



หุ่นยนต์ทำลายระเบิด

BOMB - DESTROYING ROBOT



นายจรัสศักดิ์ อินทร์กลิ่น รหัส 51361544
นายหฤษฎ์ พิสิทธิ์ รหัส 51361827
นายชัยวัฒน์ แสงประภากร รหัส 51364286

ห้องสาธิตคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 4 S. A. 2555.....
เลขทะเบียน..... 1606 88 44.....
เลขเรียกหาใบชื่อ..... ปร.....
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 95134 2554

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ปีการศึกษา 2554

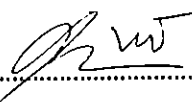


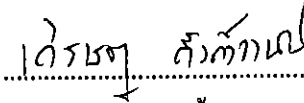
ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ หุ่นยนต์ทำลายระเบิด
ผู้ดำเนินโครงการ นายจิรศักดิ์ จันทร์กลิ่น รหัส 51361544
 นายหฤษฎ์ พิถี รหัส 51361827
 นายชัชวัฒน์ แสงประกาย รหัส 51364286
ที่ปรึกษาโครงการ ดร. มุจิตา สงฆ์จันทร์
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า


.....ที่ปรึกษาโครงการ
(ดร. มุจิตา สงฆ์จันทร์)


.....กรรมการ
(ดร. สุกวรณ พลพิทักษ์ชัช)


.....กรรมการ
(อาจารย์เศรษฐา ตั้งค้ำวานิช)

ชื่อหัวข้อโครงการ	หุ่นยนต์ทำลายระเบิด
ผู้ดำเนินโครงการ	นายจิรศักดิ์ จันทร์กลิ่น รหัส 51361544
	นายทฤษฎ์ พิถี รหัส 51361827
	นายชัชวัฒน์ แสงประภากร รหัส 51364286
ที่ปรึกษาโครงการ	ดร. มุขิตา สงฆ์จันทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2554

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอหุ่นยนต์ทำลายวัตถุระเบิด ซึ่งในปัจจุบันพบปัญหาเหตุระเบิดต่างๆ ภายใน 3 จังหวัดภาคใต้ ในการทำลายวัตถุระเบิดในปัจจุบันยังจำเป็นต้องใช้มนุษย์เข้าไปทำลายวัตถุระเบิดหรือเป็นหุ่นยนต์ที่ยังจำเป็นต้องใช้มนุษย์ในการลากเข้าไปเพื่อทำลายวัตถุระเบิดซึ่งอาจจะเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์หากเกิดเหตุผิดพลาดขึ้นมา ดังนั้นจึงได้มีการคิดค้นพัฒนาหุ่นยนต์ทำลายวัตถุระเบิดขึ้นมาเพื่อลดอัตราการสูญเสียต่อชีวิตมนุษย์ โดยการใช้นุ่นยนต์เข้าไปทำลายวัตถุระเบิดจะเป็นการบังคับด้วยระบบไร้สายระยะไกล ระบบการทำลายวัตถุระเบิดนั้นจะเป็นการทำลายสารที่เป็นตัวจุดระเบิดหรือดินปืนที่ตัววัตถุระเบิด โดยการยิงจะใช้ระบบแก๊สแอร์เป็นแรงดันผลักดันกระสุนที่เป็นวัสดุขางหรือพลาสติกชนิดแข็งออกไปทำการเจาะเข้าไปที่พื้นผิวของตัววัตถุระเบิดเพื่อเปิดช่องให้น้ำซึ่งจะเป็นตัวทำลายสารที่เป็นดินระเบิดหมดประสิทธิภาพในการทำงาน หุ่นยนต์ทำลายวัตถุระเบิดสามารถยิงทะลุวัตถุชนิดกล่องกระดาษ พลาสติก อีปซัม ที่มีความหนา 0.3 เซนติเมตร และสามารถควบคุมหุ่นยนต์ได้ในระยะ 60 เมตร

Project title Bomb - Destroying Robot

Name Mr. Jirasak Chanklin ID. 51361544
Mr. Harite Philuek ID. 51361827
Mr. Chaiwat Saengprapakorn ID. 51364286

Project advisor Ms. Mutita Songjun, Ph.D.

Major Electrical Engineering

Department Electrical and Computer Engineering

Academic year 2011

Abstract

This thesis presents a bomb - destroying robot project. At the present, Thailand has bomb problem in three southern provinces. To destroy the bomb, the humans are required to recover the bomb themselves or the robot is used. However, the human is still required to drag the robot to the target. This may be a danger to human life if the accident happens. Therefore the bomb - destroying robot is developed the rate of human loss by using wireless control. The process of breaking bomb is to destroy substance that will ignite by shooting water for inactivating the gunpowder. The bomb - destroying robot can shoot through cardboard, plastic, gypsum with a thickness of 0.3 cm and it can be controlled using wireless at the length about 60 meters.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก ดร. มุชิตา สงฆ์จันทร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการและให้ความกรุณาในการตรวจทานรูปเล่มปริญญาบัตร คณะผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านไว้ตลอดไป

ขอขอบพระคุณ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย และนายเศรษฐา ตั้งคำวานิช ซึ่งเป็นคณะกรรมการในการสอบโครงการที่ให้ปรึกษา ชี้แนะแนวทาง รวมถึงเสนอข้อคิดเห็นต่างๆซึ่งนำมาสู่ประโยชน์โครงการนี้ ทำให้โครงการออกมาสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ดร.นิพัทธ์ จันทร์มินทร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้รับผิดชอบวิชาโครงการวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษาในการพิมพ์รูปเล่มปริญญาบัตร รวมถึงแก้ไขปรับปรุงให้รูปเล่มปริญญาบัตรให้ถูกต้องตามหลักการพิมพ์และการเชื่อมเล่มปริญญาบัตร

นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าที่สนับสนุนคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ รวมถึงใช้ห้องปฏิบัติการ สามารถทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

และการศึกษาค้นคว้าโครงการครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้ทำโครงการมีความซาบซึ้งในความกรุณาอันดียิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ผู้มอบความรักความเมตตา สติปัญญา ทุนทรัพย์ และเป็นທີ່ปรึกษาปัญหาในทุกๆเรื่อง

นายจิรศักดิ์ จันทร์กลิ่น

นายหฤษฎ์ พิสิทธิ์

นายชัชวัฒน์ แสงประกาย

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
Abstract.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 หลักการและเหตุผล.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบข่ายของโครงการ.....	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินการ.....	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 งบประมาณ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหุ่นยนต์.....	3
2.1.1 อุปกรณ์ทางกล (mechanic).....	3
2.1.2 อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (electronic).....	5
2.1.3. อุปกรณ์ควบคุมคอนโทรลเลอร์ (controller).....	6
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS -51.....	6
2.2.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	7
2.2.2 การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์.....	8

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.3 รูปแบบการทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2	8
2.3 มอเตอร์กระแสตรง	11
2.3.1 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง	11
2.4 หลักการของเครื่องรับ-ส่งสัญญาณโทรทัศน์.....	13
2.4.1 หลักการของเครื่องส่งสัญญาณภาพโทรทัศน์	13
2.4.2 หลักการเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์	15
2.5 ชุดรับ-ส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย.....	16
2.5.1 ลักษณะโดยทั่วไป.....	16
2.5.2 โหมดการทำงาน	16
2.6 สรุปทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ	20
3.1 การออกแบบส่วนของตัวหุ่นยนต์ทำลายระเบิด	20
3.1.1 โครงสร้างของหุ่นยนต์ทำลายระเบิด.....	21
3.1.2 ระบบการเลี้ยงของหุ่นยนต์.....	23
3.1.3 ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์	25
3.1.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	26
3.1.5 การออกแบบบินขึงทำลายระเบิด	29
3.1.6 การติดตั้งกล่องไร้สาย.....	31
3.2 การสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless)	32
3.2.1 วงจรแปลงไฟ และจ่ายไฟ.....	34
3.2.2 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	34
3.2.3 วงจรโมดูลไร้สาย (RF-TRW 24G).....	36
3.2.4 วงจรติดต่อผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS-232.....	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.5 วงจรการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous).....	39
3.3 ระบบสั่งการ.....	40
3.4 สรุปวิธีดำเนินโครงการ.....	43
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์	44
4.1 การทดลองการควบคุมหุ่นยนต์ท่าลากระบิด.....	44
4.2 การทดลองการเคลื่อนที่.....	45
4.3 การทดลองมุมเชิงของปืนท่าลากระบิด.....	47
4.4 การทดลองระยะการยิงของปืนท่าลากระบิด.....	47
4.5 การทดลองระยะยิงต่างๆ.....	49
4.6 การทดลองความแรงของปืนยิงท่าลากระบิด.....	50
4.7 การทดลองจำนวนการยิงของหุ่นยนต์ท่าลากระบิด.....	52
4.8 การทดลองระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่.....	53
4.9 การทดลองระยะการรับภาพจากกล้องไร้สาย.....	53
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	55
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ.....	55
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข.....	55
5.3 แนวทางในการพัฒนาโครงการ.....	56
เอกสารอ้างอิง.....	57
ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์.....	58
ภาคผนวก ข รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 หมายเลข P89V51RD2.....	62

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ค รายละเอียดของไอซีหมายเลข MAX232	67
ภาคผนวก ง รายละเอียดของไอซีหมายเลข L298N.....	70
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ	84



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 รายละเอียดการทำงานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2	10
2.2 การควบคุมการหมุนของมอเตอร์โดยการกำหนดลอจิกที่อินพุต	13
3.1 ตำแหน่งขาและหน้าที่การใช้งานของโมดูลไร้สาย TRW 2.4G	37
3.2 การต่อพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมดูลไร้สาย	37
3.3 ตำแหน่งขาและหน้าที่การใช้งานไอซี 24LC16B	39
3.4 การต่อพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์กับไอซี 24LC16B	40
4.1 ผลการทดลองการควบคุมหุ่นยนต์ท่าอากาศยาน	44
4.2 ผลการทดลองความเร็วของหุ่นยนต์บนพื้นกระเบื้อง	45
4.3 ผลการทดลองความเร็วของหุ่นยนต์บนพื้นคอนกรีต	46
4.4 ผลการทดลองความเร็วของหุ่นยนต์บนพื้นยาง	46
4.5 ผลการทดลองความเร็วของหุ่นยนต์บนพื้นหญ้า	46
4.6 ผลการทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นกระเบื้องลาดชัน	47
4.7 ผลการทดลองระยะการชิงของปืนท่าอากาศยานที่มุม 15 องศา	48
4.8 ผลการทดลองระยะการชิงของปืนท่าอากาศยานที่มุม 0 องศา	48
4.9 ผลการทดลองระยะการชิงของปืนท่าอากาศยานที่มุมต่ำ 30 องศา	48
4.10 ผลการทดลองระยะชิงต่างๆ ของปืนท่าอากาศยานที่มุม 15 องศา	49
4.11 ผลการทดลองระยะชิงต่างๆ ของปืนท่าอากาศยานที่มุม 0 องศา	49
4.12 ผลการทดลองระยะชิงต่างๆ ของปืนท่าอากาศยานที่มุมต่ำ 30 องศา	50
4.13 ผลการทดลองความแรงของปืนชิงท่าอากาศยานที่มุม 15 องศา	50
4.14 ผลการทดลองความแรงของปืนชิงท่าอากาศยานที่มุม 0 องศา	51
4.15 ผลการทดลองความแรงของปืนชิงท่าอากาศยานที่มุมต่ำ 30 องศา	51
4.16 ลักษณะวัสดุชนิดต่างๆ ก่อนชิงและหลังชิง	52
4.17 ผลการทดลองจำนวนการชิงสูงสุดของหุ่นยนต์ท่าอากาศยาน	52
4.18 ผลการทดลองระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่	53
4.19 ผลการทดลองระยะการรับภาพจากกล้อง ไร้สาย	54

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	8
2.2 รูปแบบการทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2.....	9
2.3 ส่วนประกอบมอเตอร์กระแสตรง.....	11
2.4 ตัวถังไอซี เบอร์ L298N.....	12
2.5 โครงสร้างของไอซี เบอร์ L298N.....	12
2.6 บล็อกไดอะแกรมการส่งสัญญาณ โทรทัศน์.....	14
2.7 การทำงานของเครื่องรับสัญญาณ โทรทัศน์.....	15
2.8 โปรแกรมที่ใช้สำหรับกำหนดค่า.....	17
2.9 สายสัญญาณ RS232 ใช้กับชุดแปลงสัญญาณ.....	19
3.1 แผนภาพขั้นตอนการทำงานหุ่นยนต์ทำลายระเบิด.....	20
3.2 หุ่นยนต์ทำลายระเบิด.....	20
3.3 แผนภาพขั้นตอนการทำงานของตัวหุ่นยนต์ทำลายระเบิด.....	21
3.4 โครงสร้างตัวหุ่นยนต์.....	22
3.5 โครงสร้างการขับเคลื่อน.....	22
3.6 งานหมุนคู่กับแขนยก.....	22
3.7 ตัวหุ่นยนต์ทำลายระเบิด.....	23
3.8 การเดินหน้าของหุ่นยนต์.....	23
3.9 การเดินถอยหลังของหุ่นยนต์.....	24
3.10 การเลี้ยวซ้ายของหุ่นยนต์.....	24
3.11 การเลี้ยวขวาของหุ่นยนต์.....	25
3.12 วงจรควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์.....	25
3.13 วงจรแปลงไฟและจ่ายไฟ.....	27
3.14 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2.....	27
3.15 วงจรติดต่อผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS-232.....	29
3.16 ส่วนประกอบของปืนยิงทำลายระเบิด.....	29
3.17 ปืนยิงทำลายระเบิด.....	30
3.18 โซลินอยด์วาล์ว.....	30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.19	กล่องไร้สาย.....31
3.20	ภาครับสัญญาณกล่องไร้สาย31
3.21	ชุดแปลงสัญญาณการรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย.....32
3.22	วงจรภายในชุดแปลงสัญญาณการสื่อสารไร้สาย.....33
3.23	วงจรการแปลงไฟและจ่ายไฟ34
3.24	วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ในชุดแปลงสัญญาณ.....35
3.25	วงจรโมดูลไร้สาย (RF-TRW 24G).....36
3.26	วงจรติดต่อผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS-23238
3.27	วงจรการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous).....39
3.28	โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล (Hyper Terminal)40
3.29	ลักษณะของคีย์บอร์ด41
3.30	แผนภาพขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมควบคุม42

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

เนื่องจากในปัจจุบันมีงานบางอย่างที่มนุษย์ไม่สามารถปฏิบัติงานในสภาวะจริงได้ เนื่องจากอาจได้รับอันตรายจากการปฏิบัติงานจึงต้องมีการคิดค้นและสร้างหุ่นยนต์ที่สามารถทำงานแทนมนุษย์ในสภาวะต่างๆ เช่น กิจจากการก่อการร้าย กิจจากสารเคมีและภัยธรรมชาติอื่นๆ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์โดยตรง หุ่นยนต์จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นกับมนุษย์ได้

ในที่นี้คำนึงถึงภัยที่เกิดจากการก่อการร้าย ซึ่งเป็นปัญหาหลักด้านความมั่นคงภายในประเทศและส่งผลกระทบต่อสวัสดิภาพของประชาชน ในปัจจุบัน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้มีการก่อการร้ายในรูปแบบการวางระเบิดเป็นส่วนใหญ่ ส่งผลให้เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงในการปฏิบัติงาน เกิดความไม่มั่นคงในชีวิตและทรัพย์สิน ตลอดจนเกิดความหวาดระแวงในการดำเนินชีวิตประจำวันเป็นอย่างยิ่ง

ดังนั้นจึงมีแนวคิดผลิตหุ่นยนต์ที่สามารถตรวจสอบวัตถุต้องสงสัยและสามารถนำไปใช้งานได้จริง เพื่อเป็นเครื่องมือในการช่วยปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ และช่วยแบ่งเบาภาระเรื่องงบประมาณของภาครัฐ เนื่องจากปัจจุบันอุปกรณ์ตรวจสอบวัตถุต้องสงสัยเหล่านี้ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาสูงมาก

1.2 วัตถุประสงค์

สร้างต้นแบบของหุ่นยนต์กู้ระเบิด ที่ใช้ป็นยิงแรงดันน้ำในการทำลายระเบิด เพื่อลดอันตรายต่อเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานกู้ระเบิด จึงใช้หุ่นยนต์เข้ามาในการเก็บกู้ระเบิดแทนตัวบุคคล ช่วยลดความเสี่ยงในการทำงานได้ ช่วยสร้างขวัญกำลังใจให้แก่เจ้าหน้าที่และประชาชน

1.3 ขอบข่ายของโครงการ

1. สร้างหุ่นยนต์ที่สามารถค้นหาวัตถุระเบิดได้โดยใช้กล้องวีดีโอที่ติดตั้งอยู่บนตัวหุ่นยนต์
2. หุ่นยนต์สามารถเก็บกู้หรือทำลายวัตถุระเบิดได้ด้วยปืนยิงน้ำแรงดันสูงเพื่อตัดวงจรระเบิดอำนาจต่ำ (Low – Explosive) วัตถุระเบิดที่ใช้ดินปืน
3. ศึกษาการควบคุมการทำงานของระบบโคไซโมโครคอนโทรเลอร์เอ็มซีเอส-51 (MCS-51) และเครื่องคอมพิวเตอร์ตัวบังคับจะใช้การสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless)

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการ

กิจกรรม	มี.ช.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ช.	ค.ค.	พ.ช.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
	54	54	54	54	54	54	54	55	55	55
1.ศึกษาการ เชื่อมต่ออุปกรณ์ ต่าง ๆ กับ PIC	←————→									
2.ออกแบบและ จัดหาอุปกรณ์			←————→							
3.สร้างวงจรและ เขียน โปรแกรมควบคุม หุ่นยนต์					←————→					
4.ทดลอง โครงสร้างและ ระบบการทำงาน						←————→				
5.ปรับปรุงแก้ไข โครงงานให้ สมบูรณ์						←————→				
6.กำหนดส่ง โครงงาน										←————→

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีต้นแบบหุ่นยนต์ที่ระเบิดใช้งานจริง
2. สามารถประยุกต์ใช้งานเป็นหุ่นยนต์ต้นแบบเพื่อเป็นแนวทางพัฒนาหุ่นยนต์ที่ระเบิดต่อไปได้

1.6 งบประมาณ

1. ค่าวัสดุอุปกรณ์	2,500 บาท
2. ค่าจัดทำรายงาน	500 บาท
รวมค่าใช้จ่าย	3,000 บาท
(หมายเหตุ) ถัวเฉลี่ยทุกรายการ	

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

หุ่นยนต์ในปัจจุบันมีความก้าวหน้าไปมากขึ้น มีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว และถูกพัฒนา มาอย่างต่อเนื่องมากมายหลายรูปแบบ ในหุ่นยนต์หนึ่งตัวจะประกอบด้วยอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างๆ มากมาย ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดนั้นจะมีหน้าที่แตกต่างกันไป ตามลักษณะและวัตถุประสงค์ของการใช้งาน การเลือกใช้อุปกรณ์จำเป็นต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจรวมถึงความเหมาะสม เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว คงทน และประหยัดพลังงาน

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหุ่นยนต์

หุ่นยนต์จะแบ่งส่วนประกอบใหญ่ๆ เป็น 3 ส่วน ได้แก่

1. อุปกรณ์ทางกล (mechanic)
2. อุปกรณ์ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ (electronic)
3. อุปกรณ์ควบคุม คอนโทรลเลอร์ (controller)

2.1.1 อุปกรณ์ทางกล (mechanic)

อุปกรณ์ทางกล (mechanic) คือ ชิ้นส่วนกลไกต่างๆ ของหุ่นยนต์ เช่น โครงสร้าง เฟลา เฟือง สายพาน โซ่ สปริง ข้อต่อ ก้านค้ำ โยง คลับลูกปืนและปลอกสวม

1. โครงสร้าง (frame) เป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของหุ่นยนต์ ทำหน้าที่ยึดจับ อุปกรณ์ต่างๆ ในตัวหุ่นยนต์ และยังป้องกันอุปกรณ์ต่างๆ ไม่ให้ได้รับอันตรายจากภายนอก โครงสร้างของหุ่นยนต์เปรียบได้กับโครงกระดูกของมนุษย์ ซึ่งจะมีลักษณะแตกต่างกันไปตามหน้าที่การทำงานและวัตถุประสงค์ของหุ่นยนต์นั้นๆ เช่น หุ่นยนต์ถูกสร้างขึ้นเพื่อลอกเลียนแบบการทำงานหรือการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างนั้นจะถูกออกแบบมาให้มีลักษณะคล้ายกับสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นๆ วัสดุที่นิยมนำมาสร้างเป็นโครงสร้างของหุ่นยนต์ ได้แก่ อะลูมิเนียม เหล็ก พลาสติก ฯลฯ ซึ่งการจะเลือกใช้วัสดุนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะการนำไปใช้งาน เช่น หากต้องการสร้างหุ่นที่มีน้ำหนักเบา ควรพิจารณาเลือกใช้อะลูมิเนียมเป็นวัสดุหลัก เป็นต้น นอกจากนี้การเลือกใช้วัสดุควรคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ เช่น กระบวนการผลิตและราคาประกอบด้วย

2. เฟลา (shaft) เป็นชิ้นส่วนที่มีลักษณะเป็นก้านทรงกระบอกที่หมุนได้ ใช้ในการส่งถ่ายกำลังจากอุปกรณ์ขับ เช่น มอเตอร์ไปยังส่วนที่เคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ เฟลาเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญมากในหุ่นยนต์ที่เคลื่อนไหวได้ทุกชนิด นอกจากเฟลาแล้ว ยังมีแกน (เพลลา) ซึ่งจะเป็น

ชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลานี้แต่ไม่สามารถหมุนได้ ส่วนใหญ่ทำหน้าที่รองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ เป็นต้น

3. เฟือง (gear) ทำหน้าที่ส่งกำลังจากเพลานึงไปยังอีกเพลานึง โดยใช้การขบกันของฟันเฟือง ในการส่งกำลังของเฟืองนั้นจะประกอบไปด้วยเฟืองสองตัวที่ขบกันอยู่ โดยมีเฟืองตัวขับ (driving gear) หรือพีเนียน (pinion) เป็นตัวหมุนส่งกำลังให้เฟืองตาม (driven gear)

4. สายพาน (belt) มีหน้าที่ส่งกำลังจากเพลานึงไปยังอีกเพลานึงเช่นเดียวกับเฟือง แต่สายพานมีคุณสมบัติเฉพาะตัว คืออ่อนตัวได้ (flexible) รับแรงกระตุกและแรงสั่นได้ดีกว่าเฟือง เสียงเบากว่า แต่ก็มีข้อเสียคืออัตราคไม่แน่นอนเนื่องจากการไถลตัวของสายพาน (slip) และไม่สามารถรับอัตราคที่สูงได้ การส่งกำลังด้วยสายพานทำได้โดยติดตั้งวงล้อสายพาน (pulley) ตั้งแต่สองอันขึ้นไป ซึ่งแรงในแนวสัมผัสจะถูกส่งถ่ายจากวงล้อสายพานขับไปยังวงล้อสายพานตาม โดยอาศัยความเสียดทานระหว่างสายพานและวงล้อสายพาน นอกจากนี้แล้วยังมีสายพานฟัน (timing belt) ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับสายพานแบน แต่ที่สายพานจะมีฟันเพื่อใช้ขบกับวงล้อสายพานแบบเฟืองทำให้ไม่มีการลื่นไถล

5. โซ่ (chain) มีหน้าที่ส่งกำลังจากเพลานึงไปยังอีกเพลานึง เช่นเดียวกับเฟืองและสายพาน ในการส่งกำลังโซ่จะคล้องอยู่รอบเฟืองโซ่ (sprocket) ตั้งแต่สองอันขึ้นไป เฟืองโซ่เป็นล้อที่มีฟันรูปร่างพิเศษเพื่อรับกับร่องของโซ่ ในการขับด้วยโซ่นั้นข้อโซ่จะขบกับฟันของเฟืองโซ่จึงไม่มีการลื่นไถล ทำให้การส่งกำลังมีอัตราคคงที่เช่นเดียวกับการขับด้วยเฟือง แต่การติดตั้งไม่ต้องเที่ยงตรงเท่ากับเฟือง จึงเป็นที่นิยมมาก แต่ก็มีข้อเสียคือ มีเสียงดัง การติดตั้งโซ่โดยปกตินิยมติดตั้งให้แนวจุดศูนย์กลางของเฟืองโซ่ทั้งคู่อยู่ในแนวระดับ หรือทำมุมกับแนวระดับไม่เกิน 60 องศา และจะต้องให้ด้านล่างเป็นด้านห้อย ไม่นิยมการติดตั้งให้แนวศูนย์กลางของเฟืองโซ่ทั้งคู่อยู่ในแนวตั้ง หรือด้านบนเป็นด้านห้อย เนื่องจากโซ่มักจะหลุดจากงานโซ่ได้ง่ายเมื่อโซ่เกิดการยืดเพียงเล็กน้อย

6. ข้อต่อ (joint) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่สัมผัสกันของหุ่นยนต์ ซึ่งโดยทั่วไปมี 2 ชนิด คือ ข้อต่อหมุน (rotational joint) เป็นข้อต่อที่ต่อกับชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ในลักษณะที่มีการหมุนรอบข้อต่อ และข้อต่อเชิงเส้น (linear joint) เป็นข้อต่อที่ต่อกับชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ในลักษณะเป็นเชิงเส้น เช่น เคลื่อนแบบไป-กลับ ในแนวเส้นตรงหรือโค้ง

7. สปริง (spring) เป็นชิ้นส่วนที่มีความยืดหยุ่น ทำหน้าที่ได้หลายประเภท เช่น ส่งแรงจากชิ้นส่วนหนึ่งไปยังอีกชิ้นส่วนหนึ่ง รองรับแรงกระแทก เป็นแหล่งพลังงานให้กับกลไก และทำหน้าที่ให้ชิ้นส่วนกลับคืนสู่ตำแหน่งเดิมสปริงที่นิยมใช้ในหุ่นยนต์มีดังนี้ สปริงขด (helical spring) สปริงขดแบบดึง (tension spring) สปริงขดแบบบิด (helical torsion spring) สปริงแผ่น (leaf spring) สปริงแหวน (conical disc spring) และสปริงลาน (spiral spring)

8. ตลับลูกปืนและปลอกสวม (bearing and bush) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รองรับจุดหมุน หรือ จุดต่างๆที่เคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ทำหน้าที่ลดแรงเสียดทานที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของอุปกรณ์

9. ก้านต่อโยง (link) ก้านต่อโยงในที่นี้หมายถึงชื่อเรียกชิ้นส่วนของวัตถุที่นำมาเชื่อมต่อเพื่อสร้างการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ซึ่งหากนำก้านต่อโยงหลายๆอันมาต่อรวมกันจะเรียกว่า กลไกก้านต่อโยง

2.1.2 อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (electronic)

อุปกรณ์ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ (electronic) คือ อุปกรณ์ที่ใช้สัญญาณทางระบบไฟฟ้า เช่น อุปกรณ์ตรวจจับ วงจรขับต่างๆ และอุปกรณ์แสดงผล

1. อุปกรณ์ตรวจจับเซ็นเซอร์ (Sensor) สำหรับตรวจวัดปริมาณของตัวแปรต่างๆ ใช้ในการรับค่า (input) ปริมาณทางฟิสิกส์ (physic) เช่น แสง สี อุณหภูมิ เสียง แรง ความดัน ความหนาแน่น ระยะทาง ความเร็ว อัตราเร่ง ระดับความสูง และอัตราการไหลเป็นต้น แล้วแปลงปริมาณทางฟิสิกส์ที่ได้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า หรือปริมาณการวัดในรูปแบบที่สามารถนำไปประมวลผลต่อได้ อุปกรณ์ตรวจจับ เป็นส่วนที่สำคัญในการทำงานของหุ่นยนต์ เปรียบเสมือนกับประสาทสัมผัสในการทำงานของมนุษย์ เช่น อุปกรณ์ตรวจจับแสงทำหน้าที่เหมือนตา โดยเปลี่ยน แสง สี ที่รับเข้ามาเป็นสัญญาณไฟฟ้า และส่งต่อไปให้ระบบประมวลผล อุปกรณ์ตรวจจับมีมากมายหลายชนิดตามสิ่งที่จะทำการตรวจวัด เช่น อุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่ง (position sensor) อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็ว (velocity sensor) อุปกรณ์ตรวจวัดความเร่ง (acceleration sensor) อุปกรณ์ตรวจวัดแรง (force sensor) อุปกรณ์ตรวจวัดแรงบิด (torque sensor) อุปกรณ์ตรวจจับอินฟราเรด (infrared sensor) ใช้บอกตำแหน่ง โดยการสะท้อนของคลื่นแสงที่มีความถี่ต่ำกว่าแสงสีแดง อุปกรณ์ตรวจจับอัลตราโซนิค (ultrasonic sensor) ใช้บอกตำแหน่ง โดยการสะท้อนของคลื่นเสียงที่มีความถี่สูง เลเซอร์เรนจ์ไฟนเดอร์ (laser rangefinder sensor) ใช้ในการกระชาระยะนำทางโดยใช้แสงเลเซอร์ และอุปกรณ์ตรวจจับจีพีเอส (GPS: Global Position System) ใช้ในการระบุตำแหน่งโดยใช้การอ้างอิงจากดาวเทียมเป็นต้น

