



หุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้น  
FLOOR-CLEANING ROBOT



นายณัฏฐวิทย์ จันทรวงษ์ รหัส 51361612

นายพิชิตพงษ์ อินตะวัง รหัส 51364415

ห้องสมุดเทคโนโลยีการเกษตร
วันที่รับ..... 12/10/8. 2555
เลขทะเบียน..... 16074765
เลขเรียกหนังสือ..... 918.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 411

๒ 2694


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
ปีการศึกษา 2554

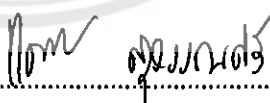


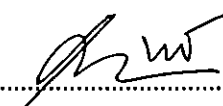
## ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ      ทุนยนต์ทำความสะอาดพื้น  
ผู้ดำเนินโครงการ      นายนันธวัช    จันทรวงษ์    รหัส 51361612  
   นายพิชิตพงษ์    อินตะวัง    รหัส 51364415  
ที่ปรึกษาโครงการ      ดร. นีพัทธ์    จันทรมินทร์  
สาขาวิชา              วิศวกรรมไฟฟ้า  
ภาควิชา                วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์  
ปีการศึกษา            2554

.....  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

  
.....ที่ปรึกษาโครงการ  
(ดร. นีพัทธ์ จันทรมินทร์)

  
.....กรรมการ  
(ดร. แคทริยา สุวรรณศรี)

  
.....กรรมการ  
(ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

ชื่อหัวข้อโครงการ	หุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้น
ผู้ดำเนินโครงการ	นายณันธวัช จันทรวงษ์ รหัส 51361612 นายพิชิตพงษ์ อินตะวัง รหัส 51364415
ที่ปรึกษาโครงการ	ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2554

---

### บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอโครงการเกี่ยวกับการสร้างหุ่นยนต์ขนาดเล็กเพื่อทำความสะอาดพื้นในที่อยู่อาศัย โดยขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรงซึ่งรับไฟจากแบตเตอรี่ 12 V และควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ การเคลื่อนที่โดยปริยายของหุ่นยนต์คือการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า หุ่นยนต์ถูกขับเคลื่อนล้อหน้าทั้งสองด้วยมอเตอร์กระแสตรง โดยแต่ละล้อใช้มอเตอร์ 1 ตัว ในขณะที่ใช้ล้อหลัง 1 ล้อที่หมุนได้อย่างอิสระเพื่อรักษาสมดุลในการเคลื่อนที่ หุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นถูกออกแบบให้ทำงานได้ 2 รูปแบบคือ การควบคุมด้วยมือและการทำงานอัตโนมัติ ในการควบคุมด้วยมือทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ถูกกำหนดด้วยแผงสวิทช์ปุ่มกด สำหรับการงานอัตโนมัติหุ่นยนต์จะเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่เมื่อสวิทช์จำกัดระยะซึ่งติดตั้งอยู่ด้านหน้าและด้านข้างของหุ่นยนต์ตรวจจับการชน มอเตอร์กระแสตรงอีกตัวหนึ่งทำหน้าที่หมุนแปรงเพื่อกวาดฝุ่นผงเข้าไปในกล่องซึ่งถอดได้เพื่อนำฝุ่นผงไปทิ้ง ฟองน้ำสำหรับถูพื้นถูหุ้มด้วยผ้าและติดไว้ที่ส่วนท้ายของหุ่นยนต์และสามารถถอดซักได้ นอกจากนี้เรายังสามารถตั้งเวลาการทำงานของหุ่นยนต์ รวมทั้งมีวงจรตรวจสอบระดับแรงดันของแบตเตอรี่ซึ่งส่งสัญญาณเตือนด้วยไฟจากหลอดแอลอีดีและเสียงหวูดเมื่อแรงดันของแบตเตอรี่มีค่าต่ำกว่า 11 V ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์และเหมาะสมสำหรับใช้งานบนพื้นเรียบ

**Project title** Floor-Cleaning Robot  
**Name** Mr. Nunthawat Chantarawong ID. 51361612  
Mr. Pichitphong Intawang ID. 51364415  
**Project advisor** Mr. Niphat Jantharamin, Ph.D.  
**Major** Electrical Engineering  
**Department** Electrical and Computer Engineering  
**Academic year** 2011

---

### Abstract

This thesis presents a project in which a small robot was constructed for cleaning the dwellings' floor. The robot was driven by DC motors, which were powered by a 12-V battery set and controlled by a microcontroller. The default motion of the robot was in the forward direction. Each of the two front wheels of the robot was driven by one DC motor. A single rear wheel rolled freely and balanced the motion. The robot was devised to work in 2 modes, namely manual control and automatic control. In the manual control, the movement direction of the robot was determined by using a push-button switch panel. In the automatic control, a change in the movement direction occurred after a hit detection by limit switches mounted at the front and both sides of the robot. Another DC motor rotated a brush in such a way that dust on the floor was swept into a removable dust box, which was installed inside the robot. A removable and washable sponge wrapped in a piece of cloth was mounted behind the back of the robot and wiped the floor as the robot moved. In additions, the operating time of the robot could be set and the battery state of charge level was monitored. The LEDs indicated the battery voltage level and a buzzer alarmed when the voltage battery set dropped below 11 V. Testing results showed that the robot was suitable for cleaning smooth surfaces.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาโครงการและให้ความกรุณาในการเอาใจใส่ในรายละเอียดในการสร้างชิ้นงานและตรวจทานปริญญาบัตรรวมถึงการให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาตลอดการดำเนินงาน คณะผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านไว้ตลอดไป

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับคณะผู้ดำเนินโครงการ ขอขอบพระคุณ ดร.แคทรีธา สุวรรณศรีและดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการ โครงการนอกจากนี้ยังขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ที่ให้ความสะดวกในการยืมอุปกรณ์เครื่องมือวัดมาใช้งาน

ขอขอบคุณนายณัฐวิทย์ อินทเจริญสถานต์ เพื่อนทุกคนและบุคคลท่านอื่นที่มีส่วนร่วมในการให้คำแนะนำและการช่วยเหลือจนทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา (กยศ.) ที่ให้ทุนแก่ผู้ดำเนินโครงการได้มีโอกาสทำการศึกษาจนประสบความสำเร็จในระดับปริญญาตรี

เหนือสิ่งอื่นใดคณะผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ผู้มอบความรัก ความเมตตา สติปัญญา รวมทั้งเป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างตั้งแต่วัยเยาว์จวบจนถึงปัจจุบัน คอยเป็นกำลังใจทำให้ได้รับความสำเร็จอย่างทุกวันนี้ และขอขอบคุณทุกคนในครอบครัวของคณะผู้ดำเนินโครงการที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายณันธวัช จันทรวงษ์

นายพิชิตพงษ์ อินตะวัง

# สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญาโท	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	2
1.6 งบประมาณ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทำงาน	4
2.1 ระบบการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์	4
2.1.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	4
2.1.2 การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์	4
2.2 ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์	5
2.2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	5
2.2.2 ส่วนประกอบของไมโครคอนโทรลเลอร์	6
2.2.3 รายละเอียดขาสัญญาณและการใช้งาน	6
2.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์	9
2.4 วงจรตั้งเวลา	9
2.4.1 รายละเอียดขาสัญญาณของไอซีหมายเลข 555	9
2.4.2 วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์	11
2.5 วงจรวัดระดับแรงดันของแบตเตอรี่	12

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การสร้างหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้น.....	14
3.1 ขั้นตอนการสร้างหุ่นยนต์.....	14
3.2 ส่วนซอฟต์แวร์ของหุ่นยนต์.....	14
3.2.1 โปรแกรมเดียวไมโครวิชชั่น 2.....	14
3.2.2 โปรแกรมแฟลชเมจิก.....	15
3.3 ส่วนฮาร์ดแวร์ของหุ่นยนต์.....	18
3.3.1 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์.....	18
3.3.2 ชุดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์.....	19
3.3.3 ส่วนควบคุมการทำงานของชุดขับเคลื่อน.....	20
3.3.4 ส่วนขับเคลื่อนของหุ่นยนต์.....	21
3.3.5 ส่วนของวงจรตั้งเวลาการทำงานของหุ่นยนต์.....	22
3.3.6 ส่วนของวงจรวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่.....	23
3.4 รูปร่างของหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้น.....	24
บทที่ 4 ผลการทดสอบ.....	25
4.1 การควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์กรณีควบคุมด้วยมือ.....	25
4.2 การควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์กรณีทำงานแบบอัตโนมัติ.....	26
4.3 การทำงานของวงจรวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่.....	27
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	28
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ.....	28
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข.....	28
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป.....	28
เอกสารอ้างอิง.....	29
ภาคผนวก ก รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น P89V51RD2.....	30
ภาคผนวก ข รายละเอียดของไอซีหมายเลข TA7279.....	37
ภาคผนวก ค รายละเอียดของไอซีหมายเลข LM 555.....	42

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ง รายละเอียดของแอปพลิเคชันหมายเลข LM358N .....	47
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งานหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้น .....	52
ภาคผนวก ฉ รหัสต้นฉบับของโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ .....	57
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ .....	64





## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การทำงานของวงจรแนนด์เกต.....	10
2.2 การทำงานของวงจรฟลิปฟล็อปแบบอาร์เอส.....	11
3.1 หน้าที่ของขาไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น P89V51RD2.....	20
4.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์กรณีควบคุมด้วยมือ.....	25
4.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์กรณีทำงานแบบอัตโนมัติ.....	26
4.3 การทำงานของวงจรวัดระดับแรงดันของแบตเตอรี่.....	27



## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ไอซีขับมอเตอร์ TA7279P .....	5
2.2 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น P89V51RD2 [2].....	7
2.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ [2] .....	9
2.4 วงจรภายในและขาสัญญาณของไอซีหมายเลข 555 .....	10
2.5 หลักการทำงานพื้นฐานของวงจร โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์.....	11
2.6 วงจร โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์หลัก .....	12
2.7 วงจรวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่.....	13
3.1 โปรแกรมเคียวไมโครวิชั่น 2.....	15
3.2 การโปรแกรมคำสั่งภาษาซีลงในโปรแกรมเคียวไมโครวิชั่น 2 .....	15
3.3 โปรแกรมแฟลชเมจิก.....	16
3.4 การโปรแกรมรหัสควบคุมลงในโปรแกรมแฟลชเมจิก.....	16
3.5 ขั้นตอนการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้น.....	17
3.6 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 .....	19
3.7 ชุดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์.....	19
3.8 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบทอรอป.....	21
3.9 วงจรควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์.....	21
3.10 มอเตอร์กระแสตรงแบบทอรอปขนาด 12 V รุ่น ZGA25.....	22
3.11 การต่อวงจรแบบ โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์.....	22
3.12 วงจรตั้งเวลาการทำงาน โดยใช้ไอซีหมายเลข 555 .....	23
3.13 วงจรวัดระดับแรงดันของแบตเตอรี่ 12 V .....	23
3.14 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้น.....	24
3.15 ภาพถ่ายมุมล่างของหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้น.....	24

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ประชาชนส่วนใหญ่ที่อาศัยในสังคมเมืองมักมีรูปแบบการดำเนินชีวิตที่เร่งรีบในการทำงานและกิจกรรมนอกบ้านทำให้มีปัญหาในการจัดสรรเวลาเพื่อทำความสะอาดที่อยู่อาศัยของตน อีกทั้งยังต้องการอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการทำมาความสะอาดเพื่อทุ่นแรงและประหยัดเวลา เพื่อให้สามารถนำเวลาในส่วนนี้ไปใช้กับกิจกรรมในด้านอื่นๆแทนได้ ในปัจจุบันมีการสร้างและพัฒนาอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้สำหรับทำความสะอาดพื้นที่อยู่อาศัยออกมาหลากหลายรูปแบบ เพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าว รวมถึงการนำเทคโนโลยีทางด้านหุ่นยนต์มาทำงานแทนคน ซึ่งสามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและมีรูปแบบการทำงานที่ครอบคลุมความต้องการของผู้ใช้งาน อย่างไรก็ตามการนำหุ่นยนต์มาใช้ในงานทำความสะอาดยังมีข้อจำกัดทางด้านราคาของหุ่นยนต์ที่สูง ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้ดำเนินโครงการจึงมีความประสงค์ที่จะประดิษฐ์หุ่นยนต์ขนาดเล็กสำหรับทำความสะอาดพื้นที่อยู่อาศัยซึ่งทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมีราคาต่ำกว่าหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้นที่มีขายอยู่ในท้องตลาด

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อสร้างหุ่นยนต์ขนาดเล็กสำหรับทำความสะอาดพื้นที่อยู่อาศัย โดยควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1) หุ่นยนต์ถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรงซึ่งรับไฟจากแบตเตอรี่ 12 V
- 2) หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ 2 ระบบคือการควบคุมด้วยมือและการทำงานอัตโนมัติ โดยควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
- 3) สามารถตั้งเวลาการทำงานได้
- 4) มีการส่งสัญญาณเตือนเมื่อแรงดันของแบตเตอรี่ลดต่ำกว่าระดับที่ควรใช้งาน

## 1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	พ.ศ. 2554							พ.ศ. 2555		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1) ศึกษาการทำงานของ หุ่นยนต์ฯ	■	■								
2) ศึกษาการเขียนโปรแกรม ควบคุมหุ่นยนต์ฯ		■	■							
3) ศึกษาและออกแบบ โครงสร้างของหุ่นยนต์		■	■	■						
4) ออกแบบและสร้างวงจร ควบคุม				■	■	■				
5) ประกอบชิ้นงาน ทดสอบ และปรับปรุงการทำงาน ของหุ่นยนต์					■	■	■	■		
6) สรุปผลการดำเนินงาน และทำเล่มปริญญานิพนธ์									■	■

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

หุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นมีราคาถูก สามารถทำความสะอาดพื้นได้โดยสามารถทำงานได้ทั้งการควบคุมด้วยมือและการทำงานอัตโนมัติ และสามารถตั้งเวลาการทำงานได้ จึงอำนวยความสะดวกและประหยัดเวลาให้กับผู้ใช้ในการทำความสะอาดที่อยู่อาศัย ทำให้มีเวลาสำหรับกิจกรรมอื่นๆ เพิ่มขึ้น

## 1.6 งบประมาณ

1) โครงสร้างหุ่นยนต์	700 บาท
2) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	500 บาท
3) วงจรขับมอเตอร์	350 บาท
4) วงจรตั้งเวลาการทำงาน	90 บาท
5) วงจรเตือนเมื่อระดับแรงดันแบตเตอรี่ต่ำ	80 บาท
6) แบตเตอรี่ขนาด 1.3 Ah 6 V จำนวน 2 ลูก	350 บาท
7) ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มปริญญาบัตร	500 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สองพันห้าร้อยสามสิบบาทถ้วน)	<u>2,530 บาท</u>

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ



## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการทำงาน

การสร้างหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้นประกอบด้วยส่วนของการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ ส่วนประมวลผลและควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ วงจรวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่ และวงจรตั้งเวลา ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดส่วนต่างๆ ได้ดังนี้

#### 2.1 ระบบการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์

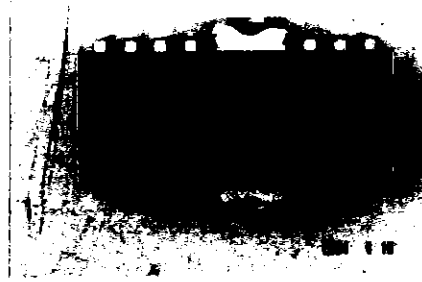
ระบบการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้นนั้นทำงานโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) ซึ่งมีการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยอาศัยหลักการทำงานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่าเอชบริดจ์ (H-bridge) เข้ากับมอเตอร์ซึ่งในโครงการใช้ไอซีขับมอเตอร์ชนิดบริดจ์แบบคู่ (Dual full bridge driver) TA7279P

##### 2.1.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) เป็นเครื่องกลทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลผ่านทางแกนหมุนหรือเพลลา มอเตอร์ไฟฟ้าสามารถหมุนได้เนื่องจากมีสนามแม่เหล็กสองแหล่งกระทำต่อกัน โดยที่สนามแม่เหล็กทั้งสองแหล่งอาจจะเป็นแบบที่ได้จากการจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดสเตเตอร์ (Stator winding) และขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature winding) โดยทั่วไปมอเตอร์กระแสตรงที่นิยมใช้เป็นแบบที่มีแม่เหล็กถาวร (Permanent magnet) ซึ่งเป็นตัวสร้างสนามแม่เหล็กแทนขดลวดสเตเตอร์และใช้การจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปที่ขดลวดอาร์เมเจอร์จะทำให้เกิดแรงบิด (Torque) เกิดขึ้นที่โรเตอร์ซึ่งจะทำให้เกิดการหมุน การใช้มอเตอร์แบบที่มีแม่เหล็กถาวรมีข้อดีคือ มีขนาดเล็ก ราคาถูก ลดความสูญเสียจากการที่ไม่มีขดลวดสนามทำให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

##### 2.1.2 การควบคุมการกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์

การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง สามารถทำได้โดยการควบคุมทิศทางกระแสไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดอาร์เมเจอร์ ซึ่งสามารถทำได้โดยการกลับขั้วไฟฟ้าของแหล่งจ่าย โดยการควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้านั้นใช้วิธีการต่อร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่าวงจรขับ (Driver) ซึ่งในการออกแบบใช้ไอซีเอชบริดจ์ (H-bridge) ในการขยายกระแสขับมอเตอร์ ในส่วนของการควบคุมการกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ในโครงการนี้ใช้ไอซีขับมอเตอร์ชนิดบริดจ์แบบคู่ (Dual full bridge driver) TA7279P ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ไอซีขับมอเตอร์ TA7279P

## 2.2 ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051 หรือ MCS-51 ในการป้อนคำสั่งและการประมวลผล เนื่องจากมีราคาถูกและนิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ทำให้ผู้ใช้งานสามารถหาข้อมูลสนับสนุนเพื่อนำมาประยุกต์การใช้งานได้สะดวก สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่นำมาใช้คือไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น P89V51RD2 เนื่องจากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นที่สามารถรองรับการบรรจุโปรแกรมลง (Download) แบบ ISP (In system programming) ผ่านสายเชื่อมต่อสัญญาณแบบอนุกรมได้โดยตรง ไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์หรือวงจรเพิ่มเติมในการดาวน์โหลดโปรแกรมลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงทำให้สามารถใช้งานได้สะดวก รวมถึงราคาของไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น P89V51RD2 ไม่แพงเมื่อเทียบกับความสามารถและประสิทธิภาพ เพราะไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น P89V51RD2 สามารถทำงานในโหมด X2 ซึ่งทำให้ทำงานได้เร็วกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 พื้นฐาน 2 เท่า (1 เมกเฮิรตซ์ใช้สัญญาณนาฬิกา 6 ลูก) เมื่อใช้คริสตอลความถี่ที่เท่ากัน ในการทำงานในโหมด X2 นี้ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น P89V51RD2 สามารถใช้คริสตอลความถี่สูงสุด 20 MHz ส่วนในการทำงานในโหมด X1 สามารถใช้คริสตอลความถี่สูงสุด 40 MHz โดยภายในไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น P89V51RD2 จะมีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชขนาด 64 kbytes นอกจากนี้ยังมีหน่วยความจำข้อมูลภายนอกเพิ่มเติมขนาด 1 kbytes อยู่ภายในตัวชิพด้วย โดยโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีดังนี้

