้กับ INTO

IT0 ใช้งานเหมือน IT1 แต่จะใช้กับ INTO

2.4.4 แหล่งกำเนิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.4.4.1 สัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอก

เป็นการตรวจสอบสัญญาณที่เข้ามายังขา INTO และ INT1 หากตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด ก็จะทำให้เกิดการอินเทอร์รัปต์ขึ้น โดยการเอ็นเอเบิลการอินเทอร์รัปต์แบบนี้สามารถกระทำได้โดยการกำหนดค่าในรีจิสเตอร์ IE ที่บิต EX0 สำหรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่ขา INTO และบิต EX1 สำหรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่ขา INT1 และทำการเลือกเงื่อนไขของการตรวจสอบสัญญาณในรีจิสเตอร์ TCON ที่บิต IE0 สำหรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่ขา INTO และบิต IE1 สำหรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่ขา INT1

เงื่อนไขการตรวจสอบสัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่ขา INTO และ INT1 มีด้วยกัน 2 ลักษณะ คือ

1. ตรวจสอบระดับลอจิก ถ้าหากบิต IEx ในรีจิสเตอร์ TCON เป็น “0” จะเกิดการอินเทอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา INTO หรือ INT1 ได้ต่อเมื่อตรวจพบระดับลอจิกต่ำหรือ “0” เมื่อเกิดการอินเทอร์รัปต์แล้วให้ดำเนินการทำให้สัญญาณที่ขาอินเทอร์รัปต์กลับสู่ระดับลอจิก “1” ก่อนที่การบริการอินเทอร์รัปต์เสร็จสิ้นเพื่อป้องกันการเกิดอินเทอร์รัปต์ซ้อน

2. ตรวจสอบขอบขาของสัญญาณ ถ้าหากบิต IEx ในรีจิสเตอร์ TCON เป็น “1” จะเกิดการอินเทอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา INTO หรือ INT1 ได้ก็ต่อเมื่อตรวจพบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่ขา INTO หรือ INT1 จาก “1” เป็น “0” หรือตรวจสอบพบขอบขาลงของสัญญาณที่ป้อนมายังขา INTO หรือ INT1 และต้องมีการรักษาสถานะลอจิก “0” นี้เป็นเวลาอย่างน้อย 1 เมกไซคล์ จึงถือว่าเกิดการอินเทอร์รัปต์อย่างสมบูรณ์

เมื่อเกิดการอินเทอร์รัปต์ขึ้นซึ่งพิกัดภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะกระโดดไปยังแอดเดรส 0003H สำหรับการอินเทอร์รัปต์ที่ขา INTO และ 0013H สำหรับการอินเทอร์รัปต์ที่ขา INT1

2.4.4.2 การอินเทอร์รัปต์จากไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และ 1

แหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์นี้จัดเป็นแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์ภายในแบบหนึ่ง โดยใช้ในการเกิดโอเวอร์โฟลว์ จากการนับค่าในไทเมอร์/เคาน์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เมื่อไทเมอร์ 0 เกิดการโอเวอร์โฟลว์ ก็จะทำให้การเซตบิต TF0 ในรีจิสเตอร์ TCON และถ้าไทเมอร์ 1 เกิดการโอเวอร์โฟลว์ บิต TF1 ในรีจิสเตอร์ TCON จะได้รับการเซตเช่นเดียวกัน

ค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์แวกเตอร์ของการอินเทอร์รัปต์แบบนี้อยู่ที่ 000BH สำหรับไทเมอร์ 0 และ 001BH สำหรับไทเมอร์ 1

อย่างไรก็ตามการอินเทอร์รัปต์แบบนี้จะเกิดขึ้นหรือมีการตอบสนองก็ต่อเมื่อมีการเอ็นเบิ้ลการอินเทอร์รัปต์ โดยการเซตบิต EA, ET0 และ ET1 ในรีจิสเตอร์ IE

2.4.4.3 การอินเทอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรม

แหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์นี้จัดเป็นแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์ภายในแบบหนึ่ง เมื่อวงจรพอร์ตอนุกรมส่งหรือรับข้อมูลเสร็จสมบูรณ์ก็จะกำเนิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์ขึ้น โดยการเซตบิต RI ในกรณีรับข้อมูลและบิต TI ในกรณีส่งข้อมูลบิต RI และ TI อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON

ค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์แวกเตอร์ของการอินเทอร์รัปต์แบบนี้อยู่ที่ 0023H การอินเทอร์รัปต์ในแบบนี้สามารถแทนได้ด้วยการออร์กันของบิต RI และ TI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4.4 การอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2

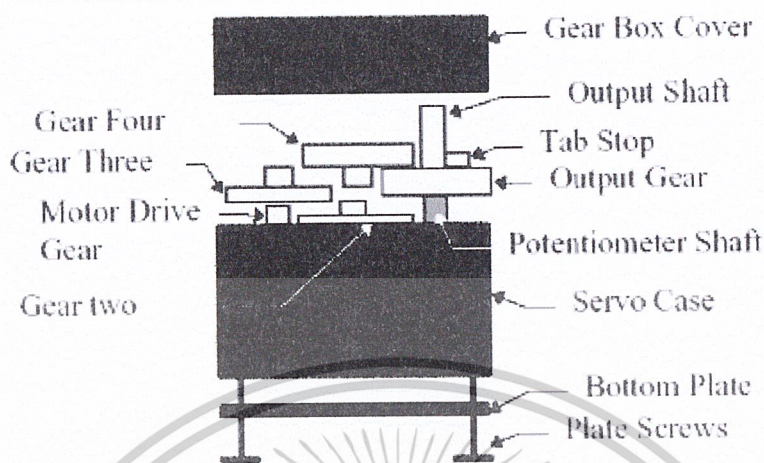
แหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์นี้จัดเป็นแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ภายในแบบหนึ่ง โดยใช้การเกิดโอเวอร์โพล์ จากการนับค่าในไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 หรือการแคปเจอร์หรือการตรวจจับสัญญาณที่ขา T2EX ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51เบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx เมื่อเกิดการโอเวอร์โพล์ ก็จะทำการเซตบิต TF2 ในรีจิสเตอร์ TCON และถ้าไทเมอร์ 2 สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงจากระดับ “1” เป็น “0” ที่ขา T2EX ได้ และบิต EXEN2 ในรีจิสเตอร์ T2CON ได้รับการเซตไว้ ก็จะทำให้บิต EXF2 ในรีจิสเตอร์ T2CON เซต เป็นการแจ้งว่าเกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการแคปเจอร์ที่ไทเมอร์ 2 ค่าแอดเดรสอินเตอร์รัปต์แวกเตอร์ของการอินเตอร์รัปต์แบบนี้อยู่ที่ 002BH การอินเตอร์รัปต์ในแบบนี้สามารถแทนได้ด้วยการออร์กันของบิต TF2 และ EXF2

อย่างไรก็ตามการอินเตอร์รัปต์แบบนี้จะเกิดขึ้นหรือมีการตอบสนองก็ต่อเมื่อมีการเอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์ โดยการเซตบิต EA ในรีจิสเตอร์ IE จะตอบสนองในกรณีเกิดโอเวอร์โพล์เมื่อบิต EXEN2 ในรีจิสเตอร์ T2CON เป็น “0” และตอบสนองในกรณีเกิดแคปเจอร์เมื่อบิต EXEN2 ในรีจิสเตอร์ T2CON เป็น “1”

2.5 SERVO MOTOR

เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC MOTOR) ที่ถูกประกอบรวมกับ จุดเกียร์ และส่วนควบคุมต่าง ๆ ไว้ในโมดูลเดียวกัน โดยมอเตอร์ชนิดนี้จะมีสายต่อใช้งานเพียง 3 เส้นเท่านั้นคือ VCC, GND และ สายสัญญาณควบคุม (Control Line) ซึ่งสามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนซ้ายหรือขวาได้จากสายสัญญาณเพียงเส้นเดียว โดยสัญญาณที่ใช้ควบคุมนี้จะเป็นสัญญาณพัลส์วิดมอด (PWM) แบบ TTL Level ระดับแรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์นี้จะอยู่ในช่วงประมาณ 4 ถึง 6 โวลต์ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัว ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้ก็คือ จะมีขนาดเล็กน้ำหนักเบา ให้แรงบิดสูง กินพลังงานน้อย และสามารถควบคุมด้วยแรงดันลอจิกที่เป็น TTL ได้โดยตรงไม่จำเป็นต้องต่อวงจรขับ (Driver) อื่นๆ เพราะ มอเตอร์ชนิดนี้จะมีวงจรควบคุมบรรจุไว้ภายในอยู่แล้ว ซึ่งมอเตอร์ชนิดนี้สามารถควบคุมให้หมุนไปในตำแหน่ง หรือ ทิศทางองศาที่ต้องการได้ โดยอาศัยสัญญาณความกว้างพัลส์ที่ป้อนให้มอเตอร์ แต่เซอร์โวมอเตอร์นี้จะหมุนได้แค่เพียงในช่วงประมาณ 180° หรือ ครึ่งรอบเท่านั้น และจะไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้เนื่องจาก โครงสร้างภายในจะประกอบด้วย ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (VR) ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์ และ ตัวต้านทานนี้จะถูกยึดติดกับแกนหมุนของมอเตอร์ เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับตัวต้านทานปรับค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบของเซอร์โวมอเตอร์

2.5.1 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

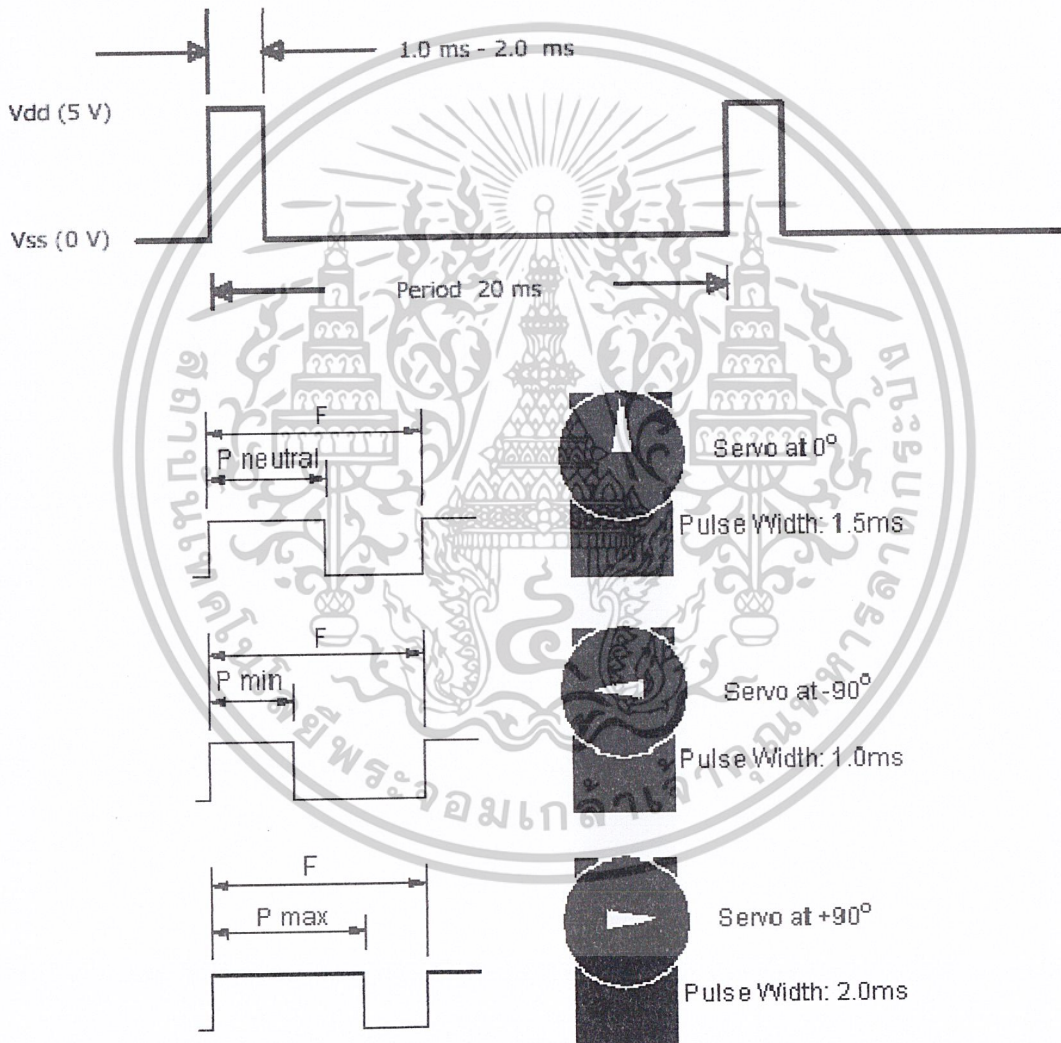
การควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ ทำได้โดยการป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ ซึ่งตำแหน่งและทิศทางการหมุนของมอเตอร์นี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของความกว้างของพัลส์นั้นๆ โดยทั่วไปแล้วความกว้างของสัญญาณพัลส์จะมีจุดที่อ้างอิง 3 จุด ดังรูป คือ

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1.5 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุน ไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม 0 องศา หรือจุดกึ่งกลางของมอเตอร์
- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุน ไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม -90 องศา หรือในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 2 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม +90 องศา หรือในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