2. อุปกรณ์แสดงผล (output device) คืออุปกรณ์ที่ใช้แสดงค่า (output) สถานะต่างๆของหุ่นยนต์ให้มนุษย์ทราบ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้แสดงผลของหุ่นยนต์มีอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบ เช่น จอภาพ (monitor) ใช้ในการบอกสถานะด้วยภาพ ลำโพง (speaker) ใช้ในการบอกสถานะด้วยเสียง หรือแม้แต่กระทั่งหลอดไฟ (lamp) ก็ใช้ในการบอกสถานะของหุ่นยนต์ได้เช่นกัน ในการเคลื่อนที่ หุ่นยนต์จะมีกล้องเพื่อเป็นดวงตาผู้ควบคุมสามารถมองเห็นการเคลื่อนที่ และการทำงานได้

3. ชุดขับมอเตอร์ (motor driver) เป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้มอเตอร์เกิดการหมุน ส่วนใหญ่การทำงานของชุดขับจะเหมือนกับการทำงานของสวิตช์ที่เปิดปิดตามสัญญาณที่ชุดควบคุม

ส่งออกมา ใช้ในการควบคุมตำแหน่งและความเร็วของมอเตอร์ ตัวอย่างเช่น การจับมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง ความเร็วในการหมุนนั้นขึ้นกับขนาดของแรงดันและกระแสที่จ่ายให้มอเตอร์ แต่แรงดันและกระแสที่ป้อนให้มันต้องไม่เกินค่าที่มอเตอร์สามารถรับได้ด้วย ไม่เช่นนั้นจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่ตัวมอเตอร์และเกิดความเสียหายขึ้น ส่วนทิศทางการหมุนของมอเตอร์นั้นขึ้นกับขั้วของแหล่งจ่ายที่เราป้อน

2.1.3. อุปกรณ์ควบคุมคอนโทรลเลอร์ (controller)

อุปกรณ์ควบคุมคอนโทรลเลอร์ (controller) คือสมองกลที่ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ เช่น สมองกลที่ประดิษฐ์จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องควบคุมขนาดเล็ก คอมพิวเตอร์ชนิดแผงวงจรสำเร็จรูป เครื่องควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ และคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ความแตกต่างของหุ่นยนต์กับเครื่องจักรกลทั่วไป ก็คือหุ่นยนต์มีระดับขั้นการทำงานด้วยตัวเองสูงกว่าเครื่องจักรกล สมองกลของหุ่นยนต์เปรียบได้กับสมองของมนุษย์ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหากหุ่นยนต์ไม่มีสมองกลไว้สั่งการ ก็อาจจะเดินไปชนกับฝาผนังได้ ในการควบคุมหุ่นยนต์ที่ไม่มีเงื่อนไขการทำงานมากนัก สามารถใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน เช่น ตัวต้านทาน (resistor) ตัวเก็บประจุ (capacitor) ตัวเหนี่ยวนำ (inductor) ทรานซิสเตอร์ (transistor) และตัวตรวจจับมาประกอบกันเป็นวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ได้ นอกจากนี้แล้วการควบคุมหุ่นยนต์สามารถควบคุมได้จากระยะไกล โดยการใช้คลื่นสัญญาณทางวิทยุ

เครื่องควบคุมขนาดเล็กไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) ในหุ่นยนต์ที่มีเงื่อนไขการทำงานมากขึ้น เราจำเป็นต้องเพิ่มความสามารถให้กับสมองกลของหุ่นยนต์ เครื่องควบคุมขนาดเล็กจึงถูกคิดขึ้นมาเพื่อแทนที่วงจรอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานดังที่กล่าวมาข้างต้น เครื่องควบคุมขนาดเล็กสามารถเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการทำงานได้โดยง่าย ด้วยการเปลี่ยนโปรแกรมลำดับการควบคุมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เนื่องจากเครื่องควบคุมขนาดเล็กมีราคาไม่แพง ต้องการแหล่งจ่ายไฟต่ำ จึงเป็นที่นิยมใช้กันมากสำหรับการสร้างสมองกลให้กับหุ่นยนต์ ซึ่งใช้อยู่ในคอมพิวเตอร์ชนิดแผงวงจรสำเร็จรูป (SBC : Single Board Computer) คอมพิวเตอร์ชนิดแผงวงจรสำเร็จรูป เป็นเครื่องควบคุมที่มีการทำงานเหมือนกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เพียงแค่ทุกอย่างจะถูกย่อลงมาอยู่ในแผงวงจรเล็กๆ เพียงแผงเดียว นิยมใช้ในหุ่นยนต์ที่มีเงื่อนไขในการทำงานมาก หรือการควบคุมที่ซับซ้อน

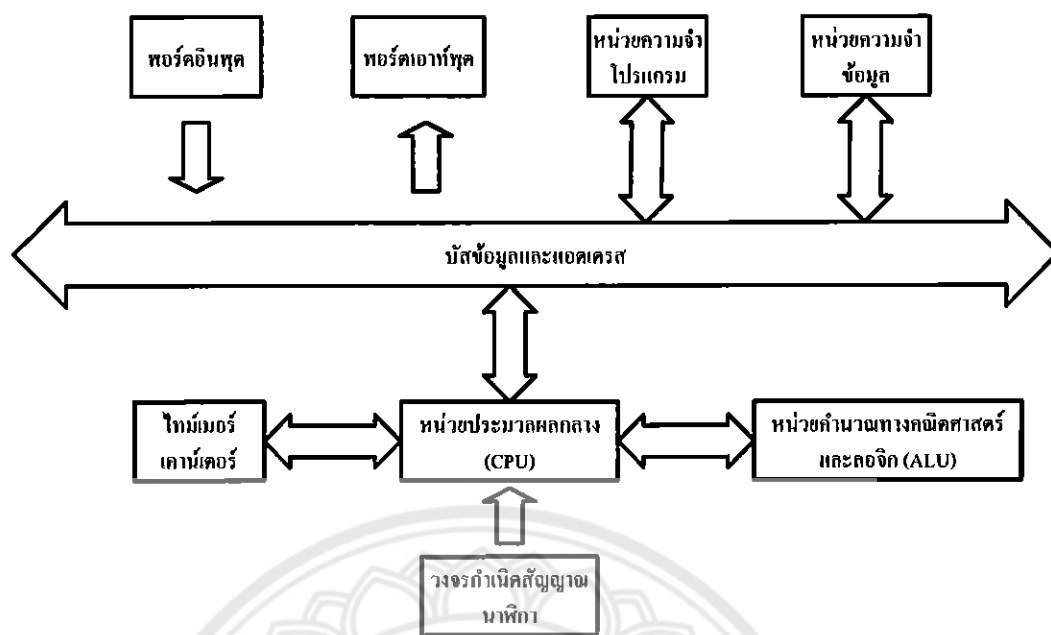
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS -51

MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ออกแบบมาเพื่อสนองความต้องการของผู้ใช้แบบสำเร็จในไอซีตัวเดียว คือ มีสายสัญญาณอินพุต/เอาต์พุตภายในตัว พอร์ตของอินพุตและเอาต์พุต

บัพเฟอร์ที่เชื่อมต่อกับวงจรภายนอก (interface) และสายสัญญาณควบคุมอื่นๆที่ใช้สำหรับแยกสายสัญญาณข้อมูลกับสายสัญญาณกำหนดตำแหน่งหน่วยความจำ และยังมีชุดคำสั่งพิเศษเพื่อจัดการข้อมูลเพิ่มขึ้นอีก นอกจากนี้ยังมีวงจรม้วนเวลาและตั้งเวลาด้วย ข้อสำคัญคือ มีการพัฒนาภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ให้มีหน่วยความจำเป็นแบบแฟลช (Flash Memory) ทำให้สามารถโปรแกรมข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมได้โดยไม่ต้องถอดตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ออกจากวงจร เรียกว่า การโปรแกรมภายในวงจร (In-System Programming) และมีการติดต่อแบบ SPI (Serial Peripheral Interface) ทำให้การพัฒนาและการแก้ไขปรับปรุงโปรแกรมทำได้สะดวก

2.2.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

วงจรภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ประกอบด้วยวงจรพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุตทั้งหมด 4 พอร์ต แต่ละพอร์ตจะเป็นแบบ 8 บิต หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (EPROM,EEPROM และแฟลช) หน่วยความจำที่เป็นข้อมูล (RAM) ซึ่งรวมอยู่ในวงจรหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ตลอดจนวงจรการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU) วงจรรีจิสเตอร์ และรีจิสเตอร์ฟังก์ชันการใช้งานเฉพาะ การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์การควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นกระทำผ่านกระบวนการควบคุม โดยโปรแกรมที่เขียนขึ้น เพื่อบอกถึงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ จากลักษณะที่ถูกกระตุ้น โดยผู้เขียนโปรแกรมควบคุม ซึ่งควบคุมการทำงานทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการกำหนดพอร์ตให้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุตสามารถกำหนดหน่วยความจำภายในซึ่งเป็นที่เก็บข้อมูล และเป็นที่พักข้อมูลตามความต้องการ โดยในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละคำสั่ง จะอ้างอิงเวลาจากสัญญาณนาฬิกาที่ส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีโครงสร้างการทำงานดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2.2 การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

ภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์แบ่งได้เช่นเดียวกับการเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์คือ ภาษาระดับสูง และภาษาระดับต่ำ

ภาษาระดับสูงเช่น ภาษาซี, เบสิก ข้อดีคือเขียนง่าย, แก้ไขเปลี่ยนแปลง หรือเพิ่มเติมได้ง่าย ส่วนข้อเสียก็คือการทำงานจะช้า ขนาดโปรแกรมที่เขียนมีขนาดใหญ่

ภาษาระดับต่ำ ซึ่งก็คือ ภาษาแอสเซมบลี ข้อดีคือ ตัวคอมไพล์แจกฟรี ขนาดโปรแกรมหลังจากคอมไพล์แล้วมีขนาดเล็ก โปรแกรมมีความเร็ว แต่ข้อเสียก็คือเขียนยาก เพราะลักษณะภาษาไม่ค่อยสื่อความหมาย แก้ไขเปลี่ยนแปลงยาก

2.2.3 รูปแบบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งานในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกันหลายรุ่น ในแต่ละโครงสร้างอันได้แก่ หน่วยความจำภายใน จำนวนขา จำนวนพอร์ต ที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกไมโครโปรเซสเซอร์ไปใช้งานจึงขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ หรือความเหมาะสมของงาน ในโครงการนี้ผู้ดำเนินโครงการเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2 มีคุณสมบัติดังนี้

1. เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต
2. มีหน่วยความจำภายในแบบแฟลชขนาด 4 กิโลไบต์ หรือ 8 กิโลไบต์ ที่โปรแกรมได้ภายในวงจร สามารถเขียนและลบได้เป็นพันครั้ง

3. มีสายสัญญาณสำหรับต่อกับอินพุตหรือเอาต์พุตได้ 32 เส้น(แบบ 2 ทิศทาง)
4. มีหน่วยความจำชั่วคราว (RAM) ภายในขนาด 128 กิโลไบต์ หรือ 256 กิโลไบต์
5. ใช้ความถี่สัญญาณนาฬิกาตั้งแต่ 0 เฮิรตซ์ จนถึง 24 เมกกะเฮิรตซ์
6. มีวงจรตั้งเวลาและนับเวลาขนาด 16 บิต จำนวน 2 ชุด หรือ 3 ชุด
7. มีวงจรรับสัญญาณอินเตอร์รัพต์ได้ไม่ต่ำกว่า 6 ชนิด
8. สามารถต่อขยายหน่วยความจำภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
9. มีวงจรสื่อสาร 2 ทางเต็มอัตรา (full duplex)

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 หมายเลข P89V51RD2 แสดงการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ในแบบตัวถัง 40 ขา ดังรูปที่ 2.2 และมีรายละเอียดการทำงานดังตารางที่ 2.1

P1.0/T2	1	40	Vcc
P1.1/2EX	2	39	P0.0/AD0
P1.2/ECI	3	38	P0.1/AD1
P1.3/CEX0	4	37	P0.2/AD2
P1.4/SS/CEX1	5	36	P0.3/AD3
P1.5/MOSI/CEX2	6	35	P0.4/AD4
P1.6/MISO/CEX3	7	34	P0.5/AD5
P1.7/SPICLK/CEX4	8	33	P0.6/AD6
RST	9	32	P0.7/AD7
P3.0/RXD	10	31	\overline{EA}
P3.1/TXD	11	30	ALE/ \overline{PROG}
P3.2/ $\overline{INT0}$	12	29	\overline{PSEN}
P3.3/ $\overline{INT1}$	13	28	P2.7/A15
P3.4/T0	14	27	P2.6/A14
P3.5/T1	15	26	P2.5/A13
P3.6/ \overline{WR}	16	25	P2.4/A12
P3.7/ \overline{RD}	17	24	P2.3/A11
XTAL2	18	23	P2.2/A10
XTAL1	19	22	P2.1/A9
GND	20	21	P2.0/A8

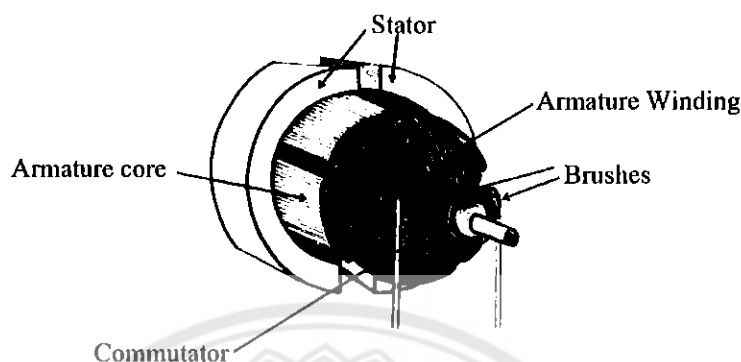
รูปที่ 2.2 รูปแบบการทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดการทำงานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2

ขา	หน้าที่การทำงาน
VCC	เป็นขาสำหรับต่อไฟเลี้ยง 5 โวลต์
GND	สำหรับต่อลงกราวด์
XTAL1/XTAL2	ต่อกับตัวผลิตสัญญาณนาฬิกาที่มีค่าเท่ากับ 11.0592 เมกกะเฮิร์ตซ์
RST (Reset)	เป็นขาอินพุตเพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการป้อนสัญญาณลอจิก 1
ALE/PROG (Address Latch Enable)	เป็นขาสัญญาณเอาต์พุตเพื่อแลตช์ค่าแอดเดรสตำแหน่งข้อมูล (Address Bus, A0-A7) ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก และเป็นขาสัญญาณเอาต์พุตเพื่อควบคุมการโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์
PSEN (Program Store Enable)	เป็นขาสัญญาณสไตรป เมื่อต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก โดยการส่งสัญญาณสไตรปนี้ 2 ครั้งใน 1 พัลส์สัญญาณนาฬิกา
Port 0 (P0.0-P0.7)	เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตให้กับอุปกรณ์ภายนอก แบบ Open drain (ไม่มีตัวต้านทาน pull up ภายใน) ดังนั้นการใช้งานพอร์ต 0 จึงจำเป็นต้องต่อตัวต้านทาน pull up ค้าง นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นขา Address Bus (A0-A7) ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก และ Data Bus (D0-D7) เพื่อรับข้อมูลการโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์
Port 1 (P1.0-P1.7)	เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตต่อกับอุปกรณ์ภายนอก แบบมีตัวต้านทาน pull up ภายใน
Port 2 (P2.0-P2.7)	เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตต่อกับอุปกรณ์ภายนอก แบบมีตัวต้านทาน pull up ภายใน และเป็นขา Address Bus (A8-A15) ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก
P3.0/RXD	รับข้อมูลแบบอนุกรม
P3.1/TXD	ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
P3.2/INT0	อินเทอร์รัพต์ภายนอกหมายเลข 0
P3.3/INT1	อินเทอร์รัพต์ภายนอกหมายเลข 1
P3.4/T0	ตัวควบคุมเวลาการทำงาน/ตัวช่วยนับ ตัวที่ 1
P3.5/T1	ตัวควบคุมเวลาการทำงาน/ตัวช่วยนับ ตัวที่ 2
P3.6/WR	สัญญาณในการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำภายนอก
P3.7/RD	สัญญาณในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก

2.3 มอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์คือเครื่องกลที่ใช้สำหรับเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าออกมาเป็นพลังงานกล ส่วนประกอบที่สำคัญของมอเตอร์ มีดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบมอเตอร์กระแสตรง

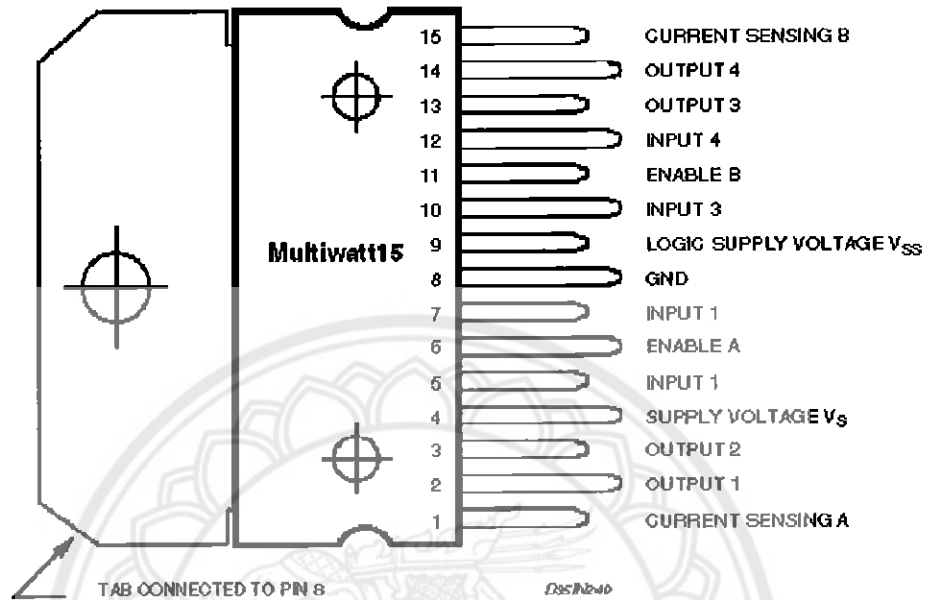
1. ขั้วแม่เหล็กเหนือและใต้ ซึ่งทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก ในมอเตอร์ขั้วแม่เหล็กอาจเป็นแม่เหล็กถาวร หรืออาจทำจากแม่เหล็กไฟฟ้าก็ได้ ในมอเตอร์เรียกขั้วแม่เหล็กเหนือและใต้นี้ว่าสเตเตอร์ (Stator)
2. ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature) ซึ่งหมุนได้รอบตัว เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์ที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะทำให้เกิดแรงกระทำต่อขดลวดแล้วเกิดโมเมนต์คู่ควบหมุนขดลวดอาร์เมเจอร์
3. วงแหวนผ่าซีก (commutator) เป็นส่วนประกอบสำคัญ ที่จะทำให้กระแสที่ไหลผ่านขดลวดอาร์เมเจอร์ ไหลในทิศที่ทำให้เกิดโมเมนต์หมุนขดลวดอาร์เมเจอร์ในทิศเดียวกันตลอดเวลา
4. แปรงคาร์บอน (Brushes) ทำหน้าที่สัมผัสเบาๆกับวงแหวนผ่าซีก โดยที่แปรงทั้งสองอยู่ที่ขั้วที่และใช้สำหรับต่อวงจรไฟฟ้า

2.3.1 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง

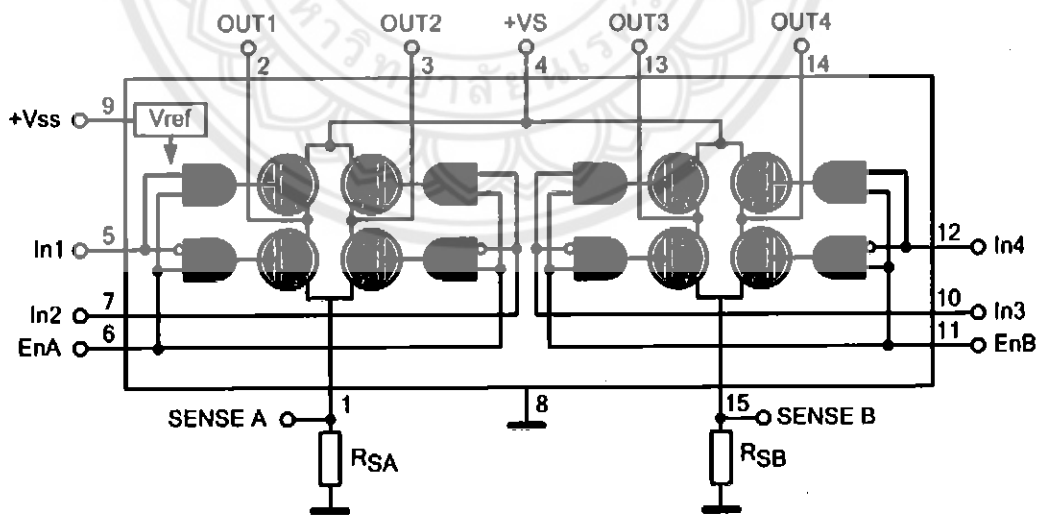
ปัจจุบันมีไอซีใช้ควบคุมมอเตอร์โดยตรงคือเบอร์ L298N เป็นไอซีที่สามารถควบคุมมอเตอร์ 2 ตัว แบบคู่ออกฟลูบริดจ์ (Dual full Bridge) ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

1. สามารถทำงานที่ระดับแรงดันของเพาเวอร์ซัพพลายตั้งแต่ 6 ถึง 46 โวลต์
2. มีกระแสรวม 4 แอมแปร์
3. มีแรงดันอิมิตัน้อย
4. มีการป้องกันอุณหภูมิสูง

5. ลอจิก 0 อยู่ที่น้อยกว่า 1.5 โวลต์ เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน
 ไอซีเบอร์ L298N มีโครงสร้างและตัวถังดังรูปที่ 2.3 และ 2.4



รูปที่ 2.4 ตัวถัง ไอซี เบอร์ L298N



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของไอซี เบอร์ L298N

จากรูปที่ 2.5 ภายในโครงสร้างไอซีมีแอนด์เกตและทรานซิสเตอร์ต่อกันแบบเอชบริดจ์ สวิตซิ่ง (H-Bridge Switching) ขาอินพุตแอนด์เกตต่อเข้ากับอินนาเบิลและอินพุตจากไมโครคอน-

โทรลเลอร์ส่วนเอาต์พุตของแอนด์เกตต์เข้ากับขาเบสของตัวทรานซิสเตอร์ โดยวงจรทรานซิสเตอร์แบบเอชบริดจ์สวิตช์ (H-Bridge Switching) ต่อเข้ากับไฟ 12 โวลต์เข้าที่ขา 4 (VS) และ ต่อกראวด์เข้ากับขา 1 (SENSE A) กับ 15 (SENSE B) ของไอซี L298N การควบคุมการหมุนของมอเตอร์ทำได้โดยการกำหนดลอจิกที่อินพุตในช่องที่ต่อมอเตอร์ ตัวอย่างเช่น ต่อมอเตอร์เอาต์พุตที่ 1 และ 2 (ขา 2 และ 3) การควบคุมสามารถทำได้ดังตารางที่ 2.2

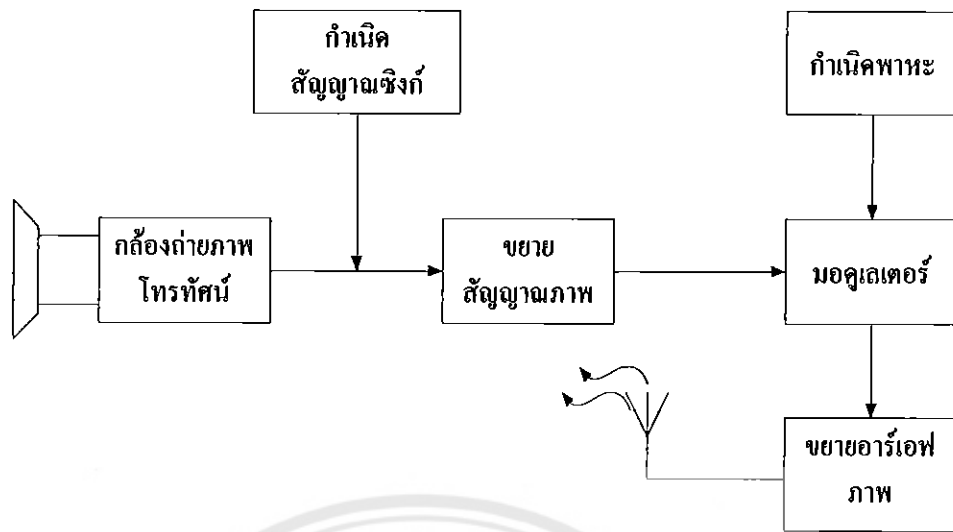
ตารางที่ 2.2 การควบคุมการหมุนของมอเตอร์โดยการกำหนดลอจิกที่อินพุต

อินพุตลอจิก			ผลที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์
ขา ENA	ขา IN1	ขา IN2	
0	X	X	มอเตอร์หยุดหมุน แต่สามารถจับหมุนได้อีกระยะขณะถูกปลดลอค
1	0	0	มอเตอร์หยุดหมุนเร็ว เนื่องจากมอเตอร์ถูกชอร์ต
1	0	1	มอเตอร์หมุน
1	1	0	มอเตอร์หมุนในทิศทางตรงข้าม
1	1	1	มอเตอร์หยุดหมุนเร็ว เนื่องจากมอเตอร์ถูกชอร์ต

2.4 หลักการของเครื่องรับ-ส่งสัญญาณโทรทัศน์

2.4.1 หลักการของเครื่องส่งสัญญาณภาพโทรทัศน์

หลักการส่งสัญญาณ โทรทัศน์ แสดงดังรูปที่ 2.5 เครื่องส่งสัญญาณ โทรทัศน์ประกอบด้วยการทำงานเป็นภาพต่างๆ ดังต่อไปนี้

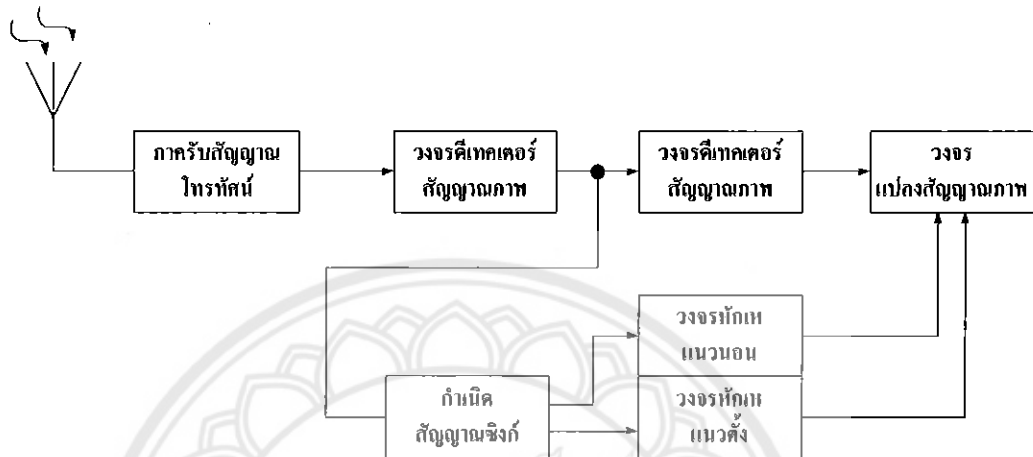


รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมการส่งสัญญาณโทรทัศน์

1. กล้องโทรทัศน์ (video camera) จะมีเลนส์รับภาพที่ต้องการส่งแล้วส่งโฟกัสมาให้ตัวอิมเมจเซนเซอร์ภายในกล้องโทรทัศน์ เปลี่ยนความเข้มของแสงที่ได้จากภาพให้เป็นสัญญาณภาพ โดยมีความถี่อยู่ระหว่าง 0-5 เมกะเฮิรตซ์ส่งให้ภาคขยายสัญญาณ
2. ภาคกำเนิดสัญญาณซิงค์ (synchronous generator) ทำหน้าที่ผลิตสัญญาณซิงค์แนวตั้งและซิงค์แนวนอนเพื่อเป็นสัญญาณควบคุมจังหวะการเกิดภาพของกล้องซึ่งสัญญาณซิงค์จะถูกผสมอยู่ในสัญญาณภาพเพื่อส่งไปให้เครื่องรับ ใช้อ้างอิงในการสร้างภาพที่ตรงกับทางเครื่องส่ง
3. ภาคขยายสัญญาณภาพ ทำหน้าที่ขยายสัญญาณภาพที่มีสัญญาณซิงค์อยู่ด้วยให้มีขนาดแอมพลิจูดสูงขึ้น
4. ภาคกำเนิดพาหะภาพ ทำหน้าที่กำเนิดความถี่อาร์เอฟย่านวีเอชเอฟ (VHF) หรือยูเอชเอฟ (UHF) ตามมาตรฐานของช่องและระบบที่จะส่ง ความถี่ที่กำเนิดส่งให้ภาคมอดูเลเตอร์ภาพ
5. ภาคมอดูเลเตอร์ภาพ (Video modulator) เป็นการนำเอาสัญญาณภาพมาผสมกับสัญญาณพาหะแบบเอเอ็ม ซึ่งโดยปกติทั่วไปจะผสมทางลบ (negative amplitude modulation) สัญญาณภาพที่ผสมกับพาหะแล้วส่งเข้าภาคขยายอาร์เอฟภาพ
6. ภาคขยายอาร์เอฟภาพ ทำการขยายคลื่นสัญญาณภาพโทรทัศน์ให้แรงขึ้นแล้วส่งออกอากาศทางเสาอากาศ
7. ภาคเสาอากาศ ทำหน้าที่แพร่กระจายสัญญาณภาพโทรทัศน์ให้กระจายออกอากาศในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