### 2.2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

- ก) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน่วยประมวลผลกลางแบบ 8 บิต
- ข) มีคำสั่งคำนวณทางคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์ (Boolean processor)
- ค) มีแอดเดรสบัสขนาด 16 บิต ทำให้สามารถอ้างตำแหน่งหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลได้ 64 กิโลไบต์

- ง) มีหน่วยความจำภายนอก (RAM) ขนาด 128 ไบต์ (8051/8031) หรือ 256 ไบต์ (8052/8032)
- จ) มีสายเชื่อมสัญญาณแบบอนุกรมทำงานแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full duplex) 1 พอร์ต
- ฉ) มีสายเชื่อมสัญญาณอินพุต/เอาต์พุตแบบขนานจำนวน 32 บิต
- ช) มีตัวตั้งเวลา (Timer) 2 ตัว (8051/8031) หรือ 3 ตัว (8052/8032)
- ซ) มีวงจรควบคุมการขัดจังหวะ (Interrupt) 5 ประเภท (8051/8031) หรือ 6 ประเภท (8052/8032)
- ด) มีวงจรออสซิลเลเตอร์ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีวงจรออสซิลเลเตอร์อยู่ภายใน ดังนั้นในการใช้งานจึงสามารถต่อตัวเก็บประจุเข้ากับคริสตอลได้โดยตรง โดยความถี่ของคริสตอลที่ต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวระบุความเร็วในการทำงานโดยตรง โดยปกติแล้ว 1 แมกซีนไซเคิล (Machine cycle) ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ใช้สัญญาณนาฬิกาจำนวน 12 ลูก และในการทำงานแต่ละคำสั่งไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้เวลาในการทำงาน 1 – 4 แมกซีนไซเคิล ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของคำสั่งนั้น

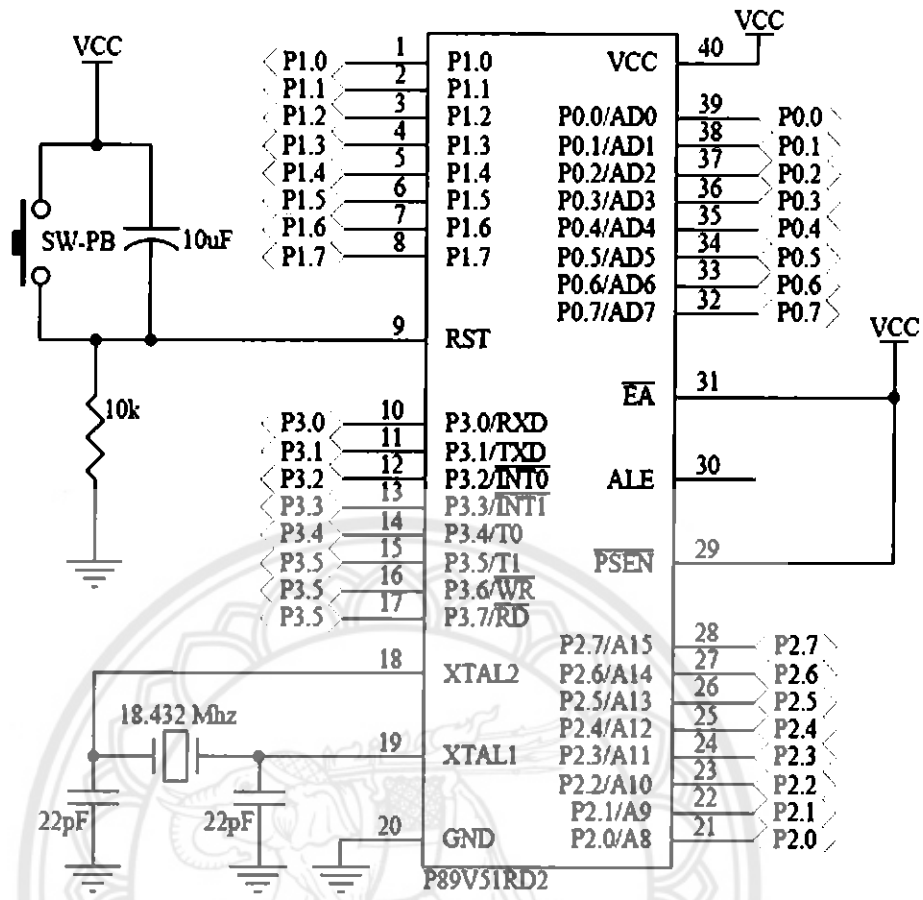
### 2.2.2 ส่วนประกอบของไมโครคอนโทรลเลอร์

- ก) หน่วยประมวลผล (Central processor unit) เป็นส่วนที่ตัดสินใจเกี่ยวกับการทำงานต่างๆ
- ข) หน่วยความจำ (Memory) เป็นตัวเก็บข้อมูลต่างๆที่ต้องใช้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ ไม่ว่าจะเป็นหน่วยความจำโปรแกรมหรือหน่วยความจำข้อมูล โดยหน่วยความจำที่ใช้ได้แก่ รอม (ROM) อีพีรอม (EPROM) อีอีพีรอม (EEPROM) แรม (RAM) รวมทั้งหน่วยความจำแบบแฟลช
- ค) พอร์ตสัญญาณเข้าและสัญญาณออก (Input & output port) เป็นส่วนที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

### 2.2.3 รายละเอียดขาสัญญาณและการใช้งาน

การเชื่อมต่อในวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงดังรูปที่ 2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์มีสายเชื่อมอินพุตและเอาต์พุต (I/O) แบบขนาน 8 บิตอยู่ทั้งหมด 4 พอร์ต (สายเชื่อม 0 – 3) โดยแต่ละสายเชื่อมสามารถทำงานเป็นได้ทั้งสายเชื่อมอินพุตหรือเอาต์พุตตามการเลือกใช้งาน





รูปที่ 2.2 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น P89V51RD2 [2]

รายละเอียดขาสัญญาณไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น P89V51RD2 แสดงได้ดังนี้

- P0.0 – P0.7 เป็นพอร์ตใช้งานทั่วไปและพอร์ตข้อมูล (Data) และพอร์ตที่อยู่ (Address) ไบต์ที่ต่ำ
  - P1.0 – P1.7 เป็นพอร์ตใช้งานทั่วไป
  - P2.0 – P2.7 เป็นพอร์ตใช้งานทั่วไปและพอร์ตที่อยู่ไบต์สูง
  - P3.0 – P3.7 เป็นพอร์ตใช้งานทั่วไป
- นอกจากนั้นยังสามารถทำหน้าที่อื่นๆ ได้ดังนี้

- P 3.0 หรือ RXD สามารถเป็นขารับสัญญาณพอร์ตอนุกรม
- P3.1 หรือ TXD สามารถเป็นขาส่งสัญญาณพอร์ตอนุกรม
- P3.2 หรือ INTO สามารถเป็นขารับสัญญาณขัดจังหวะหมายเลข 0
- P3.3 หรือ INT1 สามารถเป็นขารับสัญญาณขัดจังหวะหมายเลข 1

- P3.4 หรือ TO สามารถเป็นขารับสัญญาณพัลส์หมายเลข 0 เพื่อเข้าวงจรนับ (Counter)
- P3.5 หรือ T1 สามารถเป็นขารับสัญญาณพัลส์หมายเลข 1 เพื่อเข้าวงจรนับ
- P3.6 หรือ WR สามารถเป็นขาสัญญาณเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์ภายนอก
- P3.7 หรือ RD สามารถเป็นขาสัญญาณอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก

ขา EA (External access enable) หรือขาที่ 31 ใช้เลือกระหว่างการใช้งานหน่วยความจำ โปรแกรมภายนอกหรือหน่วยความจำโปรแกรมภายใน กรณีเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรม ภายนอกขา EA ต้องเป็นลอจิก 0 ส่วนในกรณีใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในขา EA ต้องเป็น ลอจิก 1 สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น P89V51RD2 นั้นมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในแบบ แฟลชขนาด 64 กิโลไบต์ จึงเลือกให้ทำงานจากหน่วยความจำโปรแกรมภายในซึ่งต้องต่อกับ แหล่งจ่ายไฟ 5 V ให้เป็นลอจิก 1 ดังรูปที่ 2.2

ขา RST (RESET) หรือขาที่ 9 ทำหน้าที่รีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดย ถ้าขา RST นี้มีสถานะเป็นลอจิก 1 นานกว่าช่วงเวลา 2 แมกซ์ซีไนเซคัล เป็นการรีเซ็ตการทำงานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้นจึงต่อขา RST ของไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับสวิทช์และตัวเก็บ ประจุขนาด 10  $\mu$ F ดังรูปที่ 2.2

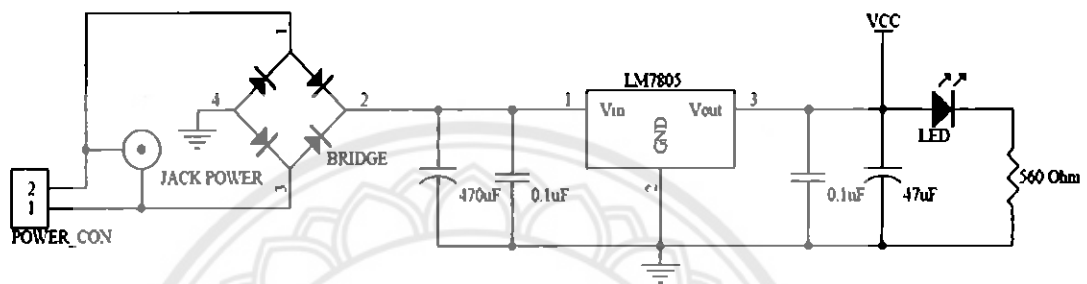
ขา XTAL1 และ XTAL2 หรือขาที่ 19 และ 18 ตามลำดับ เป็นขาที่ทำหน้าที่สำหรับต่อกับ คริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เลือกใช้คริสตอลความถี่ 11.0592 MHz เนื่องจากเป็นความถี่ที่สามารถนำไปสร้างสัญญาณนาฬิกาให้กับการติดต่อสื่อสาร ผ่านสายเชื่อมสัญญาณแบบอนุกรม RS-232 ได้อย่างลงตัว (2,400, 4,800, 9,600, 14,400, 19,200, 28,800 หรือ 38,400 บิตต่อวินาที) แต่ถ้าต้องการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น P89V51RD2 ทำงาน ในโหมด X2 สามารถทำได้โดยการเลือกในขณะบรรจุโปรแกรมลง

ขา ALE (Address Latch Enable) หรือขาที่ 30 ทำหน้าที่เป็นขาที่ใช้ควบคุมการแลตช์ของ ขาสายเชื่อม 0 เมื่อมีการต่อใช้งานหน่วยความจำภายนอก แต่เนื่องจากยังไม่ได้ต่อใช้งาน หน่วยความจำภายนอกจึงไม่มีการเชื่อมต่อกับขา ALE

ขา PSEN (Program store enable) หรือขาที่ 29 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเพื่อขอติดต่อกับ หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก สำหรับในไมโครคอนโทรลเลอร์บางรุ่นขา PSEN นี้ใช้ในการ ควบคุมสถานะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในการบรรจุโปรแกรมลงบน ไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย

## 2.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

วงจรแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วยวงจรเรียงกระแสและวงจรคุมค่าแรงดันแสดงได้ดังรูปที่ 2.3 วงจรเรียงกระแสทำหน้าที่แปลงไฟกระแสสลับขนาด 12 V ให้เป็นไฟกระแสตรงขนาด 5 V วงจรคุมค่าแรงดันใช้ไอซีหมายเลข LM7805 สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 1 A



รูปที่ 2.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ [2]

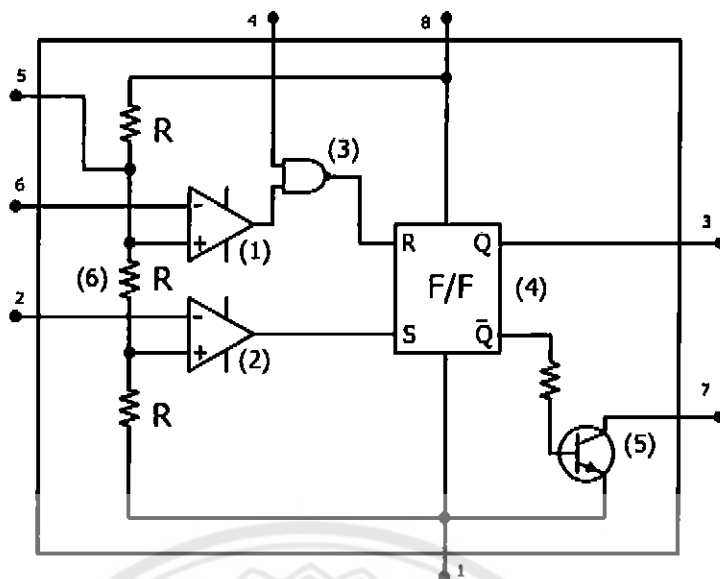
จากรูปที่ 2.3 การต่อไดโอดแบบบริดจ์ทำหน้าที่เรียงกระแสให้เป็นไฟบวก ทำให้สามารถจ่ายไฟเข้าวงจรนี้เป็นไฟกระแสสลับหรือไฟกระแสตรงขนาด 12 V ได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงขั้วของการต่อไฟ

## 2.4 วงจรตั้งเวลา

โครงการนี้สร้างวงจรตั้งเวลาโดยใช้ไอซีหมายเลข 555 ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งเป็นไอซีที่นิยมใช้ในการสร้างวงจรตั้งเวลา และสร้างสัญญาณรูปคลื่นแบบต่างๆ เช่น สัญญาณรูปสี่เหลี่ยม สัญญาณแรมป์ และสัญญาณพัลส์ โดยไอซีหมายเลข 555 มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ อยู่ภายในและมีส่วนที่ต้องต่อภายนอกเพื่อควบคุมการทำงานและใช้งานเป็นลักษณะต่างๆ ซึ่งง่ายต่อการออกแบบและสร้างสัญญาณพัลส์ความถี่ต่างๆ

### 2.4.1 รายละเอียดขาสัญญาณของไอซีหมายเลข 555

จากรูปที่ 2.4 ส่วนที่ (1) และ (2) ทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตทั้ง 2 ขา ถ้าศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วบวกมากกว่าที่ขั้วลบเอาต์พุตจะมีค่าเป็นลอจิก 1 เท่ากับแรงดันไฟเลี้ยง ถ้าศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วบวกน้อยกว่าขั้วลบเอาต์พุตจะมีค่าลอจิก 0 เท่ากับศูนย์โวลต์



รูปที่ 2.4 วงจรภายในและขาสัญญาณของไอซีหมายเลข 555

ส่วนที่ (3) คือวงจรแนนด์เกต (Nand gate) มีคุณสมบัติคือ ถ้าอินพุตทั้งสองขาเป็นลอจิก 1 เอาท์พุตจะมีค่าเป็นลอจิก 0 แต่ถ้าอินพุตขาใดขานหนึ่งเป็นลอจิก 0 ก็จะทำให้เอาท์พุตจะมีค่าเป็นลอจิก 1 ทั้งนี้ดังตารางที่ 2.1

ส่วนที่ (4) เป็นวงจรฟลิปฟล็อปแบบอาร์เอส (RS flipflop) มีคุณสมบัติดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 การทำงานของวงจรแนนด์เกต

Input 1	Input 2	Output
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

ตารางที่ 2.2 การทำงานของวงจรฟลิปฟล็อปแบบอาร์เอส

R	S	Q	$\bar{Q}$
0	0	Q เดิม	$\bar{Q}$ เดิม
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	ไม่ใช่	ไม่ใช่

ส่วนที่ (5) เป็นวงจรทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่สวิตชิงถ้า Q เป็นลอจิก 1 ทรานซิสเตอร์จะทำงาน (On) คือลัดวงจรระหว่างขา 7 และ 1 ถ้า Q เป็นลอจิก 0 จะเปิดวงจรระหว่างขา 7 และ 1 ของไอซีหมายเลข 555

ส่วนที่ (6) เป็นตัวต้านทาน 3 ตัวที่มีขนาดความต้านทานเท่ากันทั้ง 3 ตัว มีหน้าที่แบ่งแรงดันไฟเลี้ยงออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆกันตลอดรวมทั้งตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากับหนึ่งส่วนสามของไฟเลี้ยง ค่าตัวต้านทานนี้จะมีขนาดความต้านทานเป็นกิโลโอห์ม โดยอาศัยการทำงานเป็น 2 แบบคือเป็นตัวผลิตสัญญาณค่าความถี่ต่างๆและเป็นวงจรมับสัญญาณ

จึงแบ่งการทำงานเป็นวงจรที่สำคัญได้ 2 วงจรคือ วงจร โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ และวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ สำหรับโครงการนี้เลือกใช้วงจร โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ในการสร้างวงจรตั้งเวลา

#### 2.4.2 วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

วงจร โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ดังรูปที่ 2.5 คือวงจรที่ให้สัญญาณพัลส์ที่เอาต์พุต 1 ลูกเมื่อมีการกระตุ้นที่อินพุต 1 ครั้งและคงสถานะของสัญญาณพัลส์นั้นจนกว่าจะหมดคาบเวลาได้

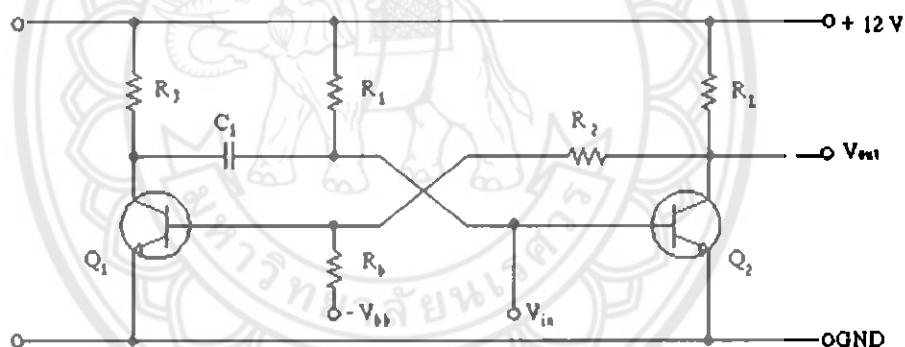


รูปที่ 2.5 หลักการทำงานพื้นฐานของวงจร โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