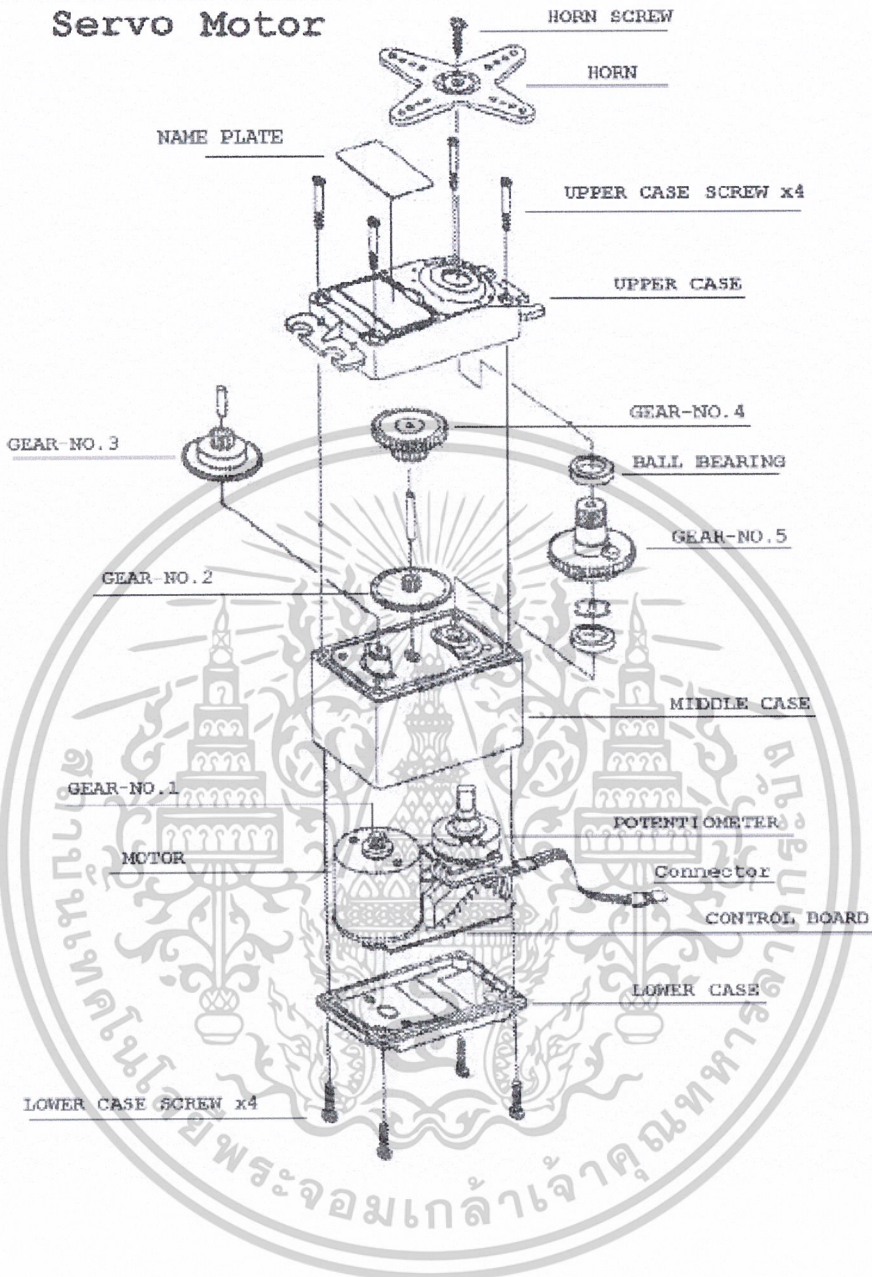
ส่วนการที่จะควบคุมให้มอเตอร์หมุนเป็นมุมอื่นๆ นั้นก็สามารถทำได้โดยเริ่มต้นการป้อนสัญญาณพัลส์เป็นระดับความกว้างต่าง ๆ โดยอ้างอิงจากจุดทั้ง 3 จุดที่กล่าวมานี้ ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการให้หมุนไปที่มุม -45 องศา เราก็ต้องป้อนสัญญาณที่มีความกว้าง 1.25 ms เป็นต้น และสัญญาณนี้จะต้องจ่ายให้มอเตอร์ทุกๆ 20 ms (Period) เพื่อรักษาสภาพตำแหน่งของมอเตอร์ไว้



รูปที่ 2.16 การหมุนของเซอร์โวมอเตอร์เมื่อมีสัญญาณพัลส์รูปแบบต่างๆ เข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Servo Motor



รูปที่ 2.17 โครงสร้างภายในของเซอร์โวมอเตอร์

โดยหลักการก็คือ จะอาศัยการเปรียบเทียบช่วงเวลาของความกว้างพัลส์ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ทางขาสัญญาณควบคุมกับค่าเวลาของวงจร RC ภายในบอร์ดควบคุมในตัวของมอเตอร์ ซึ่งค่าเวลาของ RC นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงตามการหมุนของมอเตอร์ เนื่องจากตัวต้านทานปรับค่าจะถูกยึดติดอยู่กับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งการหมุนของมอเตอร์จะทำให้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่า (VR) เปลี่ยนแปลงไป เป็นผลทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่เราป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุม สัญญาณนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าเวลาของวงจร RC หากค่าทั้ง 2 ไม่เท่ากันมอเตอร์ก็จะหมุนทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงจนกระทั่งค่าเวลาความกว้างพัลส์ของวงจร RC เปลี่ยนแปลงจนเท่ากับสัญญาณพัลส์ทางขาควบคุม (Control Line) มอเตอร์จึงหยุดหมุน



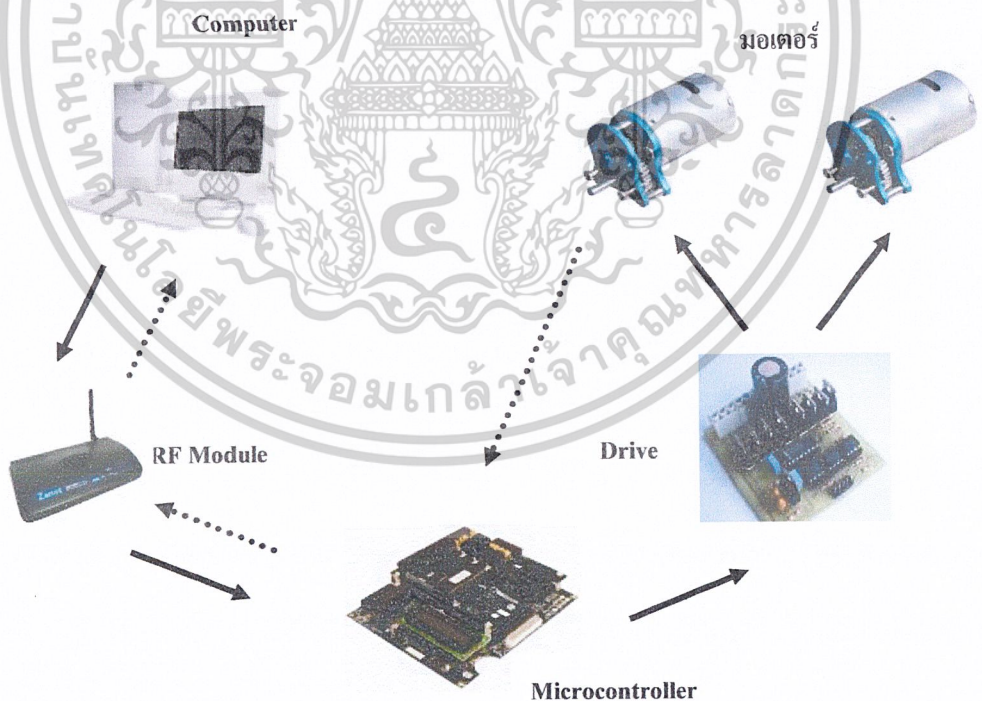
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 โครงสร้างโดยรวม

การทำงานของระบบนั้นจะเริ่มต้นจากการสั่งการทำงานทั้งหมดจากคอมพิวเตอร์ โดยที่ผู้ใช้จะทำการคลิก (click) ตำแหน่ง และระยะในการเคลื่อนที่ที่หน้าจอ Interface จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งผ่านมายังชุดรับ-ส่งแบบไร้สาย (RF Module) แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับข้อมูลนั้นมาทำการสร้างสัญญาณพัลส์ (pulse) ตามข้อมูลที่ได้รับมา ซึ่งที่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตัวจะกำหนด ID ในการรับข้อมูลของตนเองไว้ทำให้ไม่เกิดการแย่งข้อมูลกันของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการสร้างสัญญาณพัลส์ (pulse) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ควบคุมล้อแต่ละข้างนั้นจะแยกเป็นอิสระต่อกัน เพื่อส่งไปควบคุมมอเตอร์ของล้อแต่ละข้างให้เดินทางตามข้อมูลที่รับมา จากนั้นก็จะส่งค่าที่ได้กลับไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อบอกว่าถึงตำแหน่งตามที่ต้องการแล้ว โครงสร้างโดยรวมของระบบสามารถแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานโดยรวมของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

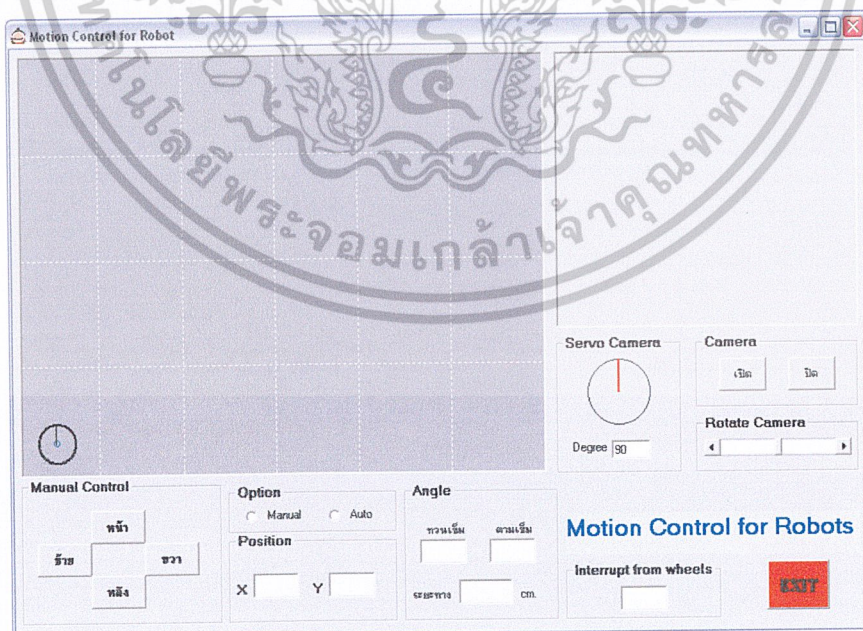
เมื่อพิจารณาโครงสร้างโดยรวมแล้วสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. ส่วนของอินพุต
2. ส่วนของการควบคุม
3. ส่วนของเอาต์พุต

3.2 ส่วนของอินพุต

ในส่วนนี้การทำงานจะทำบนหน้าจอกอมพิวเตอร์โดยสร้างหน้าจอดูติดต่อกับผู้ใช้งานขึ้นมา (User Interface) เพื่อสั่งการทำงานของระบบ โดยใช้โปรแกรม Visual Basic ในการเขียน โปรแกรมติดต่อกับฮาร์ดแวร์ (Hardware) โดยโปรแกรมจะทำหน้าที่หลัก ๆ ดังนี้ คือ

- ส่งข้อมูลให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการกำหนดระยะทางในโหมด Auto
- แสดงการเคลื่อนที่ของรถ
- แสดงระยะทางและตำแหน่งของรถ
- ควบคุมการเคลื่อนที่ของรถในโหมด Manual
- แสดงภาพที่ได้จากกล้อง
- แสดงมุมของการหมุนกล้องและการหมุนของหุ่นยนต์
- ควบคุมการหมุนของ servo camera



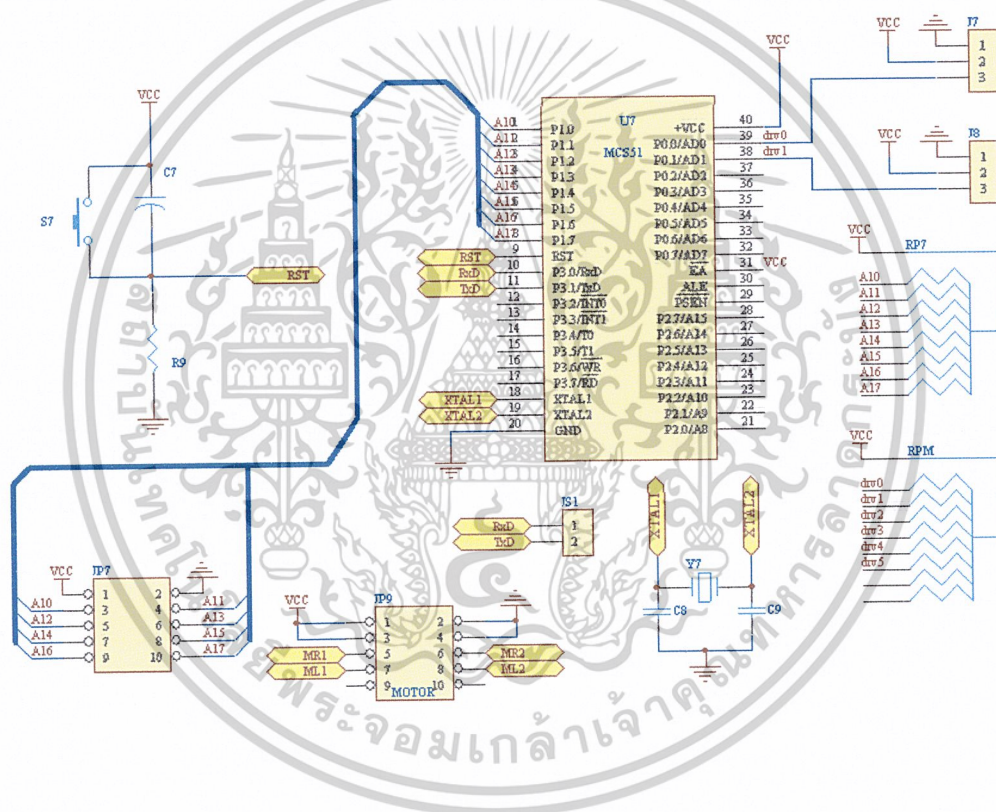
รูปที่ 3.2 แสดงหน้าจอ Interface ที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ส่วนของการควบคุม