2.4.2 หลักการเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์

หลักการเครื่องรับสัญญาณ โทรทัศน์แสดงดังรูปที่ 2.6 เครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ ประกอบด้วยการทำงานเป็นภาคต่างๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.7 การทำงานของเครื่องรับสัญญาณ โทรทัศน์

การทำงานของเครื่องรับสัญญาณ โทรทัศน์

1. สายอากาศโทรทัศน์ ทำหน้าที่ในการรับคลื่นสัญญาณโทรทัศน์โดยการเปลี่ยนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้เป็นคลื่นไฟฟ้าส่งเข้าวงจรรับคลื่นโทรทัศน์
2. ภาครับคลื่น โทรทัศน์ ทำหน้าที่ในการรับคลื่นสัญญาณโทรทัศน์ แล้วขยายสัญญาณให้แรงขึ้น ส่งเข้าภาคดีเทคเตอร์ภาพ
3. ภาคดีเทคเตอร์สัญญาณภาพ ทำหน้าที่แยกสัญญาณภาพและสัญญาณซิงค์ออกจากคลื่นพาหะ
4. ภาคแยกสัญญาณ ซึ่งทำหน้าที่ในการรับสัญญาณภาพมาแยกเอาเฉพาะสัญญาณซิงค์ ซึ่งมีทั้งสัญญาณซิงค์แนวนอนและซิงค์แนวตั้งเพื่อส่งให้วงจรหักเหให้ทำงานสัมพันธ์กับเครื่องส่ง
5. ภาคหักเห ทำหน้าที่สร้างสัญญาณหักเหทั้งแนวตั้งและแนวนอนตามจังหวะควบคุมของสัญญาณซิงค์ สัญญาณซิงค์จะส่งเข้าที่วงจรแปลงสัญญาณภาพ
6. ภาควงจรแปลงสัญญาณภาพ ทำหน้าที่แปลงสัญญาณภาพที่ได้ให้อยู่ในรูปของสัญญาณเอวี (AV) เพื่อเอาไปใช้งาน

2.5 ชุดรับ-ส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย

เป็นชุดแปลงสัญญาณในระบบ RS232 ที่เป็นสาย ให้สามารถส่งข้อมูลออกไปได้ในแบบไร้สายเป็นสัญญาณวิทยุความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์

2.5.1 ลักษณะโดยทั่วไป

เป็นชุดแปลงสัญญาณ (Signal Converter) สำหรับใช้แปลงสัญญาณระหว่าง RS232 และสัญญาณวิทยุ (RF-Wireless) โดยในโหมดการทำงานของการส่งข้อมูล (Transmitter) จะทำหน้าที่รองรับข้อมูลจากพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 จากขา RX แล้วแปลงเป็นสัญญาณความถี่ (GFSK) ส่งออกไปในอากาศ และในทางกลับกันในโหมดการทำงานแบบรับ (Receiver) ชุดแปลงสัญญาณก็จะทำหน้าที่คอยตรวจจับข้อมูลที่อยู่ในรูปของสัญญาณความถี่ (GFSK) จากด้านสัญญาณวิทยุเพื่อแปลงกลับเป็นข้อมูลแบบ RS232 ส่งออกไปทางขา TX ได้ด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่าชุดแปลงสัญญาณนั้นสามารถนำไปต่อใช้งานร่วมกับพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 เพื่อใช้งานในลักษณะของการสื่อสารอนุกรมแบบไร้สาย (Wireless Transceiver) ได้โดยตรง โดยจะมีข้อดีกว่า คือสามารถรับส่งข้อมูลกันได้ในระยะทางที่ไกลกว่าหลายเท่าตัว และประการสำคัญ คือไม่จำเป็นต้องใช้สายสัญญาณที่เป็นตัวนำสัญญาณทางไฟฟ้าในการสื่อสารข้อมูลกัน ทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงหรือเคลื่อนย้ายชุดรับส่งข้อมูลได้ตลอดเวลา ซึ่งถ้าเป็นการรับส่งข้อมูลด้วยระบบ แบบที่ใช้สายสัญญาณนั้น จะเกิดความยุ่งยากในการติดตั้งสายสัญญาณเป็นอย่างมาก

2.5.2 โหมดการทำงาน

สำหรับโหมดการทำงานของชุดแปลงสัญญาณจะแบ่งออกเป็น 2 โหมดด้วยกัน คือ โหมดการตั้งค่า (Setup Mode) และ โหมดทำงาน (Run Mode)

1. โหมดการตั้งค่า (Setup Mode) ซึ่งเป็นโหมดสำหรับใช้กำหนดค่าควบคุมการทำงานของชุดแปลงสัญญาณ ที่จะใช้ในขณะที่เครื่องทำงานอยู่ในโหมดทำงาน (Run Mode) ก่อนการเริ่มต้นใช้งานเครื่องในครั้งแรกนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการกำหนดค่าให้ตรงกับความต้องการที่จะใช้งานเสียก่อน ค่าที่สามารถกำหนดได้มีดังต่อไปนี้

ET-RF 2.4 GHz (RS232 <-> Wireless Converter) Version 1.0.0

SETUP CONFIG MODE | TEST RUN MODE | HELP MODE |

User RS232 Baudrate <input type="radio"/> 1200 BPS <input type="radio"/> 2400 BPS <input type="radio"/> 4800 BPS <input checked="" type="radio"/> 9600 BPS <input type="radio"/> 19200 BPS	Setup Communication Port Com Port Select <input type="text" value="COM1"/> Status <input type="text" value="Connect Ready"/> BIOS Code <input type="text" value="ET-RF24G v1.00"/> <input type="button" value="Open"/> <input type="button" value="Close"/>
RF Data Rate <input checked="" type="radio"/> 250 Kbps Data rate <input type="radio"/> 1 Mbps Data Rate	Select RXD ID Code <input type="text" value="E"/> RF Receiver ID Code <input type="text" value="7E"/>
RF Operation Mode <input type="radio"/> RF Receive Only <input type="radio"/> RF Transmitt Only <input checked="" type="radio"/> RF Auto Direction	Select TXD ID Code <input type="text" value="E"/> RF Transmitter ID Code <input type="text" value="E7"/>
RF Power Gain <input type="radio"/> -20 dBm (Min) <input type="radio"/> -10 dBm <input type="radio"/> -5 dBm <input checked="" type="radio"/> +0 dBm (Max)	Select RF Frequency Channel <input type="text" value="0"/> RF Frequency Channel <input type="text" value="0"/>
<input type="button" value="SAVE CONFIG"/>	<input type="button" value="READ CONFIG"/>

รูปที่ 2.8 โปรแกรมที่ใช้สำหรับกำหนดค่า

- กำหนดค่าความเร็วในการรับส่งข้อมูลทางด้านพอร์ตการสื่อสารอนุกรม สามารถกำหนดได้ 5 ค่าคือ 1200 , 2400 , 4800 , 9600 , 19200 บิตต่อวินาที
- กำหนดความเร็วในการรับส่งข้อมูลทางด้านสัญญาณวิทยุของชุดแปลงสัญญาณสามารถกำหนดได้ 2 ค่า คือ 250 กิโลบิตต่อวินาที และ 1 เมกะบิตต่อวินาที
- กำหนดรูปแบบการทำงานของชุดแปลงสัญญาณ รูปแบบการทำงานมีด้วยกัน 3 แบบ คือ รับข้อมูลอย่างเดียว ส่งข้อมูลอย่างเดียว หรือ ทั้งรับทั้งส่งแบบ 2 ทิศทาง
- กำหนดกำลังส่งของคลื่นวิทยุ ที่ใช้ในการส่งข้อมูลเป็นสัญญาณวิทยุ สามารถกำหนดได้ 4 ระดับคือ -20 dBm (กำลังส่งต่ำสุด) , -10 dBm , -5 dBm , +0 dBm (กำลังส่งสูงสุด)
- กำหนด RXD ID Code เป็นรหัส ID Code ของชุดแปลงสัญญาณ ในโหมดของการรับข้อมูลจากสัญญาณวิทยุ โดยเมื่อเครื่องชุดแปลงสัญญาณด้านส่งจะทำการส่งข้อมูลออกไปทางคลื่นวิทยุ นั้นจะมีการระบุหมายเลข ID Code ของด้านรับรวมไปกับชุดข้อมูลด้วยเสมอ โดยเมื่อชุดแปลงสัญญาณ ที่อยู่ทางด้านรับทำการรับข้อมูลจากด้านสัญญาณวิทยุได้ อันดับแรกมันจะทำการ

เปรียบเทียบรหัส ID Code ที่รวมมากับข้อมูลที่รับมาได้ว่าตรงกับรหัสของ RXD ID Code ที่กำหนดไว้ในตัวมันหรือไม่ ซึ่งถ้าถูกต้องก็จะแยกเอาเฉพาะส่วนของข้อมูลที่รับเข้ามาได้เพื่อเปลี่ยนเป็นข้อมูลแบบ RS232 แล้วส่งออกไปทางด้าน TX ของ RS232 แต่ถ้ารหัส ID Code ที่รับมาได้ไม่ตรงกับรหัส RXD ID Code ที่กำหนดไว้ ชุดแปลงสัญญาณจะทิ้งข้อมูลชุดนั้นไปทันที โดยค่า RXD ID Code นั้นสามารถกำหนดได้ 256 ค่าในรูปแบบของเลขฐานสิบหก (00H-FFH)

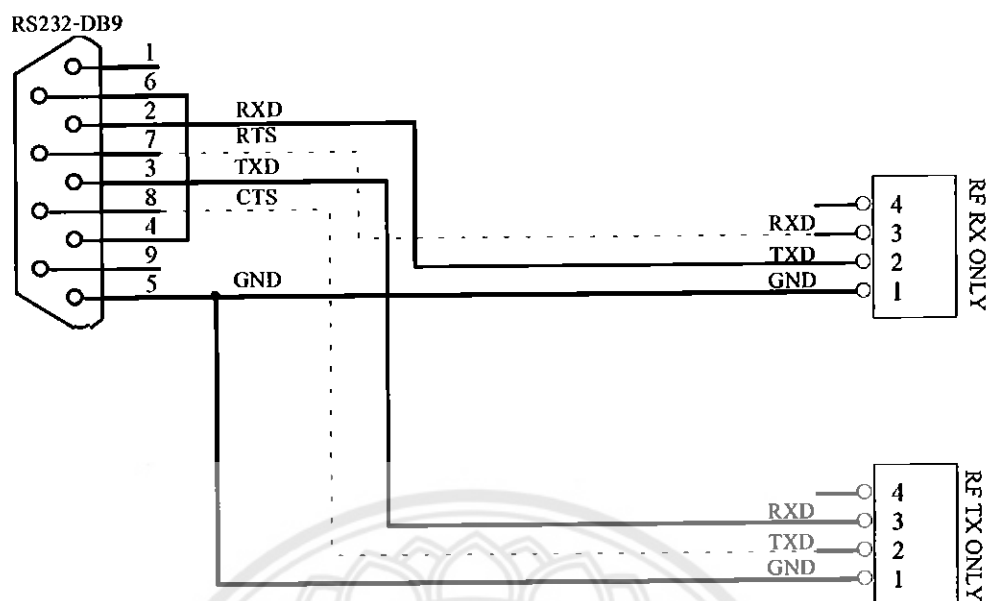
- กำหนด TXD ID Code เป็นรหัส ID Code ปลายทางที่จะส่งข้อมูลไปหา โดยที่ชุดแปลงสัญญาณ ที่ถูกกำหนดให้ทำหน้าที่เป็นฝ่ายส่งข้อมูลนั้น เมื่อมันสามารถรับข้อมูลจาก RS232 ได้แล้ว มันจะทำการนำเอาข้อมูลนั้นไปเข้ารหัสรวมกับ TXD ID Code ที่กำหนดไว้ แล้วส่งออกไปทางด้านคลื่นวิทยุ โดยรหัสของ TXD ID Code นี้หมายถึง รหัส RXD ID Code ของฝ่ายรับที่ต้องการส่งข้อมูลไปหาตัวเอง โดยค่า TXD ID Code นั้นสามารถกำหนดได้ 256 ค่าในรูปแบบของเลขฐานสิบหก (00H-FFH)

โดยเมื่อทำการกำหนดค่าตัวเลือกต่างๆ เรียบร้อยแล้ว ก็สามารถเปลี่ยนโหมดการทำงานของตัวเครื่องกลับเป็น โหมดทำงาน (Run Mode) พร้อมกับการปิดไฟที่จ่ายให้กับตัวเครื่อง ชั่วขณะหนึ่ง จากนั้นจึงเริ่มต้นจ่ายไฟให้กับตัวเครื่องใหม่ก็สามารถใช้งานตามค่าที่กำหนดไว้แล้วได้ทันที โดยค่าตัวเลือกต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้แล้วจะถูกเก็บไว้ภายในตัวเครื่องอย่างถาวร ถึงแม้ว่าจะไม่ได้ทำการจ่ายไฟให้กับตัวเครื่องแล้วก็ตาม

2. โหมดทำงาน (Run Mode) ซึ่งเป็นโหมดของการใช้งานตามปกติของชุดแปลงสัญญาณ สำหรับการทำงาน โดยลักษณะการทำงานนี้ จะถูกกำหนดไว้แล้วในชุดแปลงสัญญาณในโหมดการตั้งค่า (Setup Mode) ดังนั้นก่อนการใช้งานเครื่อง ในครั้งแรกจะต้องทำการกำหนดค่าต่างๆ ให้เรียบร้อยเสียก่อน โดยเมื่อชุดแปลงสัญญาณเริ่มต้นเข้าโหมดทำงาน (Run Mode) แล้วทำการอ่านค่าที่กำหนดไว้ออกมา เพื่อใช้เป็นเงื่อนไขในการทำงานตามค่าที่ได้กำหนดไว้ โดยลักษณะการทำงานแบ่งออกเป็น 3 แบบด้วยกันดังนี้

- การทำงานแบบรับข้อมูลอย่างเดียว (RF Receive Only) เป็นการทำงานแบบทิศทางเดียว โดยการทำงานในโหมดนี้ จะเป็นการรอรับข้อมูลความถี่แบบ GFSK จากด้านสัญญาณวิทยุ แล้วเปลี่ยนเป็นข้อมูลอนุกรมส่งออกไปทางขา TX ของ RS232 โดยการทำงานจะวนรอบอยู่เช่นนี้ไปตลอด

- การทำงานแบบส่งข้อมูลอย่างเดียว (RF Transmit Only) เป็นการทำงานแบบทิศทางเดียว โดยการทำงานในโหมดนี้ ชุดแปลงสัญญาณจะทำหน้าที่รอรับข้อมูลจากขา RX ด้าน RS232 แล้วเปลี่ยนเป็นข้อมูลแบบ GFSK ส่งออกไปทางสัญญาณวิทยุ



รูปที่ 2.9 สายสัญญาณ RS232 ใช้กับชุดแปลงสัญญาณ

- การทำงานแบบทั้งรับและส่งข้อมูล (RF Auto Direction) เป็นการทำงานชนิด 2 ทิศทางแบบ Half Duplex หรือผลัดกันรับผลัดกันส่ง ซึ่งสามารถใช้รับส่งข้อมูลระหว่างต้นทาง และปลายทางได้ โดยใช้ชุดแปลงสัญญาณค่านละ 1 ชุด เท่านั้น เพียงแต่การรับส่งข้อมูลแบบนี้จะไม่สามารถส่งข้อมูลสวนทางกันได้เหมือนกับแบบ Full Duplex แต่จะต้องใช้วิธีการผลัดกันรับข้อมูล และส่งข้อมูลแทน โดยเมื่อฝ่ายรับทำการรับข้อมูลได้จนครบแล้วจึงจะสลับหน้าที่เป็นฝ่ายส่งเพื่อส่งข้อมูลย้อนกลับไป

2.6 สรุปทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

หลังจากได้ศึกษาทฤษฎีและหลักการพื้นฐานในด้านโครงสร้าง ด้านการสื่อสาร ด้านการอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ที่นำมาใช้เป็นส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์ท่าลากระบิคที่ได้กล่าวมาในบทนี้ จะนำมาเพื่อใช้ในการออกแบบส่วนของตัวหุ่นยนต์ การสื่อสารแบบไร้สาย และส่วนของระบบสั่งการ ซึ่งจะอธิบายถึงการออกแบบส่วนต่างๆของหุ่นยนต์ท่าลากระบิค ในบทต่อไป

บทที่ 3

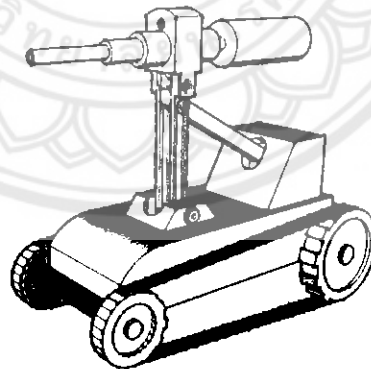
วิธีดำเนินโครงการ

หุ่นยนต์ในกรณีศึกษานี้ เป็นประเภทของหุ่นยนต์ทำลายระเบิดที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ผ่านคอมพิวเตอร์โดยใช้การสื่อสารแบบไร้สาย ซึ่งหลังจากที่ได้ศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของอุปกรณ์ที่ต้องนำมาใช้งาน เราจึงทำการออกแบบและจัดหาอุปกรณ์ในโครงการนี้เราออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์ทำลายระเบิด ต้องอาศัยการควบคุมหุ่นยนต์จากระยะไกล จึงใช้เครื่องข่ายไร้สายติดต่อกับระบบสั่งการ โดยมีการแบ่งขั้นตอนการทำงานดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยแยกการทำงานออกเป็น 3 ส่วนได้ คือ ส่วนระบบสั่งการ ส่วนเครือข่ายไร้สายและส่วนตัวหุ่นยนต์



รูปที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนการทำงานหุ่นยนต์ทำลายระเบิด

3.1 การออกแบบส่วนของตัวหุ่นยนต์ทำลายระเบิด



รูปที่ 3.2 หุ่นยนต์ทำลายระเบิด

1. โครงสร้างของหุ่นยนต์ต้องมีความแข็งแรงทนทาน เพื่อรับน้ำหนักของอุปกรณ์ต่างๆ รวมไปถึงกลไกต่างๆ เช่นเฟลา เฟือง ก้าน โยง ข้อต่อ ฯลฯ
2. การขับเคลื่อนเป็นประเภทตีนตะขาบเพราะ ทำให้ความสามารถในการเกาะถนนและการปีนป่ายที่ดีกว่าระบบขับเคลื่อนแบบใช้ 4 ล้อ

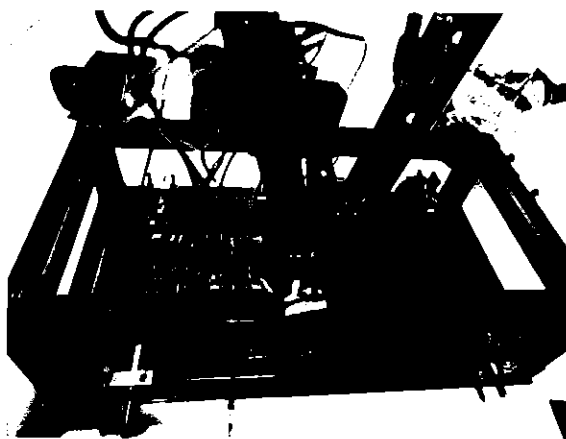
3. ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ ใช้สำหรับการเคลื่อนที่ของดินตะขามและการปรับมุมการยิงของปืนยิงทำลายระเบิด
 4. ชุดรับส่งสัญญาณแบบไร้สาย (RS232 Wireless) ทำหน้าที่ติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์
 5. ไมโครคอนโทรลเลอร์ ควบคุมชุดขับเคลื่อนมอเตอร์
 6. กล้องไร้สาย ใช้สำหรับถ่ายภาพและส่งสัญญาณภาพมาที่คอมพิวเตอร์ ทำให้เห็นทัศนวิสัยด้านหน้าของหุ่นยนต์เพื่อบังคับตัวหุ่นไปยังเป้าหมาย
 7. ภาคนำไฟจากแบตเตอรี่ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ภาคนำไฟเลี้ยงให้วงจรต่างๆ และ กล้องส่งสัญญาณภาพไร้สาย
 8. ปืนสำหรับยิงทำลายวัตถุระเบิดแบบแสงเครื่อง
- ขั้นตอนการทำงานของตัวหุ่นยนต์ทำลายระเบิด มีลักษณะดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผนภาพขั้นตอนการทำงานของตัวหุ่นยนต์ทำลายระเบิด

3.1.1 โครงสร้างของหุ่นยนต์ทำลายระเบิด

วัสดุที่นำมาสร้างเป็นโครงสร้างของหุ่นยนต์ทำลายระเบิด คือ เหล็กกล่อง หรือ เหล็กแป๊บ ลักษณะพื้นที่หน้าตัดก็เหมือนกับกล่องกวางตรงกลาง เพื่อให้มีความแข็งแรงทนทานสามารถรับน้ำหนักปืนทำลายระเบิดได้ และ โครงสร้างต้องมีน้ำหนักไม่มากจนเกินไป ลักษณะการออกแบบโครงสร้างดังรูปที่ 3.4



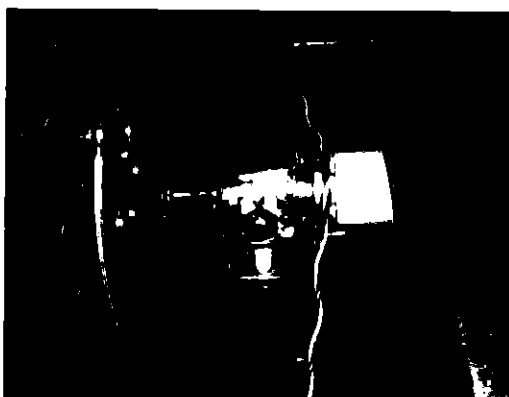
รูปที่ 3.4 โครงสร้างตัวหุ่นชนด์

ในส่วนของการขับเคลื่อนจะใช้มอเตอร์เกียร์ 2 ตัว เพื่อง เพลลา และ โซ่ โคชให้มีลักษณะ คล้ายกับรถดินตะขบล้อทั้งสองมีอิสระต่อกัน มีลักษณะดังรูปที่ 3.5



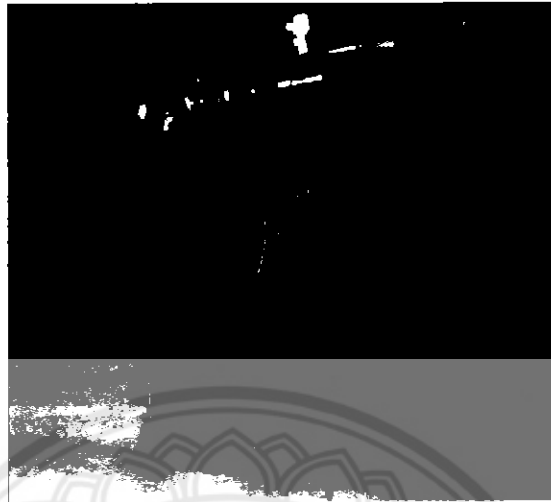
รูปที่ 3.5 โครงสร้างการขับเคลื่อน

และส่วนการปรับมุมป็นจะใช้เหล็กแผ่นตัดเป็นวงกลมนำมาเจาะรูตรงกลางใส่มอเตอร์ และเจาะรูด้านริมใส่แกนขกตัวป็นอิงทำลาชระเบิด ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 งานหมุนต่อกับแกนขก

เมื่อนำทุกส่วนมาประกอบกันก็จะได้ตัวหุ่นยนต์ทำลาตระเบิด ลักษณะดังรูปที่ 3.7



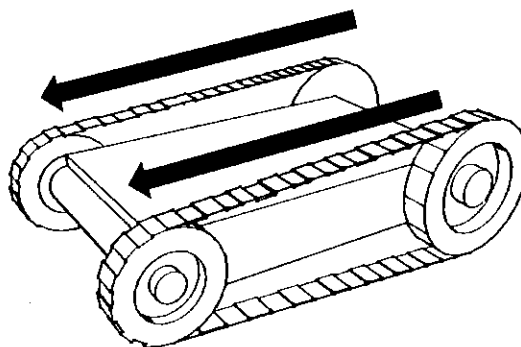
รูปที่ 3.7 ตัวหุ่นยนต์ทำลาตระเบิด

3.1.2 ระบบการเลี้ยวของหุ่นยนต์

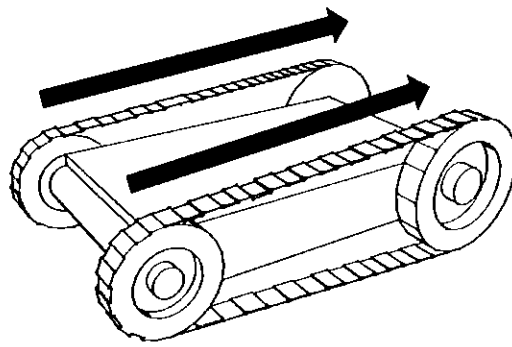
การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทำได้โดยมอเตอร์ควบคุมล้อดินตะขบทั้งสองข้างเป็นอิสระต่อกัน

หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้โดยมอเตอร์ข้างซ้ายและขวาหมุนในทิศทางไปข้างหน้าเหมือนกัน ทำให้ล้อตะขบทั้งซ้ายและขวาหมุนไปข้างหน้าลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แสดงดังรูปที่ 3.8

หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหลังได้โดยมอเตอร์ข้างซ้ายและขวาหมุนในทิศทางกลับหลังเหมือนกัน ทำให้ล้อตะขบทั้งซ้ายและขวาหมุนไปข้างหลังลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แสดงดังรูปที่ 3.9



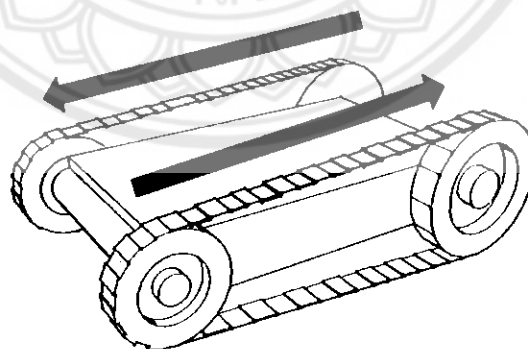
รูปที่ 3.8 การเคลื่อนหน้าของหุ่นยนต์



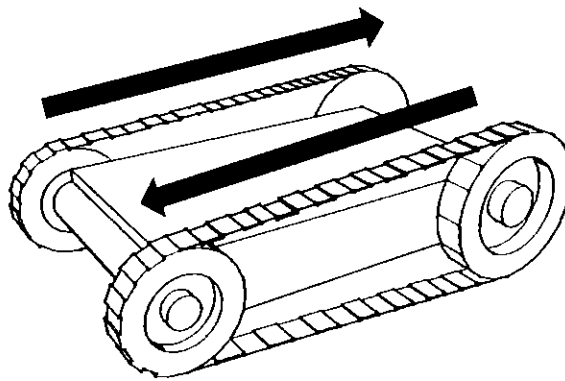
รูปที่ 3.9 การเคลื่อนถอยหลังของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์สามารถหมุนไปทางซ้ายได้โดยใช้มอเตอร์ของดินตะขบข้างขวาหมุนไปในทิศทางไปข้างหน้าและมอเตอร์ของดินตะขบข้างซ้ายหมุนไปในทิศทางกลับหลังด้วยเหตุนี้ทำให้ล้อดินตะขบมีทิศทางการหมุนสวนทางกัน โดยข้างขวาหมุนไปข้างหน้าส่วนข้างซ้ายหมุนไปด้านหลัง หุ่นยนต์จึงเกิดการหมุนไปทางด้านซ้าย