หลักการทํางานพื้นฐานของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์ คือวงจรโมโนสเตเบิลแสดงดังรูปที่ 2.6 เมื่อยังไม่มีสัญญาณกระตุ้นเข้าที่แรงดันอินพุตของทรานซิสเตอร์  $Q_1$  จะไม่ทํางาน ส่วนทรานซิสเตอร์  $Q_2$  จะทํางาน ทำให้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับศูนย์โวลต์เมื่อมีสัญญาณกระตุ้นเข้ามาทางแรงดันอินพุตจะทำให้ทรานซิสเตอร์  $Q_2$  หยุดทํางาน มีแรงดันไบแอสให้แก่  $Q_1$  ผ่านทางตัวต้านทาน ( $R_2$ ) ทำให้  $Q_1$  ทํางาน แรงดันเอาต์พุตมีค่าเท่ากับแรงดันไฟเลี้ยงค่าบวก และจะคงอยู่ที่ค่านี้เท่ากับช่วงเวลาที่ถูกกำหนดโดยค่า  $R_1$  และ  $C_1$  จากความสัมพันธ์

$$T = 1.1R_1C_1 \quad (2.1)$$

ในช่วงเวลาที่ทรานซิสเตอร์  $Q_1$  นำกระแสแม้ว่าจะมีสัญญาณกระตุ้นเข้ามาทางแรงดันอินพุตอีก วงจรจะไม่มีกรตอบสนองจนกว่าจะครบกำหนดเวลา  $1.1R_1C_1$  จึงทำให้ทรานซิสเตอร์  $Q_1$  หยุดนำกระแส และทรานซิสเตอร์  $Q_2$  กลับมานำกระแสอีกครั้งและคงอยู่ที่ค่านี้จนกว่าจะมีการกระตุ้นใหม่จากการทํางานดังกล่าวสัญญาณเอาต์พุตที่เกิดขึ้นจึงเป็นสัญญาณพัลส์เพียง 1 ลูกที่มีความกว้างเท่ากับ  $1.1R_1C_1$

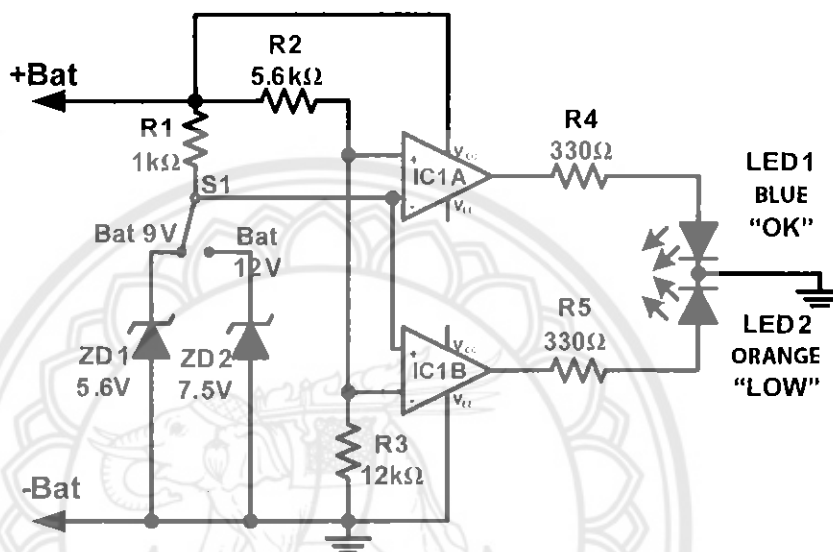


รูปที่ 2.6 วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์หลัก

## 2.5 วงจรวัดระดับแรงดันของแบตเตอรี่

หุ่นยนต์ที่สร้างในโครงการนี้ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ 12 V ในกรณีที่ใช้งานแบตเตอรี่นานจนกระทั่งระดับแรงดันของแบตเตอรี่ลดต่ำกว่าระดับค่าควรใช้งานจะเป็นการเร่งการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ ในโครงการนี้จึงสร้างวงจรวัดระดับแรงดันของแบตเตอรี่ดังรูปที่ 2.7 เพื่อตรวจจับระดับแรงดันของแบตเตอรี่ 12 V และมีการส่งสัญญาณเตือนด้วยหลอดแอลอีดีและเสียงของบี๊เซอร์เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่ลดต่ำกว่าระดับที่ควรใช้งาน 11 V (เนื่องจากในที่นี้ใช้แบตเตอรี่ 12 V) หลักการทํางานคือใช้หลอดแอลอีดีสีฟ้าแสดงสถานะของแรงดันปกติถ้าระดับ

แรงดันอยู่ในสถานะปกติ ( $\geq 11$  V) หลอดแอลอีดีสีฟ้าจะติดสว่าง หลอดแอลอีดีสีส้มจะดับ บีชเซอร์จะไม่ส่งเสียงเตือน บ่งบอกว่าเราสามารถใช้งานแบตเตอรี่ได้ตามปกติ แต่ถ้าในกรณีแรงดันของแบตเตอรี่ลดต่ำกว่าระดับค่าควรใช้งาน ( $< 11$  V) หลอดแอลอีดีสีส้มจะติดสว่าง หลอดแอลอีดีสีฟ้าจะดับ และบีชเซอร์จะส่งเสียงเตือน บ่งบอกว่าเราควรหยุดใช้งานหุ่นยนต์เพื่ออัดประจุแบตเตอรี่ก่อนเริ่มใช้งานอีกครั้ง



รูปที่ 2.7 วงจรวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่

จากรูปที่ 2.7 วงจรวัดระดับแรงดันของแบตเตอรี่นี้ใช้อุปกรณ์หมายเลข LM358N เป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน 2 ชุด โดยไอซี 1A จะให้เอาต์พุตเป็นลอจิก 1 ก็ต่อเมื่อแรงดันของแบตเตอรี่อยู่ในระดับที่สูงกว่า 11 V ในขณะที่ไอซี 1B จะให้เอาต์พุตเป็นลอจิก 1 ก็ต่อเมื่อแรงดันของแบตเตอรี่อยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 11 V

## บทที่ 3

### การสร้างหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้น

ในการประกอบชิ้นส่วนของหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้น ผู้ดำเนินโครงการได้ดำเนินงานอย่างเป็นขั้นตอนเพื่อให้สามารถตรวจสอบความคืบหน้าในการดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยได้แบ่งส่วนประกอบหลักๆ ในการสร้างหุ่นยนต์เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนซอฟต์แวร์และส่วนฮาร์ดแวร์ดังรายละเอียดที่จะได้กล่าวในส่วนต่อไปนี้

#### 3.1 ขั้นตอนการสร้างหุ่นยนต์

ในการสร้างหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้นมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- ก) ออกแบบวงจรที่เป็นส่วนประกอบต่างๆของหุ่นยนต์
- ข) ทดลองต่อวงจรที่ออกแบบไว้ลงบนโปรโตบอร์ด
- ค) ทดสอบวงจรที่ได้ออกแบบไว้
- ง) โปรแกรมคำสั่งการทำงานของหุ่นยนต์ลงในไมโครคอนโทรลเลอร์
- จ) ออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์
- ฉ) ติดตั้งวงจรที่ได้ออกแบบและผ่านการทดสอบเข้ากับโครงสร้างของหุ่นยนต์
- ช) ทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์

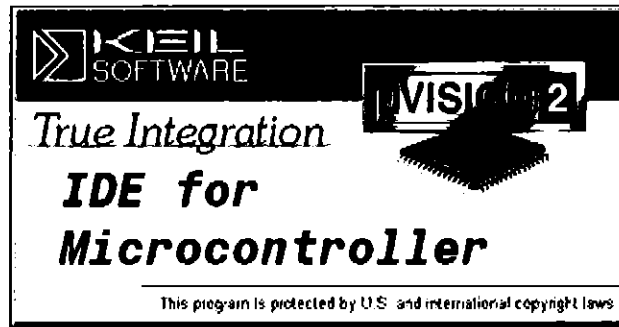
#### 3.2 ส่วนซอฟต์แวร์ของหุ่นยนต์

ส่วนประกอบที่เป็นซอฟต์แวร์ (Software) ของหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้น มีดังนี้

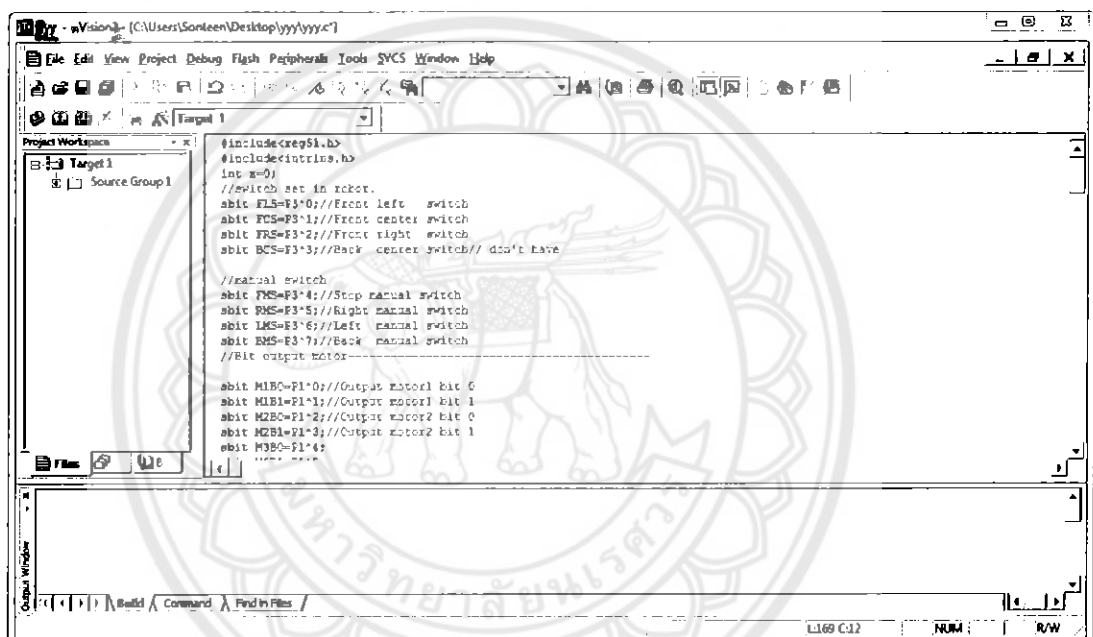
##### 3.2.1 โปรแกรมเดียวไมโครวิชั่น 2

ในโครงการนี้ใช้โปรแกรมเดียวไมโครวิชั่น 2 (Kiel micro vision 2) ดังรูปที่ 3.1 ในการออกแบบคำสั่งการทำงานของหุ่นยนต์โดยการเขียนโปรแกรมภาษาซี (C programming) และทำหน้าที่แปลงเป็นรหัสคำสั่งเลขฐานสิบหกควบคุมการประมวลผลของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 3.2





รูปที่ 3.1 โปรแกรมเคียวไมโครวิชั่น 2



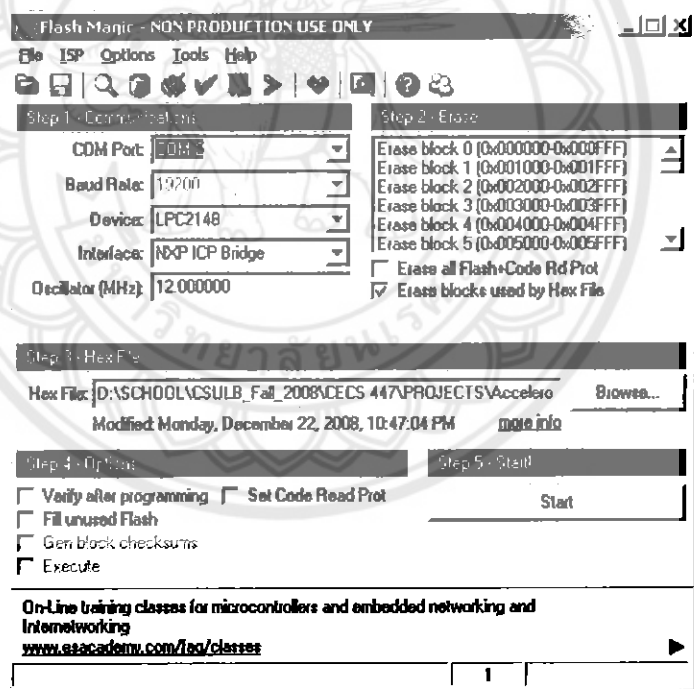
รูปที่ 3.2 การโปรแกรมคำสั่งภาษาซีลงในโปรแกรมเคียวไมโครวิชั่น 2

### 3.2.2 โปรแกรมแฟลชเมจิก

ในโครงการนี้ใช้โปรแกรมแฟลชเมจิก (Flash magic) ดังรูปที่ 3.3 รับรหัสคำสั่งเลขฐานสิบหกจากโปรแกรมเคียวไมโครวิชั่น 2 มาแปลงเป็นรหัสเลขฐานสองแล้วจึงบันทึกโปรแกรมรหัสคำสั่งเลขฐานสองลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 3.4



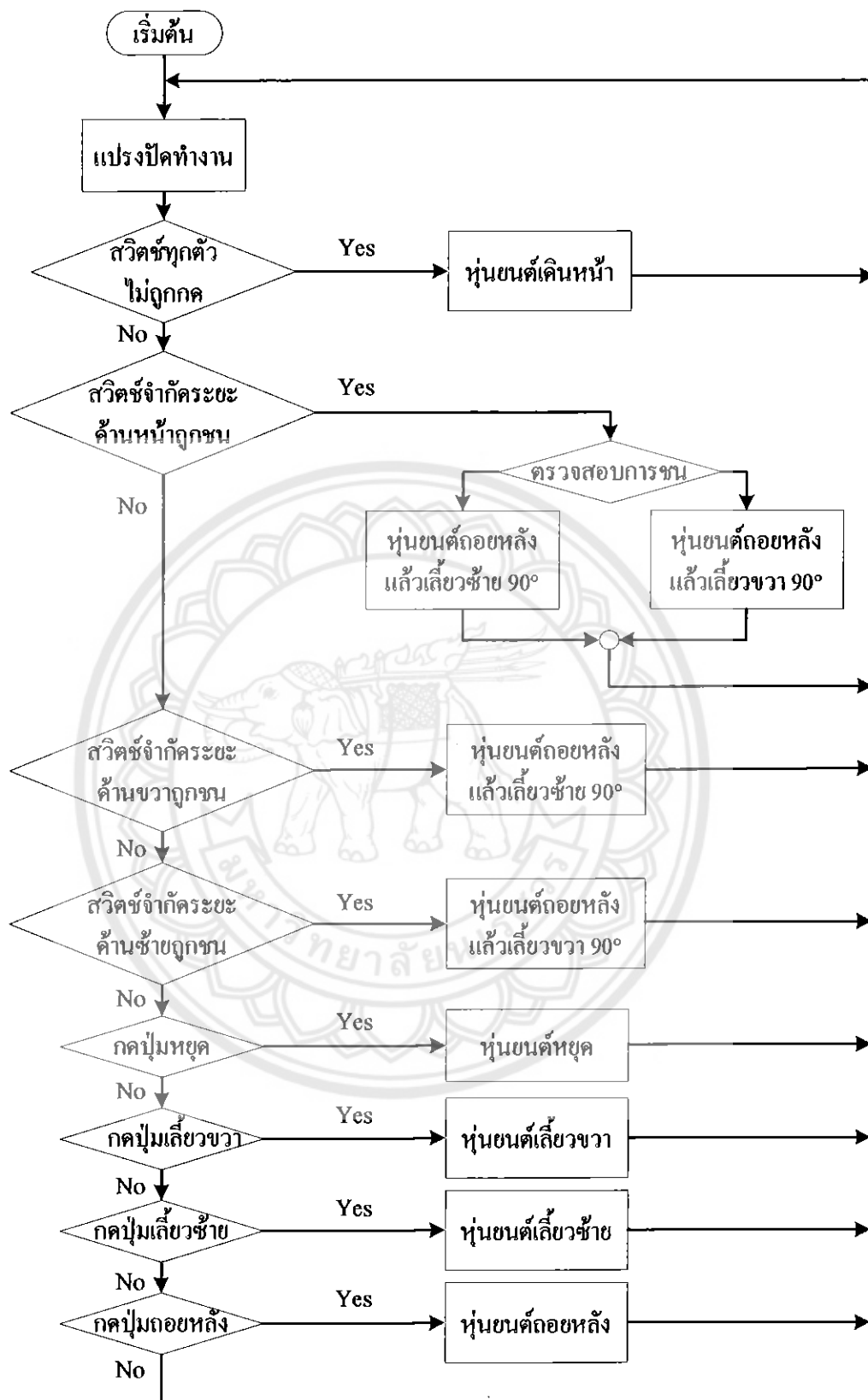
รูปที่ 3.3 โปรแกรมแฟลชเมจิก



รูปที่ 3.4 การโปรแกรมรหัสควบคุมลงในโปรแกรมแฟลชเมจิก

กระบวนการทำงานของหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้นมีการทำงานตามเงื่อนไขดังแสดงใน

รูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้น

นั่นคือในกรณีที่ไม่มีการกดสวิทช์ตัวใด (ทั้งสวิทช์จำกัดระยะที่ติดตั้งที่หุ่นยนต์และสวิทช์ปุ่มกดที่แผงควบคุม) ผลการประมวลจะควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เดินหน้า ในกรณีที่สวิทช์จำกัดระยะทางด้านหน้าของหุ่นยนต์ถูกชนระบบจะประมวลผลต่อไปว่าการชนในครั้งนั้นๆเป็นจำนวนครั้งที่ เป็นเลขคู่หรือจำนวนครั้งที่ เป็นเลขคี่ หากจำนวนครั้งที่ชนเป็นเลขคู่ ผลการประมวลคือการควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ถอยหลังระยะหนึ่งแล้วจึงเลี้ยวซ้าย  $90^{\circ}$  แต่ถ้าหากจำนวนครั้งที่ชนเป็นเลขคี่ ผลการประมวลคือการควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ถอยหลังมาระยะหนึ่งแล้วจึงเลี้ยวขวา  $90^{\circ}$  ในกรณีที่สวิทช์จำกัดระยะทางด้านขวาของหุ่นยนต์ถูกชน ผลการประมวลคือการควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ถอยหลังระยะหนึ่งแล้วจึงเลี้ยวซ้าย  $90^{\circ}$  ในกรณีที่สวิทช์จำกัดระยะทางด้านซ้ายของหุ่นยนต์ถูกชน ผลการประมวลคือการควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ถอยหลังระยะหนึ่งแล้วจึงเลี้ยวขวา  $90^{\circ}$  เมื่อกดสวิทช์ปุ่มกดบังคับการหยุดของหุ่นยนต์ ผลการประมวลคือให้หุ่นยนต์หยุดการเคลื่อนที่ ในกรณีที่สวิทช์ปุ่มกดบังคับการเลี้ยวซ้ายของหุ่นยนต์ที่แผงวงจรควบคุมถูกกด ผลการประมวลคือให้หุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย ในกรณีที่สวิทช์ปุ่มกดบังคับการเลี้ยวขวาของหุ่นยนต์ที่แผงวงจรควบคุมถูกกด ผลการประมวลคือให้หุ่นยนต์เลี้ยวขวา ในกรณีที่สวิทช์ปุ่มกดบังคับการถอยหลังของหุ่นยนต์ที่แผงวงจรควบคุมถูกกด ผลการประมวลคือให้หุ่นยนต์ถอยหลัง