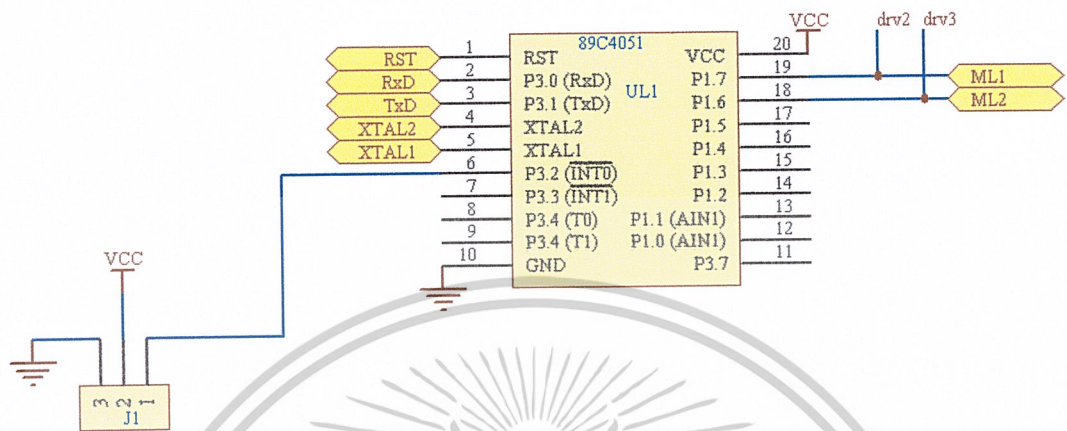
ส่วนนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของวงจรควบคุม (Controller) และส่วนของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงาน

3.3.1. วงจรควบคุม ประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งหมด 3 ตัวและอุปกรณ์ต่าง ๆ วงจรที่ใช้ในการควบคุมแสดงดังรูป

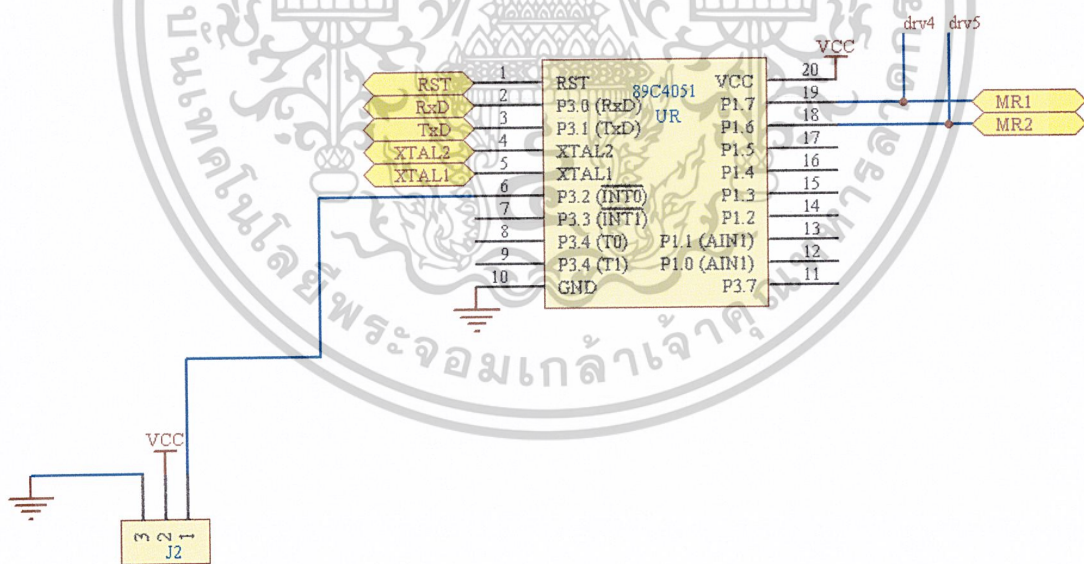


รูปที่ 3.3 วงจรควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

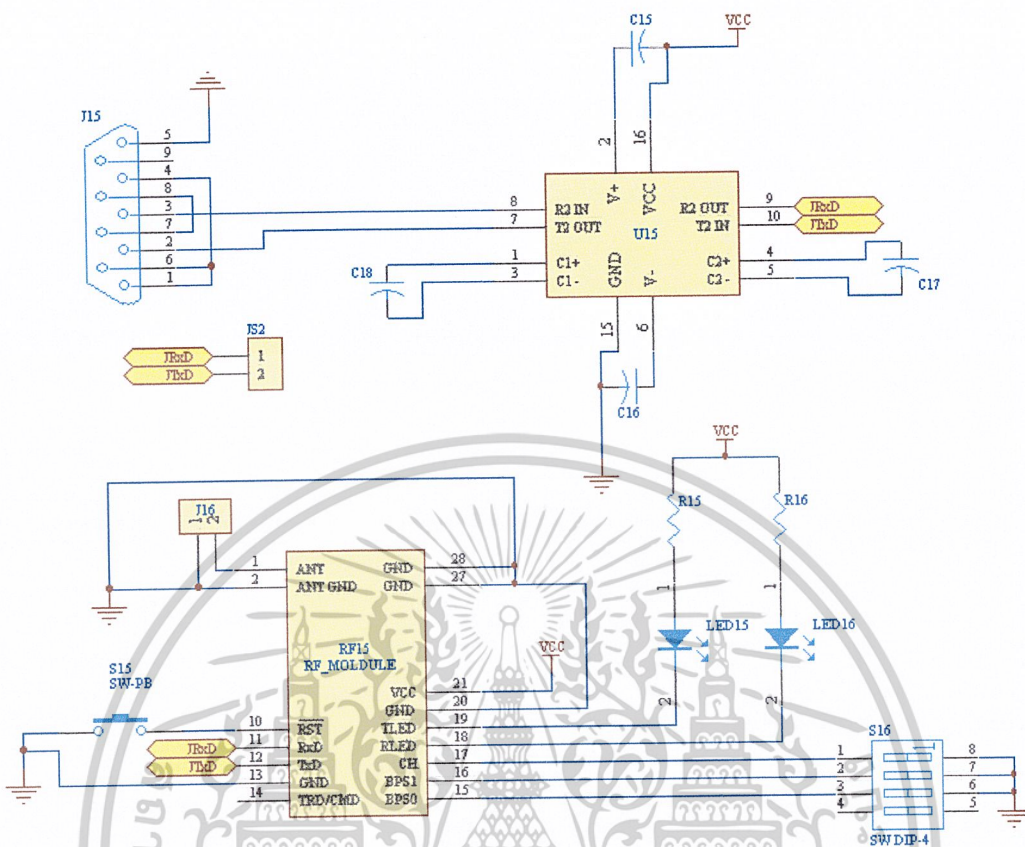


รูปที่ 3.4 วงจรควบคุมมอเตอร์ซ้าย



รูปที่ 3.5 วงจรควบคุมมอเตอร์ขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



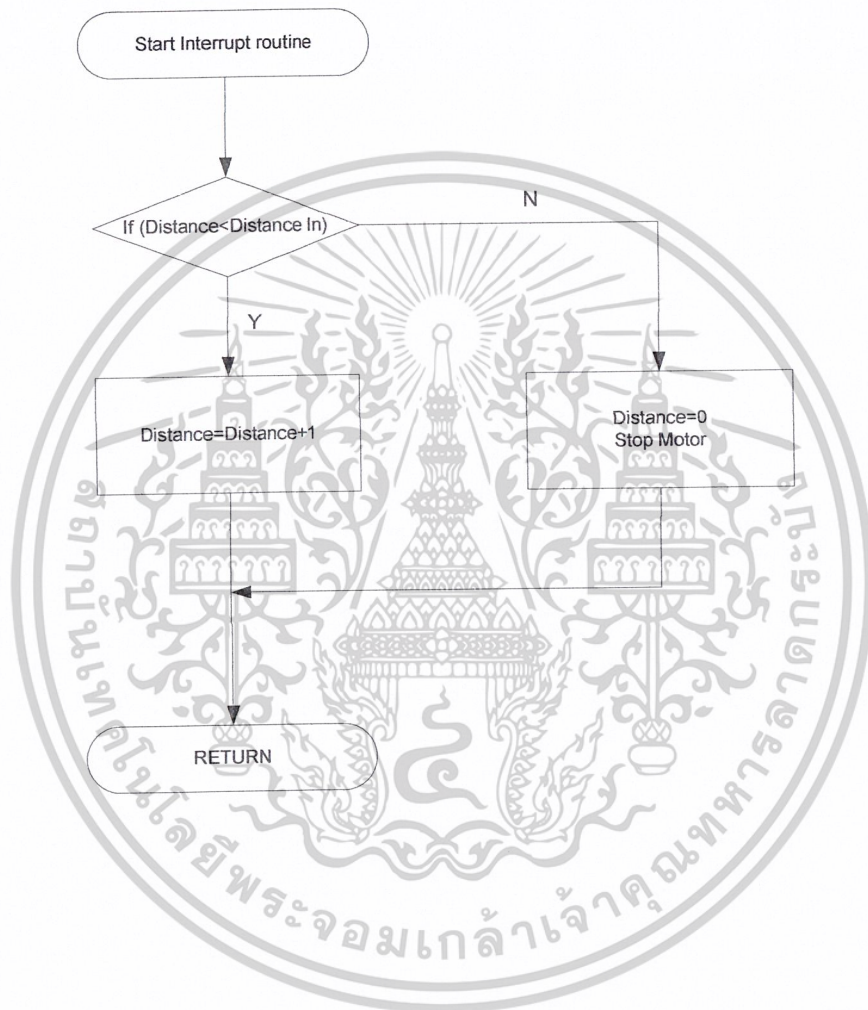
รูปที่ 3.6 วงจรรับ-ส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม

จากรูปที่ 3.3 , 3.4 และ 3.5 แสดงการต่อวงจรควบคุมซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานทั้งหมด 3 ตัว โดยแบ่งออกเป็น ชุดควบคุมวงจรถับคลื่นมอดูเลเตอร์ 2 ตัว ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C4051 ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้ง 2 ตัวนี้จะทำงานเป็นอิสระต่อกัน สาเหตุที่ต้องใช้ถึง 2 ตัวก็เพราะว่าง่ายต่อการตรวจเช็ควงจรเมื่อเกิดปัญหาและแยกการควบคุมสื่อทั้ง 2 ข้างได้อย่างอิสระต่อกันซึ่งทำให้ง่ายในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51 นั้น ไว้ควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น servo camera

ส่วนรูปที่ 3.6 เป็นชุดวงจรสำเร็จรูปซึ่งมีรูปแบบการต่อวงจรตามคู่มือ (Datasheet) โดยสามารถเลือกความถี่ที่ใช้งานและอัตราการเร็วของการส่งข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์



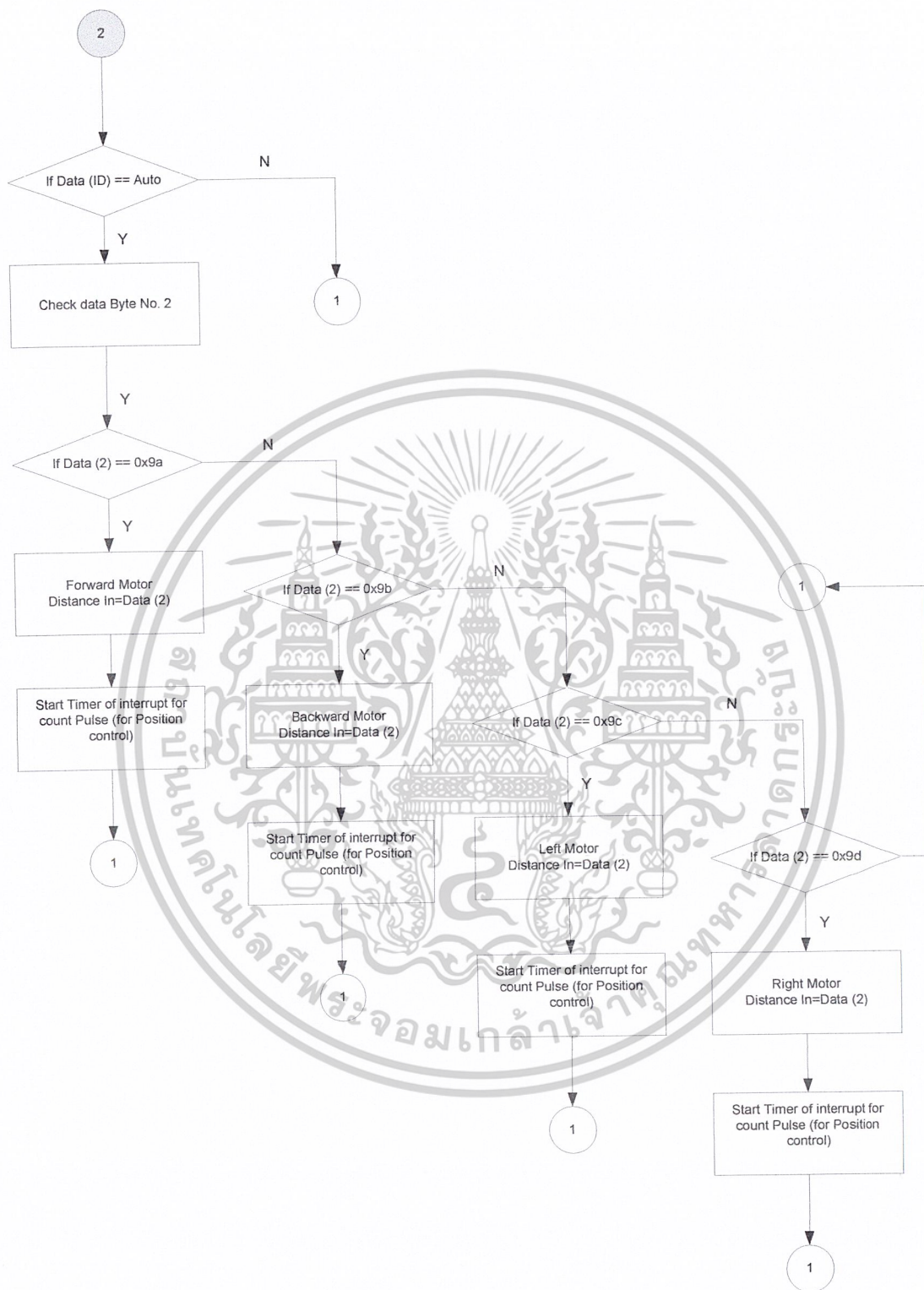
รูปที่ 3.7 Flow Chart การควบคุมการทำงานของ Interrupt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 Flow Chart การควบคุมการทำงานแบบ Manual