หุ่นยนต์สามารถหมุนไปทางขวาได้โดยใช้มอเตอร์ของดินตะขบข้างซ้ายหมุนไปในทิศทางไปข้างหน้าและมอเตอร์ของดินตะขบข้างขวาหมุนไปในทิศทางกลับหลัง ด้วยเหตุนี้ทำให้ล้อดินตะขบมีทิศทางการหมุนสวนทางกัน โดยข้างซ้ายหมุนไปข้างหน้าส่วนข้างขวาหมุนไปด้านหลัง หุ่นยนต์จึงเกิดการหมุนไปทางด้านขวา หุ่นยนต์สามารถเลี้ยวได้โดยวิธีการหมุนไปทางซ้ายหรือขวาแล้วให้หุ่นยนต์เดินหน้าหรือถอยหลัง การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แสดงดังรูปที่ 3.10 และ รูปที่ 3.11



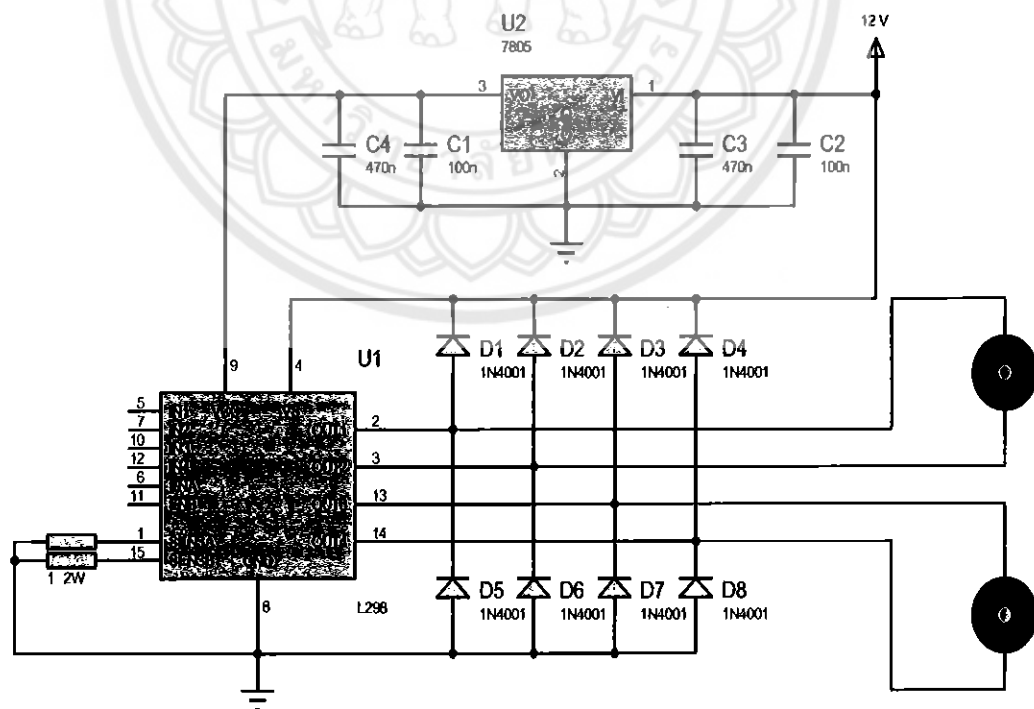
รูปที่ 3.10 การเลี้ยวซ้ายของหุ่นยนต์



รูปที่ 3.11 การเลี้ยวขวาของหุ่นยนต์

3.1.3 ชุดขับมอเตอร์

ชุดขับมอเตอร์ไว้สำหรับควบคุมมอเตอร์การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และปรับมุมการยิง รวมถึงการยิงของปืนยิงทำลายระเบิด ในตัวหุ่นยนต์ทำลายระเบิดใช้มอเตอร์ทั้งหมด 4 ตัว ชุดขับมอเตอร์ใช้ไอซีหมายเลข L298N หนึ่งตัวสามารถควบคุมการหมุนของมอเตอร์แบบคูลเอาท์ฟูลบริดจ์ (Dual full-Bridge) ได้ 2 ตัว ดังนั้นจะใช้ไอซีหมายเลข L298N จำนวน 2 ตัว เพื่อควบคุมมอเตอร์ให้ได้ 4 ตัว วงจรการต่อชุดขับมอเตอร์ด้วยไอซีหมายเลข L298N มีดังรูป 3.12



รูปที่ 3.12 วงจรควบคุมทิศทางและการหมุนของมอเตอร์

วงจรประกอบไปด้วยไอซีหมายเลข L298N ตัวต้านทานขนาด 1 โอห์ม 2 ตัว ไดโอด 8 ตัว ทำหน้าที่ป้องกันกระแสไหลย้อนกลับจากมอเตอร์ แหล่งจ่ายของวงจรจะใช้เป็นแบตเตอรี่รีจขนาด 12 โวลต์หรือจากเพาเวอร์ซัพพลาย (Power Supply) ผ่านไอซีหมายเลข 7805 และตัวเก็บประจุ 0.1 ไมโครฟารัด 2 ตัว และ 0.47 ไมโครฟารัด 2 ตัว นำมาเป็นไฟเลี้ยงให้กับไอซีหมายเลข L298N

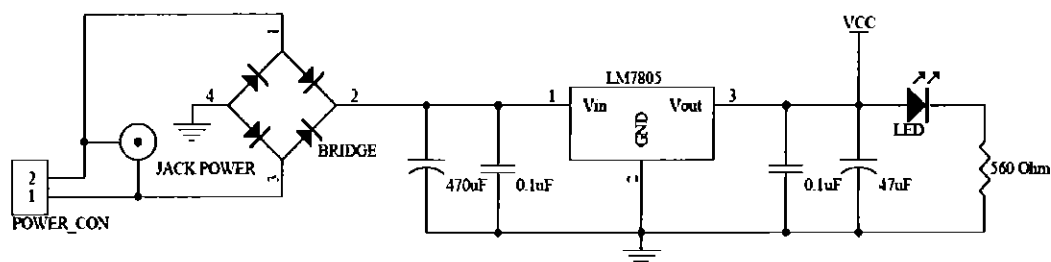
3.1.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

วงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ คือ 1. วงจรแปลงไฟ และจ่ายไฟ 2. วงจรตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ 3. วงจรการติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม (RS-232)

อุปกรณ์ที่ใช้ทั้งหมดของวงจรมีดังต่อไปนี้

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2 + ซ็อกเก็ต 40 ขา	1 ตัว
2. ไอซีหมายเลข MAX232 + ซ็อกเก็ต 16 ขา	1 ตัว
3. คริสตัลความถี่ 11.0592 เมกะเฮิรตซ์	1 ตัว
4. ไอซีหมายเลข LM7805	1 ตัว
5. บริดจ์ไดโอด	1 ตัว
6. ตัวเก็บประจุขนาด 10 ไมโครฟารัด	4 ตัว
7. ตัวเก็บประจุขนาด 47 ไมโครฟารัด	2 ตัว
8. ตัวเก็บประจุขนาด 22 พิโกฟารัด	2 ตัว
9. ตัวต้านทานขนาด 10 กิโลโอห์ม	1 ตัว
10. ตัวต้านทานขนาด 560 โอห์ม	1 ตัว
11. หลอดไฟ (LED)	1 หลอด
12. สวิตช์	1 ตัว
13. คอนเนคเตอร์ 8 ขา (สำหรับพอร์ตไมโครคอนโทรลเลอร์)	4 ตัว
14. คอนเนคเตอร์ 4 ขา (สำหรับพอร์ต RS-232)	1 ตัว
15. คอนเนคเตอร์ 2 ขา (สำหรับ Input Power)	1 ตัว
16. บอร์ดคอนเนคประสงค์แบบไขปลา	1 บอร์ด

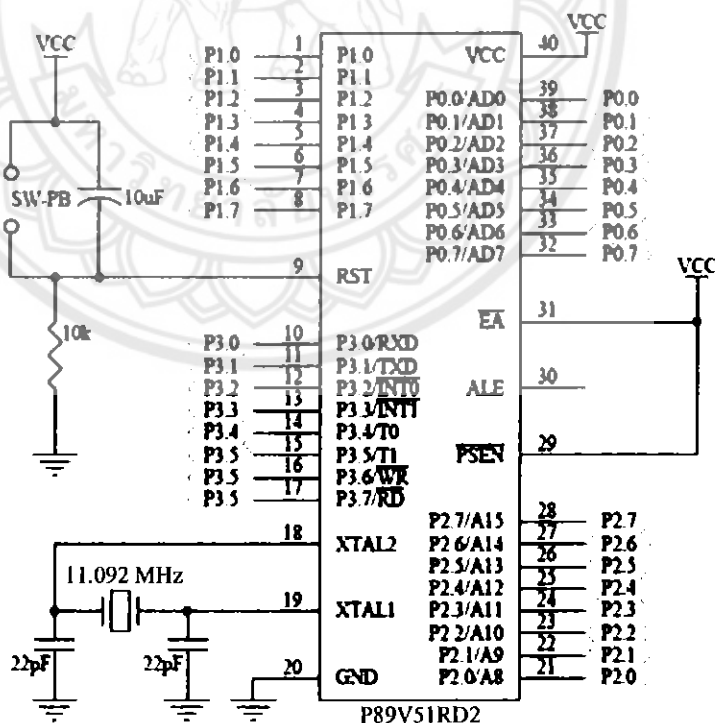
วงจรแปลงไฟ และจ่ายไฟ นั้นสามารถต่อได้ดังรูปวงจรตามรูปที่ 3.13 จะเห็นได้ว่าใช้ไอซีหมายเลข LM7805 ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟจาก 9-12 โวลต์ ให้เป็นไฟกระแสตรง 5 โวลต์ สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 1 แอมแปร์



รูปที่ 3.13 วงจรแปลงไฟและจ่ายไฟ

ตามรูปที่ 3.13 บริดจ์ไดโอดทำหน้าที่แปลงไฟให้เป็นไฟบวกทำให้เราสามารถจ่ายไฟเข้าวงจรนี้เป็นไฟกระแสสลับ หรือ ไฟกระแสตรงที่ 9-12 โวลต์ ได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงขั้วของการต่อไฟสำหรับเพาเวอร์ซัพพลายจ่ายไฟกระแสตรงที่ 5 โวลต์ อยู่แล้ว ก็สามารถใช้เพาเวอร์ซัพพลายนั่นกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง โดยไม่ต้องต่อวงจรแปลงไฟ

ในส่วนวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถต่อได้ตามวงจรในรูปที่ 3.14 โดย Vcc 5 โวลต์ นั้นใช้จาก Vcc ของวงจรจ่ายไฟ จะเห็นได้ว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มีพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบขนาด 8 บิตอยู่ทั้งหมด 4 พอร์ต (พอร์ต 0 – พอร์ต 3) แต่ละพอร์ตสามารถทำงานเป็นพอร์ตอินพุต หรือเอาต์พุตก็ได้



รูปที่ 3.14 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2

ขา EA (External Access Enable) ขาที่ 31 ใช้เลือกการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก หรือหน่วยความจำโปรแกรมภายใน กรณีเลือกใช้ หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกขา EA ต้องเป็นลอจิก "0" ส่วนในกรณีใช้หน่วยความจำโปรแกรม ภายในขา EA ต้องเป็นลอจิก "1" สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2 นั้นมีหน่วยความจำ โปรแกรมภายในแบบแฟลช ขนาด 64 กิโลไบต์ ดังนั้นเราจึงเลือกให้ทำงานจากหน่วยความจำ โปรแกรมภายใน ซึ่งต้องต่อกับไฟ 5 โวลต์ ให้เป็นลอจิก "1" ดังแสดงในรูปที่ 3.14

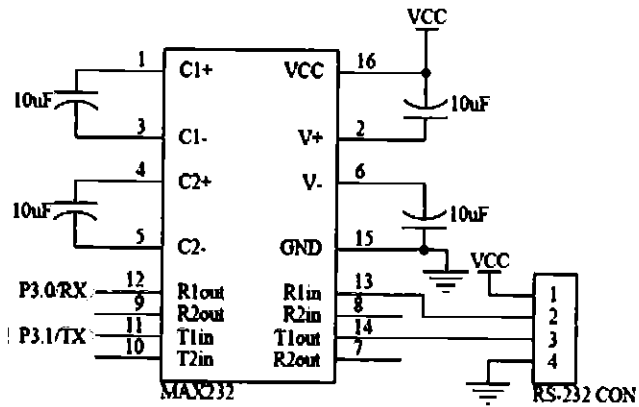
ขา RST (RESET) ขาที่ 9 ไว้สำหรับรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยถ้า ขา RST นี้มีสถานะเป็นลอจิก High นานกว่าช่วงเวลา 2 แมกซ์ซีไอเซล จะเป็นการรีเซ็ตการทำงานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้นเราจึงต่อขา RST ของไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับสวิตช์ และตัว เก็บประจุขนาด 10 ไมโครฟารัด ดังแสดงในรูปที่ 3.14

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตัลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาให้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่เลือกใช้คริสตัลความถี่ 11.0592 เมกกะเฮิรตซ์ เนื่องจากเป็นความถี่ที่ สามารถนำไปสร้างสัญญาณนาฬิกาให้กับการติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232

ขา ALE (Address Latch Enable) ขาที่ 30 เป็นขาที่ใช้ควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการต่อใช้งานหน่วยความจำภายนอก แต่เนื่องจากเรายังไม่ได้ต่อใช้งานหน่วยความจำภายนอก ดังนั้นเราจึงปล่อยขา ALE ไว้

ขา PSEN (Program Store Enable) ขาที่ 29 ใช้ส่งสัญญาณเพื่อร้องขอการติดต่อกับ หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก สำหรับในไมโครคอนโทรลเลอร์บางรุ่นขา PSEN นี้ใช้ในการ ควบคุมสถานะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการโหลดโปรแกรมลงบน ไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย

ไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2 มีพอร์ตอนุกรม ซึ่งนอกจากจะใช้สำหรับรับส่ง ข้อมูลตามปกติแล้ว พอร์ตอนุกรมของ P89V51RD2 ยังสามารถใช้คาน์โหนดโปรแกรมลง หน่วยความจำโปรแกรม หรือที่เรียกว่าการโหลดโปรแกรมแบบ ISP ได้อีกด้วยพอร์ตอนุกรมของ P89V51RD2 อยู่ที่พอร์ต P3.0 (RXD) ขาที่ 10 และ P3.1 (TXD) ขาที่ 11 สัญญาณที่ออกมาจาก พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเป็นสัญญาณระดับทีทีแอล (TTL) ซึ่งมีระดับสัญญาณอยู่ที่ 0-5 โวลต์ แต่ในการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 นั้นสัญญาณ logic "0" ต้องมี ระดับสัญญาณอยู่ที่ 3-15 โวลต์ และ ลอจิก "1" ต้องมีระดับสัญญาณอยู่ที่ (-3)-(-15) โวลต์ ดังนั้นใน การใช้งานสื่อสารตามมาตรฐาน RS-232 เราจึงต้องใช้วงจรสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมซึ่งมีไอซี MAX232 เป็นตัวปรับระดับสัญญาณจากระดับทีทีแอล (TTL) ให้เป็นไปตามมาตรฐานของ RS-232 โดยสามารถต่อวงจรได้ตามรูปที่ 3.15



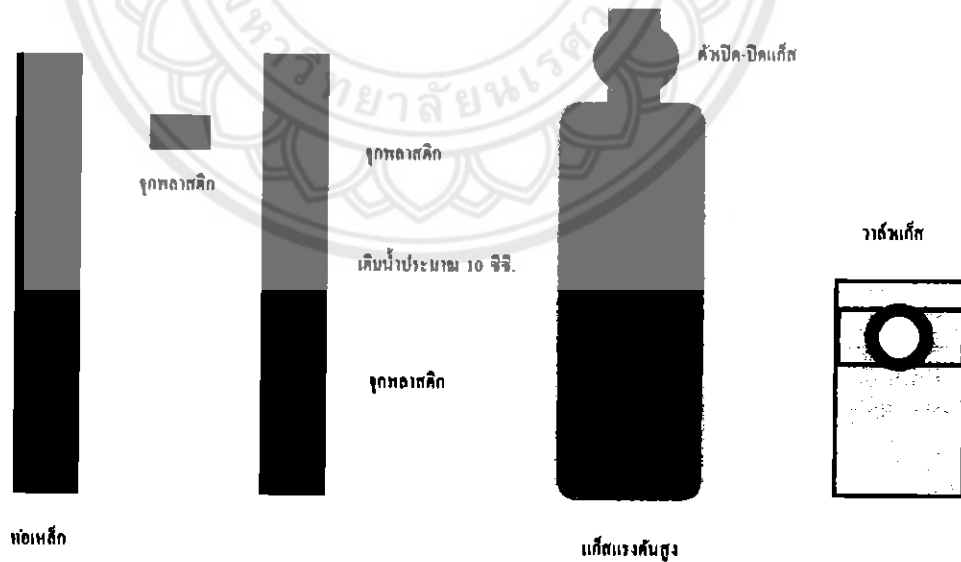
รูปที่ 3.15 วงจรติดต่อผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS-232

3.1.5 การออกแบบป็นอิงทำลาชระเบิด

ป็นอิงทำลาชระเบิด ใช้หลักการท้งานเช่นเดีวกับป็นอิงแรงค่นน้ำมีหลักการดั่งนี้

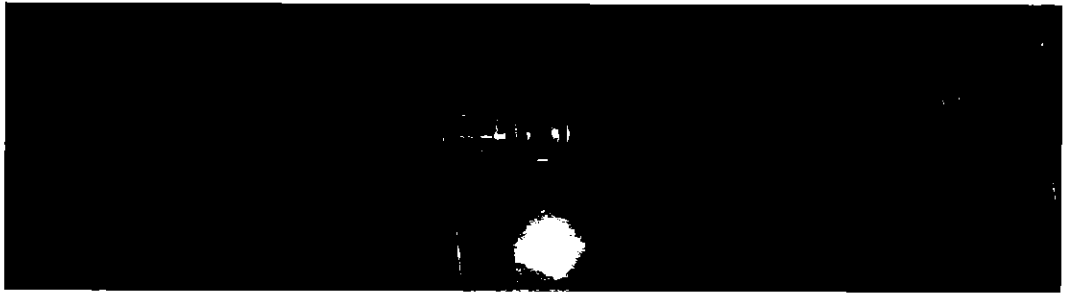
1. ใช้น้ำเพื่อเป็นค้วค้วจรงการท้งานของระเบิด
2. ใช้เก็สแอร้แรงค่นสูงเป็นค้วอิงออกไปซ้งเป้าหมาย หลักการนี้จะมีควมปลอดกัซมากกว่าการใช้ กระสุนป็นจริงเป็นการจูดลนวนเพื่ออิงน้ำออกไป

ส่วนประกอบด่างๆ ของป็นอิงทำลาชระเบิดแสดงดั่งรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ส่วนประกอบของป็นอิงทำลาชระเบิด

นำส่วนประกอบจากรูปที่ มาประกอบกันจะได้ลักษณะดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ปีนิงทำลาชระเบิด

การยิงปืนทำลาชระเบิด ทำได้โดยใช้โซลินอยด์คว่ำ ซึ่งประกอบด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับทำหน้าที่ปิดเปิดคว่ำเมื่อเปิดและปิดสวิทช์ เมื่อกระแสไหลผ่านขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะดูดเคือชวาล์วเพื่อเปิดคว่ำ และเมื่อปิดสวิทช์ตัดกระแสไฟฟ้า เคือชวาล์ว จะกลับไปสู่ตำแหน่งเดิมโดยน้ำหนักของตัวเองเพื่อปิดคว่ำ ลักษณะของโซลินอยด์มีดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 โซลินอยด์คว่ำ

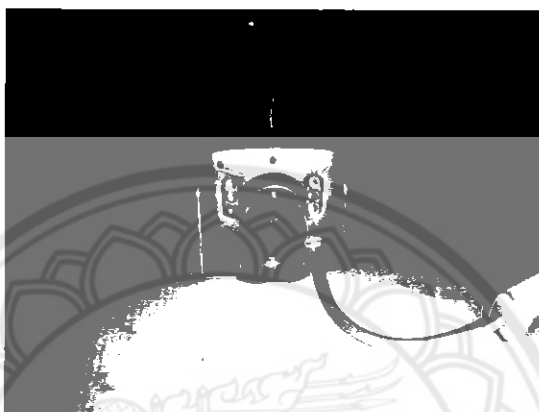
ข้อดีของการใช้แก๊สแอรเป็นควยิงแรงดันน้ำ

1. ต้นทุนถูก
2. หาอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำได้ง่าย
3. มีความปลอดภัยสูง
4. น้ำหนักเบา

ข้อเสีย คือยิงวัตถุที่เป็นเหล็กหนามากไม่ได้

3.1.6 การติดตั้งกล้องไร้สาย

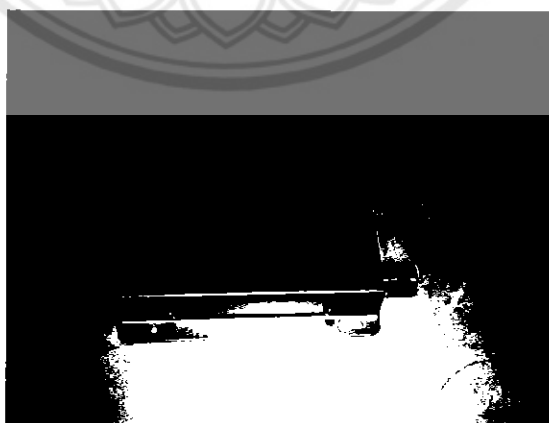
กล้อง ไร้สายทำหน้าที่ส่งภาพมายังคอมพิวเตอร์ทำให้องเห็นทัศนวิสัยด้านหน้าของหุ่นยนต์เพื่อควบคุมจากระยะไกล บริเวณที่จะทำการติดตั้งกล้องเป็นส่วนปลายของปืนยิงท่ากลางระเบิด เพื่อให้วิถีการยิงมีความแม่นยำมากขึ้น ลักษณะของกล้องไร้สายดังรูปที่ 3.19 และมีภาครับสัญญาณจากกล้องมาแสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.19 กล้องไร้สาย

คุณสมบัติของกล้อง ไร้สายมีดังต่อไปนี้

1. ตัวเลนส์กล้องสามารถจับภาพได้ไกลในรัศมี 5 เมตร
2. ตัวโมดูลเครื่องส่งสัญญาณภาพไร้สายสามารถส่งสัญญาณภาพได้ไกลในรัศมี 30 เมตร
3. กล้องสามารถใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ หรือ จากหม้อแปลงไฟฟ้าได้



รูปที่ 3.20 ภาครับสัญญาณกล้องไร้สาย

3.2 การสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless)

การสื่อสารแบบไร้สายนั้นจำเป็นต้องใช้คลื่นความถี่วิทยุ ในการส่งสัญญาณข้อมูลจึงต้องให้ความสำคัญเกี่ยวกับการเข้ารหัสข้อมูล และความปลอดภัยในการส่งข้อมูลถ้ามีผู้ดักจับข้อมูลในบริเวณรัศมีก็สามารถทำได้ ดังนั้นความปลอดภัยจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ไม่ควรละเลย เราจึงเลือกการสื่อสารในการรับ – ส่งสัญญาณควบคุมผ่านเคเบิลสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless) ที่ความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งระบบการจัดการข้อมูลของชุดแปลงสัญญาณนั้น มีระบบการเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถืออยู่ในเกณฑ์ที่จัดว่าดี โดยข้อมูลแต่ละไบต์ (Byte) ที่มีการรับส่งกันนั้น จะมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลให้ด้วยแล้ว โดยข้อมูลที่รับได้จากด้านสัญญาณวิทยุนั้น รับประกันได้ว่าเป็นข้อมูลที่มีความถูกต้อง ชุดแปลงสัญญาณในระบบอาร์เอส232 (RS232) ที่เป็นสายให้สามารถส่งข้อมูลออกไปได้ในแบบไร้สายมีลักษณะดังรูปที่ 3.21



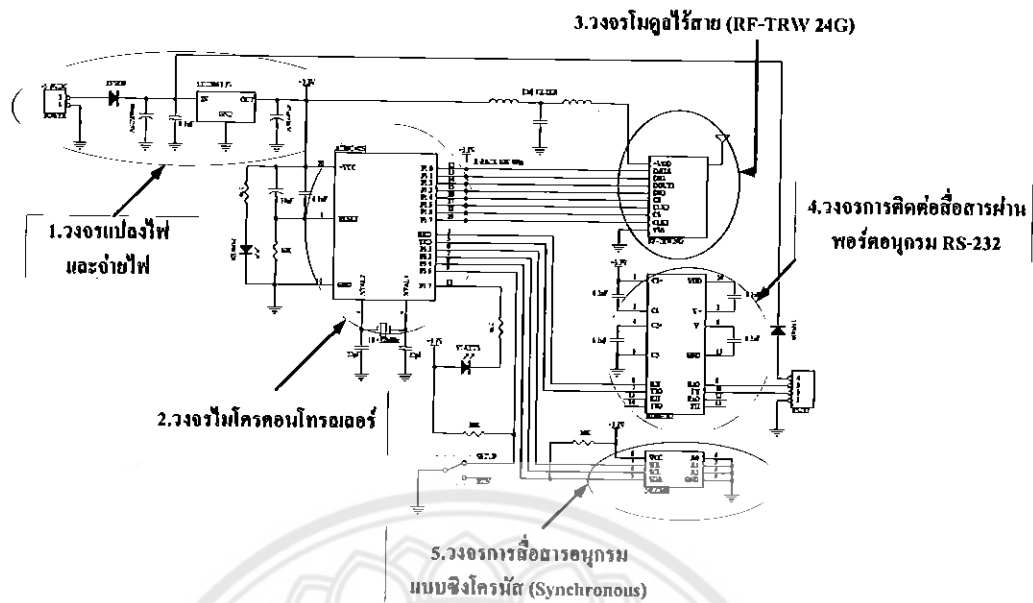
รูปที่ 3.21 ชุดแปลงสัญญาณการรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย

ข้อดีของการใช้การสื่อสารแบบไร้สาย มีดังต่อไปนี้

1. ความคล่องตัวสูง ดังนั้นไม่ว่าเราจะเคลื่อนที่ไปที่ไหน หรือเคลื่อนย้ายคอมพิวเตอร์ไปตำแหน่งใด ก็ยังมีการเชื่อมต่อ กับเครือข่ายตลอดเวลา トラバドที่ยังอยู่ในระหว่างการส่งข้อมูล

2. สามารถติดตั้งได้ง่ายและรวดเร็ว เพราะไม่ต้องเสียเวลาติดตั้งสายเคเบิล

วงจรทั้งหมดของชุดแปลงสัญญาณการรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย แบ่งออกเป็น 5 ส่วนหลัก ๆ คือ 1. วงจรแปลงไฟ และจ่ายไฟ 2. วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 3. วงจร โมดูล ไร้สาย (RF-TRW 24G) 4. วงจรการติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม (RS-232) 5. วงจรการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous) วงจรทั้งหมดของชุดแปลงสัญญาณการรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย มีดังรูปที่



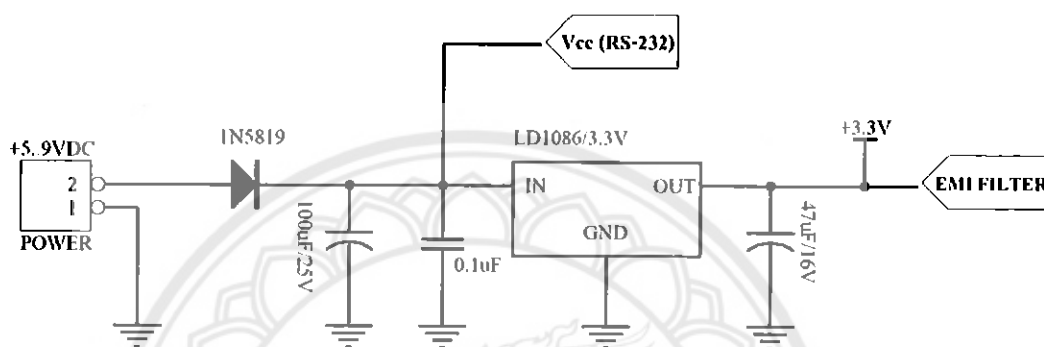
รูปที่ 3.22 วงจรภายในชุดแปลงสัญญาณการสื่อสาร ไร้สาย