### 3.3 ส่วนฮาร์ดแวร์ของหุ่นยนต์

ส่วนประกอบที่เป็นฮาร์ดแวร์ (Hardware) ของหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้นมีดังนี้

- ก) แผงวงจร ไมโครคอนโทรลเลอร์
- ข) ชุดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์
- ค) ส่วนควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์
- ง) ส่วนขับเคลื่อนของหุ่นยนต์
- จ) ส่วนของวงจรตั้งเวลาการทำงานของหุ่นยนต์
- ฉ) ส่วนของวงจรวัดระดับแรงดันของแบตเตอรี่

รายละเอียดและหน้าที่แต่ละส่วนของหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้นมีดังนี้

#### 3.3.1 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

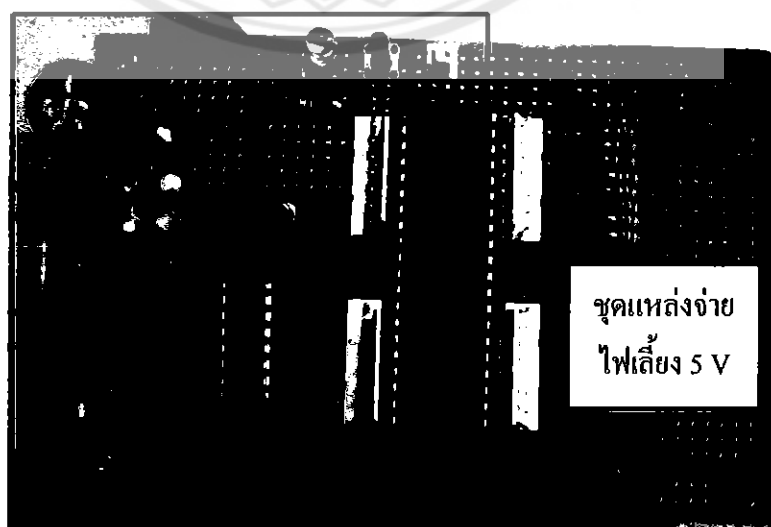
การสร้างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ในโครงการนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ดังรูปที่ 3.6 เนื่องจากเป็นที่นิยมและมีราคาถูก ผู้ใช้งานสามารถหาข้อมูลสนับสนุนเพื่อนำมาประยุกต์การใช้งานได้สะดวก ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่นำมาใช้คือไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น P89V51RD2 เนื่องจากสามารถรองรับการบรรจุโปรแกรมลง (Download) แบบ ISP (In system programming) ผ่านสายเชื่อมต่อสัญญาณแบบอนุกรมได้โดยตรง



รูปที่ 3.6 แผงวงจร ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

### 3.3.2 ชุดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

ชุดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นแสดงดังรูปที่ 3.7 แบตเตอรี่จ่ายไฟผ่านวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์เพื่อป้องกันการสลับขั้วของแหล่งจ่าย และต่อตัวเก็บประจุขนาด  $1000\ \mu\text{F}$  เพื่อให้แรงดันที่ออกมามีค่าคงที่มากขึ้นและเป็นอินพุตของ ไอซีหมายเลข 7805 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวคุมค่าแรงดัน ทำให้ได้เอาท์พุตเป็นแรงดันกระแสตรงขนาด  $5\ \text{V}$  เพื่อจ่ายเป็นไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป



รูปที่ 3.7 ชุดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

### 3.3.3 ส่วนควบคุมการทำงานของชุดขับเคลื่อน

การทำงานของชุดขับเคลื่อนถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น P89V51RD2 ดังรูปที่ 2.2 โดยพอร์ตที่ถูกใช้งานในโครงการคือพอร์ต 1 และพอร์ต 3 ซึ่งทำหน้าที่เป็นพอร์ตอินพุต และพอร์ตเอาต์พุตตามลำดับ รายละเอียดและหน้าที่ของขาที่ถูกต่อใช้งานแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 หน้าที่ของขาไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น P89V51RD2

ขาที่	สัญลักษณ์	หน้าที่	รายละเอียด
1	P1^0	หน่วยเอาต์พุต	ส่งผลเอาต์พุตที่ได้จากการประมวลผล (ลอจิก 0) ไปยังวงจรจับมอเตอร์ล้อด้านซ้าย
2	P1^1	หน่วยเอาต์พุต	ส่งผลเอาต์พุตที่ได้จากการประมวลผล (ลอจิก 1) ไปยังวงจรจับมอเตอร์ล้อด้านซ้าย
3	P1^2	หน่วยเอาต์พุต	ส่งผลเอาต์พุต ที่ได้จากการประมวลผล (ลอจิก 0) ไปยังวงจรจับมอเตอร์ล้อด้านขวา
4	P1^3	หน่วยเอาต์พุต	ส่งผลเอาต์พุตที่ได้จากการประมวลผล (ลอจิก 1) ไปยังวงจรจับมอเตอร์ล้อด้านขวา
5	P1^4	หน่วยเอาต์พุต	ส่งผลเอาต์พุตที่ได้จากการประมวลผล (ลอจิก 0) ไปยังวงจรจับมอเตอร์หมุนแปรงปีด
6	P1^5	หน่วยเอาต์พุต	ส่งผลเอาต์พุตที่ได้จากการประมวลผล (ลอจิก 1) ไปยังวงจรจับมอเตอร์หมุนแปรงปีด
10	P3^0	หน่วยอินพุต	รับสัญญาณจากสวิทช์จำกัดระยะทางด้านซ้ายของหุ่นยนต์
11	P3^1	หน่วยอินพุต	รับสัญญาณจากสวิทช์จำกัดระยะทางด้านหน้าของหุ่นยนต์
12	P3^2	หน่วยอินพุต	รับสัญญาณจากสวิทช์จำกัดระยะทางด้านขวาของหุ่นยนต์
14	P3^4	หน่วยอินพุต	รับสัญญาณจากสวิทช์ปุ่มกดเพื่อทำให้หุ่นยนต์หยุด
15	P3^5	หน่วยอินพุต	รับสัญญาณจากสวิทช์ปุ่มกดเพื่อทำให้หุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย
16	P3^6	หน่วยอินพุต	รับสัญญาณจากสวิทช์ปุ่มกดเพื่อทำให้หุ่นยนต์เลี้ยวขวา
17	P3^7	หน่วยอินพุต	รับสัญญาณจากสวิทช์ปุ่มกดเพื่อทำให้หุ่นยนต์ถอยหลัง

### 3.3.4 ส่วนขับเคลื่อนของหุ่นยนต์

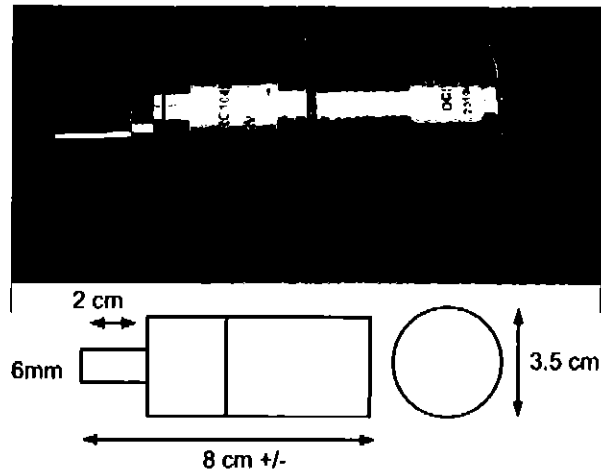
หุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้นถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรงแบบทศรอบจำนวน 2 ตัว เป็นชุดขับเคลื่อนล้อหน้าด้านซ้ายและด้านขวา โดยแต่ละล้อถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ 1 ตัว มอเตอร์ที่ใช้แสดงดังรูปที่ 3.8 มีอัตราทดรอบ 120:1 การกลับทิศการหมุนของมอเตอร์ถูกควบคุมด้วยวงจรถับ (Driver) ซึ่งใช้ไอซีวงจรถับบริดจ์ (H-bridge) เพื่อขยายกระแสขับเคลื่อนมอเตอร์ดังรูปที่ 3.9 ในโครงงานนี้ใช้ไอซีขับเคลื่อนบริดจ์แบบคู่ (Dual full bridge driver) หมายเลข TA7279P



รูปที่ 3.8 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบทศรอบ

รูปที่ 3.9 วงจรถวลทิศทางการหมุนของมอเตอร์

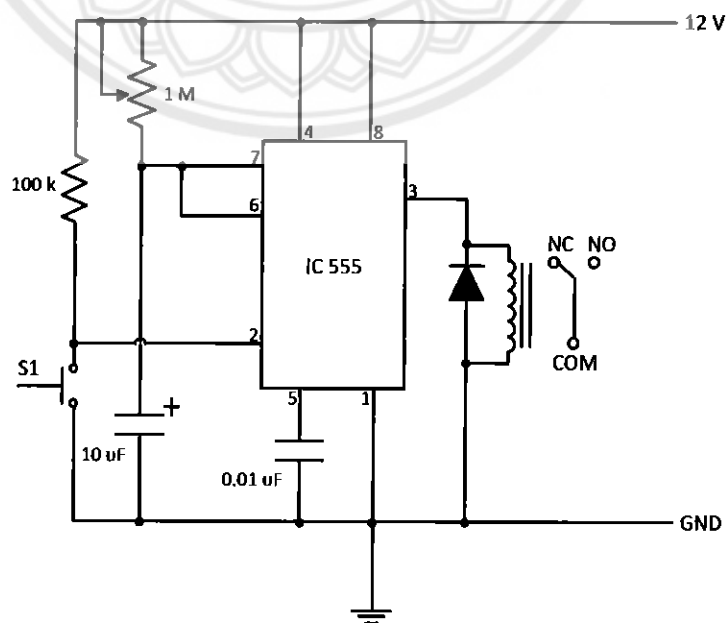
แปรงปัดฝุ่นของหุ่นยนต์ถูกหมุนด้วยมอเตอร์กระแสตรงจำนวน 1 ตัว ซึ่งเป็นแบบทศรอบขนาด 12 V รุ่น ZGA25 ดังรูปที่ 3.10 ที่มีความเร็วรอบ 150 rpm



รูปที่ 3.10 มอเตอร์กระแสตรงแบบทรงแทงขนาด 12 V รุ่น ZGA25

### 3.3.5 ส่วนของวงจรตั้งเวลาการทำงานของหุ่นยนต์

ในโครงงานนี้ได้ออกแบบสร้างวงจรตั้งเวลาการทำงาน โดยใช้ไอซีหมายเลข 555 โดยต่อวงจรแบบโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ดังรูปที่ 3.11 และรูปที่ 3.12 การกดสวิตช์ S1 เป็นการกระตุ้นวงจรด้วยอินพุตที่เป็นสัญญาณพัลส์ทำให้วงจรสร้างเอาต์พุตเป็นสัญญาณพัลส์ 1 ลูกคลื่นที่มีคาบเวลาคงที่ ซึ่งมีค่าสอดคล้องตามออกแบบด้วยสมการที่ (2.1) สัญญาณพัลส์นี้ถูกใช้เพื่อควบคุมการทำงานของรีเลย์ในการตัดต่อวงจร ไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.11 การต่อวงจรแบบโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

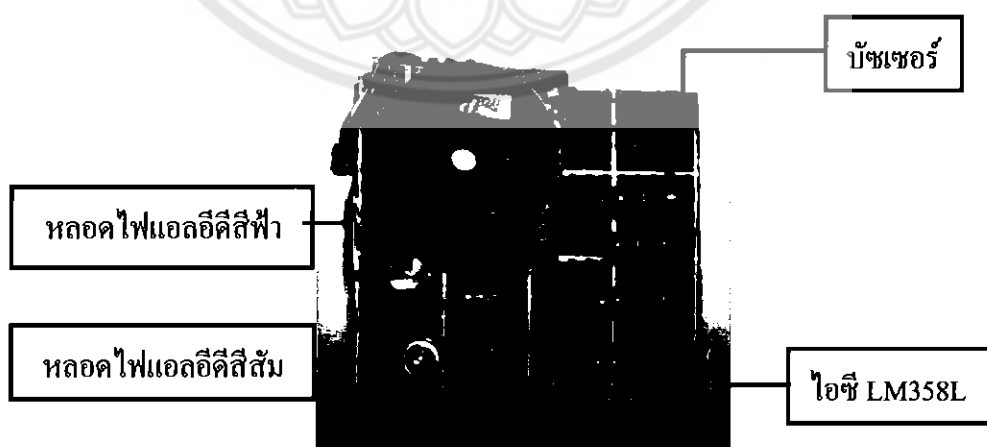




รูปที่ 3.12 วงจรตั้งเวลาการทำงานโดยใช้ไอซีหมายเลข 555

### 3.3.6 ส่วนของวงจรวัดระดับแรงดันของแบตเตอรี่

ในโครงการนี้ได้ตรวจวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่โดยใช้วงจรที่สร้างขึ้นดังรูปที่ 3.13 การทำงานของวงจรวัดระดับแรงดันซึ่งประกอบขึ้นจากอปแอมป์ ในขณะที่แรงดันของแบตเตอรี่อยู่ที่ระดับสูงกว่า 11 V ถือว่าแบตเตอรี่อยู่ในสถานะที่ยังพร้อมใช้งาน วงจรจะแสดงสถานะด้วยหลอดไฟแอลอีดีสีฟ้า แต่เมื่อระดับแรงดันของแบตเตอรี่ลดลงจนต่ำกว่า 11 V ซึ่งถือว่าต่ำกว่าค่าที่ควรใช้งาน (เนื่องจากในที่นี้ใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 V) วงจรจะส่งสัญญาณเตือนด้วยหลอดไฟแอลอีดีสีส้มและเสียงของบี๊เซอร์



รูปที่ 3.13 วงจรวัดระดับแรงดันของแบตเตอรี่ 12 V

### 3.4 รูปร่างของหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้น

หลังจากประกอบวงจรควบคุมต่างๆที่สร้างขึ้นเข้ากับโครงสร้างของหุ่นยนต์ รูปร่างของหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้นที่สร้างขึ้นในโครงการแสดงดังรูปที่ 3.14 โดยมีขนาด  $9.5 \times 15.5 \times 4.5$  นิ้ว (กว้าง×ยาว×สูง) ภาพถ่ายมุมมองล่างของหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้นแสดงดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.14 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้น



รูปที่ 3.15 ภาพถ่ายมุมมองล่างของหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้น

## บทที่ 4

### ผลการทดสอบ

ในระหว่างการดำเนินงานได้ทดสอบการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทั้งในกรณีการควบคุมด้วยมือและการทำงานแบบอัตโนมัติ ทั้งนี้ในการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้ออกแบบให้ขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ที่จับเคลื่อนล้อหน้าทั้งสองของหุ่นยนต์ โดยออกแบบให้มอเตอร์ตัวที่ 1 และมอเตอร์ตัวที่ 2 ควบคุมทิศทางการหมุนของล้อซ้ายและล้อขวาตามลำดับ และให้มอเตอร์ทั้งสองรับไฟจากแหล่งจ่ายเดียวกัน โดยขั้วของมอเตอร์ที่ต่อกับแหล่งจ่ายนั้นตรงกันข้ามกันเพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือถอยหลังด้วยการสั่งให้มอเตอร์ทั้งสองหมุนสวนทางกัน และเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถเลี้ยวซ้ายหรือขวาได้ด้วยการสั่งให้มอเตอร์ทั้งสองหมุนในทิศเดียวกัน นอกจากนี้ยังดำเนินการทดสอบการทำงานของวงจรวัดระดับแรงดันของแบตเตอรี่ โดยมีผลการทดสอบดังจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

#### 4.1 การควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์กรณีควบคุมด้วยมือ

การทดสอบการควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์กรณีควบคุมด้วยมือมีเป้าหมายเพื่อตรวจสอบทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยแผงสวิตช์ปุ่มกด โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ของทิศทางการหมุนของมอเตอร์ 2 ตัวกับลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ โดยลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์กรณีควบคุมหุ่นยนต์ด้วยมือแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์กรณีควบคุมด้วยมือ

ลักษณะการเคลื่อนที่	มอเตอร์ตัวที่ 1		มอเตอร์ตัวที่ 2	
	หมุนขวา	หมุนซ้าย	หมุนขวา	หมุนซ้าย
เดินหน้า		✓	✓	
ถอยหลัง	✓			✓
เลี้ยวซ้าย	✓		✓	
เลี้ยวขวา		✓		✓

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าเมื่อต้องการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง (เดินหน้าหรือถอยหลัง) มอเตอร์ทั้งสองตัวต้องหมุนสวนทางกัน นั่นคือมอเตอร์ตัวที่ 1 หมุนซ้ายและมอเตอร์ตัวที่ 2 หมุนขวาเพื่อให้หุ่นยนต์เดินหน้า หรือมอเตอร์ตัวที่ 1 หมุนขวาและมอเตอร์ตัวที่ 2 หมุนซ้าย

เพื่อให้หุ่นยนต์ถอยหลัง แต่หากต้องการให้หุ่นยนต์เลี้ยวซ้ายหรือขวามอเตอร์ทั้งสองตัวต้องหมุนในทิศเดียวกัน นั่นคือมอเตอร์ทั้งสองตัวหมุนขวาพร้อมกันทำให้หุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย หรือมอเตอร์ทั้งสองตัวหมุนซ้ายพร้อมกันเพื่อให้หุ่นยนต์เลี้ยวขวา

#### 4.2 การควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์กรณีทำงานแบบอัตโนมัติ

การทดสอบการควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์กรณีทำงานแบบอัตโนมัติมีเป้าหมายเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตามคำสั่งที่ได้ออกแบบไว้โดยให้หุ่นยนต์ทำงานแบบอัตโนมัติ โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ของทิศทางการหมุนของมอเตอร์ 2 ตัวกับลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์กรณีหุ่นยนต์ทำงานแบบอัตโนมัติแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์กรณีทำงานแบบอัตโนมัติ