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



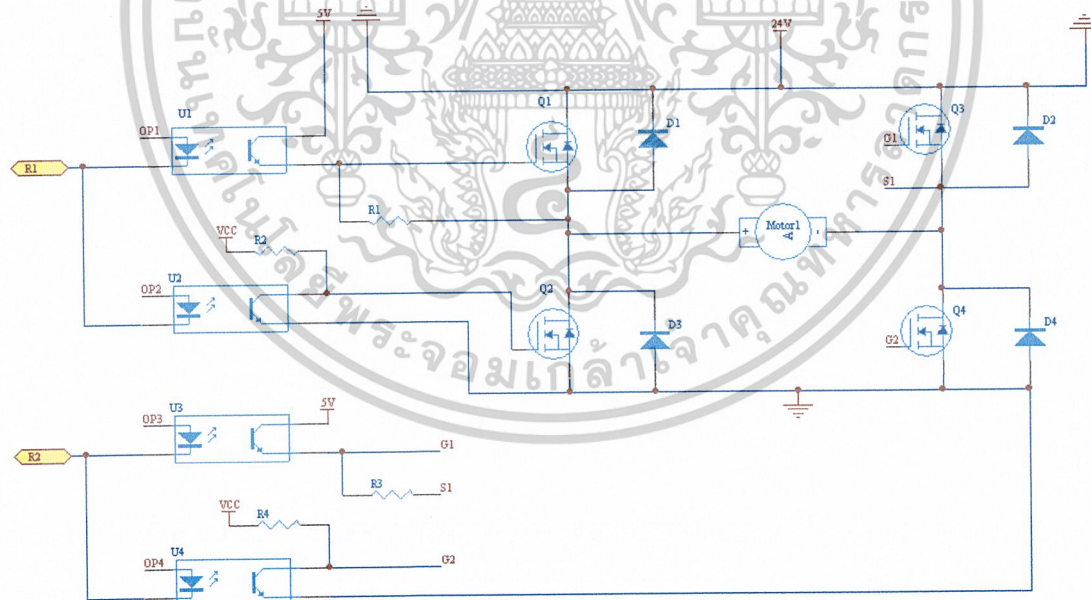
รูปที่ 3.9 Flow Chart การควบคุมการทำงานแบบ Auto

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของโปรแกรมควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่จะใช้การ Interrupt จาก Timer เป็นหลัก โดยในการควบคุมคอมพิวเตอรืจะส่งข้อมูลมาที่วงจรควบคุมจากนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะนำค่าของข้อมูลที่เข้ามาไปเก็บไว้ในตัวแปรอินพุตแล้วทำการเปรียบเทียบกับสัญญาณพัลส์จากล้อของหุ่นยนต์ว่าเท่ากับตัวแปรอินพุตหรือไม่ ถ้าหากว่าเท่ากันแล้วแสดงว่าหุ่นยนต์มาถึงตำแหน่งที่ต้องการ จากนั้นจึงสั่งให้มอเตอร์หยุดหมุน แต่ถ้าตัวแปรอินพุตยังไม่เท่ากับสัญญาณพัลส์จากล้อที่เข้ามาแสดงว่าหุ่นยนต์ยังเคลื่อนที่ไม่ถึงตำแหน่งที่ต้องการก็จะสั่งให้มอเตอร์หมุนต่อไป

3.4 ส่วนของเอาต์พุต

ได้ออกแบบวงจรขับเคลื่อน Motor DC โดยใช้ Power MOSFET ที่สามารถทนกระแสได้ถึง 25 Amp และสามารถรับการควบคุมแบบ Pulse width Modulation ได้ โดยที่ Motor ที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์นี้ได้เลือกหุ่นที่มี Gear ทดรอบสูงๆเพื่อที่จะแบกรับสัณหาระที่จะบรรจุไว้วงจรแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 3.10 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปข้างต้นการทำงานของ MOSFET นี้จะเป็นการทำงานแบบ H-Bridge หรือสะพานรูปตัว H ถ้าเราป้อน Logic เพื่อสั่งให้ Motor ทำงานเป็น 01 หรือ 10 motor จะหมุนเดินหน้าหรือถอยหลัง แต่ถ้าเราสั่ง 00 หรือ 11 motor จะหยุดหมุนถ้าต้องการให้ Motor หมุนกลับทางก็ทำงานสลับข้อมูลที่จะส่งไปจาก 01 เป็น 10 แต่ถ้าต้องการให้หยุดก็ส่งข้อมูล 00 หรือ 11 ออกไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

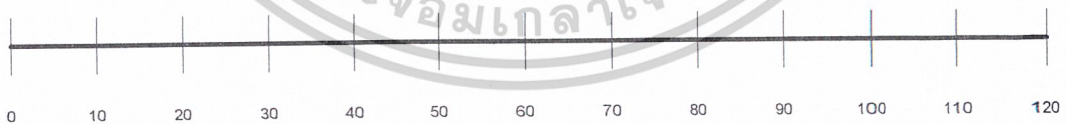
ลักษณะการใช้งานของโครงการนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนตามลักษณะการใช้งาน คือ

1. การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง
2. การเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ

ดังนั้นในส่วนของการผลการทดลองจึงแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนตามลักษณะของการเคลื่อนที่ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น โดยในส่วนแรกจะทดสอบการเคลื่อนที่ตามระยะทางที่กำหนดไว้เป็นเส้นตรง และส่วนที่สองคือจะทดสอบการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ โดยในส่วนนี้จะมีการเคลื่อนย้ายและขวาของหุ่นยนต์

4.1 การทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง

การทดสอบในส่วนนี้จะทำการขีดเส้นตรงไว้โดยแบ่งสเกลให้มีระยะห่างกัน 10 เซนติเมตร แล้วทำการป้อนค่าระยะทางลงใน Textbox ของโปรแกรม Visual Basic



รูปที่ 4.1 ระยะทางที่ใช้ในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 User Interface ของการทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง

4.2 ตารางบันทึกผลการทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง

ระยะทาง (cm.)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าผิดพลาด (%)
10	11.5	10.2	10.8	10.83	0.1083
20	18.7	20.1	19.1	19.3	0.193
30	29.4	28.2	28.6	28.73	0.2873
40	40.2	38.8	38.5	39.16	0.3916
50	49.7	49.6	50	49.76	0.4976
60	58.9	58.6	61.8	59.76	0.5976
70	71.1	68.5	70.6	70.06	0.7006
80	78.4	79.2	82.8	80.13	0.8013
90	90.6	89	92	90.53	0.9053
100	100.5	101	98.8	100.1	1.001
110	111	114	108	111	1.11
120	117	120.5	119	118.83	1.1883
130	129.5	132	128	129.83	1.2983

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

140	139	142	140	140.33	1.4033
150	153.8	151	148.5	151.1	1.511
160	163	158	159	160	1.60
170	172	170.2	173.8	172	1.72
180	179.7	177	182	179.56	1.7956
190	192	189.9	193	191.63	1.9163
200	198.7	202	203.1	201.26	2.0126

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง

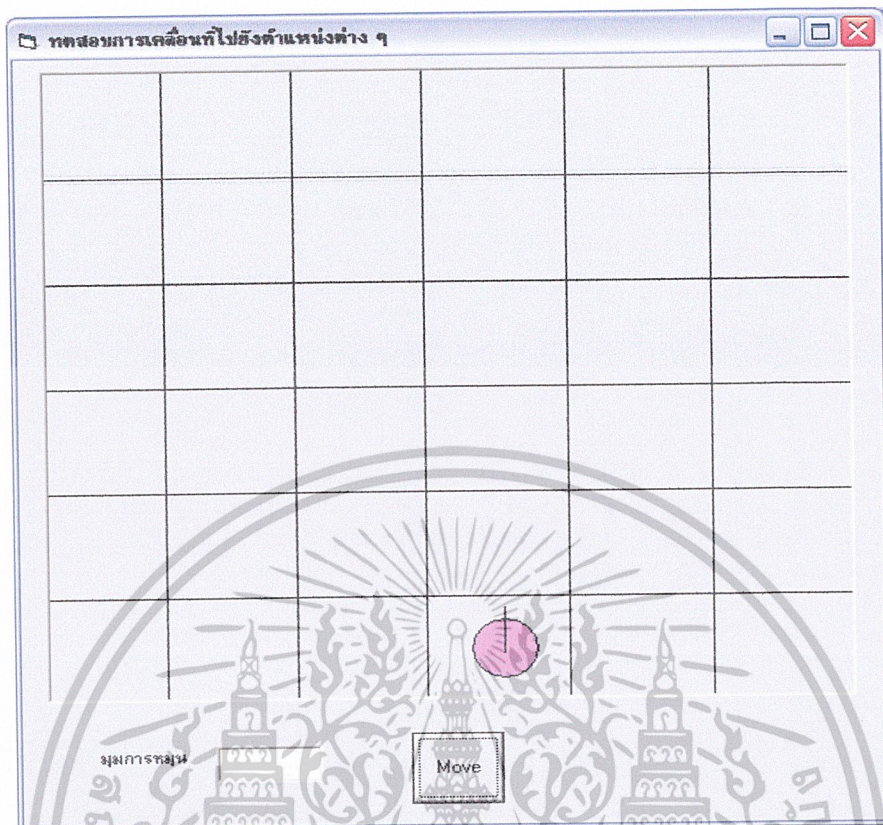
4.3 การทดสอบการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ

การทดสอบในส่วนนี้จะทำการตีตารางขนาด 6 x 6 โดยตำแหน่งเริ่มต้นของหุ่นยนต์นั้นจะอยู่ที่ตำแหน่งหมายเลข 8 แสดงดังรูป

A	B	C	D	E	F
G	H	I	J	K	L
M	N	O	P	Q	R
S	T	U	V	W	X
Y	Z	1	2	3	4
5	6	7	8 	9	10

รูปที่ 4.3 แผนที่ในการทดสอบการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 User Interface ของการทดสอบการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ

4.4 ตารางบันทึกผลการทดสอบการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ

ตำแหน่ง	การเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมาย
A	คลาดเคลื่อนเล็กน้อย
B	คลาดเคลื่อนเล็กน้อย
C	แม่นยำ
D	แม่นยำ
E	แม่นยำ
F	คลาดเคลื่อนเล็กน้อย
G	คลาดเคลื่อนเล็กน้อย
H	แม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I	แม่นยำ
J	แม่นยำ
K	แม่นยำ
L	แม่นยำ
M	คลาดเคลื่อนเล็กน้อย
N	คลาดเคลื่อนเล็กน้อย
O	แม่นยำ
P	แม่นยำ
Q	แม่นยำ
R	คลาดเคลื่อนเล็กน้อย
S	คลาดเคลื่อนเล็กน้อย
T	แม่นยำ
U	แม่นยำ
V	แม่นยำ
W	แม่นยำ
X	คลาดเคลื่อนเล็กน้อย
Y	คลาดเคลื่อนเล็กน้อย
Z	คลาดเคลื่อนเล็กน้อย
1	แม่นยำ
2	แม่นยำ
3	แม่นยำ
4	คลาดเคลื่อนเล็กน้อย
5	แม่นยำ
6	แม่นยำ
7	แม่นยำ
9	แม่นยำ
10	แม่นยำ

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาสามารถสรุปการทำงานได้ดังนี้

5.1.1 ส่วนของอินพุต

- ศึกษาการใช้โปรแกรม Visual Basic เพื่อติดต่อและควบคุม Hardware

5.2.2 ส่วนตัวควบคุม

- ศึกษาและออกแบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์
- ศึกษาการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซี

5.2.3 ส่วนของเอาต์พุต

- ศึกษาการทำงานของ IC เบอร์ L298
- ศึกษาการทำงานของทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า (POWER MOSFET)
- ออกแบบวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น

5.2.1 ส่วนของอินพุต

ปัญหาที่เกิดขึ้น และพบบ่อยที่สุด คือ อัตราความเร็วของการส่งข้อมูลเนื่องจากถ้าหากส่งข้อมูลด้วยอัตราความเร็วที่สูงเกินไปจะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับข้อมูลที่ส่งมาไม่ทัน

5.2.2 ส่วนตัวควบคุม

มีปัญหาในการออกแบบการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกัน 3 ตัว ซึ่งใช้แหล่งจ่ายไฟและใช้แหล่งกำเนิดความถี่ร่วมกัน คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตัวจะกินกระแสไฟฟ้าไม่เท่ากันเท่าให้การส่งข้อมูลในบางครั้งเกิดข้อผิดพลาดขึ้น

ปัญหาอีกอย่าง คือ เมื่อ load เยอะทำให้มอเตอร์ไม่หมุน เป็นผลให้วงจรควบคุมมีระดับกระแสเลี้ยงวงจรไม่พอ ทำให้วงจรเกิดสถานะ Error

สำหรับส่วนของโปรแกรมนั้นเนื่องจากการคำนวณ P Controller ต้องเกี่ยวข้องกับตัวเลขทศนิยมหลายตำแหน่ง ทำให้เกิดปัญหาในการเขียนโปรแกรม ด้วยภาษา Assembly เพราะการเปรียบเทียบมากกว่าหรือน้อยกว่า , ลักษณะการเก็บข้อมูลเป็น Byte , รวมทั้งการคิดเครื่องหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บวกลบในภาษา Assembly ก่อนข้างยุ่งยาก ทำให้การเก็บและคำนวณข้อมูล ทั้งตัวเลขจำนวนเต็ม จำนวนมาก ๆ และตัวเลขทศนิยมหลายตำแหน่งเป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์