อุปกรณ์ที่ใช้ทั้งหมดของวงจรมีดังต่อไปนี้

- | | |
|--|--------|
| 1. ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข AT89C4051 | 1 ตัว |
| 2. ไอซีหมายเลข LD1086/3.3V | 1 ตัว |
| 3. ไอซีหมายเลข ADM3202 | 1 ตัว |
| 4. ไอซีหมายเลข 24LB16B | 1 ตัว |
| 5. ไดโอดหมายเลข 1N5819 | 2 ตัว |
| 6. คริสตัลความถี่ 18.432 เมกกะเฮิร์ตซ์ | 1 ตัว |
| 7. หลอดไฟ (LED) | 2 หลอด |
| 8. ตัวเก็บประจุขนาด 100 ไมโครฟารัด | 1 ตัว |
| 9. ตัวเก็บประจุขนาด 47 ไมโครฟารัด | 1 ตัว |
| 10. ตัวเก็บประจุขนาด 22 ไมโครฟารัด | 2 ตัว |
| 11. ตัวเก็บประจุขนาด 10 ไมโครฟารัด | 1 ตัว |
| 12. ตัวเก็บประจุขนาด 0.1 ไมโครฟารัด | 6 ตัว |
| 13. ตัวต้านทานขนาด 10 กิโลโอห์ม | 3 ตัว |
| 14. ตัวต้านทานขนาด 270 โอห์ม | 2 ตัว |
| 15. สวิตช์ | 1 ตัว |
| 16. คอนเนคเตอร์ 2 พิน (สำหรับ แหล่งจ่ายไฟ) | 1 ตัว |
| 17. คอนเนคเตอร์ 4 พิน (สำหรับพอร์ต RS-232) | 1 ตัว |

3.2.1 วงจรแปลงไฟ และจ่ายไฟ

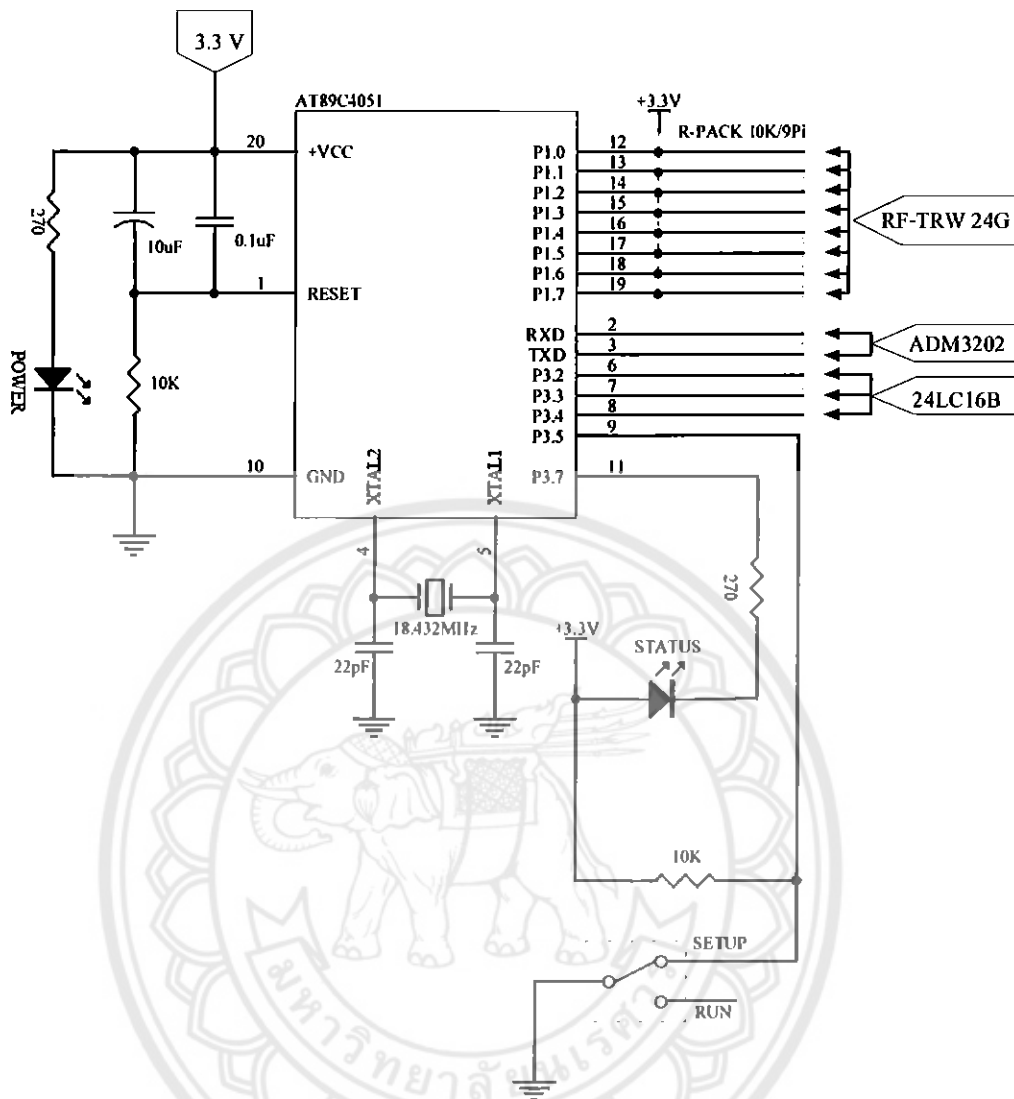
ใช้ไอซีหมายเลข LD1086/3.3V ทำหน้าที่ปรับไฟจากแหล่งภายนอก 5-9 โวลต์ให้เป็นไฟกระแสตรง 3.3 โวลต์ สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 1.5 แอมแปร์ และสามารถนำไฟจากพอร์ตอนุกรม (RS-232) มาเป็นไฟเลี้ยงให้กับวงจรได้โดยไม่ต้องต่อจากแหล่งจ่ายภายนอก สามารถต่อวงจรแปลงไฟและจ่ายไฟ ได้ดังรูปวงจรตามรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 วงจรการแปลงไฟและจ่ายไฟ

3.2.2 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข AT89C4051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต มีหน่วยความจำภายในแบบแฟลชขนาด 4 กิโลไบต์ มีหน่วยความจำชั่วคราว (RAM) ภายในขนาด 128 กิโลไบต์ มีพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต 15 บิต คือ จากพอร์ต P1.0 ถึง P1.7 กับพอร์ต P3.0 ถึง P3.5 และ P3.7 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถต่อได้ตามวงจรในรูปที่ 3.24 โดย 3.3 โวลต์นั้นใช้จากวงจรจ่ายไฟ



รูปที่ 3.24 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ในชุดแปลงสัญญาณ

ขาไมโครคอนโทรลเลอร์พอร์ต P3.5 (T1) ถึง P3.7 ต่อเข้ากับสวิตช์ เพื่อเลือกโหมดการใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีอยู่ 2 โหมดด้วยกันคือ โหมดกำหนดค่าเริ่มต้นโปรแกรม (SETUP) และ โหมดการใช้งาน (RUN)

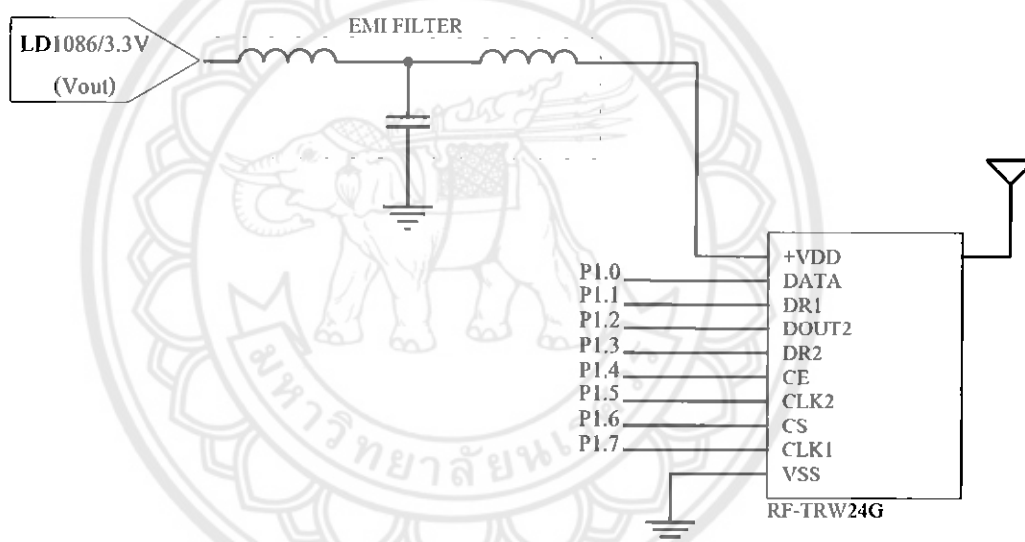
ขาไมโครคอนโทรลเลอร์พอร์ต P1.0 ถึง P1.7 ต่อเข้ากับวงจร โมดูลสื่อสาร ไร้สาย (RF-TRW 24G) ซึ่งทำหน้าที่ใช้รับ - ส่งข้อมูลในแบบอนุกรม ใช้ย่านความถี่ 2.4 GHz มีเสาอากาศในตัวแบบไมโครสตริป

ขาไมโครคอนโทรลเลอร์พอร์ต P3.0 (RXD) และ P3.1 (TXD) ต่อเข้ากับวงจรการติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม (RS-232) ซึ่งมี ไอซีหมายเลข AMD3202 เป็นตัวปรับระดับสัญญาณจากระดับทีทีแอล (TTL) ให้เป็นไปตามมาตรฐานของ RS-232

ไมโครคอนโทรลเลอร์พอร์ต P3.2, P3.3 และ P3.4 (T0) ต่อเข้ากับวงจรการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous) โคชิหมายเลข 24LC16B เป็นหน่วยความจำอีอีพรอม (EEPROM) ใช้โปรโตคอลไอสแคซี (IIC) ในการติดต่อสื่อสาร มีขนาด 16 กิโลบิต

3.2.3 วงจรโมดูลไร้สาย (RF-TRW 24G)

โมดูลไร้สาย (RF-TRW 24G) เป็นโมดูลสื่อสารไร้สายสำเร็จรูปใช้รับ - ส่งข้อมูลในแบบอนุกรม ใช้ย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ มีเสาอากาศในตัวแบบไมโครสตรูปแบบการรวมสัญญาณแบบ GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) ใช้งานได้ในระยะไกล อัตราส่งข้อมูล 250 กิโลบิตต่อวินาที และ 1 เมกกะบิตต่อวินาที วงจรโมดูลไร้สายสามารถต่อได้ตามวงจรในรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 วงจร โมดูลไร้สาย (RF-TRW 24G)

จากรูปที่ 3.25 วงจร โมดูลไร้สาย (RF-TRW 24G) แต่ละขาของโมดูลไร้สายมีหน้าที่ดังตารางที่ 3.1 และแต่ละขาของวงจร โมดูลไร้สายที่ต่อเข้ากับขาอินพุตและขาเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข AT89C4051 ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ตำแหน่งขาและหน้าที่การใช้งานของโมดูลไร้สาย TRW 2.4G

สัญลักษณ์	รายละเอียด
VDD	แหล่งจ่ายไฟตรง +3 โวลต์
DATA	รับ-ส่งข้อมูลช่องที่ 1
DR1	สถานะพร้อมรับข้อมูลช่องที่ 1
DOUT2	รับ-ส่งข้อมูลช่องที่ 2
DR2	สถานะพร้อมรับข้อมูลช่องที่ 2
CE	กำหนดโหมด รับ-ส่ง ข้อมูล
CLK2	ขาสัญญาณนาฬิกาช่องที่ 2 ของโหมดการรับ-ส่งข้อมูล
CS	กำหนดโหมดการตั้งค่าเริ่มต้น
CLK1	ขาสัญญาณนาฬิกาช่องที่ 1 ของโหมดการรับ-ส่งข้อมูล
VSS	กราวด์ 0 โวลต์

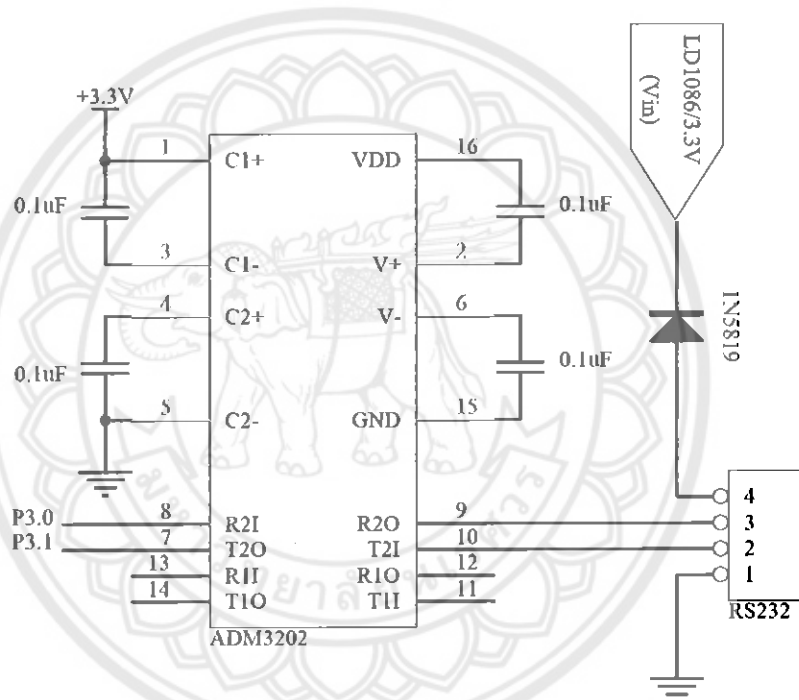
ตารางที่ 3.2 การต่อพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมดูลไร้สาย

ขาของไมโครคอนโทรลเลอร์	ขาของโมดูลไร้สาย
P1.0	DATA
P1.1	DR1
P1.2	DOUT
P1.3	DR2
P1.4	CE
P1.5	CLK2
P1.6	CS
P1.7	CLK1

โมดูลไร้สาย (RF-TRW 24G) ทำงานที่แรงดัน 3 โวลต์ต่อเข้าขา VDD เป็นไฟที่มาจากวงจรแปลงไฟและวงจรจ่ายไฟผ่านวงจรกรอง (EMI FILTER : Electro Magnetic Interference Filter) ซึ่งวงจรกรองมีหน้าที่เป็นตัวกรองเพื่อป้องกันคลื่นรบกวนที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่หรือคิดมากับแหล่งจ่ายไฟ

3.2.4 วงจรติดต่อผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS-232

พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข AT89C4051 อยู่ที่พอร์ต P3.0 (RXD) และ P3.1 (TXD) สัญญาณที่ออกมาจากพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเป็นสัญญาณระดับ TTL ซึ่งมีระดับสัญญาณอยู่ที่ 0-5 โวลต์ แต่ในการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 นั้นสัญญาณ ลอจิก "0" ต้องมีระดับสัญญาณอยู่ที่ 3-15 โวลต์ และ ลอจิก "1" ต้องมีระดับสัญญาณอยู่ที่ (-3)-(-15) โวลต์ ดังนั้นในการใช้งานสื่อสารตามมาตรฐาน RS-232 เราจึงต้องใช้วงจรสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมซึ่งมี ไอซีหมายเลข ADM3202 เป็นตัวปรับระดับสัญญาณจากระดับ TTL ให้เป็นไปตามมาตรฐานของ RS-232 โดยสามารถต่อวงจรได้ตามรูปที่ 3.26

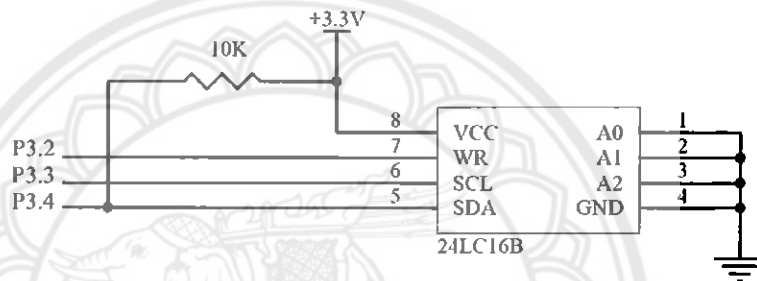


รูปที่ 3.26 วงจรติดต่อผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS-232

ขาไมโครคอนโทรลเลอร์พอร์ต P3.0 (RXD) และ P3.1 (TXD) ต่อเข้ากับวงจรการติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม (RS-232) ขา XTAL1 และ XTAL2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นขาสำหรับต่อคริสตัลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่เลือกใช้คริสตัลความถี่ 18.432 เมกกะเฮิร์ตซ์ เนื่องจากเป็นความถี่ที่สามารถนำไปสร้างสัญญาณนาฬิกาให้กับการติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม (RS-232)

3.2.5 วงจรการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous)

ไอซีหมายเลข 24LC16B เป็นหน่วยความจำอีอีพรอม (EEPROM) มีขนาด 16 กิโลบิต ใช้โปรโตคอล (IIC : Inter Integrate Circuit) ในการติดต่อสื่อสารเป็นการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous) เพื่อใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับอุปกรณ์ภายนอก โดยใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้นเท่านั้น คือ สายสัญญาณข้อมูล (SDA : serial data) และสายสัญญาณนาฬิกา (SCL : serial clock) ซึ่งสามารถ เชื่อมต่ออุปกรณ์ จำนวนหลายๆ ตัว เข้าด้วยกันได้ ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้พอร์ตเพียง 2 พอร์ตเท่านั้น การต่อวงจรการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous) มีดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 วงจรการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous)

ตำแหน่งขาและหน้าที่การใช้งานไอซี 24LC16B มีรายละเอียดดังตารางที่ 3.3 การต่อขาของไมโครคอนโทรลเลอร์กับไอซี 24LC16B ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.3 ตำแหน่งขาและหน้าที่การใช้งานไอซี 24LC16B

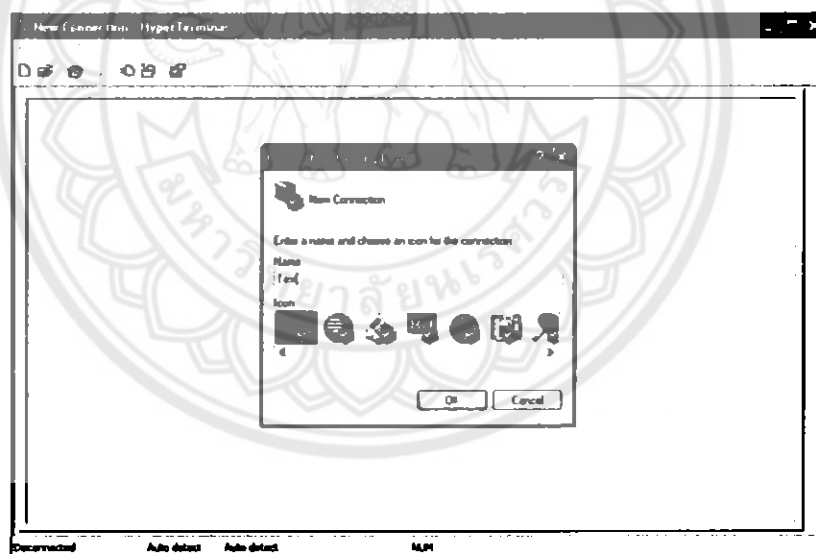
ขา	สัญลักษณ์	รายละเอียด
1	A0	กำหนดแอดเดรส (Address) ของไอซี
2	A1	กำหนดแอดเดรส (Address) ของไอซี
3	A2	กำหนดแอดเดรส (Address) ของไอซี
4	GND	กราวด์ 0 โวลต์
5	SDA	รับส่งข้อมูล
6	SCL	สัญญาณนาฬิกาสำหรับการรับส่งข้อมูล
7	WR	ถ้าเป็นลอจิก 0 เมื่อต้องการเขียนข้อมูล ถ้าเป็นลอจิก 1 เมื่อต้องการอ่านข้อมูล
8	VCC	แหล่งจ่ายไฟตรง +3 โวลต์

ตารางที่ 3.4 การต่อพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์กับไอซี 24LC16B

ขาของไมโครคอนโทรลเลอร์	ขาของไอซี 24LC16B
P3.2	7 (WR)
P3.3	6 (SCL)
P3.4	5 (SDA)

3.3 ระบบสั่งการ

ในการควบคุมหุ่นยนต์นั้น จะใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล (Hyper Terminal) เพื่อใช้ในการสื่อสารระหว่างพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ชุดแปลงสัญญาณพอร์ตอนุกรม RS-232 เป็นตัวกลางส่งคลื่นสัญญาณวิทยุไปยังตัวหุ่นยนต์ โดยฝั่งตัวหุ่นยนต์จะมีตัวรับสัญญาณวิทยุที่ส่งมาแปลงกลับมาเป็นสัญญาณมาตรฐานในการสื่อสารพอร์ตอนุกรม RS-232 ลักษณะหน้าต่างของโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล (Hyper Terminal) มีดังรูปที่ 3.28



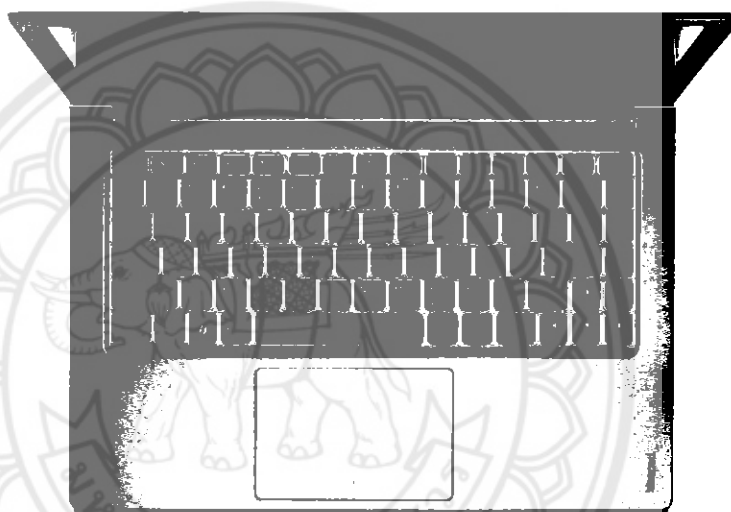
รูปที่ 3.28 โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล (Hyper Terminal)

ระบบสั่งการนี้จะเป็นส่วนที่ใช้บังคับหุ่นยนต์ ผ่านโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล (Hyper Terminal) ในการเขียนโปรแกรมควบคุม รับคำสั่งจากคีย์บอร์ดคอมพิวเตอร์

ส่วนของโปรแกรมควบคุม โปรแกรมจะตรวจสอบการกดคีย์บอร์ด แล้วส่งข้อมูลการกดไปยังฝั่งหุ่นยนต์ ลักษณะปุ่มคีย์บอร์ดแสดงดังรูปที่ 3.29 โดยปุ่มที่ใช้งานมีลักษณะและการทำงานดังต่อไปนี้

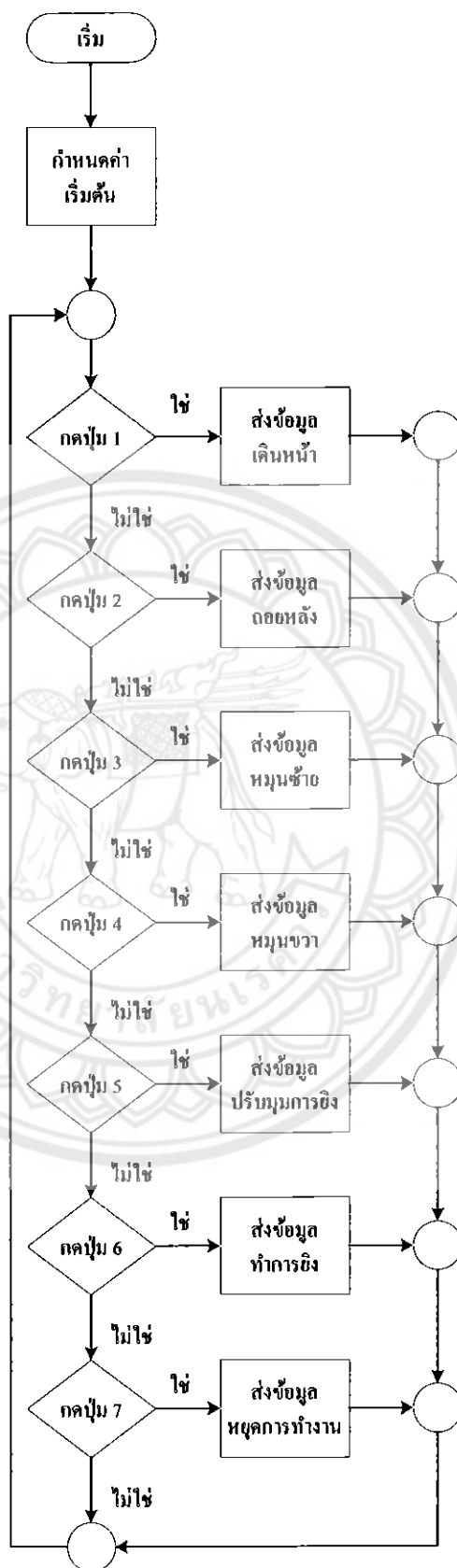
- กดปุ่ม 1 ส่งข้อมูลชุดคำสั่งให้หุ่นยนต์เดินหน้า
- กดปุ่ม 2 ส่งข้อมูลชุดคำสั่งให้หุ่นยนต์ถอยหลัง
- กดปุ่ม 3 ส่งข้อมูลชุดคำสั่งให้หุ่นยนต์หมุนไปทางซ้าย
- กดปุ่ม 4 ส่งข้อมูลชุดคำสั่งให้หุ่นยนต์หมุนไปทางขวา
- กดปุ่ม 5 ส่งข้อมูลชุดคำสั่งให้ปรับระดับบิน
- กดปุ่ม 6 ส่งข้อมูลชุดคำสั่งให้ทำการอิงท่าลากระเบิด
- กดปุ่ม 7 หรือนอกเหนือจากที่กำหนดมาข้างต้น ส่งข้อมูลชุดคำสั่งให้หยุดการทำงาน

ทำงาน



รูปที่ 3.29 ลักษณะของคีย์บอร์ด

โปรแกรมควบคุม มีการกำหนดค่าเริ่มต้นของ โปรแกรมเป็นการกำหนดความเร็วในการส่งข้อมูล กำหนดบิตรับสัญญาณอินเทอร์พอร์ทและกำหนดโหมดไทมเมอร์ ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารไร้สายสื่อสารผ่าน ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมและตัวหุ่นยนต์การแบ่งชั้นคอนการทำงาน โปรแกรมดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 แผนภาพขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมควบคุม

3.4 สรุปวิธีดำเนินงาน

การออกแบบหุ่นยนต์ทำลากระบิคแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ โดยแต่ละส่วนมีความซับซ้อนแตกต่างกันออกไป ซึ่งต้องมีการศึกษาล่วงหน้าก่อนการปฏิบัติต้องมีความรู้พื้นฐานด้านแมคคาทรอนิกส์ อิเล็กทรอนิกส์ ด้านสื่อสาร ด้านโปรแกรม ตลอดจนถึงทุนทรัพย์ของผู้ดำเนินโครงการ หลังจากได้มีการออกแบบและสร้างส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์ทำลากระบิค ในบทต่อไปจะกล่าวถึงการทดสอบความสามารถของหุ่นยนต์ทำลากระบิคในแต่ละด้าน



บทที่ 4

ผลการทดลองและผลการวิเคราะห์

หลังจากออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ทำลายระเบิด ในการนำโครงการไปใช้จริงจำเป็นต้องทราบถึงขีดจำกัดของหุ่นยนต์ทำลายระเบิด ซึ่งในบทนี้จะได้ดำเนินการทดสอบความสามารถในด้านต่างๆ ของหุ่นยนต์ทำลายระเบิดดังหัวข้อต่อไป

4.1 การทดลองการควบคุมหุ่นยนต์ทำลายระเบิด

การทดลองระยะควบคุมได้กำหนดระยะทางระหว่างอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณที่ต่อกับคอมพิวเตอร์กับตัวหุ่น โดยทำการวัดระยะทางทุกๆ 5 เมตร เพื่อวัดความสามารถในการรับ-ส่งคำสั่งและตัวหุ่นยนต์ทำลายระเบิด ได้นำผลการทดลองมาใส่ไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการควบคุมหุ่นยนต์ทำลายระเบิด

ระยะทาง (เมตร)	การรับ-ส่งคำสั่ง			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
5	ได้	ได้	ได้	100%
10	ได้	ได้	ได้	100%
15	ได้	ได้	ได้	100%
20	ได้	ได้	ได้	100%
25	ได้	ได้	ได้	100%
30	ได้	ได้	ได้	100%
35	ได้	ได้	ได้	100%
40	ได้	ได้	ได้	100%
45	ได้	ได้	ได้	100%
50	ได้	ได้	ได้	100%
55	ได้	ได้	ได้	100%
60	ได้	ไม่ได้	ได้	66%
65	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	33%
70	ไม่ได้	ไม่ได้	ได้	33%
75	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	0%