ลักษณะการเคลื่อนที่หลังการชน		มอเตอร์ตัวที่ 1		มอเตอร์ตัวที่ 2	
		หมุนขวา	หมุนซ้าย	หมุนขวา	หมุนซ้าย
หลังการชนด้านหน้า จะถอยหลังแล้วเลี้ยวซ้าย	1. ถอยหลัง	✓			✓
	2. เลี้ยวซ้าย	✓		✓	
หลังการชนด้านหน้า จะถอยหลังแล้วเลี้ยวขวา	1. ถอยหลัง	✓			✓
	2. เลี้ยวขวา		✓		✓
หลังการชนด้านข้างซ้าย จะถอยหลังแล้วเลี้ยวขวา	1. ถอยหลัง	✓			✓
	2. เลี้ยวขวา		✓		✓
หลังการชนด้านข้างขวา จะถอยหลังแล้วเลี้ยวซ้าย	1. ถอยหลัง	✓			✓
	2. เลี้ยวซ้าย	✓		✓	

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าการทำงานของหุ่นยนต์ถูกออกแบบให้เมื่อเริ่มทำงานหุ่นยนต์จะเดินหน้า จนกระทั่งสวิทช์จำกัดระยะด้านหน้าถูกชนหุ่นยนต์จึงถอยหลังมาระยะหนึ่งตามที่กำหนดด้วยการจับเวลาในไมโครคอนโทรลเลอร์ (โดยมอเตอร์ตัวที่ 1 หมุนขวาและมอเตอร์ตัวที่ 2 หมุนซ้าย) จากนั้นหุ่นยนต์จึงเลี้ยวซ้าย (โดยมอเตอร์ทั้งสองตัวหมุนขวา) หลังจากนั้นหุ่นยนต์จะเริ่มเดินหน้าอีกครั้งจนกระทั่งสวิทช์จำกัดระยะด้านหน้าถูกชนอีกครั้งซึ่งทำให้หุ่นยนต์ถอยหลังอีก จากนั้นหุ่นยนต์จึงเลี้ยวขวา (ด้วยการที่มอเตอร์ทั้งสองตัวหมุนซ้าย) โดยการเลี้ยวซ้ายหรือขวาหลังจากถอยหลังเนื่องจากการชนดังกล่าวจะเกิดขึ้นสลับกันไปเรื่อยๆ นอกจากนี้การทำงานของ

หุ่นยนต์ถูกออกแบบให้เมื่อสวิตช์จำกัดระยะด้านซ้ายถูกชน หุ่นยนต์ถอยหลัง (มอเตอร์ตัวที่ 1 หมุนขวาและมอเตอร์ตัวที่ 2 หมุนซ้าย) จากนั้นหุ่นยนต์จึงเลี้ยวขวา (มอเตอร์ทั้งสองตัวหมุนซ้าย) กรณีที่สวิตช์จำกัดระยะด้านขวาถูกชนจะทำให้หุ่นยนต์ถอยแล้วจึงเลี้ยวซ้าย (มอเตอร์ทั้งสองตัวหมุนขวาพร้อมกัน)

#### 4.3 การทำงานของวงจรวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่

การทดสอบการทำงานของวงจรวัดระดับแรงดันของแบตเตอรี่มีเป้าหมายเพื่อตรวจสอบระดับแรงดันของแบตเตอรี่ขนาด 12 V ซึ่งบ่งบอกถึงระดับพลังงานที่เหลืออยู่ในแบตเตอรี่ ในการทดสอบได้ใช้อะแดปเตอร์ (Adapter) จ่ายแรงดันไฟกระแสตรง (ซึ่งใช้แทนระดับแรงดันของแบตเตอรี่) ให้กับวงจรวัดระดับแรงดันฯ โดยระดับแรงดันที่ใช้ทดสอบแบ่งเป็น 2 ระดับคือที่ระดับแรงดันน้อยกว่าหรือเท่ากับ 11 V หรือที่ระดับแรงดันมากกว่า 11 V จากการทดสอบการทำงานของวงจรวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การทำงานของวงจรวัดระดับแรงดันของแบตเตอรี่

ระดับแรงดัน	หลอดไฟแสดงสถานะแรงดันปกติ (หลอดสีฟ้า)	หลอดไฟแสดงสถานะแรงดันต่ำกว่าค่าที่ควรใช้ (หลอดสีส้ม)	บัสเซอร์
$\geq 11$ V	ติดสว่าง	ดับ	ไม่ส่งเสียงเตือน
$< 11$ V	ดับ	ติดสว่าง	ส่งเสียงเตือน

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นการทำงานของวงจรตรวจสอบระดับแรงดันของแบตเตอรี่ดังนี้ เมื่อแรงดันที่อะแดปเตอร์จ่ายให้กับวงจรอยู่ในระดับที่สูงกว่า 11 V หลอดแอลอีดีสีฟ้าติดสว่างซึ่งใช้บ่งบอกว่าแบตเตอรี่ยังอยู่ในสถานะพร้อมใช้งาน และเมื่อแรงดันของอะแดปเตอร์มีระดับต่ำกว่า 11 V หลอดแอลอีดีสีส้มติดสว่างและบัสเซอร์ส่งเสียงเตือนซึ่งใช้บ่งบอกว่าพลังงานในแบตเตอรี่เหลือน้อยกว่าระดับที่ควรใช้งาน

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินโครงการสามารถนำมาสรุปผลและเสนอแนวทางแก้ไข พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำโครงการไปพัฒนาต่อไป

#### 5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

ในโครงการนี้ได้สร้างหุ่นยนต์ขนาดเล็กสำหรับทำความสะอาดพื้นที่อยู่อาศัย ที่มีราคาต้นทุนต่ำ ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ โดยสามารถทำงานได้ 2 ระบบคือระบบควบคุมการทำงานด้วยมือผ่านแผงสวิตช์ปุ่มกดและระบบทำงานอัตโนมัติ นอกจากนี้ยังสามารถตั้งเวลาการทำงานได้สูงสุด 90 นาที รวมทั้งมีการส่งสัญญาณเตือนด้วยหลอดแอลอีดีและเสียงของบีซเซอร์เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำกว่าระดับที่ควรใช้งาน

#### 5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

- ก) หุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้นที่สร้างสามารถตั้งเวลาใช้งานได้เพียง 90 นาที หากต้องการให้สามารถตั้งเวลาการทำงานได้นานกว่านี้สามารถทำได้โดยใช้ตัวต้านทานแปรค่าที่มีค่าความต้านทานสูงขึ้น
- ข) ในโครงการนี้วงจรตั้งเวลาจะทำงานแม้ในขณะที่ใช้งานด้วยการควบคุมด้วยมือ จึงทำให้ใช้งานได้ในระยะเวลาดังกล่าว 90 นาที หากต้องการใช้หุ่นยนต์นานกว่า 90 นาทีสามารถทำได้โดยการรอให้เวลาคง 90 นาทีก่อนแล้วจึงปรับเวลาเพิ่มอีกครั้ง
- ค) หุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นนี้เหมาะสำหรับใช้งานบนพื้นผิวเรียบ หากต้องการใช้งานบนพื้นผิวที่ขรุขระหรือมีร่อง จำเป็นต้องมีการปรับโครงสร้างของหุ่นยนต์

#### 5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป

จากหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้นที่สร้างขึ้น เราสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอื่นๆ ได้แก่

- ก) การนำไปใช้ทำความสะอาดในพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมโดยออกแบบขนาดของหุ่นยนต์และแปรงปิดให้เหมาะสม
- ข) การออกแบบให้สามารถติดตั้งเพิ่มแปรงจุดพื้นเข้าไป เพื่อเพิ่มขอบเขตความสามารถในการใช้งาน

## เอกสารอ้างอิง

- [1] ดอนสัน ปงผาบ. “ไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้งาน 2” สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, 2549.
- [2] Mindtek. “ทดลองเล่นไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วย P89V51RD2” สืบค้นจาก <http://www.mind-tek.net/8051.php>, เมื่อ 28 กุมภาพันธ์ 2555.
- [3] Bloggang. “พื้นฐานการออกแบบวงจรตั้งเวลาด้วยไอซี 555”, สืบค้นจาก <http://www.bloggang.com/viewdiary.php?id=electroniccircuit&month=022010&date=26&group=1&gblog=25>, เมื่อ 13 มีนาคม 2555.
- [4] สหพันธ์: หม้อแปลงไฟฟ้า. “วงจรตรวจสอบสภาพแบตเตอรี่ 12 โวลต์”, สืบค้นจาก [www.hs8jyx.blogspot.com/2011/02/12.html](http://www.hs8jyx.blogspot.com/2011/02/12.html), เมื่อ 15 มีนาคม 2555.





ภาคผนวก ก  
รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น P89V51RD2



# P89V51RD2

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

Rev. 01 — 01 March 2004

Product data

## 1. General description

The P89V51RD2 is an 80C51 microcontroller with 64 kB Flash and 1024 bytes of data RAM.

A key feature of the P89V51RD2 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 P89V51RD2 is also In-Application Programmable (IAP), allowing the Flash program memory to be reconfigured even while the application is running.

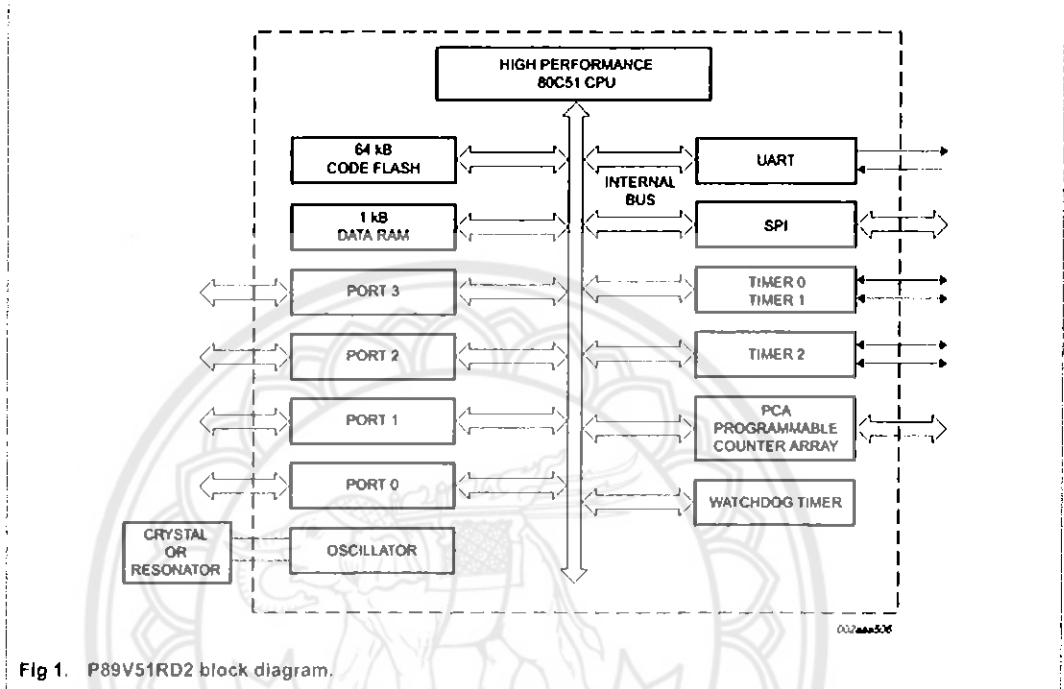
## 2. Features

- 80C51 Central Processing Unit
- 5 V Operating voltage from 0 to 40 MHz
- 64 kB of on-chip Flash program 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 (WDT)
- Eight interrupt sources with four priority levels
- Second DPTR register
- Low EMI mode (ALE inhibit)
- TTL- and CMOS-compatible logic levels



**PHILIPS**

4. Block diagram



# P89V51RD2

8-bit microcontrollers with 80C51 core

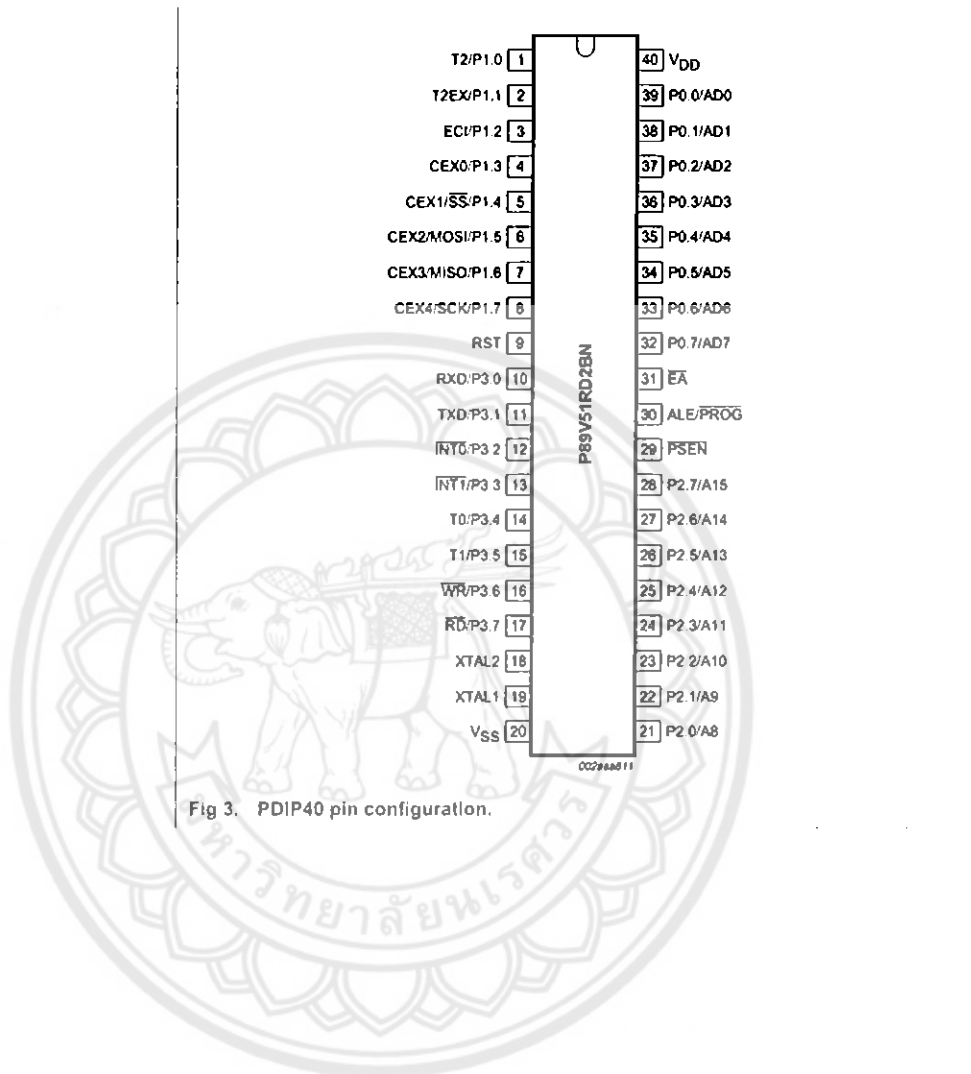


Fig 3. PDIP40 pin configuration.

## 5.2 Pin description

Table 3: P89V51RD2 pin description

Symbol	Pin			Type	Description
	DIP40	TQFP44	PLCC44		
P0.0 to P0.7	39-32	37-30	43-36	I/O	<b>Port 0:</b> Port 0 is an 8-bit open drain bi-directional I/O port. Port 0 pins that have '1's written to them float, and in this state can be used as high-impedance inputs. Port 0 is also the multiplexed low-order address and data bus during accesses to external code and data memory. In this application, it uses strong internal pull-ups when transitioning to '1's. Port 0 also receives the code bytes during the external host mode programming, and outputs the code bytes during the external host mode verification. External pull-ups are required during program verification or as a general purpose I/O port.
P1.0 to P1.7	1-8	40-44, 1-3	2-9	I/O with internal pull-up	<b>Port 1:</b> Port 1 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. The Port 1 pins are pulled high by the internal pull-ups when '1's are written to them and can be used as inputs in this state. As inputs, Port 1 pins that are externally pulled LOW will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pull-ups. P1.5, P1.6, P1.7 have high current drive of 16 mA. Port 1 also receives the low-order address bytes during the external host mode programming and verification.
P1.0	1	40	2	I/O	<b>T2:</b> External count input to Timer/Counter 2 or Clock-out from Timer/Counter 2
P1.1	2	41	3	I	<b>T2EX:</b> Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control
P1.2	3	42	4	I	<b>EC1:</b> External clock input. This signal is the external clock input for the PCA.
P1.3	4	43	5	I/O	<b>CEX0:</b> Capture/compare external I/O for PCA Module 0. Each capture/compare module connects to a Port 1 pin for external I/O. When not used by the PCA, this pin can handle standard I/O.
P1.4	5	44	6	I/O	<b>SS:</b> Slave port select input for SPI
P1.5	6	1	7	I/O	<b>CEX1:</b> Capture/compare external I/O for PCA Module 1
P1.6	7	2	8	I/O	<b>MOSI:</b> Master Output Slave Input for SPI
P1.7	8	3	9	I/O	<b>CEX2:</b> Capture/compare external I/O for PCA Module 2
					<b>MISO:</b> Master Input Slave Output for SPI
					<b>CEX3:</b> Capture/compare external I/O for PCA Module 3
					<b>SCK:</b> Master Output Slave Input for SPI
					<b>CEX4:</b> Capture/compare external I/O for PCA Module 4

Table 3: P89V51RD2 pin description...continued

Symbol	Pin			Type	Description
	DIP40	TQFP44	PLCC44		
P2.0 to P2.7	21-28	18-25	24-31	I/O with internal pull-up	<b>Port 2:</b> Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. Port 2 pins are pulled HIGH by the internal pull-ups when '1's are written to them and can be used as inputs in this state. As inputs, Port 2 pins that are externally pulled LOW will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pull-ups. Port 2 sends the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external Data Memory that use 16-bit address (MOVX@DPTR). In this application, it uses strong internal pull-ups when transitioning to '1's. Port 2 also receives some control signals and a partial of high-order address bits during the external host mode programming and verification.
P3.0 to P3.7	10-17	5, 7-13	11, 13-19	I/O with internal pull-up	<b>Port 3:</b> Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. Port 3 pins are pulled HIGH by the internal pull-ups when '1's are written to them and can be used as inputs in this state. As inputs, Port 3 pins that are externally pulled LOW will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pull-ups. Port 3 also receives some control signals and a partial of high-order address bits during the external host mode programming and verification.
P3.0	10	5	11	I	RXD: serial input port
P3.1	11	7	13	O	TXD: serial output port
P3.2	12	8	14	I	INT0: external interrupt 0 input
P3.3	13	9	15	I	INT1: external interrupt 1 input
P3.4	14	10	16	I	T0: external count input to Timer/Counter 0
P3.5	15	11	17	I	T1: external count input to Timer/Counter 1
P3.6	16	12	18	O	WR: external data memory write strobe
P3.7	17	13	19	O	RD: external data memory read strobe
PSEN	29	26	32	I/O	<b>Program Store Enable:</b> PSEN is the read strobe for external program memory. When the device is executing from internal program memory, PSEN is inactive (HIGH). When the device is executing code from external program memory, PSEN is activated twice each machine cycle, except that two PSEN activations are skipped during each access to external data memory. A forced HIGH-to-LOW input transition on the PSEN pin while the RST input is continually held HIGH for more than 10 machine cycles will cause the device to enter external host mode programming.
RST	9	4	10	I	<b>Reset:</b> While the oscillator is running, a HIGH logic state on this pin for two machine cycles will reset the device. If the PSEN pin is driven by a HIGH-to-LOW input transition while the RST input pin is held HIGH, the device will enter the external host mode, otherwise the device will enter the normal operation mode.