5.2.3 ส่วนของเอาต์พุต

ปัญหาที่พบจะเป็นเรื่องของการหาอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้เป็นวงจรจับมอเตอร์ที่สามารถทน กระแสได้สูง ๆ เนื่องจากมอเตอร์ที่เลือกใช้นั้นค่อนข้างกินกระแสสูง

5.3 แนวทางการพัฒนาโครงการ

1. พัฒนาระบบควบคุมมอเตอร์ให้เป็นแบบ PI Control
2. ปรับเปลี่ยน Body ของหุ่นยนต์ให้มีความแข็งแรงมากขึ้น
3. เปลี่ยนมอเตอร์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
4. ติดตั้งอุปกรณ์เสริมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับหุ่นยนต์
5. สามารถปรับเปลี่ยนให้เป็นระบบอัตโนมัติได้อย่างเต็มรูปแบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] ชีรบูลย์ หล่อวิเชียรรุ่ง, นคร ภักดีชาติ, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไล, “ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยโปรแกรมภาษา C”, บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, 2521
- [2] ผศ.ธีรวัฒน์ ประกอบผล, “การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซี”, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2545
- [3] สัจจะ จรัสรุ่งรวีธรรม, “คู่มือการเขียนโปรแกรมและใช้งาน Visual Basic 6.0”, อินโฟเพรส, 2544
- [4] อภิชาติ ภูปลับ, “เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อและควบคุมฮาร์ดแวร์ด้วย Visual Basic”, อินโฟเพรส, 2546
- [5] ศิวะ หงษ์นภา, “หลักการและการประยุกต์ใช้งานดีซีไดรฟ์”, บริษัท กู๊ดวิลล์ไดเร็คชั่น จำกัด, 2547
- [6] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไล, “เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช”, บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, 2521

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

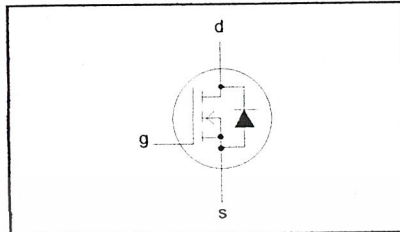
N-channel TrenchMOS™ transistor

IRF540, IRF540S

FEATURES

- 'Trench' technology
- Low on-state resistance
- Fast switching
- Low thermal resistance

SYMBOL



QUICK REFERENCE DATA

$V_{DSS} = 100\text{ V}$
$I_D = 23\text{ A}$
$R_{DS(ON)} \leq 77\text{ m}\Omega$

GENERAL DESCRIPTION

N-channel enhancement mode field-effect power transistor in a plastic envelope using 'trench' technology.

Applications:-

- d.c. to d.c. converters
- switched mode power supplies
- T.V. and computer monitor power supplies

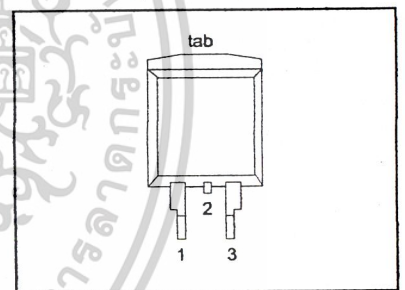
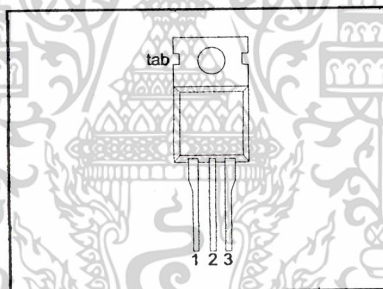
The IRF540 is supplied in the SOT78 (TO220AB) conventional leaded package.
The IRF540S is supplied in the SOT404 (D²PAK) surface mounting package.

PINNING

SOT78 (TO220AB)

SOT404 (D²PAK)

PIN	DESCRIPTION
1	gate
2	drain ¹
3	source
tab	drain



LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{DSS}	Drain-source voltage	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ to $175\text{ }^\circ\text{C}$	-	100	V
V_{DGR}	Drain-gate voltage	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ to $175\text{ }^\circ\text{C}$; $R_{GS} = 20\text{ k}\Omega$	-	100	V
V_{GS}	Gate-source voltage		-	± 20	V
I_D	Continuous drain current	$T_{mb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$; $V_{GS} = 10\text{ V}$	-	23	A
		$T_{mb} = 100\text{ }^\circ\text{C}$; $V_{GS} = 10\text{ V}$	-	16	A
I_{DM}	Pulsed drain current	$T_{mb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$	-	92	A
P_D	Total power dissipation	$T_{mb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$	-	100	W
T_j, T_{slg}	Operating junction and storage temperature		-55	175	$^\circ\text{C}$

¹ It is not possible to make connection to pin:2 of the SOT404 package

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N-channel TrenchMOS™ transistor

IRF540, IRF540S

AVALANCHE ENERGY LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
E_{AS}	Non-repetitive avalanche energy	Unclamped inductive load, $I_{AS} = 10$ A; $t_p = 350$ μ s; T_j prior to avalanche = 25°C; $V_{DD} \leq 25$ V; $R_{GS} = 50$ Ω ; $V_{GS} = 10$ V; refer to fig:14	-	230	mJ
I_{AS}	Peak non-repetitive avalanche current		-	23	A

THERMAL RESISTANCES

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$R_{th(j-mb)}$	Thermal resistance junction to mounting base		-	-	1.5	K/W
$R_{th(j-a)}$	Thermal resistance junction to ambient	SOT78 package, in free air SOT404 package, pcb mounted, minimum footprint	-	60	-	K/W
			-	50	-	K/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

 $T_j = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$V_{(BR)DSS}$	Drain-source breakdown voltage	$V_{GS} = 0$ V; $I_D = 0.25$ mA; $T_j = -55^\circ\text{C}$	100 89	-	-	V V
$V_{GS(TO)}$	Gate threshold voltage	$V_{DS} = V_{GS}$; $I_D = 1$ mA	2	3	4	V
		$T_j = 175^\circ\text{C}$	1	-	-	V
		$T_j = -55^\circ\text{C}$	-	-	6	V
$R_{DS(ON)}$	Drain-source on-state resistance	$V_{GS} = 10$ V; $I_D = 17$ A	-	49	77	m Ω
		$T_j = 175^\circ\text{C}$	-	132	193	m Ω
g_{fs}	Forward transconductance	$V_{DS} = 25$ V; $I_D = 17$ A	8.7	15.5	-	S
I_{GSS}	Gate source leakage current	$V_{GS} = \pm 20$ V; $V_{DS} = 0$ V	-	10	100	nA
I_{DSS}	Zero gate voltage drain current	$V_{DS} = 100$ V; $V_{GS} = 0$ V	-	0.05	10	μ A
		$V_{DS} = 80$ V; $V_{GS} = 0$ V; $T_j = 175^\circ\text{C}$	-	-	250	μ A
$Q_{g(tot)}$	Total gate charge	$I_D = 17$ A; $V_{DD} = 80$ V; $V_{GS} = 10$ V	-	-	65	nC
Q_{gs}	Gate-source charge		-	-	10	nC
Q_{gd}	Gate-drain (Miller) charge		-	-	29	nC
$t_{d on}$	Turn-on delay time	$V_{DD} = 50$ V; $R_D = 2.2$ Ω ;	-	8	-	ns
t_r	Turn-on rise time	$V_{GS} = 10$ V; $R_G = 5.6$ Ω	-	39	-	ns
$t_{d off}$	Turn-off delay time	Resistive load	-	26	-	ns
t_f	Turn-off fall time		-	24	-	ns
L_d	Internal drain inductance	Measured tab to centre of die	-	3.5	-	nH
L_d	Internal drain inductance	Measured from drain lead to centre of die (SOT78 package only)	-	4.5	-	nH
L_s	Internal source inductance	Measured from source lead to source bond pad	-	7.5	-	nH
C_{iss}	Input capacitance	$V_{GS} = 0$ V; $V_{DS} = 25$ V; $f = 1$ MHz	-	890	1187	pF
C_{oss}	Output capacitance		-	139	167	pF
C_{rss}	Feedback capacitance		-	83	109	pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N-channel TrenchMOS™ transistor

IRF540, IRF540S

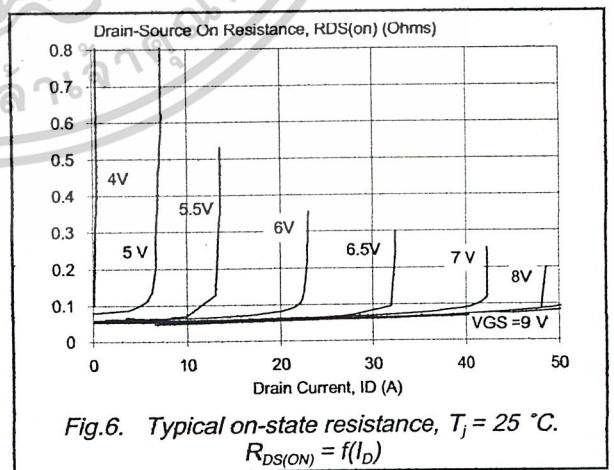
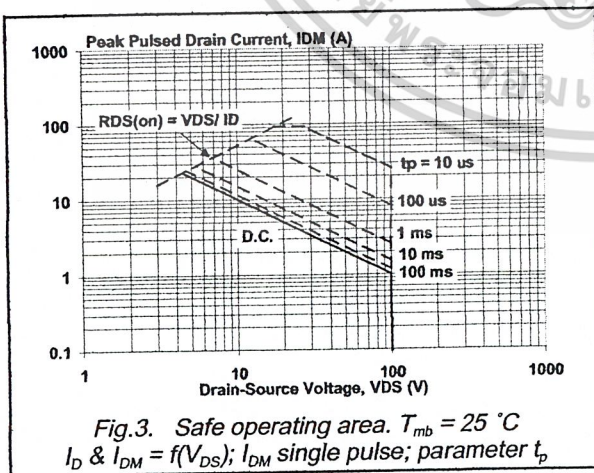
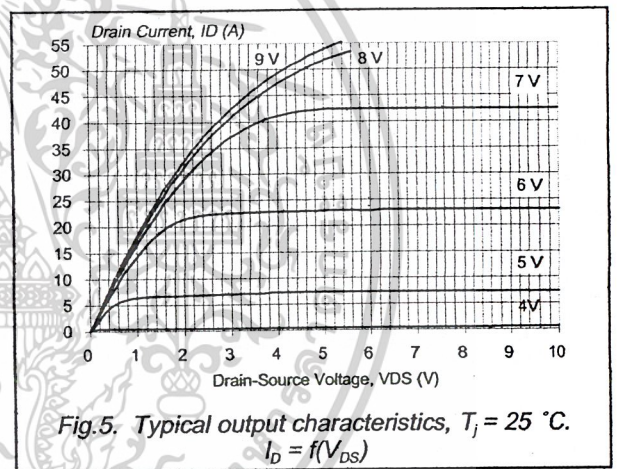
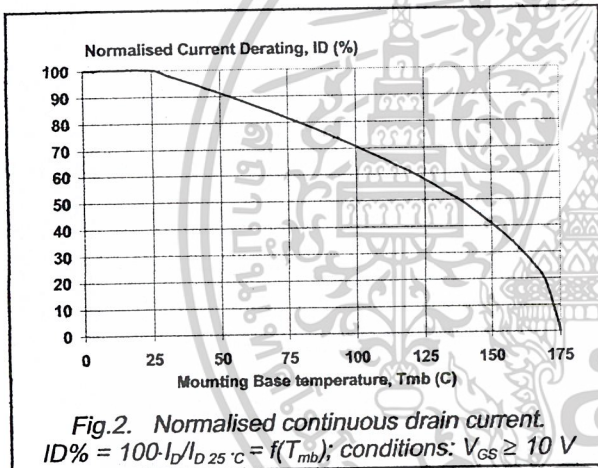
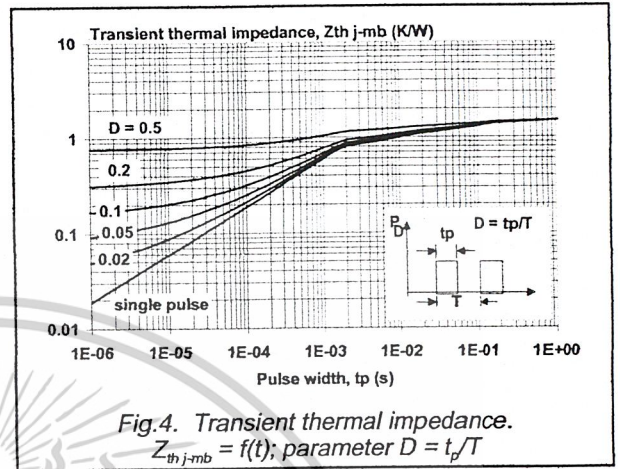
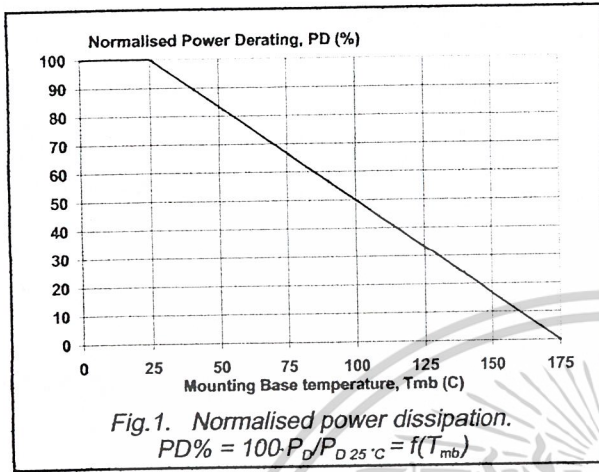
REVERSE DIODE LIMITING VALUES AND CHARACTERISTICS $T_j = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I_s	Continuous source current (body diode)		-	-	23	A
I_{SM}	Pulsed source current (body diode)		-	-	92	A
V_{SD}	Diode forward voltage	$I_F = 28\text{ A}; V_{GS} = 0\text{ V}$	-	0.94	1.5	V
t_{rr}	Reverse recovery time	$I_F = 17\text{ A}; -di_F/dt = 100\text{ A}/\mu\text{s};$	-	61	-	ns
Q_{rr}	Reverse recovery charge	$V_{GS} = 0\text{ V}; V_R = 25\text{ V}$	-	200	-	nC