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยคือประสิทธิภาพของการรับ-ส่งสัญญาณระหว่างหุ่นยนต์กับส่วนควบคุมจากระยะทางที่กำหนด

จากผลการทดลองที่ได้ทำให้เราทราบถึงระยะการควบคุมหุ่นยนต์ท่าลาขณะเปิด จากตารางพบว่าระยะทางที่สามารถควบคุมหุ่นยนต์ท่าลาขณะเปิดได้ไกลที่สุดอยู่ที่ระยะ 55 เมตร โดยประสิทธิภาพการรับ-ส่งสัญญาณระหว่างหุ่นยนต์กับส่วนควบคุมอยู่ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อระยะ 60 ถึง 70 เมตร ประสิทธิภาพการรับ-ส่งสัญญาณระหว่างหุ่นยนต์กับส่วนควบคุมจะลดลงเหลือ 66 - 33% อาจเนื่องมาจากถูกลดทอนลงไปด้วยระยะทางที่ไกลขึ้นและประกอบกับมีสัญญาณรบกวน จนถึงระยะ 70 เมตรประสิทธิภาพการรับ-ส่งสัญญาณระหว่างหุ่นยนต์กับส่วนควบคุมจะเป็น 0 เปอร์เซ็นต์ หุ่นยนต์ท่าลาขณะเปิดจะไม่สามารถรับคำสั่งจากส่วนควบคุมได้ กล่าวคือการรับส่งสัญญาณระหว่างหุ่นยนต์กับส่วนควบคุมให้มีประสิทธิภาพในการรับส่งคำสั่งทำได้ในระยะรัศมีจำกัดตั้งแต่ 0 - 60 เมตรเท่านั้น

4.2 การทดลองการเคลื่อนที่

ความสามารถในด้านการเคลื่อนที่นั้น หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ในพื้นที่ราบเรียบและพื้นที่ที่มีความขรุขระเล็กน้อยได้ และไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ต่างระดับหรือสิ่งกีดขวางได้ ในการทดลองหัวข้อนี้เป็นการทดลองความเร็วในแต่ละพื้นผิวต่างของหุ่นยนต์ได้ผลดังตารางที่ 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 และการเคลื่อนที่บนพื้นที่ลาดชันบนพื้นกระเบื้อง ได้ผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองความเร็วของหุ่นยนต์บนพื้นกระเบื้อง

ครั้งที่	ความเร็ว	
	เมตรต่อวินาที	กิโลเมตรต่อชั่วโมง
1	0.355	1.276
2	0.36	1.295
3	0.364	1.309
4	0.367	1.321
5	0.373	1.343
เฉลี่ย	0.364	1.309

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองความเร็วของหุ่นยนต์บนพื้นคอนกรีต

ครั้งที่	ความเร็ว	
	เมตรต่อวินาที	กิโลเมตรต่อชั่วโมง
1	0.289	1.040
2	0.291	1.048
3	0.294	1.058
4	0.297	1.069
5	0.30	1.080
เฉลี่ย	0.294	1.059

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองความเร็วของหุ่นยนต์บนพื้นยาง

ครั้งที่	ความเร็ว	
	เมตรต่อวินาที	กิโลเมตรต่อชั่วโมง
1	0.323	1.163
2	0.334	1.202
3	0.356	1.282
4	0.369	1.328
5	0.374	1.346
เฉลี่ย	0.351	1.264

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองความเร็วของหุ่นยนต์บนพื้นหญ้า

ครั้งที่	ความเร็ว	
	เมตรต่อวินาที	กิโลเมตรต่อชั่วโมง
1	0.192	0.691
2	0.198	0.713
3	0.215	0.774
4	0.228	0.821
5	0.239	0.860
เฉลี่ย	0.214	0.772

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นกระเบื้องลาดชัน

ความชัน(องศา)	ผลการทดลอง
10	สามารถเคลื่อนที่ขึ้นไปได้
15	สามารถเคลื่อนที่ขึ้นไปได้
20	ไม่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นไปได้

ผลการทดลองที่ได้ทำให้ทราบว่าหุ่นยนต์จะใช้ระยะเวลาที่จะเข้าถึงวัตถุระเบิดในแนวระนาบได้ดีในสภาพพื้นผิวที่เป็นกระเบื้อง จากตารางผลการทดลองพบว่าความเร็วเฉลี่ยบนพื้นกระเบื้องอยู่ที่ 0.364 เมตรต่อวินาที หรือ 1.309 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเมื่อเทียบกับสภาพพื้นผิวที่เป็นพื้นหญ้าหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ได้ช้า จากตารางผลการทดลองพบว่าความเร็วเฉลี่ยบนพื้นหญ้าอยู่ที่ 0.214 เมตรต่อวินาที หรือ 0.772 กิโลเมตรต่อวินาทีและจากการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทำลายวัตถุระเบิดในพื้นที่ลาดชันพบว่าที่ความชันสูงสุดที่หุ่นยนต์ทำลายวัตถุระเบิดจะเคลื่อนที่ได้ อยู่ที่ 15 องศาเมื่อปรับระะความชันเพิ่มขึ้นเป็น 20 องศา หุ่นยนต์จะหยุดอยู่กับที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปได้

4.3 การทดลองมุมยิงของปืนทำลายระเบิด

มุมปืนสามารถปรับได้โดยใช้มอเตอร์ทำให้งานหมุนเป็นแขนชกปืนขึ้นลงได้ ในการทดลองนี้ได้วัดมุมที่ปืนสามารถปรับขึ้นและปรับลงได้สูงสุด ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

ปรับมุมปืนขึ้นได้สูงสุด 15 องศา จากแนวระดับ

ปรับมุมปืนได้ 0 องศา แนวระนาบ

ปรับมุมปืนลงได้ต่ำสุด 30 องศา จากแนวระดับ

จากผลการทดลองปืนทำลายระเบิดสามารถปรับมุมปืนขึ้นลงได้ระหว่างขึ้นสูงสุดได้ 15 องศา และลงต่ำสุดได้ 30 องศา

4.4 การทดลองระยะการยิงของปืนทำลายระเบิด

การทดลองนี้เป็นการทดสอบระยะการยิงของปืนยิงทำลายระเบิดทั้ง 3 มุม เพื่อหาความแรงจากกระบอกปืนถึงจุดตกเป็นระยะทางว่าได้ระยะทางไกลสุดเท่าไร มีผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองระยะการชิงของปืนท่าลากระเบิดที่มุม 15 องศา

ครั้งที่	ระยะทาง(เมตร)
1	25.00
2	20.70
3	27.65
4	31.00
5	30.50
เฉลี่ย	26.97

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองระยะการชิงของปืนท่าลากระเบิดที่มุม 0 องศา

ครั้งที่	ระยะทาง(เมตร)
1	15.30
2	13.00
3	17.40
4	20.00
5	16.10
เฉลี่ย	16.36

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองระยะการชิงของปืนท่าลากระเบิดที่มุมค่า 30 องศา

ครั้งที่	ระยะทาง(เมตร)
1	0.30
2	0.32
3	0.30
4	0.31
5	0.33
เฉลี่ย	0.312

จากการทดลองทำให้ทราบว่าปืนยิงทำลายระเบิดสามารถยิงได้ไกลที่สุดอยู่ที่มุม 15 องศา ซึ่งเป็นมุมเงยของปากกระบอกปืนหุ่นยนต์ทำลายวัตถุระเบิด โดยที่ระยะที่ยิงได้ไกลที่สุดอยู่ที่ 26.97 เมตร ที่มุม 0 องศา ซึ่งเป็นระยะในแนวระนาบของปากกระบอกปืนหุ่นยนต์ทำลายวัตถุระเบิดระยะยิงโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 16.36 เมตร และที่มุมต่ำ 30 องศาซึ่งเป็นมุมก้มของปากกระบอกปืนหุ่นยนต์ทำลายวัตถุระเบิด โดยที่ระยะยิงเฉลี่ยอยู่ที่ 0.312 เมตร ซึ่งเป็นระยะใกล้ที่สุดที่หุ่นยนต์ทำลายวัตถุระเบิดทำการยิงออกไป

4.5 การทดลองระยะยิงต่างๆ

การทดลองนี้เป็นการทดสอบโดยการยิงทดสอบทั้งหมด 3 มุมคือ ขึ้นสูงสุด 15 องศา แนวระดับ 0 องศา และลงต่ำสุด 30 องศา เพื่อหาระยะของหุ่นยนต์ทำลายวัตถุระเบิดที่จะสามารถเจาะทะลุผ่านวัสดุต่างๆที่ใช้ในการห่อหุ้มวัตถุระเบิด หรืออาจเรียกว่าระยะหวังผล ได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ซึ่งเราจะใช้สัญลักษณ์ในการแสดงลักษณะของวัสดุหลังการทดลองยิง
 วัสดุทะลุ = ✓ วัสดุไม่ทะลุ = ✕ ไม่ทะลุแต่วัสดุแตก = ⊖

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองระยะยิงต่างๆ ของปืนทำลายวัตถุระเบิดที่มุม 15 องศา

ชนิดของวัสดุ	ระยะยิง (เซนติเมตร)				
	10	20	30	40	50
กล่องกระดาษ	✕	✓	✕	✕	✕
พลาสติก	✓	✓	✓	✓	✕
ชิปซัม	⊖	✓	⊖	⊖	⊖

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองระยะยิงต่างๆ ของปืนทำลายวัตถุระเบิดที่มุม 0 องศา

ชนิดของวัสดุ	ระยะยิง (เซนติเมตร)				
	10	20	30	40	50
กล่องกระดาษ	✕	✓	✕	✕	✕
พลาสติก	✓	✓	✓	✓	✕
ชิปซัม	⊖	✓	✓	⊖	⊖

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองระยะยิงต่างๆ ของปืนทำลายวัตุระเบิดที่มูมต่ำ 30 องศา

ชนิดของวัสดุ	ระยะยิง (เซนติเมตร)				
	10	20	30	40	50
กล่องกระดาษ	×	✓	×	×	×
พลาสติก	✓	✓	✓	✓	×
ชิปซัม	⊖	✓	⊖	⊖	⊖

จากการทดลองพบว่าระยะยิงต่าง ๆ ของหุ่นยนต์ทำลายวัตุระเบิดหรือระยะยิงของหุ่นยนต์ทำลายวัตุระเบิดจะทำให้กระสุนเจาะผ่านวัตุแต่ละชนิดอยู่ที่ระยะ 20 ถึง 30 เซนติเมตร สังเกตตารางการทดลองวัตุที่สามารถยิงเจาะผ่าน ได้ดีที่สุดจะเป็นจำพวกพลาสติก แต่วัตุจำพวกชิปซัมเมื่อทำการยิงในระยะที่ไม่เหมาะสมจะเกิดการแตกแตกไม่สามารถเจาะทะลุไปผ่านวัตุไปได้

ส่วนวัตุจำพวกกล่องกระดาษเมื่อทำการยิงในระยะที่ไม่เหมาะสมจะไม่สามารถยิงทะลุผ่านได้เนื่องจากกระดาษมีความยืดหยุ่น

4.6 การทดลองความแรงของปืนยิงทำลายระเบิด

การทดลองนี้เป็นการทดสอบด้านประสิทธิภาพการทะลุทะลวงของปืนทำลายระเบิด เพื่อนำไปใช้เปรียบเทียบบวัตุที่นำมาเป็นตัวห้อยระเบิดว่าสามารถทำการยิงในระยะ 20 เซนติเมตร โดยใช้กระสุนขนาดทะลุผ่านไปได้หรือไม่ ซึ่งผลการทดลองมีดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองความแรงของปืนยิงทำลายระเบิดที่มุม 15 องศา

วัตุ	ความหนา (เซนติเมตร)	ผลการทดลอง
กระดาษ	0.2	ทะลุ
กระดาษ	0.4	ทะลุ
กระดาษ	0.6	ไม่ทะลุ
พลาสติก	0.2	ทะลุ
พลาสติก	0.4	ทะลุ
พลาสติก	0.6	ไม่ทะลุ
อะครีลิค	0.2	ทะลุ
อะครีลิค	0.4	ไม่ทะลุ
ชิปซัม	0.4	ทะลุ
ชิปซัม	0.8	ไม่ทะลุ

ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองความแรงของปืนยิงท่าลากระบอกที่มุม 0 องศา

วัสดุ	ความหนา (เซนติเมตร)	ผลการทดลอง
กระดาษ	0.2	ทะลุ
กระดาษ	0.4	ทะลุ
กระดาษ	0.6	ไม่ทะลุ
พลาสติก	0.2	ทะลุ
พลาสติก	0.4	ทะลุ
พลาสติก	0.6	ไม่ทะลุ
อะครีลิก	0.2	ทะลุ
อะครีลิก	0.4	ไม่ทะลุ
ชิปซัม	0.4	ทะลุ
ชิปซัม	0.8	ไม่ทะลุ

ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองความแรงของปืนยิงท่าลากระบอกที่มุมต่ำ 30 องศา

วัสดุ	ความหนา (เซนติเมตร)	ผลการทดลอง
กระดาษ	0.2	ทะลุ
กระดาษ	0.4	ทะลุ
กระดาษ	0.6	ไม่ทะลุ
พลาสติก	0.2	ทะลุ
พลาสติก	0.4	ทะลุ
พลาสติก	0.6	ไม่ทะลุ
อะครีลิก	0.2	ทะลุ
อะครีลิก	0.4	ไม่ทะลุ
ชิปซัม	0.4	ทะลุ
ชิปซัม	0.8	ไม่ทะลุ

ตารางที่ 4.16 ลักษณะวัสดุชนิดต่างๆก่อนยิงและหลังยิง

วัสดุ	ก่อนยิง	หลังยิง
ถังกระดาศ		
พลาสติก		
ชิปซัม		

จากผลการทดลองยิงวัสดุแต่ละชนิดในมุมที่ต่างกันพบว่ามุมแต่ละมุมสามารถทำการยิงเจาะทะลุวัสดุเท่ากัน โดยที่ ความหนาเฉลี่ยของวัสดุที่สามารถยิงเจาะทะลุได้อยู่ที่ 0.30 เซนติเมตรจึงจะสามารถยิงทะลุวัสดุนั้นได้ทุกมุมมอง จากตารางผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าที่มุม 15 องศา ความหนาเฉลี่ยที่หุ่นยนต์ทำลายวัตถุระเบิดสามารถทำการยิงเจาะทะลุผ่านวัสดุนั้นผ่านได้อยู่ที่ 0.30 เซนติเมตร ที่ 0 องศาความหนาเฉลี่ยที่หุ่นยนต์ทำลายวัตถุระเบิดสามารถยิงเจาะทะลุผ่านได้อยู่ที่ 0.30 เซนติเมตร และที่มุมต่ำ 30 องศาความหนาเฉลี่ยที่หุ่นยนต์ทำลายวัตถุระเบิดสามารถยิงเจาะทะลุผ่านได้อยู่ที่ 0.30 เซนติเมตร

4.7 การทดลองจำนวนการยิงของหุ่นยนต์ทำลายวัตถุระเบิด

การทดลองนี้เป็นการทดสอบแก๊สแอร์ (น้ำชาแอร์) ชนิด R12 และ R22 แต่ละชนิดมีประสิทธิภาพที่จะสามารถยิงได้กี่ครั้งแตกต่างกันอย่างไร

ตารางที่ 4.17 ผลการทดลองจำนวนการยิงสูงสุดของหุ่นยนต์ทำลายวัตถุระเบิด

ชนิดของแก๊สแอร์ (น้ำชาแอร์) 0.5 กิโลกรัม	จำนวนการยิง (ครั้ง)
R12	32
R22	24

จากการทดลองจำนวนการยิงสูงสุดของหุ่นยนต์ทำลายระเบิดพบว่า น้ำยาแอร์ 0.5 กิโลกรัม ชนิด R12 มีประสิทธิภาพดีกว่าน้ำยาแอร์ชนิด R22 เนื่องจากแรงดันของน้ำยาแอร์ชนิด R12 มีแรงดันที่มากกว่าน้ำยาแอร์ชนิด R22

4.8 การทดลองระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่

ในการทดลองนี้เป็นการทดสอบด้านประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายไฟให้กับหุ่นยนต์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งที่กำหนดระยะเวลาในการปฏิบัติการได้ระยะเวลานานเท่าใด มีผลการทดลองดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.18 ผลการทดลองระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่

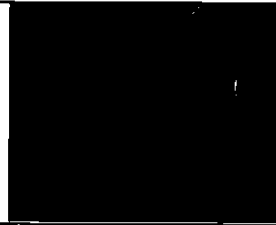
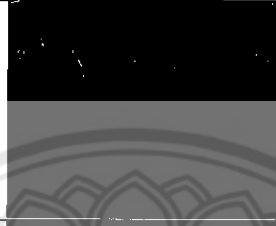
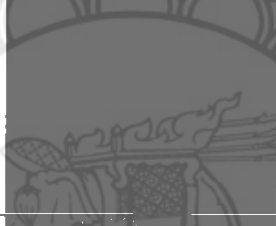
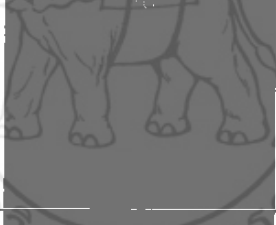
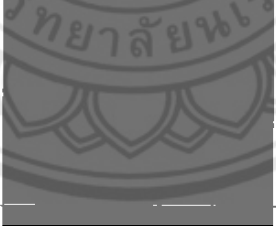
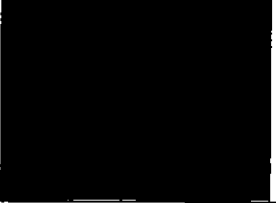
ครั้งที่	ระยะเวลา
1	2 ชั่วโมง 37 นาที
2	2 ชั่วโมง 29 นาที
3	2 ชั่วโมง 41 นาที
เฉลี่ย	2 ชั่วโมง 35 นาที

จากการทดลองการใช้งานหุ่นยนต์ทำลายวัตถุระเบิดโคจรระยะเวลาของแบตเตอรี่ที่ใช้เฉลี่ยเวลาอยู่ที่ 2 ชั่วโมง 35 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่แบตเตอรี่สามารถปฏิบัติงานได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

4.9 การทดลองระยะการรับภาพจากกล้องไร้สาย

การทดลองนี้เป็นการทดสอบการรับภาพที่ได้จากกล้องแล้วไปแสดงผลที่หน้าจอของคอมพิวเตอร์ เพื่อให้เห็นทัศนวิสัยด้านหน้าตัวหุ่นยนต์เมื่อมีการควบคุมระยะไกล ความคมชัดของภาพเป็นปัจจัยสำคัญในการสั่งการควบคุมการปฏิบัติการของหุ่นยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งผลการทดลองระยะการรับภาพจากกล้อง ดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ผลการทดลองระยะการรับภาพจากกล้องไร้สาย

ระยะทาง	สัญญาณภาพที่ได้รับได้	คุณภาพของสัญญาณภาพ
5		คมชัด
10		สีเปลี่ยน
15		ไม่ชัด
20		ไม่ชัด
25		ขาวดำ
30		มองไม่เห็น

จากการทดลองพบว่าระยะที่ดีที่สุดที่สามารถรับภาพสัญญาณได้คืออยู่ที่ระยะ 0-5 เมตร เนื่องจากมีระยะทางที่ใกล้การลดทอนสัญญาณน้อย และเมื่อระยะทางไกลขึ้นสัญญาณจะถูกลดทอนมากขึ้นประกอบกับสัญญาณรบกวนจากภายนอก ทำให้ระยะที่สามารถนำไปปฏิบัติใช้งานได้อยู่ที่ระยะ 5-25 เมตร

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินโครงการสามารถสรุปผล ซึ่งแจ้งปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินงาน รวมทั้งเสนอแนวทางแก้ปัญหา พร้อมให้ข้อเสนอแนะในการนำโครงการไปพัฒนาต่อไป

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

ในการทดลองและศึกษาหุ่นยนต์ทำลายวัชวัชระเบิด โดยการบังคับหุ่นยนต์จากระยะไกล ผ่านกล้องสัญญาณ ไร้สายเข้าไปทำลายวัชวัชระเบิด ซึ่งการทำลายวัชวัชระเบิดจะทำการยิงน้ำเข้าไปใน ตัววัสดุของตัววัชวัชระเบิดหรือดินปืนเพื่อทำให้เกิดความชื้นจนวัชวัชระเบิด ไม่สามารถทำงานได้

รูปแบบการทำงานของหุ่นยนต์ทำลายวัชวัชระเบิดจะเป็นการทำงานโดยการสั่งการจากระยะไกลผ่านระบบ RS232 ไร้สาย โดยในการสั่งการหุ่นยนต์จะสามารถมองเห็นได้จากกล้องวงจรปิด ไร้สายที่ติดกับตัวหุ่นยนต์ทำลายวัชวัชระเบิด ซึ่งการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์จะขับเคลื่อนโดยมอเตอร์เกียร์ขนาด 12 โวลต์ จำนวนสองตัวผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ P98V9IRD2 ในการยิงทำลายวัชวัชระเบิดนั้นจะทำการยิงจากปืนยิงทำลายวัชวัชระเบิดที่ติดอยู่ด้านบนของตัวหุ่นยนต์ โดยภายในปืนจะเก็บแก๊สแอร์ (น้ำยาแอร์) เบอร์ R12 ซึ่งการยิงแก๊สจะถูกเก็บไว้ใน โซลินอยด์เพื่อใช้ไว้เป็นแรงดันในการดันกระสุนพลาสติกออก ภายในปากกระบอกปืนจะประกอบไปด้วยน้ำและกระสุนพลาสติก เมื่อทำการยิงออกไป กระสุนพลาสติกจะทำการเจาะเปิดวัสดุที่ห่อหุ้มวัชวัชระเบิด เพื่อให้สามารถเข้าไปทำลายดินปืนภายในวัชวัชระเบิดได้

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

1. ในการสั่งการผ่านระบบ ไร้สายนั้นเกิดการกวนกันของสัญญาณของระบบ RS232 ไร้สาย กับสัญญาณของกล้องวงจรปิด ไร้สายทำให้เกิดการผิดพลาดของของสัญญาณที่ใช้ในการสั่งการบังคับหุ่นยนต์

แนวทางการแก้ไขปัญหาของการสั่งการระบบ ไร้สายรบกวนกันของสัญญาณของระบบ RS232 ไร้สาย กับสัญญาณของกล้องวงจรปิด ไร้สาย จะทำการปรับระดับของสัญญาณภาพที่ใช้ในการรับส่งให้ต่ำลงเพื่อลดความถี่ของสัญญาณภาพ

2. ปัญหาการรั่วซึมของ โซลินอยด์ที่เกิดจากความชื้นของแก๊สแอร์ (น้ำยาแอร์) นั้น ในการทดลองเราไม่สามารถยิงต่อเนื่องได้เนื่องจากปัญหาการรั่วซึมจะต้องปล่อยให้โซลินอยด์แห้งก่อนถึงจะทำการยิงต่อได้ โดยในระบบการยิงของปืนยิงทำลายวัชวัชระเบิดเนื่องจากเป็นแก๊สแอร์ ชนิด R22 ซึ่งเมื่อยิงออกไปจะเกิดเป็น ไอแข็งแข็งเกาะติดบริเวณ โซลินอยด์ทำให้เกิดมีความชื้นใน โซลิ

นอชด์เมื่อทำการชิงหลายครั้งจะเกิดการรั่วซึมของแก๊สบริเวณ โซลินอยด์เนื่องจาก โซลินอยด์เก็บแก๊สแอร์ไม่อยู่

แนวทางการแก้ไขการเกิดความชื้นในโซลินอยด์โดยการเปลี่ยนชนิดของแก๊สแอร์ จากเดิมที่ใช้แก๊สแอร์ชนิด R22 ซึ่งเมื่อชิงออกไปจะเกิดเป็นไอเยือกแข็งเกาะติดบริเวณ โซลินอยด์ ดังนั้นจึงมีการเปลี่ยนเป็นน้ำยาแอร์ชนิด R12 ที่มีคุณสมบัติที่เกิดเป็นไอแข็งได้ยากทำให้ลดปัญหาความชื้นภายในโซลินอยด์ได้

3. ปัญหาการเคลื่อนที่ในแนวชัน เนื่องจากหุ่นยนต์ทำลายวัชวัชระเบิดไม่สามารถเคลื่อนที่ในแนวชันได้ไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากเมื่อความชัน 20 องศาหุ่นยนต์ทำลายวัชวัชระเบิดไม่สามารถเคลื่อนที่ได้จึงเป็นปัญหาในการเคลื่อนที่เมื่อจำเป็นต้องเคลื่อนที่ในแนวระดับความชันที่มากกว่า 20 องศา

แนวทางในการแก้ไขปัญหานี้จำเป็นต้องทำระบบล้อขึ้นอีกหนึ่งระบบเพื่อเป็นตัวในการยึดเกาะพื้นผิวที่มีความชัน โดยในตัวหุ่นยนต์ทำลายวัชวัชระเบิดนั้นจะมีระบบล้อสองระบบ โดยระบบแรกจะเป็นตัวขับเคลื่อน ส่วนระบบที่สองจะเป็นระบบในการยึดเกาะพื้นผิวเพื่อเคลื่อนที่ในแนวความชัน

5.3 แนวทางในการพัฒนาโครงการ

1. หุ่นยนต์ทำลายวัชวัชระเบิดจะต้องได้รับการพัฒนาการเคลื่อนที่ให้มีประสิทธิภาพมากกว่านี้ เพราะในสถานการณ์จริงการเข้าไปทำลายวัชวัชระเบิดจะต้องเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ได้ทุกรูปแบบ ต้องออกแบบระบบขับเคลื่อนใหม่โดยใช้โซ่ที่สามารถเกาะพื้นผิวที่ดีกว่าหุ่นยนต์แบบ โซ่ที่ควรจะต้องใช้คือ โซ่ปีกซึ่งจะทำการออกแบบให้ยึดเกาะได้ดีกว่าโซ่ธรรมดา

2. หุ่นยนต์ทำลายวัชวัชระเบิดจะต้องได้รับการพัฒนาในเรื่องของกระสุนยิงทำลายวัชวัชระเบิดซึ่งจะต้องสามารถเจาะทะลุทะลวงวัสดุได้ทุกชนิด หัวกระสุนจะต้องเป็นหัวเหล็กเพราะหัวเหล็กมีความแข็งแรงและสามารถเจาะทะลุวัสดุได้มากกว่า

3. หุ่นยนต์ทำลายวัชวัชระเบิดต้องมีกาปรับปรุงระบบสื่อสารให้สามารถควบคุมหุ่นยนต์ได้ระยะไกลมากขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพของสัญญาณภาพจากกล้องวงจรปิดไร้สายคือเพิ่มความคมชัดของภาพ และสามารถส่งสัญญาณภาพได้ไกลมากขึ้นแนะนำให้ใช้กล้องวงจรปิดระยะไกล 1 กิโลเมตร 9000 เมกะเฮิรตซ์ 800 มิลลิวัตต์ รุ่น LK-800C9

เอกสารอ้างอิง

- [1] ประจัน พลังสันติกุล, ชัชวรัตน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, “ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับ Keil C51 คอมไพเลอร์”, กรุงเทพฯ บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด , 2521
- [2] Begin for you, “เริ่มต้นไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับภาษา C” กรุงเทพฯ บริษัท แอปซอฟต์เทค จำกัด , 2537
- [3] เศรษฐธี มณีธรรม, สำเร็จ เต็มราม , “คัมภีร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51” กรุงเทพฯ บริษัท เพชรเกษมพรีนติ้ง กรุ๊ป จำกัด , 2553
- [4] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง , “เรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยภาษา C” กรุงเทพฯ ห้างหุ้นส่วนสามัญสมาร์ทเลิร์นนิ่ง จำกัด
- [5] บริษัท อีทีที จำกัด, “ET-RF24G-V1”, กรุงเทพฯ.





```
#include<reg51.h>

#include<stdio.h>

#include<intrins.h>

void serial_inter()

{

    SCON=0x50;

    TMOD=0x20;

    TH1=0xfd;

    EA=1;

    ES=1;

    TR1=1;

    TI=1;

    RI=1;

    RI=0;

}

void main()

{

    char ch;

    serial_inter();

    while(1)

    {

        printf("\n Enter char:");
```

```
ch=getchar();

switch(ch)
{

case'1':

p0=0x81;

printf("\n forward");

break;

case'2':

p0=0x42;

printf("\n back");

break;

case'3':

p0=0x82;

printf("\n left");

break;

case'4':

p0=0x41;

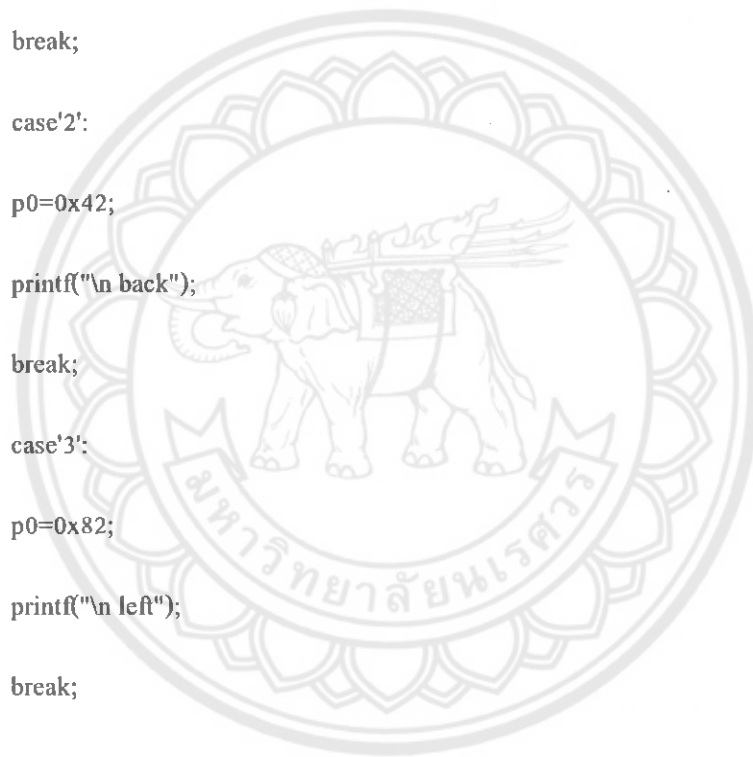
printf("\n right");

break;

case'5':

p0=0x20;

printf("\n turbine!");
```




```
break;

case'6':

p0=0x04;

printf("\n turbine2");

break;

case'7':

p0=0x00;

printf("\n turbine3");

break;

default:

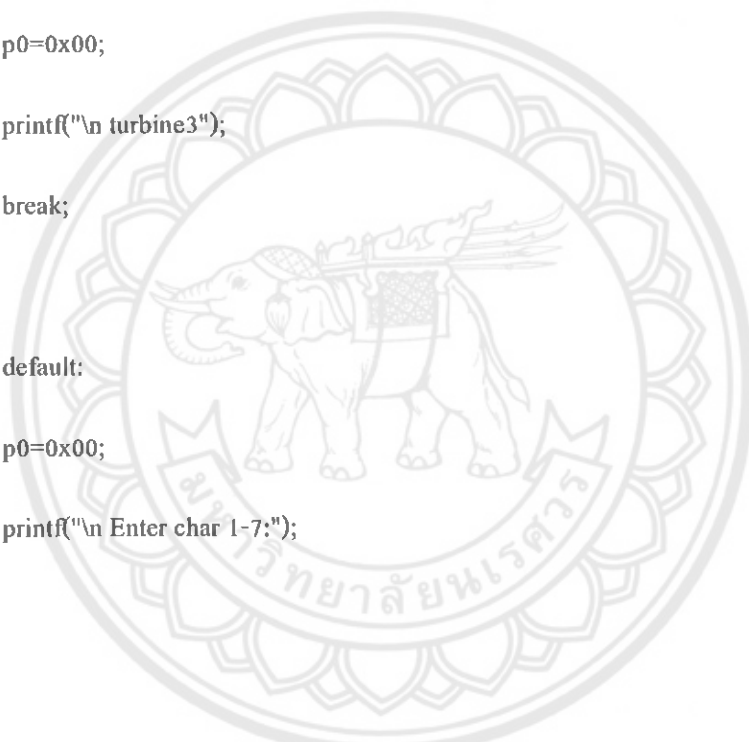
p0=0x00;

printf("\n Enter char 1-7:");

}

}

}
```



ภาคผนวก ข
รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 หมายเลข P89V51RD2



P89V51RB2/RC2/RD2

8-bit 80C51 5 V low power 16/32/64 kB Flash microcontroller with 1 kB RAM

Rev. 03 — 02 December 2004

Product data

1. General description

The P89V51RB2/RC2/RD2 are 80C51 microcontrollers with 16/32/64 kB Flash and 1024 bytes of data RAM.