Table 3: P89V51RD2 pin description...continued

Symbol	Pin			Type	Description
	DIP40	TQFP44	PLCC44		
$\overline{EA}$	31	29	35	I	<b>External Access Enable:</b> $\overline{EA}$ must be connected to $V_{SS}$ in order to enable the device to fetch code from the external program memory. $\overline{EA}$ must be strapped to $V_{DD}$ for internal program execution. However, Security lock level 4 will disable $\overline{EA}$ , and program execution is only possible from internal program memory. The $\overline{EA}$ pin can tolerate a high voltage of 12 V.
ALE/ PROG	30	27	33	I/O	<b>Address Latch Enable:</b> ALE is the output signal for latching the low byte of the address during an access to external memory. This pin is also the programming pulse input (PROG) for flash programming. Normally the ALE <sup>[1]</sup> is emitted at a constant rate of $\frac{1}{6}$ the crystal frequency, <sup>[2]</sup> and can be used for external timing and clocking. One ALE pulse is skipped during each access to external data memory. However, if AO is set to '1', ALE is disabled.
NC	-	6, 17, 28, 39	1, 12, 23, 34	I/O	No Connect
XTAL1	19	15	21	I	Crystal 1: Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock generator circuits.
XTAL2	18	14	20	O	Crystal 2: Output from the inverting oscillator amplifier.
$V_{DD}$	40	38	44	I	Power supply
$V_{SS}$	20	16	22	I	Ground

[1] ALE loading issue: When ALE pin experiences higher loading (>30 pF) during the reset, the microcontroller may accidentally enter into modes other than normal working mode. The solution is to add a pull-up resistor of 3 k $\Omega$  to 50 k $\Omega$  to  $V_{DD}$ , e.g., for ALE pin.

[2] For 6-clock mode, ALE is emitted at  $\frac{1}{3}$  of crystal frequency.



**TOSHIBA****TA7279P/AP**

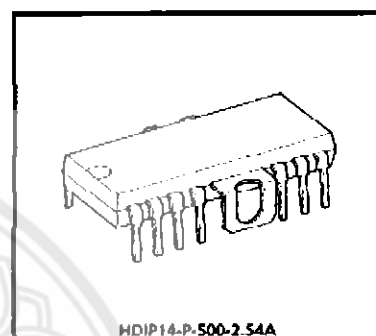
TOSHIBA BIPOLAR LINEAR INTEGRATED CIRCUIT SILICON MONOLITHIC

**TA7279P, TA7279AP****DUAL BRIDGE DRIVER**

The TA7279P, TA7279AP are dual bridge driver designed for DC motor rotation control.

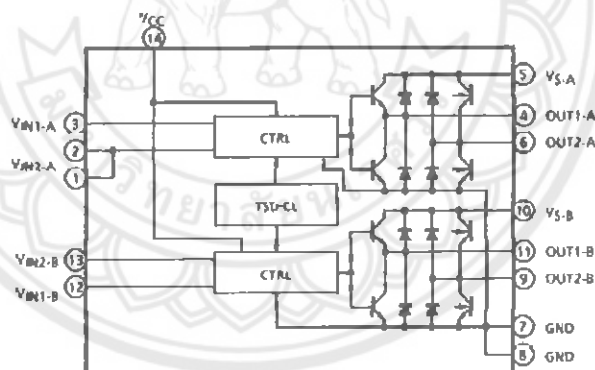
**FEATURES**

- Wide Range of Operating Voltage  
:  $V_{CC}(\text{opr.}) = 6\sim 18\text{V}$  (P, AP),  
 $V_S(\text{opr.}) = 0\sim 16\text{V}$  (P) /  $0\sim 18\text{V}$  (AP)
- Output Current Up to 1.0A (AVE.), 3.0A (PEAK)
- Built-in Thermal Shut Down and Current Limiter
- Input Hysteresis for Stable Operation



HDIP14-P-500-2.54A

Weight : 3.00g (Typ)

**BLOCK DIAGRAM**

961001EBA1

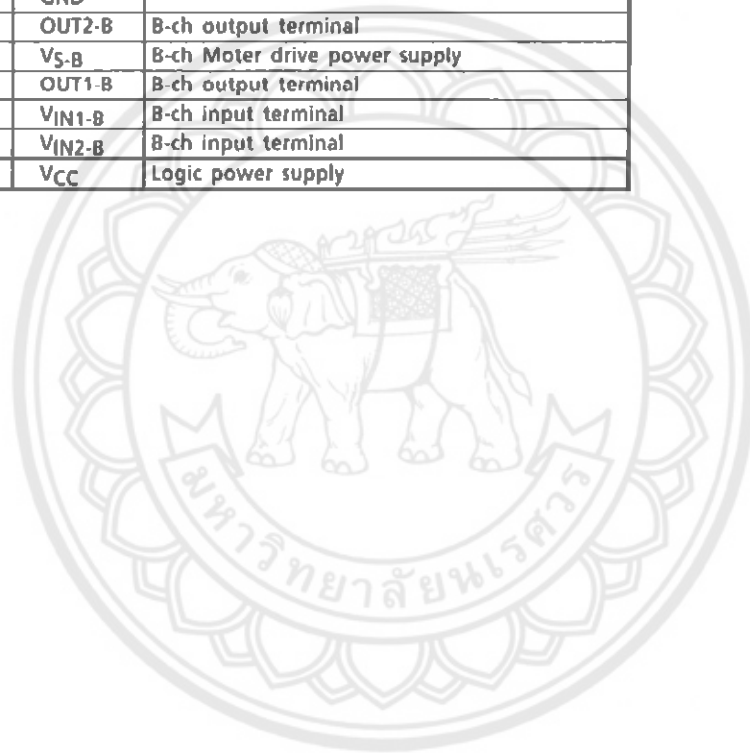
- TOSHIBA is continually working to improve the quality and the reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing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

1997-07-01 1/8



**TOSHIBA****TA7279P/AP****PIN FUNCTION**

PIN No.	SYMBOL	FUNCTIONAL DESCRIPTION
1	VIN2-A	A-ch input terminal
2	VIN2-A	
3	VIN1-A	A-ch input terminal
4	OUT1-A	A-ch output terminal
5	Vs-A	A-ch Motor drive power supply
6	OUT2-A	A-ch output terminal
7	GND	GND terminal
8	GND	
9	OUT2-B	B-ch output terminal
10	Vs-B	B-ch Motor drive power supply
11	OUT1-B	B-ch output terminal
12	VIN1-B	B-ch input terminal
13	VIN2-B	B-ch input terminal
14	VCC	Logic power supply



**TOSHIBA****TA7279P/AP****FUNCTION**

IN1	IN2	OUT1	OUT2	MODE
1	1	L	L	BRAKE
0	1	L	H	CW/CCW
1	0	H	L	CCW/CW
0	0	High Impedance		STOP

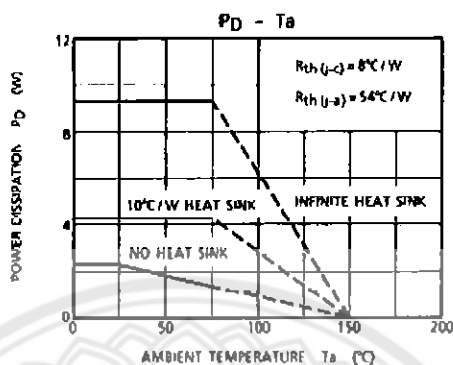
**MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)**

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
Supply Voltage	AP	V <sub>CC</sub> (MAX.)	25
	P		20
Motor Drive Voltage	AP	V <sub>S</sub> (MAX.)	25
	P		18
Output Current	PEAK	I <sub>O</sub> (PEAK)	3.0
	AVE.	I <sub>O</sub> (AVE.)	1.0
Power Dissipation	P <sub>D</sub> (Note)	2.3	W
Operating Temperature	T <sub>opr</sub>	-30~75	°C
Storage Temperature	T <sub>stg</sub>	-55~150	°C

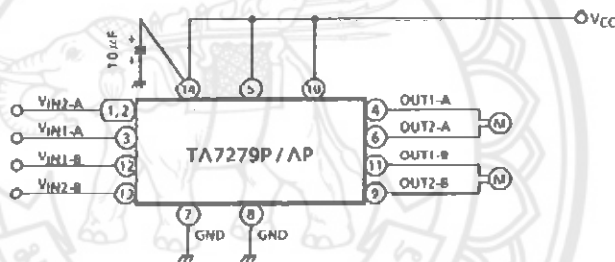
(Note) No heat sink.

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25°C)**

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIR-CUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Supply Current	I <sub>CC1</sub>	1	V <sub>CC</sub> = 18V, Output off, Stop mode	14	28	41	mA
	I <sub>CC2</sub>	1	V <sub>CC</sub> = 18V, Output off, CW/CCW mode	10	29	38	
	I <sub>CC3</sub>	1	V <sub>CC</sub> = 18V, Output off, Brake mode	8	20	35	
Input Operating Voltage	1 (High)	V <sub>IN(H)</sub>	T <sub>J</sub> = 25°C	3.0	—	V <sub>CC</sub>	V
	2 (Low)	V <sub>IN(L)</sub>	T <sub>J</sub> = 25°C	—	—	0.8	
Input Current	I <sub>IN</sub>	2	Sink, V <sub>IN</sub> = 3V	—	3	10	μA
Output Saturation Voltage	Upper	VSATU-1	I <sub>O</sub> = 0.1A, V <sub>CC</sub> = V <sub>S</sub> = 18V	—	—	1.1	V
	Lower	VSATL-1	I <sub>O</sub> = 0.1A, V <sub>CC</sub> = V <sub>S</sub> = 18V	—	—	1.0	
	Upper	VSATU-2	I <sub>O</sub> = 1.0A, V <sub>CC</sub> = V <sub>S</sub> = 18V	—	1.2	1.5	
	Lower	VSATL-2	I <sub>O</sub> = 1.0A, V <sub>CC</sub> = V <sub>S</sub> = 18V	—	1.05	1.4	
Leakage Current	Upper	I <sub>LU</sub>	V <sub>S</sub> = 25V	—	—	50	μA
	Lower	I <sub>LL</sub>	V <sub>S</sub> = 25V	—	—	50	
Diode Forward Drop	Upper	V <sub>FU</sub>	I <sub>F</sub> = 1A	—	2.5	—	V
	Lower	V <sub>FL</sub>	I <sub>F</sub> = 1A	—	1.3	—	



**APPLICATION CIRCUIT**



Problems may result if a capacitor is inserted in parallel to the motor as a measure against noise. If measures against noise are necessary, connect capacitors as shown in the diagram below. A larger bypass capacitor between V<sub>CC</sub> and GND is effective against noise and other problems. (A capacitance higher than 100µF is recommended.)



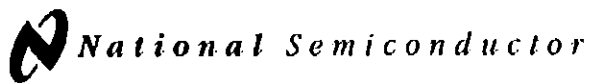
(Note) Utmost care is necessary in the design of the output line, V<sub>S</sub> and GND line since IC may be destroyed due to short-circuit between outputs, air contamination fault, or fault by improper grounding.



ภาคผนวก ค

รายละเอียดของไอซีหมายเลข LM 555

มหาวิทยาลัยนเรศวร



February 1995

## LM555/LM555C Timer

### General Description

The LM555 is a highly stable device for generating accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For astable operation as an oscillator, the free running frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output circuit can source or sink up to 200 mA or drive TTL circuits.

### Features

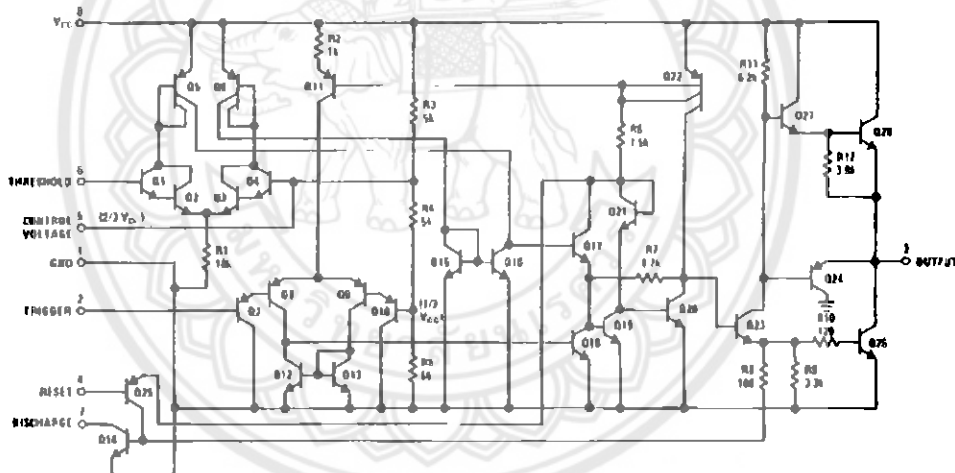
- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes

- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TTL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output

### Applications

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

### Schematic Diagram



TL 01/7851-1

### Absolute Maximum Ratings

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

Supply Voltage	+18V
Power Dissipation (Note 1)	
LM555H, LM555CH	760 mW
LM555, LM555CN	1180 mW
Operating Temperature Ranges	
LM555C	0°C to +70°C
LM555	-55°C to +125°C

Storage Temperature Range -65°C to +150°C

#### Soldering Information

Dual-In-Line Package	
Soldering (10 Seconds)	260°C
Small Outline Package	
Vapor Phase (60 Seconds)	215°C
Infrared (15 Seconds)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

### Electrical Characteristics ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ , $V_{CC} = +5\text{V}$ to $+15\text{V}$ , unless otherwise specified)

Parameter	Conditions	Limits						Units
		LM555			LM555C			
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Supply Voltage		4.5		18	4.5		18	V
Supply Current	$V_{CC} = 5\text{V}, R_L = \infty$ $V_{CC} = 15\text{V}, R_L = \infty$ (Low State) (Note 2)		3 10	5 12		3 10	6 15	mA mA
Timing Error, Monostable								
Initial Accuracy			0.5			1		%
Drift with Temperature	$R_A = 1\text{k to }100\text{k}\Omega$ , $C = 0.1\ \mu\text{F}$ , (Note 3)		30			60		ppm/°C
Accuracy over Temperature			1.5			1.5		%
Drift with Supply			0.05			0.1		%/V
Timing Error, Astable								
Initial Accuracy			1.5			2.25		%
Drift with Temperature	$R_A, R_B = 1\text{k to }100\text{k}\Omega$ , $C = 0.1\ \mu\text{F}$ , (Note 3)		90			150		ppm/°C
Accuracy over Temperature			2.5			3.0		%
Drift with Supply			0.15			0.30		%/V
Threshold Voltage			0.667			0.667		$\times V_{CC}$
Trigger Voltage	$V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$	4.8 1.45	5 1.67	5.2 1.9		5 1.67		V V
Trigger Current			0.01	0.5		0.5	0.9	$\mu\text{A}$
Reset Voltage		0.4	0.5	1	0.4	0.5	1	V
Reset Current			0.1	0.4		0.1	0.4	mA
Threshold Current	(Note 4)		0.1	0.25		0.1	0.25	$\mu\text{A}$
Control Voltage Level	$V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$	9.6 2.9	10 3.33	10.4 3.8	9 2.8	10 3.33	11 4	V V
Pin 7 Leakage Output High			1	100		1	100	nA
Pin 7 Sat (Note 5)								
Output Low	$V_{CC} = 15\text{V}, I_7 = 15\text{mA}$		150			180		mV
Output Low	$V_{CC} = 4.5\text{V}, I_7 = 4.5\text{mA}$		70	100		80	200	mV

**Electrical Characteristics**  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = +5\text{V to } +15\text{V}$ , (unless otherwise specified) (Continued)

Parameter	Conditions	Limits						Units
		LM555			LM555C			
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage Drop (Low)	$V_{CC} = 15\text{V}$							
	$I_{SINK} = 10\text{ mA}$		0.1	0.15		0.1	0.25	V
	$I_{SINK} = 50\text{ mA}$		0.4	0.5		0.4	0.75	V
	$I_{SINK} = 100\text{ mA}$		2	2.2		2	2.5	V
	$I_{SINK} = 200\text{ mA}$		2.5			2.5		V
	$V_{CC} = 5\text{V}$							
Output Voltage Drop (High)	$I_{SOURCE} = 200\text{ mA}$ , $V_{CC} = 15\text{V}$		12.5			12.5		V
	$I_{SOURCE} = 100\text{ mA}$ , $V_{CC} = 15\text{V}$	13	13.3		12.75	13.3		V
	$V_{CC} = 5\text{V}$	3	3.3		2.75	3.3		V
Rise Time of Output			100			100		ns
Fall Time of Output			100			100		ns

**Note 1:** For operating at elevated temperatures the device must be derated above  $25^\circ\text{C}$  based on a  $1/150^\circ\text{C}$  maximum junction temperature and a thermal resistance of  $164^\circ\text{C/w}$  (TO-5),  $108^\circ\text{C/w}$  (DIP) and  $170^\circ\text{C/w}$  (SO-8) junction to ambient.

**Note 2:** Supply current when output high typically 1 mA less at  $V_{CC} = 5\text{V}$ .

**Note 3:** Tested at  $V_{CC} = 5\text{V}$  and  $V_{CC} = 15\text{V}$ .

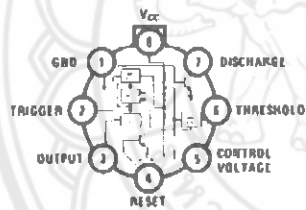
**Note 4:** This will determine the maximum value of  $R_A + R_B$  for 15V operation. The maximum total ( $R_A + R_B$ ) is 20 M $\Omega$ .

**Note 5:** No protection against excessive pin 7 current is necessary providing the package dissipation rating will not be exceeded.

**Note 6:** Refer to RET555X drawing of military LM555H and LM555J versions for specifications.

**Connection Diagrams**

**Metal Can Package**

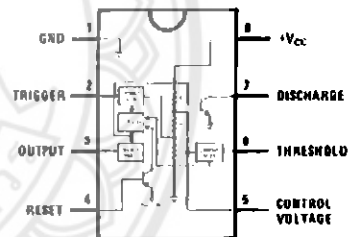


Top View

Order Number LM555H or LM555CH  
See NS Package Number M08C

TL/H/7851-2

**Dual-In-Line and Small Outline Packages**



Top View

Order Number LM555J, LM555CJ,  
LM555CM or LM555CN  
See NS Package Number J08A, M08A or N08E

TL/H/7851-3

## Applications Information

### MONOSTABLE OPERATION

In this mode of operation, the timer functions as a one-shot (Figure 1). The external capacitor is initially held discharged by a transistor inside the timer. Upon application of a negative trigger pulse of less than  $1/3 V_{CC}$  to pin 2, the flip-flop is set which both releases the short circuit across the capacitor and drives the output high.