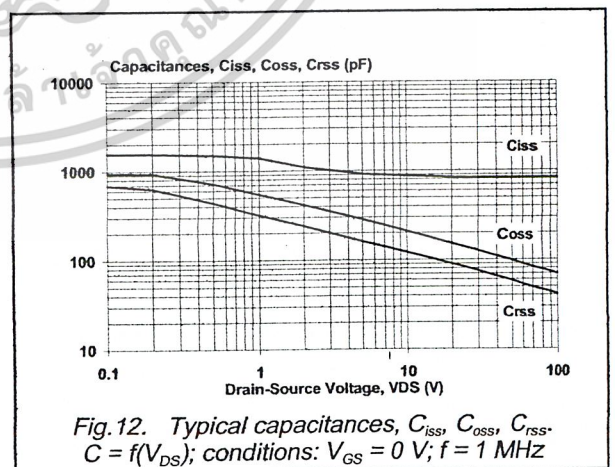
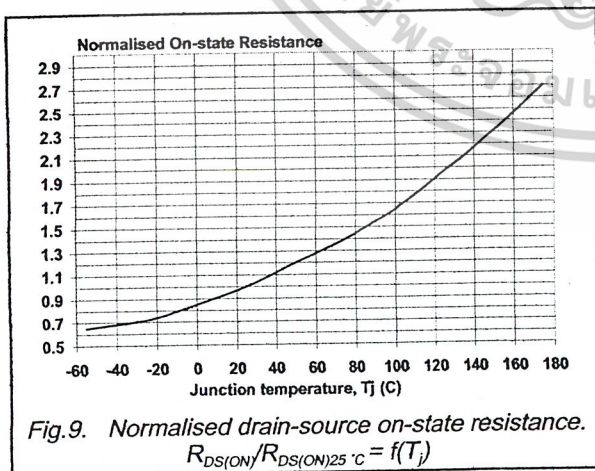
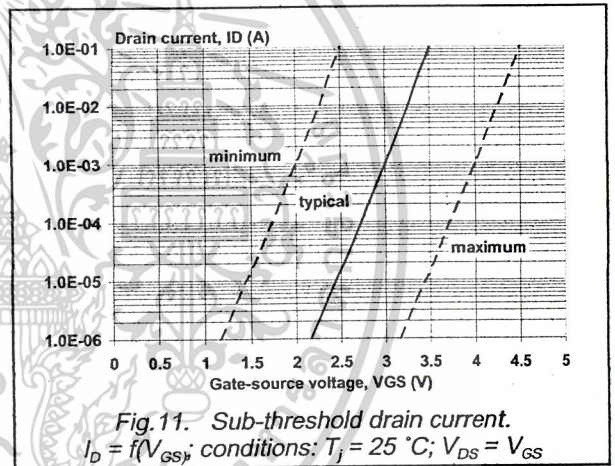
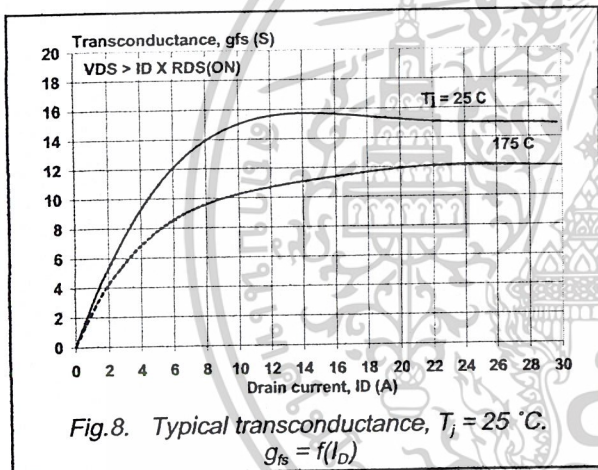
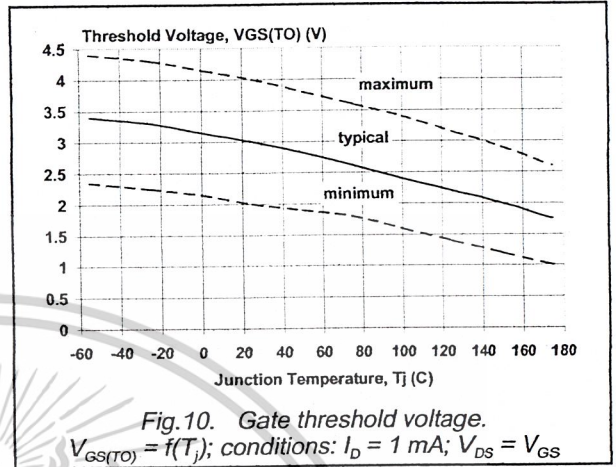
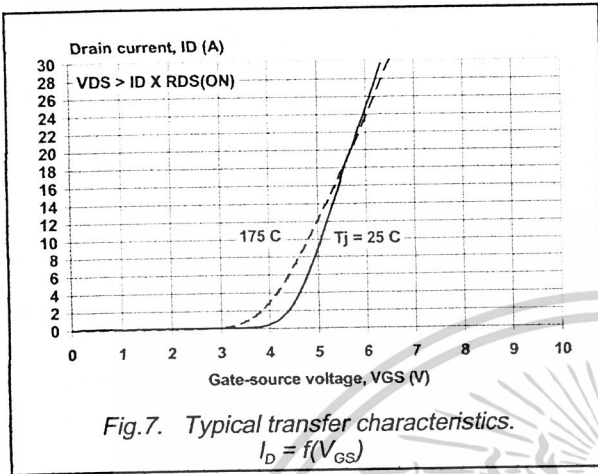
N-channel TrenchMOS™ transistor

IRF540, IRF540S



N-channel TrenchMOS™ transistor

IRF540, IRF540S



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N-channel TrenchMOS™ transistor

IRF540, IRF540S

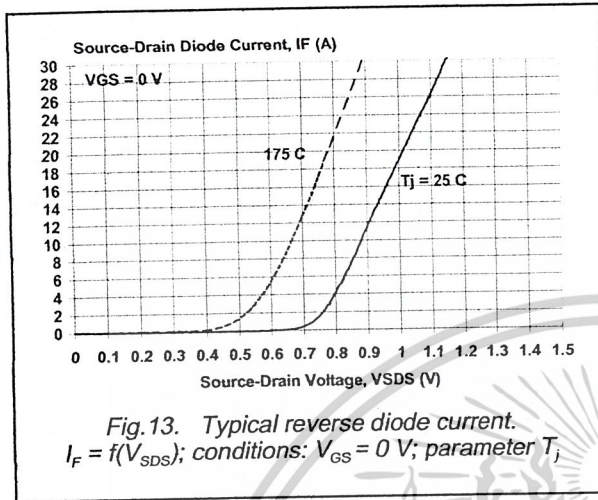


Fig. 13. Typical reverse diode current.
 $I_F = f(V_{SDS})$; conditions: $V_{GS} = 0\text{ V}$; parameter T_j

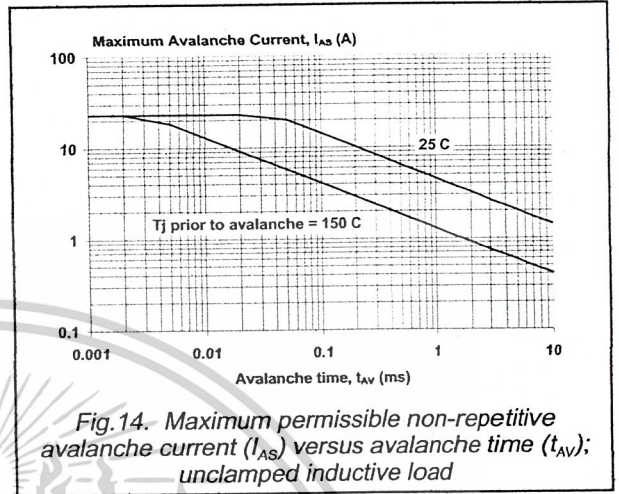


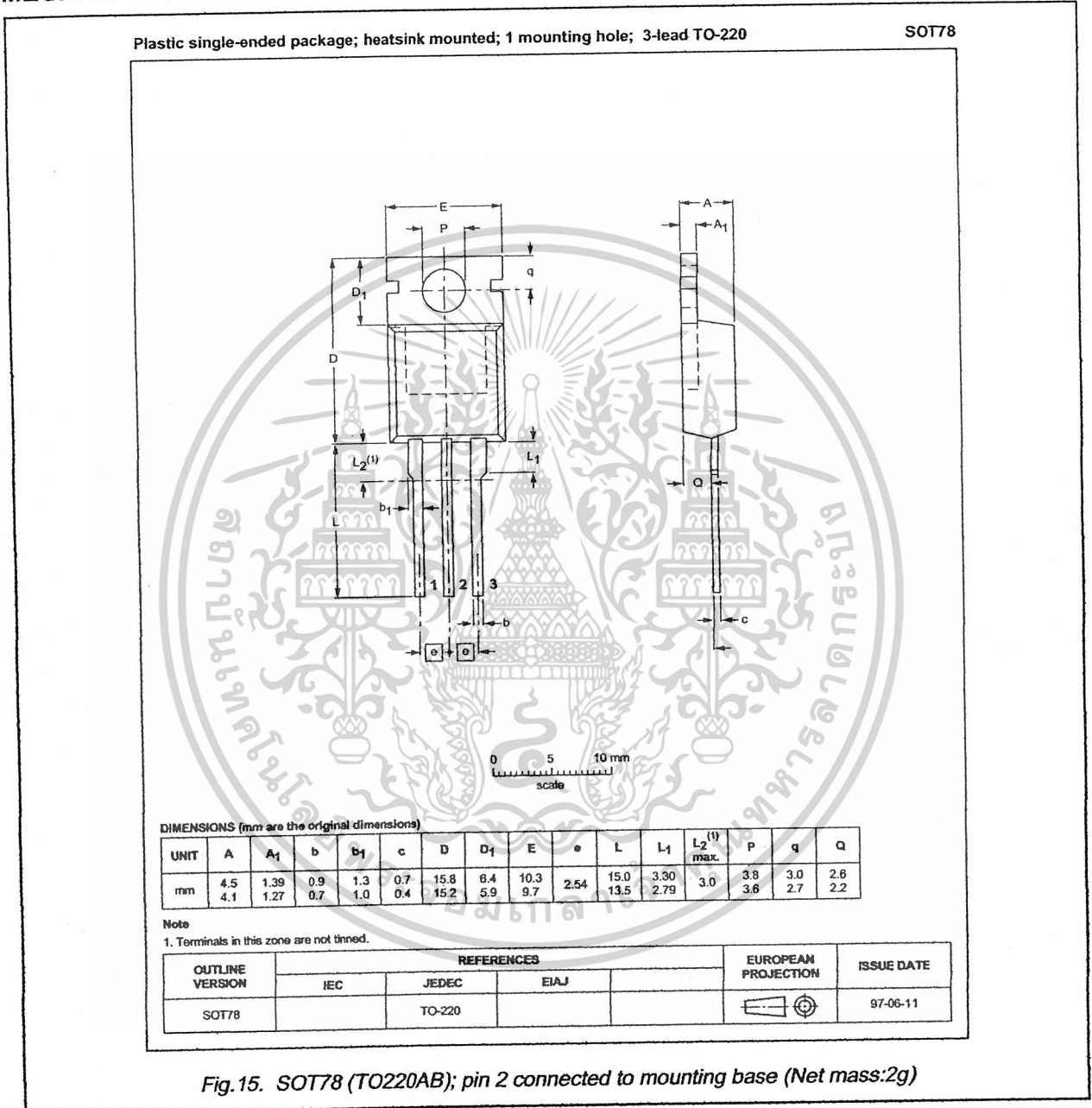
Fig. 14. Maximum permissible non-repetitive avalanche current (I_{AS}) versus avalanche time (t_{AV}); unclamped inductive load