A key feature of the P89V51RB2/RC2/RD2 is its X2 mode option. The design engineer can choose to run the application with the conventional 80C51 clock rate (12 clocks per machine cycle) or select the X2 mode (6 clocks per machine cycle) to achieve twice the throughput at the same clock frequency. Another way to benefit from this feature is to keep the same performance by reducing the clock frequency by half, thus dramatically reducing the EMI.

The Flash program memory supports both parallel programming and in serial In-System Programming (ISP). Parallel programming mode offers gang-programming at high speed, reducing programming costs and time to market. ISP allows a device to be reprogrammed in the end product under software control. The capability to field/update the application firmware makes a wide range of applications possible.

The P89V51RB2/RC2/RD2 is also In-Application Programmable (IAP), allowing the Flash program memory to be reconfigured even while the application is running.

2. Features

- 80C51 Central Processing Unit
- 5 V Operating voltage from 0 MHz to 40 MHz
- 16/32/64 kB of on-chip Flash user code memory with ISP (In-System Programming) and IAP (In-Application Programming)
- Supports 12-clock (default) or 6-clock mode selection via software or ISP
- SPI (Serial Peripheral Interface) and enhanced UART
- PCA (Programmable Counter Array) with PWM and Capture/Compare functions
- Four 8-bit I/O ports with three high-current Port 1 pins (16 mA each)
- Three 16-bit timers/counters
- Programmable watchdog timer
- Eight interrupt sources with four priority levels
- Second DPTR register
- Low EMI mode (ALE inhibit)
- TTL- and CMOS-compatible logic levels



PHILIPS

- Brown-out detection
- Low power modes
 - ◆ Power-down mode with external interrupt wake-up
 - ◆ Idle mode
- DIP40, PLCC44 and TQFP44 packages

3. Ordering information

Table 1: Ordering information

Type number	Package		Version
	Name	Description	
P89V51RB2BA	PLCC44	plastic leaded chip carrier; 44 leads	SOT187-2
P89V51RB2BBC	TQFP44	plastic thin quad flat package; 44 leads; body 10 × 10 × 1.0 mm	SOT376-1
P89V51RC2FA	PLCC44	plastic leaded chip carrier; 44 leads	SOT187-2
P89V51RC2FBC	TQFP44	plastic thin quad flat package; 44 leads; body 10 × 10 × 1.0 mm	SOT376-1
P89V51RC2BN	DIP40	plastic dual in-line package; 40 leads (600 mil)	SOT129-1
P89V51RD2FA	PLCC44	plastic leaded chip carrier; 44 leads	SOT187-2
P89V51RD2FBC	TQFP44	plastic thin quad flat package; 44 leads; body 10 × 10 × 1.0 mm	SOT376-1
P89V51RD2BN	DIP40	plastic dual in-line package; 40 leads (600 mil)	SOT129-1

3.1 Ordering options

Table 2: Ordering options

Type number	Flash memory	Temperature range	Frequency
P89V51RB2BA	16 kB	0 °C to +70 °C	0 MHz to 40 MHz
P89V51RB2BBC	16 kB	0 °C to +70 °C	
P89V51RC2FA	32 kB	-40 °C to +85 °C	
P89V51RC2FBC	32 kB	-40 °C to +85 °C	
P89V51RC2BN	32 kB	0 °C to +70 °C	
P89V51RD2FA	64 kB	-40 °C to +85 °C	
P89V51RD2FBC	64 kB	-40 °C to +85 °C	
P89V51RD2BN	64 kB	0 °C to +70 °C	

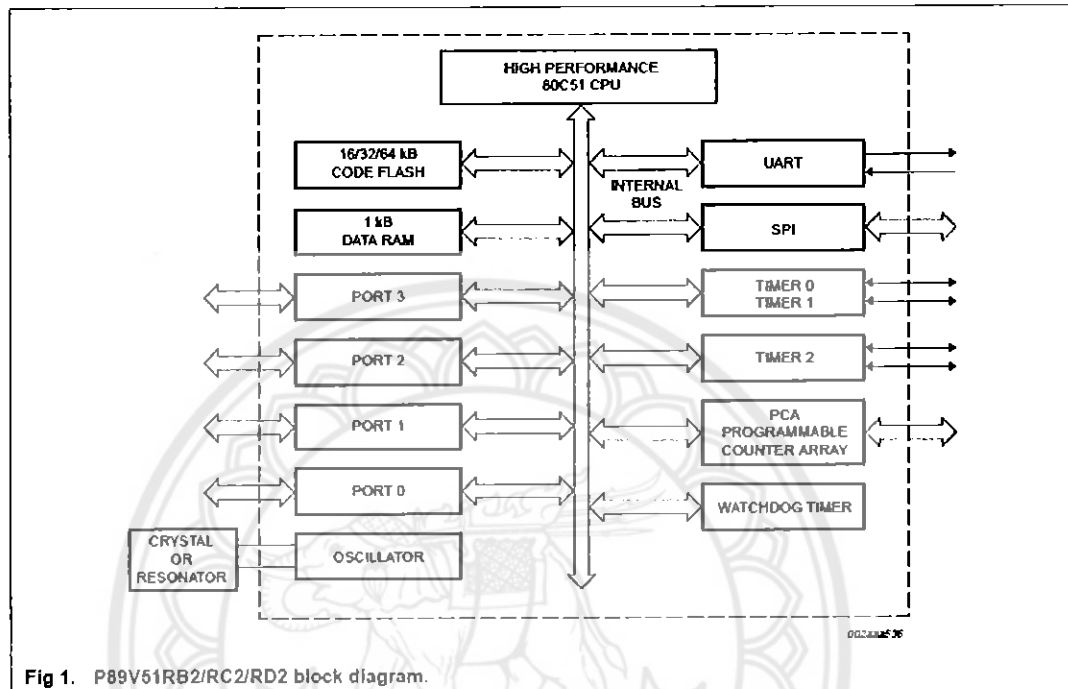
4. Block diagram

Fig 1. P89V51RB2/RC2/RD2 block diagram.

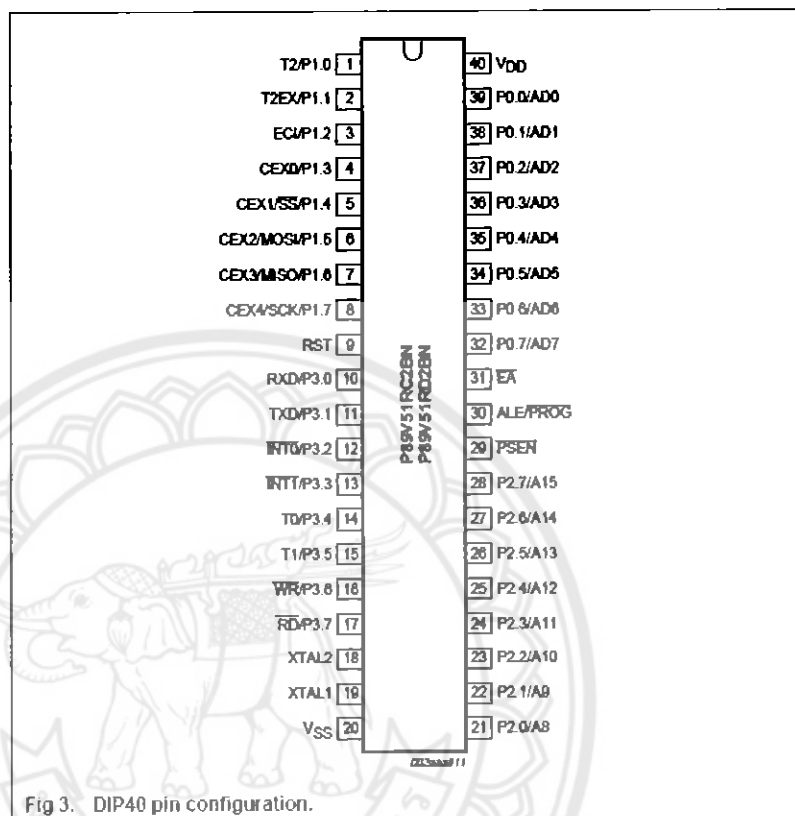


Fig. 3. DIP40 pin configuration.

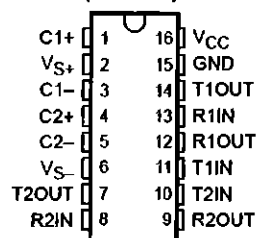


MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

- Meet or Exceed TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operate With Single 5-V Power Supply
- Operate Up to 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- ± 30 -V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- ESD Protection Exceeds JESD 22 – 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Applications
 - TIA/EIA-232-F
 - Battery-Powered Systems
 - Terminals
 - Modems
 - Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA-232 voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA-232 inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ± 30 -V inputs. Each driver 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.

ORDERING INFORMATION

T _A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube	MAX232N	MAX232N
		SOIC (D)	Tube	MAX232D
		Tape and reel	MAX232DR	
	SOIC (DW)	Tube	MAX232DW	MAX232
		Tape and reel	MAX232DWR	
		SOP (NS)	Tape and reel	MAX232NSR
-40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube	MAX232IN	MAX232IN
		SOIC (D)	Tube	MAX232ID
	Tape and reel		MAX232IDR	
	SOIC (DW)	Tube	MAX232IDW	MAX232I
		Tape and reel	MAX232IDWR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



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.

LinASIC is a trademark of Texas Instruments

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

MAX232, MAX2321 DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471—FEBRUARY 1989—REVISED OCTOBER 2002

Function Tables

EACH DRIVER

INPUT TIN	OUTPUT TOUT
L	H
H	L

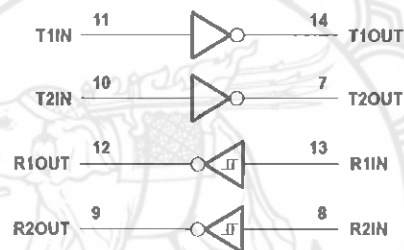
H = high level, L = low level

EACH RECEIVER

INPUT RIN	OUTPUT ROUT
L	H
H	L

H = high level, L = low level

logic diagram (positive logic)



 **TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265



ภาคผนวก ง

รายละเอียดของไอซีหมายเลข L298N

มหาวิทยาลัยนเรศวร



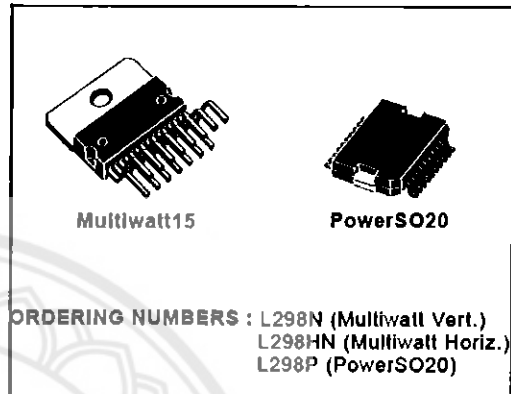
L298

DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

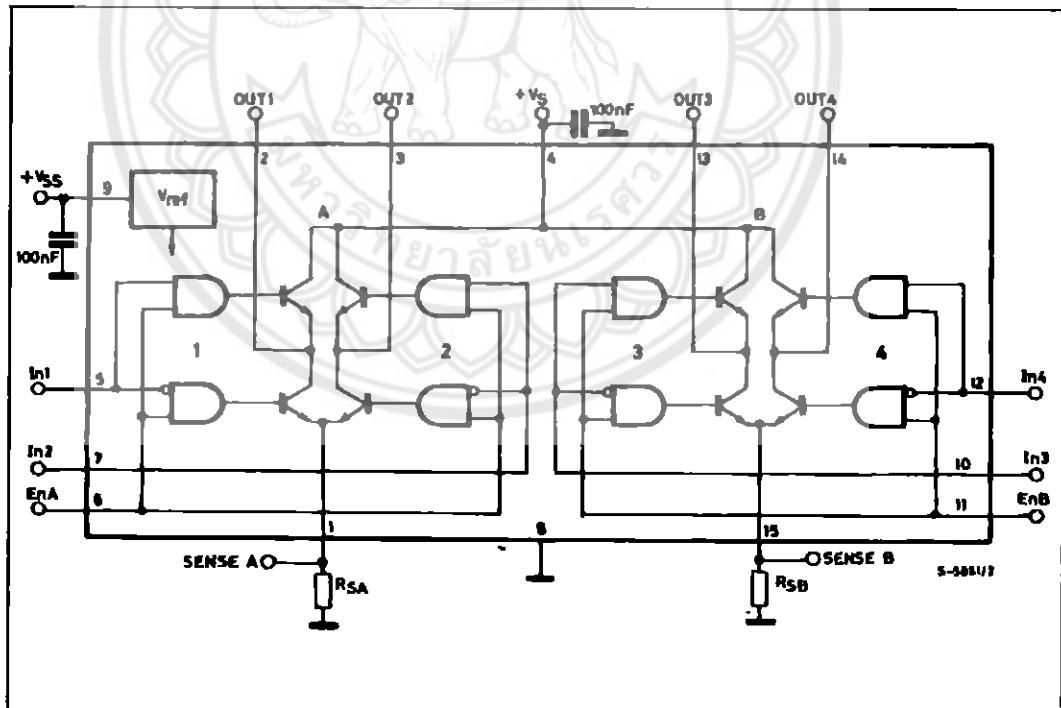
DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-



nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

BLOCK DIAGRAM

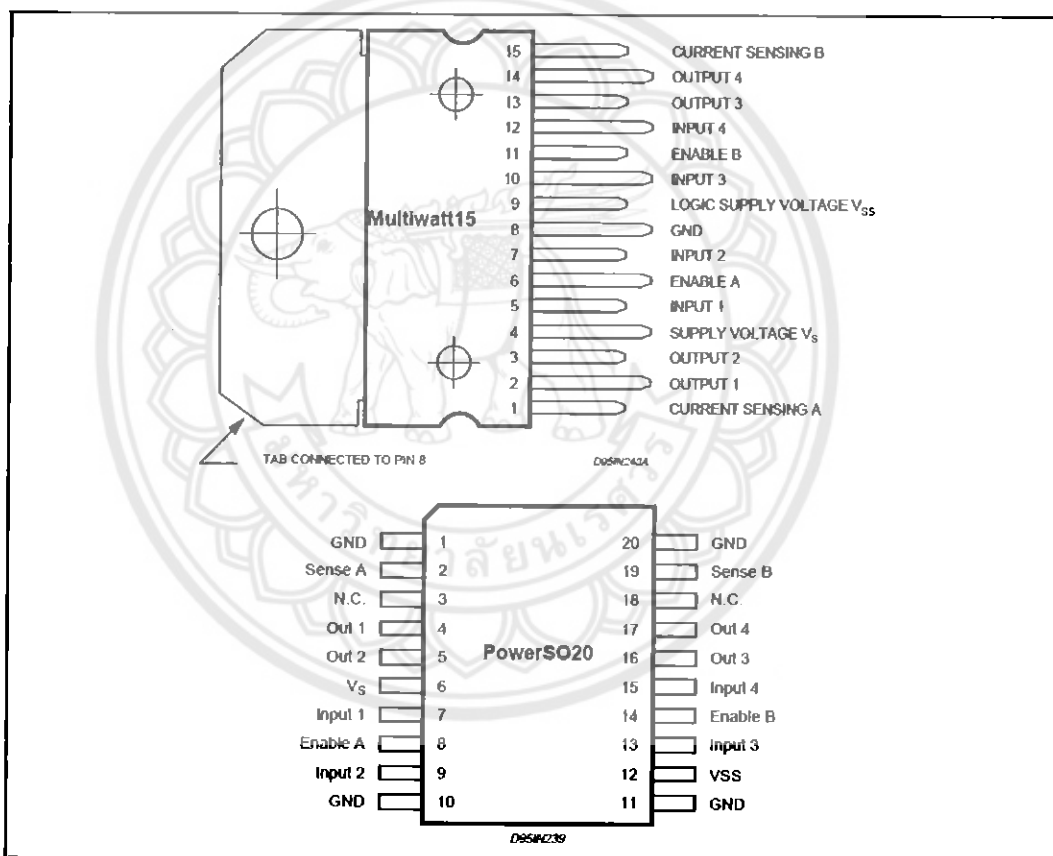


L298

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Power Supply	50	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage	7	V
V_i, V_{en}	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
I_O	Peak Output Current (each Channel)		
	- Non Repetitive ($t = 100\mu s$)	3	A
	- Repetitive (80% on -20% off; $t_{on} = 10ms$)	2.5	A
	-DC Operallon	2	A
V_{sens}	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
P_{tot}	Total Power Dissipation ($T_{case} = 75^\circ C$)	25	W
T_{op}	Junction Operating Temperature	-25 to 130	$^\circ C$
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ C$

PIN CONNECTIONS (top view)



THERMAL DATA

Symbol	Parameter	PowerSO20	Multiwatt15	Unit
$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max.	3	$^\circ C/W$
$R_{thj-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	13 (*)	$^\circ C/W$

(*) Mounted on aluminum substrate

PIN FUNCTIONS (refer to the block diagram)

MW.15	PowerSO	Name	Function
1;15	2;19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2;3	4;5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	Vs	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-Inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5;7	7;9	Input 1; Input 2	TTL Compatible Inputs of the Bridge A.
6;11	8;14	Enable A; Enable B	TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1,10,11,20	GND	Ground.
9	12	VSS	Supply Voltage for the Logic Blocks. A 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10; 12	13;15	Input 3; Input 4	TTL Compatible Inputs of the Bridge B.
13; 14	16;17	Out 3; Out 4	Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
-	3;18	N.C.	Not Connected

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_S = 42V$; $V_{SS} = 5V$, $T_j = 25^\circ C$; unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_S	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition	$V_{IH} + 2.5$		46	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage (pin 9)		4.5	5	7	V
I_S	Quiescent Supply Current (pin 4)	$V_{en} = H$; $I_L = 0$ $V_i = L$ $V_i = H$		13 50	22 70	mA mA
		$V_{en} = L$ $V_i = X$			4	mA
I_{SS}	Quiescent Current from V_{SS} (pin 9)	$V_{en} = H$; $I_L = 0$ $V_i = L$ $V_i = H$ $V_{en} = L$ $V_i = X$		24 7	36 12 6	mA mA mA
V_L	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		-0.3		1.5	V
V_H	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		2.3		V_{SS}	V
I_L	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	$V_i = L$			-10	μA
I_H	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	$V_i = H \leq V_{SS} - 0.6V$		30	100	μA
$V_{en} = L$	Enable Low Voltage (pins 6, 11)		-0.3		1.5	V
$V_{en} = H$	Enable High Voltage (pins 6, 11)		2.3		V_{SS}	V
$I_{en} = L$	Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)	$V_{en} = L$			-10	μA
$I_{en} = H$	High Voltage Enable Current (pins 6, 11)	$V_{en} = H \leq V_{SS} - 0.6V$		30	100	μA
$V_{CEsat(H)}$	Source Saturation Voltage	$I_L = 1A$ $I_L = 2A$	0.95	1.35 2	1.7 2.7	V V
$V_{CEsat(L)}$	Sink Saturation Voltage	$I_L = 1A$ (5) $I_L = 2A$ (5)	0.85	1.2 1.7	1.6 2.3	V V
V_{CEsat}	Total Drop	$I_L = 1A$ (5) $I_L = 2A$ (5)	1.80		3.2 4.9	V V
V_{sens}	Sensing Voltage (pins 1, 15)		-1 (1)		2	V

L298

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
T ₁ (V _i)	Source Current Turn-off Delay	0.5 V _i to 0.9 I _L (2); (4)		1.5		μs
T ₂ (V _i)	Source Current Fall Time	0.9 I _L to 0.1 I _L (2); (4)		0.2		μs
T ₃ (V _i)	Source Current Turn-on Delay	0.5 V _i to 0.1 I _L (2); (4)		2		μs
T ₄ (V _i)	Source Current Rise Time	0.1 I _L to 0.9 I _L (2); (4)		0.7		μs
T ₅ (V _i)	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V _i to 0.9 I _L (3); (4)		0.7		μs
T ₆ (V _i)	Sink Current Fall Time	0.9 I _L to 0.1 I _L (3); (4)		0.25		μs
T ₇ (V _i)	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V _i to 0.9 I _L (3); (4)		1.6		μs
T ₈ (V _i)	Sink Current Rise Time	0.1 I _L to 0.9 I _L (3); (4)		0.2		μs
f _c (V _i)	Commutation Frequency	I _L = 2A		25	40	KHz
T ₁ (V _{en})	Source Current Turn-off Delay	0.5 V _{en} to 0.9 I _L (2); (4)		3		μs
T ₂ (V _{en})	Source Current Fall Time	0.9 I _L to 0.1 I _L (2); (4)		1		μs
T ₃ (V _{en})	Source Current Turn-on Delay	0.5 V _{en} to 0.1 I _L (2); (4)		0.3		μs
T ₄ (V _{en})	Source Current Rise Time	0.1 I _L to 0.9 I _L (2); (4)		0.4		μs
T ₅ (V _{en})	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V _{en} to 0.9 I _L (3); (4)		2.2		μs
T ₆ (V _{en})	Sink Current Fall Time	0.9 I _L to 0.1 I _L (3); (4)		0.35		μs
T ₇ (V _{en})	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V _{en} to 0.9 I _L (3); (4)		0.25		μs
T ₈ (V _{en})	Sink Current Rise Time	0.1 I _L to 0.9 I _L (3); (4)		0.1		μs

- 1) Sensing voltage can be -1 V for t ≤ 50 μsec; in steady state V_{sen} min ≥ -0.5 V.
- 2) See fig 2.
- 3) See fig 4.
- 4) The load must be a pure resistor.

Figure 1 : Typical Saturation Voltage vs. Output Current.

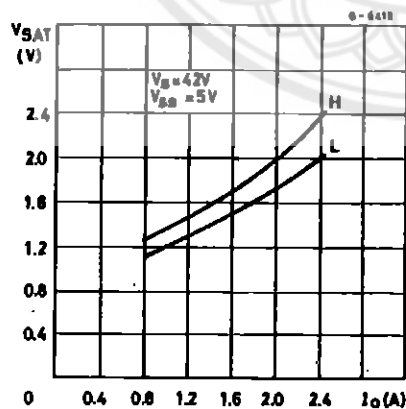
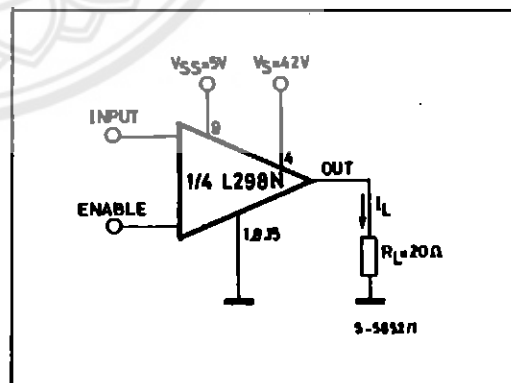


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H
For ENABLE Switching, set IN = H

Figure 3 : Source Current Delay Times vs. Input or Enable Switching.

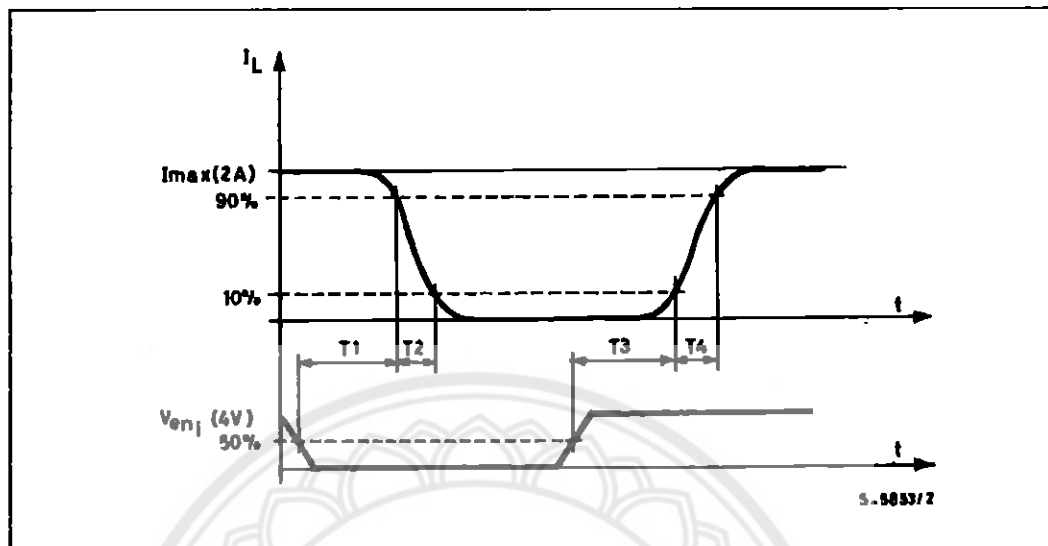
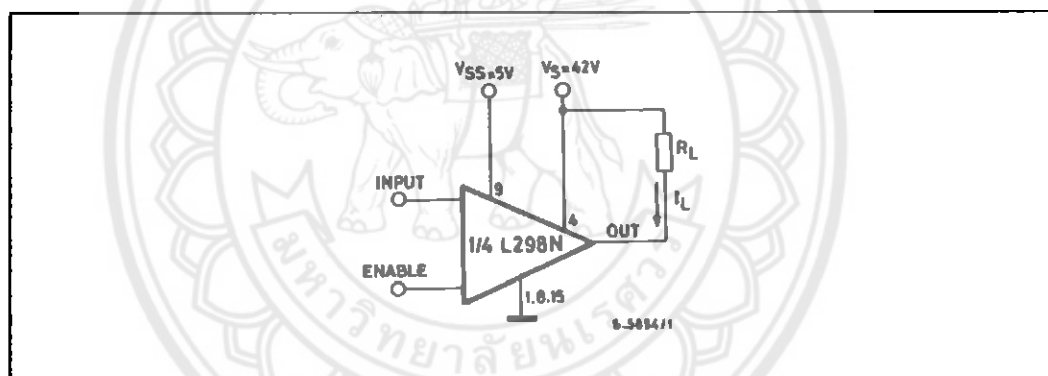


Figure 4 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H
For ENABLE Switching, set IN = L

L298

Figure 5 : Sink Current Delay Times vs. Input 0 V Enable Switching.