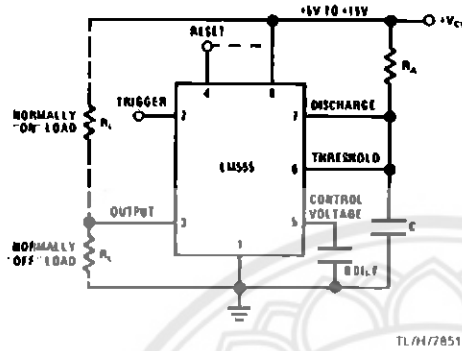
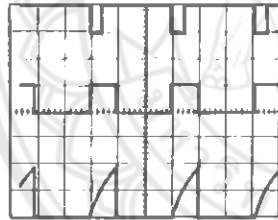


FIGURE 1. Monostable

The voltage across the capacitor then increases exponentially for a period of  $t = 1.1 R_A C$ , at the end of which time the voltage equals  $2/3 V_{CC}$ . The comparator then resets the flip-flop which in turn discharges the capacitor and drives the output to its low state. Figure 2 shows the waveforms generated in this mode of operation. Since the charge and the threshold level of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing interval is independent of supply.



V<sub>CC</sub> = 5V  
 TIME = 0.1 ms/DIV.  
 R<sub>A</sub> = 9.1 kΩ  
 C = 0.01 µF

Top Trace: Input 5V/Div.  
 Middle Trace: Output 5V/Div.  
 Bottom Trace: Capacitor Voltage 2V/Div.

FIGURE 2. Monostable Waveforms

During the timing cycle when the output is high, the further application of a trigger pulse will not effect the circuit so long as the trigger input is returned high at least 10 µs before the end of the timing interval. However the circuit can be reset during this time by the application of a negative pulse to the reset terminal (pin 4). The output will then remain in the low state until a trigger pulse is again applied.

When the reset function is not in use, it is recommended that it be connected to  $V_{CC}$  to avoid any possibility of false triggering.

Figure 3 is a nomograph for easy determination of R, C values for various time delays.

NOTE: In monostable operation, the trigger should be driven high before the end of timing cycle.

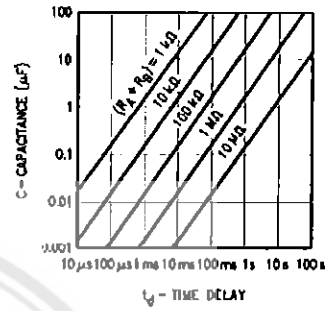


FIGURE 3. Time Delay

### ASTABLE OPERATION

If the circuit is connected as shown in Figure 4 (pins 2 and 6 connected) it will trigger itself and free run as a multivibrator. The external capacitor charges through  $R_A$  and discharges through  $R_B$ . Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.

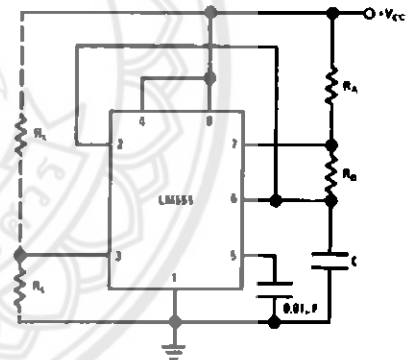


FIGURE 4. Astable

In this mode of operation, the capacitor charges and discharges between  $1/3 V_{CC}$  and  $2/3 V_{CC}$ . As in the triggered mode, the charge and discharge times, and therefore the frequency are independent of the supply voltage.







MOTOROLA

## Dual Low Power Operational Amplifiers

Utilizing the circuit designs perfected for recently introduced Quad Operational Amplifiers, these dual operational amplifiers feature 1) low power drain, 2) a common mode input voltage range extending to ground/VEE, 3) single supply or split supply operation and 4) pinouts compatible with the popular MC1558 dual operational amplifier. The LM158 series is equivalent to one-half of an LM124.

These amplifiers have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. They can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V, with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

- Short Circuit Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V
- Low Input Bias Currents
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Single and Split Supply Operation
- Similar Performance to the Popular MC1558
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness of the Device without Affecting Operation

### MAXIMUM RATINGS (TA = +25°C, unless otherwise noted)

Rating	Symbol	LM258 LM358	LM2904 LM2904V	Unit
Power Supply Voltages				Vdc
Single Supply	VCC	32	26	
Split Supplies	VCC, VEE	±16	±13	
Input Differential Voltage Range (Note 1)	V <sub>IDR</sub>	±32	±26	Vdc
Input Common Mode Voltage Range (Note 2)	V <sub>ICR</sub>	-0.3 to 32	-0.3 to 26	Vdc
Output Short Circuit Duration	t <sub>SC</sub>	Continuous		
Junction Temperature	T <sub>J</sub>	150		°C
Storage Temperature Range	T <sub>stg</sub>	-55 to +125		°C
Operating Ambient Temperature Range	T <sub>A</sub>			°C
LM258		-25 to +85	-	
LM358		0 to +70	-	
LM2904		-	-40 to +105	
LM2904V		-	-40 to +125	

NOTES: 1. Split Power Supplies

2. For Supply Voltages less than 32 V for the LM258/358 and 26 V for the LM2904, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

Order this document by LM358/D

## LM358, LM258, LM2904, LM2904V

### DUAL DIFFERENTIAL INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

SEMICONDUCTOR  
TECHNICAL DATA

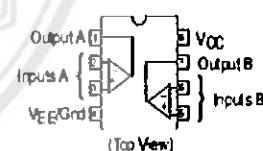


N SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 626



D SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 751  
(SO-8)

### PIN CONNECTIONS



### ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM2904D	T <sub>A</sub> = -40° to +105°C	SO-8
LM2904N		Plastic DIP
LM2904VD	T <sub>A</sub> = -40° to +125°C	SO-8
LM2904VN		Plastic DIP
LM258D	T <sub>A</sub> = -25° to +85°C	SO-8
LM258N		Plastic DIP
LM358D	T <sub>A</sub> = 0° to +70°C	SO-8
LM358N		Plastic DIP

© Motorola, Inc. 1996

Rev 2

LM358, LM258, LM2904, LM2904V

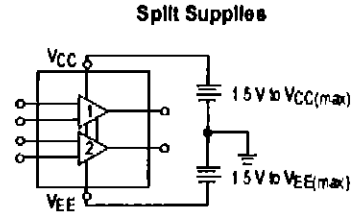
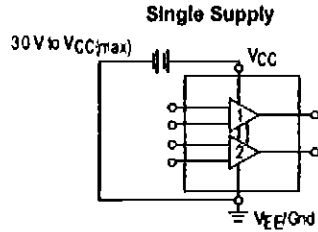
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V<sub>CC</sub> = 5.0 V, V<sub>EE</sub> = Gnd, T<sub>A</sub> = 25° C, unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	LM258			LM358			LM2904			LM2904V			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage V <sub>CC</sub> = 5.0 V to 30 V (26 V for LM2904, V), V <sub>IC</sub> = 0 V to V <sub>CC</sub> - 1.7 V, V <sub>O</sub> = 1.4 V, R <sub>S</sub> = 0 Ω T <sub>A</sub> = 25° C T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> (Note 1) T <sub>A</sub> = T <sub>low</sub> (Note 1)	V <sub>IO</sub>	-	20	50	-	20	70	-	20	70	-	-	-	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub> (Note 1)	ΔV <sub>IO</sub> /ΔT	-	70	-	-	70	-	-	70	-	-	70	-	μV/°C
Input Offset Current T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub> (Note 1)	I <sub>IO</sub>	-	30	30	-	50	50	-	50	50	-	50	50	nA
Input Bias Current T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub> (Note 1)	I <sub>B</sub>	-	-45	-150	-	-45	-250	-	-45	-250	-	-45	-250	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub> (Note 1)	ΔI <sub>IO</sub> /ΔT	-	10	-	-	10	-	-	10	-	-	10	-	pA/°C
Input Common Mode Voltage Range (Note 2) V <sub>CC</sub> = 30 V (26 V for LM2904, V), V <sub>CC</sub> = 30 V (26 V for LM2904, V), T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub>	V <sub>ICR</sub>	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	24.3	0	-	24.3	V
Differential Input Voltage Range	V <sub>IDR</sub>	-	-	V <sub>CC</sub>	-	-	V <sub>CC</sub>	-	-	V <sub>CC</sub>	-	-	V <sub>CC</sub>	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain R <sub>L</sub> = 2.0 kΩ, V <sub>CC</sub> = 15 V, For Large V <sub>O</sub> Swing T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub> (Note 1)	A <sub>VOL</sub>	50	100	-	25	100	-	25	100	-	25	100	-	V/mV
Channel Separation 1.0 kHz ≤ f ≤ 20 kHz, Input Referenced	CS	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	dB
Common Mode Rejection R <sub>S</sub> ≤ 10 kΩ	CMR	70	85	-	65	70	-	50	70	-	50	70	-	dB
Power Supply Rejection	PSR	65	100	-	65	100	-	50	100	-	50	100	-	dB
Output Voltage-High Limit (T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub> ) (Note 1) V <sub>CC</sub> = 5.0 V, R <sub>L</sub> = 2.0 kΩ, T <sub>A</sub> = 25° C V <sub>CC</sub> = 30 V (26 V for LM2904, V), R <sub>L</sub> = 2.0 kΩ V <sub>CC</sub> = 30 V (26 V for LM2904, V), R <sub>L</sub> = 10 kΩ	V <sub>OH</sub>	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	V
Output Voltage-Low Limit V <sub>CC</sub> = 5.0 V, R <sub>L</sub> = 10 kΩ, T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub> (Note 1)	V <sub>OL</sub>	-	50	20	-	50	20	-	50	20	-	50	20	mV
Output Source Current V <sub>ID</sub> = +1.0 V, V <sub>CC</sub> = 15 V	I <sub>O+</sub>	20	40	-	20	40	-	20	40	-	20	40	-	mA
Output Sink Current V <sub>ID</sub> = -1.0 V, V <sub>CC</sub> = 15 V V <sub>ID</sub> = -1.0 V, V <sub>O</sub> = 200 mV	I <sub>O-</sub>	10	20	-	10	20	-	10	20	-	10	20	-	mA
Output Short Circuit to Ground (Note 3)	I <sub>SC</sub>	-	40	60	-	40	60	-	40	60	-	40	60	mA
Power Supply Current (T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub> ) (Note 1) V <sub>CC</sub> = 30 V (26 V for LM2904, V), V <sub>O</sub> = 0 V, R <sub>L</sub> = ∞ V <sub>CC</sub> = 5 V, V <sub>O</sub> = 0 V, R <sub>L</sub> = ∞	I <sub>CC</sub>	-	15	30	-	15	30	-	15	30	-	15	30	mA

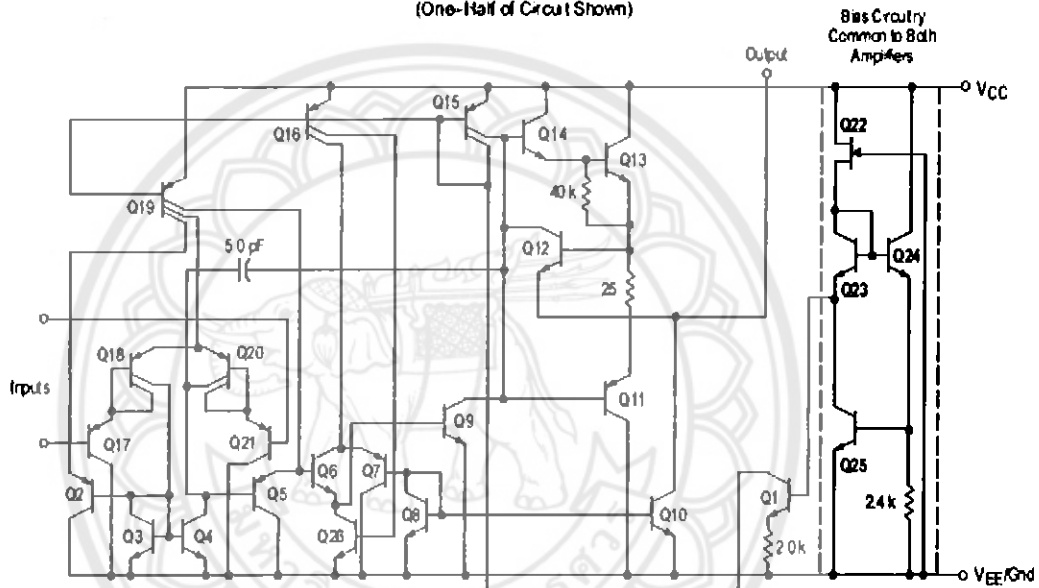
NOTES: 1. T<sub>low</sub> = -40° C for LM2904  
 = -40° C for LM2904V  
 = -25° C for LM258  
 = 0° C for LM358  
 T<sub>high</sub> = +105° C for LM2904  
 = +125° C for LM2904V  
 = +85° C for LM258  
 = +70° C for LM358

2. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is V<sub>CC</sub> - 1.7 V.  
 3. Short circuits from the output to V<sub>CC</sub> can cause excessive heating and eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

LM358, LM258, LM2904, LM2904V



Representative Schematic Diagram  
(One-Half of Circuit Shown)

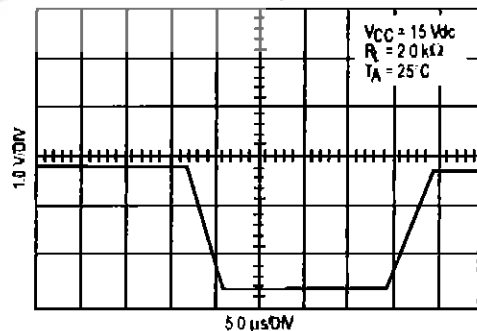


CIRCUIT DESCRIPTION

The LM258 series is made using two internally compensated, two-stage operational amplifiers. The first stage of each consists of differential input devices Q20 and Q18 with input buffer transistors Q21 and Q17 and the differential to single ended converter Q3 and Q4. The first stage performs not only the first stage gain function but also performs the level shifting and transconductance reduction functions. By reducing the transconductance, a smaller compensation capacitor (only 5.0 pF) can be employed, thus saving chip area. The transconductance reduction is accomplished by splitting the collectors of Q20 and Q18. Another feature of this input stage is that the input common mode range can include the negative supply or ground, in single supply operation, without saturating either the input devices or the differential to single-ended converter. The second stage consists of a standard current source load amplifier stage.

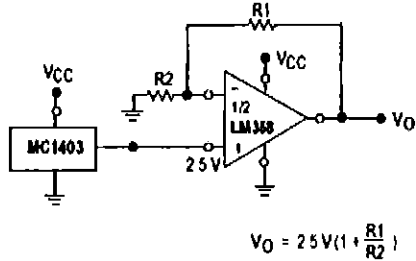
Each amplifier is biased from an internal voltage regulator which has a low temperature coefficient thus giving each amplifier good temperature characteristics as well as excellent power supply rejection.

Large Signal Voltage  
Follower Response



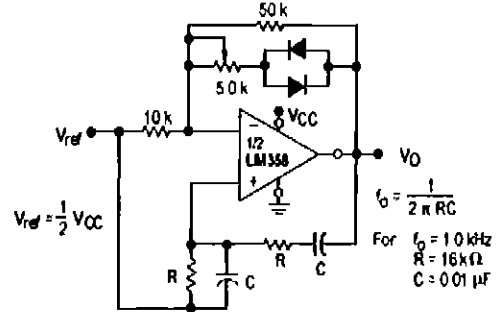
LM358, LM258, LM2904, LM2904V

Figure 7. Voltage Reference



$$V_O = 2.5 V \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

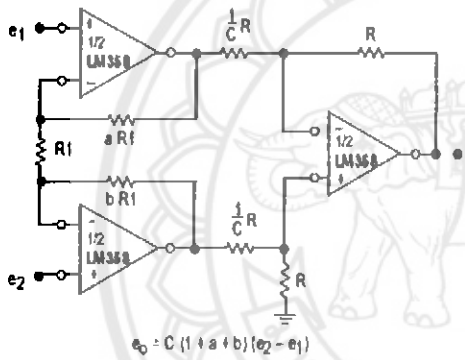
Figure 8. Wien Bridge Oscillator



$$f_o = \frac{1}{2\pi RC}$$

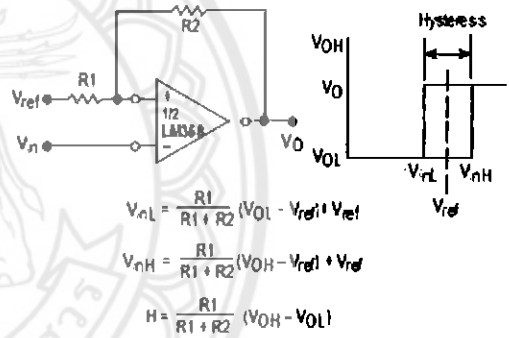
For  $f_o = 10 \text{ kHz}$   
 $R = 16 \text{ k}\Omega$   
 $C = 0.01 \mu\text{F}$