N-channel TrenchMOS™ transistor

IRF540, IRF540S

MECHANICAL DATA



Notes

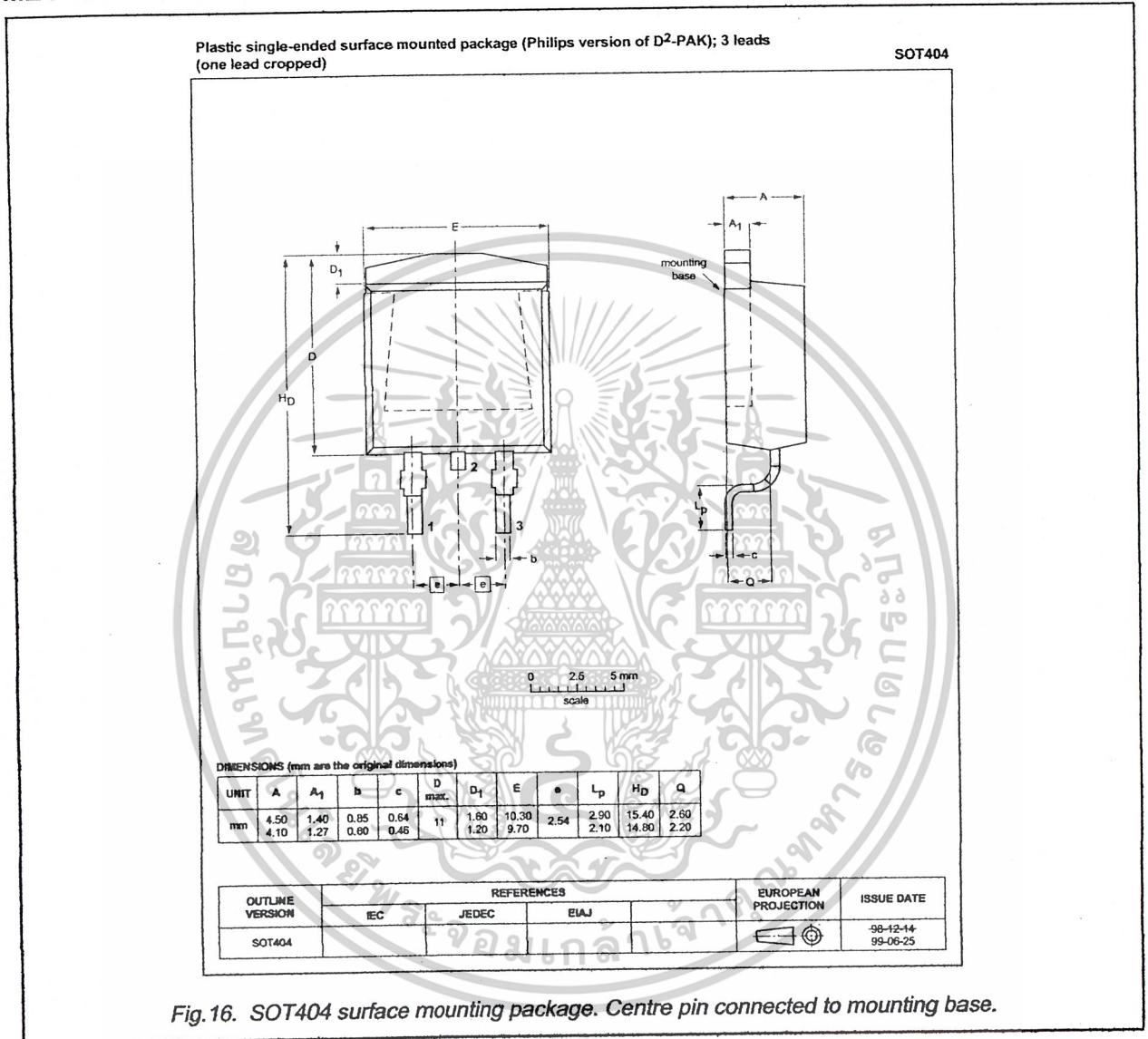
1. This product is supplied in anti-static packaging. The gate-source input must be protected against static discharge during transport or handling.
2. Refer to mounting instructions for SOT78 (TO220AB) package.
3. Epoxy meets UL94 V0 at 1/8".

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N-channel TrenchMOS™ transistor

IRF540, IRF540S

MECHANICAL DATA



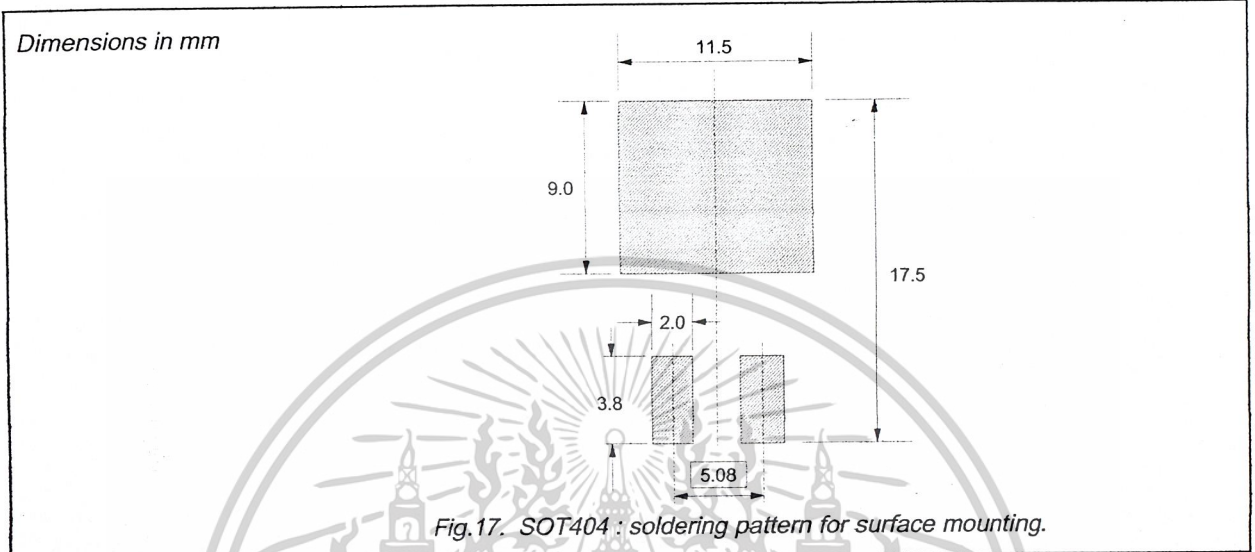
Notes

1. This product is supplied in anti-static packaging. The gate-source input must be protected against static discharge during transport or handling.
2. Refer to SMD Footprint Design and Soldering Guidelines, Data Handbook SC18.
3. Epoxy meets UL94 V0 at 1/8".

N-channel TrenchMOS™ transistor

IRF540, IRF540S

MOUNTING INSTRUCTIONS



DEFINITIONS

Data sheet status	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
Limiting values	
Limiting values are given in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of this specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
Application information	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	
© Philips Electronics N.V. 1999	
All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner.	
The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, it is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent or other industrial or intellectual property rights.	

LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices or systems where malfunction of these products can be reasonably expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

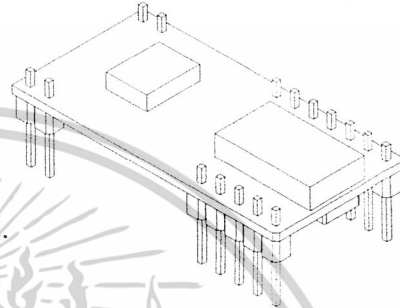
Radio Data Link RF Module with UART Interface

INTRODUCTIONS:

RDL200T (Radio Data Link) RF Module is designed for wireless RS232 serial data communication. It is suitable for most of your wireless data link applications. RDL200T RF Module can be built into your equipment through RS232 interface to replace the cable to become wireless communication. It is a low cost and high quality radio data communication solution.

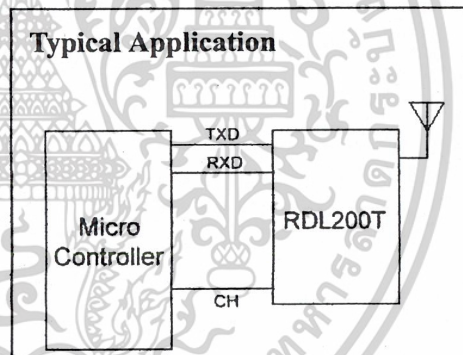
FEATURES:

1. ISM frequency 433.92MHz / 434.33MHz
2. Two channel selectable.
3. Low power consumption with 3.3Vdc
4. RS232 interface (Serial TTL level)
5. Speed up to 9600bps with automatic flow control.
6. Half-duplex with automatic Receiving/Transmitting control.
7. Small package size.
8. Distance: 50~150 meters with appropriate antenna



APPLICATION:

1. Hand-held terminals
2. Computer to computer
3. Computer to terminal
4. Data collection terminal
5. Mobile-around data communications
6. Remote control
7. Remote monitoring
8. POS systems.



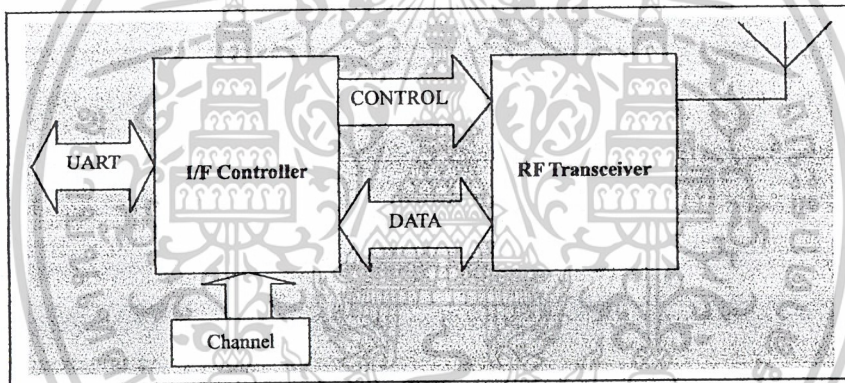
SPECIFICATIONS:

1. Frequency: CH1 433.92MHz / CH2 434.33MHz
2. Modulation: FSK
3. Output power: 7dbm (5mw)
4. Receiving Sensibility: -102dbm
5. Operating voltages: 2.7Vdc~3.3Vdc
6. Power consumption: Tx:60mA / Rx:30mA
7. Interface : RS232 (TTL Level: TXD/RXD)
8. Data Rate : 19200bps/9600bps / 4800bps , Half-duplex
9. Operating temperature: 0°C~55°C (Storage Temperature: -10°C ~60°C)

QUICK REFERENCE DATA

Parameter	Value	Unit
Frequency, Channel#1/Channel#2	433.92/434.33	MHz
Modulation	FSK	
Frequency deviation	+/-30	KHz
Max. RF output power	7	dBm
Sensitivity	-102	dBm
UART Baudrate	19200/9600/4800	bps
Supply voltage	2.7 – 3.3	Vdc
Max. Receive current	30	mA
Max. Transmit current	60	mA

BLOCK DIAGRAM



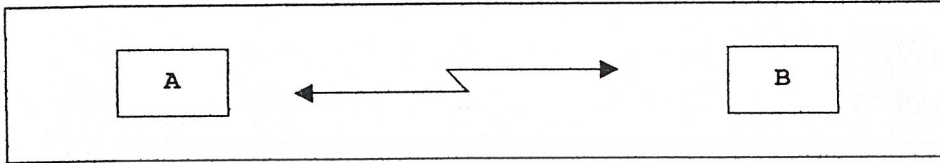
I/F Controller: UART and Radio interface unit

RF Transceiver: A long-range radio transceiver for wireless links operating in the globally available ISM band.

RDL200T APPLICATION

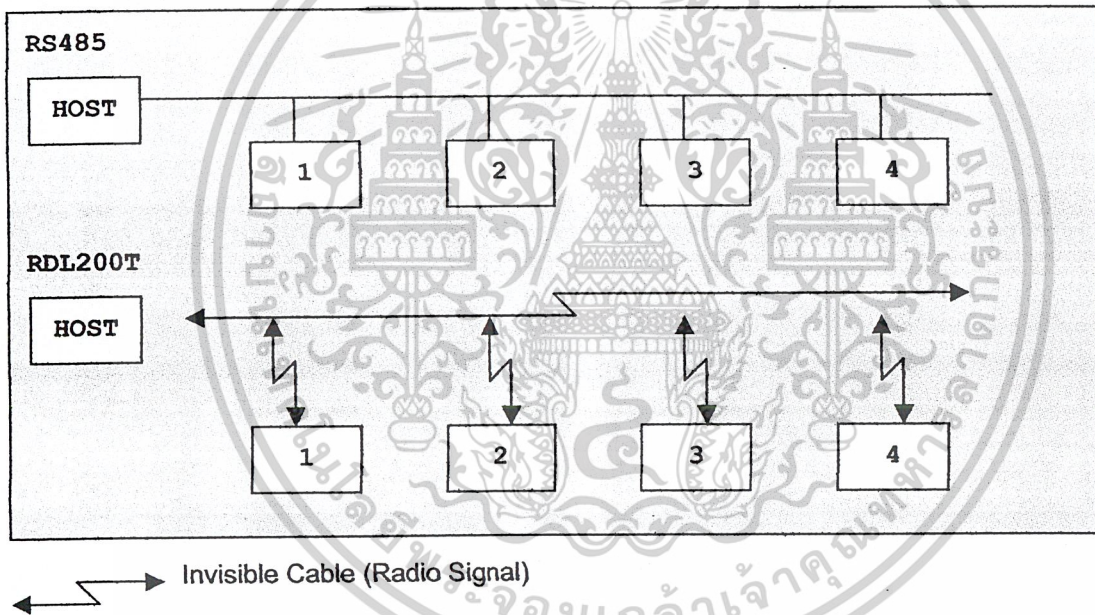
1. Point to Point Radio Data Link

For point to point radio data link, just change your RS232 transceiver IC to RDL200T in your RS232 product. You don't need to change any firmware. RDL200T serves as a invisible RS232 cable in your product.

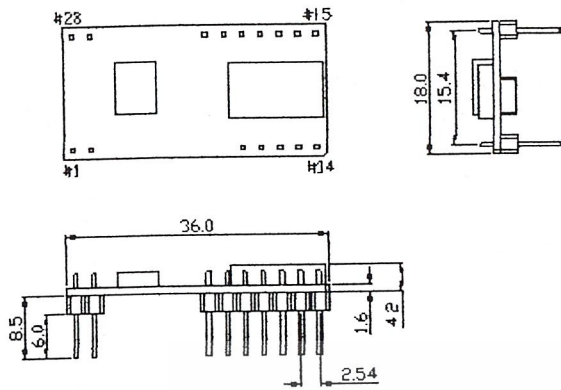


2. Multi-Station Radio Data Link

For Multi-Station radio data link, you have to build a protocol for Multi-Station that's similar to RS485 to assign machine ID for each station.