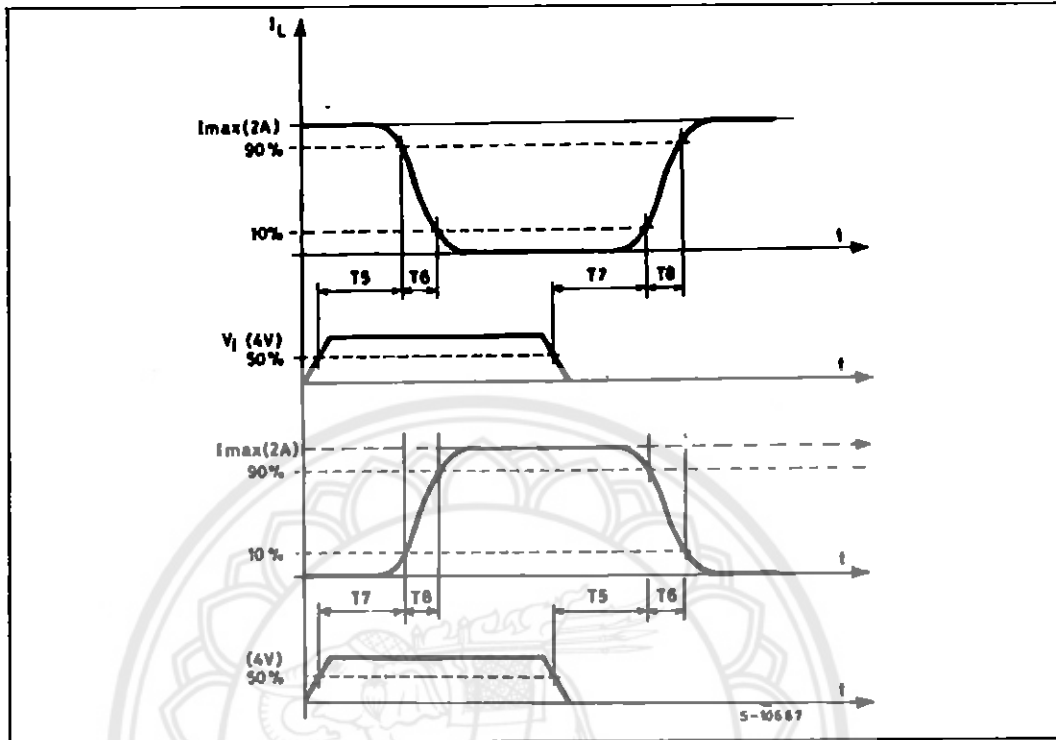


Figure 6 : Bidirectional DC Motor Control.

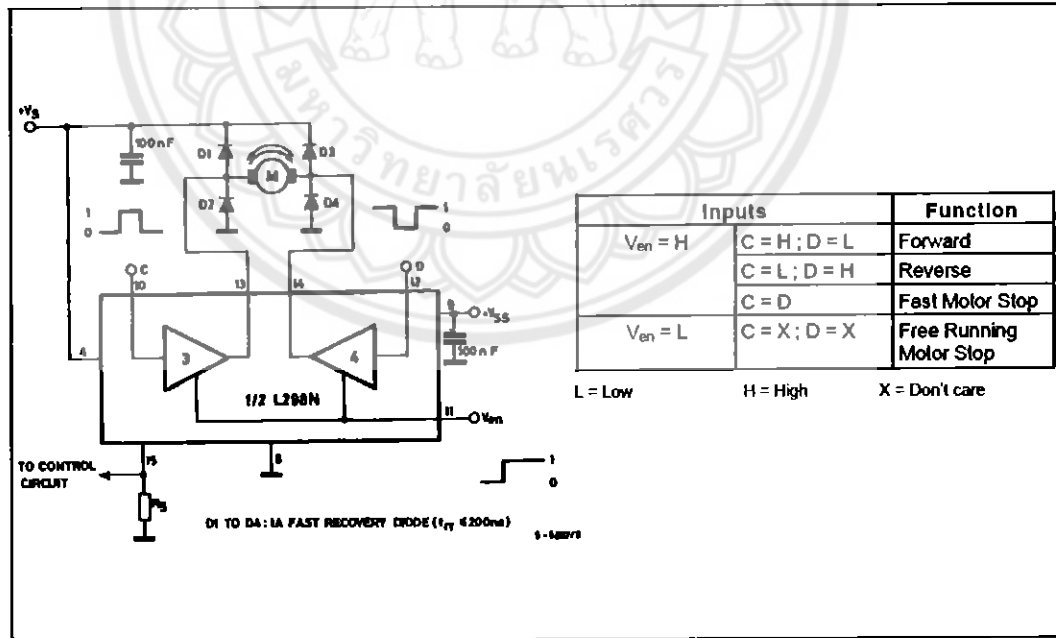
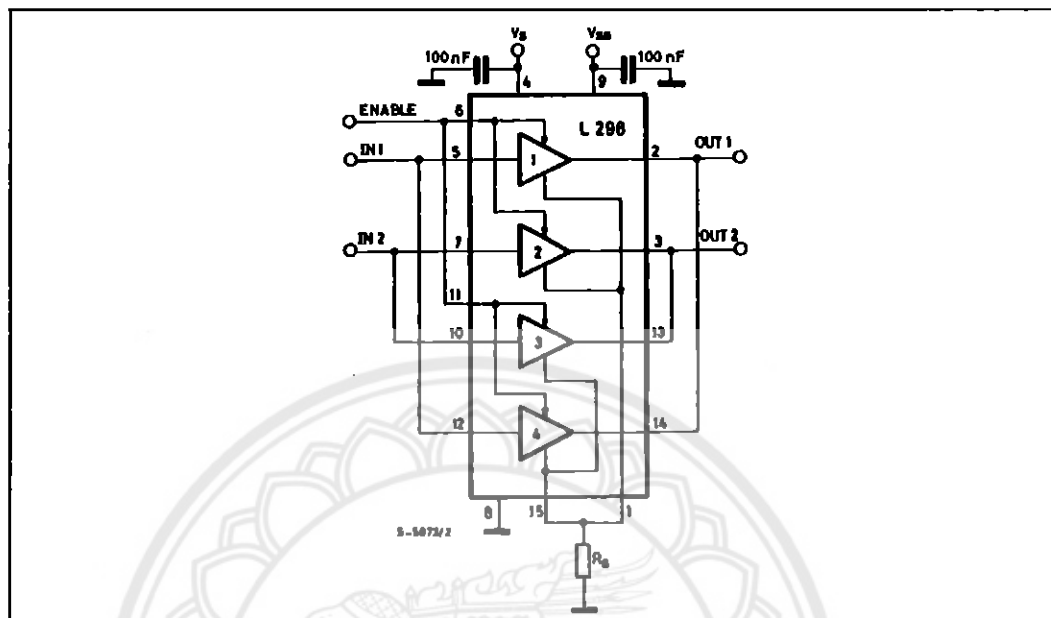


Figure 7 : For higher currents, outputs can be paralleled. Take care to parallel channel 1 with channel 4 and channel 2 with channel 3.



APPLICATION INFORMATION (Refer to the block diagram)

1.1. POWER OUTPUT STAGE

The L298 integrates two power output stages (A ; B). The power output stage is a bridge configuration and its outputs can drive an inductive load in common or differential mode, depending on the state of the inputs. The current that flows through the load comes out from the bridge at the sense output : an external resistor (R_{SA} ; R_{SB} .) allows to detect the intensity of this current.

1.2. INPUT STAGE

Each bridge is driven by means of four gates the input of which are $In1$; $In2$; EnA and $In3$; $In4$; EnB . The In inputs set the bridge state when The En input is high ; a low state of the En input inhibits the bridge. All the inputs are TTL compatible.

2. SUGGESTIONS

A non inductive capacitor, usually of 100 nF, must be foreseen between both V_S and V_{SS} , to ground, as near as possible to GND pin. When the large capacitor of the power supply is too far from the IC, a second smaller one must be foreseen near the L298.

The sense resistor, not of a wire wound type, must be grounded near the negative pole of V_S that must be near the GND pin of the I.C.

Each input must be connected to the source of the driving signals by means of a very short path.

Turn-On and Turn-Off : Before to Turn-ON the Supply Voltage and before to Turn it OFF, the Enable input must be driven to the Low state.

3. APPLICATIONS

Fig 6 shows a bidirectional DC motor control Schematic Diagram for which only one bridge is needed. The external bridge of diodes D1 to D4 is made by four fast recovery elements ($t_{rr} \leq 200$ nsec) that must be chosen of a VF as low as possible at the worst case of the load current.

The sense output voltage can be used to control the current amplitude by chopping the inputs, or to provide overcurrent protection by switching low the enable input.

The brake function (Fast motor stop) requires that the Absolute Maximum Rating of 2 Amps must never be overcome.

When the repetitive peak current needed from the load is higher than 2 Amps, a paralleled configuration can be chosen (See Fig.7).

An external bridge of diodes are required when inductive loads are driven and when the inputs of the IC are chopped ; Schottky diodes would be preferred.

L298

This solution can drive until 3 Amps In DC operation and until 3.5 Amps of a repetitive peak current.

On Fig 8 it is shown the driving of a two phase bipolar stepper motor ; the needed signals to drive the inputs of the L298 are generated, in this example, from the IC L297.

Fig 9 shows an example of P.C.B. designed for the application of Fig 8.

Figure 8 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Circuit.

This circuit drives bipolar stepper motors with winding currents up to 2 A. The diodes are fast 2 A types.

Fig 10 shows a second two phase bipolar stepper motor control circuit where the current is controlled by the I.C. L6506.

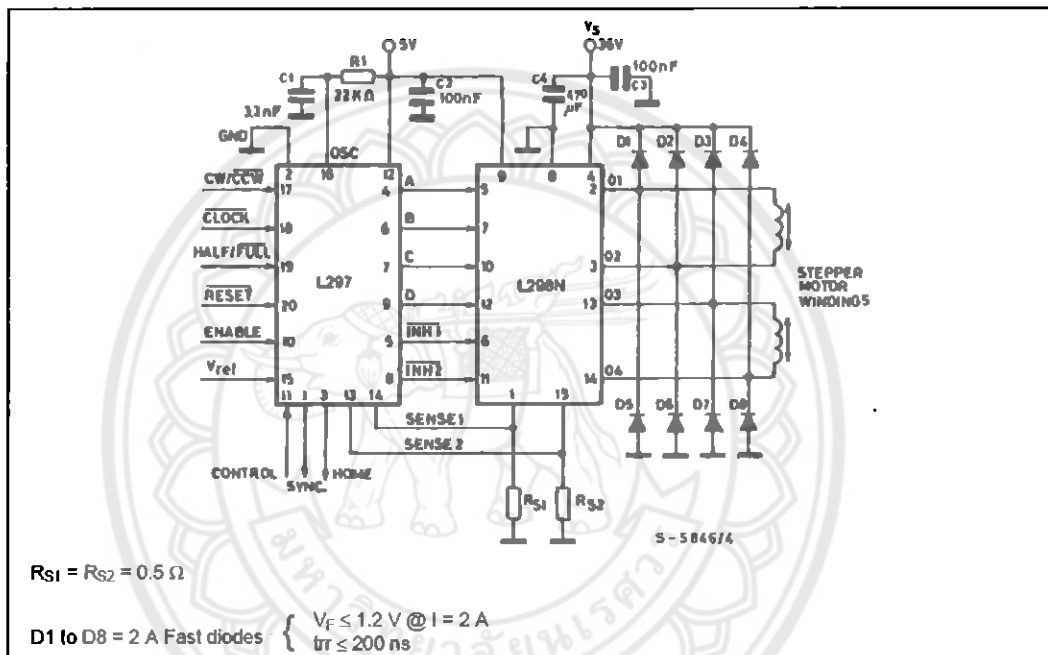


Figure 9 : Suggested Printed Circuit Board Layout for the Circuit of fig. 8 (1:1 scale).

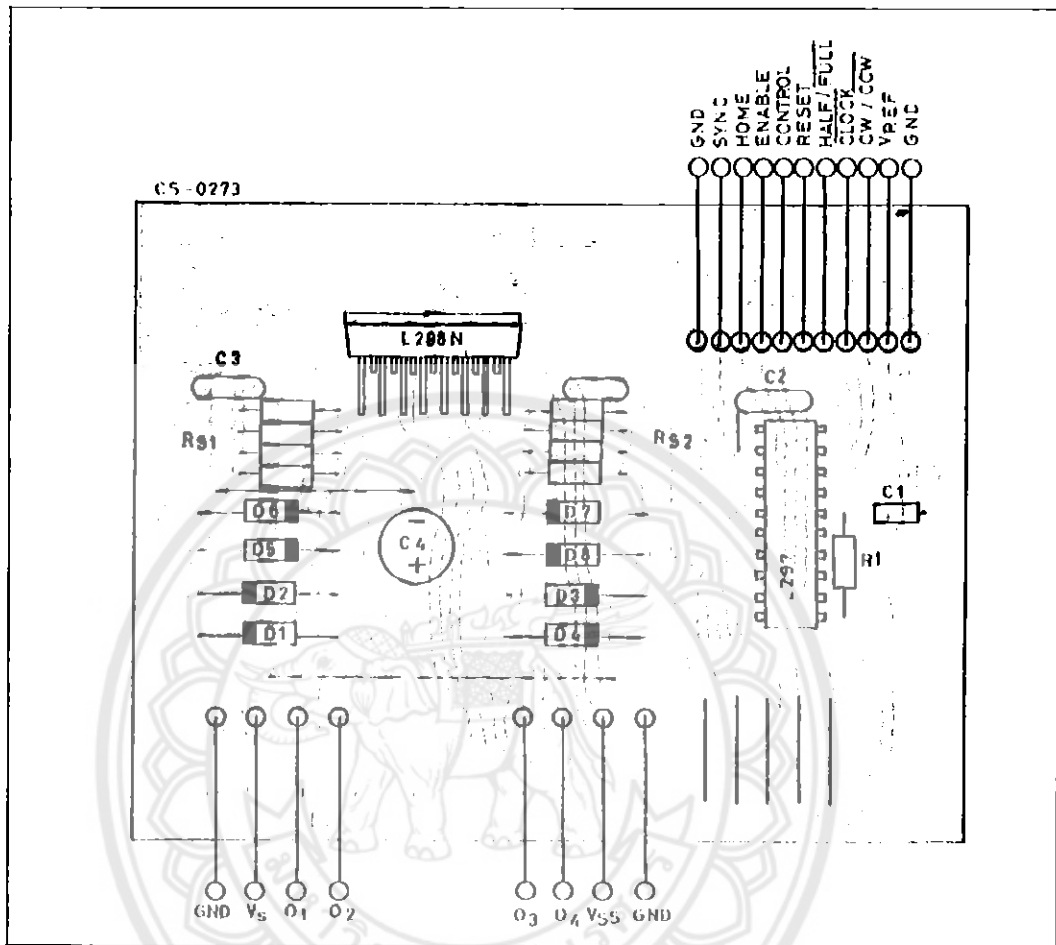
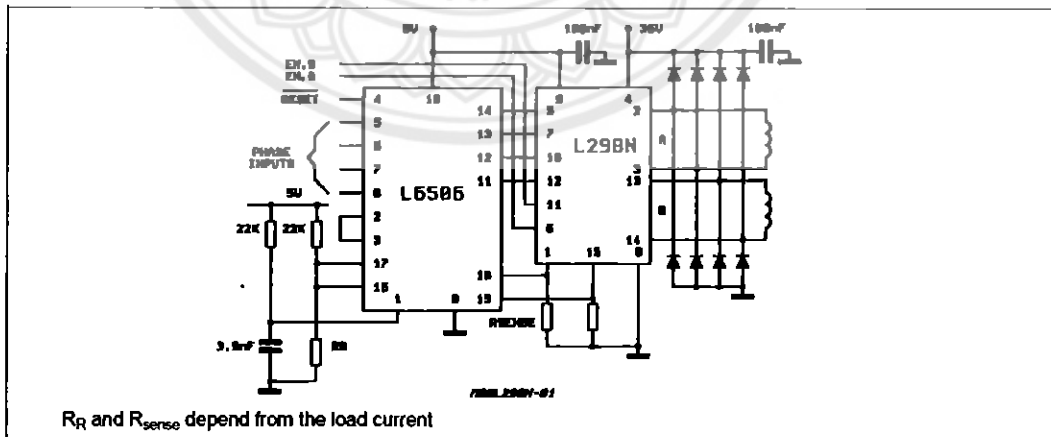


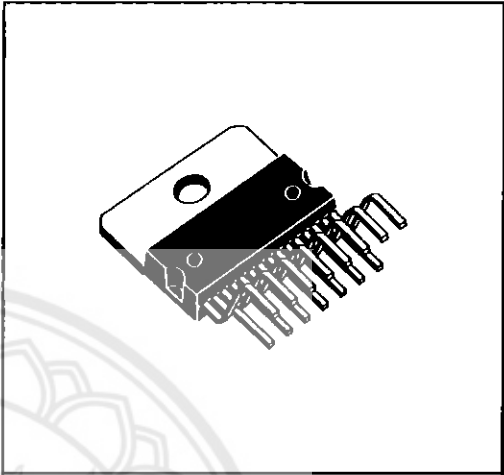
Figure 10 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Control Circuit by Using the Current Controller L6506.



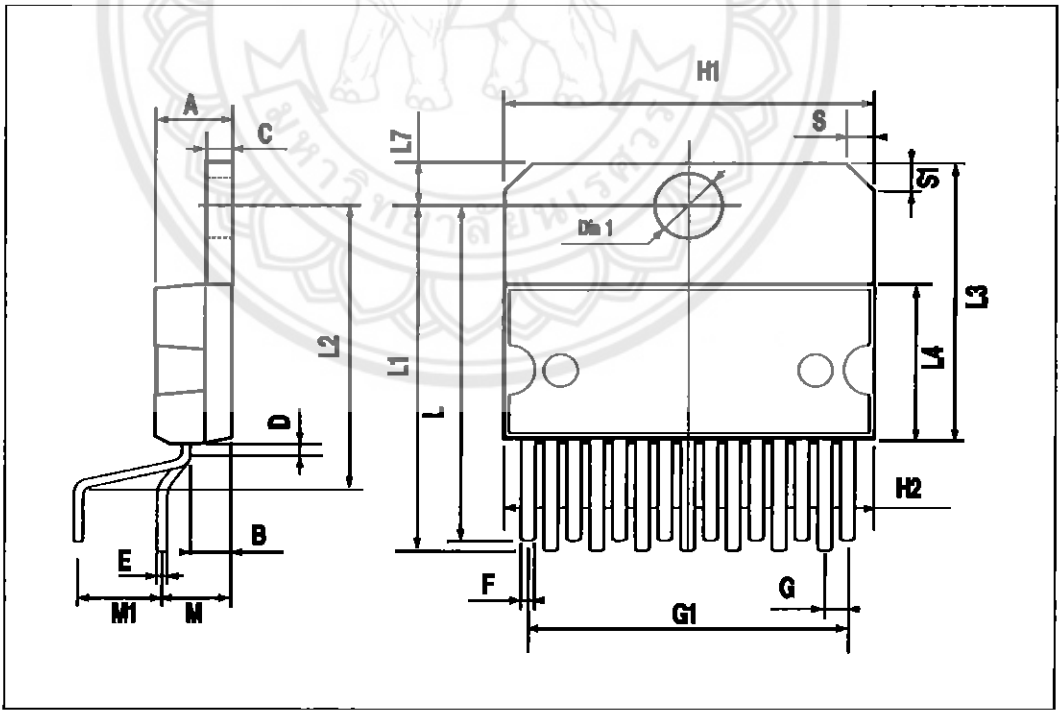
L298

DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
D		1			0.039	
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.02	1.27	1.52	0.040	0.050	0.060
G1	17.53	17.78	18.03	0.690	0.700	0.710
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L	21.9	22.2	22.5	0.862	0.874	0.886
L1	21.7	22.1	22.5	0.854	0.870	0.886
L2	17.65		18.1	0.695		0.713
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
M	4.25	4.55	4.85	0.167	0.179	0.191
M1	4.63	5.08	5.53	0.182	0.200	0.218
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152

OUTLINE AND MECHANICAL DATA

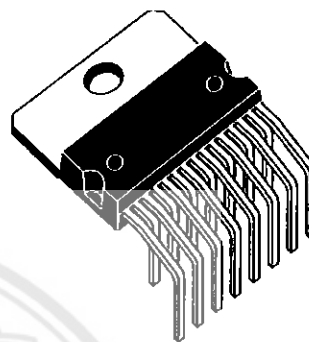


Multiwatt15 V

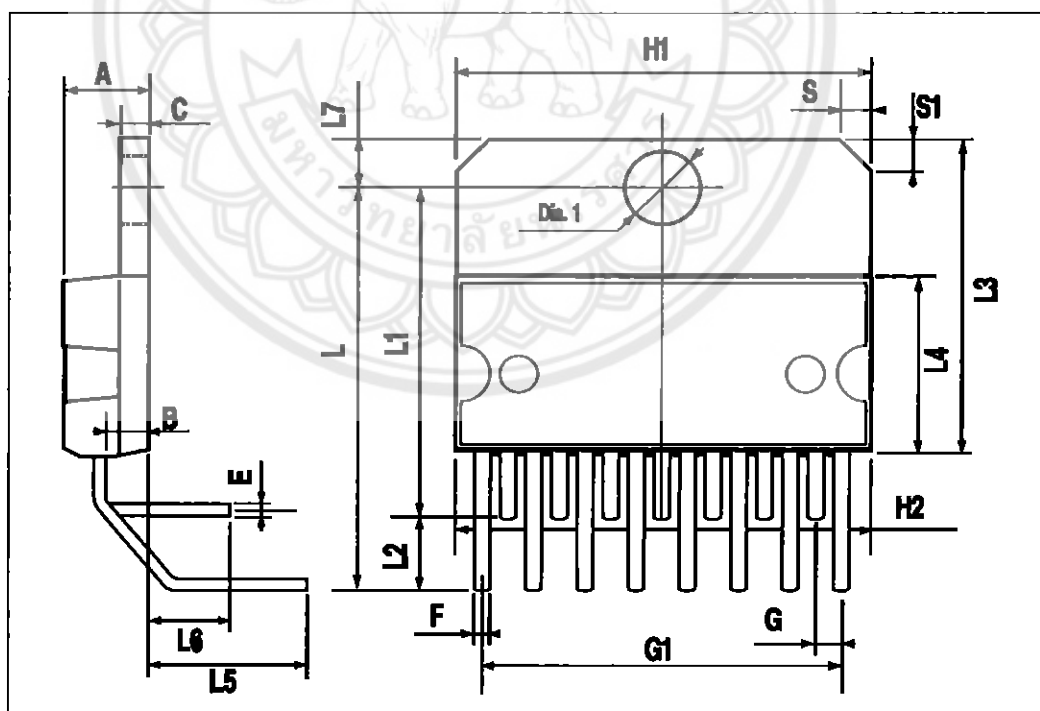


DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.14	1.27	1.4	0.045	0.050	0.055
G1	17.57	17.78	17.91	0.692	0.700	0.705
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L		20.57			0.810	
L1		18.03			0.710	
L2		2.54			0.100	
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L5		5.28			0.208	
L6		2.38			0.094	
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
D ϕ 1	3.65		3.85	0.144		0.152

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



Multiwatt15 H

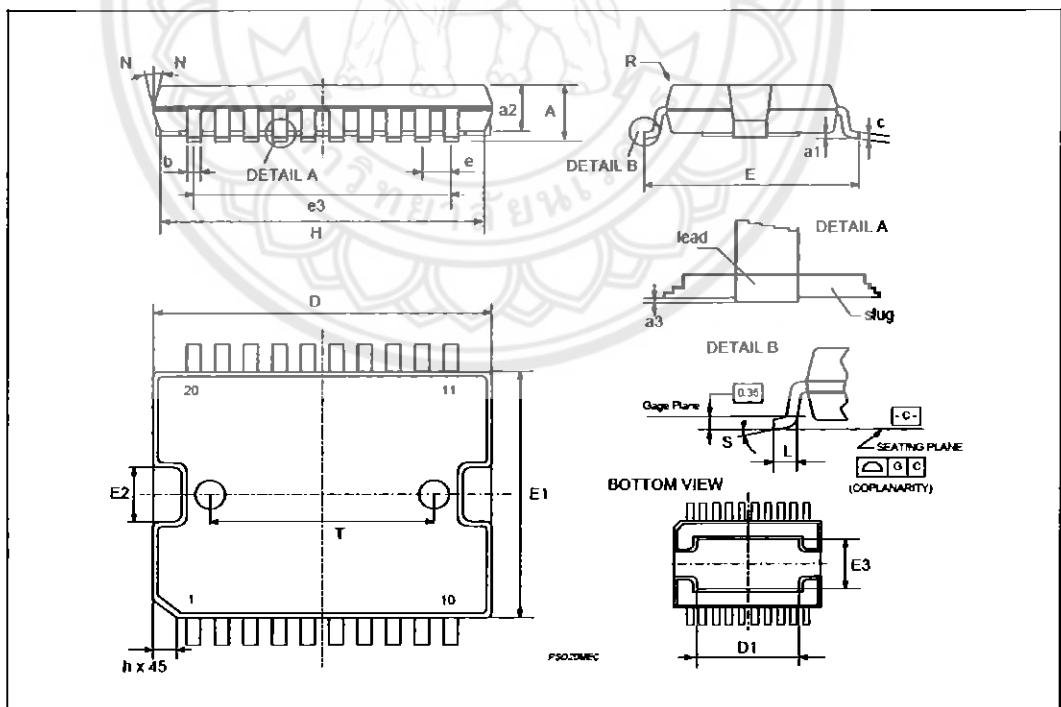
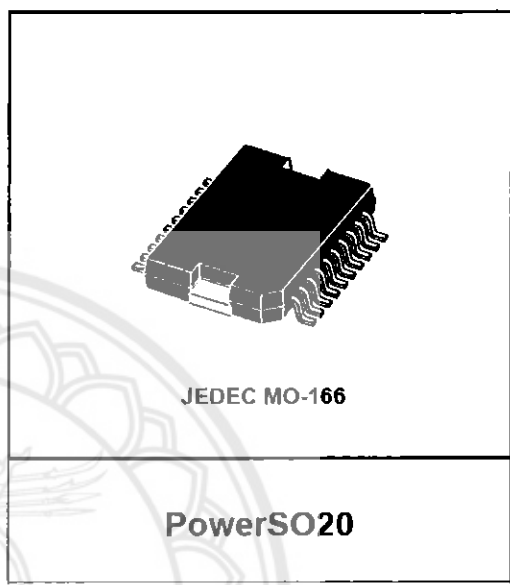


L298

DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			3.6			0.142
a1	0.1		0.3	0.004		0.012
a2			3.3			0.130
a3	0		0.1	0.000		0.004
b	0.4		0.53	0.016		0.021
c	0.23		0.32	0.009		0.013
D (I)	15.8		16	0.622		0.630
D1	9.4		9.8	0.370		0.386
E	13.9		14.5	0.547		0.570
e		1.27			0.050	
e3		11.43			0.450	
E1 (I)	10.9		11.1	0.429		0.437
E2			2.9			0.114
E3	5.8		6.2	0.228		0.244
G	0		0.1	0.000		0.004
H	15.5		15.9	0.610		0.626
h			1.1			0.043
L	0.8		1.1	0.031		0.043
N	10° (max.)					
S	8° (max.)					
T		10			0.394	

(I) "D and F" do not include mold flash or protrusions.
 - Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15 mm (0.006")
 - Critical dimensions: "E", "G" and "a3"

OUTLINE AND MECHANICAL DATA





Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics
© 2000 STMicroelectronics - Printed in Italy - All Rights Reserved
STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco -
Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - U.S.A.
<http://www.st.com>