Figure 9. High Impedance Differential Amplifier



$$e_o = C (1 + a + b) (e_2 - e_1)$$

Figure 10. Comparator with Hysteresis

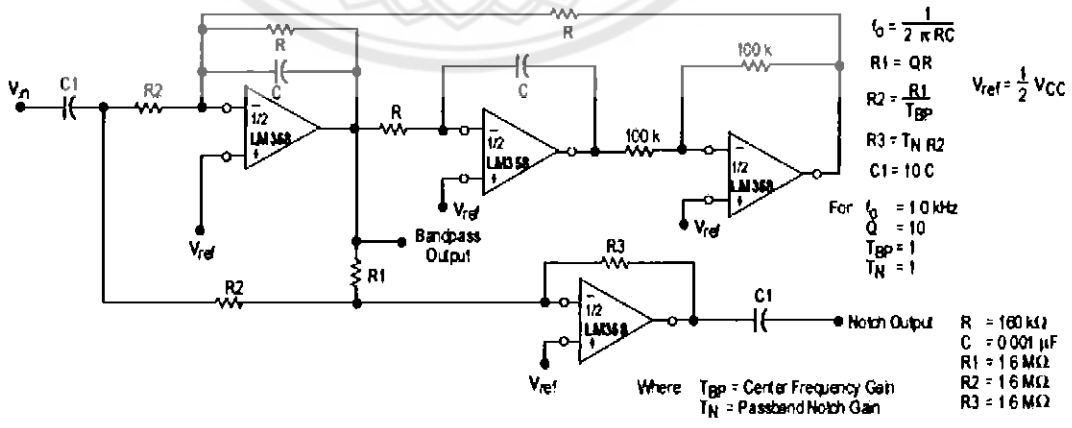


$$V_{nL} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{OL} - V_{ref}) + V_{ref}$$

$$V_{nH} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{OH} - V_{ref}) + V_{ref}$$

$$H = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{OH} - V_{OL})$$

Figure 11. Bi-Quad Filter



$$f_o = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$R_1 = QR$$

$$R_2 = \frac{R_1}{T_{BP}}$$

$$R_3 = T_N R_2$$

$$C_1 = 10 C$$

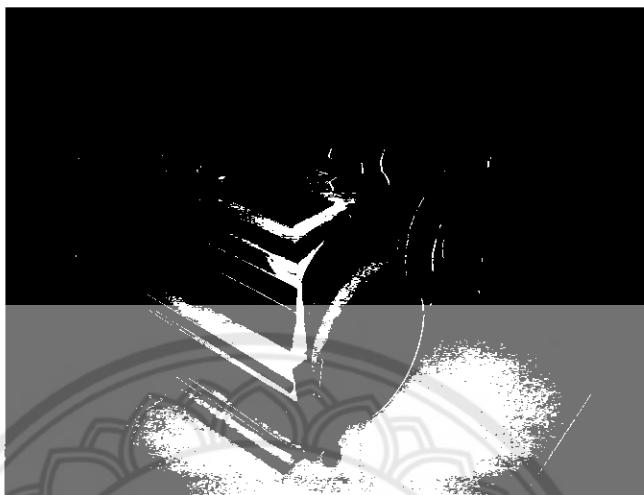
For  $f_o = 10 \text{ kHz}$   
 $Q = 10$   
 $T_{BP} = 1$   
 $T_N = 1$

Where  $T_{BP}$  = Center Frequency Gain  
 $T_N$  = Passband Notch Gain

$R = 160 \text{ k}\Omega$   
 $C = 0.001 \mu\text{F}$   
 $R_1 = 1.6 \text{ M}\Omega$   
 $R_2 = 1.6 \text{ M}\Omega$   
 $R_3 = 1.6 \text{ M}\Omega$



หุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้นที่สร้างขึ้นดังรูปที่ จ.1 สามารถทำงานได้ 2 รูปแบบคือการทำงานโดยควบคุมด้วยมือและการทำงานอัตโนมัติ



รูปที่ จ.1 หุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้นที่

การเริ่มและหยุดการทำงานของหุ่นยนต์ถูกกำหนดด้วยสวิตช์ 3 ตัวดังรูปที่ จ.2 โดยที่ SW1 (สีส้ม) มีหน้าที่ตัดต่อไฟจากแบตเตอรี่เพื่อจ่ายให้กับหุ่นยนต์ ในขณะที่ SW2 (สีดำ) มีหน้าที่ป้อนไฟจากแบตเตอรี่ให้กับมอเตอร์ที่ควบคุมล้อหน้าทั้งสอง และสวิตช์ปุ่มกด SW3 (สีเหลือง) มีหน้าที่กระตุ้นให้วงจรตั้งเวลาเริ่มทำงาน โดยหน้าสัมผัสของรีเลย์ในวงจรตั้งเวลาจะต่อวงจรให้ไฟจากแบตเตอรี่เข้าสู่วงจรสร้างไฟเลี้ยงของไมโครคอนโทรลเลอร์และมอเตอร์ที่ใช้หมุนแปรงปัด



รูปที่ จ.2 สวิตช์ควบคุมการเริ่มและหยุดทำงานของหุ่นยนต์

## จ.1 การทำงานแบบอัตโนมัติ

- 1) กดสวิตช์ SW1 และ SW2
- 2) หมุนปรับตั้งเวลาในการทำงานของหุ่นยนต์ตามระยะเวลาที่ต้องการดังรูปที่ จ.3 โดยสามารถตั้งเวลาได้สูงสุด 90 นาที



รูปที่ จ.3 ตัวปรับตั้งเวลาในการทำงาน

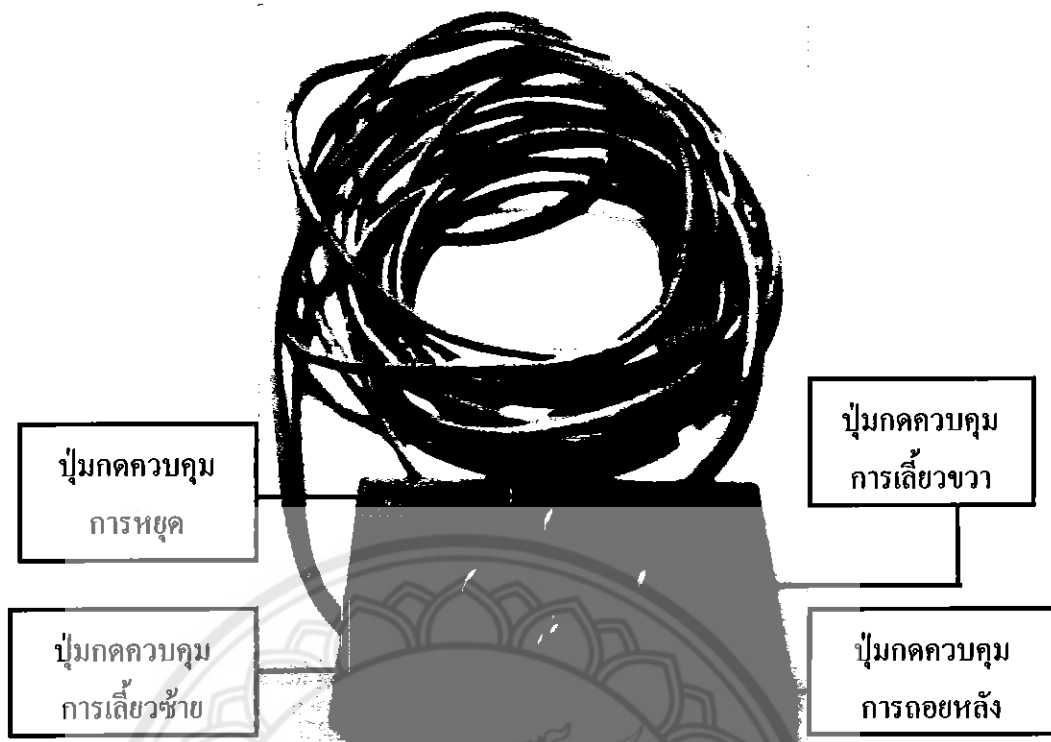
- 3) กดสวิตช์ SW3 เพื่อเริ่มการทำงานของหุ่นยนต์ โดยหุ่นยนต์จะเดินหน้าโดยปริยาย

## จ.2 การควบคุมด้วยมือ

การใช้งานหุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้นในรูปแบบการควบคุมด้วยมือนั้นเป็นการเพิ่มช่องทางให้ผู้ใช้งานได้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้นอกเหนือไปจากการให้หุ่นยนต์ทำงานแบบอัตโนมัติ โดยเชื่อมต่อแผงสวิตช์ปุ่มกดดังรูปที่ จ.4 เข้ากับตัวหุ่นยนต์ทำให้ผู้ใช้งานสามารถป้อนสัญญาณด้วยสวิตช์ปุ่มกดเข้าไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์โดยตรงเพื่อควบคุมทิศทาง การเคลื่อนที่รวมทั้งการหยุดของหุ่นยนต์ได้ตามต้องการ ด้วยเหตุนี้ขั้นตอนการเริ่มใช้งานในรูปแบบการควบคุมด้วยมือจึงคล้ายกับกรณีการให้หุ่นยนต์ทำงานอัตโนมัติดังนี้

- 1) ต่อสายเชื่อมของแผงสวิตช์ควบคุมทิศทางเคลื่อนที่เข้ากับจุดต่อสายเชื่อมที่ตัวของหุ่นยนต์ดังรูปที่ จ.5
- 2) กดสวิตช์ SW1 และ SW2
- 3) หมุนปรับตั้งเวลา
- 4) กดสวิตช์ SW3 เพื่อเริ่มการทำงานของหุ่นยนต์ โดยหุ่นยนต์จะเดินหน้าโดยปริยาย
- 5) สามารถควบคุมทิศทางเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยแผงสวิตช์ปุ่มกด





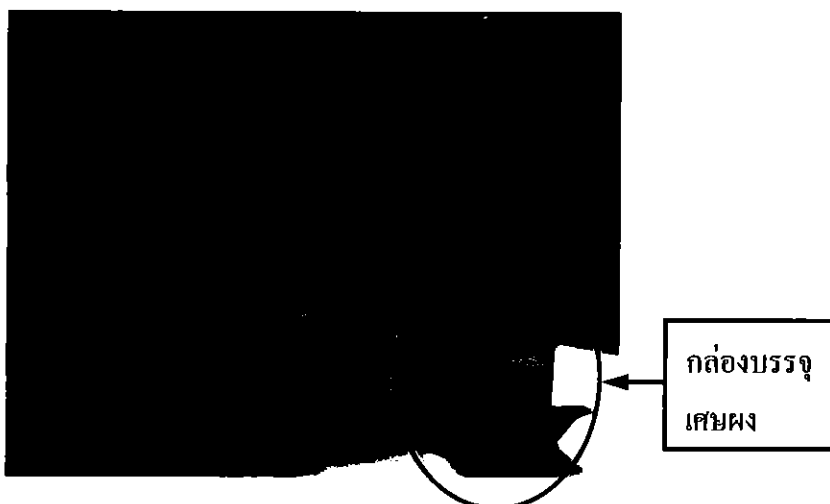
รูปที่ จ.4 แผงสวิตช์ปุ่มกดเพื่อควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์



รูปที่ จ.5 การเชื่อมต่อสายเชื่อมของแผงสวิตช์ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

### จ.3 กล่องบรรจุเศษผงและผ้าถูพื้น

กล่องบรรจุเศษผงถูกติดตั้งไว้ภายในรถส่วนท้ายต่อจากส่วนของแปรงปัด ซึ่งสามารถถอดกล่องออกมาเพื่อเทเศษผงทิ้งได้ โดยการลอกแถบหนามเตยที่ยึดกล่องบรรจุเศษผงให้ติดกับตัวหุ่นยนต์ออก แล้วถอดกล่องบรรจุเศษผงออกจากตัวหุ่นยนต์ดังรูปที่ จ.6



รูปที่ จ.6 กล่องบรรจุเศษผง

ผู้ใช้งานสามารถถอดผ้าถูพื้นมาทำความสะอาดได้โดยการลอกแถบหนามเตยที่ยึดผ้าถูพื้นให้ติดกับกล่องบรรจุเศษผงออกแล้วดึงผ้าถูพื้นออกมาดังรูปที่ จ.7



รูปที่ จ.7 ผ้าถูพื้น



```

#include<reg51.h>
#include<intrins.h>

int x=0;

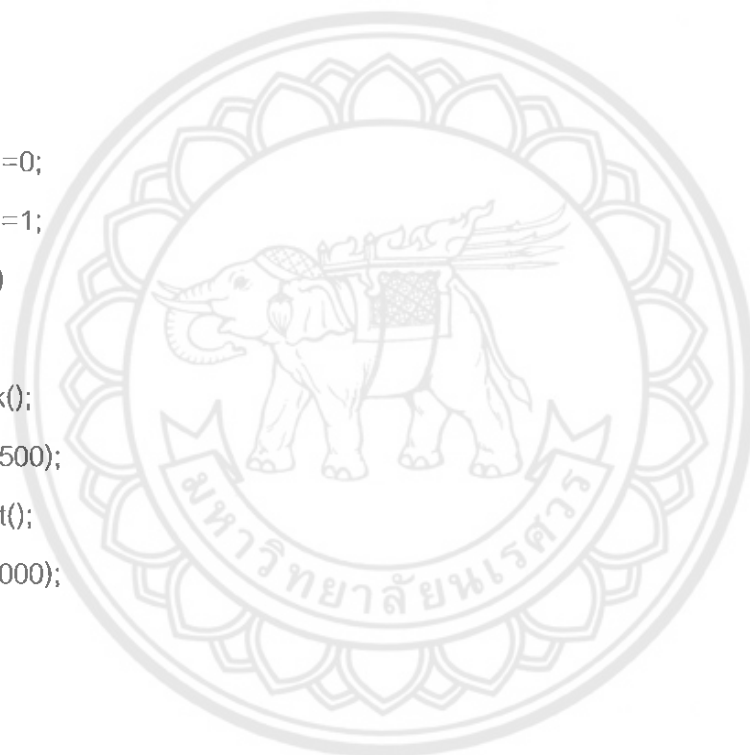
//switch set in robot.
sbit FLS=P3^0;//Front left switch
sbit FCS=P3^1;//Front center switch
sbit FRS=P3^2;//Front right switch
//manual switch
sbit FMS=P3^4;//Stop manual switch
sbit RMS=P3^5;//Right manual switch
sbit LMS=P3^6;//Left manual switch
sbit BMS=P3^7;//Back manual switch
//Bit output motor-----
sbit M1B0=P1^0;//Output motor1 bit 0
sbit M1B1=P1^1;//Output motor1 bit 1
sbit M2B0=P1^2;//Output motor2 bit 0
sbit M2B1=P1^3;//Output motor2 bit 1
sbit M3B0=P1^4;
sbit M3B1=P1^5;
//-----
void delay(unsigned int count);
void GoAhead(); //Robot go straight ahead.
void GoBack(); //Robot go back.
void TurnLeft(); //Robot turn left.
void TurnRight(); //Robot turn right.
void Stop(); //Robot stop.
void main()
{ do
{
//-----

```

```

if(FLS==1&&FCS==1&&FRS==1&&BCS==1&&FMS==1&&RMS==1&&LMS==1&&BMS
==1)//not bumper.
{
GoAhead();
delay(100);
}
//-----
if(FLS==1&&FCS==0&&FRS==1&&BCS==1&&FMS==1&&RMS==1&&LMS==1&&BMS
==1)//Front center switch is bumped.p3.1
{
x++;
if(x>1)x=0;
if(x<0)x=1;
if(x==0)
{
GoBack();
delay(1500);
TurnLeft();
delay(2000);
}
f(x==1)
{
GoBack();
delay(1500);
TurnRight();
delay(2000);
}
}
//-----
if(FLS==1&&FCS==1&&FRS==0&&BCS==1&&FMS==1&&RMS==1&&LMS==1&&BMS
==1)//Front right switch is bumped.p3.2

```



```

{
GoBack();
delay(1500);
TurnLeft();
delay(2000);
}
//-----
if(FLS==0&&FCS==1&&FRS==1&&BCS==1&&FMS==1&&RMS==1&&LMS==1&&BMS
==1)//Front left switch is bumped.p3.0
{
GoBack();
delay(1500);
TurnRight();
delay(2000);
}
//-----
if(BCS==0&&FLS==1&&FCS==1&&FRS==1&&FMS==1&&RMS==1&&LMS==1&&BMS
==1)//Back center switch is bumped.p3.3(don't change in LED)
{
GoAhead();
delay(2000);
}
//-----
if(BCS==1&&FLS==1&&FCS==1&&FRS==1&&FMS==0&&RMS==1&&LMS==1&&BMS
==1)//front manual switch is bumped.p3.4(don't change)
{
Stop();
delay(500);
}
//-----

```

```

if(BCS==1&&FLS==1&&FCS==1&&FRS==1&&FMS==1&&RMS==0&&LMS==1&&BMS
==1)//Right manual switch is bumped.p3.5
{
TurnRight();
delay(500);
}
//-----
if(BCS==1&&FLS==1&&FCS==1&&FRS==1&&FMS==1&&RMS==1&&LMS==0&&BMS
==1)//Left manual switch is bumped.p3.6
{
TurnLeft();
delay(500);
}
//-----
if(BCS==1&&FLS==1&&FCS==1&&FRS==1&&FMS==1&&RMS==1&&LMS==1&&BMS
==0)//Back manual switch is bumped.p3.7
{
GoBack();
delay(500);
}
}while(1);
}

void delay(unsigned int count)
{
unsigned int i;
while(count)
{
i=230; while(i>0) i--;
count--;
}
}

```

```
void GoAhead()
```

```
{  
  M1B0=1;  
  M1B1=0;  
  M2B0=1;  
  M2B1=0;  
  M3B0=1;  
  M3B1=0;  
}
```

```
void GoBack()
```

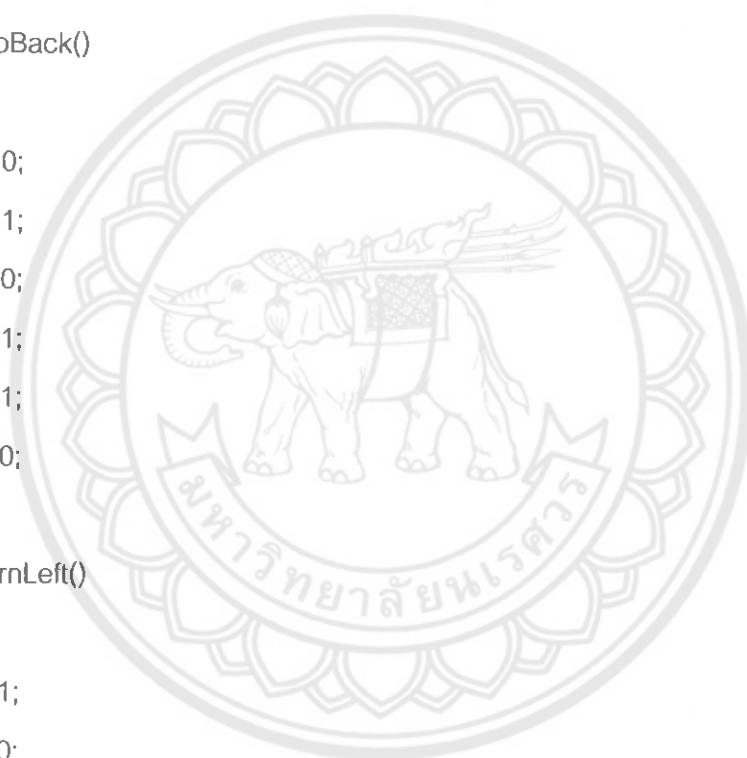
```
{  
  M1B0=0;  
  M1B1=1;  
  M2B0=0;  
  M2B1=1;  
  M3B0=1;  
  M3B1=0;  
}
```

```
void TurnLeft()
```

```
{  
  M1B0=1;  
  M1B1=0;  
  M2B0=0;  
  M2B1=1;  
  M3B0=1;  
  M3B1=0;  
}
```

```
void TurnRight()
```

```
{  
  M1B0=0;  
  M1B1=1;
```





```
M2B0=1;
M2B1=0;
M3B0=1;
3B1=0;
}
void Stop()
{
M1B0=0;
M1B1=0;
M2B0=0;
M2B1=0;
M3B0=1;
M3B1=0;
}
```