PACKAGE OUTLINE (DIP28)



Unit: mm

PIN ASSIGNMENT

PIN	NAME	I/O	DESCRIPTION
1	ANT	I	*Antenna
2	ANTG	I	*Antenna Signal GND
3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	NC		No Connect
10	/RST	I	Active Low Reset
11	RXD	I	UART Data Input
12	TXD	O	UART Data Output
13	GND	I	GND
14	TRD/CMD		Reserved
15	BPS0		4800bps 0:disable 1:enable
16	BPS1		0:9600bps 1:19200bps (*short data pack)
17	CH	I	0:433.92MHz 1:434.33MHz
18	RLED	O	RXD Status LED
19	TLED	O	TXD Status LED
20	GND		GND
21	VCC		Power Input +3.3Vdc~2.7Vdc
22, 23, 24, 25, 26	NC		No Connect
27	GND		GND
28	GND		GND

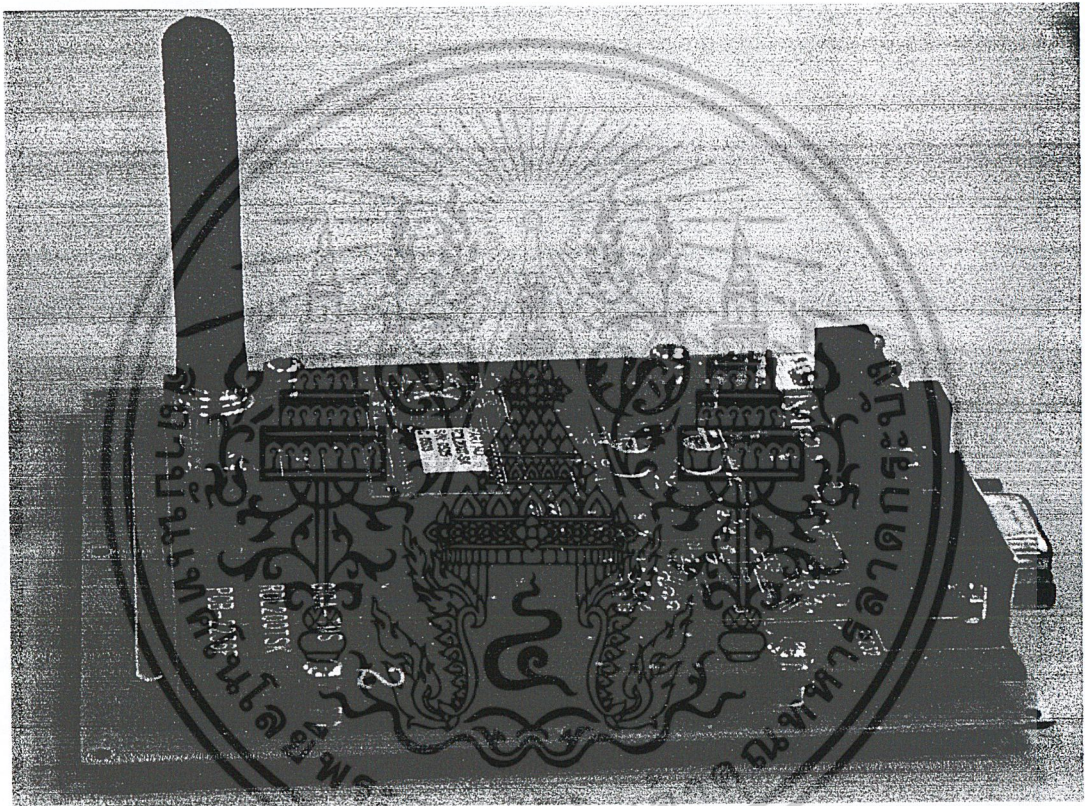
*Antenna Signal GND: Connect to antenna cable GND.

*Antenna : 50 ohm / 430~435MHz / -25db.

*19200bps for short data pack (max 70 bytes) only.

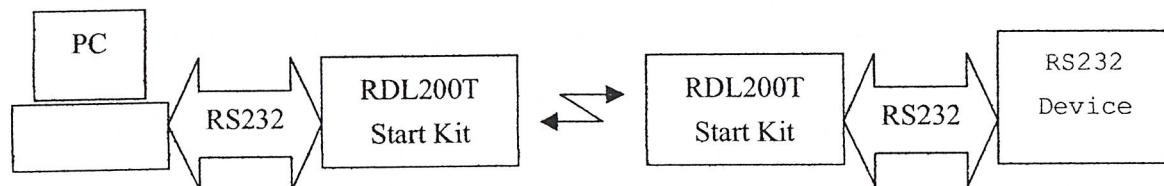
RDL200T START KIT

The RDL200TSK Start Kit includes the RDL200T module and RS232 Transceiver IC, You can easily learn and develop your product for wireless communication application.



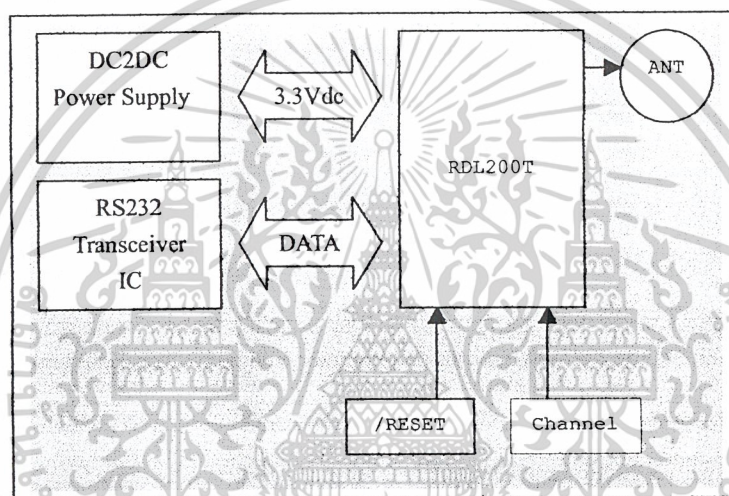
START KIT PACKAGE APPLICATION

Example: Point to Point radio data link

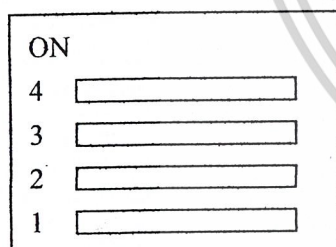


Keep your communication way and easy to upgrade your product to become wireless product with RDL200T.

ASY-RDL200TSK BLOCK DIAGRAM

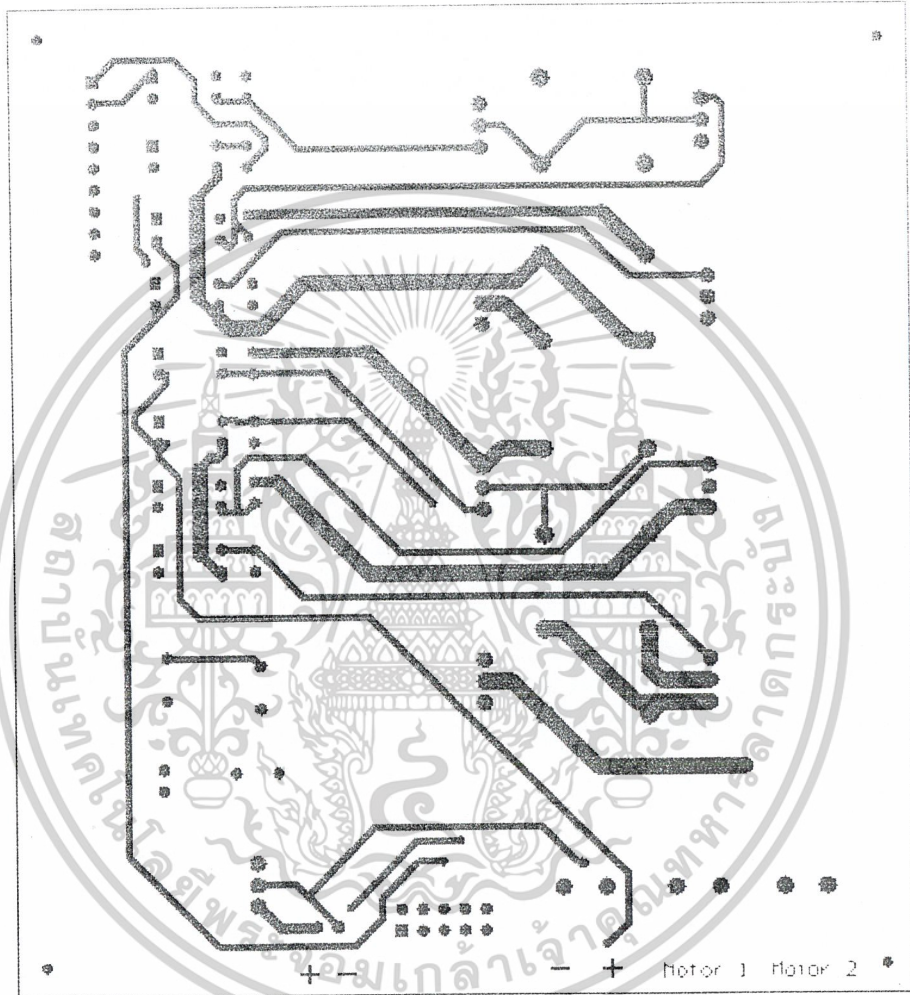


DIP SWITCH



1. ON : CH1 (433.92MHz) / OFF:CH2 (434.33MHz)
2. ON : 4800 bps DISABLE / OFF : 4800 bps ENABLE
3. ON : 9600 bps ENABLE / OFF : 19200 bps ENABLE
4. Reserved

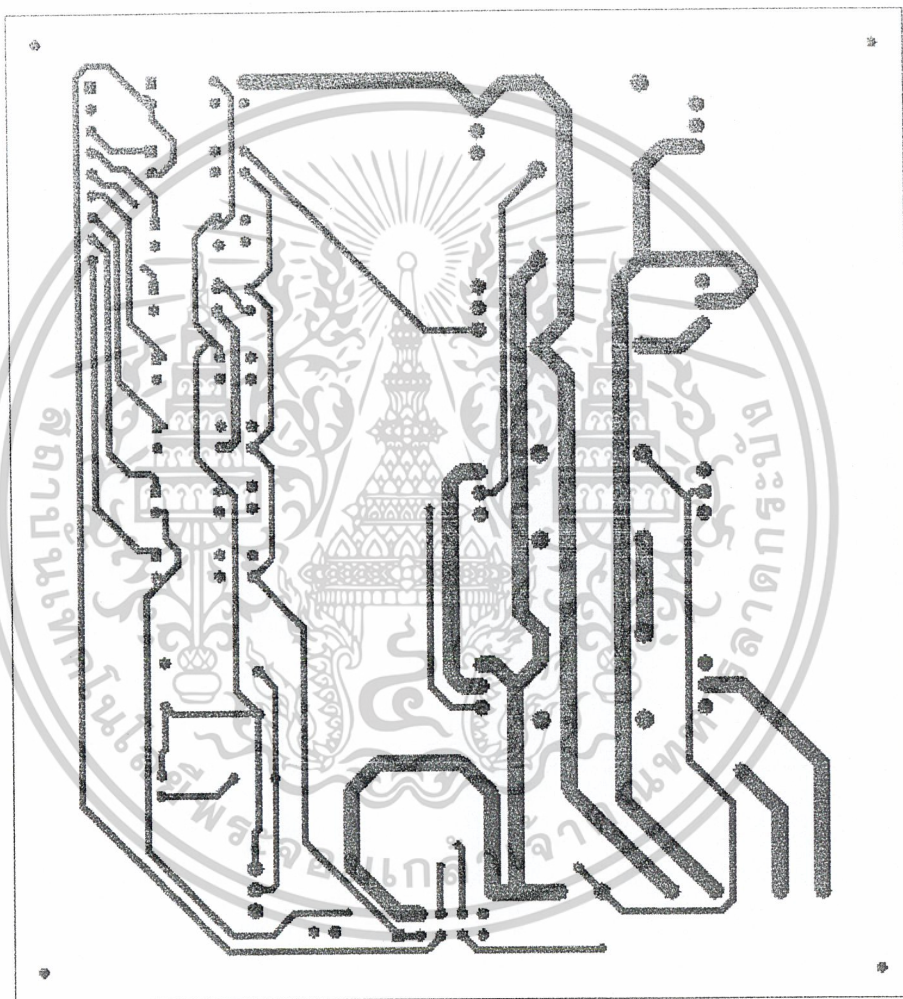
ลายทองแดงชุดวงจรขับเคลื่อน



ด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายทองแดงชุดวงจรขับเคลื่อน (ต่อ)



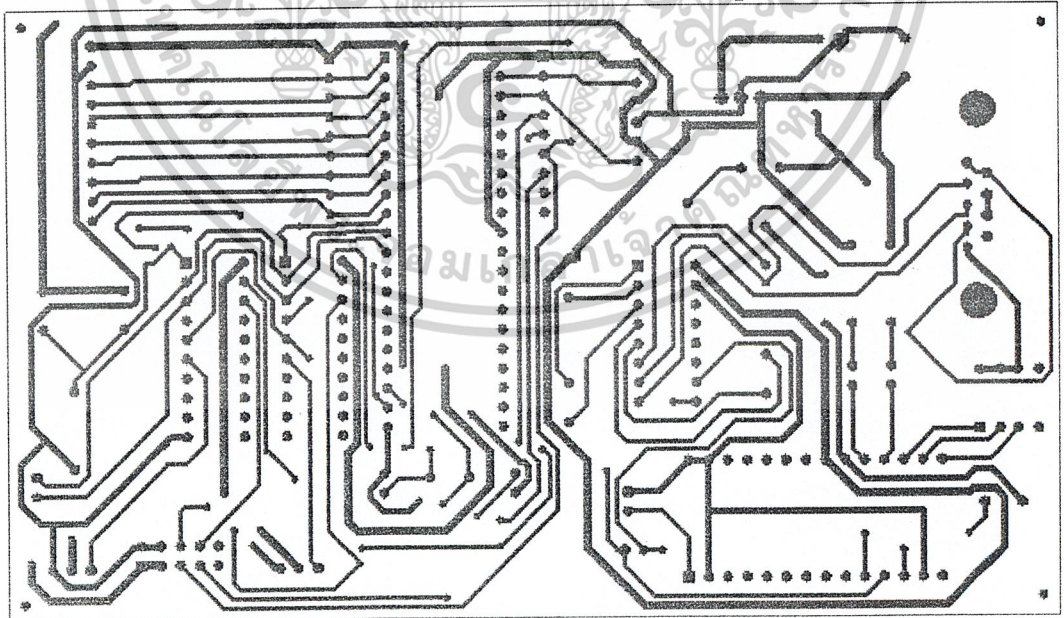
ด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายทองแดงชุดวงจรควบคุม



ด้านบน



ด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้